



BIOMASSESTRATEGIE KielRegion



treurat
partner
berater



ERSTELLUNG EINER BIOMASSESTRATEGIE FÜR DIE KIELREGION

Laufzeit: 07/2021 – 06/2022

- Auftraggeber: Landeshauptstadt Kiel
Umweltschutzamt, Klimaschutz
Jens Uffenkamp
Holstenstraße 104
D-24103 Kiel
Tel.: +49 / (0)431 / 901-3737
E-Mail: jens.uffenkamp@kiel.de
- Auftragnehmer: Treurat und Partner Unternehmensberatungsgesellschaft mbH
Niemannsweg 109
24105 Kiel
Tel.: +49-(0)431 – 59 36 360
- Autoren: Gerrit Müller-Rüster, Dr. Dietrich Clemens, Sven Gottwald

Im Unterauftrag
IZES gGmbH Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme
Altenkesseler Str. 17
66115 Saarbrücken
Tel.: +49-(0)681-844 972-74
E-Mail: wern@izes.de
- Autoren: Bernhard Wern, Yue Zheng, Michael Porzig, Dr. Joachim Pertagnol

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	XII
Zusammenfassung	18
1 Biomassestrategie 2030 – Küste und Kooperation	21
2 Einleitung	24
3 Status quo – Anlagentechnologien in der Praxis.....	28
3.1 Energiewirtschaftlicher Bedarf in der KielRegion	28
3.1.1 Stadt Kiel	28
3.1.2 Kreis Rendsburg-Eckernförde	30
3.1.3 Kreis Plön	31
3.1.4 Zusammenfassung	32
3.2 Anlagen Strom	34
3.3 Anlagen Wärme	39
3.4 Innovative Technologien der KielRegion	45
3.4.1 Holzpelletanlagen	45
3.4.2 Graspelletanlagen nach dem Biomass to Energy-Verfahren	53
3.4.3 Holzhackschnitzelanlagen	57
3.4.4 Biokohleanlagen	62
3.4.5 Wirtschaftlichkeitsvergleich Holzpellet, Graspellet, Hackschnitzel und Biokohleanlage	66
3.4.6 Biomethananlage – Einspeisung	68
3.5 Existierende Modellprojekte.....	74
3.5.1 Landeshauptstadt Kiel: Quartier „Marie-Christian-Heime“	74
3.5.2 Kreis Plön: Quartier Lamp'sche Koppel in Schönberg	79
3.5.3 Kreis Rendsburg-Eckernförde: Pyrolyseanlage	83
3.6 Zusammenfassung – existierender energiewirtschaftlicher Bedarf, Techniken und Modellprojekte.....	87
4 Potenziale	88
4.1 Definitionen.....	88

4.2	Potenziale	88
4.2.1	Landwirtschaft	88
4.2.1	Forstwirtschaft	100
4.2.2	Naturschutzflächen und weitere Flächen der Landschaftspflege	101
4.2.3	Reststoffe aus dem Siedlungsbereich	103
5	Zusammenschau Technologie und Potenzial.....	120
5.1	Abgleich Umsetzung Bioenergie und Potenzial Bioenergie	120
5.2	Abgleich Technologie und Potenzial –Umsetzungsschwerpunkte und Zwischenfazit.....	122
6	Akteursnetzwerk.....	125
6.1	Existierende Akteure und ihre Rollen.....	125
6.2	Identifikation der Biomasse-Akteure	127
6.2.1	Akteure im Kreis Rendsburg-Eckernförde	127
6.2.2	Akteure in der Landeshauptstadt Kiel	129
6.2.3	Akteure des Kreises Plön	131
6.2.4	Akteure der KielRegion.....	132
6.2.5	Ausgestaltung der Netzwerkarbeit.....	134
6.3	Netzwerkbedarf.....	135
6.4	Vorgehensweise Aufbau des Netzwerkes	138
7	Die Biomassestrategie – Küste und Kooperation	140
7.1	Handlungsfelder der Strategie	141
7.1.1	Rechtlich / normativ	141
7.1.2	Aufbau Akteursnetzwerk.....	143
7.1.3	Projektinitiierungen	143
7.2	Maßnahmen der Strategie	145
7.2.1	Rechtlich / normativ (R)	145
7.2.2	Aufbau Akteursnetzwerk (A)	147
7.2.3	Projektinitiierungen (P)	148
8	Literaturverzeichnis	156

Anhang A: Content Index	160
Anhang B: Anlagenliste	161
Anhang C: Kontaktliste	171
Anhang D: Innovative Technologien	175

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standorte der EEG-Biomasseanlagen in KielRegion.....	36
Abbildung 2: Installierte Leistung der EEG-Biomasseanlage auf der PLZ-Ebene	36
Abbildung 3: Stromerzeugung von Biomasseanlagen auf der PLZ-Ebene, mit der Annahme von 8.000 Volllaststunde	37
Abbildung 4: Holzanlage in Schleswig-Holstein und Hamburg	39
Abbildung 5: Verteilung der Kleinfeuerungsanlagen nach PLZ-Gebiet, thermische Gesamtleistung	43
Abbildung 6: Verteilung der Kleinfeuerungsanlagen nach PLZ-Gebiet, thermische Leistung pro 1000 Einwohner	44
Abbildung 7: Verteilung der HHS-Kleinfeuerungsanlage nach PLZ-Gebiet, thermische Leistung pro 1000 Einwohner	44
Abbildung 8: Heizhaus der HanseWerk Natur	79
Abbildung 9: Pelletkessel im Heizhaus Schönberg; Quelle: Treurat und Partner	80
Abbildung 10: Aschebox im Heizhaus Schönberg Blick in den Pelletbunker im Heizhaus Schönberg; Quelle: Treurat und Partner.....	81
Abbildung 11: Blick in den Pelletbunker im Heizhaus Schönberg; Quelle Müller Rüster.....	82
Abbildung 12: Carbo-Force Biokohleanlage in Borgstedt Reaktor, Quelle: Treurat und Partner	83
Abbildung 13: Biokohle-Reaktor Anlage, Quelle: Treurat und Partner.....	84
Abbildung 14: Abbildung technisches Datenblatt der CF-X250	85
Abbildung 15: Hackschnitzzellagerung bei der Anlage, Quelle: Treurat und Partner	86
Abbildung 16: Anteil Dauergrünland an der Gebietsfläche.	90
Abbildung 17: Anteil des Ackerbaues an der Gebietsfläche.	92
Abbildung 18 Energieträger Drehscheibe von Biomasseaufkommen und energetischer Rohstoffverwendung	120
Abbildung 19: Anlagencluster für Biomethan.....	123
Abbildung 20: Information über die Biomassestrategie im Social Media Bereich (LinkedIn) Quelle: Treurat und Partner	125
Abbildung 21: Ausgestaltung der Netzwerkarbeit Quelle: Treurat und Partner	135

Abbildung 22: Interesse, Erwartung und Ziel Quelle: Treurat und Partner	137
Abbildung 23: Workshopdokumentation, Quelle: Treurat und Partner	138
Abbildung 24: Netzwerkbildung Quelle: Treurat und Partner	139

Tabellen

Tabelle 1: Zusammenfassung ausgewählter Zahlen aus Klimaschutzkonzepten bzgl. Bioenergie und Fernwärme für die Kreise Rendsburg-Eckernförde, Plön und die Stadt Kiel, Quellen siehe Kapitel 3.1.1 bis 3.1.3.....	32
Tabelle 2: Übersicht der Biomasseanlagen in der KielRegion	35
Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren der BAFA geförderten Kleinfeuerungsanlagen nach den Projekten Holzkaskade und EMMA	41
Tabelle 4: Anzahl der Feuerungsanlagen in der KielRegion.....	41
Tabelle 5: Übersicht der BAFA-Kleinfeuerungsanlagen und Einzelfeuerungsanlage nach Berechnungen des EMMA-Projektes für die KielRegion	42
Tabelle 6: Auswertung der Feuerungsanlagen nach der EMMA-Methode, eigene Berechnung	43
Tabelle 7 Regionalpreis Deutschland Deutsches Pelletinstitut GmbH (DEPI) für 2022	50
Tabelle 8: Wärmegestehungskosten Holzpellets.....	50
Tabelle 9: Grenzwerte nach DIN	54
Tabelle 10: Wärmegestehungskosten Graspellets	55
Tabelle 11 beispielhafte Wärmegestehungskosten eines HHS Kessels.....	60
Tabelle 12: Wärmegestehungskosten Pyrolyse.....	63
Tabelle 13 Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Technologien	66
Tabelle 14: Wärmebedarf der Gebäude nebst Netzwärmeverluste	76
Tabelle 15: Emissionsgrenzwerte gemäß §10 der 44. BImSchV für BtE®-Pellets	78
Tabelle 16: Landwirtschaftliche Fläche der Verwaltungsgebiete	89
Tabelle 17: Grünlandflächen.....	90
Tabelle 18: Annahmen zur Abschätzung der NaWaRo-Potenziale.	92
Tabelle 19: Anteil NaWaRo in den Regionen in Hektar (ha).....	93
Tabelle 20: Anzahl, GVE und Verteilung der Nutztiere.....	93
Tabelle 21: Anteil der Stallhaltung und Verteilung Gülle/ Festmist.	94
Tabelle 22: Parameter zur Ermittlung des Biogaspotenzials aus tierischen Reststoffen	94
Tabelle 23: Graspotenzial.....	95
Tabelle 24: Biomassepotenzial von Ackerflächen mittels Biogasanlagen	95

Tabelle 25: Primärenergiepotenzial aus Rapsanbau.	96
Tabelle 26: Reststoffpotenzial aus der Tierhaltung für die kreisfreie Stadt Kiel.	97
Tabelle 27: Reststoffpotenzial aus der Tierhaltung für den Kreis Plön.	98
Tabelle 28: Reststoffpotenzial aus der Tierhaltung für den Kreis Rendsburg-Eckernförde.	99
Tabelle 29: Energetische Potenziale aus der Landwirtschaft für die einzelnen Regionen in kWh.	100
Tabelle 30: Waldholzpotenziale.	101
Tabelle 31: Straßenkilometer und Holzpotenziale (Quelle: open street map, https://download.geofabrik.de/ , Zugriff am 09/2022)	102
Tabelle 32: Berechnung der Energiepotenziale aus Knicks in der KielRegion	102
Tabelle 33: öRE in der KielRegion.	104
Tabelle 34: Signifikate Abfallbehandlungsanlagen in der KielRegion	105
Tabelle 35: Untersuchte Biomassen laut Angebot.	106
Tabelle 36: Zuordnung der Biomasse laut Antrag zu Abfallschlüsseln nach AVV.	107
Tabelle 37: Bevölkerung und Fläche der KielRegion.	108
Tabelle 38: Ermittlung Altholzmengen nach Projekt „Altholz Quo Vadis“.	108
Tabelle 39: Umrechnungsfaktoren und Annahmen für Energiegehalte nach Abfallart und Nutzung.	109
Tabelle 40: Abfallbehandlung in Mg FM/a (Mg TM für Schlämme) in 2019 für Schleswig-Holstein und die KielRegion	110
Tabelle 41: Abfallaufkommen in Mg FM/a (Mg TM für Schlämme) für 2019 für die KielRegion.	110
Tabelle 42: Behandlungswege für die organischen Reststoffe im Kreis Rendsburg-Eckernförde.	113
Tabelle 43: Behandlungswege für die organischen Reststoffe im Kreis Plön.	114
Tabelle 44: Behandlungswege für die organischen Reststoffe in der Stadt Kiel.	115
Tabelle 45: Gesamte energetische Potenziale der KielRegion nach Mengen aus Aufkommen – A und Behandlung - B.	117
Tabelle 46: Energetische Potenziale für Feuerungsanlagen in der KielRegion.	118
Tabelle 47: Energetische Potenziale aus Grünschnitt für die Biogasanlagen in der KielRegion.	118
Tabelle 48: Biomasseaufkommen in der KielRegion.	121
Tabelle 49: Rollen, Biomasse und Tätigkeitsgebiete Netzwerkpartner.	126

Tabelle 50: Hemmnisse und Lösungen	137
Tabelle 51: Ablaufplan Netzwerkaufbau	147
Tabelle 52: Anlagenliste der Stromerzeugenden Anlagen.....	161

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
&	Und
€	Euro
§	Paragraf
°C	Grad Celsius
AbfRRL	Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union, kommt vor als „Müllverbrennungs-an-lage, R1-Kriterium nach AbfRRL ist erfüllt“
ABK	Abfallwirtschaftsbetrieb Kiel
AG	Aktiengesellschaft
AL	(effektives) Ackerland
Atro	absolut trocken
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
AWK	Abfallwirtschaftskonzept
AWP	Abfallwirtschaftsplan
AWP TP Klär-schlamm SH	Abfallwirtschaftsplan Teilplan Klärschlamm Schleswig-Holstein
AWR	Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAV	Bio-Abfall-Verwertungsgesellschaft mbH
BaWü	Baden-Württemberg
BBA	Bioabfallbehandlungsanlage
BGA	Biogasanlage
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
Bi.En	Bi.En GmbH & Co. KG
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BioKraftQuG	Biokraftstoffquotengesetz
BIO LNG	biobasiertes verflüssigtes Erdgas oder verflüssigtes Biogas?

Biokraft-NachV	Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen
BioSt-NachV	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BtE®-Verfahren	Biomass to Energy-Verfahren
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BWI	Bundeswaldinventur
Bzgl.	Bezüglich
bzw.	Beziehungsweise
C	Kohlenstoff
CH ₄	Methan
CNG	Compressed Natural Gas, Erdgas
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
Ct	Eurocent
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DEPI	Deutsches Pelletinstitut GmbH
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V
DVL	Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EFS	Einzelraumfeuerungs-systeme
EGFL	Europäischen Garantiefonds für Landwirtschaft

ELER	Europäischen Landwirtschaftsfonds zur Entwicklung des ländlichen Raumes
EnergieStG	Energiesteuergesetz
Fm	Festmeter
FM	Frischmasse
Etc	et cetera
e.V.	eingetragener Verein
EU	Europäische Union
evtl.	Eventuell
F.	Firma
Fa.	Firma
FM	Frischmasse
FWL	Feuerungswärmeleistung
g	Gramm
GAP	Gemeinsame EU-Agrarpolitik
GasNZV	Gasnetzzugangsverordnung
ggf.	Gegebenenfalls
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
gGmbH	gemeinnützige GmbH
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GmbH & Co. KG	Gesellschaft mit beschränkter Haftung und Compagnie Kommanditgesellschaft
GVE	Großvieheinheit
GWH	Gigawattstunden
GWh _{th}	Gigawattstunden thermische Arbeit
h	Stunden
ha	Hektar
H ₂	Wasserstoff
H ₂ O	Wasserdampf
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
HHKW	Holzheizkraftwerk

HHS	Holzhackschnitzel
HKW	Heizkraftwerk
Hu	unterer Heizwert
HWI	Holzwerkstoffindustrie
HW	Heizwerk
i.d.R	in der Regel
i.H.v.	In Höhe von
IZES gGmbH	Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme
IZES	Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme
i.W	im Wesentlichen
IW	Institut der Deutschen Wirtschaft Köln
Kg	Kilogramm
KA	Kompostieranlage
Km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
Ko	Kombiniert, kommt vor als „Ko-Verbrennungsanlage“
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KSG	Klimaschutzgesetz
KWK	Kraftwärmekopplung
kW _{el}	Kilowatt elektrische Leistung
kWh	Kilowattstunde
kW _{th}	Kilowatt thermische Leistung
LAbfWG	Abfallwirtschaftsgesetz für das Land Schleswig-Holstein
LfL	Landesanstalt für Landwirtschaft
LLUR	Landesamts für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
LKW	Lastkraftwagen
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LNG	Liquified Natural Gas (deutsch: Flüssigerdgas)

LPG	Liquid Petroleum Gas (deutsch: Autogas)
LW	Landwirtschaft
a	Jahr
m	Meter
m ³	Kubikmeter
MaStR	Marktstammdatenregister
MBA	Mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlage, vorrangig aerobe Stabilisierung und Ersatzbrennstoffherstellung (EBS)
mbH	?
Mg	Megagramm
mg	Milligramm
MJ	Megajoule
mm	Millimeter
MV	Müllverbrennung
MVA	Müllverbrennungsanlage
MVK	Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG
MW	Megawatt
MW _{el}	Megawattstunden elektrische Leistung
MWh	Megawattstunden
MW _{th}	Megawattstunden thermische Leistung
NaWaRo	Nachwachsende Rohstoff
NH ³	Ammoniak
Nm ³	Normkubikmeter
n.n.	Nicht nominiert
ORC	Organic Rankine Cycle
örE	öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger
PLZ	Postleitzahl
PV	Photovoltaik
RE	Kreis Rendsburg Eckernförde
RED	Renewable Energy Directive (deutsch: Erneuerbare-Energien-Richtlinie)

RD-ECK	Kreis Rendsburg-Eckernförde
v.a.	vor allem
VBH	Vollbenutzungsstunden
vgl.	Vergleiche
u.a.	unter anderem
u.a.m.	unter anderem mit
UBA	Umweltbundesamt
SH	Scheitholz
SKm	Straßenkilometer
SWN	Stadtwerke Neumünster
t	Tonnen
TA	Technische Anleitung
THG	Treibhausgas
TierNebG	Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz
TM	Trockenmasse
TNP	Tiernebenprodukte
TP	Teilplan
TS	Trockensubstanz
WZV	Wasserzweckverband
z	Zustandszahl
z.B.	zum Beispiel

Zusammenfassung

Die Landeshauptstadt Kiel hat Mitte 2021 die Erstellung „Biomassestrategie KielRegion“ an die Treurat und Partner Unternehmensberatungsgesellschaft mbH und deren Unterauftragsnehmer IZES gGmbH (Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme) vergeben. Im Rahmen von Lenkungsgruppentreffen wurden die Kreise Rendsburg-Eckernförde, Plön sowie die Landeshauptstadt Kiel in die Erstellung der Strategie stetig eingebunden.

Ziele der „Biomassestrategie KielRegion“ sind die Erarbeitung der Bioenergiepotentiale, das Anregen von Netzwerken sowie die Erarbeitung der Strategie mit Handlungsfeldern und Maßnahmen für die Implementierung von Projekten, auf die sich die KielRegion künftig im Ausbau der Energieversorgung konzentrieren sollte. Bei der Methodik handelt es sich um eine partizipative Forschung: Neben der vorbereitenden Datenarbeit wurden zusammen mit den wichtigsten Stakeholdern in Interviews und Workshops Möglichkeiten der verstärkten Biomassenutzung eruiert.

So wurden im Rahmen der 1. Kieler Klimawoche in einem öffentlichen digitalen Workshop mit verschiedenen Akteuren über Ziele einer Biomassestrategie diskutiert und über die Strategieerarbeitung für die KielRegion informiert. Im Anschluss erfolgten verschiedene Experteninterviews, um neben den öffentlich zugänglichen Informationen weitere Einschätzungen von Akteuren aus der gesamten KielRegion zu bekommen, die bereits mit unterschiedlichen Biomassen befasst sind. Mit diesen und weiteren Akteuren wurde ein Workshop gegen Ende der Projektlaufzeit durchgeführt, in dem alle gemeinsam über Chancen und Hemmnisse der heutigen Strukturen und Bedürfnisse eines notwendigen Aufbaus von Akteursstrukturen diskutieren konnten. Die Akteure haben den Aufbau eines Biomassenetzwerkes befürwortet und möchten in Zukunft eigeninitiativ weiter zusammenarbeiten. Die Ergebnisse dieses Workshops werden in den Aufbau des Netzwerkes einfließen.

Biomasse ist ein Sammelbegriff, der Biomassen verschiedener Herkunft bzw. Akteure beschreibt. Jede dieser Biomassen ist wiederum unterschiedlich energetisch nutzbar. Die wichtigste Unterscheidung ist der Abfallbegriff: Biomassen, die unter das Abfallrecht fallen, müssen bei nicht möglicher stofflicher Nutzung energetisch verwertet werden (siehe hier Grüngut, Bioabfall, Klärschlamm, etc.). Weitere Reststoffe fallen nicht unter das Abfallrecht und können somit leichter von Energieerzeugern eingesetzt werden, z.B. Wirtschaftsdünger (Gülle und Mist aus der Viehhaltung) sowie Biomasse aus der Landschaftspflege. Zusätzlich wurden Primärbiomassen betrachtet (Waldholz und Anbaubiomasse). Alle Biomassen wurden unterschieden in vergärbare und holzartige Biomasse, um den weiteren energetischen Verwertungsweg aufzuzeigen. Diese und andere Kriterien haben Einfluss auf Auswirkungen in Bezug auf den Standort, die Technologien sowie die Akteure vor Ort. Diese Auswirkungen wurden ebenso betrachtet.

Aus den einzelnen Potentialen (Knickholz, Grünschnitt, Kompost, Forst- und Landschaftspflege, Anbaubiomasse, Gülle, Mist, Nahrungsmittelreste, Altholz und Klärschlamm) ergeben sich also eigene energetische Produktgruppen (Holzhackschnitzel (kleine Anlage bzw. große Abfallanlage), Holz- oder andere Biomassepellets, Biogas aus Kleinanlagen bzw. aus Abfallanlagen und aufbereitetes Biomethan). Pyrolyseanlagen, kleine Biogasanlagen, Bündelung größerer Biogasanlagen zur Biomethaneinspeisung, kleine Holzhackschnitzelanlagen und ein großes Altholzkraftwerk wurden dabei als Technologien identifiziert, die hinsichtlich des Biomassepotentials und der energetischen Nachfrage in der KielRegion am geeignetsten sind. Wird Bioenergie in Wärmenetzen eingeplant, muss dabei zwingend eine hybride Lösung mit anderen EE (Solarthermie, Umweltwärme, Abwärme, evtl. in Verbindung mit Wärmepumpen) eruiert werden, um dort das geringe Biomassepotenzial möglichst sinnvoll in der Spitzenlast der Wärmeerzeugung zu nutzen. Da diese Spitzenlast im Winter ist, können hier KWK-Anlagen gleichzeitig die saisonale Winterresidualleistung des Stromsektors als auch des Wärmesektors abdecken.

Auffällig ist, dass die vorhandenen Potentiale derzeit nicht in der Region genutzt werden (Altholz und Landschaftspflegeholz), sondern exportiert werden. Außerdem sind bisher keine hybriden Wärmenetze oder größere Bündelungen von Biogasanlagen zur Methanaufbereitung bekannt. Genau hier setzt die Strategie mit konkreten Maßnahmen an, die – neben Kommunikations- und Vernetzungsaktivitäten – den Auftraggebern Möglichkeiten an die Hand gibt, in den nächsten Jahren im Ausbau einer effizienten und systemdienlichen Biomassenutzung voranzugehen.

Dabei hat die Region einiges an Potenzialen zu bieten, gasseitig sind z.B. die Gesamtpotenziale ähnlich dem Gasverbrauch des Küstenkraftwerkes und dem Wärmeverbrauch des dort angeschlossenen Wärmenetzes. Aber auch andere Biomassen können neben der Abwärmenutzung oder Großwärmepumpen zur hybriden Wärmeerzeugung im Fernwärmenetz beitragen, wie z.B. holzartige Abfallbiomassen. Schon aus Gründen der Planungssicherheit für weitere Projekte muss die künftige energetische Versorgung der Fernwärme bis Ende 2023 geplant werden. Dies ist auch Aufgabe der Stadt Kiel im Rahmen der bundesweit sehr wahrscheinlich kommenden Wärmeplanung als kommunale Daseinsvorsorge.

Gasseitig muss betont werden, dass Biogas in bestehenden Anlagen größtenteils dezentral verwertet wird und wenn überhaupt erst mittel- bis langfristig teilweise das Erdgas des Küstenkraftwerkes ersetzen kann. Hier könnte durch langfristige Absatzverträge zwischen Biomethanaufbereitern und den Stadtwerken die Versorgungssicherheit der Fernwärmeversorgung in Kiel sowie die Investitionssicherheit der Biogasbetreiber gestärkt werden. Neue Anlagen sollten dann direkt in Richtung Biomethan gedacht werden. Diese Erkenntnisse sind unbedingt in die Transformationsplanung des Küstenkraftwerkes hin zu Wasserstoff oder aber anderer Möglichkeiten mitzudenken.

Hier müssen entsprechende Maßnahmen der Biomassestrategie mit einer Wasserstoffstrategie der KielRegion verknüpft werden.

Holzseitig gilt es v.a., die derzeit exportierten Stoffströme im Sinne einer regionalen Wertschöpfung in der Region zu halten und diese systemdienlich in die Wärme- und Stromversorgung einzubinden. Auch sind durch geeignete vertragliche, aber auch (planungs-) rechtliche Maßnahmen auf kommunaler Seite, bzw. rechtlichen Maßnahmen auf Landesseite die Nutzung von Grünschnitt und Landschaftspflegeholz besser zu ermöglichen. Strategisch gesehen dürfen Wärmenetze nie durch eine einzige holzartige Wärmequelle versorgt werden, da der Brennstoff Holz zu wertvoll ist und das Potenzial sonst nicht ausreicht. Auf eine Transformation von Holz in Einzelraumfeuerungen hin zu Holz in hybriden Wärmenetzen und in hochkalorischen Prozessen wird in der Strategie explizit verwiesen.

Das Leitbild der Strategie ist „Küste und Kooperation“. Die nachhaltige Nutzung des knappen Gutes Biomasse, die Entwicklung hybrider Wärmenetze und flexible Stromerzeugung sind die Leitplanken der Biomassestrategie.

1 Biomassestrategie 2030 – Küste und Kooperation

Vor acht Jahren nahm Klaus aus Bayern erstmals in einem Spiegelartikel wahr, dass sich im hohen Norden eine Dynamik entwickelte. Unter anderem wurde darin berichtet, dass Forscher des Instituts der Deutschen Wirtschaft Köln (IW) die Landeshauptstadt Kiel zum Sieger im „Dynamik Ranking“ gekürt hatten. Damals hat er sich keine weiteren Gedanken gemacht.

Als Klaus dann im Jahr 2030 liest, dass die erste CO₂ neutrale Kieler Woche durchgeführt wurde, da entscheidet er sich, statt wie üblich an den Gardasee einmal Ende Juni in die KielRegion zu reisen.

Bei der Reiseplanung stellt er fest, dass die Anreise deutlich günstiger ist als die Reise an den Gardasee. Die Deutsche Bahn bietet nämlich den KielRegionSpezial 0 Tarif an. Die Anreise ist also komplett CO₂ neutral. Die KielRegion kann durch ihre Energieüberschüsse aus Erneuerbaren Energien bereits bei der Anreise die CO₂-Abgabe vollständig vermeiden und so den Tarif in Kooperation mit der Deutschen Bahn anbieten. Das freut Klaus sehr, denn jedes Jahr, wenn er zum Gardasee fuhr, steigt der Preis durch die CO₂ Abgaben.

Klaus, der in einem Dorf in der Voralpenregion lebt, hat sich für seinen Aufenthalt im Norden eine Bliebe in einem Quartier in Plön ausgesucht. Als er am Hauptbahnhof in Kiel ankommt, ist er überwältigt. Er fühlt sich, als sei er direkt vom Zug an Bord gegangen. Irgendwas scheint aber zu fehlen. Der Hafen riecht gar nicht nach Hafen. Liegt es daran, dass nur Segelboote erlaubt sind? Nein, er kann deutlich die großen und kleinen Fähren sehen, die direkt neben dem Bahnhof „parken“. Klaus fehlt der typische Schiffsdieselgeruch. Das liegt wohl an den neuen Motoren, die entweder über BIO-LNG oder Wasserstoff oder aber reinelektrisch laufen. Er freut sich, denn beim letzten Hamburg Besuch im Jahr 2010 hatte er böse Kopfschmerzen nach der Hafenrundfahrt. Während Klaus sein erstes Kieler FördeGarnellenbrötchen isst, überlegt er, wie er nun zu seinem Quartier in der Nähe von Plön fahren soll. Der KielRegionSpezial 0 Tarif bietet ihm die Möglichkeit entweder mit einem Carsharing E-Auto oder mit dem Zug anzureisen. Da Klaus gern etwas individueller reisen wollte, entscheidet er sich für das E-Auto.

Kurz bevor Klaus Plön erreicht, bemerkt er ein Schild: „1. Algenkläranlagen“.

In seinem Quartier fragt er den Vermieter, was es mit dieser Algenkläranlage auf sich hat. Der Vermieter ist ein Landwirt. Er erklärt ihm, dass es seit wenigen Jahren in Plön eine Kläranlage gibt, die das Abwasser mit Hilfe von Algen säubert. Klaus kann gar nicht glauben, dass eine solche Anlage schon in Betrieb sei. Der Landwirte erläutert ihm, dass die Kläranlage nicht nur das Abwasser säubere. Schließlich würde hier auch ein Teil der Wärme für die Stadt produziert. Den Durchbruch für die Anlage hätte es gegeben, als sich das Biomassenetzwerk im Jahr 2023 erstmals bei der Ausarbeitung

einer Biomassestrategie für die KielRegion traf. Hier seien die Experten aus Plön auf Gleichgesinnte aus der KielRegion gestoßen, die für die weitere Nutzung der Algen einen Verwertungsweg in der Samenzucht aufgezeigt hatten. Danach hatte das Projekt richtig Fahrt aufgenommen und konnte aus dem Pilotstatus in den Betrieb gehen.

Auf dem Hof des Vermieters bemerkt Klaus die Biogasanlage. Ihm fällt auf, wie neu diese zu sein scheint. Bei Klaus im Dorf steht auch eine, nur diese ist schon vor zwei Jahren außer Betrieb gegangen. Klaus fragt den Vermieter, wieso in Plön noch Biogas produziert werden könnte. Der Vermieter antwortet Klaus, dass die Anlage Mitte der 2020er freiwillig aus dem EEG ausgeschieden sei, weil er die Umstellung zur Einspeisung vorgenommen habe. Seitdem werden lediglich Wirtschaftsdünger und Landschaftspflegematerial aus dem Landschaftsschutzgebiet verwertet. Ein anderer Teil dieser Nutzungen stellen die Knickhölzer dar, die seit 2023 regelmäßig energetisch in Holzhackschnitzelheizungen verwendet werden. Klaus versteht den Begriff Knickholz erst, als der Vermieter meint, das sind die Hölzer aus Hecken, die alle 10-15 Jahre geerntet bzw. geknickt werden. Dadurch können die Hecken wieder regenerieren und die Habitate der Kulturlandschaft bleiben erhalten.

Biomasse aus dem Landschaftsschutzgebiet und aus ökologisch wertvollen Hecken, das konnte Klaus vor dem Hintergrund der Diskussionen in Bayern gar nicht glauben. Er fragt seinen Vermieter, wie das möglich sein könne. Der meint, dass liege auch am Biomassenetzwerk, das aus der Biomassestrategie heraus entwickelt wurde. Hier waren es nämlich die Vertreter aus den Nichtregierungsorganisation, die schnell begriffen haben, dass hier ein Einklang zwischen Energiegewinnung und Landschaftspflege bzw. dem Naturschutz möglich sei. Bis 2023 gab es getrennte Ansätze. Die Landschaftspfleger stellten Förderanträge, um Landschaftspflegematerial zu ernten und dann zu entsorgen. Im Netzwerk arbeiten Naturschutz, Lohnunternehmer und Energieversorger zusammen. So nehmen jetzt Biogasanlagenbetreiber und Pellethersteller das Material auf und können durch die anschließende Energiegewinnung so Teile der Erntekosten tragen. Die Ernte ist zwar deutlich teurer, da hier meist kein schweres Gerät eingesetzt werden darf. Da aber nun sämtliche sensiblen Naturräume mit den speziellen naturverträglichen Geräten bewirtschaftet werden können, stellen sich entsprechende Kostendegressionen ein. Eine Landmaschinenfirma hatte sich auf dieses Gerät spezialisiert und schon diverse Patente für neue z.B. Insekten schonende Ernteverfahren angemeldet. Vor fünf Jahren wurden die Geräte nicht nur leichter, sondern auch intelligenter, da diese nun auch eine Künstliche Intelligenz einsetzen, um besonders gefährdete Tier- und Pflanzenarten bei der Ernte zu schützen.

Das Rohbiogas werde jetzt über eine Sammelleitung zusammen mit drei anderen Biogasanlagen über die Einspeiseanlage in das öffentliche Gasnetz eingespeist. Das Blockheizkraftwerk, das 18 Jahre seinen Dienst erfüllt hatte, lief nicht mehr. Seitdem werde hier kein Strom mehr dezentral produziert. Der Vermieter erzählte, dass er nun auch wieder an Feriengäste vermietet. Das Gas verkauft er direkt nach Kiel, dort wird

es im Küstenkraftwerk verstromt und das Fernwärmenetz beheizt. Ein anderer Teil des Gases, der v.a. aus dem Wirtschaftsdünger kommt, verkauft er an eine Spedition aus Preetz, die mit dem BIO-LNG ihre LKW-Flotte betankt. Mit dem Geld konnte der Vermieter sein Haus so dämmen, dass ihm eine Solarthermieranlage und ein großer Wärmespeicher zum Heizen reichen.

Klaus wundert sich über die Selbstverständlichkeit, wie der Landwirte über seine Absatzwege spricht. Er kennt in seinem Dorf viele Landwirte, aber die lassen sich nie in die Karten schauen, schon gar nicht durch Fremde.

Bei einem Besuch auf dem Aschberg trinkt Klaus eine Café-Latte, für den laut Karte nur regionaler Milch verwendet wird. Zudem sei die Café-Latte CO₂ negativ. Nach kurzer Internet-Recherche stellt Klaus fest, dass der Milchbauer offensichtlich auch in die Biomassestrategie eingebunden sein muss. Neben der Milch liefert dieser Bauer die Gülle und den Mist an eine weitere Biogasanlage, die auch ihr Biogas einspeist. Das ist aber noch nicht alles, hier werden die Gärreste in Biokohle umgewandelt, so dass über die Biokohle CO₂ in den Boden eingespeichert wird. Der Fachausdruck hierfür sei Kohlenstoff-Sequestrierung. Die Technik zur Biokohleherstellung wurde maßgeblich von einem örtlichen Unternehmen weiterentwickelt.

Jetzt versteht Klaus auch den Leitspruch dieser Biomassestrategie „Küste und Kooperation“. Durch die Zusammenarbeit von Stadt und Land, Biomasseherstellern und Biomassenutzern scheint das Zusammenspiel verschiedener Technologien sehr gewinnbringend und sinnvoll zu funktionieren.

2 Einleitung

Die KielRegion besteht aus der Landeshauptstadt Kiel sowie den Landkreisen Rendsburg-Eckernförde und Plön. Die Ziele der Bundesregierung einer Klimaneutralität bis 2045 (siehe § 3 Abs. 2 (KSG, 2019)) sind auch in der KielRegion Anspruch, wie in der Beschreibung des Masterplan 100 % Klimaschutz im Internetauftritt der Stadt Kiel vermerkt ist.¹ Dieser Masterplan hat Maßnahmen formuliert, wie z.B. „Prüfung regionaler Biomethanpotenziale E-106“ und andere. Die KielRegion hat sich daraufhin das Ziel gesetzt, eine ganzheitliche Biomassestrategie für 2030 zu formulieren, die sich auf Umsetzungspotenziale konzentriert. Dabei müssen Stadt/Umland Aspekte mit Berücksichtigung finden, um Fehlinvestitionen zu vermeiden. So nützt es dem Klima wenig, wenn zwar ein ländlicher Landkreis CO₂ neutral ist, aber dafür die Industrie in der Stadt keine Chance auf eine CO₂ Neutralität hat. Zudem möchten immer mehr Stakeholder auf die Biomasse zur energetischen Nutzung zugreifen – aus dem Inland und auch aus dem nahen Ausland wie z.B. Dänemark.

Somit ist die zentrale Aufgabenstellung der Studie die Erarbeitung der Grundlagen eines Bioenergie Netzwerkes KielRegion. Grundlagen sind hierbei die Berechnung und kartographische Darstellung der vorhandenen Bioenergie Potenziale, die Erarbeitung der Akteursstrukturen und der Start des Zusammenbringens von Akteuren und die Eruierung und Darstellung innovativer Technologien der Region. Im Ergebnis steht die Formulierung einer Bioenergiestrategie für die KielRegion mit Handlungsmaßnahmen.

Zum Zeitpunkt der Beauftragung der Studie zur Eruierung von Biomassepotenzialen in der Kiel Region im Sommer 2021 wurde Biomasse im Kontext von Klimaschutz und in der Wärmenutzung kontrovers diskutiert. Es gab z.B. Akteure wie die Stadt Kiel, welche die Potenziale der Nutzung von biogenen Reststoffen erkannten und diese insbesondere zur Wärmeversorgung einsetzen möchten (wie z.B. beschrieben in (Steubing, M. et al. 2020)). Andere negierten Bioenergie als solche und stellten ihre Nachhaltigkeit in Frage (Luick, R. et al. 2021). Mittlerweile ist die Sicherung bezahlbarer Energie ein zentraler Aspekt der europäischen Wirtschaftspolitik geworden, gerade auch für die Wärmeversorgung, die zunehmend über Strom mit Wärmepumpen dargestellt wird. So wurden im Jahr 2022 Kohlekraftwerke aus der Reserve wieder herausgeholt und ersetzt Gaskraftwerke, um die Abhängigkeit von russischem Gas zu reduzieren. Genau hier setzt Bioenergie an. So könnten unter wirtschaftlichen Kriterien mehr als 50 % der Biogasanlagen Biomethan aufbereiten und ins Erdgasnetz einspeisen (Matschoss, P. et al. 2020).

Um sich der Thematik weiter zu nähern, sei hier der Biomassebegriff erklärt, auf den in der Studie Bezug genommen wird: Biomasse ist zu verstehen als organischer Stoff-

¹ (o. J.c).

strom, der einer energetischen Verwendung zugeführt wird. Der hier verwendete Begriff unterscheidet sich somit von der Biomasseverordnung, die Biomasse hinsichtlich der Vergütungsfähigkeit im Rahmen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) definiert. Diese Vergütung ist jedoch für einige Biomassen wie Altholz nicht mehr notwendig, da sich die Anlagen am Markt refinanzieren können. Somit verwendet die Studie den sogenannten „weiten Biomassebegriff“, der in § 3 Nr. 21 lit. e (EEG 2023, 2014)) EEG näher beschrieben ist:

„Energie aus Biomasse einschließlich Biogas, Biomethan, Deponiegas und Klärgas sowie aus dem biologisch abbaubaren Anteil von Abfällen aus Haushalten und Industrie.“

Es wird generell unterschieden in feste, flüssige und gasförmige Biomasse. In einer Potenzialstudie wird zunächst die Herkunft der Biomasse untersucht, um diese dann nach einer Aufbereitung und nach dem Transport Nutzungspfaden zu zuweisen, die sich marktwirtschaftlich herleiten lassen (Wern, B. et al. 2020b). Die Herkunft wird im Allgemeinen unterschieden in Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Rest- und Abfallstoffe sowie Flächen der Landschaftspflege. In Kapitel 4 wird der Potenzialbegriff exakt beschrieben.

Bioenergie wird vielerorts nicht als Lösung gesehen. Auf deutscher aber auch auf europäischer Ebene werden aktuell verschiedene Signale in den Markt gesendet, die Auswirkungen auf das wirtschaftliche Handeln im Bioenergiesektor haben. Zu nennen sind hier die Nachhaltigkeitszertifizierung im Rahmen der RED II bzw. der künftigen RED III, die EU-Energiesteuerrichtlinie, die weiter ausstehende Novelle der Altholzverordnung, das Klimaschutzgesetz, die Ausschreibungen in der Produktion von Strom aus Biomasse und die allgemeine Diskussion um die Stilllegung von Teilen des Waldes. Alle diese Punkte verunsichern Marktakteure einer nachhaltigen Nutzung von Biomasse. Zum anderen hatte Biomasse im Erneuerbaren Wärmebereich im Jahr 2021 einen Anteil von über 80 %² und kann viele technische Lösungen für Bereiche liefern, die auf Grund der bestehenden Bausubstanz von Gebäuden und der benötigten Wärmeniveaus in Produktionsprozessen kaum andere finanzierbare Lösungen aufweisen (Baur, F. et al. 2022).

Dabei ist stets Nachhaltigkeit Leitmotiv dieser Studie, alle Potenziale werden aus nachhaltiger Sicht ökonomisch, sozial und ökologisch schon in der Aufnahmemethodik bewertet (siehe Kapitel 4.1) und nach dieser Bewertung als „Potenzial“ gezählt oder nicht. Auch wird großen Wert gelegt auf die Unterscheidung schon umgesetzter Potenziale im Sinne derzeit benötigter Biomassemengen sowie darüber hinaus neu zu erschließender Potenziale und Projekte.

² MELUND (2023).

Unter Nachhaltigkeit in der Potenzialberechnung versteht das Projekt u.a. die Berücksichtigung

- aktueller rechtlicher ökologischer Restriktionen (Naturschutzanforderungen, Wasserschutzanforderungen etc.)
- energiewirtschaftlicher Anforderungen heute und in der Zukunft (z.B. Biomethan als Brücke zu Wasserstoff, Biogas als flexibler Stromerzeuger, der insgesamt für künftige Generationen das Gesamtstromsystem günstig gestaltet, siehe (Fleischer, B. 2019))
- sozialer Anforderungen wie z.B. günstige Wärmeversorgung heute und in der Zukunft.

Es wird also im Projekt im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion die Frage gestellt, ob Maßnahmen Wirkungen haben auf soziale, ökologische und ökonomische Belange. Prämisse ist, dass die Maßnahmen (i) den Status quo nicht verschlimmern dürfen und (ii) in Zukunft möglichst eine Verbesserung in den drei Bereichen erzielen können.

Energie hat sich insbesondere seit Beginn des Krieges zwischen Russland und der Ukraine verteuert. Dies hat einen negativen Einfluss auf ökonomische und soziale Nachhaltigkeitsziele. Die Nutzung von Biomasse für ausgereifte Wärmekonzepte in Kombination mit der Stromerzeugung ist auch durch diese geopolitische Situation ein Weg, der technologisch ausgereift und aus wissenschaftlicher Sicht nachhaltig ist. Im Kielwasser und auf Grund verschiedener klimabedingter Verwerfungen haben sich auch biogene Kohlenstoffträger wie Holz oder landwirtschaftliche Substrate verteuert. Diese neuen Entwicklungen sind zu beachten. Doch letztlich ist Biomasse neben C aus sehr teuren Verfahren wie direct air capturing³ die einzige heimische C- Ressource, auf die in Deutschland zugegriffen werden kann. Aus ressourcenstrategischer Sicht ist es für Deutschland somit absolut notwendig, auf Biomasse zu setzen.

Im folgenden Kapitel 3 wird zunächst der Status quo der Energiewirtschaft in der Kiel-Region anhand energiewirtschaftlicher Kennwerte verschiedener Studien beschrieben und die bisherigen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis Bioenergie dargestellt. Da die Arbeiten in der KielRegion auf den Aufbau von Netzwerken und die Initiierung neuer Projekte konzentriert wurden, finden sich anschließend schon zu Beginn innovative Technologien der Bioenergieerzeugung und existierende Modellprojekte der Region. Das Kapitel 3 schließt mit der Zusammenfassung des Status quo.

Danach werden die Potenziale ermittelt und zusammenfassend dargestellt. Dabei handelt es sich jedoch um die „Gesamtpotenziale“, die in Kapitel 5 ins Verhältnis mit den

³ Direct air capturing bedeutet, dass Kohlenstoff direkt aus der Luft durch chemische Verfahren abgeschieden wird. Diese Verfahren sind sehr teuer.

existierenden Anlagen gesetzt werden. Aus den Kapiteln 3-5 wird dann ein Zwischenfazit gezogen bzgl. der Möglichkeiten des Ausbaus von Bioenergie und verschiedener Umsetzungsschwerpunkte in der KielRegion.

Die Möglichkeiten können nur mit den existierenden und neu zu schaffenden Akteuren und Netzwerken umgesetzt werden. Der Bedarf an neuen Netzwerken und die Vorgehensweise des Aufbaus derselben werden in Kapitel 6 behandelt.

Alle Erkenntnisse zusammen bilden die Grundlage der Strategie (Kapitel 7). Für die dort definierten Handlungsfelder werden konkrete Maßnahmen hinterlegt und mit einem Zeitplan zur Umsetzung versehen.

Der Bezug zu den im Leistungsverzeichnis gesetzten Aufgaben befindet sich in Anhang A im Sinne eines Content Codex.

3 Status quo – Anlagentechnologien in der Praxis

3.1 Energiewirtschaftlicher Bedarf in der KielRegion

Der Transformationsbedarf im Bereich Wärme sowie die Integration der Biomasse in die kommunalen Wärmesysteme ist im Rahmen verschiedener Klimaschutz- und Energiekonzepte in den Kreisen Rendsburg-Eckernförde und Plön sowie der Stadt Kiel untersucht worden. Konkret wird in diesem Kapitel die Frage gestellt, in welcher Form Biomasse in den existierenden Klimaschutz- und Energiekonzepten bereits mitgedacht wurde und welche Ansätze zur Integration bzw. für den Ausbau mit der hier vorliegenden Potenzialanalyse kombiniert werden könnten. Aufgrund unvollständig vorliegender Strom- und Wärmeverbräuche, kann diese Studie nur teilweise Ergebnisse zum Biomassepotenzial in der KielRegion liefern.

Wichtig für die Umsetzung von Projekten sind der Stellenwert der Biomasse in den verschiedenen untersuchten Konzepten sowie die ersten Projektierungsideen. So wird in einem Bericht die Bedeutung von Bioenergie fast negiert, in einem anderen wird dieser Energieform eine weitreichende Bedeutung eingeräumt. Aus dieser ersten Analyse heraus konnte im Projektverlauf auf die verschiedenen Akteure zielgruppenspezifisch eingegangen werden.

3.1.1 Stadt Kiel

Für die Stadt Kiel liegen vier Konzepte vor:

- Teilkonzept Klimaverträgliche Energieerzeugung und Versorgung für Kiel von 2011
- Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept - Christian-Albrechts-Universität zu Kiel von 2013
- Klimaschutz-Teilkonzept für das Gewerbegebiet Kiel-Wellsee von 2016
- „Masterplan 100 % Klimaschutz“, für die Landeshauptstadt Kiel von 2017, als Weiterführung des Integrierten Klimaschutzkonzeptes der Stadt Kiel von 2008 .
-

Sowohl das „Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept“ der CAU Kiel, als auch das Klimaschutz-Teilkonzept des Gewerbegebietes Kiel-Wellsee betrachten partiell Bioenergie und Nahwärmenetze. Die CAU Kiel integriert Biomasse in Form einer modellhaften Kleinbiogasanlage für grasartigen Grünschnitt, der auf dem Gelände der Universität anfällt und plant diese Anlage für den Lehrbetrieb. Für den Bereich der festen Biomasse ist angestrebt, einen Pelletkessel für das Sportplatzgebäude zu installieren und dessen Funktion und Betrieb ebenfalls in den Lehrbetrieb einzubinden. Der jährliche Wärmebedarf in Höhe von 38.000 MWh wird vorrangig durch die Fernwärme Kiel

bereitgestellt, diesbezüglich sind im Konzept keine Änderungen geplant. Das Klimaschutz-Teilkonzept für das Gewerbegebiet Kiel-Wellsee spricht sich für die Machbarkeitsprüfung eines Nahwärmeverbundes auf Basis KWK aus und definiert als zu prüfende Brennstoffe den Einsatz von Biogas, fester Biomasse (Holzpellet, Hackschnitzel) in Kombination mit einer Groß-Solarthermieranlage. Dieses hybride Konzept wurde jedoch bisher nicht realisiert.

Spezifischer werden im Teilkonzept „Klimaverträgliche Energieerzeugung und Versorgung für Kiel“ die Einsatzmöglichkeiten von Biogas sowie fester Biomasse in Form von Groß-Heizkraftwerken und Biogasanlagen diskutiert und fundiert mit einer Potenzialanalyse und Kostenrechnung unterlegt. Hierbei wurden holzartige und krautige sowie tierische Biomassen im Umkreis von 55 km zur Stadt Kiel betrachtet, um die Potenziale für gasförmige (Biogas-/Biomethananlage) und feste Bioenergie (Holzheizkraftwerk) zur Erzeugung von Strom und Wärme zu ermitteln

Bezüglich Wärme und Strom auf Basis von fester Biomasse sind zwei Optionen dargestellt:

- Integration von Pellet-Zentralheizkesseln auf Basis regionaler Waldfrischhölzer. Hier wird ein Potenzial von ca. 34.310 MWh/a ermittelt, welches für die Versorgung von 300-400 Häusern ausreichen würde, wenn ausschließlich mit Biomasse beheizt wird.
- Betrieb eines Holzheizkraftwerkes (HHKW) im Verbund mit dem Fernwärmenetz Kiel⁴. Das HHKW ist mit 10 MW_{el.} und 20 MW_{th.} und 5.000 h/a in einer Detailstudie konkretisiert worden und soll(te) jährlich 50 GWh_{el} und 90 GWh_{th} produzieren. Hierzu sind ca. 37.000 Mg Biomasse (mit 4 MWh/Mg) als Input angesetzt. Zum Einsatz sind Waldfrischholz und Landschaftspflegehölzer (inkl. Knickholzpflüge) vorgesehen. Das Kraftwerk ist aktuell (2023) nicht realisiert worden

Auch für den Bereich der Biogaserzeugung wurden in dem Teilkonzept „Klimaverträgliche Energieerzeugung und Versorgung für Kiel“ die Biomassen im Umkreis von 55 km zur Stadt Kiel untersucht. Grundlage der Untersuchungen war die damalige Version des EEGs sowie der gesellschaftliche Konsens. Entsprechend wurden ca. 679.500 Mg/a an NaWaRos (Rübe, Mais, Getreidesilage), Bioabfällen verschiedenster Art, Gülle aus der Tierhaltung, Stalleinstreu, Reststroh (63.000 Mg/a, Grasschnitt sowie Klärschlamm (35.000 Mg/a TS) ermittelt. Basierend auf diesen Mengen konnte eine BGA-Kapazität von bis zu 16 MW_{el} dargestellt werden. Für die Nutzung wurden verschiedenen Stadteile, u.a. auch das Gewerbegebiet Kiel-Wellsee hinsichtlich etwaiger Nahwärmenetzoptionen untersucht. Entscheidungskriterium für die Anwendung von Biogas als Energieträger ist die Mindestleistung von 100 kW_{el}. Entsprechend konnte

⁴ Das Nahwärmenetz der Stadt Kiel hat einen Endenergieabsatz von ca. 1.300 – 1.400 GWh_{th} pro Jahr. In das Nahwärmenetz speisen verschiedene Kraftwerke eine, insbesondere das Großkraftwerk Kiel, die MVA Kiel, das Heizkraftwerk Kiel und verschiedenen Heizwerke.

eine installierte Feuerungswärmeleistung von 8,8 MW_{FWL} ermittelt werden. Diese könnte mit 6,4 MW_{FWL} durch Biogas- und Biomethan (mit Satelliten BHKW) bereitgestellt werden, welche jährlich 41.777 MWh_{el} und 59.604 MWh_{th} bereitstellen. Die restlichen 2,3 MW_{FWL} werden mit Erdgas als Energieträger bereitgestellt.

Der „Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die Landeshauptstadt Kiel führt die obigen Ansätze zusammen und greift auf Potenzialstudien, u.a. von Pyöry 2014⁵, zurück. Im Rahmen des Masterplans ist ein Ausbau der Bioenergie für den Bereich Biogas und feste Biomasse insbesondere über die Integration in Nahwärmenetze (Altbestand und Neubau) geplant. Dadurch soll bis 2050 ca. 25.000 MWh_{Hu} an regenerativer Wärmepotenziale über HHS und Biogas, vor allem unter Einsatz von Reststoffen (Altholz, tierische Nebenprodukte und Klärschlamm) in Wärmenetzen generieren. Letztendlich soll die Fernwärmeversorgung der Stadt Kiel bis 2050 auf 100% klimaneutrale Energieträger umgestellt werden. Es werden 1.100.000 MWh als Energieabsatz für die Fernwärme im Jahr 2050 prognostiziert.

Ein weiterer Ansatz im „Masterplan 100% Klimaschutz“ ist die Integration von Biomethan insbesondere für die Bereitstellung von Prozesswärme für Betriebe. Der Anteil soll von 0% im Jahr 2015 auf 5% in 2050 erhöht werden, der Anteil der festen Biomasse (Biomassepellets und HHS, insbesondere für Wohngebäude und Betrieb) von 1% auf 9%⁶. Dies entspricht ca. 110.000 MWh_{th}/a Biomethan und 190.000 MWh_{th} feste Biomasse im Jahr 2050.

Ein zusätzliches Potenzial für Biomethan wird mit 1.060.000 MWh_{Hu/a} angegeben. Jedoch beruht dieser Wert auf einer Umrechnung bundesdeutscher Zahlen auf die Kieler Bevölkerungsprognose von 2050 und wird daher als nicht belastbar für konkrete Umsetzungen angesehen.

3.1.2 Kreis Rendsburg-Eckernförde

Für den Kreis Rendsburg-Eckernförde liegen zwei Konzepte vor, die sich im weitesten Sinne mit Biomasse befassen:

- Klimaschutzteilkonzept - Strategie zur Anpassung an den Klimawandel im Kreis Rendsburg-Eckernförde von 2020
- Integriertes Klimaschutzteilkonzept der Stadt Eckernförde von 2015

Ein drittes Konzept, das Integrierte Klimaschutzkonzept für die Stadt Kronshagen und die Stadt Rendsburg, befindet sich aktuell in der Erstellung und soll 2023 veröffentlicht werden⁷. Zusätzlich wurde der „Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die Landeshauptstadt Kiel ausgewertet in Bezug auf Zahlen für den Kreis Rendsburg Eckernförde.

⁵ Pyöry (2014).

⁶Tabelle 13-2 im Masterplan

⁷ (2021)

Zusammenfassend wird der Biomasse wenig Stellenwert gegeben. Die Stadt Eckernförde sieht nur geringe Potenziale für den Bereich der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung sowie der Waldholznutzung. Waldholz wird vor allem aus naturschutzfachlichen Gründen abgelehnt. Reststoffbiomassen wird keinerlei Potenzial zugeschrieben. Das „Integrierte Klimaschutzteilkonzept“ der Stadt Eckernförde behandelt Biomasse nicht im energetischen Kontext. Maßnahmen zur klimagerechten Anpassung der Energieversorgung sind ebenfalls nur marginal auf die Bereiche Energieeffizienz und –einsparung ausgerichtet.

Für den Kreis Rendsburg-Eckernförde wurden im „Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die Landeshauptstadt Kiel ca. 2.050.000 MWh_{Hu} an regenerativem Stromerzeugungspotenzial über HHS und Biogas-BHKWs, vor allem unter Einsatz von Reststoffen (Altholz, tierische Nebenprodukte und Klärschlamm), ermittelt.

3.1.3 Kreis Plön

Für den Kreis Plön liegen zwei Konzepte vor:

- Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Plön von 2021
- Klimaschutzteilkonzept Kreis Plön „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“ von 2014
- Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Preetz von 2015

Das „Integrierte Klimaschutzteilkonzept“ der Stadt Plön geht in keiner Weise auf energetische Potenziale ein. Es besteht zu 100% aus Ansätzen und qualitativen Aussagen. Auf Basis dieses Konzeptes können keine belastbaren Aussagen gemacht werden.

Das Klimaschutzteilkonzept „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“ des Kreises Plön betrachtet 16 Liegenschaften und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Strom- und Wärmebereich. Hierbei wird in Variante 3 und 4 die Realisierung eines Nahwärmenetzes für bestimmte Liegenschaften vorgeschlagen (Plön-NW Verbund). Von den 4.700 MWh/a Endenergiebedarf sind nach energetischer Sanierung der Gebäudehülle nur noch 3.088 MWh/a Endenergie notwendig.⁸ Diese können mit einem 1.200 kW_{th} Erdgas-Spitzenlast-Kessel⁹ in Kombination mit einem 750 kW_{th} Biomasse-Grundlast-Kessel¹⁰, der mit regionalem Waldholz-HHS befeuert wird, bereitgestellt werden.¹¹

Für den Kreis Plön wurden im „Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die Landeshauptstadt Kiel ca. 745.000 MWh an regenerativem Stromerzeugungspotenzial über HHS

⁸ Dies entspricht bei einer Annahme von 3.000 l Heizölverbrauch pro Haushalt in etwa 300 Haushalte, die mit Nahwärme versorgt werden können.

⁹ 535 VBH/a

¹⁰ 3.300 VBH/a

¹¹ Abbildung 43 in Klimaschutzteilkonzept „Eigene Liegenschaften der Stadt Plön“ 2014

und Biogas-BHKWs, vor allem unter Einsatz von Reststoffen (Altholz, tierische Nebenprodukte und Klärschlamm), ermittelt.

Im „Integrierten Klimaschutzkonzept“ der Stadt Preetz wurden 3.900 MWh_{th} an biogenen Potenzialen ermittelt, welche hauptsächlich aus Abfallstoffströmen generiert werden könnten (Preetz 2015). Eine genaue Menge sei jedoch nicht zu ermitteln. Die Werte wurden auf Basis von Grenzkosten berechnet. Auf Grund der geänderten Markt- und Rechtslage kann für die vorliegende Arbeit jedoch kein Rückschluss gezogen werden.

3.1.4 Zusammenfassung

Tabelle 1 stellt die Analyse der in Kapitel 3.1 analysierten Klimaschutzkonzepte und Studien zusammen. Hierbei wird zwischen Potenzialen und der aktuellen Nutzung untergliedert. Sofern möglich, wurden Doppelnennungen vermieden. Es zeigt sich, dass die Methoden in diesen Konzepten nicht einheitlich auf Basis von Standards wie z.B. DBFZ 2021 (Thrän, D. & Diana, P. 2021) angewendet werden. Außerdem sind die Ergebnisse teilweise nicht plausibel. Im Einzelnen erscheinen insbesondere die theoretischen Potenziale aus dem „Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die Landeshauptstadt Kiel für Biogas für die Kreise Rendsburg-Eckernförde, Plön und die Stadt Kiel mit insgesamt 2.500 – 3.000 GWh zu hoch, da dies bei 8.000 Jahresstunden einer Leistung von rund 350 MW entsprechen würde. Dies ist nur schwer zu verwirklichen, es sind theoretische Potenziale. Ebenso ist das aus bundesdeutschen Zahlen abgeleitete Biomethanpotenzial i.H.v. ca. 1.000 GWh_{Hu} aus Plausibilitätsgründen nicht berücksichtigt.

Insgesamt spiegeln die Konzepte und Studien die gesellschaftliche „Tank oder Teller“ sowie die naturschutzfachliche Diskussion der letzten Jahre wieder, mit dem Ergebnis der Verlagerung der Inputsubstrate von nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo's) bzw. Waldfrischholz hin zu Reststoffen (Gülle, Mist, Bioabfälle, Gras- und Grünschnitt, Altholz, Landschaftspflegehölzer).

Mit Stand Juni 2022 wurde kein Projekt mit Bezug zu Biomasse, die in den Studien vorgeschlagen wurden, realisiert.

Tabelle 1: Zusammenfassung ausgewählter Zahlen aus Klimaschutzkonzepten bzgl. Bioenergie und Fernwärme für die Kreise Rendsburg-Eckernförde, Plön und die Stadt Kiel, Quellen siehe Kapitel 3.1.1 bis 3.1.3

Nutzung	Potenziale in MWh/a		Nutzung in MWh/a	
	Strom	Wärme	Strom	Wärme
Biogas dezentral	11.037	1.333	10.782	1.078
Feste Biomasse dezentral		39.143		128
Fernwärme Biomethan	96.427	277.208		
Fernwärme feste Biomasse	150.000	265.750		
Fernwärme sonstige Energieträger, hier additive Potenziale zu Gesamtein-speisung	12.873	48.000	Derzeitige Einspeisung Fernwärme 1.430.000	

Gesamt:	259.555	630.356	10.782	1.431.461
----------------	----------------	----------------	---------------	------------------

3.2 Anlagen Strom

Für die in diesem Status quo Kapitel vorgenommenen Auswertungen des Bestandes an EEG-Biomasseanlagen bildeten die Daten des Marktstammdatenregisters (MaStR) die Grundlage. Es können Anlageninformationen zu Standort, Anlagenbetreiber, Biomassesubstrat und elektrische Anlagenleistung ermittelt werden. Zusätzlich zu der installierten elektrischen Leistung wird die Höchstbemessungsleistung der EEG-Anlagen im MaStR erfasst.

Die Anlagendaten im MaStR werden durch die meldepflichtigen Marktakteure eigenständig eingetragen und von der Bundesnetzagentur regelmäßig geprüft. Trotzdem weist das MaStR Ungenauigkeiten auf und bildet die Realität nur bedingt nach. Daher wurden die Anlageninformationen anhand weiterer Recherchen vervollständigt. Zudem wurden Informationen zu Inputsubstraten recherchiert. Eine ausgewertete Anlagenliste ist im Anhang B dargestellt.

2021 waren insgesamt 157 EEG-Biomasseanlagen mit etwa 120 MWel installierter Leistung in der KielRegion in Betrieb (vgl. Tabelle 2), darunter 154 Biogas-, zwei Deponiegasanlagen und eine Pflanzenöl-Biomasseanlage. In Anhang B sind alle Anlagen aufgeführt und im Folgenden zusammenfassend beschrieben.

Tabelle 2: Übersicht der Biomasseanlagen in der KielRegion¹²

		LW13 Biogas		LW Biomethan		Abfall -Biogas		Depo- nie- gas	Pflan- zenöl
		flexible	unfle- xibel	fle- xible	unfle- xibel	fle- xible	unfle- xibel		
Stadt Kiel	Anzahl der Anlagen	1	0	0	2	0	0	0	0
	Bemessungsleistung in kWel	699	0	0	0	0	0	0	0
	Nennleistung in kWel	330	0	0	213	0	0	0	0
Kreis Plön	Anzahl der Anlagen	9	15	0	4	0	1	1	1
	Bemessungsleistung in kWel	8.129	9.382	0	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.
	Nennleistung in kWel	12.025	13.008	0	1.000	0	70	370	372
Kreis Rends- burg- Eckern- förde	Anzahl der Anlagen	42	62	0	14	1	1	1	0
	Bemessungsleistung in kWel	41.836	15.430	0	k.A.	2.378	740	k.A.	0
	Nennleistung in kWel	55.838	27.048	0	3.928	3.349	1406	124	0
Gesamt	Anzahl der Anlagen	52	77	0	20	1	2	2	1
	Bemessungsleistung in kWel	50.664	24.812	0	-	2.378	-	-	-
	Nennleistung in kWel	66.193	40.056	0	5.141	3.349	1.476	494	372
	Jahresenergie Strom in GWhel	529,5	320,4	0,0	41,1	26,8	11,8	4,0	3,0

Abbildung 1 stellt die Standorte der Biomasseanlagen und die dazu gehörende installierte Leistung für die KielRegion kartografisch dar. Eine Auswertung der installierten Leistung und die entsprechende Stromerzeugung auf der Ebene der Postleitzahl-Gebiete werden in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt. Im Kreis Rendsburg-Eckernförde befinden sich deutlich mehr Anlagen als im Kreis Plön und der Stadt Kiel. Sechs PLZ-Gebiete haben fünf oder mehr Anlagen: Eckernförde (24340), Gettorf (24214), Hanerau-Hademarschen und Seefeld u.a. (25557), Preetz (24211), Schacht-Audorf (24790), Todenbüttel (24819).

¹² Flexibilisierte Anlagen nehmen die Flexibilitätsprämie in Anspruch.

¹³ Landwirtschaft

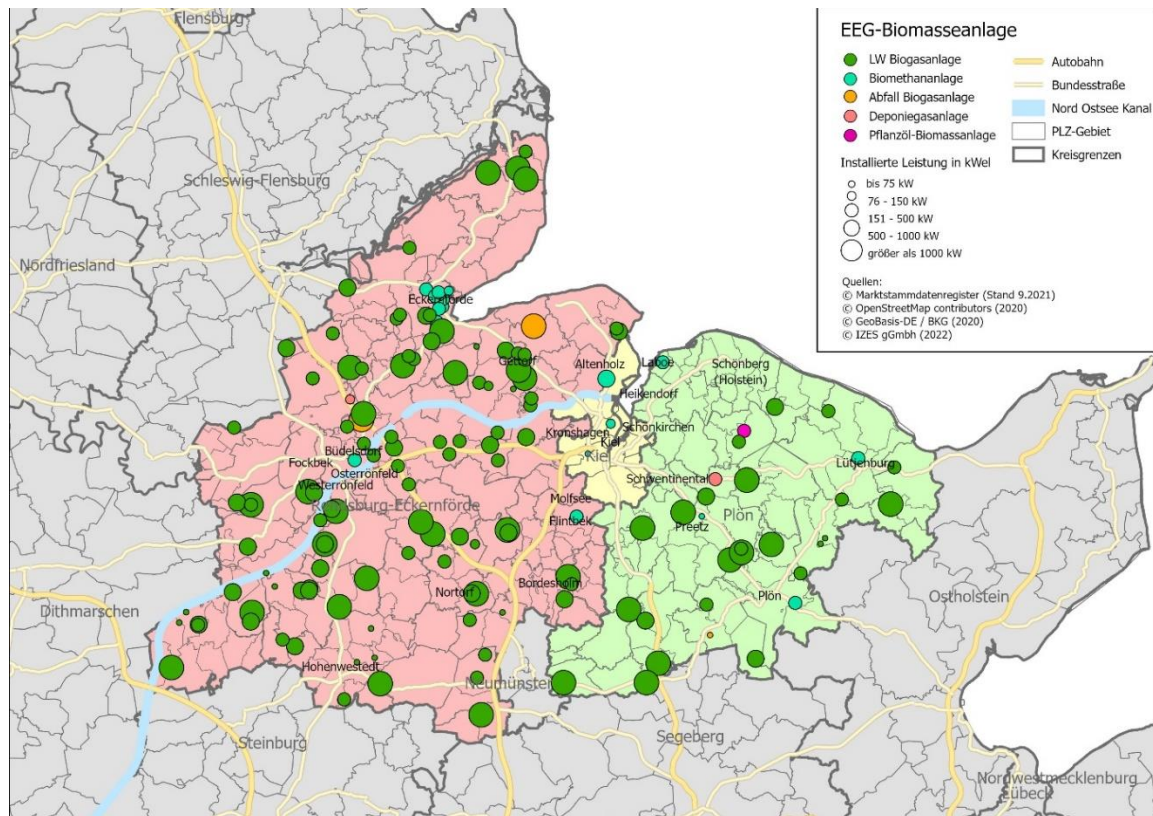


Abbildung 1: Standorte der EEG-Biomasseanlagen in KielRegion

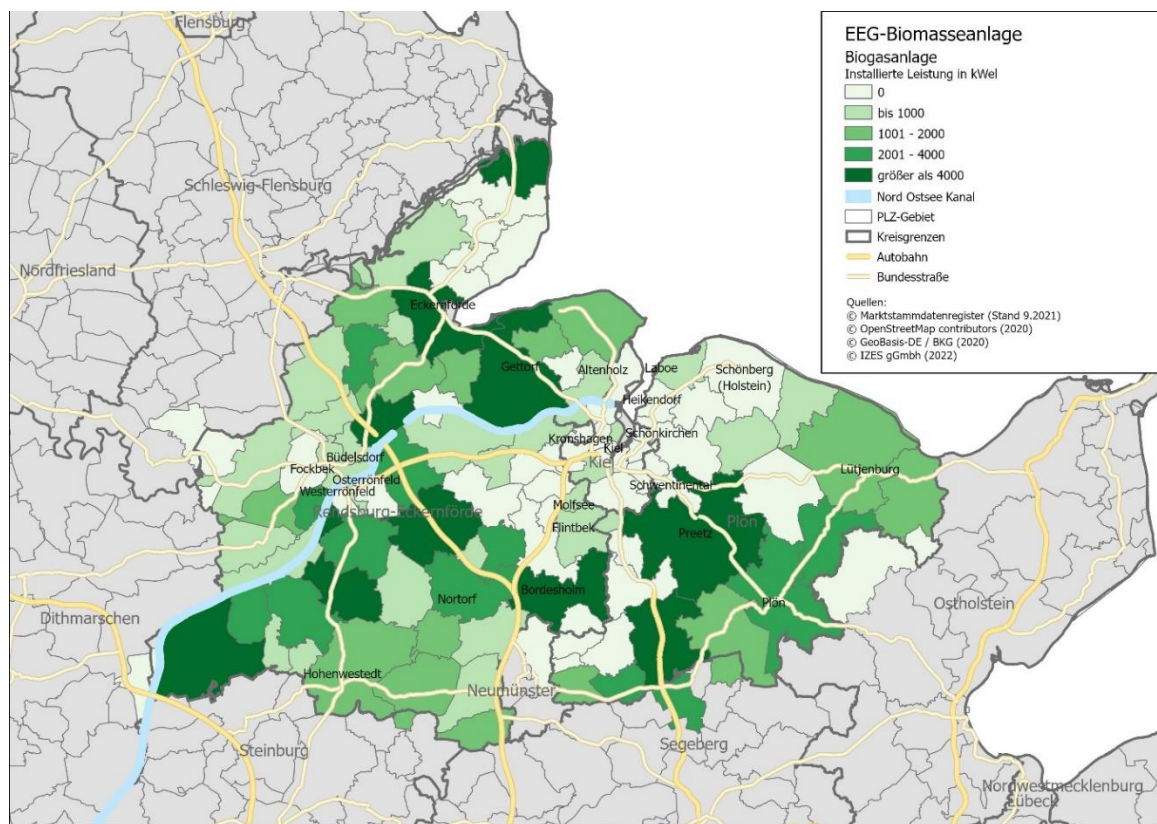


Abbildung 2: Installierte Leistung der EEG-Biomasseanlage auf der PLZ-Ebene

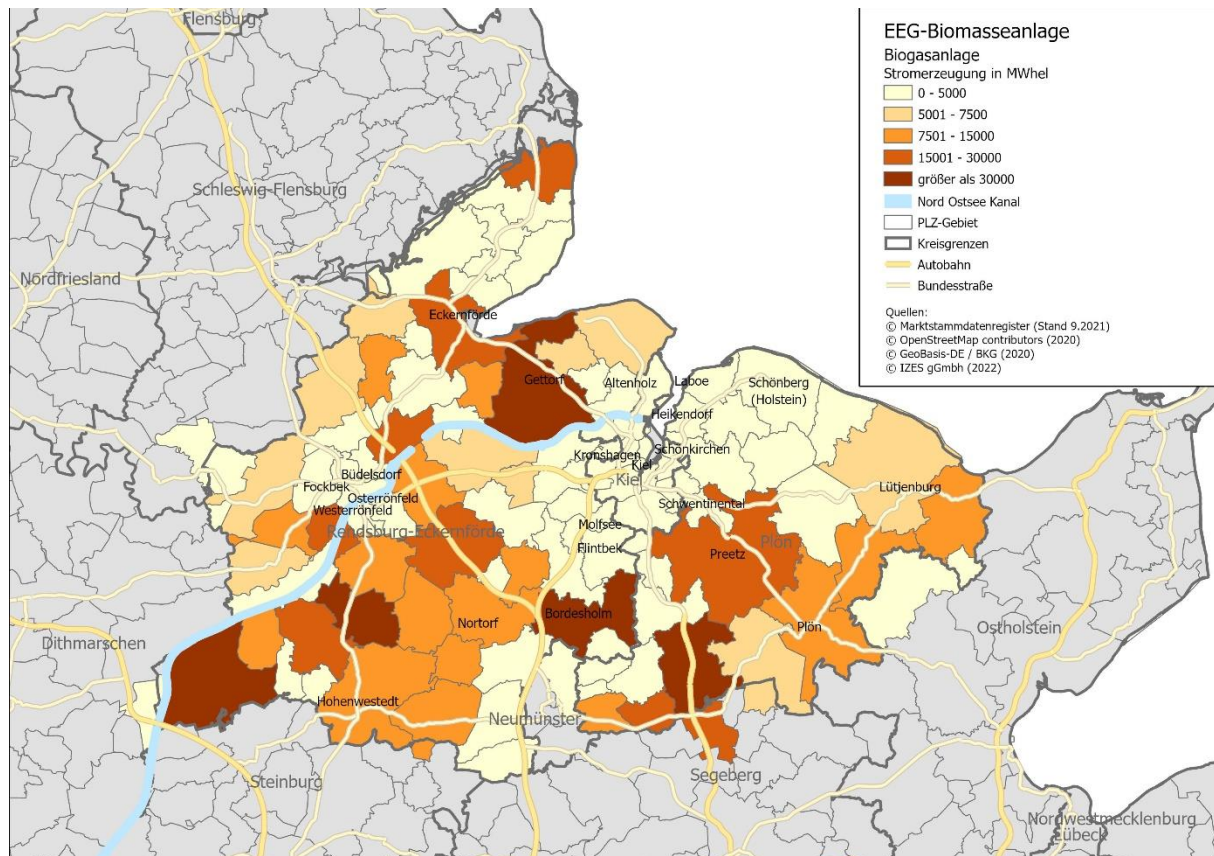


Abbildung 3: Stromerzeugung von Biomasseanlagen auf der PLZ-Ebene, mit der Annahme von 8.000 Volllaststunde

Landwirtschaftliche EEG-Biogasanlage

In der KielRegion sind 129 landwirtschaftliche Biogasanlagen, darunter 52 flexible und 77 unflexible Anlagen, mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von 106.249 kW_{el} und einer Bemessungsleistung von 75.476 kW_{el} in Betrieb. Dies entspricht einer Überbauung um ca. 45%.¹⁴ Mit einer Annahme von 8.000 Volllaststunden können insgesamt 529,5 GWh_{el} im Jahr erzeugt werden. Aus dieser Annahme lässt sich eine produzierte Wärmemenge von rund 500 GWh_{th} ableiten. Die 129 Biogasanlagen sind unterteilt in 12 Anlagen bis 75 kW_{el}, 50 mittelgroße Anlagen bis zum 500 kW_{el} und 66 Großbiogasanlagen mehr als 500 kW_{el}.

EEG-Biomethananlage

¹⁴ Die Überbauung von Anlagen ist ein Maß der Flexibilität. Wenn Anlagen 2 Fach überbaut sind, so können die Anlagen ihre Leistung bei Bedarf (bspw. Ausfall von Windenergie) verdoppeln.

Nach Auswertungen der MaStR-Daten werden insgesamt 20 Biomethananlagen mit einer gesamten installierten Leistung von 5.141 kW_{el} ermittelt. Dies entspricht bei einer Annahme von 8.000 Volllaststunden einer jährlichen Stromerzeugung von 41,1 GWh_{el}.

EEG-Abfall Biogasanlage & Deponiegasanlage

Es gibt in der KielRegion drei Abfall-Biogasanlagen bzw. zwei Deponiegasanlagen, mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von 4.825 kW_{el} bzw. 494 kW_{el}. Dies entspricht bei einer Annahme von 8.000 Volllaststunden einer jährlichen Stromerzeugung von 38,6 GWh_{el} bzw. 4 GWh_{el}.

EEG-Holzfeuerungsanlagen

Es gibt keine Holzverstromungsanlagen in der KielRegion, die über das EEG vergütet werden. Im MaStR sind insgesamt 5 Holzfeuerungsanlagen in Schleswig-Holstein und Hamburg hinterlegt (vgl. Abbildung 4). Da in der MaStR-Datenbank keine Information zu der Brennstoffmenge gegeben wird, wurden die Brennstoffmengen aufgrund der elektrischen und thermischen Leistung berechnet. Bei der Berechnung wurden von durchschnittlich 7.500 Betriebsstunden und einem Heizwert Hi von 4 MWh/Mg FM ausgegangen, analog zu (Vogler, C. et al. 2020). Außerdem wurde ein durchschnittlicher Gesamtwirkungsgrad von 0,65 zugrunde gelegt. Die einzige Altholzanlage¹⁵ mit einer elektrischen Leistung von 17,4 MW_{el} und einer thermischen Leistung von 16,4 MW_{th} befindet sich in Hamburg (MVB Borsigstraße). Nach der oben genannten Berechnung ergibt sich eine Holzmenge von etwa 98.000 Mg FM/a.

¹⁵ Altholz ist in diesem Zusammenhang bereits gebrauchtes Holz, welches unter den Abfallbegriff fällt. Energiewirtschaftlich befindet sich eine genaue Erklärung in der Altholzverordnung. Diese wird derzeit neu aufgelegt und Ende des Jahres 2022 erwartet.

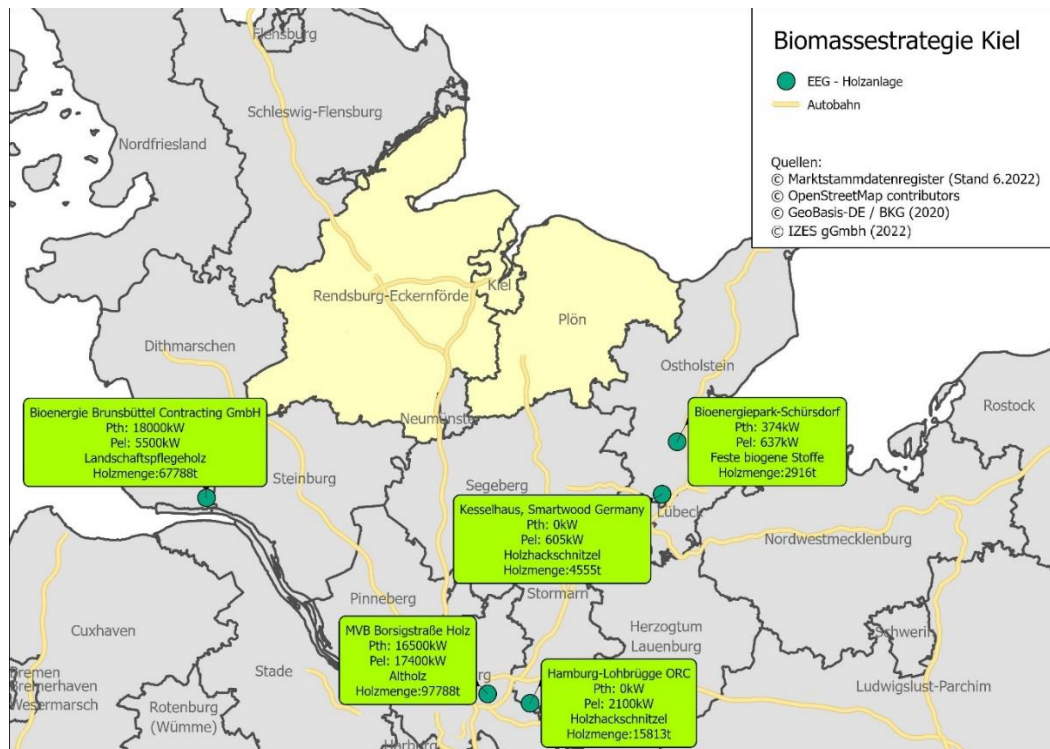


Abbildung 4: Holzanlage in Schleswig-Holstein und Hamburg

EEG-Pflanzenöl-Biomasseanlage

Es gibt eine Pflanzenölanlage im Kreis Plön. Diese Anlage hat eine installierte elektrische Gesamtleistung von 372 kW_{el}.

Bewertung

Es ist zu konstatieren, dass sich die in Tabelle 1 beschriebenen Anlagendaten aus den Klimaschutzkonzepten in den letzten Jahren verändert haben bzw. nicht vollständig waren. Mit der Listung in Anlage B wird erstmals einen Überblick über alle Strom erzeugende Anlagen der Region gegeben.

3.3 Anlagen Wärme

Zu Ermittlung der Wärmeerzeugungsanlagen in der KielRegion sind die folgenden zwei Datengrundlagen genutzt worden:

- 1) Daten von geförderten Biomasseheizungen aus dem Marktanreizprogramm (BAFA-Daten).
- 2) Methodik zur Ableitung installierter Anlagen nach Anzahl und thermischer Leistung nach Holzkaskade 2011¹⁶, Emma 2018¹⁷

¹⁶ Wern, B. (2012).

¹⁷ Bernhardt, A. (2019).

Die BAFA-Förderdatenbank¹⁸ umfasst die durch das Förderprogramm vom "Bundesministerium für Wirtschaft und Energie" (BMWi) geförderten Kleinholzfeuerungsanlagen mit einer Leistung von 8-100 kW sowie Holzhackschnitzelheizungen bis 1 MW. Die Anlagen werden nach der Brennstoffart in Pellets, Scheitholz (SH) und Holzhackschnitzel (HHS) unterteilt. Darüber hinaus ist es möglich, die Anlagen regional nach PLZ und Sektoren unterteilt auszuwerten. Die BAFA-Datenbank wurde im Juli 2021 durch das IZES ausgewertet bzgl. aller zwischen 2001 und 2019 geförderten Anlagen. Da nicht alle in Betrieb befindlichen Kleinfeuerungsanlagen durch das BAFA-Förderprogramm gefördert werden, wurden die Anlagenzahl und die installierte thermische Leistung für die KielRegion auf Basis der Methoden, die in den Projekten Holzkaskaden und EMMA entwickelt wurden, errechnet. In den Forschungsarbeiten konnten Umrechnungsfaktoren für die BAFA-Daten sowie auf Basis verschiedener Studien und demographischer Randbedingungen ermittelt und verifiziert werden (siehe Tabelle 3). Die Daten wurden auf die installierte Leistung normiert. Eingesetzte Holzmengen und entsprechend die Endenergieverbräuche sind abhängig von den Vollbenutzungsstunden der Anlagen. Holzhackschnitzelheizungen sind hierbei vorrangig für Grundlast, im Gewerbe und Nahwärmenetzen im Einsatz, während Einzelfeuerungsstätten nur sporadisch genutzt werden. Pellets und Scheitholzanlagen sind vorrangig für Wohngebäude im Einsatz.

¹⁸ Aufrufen auf www.biomasseatlas.de

Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren der BAFA geförderten Kleinf Feuerungsanlagen nach den Projekten Holzkaskade und EMMA

Umrechnungsfaktor	HHS	Pellets	SH	EFS
Anzahl	0,020	0,048	0,033	1
Leistung	0,262	1	0,380	1
Holzmenge in Mg atro/kWth	0,522	0,200	0,263	0,11
Energiegehalt in TJ/kWth	0,008	0,004	0,004	0,002

Die Anzahl der Feuerungsanlagen in der KielRegion ist in der folgenden Tabelle 4 dargestellt. Es gibt außer der Müllverbrennungsanlage keine größeren Feuerungsanlagen in der KielRegion. Zusätzlich wurden aus den Projekten Holzkaskade und Emma die Anzahl der potentiell installierten Einzelfeuerungsanlagen integriert. Dies sind vorrangig Einzelraumfeuerungsanlagen, wie offene Kamine, Zimmeröfen, etc.

Tabelle 4: Anzahl der Feuerungsanlagen in der KielRegion

	Kreis Rendsburg-Eckernförde	Kreis Plön	Stadt Kiel	Gesamt	Quelle
Müllverbrennungsanlagen	0	0	1	1	MV-Kiel
Ko-Verbrennungsanlagen (Zement, etc.)	0	0	0	0	keine Anlagen gefunden
Mittlere Feuerungsanlagen > 1 MW	0	0	0	0	keine Anlagen gefunden
Kleinf Feuerungsanlagen 101 kW - 1 MW	0	0	0	0	keine Anlagen gefunden
Kleinf Feuerungsanlagen BAFA < 101 kW (HHS bis 1 MW)	1.059	484	189	1.732	BAFA-Daten 2001 - 2019 ausgewertet
Einzelfeuerungsanlagen (EFS)	49.983	23.467	45.004	118.454	Holzkaskade, Emma Projekt
Klärschlammmonverbrennung	0	0	1	1	recherchiert

In der BAFA-Förderdatenbank sind insgesamt 1.732 Kleinf Feuerungsanlagen (< 101 kW_{th}) mit einer Leistung von 42.861 kW_{th} registriert. Darunter fallen 1.649 Anlagen aus dem Privatsektor (Haushalte), 23 Anlagen aus dem GHD-Sektor und 13 Anlagen aus dem Landwirtschaftssektor (vgl. Tabelle 5). Aus dem Projekt EMMA können ca. 118.000 Einzelfeuerungsanlagen (EFS) mit 814 MW_{th} für die KielRegion abgeleitet werden. Die Aufteilung nach der Brennstoffart und Sektoren sind ebenfalls in der Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Übersicht der BAFA-Kleinfeuerungsanlagen und Einzelfeuerungsanlage nach Berechnungen des EMMA-Projektes für die KielRegion

			Sektor					Gesamt
			GHD	Landwirtschaft	Privat	Öffentlich	Sonstige	
Stadt Kiel	HHS	Anzahl			3			3
		kWth			194			194
	SH	Anzahl	1		21			22
		kWth	25		571			596
	Pellets	Anzahl	5		157	1	1	164
		kWth	58		2.365	10	99	2.532
	EFS	Anzahl						45.004
		kWth						309.523
Plön	HHS	Anzahl		3	25			28
		kWth		124	1.211			1.335
	SH	Anzahl		3	135			138
		kWth		148	4.170			4.318
	Pellets	Anzahl	12	2	301	2	1	318
		kWth	348	96	6.260	52	70	6.826
	EFS	Anzahl						23.467
		kWth						161.395
Rends- burg- Eckern- förde	HHS	Anzahl	5	5	49			59
		kWth	334	258	2.423			3.015
	SH	Anzahl	7	5	285	2		299
		kWth	282	144	8.465	81		8.972
	Pellets	Anzahl	25	2	673		1	701
		kWth	1.229	98	13.701		46	15.073
	EFS	Anzahl						49.983
		kWth						343.767

Nach den Umrechnungsfaktoren der BAFA-Daten nach der EMMA-Methode (vgl. Tabelle 3) kann die Gesamtzahl von ca. 2.736 Kleinfeuerungsanlagen abgeleitet werden. Diese Anlagen haben eine installierte Leistung von 78 MW_{th} und einen Holzbrennstoffverbrauch von 23.547 Mg pro Jahr. Für die Einzelfeuerungsanlagen (EFS) können ca. 90.000 Mg pro Jahr ermittelt werden. Insgesamt kann für die KielRegion ein Energieholzverbrauch von ca. 112.000 Mg pro Jahr angesetzt werden. Dies entspricht ca. 165 kg pro Person und Jahr. In Tabelle 6 sind die Zahlen der gesamten KielRegion zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6: Auswertung der Feuerungsanlagen nach der EMMA-Methode, eigene Berechnung

	Kleinf Feuerungsanlagen				EFS
	HHS	Pellets	SH	Gesamt	
Gesamtanzahl	343	1,183	1.209	2.736	118.454
Gesamtleistung in kW_{th}	17.343	24.431	36.578	78.353	814.685
Menge Holz in Mg atro/a	9.043	4.898	9.605	23.547	89.437
Endenergie in TJ/a	130	86	138	355	1.288

Die regionale Verteilung der BAFA-Kleinf Feuerungsanlagen mit Stand Ende 2019 sind in Abbildung 5 - Abbildung 7 dargestellt. Die Stadt Kiel weist zwar eine hohe gesamte thermische Leistung, aber nur weniger als 50 kWh pro tausend Bewohner auf. Regionale „Hot Spots“ an Kleinf Feuerungsanlagen sind im Südwesten sowie Osten des Kreises Plön und Südwesten des Kreises Rendsburg-Eckernförde zu finden.

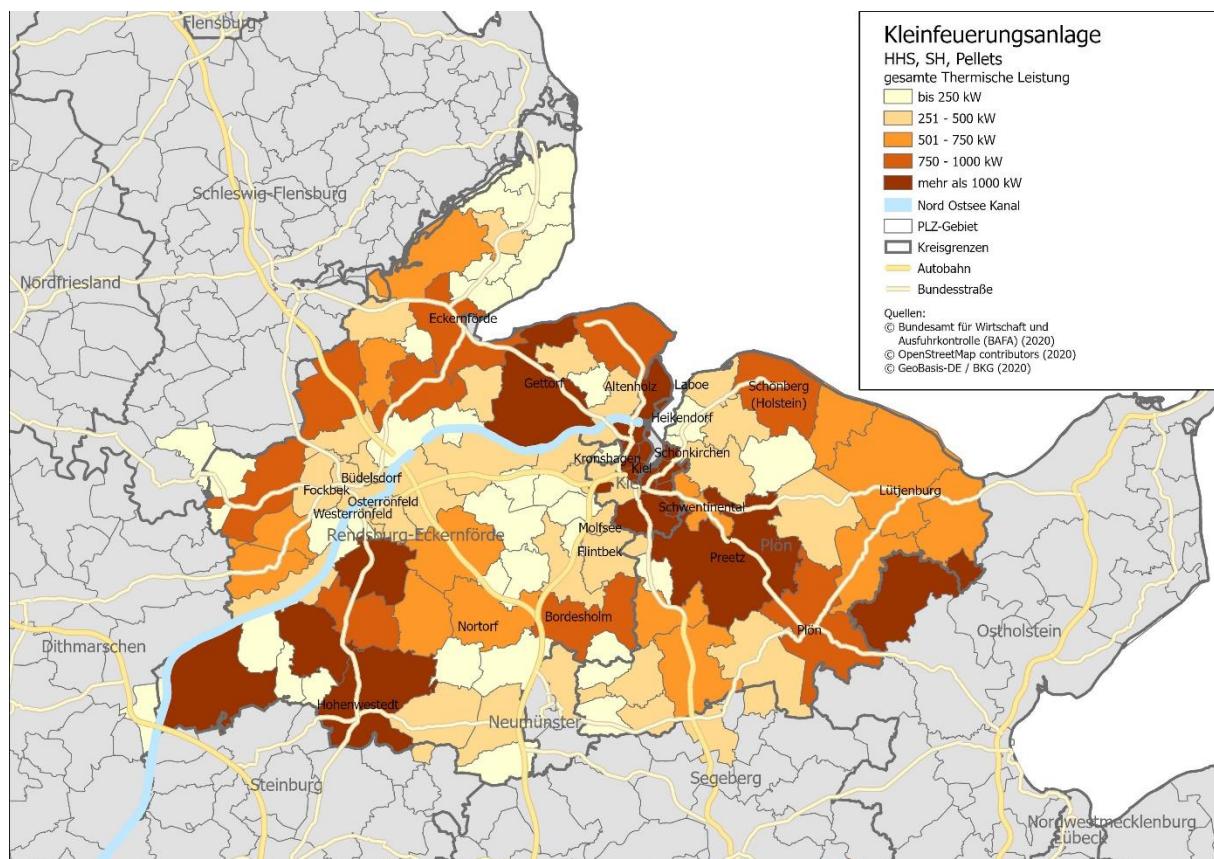


Abbildung 5: Verteilung der Kleinf Feuerungsanlagen nach PLZ-Gebiet, thermische Gesamtleistung

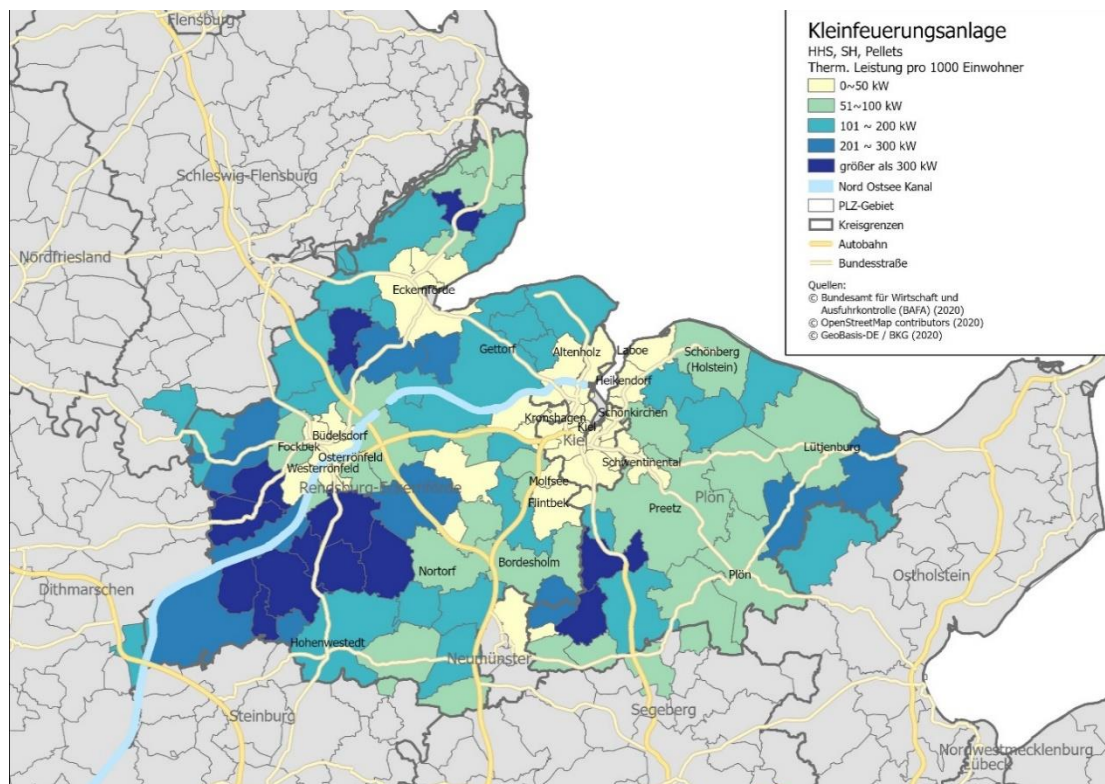


Abbildung 6: Verteilung der Kleinf Feuerungsanlage nach PLZ-Gebiet, thermische Leistung pro 1000 Einwohner

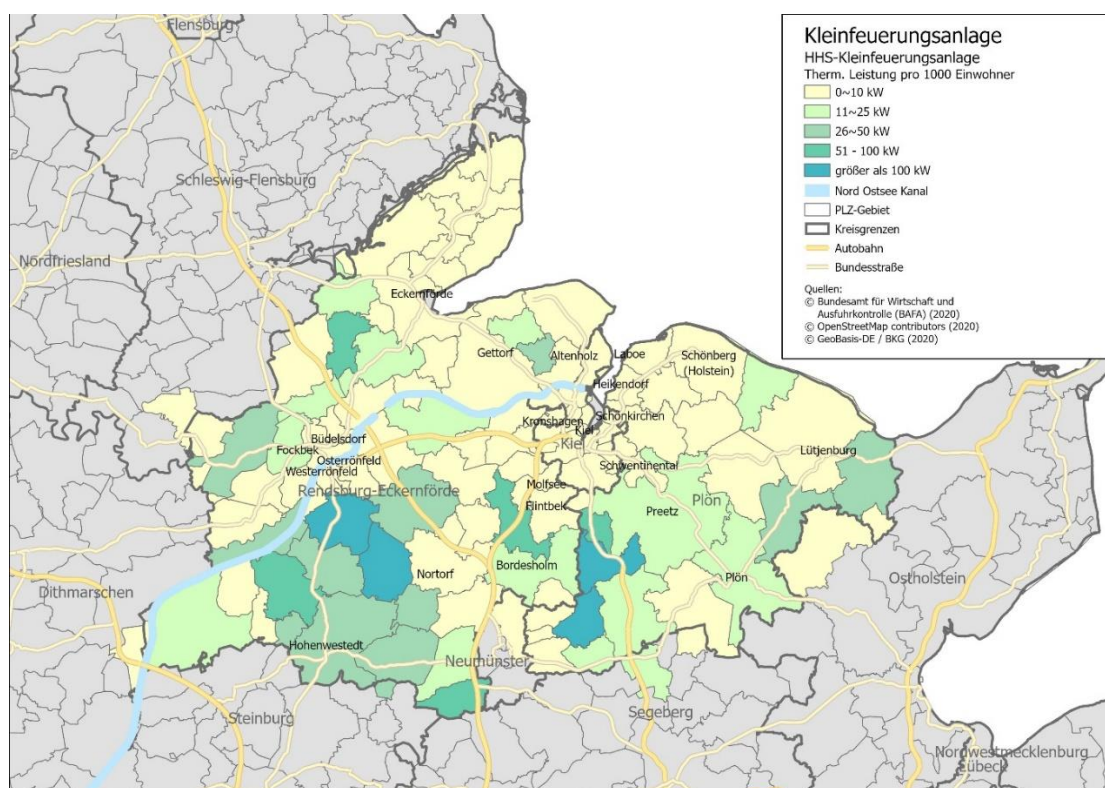


Abbildung 7: Verteilung der HHS-Kleinf Feuerungsanlage nach PLZ-Gebiet, thermische Leistung pro 1000 Einwohner

3.4 Innovative Technologien der KielRegion

Der bisherige Wärmemarkt der KielRegion ist durch fossile Energieträger, wie Erdgas und Heizöl, geprägt. Verschiedene Technologien stehen, teilweise seit vielen Jahren zur Verfügung, um fossile Energieträger aus diesem Markt zu verdrängen. Bis vor kurzem haben insbesondere niedrige Energiekosten bei Heizöl und Erdgas einen Markthochlauf verhindert. Zunehmend greifen ordnungspolitische Vorgaben aus dem Gebäudeenergiegesetz sowie aus dem Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein, die den Einsatz von erneuerbaren Energien im Wärmemarkt einfordern. Seitens des Bundes oder Landes liegt kein ausdrücklicher Plan vor, wie ein flächendeckender Heizungstausch erfolgen soll. Hieraus ergeben sich Herausforderungen für die zur Verfügung stehenden Biomassepotentiale. Nicht jede Ölheizung kann und sollte durch eine Biomasseheizung ersetzt werden. Vielmehr sind es Kombinationen aus verschiedenen bestehenden Technologien, die gewählt werden sollten. Die nachfolgenden Technologien, die als Brennstoff Biomasse nutzen, haben eine Gemeinsamkeit. Sie können jeweils hochkalorische Wärme erzeugen. Diese Hochtemperatur Wärme hat ein breites Einsatzspektrum, das aufgrund seiner Endlichkeit und immer noch vorhandenen Emission immer dann zum Einsatz kommen sollte, wenn keine Niedertemperaturlösung, wie eine Wärmepumpe oder die Abwärme eines Elektrolyseur genutzt werden kann. Somit ist Biomasse im Bereich der Privathaushalte immer die nachrangige Lösung für die Klimaneutralität. Dies ist v.a. auf Grund der laufenden Gesetzesvorhaben zu berücksichtigen. Diese laufenden Gesetzgebungsverfahren sind nicht Teil der vorliegenden Beschreibungen.

3.4.1 Holzpelletanlagen

Pelletkessel sind seit vielen Jahren auf dem Markt. In den letzten Jahren haben sich Innovationen vornehmlich in der Automatisierung und Skalierbarkeit der Leistung entwickelt, die die Technik hinsichtlich der Emission verbessert und den Kontrolle- und Wartungsaufwand minimiert haben. Seit der Novellierung der 1. BImSchV im Jahr 2010 gelten die Schadstoffgrenzwerte auch für kleine Heizkessel mit einer Nennwärmeleistung unter 15 kW. Das bedeutet für Pelletheizungen, dass diese Feinstaub von maximal 0,02 g/qm und Kohlendioxid von 0,4 g/qm als Schadstoffgrenzwerte einhalten müssen.

3.4.1.1 Stand der Technik

Pelletheizungen stoßen im Vergleich zu anderen Holzfeuerungen wenig Feinstaub aus. Der Ausstoß liegt unter den gesetzlich vorgegebenen Staubgrenzwerten von 0,02

g/m³ Abluft. Laut einer Studie des DBFZ aus dem Jahr 2014 verursachen Pelletfeuerungen 0,6 Prozent der gesamten Feinstaubemissionen in Deutschland.¹⁹ Im Vergleich dazu liegt die Feinstaubbelastung durch den deutschen Straßenverkehr bei 19,8 Prozentpunkten.

Pelletheizungen sind Verbrennungsanlagen, die mit einem Holzofen oder Kamin nicht vergleichbar sind. Sie weisen weniger Emissionen von Luftschadstoffen auf, da u.a. der Brennstoff, die Holzpellets, genormt sind. Der Verbrennungsvorgang verläuft vollautomatisch.

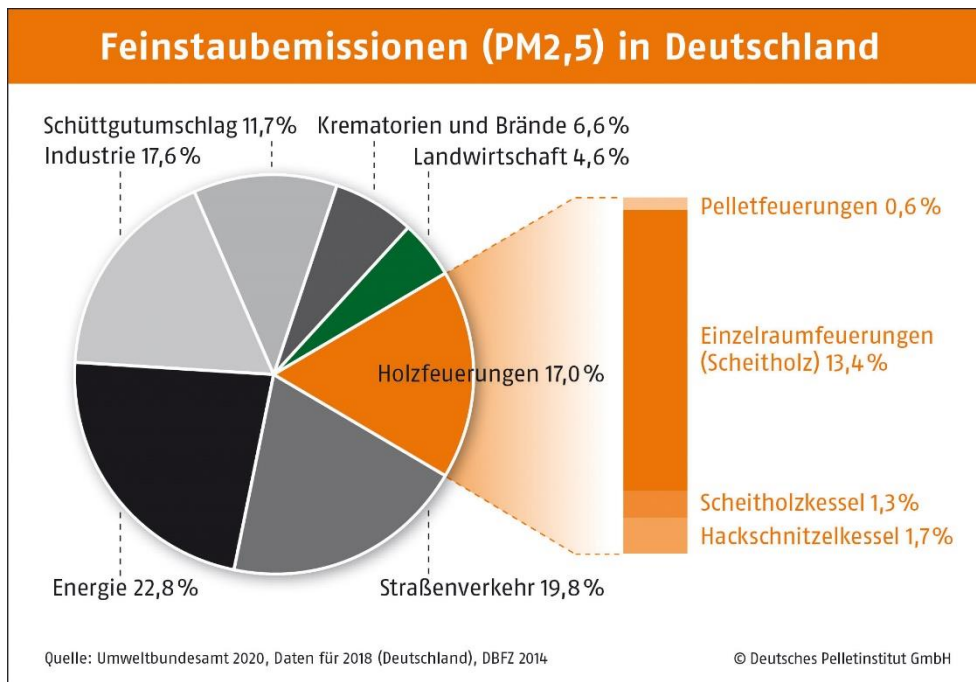


Abbildung 8 Feinstaubemissionen in Deutschland. Quelle: Deutsches Pelletinstitut GmbH

Bei Pelletheizkesseln ist Brennwerttechnik inzwischen technischer Standard. Immer mehr Anbieter haben Modelle mit Brennwerttechnik im Programm. Pellet-Brennwertkessel bieten die Firmen Eta, Fröling, Guntamatic, Hargassner, KWB, Ökofen, Olymp, Paradigma und Rennergy sowie Windhager an. Die Hersteller bieten zudem Kesselmodelle an, die als Niedertemperaturkessel betrieben werden können²⁰.

¹⁹ DBFZ (2014).

²⁰ FNR (2020).

3.4.1.2 Nachhaltigkeit

Holzpellets werden zu 90% aus Sägewerksresthölzern hergestellt²¹. Pellets aus dem Wald spielen fast keine Rolle²². Auf Grund der strengen Luftreinhaltevorschriften werden Alt- und Waldrestholz nicht zu Holzpellets verarbeitet. Hochwertiges Sägeholz wird aus ökonomischen Gründen nicht eingesetzt, da es zu teuer wäre²³. Die Produktionskapazitäten sind deutlich größer als die aktuelle Jahresproduktion. Die letzten 6 Jahre konnte außer im Jahr 2016 immer ein Exportüberschuss von Holzpellets erzielt werden, wie das Deutsche Pelletinstitut auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamtes berechnet hat (vgl. Abbildung 9).

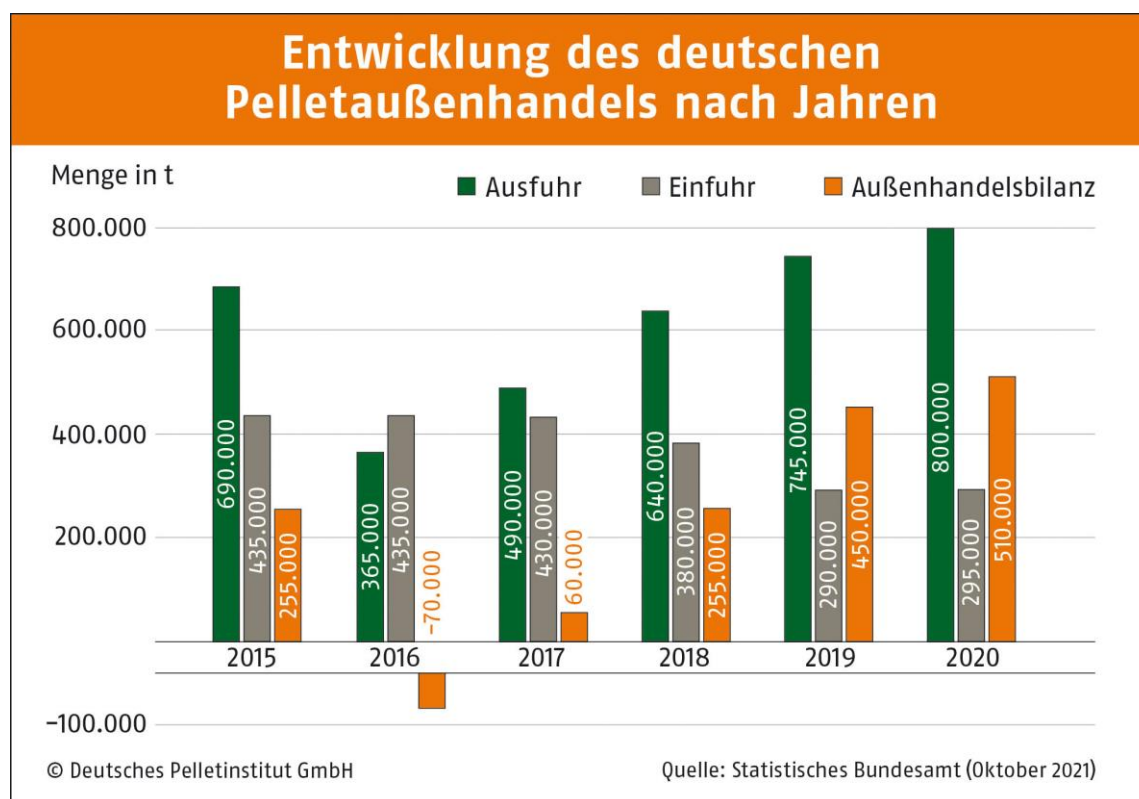


Abbildung 9: Außenhandelsbilanz des Holzpellet Handels

In der KielRegion gibt es derzeit keine nennenswerte Produktion von Holzpellets. Nach Auskunft der HanseWerk Natur werden derzeit die Pellets aus einem Umkreis von rund 150 Kilometer aus Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen bzw. Dänemark bezogen. Ein Sägewerk aus Hanerau-Hademarschen bestätigte, dass die Restholzkapazitäten in Schleswig-Holstein für die Pelletproduktion derzeit zu gering sind²⁴. Die Restholzpoteziale werden bisher nach Buchholz in der Nordheide, nach Wismar oder Dänemark verbracht, wo diese zu Pellets verarbeitet werden.

²¹ (o. J.a).

²² Sörgel, C. et al. (2006).

²³ Ebd.

²⁴ Tepker, C. (2022).

3.4.1.3 Biomasseart

Holzpellets sind kleine, zylindrische Presslinge aus getrocknetem, naturbelassenem Holz. Sie werden in Pelletwerken hergestellt, die überwiegend einem Sägewerk angegliedert sind.

In der KielRegion befinden sich folgende Sägewerke, die bisher keine nennenswerte Produktion von Holzpellets haben:

1. Holz-Dahlinger Handels-GmbH
2. Jöhnk Sägewerk
3. Holz Ruser GmbH & Co. KG
4. Gebr. Krippeit GmbH
5. Willi Haut
6. Baugeschäft Claußen
7. Sägewerk Timmdorf Tom Höger & Kyell Jensen
8. Heinrich Tepker GmbH & Co. Kommanditgesellschaft
9. Claus Pahl Sägewerk

Für den effizienten und zuverlässigen Betrieb von Pelletheizkesseln werden zertifizierte Holzpellets eingesetzt.

3.4.1.4 Heizwert

Der Heizwert von Holzpellets beträgt ca. 5 kWh/kg. Zwei Kilogramm Pellets ersetzen demnach 1 Liter Heizöl bzw. 1m³ Erdgas.

3.4.1.5 Wirtschaftlichkeit

Die Brennstoffkosten von Holzpellets lagen laut dem Deutsches Pelletinstitut (DEPI) von 2011 bis April 2022 unterhalb der Brennstoffkosten von Öl und Gas. Trotzdem ist die Preisentwicklung nicht unabhängig, sondern scheint seit 2021 dem Trend der steigenden Energiekosten für Öl und Gas zu folgen.

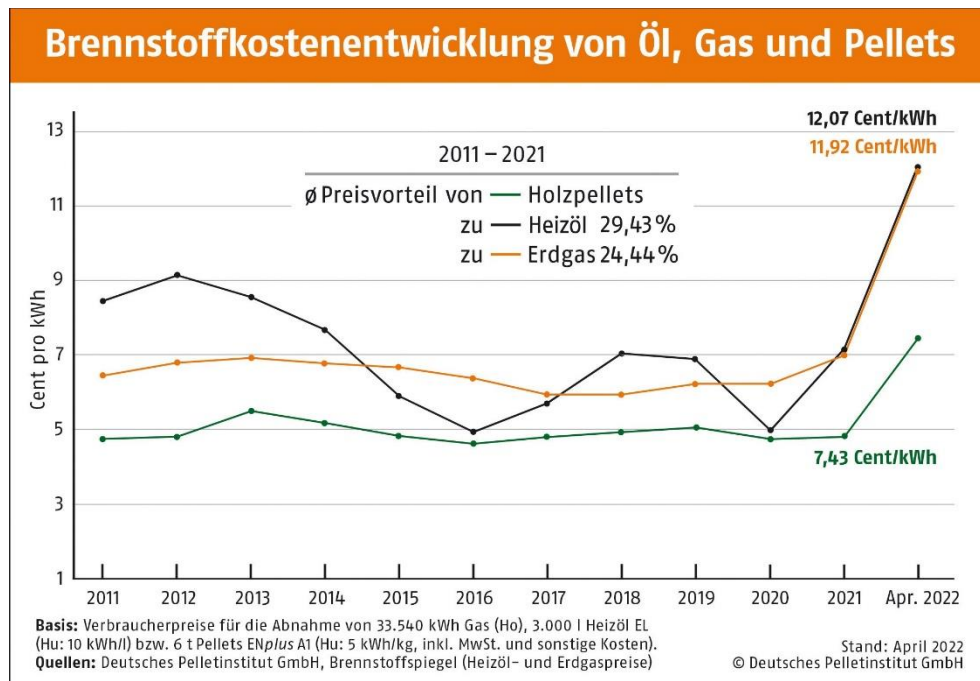


Abbildung 10: Brennstoffentwicklung von Öl, Gas und Pellets von 2011 bis 04/2022

Aus den Kurven wird deutlich, dass der Preisanstieg im Jahr 2021 für Pellets begonnen hat, obwohl diese weder die CO₂ Abgaben aus dem Brennstoffhandelsgesetz und der Energiesteuer belegt sind und zudem mit dem verringerten Umsatzsteuersatz von 7 % besteuert werden.

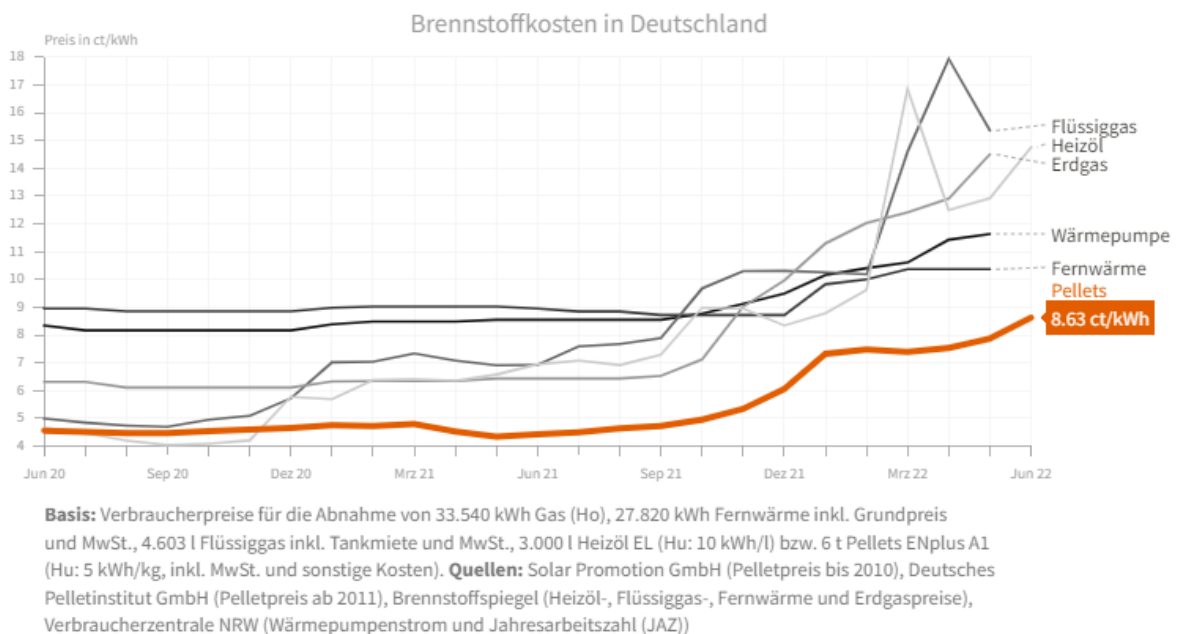


Abbildung 11 Entwicklung der Brennstoffkosten

Neben dem bundesweiten Durchschnittspreis für 3, 6 und 26 Tonnen werden drei Regionalpreise erhoben. Für den Bereich Nord/Ost [Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Schleswig-Holstein] ergaben sich folgende Preise für Holzpellets in den Monaten April bis Juni (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7 Regionalpreis Deutschland Deutsches Pelletinstitut GmbH (DEPI) für 2022

Monat	Menge [Tonne]	Euro pro Tonne bei jeweiliger Liefermenge
April	3	411,12
Mai		428,40
Juni		467,92
April	6	393,72
Mai		414,02
Juni		452,60
April	26	373,29
Mai		390,82
Juni		427,88

Bei einer Leistung von 960 kW werden Wärmegestehungskosten von rund 121,08 €/MWh prognostiziert (vgl. Tabelle 8). Den Wärmegestehungskosten liegt eine jährliche Wärmemenge von 2.400 MWh zugrunde, die dem Wärmebedarf von rund 80 Wohnhäusern mit einem Wärmebedarf von durchschnittlich 30 MWh pro Jahr in der Grundlast versorgen entspricht. Für die Investition wurden rund 730.000 Euro veranschlagt, die Wärmeerzeugung, die Heizzentrale, den Schornstein, die Verrohrung sowie einen Pufferspeicher umfasst. Für die Betriebskosten wurde mit Brennstoffkosten von 336 Euro die Tonne gerechnet. Weitere Betriebskosten wurden ebenfalls berücksichtigt.

Tabelle 8: Wärmegestehungskosten Holzpellets

	Holzpelletkessel
Wärmeleistung	960 kW
geplanter Hersteller und Anlagentyp	4 x ETA ePE -K 240
Wärmemenge	2.400 MWh
Vollbenutzungsstunden	2.500 h
Investitionskosten	
Wärmeerzeuger	322.000,00 €
Eintragung / Vorlage	45.000,00 €
Betonarbeiten / Gründung	30.000,00 €
Einhausung / Gebäude / Brennstofflager	165.000,00 €
Abgasstrecke	40.000,00 €

Verrohrungen / Montage	48.300,00 €
Pufferspeicher mit 55 l je kW	80.000,00 €
Sonstiges	
Summe	730.300,00 €
Annuität	65.683,99 €
15 Jahre, 4,00% Zins	
Fin.-dauer = AfA	
Betriebskosten	
produzierte Wärmemenge	2.400 MWh
Wirkungsgrad	0,85
Brennstoffeinsatz	2823,529412
Umrechnung	588,2352941
Brennstoffpreis	336 €/t
Summe Brennstoffeinkauf	197.726,15 €
Betriebsstrom	3.000,00 €
Wartung- und Instandhaltung	
Gebäude / Einhausung	1.950,00 €
technische Nebenanlagen	4.266,00 €
Erzeugungsanlage	9.660,00 €
Sonstige Kosten	
Schornsteinfeger*in	1.000,00 €
Zertifizierungskosten	
Personalkosten	
Stundenaufwand p.a.	365 h
Personalaufwand	7.300,00 €
Sonstige Erlöse	
Summe Aufwendungen	290.586,13 €
Summe Erlöse	
Summe Wärmeproduktion	2.400 MWh
Wärmegestehungskosten	121,08 €/MWh

3.4.1.6 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die 1. BImSchV bezieht sich u.a. auf Holzkessel ab einer Nennleistung von 4 kW, wie z. B. Pelletkessel. Betreiber müssen alle zwei Jahre vom Schornsteinfeger überprüfte Emissionsanforderungen für Staub- und Kohlenmonoxidemissionen erfüllen. Derzeit

auf dem Markt erhältliche Pelletheizungen müssen die erste Grenze erfüllen. Erfüllt die BImSchV für neu installierte Pelletkessel mit 0,02 g/m³ Staub und 0,4 g/m³ Kohlenmonoxid. Wie beim Wirkungsgrad ist auch bei der Angabe der Emissionen Vorsicht geboten, wobei die für einzelne Kessel und Öfen angegebenen Werte auf Prüfstände unter idealen Bedingungen ermittelt wurden. In der Praxis können individuelle Standortbedingungen wie Schornstein, Pelletqualität und Kesselbedingungen von den Prüfwerten abweichen.

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle stellt im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) eine Liste der förderfähigen innovativen Biomasseanlagen zur Verfügung.²⁵

3.4.1.7 Vorteile Holzpellets

- Homogener, normierter Brennstoff
- Brennstoff wird frei am Markt gehandelt und ist bei klassischen Energielieferanten erhältlich
- Brennstoff ist in automatischen Kesselanlagen einzusetzen
- Brennstoff stammt i.d.R. aus Sägenebenprodukten
- Brennstoff hat eine hohe Energiedichte
- Brennstoff liefert Hochtemperatur Wärme und kann daher in weniger stark energetisch sanierten Objekten/Liegenschaften/Quartieren mit hohen Vorlauftemperaturen eingesetzt werden.
- Geeignet für Spitzenlast bzw. Redundanz in hybriden Wärmekonzepten

3.4.1.8 Nachteile Holzpellets

- Massive Kostensteigerungen seit rund 6 Monaten
- Produktion von Holzpellets ist energieintensiv
- Holzpellets werden i.d.R. zentral in großen Anlagen produziert und müssen hauptsächlich mit fossilen Energieträgern transportiert werden
- In der KielRegion werden keine Holzpellets hergestellt
- Die Verbrennung der Pellets führt zu Emissionen

3.4.1.9 Zielgruppe:

- Privathaushalte mit hohen Vorlauftemperaturen
- Gewerbe- und Industrie für den Raum- und Prozesswärmebedarf auch Prozessdampf
- Fern- und Nahwärmenetze mit hohen Vorlauftemperaturen

²⁵ (Bafa (2022)).

3.4.2 Graspelletanlagen nach dem Biomass to Energy-Verfahren

Für die Herstellung von Graspellets werden statt Holz überwiegend Wiesen- und Rasenschnittgut verwendet. Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben das Biomass to Energy-Verfahren der Bi.En GmbH & Co. KG. Die Bi.En entwickelt und vermarktet nach eigenen Angaben unter dem geschützten Markennamen BtE® (Biomass to Energy) ein patentiertes Verfahren zur Herstellung eines Festbrennstoffs aus Biomasse.

3.4.2.1 Stand der Technik Verbrennung

Graspellets, die die DIN-Norm 17225-T6 erfüllen, können in den am Markt vorhandenen Biomassekesseln eingesetzt werden. Optimierte Verbrennungsergebnisse werden mit Kesseln erzielt, die trotz erhöhtem Aschevolumen gute Verbrennungsergebnisse erzielen, über eine robuste Ascheaustragung sowie über eine verlängerte Brennzonen verfügen und bei denen die Primärluftzufuhr und die Abgasrückführung steuerbar ist.²⁶ Nach Angaben des Herstellers entspricht die Fördertechnik für Graspellets der für Holzpellets.

3.4.2.2 Biomasseart

Das BtE® -Verfahren stellt geringe Anforderungen an die Qualität der Substrate und ist für Biomassen geeignet, die sonst kaum eine energetische Verwendung finden und nicht im Wettbewerb zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion stehen. Mit dem Verfahren kann ein bisher wenig genutztes Potenzial für eine nachhaltige Energiegewinnung erschlossen werden. Verarbeitet wird u.a. halmgutartiges bzw. krautiges pflanzliches Material mit einem Trockensubstanzgehalt von maximal 55% und einem Aschegehalt in der Trockenmasse (XA [%TM]) unter 25%. Vorrangig werden die Ausgangsmaterialien Grünabfälle/Grünschnitt und Landschaftspflegematerial eingesetzt. Für bessere Ergebnisse im Silierungsprozess ist ein erhöhter Feuchtgehalt positiv. Grünabfälle/Grünschnitt/Grüngut aus der Garten- und Landschaftspflege. Es werden hierbei Pflanzenabfälle genutzt, welche bei der Pflege privater und kommunaler Grünflächen (Gärten, Parks, Grünflächen von Wohnanlagen, Flugplätze, Sportstätten etc.), bei der Landschaftspflege sowie der Grünpflege im Straßenunterhaltungs- und Betriebsdienst anfallen oder aus getrennter Sammlung (kommunale oder private Abfallentsorgung) zur Verfügung stehen. Das Material besteht überwiegend aus Wiesen- und Rasenschnittgut. Darin enthalten sind ein- bis mehrjährige krautige Pflanzen, deren oberirdische Pflanzenteile im Gegensatz zu Bäumen und Sträuchern geringer verholzen und krautig weich sind sowie in der Regel nach ein oder zwei Vegetationsperioden absterben.

²⁶ Bi.En (2022).

3.4.2.3 Brennstoff

Der Heizwert von Graspellets beträgt ca. 4,5 kWh/kg. 2,25 Kilogramm Pellets ersetzen also 1 Liter Heizöl bzw. 1m³ Erdgas.

Mit dem Verfahren werden lokale biogene Abfälle und Reststoffe in einen Brennstoff mit holzähnlichen Eigenschaften umgewandelt. Hinsichtlich ihrer Eigenschaften, wie z. B. Heizwert und Schüttdichte, ähneln Graspellets Holzpellets. Zur Definition von Qualitätsstandards für holzfreie Pellets und biogene Festbrennstoffe wurde die Norm DIN ISO 17225-T6 geschaffen. Dies gilt unter anderem für die als Input eingesetzte aquatische Biomasse und Halmgut. Die Spezifikationen dieser Norm können von BtE®-Pellets erfüllt werden. Die Norm DIN 17225-T6, Klasse A, wird von Halmgutpellets erfüllt (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Grenzwerte nach DIN

Parameter	Werte
Wassergehalt:	< 12 m-%
Aschegehalt:	< 6 m-%
Heizwert:	≥ 4,0 kWh/kg (≥ 14,5 MJ/kg)
Mechanische Festigkeit:	≥ 97,5 m-%
Schüttdichte:	≥ 600 kg/m ³
Stickstoff:	≤ 1,5 m-%
Schwefel:	≤ 0,20 m-%
Chlor:	≤ 0,10 m-%

Insbesondere Asche, Chlor, Stickstoff und Schwefel sollen durch das Verfahren zuverlässig in den Anlagen reduziert werden. Der Kessel soll dadurch störungsfrei betrieben werden und die gesetzlichen Grenzwerte für umwelt- und klimabelastende Schadstoffemissionen aus dem Rauchgas sollen besser eingehalten werden.

3.4.2.4 Wirtschaftlichkeit

Die Graspellets aus dem BtE® -Verfahren werden nicht zum Verkauf angeboten. Hintergrund ist, dass sich der Hersteller eine Exklusivität vorbehalten will und weiterhin sicherstellen will, dass der Brennstoff in optimal geführten Heizkesseln eingesetzt wird. Aus diesem Grund können die Graspellets nur in Zusammenhang mit einem Wärme-Contracting aus dem Konzern der get2|energy GmbH & CO KG eingesetzt werden. Diese Praxis wird nach Auskunft des Unternehmens über die nächsten fünf bis zehn Jahre beibehalten²⁷.

²⁷ Goll, H. (2022).

Der Preis für die Graspellets ist an den für Holzpellets angelehnt und damit mittelbar auch an den Heizölpreis gekoppelt.

Bei einer Leistung von 960 kW werden Wärmegestehungskosten von rund 141,98 €/MWh prognostiziert. Den Wärmegestehungskosten (siehe Tabelle 10) liegt eine jährliche Wärmemenge von 2.400 MWh zugrunde, die dem Wärmebedarf von rund 80 Wohnhäusern mit einem Wärmebedarf von durchschnittlich 30 MWh pro Jahr in der Grundlast versorgen entspricht. Für die Investition wurden rund 807.000 Euro veranschlagt, die Wärmeerzeugung, die Heizzentrale, den Schornstein, die Verrohrung sowie einen Pufferspeicher umfasst. Für die Betriebskosten wurde mit Brennstoffkosten 336 Euro die Tonne gerechnet. Weitere Betriebskosten wurden ebenfalls berücksichtigt.

Tabelle 10: Wärmegestehungskosten Graspellets

	Graspelletkessel
Wärmeleistung	960 kW
geplanter Hersteller und Anlagentyp	4 x ETA ePE -K 240
Wärmemenge	2.400 MWh
Vollbenutzungsstunden	2.500 h
Investitionskosten	
Wärmeerzeuger	354.200,00 €
Eintragung / Vorlage	45.000,00 €
Betonarbeiten / Gründung	30.000,00 €
Einhausung / Gebäude / Brennstofflager	165.000,00 €
Abgasstrecke	80.000,00 €
Verrohrungen / Montage	53.130,00 €
Pufferspeicher mit 55 l je kW	80.000,00 €
Sonstiges	
Summe	807.330,00 €
Annuität	72.612,15 €
15 Jahre, 4,00% Zins	
Fin.-dauer = AfA	
Betriebskosten	
produzierte Wärmemenge	2.400 MWh
Wirkungsgrad	0,85
Brennstoffeinsatz	2823,529412
Umrechnung	705,8823529
Brennstoffpreis	336 €/t

Summe Brennstoffeinkauf	237.271,38 €
Betriebsstrom	3.000,00 €
Wartung- und Instandhaltung	
Gebäude / Einhausung	1.950,00 €
technische Nebenanlagen	5.162,60 €
Erzeugungsanlage	10.626,00 €
Sonstige Kosten	
Schornsteinfeger*in	1.000,00 €
Zertifizierungskosten	
Personalkosten	
Stundenaufwand p.a.	456 h
Personalaufwand	9.125,00 €
Sonstige Erlöse	
Summe Aufwendungen	340.747,13 €
Summe Erlöse	
Summe Wärmeproduktion	2.400 MWh
Wärmegestehungskosten	141,98 €/MWh

3.4.2.5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Ein Großteil der im Produktionsprozess eingesetzten biogenen Materialien gilt per Gesetz als Abfall. Das Endprodukt BtE® -Pellets ist nach Auskunft der BI.EN kein Abfall mehr²⁸. Diese Aussage, die für die Genehmigungsfähigkeit der Biomassekessel entscheidend ist, ist im Anhang D beigefügt.

3.4.2.6 Vorteile Graspellets

- Brennstoff ist laut Hersteller definiert und kann in marktverfügbaren Biomassekesseln eingesetzt werden
- Brennstoff stammt aus Ressourcen, welche heute i.d.R. in die Kompostierung gehen
- Brennstoff hat eine hohe Energiedichte von 4,5 kWh/kg

3.4.2.7 Nachteile Graspellets

- Brennstoff ist derzeit nicht marktverfügbar und über klassische Brennstofflieferanten zu beziehen
- Es liegen wenige Markterfahrungen mit dem Brennstoff vor

3.4.2.8 Zielgruppe

- Abfallwirtschaftsunternehmen
- Wärmenetzbetreiber*innen
- Kommunen
- Naturschutzbehörden
- Landwirt*innen
- Garten- und Landschaftsgärtner*innen

3.4.3 Holzhackschnitzelanlagen

3.4.3.1 Stand der Technik

Hackschnitzel-Heizanlagen werden in einem sehr weiten Leistungsbereich mit Nennwärmeleistungen von etwa 20 kW bis hin zu 5 MW und mehr angeboten.

Hackschnitzelanlagen bestehen im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Brennstofflager mit Befüllereinrichtung und Lagerraumaustragung
- Hackschnitzeltransport zum Heizkessel
- Heizkessel mit Steuerung
- (automatische) Entaschung

Holzessel haben generell etwas größere Abmessungen als Feuerstätten für Heizöl und Erdgas, denn Holz ist ein „langflammiger“ Brennstoff, d.h. er benötigt mehr Zeit für die vollständige Verbrennung und damit einen größeren Verbrennungsraum sowie eine anspruchsvollere Steuerungs- und Regelungstechnik. Bei größeren Anlagen kann die Unterbringung in einem vorhandenen Heizraum problematisch werden, so dass ggf. ein neues Heizhaus oder eine Containeranlage errichtet werden muss.

3.4.3.2 Biomasseart

Hackschnitzel sind etwa streichholzschachtelgroße Holzstückchen, die eine vollautomatische Wärmebereitstellung insbesondere für größere Gebäude oder Wärmenetze ermöglichen. Sie werden über entsprechende Fördereinrichtungen vom Brennstoffsilo in die Feuerungsanlage transportiert. Moderne Holzheizanlagen arbeiten bei guter Planung und Betrieb hocheffizient und emissionsarm.

Holzhackschnitzel werden in der Regel aus Restholz hergestellt, das bei der Industriegewinnung anfällt, aus Durchforstungs- und Landschaftspflegeholz, aus Sägerestholz sowie aus Gebrauchtholz, das aus dem stofflichen Nutzungsprozess ausscheidet. In mobilen oder stationären Hackern wird das Holz zu Hackschnitzeln zerkleinert. Der Feuchtigkeitsgehalt von Hackschnitzeln ist ein zentraler Faktor zur Bestimmung des Heizwertes und damit der Qualität der Hackschnitzel. Je nach System können auch Hackschnitzel mit hohem Feuchtigkeitsgehalt verbrannt werden. Dabei handelt es sich überwiegend um Biomasse-Heizwerke, die darauf ausgelegt sind, minderwertige Hackschnitzel problemlos zu verwerten. Für Anlagen unter 100 kW, die überwiegend von privaten Eigentümern genutzt werden, empfiehlt sich der Einsatz von Hackschnitzeln mit geringem Feuchtigkeitsgehalt und damit hoher Hackschnitzelqualität.

Auch für die Lagerung in Hackschnitzellagern ist der Feuchtigkeitsgehalt wichtig. Generell gilt: Je trockener die Hackschnitzel sind, desto länger können sie gelagert werden. Ein Feuchtigkeitsgehalt von weniger als 20 % kann unbedenklich gelagert werden. Der Rohstoff bestimmt Brennwert, Aschegehalt und Feuchtigkeitsgehalt. Aus diesem Grund erzeugen verschiedene Holzarten unterschiedliche Wärmemengen. Bei den Holzarten hingegen gibt es Unterschiede wie Stammholz, gefälltes Holz und Sträucher. Beispielsweise haben Nadelholzreste ein hohes Lignin-Harz-Verhältnis, was zu einem sehr hohen Heizwert führt. Auch der Aschegehalt von Holzresten ist sehr hoch, was man gerade bei kleinen Feuerungsanlagen vermeiden möchte. Energie-Scheite eignen sich daher besser für die Produktion von höherwertigen Hackschnitzeln als restliches Waldholz.

Ein scharfes Messer beim Hackvorgang ist wichtig, um qualitativ hochwertige Hackschnitzel zu gewährleisten. Die Hackschnitzelproduktion wird normalerweise von Lohnunternehmer*innen durchgeführt, daher ist es wichtig, dass Lohnunternehmer*innen ihre Messer scharf halten. Dies sorgt für eine präzise Körnung mit geringem Feinanteil und damit für eine hohe Hackschnitzelqualität. Bei kleinen Öfen (< 500 kW) können zu große Partikel Probleme beim Schneckentransport vom Lager zum Kessel verursachen.

Neben optimalen Produktionsbedingungen wie Energieholz und scharfen Messern können Faktoren wie die Erfahrung der Maschinenbediener*innen und Verunreinigungen durch mineralische Verschmutzungen in der Vorkette die Qualität beeinflussen. Es wird auch empfohlen, auf Forststraßen und Lagerplätzen auf Holzeinschlag und Zwischenlagerung zu verzichten.

3.4.3.3 Heizwert

Der Heizwert von Hackschnitzel beträgt ca. 3,4kW/kg. 3 Kilogramm Holzhackschnitzel ersetzen demnach 1 Liter Heizöl bzw. 1 m³ Erdgas²⁹.

3.4.3.4 Wirtschaftlichkeit

Der Energieaufwand für Hacken und Transport beträgt ca. 1,5 % des Energieinhaltes der Hackschnitzel. Die Qualität der Hackschnitzel hängt neben dem Wassergehalt und der Holzart auch von den mechanischen Eigenschaften und dem Anteil an Fremdstoffen ab. Bei der Planung einer Hackschnitzelheizung sollten der Wassergehalt und insbesondere die Größe der Hackschnitzel möglichst früh bekannt sein, um die Förder-technik und die Feuerung dem Brennstoff optimal anzupassen. Hackschnitzelfeuerungen sind heute im Bereich von 10 kW bis zu Leistungen im MW-Bereich erhältlich. Die Wirkungsgrade liegen bei rund 85 - 90 %³⁰.

Die Fördereinrichtungen für Hackschnitzel sind technisch und finanziell aufwendig. Daher werden Hackgutfeuerungen in der Regel erst ab einer Größe von 50 - 100 kW und einer rechnerischen Vollastlaufzeit von 2.000 - 3.000 Stunden wirtschaftlich.

Zur Erreichung eines wirtschaftlichen Anlagenbetriebes ist die richtige Dimensionierung des Holzkessels entscheidend. Der Holzkessel sollte bei größeren Heizanlagen die Grundlast abdecken, die je nach Verbrauchscharakteristik 30 - 50 % der Gesamtleistung betragen kann. Bei dieser Auslegung können 70 - 90 % der benötigten Wärmemenge durch Holz gedeckt werden. Die Spitzenlast und ggf. die sommerliche Schwachlast können dann mit Heizöl- oder Erdgaskesseln, Wärmepumpen, Solarthermie abgedeckt werden.

Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Betrieb von Holzhackschnitzelanlagen sind:

- Ausreichend Platz im Heizraum für den größeren Holzkessel oder Platz für eine neue Heizzentrale
- Ausreichend Platz in den Außenanlagen, um ein Hackschnitzelsilo zu bauen
- Erreichbarkeit für die Lieferfahrzeuge

Bei einer Leistung von 960 kW werden Wärmegestehungskosten von rund 72,17 €/MWh prognostiziert (vgl. Tabelle 11).

²⁹ Als Richtwerte für die Umrechnung kann man ansetzen, dass 1 Raummeter Holz ca. 2 Schüttraummeter Hackschnitzel entsprechen, 1 Schüttraummeter Hackschnitzel hat ein Gewicht von 210 bis 250 Kg und 1 Kg Hackschnitzel (bei 20% Wassergehalt) ca. 3,4 kWh Wärme erzeugt. Ca. 10-15 Schüttraummeter Hackschnitzel entsprechen etwa der Energie von 1000 Litern Heizöl.

³⁰ 3N Kompetenzzentrum (2020).

Tabelle 11 beispielhafte Wärmegestehungskosten eines HHS Kessels

	HHS-Kessel
Wärmeleistung	960 kW
geplanter Hersteller und Anlagentyp	4 x ETA eHack 240
Wärmemenge	2.400 MWh
Vollbenutzungsstunden	2.500 h
Investitionskosten	
Wärmeerzeuger	294.000,00 €
Eintragung / Vorlage	40.000,00 €
Betonarbeiten / Gründung	30.000,00 €
Einhausung / Gebäude / Brennstofflager	165.000,00 €
Abgasstrecke	40.000,00 €
Verrohrungen / Montage	44.100,00 €
Pufferspeicher mit 55 l je kW	80.000,00 €
Sonstiges	
Summe	693.100,00 €
Annuität	62.338,18 €
15 Jahre, 4,00% Zins	
Fin.-dauer = AfA	
Betriebskosten	
produzierte Wärmemenge	2.400 MWh
Wirkungsgrad	0,85
Brennstoffeinsatz	2823,529412
Umrechnung	564,7058824
Brennstoffpreis	150 €/tatro
Summe Brennstoffeinkauf	84.705,88 €
Betriebsstrom	3.000,00 €
Wartung- und Instandhaltung	
Gebäude / Einhausung	1.950,00 €
technische Nebenanlagen	4.082,00 €
Erzeugungsanlage	8.820,00 €
Sonstige Kosten	
Schornsteinfeger*in	1.000,00 €
Zertifizierungskosten	
Personalkosten	

Stundenaufwand p.a.	365 h
Personalaufwand	7.300,00 €
Sonstige Erlöse	
Summe Aufwendungen	173.196,06 €
Summe Erlöse	
Summe Wärmeproduktion	2.400 MWh
Wärmegestehungskosten	72,17 €/MWh

3.4.3.5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV) regelt, unter welchen Bedingungen kleinere und mittlere, nicht genehmigungsbedürftige Biomassefeuerungen aufgestellt und betrieben werden dürfen und bei größeren Anlagenleistungen durch die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) festgelegt. Grenzwerte legen fest, wie viel Schadstoffe entweichen dürfen. Geregelt ist in der Verordnung außerdem, wie oft und in welchem Umfang Feuerungsanlagen aus Immissionsschutzgründen überwacht werden müssen. In der Liste der zugelassenen Brennstoffe sind neben Heizöl, Erdgas, Kohle, Holz und Stroh aufgeführt. Ferner sind sonstige nachwachsende Rohstoffe genannt, die zur möglichen Nutzung zusätzliche Anforderungen wie eine 'genormte Qualität' erfüllen müssen.

Um alle Heizungsanlagen zu erfassen, wird der Anwendungsbereich der Verordnung erweitert. Die novellierte Verordnung gilt für alle Anlagen ab 4 Kilowatt.

Die o. g. Brennstoffe dürfen nur eingesetzt werden, wenn der Feuchtegehalt weniger als 25 % beträgt (Wassergehalt < 20 %). Dies gilt nicht für automatisch beschickte Feuerungen, die vom Hersteller für höhere Feuchtegehalte zugelassen sind.

Im Rahmen der Messpflicht müssen alle Biomassekessel ab 4 kW, ausgenommen Einzelraumfeuerungen, 4 Wochen nach Inbetriebnahme und dann wiederkehrend alle 2 Jahre gemessen werden (Staub, CO).

3.4.3.6 Vorteile Holzhackschnitzel

- Dezentrale Produktion durch Lohnunternehmen und Entsorgungsunternehmen
- Üblicherweise regionaler Brennstoff
- Größere Mengen Holzhackschnitzel in Schleswig-Holstein fallen bei der Knickpflege an
- Holzhackschnitzel können in marktverfügbaren Kesseln verschiedenster Leistungsgrößen eingesetzt werden

3.4.3.7 Nachteile Holzhackschnitzel

- Holzhackschnitzel werden teilweise auch aus Frischhölzern (Rundhölzern) hergestellt, welche im ersten Schritt grundsätzlich einer stofflichen Nutzung zugeführt werden müssen
- Der Betrieb bedarf eine personelle Überwachung, um Steuerungen in der Zuführung des Brennstoffes zu beheben.
- Das Handling von Holzhackschnitzeln setzt i.d.R. größeren Maschineneinsatz und Platzbedarf voraus
- Auf Grund der hohen Nachfragesteigerungen im Bereich „Biomasse“ sind auch die Beschaffungskosten für Holzhackschnitzel deutlich angestiegen

3.4.3.8 Zielgruppe

- Forstbetriebe
- Lohnunternehmer*innen
- Nah- und Fernwärmenetzbetreiber*innen
- Landwirt*innen

3.4.4 Biokohleanlagen

3.4.4.1 Stand der Technik

Biokohleanlagen gehören zu den jüngsten technischen Entwicklungen und sind bisher noch nicht in vielen Projekten umgesetzt, so dass hier maßgebliche Praxiserfahrung fehlt.

Neben Biokohle produzieren die Anlagen Energie in verschiedenen Formen. Im Prozess erzeugen manche Anlagen mehr Wärmeenergie, als für den Karbonisierungsprozess benötigt wird. Restwärme kann daher als Fern- oder Nahwärme genutzt, oder als Wasserdampf über ein Blockheizkraftwerk in Strom umgewandelt werden – zum eigenen Verbrauch oder zur Einspeisung ins Netz.

Details zu einzelnen Anlagenherstellern sind im (Anhang D: Innovative Technologien) detailliert dargestellt.

3.4.4.2 Biomasseart

Pyrolyse-Anlagen sind in erster Linie für die Produktion von Biokohle ausgelegt. Bei der Karbonisierung von Einsatzstoffen mit korrosiven Inhaltsstoffen (Schwefel, Chlor) sind diese Verfahren limitiert. Die Carbo-FORCE-Anlage ist auf die unterschiedlichsten organischer Inputstoffe ausgerichtet³¹. Sie wurde speziell im Hinblick auf schwierige

³¹ Alberding, K. (2022).

Inputmaterialien wie zum Beispiel Klärschlämme, Gärreste oder Hühnertrockenkot entwickelt.

3.4.4.3 Wirtschaftlichkeit

Die Carbo-FORCE-Anlage reduziert den CO₂-Ausstoß, indem das Treibhausgas in der Biokohle dauerhaft gebunden wird. Damit produziert die Anlage Carbon Credits, die am Markt angeboten werden können³².

Der in Form von Biokohle gebundene Kohlenstoff kann in der Landwirtschaft als Bodenverbesserer und Futterkohle verwendet werden. Die wasserspeichernde Eigenschaft der Kohle kann Lösungen bieten, die grüne Infrastruktur von Städten zu schützen und findet Einsatz im nachhaltigen Bausektor. Bei einer Leistung von 900 kW werden Wärmegestehungskosten von rund 40,87 €/MWh prognostiziert (Tabelle 12).

Den Wärmegestehungskosten liegt eine jährliche Wärmemenge von 4.500 MWh zugrunde, die dem Wärmebedarf von rund 140 Wohnhäusern mit einem Wärmebedarf von durchschnittlich 30 MWh pro Jahr in der Grundlast versorgen entspricht. Für die Investition wurden rund 1.900.000 Euro veranschlagt, die Wärmeerzeugung, die Heizzentrale, den Schornstein, die Verrohrung sowie einen Pufferspeicher umfasst. Für die Betriebskosten wurde mit Brennstoffkosten von 150 Euro die Tonne gerechnet. Weitere Betriebskosten wurden ebenfalls berücksichtigt. Neben den Erlösen aus dem Wärmeverkauf wurden auch Erlöse aus dem Verkauf der Biokohle sowie den Zertifikaten berücksichtigt.

Tabelle 12: Wärmegestehungskosten Pyrolyse

	Pyrolyse
Wärmeleistung	900 kW
geplanter Hersteller und Anlagentyp	2 x CarboForce X250
Wärmemenge	4.500 MWh
Vollbenutzungsstunden	5.000 h
Investitionskosten	
Wärmeerzeuger	1.730.200,00 €
Eintragung / Vorlage	70.000,00 €
Betonarbeiten / Gründung	50.000,00 €
Einhausung / Gebäude / Brennstofflager	
Abgasstrecke	
Verrohrungen / Montage	
Pufferspeicher mit 55 l je kW	80.000,00 €

³² Ebd.

Sonstiges	50.000,00 €
Summe	1.980.200,00 €
Annuität	178.101,37 €
15 Jahre, 4,00% Zins	
Fin.-dauer = AfA	
Betriebskosten	
produzierte Wärmemenge	4.500 MWh
Wirkungsgrad	bei Volllast 266 kg/h
Brennstoffeinsatz	2.660 t w=25%
Umrechnung	1.995 t w=25%
Brennstoffpreis	150 €/tatro
Summe Brennstoffeinkauf	299.250,00 €
Betriebsstrom	30.000,00 €
Wartung- und Instandhaltung	
Gebäude / Einhausung	500,00 €
technische Nebenanlagen	4.000,00 €
Erzeugungsanlage	51.906,00 €
Sonstige Kosten	
Schornsteinfeger*in	1.000,00 €
Zertifizierungskosten	5.000,00 €
Personalkosten	
Stundenaufwand p.a.	1.278 h
Personalaufwand	25.550,00 €
Sonstige Erlöse	
Menge Biokohle	550 t
Erlöse Biokohle	275.000,00 €
Menge CORCCHAR	1364 t
Erlöse CORCCHAR	136.400,00 €
Summe Aufwendungen	595.307,37 €
Summe Erlöse	411.400,00 €
Summe Wärmeproduktion	4.500 MWh
Wärmegestehungskosten	40,87 €/MWh

3.4.4.4 Rechtliche Rahmenbedingungen

Solange die Biokohleanlage Hackschnitzel mit einer Leistung von unter 1 Megawatt Feuerungswärmeleistung verbrennt, fällt diese unter die 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV). Die 1. BImSchV regelt, unter welchen Bedingungen kleinere und mittlere, nicht genehmigungsbedürftige Biomassefeuerungen aufgestellt und betrieben werden dürfen und bei größeren Anlagenleistungen durch die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) festgelegt. Grenzwerte legen fest, wie viel Schadstoffe entweichen dürfen. Geregelt ist in der Verordnung außerdem, wie oft und in welchem Umfang Feuerungsanlagen aus Immissionsschutzgründen überwacht werden müssen. In der Liste der zugelassenen Brennstoffe sind neben Heizöl, Erdgas, Kohle, Holz und Stroh aufgeführt. Ferner sind sonstige nachwachsende Rohstoffe genannt, die zur möglichen Nutzung zusätzliche Anforderungen wie eine 'genormte Qualität' erfüllen müssen.

3.4.4.5 Vorteile Biokohle

- Dezentrale Produktion durch Lohnunternehmen und Entsorgungsunternehmen
- Üblicherweise regionaler Brennstoff
- Größere Mengen Holzhackschnitzel in Schleswig-Holstein fallen bei der Knickpflege an
- Die produzierte Pflanzenkohle ist ein Ausgangsprodukt, welche für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden kann
- Die Produktion von Pflanzenkohle geht i.d.R. einher mit der Generierung von CO₂ – Zertifikaten (CORCCHAR)
- Verkauf von Biokohle und CO₂ Zertifikaten führt neben dem Verkauf der Wärme zu zusätzlichen Erlösquellen

3.4.4.6 Nachteile Biokohle

- Holzhackschnitzel werden teilweise auch aus Frischhölzern (Rundhölzern) hergestellt, welche im ersten Schritt grundsätzlich einer stofflichen Nutzung zugeführt werden müssen
- Das Handling von Holzhackschnitzeln setzt i.d.R. größeren Maschineneinsatz und Platzbedarf voraus
- Auf Grund der hohen Nachfragesteigerungen im Bereich „Biomasse“ sind auch die Beschaffungskosten für Holzhackschnitzel deutlich angestiegen

3.4.4.7 Zielgruppe

- Nah- und Fernwärmenetzbetreiber*innen
- Landwirtschaftliche Betriebe
- Gewerbe- und Industrie mit Prozesswärmebedarf auch Heißdampf
- Abfallwirtschaftshöfe mit Wärmebedarf

3.4.5 Wirtschaftlichkeitsvergleich Holzpellet, Graspellet, Hackschnitzel und Biokohleanlage

Im nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsvergleich werden die Investitionskosten von Holzpellet-, Graspellet-, Hackschnitzelkesseln und der Biokohleanlage miteinander verglichen.

Die Wärmeleistung der einzelnen Technologien liegt zwischen 900 und 960 Kilowatt. Bei der Pyrolyse werden neben den Erlösen aus dem Wärmeverkauf auch die weiteren Erlöse aus der Biokohle und dem Zertifikathandel dargestellt.

Hinsichtlich der Investitions-, Zins-, Personalkosten sind die Erkenntnisse eingeflossen, die zum Zeitpunkt der Berichterstellung Ende Juni 2022 vorlagen. Zukünftige Preissteigerungen sind daher nicht ausgeschlossen, so dass sich die Kennzahlen der Wirtschaftlichkeit verändern können, sofern die Erlösseite keinen Ausgleich schaffen kann.

Die Wärmegestehungskosten liegen für

- Holzpelletkessel bei 121,08 €/MWh
- Graspelletkessel bei 141,98 €/MWh
- Hackschnitzelkesseln bei 72,17 €/MWh
- Biokohleanlage bei 40,87 €/MWh.

Die Kennzahlen dienen für einen Überblick der einzelnen Technologien und können bei einer konkreten Investitionsentscheidung nach oben oder unten abweichen, da projektspezifische Besonderheiten nicht einfließen konnten (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13 Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Technologien

	Holzpelletkessel	Graspelletkessel	HHS-Kessel	Pyrolyse
Wärmeleistung	960 kW	960 kW	960 kW	900 kW
geplanter Hersteller und Anlagentyp	4 x ETA ePE -K 240	4 x ETA ePE -K 240	4 x ETA eHack 240	2 x CarboForce X250
Wärmemenge	2.400 MWh	2.400 MWh	2.400 MWh	4.500 MWh
Vollbenutzungsstunden	2.500 h	2.500 h	2.500 h	5.000 h
Investitionskosten				
Wärmeerzeuger	322.000,00 €	354.200,00 €	294.000,00 €	1.730.200,00 €
Eintragung / Vorlage	45.000,00 €	45.000,00 €	40.000,00 €	70.000,00 €
Betonarbeiten / Gründung	30.000,00 €	30.000,00 €	30.000,00 €	50.000,00 €
Einhausung / Gebäude / Brennstofflager	165.000,00 €	165.000,00 €	165.000,00 €	

Abgasstrecke	40.000,00 €	80.000,00 €	40.000,00 €	
Verrohrungen / Montage	48.300,00 €	53.130,00 €	44.100,00 €	
Pufferspeicher mit 55 l je kW	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €
Sonstiges				50.000,00 €
Summe	730.300,00 €	807.330,00 €	693.100,00 €	1.980.200,00 €
Annuität	65.683,99 €	72.612,15 €	62.338,18 €	178.101,37 €
15 Jahre, 4,00% Zins				
Fin.-dauer = AfA				
Betriebskosten				
produzierte Wärmemenge	2.400 MWh	2.400 MWh	2.400 MWh	4.500 MWh
Wirkungsgrad	0,85	0,85	0,85	bei Vollast 266 kg/h
Brennstoffeinsatz	2823,529412	2823,529412	2823,529412	2.660 t w=25%
Umrechnung	588,2352941	705,8823529	564,7058824	1.995 t w=25%
Brennstoffpreis	336 €/t	336 €/t	150 €/tatro	150 €/tatro
Summe Brennstoffeinkauf	197.726,15 €	237.271,38 €	84.705,88 €	299.250,00 €
Betriebsstrom	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	30.000,00 €
Wartung- und Instandhaltung				
Gebäude / Einhausung	1.950,00 €	1.950,00 €	1.950,00 €	500,00 €
technische Nebenanlagen	4.266,00 €	5.162,60 €	4.082,00 €	4.000,00 €
Erzeugungsanlage	9.660,00 €	10.626,00 €	8.820,00 €	51.906,00 €
Sonstige Kosten				
Schornsteinfeger*in	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Zertifizierungskosten				5.000,00 €
Personalkosten				
Stundenaufwand p.a.	365 h	456 h	365 h	1.278 h
Personalaufwand	7.300,00 €	9.125,00 €	7.300,00 €	25.550,00 €
Sonstige Erlöse				

Menge Biokohle				550 t
Erlöse Biokohle				275.000,00 €
Menge CORCCHAR				1.364 t
Erlöse CORCCHAR				136.400,00 €
Summe Aufwendungen	290.586,13 €	340.747,13 €	173.196,06 €	595.307,37 €
Summe Erlöse				411.400,00 €
Summe Wärmeproduktion	2.400 MWh	2.400 MWh	2.400 MWh	4.500 MWh
Wärmegestehungskosten	121,08 €/MWh	141,98 €/MWh	72,17 €/MWh	40,87 €/MWh

3.4.6 Biomethananlage – Einspeisung

Im Gegensatz zu den vorgenannten Technologien wird bei Biomethan kein fester, sondern gasförmiger Brennstoff in Form von Biomethan hergestellt. Das Biomethan kann so über das Gastransportnetz einem breiten Anwendungsfeld zur Verfügung gestellt werden. Biomethan - oder auch Bioerdgas - bezeichnet Methan, welches biogenen Ursprungs und Bestandteil von Biogas ist.

3.4.6.1 Stand der Technik

Rohbiogas entsteht bei der Vergärung von Biomasse. Dies erfolgt in sogenannten Fermentern. Mikroorganismen erzeugen Biogas als Stoffwechselprodukt.

Das Rohbiogas besteht zu 45 bis 70 Prozent aus Methan (CH₄), ca. 25 bis 50 Prozent aus Kohlenstoffdioxid (CO₂). Außerdem entstehen geringe Anteile von Schwefelwasserstoff (H₂S), Ammoniak (NH₃) und Wasserdampf (H₂O). Fossiles Erdgas besteht zu 85 bis 98 Prozent aus Methan.

Der energetisch verfügbare Anteil von Biogas ist Methan. Daher sollte der Methananteil im Biogas möglichst hoch sein. Die Ausbeute an Methan hängt hauptsächlich vom verwendeten Substrat ab. Durch eine substratoptimierte Anlagentechnik und den Einsatz moderner Mess- und Regeltechnik lassen sich die Methanausbeuten steigern.

Rohbiogas kann durch verschiedene Verfahren auf Erdgasqualität aufbereitet werden. Der wichtigste Schritt ist die Abtrennung des im Rohbiogas enthaltenen CO₂ zur Erhöhung des Heizwertes. Zusätzlich sind je nach Prozess Gastrocknung und Reinigung von Spurenstoffen wie Schwefelverbindungen erforderlich. Die Reihenfolge der einzelnen Prozesse hängt von der gewählten Verarbeitungsmethode ab. Zusätzlich kann die Einspeisung in das Erdgasnetz eine zusätzliche Brennwertanpassung (z. Flüssiggas/LPG) wird zur Odorierung des Biomethans zugesetzt. Aufgrund der hohen Anla-

genkosten für die Biogasaufbereitung und -bereitstellung sind die spezifischen Investitionskosten in der Regel höher als bei On-Site-Kraftwerken. Für kleine Biogasanlagen bietet sich daher auch die Zusammenführung von Rohbiogas aus verschiedenen Vergärungsanlagen zur gemeinsamen Biogasaufbereitung und -bereitstellung an.

Zur Trocknung von Biogas kommen vor allem adsorptive Verfahren und Kondensationsverfahren zur Anwendung.

Beim Abkühlen des Biogases kondensiert der enthaltene Wasserdampf. Wasser kann aus dem Prozess entfernt und abgeführt werden. Dieses Verfahren wird hauptsächlich bei der Nutzung von Biogas in Blockheizkraftwerken eingesetzt. Der mit diesem Verfahren erzielte Feuchtigkeitsgehalt reicht in der Regel nicht aus, um die Anforderungen der DVGW G260 und G262 zu erfüllen. Daher muss der Kondensationsprozess meist durch einen zusätzlichen Trocknungsprozess ergänzt werden³³.

Die Abtrennung von Kohlendioxid aus dem Rohbiogas ist notwendig, um den Brennwert des Gases zu erhöhen. Es kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz, wobei sich auf dem europäischen Markt vor allem die folgenden Verfahren durchgesetzt haben:

- Druckwechseladsorption
- Druckwasserwäsche
- Physikalische Wäsche mit Polyglykolen
- Chemische Wäsche mit Aminen
- Gasseparation über Membranen
- Hybridverfahren aus Membranverfahren und Tieftemperaturkühlung (kryogene CO₂-Abtrennung)

Durch die Einspeisung ins Netz kann Biogas fernab der Produktionsstätte genutzt werden. Nach der Aufbereitung erfolgt die Beschickung im Wesentlichen über einen Kompressor, um das Druckniveau des Bioerdgases auf das der angeschlossenen Druckgasleitung anzuheben. Voraussetzung für die Einspeisung ist, dass die Qualität des einzuspeisenden Biogases den Gasklassenbestimmungen vor Ort entspricht und Abweichungen die zulässigen Grenzen zur Einhaltung der Qualitätsnormen nicht überschreiten.

Die Herstellung von Biomethan besteht aus einem komplexen Ablauf von Verfahrensschritten. Auf dem Weg von der Biomasseerzeugung bis zur Anwendung des eingespeisten Biomethans spielen viele Einflussfaktoren eine Rolle – gleichzeitig sind verschiedenste Akteure daran beteiligt.

³³ dena (2017).

Methan ist gleichermaßen der wesentliche Bestandteil von Erdgas wie auch von Biogas. Während Erdgas jedoch zu den fossilen Quellen zählt und seine Verbrennung zur Klimaerwärmung beiträgt, zählt Biomethan aus Biogas zu den erneuerbaren, klimaneutralen Energieträgern. Biogaseinspeisung bietet Wertschöpfung auf verschiedenen Stufen: Biomasseproduktion, Logistik, Biogaserzeugung, Biogasaufbereitung, Einspeisung sowie Verkauf und Handel.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich derzeit zwei Anlagen, die Biomethan in das Erdgasnetz einspeisen. Eine Anlage befindet sich in der Gemeinde Loop und die andere in der Gemeinde Marienthal. Zusammen haben diese Anlagen eine Einspeisekapazität von rund 830 Nm³ /h³⁴.

3.4.6.1.1 Bündelung von Rohbiogas für eine oder mehrere zentrale Biogasaufbereitungsanlagen.

Aus technischer Sicht sind mögliche bestehende Biogasanlagen einzeln für die Aufbereitung von Rohbiogas auf Biomethan umzurüsten. Ökonomisch scheitert diese Variante häufig an zu hohen spezifischen Kosten, die im Verhältnis zu der vorhandenen Rohbiogasmenge für die Aufbereitungsanlage aufgewendet werden müssen. Hinzu kommt, dass das vorhandene Gastransportnetz nicht so flächendeckend in der Untersuchungsregion ausgebaut ist, wie das Stromnetz, so dass teilweise sehr lange Zuleitungen notwendig sind. Um die vorhandenen Biomassepotentiale, wie Gülle und Mist, trotzdem energetisch nutzbar zu machen, bieten sich zwei Möglichkeiten an:

- Die Planung und Errichtung von neuen zentralen Biomethananlagen, die die Inputstoffe aufnehmen oder aber
- die Nutzung der bereits vorhandenen dezentralen Biogasanlagen und deren Umrüstung auf diese Inputstoffe.

Die letzte Möglichkeit hat gewisse Vorteile, da keine aufwendigen Standortsuchen mit nachfolgenden Planungs- und Genehmigungsprozessen notwendig sind und die vorhandenen Anlagen weiterbetrieben werden könnten. Hierzu bedarf es aber einer gemeinsamen Infrastruktur für die Anbindung an eine zentrale Aufbereitungsanlage. Diese Anbindung oder Bündelungen der dezentralen Biogasanlagen erfolgt über eine Rohbiogasleitung.

3.4.6.1.2 Möglichkeiten der KielRegion in der Bündelung von Anlagen

Ein Praxisbeispiel aus der Region Trier zeigt, dass es sich hier nicht um ein theoretisches Modell handelt, sondern in Praxis umgesetzt werden kann. Eine 42 Kilometer lange Biogassammelleitung mit ostwestlichem Verlauf wurde verlegt, die sieben Biogasanlagen mit einer der zentralen Aufbereitungsanlage verbindet. Die Stadtwerke

³⁴ Matschoss, P. et al. (2020).

Trier spielen als Partner eine Schlüsselrolle, da sie den regionalen und überregionalen Vertrieb des Biomethans übernehmen und so die Wertschöpfung in der Region halten.³⁵

Grundsätzlich lässt sich für die Untersuchungsregion feststellen, dass zentrale Biogasaufbereitungsanlagen eine Alternative zu Großanlagen in Regionen mit hoher Vieh- und Anlagendichte sind.

Die Rohgaslieferung eröffnet Chancen für eine wirtschaftliche Fortführung der bestehenden Biogasanlagen auch bei „passiver Flexibilisierung“. Die Wirtschaftlichkeit von Bündelungen hängt von der Aufbereitungskapazität und der Anschlussdichte ab. Unter aktuellen Biomethanpreisen sind vergleichbare Kapitalwerte wie bei der Flexibilisierung möglich; insbesondere bei hohem Anteil von Wirtschaftsdüngern. Es sind langfristige Lieferverträge nötig, um im Vergleich zur EEG-Förderung für Betreiber*innen attraktiv zu sein. Eine erfolgreiche Projektentwicklung erfordert Kooperationsbereitschaft aller Beteiligten. Der Aufbau eines validen Massenbilanz- und Messsystems ist Grundvoraussetzung für den Projekterfolg. Standorte in der Nähe zu Wind- und PV-Freiflächenanlagen schaffen Zukunftsaussichten in der Sektorenkopplung.

Eine Kurzanalyse der KielRegion zeigt dabei, dass ca. 80 % der Biogasanlagen in der Nähe von Erdgasanlagen liegen, so dass durchaus große Potenziale einer Bündelung von Biogasanlagen vorhanden sind (vgl. Kapitel 5.2).

3.4.6.2 Heizwert

Der Heizwert von Biomethan wird nach der folgenden Formel berechnet:

$\text{kWh} = \text{Kubikmeter} \times \text{Brennwert} \times \text{Zustandszahl}$.

Die thermische Energie berechnet sich auf der Basis des Gasverbrauchs, wozu das gemessene Betriebsvolumen in das Normvolumen umgerechnet und mit dem Abrechnungsbrennwert multipliziert wird. Die Umrechnung von Betriebsvolumen auf Normvolumen erfolgt mittels der Zustandszahl (z). Hierbei werden Gasdruck und Gastemperatur zu Normdruck und Normtemperatur ins Verhältnis gesetzt (DVGW 2017).

Für das Gasnetz in der Landeshauptstadt Kiel werden folgende Kennzahlen durchschnittlich laut DVGW-Flyer ermittelt³⁶:

- Brennwert 11,456 kWh / m³.
- Zustandszahl: 0,958

So ermittelt sich für einen Nm³ Biomethan ein Heizwert von 10,975 kWh. $10,975 \text{ kWh} = 1 \text{ m}^3 \times 11,456 \text{ kWh} / \text{m}^3 \times 0,958$

³⁵ Vgl. <https://www.landwaerme.de/>, Zugriff am 27.01.2023

³⁶ https://www.swkiel-netz.de/fileadmin/user_upload_swk_netz/dokumente/erdgas/kennzahlen/detailinformationen_erdgas-netz/DVGW_Broschuere_Gasabrechnung_2017.pdf, Zugriff am 27.01.2023

Biogas besteht nur zu gut 50% aus Methan. Der Rest ist i.W. Kohlendioxid (CO₂). Das CO₂ im Biogas lässt sich durch technische Verfahren von dem Energieträger Methan abtrennen, sodass Biomethan in Erdgasqualität entsteht. Diese Verfahren sind Stand der Technik und werden auch in der Abfallwirtschaft seit Jahren eingesetzt. Der Nachteil: Das im Biogas enthaltene CO₂ geht verloren und eine vollständige Kreislaufführung der Biomasse aus der Biotonne ist damit nicht erreicht. Die Alternative und damit die vollständige Nutzung des Kohlenstoffs im Biogas ist dessen Nutzung zur Herstellung von Biomethan durch Zuführung des Energieträgers Wasserstoff (H₂). Auch in diesem Fall gibt es wie bei der Abscheidung von CO₂ verschiedene technische Möglichkeiten: die katalytische Methanisierung oder die mikrobiologische.

3.4.6.3 Biomasseart

Biogas kann grundsätzlich aus allen organischen Verbindungen (Biomasse) erzeugt werden. Die genutzte Biomasse ist entsprechend vielfältig. Die Biomasse wird zum einen von landwirtschaftlich Betrieben durch den Anbau geeigneter Pflanzen erzeugt. Zum anderen werden biogene Reststoffe genutzt. Die Biomasse zur Verwendung in Biogasanlagen wird auch als Substrat bezeichnet. Bei der Nutzung von Reststoffen als Substrat kommt jedes verfügbare organische Material in Frage. Von besonderer Bedeutung sind hierbei insbesondere Gülle, Bioabfall und Klärschlamm, da diese in großen Mengen zur Verfügung stehen.

3.4.6.4 Rechtliche Rahmenbedingungen

Für den Betrieb einer Biomethananlage gelten verschiedene rechtliche Rahmenbedingungen, zu einem auf der privatrechtlichen Ebene, die durch Verträge zwischen Betreiber*innen und Dritten geregelt werden müssen und zum anderen auf der öffentlich-rechtlichen Ebene. Bei der Genehmigung nach Baurecht oder BImSchG werden folgende Bereiche geprüft:

- Gewässerschutz, Wasserrecht
- Immissionsschutz: Luftreinhaltung, Gerüche, Lärmschutz
- Bauplanerstellung
- Anlagensicherheit (Einbau von Maschinen, Geräten, Schutzsystemen sowie Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen)
- Abnahmeprüfungen: Prüfprotokolle für Elektroinstallation, Biogasfolienspeicher und
- gasführende Rohrleitungen (gas beaufschlagte Behälterteile)
- Explosionsschutzzonen-Plan
- Ex-Schutzdokument
- Brandschutzkonzept
- Blitzschutz

- Prüfung vor Inbetriebnahme einer überwachungsbedürftigen Anlage und der Anlagenteile
- Arbeitsschutz
- Düngemittelrecht

3.4.6.5 Exkurs Wasserstoff und Biomethan

Die AWR hat im Rahmen einer von Land und EU geförderten Machbarkeitsstudie die Verfahren der mikrobiologischen Methanisierung von Biogas auf ihren Entwicklungsstand, ihre technische Umsetzbarkeit und auf die wirtschaftlichen Perspektiven der Integration dieser Verfahren in die eigene Biogutverwertungsanlage untersuchen zu lassen. Hintergrund war u.a., dass Biogas nur zu gut 50% aus Methan besteht und der Rest i.W. Kohlendioxid (CO₂). Das CO₂ im Biogas lässt sich durch technische Verfahren von dem Energieträger Methan abtrennen, sodass Biomethan in Erdgasqualität entsteht. Diese Verfahren sind Stand der Technik und werden auch in der Abfallwirtschaft seit Jahren eingesetzt. Der Nachteil: Das im Biogas enthaltene CO₂ geht verloren und eine vollständige Kreislaufführung der Biomasse aus der Biotonne ist damit nicht erreicht. Die Alternative und damit die vollständige Nutzung des Kohlenstoffs im Biogas ist dessen Nutzung zur Herstellung von Biomethan durch Zuführung des Energieträgers Wasserstoff (H₂). Auch in diesem Fall gibt es wie bei der Abscheidung von CO₂ verschiedene technische Möglichkeiten: die katalytische Methanisierung oder die mikrobiologische.³⁷

Die Machbarkeitsstudie lieferte neben einer Vielzahl von Einzelergebnissen drei zentrale Erkenntnisse:

1. *„Es existieren bereits Verfahren der mikrobiologischen Methanisierung, die über den Pilotmaßstab hinaus entwickelt wurden und geeignet für eine großtechnische Umsetzung sind. Erst bei einer Integration dieser Technologie in eine bestehende BBA mit Regelbetrieb werden sich jedoch die noch vorhandenen alltagspraktischen Defizite identifizieren und im besten Falle auch beheben lassen.“*
2. *Unter den aktuell gegebenen regulatorischen Rahmenbedingungen ist ein wirtschaftlicher Betrieb einer mikrobiologischen Methanisierungsanlage im Vergleich zu den anderen betrachteten Nutzungsoptionen des Biogases nicht zu erwarten, trotz der Berücksichtigung möglicher Förderungen in siebenstelliger Größenordnung in der vorgenommenen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebs sind dabei nicht die hohen Investitionen in die Verfahrenstechnik, sondern die Kosten des laufenden Anlagenbetriebs und hier insbesondere die Gestehungskosten des Wasserstoffs für den Methanisierungsprozess. Nur ein umlagenfreier Wasserstoffbezugs- oder Herstellungspreis lässt eine Wirtschaftlichkeit auf mittlere Sicht*

³⁷Vgl. Hohenschurz-Schmidt, R. et al. (2021).

wahrscheinlich werden. Weitere, wenngleich weniger bedeutsame Faktoren der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind die Verwertungsmöglichkeiten der im Zuge der Methanisierung anfallenden Nebenprodukte (Ab-)Wärme und Sauerstoff (O₂).

3. *Die AWR als kleines, regional aufgestelltes Kreislaufwirtschaftsunternehmen kann die Integration einer derart anspruchsvollen und komplexen Technologie alleine nicht bewerkstelligen. Hinzukommt, dass die AWR auch keine Erfahrung in der Vermarktung von Energieträgern wie z. B. Biomethan hat. Hierzu und zu einer bestmöglichen Erschließung von Synergiepotenzialen im Falle der Integration einer mikrobiologischen Methanisierung in den bestehenden Anlagenbetrieb bedarf es zuverlässiger und auch risikobereiter Partner.“*

3.4.6.6 Zielgruppe

Die Einspeisung von Biomethan in das Gasnetz bietet sich für Biogasanlagen an, die heute das Biogas in BHKW verstromen und noch nicht über ein nachhaltiges Wärmekonzept (Wärmenetz mit Endkunden) verfügen. Eine räumliche Nähe zu einer Gastransportleitung ist vorhanden.

Zudem sollten ausreichend Substrate wie Gülle aus der Viehhaltung oder andere Biomassen, wie Bioabfälle oder Lebensmittelbereich, verfügbar sein. Die vorgenannten Inputstoffe führen zu geringen Gaserträgen im Vergleich zu Energiepflanzen wie Mais. Aus diesem Grund ist ein Verbund von kleineren Biogasanlagen, die sich eine gemeinsame Gaseinspeisung über eine Sammelleitung teilen aus wirtschaftlicher Perspektive im Zweifel zwingend.

Das Endprodukt Biomethan findet zahlreiche Abnehmer*innen wie Stadtwerke oder Quartiere mit einer KWK-Nutzung für den Betrieb von Nah- und Fernwärmenetzen. Zudem ist der Kraftstoffbereich ein weiterer Absatzbereich, der momentan die höchste Zahlungsbereitschaft für Biomethan aus der Vergärung von Gülle hat.

3.5 Existierende Modellprojekte

In der KielRegion wurden 3 Modellprojekte identifiziert, die für die oben beschriebenen Energieträger und Technologien einen Umsetzungsansatz liefern, der in der KielRegion mehrfach übertragbar ist.

3.5.1 Landeshauptstadt Kiel: Quartier „Marie-Christian-Heime“

Am Beispiel der Marie-Christian-Heime e.V. soll aufgezeigt werden, wie der Einsatz von Graspellets die Liegenschaften der Einrichtung zukünftig mit Wärme versorgen kann. Das Projekt befindet sich derzeit in der Planung, ist noch nicht umgesetzt, so dass sämtliche Kennzahlen auf den Auskünften der Planer und Betreiber basieren. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lag noch keine Investitionsentscheidung vor.

3.5.1.1 Akteur

Der Marie-Christian-Heime e.V. betreibt im Kieler Stadtteil Elmschenhagen auf dem Waldhof seit 1908 eine Einrichtung, die fachliche Hilfe für Menschen in unterschiedlichen Problemlagen anbietet.

3.5.1.2 Vision/Strategie:

Aufgrund der Vielzahl der Gebäude und den unterschiedlichen Baualtersklassen und Versorgungskonzepten hat sich der Betreiber der Liegenschaft für die Erstellung eines Quartierskonzeptes entschieden, dass als Entscheidungsgrundlage seit dem 19.02.2021 vorliegt. Ein besonderer Schwerpunkt des Quartierskonzeptes lag auf der Entwicklung von leitungsgebundenen zentralen Versorgungsmöglichkeiten des Quartiers. Ferner wurden Sanierungsmaßnahmen erarbeitet. Dafür wurden besonders die CO₂-Emissionen durch den Wärmebedarf untersucht und nach Möglichkeit verringert. Seitdem wird im Rahmen eines Sanierungsmanagements die Umsetzung der Planungen begleitet.

Mit der Umstellung der bisherigen fossilen Energieversorgung auf eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung will der Betreiber die Vorgaben aus dem Gebäudeenergiegesetz und dem Energiewende- und Klimaschutzgesetz des Landes Schleswig-Holstein erfüllen und gleichzeitig eine wirtschaftliche und sichere Wärmeversorgung sicherstellen.

3.5.1.3 Untersuchungsgebiet

Das Quartier umfasst eine Fläche von ca. 8,6 Hektar und ist mit 15 beheizten Gebäuden unterschiedlicher Nutzung einschließlich Küche, Speisesaal, Verwaltung, Haustechnik und einer Kapelle bebaut.

Das Gebäudeensemble der Marie-Christian-Heime stellt eine in sich geschlossene Einheit dar, die auch räumlich von der Umgebung abgegrenzt ist.

Verkehrlich erschlossen wird das Quartier über den Rönner Weg und die Straße Rarsrott. Das Quartier ist durch eine Streuobstwiese, einen Teich und einen umfangreichen Baumbestand gekennzeichnet, der bebauungsrechtlich teilweise als „Wald“ charakterisiert ist und damit baulichen Maßnahmen, auch zum Zwecke der energetischen Sanierung, enge Grenzen setzt. Die Nutzung und das Alter der Gebäude sind, ebenso wie der Sanierungszustand, sehr unterschiedlich. Dazu korrespondiert ein breit gestreuter energetischer Standard, einschließlich der Heizungsanlagen, die aus Gas- und Ölkesseln bestehen.

3.5.1.4 Wärmemenge:

Das Quartierskonzept hat einen Wärmebedarf von rund 997 Megawattstunden für die Liegenschaften der Marie-Christian-Heime identifiziert. Im Einzelnen stellen sich die Bedarfe wie folgt dar (vgl. Tabelle 14):

Tabelle 14: Wärmebedarf der Gebäude nebst Netzwärmeverluste

Energieträger	Mittlerer Energiebedarf H_S	Umrechnungs-faktor	Mittlerer Energiebedarf H_I	Wirkungs-grad	Mittlerer Wärmebedarf
Heizöl	104.096 l	9,8 kWh/l	1.020.143 kWh	80 %	816.114 kWh
Erdgas	249.214 kWh	1,1	226.558 kWh	80 %	181.246 kWh
Summe (Netz-) Wärmebedarf					997.360 kWh
Netzwärmeverluste					-64.800 kWh
Summe Wärmebedarf aller Gebäude					932.560 kWh

3.5.1.5 Wärmeabnehmer:

Die Wärme wird für Raum- und Brauchwasserwärme in 15 Gebäude benötigt, die unterschiedlichen Nutzungen dienen. Hierbei handelt es sich um Wohngebäude, Küche, Speisesaal, Verwaltung, Haustechnik und eine Kapelle.

3.5.1.6 Heizquelle:

Es können handelsübliche Biomassekessel für die Nutzung von Pellets eingesetzt werden. Es werden geeignete sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen sowohl beim Einsatz von Holz- als auch BtE® -Pellets verwendet, z.B. effektive Feinstaubfilter zur Rückhaltung der Staubpartikel. Die Biomasse wird mittels BtE® -Verfahren optimiert und homogenisiert sowie der Verbrennungsprozess im Kessel dahingehend angepasst, dass die Einhaltung der gesetzlich geforderten Emissionsgrenzwerte gewährleistet ist. Der BtE® -Prozess stellt sicher, dass die produzierten Pellets die DIN-Norm 17225-T6 erfüllen und in am Markt vorhandenen Biomassekesseln eingesetzt werden können. Optimierte Verbrennungsergebnisse werden mit Kesseln erzielt, die trotz erhöhtem Aschevolumen gute Verbrennungsergebnisse erzielen, über eine robuste Ascheaustragung sowie über eine verlängerte Brennzone verfügen und bei denen die Primärluftzufuhr und die Abgasrückführung steuerbar sind.

Die Heizzentrale ist mit multivalenten Wärmeerzeugern geplant, welche die Redundanz sicherstellen. In Projekten mit reinem Biomasseeinsatz werden mehrere Biomassekessel kaskadierend eingesetzt. Generell werden Pufferspeicher (und ggf. das Wärmenetz) ausreichend dimensioniert, um Ausfallzeiten und Spitzenlasten abzudecken. Zusätzlich stehen mobile Heizzentralen zur Verfügung, welche kurzfristig zur Wärmeversorgung eingesetzt werden können.

Der Einbau von zwei Biomasse-Kessel mit folgenden Abmessungen je Kessel ist geplant:

- Länge: 5,90 m
- Breite: 2,50 m
- Höhe: 2,50 m

Entscheidend für den Platzbedarf sind neben dem Kessel insbesondere der Raum für die Infrastruktur der Wärmeerzeugung (z.B. Aschetonnen, Rauchgasreinigung, Rauchgasableitung, Pelletzufuhr, Pelletlager, Druckhaltung).

Es wird mit einem Platzbedarf von mindestens 100 m² kalkuliert. Zurzeit wird mit dem Aufstellort der Heizzentrale in der Garage zwischen dem Landhaus und dem Prinz-Haus geplant.

3.5.1.7 Betreiber der Heizquelle und Leistung

Die get[2]energy GmbH & Co KG wird über ein Wärme - Contracting die Heizquelle betreiben und eine Wärmelieferung für die Liegenschaften anbieten.

Die Leistung wird mit zwei Biomasse-Kessel mit einer Leistung von je 242 kW geplant.

3.5.1.8 Brennstoff

Zum Einsatz kommen Graspellets, die nach dem BtE® -Verfahren hergestellt werden. Handelsübliche Holzpellets können ebenfalls eingesetzt werden.

3.5.1.9 Brennstoffmenge:

Im Projekt Marie-Christian-Heime e.V. werden BtE® -Pellets anteilig mit Holzpellets verwendet. Die gemeinsame Pelletmenge beläuft sich bei 997.360 kWh auf etwa 260 Tonnen Pellets jährlich, sofern der Wärmebedarf ausschließlich hierüber gedeckt würde. Für die Herstellung von 260 Tonnen BtE® -Pellets sind überschlägig 1.200 Tonnen Frischmasse bzw. 370 Tonnen Trockenmasse notwendig.

3.5.1.10 Genehmigungsvoraussetzungen (Feinstaub u.a.m.)

Aus der Vierten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV), Anhang 1, Punkt 1.2.4 ergibt sich beim Einsatz von BtE® -Pellets in Feuerungsanlagen ab 100 Kilowatt bis 1 Megawatt Feuerungswärmeleistung die Genehmigungsbedürftigkeit im vereinfachten Verfahren. Emissionsgrenzwerte sind der Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (44. BImSchV) zu entnehmen, wie (Tabelle 15) dargestellt ist.

Tabelle 15: Emissionsgrenzwerte gemäß §10 der 44. BImSchV für BtE®-Pellets

BtE®-Pellets		Grenz- werte		Grenz- werte		
44. BImSchV	Einheit	>100 kW – 1 MW	Verweis	>1 MW	Verweis	Begründung
CO	mg/m ³	370	§10 Abs. (11) 2.	370	§10 Abs. (2) 1.	strohartig
NO/NO ₂	mg/m ³	750	§ 10 Abs. (11) 1.	370	§10 Abs. (4) 2.	<1 bzw. 5 MW
C	mg/m ³	50	§10 Abs. (11) 3.	10	§10 Abs. (9)	
Staub	mg/m ³	30	§10 Abs. (13)	30	§10 Abs. (13)	<20 MW
SO ₂	mg/m ³	200	§10 Abs. (7)	200	§10 Abs. (7)	
HCl	mg/m ³	45	§ 10 Abs. (8)	45	§10 Abs. (8)	

Der Betreiber der Wärmeversorgungsanlagen, get|2|energy, sichert die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte sowie der laut 44. BImSchV festgelegten Anforderungen an Messung und Überwachung zu. In Kombination mit dem Einsatz innovativer Verbrennungstechnik für die BtE® -Pellets sollen geeignete sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen verwendet.

3.5.1.11 Skalierbarkeit in der KielRegion:

Das Gebäudeensemble der Marie-Christian-Heime stellt eine in sich geschlossene Einheit dar, die auch räumlich von der Umgebung abgegrenzt ist.

Weitere ähnliche Einrichtungen, wie die Marie-Christian-Heime, befinden sich ebenfalls in den Kreisen Plön und Rendsburg-Eckernförde. Die Transformation der energetischen Versorgung gehört nicht zum Tagesgeschäft der Einrichtungen. Dennoch bieten diese Einrichtungen einen gewissen Hebel, da hier ganze Quartier in der Regel durch einen Akteur organisiert/betrieben werden, so dass auf der Akteursseite die Meinungsbildung weniger vielfältig ist, und so leitungsgebunden Versorgungskonzepte auf der Grundlage von Biomassebrennstoffen kurzfristig entschieden werden können.

Die getproject GmbH & Co. KG setzt derzeit ein vergleichbares Projekt im Kreis Rendsburg-Eckernförde für die Wärmelieferung der Liegenschaft der Stiftung Louisenlund um. Dieses Projekt wird in Kooperation mit den Stadtwerke SH GmbH & Co. KG durchgeführt. Über ein fast zwei Kilometer langes Nahwärmenetz sollen jährlich etwa 2,8 Millionen Kilowattstunden Wärme für fünfzehn Bestandsgebäude und zwei Neubauten bereitgestellt werden. Basis der Wärmeerzeugung sind ein Biomasseheizkessel und zwei hocheffiziente Blockheizkraftwerke mit einer thermischen Gesamtleistung von 1.200 Kilowatt³⁸.

³⁸ <https://www.getproject.de/get2energy/> , Zugriff am 27.01.2023

3.5.2 Kreis Plön: Quartier Lamp'sche Koppel in Schönberg

3.5.2.1 Vision/Strategie

Die HanseWerk Natur hat das Heizwerk Schönberg in Holstein im Jahr 2019 saniert. Durch die Sanierung spart HanseWerk Natur in der Anlage Schönberg gegenüber einer konventionellen Wärmeerzeugung mit Heizöl mehr als 750 Tonnen CO₂ pro Jahr ein. Neben Einsparung des CO₂ Emissionen hat die HanseWerk Natur auch ein Konzept gesucht, das einen Betrieb ohne dauerhaften Personaleinsatz vor Ort möglich macht.

Bei der Planung und Konstruktion der Gesamtanlage in Schönberg hat HanseWerk Natur den Fokus auf eine möglichst materialschonende Behandlung der Pellets gelegt, um Pelletbruch, -staub und -mehl zu vermeiden.

Der Einsatz eines Festbrennstoffs zur Wärmeerzeugung gegenüber flüssigen und gasförmigen Brennstoffen bedeutet einen höheren Personalaufwand, da die mechanischen Tätigkeiten und Anforderungen von der Pellet-Anlieferung bis zum Ascheaustrag sich nicht komplett automatisieren lassen. In Schönberg konnte aber durch Innovationen wie die vollautomatisierte Überwachung des Befüllvorgangs bis hin zum nahezu staubfreien Ascheaustragungssaugsystem ein Meilenstein in Bezug auf den modernen und effizienten Betrieb von Holzfeuerungsanlagen gesetzt werden³⁹.

Der Personaleinsatz konnte so auf die notwendigen Kontroll- und Reinigungstätigkeiten reduziert werden. Das Betriebskonzept dient nun dazu, weitere Wärmenetze auf diese Technik umzustellen.

3.5.2.2 Betreiber

Die HanseWerk Natur GmbH betreibt das Wärmenetz und Heizhaus im Versorgungsgebiet Lamp'sche Koppel in Schönberg (siehe Abbildung 8).



Abbildung 8: Heizhaus der HanseWerk Natur

³⁹ Voß, H. (2022).

Als Wärmeversorger in Norddeutschland versorgt die HanseWerk Natur GmbH rund 60.000 Haushalte mit Wärme. Insgesamt werden in Schleswig-Holstein rund 850 Kilometer Nah- und Fernwärmenetze von HanseWerk Natur betrieben. Die mehr als tausend Heizanlagen und Blockheizkraftwerke von HanseWerk Natur werden mit Erdgas, Biogas oder Holzpellets betrieben.

3.5.2.3 Wärmebedarf und Wärmeabnehmer

Pro Jahr beziehen die Wärmekunden rund 2.500 Megawattstunden Raum- und Brauchwasserwärme. Mehr als 100 Haushalte (Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser) werden durch das Heizwerk Schönberg mit Nahwärme versorgt.

3.5.2.4 Heizquelle

In Schönberg werden Pelletkessel der Firma Eta eingesetzt (siehe Abbildung 9).



Abbildung 9: Pelletkessel im Heizhaus Schönberg; Quelle: Treurat und Partner

Die Pellets werden aus dem bis zu 20 m entfernten Pelletbunker mit einer Saugturbine in die Vorratsbehälter der Kessel gefördert. Das Fassungsvermögen des Behälters ist so ausgelegt, dass der Kessel für fünf Stunden bei voller Leistung betrieben werden kann.

Mit der Dosierschnecke werden die Pellets der Wärmebedarfsanforderung entsprechend aus dem Vorratsbehälter entnommen und der Zellenradschleuse zugeführt. Diese schottet den Vorratsbehälter gegenüber dem Feuerraum ab, so dass es zu keinem Rückbrand in Richtung Pelletzufuhr kommen kann. Die Stokerschnecke fördert anschließend die Pellets in den Feuerraum.

Auf dem Rost werden die Pellets verbrannt und die zurückbleibende Asche (etwa 0,5 Prozent) über die Ascheschnecke der Aschebox zugeführt (vgl. Abbildung 10).



Abbildung 10: Aschebox im Heizhaus Schönberg Blick in den Pelletbunker im Heizhaus Schönberg;
Quelle: Treurat und Partner

In der schamottierten Brennkammer erfolgt ein heißer, vollständiger Ausbrand, bevor die Heizgase im Wärmetauscher ihre Energie an das Heizungswasser abgeben. Durch die Bewegung der Wirbulatoren wird der Wärmetauscher täglich automatisch gereinigt.

Die am Kessel montierte Abgasrückführung hält die Temperaturen am Rost niedrig, um einer Schlackebildung vorzubeugen. Die Lambdasonde garantiert in Verbindung mit dem drehzahlgeregelten Saugzugventilator einen hohen Wirkungsgrad.

Nach kurzen Feuerpausen bleibt die Brennkammer noch so heiß, dass frisch eingeschobenes Material von der Restglut entzündet wird. Nur längere Pausen machen einen Start des Zundgebläses erforderlich.

3.5.2.5 Leistung:

Die Wärme wird durch vier Pelletkessel mit jeweils einer Leistung von 220 Kilowatt bereitgestellt. Durch den Einsatz vier baugleicher Wärmeerzeuger soll eine hohe Regelbarkeit, Verfügbarkeit sowie Ausfallsicherheit gewährleistet werden.

3.5.2.6 Brennstoff:

Die Pellets, die im Heizwerk Schönberg zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 11), werden aus Abfallprodukten wie Sägespänen und Holzstaub hergestellt. Die HanseWerk Natur bezieht die Pellets von Lieferanten aus Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern oder Dänemark.



Abbildung 11: Blick in den Pelletbunker im Heizhaus Schönberg; Quelle Müller Rüster

3.5.2.7 Brennstoffmenge und Investitionskosten

Für die Bereitstellung der 2.500 MWh Wärme werden mehr als 500 Tonnen Pellets pro Jahr benötigt. Für die Modernisierung hat HanseWerk Natur rund 700.000 Euro investiert.

3.5.2.8 Skalierbarkeit in der KielRegion:

Das Modellprojekt ist auf alle Nah- und Fernwärmenetze übertragbar, die ähnliche Voraussetzungen erfüllen. Der Standort des Heizhauses ermöglicht eine Pelletbefüllung mit LKW, die in der Heizperiode regelmäßig erfolgen muss. Im Untersuchungsgebiet betreibt die HanseWerk Natur insgesamt 18 Nah- und Fernwärmenetze. Davon 7 im Kreis Plön und 11 im Kreis Rendsburg-Eckernförde. Die Stadtwerke Kiel betreiben weitere 18 Nah- und Fernwärmenetze in der Untersuchungsregion.

Nach Aussagen der HanseWerk Natur wird in Lütjenburg derzeit die Umsetzung eines weiteren Heizhauses mit Pelletkesseln für ein bestehendes Wärmenetz geplant⁴⁰.

⁴⁰ Ebd.

3.5.3 Kreis Rendsburg-Eckernförde: Pyrolyseanlage

Neben der AWR Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH haben sich weitere Fremdfirmen auf dem Gelände des Entsorgungszentrums Borgstedt angesiedelt, um sich auf die Wertschöpfung der Abfallverwertung zu konzentrieren. Die Firma Bi.En betreibt auf dem Gelände die Pelletierung der Graspellets. Außerdem wurde im Jahr 2019 eine Pyrolyseanlage für die Herstellung von Biokohle errichtet.

3.5.3.1 Vision/Strategie

Die Carbo-FORCE GmbH wurde Ende 2017 von Malte Graf und Kai Alberding gegründet. Abbildung 12 zeigt die derzeitige Demonstrationsanlage. Die Unternehmer haben Erfahrung im Bereich der Pyrolyse (thermische Spaltung chemischer Verbindungen) und Umwelttechnik (technische und technologische Verfahren zum Schutz der Umwelt sowie zur Wiederherstellung bereits geschädigter Ökosysteme). Ihr Ziel war, Klimaschutz, Reststoff-Wertstoff-Wandlung und Wirtschaftlichkeit in einen Einklang zu bringen. Die Freisetzung von CO₂ im Vergleich zur Verbrennung von Reststoffen soll vermieden werden.



Abbildung 12: Carbo-Force Biokohleanlage in Borgstedt Reaktor, Quelle: Treurat und Partner

3.5.3.2 Rahmenbedingungen

Die Carbo-FORCE GmbH plante und errichtete die Pyrolyseanlage. Die Anlage wird auf dem Gelände des Abfallwirtschaftszentrums Borgstedt betrieben. Im Kreis Plön befinden sich zwei weitere Projekte in Planung, die jeweils Wärmenetze beliefern sollen. Die Anlage kann eine Wärmemenge von bis 5.050 MWh pro Jahr liefern.

3.5.3.3 Heizquelle:

Holzhackschnitzel, kommen über ein Förderband in ein querliegendes Rohr mit etwa anderthalb Metern Durchmesser, in dem die Verkohlung stattfindet. Hier werden Temperaturen bis zu 800, 900 Grad Celsius erreicht. Die aus organischen Reststoffen produzierte Biokohle ist nur ein Teil des Outputs der Carbo-FORCE-Anlage, denn es kann im Umwandlungsprozess zusätzlich Energie gewonnen werden. Die erzeugte Energie kann entweder in ein Wärmenetz eingespeist oder direkt für den Eigenbedarf genutzt werden, zum Beispiel für die Trocknung oder die Stromerzeugung für den Eigenstrombedarf. Nach dem Prozessstart arbeitet die Carbo-FORCE weitgehend autark und autotherm mit Energiegewinn. Neben der Biokohle und der nutzbaren Wärmeenergie sind die handelbaren CO₂-Zertifikate ein weiterer Output der Karbonisierungsanlage. Im Carbo-Force-Verfahren wird in einer Tonne karbonisierter Biomasse die Menge von 3,6 Tonnen CO₂ gebunden (vgl. Bild in Abbildung 12). Die durch das Verfahren eingesparte bzw. dauerhaft gebundene Menge an CO₂ ist in Form von CO₂-Zertifikaten am Markt handelbar.



Abbildung 13: Biokohle-Reaktor Anlage, Quelle: Treurat und Partner

3.5.3.4 Leistung:

Die thermische Leistung wird laut Datenblatt mit 600 kW angegeben. Weitere technische Daten sind in Abbildung 14 enthalten.



Technische Daten der Carbo-FORCE® Carbonisierungsanlage CF-X250

	Bezeichnung	Menge	Einheit-Bereich
Leistungen			
	Brennstoffwärmeleistung	1.300	kW (-10% ... +10%)
	Feuerungswärmeleistung	670	kW (-10% ... +10%)
	Thermische Nennleistung	600	kW (-10% ... +10%)
Einsatzstoff			
	Spezifikation	Holzhackschnitzel G30 – G50 (Grenzkornlänge 150 mm)	
	Durchsatz (Feuchtmasse) bei Wassergehalt	280 8	kg/h (-10% ... +10%) %
	max. zulässiger Wassergehalt zum Betrieb der Anlage mit reduzierter Leistung	25	%
Nutzwärmeträger			
	Wärmeträger	Wasser/Glycol	
	Temperaturniveau	90/70	°C
Biochar			
	Biochar Produktion (Trockenmasse)	70	kg/h (-15% ... +15%)
	EPA16-PAK (gemäß EBC-Methode)	0 ... 12	mg/kg
	CO ₂ -Äquivalent ¹	1.810	t / a
Abgasemissionen			
	Abgasvolumenstrom (feucht)	1.700	Nm ³ /h
	Staub	< 20	mg/Nm ³
	Kohlenmonoxid (CO)	< 20	mg/Nm ³
	Stickoxide (NO _x)	< 500	mg/Nm ³
	Abgasemissionen angegeben bei 11% Restsauerstoffgehalt im Abgas.		
Abmessungen	(ohne Aufbauten)		
	Länge	13.400	mm
	Breite	3.200	mm
	Höhe	5.900	mm
	Masse	37.450	kg
Stromverbrauch	Eigenstrombedarf	10	kW
<u>Änderungen im Sinne des technischen Fortschritts bleiben vorbehalten.</u>			

Abbildung 14: Abbildung technisches Datenblatt der CF-X250

3.5.3.5 Brennstoff:

Für den Betrieb der Anlage werden Holzhackschnitzel der Güteklasse G30-G50 eingesetzt, wie sie in Abbildung 15 zu sehen sind.



Abbildung 15: Hackschnitzellagerung bei der Anlage, Quelle: Treurat und Partner

3.5.3.6 Brennstoffmenge:

Die Karbonisierungsanlage CF-X250 hat einen Holzhackschnitzeldurchsatz von 280 Kg in der Stunde. Daraus folgt eine Biokohlemenge von 70 kg pro Stunde.

3.5.3.7 CO₂ Verdrängung pro Jahr:

Durch die Biokohleproduktion werden rund 1.810 Tonnen CO₂-Äquivalent gebunden. Der Hersteller kombinierte verschiedene Karbonisierungstechniken wie Pyrolyse (thermische Spaltung chemischer Verbindungen) und die Thermolyse (ein Ausgangsstoff wird durch Erhitzen in mehrere Produkte zersetzt). Das Carbo-CAP-TEC ist eine negative Emissionstechnologie, die Kohlendioxid bindet. Der Kohlenstoff wird langfristig in Form von Biokohle gebunden: 1 Tonne Biokohle bindet Kohlenstoff aus bis zu 3,6 Tonnen CO₂.

3.6 Zusammenfassung – existierender energiewirtschaftlicher Bedarf, Techniken und Modellprojekte

Die drei untersuchten Modellprojekte zeigen für unterschiedliche lokale Gegebenheiten Lösungsmöglichkeiten auf. Zum einen wird im Kieler Quartier „Marie-Christian-Heime“ die Wärme eines Quartiers komplett mit Biomasse hergestellt. Hier ist das BtE Verfahren eine der bereits diskutierten Möglichkeiten zur Bereitstellung von Wärme (vgl. Kapitel 3.4.2). Dadurch können holzartige und grasartige Reststoffe eingesetzt werden, die bisher noch nicht in Nutzung sind (bspw. Laub). Es handelt sich um ein kleines Quartier mit 15 beheizten Gebäuden. Das größere Quartier der Lamp'schen Koppel in Schönberg umfasst dagegen 100 Gebäude, die in einem Nahwärmenetz mit herkömmlichen Holzpellets versorgt werden. Diese werden jedoch nicht in Schleswig-Holstein produziert. Das dritte Beispiel ist die Pyrolyseanlage in Borgstedt, die mittlerweile den Status der Versuchsanlage überwunden hat. Holzhackschnitzel werden hier zu Pyrolysekohle verarbeitet. Dabei entsteht Energie, die künftig in Einzelgebäuden oder in kleinen Nahwärmenetzen verwendet werden kann.

Diese Modellprojekte sind Einzelbeispiele, welche unter bestimmten lokalen Bedingungen Sinn machen, jedoch für die Wärmewende insgesamt nicht ausschlaggebend sein dürften. Die beiden Projekte (Pyrolyse und BtE) mit holzartigen Reststoffen sind für kleinere Netze ausgelegt. Sie können nicht beliebig skaliert werden und sind ein Nischenprodukt, das lokal Sinn macht und weiterverfolgt werden sollte, jedoch für z.B. die Stadt Kiel mit ihrem Gesamt-Wärmebedarf insgesamt nicht zielführend ist. Die reine Holzpelletversorgung dagegen widerspricht der derzeitigen Politik, welche durch die bundesweiten Förderregime den Biomasseanteil möglichst geringhalten will.

Die bisherigen Analysen zeigen, dass für den Wärmebereich eine umfassende evtl. auch interkommunale Wärmeplanung fehlt. Es existieren zwar viele Einzelpläne, aber eine einheitliche Wärmeplanung möglichst auf Quartiersebene – etwa im Sinne der Kommunalrichtlinie des BMWK vom 01.11.2022 – wurde in der Recherche nicht gefunden. Doch gerade diese wäre wichtig, um den wirklichen Biomassebedarf an der Wärmeerzeugung zu bestimmen. Biomasse ist in den Wärmenetzen immer die letzte Möglichkeit, um die Residualgröße etwa im Winter darzustellen. Moderne hybride Wärmenetze verknüpfen verschiedene Wärmeerzeuger (Abwärme aus Industrien oder aus Abwassersystemen, Solarthermie, Wärmepumpen u.a.m.) mit Biomasse (Wern, B. et al. 2020a). Zusätzlich ist Biomasse und Biomethan einsetzbar in KMU's und der Industrie. Auch dies sollte in einer Wärmeplanung Berücksichtigung finden.

Es besteht also einen Bedarf an Modellprojekten, die hybride Wärmenetze mit verschiedenen Wärmeerzeugern miteinander verknüpfen.

4 Potenziale

4.1 Definitionen

Die hier vorliegenden Untersuchungen weichen ab von den „theoretischen, technischen und wirtschaftlichen Potenzialbegriffen“ und verwenden vielmehr einen „technisch-ökologischen“ Ansatz unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Einflüssen, z.B. in Form von Nutzungskonkurrenzen. Dieser bildet somit ein – auch unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Kriterien – möglichst real verfügbares Potenzial ab. Für konkrete Projekte jedoch muss immer der Markt über Angebote abgefragt werden. Dies kann nie durch eine Potenzialanalyse ersetzt werden.

Die Potenziale wurden mit den wichtigsten Akteuren diskutiert, so dass eine Validierung der Ergebnisse stattfand und die Akteure schon in der Diskussion Hinweise auf konkrete Projekte geben konnten. Diese Projektansätze lieferten dann Hinweise für die Arbeiten der Netzwerkbedarfe und die Strategiebildung mit konkreten Maßnahmen.

Es wurde für die vorliegende Untersuchung die Kategorisierung nach der Herkunft der Biomasse als Grundlage für die Potenzialermittlung festgelegt. Ein besonderer Schwerpunkt wird gelegt auf Landwirtschaft, Abfallwirtschaft sowie Landschaftspflege. Für den Bereich der Abfallwirtschaft wird direkt ein „energetisches Restpotenzial“ ausgewiesen, das derzeit aus Stoffstromsicht zur Verfügung steht.

Für die anderen Bereiche werden die in dem Kapitel 4 ermittelten Potenziale erst in Kapitel 5.1 abgezogen. Das noch vorhandene Bioenergie-Ausbaupotenzial ergibt sich aus der Differenz des hergeleiteten Potenzials und der bereits in Nutzung befindlichen Mengen und wird in Kapitel 5.1 hergeleitet.

4.2 Potenziale

4.2.1 Landwirtschaft

4.2.1.1 Flächen

Von den Kreisen bzw. der kreisfreien Stadt Kiel ist Rendsburg-Eckernförde der größte Kreis. Mit über 138.000 ha besitzt dieser auch die größte landwirtschaftliche Nutzfläche, die rund 63 % der Gesamtfläche ausmacht (siehe Tabelle 16). Zwei Drittel der Fläche werden als Ackerland genutzt und ein Drittel besteht aus Grünland. Im Kreis Plön ist im Verhältnis der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche mit 65 % am höchsten. Dieser Kreis ist vom Ackerbau geprägt. Über 80 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind Ackerland. In beiden Kreisen ist die landwirtschaftliche Fläche im Bundesvergleich überdurchschnittlich hoch. In der Stadt Kiel spielt die landwirtschaftliche Nutzfläche mit 17 % an der Gesamtfläche eine untergeordnete Rolle. Dabei ist das Verhältnis zwischen Ackerland zu Grünland etwa gleich wie im Kreis Rendsburg-Eckernförde.

Tabelle 16: Landwirtschaftliche Fläche der Verwaltungsgebiete

	Kiel	Plön	Rendsburg - Eckernförde
Fläche	118,65 km ²	1.083,56 km ²	2.189,79 km ²
Landwirtschaftliche Nutzfläche	2.014 ha 17 %	70.574 ha 65 %	138.065 ha 63 %
Ackerfläche	1.303 ha	56.680 ha	89.796 ha
Grünland	592 ha	13.415 ha	47.841 ha

4.2.1.2 Methodik

Grundlage für den landwirtschaftlichen Part der Potenzialerhebung bilden die landwirtschaftlichen Nutzflächen und der Tierbestand sowie deren tierische Nebenprodukte. Hierfür wurden Angaben des statistischen Amts für Hamburg und Schleswig-Holstein ausgewertet. Diese Werte wurden mit regionalen Akteuren diskutiert und angepasst.

Für die Biomassepotenziale wurden folgende landwirtschaftliche Bereiche untersucht:

- Dauergrünland
- Nachwachsende Rohstoffe von Ackerflächen
- Reststoffe aus der Tierhaltung (Festmist und Gülle)

4.2.1.2.1 Dauergrünland

In Schleswig-Holstein ist die durchschnittliche Verteilung von Ackerland zu Grünland im Verhältnis zwei zu eins. In diesem Bereich können der Kreis Rendsburg-Eckernförde (35 % Grünland) wie auch die kreisfreie Stadt Kiel (29 % Grünland) eingeordnet werden. Der Kreis Plön hat hingegen nur einen Anteil von rund 19 % Grünland an der landwirtschaftlichen genutzten Fläche (siehe Abbildung 16).

Das Biomassepotenzial von Grünland wird auf Basis der erhobenen Flächendaten und in Verbindung mit den regional-spezifischen Erträgen (siehe Statistischer Bericht Kennziffer: Cl/C II - j 20 SH i. V. m. KTBL 2018 (Statistikamt Nord 2021a)) berechnet. Es wurden dabei zwischen Wiesen und Weiden sowie ertragsarmen Dauergrünland Differenzierungen bei der Mengenabschätzung vorgenommen. Der angesetzte Grasertrag beträgt 9,2 t TS/ha*a für Wiesen und Weiden und 7 t TS/ha*a bei ertragsarmem Dauergrünland.

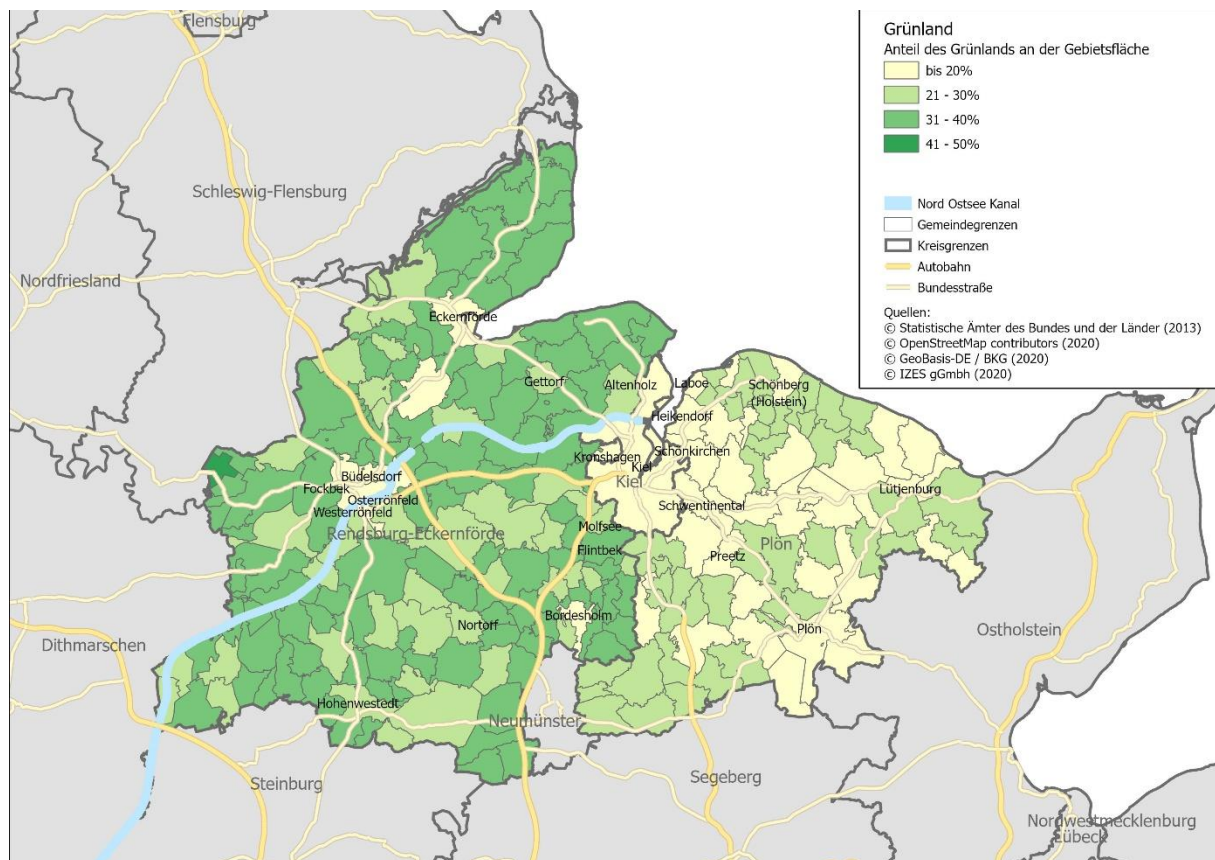


Abbildung 16: Anteil Dauergrünland an der Gebietsfläche.

Tabelle 17 gibt einen Überblick über die anzusetzenden Flächen. Für die Berechnung möglicher Potenziale wurden die aus der Nutzung genommenen Flächen mitbetrachtet. Den größten Anteil an Grünlandflächen stellen in allen drei Gebieten die Wiesen und Weiden dar. Die später in Kapitel 4.2.1.3.1 anzusetzenden Bedarfe an Flächen für die Tierhaltung (Raufutterflächen) sind sehr hoch, so dass vom Grünland weniger Potenziale zu erwarten sind.

Tabelle 17: Grünlandflächen

Grünlandfläche (ha)	Kiel	Plön	Rendsburg - Eckernförde
Grünland insgesamt (LN)	592	13.415	47.841
Grünland aus der Erzeugung genommen (keine LN)		77	82
Ertragsarmes Dauergrünland		331	1.378
Davon Raufutterflächen (Wiesen und Wei- den)	592	13.007	46.381

4.2.1.2.2 *Nachwachsende Rohstoffe von Ackerflächen*

Die Biomassepotenziale ergeben sich aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche und der Überlegung, dass bundesweit derzeit 16 % genutzt werden. Diese teilen sich auf in 14 % energetische und 2 % stoffliche Nutzung (BMEL 2022). Es wird davon ausgegangen, dass eine Steigerung des Biomassepotenzials auf 30 % der Ackerfläche möglich ist, ohne die Nahrungsmittelsicherheit zu gefährden. Diese Flächenanteile werden in jeder Region bestimmt, in einigen ist dabei eine Steigerung der Anbaufläche möglich.

Für alle drei Regionen wurden bei der Ermittlung der effektiv nutzbaren Ackerfläche sowohl die aus der Erzeugung genommenen Ackerflächen als auch die Flächen zur Raufutterproduktion subtrahiert. Dadurch werden Nahrungsmittelkonkurrenzen und zunehmende Trockenperioden berücksichtigt. In vielen Regionen Deutschlands wurden während der letzten Trockenzeiten aus der Erzeugung genommene Flächen für die Futterbereitstellung reaktiviert bzw. durften hierfür genutzt werden. Diese effektiv nutzbare Ackerfläche sollte somit genügend Fläche bereitstellen, damit sowohl an die wirtschaftliche Situation angepasster Markfruchtanbau, als auch eine Nutzung von 30 % der Fläche für nachwachsende Rohstoffe gewährleistet sein konnte.

Um die zukünftige Entwicklung des Ökolandbaues zu berücksichtigen, wurden zwei Szenarien angenommen. Grundlegender Unterschied beider Szenarien ist hierbei der, dass im ersten Szenario konservativ der Ökolandbau nicht mitberücksichtigt wird. Im Gegensatz hierzu wird im zweiten Szenario ein Anteil von 25 % Ökolandbau angenommen. Dies hat Auswirkungen auf den Flächenbedarf wie auch auf einzelne Reststoffe. So wird im Ökolandbau beispielsweise mehr Stroh eingesetzt. Zugleich fällt dadurch auch mehr Mist an. Auch reduziert sich durch eine vermehrte Weidehaltung das Potenzial an Reststoffen aus tierischen Exkrementen.

In der Unterteilung der existierenden NaWaRo-Flächen stellen bundesweit Biogasanlagen immer noch den größten Bedarf dar. Dies wurde in der Studie mit 56 % berücksichtigt. Den zweiten Bereich stellen Biokraftstoffe wie Biodiesel oder Bioethanol mit 33 % dar. Auf Grund der Gebietsgrößen und der landwirtschaftlichen Ausprägungen hat Rendsburg-Eckernförde mit 81.741 ha eine sehr große landwirtschaftliche Nutzfläche, die v.a. durch Viehhaltung geprägt ist. Dahingegen ist Plön eine Ackerbauregion. Kiel hat mit 107 ha nur ein kleines Gebiet zum Ackerbau (siehe Abbildung 17 und Tabelle 18).

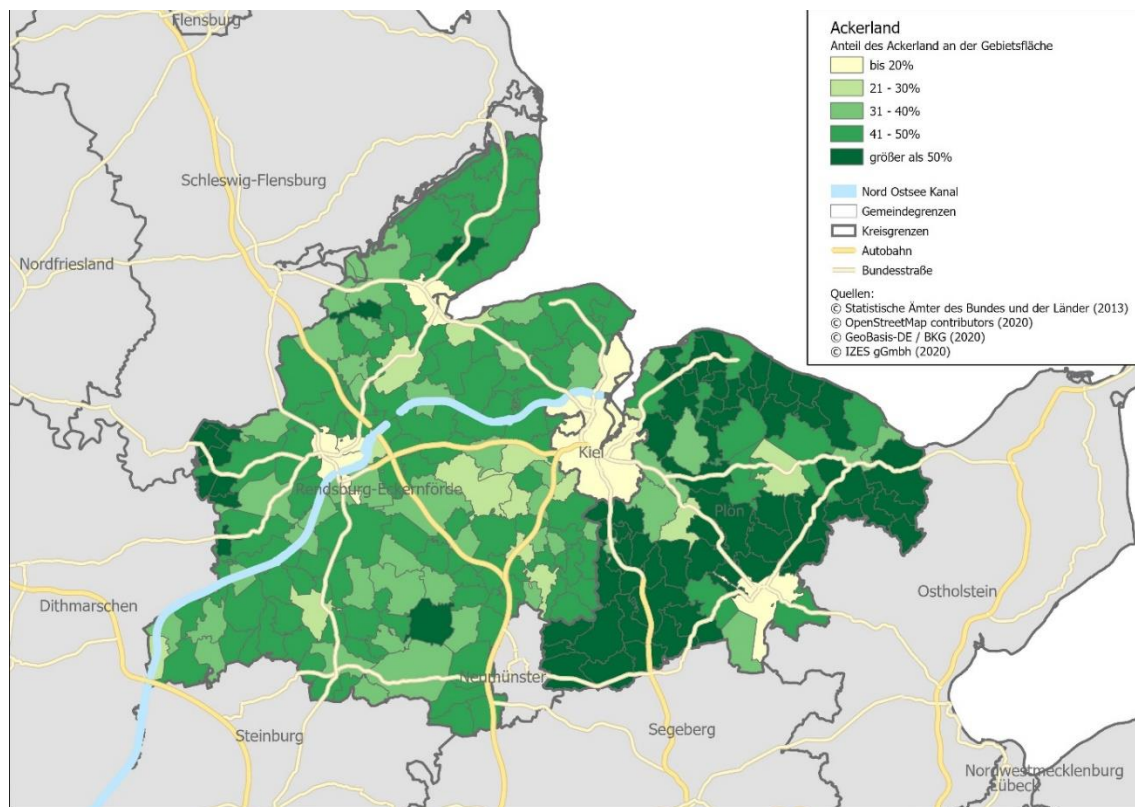


Abbildung 17: Anteil des Ackerbaues an der Gebietsfläche.

Tabelle 18: Annahmen zur Abschätzung der NaWaRo-Potenziale.

Ackerland	Szenario 1	Szenario 2
effektives Ackerland (AL)		
Kiel	107 ha	
Plön	51.930 ha	
Rendsburg-Eckernförde	81.741 ha	
Ökolandbau (Anteil an AL bei Potenzialbildung)	Nicht berücksichtigt	25 %
Ackerfläche NaWaRo (Zielanteil an AL zur Potenzialbildung)	30%	
Davon Anteil stoffliche Nutzung (bundesdurchschnittlicher Anteil an NawaRo-Fläche)	11%	
Davon Biokraftstoffe (bundesdurchschnittlicher Anteil an NawaRo-Fläche)	33%	
→ Anteil Rapsanbau für Biokraftstoffe an der Gesamtanbaufläche für Raps 43 %		
Davon Biogas (bundesdurchschnittlicher Anteil an NawaRo-Fläche)	56 %	

Aus den zuvor genannten Annahmen ergeben sich folgende Flächenanteile für die einzelnen nachwachsenden Rohstoffe in den jeweiligen Regionen. Dabei ist auch hier die absolute Fläche im Kreis Rendsburg-Eckernförde mit über 24.500 ha am größten.

Hohen Einfluss hat die Variable der Ökolandnutzung (vergleiche Szenarien 1 und 2 in Tabelle 19). Hieraus ergeben sich größere Schwankungen im Biomassepotenzial bzw. in der Bereitstellung von beispielsweise Biogassubstraten.

Tabelle 19: Anteil NaWaRo in den Regionen in Hektar (ha).

	Kiel		Plön		Rendsburg - Eckernförde	
Hektar (ha)	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2
Ackerfläche NaWaRo	32	22	15.579	10.905	24.522	17.166
Anteil stoffliche Nutzung	4	3	1.760	1.232	2.771	1.940
Anteil Marktzahlen Biokraftstoffe	11	7	5.141	3.599	8.092	5.665
Anteil Biogas	18	12	8.584	6.009	13.512	9.458

4.2.1.2.3 Reststoffe aus der Tierhaltung

Zur Ermittlung der Reststoffe aus der Tierhaltung wurden anhand der statistischen Berichte von 2021 (Statistikamt Nord 2021a) die wichtigsten Nutztiere erfasst. Um eine vergleichbare Einheit zu erhalten, wurden die einzelnen Tierbestände in Großvieheinheiten (GVE) umgerechnet. Anhand der Zahlen zeigt sich, dass es sich bei allen drei Gebieten um Milchviehregionen handelt. Die Tierhaltungsbetriebe sind primär auf Rinderhaltung ausgelegt (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Anzahl, GVE und Verteilung der Nutztiere.

	Kiel		Plön		Rendsburg- Eckernförde	
Tierart	Anzahl	GVE	Anzahl	GVE	Anzahl	GVE
Pferde	213	213	1.729	1.729	4.109	4.109
Milchkühe	811	973	16.970	20.364	65.472	78.566
Sonstige Rinder						
<i>Kälber (bis 8 Monate)</i>	374	112	8.326	2.498	40.316	12.095
<i>Jungvieh (bis 24 Monate)</i>	341	205	7.358	4.415	33.017	19.810
<i>Sonstige</i>	108	130	2.712	3.254	12.471	14.965
Schweine	15	2	14.493	1.632	13.779	1.791
Schafe	7	2	302	44	932	138
Geflügel			1.369	5	1.871	7

Neben der reinen Anzahl der Nutztiere ist auch zur Ermittlung der tierischen Reststoffe die Haltungsform entscheidend. So ist je nach Alter einzelner Nutztiere eine Haltung

auf Stroh beispielsweise vorgeschrieben. Zum anderen ist das Sammeln von den Exkrementen bei Tieren mit Weidehaltung nur bedingt möglich und muss daher bei der Potenzialanalyse berücksichtigt werden. In Tabelle 21 sind alle Annahmen für die einzelnen Tierarten bezüglich deren Haltungsform aufgeschlüsselt. Dabei wird vorausgesetzt, dass bei der Weidehaltung die Exkremente nicht gesammelt werden.

Tabelle 21: Anteil der Stallhaltung und Verteilung Gülle/ Festmist.

Tierart	Anteil Stallhaltung ⁴¹	Anteil Gülle/ Festmist ⁴²
Pferde	20%	100%
Milchkühe	58%	70% / 30%
Sonstige Rinder		70% / 30%
<i>Kälber (bis 8 Monate)</i>	94%	
<i>Jungvieh (bis 24 Monate)</i>	44%	
<i>Sonstige</i>	44%	
Schweine	100%	100% / 0%
Schafe	16%	0% / 100%
Geflügel	74%	0% / 100%
Tierhaltung insgesamt		

Mittels der Biogaserträge der Exkremente der spezifischen Tierklassen und der Menge an tierischen Reststoffen wird der zur Verfügung stehende Biogasertrag errechnet (vgl. Tabelle 22). Hierbei haben Lagerungsdauer, Lagerungsart wie auch Wettereinflüsse einen zum Teil starken Einfluss auf das technisch nutzbare Potenzial. Diese Faktoren sind in der Praxis hoch variabel und konnten daher in der Analyse nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 22: Parameter zur Ermittlung des Biogaspotenzials aus tierischen Reststoffen (Strobl, M. & Keymer, U. 2006)

	Festmist				Gülle			
	TS Gehalt	davon oTS	t/GVE* a	Biogaser- trag l/kg oTS	TS Ge- halt	davon oTS	M ³ /GVE*a	Biogaser- trag l/kg oTS
Schafe	30 %	80 %	7,2	450	-	-	-	-
Rinder/MK	25 %	85 %	8,4	450	8,5 %	85 %	14,8	280
Schweine	22,5 %	82,5 %	9,6	400	6 %	85 %	12,8	400
Pferde	28 %	75 %	9	300	-	-	-	-
Geflügel	15 %	75 %		500				

⁴¹ Destatis, 2010 (Stallhaltung Kälber und Hühner abzüglich Ökolandbau).

⁴² Destatis, 2010.

4.2.1.3 Analysen und Ergebnisse

Anhand der zuvor genannten Daten und Annahmen wurden für den Bereich Landwirtschaft die nachfolgenden Biomassepotenziale ermittelt.

4.2.1.3.1 Dauergrünland

Nach der Sicherstellung der Raufutterversorgung der Nutztiere ergibt sich für die einzelnen Regionen ein Graspotenzial von 533 t TS/a bis rund 52.000 t TS/a. Durch den hohen Anteil an Grünlandflächen sticht der Kreis Rendsburg-Eckernförde hierbei mit einem Energiepotenzial von rund 171 GWh Primärenergie heraus (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23: Graspotenzial

	Kiel	Plön	Rendsburg-Eckernförde
Graserntemasse [t TS/a]	5.446	122.520	436.925
Raufutterbedarf [t TS/a]	4.914	107.958	384.962
Graspotenzial abzgl. Raufutterbedarf [t TS/a]	533	14.562	51.963
Biogas aus Gras (Dauergrünland) [Nm³/a]	293.050	8.009.265	28.579.595
Energiepotenzial aus Gras (Dauergrünland) [kWh Primär/a]	1.758.240	48.055.590	171.477.570

4.2.1.3.2 Nachwachsende Rohstoffe von Ackerflächen

Nachwachsende Rohstoffe von Ackerland kann man in zwei Bereiche unterteilen. Auf Grund der Anbaupflanzen ergeben sich einerseits Produkte, die in der Produktion von Kraftstoff eingesetzt werden, und zum anderen die Produkte, die aus energetischer Sicht in Biogasanlagen genutzt werden. Auf Grund der Flächengröße hat auch hier der Kreis Rendsburg-Eckernförde mit rund 550 GWh/a das höchste Primärenergiepotenzial. Berücksichtigt man hier den steigenden Ökolandbau (Szenario 2), liegt das Potenzial bei rund 380 GWh/a (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24: Biomassepotenzial von Ackerflächen mittels Biogasanlagen

	Kiel		Plön		Rendsburg - Eckernförde	
	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2
Anteil Ackerfläche für Biogas (ha)	18	12	8.584	6.009	13.512	9.458
Energiepotenzial Biomethan aus NaWaRo Nm³	68.235	47.764	36.493.149	25.545.204	55.049.222	38.534.455
Gesamtenergiepotenzial Biogas in kWh Primärenergie/a Ackerland	680.302	476.212	363.836.696	254.685.688	548.840.741	384.188.518

Ein weiterer Bereich zur Produktion von Energieprodukten aus der Landwirtschaft ist der Anbau von Raps zur Gewinnung von Rapsöl, was wiederum Grundstoff für die Biodieselproduktion ist. Insgesamt ist in allen drei Gebieten die Rapsproduktion möglich bzw. verbreitet, wobei die kreisfreie Stadt Kiel hier eine untergeordnete Rolle spielt. Auch auf Raps hat der ökologische Anbau Auswirkung auf die Flächenverfügbarkeit. Zusätzlich geht bei einem ökologischen Anbau von Raps der Ertrag zurück. So stehen theoretisch je nach Landkreis und Anbauverfahren zwischen 62 GWh und 139 GWh pro Jahr zur Verfügung (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25: Primärenergiepotenzial aus Rapsanbau.

	Kiel		Plön		Rendsburg - Eckernförde	
	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2
Anteil Ackerfläche für Biokraftstoffe (ha)	11	7	5.141	3.599	8.092	5.665
Energiepotenzial Biokraftstoffe [kWh Primär/a]	145.654	101.958	88.255.035	61.778.525	138.918.830	97.243.181

Aufgrund des Konflikts des Strohbedarfes in der Tierhaltung und der Steigerung des Kohlenstoffs im Boden wurde in dieser Untersuchung die energetische Nutzung von Stroh außen vor gelassen. Zusätzlich existiert immer noch eine Vielzahl an Problemen, wenn es um die energetische Nutzung von Stroh geht. So sind Strohfeuerungsanlagen derzeit noch ein Nischenprodukt. Auch der Einsatz von Stroh in Biogasanlagen ist mit vielen Risiken verbunden bzw. stellt hohe Anforderungen an den Betreiber. Zusätzlich muss dieser in der Regel in weitere Aufbereitungstechnik investieren. Körnermais stellt ebenfalls für die beschriebenen Regionen ein Randprodukt dar und steht daher in keiner Flächenkonkurrenz zum Silomais.

4.2.1.3.3 Reststoffe aus der Tierhaltung

Im Kapitel 4.2.1.2 werden die Restriktionen zur Ermittlung des Biogasertragspotenzials aus der Tierhaltung für die drei Regionen beschrieben. Hieraus wird ein Energiepotenzial für die kreisfreie Stadt Kiel von rund 2,6 GWh Primär/a erhoben (siehe Tabelle 26).

Tabelle 26: Reststoffpotenzial aus der Tierhaltung für die kreisfreie Stadt Kiel.

Viehbestand/ Tierische Nebenprodukte	Pferde	Sonstige Rinder	Milchkühe	Schweine	Schafe	Geflügel
GVE	213	446	973	2	2	-
Anteil Haltung Gülle/Mist	100	70/30	70/30	100	100	100
Gülleanfall [m³/GVE]		14,8	20,0	12,8	11,0	
Gülle [t FM/a]		2.616	7.902	25		
Mistanfall [t/GVE]	9	8,4	8,4	9,6	7,2	0,022
Mist [t FM/a]	383	636,3	1.422		2	-
Biogas aus Gülle [Nm³/a]		52.923	159.865	509		
Biogas aus Mist [Nm³/a]	24.154	60.850	136.020	-	192	-
Biogas gesamt aus Viehhaltung [Nm³/a]	24.154	113.773	295.885	509	192	-
Energiepotenzial aus TNP [kWh Primär/a]	144.925	682.638	1.775.310	3.055	1.150	-

Der Kreis Plön hat ein Energiepotenzial aus tierischen Reststoffen von rund 56,4 GWh Primär/a (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27: Reststoffpotenzial aus der Tierhaltung für den Kreis Plön.

Viehbestand/ Tier- rische Nebenpro- dukte	Pferde	Sonstige Rinder	Milchkühe	Schweine	Schafe	Geflügel
GVE	1.729	10.167	20.364	1.632	44	5
Anteil Haltung Gülle/Mist	100	70/30	70/30	100	100	100
Gülleanfall [m³/GVE]		14,8	20,0	12,8	11,0	
Gülle [t FM/a]		59.284	165.356	20.888		
Mistanfall [t/GVE]	9	8,4	8,4	9,6	7,2	0,022
Mist [t FM/a]	3.112	14.420,4	29.764		51	22
Biogas aus Gülle [Nm³/a]		1.199.312	3.345.145	426.111		
Biogas aus Mist [Nm³/a]	196.069	1.378.951	2.846.185	-	5.505	1.254
Biogas gesamt aus Viehhaltung [Nm³/a]	196.069	2.578.263	6.191.330	426.111	5.505	1.254
Energiepotenzial aus TNP [kWh Primär/a]	1.176.412	15.469.578	37.147.980	2.556.668	33.032	7.522

Rendsburg-Eckernförde hat mit 221,1 GWh Primär/a das höchste Potenzial (siehe Tabelle 28). Dadurch könnte 22 Mio. Nm³ fossiles Erdgas verdrängt werden.

Tabelle 28: Reststoffpotenzial aus der Tierhaltung für den Kreis Rendsburg-Eckernförde.

Viehbestand/ Tier- rische Nebenpro- dukte	Pferde	Sonstige Rinder	Milchkühe	Schweine	Schafe	Geflügel
GVE	4.109	46.870	78.566	1.791	138	7
Anteil Haltung Gülle/Mist	100	70/30	70/30	100	100	100
Gülleanfall [m³/GVE]		14,8	20,0	12,8	11,0	
Gülle [t FM/a]		276.304	637.959	22.928		
Mistanfall [t/GVE]	9	8,4	8,4	9,6	7,2	0,022
Mist [t FM/a]	7.396	67.209,1	114.833		159	30
Biogas aus Gülle [Nm³/a]		5.589.634	12.905.914	467.736		
Biogas aus Mist [Nm³/a]	465.961	6.426.873	10.980.872	-	17.197	1.713
Biogas gesamt aus Viehhaltung [Nm³/a]	465.961	12.016.506	23.886.786	467.736	17.197	1.713
Energiepotenzial aus TNP [kWh Primär/a]	2.795.764	72.099.038	143.320.717	2.806.419	103.181	10.280
SUMME Primärenergie 221,1 GWh						

4.2.1.4 Diskussion

Aus den zuvor beschriebenen Kapiteln ergeben sich die in Tabelle 29 genannten Gesamtpotenziale aus dem Bereich der Landwirtschaft. Insgesamt besteht durch dieses Potenzial ein Angebot von bis zu 1.500 GWh. Dies entspricht in etwa 80 % der im Küstenkraftwerk der Stadt Kiel im Jahr 2020 benötigten Energie.⁴³

⁴³ Das UBA gibt jedes Jahr die Liste der CO₂ Emissionshandelspflichtigen Unternehmen heraus. Im Stand vom 02.05.2022 hat dabei das Küstenkraftwerk Emissionszertifikate in der Höhe von ca. 370.000 t gebraucht. Über die Umrechnung 1:2 wurden diese Emissionen in m³ Gas und schließlich GWh umgerechnet. Ergebnis ist 1840 GWh, was ungefähr die gleiche Größenordnung wie die Biogasmenge aus der Landwirtschaft ist.

Tabelle 29: Energetische Potenziale aus der Landwirtschaft für die einzelnen Regionen in kWh

	Kiel		Plön		Rendsburg - Eckernförde	
kWh Primär/a	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2
Biogas aus Tierhaltung	2.607.078	2.607.078	56.391.192	56.391.192	221.135.398	221.135.398
Biogas aus Grünland	1.758.240	1.758.240	48.055.590	48.055.590	171.477.570	171.477.570
Biogas aus Ackerland NaWaRo	680.302	476.212	363.836.696	254.685.688	548.840.741	384.188.518
Biogas gesamt	5.045.620	4.841.530	468.283.478	359.132.470	941.453.709	776.801.486
Rapsöl	145.654	101.958	88.255.035	61.778.525	138.918.830	97.243.181

4.2.1 Forstwirtschaft

Die Forstwirtschaft stellt Hölzer zur stofflichen und energetischen Nutzung bereit. Dabei sind Hölzer zur energetischen Nutzung nicht-sägefähige Hölzer, die stofflich derzeit keine Verwendung finden. Aufgrund der Preise und aus Gründen der Wüchsigkeit muss zwischen Laubholz und Nadelholz unterschieden werden. Im Bereich Nadelholz fallen zur energetischen Nutzung meist nur Kronenreste an, die im Rahmen von phytosanitären Maßnahmen aus dem Wald transportiert werden müssen. Dieses Material ist gekennzeichnet von hohen Rindenanteilen. Im Bereich Laubholz fallen dagegen auf Grund der Wuchsformen auch stärkere, nicht-sägefähige Äste oder Stammabschnitte an und stehen damit als Energieholz generell zur Verfügung.

Die Verfügbarkeit und Mobilisierbarkeit des Holzes hängt stark von der Eigentümerstruktur ab. Kommunalwald, Staatswald und großer Privatwald haben ein hohes Interesse an der Vermarktung von Holz. In kleineren Privatwäldern ist die Vermarktung eher informell und findet teilweise gar nicht statt. Genau hier liegt eine Herausforderung für Schleswig-Holstein, da der Anteil an Privatwald 51 % beträgt. 45 % der Waldbesitzer haben eine Waldfläche von unter 20 ha (vgl. Thünen-Institut 2012). Der Anteil des Landeswalds ist 34 %, während die Kommunen nur 15 % der Waldfläche besitzen. Insgesamt ist Schleswig-Holstein mit 11 % Waldfläche das waldärmste Bundesland Deutschlands. Um die Bewirtschaftung des kleinparzellierten Privatwalds zu gewährleisten, wurden forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse gebildet. 24.000 ha Wald sind in Schleswig-Holstein „besonders geschützte Biotope“, dies entspricht 14,3 % der Waldfläche und ist bundesweit der höchste Anteil geschützter Waldfläche (ebd.). In der KielRegion sind Flächen von ca. 37.900 ha bewaldet. Dies entspricht knapp einem Viertel des Walds von Schleswig-Holstein.

Jedes Jahr wachsen derzeit in Schleswig-Holstein pro ha ca. 11,33 m³ zu, wohingegen nur ca. 5 m³ genutzt werden (ebd.). Somit wird in Schleswig-Holstein ein hoher Vorratsaufbau praktiziert. Dies ist auch explizit Teil der Waldpolitik in Schleswig-Holstein (ebd.). Zusätzlich steht derzeit zur Diskussion, ob Waldrestholz als Primärbiomasse nicht mehr als Erneuerbare Energie angesehen werden kann (Irslinger, R. 2022), siehe

auch Kapitel 7.1.1). Aus diesen Gründen wird im Rahmen dieser Studie keine Ausweitung der bisher genutzten Waldhölzer zur energetischen Nutzung angenommen.

Die bisherige Nutzung wird für ganz Schleswig-Holstein mit etwa 100.000 Fm angenommen. Dies würde bei einer Übertragung auf die KielRegion bedeuten, dass rund ein Viertel, also 25.000 Fm an Energieholzpotenzialen vorliegen. 38 % der Baumartenanteile sind Nadelholz und 62 % Laubholz (MELUND o.J.). Diese Anteile sind wichtig für die Umrechnung in Energie. Der Energiegehalt bei 20 % Wassergehalt (Luft getrocknetes Holz) wird bei Nadelholz mit 2031 kWh/Fm berechnet und bei Laubholz (gemischt Hartlaubholz und Weichlaubholz) mit 2248 kWh/Fm, berechnet nach (Niemz, P. 1993). Somit steht aus dem Forst in der KielRegion ein Potenzial von rund 53.000 MWh Primärenergie zur Verfügung (Tabelle 30).

Tabelle 30: Waldholzpotenziale

	Anteil an Waldfläche	Holz in Fm	Fm spezifischer Primärenergiegehalt [MWh/Fm]	Primärenergiegehalt gesamt in [MWh/Fm]
Nadelholz	38 %	9.500	2,0	19.000
Laubholz	62 %	15.500	2,2	34.100

4.2.2 Naturschutzflächen und weitere Flächen der Landschaftspflege

Der Bereich der Landschaftspflege untergliedert sich in die Straßenpflege inkl. der Knickpflege und die Landschaftspflege in engerem Sinne. Darunter werden naturschutzfachlich betreute Flächen verstanden, bei deren Pflege regelmäßig Substrate anfallen.

4.2.2.1 Straßenbegleitgrün

Derzeit gibt es keine Erfassung des Straßenbegleitgrüns (Holz und Gras) in Schleswig-Holstein, es soll aber zeitnah ein Pilotprojekt zu diesem Thema geben.⁴⁴ Aus diesem Grund wurde zurückgegriffen auf Zahlen für Straßenkilometer von Weller (2010), wonach bei Autobahnen in etwa 4 t FM/Skm und Jahr anfallen, dagegen bei nachgeordneten Straßen in etwa 2 t FM/Skm. In Tabelle 31 werden die Strecken verschiedener Straßenordnungen der Landkreise sowie der rechnerische Anfall der Holzmassen ausgewiesen. Insgesamt können pro Jahr zwischen 2.500 t FM und 3.000 t FM erwartet werden. Diese sind jedoch oftmals durch Schwermetalle oder durch Fremdstoffe verschmutzt. Außerdem können sie unter Umständen unter das Abfallregime fallen. Diese Massen sollten dem in Kapitel 7.2.3 vorgeschlagenen Holzheizkraftwerk an der Fernwärmeschiene in Kiel angedient werden. Dadurch könnten gerade im Winter günstige

⁴⁴ Prinz, D. (2023): Erfassung und Verwendung der Begleithölzer an Autobahntrassen und dem nachgeordneten Straßennetz in Deutschland. Bachelorarbeit an der HTW Saarbrücken, unveröffentlicht

Spotmengen zur Erzeugung von Strom und Wärme für die Fernwärme geliefert werden.

Tabelle 31: Straßenkilometer und Holzpotenziale (Quelle: open street map, <https://download.geofabrik.de/>, Zugriff am 09/2022)

	Stadt Kiel	Rendsburg- Eckernförde	Plön	Masse Skm ⁴⁵	pro	Anfall Gesamt	MWh (bei ca. 4 MWh/tFm)
Autobahn	13,1	181,6	21,4	4 t FM		864 t FM	3.458 MWh
Bundesstra- ßen	11,9	181,0	124,6	2 t FM		635 t FM	2.540 MWh
Landstraßen	77,4	449,9	167,9	2 t FM		1.390 t FM	5.562 MWh
Gesamt						2.890 t FM	11.559 MWh

Zusätzlich fallen noch Massen in der Graspflege entlang der Straßen an. Da diese jedoch hoch belastet sind mit Fremdmaterialien, können diese nur in einer Bioabfallvergärungsanlage als Spotmenge angedient werden. Die Mengen sind nicht hoch und bisher deutschlandweit noch nicht verlässlich bestimmt. Aus diesem Grund sollte das Biomassenetzwerk im Dialog zwischen dem Landesbetrieb für Straßenbau und Verkehr eine Abnahme dieser Mengen in Bioabfallvergärungsanlagen initiieren.

4.2.2.2 Knicks

Tabelle 32 zeigt die Knickflächen und deren Potenziale auf Basis der Arbeit von Bio-regio 2007. Daten mit einem Zeitbezug 2020 sollen 2023 als Geodatenatz auf dem Umweltportal Schleswig-Holstein veröffentlicht werden. Diese konnten nicht mehr eingearbeitet werden. Tabelle 32 zeigt die Potenziale aus der Knickpflege. Im Ergebnis könnten mit 7.000 t FM bis 7.500 t FM insgesamt etwa 1.000 Haushalte mit Wärme versorgt werden, die derzeit jeweils 3.000 l Heizöl im Jahr verbrauchen. Da dies nicht viel ist, sollten die dezentral anfallenden Mengen in dezentralen hybriden Wärmenetzen zur Abdeckung der Spitzenlast verwendet werden (siehe Kapitel 7.2.3).

Tabelle 32: Berechnung der Energiepotenziale aus Knicks in der KielRegion

	Stadt Kiel	Rendsburg-Eckernförde	Plön	Gesamt
Knicklänge [km]	195	5.186	3.600	8.981
Aufwuchsmenge [t FM/a]	156	4.149	2.880	7.185
Energiegehalt [MWh]	624	16.596	11.520	28.740

⁴⁵ Nach (Weller (2010): Bioenergie aus der Landschaftspflege. Deutsches Biomasseforschungszentrum GmbH. Berlin, 09.02.2010.) gibt es an Bundes- und Landstraßen einen Anfall von ca. 4 t FM an Autobahnen und ca. 2 t FM an Bundes- und Landstraßen.

Haushalte bei einem Verbrauch von 3.000 l Heizöl/a	20	553	384	958
--	----	-----	-----	-----

4.2.2.3 Weitere Mengen aus Naturschutzgebieten

In der Pflege von Naturschutzgebieten fallen jedes Jahr Biomassemengen an, die jedoch bisher nicht erfasst wurden. Es gab in der Vergangenheit Pilotprojekte, die solche Zahlen für andere Naturräume geschätzt haben (DBU 2009). Jedoch gibt es in Schleswig-Holstein noch keine Arbeiten mit der Quantifizierung dieser Mengen. Der DLV in Schleswig-Holstein plant eine solche Arbeit auszuschreiben, um die Landschaft jedes Jahr in Einheiten mit immer gleichem Anfall an Biomasse einzuteilen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollten dem Biomassenetzwerk vorgestellt werden. Dadurch können dann die Massen in Ergänzung zu den Massen des Straßenbegleitholzes hybriden Wärmenetzen zur Verfügung gestellt werden. Die Grasmengen wiederum können den im Anhang vermerkten Biogasanlagen angedient werden.

Es werden ausgehend von den Erfahrungen in DBU 2009 und anderen Projekten jedoch keine Mengen erwartet, die über die Mengen an Straßenbegleitholz hinausgehen.

4.2.3 Reststoffe aus dem Siedlungsbereich

In diesem Kapitel wird auf die verfügbaren Mengen und Energiegehalte der abfallwirtschaftlichen Potenziale eingegangen. Die Analyse erfolgt in Anlehnung an die abfallrechtlichen Bestimmungen im Sinne des KrWG und bezieht sich auf biogene Reststoffe aus kommunaler und industrieller Herkunft. Im Unterschied zu den Analysen in den vorigen Kapiteln werden die bereits in Nutzung befindlichen Mengen, für die eine hochwertige Verwertung im Sinne der Abfallhierarchie nach § 6 KrWG vorliegt, aus der weiteren Betrachtung direkt exkludiert.

4.2.3.1 Struktur

Nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz des Bundes (KrWG) und dem Abfallwirtschaftsgesetz für das Land Schleswig-Holstein (LAbfWG) sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE) mit den Belangen der Abfallbewirtschaftung beauftragt:

Tabelle 33: öRE in der KielRegion

KielRegion	Zuständiger öRE	Abfallbehandlungsanlagen Stand 2019 ⁴⁶
Rendsburg-Eckernförde	Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH (AWR) Borgstedtfelde 15, 24794 Borgstedt Tel.: 04331 345-123, Internet: https://www.awr.de/	
Kreis Plön	Kreisverwaltung Plön Amt für Abfallwirtschaft Behler Weg 21a, 24306 Plön Tel.: 04522 7474-74, Internet: https://www.kreis-ploen.de/Abfallwirtschaft	
Stadt Kiel	Abfallwirtschaftsbetrieb Kiel (ABK) Daimlerstraße 2 24109 Kiel Tel.: 0431 5854-0 Internet: https://www.abki.de	

⁴⁶ MELUND (2012).

Im Unterschied zu der Stadt Kiel und dem Kreis Rendsburg-Eckernförde betreibt der ÖRE des Kreises Plön keine eigenen Abfallbehandlungsanlagen. Hier ist eine Kooperation mit den Stadtwerken Neumünster (SWN) etabliert. Für die Bioabfallverwertung des Kreises Plön ist die Bio-Abfall-Verwertungsgesellschaft mbH (BAV) Neumünster als Tochter der SWN seit 2019 verantwortlich. Des Weiteren sind in der KielRegion relevante Abfallbehandlungsanlagen in Betrieb bzw. in Planung, welchen eine große Sogwirkung auf die Abfallströme haben. Diese Abfallbehandlungsanlagen sind in Tabelle 34 dargestellt.

Tabelle 34: Signifikante Abfallbehandlungsanlagen in der KielRegion

Anlage	Betreiber	Anlagentyp	Substrate	Technische Daten
BBA Borgstedt https://www.awr.de/ueber-uns/unsere-anlagen/bio-abfallbehandlungsanlage/	Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH (AWR)	Trockenvergärung mit Nachkompostierung	Bioabfall	Input: 60.000 Mg/a Trockenvergärung (BEKON-Verfahren) mit 3,3 MWel und 3,3 MWth
		Kompostierung	Bioabfall-Gärrest, Grünschnitt	Input: 20.000 Mg/a
Grünabfallbehandlungsanlagen in Bordesholm, Fockbek, Gammelby und Stafstedt	Gemeinden	Kompostierungsanlagen	Grünschnitt Kreis Rendsburg Eckernförde	Input: 30.000 Mg/a
Grünabfallbehandlungsanlagen in Plön, Helmstorf Schönberg, Wankendorf	Gemeinden	Kompostierungsanlagen	Grünschnitt Kreis Plön	n.n.
Grünabfallbehandlungsanlage Neumünster https://www.stadtwerke-neumuenster.de/wertstoffzentrum/biokompostierungsanlage	Bio-Abfall-Verwertungsgesellschaft mbH (BAV).	Kompostierungsanlage		Input: ca. 30.000 Mg/a, 50% Landwirtschaft (ca. 12-13.000 Mg/a)
MV Kiel https://www.mvkiel.de/	Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG	Müllverbrennungsanlage, R1-Kriterium nach AbfRRL ist erfüllt	Altholz	Input: 140.000 Mg/a 220.000 MWth/a und 29.800 MWel/a (Fernwärme Kiel)
		Monoverbrennungsanlage (ab 2024)	Klärschlamm	32.000 MgTS/a Mit Phosphorrückgewinnung aus Asche 25.000 MWth/a (Einspeisung Fernwärme Kiel)

oar Humus- und Erdenwerk in Altenholz und Kiel-Hassensfelde https://www.oar.de/	Norddeutsche Gesellschaft für Diakonie e.V.	Kompostierungsanlage, Umschlagsanlage Bioabfälle Stadt Kiel	Grünschnitt und Bioabfälle	34.000 Mg/a Grünschnitt aus 50 km Umkreis, 20% zur thermischen Verwertung 12.000 Mg/a Bioabfälle (Umschlag und Weitertransport zur BBA Borgstedt)
BGA Osdorf ⁴⁷ https://www.wiese-umwelt-service.de	Wiese Umweltservice GmbH & Co KG	Biogasanlage	Speisereste- und öle/fette	740 kWel und 740 kWth
Mechanisch Biologische Abfallbehandlung (MBA) https://www.stadtwerke-neumuenster.de/wertstoffzentrum/mba/unternehmen	MBA Neumünster GmbH	Mechanisch Biologische Abfallbehandlungsanlage	Sperrmüll	Input: 250.000 Mg/a, 30-40 % Altholz zur thermischen Verwertung

4.2.3.2 Methodik

Mit Bezug auf die Vorgaben des Angebotes wurde die Potenzialanalyse auf die folgenden Reststoffe abgestellt (vgl. Tabelle 35). Die Reststoffe werden hier bzgl. ihrer möglichen Nutzung für Feuerungen (fest), Biogasproduktion (gasförmig) und Brennstoffherstellung (flüssig) unterteilt.

Tabelle 35: Untersuchte Biomassen laut Angebot

Herkunft	Feste NaWaRo	Gasförmige NaWaRo	Flüssige NaWaRo	Feste Reststoffe	Gasförmige Reststoffe
Kommunale Biomassen	(holzartiger) Grünschnitt	(krautartiger) Grünschnitt		Altholz, Klärschlamm	Bioabfall, Klärschlamm
Gewerbliche Biomassen	(holzartiger) Grünschnitt und Landschaftspflegehölzer	(krautartiger) Grünschnitt		Sägereeste, Altholz	Speisereste, Treber

Die Biomassen wurden in einem ersten Schritt den Schlüsseln nach Abfallverzeichnisverordnung (AVV)⁴⁸ sowie dem Schlüssel der jährlichen Siedlungsabfallbilanz des Landesamts für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR)⁴⁹, der SAB SH zugeteilt (vgl. Tabelle 36). Für die Auswertung wird das Jahr 2019 als Referenz angesetzt. Hierbei wurden nur Abfälle berücksichtigt, die keine Gefährlichkeitsmerkmale nach Anhang III AbfRRL⁵⁰ aufweisen (Spiegelstrich-einträge). In einem weiteren Schritt wurden Aufkommen und Behandlung mit Bezug

⁴⁷ MELUND (2021).

⁴⁸ AVV (2002) vom 1.1.2002.

⁴⁹ Ebd.

⁵⁰ 2008/98/EG () vom 19.11.2008.

auf die Zielkreise beim statistischen Landesamt Schleswig-Holstein angefragt und analysiert. Zur Validierung wurden die Abfallbilanzen des Landes Schleswig-Holstein, Abfallwirtschaftsberichte und -konzepte sowie die öRE der Kreise Rendsburg-Eckernförde, Plön und Stadt Kiel soweit möglich konsultiert und die aktuelle Nutzung der Biomassen bestimmt. Hierbei werden die Behandlungswege hinsichtlich der Abfallhierarchie nach §6 KrWG⁵¹ bewertet und daraus abgeleitete, alternative Behandlungsverfahren als „freie Potenziale“ nach Mengen und Primärenergiegehalt bestimmt und in den nächsten Kapitel dargestellt und diskutiert.

Tabelle 36: Zuordnung der Biomasse laut Antrag zu Abfallschlüsseln nach AVV

Biomasse laut Antrag	Kommunal/ gewerblich	Bezeichnungen nach AVV	Abfall- schlüssel	Schlüssel nach SAB SH
Grünschnitt/ Landschaftspflege- gehölzer	Kommunal/ gewerblich	Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle) -biologisch abbaubare Abfälle	20 02 01	18
Altholz/Sä- gereste	Gewerblich	Rinden- und Korkabfälle	03 01 01	keine
		Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere, mit Ausnahme derjenigen, die unter 030104* fallen	03 01 05	Keine
		Rinden- und Holzabfälle	03 03 01	Keine
		Verpackungen aus Holz	15 01 03	19
		Holz	17 02 01	19
	kommunal	Sperrmüll	20 03 07	01B
		Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 200137 fällt	20 01 38	19
Klärschlamm	kommunal	Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser	19 08 05	06
Bioabfall	Kommunal	Abfälle aus der Biotonne	20 03 01 04	17
	gewerblich	Marktabfälle	20 03 02	02
Speisereste	gewerblich	biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle	20 01 08	keine
		Speiseöle und -fette	20 01 25	27
Treber	gewerblich	Abfälle aus der Herstellung von alkoholischen und alkoholfreien Getränken - Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung	02 07 05	Keine

Kantinenabfälle und Speiseöle sind keine Bioabfälle nach BioAbfV⁵² sofern diese dem TierNebG⁵³ unterliegen. Dies ist der Regelfall und wird so u.a. im Kreis Plön angewendet (vgl. AWK Plön 2022 – 2026). Entsprechende Potenziale werden genannt, und es wird empfohlen, insbesondere im Umfeld von Restaurants und Kantinen (Ausbildungsstätten, Marinestützpunkten, Betriebe, Häfen) eine mögliche energetische Inwertsetzung zu prüfen. Seitens des Statistischen Landesamts konnten für die obigen AVV die Mengen dargestellt werden, die in Schleswig-Holstein behandelt werden. Eine Darstellung auf Kreisebene war nicht möglich. Die Siedlungsabfallbilanzen Schleswig-Holsteins hingegen spiegeln das Aufkommen auf Kreisebene wieder, berücksichtigen aber nicht den Ort sondern ausschließlich die Art der Abfallbehandlung. Es wurden für

⁵¹ KrWG ().

⁵² BioAbfV () vom 21.09.1998.

⁵³ TierNebG ().

die Auswertung der aktuellen Daten für das Jahr 2019 und an Hand der Bevölkerungsdaten für 2019 auf Pro-Kopf-Mengen umgerechnet (siehe Tabelle 37).

Tabelle 37: Bevölkerung und Fläche der KielRegion⁵⁴

Region	Fläche	Einwohner 2019	EW/km ² 2020
Kreis Rendsburg-Eckernförde	2.189,17	274.098	125,5
Kreis Plön	1.083,17	128.686	119,4
Stadt Kiel	118,65	246.794	2078,4
Gesamt KielRegion	3.390,99	649.578	191,9
Land Schleswig Holstein	15.799,65	2.903.773	184,2
Anteil KielRegion an Land SH	21,5%	22,4%	

Während einige Biomassen verschiedenen Herkunftsbereichen zugeordnet werden können, ist der Begriff „Altholz“ eine Summierung verschiedener Abfälle mit Holzanteilen. Die entsprechende Methodik wurde im Rahmen des Projekts „Altholz Quo Vadis“⁵⁵ durch das IZES entwickelt und für die KielRegion angewendet. Die berücksichtigten Hölzer und das Ergebnis der Zuordnung ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 38: Ermittlung Altholzmengen nach Projekt „Altholz Quo Vadis“

Herkunftsbereiche	AVV	Annahmen Alt-/ Holzanteil	Beschreibung nach AVV
Abfälle der Holzbearbeitung und Herstellung von Platten, Möbeln, Zellstoff, Papier und Pappe	030101	95%	Rinden- und Korkabfälle
	030104*	100%	Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere, die gefährliche Stoffe enthalten
	030105	100%	Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere, mit der Ausnahme derjenigen, die unter 030104* fallen
	030301	100%	Rinden- und Holzabfälle
Verpackungsabfall	150103	100%	Verpackungen aus Holz
	150110*	25%	Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt wurden
Bau- und Abbruchabfälle	170201	100%	Holz
	170204*	90%	Glas, Kunststoff und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
	170603*	0%	anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält
	170902*	0%	Bau- und Abbruchabfälle, die PCB enthalten
Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen	191206*	0%	Holz, das gefährliche Stoffe enthält
	191207	0%	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 191206 fällt
Siedlungsabfälle	200137*	100%	Holz, das gefährliche Stoffe enthält
	200138	100%	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 200137 fällt

⁵⁴ Statistikamt Nord (2021b).

⁵⁵ Vogler, C. et al. (2020).

	200307	38%	Sperrmüll
--	--------	-----	-----------

Die ermittelten Mengen werden mit energetischen Faktoren, die auf der Frischmasse basieren multipliziert und somit das Primärenergiepotenzial dargestellt. Die abfallart-bezogenen Umrechnungsfaktoren sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 39: Umrechnungsfaktoren und Annahmen für Energiegehalte nach Abfallart und Nutzung

Abfallart	Energetische Verwertung	MWh/ Mg FM	Randbedingungen	Quelle
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle)	1/3 holzartig - Feuerung	2,6	TM 65% und 4 MWh/Mg TM (bedingt durch höheren Rindenanteil),	Quelle: TP BM SL 2011
	2/3 krautartig - Biogas	0,5	80 m³/Mg FM, 5,9 kWh/m³	
Rinden- und Korkabfälle	Feuerung	4,4	TM 88%,5 MWh/Mg TM	
Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere,				
Rinden- und Holzabfälle				
Verpackungen aus Holz				
Holz (Bau)				
Sperrmüll (Holzanteil)				
Holz (Siedlung)				
Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser	Feuerung	3,1	ausgefäult und getrocknet mit 90% TM	
Abfälle aus der Biotonne	Biogas	0,7	120 Nm³/Mg FM, 5,9 kWh/Nm³	
Marktabfälle	Biogas	0,3	Gemüseabfälle	https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/index.php
biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle	Biogas	0,6	Speisereste mittelfett	
Speiseöle und -fette	Biogas	8,2	Rapsöl	
Abfälle aus der Herstellung von alkoholischen und alkoholfreien Getränken - Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung	Biogas	80,7	Biertreber siliert	

4.2.3.3 Analysen und Ergebnisse

4.2.3.3.1 Abfallstatistik und Mengenaufkommen

In einem ersten Schritt wurden die behandelten Mengen auf die Bevölkerungszahl der KielRegion (vgl. Tabelle 40) umgerechnet.

Tabelle 40: Abfallbehandlung in Mg FM/a (Mg TM für Schlämme) in 2019 für Schleswig-Holstein und die KielRegion

Bezeichnungen nach AVV	Gesamtmenge der behandelten Abfälle				
	SH g ⁵⁶	RD-ECK	Plön	Stadt Kiel	KielRe- gion
Abfälle aus der Herstellung von alkoholischen und alkoholfreien Getränken - Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung	Keine Mengen				
Rinden- und Korkabfälle	Keine Mengen				
Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere, mit der Ausnahme derjenigen, die unter 030104* fallen	1.544	146	68	131	345
Rinden- und Holzabfälle	5	0,5	0,2	0,4	1,1
Verpackungen aus Holz	11.712	1.106	519	995	2620
Holz	120.090	11.336	5.322	10.207	26.864
Sperrmüll	96.003	3.486	1.637	3.139	8.262
Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 200137 fällt	23.100	2.180	1.024	1.963	5168
Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser	11.958	1.129	530	1.016	2.675
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle) -biologisch abbaubare Abfälle	271.298	25.609	12.023	23.058	60.690
Abfälle aus der Biotonne	303.289	28.629	13.441	25.777	67.846
Marktabfälle	15	1,4	0,7	1,3	3,4
biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle	22683	2.141	1.005	1.928	3.377
Speiseöle und -fette	1.509	142	67	128	338

Die größten Fraktionen stellen kommunales und gewerbliches Grün- und Biogut sowie gewerbliche Abfallhölzer dar (>100.000 Mg/a) gefolgt von anderen Abfällen mit Holzanteilen wie Sperrmüll, kommunale Abfallhölzer sowie Küchen- und Kantinenabfälle (> 10.000 Mg/a).

Die Abfallarten „Abfälle aus der Herstellung von alkoholischen und alkoholfreien Getränken - Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung“ sowie „Rinden- und Korkabfälle“ werden in Schleswig-Holstein nicht behandelt und es sind auch keine Aufkommen bekannt. Entsprechend werden diese Abfälle von der weiteren Betrachtung exkludiert.

Im Vergleich hierzu zeigt die folgende Tabelle die Aufkommensstatistik auf Kreisebene nach Siedlungsabfallbilanz 2019. Hierbei werden nicht alle Abfallfraktionen berücksichtigt.

Tabelle 41: Abfallaufkommen in Mg FM/a (Mg TM für Schlämme) für 2019 für die KielRegion

Bezeichnungen nach AVV	Gesamtmenge der behandelten Abfälle
------------------------	-------------------------------------

⁵⁶ Statistikamt Nord (2021b).

	RD-ECK	Plön	Stadt Kiel	KielRegion
Abfälle aus der Herstellung von alkoholischen und alkoholfreien Getränken - Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung	Nicht in Siedlungsabfallbilanz integriert			
Rinden- und Korkabfälle	Nicht in Siedlungsabfallbilanz integriert			
Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere, mit der Ausnahme derjenigen, die unter 030104* fallen	Nicht in Siedlungsabfallbilanz integriert			
Rinden- und Holzabfälle	Nicht in Siedlungsabfallbilanz integriert			
Verpackungen aus Holz	694	1	233	927
Holz	6.843	5	2.294	9.142
Sperrmüll	9.686	4.613	6.962	21.261
Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 200137 fällt	1.187	1	398	1.585
Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser ⁵⁷	6.828	1.129	3.206	16.182
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle) -biologisch abbaubare Abfälle	8.537	2.861	3.804	15.202
Abfälle aus der Biotonne	43.284	14.222	12.231	69.737
Marktabfälle	Kein Aufkommen			
biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle	Nicht in Siedlungsabfallbilanz integriert ⁵⁸			
Speiseöle und -fette	24	5,5	15	44,5

Die Angaben zum Aufkommen weichen teilweise stark von den statistischen Angaben auf Landesebene ab (vgl. Tabelle 40), da nur Mengen berücksichtigt werden, die dem öRE überlassen werden und die Mengen gewerblicher Entsorger (nicht überlassungspflichtig) in der Siedlungsabfallbilanz nicht erfasst werden. Als Beispiel können die verifizierten Mengen der oar in Altenholz und Kiel-Hasselfelde angeführt werden⁵⁹. Diese verwerfen 100% des Aufkommens an biologisch abbaubaren Abfällen der Stadt Kiel (3.804 Mg im Jahr 2019, vorrangig Mengen des Grünflächenamtes, Tiefbauamtes und des ABK der Stadt Kiel). Laut Eigenangaben werden aber 34.000 Mg/a behandelt. Diese Mengen werden aus einem Umkreis von 50 km angedient. Akteure sind vorrangig Private, Unternehmen, aber auch Containerdienste und kommunale Akteure außerhalb der KielRegion (z.B., Bad Segeberg, Neumünster). Entsprechend dieser diffusen Situation sind die Mengen aus Tabelle 41 als Minimal- und die Mengen in Tabelle 40 als mögliche Maximalmengen zu interpretieren. Aufgrund der Erhebungsmethode sind hier Unsicherheiten zu berücksichtigen.

In der weiteren Betrachtung werden Marktabfälle (20 03 02) und Rinden- und Holzabfälle (03 03 01) nicht mehr berücksichtigt, da diese mit 15 Mg/a und 1,1 Mg/a sehr

⁵⁷ Daten abgeleitet aus AWP Teilplan Klärschlamm 2021 mit 72.000 Mg/a und Umrechnung der 25 Mg/a und EW SH auf die KielRegion

⁵⁸ Nach AWK Plön 2022 – 2026 unterliegen Speiseabfälle tierischer Herkunft, die in gewerblichen Küchen wie z.B. Speisegaststätten, Imbissbetrieben und Kantinen anfallen, nicht dem Abfallrecht sondern sind rechtlich nach dem „Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz“ zu entsorgen. Die Entsorgung dieser Speiseabfälle erfolgt durch speziell zugelassene Entsorgungsfachbetriebe außerhalb der öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgung.

⁵⁹ Vgl. Protokoll der oar und Umweltschutzamt Kiel vom 29.05.2020 und Interview IZES gGmbH

gering sind und nach SAB SH 2019 keine nachgewiesenen Aufkommen für die Kiel-Region darstellbar sind.

Bzgl. des Klärschlammaufkommens werden die Daten des Abfallwirtschaftsplans Teilplan Klärschlamm des Landes Schleswig-Holstein 2021⁶⁰ angesetzt und auf die Einwohner der KielRegion umgerechnet.

4.2.3.3.2 Behandlung

Im aktuellen Kreislaufwirtschaftssystem müssen alle Abfälle einer Behandlung im Sinne der Abfallhierarchie nach §6 KrWG zugeführt werden. „Ungenutzte“, d.h. brachliegende Potenziale sind daher auszuschließen. Entsprechend ist die Ermittlung der „freien Potenziale“ auf die Wertigkeit der aktuellen und ggf. geplanten Verwertungs- und Beseitigungsverfahren abgestellt. Als Bewertungskriterium sind die fünf Stufen der Abfallhierarchie (§6 Abs. 1 KrWG) maßgeblich anzuwenden.

Für den Bereich des Bioabfalls und des Grüngutes sowie anderen vergärbaren Reststoffen wird im Sinne des Klimaschutzes die stoffliche Verwertung über die kaskadische Nutzung des energetischen Potenzials und anschließenden Kompostierung des Gärrestes sichergestellt. Auftretende Methanemissionen bei einer reinen Kompostierung werden vermieden und durch die energetische Nutzung des produzierten Biogases fossile Energieträger aus dem Strom- und Wärmesystem verdrängt.

In den folgenden Kapiteln werden die angewendeten Behandlungsverfahren vorgestellt und hinsichtlich der Wertigkeit evaluiert. In der Studie werden Maßnahmen zur Vermeidung sowie Vorbereitung zu Wiederverwendung als Standard vorausgesetzt. Dies beinhaltet u.a. die Wiederverwendung von Verpackungsmaterialien (15 01 03) und Anteile aus dem Sperrmüll (20 03 07). Entsprechend ist die Bewertung auf das stoffliche Recycling/stoffliche Verwertung (vgl. §3 Abs. 23a und 25 KrWG) vor energetischer Verwertung (vgl. §3 Abs. 23 KrWG) und Beseitigung (vgl. §3 Abs. 26 KrWG). Die evaluierten Potenziale werden im Kapitel 4.2.3.3.3 zusammenfassend dargestellt.

4.2.3.3.2.1 Kreis Rendsburg-Eckernförde

Für die Auswertung wurde die Siedlungabfallbilanz Schleswig-Holstein 2019 (MELUND 2023) sowie das Abfallwirtschaftskonzept des Kreises Rendsburg-Eckernförde 2017 – 2022 herangezogen. Weitere Verifizierungen erfolgten über Treffen mit der Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH (AWR) im Oktober 2021. Die Tabellenspalten von Tabelle 42 spiegeln die Einteilung nach der Siedlungsabfallbilanz des Landes Schleswig-Holstein wieder.

⁶⁰ MELUND (2021).

Tabelle 42: Behandlungswege für die organischen Reststoffe im Kreis Rendsburg-Eckernförde

Abfallart	Recycling/stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung (kein HW ⁶¹ und MVA ⁶²)		
	HWI ⁶³ oder Kompostierung	MBA ⁶⁴	HKW ⁶⁵	BGA ⁶⁶
Verpackungen aus Holz	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019		HHKW Hamburg ⁶⁷	
Holz	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019		HHKW Hamburg ⁶⁸	
Sperrmüll	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019	MBA Neumünster ⁶⁹	HHKW Hamburg ⁷⁰	
Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 200137 fällt	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019		HHKW Hamburg ⁷¹	
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle)	BBA Borgstedt & KA ⁷² Bordesholm, Fockbe, Gammelby, Stafstedt			
Abfälle aus der Biotonne				BBA Borgstedt
Speiseöle und -fette				BGA Osdorf

Für alle Abfallfraktionen konnte die auf dem Stand der Technik optimale Option abgeleitet werden. Insbesondere die hochwertige Vergärung der Bioabfälle sowie der krautartigen Bestandteile in der BBA Borgstedt mit anschließender Gärrestkompostierung und landwirtschaftlichen Nutzung sind beispielgebend. Innovative Ansätze der Nutzung der holzartigen Reststoffe, z.B. in der 1 MW CarboForce™ Anlage, welche sich auf dem Gelände im Erprobungsbetrieb befindet. Der Export nach Hamburg von Abfallhölzern, auch aus dem Sperrmüll, ist kritisch zu sehen. Hier sollte eine regionale Lösung gefunden werden.

4.2.3.3.2 Kreis Plön

Für den Kreis Plön werden ebenfalls die Siedlungsabfallbilanz Schleswig-Holstein 2019 sowie das Abfallwirtschaftskonzept des Kreises Plön 2022 – 2026 herangezogen

⁶¹ Heizwerk (nur Wärme)

⁶² Müllverbrennungsanlage

⁶³ Holzwerkstoffindustrie

⁶⁴ Mechanisch-Biologisch-Aufbereitungsanlagen, vorrangig aerobe Stabilisierung und Ersatzbrennstoffherstellung (EBS)

⁶⁵ Holzheizkraftwerk (Strom und Wärme)

⁶⁶ Biogasanlage (vorrangig Strom und Wärme)

⁶⁷ Sammlung und Transport über Fa. Erich

⁶⁸ Sammlung und Transport über Fa. Erich

⁶⁹ Sammlung und Transport über Fa. Erich

⁷⁰ Sammlung und Transport über Fa. Erich

⁷¹ Sammlung und Transport über Fa. Erich

⁷² Kompostierungsanlage

(Plön 2021). Weitere Verifizierungen erfolgten über Treffen mit der BAV (Bioabfallverwertungsgesellschaft mbh) Neumünster⁷³. Die Tabellenspalten spiegeln die Einteilung nach der Siedlungsabfallbilanz des Landes Schleswig-Holstein wieder.

Tabelle 43: Behandlungswege für die organischen Reststoffe im Kreis Plön

Abfallart	Recycling/stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung (kein HKW, HW und MVA)	
	HWI oder Kompostierung	MBA	BGA
Verpackungen aus Holz	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019		
Holz	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019		
Sperrmüll	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019	MBA Neumünster	
Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 200137 fällt	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019		
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle) -biologisch abbaubare Abfälle	Private Entsorger und Anlieferung an KA Plön + Imstorf + Schönberg + Wankendorf		
Abfälle aus der Biotonne	KA Scharbeutz und KA Neumünster		BBA Borgstedt
Speiseöle und -fette			Nicht spezifiziert in SAB SH 2019

Die analysierten Abfallwirtschaftskonzepte lassen keinen Rückschluss auf die konkrete stoffliche Verwertung für Verpackungen aus Holz und Holzabfällen wieder. Auf Grund der geringen Mengenaufkommen von 6,7 Mg im Jahr 2019 wird dies als nicht relevant betrachtet.

Die eingesammelten Bioabfälle werden über die BAV vor Ort in Neumünster und alternativ in der BBA Borgstedt sowie den Kompostierungsanlagen in Scharbeutz (Gut Katenhöhlen) behandelt und gelangen als Kompost in den natürlichen Stoffkreislauf zurück. Nach Aussage der BAV vom 09.02.2022 werden zusätzlich noch Süsel, Lübeck, Grevesmühlen (außerhalb der KielRegion) angefahren. Die BAV plant die Installation einer BEKON Trockenvergärungsanlagen in Kombination mit einer Gärreststabilisierung. Das Biogas soll zu Erdgas aufbereitet und als Grünes Methan eingespeist werden, da vor Ort eine Wärmenutzung nicht wirtschaftlich darstellbar ist. Hierzu soll der Kreis Steinburg zusätzliche 15.000 t/a liefern, so dass die Vergärungsanlagen eine Kapazität von 65.000 t/a haben könnten. Baubeginn ist für 2025 angestrebt. Aufgrund dieser angestrebten hochwertigen Verwertung werden aus dem Kreis Plön keine biogenen Reststoffpotenziale aus dem Bioabfall- und Grünschnittbereich angesetzt.

4.2.3.3.2.3 Stadt Kiel

⁷³ Protokoll vom 09.02.2022

Für die Stadt Kiel werden ebenfalls die Siedlungsabfallbilanz Schleswig-Holstein 2019 sowie das Abfallwirtschaftskonzept der Stadt Kiel 2022 – 2026 herangezogen. Weitere Verifizierungen erfolgten über Treffen mit der MVK am 01.03.2022⁷⁴. Die Tabellenspalten spiegeln die Einteilung nach der Siedlungsabfallbilanz des Landes Schleswig-Holstein wieder.

Tabelle 44: Behandlungswege für die organischen Reststoffe in der Stadt Kiel

Abfallart	Recycling/stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung		
	HWI oder Kompostierung	HKW	MVA	BGA
Verpackungen aus Holz	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019			
Holz	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019			
Sperrmüll	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019		MV Kiel	
Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 200137 fällt	Nicht spezifiziert in SAB SH 2019			
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle) -biologisch abbaubare Abfälle	OAR Biokompostierung Altenholz und Kiel-Hasselfelde	Holzartige Fraktion: HHKW Hamburg ⁷⁵		
Abfälle aus der Bio-tonne				BBA Borgstedt ⁷⁶
Speiseöle und -fette				Nicht spezifiziert in SAB SH 2019

Die Bioabfälle und das Grüngut werden einer hochwertigen Verwertung zugeführt. Die Bioabfälle (ca. 12.000 Mg/a) werden über die oar am Standort Altenholz umgeschlagen und dort der BBA Borgstedt zugeführt. Das Grüngutaukommen der Stadt Kiel, ca. 4.000 Mg/a, werden kompostiert. Insgesamt werden ca. 34.000 Mg/a Grüngut behandelt. Der holzartige Anteil aus dem Siebüberlauf sowie Hölzer aus der direkten Andienung (z.B. saisonale Hölzer wie Tannenbäume) werden dem HHKW in Hamburg angedient und dort thermisch verwertet. Die oar benennt ca. 3.000 – 4.000 Mg/a als hochwertige Hölzer die als HHS einer regionalen energetischen Verwertung zugeführt werden könnten⁷⁷. Bzgl. der Abfallhölzer verweist die SAB SH 2019 auf eine stoffliche Verwertung. Mit ca. 2.900 Mg und ca. 2.000 Mg aus der Sperrmüllsammlung ist das entsprechende Potenzial für eine energetische Verwertung zu prüfen.

4.2.3.3.2.4 Exkurs Klärschlamm

⁷⁴ Ehlers, F. (2022).

⁷⁵ Sammlung und Transport über Fa. Erich

⁷⁶ OAR Biokompostierung Altenholz: Umladung

⁷⁷Protokoll Treffen oar, Pyreg, Umweltschutzamt vom 29.05.2020 und Recherche IZES gGmbH

Für „Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser“ konnten keine Informationen direkt bezogen werden. Es wurden entsprechend die der AWP TP Klärschlamm SH 2021 herangezogen. Hier wurden 2018 63% des Klärschlammes energetisch, 35% landwirtschaftlich und 2 % stofflich, z.B. im Landschaftsbau, verwertet. Es ist anzumerken, dass insgesamt 41 % des entsorgten Klärschlammes jenseits der Landesgrenze erfolgt, hauptsächlich in thermischen Anlagen. Dies entspricht ca. 30.000 Mg TM/a. Entsprechend ist geplant eine Monoverbrennungsanlage in Kiel am Standort des Müllheizkraftwerks mit einem Wirbelschichtverfahren in der dritten Verbrennungslinie zu errichten. Das Unternehmen Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG ist zu 51 % eine Beteiligung der Landeshauptstadt Kiel und zu 49 % der Remondis GmbH aus Lünen. Die Firma Remondis ist über das Unternehmen Remondis Aqua GmbH & Co. KG auch als Entsorgungsunternehmen für Klärschlamm tätig. Für die Monoverbrennungsanlage ist eine Jahreskapazität von 130.000 Mg entwässertem Klärschlamm mit ca. 32.000 Mg Trockenmasse geplant. Der entwässerte Schlamm wird vorgetrocknet und bei 900 Grad Celsius verbrannt. Anschließend soll der Phosphor am Standort aus der Asche zurückgewonnen werden. Verbrennungsreste werden entweder in der Zementindustrie eingesetzt oder deponiert. Die Anlage soll Anfang 2024 einsatzbereit sein, stellt eine hochwertige energetische Verwertung des Klärschlammes dar und sichert die heimische Nutzung in Schleswig-Holstein. Entsprechend werden diese Mengen als 100% in Verwertung angesehen.

4.2.3.3.3 *Energetisches Restpotenzial*

In Tabelle 45 werden die energetischen Potenziale für die KielRegion dargestellt. Hierbei wird auf die unterschiedlichen Datenquellen aus Kapitel 4.2.3.3.1 abgestellt und als Mengen- und Energiebereiche angegeben.

Die Berechnung der Energiegehalte erfolgt auf Basis der Vorgaben des Teilplans Biomasse des Saarlandes 2011⁷⁸ sowie der Biogasausbeuten-Datenbank der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)⁷⁹.

Die anschließende Tabelle 45 fokussiert auf die in den vorherigen Kapiteln eruierten Potenziale, deren Zuführung zu einer optimierten Verwertung im Sinne der Abfallhierarchie nach §6 KrWG zu prüfen ist. Hierbei handelt es sich vorrangig um Althölzer sowie die energetische Verwertung von Grünschnitt.

Bzgl. des Altholzes wird auf die Altholzanteile in den Abfallfraktionen nach Tabelle 46 zurückgegriffen.

⁷⁸ Fassbender, B. et al. (2011).

⁷⁹ LfL (o. J.).

Tabelle 45: Gesamte energetische Potenziale der KielRegion nach Mengen aus Aufkommen – A und Behandlung - B

Abfallart	Mg FM/a								Energiegehalte		MWh Hi/a	
	Kreis RD-ECK		Kreis Plön		Stadt Kiel		Gesamt					
	A	B	A	B	A	B	A	B	Feue- rung	Biogas	A	B
Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere	n.n	146	n.n	68	n.n	131	n.n	345	4,4		n.n	1.520
Verpackungen aus Holz	660	1.106	1	519	221	995	881	2.620	4,4		3.878	11.528
Holz (Bau)	6.763	11.336	5	5.322	2.267	10.207	9.035	26.864	4,4		39.756	118.203
Holz (Siedlung)	1.301	2.180	1	1.024	436	1.963	1.738	5.168	4,4		7.647	22.737
Sperrmüll (nur Holzanteil)	3.681	3.486	1.753	1.637	2.646	3.139	8.079	8.262	4,4		35.548	12.117
Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser ⁸⁰	6.828	1.129	3.206	530	6.148	1.016	16.182	2.675	3,1		49.516	8.186
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle)	8.537	25.609	2.861	12.023	3.804	23.058	15.202	60.690	2,6		13.175	52.598
										0,47	4.784	19.097
Abfälle aus der Biotonne	43.284	28.629	14.222	13.441	12.231	25.777	69.737	67.846		0,71	49.374	32.023
biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle	n.n	2.141	n.n	1.005	n.n	1.928	n.n	5.074		0,55	n.n	1.874
Speiseöle und -fette	24	142	6	67	15	128	45	338		8,16	363	1.836
Gesamt							40.983	66.165	Feuerung		149.520	226.888
							79.916	113.718	Biogas		54.520	54.830

⁸⁰ Aufkommen nach Abfallwirtschaftsplan SH, AWP SH TP Klärschlamm 2021, in Mg TM

Tabelle 46: Energetische Potenziale für Feuerungsanlagen in der KielRegion

Abfallart	Mg FM/a						Feuerung MWh Hu/a	
	Kreis RD-ECK		Stadt Kiel		Gesamt			
	A	B	A	B	A	B	A	B
Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere	n.n	146	n.n	131	n.n	345	n.n	1.520
Verpackungen aus Holz	660	1.106	221	995	881	2.620	3.878	11.528
Holz (Bau)	6.763	11.336	2.267	10.207	9.035	26.864	39.756	118.203
Holz (Siedlung)	1.301	2.180	436	1.963	1.738	5.168	7.647	22.737
Sperrmüll (nur Holzanteil)	3.681	3.486	2.646	3.139	8.079	8.262	35.548	12.117
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle) – holzartiger Anteil ⁸¹					5.067	20.230	13.175	52.598
Gesamt					24.800	63.489	100.004	218.703

Insgesamt können für die KielRegion zw. 25.000 und 63.000 Mg holzartige Abfälle mit einem Energiegehalt zw. 100.000 und 220.000 MWh dargestellt werden. Dies entspricht einem Holz(heiz)kraftwerk mit ca. 3,1 – 8 MWe⁸² und einer Feuerungswärmeleistung von zw. 12,5 – 27 MW FWL.

Tabelle 47: Energetische Potenziale aus Grünschnitt für die Biogasanlagen in der KielRegion

Abfallart	Mg FM/a								Biogas MWh Hu/a	
	Kreis RD_ECK		Kreis Plön		Stadt Kiel		Gesamt			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle) – krautartiger Anteil	5.691	17.073	1.907	8.015	2.536	15.372	10.135	40.460	4.784	19.097
Gesamt							10.135	40.460	4.784	19.097

Insgesamt können für die KielRegion zw. 10.000 und 40.000 Mg krautartige Anteile des Grünschnitts mit einem Energiegehalt zw. 5.000 und 20.000 MWh dargestellt werden. Dies entspricht einer Biogasanlage zw. 0,220 MWe⁸³ und 0,9 MWe⁸³.

⁸¹ Inklusive Kreis Plön

⁸² vgl. Kennzahlen in (2020).

⁸³ Bei 8.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr und elektrischen Brennstoffwirkungsgrad von 37,5% und einfacher Überbauung

4.2.3.4 Diskussion

Auf Grund der aktuellen Weltsituation, ist im Laufe des Projekts der Druck, energetische Potenziale für eigene Liegenschaften und in den eigenen Verwaltungsgebieten für Strom und Wärme zu nutzen, enorm gestiegen. Der angestrebte Ausstieg aus Importerdgas und –erdöl verändert das aktuelle Wirtschaftssystem hinsichtlich Marktverschiebungen zugunsten klimaneutraler und heimischer Energieträger. Die KielRegion ist nun mit neuen Randbedingungen konfrontiert, die Investitionsentscheidungen von vor 2022 in ein neues Licht rücken. Erdgas als Energieträger, den viele Stadtwerke und Kommunen in Deutschland bevorzugt als Brennstoff angesehen haben, steht nun aufgrund von Verwerfungen in den internationalen politischen Systemen unter starkem Druck. Augenscheinlich werden monopolistisch geprägte Preisbildungen erkennbar, die unkalkulierbare Kosten, aber vor allem negative gesellschaftliche Entwicklungen mit sich bringen. Die Versorgungssicherheit mit den Produkten Strom und Wärme ist an oberste Stelle der Daseinsvorsorge getreten und sichert die gesellschaftliche Stabilität. Energieeffizienz, Energieeinsparung und der Einsatz klimaneutraler Energieträger sind zentrale Bestandteile zukünftiger Projekte im Privat-, Kommunal- und Industriesektor.

Die hier dargestellten Energiepotenziale sind aufgrund ihrer Abfalleigenschaft nicht nur an die Bevölkerungsentwicklung, sondern zukünftig im verstärkten Maße am gesellschaftlichen Wohlstand sowie die technische Entwicklung gekoppelt. Z.B. führen ggf. finanzielle Einsparungen oder eine bewusster Umgang mit Lebensmitteln zu sinkenden Bioabfallmengen aus der Biotonne. Sinkende Bautätigkeiten generieren weniger Abbruchhölzer. Bzgl. der stofflichen Nutzung, z.B. in der Holzwerkstoffindustrie sind tiefergreifende Analysen notwendig, um deren Anteil zu bestimmen. Eine stoffliche Verwertung, und damit das stoffliche Recycling, ist aus der Sicht der Abfallhierarchie höherwertiger als die thermische Verwertung anzusetzen.

5 Zusammenschau Technologie und Potenzial

5.1 Abgleich Umsetzung Bioenergie und Potenzial Bioenergie

In den bisherigen Kapiteln wurde dargestellt, welches Biomasseaufkommen von den unterschiedlichen Biomassearten vorhanden ist. Mit dem Masterplan 100 % Klimaschutz sowie den Klimaschutzkonzepten der Kreise Rendsburg-Eckernförde und Plön sind die Wärmebedarfe sowie deren derzeitige energetische Versorgung bekannt. Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung wird dazu führen, dass die nun bekannte Biomasse in die energetische Nutzung überführt werden muss. Für Biomasse gilt der Grundsatz, dass die stoffliche Nutzung vor der energetischen erfolgen sollte. Im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe gilt der grundsätzliche Vorrang der Nahrungsmittelproduktion. Aus diesen beiden Grundsätzen lassen sich aber weiterhin die in der Abbildung dargestellten Rohstoffverwertungswege aufzeigen. Die Energieträger Hackschnitzel, Holzpellets, Graspellets sowie Biogas sind Teil eines Stoffstroms. Jeder Energieträger erfordert eine gesonderte Technik für die energetische Nutzung wie es in der Abbildung 18 dargestellt wird.

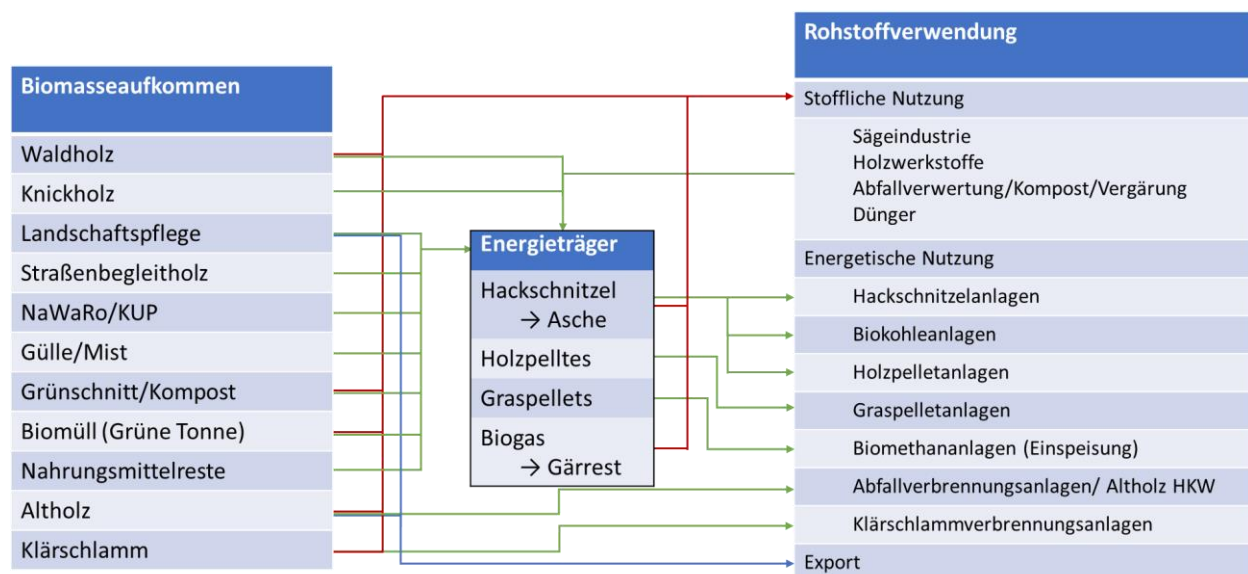


Abbildung 18 Energieträger Drehscheibe von Biomasseaufkommen und energetischer Rohstoffverwendung

Darüber hinaus werden unterschiedliche Techniken für Erstellung des Energieträgers benötigt, die von unterschiedlichen Akteuren, wie Lohnunternehmern, Säge- und Pelletwerke, Entsorgern, Abfallwirtschaftsbetrieben und Biogasanlagenbetreibern betrieben werden.

Aus dem Biomassevorkommen lassen sich für die KielRegion folgende Mengen ableiten:

Tabelle 48: Biomasseaufkommen in der KielRegion

Biomasseaufkommen	Menge	Primärenergie Menge [MWh]	Energieträger
Nadelholz Wald	9.500 Fm	19.000	Hackschnitzel
Laubholz Wald	15.500 Fm	34.000	Stückholz
Knickholz und Landschaftspflegeholz	10.000 t FM	40.000	Hackschnitzel
Holzartiger Grünschnitt	Mindestens 20.000 t	53.000	Hackschnitzel
Altholz zzgl. weiterer holzartiger Abfallfraktionen	43.000 t	165.000	Hackschnitzel
NaWaRo Grünland	67.000 ha	220.000	Biogas
NaWaRo Acker Minimum	15.500 ha	640.000	Biogas
Gülle/Mist	167.000 GVE	280.000	Biogas
Grasartiger Grünschnitt	40.000 t	19.000	Biogas und Graspellets
Landschaftspflege Gras	Spotmengen	Spotmengen	Biogas und Graspellets
Klärschlamm	32.000 t ⁸⁴	99.200	Verbrennung
Biotonne	68.000 t	40.000	Biogas
Nahrungsmittelreste, divers	5.400 t	3.700	Biogas
Potenzielle Gesamtprimärenergiemenge des Biomasseaufkommens [MWh]		1.600.000 MWh	

Unter **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden die Biomasseakteure mit ihren heutigen Rollen dargestellt. Diese Akteure können auf der Basis der

⁸⁴ Behandlung geplant in Kiel, t = ausgefault und getrocknet mit 90% Ts

Biomassepotentiale ihre Aktivitäten besser planen. Die reinen Daten werden aber nicht für den Transformationsprozess ausreichen. Vielmehr bedarf es einer Konzeption und Feinplanung von Projekten. Für die Projektumsetzung müssen auch die Absatzwege der Energie bekannt sein. Die klimapolitischen Vorgaben der EU, des Bundes und des Landes sind dabei ein Rahmen, der allerdings auch mit einer Wärmeplanung gestützt werden muss. Insbesondere vor dem Hintergrund der Endlichkeit und der Vorzüglichkeit von Biomasseenergieträgern hinsichtlich der Hochtemperatur sollten die Gebiete, in denen eine mittelfristige Wärmeversorgung nur mit Hochtemperaturen möglich ist, entsprechend identifiziert werden.

5.2 Abgleich Technologie und Potenzial –Umsetzungsschwerpunkte und Zwischenfazit

Aus der Auflistung ergibt sich das größte energetische Potential im Bereich des Wirtschaftsdüngers aus der Tierhaltung. Wird zusätzlich das Anlagenpotential der heutigen Vorortverstromungsbiogasanlagen mit dem öffentlichen Gasnetz verschnitten, folgen daraus Anlagencluster wie in der Abbildung 19 dargestellt wird. Diese Anlagencluster können in der Transformation des Energiemarktes eine bestimmende Rolle einnehmen. Dabei besteht jedoch die Herausforderung, dass bestehende Wärmenetze nicht durch fehlende Biogaswärme gefährdet werden dürfen. Auch ist dieses Vorgehen bzgl. des Infrastrukturausbaus mit der Wasserstoffstrategie der Region abzustimmen.

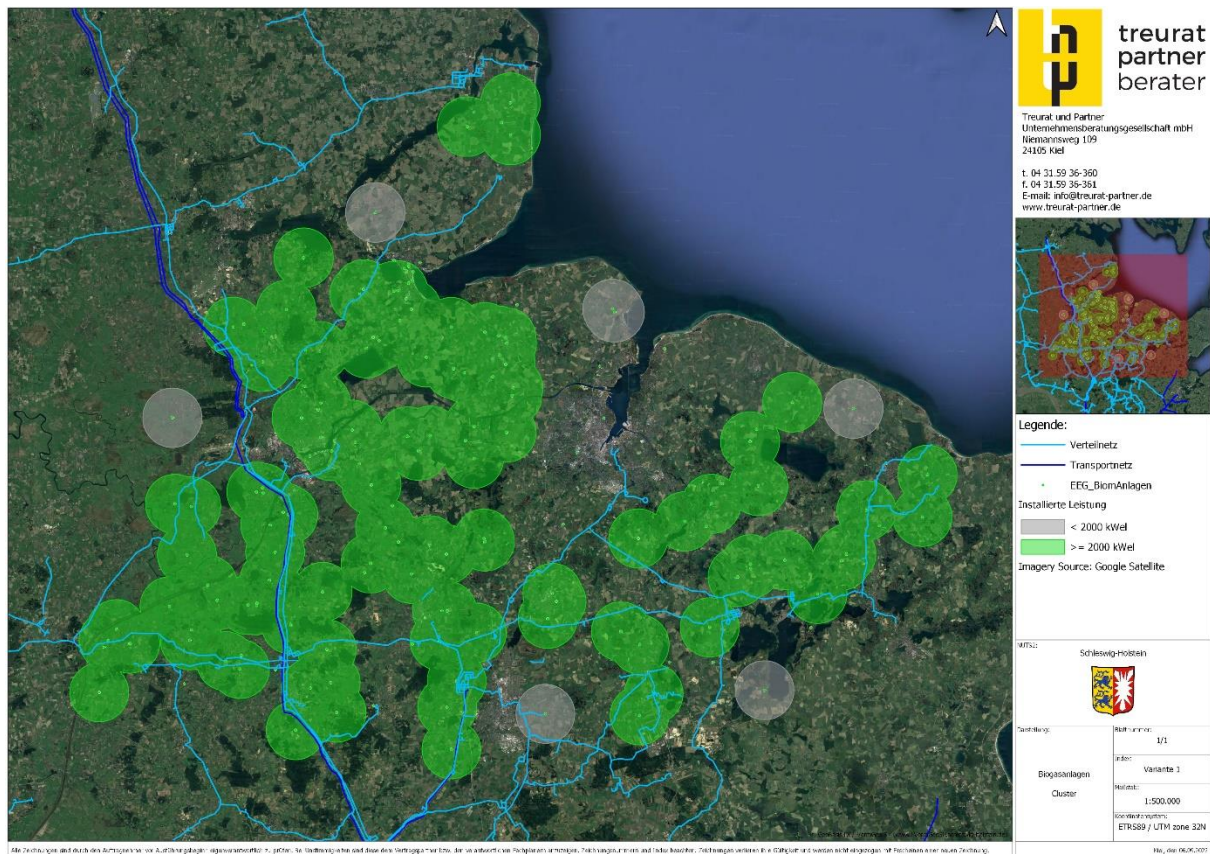


Abbildung 19: Anlagencluster für Biomethan

Die Anlagencluster zeigen das Potential für Sammelleitung und zentrale Aufbereitungsanlagen auf. Die Akteure in diesem Bereich bedürfen für die Umsetzung ebenfalls Kenntnisse über mögliche Absatzwege des Biomethans. Grundsätzlich können durch die Einspeisung in das öffentliche Gasnetz verschiedene Märkte bedient werden. Für eine Versorgung der KielRegion bedarf es regionaler Nachfrager, die ggfs. vorhandene Projekthemmnisse, wie die Investition in zentrale Einspeiseanlagen, durch Beteiligung und Initiierung von Projekten lösen können. In 3.4.6.5 wird das Beispiel der Stadtwerke Trier beschrieben, die diesen Weg gegangen sind und dabei maßgeblich für die Entwicklung der gemeinsamen Einspeiseanlage verantwortlich sind. Weiterhin bedarf es einer betriebsindividuellen Beratung der Biogasanlagenbetreiber, um diese bei der Entscheidung für eine Einspeisung in eine Sammelleitung zu begleiten. Der Wechsel von der Vorortverstromung zu einer Einspeisung von Rohbiogas stellt für den einzelnen Betreiber eine wesentliche Umstellung seines Geschäftsmodells dar. Nur wenn in diesem Wechsel ökonomische Chancen vom Betreiber gesehen werden, dass also die bisherigen Betriebsergebnisse erreicht werden oder aber die vollständige Einstellung des bisherigen Biogasbetriebes vermieden werden kann, führt zu einer Bereitschaft des Betreibers sich einem Pooling anzuschließen.

Es zeigte sich, dass eine hohe Anzahl von Einzelraumfeuerungen vorhanden ist, die rein rechnerisch mehr verfeuern, als durch die Waldholzpotenziale abgedeckt ist. Somit sollte bei künftigen Holzfeuerungen nicht mehr auf Waldholz gesetzt werden, es sei denn, es bestehen langfristige etablierte lokale Versorgungsstrukturen mit Holz, z.B. in räumlicher Nähe größerer Privatwälder. Langfristig ist eine Transformation der Einzelfeuerungen hin zu zentralen Kofeuerungen in Wärmenetzen vorzusehen oder aber die Einbindung des Holzpotenzials in die Prozesswärme der angesiedelten Betriebe.

Die weiteren Restholzpotenziale (Altholz, holzartiger Grünschnitt, Siebüberläufe und Landschaftspflegeholz) gilt es in Nutzung zu bringen. Hierzu bedarf es jedoch neuer Anlagen, da es keine Verbrennungsanlagen für Altholz aber auch „problematische“ Naturhölzer mit hohen Rindenanteilen und Fremdstoffen gibt. Auch diese Anlagen sollten v.a. an Wärmenetzen und in Betrieben zur Prozessenergieerzeugung erbaut werden.

Hinsichtlich des Hackschnitzelpotentials sollten Akteure aus dem Lohnunternehmerbereich eingebunden werden. Diese könnten ggfs. auch als Betreiber der Heizquellen auftreten und so ihre Wertschöpfungsketten zu verlängern. Es ist von hoher Wichtigkeit, die Wertschöpfungskette vom Anfall des Holzes bis zur Erzeugung der Energie zusammen zu bringen (siehe Kapitel 6).

Die Biomassestrategie KielRegion liefert einen Baustein für die Transformation v.a. des Wärmemarktes. Grundsätzlich sind die Energieträger für eine Objektversorgung geeignet und werden in diesem Bereich auch heute bereits genutzt. Aufgrund der Endlichkeit, der Vorzüglichkeit und der Umsetzungsgeschwindigkeit wird hier aber der Ansatz verfolgt, dass Biomasse in Wärmenetzen in Kombination mit anderen Wärmequellen („hybride Wärmenetze“) eingesetzt werden muss. Hierfür gibt es vor Ort bisher wenig Umsetzungsbeispiele.

6 Akteursnetzwerk

Mit verschiedenen Formaten erfolgte eine Ansprache der Biomasse-Akteure zur Information über die Entwicklung der Biomassestrategie und deren Ziele. Hierzu gab es u.a. einen öffentlichen Online-Workshop. Der Erstellungsprozess wurde damit in eine breite Öffentlichkeit getragen.

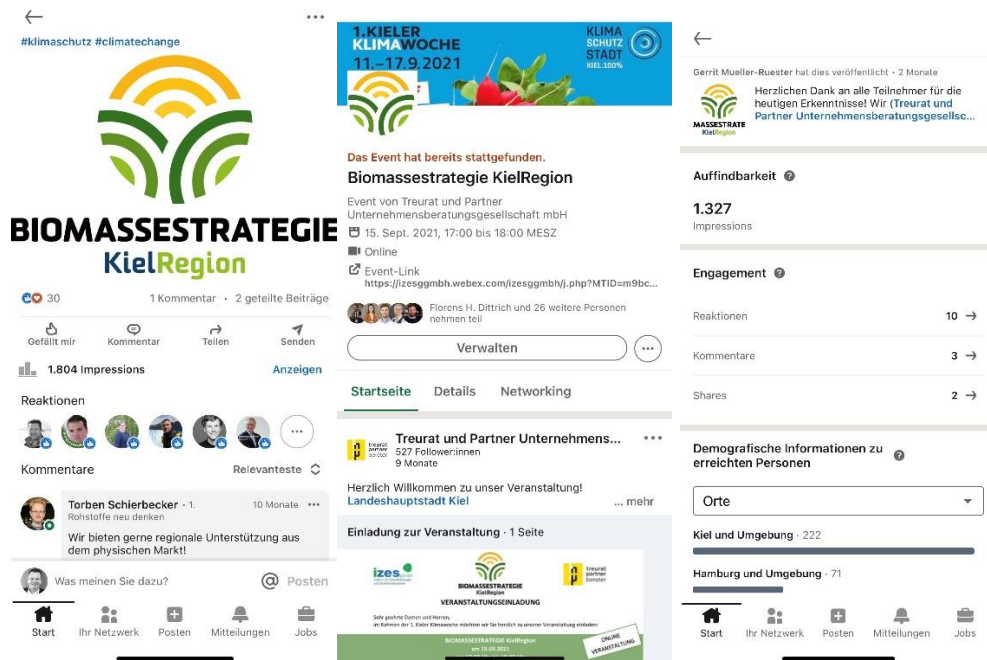


Abbildung 20: Information über die Biomassestrategie im Social Media Bereich (LinkedIn) Quelle: Treurat und Partner

Weitehin wurden zahlreiche Ortstermine bei Akteuren aus dem Bereich der öffentlichen Verwaltung, Non-Profit-Organisation sowie mit Unternehmen aus dem Energie- und Entsorgungsbereich durchgeführt.

6.1 Existierende Akteure und ihre Rollen

Die Biomasseakteure können grundsätzlich in fünf Gruppen unterteilt werden:

- Es gibt die Inhaber von Biomasse, die über Flächen oder Sammelstellen verfügen, die größere Mengen an Biomasse generieren.
- Auf der anderen Seite gibt es die Abnehmer von Biomasse, die die Biomasse stofflich oder energetisch verwerten.
- Als dritte Gruppe gibt es die Verteiler der Biomasse, die die Ernte und Verbringung zwischen Inhaber und Abnehmer organisieren.

- Die staatlichen Stellen, wie die Landeshauptstadt Kiel, der Kreis Rendsburg-Eckernförde und Plön sowie das LLUR nehmen die Rolle des Multiplikators ein. Für diese dient die Biomassestrategie zur Zielerreichung der Klimaneutralität und Biodiversität.
- Umweltschutzorganisationen wie NABU und BUND stellen die Expertise zum Umgang mit sensiblen Naturräumen

Tabelle 49: Rollen, Biomasse und Tätigkeitsgebiete Netzwerkpartner

Rolle	Biomasse	Gebiet	Institution/Unternehmen
Multiplikator	alle	alle	LLUR
Multiplikator	alle	Kiel	Landeshauptstadt Kiel
Multiplikator	alle	RD-ECK	Kreis Rendsburg-Eckernförde
Multiplikator	alle	Plön	Kreis Plön
Abnehmer	Gras	RD-ECK	get2 energy GmbH & Co. KG
Abnehmer	alle	Kiel	oar Humus- und Erdenwerk
Abnehmer	alle	Kiel	Abfallwirtschaftsbetrieb Kiel (ABK)
Abnehmer	alle	RD-ECK	Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH
Abnehmer	alle	Kiel	Stadtwerke Kiel
Abnehmer	alle	alle	METACON AB
Abnehmer	alle	Plön	Bio-Abfall-Verwertungsgesellschaft mbH
Abnehmer	Klärschlamm	Kiel	Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG
Abnehmer	alle	Plön	AWKP Abfallwirtschaftsgesellschaft Kreis Plön mbH
Abnehmer	alle	alle	HanseWerk Natur GmbH
Abnehmer	alle	alle	F.Ehrich GmbH & Co. KG
Abnehmer	alle	alle	BI.En GmbH & Co. KG
Abnehmer	alle	alle	Carbo-FORCE GmbH
Inhaber	Gras	alle	Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein
Inhaber	Holz	Plön	Gut Rixdorf
Verteiler	alle	alle	REMONDIS GmbH & Co. KG, Region Nord

Verteiler	alle	alle	Lohnunternehmerverband
Verteiler	Lebensmittel- reste	alle	Wiese Umweltservice GmbH & Co. KG
Verteiler	alle	alle	Blunk GmbH
Verteiler	alle	alle	Ostholsteiner Dienstleistungsgesellschaft mbH
Verteiler	alle	alle	Deutscher Verband für Landschaftspflege
Umwelt- schutz	alle	alle	NABU Schleswig-Holstein
Umwelt- schutz	alle	alle	BUND Schleswig-Holstein

6.2 Identifikation der Biomasse-Akteure

Im Rahmen der Ansprache wurden die maßgeblichen Akteure der Biomassestrategie aus der oben aufgeführten Tabelle 49 identifiziert, angesprochen und zu einem gemeinsamen Workshop eingeladen.

6.2.1 Akteure im Kreis Rendsburg-Eckernförde

Die Akteure stammen aus dem Energie- und Entsorgungsbereich, dem Landschaftspflegebereich sowie in dem Logistikbereich.

6.2.1.1 AWR Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH

Die Kernaufgabe der AWR ist die öffentliche Abfallwirtschaft im Kreis Rendsburg-Eckernförde. Gegründet wurde die AWR 1992 als Unternehmen der öffentlichen Hand zusammen mit einem privaten Partnerunternehmen. Als gemischtwirtschaftliche Gesellschaft, die zu 51 % mittelbar dem Kreis Rendsburg-Eckernförde und zu 49 % der SERVICE PLUS GMBH gehört, stehen für die AWR Gesetzeskonformität, Umweltschutz, Wirtschaftlichkeit und Service für den Kunden als gleichrangige Maximen nebeneinander. SERVICE PLUS ist ein Dienstleistungsunternehmen für die kommunale Energie- und Abfallwirtschaft und ein 100% Tochterunternehmen der HanseWerk AG.

Fachliche Eignung:

Die Kompetenzen der AWR Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH sind von zentraler Bedeutung für die Umsetzung der Strategie, da mit dem

Abfallwirtschaftszentrum ein Cluster Bioabfallverwertung entwickelt wurde, dass beispielhaft für die KielRegion ist. Sowohl die BI.En GmbH & Co. KG als auch die Carbo-FORCE GmbH sind hier angesiedelt und profitieren von den Synergien, die sich aus der zentralen Sammlung der Biomasse ergeben.

Durch den Geschäftsführer der AWR wurde eine verbindliche Zusage der Mitarbeit an einem Netzwerk abgegeben.

6.2.1.2 HanseWerk Natur GmbH

Die HanseWerk Natur GmbH, eine 100 Prozent Tochter der HanseWerk AG, ist ein regionaler Energiedienstleister in Norddeutschland und verfügt über mehrere Jahrzehnte Erfahrung in der dezentralen Energie- und Wärmeversorgung.

Die Nah- und Fernwärmenetze des Unternehmens erreichen eine Länge von über 800 Kilometern. Über die Wärmeverbundnetze, zahlreiche Blockheizkraftwerke und Heizzentralen versorgt HanseWerk Natur Siedlungen, öffentliche Einrichtungen und Gewerbebetriebe in Norddeutschland.

So ist das Unternehmen einer der größten Betreiber von Blockheizkraftwerke in Norddeutschland. Rund 200 dezentrale Anlagen betreut HanseWerk Natur in Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und im nördlichen Niedersachsen. Die Module, die mit Erdgas, Biogas, Deponiegas und Klärgas betrieben werden, haben einen Leistungsbereich von 5,5 kW_{el} bis 10.000 kW_{el}. Sie erzeugen jährlich über 200 Millionen Kilowattstunden Strom, mit denen rund 55.000 Haushalte versorgt werden können.

Fachliche Eignung:

Die HanseWerk Natur betreibt zahlreiche Nah- und Fernwärmenetz in der KielRegion und verfolgt eine Klimaschutzstrategie mit dem Ziel der Dekarbonisierung dieser Netze bis 2030⁸⁵. Die HanseWerk Natur sollte in das Biomassenetzwerk eingebunden werden.

6.2.1.3 BI.En GmbH & CO. KG

Bi.En entwickelt, realisiert und betreibt Anlagen, die nach dem Biomass-to-Energy-Verfahren (BtE®-Verfahren) einen CO₂-neutralen Brennstoff aus biogenen Rest- und Abfallstoffen erzeugen. Der Festbrennstoff hat holzähnliche Eigenschaften und kann in der Wärmeversorgung verwendet werden, da er eine hohe Energiedichte besitzt und lager-, transport- und dosierfähig ist.

⁸⁵ (o. J.b).

Bi.En wurde 2009 als 100-prozentige Tochtergesellschaft von getproject gegründet. 2014 wurde die BtE®-Demonstrationsanlage in Borgstedt bei Rendsburg eingeweiht. Das Verfahren wird seitdem ständig weiterentwickelt.

Fachliche Eignung:

Die Bi.En verfolgt seit Jahren das genannte Verfahren und ist als Abnehmer der Biomasse, insbesondere des Landschaftspflegematerials, in das Biomassenetzwerk einzubinden.

6.2.1.4 F. Ehrich GmbH & Co. KG

Die Firma Ehrich ist im Entsorgungsbereich tätig und plant in den Betrieb von Carbo-Force Anlagen einzusteigen.

Fachliche Eignung:

Der Stoffstrom des Altholzes läuft im Untersuchungsbereich zu großen Teilen über die Firma Ehrich. Bisher wird dieses Potenzial nicht im Untersuchungsgebiet genutzt, da es an einer entsprechenden Anlage fehlt. Zusammen mit diesem Akteur könnten ggfs. Lösungen in der KielRegion gefunden werden. Daher ist eine Bindung der Firma Ehrich ebenfalls wichtig.

6.2.2 Akteure in der Landeshauptstadt Kiel

Die Akteure aus dem Gebiet der Landeshauptstadt Kiel stammen aus dem Energie- und Entsorgungsbereich.

6.2.2.1 oar Humus- und Erdenwerk

Die Norddeutsche Gesellschaft für Diakonie e.V. betreibt das oar Humus- und Erdenwerk und stellt hochwertigen Kompost sowie Erden und Substrate mit unterschiedlichen Rohstoffen und Mischkomponenten her. Es produziert Kaminholz und bietet Serviceleistungen an. Bei dem oar Humus- und Erdenwerk arbeiten Menschen mit und ohne Behinderung gemeinsam. Es ist ein Inklusions-Unternehmen und gehört zu den Schleswiger Werkstätten. Die oar verfügt über zwei Betriebshöfe in Altenholz, Dehnhöft 5, 24161 Altenholz und in Kiel, Hasselfelde 16, 24149 Kiel.

Fachliche Eignung

Die oar verfügt über langjähriges Wissen im Entsorgungsbereich von Grünabfällen und betreibt in Hasselfelde einen Standort, der für eine Altholzanlage von Interesse sein könnte. Die oar sollte als Akteur in das Netzwerk eingebunden werden. Der Wunsch der Teilnahme wurde bereits geäußert. Die oar generiert ca. 3.000 – 4.000 Mg/a hochwertige HHS, die für eine energetische Nutzung geeignet sind. Diese Mengen werden aus der Vorauswahl der angeordneten Hölzer (z.B. Weihnachtsbäume)

generiert und sind als heizwertreiche Fraktion für eine stoffliche (Pyrolyse, Gasifikation) und thermische Verwertung (HHS-Heizwerk) geeignet. Der Siebüberlauf ist stark verunreinigt und wird am Besten in einer größeren Verbrennungsanlage genutzt, wie z.B. in einer künftigen Holzverbrennungsanlage in Kiel (siehe Kapitel 7.2.3). Interesse seitens der oar besteht in Projekten mit der KielRegion und den dazugehörigen Gebietskörperschaften, insbesondere im Bereich der Karbonisierung. Die oar benennt hierbei eine hohe Nachfrage in der Region, z.B. als Torfersatz. Der Standort Kiel-Hasselfelde wird durch die Nähe zum Fernwärmenetz der Stadtwerke Kiel als geeignet für entsprechende Anlagen angesehen. Weitere Planungen müssen jedoch mit den Stadtwerken Kiel zusammen erfolgen.

6.2.2.2 Stadtwerke Kiel AG

Die Stadtwerke Kiel versorgen die Region mit Strom, Gas, Wasser und Wärme.

Die Kieler Stadtwerke, die in Kiel für die Fernwärme zuständig sind, versorgen die Menschen seit mehr als 100 Jahren mit Wärme. Das veraltete Kohlekraftwerk musste ersetzt werden. Erdgas als Energieträger und ein modernes, modulares, hocheffizientes Gasmotoren-Heizkraftwerk, das Küstenkraftwerk, sind derzeit die besten Möglichkeiten, um die Ziele des nachhaltigen Klimaschutzes und der zuverlässigen und flexiblen Versorgung der Stadt mit Strom und Wärme zu erreichen.. Durch den hohen Wirkungsgrad und das schnelle und flexible Zu- und Abschalten der Gasmotoren deckt das Küstenkraftwerk exakt den Bedarf ab und reduziert den Kohlendioxidausstoß um rund 70 %. Dieses muss nun in den nächsten 10 Jahren umgestellt werden auf einen nicht fossilen Betrieb, da die fossilen Brennstoffe durch das Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasemissionen (TEHG) in den nächsten Jahren stetig teurer werden.

Fachliche Eignung

Die Stadtwerke Kiel haben als Versorger umfangreiches Wissen über den Betrieb von Fernwärmenetzen und der Inselnetzinfrastruktur. Hinsichtlich des Einsatzes von Biomasse gibt es bislang kaum bereits umgesetzte Projekte. Die Stadtwerke Kiel sind ein maßgeblicher Partner des Netzwerkes, da ein besonderes Skalierungspotenzial bei der Transformation des Brennstoffeinsatzes besteht.

Auch sind sie der entscheidende Akteur, um die zukunftssichere Umrüstung des Fernwärmenetzes der Stadt Kiel auf Erneuerbare Energien zu gestalten.

6.2.2.3 Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG

Die Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG (MVK) entsorgt und verwertet jährlich ca. 140.000 Tonnen Haus- und Gewerbeabfälle. Somit gewährleistet die MVK die Entsorgungssicherheit für rund 500.000 Bürgerinnen und Bürger. Dabei steht für die 70 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wirksamer und innovativer Umweltschutz im

Mittelpunkt des täglichen Anlagenbetriebes. Die Müllverbrennung Kiel ist seit 1975 am Theodor-Heuss-Ring in Betrieb und seit der Modernisierung 1996 eine der deutschlandweit emissionsärmsten Müllverbrennungsanlagen. Die MVK speist die Wärme in das Kieler Fernwärmenetz ein. An der Kommanditgesellschaft sind der Eigenbetrieb Beteiligungen der Landeshauptstadt Kiel (51 Prozent) und die REMONDIS GmbH, Lünen, (49 Prozent) beteiligt.

Die Errichtung und der Betrieb einer Klärschlammverbrennungsanlage mit integrierter Phosphorrückgewinnung ist das Zukunftsprojekt für die Müllverbrennung Kiel. Bereits seit dem Jahr 2014 laufen die Überlegungen zur Errichtung einer Klärschlammverbrennungsanlage am Standort der MVK. Konkret wurde es dann mit der Inkraftsetzung der neuen Abfallklärschlammverordnung am 03.10.2017: Die MVK beauftragte Ende 2018 ein Ingenieurbüro mit der Generalplanung der Anlage. Nach Durchführung des Genehmigungsverfahrens mit Öffentlichkeitsbeteiligung 2019/2020 wurde die erste Teilgenehmigung im Februar 2021 erteilt. Die Anlagenausschreibung ist 2021 erfolgt. Der Zeitraum für die Errichtungsphase beträgt ca. 2,5 Jahre, so dass mit der Inbetriebnahme im Jahr 2024 gerechnet wird.

Fachliche Eignung

Die MVK ist neben den Stadtwerken Kiel ebenfalls ein wichtiger Partner des Netzwerkes. Sie bringt notwendiges Wissen im Großanlagen- und Entsorgungsbereich mit und kann daher insbesondere bei der Zentralisierung der Stoffströme wichtigen Input liefern.

6.2.3 Akteure des Kreises Plön

Die Akteure des Kreises Plön kommen aus dem Energie- und Entsorgungsbereich.

6.2.3.1 Bio-Abfall-Verwertungsgesellschaft mbH

Die Bio-Abfall-Verwertungsgesellschaft mbH verwertet überlassungspflichtige, biogene Abfälle vordringlich aus dem Stadtgebiet Neumünster, aus dem Verbandsgebiet des WZV und des Kreises Plön und versorgt die Bevölkerung mit regenerativer Energie im Wege der Nutzung dieser Abfälle. Dazu darf sie die dazu notwendigen Anlagen errichten und betreiben.

Fachliche Eignung

Die Bio-Abfall-Verwertungsgesellschaft mbH kann durch ihre Tätigkeit einen maßgeblichen Beitrag zur Umsetzung der Strategie beitragen, da sie ähnlich wie die AWR aus Borgstedt über eine zentrale und hochwertige Sammlung von Biomasse verfügt.

6.1.3.2 Carbo-FORCE GmbH

Die Carbo-FORCE GmbH aus Preetz hat mit der Pyrolyseanlage eine Technologie entwickelt, die im Markt auf eine besondere Nachfrage stößt. Als Nachfrager von einer Vielzahl von Biomassen neben Hackschnitzel ist die Carbo-FORCE ein wichtiger Akteur im Biomassenetzwerk.

Fachliche Eignung

Carbo-FORCE hat ein Interesse seine Anlagen in der Region zu verkaufen. Sollte sich die Praxistauglichkeit der Anlage im Markt beweisen, besteht ein Potenzial bei diesen Anlagen, da hier nicht nur CO₂ vermieden, sondern sogar gebunden werden kann. Voraussetzung dafür ist aber neben dem Wärmeabsatz auch die Erreichung der Erlösziele aus dem Zertifikat- und Biokohlenverkauf.

6.2.4 Akteure der KielRegion

Die KielRegions-umfassenden Akteure stammen aus den Bereichen Landschaftspflege, Logistik sowie Naturschutz-

6.2.4.1 Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein

Die Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein begann 1978 die Arbeit auf einer Fläche von zwei Fußballfeldern. Heute kümmert sich die Stiftung um rund 38.000 Hektar Stiftungsland. Die Stiftung sorgt dafür, dass sich besonders gefährdete Arten wie Wilder Thymian, Zauneidechse oder Uferschnepfe wieder heimisch fühlen. Die Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein ist eine Stiftung öffentlichen Rechts. Ihre Aufgaben sind in der Satzung festgelegt. Ein Stiftungsrat kontrolliert die Arbeit des Vorstands. Die Stiftung dient ausschließlich und unmittelbar gemeinnützigen Zwecken.

Fachliche Eignung

Die Stiftung verfügt über maßgebliche Flächen im Untersuchungsgebiet und hat ein besonderes Interesse auch die energetische Verwertung der Biomasse zu vergrößern und zu verstetigen.

6.2.4.2 Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V./DVL-Landesbüro Schleswig-Holstein

Der Deutsche Verband für Landschaftspflege (DVL) e. V. wurde 1993 gegründet. Er ist der gemeinnützige Dachverband der Landschaftspflegeorganisationen in Deutschland. Markenzeichen des DVL sowie seiner Mitglieder ist die gleichberechtigte und freiwillige Zusammenarbeit zwischen Vertreterinnen und Vertretern der Landwirtschaft, des Naturschutzes und der Kommunen. 188

Landschaftspflegeorganisationen sind Mitglieder des DVL, welcher deren Interessen bundesweit vertritt und für sie Plattform zum Austausch von Praxiswissen ist. Der DVL bringt Expertenwissen aus der Landschaftspflege in alle Bereiche der Agrar- und Regionalpolitik ein. Wichtige Handlungsfelder sind die Gemeinsame EU-Agrarpolitik (GAP) mit dem Europäischen Garantiefonds für Landwirtschaft EGFL (1.Säule) und dem Europäischen Landwirtschaftsfonds zur Entwicklung des ländlichen Raumes ELER (2.Säule). Als zentrale Inhalte thematisiert der DVL die biologische Vielfalt, den Klimaschutz, den Gewässerschutz und den Bodenschutz.

Wichtige Ziele des DVL sind die kooperative Umsetzung von Natura 2000, der Biodiversitätsstrategien des Bundes und der Bundesländer sowie der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Der DVL führt hierzu Modellprojekte in Zusammenarbeit mit örtlichen Landschaftspflegeverbänden durch.

Fachliche Eignung

Der Verband der Landschaftspflege ist satzungsgemäß mit seiner Kernaufgabe ein wichtiger Player des Netzwerkes.

6.2.4.3 Landesverband der Lohnunternehmer in Land- und Forstwirtschaft Schleswig-Holstein e.V.

Der Lohnunternehmerverband mit Sitz Rendsburg informiert seine Mitglieder fachspezifisch zu aktuellen Themen. Zu den Aufgaben zählt die Bündelung der Mitgliederinteressen zur Schaffung akzeptabler Rahmenbedingungen. Dabei steht stets der Informationsaustausch zwischen den kooperierenden Verbänden im Vordergrund. Der Verband berät seine Mitglieder in rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Fragen. Die meisten Lohnunternehmer des Landes sind in dem Verband organisiert.

Fachliche Eignung

Der Lohnunternehmerverband kann durch seine Expertise in die Mitgliedschaft hineinwirken und Lösungen für die besondere Form der Ernte in sensiblen Bereichen erreichen. Der Verband ist ein wichtiger Partner des Netzwerkes. Zudem könnten sich durch Lohnunternehmer neue Geschäftsmodelle für den Betrieb von Heizquellen ergeben, wenn diese Ihre Wertschöpfungsketten verlängern.

6.2.4.4 NABU Schleswig-Holstein

Der NABU Schleswig-Holstein engagiert sich in Schleswig-Holstein für Mensch und Natur. Mit mehr als 28.000 Mitgliedern ist er der mitgliederstärkste Naturschutzverband in Schleswig-Holstein. Die Ehrenamtlichen engagieren sich in über 40 Gruppen und betreuen rund 50 Schutzgebiete. Unterstützt werden sie dabei von den hauptamtlichen

Mitarbeiter*innen in der Landesgeschäftsstelle in Neumünster sowie den Landesstellen und Projekten im Land.

Fachliche Eignung

Satzungsgemäß liefert der NABU Schleswig-Holstein für das Netzwerk wichtige Expertise im Umgang mit sensiblen Naturräumen. Der Akteur ist aus der historischen Sicht kein Akteur, der die Biomassenutzung aus sensiblen Naturräumen grundsätzlich befürwortet, daher gilt es nach guter fachlicher Praxis auf der Basis von Sachargumenten gute Lösungen zu finden.

6.2.4.5 BUND Schleswig-Holstein

Der BUND Schleswig-Holstein setzt sich ein für

- die Schaffung und Erhaltung einer menschenwürdigen Umwelt in einer das Leben fördernden gesunden Landschaft,
- eine ökologische Bewertung aller das Leben beeinflussenden Maßnahmen,
- eine sachgemäße und wirkungsvolle Erweiterung und Durchsetzung von Umwelt- und Naturschutzgesetzen, Verbesserung des Artenschutzes von Tieren und Pflanzen,
- die Förderung des Verständnisses für notwendige Schutzmaßnahmen in allen Kreisen der Bevölkerung, in der Jugend- und Erwachsenenbildung und insbesondere in Politik, Verwaltung und Wirtschaft,
- eine Vertiefung der Kenntnis ökologischer Prinzipien in der Gesellschaft und insbesondere in den Schulen,
- die Schaffung von Stiftungen und Bereitstellung von Spenden, die dem Umwelt- und Naturschutz dienen.

Fachliche Eignung:

Satzungsgemäß liefert der BUND Schleswig-Holstein für das Netzwerk wichtig Expertise im Umgang mit sensiblen Naturräumen. Auch mit diesem Akteur ist ein fachlicher Austausch wichtig, um Lösungen für eine verträgliche Nutzung der Biomasse zu finden.

6.2.5 Ausgestaltung der Netzwerkarbeit

Der Austausch im Netzwerk sollte in regelmäßigen Treffen organisiert werden. Hierzu zählen einerseits Treffen des Gesamtnetzwerks und in kürzerer Frequenz Treffen in Arbeitsgruppen. Um einerseits die Verbindlichkeit und andererseits die Vertrauensba-

sis zwischen den Akteuren zu erhöhen, wird zur Teilnahme am Netzwerk eine Absichtserklärung zur Teilnahme vorgeschlagen. Die Ausgestaltung haben die Akteure, wie auf der Abbildung 21 zu sehen ist, formuliert. Sie wünschen sich inhaltlich fachlichen Input, der durch Beispielprojekte veranschaulicht werden soll. Treffen des Netzwerkes sollen nicht nur digital, sondern auch physisch stattfinden. Die Treffen sollen bei den Netzwerkakteuren stattfinden und praktisches Wissen über die Tätigkeit des Akteures und dessen Umfeld aufzeigen.

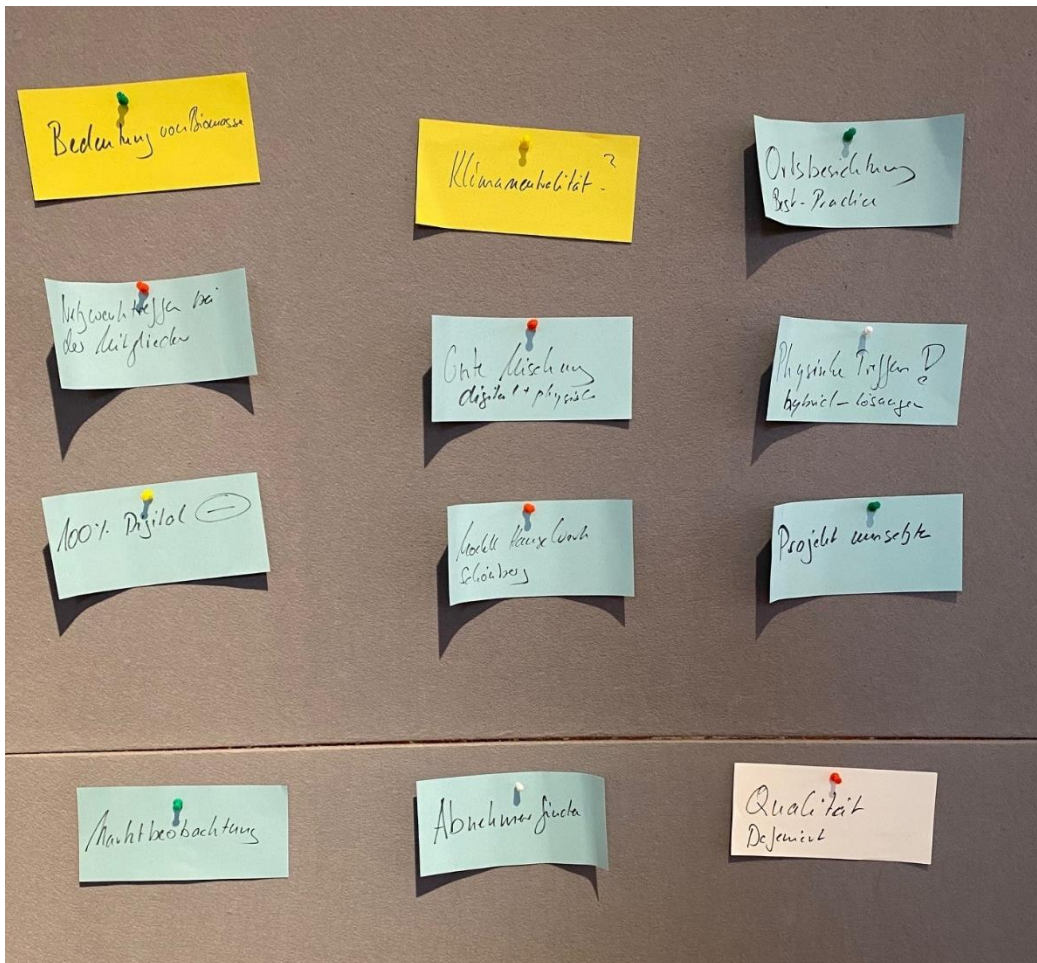


Abbildung 21: Ausgestaltung der Netzwerkarbeit Quelle: Treurat und Partner

6.3 Netzwerkbedarf

Der Workshop mit den Biomasse-Akteuren am 24.03.2022 hat deutlich gemacht, dass die Akteure eine Vernetzung nicht nur positiv gegenüberstehen, sondern auch die Bereitschaft gezeigt haben in einem Netzwerk aktiv mitzuwirken.

Die Interessen haben die Akteure wie folgt benannt:

- Verwertungsoptionen von anfallender Biomasse kennenlernen

- Anwendung technischer Verfahren zur energetischen Biomassenutzung kennenlernen
- Marktbeobachtung für grüne Fernwärme z.B. Altholz
- Netzwerk zu Abnahmen von Biomasse
- Biomasseprojekte sind komplex, Hilfe von Netzwerken notwendig, um das ganzheitliche Wissen zu haben
- Information zu Fördermitteln

Die Erwartung haben die Akteure wie folgt formuliert:

- Potenziale identifizieren
- Spektrum der Biomasse
- Einbringung der Kaskadenidee
- Auslastung der Maschinen der Lohnunternehmer

Die Ziele des Netzwerkes haben die Akteure wie folgt beschrieben:

- Fernwärme grüner machen
- Inselnetze grüner machen
- Vernetzung
- Langfristiges Netzwerk für Contracting
- Konkrete Projekte - Bewirtschaftung von Knicks
- Wiedernutzung von Niederwäldern
- Trennung Bioabfall

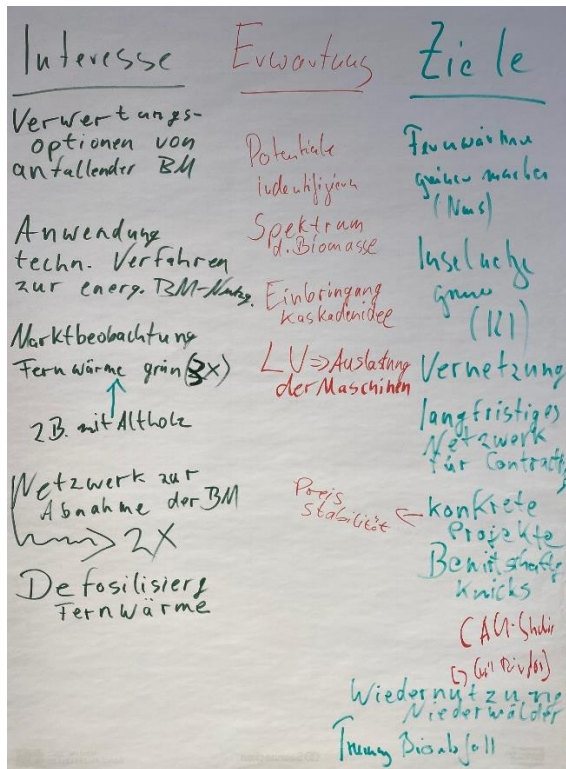


Abbildung 22: Interesse, Erwartung und Ziel Quelle: Treurat und Partner

Den aktuellen Hemmnissen haben die Akteure folgende Lösungen zugeordnet:

Tabelle 50: Hemmnisse und Lösungen

Hemmnisse	Lösungen
Verfügbarkeit von Daten	Digitalisierung
Trennung von Biomasse	Mischung der Materialien
Entsorgung von Biomasse	Marktbeobachtung
Kompostierung	Stoffströme kennen
feuchte Flächen	Technologie
regional keine Nachfrage	sich ergänzen
Unverbindlichkeit	Transparenz
Verfügbarkeit von Biomasse	Verwertungswege aufzeigen
Mengen	Ergänzung von anderen Materialien
Saisonal	Stoffströme halten
Dezentral	Flächen/Lagerung/Plätze
fehlende Nachfrage für Technologie	Wissenslücken schließen

Rechtliche Vorgaben Ausschreibungen	Zeitenwende Grüne Energie
Konkurrenzfähigkeit Amortisation Kostendeckung Finanzen Energiepreise	Inventur Langfristige Verträge Vollkostenbetrachtung zukünftige Nachfrage

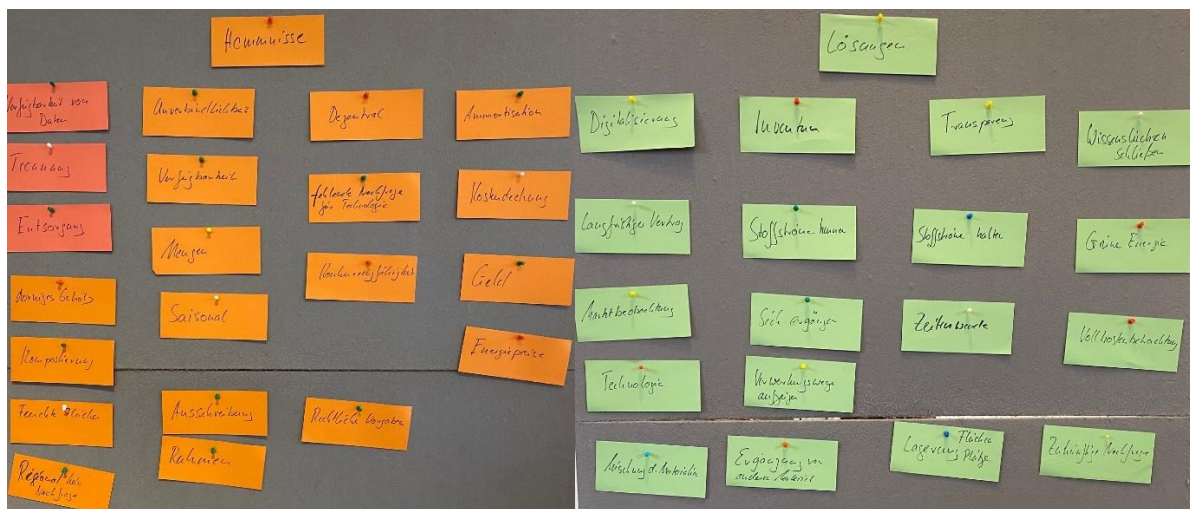


Abbildung 23: Workshopdokumentation, Quelle: Treurat und Partner

6.4 Vorgehensweise Aufbau des Netzwerkes

Im Laufe der Erstellung der Biomassestrategie wurde die medienvermittelte Kommunikation durch eine interpersonelle Kommunikation ergänzt. Aus einem losen Kreis von Interessierten wurde zunehmend durch Interaktion mit den Stakeholdern das Netzwerk aufgebaut. Das Interesse bei den Stakeholdern für die Biomassestrategie und deren Ziele wurde geweckt.

In einem nächsten Schritt kam es zur Wissensvermittlung. Hier flossen die ersten Erkenntnisse aus den Akteursgesprächen mit ein, so dass allgemeines und regionales Wissen zur Verfügung gestellt werden konnte.

Als drittes Ziel gilt es, die Akzeptanz von Biomasse als Baustein in der Energiewende zum Erreichen der Klimaziele sowie Akzeptanz der Maßnahmen, des Netzwerks und der Partner zu erreichen.

Vertrauen wird nur durch einen informellen Austausch generiert. Die Rückmeldungen der Akteure haben dies bestätigt, da ein klarer Wunsch formuliert wurde die Treffen auch physisch stattfinden zu lassen. Der Dialogprozess mit den Akteuren sollte zielgerichtet zum Beispiel mit Workshopformaten implementiert werden, um Transparenz zu schaffen und ein ganzheitliches Bild aus der Perspektive der Netzwerkpartner zu gewinnen.

Mit der Vorlage der vorliegenden Untersuchung wird dem Netzwerk eine Wissensgrundlage über die Verfügbarkeit und der Bedarfe von Biomasse geliefert. Diese Wissensgrundlage ist der zentrale Ausgangspunkt, mit dem bei einem nächsten Netzwerktreffen die Akteure informiert werden sollten. Auf der Basis der Information und die beschriebenen Maßnahmen aus der Untersuchung, werden sich Handlungsfelder für die einzelnen Akteure ergeben die ihre Interessen erfüllen.

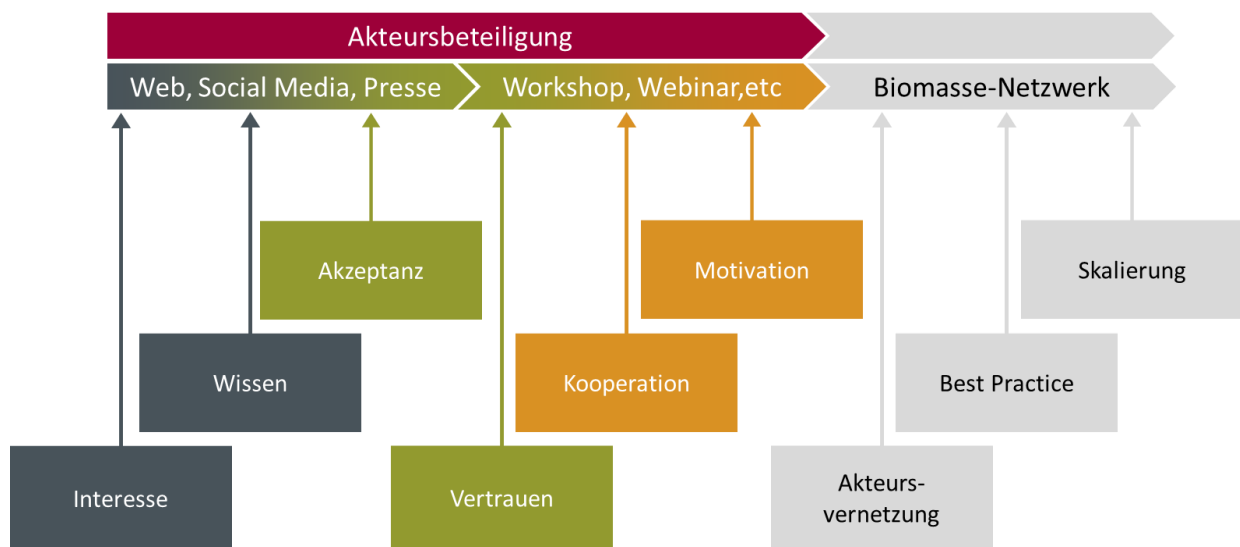


Abbildung 24: Netzwerkbildung Quelle: Treurat und Partner

7 Die Biomassestrategie – Küste und Kooperation

Die anfängliche beschriebene Vision der Biomassestrategie, muss keine Utopie bleiben. Das Leitbild der Biomassestrategie sollte „Küste und Kooperation“ lauten.

Mit diesem Leitbild wird zum einen die regionale Lage der KielRegion beschrieben und zum anderen der Mehrwert, den die Region durch einen engen Austausch und eine daraus folgende Verknüpfung von Wertschöpfungsketten proaktiv umsetzt. Es wird also Regionalität mit Synergie verbunden.

Kernziel ist die ganzheitliche und vollständige energetische Nutzung des vorhandenen nachhaltigen Biomassepotenzials, um so weit wie möglich zu einer klimaneutralen, wirtschaftlichen und sicheren Energieversorgung beizutragen. Eine nachhaltige Bioenergienutzung sieht selbstverständlich Konkurrenzen des Biomasseangebotes im stofflichen Bereich, im Bereich der Nahrungs- und der Futtermittel. Diese Konkurrenzen sowie Aspekte des Naturschutzes wurden in der Potenzialbetrachtung mitberücksichtigt.

Der Schwerpunkt der Energienutzung liegt in der Wärmeversorgung durch kleine Wärmenetze in den Kreisen Rendsburg-Eckernförde und Plön und der Versorgung des Fernwärmenetzes sowie kleinerer Nahwärmenetze der Landeshauptstadt Kiel. Hybride Wärmenetze – also die Kombination mit anderen Wärmeträgern - stehen im Mittelpunkt der Strategie, um das knappe Biomasseangebot möglichst zielführend einzusetzen. Stromproduktion durch Biogas zur Erzeugung von flexibel einsetzbarer Energie muss zwingend Wärme mitdenken.

Somit sind die nachhaltige Nutzung des knappen Gutes Biomasse, hybride Wärmenetze und flexible Stromerzeugung die Leitplanken der Biomassestrategie „Küste und Kooperation“.

Kooperationen sind in einer immer komplexeren Welt klug und notwendig, denn von einem breit gefächerten Know-how profitieren alle Seiten. Kooperationen lassen sich mit jeder Einheit, egal ob klein oder groß, realisieren. Oberstes Ziel einer Kooperation ist es, Synergien zu schaffen und so durch die Einbindung der Kooperationspartner die gesteckten Ziele schneller und effizienter zu erreichen.

Die Biomassestrategie liefert den Nährboden und den Rahmen für das Biomassenetzwerk, da sie die Leitplanken definiert, in denen das Netzwerk tätig wird. Das Netzwerk hat die Chance, die institutionalisierte Plattform zu werden, die Informationen und Verbindungen im Bereich der Biomasse für alle zugänglich macht. Energieversorger und Netzbetreiber können im Rahmen des Biomassenetzwerkes zusammen mit Biomasseerzeugern, dem Naturschutz und anderen Akteuren über den Einsatz von Biomasse im Rahmen der Energieversorgung entscheiden.

Neben der Biomasse wird sich der Energieträger Wasserstoff ebenfalls etablieren. Mögliche Synergien werden von Teilen der Akteure der Biomassestrategie bereits jetzt beobachtet. Ein mögliches Netzwerk aus diesem Bereich sollte mit der Biomassestrategie zusammengeführt werden. Wichtig ist dabei, Fehlinvestitionen in Infrastrukturen zu vermeiden und Wasserstoff und Bioenergie (hier v.a. Biomethan) zusammen zu denken.

Auch bei Biomasseakteuren, die aus dem Natur- und Umweltschutzbereich kommen, haben Sachargumente bei den Ortsterminen greifen können. Die Gespräche haben sich nicht lange auf die generellen Möglichkeiten und Grenzen der energetischen Biomassenutzung bezogen, sondern haben schnell auf die Umsetzungsebene gewechselt. Gerade wegen dieser Aufgeschlossenheit dürfen diese Akteure in der Planung von Bioenergieanlagen nicht ausgeschlossen werden, sondern müssen in den Prozess transparent integriert werden. Das Prinzip der Kreislaufwirtschaft, der von den Akteuren bereits gelebt wird, sollte auf die Biomassenutzung insgesamt übertragen werden. Das Wissen um die Stoffströme ist bei den Akteuren der Abfallwirtschaft hervorragend vorhanden und sollte durch die Kommunen und den weiteren Akteuren mitgetragen werden. Die Akteure der Abfallwirtschaft sind Schlüsselakteure für die Umsetzung von Projekten mit Biomasse.

Im Folgenden werden drei Handlungsfelder der Strategie definiert (Kapitel 7.1) und in Maßnahmen überführt (Kapitel 7.2).

7.1 Handlungsfelder der Strategie

7.1.1 Rechtlich / normativ

Die Bundesregierung hat am 28.09.2022 Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS) vorgelegt⁸⁶. Ziel der Nationalen Biomassestrategie ist es, zur mittel- und langfristigen nachhaltigen Ressourcennutzung sowie zum Klima- und Biodiversitätsschutz Beiträge zu leisten. Die Bundesregierung will damit die Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Nutzung von Biomasse aus der Wald-, Land- und Abfallwirtschaft schaffen. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Biomassestrategie KielRegion lag eine ausformulierte Nationale Biomassestrategie nicht vor. Die Festlegungen dieser müssen bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der Biomassestrategie KielRegion mitgedacht und ggfs. eingebunden werden, um mögliche Einschränkungen in der Biomassenutzung zu berücksichtigen. Seitens der Landesregierung gilt es zusammen mit

⁸⁶ BMWK et al. (2022).

der Bundesregierung, die in der RED III diskutierte Einstufung von vielen Biomassearten als „nicht erneuerbar“ zu verhindern, da sonst eine CO₂-Bepreisung einiger Biomassen eingeführt wird.

Das wichtigste Leitprinzip, nach dem die Nationale Biomassestrategie entwickelt werden soll, ist die konsequente Kaskaden- und Mehrfachnutzung von Biomasse – das heißt, der stofflichen Nutzung Vorrang zu geben um eine möglichst langfristige Kohlenstoffbindung zu ermöglichen. Erst am Ende der Kaskade soll die energetische Nutzung erfolgen. Dabei gilt jedoch, dass auf Grund nicht vorhandener Nachfrage nicht jede stofflich nutzbare Biomasse auch durch den Markt genutzt wird. In diesem Fall muss die energetische Nutzung stattfinden, um die Ressourcen der KielRegion zu nutzen und Stoffstromimporte aus Ländern, die keine nachhaltige Produktion garantieren können, zu vermeiden.

Dieses Leitprinzip wurde bei der Erstellung der vorliegenden Biomassestrategie berücksichtigt. Alle Ebenen der rechtlichen Entscheidungsträger sollten dabei zusammenarbeiten, um eine bestmögliche Nutzung von Biomasse zu erleichtern.

So ist beispielsweise in der Untersuchung aufgefallen, dass im Bereich der Grüngut-sammelplätze in Schleswig-Holstein im Gegensatz zum Saarland noch keine Zentralisierung stattgefunden hat. Diese Plätze werden derzeit noch sehr dezentral von Kommunen betrieben. Hintergrund ist hier ein anderes lautendes Landesrecht, das diese Nutzungsform derzeit noch zulässt. Eine Veränderung in diesem Bereich würde zusätzliche Synergien schaffen, da eine wirtschaftlichere Sammlung und Verwertung dieser Biomasse beispielsweise durch zentrale Abfallwirtschaftsakteure ermöglicht würde. Beispiele wie Borgstedt oder Neumünster zeigen, dass hier Clustereffekte entstehen und weitere Akteure anziehen, um neue Technologien zu testen und in den Markt zu bringen.

Auch die zwingende energetische Nutzung von vergärbaren organischen Abfällen vor der Kompostierung trägt zum Erhöhen des Stoffstromes durch eine kaskadierte Nutzung bei. Hier wird jedoch zuerst die Energie genutzt und anschließend die Düngewirkung des Abfalls (siehe Abbildung 18). Diese Denkweisen einer möglichst langfristigen Nutzung sollten durch die kommunalen Entscheidungsträger vorgegeben werden.

Planungsprozesse in den Kommunen sollten abgestellt werden auf die Nutzung von Biomasse in hybriden Wärmenetzen. Diese brauchen Platz für die Heizzentrale, einen Wärmespeicher, evtl. größere Flächen für Solarthermie und oberflächennahe Geothermie sowie auch Lagerflächen für Biomasse.

Das seit dem 17.12.2021 gültige Energiewende- und Klimaschutzgesetz (EWKG) verpflichtet größere Kommunen in Schleswig-Holstein, einen kommunalen Wärmeplan aufzustellen und spätestens alle 10 Jahre fortzuschreiben. Dies betrifft alle Mittel- und

Oberzentren, Unterzentren mit Teilfunktion von Mittelzentren sowie Unterzentren und Stadtrandkerne 1. Ordnung. Auch müssen sich die Kommunen bewusst werden, dass es starke Bestrebungen seitens der Bundesregierung gibt, kommunale Wärmeplanungen zu einer Verpflichtung zu machen, welche diese Beispiele in einer Wärmeplanung beinhalten. Seit November 2022 gibt es bereits entsprechende Förderprogramme des BMWK.

In Kapitel 7.2.1 werden normative Maßnahmen zur Unterstützung der Biomassenutzung dargestellt.

7.1.2 Aufbau Akteursnetzwerk

Der durchgeführte Workshop mit den anwesenden Akteuren hat ein nachhaltig positives Stimmungsbild der Akteure widerspiegelt. Hieran sollte angeknüpft werden. Der vorliegende Bericht liefert umfassendes Wissen über die regionalen Potenziale, die technischen Möglichkeiten sowie die Rahmenbedingungen, in denen sich die Modellprojekte realisieren lassen. Dieses Wissen sollte den Akteuren zur Verfügung gestellt werden.

Wärmeplanungen werden immer mehr zur Daseinsvorsorge in Kommunen. Neben der Kartierung von Wärmebedarfen müssen sich die Kommunen in diesem Rahmen auch mit der Bereitstellung einer bezahlbaren Wärme beschäftigen, somit ist auch die Planung der eigenen Biomassepotenziale ein Teil der Arbeit. Interkommunale Kooperationen sollten dabei gelebt werden, um keine zu hohen Konkurrenzen auf Seiten der Nachfrage entstehen zu lassen.

Somit bietet es sich an, dass die Klimaschutzmanager der Kreise Rendsburg-Eckernförde und Plön sowie der Landeshauptstadt Kiel mit der Initiierung und Organisation der Netzwerktreffen Biomasse zunächst für die ersten 36 Monate betraut werden. Neben der dafür notwendigen personellen Ausstattung sollte ein Budget von rund 25.000 Euro für die Kommunikation zur Verfügung gestellt werden.

Beim Aufbau von dem Akteursnetzwerk ist die Einbindung der gesamten Wertschöpfungskette (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) von hoher Bedeutung. Dabei sei auf die Wichtigkeit der Akteure verwiesen, die Biomasse ernten, konfektionieren, evtl. trocknen und weiter verkaufen. Diese spielen eine ebenso zentrale Rolle in der Wertschöpfungskette wie die Abfallwirtschaftsbetriebe.

7.1.3 Projektinitiierungen

Mit den Modellprojekten liegen skalierbare Beispiele vor, die den Netzwerkpartner vorgestellt werden sollten, um die Übertragbarkeit auf ähnliche Rahmenbedingungen zu befördern. Daneben sollten weitere gute Beispiele der Akteure gesucht werden, um

diese im Rahmen des Netzwerkes vorzustellen. Projektideen und Ansätze sollten ebenfalls im Netzwerk diskutiert werden. Hier könnte sich ein Resonanzboden finden, der gerade bei Hemmnissen in den einzelnen Projekten wirkt und ggfs. Lösungen liefert, auf die der einzelne Akteur alleine nicht gestoßen wäre. Erfolge des Netzwerkes sollten unbedingt kommuniziert werden, um andere Akteure zum Mitmachen zu bewegen.

Gerade hybride Wärmenetze werden durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) gefördert. Das Netzwerk sollte in Zusammenarbeit mit den Kommunen Projektstandorte definieren, an denen solche Wärmenetze umgesetzt werden können. Nur wenn diese Planungen schnellstmöglich existieren wird sich die Wirtschaft bemühen, Projekte umzusetzen. Hier sollten also die Kommunen in Planungsvorleistung treten.

Dabei ist auf der Angebotsseite auf die in dieser Studie verwiesenen Potenziale zu achten. Neue Projekte mit Holzpellets oder Scheitholz sind möglichst zu vermeiden. Stattdessen kann auf Graspellets oder Holzhackschnitzel aus verschiedenen Quellen zurückgegriffen werden. Zusammen mit dem Naturschutz, dem Wissen und den Kapazitäten der Abfallwirtschaft und der landwirtschaftlichen Lohnunternehmer sollten interkommunale Angebote zur Nutzung von Naturschutzflächen und Knicks gebildet werden.

Im Bereich Biomethan ist seit mehreren Jahren eine hohe Nachfrage zu verzeichnen. Gleichzeitig wird das Erdgas zur Versorgung des Küstenkraftwerkes teurer. So muss in der Region beantwortet werden, ob und ab wann in Zukunft Wasserstoff Teile des Erdgases ersetzen soll. Auch der Beitrag von Biomethan als Übergang in eine Wasserstoffwirtschaft sollte in dieser Strategie geklärt werden. Die bestehenden Biogasanlagen können sich bündeln und dann langfristig bis zu 80 % des Erdgases ersetzen. Tun sie es, brauchen auch sie Planungssicherheit für die Abnahme. Zusätzlich muss geprüft werden, ob ein Heizkraftwerk auf Basis von holzartigem Grünschnitt sowie Altholz in Kiel Sinn macht, um teuer werdendes Erdgas teilweise zu ersetzen und so den Bedarf an Wasserstoff in der Zukunft zu senken.

Seitens der Politik muss also zusammen mit der Energiewirtschaft schnellstmöglich eine realistische Planung bzgl. der künftigen defossilisierten Fernwärme in Kiel geschaffen werden. Wasserstoff wird nicht oder nur zu sehr hohen Kosten, bis 2030 in hohen Mengen der Fernwärmeleitung als Energieträger zur Verfügung stehen. Gleichzeitig wird durch den dann existierenden CO₂-Handel der Erdgaspreis sehr hoch sein. Zwischen 2023 und 2025 werden zudem die Entscheidungen der meisten Marktteilnehmer für eine Biogasanlage plus Nahwärmenetz oder aber eine Einspeiseanlage für Biomethan fallen. Auch werden Altholzmengen am Markt immer mehr nachgefragt werden. Diese können durch Potenziale von holzartigem Grünschnitt (z.B. der oar)

oder Straßenbegleitholz ergänzt werden. Die Konkurrenz rund um die Biomasse ist hoch, die Akteure werden Projekte mit einer hohen Planungssicherheit umsetzen

7.2 Maßnahmen der Strategie

7.2.1 Rechtlich / normativ (R)

- R 1 Ausschreibungen mit energetischen Vorgaben

Die Abfallwirtschaftsbetriebe sollten bei der Ausschreibung der Bioabfallmengen eine möglichst hochwertige energetische Nutzung, vorgeben. Die Kreise können nach § 3 Landesabfallwirtschaftsgesetz (LAbfWG) als öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger die entsprechenden Vorgaben machen.

- R2 Wärmeplanung durch Wärmekataster und kommunale Wärmeplanung

Eine Wärme- und Kälteplanung ist eine zwingende Maßnahme, um die Einsatzgebiete der Wärme auf der Basis von Biomasse zielgenau zu ermitteln. Da die Biomassepotenziale nicht für den vollständigen Wärmebedarf ausreichen, sollte diese Wärme lediglich in Bereichen eingesetzt werden in die anderen Wärmebereitstellungen auf der Basis von elektrischer Energie nicht einsetzbar sind. Die Wärme basierend auf der Grundlage von Biomasse wird aufgrund der Vorzüglichkeit von Hochtemperaturen in den nächsten Jahren an Wert gewinnen, sodass sich hier die Wirtschaftlichkeit hinsichtlich der Brennstoffkosten verändern könnte.

- R3 Siebüberlauf HHS erst nach Gemeindebeschlüssen des Zusammenführens der Materialien durch rechtliche Verbindung des Grünschnitts unter einer Hand

Die derzeitige dezentrale Struktur der Grüngutsammelplätze in der KielRegion bietet noch keinen Ansatz für eine energetische Verwertung der Hackschnitzel aus den Siebüberläufen, da die Mengen für Hackschnitzelanlagen für mindere Qualitäten nicht ausreichen. Eine Zentralisierung der Grüngutsammelplätze wird dazu führen, dass belastbare Mengen erreicht werden, so dass entsprechende Anlagen für die energetische Nutzung in Betrieb gehen könnten.

Abfallwirtschaftskonzepte der öffentlich-rechtlichen Entsorger müssen hinsichtlich der energetischen Potentiale in der Zukunft auf die Nutzbarmachung der festen Biomasse ausgerichtet werden. Ziel dabei sollte es sein, dass Siebüberläufe zwingend einer energetischen Nutzung zugeführt werden. Zusätzlich muss der holzartige Grünschnitt teilweise einer energetischen Nutzung zugeführt werden.

Zur Festlegung, ob holzige Siebüberläufe energetisch oder stofflich verwertet werden sollen, ist die Abfallhierarchie aus § 6 KrWG zu beachten. Stoffliche Verwertung hat demnach Vorrang vor energetischer Verwertung. Priorität hat dabei die Maßnahme, die den Schutz von Menschen und Umwelt am besten gewährleistet (darzustellen in

einer Ökobilanz) nach Rangordnung der Abfallhierarchie. Die THG-Einsparung ist eine wesentliche Wirkungskategorie in einer Ökobilanz.

Die energetische Nutzung von holzigen Siebüberläufen mit einem Heizwert von 10–11 MJ/kg FM wird vorteilhafter, da die CO₂-Bilanz für die Siebüberläufe negativ beeinflusst wird, wenn keine Torfprodukte durch den Einsatz von Grünschnittkompost ersetzt werden.

Der Stoffstrom sollte demnach energetisch genutzt werden, wenn sich aus Ökobilanzüberlegungen ableiten lässt, dass die energetische Verwertung dieses speziellen Stoffstroms wertvoller ist als die stoffliche Verwertung. Dabei ist zu beachten, dass die Reststoffe aus der Verbrennung (Aschen) bzw. der Vergärung (Gärreste) unbedingt Bodensubstraten zu zuführen ist.

- R4: Anpassung der Vorgaben in der Landschaftspflege

In der derzeitigen Landschaftspflege wird die Ernte des Landschaftspflegematerials gefördert. Grundsätzliche reichen die Fördermittel für die Bewirtschaftung der Flächen nicht aus, so dass hier weniger Landschaftspflege stattfindet als notwendig. Diese Praxis sollte dahingehend angepasst werden, dass die Mittel an die Abfuhr der Stoffströme und an eine anschließende energetische Nutzung gekoppelt werden. Die Förderung sollte so ausgestattet werden, dass hier ein Anreiz zur energetischen Nutzung geschaffen wird. Ziel sollte es sein mit den vorhandenen Budgets mehr Flächen in die Bewirtschaftung zu bekommen.

Anstelle Landschaftspflegegras in die Kompostierung zu geben kann dieses auch unter bestimmten Voraussetzungen in einer Biogasanlage eingesetzt werden. Nach der Entmethanisierung bleibt weiterhin der Düngewert des Komposts in Form von Gärrest für die stoffliche Nutzung.

Fraktionen, die eher holzartig sind, sollten für die Pelletierung zu Graspellets energetisch genutzt werden.

- R5: Klärung des Landschaftspflegebegriffs als Nichtabfall

Sollten die Substrate als Abfallstoffe klassifiziert sein oder eine Zuordnung nicht eindeutig möglich sein, wie das zum Beispiel bei Landschaftspflegegras der Fall ist, dann besteht ein Genehmigungshemmnis, das einen Hochlauf der Verwertung verhindert und politisch auf Bundesebene geklärt werden muss.

7.2.2 Aufbau Akteursnetzwerk (A)

Tabelle 51: Ablaufplan Netzwerkaufbau

Nr.	Aufgabenpaket	Tätigkeit	Jun 23	Jul 23	Aug 23	Sep 23	Okt 23	Nov 23	Dez 23	Jan 24	Feb 24	Mrz 24	Apr 24	Mai 24
1	Akteursbeteiligung	Information zur Biomassestrategie												
		Entwicklung von Formaten (Workshop, Webinar, etc)												
		Durchführung von Veranstaltungen												
		Netzwerk Institutionalisieren "Wir sind dabei"												
		Best Practice												
		Übertragbarkeit												
2	Projektidentifikation vom Aufkommen zur	Biogas (BAV, NF, Trier, etc.)												
		Hackschnitzel (Gut Rixdorf, etc.)												
		Graspellets (Louisenlund, Lütjenburg, etc.)												
		Quartierskonzepte												
		Wärmeplanung												
3	Öffentlichkeitsarbeit	Homepage												
		Pressemeldungen, Interviews												
4	Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung	Leitung des Netzwerkes als ÖPP, zunächst Klimaschutzmanager im Lead mit privaten Partner												
		Vernetzung mit anderen Netzwerken												
5	Lenkungsgruppe der Klimaschutzmanager	Regelmäßige Treffen zwischen Klimaschutzmanagern und privaten Partner												

Der Aufbau des Biomassenetzwerkes kann mit den bereits involvierten Akteuren begonnen werden. Hierfür sollte die Initiative aus dem Klimaschutzmanagement der Kreise und der Landeshauptstadt Kiel kommen. Für die Institutionalisierung sollte ein Zeitraum von 36 Monaten gewählt werden, um eine Verstetigung des Netzwerkes zu ermöglichen. Trotzdem sollte zu Beginn des Netzwerkes darauf geachtet werden, dass private Partner in die Führung des Netzwerkes einsteigen. Zunächst wird die Aufgabe sein, weitere Akteure zu identifizieren und diese in das Netzwerk einzuführen. Der Ablaufplan (Tabelle 51: Ablaufplan Netzwerkaufbau) stellt die ersten 12 Monate dar. Für die Information der Öffentlichkeit sollte eine Homepage sowie eine LinkedIn Seite erstellt werden, die über die grundsätzlichen Inhalte und Ziele der Biomassestrategie informieren. Die Homepage soll zukünftig die Ziele mit konkreten Projekten unterstützen. Die Teilnahme der Akteure wird maßgeblich vom Nutzen der Treffen abhängig sein. Das bedeutet, dass hier Zugänge zu wichtigen Informationen bzw. Personen geschaffen werden, die die Teilnehmer ansonsten nicht erhalten würden. Aus der Perspektive der öffentlichen Hand können hier Unterstützungen bei Planungsprozessen angeboten werden, um Projekte erfolgreich initiieren zu können.

Ziel sollte es sein anhand von Praxisbeispielen eine „Landkarte“ zu entwickeln, um über Ansprechpartner und Projekte zu informieren. Laufende Quartierskonzepte sowie die Wärmeplanung sind Informationsquellen für Lieferanten von Energieträgern, um mögliche Absatzwege zu erschließen.

Das Netzwerk sollte mit Gesichtern für sich werben, indem bekannte Akteure aufgezeigt werden, die dem Netzwerk beigetreten sind und deren Erwartungen dokumentiert wird. Hierdurch soll eine Sogwirkung entstehen, dass es einen neuen Austauschplatz gibt, den die Akteure besuchen müssen.

Aus den Vorgesprächen ist deutlich geworden, dass solche Veranstaltungen nicht digital durchgeführt werden sollten, da hier der Aspekt des Netzwerkens verloren geht. Dennoch sollte nicht vollständig auf digitale Formate verzichtet werden. Digitale Dokumentation von Vorortterminen sollte unbedingt durchgeführt werden, um die nicht erreichten Akteure zu motivieren und die Teilnehmer mit den gewonnenen Informationen auch nachträglich zu versorgen.

Alle Einzelmaßnahmen sind in Tabelle 51 gelistet und zeitlich in einem Ablaufplan eingeordnet.

7.2.3 Projektinitiierungen (P)

Diese Maßnahmen sind der Startschuss konkreter nach außen sichtbaren Maßnahmen. Sie bauen teilweise auf die normativen Maßnahmen und die Netzwerkmaßnahmen auf. Wichtig ist es, diese Maßnahmen durch das Akteursnetzwerk verifizieren zu lassen. Die Maßnahmen müssen spätestens alle 2 Jahre wieder überarbeitet werden,

um Neuentwicklungen aufzunehmen sowie abgeschlossene Maßnahmen zu streichen. Im Folgenden werden Maßnahmen für die Landeshauptstadt Kiel sowie für die Kreise Rendsburg-Eckernförde und Plön definiert.

Stadt Kiel – Klimaneutrale Fernwärme 2030

P 1 Stärkung der Fernwärmeversorgung der Stadt Kiel

Die wesentliche Maßnahme der Stadt Kiel im Rahmen der Biomassestrategie ist es, im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung die Fernwärmeversorgung auf Basis des Erdgases mit Hilfe von vielen verschiedenen Wärmeträgern inkl. Biomasse auf eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung umzustellen. Gründe hierfür sind neben dem Klimaschutz die derzeitigen Vorschläge aus der Bundespolitik, die Wärmeversorgung als kommunale Daseinsvorsorge zu definieren. Damit wird es Pflicht für die Kommune, sich mit dem Thema kosteneffiziente Wärme zu befassen und dementsprechende Projekte umzusetzen. Für den Bürger besteht die Möglichkeit, bzgl. der Kosten einer Wärmeversorgung Planungssicherheit zu erhalten, da nur regionale Rohstoffe eingesetzt werden.

Sowohl holzartige Biomasse als auch gasförmige Biomasse sollte in einem hybriden Wärmenetz in Kiel zur Wärmeversorgung eingesetzt werden. Daneben sollten Solarthermie, Großwärmepumpen, große Wärmespeicher und der Einsatz von regenerativen Gasen überprüft werden, wie es z.B. derzeit durch die Stadt Leipzig für ihr Wärmenetz umgesetzt wird.⁸⁷ Holzartige Biomasse kann dabei v.a. im Winter als Spitzenlast eingesetzt werden, wenn evtl. geplante Solarthermie keine Energie bringt und die Hauptlast durch Wärmepumpen und im Winter sehr teures Gas dargestellt werden muss. Dann wird holzartige Biomasse zu einem „Billigmacher“ im Energiesystem. Biomethan dagegen wird am besten in der Grundlast eingesetzt. Falls die Möglichkeit besteht, kann sie im Sommer, wenn viel Solarthermie vorhanden ist, auch in externen Gasspeichern gespeichert werden und dafür eine höhere Last im Winter abdecken. Die Spitzenkraft wird derzeit nach Auskunft der Stadtwerke Kiel u.a. von einem Kraftwerk bereitgestellt, das neben Erdgas auch Erdöl verfeuert.⁸⁸

Zur Realisierung der regenerativen Fernwärmeversorgung werden am Ende des Kapitels für die Stadt Kiel Meilensteine mit einem Zeitplan vorgeschlagen.

⁸⁷ Ein aktuelles Beispiel der Verknüpfung von Solarthermie und Biomasse in einem großen Fernwärmeverbund sind die Stadtwerke Leipzig, <https://zukunft-fernwaerme.de/>, Zugriff am 04.04.2023.

⁸⁸⁸⁸ Siehe <https://www.stadtwerke-kiel.de/ueber-uns/zum-unternehmen/zahlen-und-fakten/zahlen-zur-fernwaerme?acc-open=5> Zugriff am 04.04.2023

P 2 Kraftwerk mit holzartiger Biomasse als Teil der Fernwärmeversorgung Kiel

Die Herkunft der holzartigen Biomasse sind neben Altholz v.a. holzartiger Grünschnitt (Überkorn sowie Mittelkorn) von z.B. der oar und Straßenbegleithölzer der gesamten KielRegion. Insgesamt sollten hier zwischen 60.000 t und 70.000 t an verschiedenen Abfallhölzern eingesetzt werden können (vgl. Tabelle 48). Ziel sollte es sein, sehr zeitnah eine Machbarkeit der Einbindung eines Heizkraftwerkes auf Basis von Restholz in die Fernwärmeschiene Kiel zu prüfen.

P 3 Einbindung von Bio(abfall)methan in die Gasversorgung des Küstenkraftwerkes

Biomethan sollte im Umland durch die Bündelung von Biogasanlagen erzeugt werden und dann ins Gasnetz eingespeist werden. Die Stadtwerke Kiel sollten sich hier als Geschäftspartner langfristig Gaskontingente sichern, um innerhalb der nächsten 20 Jahre durch Biomethan und später auch durch Wasserstoff eine CO₂-neutrale Gasversorgung des Kraftwerkes zu gewährleisten. Werden die in Kapitel 4.2.1.4 dargestellten landwirtschaftlichen Potenziale zusammen mit den Potenzialen aus der Vergärung der Abfallwirtschaft kumuliert betrachtet, hat die Landeshauptstadt Kiel ein hohes Potenzial, um mit dem bestehenden Kraftwerk anteilig Strom und Wärme aus Biomethan zu produzieren. Die rein rechnerisch aus dem Potenzial abgeleitete Größe von 80 % der derzeitigen Erdgasmenge wird nicht erreicht werden. Die Herausforderung ist die Sicherung der Biomethanmengen, da diese in Konkurrenz zu anderen Nutzungen stehen. Die Sicherung von Biomethanpotenzialen der KielRegion für das Küstenkraftwerk und andere Anwendungen (z.B. in Prozessen der Nahrungsmittelindustrie) ist neben der Beplanung des Fernwärmenetzes Kiel die wesentliche Aufgabe der Stadtwerke Kiel.

P 4 Aktivierung der Option Monoverbrennung von Klärschlamm

Ein weiteres Projekt ist die Monoverbrennung von Klärschlamm mit integrierter Phosphorgewinnung. Dieses Projekt dient zum einen der Verwirklichung der Klärschlammnutzung und zum anderen einer sicheren und kostengünstigen Wärmeversorgung.

Zeitplan zur Umsetzung der Maßnahmen P 1 bis P 4

- Juni 2023: Ausschreibung eines Vorkonzeptes zur künftigen regenerativen Versorgung der Fernwärme in Kiel mit folgenden Inhalten: Darstellung der regenerativen Wärmeerzeugung unter Einbeziehung und Überprüfung von Abwärmepoten-

zialen (Industrie-, KMU- und Abwasserabwärme), Solarthermie, Geothermie, existierender und bei Bedarf neuer Wärmespeicher, Großwärmepumpen und der oben dargestellten Biomasseoptionen (Klärschlammverbrennung, Holzverbrennung und Sicherung von Biomethanmengen). Dabei auch Darstellung des künftigen Wärmebedarfes durch Einbeziehung künftiger Haussanierungserfolge sowie des Ausbaus des Wärmenetzes in ein Wärmekataster der Stadt Kiel. Verknüpfung von Angebot und Nachfrage im Wärmekataster nach dem Vorbild von Hamburg⁸⁹

- Bis Dezember 2023: Vorlage des Vorkonzeptes
- Bis April 2024: Diskussion des Vorkonzeptes in der Öffentlichkeit, im Rat der Stadt Kiel sowie Einholung verschiedener Expertengutachten zur Validierung oder Anpassung des Vorkonzeptes.
- April 2024: Vergabe einer abgestimmten technischen und wirtschaftlichen Konzeptentwicklung auf Basis der Vorarbeiten
- Oktober 2024: Vorlage des Konzeptes mit Zeitplan zur Vergabe der Realisierung im Rat der Stadt Kiel sowie im Aufsichtsrat der Stadtwerke Kiel
- November 2024: Verabschiedung des Konzeptes und Start der Realisierung
- Zeithorizont der Realisierung ca. 2030

Zur Unterstützung des Konzeptes muss seitens der Stadt Kiel und der Stadtwerke eine aktive Mitarbeit im Biomassenetzwerk zur Sicherung der Stoffströme gewährleistet sein.

Kreis Rendsburg-Eckernförde und Kreis Plön

Die Kreise Rendsburg-Eckernförde und Plön können im Gegensatz zur Stadt auf Flächen zurückgreifen, von denen sie entweder Biomasse ernten (bspw. Knicks) oder aber Alternativen zu Bioenergie verorten können, wie z.B. große solarthermische Felder zur Nutzung der Wärme in Wärmenetzen. Aus diesem Grund sollte in Zukunft von Wärmenetzen mit ausschließlicher Wärmebereitstellung durch Bioenergie abgesehen werden. Dementsprechend sind auch die Bundesförderungen derzeit aufgebaut.

Biogas sollte im ländlichen Raum künftig nur direkt genutzt werden, wenn

- bestehende Wärmenetze, Prozesswärmekonzepte oder Wasserstoffkonzepte auf dezentrale Biogas Verwertungen angewiesen sind und
- wirtschaftlich gesehen keine Möglichkeit des Anschlusses an ein Gasnetz besteht
- **Holz** sollte nur genutzt werden, wenn KMU oder aber Industrie einen hochkalorischen Holzbedarf haben und Biogas oder Wasserstoff nicht machbar sind
- Wärmenetze zur Abdeckung der Spitzenlast im Winter aus technisch-ökonomischen Gründen einen Energieträger brauchen

⁸⁹ <https://www.hamburg.de/energiewende/waermekataster/>

P 5 Bündelung existierender Biogasanlagen zur Biomethanaufbereitung

Die Aufgabe der Bündelung bestehender Biogasanlagen zur Aufbereitung und anschließender Vermarktung zu Biomethan ist komplex und mit hohen Kosten verbunden. Deswegen wird eine stufenweise Vorgehensweise vorgeschlagen:

- 1) Workshop von interessierten Biogasanlagenbetreibern mit möglichen Investoren (Stadtwerke, aber auch Privatunternehmen) über das Biomassenetzwerk. In diesem sollte eine Präsentation von erfolgreichen Projekten bzw. Unternehmen integriert werden (z.B. Landwerke in der Eifel⁹⁰ und Landwärme⁹¹)
- 2) Vergabe zur Erarbeitung eines Vorschlages zur Bündelung von Biogasanlagen in der KielRegion, Basis sind die GIS-Arbeiten des Projektes und die Vorstellungen des Biomassenetzwerkes
- 3) Vorstellung und Diskussion des Vorschlages und weitere Projektentwicklung im Biomassenetzwerk
- 4) Bei weiterem Interesse: Entscheidung der beteiligten Biogasanlagenbetreiber über den Vergabetext einer Machbarkeitsstudie an mögliche Betreiber; dabei Unterstützung der kommunalen Akteure der KielRegion durch Finanzierungen bzw. Fördermittelakquise

Ziel sollte sein, in einem ersten Schritt wenigstens 10 Biogasanlagen in eine Biomethanproduktion zusammen zu schließen.

P 6 Wettbewerb zur Nutzung von dezentralen Biogasanlagen in hybriden Wärmenetzen

Biogasanlagen, welche nicht an ein Biomethannetz angeschlossen werden können, sollten auf Basis der derzeitigen Wärmeversorgungskosten hinsichtlich eines Anschlusses an Wärmenetze untersucht werden, auch wenn dies in der Vergangenheit schon getan wurde. Dies sollte im Rahmen der in Schleswig-Holstein (gemäß § 7 EWKG 2021) verpflichtenden Wärme- und Kälteplanung, die durch das neu errichtete Kompetenzzentrum für klimaneutrale Wärmeherzeugung unterstützt werden kann, geschehen.

Wichtig ist die Idee der hybriden Wärmenetze. Biogasanlagen sind nur noch Teil der Wärmebereitstellung. Reine Bioenergiedörfer werden nicht mehr gefördert durch Bundesförderungen. Somit könnten sich auch bisherige Bioenergiedörfer bewerben, die sich mit Hilfe von anderen Energieträgern erweitern wollen.

⁹⁰ <https://www.kne-web.de/verbundsystem/infrastrukturprojekt/>; Zugriff am 04.04.2023

⁹¹ <https://www.landwaerme.de/>; Zugriff am 04.04.2023

Die KielRegion unterstützt ein erstes großes hybrides Wärmenetz mit Biogaswärme durch den Wettbewerb „Planung hybrides Wärmenetz“, welches durch die kommunalen Klimaschutzmanager ausgeschrieben wird. In dem Wettbewerb können sich Kommunen mit ihren kommunalen Wärmeplänen und ihren Ideen bewerben. Die Gewinnerkommune erhält eine Machbarkeitsuntersuchung eines geeigneten Ingenieurbüros für ein hybrides Wärmenetz. Dafür sollten die Kommunen einen Betrag von ca. 50.000 € beantragen bzw. einstellen.

Die Ergebnisse der Untersuchung und die mögliche Umsetzung werden dann der Öffentlichkeit präsentiert und diskutiert.

P 7 Wettbewerb zur Nutzung von Holz aus der Landschaftspflege in hybriden Wärmenetzen

Eine weitere Mobilisierungsmöglichkeit von Biomasse ist die Landschaftspflege. Hierzu wird im Akteursnetzwerk eine Arbeitsgruppe zwischen Naturschutzverbänden, Kommunen und Energieversorgern gegründet. Diese schreiben einen Wettbewerb zur Nutzung der Landschaftspflegehölzer entlang der Wertschöpfungskette (vom Feld hin zur Heizung) aus. Dabei sind auch regionale Knickholznutzungen Teil des Wettbewerbs. Wichtig ist für den Wettbewerb, dass nur Ideen angenommen werden, die sowohl naturschutzfachliche Kriterien als auch energetische Kriterien bei der Aufstellung eines Holzversorgungskonzeptes betrachten. Der Gewinner des Wettbewerbs bekommt eine Untersuchung finanziert hinsichtlich der mengenmäßigen Einbindung von Holzhackschnitzel in das Holzversorgungskonzept eines kommunalen Projektes. Dieses Konzept soll beispielhaft die Kooperation zwischen den verschiedenen Akteuren darlegen. Es muss deswegen mit den Akteuren vor Ort im Dialog entwickelt werden.

Die Ergebnisse werden in der KielRegion kommuniziert und sollen als Beispiel für weitere Projektinitiativen dienen.

P 8 Substratumstellung von Biogasanlagen

Das Erneuerbaren-Energien-Gesetz sieht vor, dass der Maisdeckel ab 2024 auf 35 Masseprozent absinkt. Das bedeutet, dass Biogasanlagenbetreiber, die eine Vorortverstromung betreiben auf alternative Substrate umstellen müssen. Der Kraftstoffbereich hat die höchste Zahlungsbereitschaft für Biomethan, wenn für die Herstellung von Biogas lediglich Gülle und Mist eingesetzt werden. Außerdem sind die Preise für Mais gerade in der letzten Zeit besonders gestiegen, so dass auch aus diesem Grund eine Umstellung bei den Betreibern erfolgt.

Welche Substrate zukünftig nachgefragt werden hängt von den betriebsindividuellen Verarbeitungstechniken ab. Grundsätzlich ist eine Umstellung technisch und wirt-

schaftlich besonders einfach, wenn die Eigenschaften der alternativen Substrate ähnlich sind. Diese Umstellung wird von den Betreibern in der Regel selbst vorgenommen, da sie diese auch einschätzen können.

Problematisch wird es, wenn die Substrate nicht durch die heutigen Genehmigungen abgedeckt sind. Sollte es im Bebauungsplan Festlegungen für bestimmte Substrate wie Mais geben, müssen diese Regelungen angepasst werden. Hier sollten im Biomassenetzwerk zwischen dem Naturschutz und den Anlagenbetreibern Leitlinien für die Genehmigungsbehörden entwickelt werden, um die Genehmigungspraxis zu vereinheitlichen.

P 8 Weiterentwicklung und Vorbildfunktion der AWR als Bioökonomie HUB der KielRegion

Bioökonomiekonzepte brauchen Ideen und Start-ups, die diese Ideen ausführen. Hier ist die AWR in Borgstedt Vorbild, da Unternehmen mit neuen Technologien die Chance der Entwicklung gegeben wird. Dieses Vorbild sollte die KielRegion bewerben und zusammen mit anderen Abfallwirtschaftsbetrieben ähnliche Konzepte entwickeln. Insbesondere Ideen zur Einbindung der Nutzung des grasartigen Grünschnitts aus der Landschaftspflege und dem Straßenbau sind hierbei wichtig.

Der Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein sucht derzeit in Projekten Möglichkeiten der Einbindung seines Grasschnittes in energetische Nutzungen. Somit sollte hier Kontakt gesucht werden zwischen der AWR, anderen Abfallwirtschaftsbetrieben und dem Landesbetrieb, um gemeinsam nach Lösungen für dieses schwierige Material zu suchen.

P 9 Unterstützung des Grünpelletprojektes

Eines der Projekte in Borgstedt ist die Grünpelletproduktion (vgl. Kapitel 3.5.1). Dieses Projekt wird nicht in der Fläche eingesetzt werden können, da die Stoffströme nicht überall vorhanden sind. Interessant wäre z.B. die Kooperation mit den Abfallwirtschaftsbetrieben sowie dem Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr. Die Grünpellets könnten durch Materialien des Landesbetriebes produziert werden - bei ausreichender Trennung der Fremdstoffe durch die Abfallwirtschaftsbetriebe. Somit könnten die Pellets zentral an den Abfallwirtschaftsbetrieben und ausgesuchten Grünschnittsammelplätzen hergestellt werden. Ziel sollte es sein, mindestens fünf Produktionsanlagen zu errichten. Zum anderen sollten die Kommunen bei der Erstellung von regionalen Wärmeplänen informiert werden über das Konzept der Grünpellettheizungen und diese mit zur Abdeckung der Spitzenlast in Wärmenetzen einplanen. Ziel sollte es sein, mindestens 10 Pelletkessel auf Basis von Grünpellets zu errichten.

P 10 Kohlenstoff Sequestrierung – die CO₂ Kompensation der KielRegion

Die Pyrolyseanlage in Borgstedt bietet die Möglichkeit einer Nutzung von schwer zu verbrennenden und zu vergärenden organischen Materialien. Ziel ist es, eine Biokohle zu produzieren, die im Rahmen der Sequestrierung von Kohlenstoff in landwirtschaftlichen Böden eingesetzt werden kann. Dadurch können Treibhausgassenken geschaffen werden.

Zusammen mit der Landwirtschaft wird ein Projekt zur Kompensation von CO₂ aufgesetzt. Ziel ist es, dass dieses Projekt den ambitionierten Gold Standard erreicht, der vom Umweltbundesamt beworben wird.⁹² Durch die Einarbeitung der Biokohle in den Boden entstehen hohe C-Vorräte, die einen positiven Einfluss auf die Wasserhaltekapazität haben. Beide Punkte sind wichtig, zum einen stärkt das Projekt die C-Senke, zum anderen werden Trockenheitsperioden abgemildert.

⁹² Siehe <https://www.goldstandard.org/>

8 Literaturverzeichnis

- 3N Kompetenzzentrum (2020):** Heizen mit Holz Holzpellets | Hackschnitzel | Stückholz2020 (URL: www.3-n.info | Zugriff am: 26.01.2023).
- Alberding, K. (2022):** Experteninterview. Alberding, K. IZES gGmbH am 28.06.2022.
- BAFA (2022):** Energie - Liste der innovativen Biomasseanlagen (URL: www.bafa.de | Zugriff am: 26.01.2023).
- Baur, F.; Hoffmann, P.; Noll, F.; Wern, B. (2022):** Klimaneutrale Wärmeversorgung der Zukunft - was kann und muss Bioenergie leisten?2022 (URL: www.researchgate.net | Zugriff am: 27.01.2023).
- Bernhardt, A. (2019):** EmMA - EmissionsMonitor KleinfeuerungsAnlagen: Analyse, Bewertung und Optimierung des Umgangs mit Rückständen aus sekundären Emissions-minderungsmaßnahmen am Beispiel von Kleinfeuerungsanlagen2019 (URL: www.izes.de | Zugriff am: 27.01.2023).
- Bi.En (2022):** Regionale Klimaneutrale Pellets2022.
- BMEL (2022):** Nutzen und Bedeutung der Bioenergie2022 (URL: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeconomie-nachwachsende-rohstoffe/bioenergie-nutzen-bedeutung.html> Abgerufen 27.01.2023 | Zugriff am: 27.01.2023).
- BMWK; BMEL; BMUV (2022):** Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS)2022 (URL: www.bmel.de | Zugriff am: 27.01.2023).
- DBFZ (2014):** Abschätzung des Anteils zentraler Holzfeuerungsanlagen an den Staubemissionen in Deutschland - Kurzstudie2014 (URL: www.dbfz.de | Zugriff am: 26.01.2023).
- dena (2017):** biogaspartner – gemeinsam einspeisen2017 (URL: www.dena.de | Zugriff am: 26.01.2023).
- DEPI (o. J.a):** Pelletproduktion (URL: www.depi.de | Zugriff am: 26.01.2023).
- AVV (2002):** Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis vom 1.1.2002. Deutscher Bundestag.
- EEG 2023 (1.8.2014):** Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien. Deutscher Bundestag.
- KSG (18.12.2019):** Bundes-Klimaschutzgesetz. Deutscher Bundestag.

KrWG (): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen - Kreislaufwirtschaftsgesetz. Deutscher Bundestag.

BioAbfV (): Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden - Bioabfallverordnung vom 21.09.1998. Deutscher Bundestag.

TierNebG (): Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz. Deutscher Bundestag.

DVGW (2017): Ihre Gasabrechnung mit Sicherheit richtig!2017 (URL: www.swkiel-netz.de | Zugriff am: 26.01.2023).

Ehlers, F. (2022): Vortrag. 01.03.2022.

2008/98/EG (): Richtlinie über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien vom 19.11.2008. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union.

Fassbender, B.; Baur, F.; Frantzen, J.; Speck, M.; Springer, M.; Trapp, M.; Weiler, K.; Wern, B.; Ziegler, C.; Gebhard, R. (2011): Biomasse-Potenzialanalyse für das Saarland. Der Teilplan Biomasse zum Master-Plan Neue Energie.2011.

Fleischer, B. (2019): Systemeffekte von Bioenergie in der Elektrizitäts- und Fernwärmewirtschaft: eine modellgestützte Analyse langfristiger Energiewendeszenarien in Deutschland2019.

FNR (2020): Pelletheizungen2020 (URL: www.fnr.de | Zugriff am: 26.01.2023).

Goll, H. (2022): Experteninterview. Goll, H. IZES gGmbH am 28.06.2022.

HanseWerk Natur (o. J.b): Partner für Klimaschutz (URL: www.hansewerk-natur.com | Zugriff am: 26.01.2023).

Hohenschurz-Schmidt, R.; Scholwin, F.; Viertmann, O. (2021): Bioökonomie in der Abfallwirtschaft. MÜLL und ABFALL. Heft 10.

Irslinger, R. (2022): Scientist_Letter_climate_smart_forest_management.

Kiel (o. J.c): Kieler Wandel | Klimaschutzstadt Kiel 100% (URL: www.kiel.de | Zugriff am: 26.01.2023).

LfL (o. J.): Biogasausbeuten verschiedener Substrate. Daten zu Gasausbeuten und Methangehalten von ca. 350 Substraten o. J. (URL: www.lfl.bayern.de | Zugriff am: 27.01.2023).

Luick, R.; Hennenberg, K.; Leuschner, C.; Grossmann, M.; Jedicke, E.; Schoof, N.; Waldenspuhl, T. (2021): Primeval, natural and commercial forests in the

context of biodiversity and climate protection - Part 2: The Narrative of the Climate Neutrality of Wood as a Resource. Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL) Nr. 53. Heft 1. S. 22–35.

Matschoss, P.; Steubing, M.; Pertagnol, J.; Zheng, Y.; Wern, B.; Dotzauer, M.; Thrän, D. (2020): A consolidated potential analysis of bio-methane and e-methane using two different methods for a medium-term renewable gas supply in Germany. Energy, Sustainability and Society Nr. 10. Heft 1. S. 1–17. BioMed Central (URL: energysustainsoc.biomedcentral.com).

MELUND (2012): Dritte Bundeswaldinventur (BWI 2012). Landesbericht für Schleswig-Holstein 2012.

MELUND (2021): Abfallwirtschaftsplan - Teilplan Klärschlamm 2021.

Niemz, P. (1993): Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. Holz Anatomie - Chemie - Physik. DRW-Verlag. 1993.

Plön (2021): Abfallwirtschaftskonzept 2022 - 2026 2021.

Pöyry (2014): Potentialuntersuchung und Ausbauprognose erneuerbarer Energien in Schleswig-Holstein, Studie im Auftrag des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein 2014 (URL: www.patrick-breyer.de).

Preetz (2015): Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Preetz. Abschlussbericht 2015 (URL: www.preetz.de | Zugriff am: 27.01.2023).

MELUND (2023): Abfallwirtschaft - Siedlungsabfallbilanz. MELUND (URL: www.schleswig-holstein.de | Zugriff am: 26.01.2023).

Sörgel, C.; Mantau, U.; Weimar, H. (2006): Aufkommen von Sägenebenprodukten und Hobelspänen 2006 (URL: literatur.thuenen.de | Zugriff am: 26.01.2023).

Statistikamt Nord (2021a): Statistischer Bericht. Kennziffer CI/CII – j 20 SH. Bodennutzung und Ernte in Schleswig-Holstein 2020. 2021.

Statistikamt Nord (2021b): Bevölkerung und Fläche der KielRegion 2021.

Steubing, M.; Dotzauer, M.; Zakaluk, T.; Wern, B.; Noll, F.; Thraen, D. (2020): Bioenergy plants' potential for contributing to heat generation in Germany. Energy, Sustainability and Society Nr. 10. Heft 1. S. 75.

Strobl, M. & Keymer, U. (2006): Technische und ökonomische Kennzahlen landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Landtechnik 61 2006.

Tepker, C. (2022): Experteninterview. Tepker, C. IZES gGmbH am 27.06.2022.

- Thrän, D. & Diana, P. (2021):** Methodenhandbuch. Begleitvorhaben Förderbereich "Energetische Biomassenutzung" (DBFZ).2021.
- Thünen-Institut (2012):** Dritte Bundeswaldinventur. Ergebnisdatenbank | Zugriff am: 27.01.2023).
- Vogler, C.; Wern, B.; Porzig, M.; Hauser, E.; Guss, H.; Baur, F.; Scholl, F.; Böffel, A.; Mechenbier, D. (2020):** Altholz -Quo vadis?2020.
- Voß, H. (2022):** Experteninterview. Voß, H. IZES gGmbH am 28.04.2022.
- Wern, B. & Vogler, C. (2020):** Altholz Quo Vadis. Zukünftige Entwicklung EEG-geförderter Altholzanlagen in Deutschland - Altholz im Strom- und Wärmesektor (URL: www.izes.de).
- Wern, B. (2012):** Strategie und Maßnahmen zur Holzenergienutzung unter Berücksichtigung von Holzkaskaden am Beispiel des Saarlandes in DBFZ: Energetische Biomassenutzung. Berlin.
- Wern, B.; Lenz, V.; Sperber, E.; Saadat, A.; Schmidt, D.; Engelmann, P.; Hering, D.; Xhonneux, A.; Giovannetti, F.; Schmidt, F.; Jordan, M.; Strunz, S.; Ebert, H.-P. (2020a):** Lösungsbeiträge zur Energiesystemtransformation • Wärme in Privathaushalten Einleitung in FVEE: Energy Research for Future – Forschung für die Herausforderungen der Energiewende". Berlin.
- Wern, B.; Vogler, C.; Baur, F.; Laub, K.; Matschoss, P.; Noll, F.; Pertagnol, J.; Porzig, M.; Zheng, Y. (2020b):** Aktualisierung der Bioenergiedaten im Saarland2020.
- Zebau (2021):** Klimaschutzkonzept Kronshagen: ZEBAU (URL: www.zebau.de | Zugriff am: 26.01.2023).

Anhang A: Content Index

Positionen des Auftraggebers	Fundstelle im Bericht mit Kapitelbezug
Position 1: Konkretisierung von ausgewählten Modellprojekten	3.5
Position 2: Identifikation Innovativer Technologien	3.4
Position 3a: Identifikation Biomasse-Vorkommen	4
Position 3b: weiterführende Untersuchungen Biomasse-Vorkommen	4
Position 4: Sonstiger Untersuchungsbedarf	1; 2; 5; 7
Position 5: Aufbau eines Akteur-Netzwerkes	6
Position 6: Projektmanagement/Kommunikation	wurde durchgeführt
Position 7: Grundkonzept zum zeitlichen Ablauf des Projektes und Benennung von Meilensteinen	5
Position 8: Erstellung eines Endberichts unter Berücksichtigung der Vorgaben des Fördergebers im pdf-Format	liegt vor
Position 9: Abschlusspräsentation und Übergabe aller Daten und Unterlagen inkl. Übergabetermin zur Einführung in die Unterlagen	erfolgt nach Absprache
Position 10: OPTIONAL: Erstellung eines barrierefreien Endberichts	erfolgt nach Freigabe des vorliegenden Berichts
Position 11: OPTIONAL: Digitale Bereitstellung der Ergebnisse aus Position 3a an die beteiligten Verwaltungen (LH Kiel, Kreise Plön und RD-Eck) in Form von GIS-Datensätzen.	erfolgt nach Absprache
Position 12: OPTIONAL: Erarbeitung von Vorgehensweisen für die Weiterentwicklung, Fortführung, Aktualisierung der GIS-Datensätze, damit Änderungen im Biomassepotenzial auch in Zukunft erfasst und die Datensätze entsprechend angepasst werden können.	erfolgt nach Absprache

Anhang B: Anlagenliste

Tabelle 52: Anlagenliste der Stromerzeugenden Anlagen

Nr.	Kreis	Name und Adresse	Straße	Nr.	PLZ	Ort	Bemes- sungs- leistung in kWel	Netto- Nenn- leistung in kWel	Flex j/n	Input	Output
1	Stadt Kiel	Stadtwerke Kiel AG	Uhlenkrog	32	24113	Kiel	0	70	N	Leitung=	Biomethan
2	Stadt Kiel	Förde Bioenergie GmbH & Co. KG	Gut Eckhof	1	24229	Strande	330	699	J	Landwirt- schaft	Biogas (vor Ort verstromt)
3	Stadt Kiel	Gejo Energietechnik GmbH & Co. KG	Clausewitz- straße	9	24105	Kiel	0	143	N	Leitung=	Biomethan
4	Plön	Hansen Milch eG	Oha	1 a	24326	Ascheberg	376	479	J	Milchpro- duktion	Biogas (vor Ort verstromt)
5	Plön	Stadtwerke Kiel AG	Gutshof	1	24327	Blekendorf	314	330	N	Landwirt- schaft	Biogas (vor Ort verstromt)
6	Plön	Bioenergie Bönebüttel GmbH & Co.KG	Bönebütteler Damm	164	24620	Bönebüttel	1.648	1.723	N	Landwirt- schaft	Biogas (vor Ort verstromt)
7	Plön	Georg Tietgen Landwirt	Hollmoors- kamp	1	24326	Dersau	0	70	N	Abfall	Abfall, fest, rein biogen
8	Plön	Naturenergie Engellau GmbH & Co. KG	Engellau	44	24321	Giekau	380	400	N	Nawaro	Biogas (vor Ort verstromt)
9	Plön	HoPe Energie GmbH & Co. KG	Petersberg	3	24321	Tröndel	380	400	N	Landwirt- schaft	Biogas (vor Ort verstromt)
10	Plön	Gut Behl	Grebin	1	24329	Grebin	376	479	J	Gülle	Biogas (vor Ort verstromt)
11	Plön	Mergelgraben	Laboe		24235	Laboe	0	250	N	unbekannt, Ausspei- sung aus netz	Biomethan
12	Plön	Bioenergie Honigsee GmbH	Neuhauser Weg	1	24619	Honigsee	1.898	1.948	J	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
13	Plön	Gutshof	Kletkamp	1	24327	Kletkamp	1.083	1.137	N	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)

14	Plön	Agrarenergie Moorrehmen GmbH & Co. KG	Moorrehmen	2	24257	Köhn	500	973	N	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
15	Plön	Bioenergie Lebrade-Rixdorf GmbH & Co. KG	Am Torhaus	1	24306	Lebrade	1.082	2.553	J	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
16	Plön	WE B&P	Hof Brede- neek	2	24211	Lehmkuh- len	394	590	N	Landwirt- schaft	Biogas (vor Ort verstromt)
17	Plön	Naturenergie Trent	Schulstraße	48	24211	Lehmkuh- len	333	350	N	Landwirt- schaft	Biogas (vor Ort verstromt)
18	Plön	Bioenergie Trent GmbH & Co. KG	Lassabeker Weg	2	24211	Lehmkuh- len	640	1.258	N	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
19	Plön	Bunendorp	Lütjenburg	1	24321	Lütjenburg	0	450	N	unbekannt, Ausspei- sung aus netz	Biomethan
20	Plön	Biopower Schien GmbH & Co. KG	Klintener Weg	1	21079	Martens- rade	1.007	1.045	J	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
21	Plön	NaWaRo Nehnten GmbH & Co.KG	Alte Meierei	1	24326	Nehnten	537	662	J	Milchpro- duktion	Biogas (vor Ort verstromt)
22	Plön	Fünf-Seen-Allee	Plön	5	24306	Plön	0	250	N	unbekannt, Ausspei- sung aus netz	Biomethan
23	Plön	Bioenergie Hof Hörnsee GmbH & Co. KG	Kronsredder	1	24211	Pohnsdorf	785	1.960	J	Milchpro- duktion	Biogas (vor Ort verstromt)
24	Plön	Rethwischer Weg	Rethwischer Weg	26	24211	Preetz	0	50	N	Leitung?	Biomethan
25	Plön	Dorfstraße	Dorfstraße	17	24329	Rantzau	0	75	N	Milchpro- duktion	Biogas (vor Ort verstromt)
26	Plön	Langsteinbrook	Langstein- brook	1	24329	Rantzau	0	75	N	Milchpro- duktion	Biogas (vor Ort verstromt)
27	Plön	Abfallwirtschaftszentrum Rastorf GmbH & Co. KG	Hoheneichen	20	24211	Rastorf	0	370	N	Abfälle	Deponiegas
28	Plön	Erstes Fahrenhorster Bio- massekraftwerk GmbH & Co. KG			24619	Rends- wühren	500	1.008	N	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)

29	Plön	Biogas Ruhwinkel GmbH & Co.KG	Dorfstraße	17	24601	Ruhwinkel	1.766	2.445	N	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
30	Plön	BP-Energie GmbH & Co. KG	Mißmaaßener Weg	7	24601	Stolpe	685	926	J	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
31	Plön	Bio-Power Wielen GmbH	Zur Twiete	8	24211	Wahlstorf	1.383	1.973	J	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
32	Plön	Biogas Löhndorf GmbH & Co KG	Löhndorf	4	24601	Wankendorf	1.052	1.844	N	Gülle, Silage	Biogas (vor Ort verstromt)
33	Plön	Bioenergie Fargau GmbH&Co.KG	Hochkamp	1	24256	Fargau-Pratjau	392	400	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
34	Plön	Energiewerke Salza	Salza	1	24256	Fargau-Pratjau	0	372	N	Pflanzenöl	Pflanzenöl
35	Rendsburg-Eckernförde	Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH	Fuchsberg	2	24791	Alt Duvestedt	0	124	N	Altdeponie	Deponiegas
36	Rendsburg-Eckernförde	Biogas Kroll	Delm	3	24817	Tetenhusen	238	250	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
37	Rendsburg-Eckernförde	RheinEnergie AG	Tilsiter Weg	4	24161	Altenholz	0	600	N	Leitung	Biomethan
38	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Am Landsberg GmbH & Co. KG	Bucken	1	24613	Aukrug	1.125	1.450	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
39	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Bargstall GmbH&Co. KG	Hauptstraße	4	24806	Bargstall	778	800	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
40	Rendsburg-Eckernförde	Hofenergie Volker u. Christopher Biß GbR	Klein Amerika	1	25557	Beldorf	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
41	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Hof Scharfenstein GmbH & Co. KG	Scharfenstein	5	25557	Bendorf	1.865	2.153	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
42	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Beringstedt Christine Wendell	Aukamp	14	25575	Beringstedt	363	380	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
43	Rendsburg-Eckernförde	AWR Bioenergie GmbH	Borgstedtfelde	15	24794	Borgstedt	2.378	3.349	J	Bioabfälle	Biogas (vor Ort verstromt)
44	Rendsburg-Eckernförde	Eider Bioenergie GbR	Horst	2	24796	Bovenau	209	220	N	Milchwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
45	Rendsburg-Eckernförde	Maiswert II GmbH & Co. KG	Bokeler Straße	14	24793	Brammer	188	210	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
46	Rendsburg-Eckernförde	Erste ÖRE Biogas Unternehmensgesellschaft (haftungsbeschränkt) & Co. KG	Wakendorfer Weg	1	24796	Bredenbek	238	250	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)

47	Rendsburg-Eckernförde	Kronsburger Biogas GmbH & Co. KG	Kronsburger Redder	5	24796	Bredenbek	238	250	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
48	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie GbR Claustal	Claustal	3	24797	Breiholz	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
49	Rendsburg-Eckernförde	Biogas Lehmrade GmbH	Fleckebyer Landstraße	7	24811	Brekendorf	352	370	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
50	Rendsburg-Eckernförde	Biomassekraftwerk Bordesholmer Land GmbH & Co. KG	An der Kreisstr.	15	24582	Brügge	4.000	4.000	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
51	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Blöcker-Rixen GmbH & Co. KG	Buchwalder Chaussee		24582	Brügge	240	250	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
52	Rendsburg-Eckernförde	Riboer Bioenergie GmbH & Co. KG	Zum Born		24782	Büdelndorf	380	400	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
53	Rendsburg-Eckernförde	Agrarenergie Schuby GmbH&Co.KG	Schuby	18	24398	Dörphof	1.600	2.280	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
54	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Henrici GmbH & Co. KG	Schubyfeld	13	24398	Dörphof	800	1.520	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
55	Rendsburg-Eckernförde	Karlbergfelder Ostseeenergie GbR	Karlbergfeld	5	24398	Dörphof	143	170	J	Milchwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
56	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Carlshöhe	10	24340	Eckernförde	0	500	N	Leitung	Biomethan
57	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Wegwarte	23 b	24340	Eckernförde	380	400	J	Leitung?	Biogas (vor Ort verstromt)
58	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Jungfernstieg	110	24340	Eckernförde	0	215	N	Leitung	Biomethan
59	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Riesebyer Straße	5	24340	Eckernförde	0	215	N	Leitung	Biomethan
60	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Pferdemarkt	66	24340	Eckernförde	0	215	N	Leitung	Biomethan
61	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Ostlandstraße	12 a	24340	Eckernförde	0	112	N	Leitung	Biomethan
62	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Bornbrook	1	24340	Eckernförde	0	215	N	Leitung	Biomethan
63	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Holm	23	24340	Eckernförde	0	215	N	Leitung	Biomethan
64	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Saxtorfer Weg	14 a	24340	Eckernförde	0	215	N	Leitung	Biomethan

65	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Prinzenstraße	66	24340	Eckernförde	0	112	N	Leitung	Biomethan
66	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Gasstraße	12	24340	Eckernförde	0	238	N	Leitung	Biomethan
67	Rendsburg-Eckernförde	Stadtwerke Eckernförde GmbH	Preußerstraße	1	24340	Eckernförde	0	440	N	Leitung	Biomethan
68	Rendsburg-Eckernförde	Erik Müller Energie	Balzburg	12	24589	Ellerdorf	152	160	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
69	Rendsburg-Eckernförde	BEW Bio-Energie-Westermühlen GmbH	Bargstaller Straße	3	24800	Elsdorf-Westermühlen	975	1.268	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
70	Rendsburg-Eckernförde	Biomasse Ade GmbH	Bargstaller Straße	3	24800	Elsdorf-Westermühlen	0	185	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
71	Rendsburg-Eckernförde	Biogas Hamweddel GmbH & Co KG	Hauptstraße	9	24819	Embühren	594	625	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
72	Rendsburg-Eckernförde	D&K Biogas GmbH & Co. KG	Hauptstraße	4	24819	Embühren	480	922	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
73	Rendsburg-Eckernförde	Biogas Freudenberg GmbH & Co. KG	Freudenberger Weg	1	24819	Embühren	605	625	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
74	Rendsburg-Eckernförde	Biooase Naudszus	Grotenheid	2	24802	Emkendorf	852	1.672	J	Schweinezucht	Biogas (vor Ort verstromt)
75	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Seimer GmbH & Co. KG	Bokeler Straße	2	24802	Emkendorf	840	1.083	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
76	Rendsburg-Eckernförde	Zeavis GmbH & Co. KG	Neu Nordsee	2	24242	Felde	504	530	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
77	Rendsburg-Eckernförde	HanseWerk Natur GmbH	Hasselrader Weg	1	24242	Felde	237	249	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
78	Rendsburg-Eckernförde	HanseWerk Natur GmbH	Storchennest	2	24220	Flintbek	0	250	N	Leitung	Biomethan
79	Rendsburg-Eckernförde	Bio PM GmbH & Co. KG	Starkenbrook		24214	Gettorf	252	265	N	Leitung	Biogas (vor Ort verstromt)
80	Rendsburg-Eckernförde	Bio PM GmbH & Co. KG	Ravensberg		24214	Gettorf	252	265	N	Leitung	Biogas (vor Ort verstromt)
81	Rendsburg-Eckernförde	Bio PM GmbH & Co. KG	Niendamm		24214	Gettorf	646	865	J	Leitung	Biogas (vor Ort verstromt)

82	Rendsburg-Eckernförde	BioEnergie Gettorf GmbH & Co. KG	Süderstraße		24214	Gettorf	1.200	2.280	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
83	Rendsburg-Eckernförde	HanseWerk Natur GmbH	Fischerstraße	14	24214	Gettorf	314	330	N	Leitung?	Biogas (vor Ort verstromt)
84	Rendsburg-Eckernförde	Hof Struve Energie GmbH & Co. KG.	Altenjahn	4	24594	Grauel	375	396	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
85	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Groß Vollstedt GmbH	Dorfstraße	2	24802	Groß Vollstedt	684	804	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
86	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Wittensee GmbH & Co. KG	Brandenhorst	1	24361	Groß Wittensee	213	220	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
87	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Wittensee GmbH & Co. KG	Söhr		24361	Groß Wittensee	245	254	J	Leitung?	Biogas (vor Ort verstromt)
88	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Wittensee GmbH & Co. KG	Kirchenweg		24361	Groß Wittensee	0	1.202	N	Leitung?	Biogas (vor Ort verstromt)
89	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Güby GmbH & Co. KG	Dorfstraße	11	24357	Güby	512	973	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
90	Rendsburg-Eckernförde	Torben Timm Landwirtschaftlicher Betrieb. Ziegelhofer	Ziegelhofer Straße	4	24819	Haale	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
91	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Kamp GmbH & Co. KG	Hamdorf-Kamp	6	24805	Hamdorf	774	800	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
92	Rendsburg-Eckernförde	Biogas Hamweddel GmbH & Co KG	Dorfstraße	32	24816	Hamweddel	594	625	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
93	Rendsburg-Eckernförde	Biogas Voss & Voss GmbH & Co.KG	Eggershof		24790	Haßmoor	250	252	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
94	Rendsburg-Eckernförde	unbekannt			24594	Hohenwestedt	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
95	Rendsburg-Eckernförde	Dujos Holtsee	Trömbek	2a	24363	Holtsee	1.362	1.517	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
96	Rendsburg-Eckernförde	E.Power Hohenlieth GmbH und CoKG	Achters Hohenlieth	4	24363	Holtsee	75	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
97	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Osterby	Elmenhorst	3	24357	Hummelfeld	188	191	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
98	Rendsburg-Eckernförde	Biogas Hamweddel GmbH & Co KG	Barkhorn	0	24808	Jevenstedt	594	625	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
99	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie SchuTa GmbH & Co.KG		0	24808	Jevenstedt	500	982	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)

100	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie SchuTa GmbH & Co.KG	Barkhorn	0	24808	Jevenstedt	570	1.101	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
101	Rendsburg-Eckernförde	Hansen Energie GmbH & Co. KG, Kosel	Eschelsmark	5	24354	Kosel	256	265	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
102	Rendsburg-Eckernförde	Erste ÖRE Biogas Unternehmergeellschaft (haftungsbeschränkt) & Co. KG	Alte Dorfstraße	15	24796	Krumm-wisch	238	250	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
103	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Langwedel GmbH & Co. KG	Ziegelei	3	24631	Langwedel	761	1.900	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
104	Rendsburg-Eckernförde	FS-Agrarenergie GmbH & Co. KG	Ziegelei	1	24631	Langwedel	605	637	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
105	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Gravert GmbH&CoKG	An der Mühlenau	18	24214	Lindau	380	400	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
106	Rendsburg-Eckernförde	BioEnergie Prien Lindau GmbH&CoKG	Königsförder Straße	38	24214	Lindau	0	100	N	Geflügel	Biogas (vor Ort verstromt)
107	Rendsburg-Eckernförde	Biogas Hülsen GmbH	Hauptstraße	29	24644	Loop	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
108	Rendsburg-Eckernförde	Biogas SievOh GmbH & Co. KG	Born	1	25585	Lütjenwestedt	630	1.197	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
109	Rendsburg-Eckernförde	LaRa Naturenergie	Tackesdorfer Straße	2	25585	Lütjenwestedt	255	504	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
110	Rendsburg-Eckernförde	LaRa Naturenergie	Weidenweg	3	25585	Lütjenwestedt	255	504	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
111	Rendsburg-Eckernförde	Schliemann GmbH & Co. KG	Schoolstraat	65	24816	Luhnstedt	2.310	2.921	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
112	Rendsburg-Eckernförde	Voß Günter Gärtnerei GO	Lilienweg	3	24340	Goosefeld	530	845	J	Gärtnerei	Biogas (vor Ort verstromt)
113	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Marienthal GmbH & Co. KG	Marienthal	3	24340	Goosefeld	1.439	1.689	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
114	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Schulendamm GmbH & Co. KG	Schulendamm	1	24794	Neu Duvestedt	580	1.102	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
115	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Warleberg GmbH & Co. KG	Warleberg	8	24214	Neuwittenbek	0	400	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
116	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Warleberg GmbH & Co. KG	Annenhof		24214	Neuwittenbek	0	380	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
117	Rendsburg-Eckernförde	Hof Lindemann	Dorfstraße	2	24594	Nindorf	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)

118	Rendsburg-Eckernförde	Watt 4 U GmbH & Co. KG	Achterfeld	39	24809	Nübbel	769	999	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
119	Rendsburg-Eckernförde	Watt 4 U GmbH & Co. KG	Achterfeld	49	24809	Nübbel	760	1.440	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
120	Rendsburg-Eckernförde	Wiese Umweltservice	Noerer Straße	60	24251	Osdorf	740	1.406	N	Speiseabfälle, Fette, Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
121	Rendsburg-Eckernförde	ROR Biogas GmbH & Co. KG			24790	Ostenfeld	767	950	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
122	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Osterby	Deweik	2	24367	Osterby	186	191	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
123	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Osterby	Schulstraße	23	24367	Osterby	252	265	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
124	Rendsburg-Eckernförde	Oltschwager Bioenergie GbR	Winsel	1	25590	Osterstedt	380	731	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
125	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Tolk GmbH & Co. KG	Dörpstraat	20	24848	Boklund	703	890	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
126	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Owschlag GmbH & Co. KG	Op De Barg	10	24811	Owschlag	386	400	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
127	Rendsburg-Eckernförde	NaWaRo-Rosenhof	Rosenhof	1	24634	Pa-denstedt	0	1.947	N	NaWaRo	Biogas (vor Ort verstromt)
128	Rendsburg-Eckernförde	ENARO-Quarnbek GmbH Biogasanlagen	Am Gut	9	24107	Quarnbek	509	536	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
129	Rendsburg-Eckernförde	unbekannt	Dorfstraße	21	24790	Rade	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
130	Rendsburg-Eckernförde	Kühl Biogas KG	Dorfstraße	10	24790	Rade	160	304	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
131	Rendsburg-Eckernförde	energcity Contracting Nord	Pastor-Schröder-Straße	3	24768	Rendsburg	0	386	N	Leitung	Biomethan
132	Rendsburg-Eckernförde	Riboer Bioenergie GmbH & Co. KG	Großenhörter Weg		24782	Rickert	190	200	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
133	Rendsburg-Eckernförde	HanseWerk Natur GmbH	Kieler Str.	1	24790	Schacht-Audorf	238	250	N	Leitung?	Biogas (vor Ort verstromt)
134	Rendsburg-Eckernförde	Hohenberg Energie GmbH	Hohenberg		24790	Schacht-Audorf	450	450	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)

135	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Schülup GmbH & Co. KG	Looper Weg	19	24589	Schülup	1.108	1.480	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
136	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Schülup GmbH & Co. KG	Dorfstraße	49	24589	Schülup	489	800	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
137	Rendsburg-Eckernförde	Otte Biogas GmbH & Co. KG	Jevenstedter Straße	2	24813	Schülup	2.714	3.460	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
138	Rendsburg-Eckernförde	Otte Biogas GmbH & Co. KG	Tinnhorn		24813	Schülup	619	640	N	Leitung?	Biogas (vor Ort verstromt)
139	Rendsburg-Eckernförde	Rüsterbergen Biogas GmbH & Co. KG	Am Rüsterbergen	3	24813	Schülup	386	400	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
140	Rendsburg-Eckernförde	Sievers Strom GmbH & Co. KG	Wiesengrund	4	24816	Stafstedt	1.210	2.447	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
141	Rendsburg-Eckernförde	Carstens/Horstmann Strom-GbR	Hauptstraße	20	25557	Steenfeld	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
142	Rendsburg-Eckernförde	BGA Hauke Scheel GmbH & Co. KG	Hauptstraße	2	25557	Steenfeld	351	365	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
143	Rendsburg-Eckernförde	BGA Thies GmbH & Co. KG	Hauptstraße	5	25557	Steenfeld	570	600	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
144	Rendsburg-Eckernförde	Förde Bioenergie GmbH & Co. KG	Gut Eckhof	1	24229	Strande	301	378	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
145	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Delfs GbR	Iloo-Weg	46	24644	Timmaspe	323	400	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
146	Rendsburg-Eckernförde	BioEnergie Gettorf GmbH & Co. KG	Rabensmoor	0	24214	Tüttendorf	3.420	3.500	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
147	Rendsburg-Eckernförde	Schwark Biogas GbR	Holander Allee	20	24214	Tüttendorf	0	75	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
148	Rendsburg-Eckernförde	Rohwer & Wieck Biogas KG	Steinkamp	1	24646	Warder	0	86	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
149	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Viemann Wasbek GmbH & Co.KG	Timmasper Weg	3	24647	Wasbek	0	250	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
150	Rendsburg-Eckernförde	Sträter Bioenergie GmbH & Co. KG	Prehnsfelde	7	24647	Wasbek	249	250	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
151	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Blöcker-Rixen GmbH & Co. KG	Dorfstraße	5	24582	Wattenbek	550	570	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
152	Rendsburg-Eckernförde	Bio Energie Tarott	Eichenallee	4d	24340	Windeby	0	716	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)

153	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Hestemaas GmbH & Co. KG	Hestemaas	3	24398	Winne-mark	1.200	2.280	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
154	Rendsburg-Eckernförde	Bioenergie Ahlefeld GmbH & Co. KG	Alte Dorfstraße	20	24358	Ahlefeld-Bistensee	1.820	2.736	J	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)
155	Rendsburg-Eckernförde	Bistensee Energie GmbH u Co KG	Dorfstraße	47	24358	Ahlefeld-Bistensee	0	441	N	Landwirtschaft	Biogas (vor Ort verstromt)

Anhang C: Kontaktliste

Rolle	Bio-masseart	Ge-biet	Firma/Institu-tion	Ansprech-partner*in	Funktion	Adresse	E-Mail	Telefon
Abneh-mer	Gras	RD	get 2 energy GmbH & Co. KG	Diana Tom-sche	Projektlei-terin	Wall 55, 24103 Kiel	diana.tom-sche@get2energy.de	+49 (431) 38960-194
Abneh-mer	alle	alle	Carbo-FORCE GmbH	Malte Graf	Geschäfts-führer	Industriestr. 5 24211 Preetz	m.graf@carbo-force.de	+49 (4342) 78 93 21
Abneh-mer	Biogas	Plö n	Bio-Abfall-Verwertungsgesell-schaft mbH	Dr. Bruhn-Lobin	Geschäfts-führer	Padensted-ter Weg 1, 24539 Neu-münster	N.Bruhn-Lobin@swn.net	04321 202-821
Abneh-mer	Klär-schlamm	Kiel	Müllverbren-nung Kiel GmbH & Co. KG	Dr. Frank Ehlers	Geschäfts-führer	Theodor-Heuss-Ring 30, 24114 Kiel	frank.ehlers@mvkiel.de	0431 260 95-2154
Abneh-mer	Gras/Holz	Plö n	AWKP Abfall-wirtschaftsge-sellschaft Kreis Plön mbH	Stefan Plischka	Geschäfts-führer	Behler Weg 21a, 24306 Plön	stefan.plischka@kreis-ploen.de	04522 7474-74
Abneh-mer	Gras/Holz	Kiel	Abfallwirt-schaftsbetrieb Kiel (ABK)	Andreas Kirchhof	Werkslei-ter	Daimler-straße 2, 24109 Kiel	andreas.kirchhof@abki.de	0431 5854 - 178

Abnehmer	Gras/Holz	RD	Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH	Ralph Hohenschurz-Schmidt	Geschäftsführer	Borgstedtfelde 15, 24794 Borgstedt	Hoschmi@awr.de	04331 - 345 123
Abnehmer	Speisereste	RD	Wiese Umweltservice GmbH & Co. KG	Carsten Wiese	Geschäftsführer	Noerer Straße 60, 24251 Osdorf	c.wiese@wiese-umweltservice.de	04346-7484
Abnehmer	Biogas	Kiel	Stadtwerke Kiel	Frank Meier	Vorstand	Uhlenkrog 32, 24113 Kiel	frank.meier@stadtwerke-kiel.de	0431 9879 3000
Abnehmer	Biogas	RD	Stadtwerke SH GmbH & Co. KG	Wolfgang Schoofs, Helge Spehr	Geschäftsführer	Am Eiland 12, 24768 Rendsburg	h.spehr@stadtwerke-rendsburg.de	04331 209-0
Abnehmer	Gras/Holz	Kiel	oar Humus- und Erdenwerk	Bernd Clausen	Betriebsstättenleiter	Dehnhöft 5, 24161 Altenholz	bernd.clausen@oar.de	0 43 49 9175 14
Inhaber	alle	alle	LLUR	Christian Koppitz	Abteilung Naturschutz und Forst	Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek	Christian.Koppitz@llur.landsh.de	+49 4347 704-336
Inhaber	alle	Plön	Amt für Abfallwirtschaft	Klemens Brien		Behler Weg 21a, 24306 Plön	klemens.brien@kreis-ploen.de	49 4522 743 - 604
Inhaber	Gras	alle	Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein	Lisa Bönke	Flächenmanagement	Eschenbrook 4,	lisa.boenke@stiftungsland.de	+49 431 210 90 320

						24113 Molfsee		
Inhaber	Gras	alle	Deutschen Verband für Landschaftspflege	Uwe Dierking	Leitung des Landesbüros SH	Seekoppelweg 16, 24113 Kiel	u.dierking@dvl.org	0431-65998546
Inhaber	Holz	alle	Schleswig-Holsteinische Landesforsten AöR	Jens-Birger Bosse	Abteilungsleiter Biologische Produktion	Memellandstraße 15, 24537 Neumünster	jens-birger.bosse@forstsh.de	04321/5592160
Inhaber	Holz	Plön	Gut Rixdorf	Moritz Adamska	Gutsverwalter	Am Torhaus 1, 24306 Lebrade	gutrixdorf@graf-von-westphalen.de	+49 4522 3360
Inhaber	Gras/Grünschnitt	Plön	Integrierten Station Holsteinische Schweiz des Landes	Carsten Burggraf	Stationsleitung	Robert-Schade Str. 24, 23701 Eutin	Carsten.Burggraf@llur.landsh.de	04521-77 61988
Verteiler	Wirtschaftsdünger	alle	Landwirtschaftskammer	Peter Lausen	Nährstoffbörse	Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg	plausen@lksh.de	+49 4331 9453-341
Verteiler	alle	alle	Lohnunternehmerverband	Nils Schäfer	Geschäftsführer	Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg	n.schaefer@lohnunternehmer.de	+49 4331 3386 300

Verteiler	Holz	alle	Rüchel Plöhn GmbH	Hans-Jürgen Plöhn	Geschäftsführer	Gehrland 1-3, 24361 Holzbunge	info@ruechel-ploehn.de	+49 (0) 4356 1003
Verteiler	Altholz	alle	Ehrich GmbH & Co. KG	Bernhard Scheil	Geschäftsführer	Holm 7, 24340 Eckernförde	info@ehrich.de	04351 - 71379-70
Verteiler	alle	alle	Blunk GmbH	Joachim Blunk, Jochen Blunk, Henrik Blunk	Geschäftsführer	Dorfstraße 1, 24619 Rendswühren	mail@blunk-gruppe.de	+49 (0) 4323 90 70 0
Verteiler	Gras/Holz	alle	walk der OHDG	Claus-Peter Nebendahl		Hauptstraße 10, 24329 Dannau	nebendahl@walk-natur.de	0170 / 85 91 965

Die vorliegende Kontaktliste umfasst Akteure, die im Rahmen der Untersuchung identifiziert wurde und die sich in gewisser Weise in den Prozess mit einbinden ließen. Darüber hinaus gibt es weitere Akteure, die angesprochen werden müssen, um über die Strategie informiert zu werden und eingebunden werden müssen.

Anhang D: Innovative Technologien

Anlagenhersteller für Biokohleanlagen

3R-Systems

Sitz: Hannover

Zielgruppe: Kommunen, Entsorgungsunternehmen, landwirtschaftliche und industrielle Betriebe.

Fokus: Energie autarke Karbonisierung von biogenen Rest- und Abfallstoffen im Pyrolyse-Verfahren. örtlichen Gegebenheiten, Ausgangsstoffe und Anforderungen fließen in das technische Gesamtkonzept mit ein

Das kleinste 3R-Karbonisierungsmodul:

- Input-Durchsatzmenge von 500kg/h mit einem TS-Gehalt von +/- 60%.
- Je nach Ausgangsmaterial werden vorgelagerte Prozesse in das 3R-System eingeplant und wirtschaftlich berücksichtigt.
- Eine Skalierbarkeit nach oben ist gegeben.

Das größte 3R-Karbonisierungsmodul:

- Input-Durchsatzmenge von 1 t/h mit 60% TS-Gehalt = 8.000 t/a,
- 700-900 KWth Wärmeüberschussleistung
- und einen Pflanzenkohlertrag zw. 2.200 – 2.400 t pro Jahr.

Biomacon

Sitz: Rehburg bei Hannover.

Fokus: Pyrolyseheizkessel produzieren aus trockenen Biobrennstoffen (TS>70%) klimapositive Wärme und hochwertige Pflanzenkohle

Anlagen in zwei unterschiedlichen Leistungsklassen:

- Edition F für FARM mit einer thermischen Leistung von 40 bis 160kW, Pflanzenkohleertrag 5 bis 22 kg/h
- Edition I für INDUSTRIE mit einer thermischen Leistung von 160 bis 600kW, Pflanzenkohleertrag 22 bis 70 kg/h

Carbo Force

Sitz: in Preetz.

Aus 240 Kilogramm trockener Holzhackschnitzel werden etwa 65 bis 70 Kilogramm Pflanzkohle. Eine Tonne davon kann je nach Ausgangsmaterial etwa 3,6 Tonnen CO₂ binden. Energieeinsatz ist nur zum Start des Prozesses notwendig.

Anschließend arbeiten Carbo-FORCE-Anlagen hocheffizient, autark, autotherm und produzieren Energie. Die robuste, wartungsarme Technik ohne empfindliche Hochtemperatur-Wärmetauscher bietet eine Laufzeitnutzung von ca. 90 % und Jahreslaufzeiten bis ca. 7.500 h.

Carbo-Force-Anlagen sind flexibel einsetzbar.

Sie werden idealerweise dort betrieben, wo kohlenstoffhaltige Rest- und Abfallstoffe anfallen und Wärme oder elektrische Energie benötigt wird. Gleichzeitig wird im Prozess Schwelgas freigesetzt, das nur zum Teil für die partielle Oxidation und Direktbefeuerung benötigt wird. Überschüssiges Gas wird abgeführt und kann als Produktgas für die Energieerzeugung und andere Zwecke genutzt werden. Bei der Carbo-Force Anlage auch korrosive Inhaltsstoffe karbonisiert werden. Eine Abgasrezirkulierung verhindert ein Verschlacken der Brennkammer.

Carbon Technik Schuster

Sitz: Dischingen

Das CTS-Standard-Modul besteht aus vier E900-Meilern und kann angepasst werden.

Nachschnittmodule: Biomasse-Trocknung, ORC-Anlage mit Verdampfereinheit, Wärmetauscher zur Wärmenutzung, Prozessgasreinigung zur Holzessigherstellung, Gaskühler zur Pflanzenölgewinnung, BHKW zur Erzeugung elektrischer Energie und CTS-Aktivkohleherstellung.

Mit einem E900-Meiler können in einem Jahr bis zu 400t Pflanzkohle aus bis zu 1.200t Biomasse karbonisiert werden.

Zusätzlich können über 3.168 MWh thermische Energie erzeugt werden.

Als Inputmaterial eignen sich alle rieselfähigen Biomassen. Mit den Nachschnittmodulen Prozessgasreinigung und Gaskühler ist eine stoffliche Nutzung der Pyrolyseöle möglich, was die Kohlenstoffeffizienz steigert.

Ökozentrum

Sitz: Langenbruck, Schweiz

Pyrolyse-Anlagen für verschiedene Lebensmittelanwendungen her – Ausgangspunkt war das Fruchtfleisch der Kaffeekirsche.

Auch feuchte Biomasse mit einem Wassergehalt von bis zu 54% kann mit der Anlage bei sehr niedriger Sauerstoffzufuhr zu Pflanzenkohle umgewandelt werden.

Pro Jahr können mit einer Anlage 900t feuchte Kaffeepulpe in etwa 260 t Pflanzenkohle umgewandelt werden.

Die Wärmeleistung beträgt 150kW. Die gewonnene Wärme wird dafür genutzt, um die Bohnen zu trocknen.

Pyreg

Sitz: Dörth

Spezialisierung: kompakte Durchlauf-Anlage für langsame Pyrolyse.

Zielgruppe: Kommunen, Industrieunternehmen, Landwirtschaftsbetriebe, Recyclinghöfe und Klärwerke.

Die Anlage Pyreg P500 kann bis zu 800t organische Reststoffe zu 230t Pflanzenkohle pro Jahr umwandeln und dabei 150kW Wärmeleistung bereitstellen.

Die Anlage P1500 können pro Jahr aus bis zu 2.300t Biomasse rund 680t Pflanzenkohle und 600kWth für weitere Zwecke (z.B. Trocknung, Nahwärmenetz) produziert werden.

Biomassearten: Klärschlamm, Gülle, Gärrest, Erntereste (Getreidespelzen und Stroh), Durchforstungsholz und Grünschnitt (Hackschnitzel oder Sägespäne) und Abfälle aus der Lebensmittelindustrie (Schalen, Kerne) sind nur einige Beispiele.

Feuchte Biomassen müssen auf einen TS-Gehalt von mind. 65% getrocknet werden, bevor sie in einer Pyreg-Anlage karbonisiert werden können. Die entstehenden Pyrolysegase werden verbrannt und energetisch zur Reaktorheizung genutzt.

SPSC GmbH

Sitz: München

Die SPSC-Retorten der Serie VARIO XL sind entwickelt worden, um Biomasse zu Pflanzenkohle in industriellen Mengen mit größtmöglichen Automatisierungsgrad zu veredeln und die während des Prozesses entstehende Energie umweltschonend und vollständig zu verwerten.

Verfahren: In der VARIO XL Retorte läuft ein vollautomatischer kontinuierlicher Prozess ab. Die Biomasse wird unter Sauerstoffausschluss erhitzt bis die eigentliche Thermolyse (Trockene Destillation) einsetzt. Dabei wird die Biomasse in ihre Bestandteile zersetzt – Kohlenstoff und Synthese-Gas. Das Synthese-Gas

wird in die Brennkammer geleitet, entsprechend den geltenden Vorschriften, behandelt (FLOX-Verfahren – flammenlose Oxidation).

Die dabei entstehende thermische Energie wird zum Teil zurück in den Prozess für die Thermolyse geführt und die Restenergie kann (z. Bsp. für Heizungs- oder Trocknungszwecke, Dampf- oder elektrische Energieerzeugung) genutzt werden.

Biomethananlagen – Voraussetzungen und Informationen

Für den Transport und Verkauf des eingespeisten Biomethans wird in der Regel ein Biogas- oder Erdgashandelsunternehmen eingesetzt. Dazu sind folgende Verträge notwendig:

Biogas-Bilanzkreisvertrag

Das Handelsunternehmen (der Transportkunde) muss mit dem Bilanzkreisnetzbetreiber einen Bilanzkreisvertrag abschließen, um das eingespeiste Biomethan durch das Gasnetz zu transportieren. In einem Bilanzkreis gleicht der Netzbetreiber die ein- und ausgespeisten Mengen aus und allfällige Mehr- oder Mindermengen werden mit dem Transportkunden verrechnet.

Einspeisevertrag

Der Einspeiser schließt mit dem Einspeisenetzbetreiber einen Einspeisevertrag ab, um zu regeln, wie die eingespeisten Mengen auf einen Bilanzkreis verteilt werden. Im Einspeisevertrag werden die Qualitätsanforderungen des eingespeisten Gases geregelt.

Ausspeisevertrag

Der Letztverbrauchende schließt für die Entnahme von Gas am physischen Ausspeisepunkt einen Ausspeisevertrag mit dem Ausspeisenetzbetreibenden. Die Kosten der Netznutzung unterscheiden sich nicht vom Erdgastransport und werden vom Letztverbrauchenden unabhängig vom Ort der Einspeisung mit den Netznutzungsentgelten jeweils bis zum virtuellen Punkt bezahlt.

Der Biomethanhandel unterscheidet sich durch den Herkunftsnachweis vom klassischen Erdgashandel. Die in das Erdgasnetz eingespeisten Mengen Biomethan müssen mit den entsprechenden gesetzlich geforderten Eigenschaften (z. B. „aus NawaRo erzeugt“) von der Erzeugung bis zur Nutzung dokumentiert werden. Es handelt sich dabei um Eigenschaften, die sich im Wesentlichen aus den gesetzlichen Rahmenbedingungen ergeben.

Neben der Abwicklung des Transports und der Abrechnung hält die Händlerin oder der Händler ein Gasportfolio bereit. Er kauft Biogasmengen von verschiedenen Erzeugenden ein und kann an verschiedene Abnehmende und Endverbrauchende ausliefern. Zudem ist die Händlerin oder der Händler in der Lage, Lieferungen strukturiert als Band, Profil oder auch einmalige Spot-Lieferung anzubieten. Diese klassischen Strukturierungen werden im Biomethanmarkt zudem von qualitativen Strukturierungen begleitet: Aus den Herkunftsmerkmalen ergeben sich eine Vielzahl möglicher Biomethanprodukte. Die Händlerin oder der Händler kann durch die Strukturierung dieser Merkmale individuelle Anforderungen bedienen, die sich aus den angestrebten Verwertungspfaden des Kunden ergeben.

Die erstellten Mengenbescheinigungen sind für Biomethankunden die Grundlage, um beispielsweise die Vergütungsansprüche gemäß EEG oder die Anrechenbarkeit im Rahmen des EEWärmeG nachzuweisen.

Zur Vereinheitlichung dieses Herkunfts- und Eigenschaftsnachweises steht seit Anfang 2011 das Biogasregister Deutschland bereit. In dem System können Produzierende, Händlerinnen oder Händler und Verbrauchende von Biomethan ihre eingespeisten Mengen dokumentieren. Mit dem dabei verwendeten Kriterienkatalog bleiben den Produzierenden und Händlerinnen bzw. Händlern alle Verwertungspfade offen. Nach einer Bestätigung der Angaben zu Produktionsbedingungen durch unabhängige Gutachter, können die Mengen einem Verbrauch zugeordnet werden und somit der Nachweis lückenlos zwischen Einspeisung und Entnahme belegt werden. Eine Mehrfachvermarktung wird so ausgeschlossen.

Rechtliche Rahmenbedingungen – Gesetze

Die rechtlichen Rahmenbedingungen der Biogaseinspeisung in Deutschland sind in verschiedenen Gesetzen und Verordnungen geregelt. Einen gesetzlichen Förderanspruch je kWh für die Einspeisung von Biomethan in das Gasnetz gibt es – anders als für Strom aus erneuerbaren Energien – nicht. Erzeuger von Biomethan müssen das Biomethan vielmehr selbst vermarkten.

Die Politik hat einen Instrumentenmix zur Förderung von Biomethan und zur Schaffung entsprechender Nachfragemärkte entwickelt. Einsatzfelder sind neben reinen Wärmeanwendungen insbesondere die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) sowie der Einsatz als Kraftstoff in Gasfahrzeugen. Der gesetzliche Rahmen für die Biogaseinspeisung wird aufgrund der vielen Wertschöpfungsstufen und erforderlichen Prozesse von einer Vielzahl von Regelungen bestimmt.

Wichtigstes Instrument für die Förderung erneuerbarer Energien ist in Deutschland das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Das EEG gewährt für Betreiber von Blockheizkraftwerken (BHKW), die Gas aus dem Erdgasnetz entnehmen, eine Förderung für

jede erzeugte kWh Strom, wenn der Betreiber nachweist, dass in dem jeweiligen Kalenderjahr mindestens genauso viel Biomethan in das deutsche Erdgasnetz eingespeist wurde wie zur Stromerzeugung in dem BHKW ausgespeist worden ist.

In diesem Fall erhält der Betreiber des Biomethan-BHKW eine finanzielle Förderung, die es ihm im Idealfall ermöglicht, dem Biogaseinspeiser einen auskömmlichen Biomethanpreis zu zahlen. Wird das Biomethan in neuen, seit Inkrafttreten des EEG 2017 in Betrieb genommenen BHKW mit einer installierten Leistung größer 150 kW eingesetzt, besteht der Anspruch auf finanzielle Förderung nur, wenn der Anlagenbetreiber zuvor erfolgreich an einer Ausschreibung teilgenommen hat. Bei Verstromung in bereits vor 2017 mit erneuerbaren Energien betriebenen BHKW ergibt sich die Höhe des Vergütungsanspruchs hingegen aus dem Gesetz. Wobei sich die Höhe der Förderung dann unter anderem danach bestimmt, welche Stoffe für die Biogaserzeugung zum Einsatz gekommen sind. Dabei ist es auch möglich, das eingesetzte Biomethan bei Verwendung unterschiedlicher Einsatzstoffe bilanziell zu teilen.

Wird Biomethan in Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt, kommt alternativ zu einer Förderung nach dem EEG auch die Inanspruchnahme des sog. KWK-Zuschlags nach dem KWKG in Betracht. Die nach dem KWKG gewährte Förderung bleibt jedoch deutlich hinter der Förderung nach dem EEG zurück, sodass dieses Vorgehen nur in Ausnahmefällen sinnvoll erscheint.

Die seit 2001 geltende Biomasseverordnung regelt für den Anwendungsbereich des EEG, welche Stoffe als Biomasse gelten, welche technischen Verfahren zur Stromerzeugung aus Biomasse in den Anwendungsbereich des Gesetzes fallen und welche Umweltauflagen bei der Erzeugung von Strom aus Biomasse einzuhalten sind. Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung sind Energieträger aus Phyto- und Zoomasse. Hierzu gehören auch Folge- und Nebenprodukte, Rückstände sowie Abfälle, deren Energiegehalt aus Phyto- und Zoomasse stammt. Die Definition von Biomasse schließt in § 2 Absatz 2 und Absatz 3 auch durch anaerobe Vergärung erzeugtes Biogas ein. Ausgeschlossen wird Biogas, das aus den folgenden Stoffen erzeugt wird (§ 2 Absatz 3, Nummer 2):

- gemischte Siedlungsabfälle aus privaten Haushalten einschließlich ausgelöster Biomassefraktionen,
- Hafenschlick und Gewässerschlämme,
- tierische Nebenprodukte,
- Klärschlamm, soweit dessen Anteil am Vergärungssubstrat 10 Gewichtsprozent übersteigt.

Die BiomasseV enthält zusätzlich eine Negativliste von weiteren Stoffen, die nicht als finanziell förderfähige Biomasse gelten (z. B. Altholz, Papier oder Textilien). Für Anlagen, die unter das EEG2012 fallen, regelt die BiomasseV außerdem, welche Substraten Einsatzstoffklassen I und II zuzuordnen sind, für die nachdem EEG 2012 erhöhte Vergütungen verlangt werden können.

Nach § 33 GasNZV sind Netzbetreiber auf allen Druckstufen verpflichtet, Anlagen auf Antrag vorrangig und unverzüglich an das Gasnetz anzuschließen. Die Kosten für den Netzanschluss tragen bis zu zehn km Anschlussleitung der Netzbetreiber (75 Prozent) und der Biogaseinspeiser (25 Prozent) jeweils anteilig. Die Kosten für den Netzanschluss und den ersten Kilometer der Verbindungsleitung sind dabei für den Biogaseinspeiser auf maximal 250.000 € gedeckelt. Die Einspeisung von Biogas kann vom Netzbetreiber nach § 34 Absatz 2 Satz 2 GasNZV nicht mit dem Hinweis auf bestehende Kapazitätsengpässe im Netz verweigert werden.

Nach § 34 GasNZV haben Netzbetreiber Ein- und Ausspeiseverträge vorrangig mit Transportkunden von Biomethan zu schließen, soweit diese Gase netzkompatibel sind. Zugleich ist der Netzbetreiber zur Vornahme aller wirtschaftlich zumutbaren Aufwendungen verpflichtet, um die technische Aufnahmefähigkeit des Netzes zu optimieren und eine Verfügbarkeit von mindestens 96 Prozent sicherzustellen.