



Entwicklung einer klimagerechten regionalen Energieversorgung durch Paludikultur

am Beispiel des Landkreises Vorpommern-Rügen

Partner im



Abschlussbericht
BMEL Modellvorhaben Land(auf)Schwung



Entwicklung einer klimagerechten regionalen Energieversorgung durch Paludikultur am Beispiel des Landkreises Vorpommern-Rügen

BMEL Modellvorhaben Land(auf)Schwung

Förderregion Vorpommern-Rügen

Laufzeit: 1.1.-31.12.2016

Christian Schröder, Anke Nordt & Ludwig Bork

Greifswald, 2017



Abschlussbericht zum Projekt:

Klimagerechte regionale Energieversorgung durch Paludikultur in Vorpommern-Rügen

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Modellvorhaben Land(auf)Schwung

Förderregion Vorpommern-Rügen

Laufzeit: 1.1.-31.12.2016

Die Erstellung des Abschlussberichtes wurde unterstützt mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Förderkennzeichen 03KF0032A-C)

Christian Schröder, Anke Nordt & Ludwig Bork

Institut für dauerhaft umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V.

Partner im Greifswald Moor Centrum

Soldmannstraße 15

17489 Greifswald



Abbildungen Umschlag

Vorderseite: Besichtigung der Ballenzuführung am Heizwerk Malchin (Foto: H. Manthey)

Rückseite: Heizwerk Malchin (Foto: www.lensescape.org)

Inhalt

1	Hintergrund	1
2	Ziel des Vorhabens	3
	Box: Heizwerk Malchin	4
3	Ausgangssituation und Potentiale.....	6
3.1	Vorpommern Rügen.....	6
3.2	Analyse der Nutzungsoptionen	7
3.2.1	Kommunale Heizwerke	7
3.2.2	Kleine und mittlere Heizanlagen	10
3.2.3	Veredelungsoptionen	10
3.3	Analyse der Biomassepotentiale	14
3.3.1	Theoretische Potentiale Paludikultur in Vorpommern-Rügen.....	14
3.3.2	Kurzfristig verfügbares Biomassepotential im Landkreis Vorpommern-Rügen.....	14
3.4	Klimaschutzpotentiale.....	16
4	Aufbau lokaler Kooperationen zur Realisierung der thermischen Verwertung.....	17
4.1	Capacity Building und Netzwerkbildung	17
4.2	Netzwerkbildung zur thermischen Verwertung in Vorpommern-Rügen.....	19
5	Thermische Verwertung von Biomasse aus Paludikultur in Vorpommern-Rügen.....	21
5.1	Modellgebiet Polder Bad Sülze 3	21
5.1.1	Bad Sülze	22
5.1.2	Tribsees	23
5.2	Einbindung in bestehende Wärmenetze.....	25
5.2.1	Grimmen.....	26
5.2.2	Thermische Verwertung von Reststoffen aus der Rohrmahd im Heizwerk Malchin	26
5.3	Weitere potentielle Standorte	26
5.4	Weitere Optionen der Biomasseverwertung	29
5.5	Vorschlag zum weiteren Vorgehen und Anwendung der Projektergebnisse	30
6	Finanzierungsmöglichkeiten.....	31
6.1	Förderinstrumente	31
6.1.1	Förderung von Wärmenetzen und –speichern	31
6.1.2	Förderung von Wärmeerzeugungsanlagen	31
6.1.3	Förderung von Studien und Planungen.....	32
6.1.4	Weitere Anreizmöglichkeiten für Wärme aus Paludikultur	32
6.2	Betreiberstrukturen für die Wärmeversorgung.....	34
7	Fazit	36
8	Quellen	38

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Gemeinden mit Fern- bzw. Nahwärmenetzen (EUB 2016)</i>	<i>6</i>
<i>Tabelle 2: Anzahl der benötigten Ballen und Transportfahrten für eine 1.000 kW Heizanlage bei einer Jahresproduktion von 3.000 MWh. Anzahl der Ballen je Lieferung: 34.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabelle 3: Emissionsminderung bei Realisierung von 10 Heizwerken zur thermischen Verwertung von Biomasse aus wiedervernässten Mooren (Nennleistung jeweils 1.000 kW, Jahresleistung 3.000 MWh).....</i>	<i>16</i>
<i>Tabelle 4: Identifizierte Wärmesenken in Bad Sülze</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 5: Identifizierte Wärmesenken in Tribsees.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabelle 6: Kurzübersicht zum Investitionsbedarf für das Wärmenetz Tribsees</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 7: Bestehende Fern- bzw. Nahwärmenetze im Landkreis Vorpommern-Rügen (EUB 2016) und deren Prüfung für die Einbeziehung eines Heizwerks für die Verwertung von Biomasse aus Paludikultur</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 8: Wärmebedarf ausgewählter Standorte im Landkreis Vorpommern-Rügen</i>	<i>30</i>
<i>Tabelle 9: Wärmegestehungskosten und CO₂-Vermeidungskosten in Abhängigkeit der Jahreswärmeproduktion</i>	<i>35</i>

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland (GMC 2016)</i>	<i>1</i>
<i>Abbildung 2: Seit 2014 wird in Malchin von der Agrotherm GmbH ein Heizwerk zur thermischen Verwertung von Niedermoorbiomasse betrieben. Foto: www.lensescape.org</i>	<i>3</i>
<i>Abbildung 3: Moore und deren Nutzung im Landkreis Vorpommern Rügen</i>	<i>6</i>
<i>Abbildung 4: Förderband und Ballenauflöser. Die Länge des Förderbandes bestimmt die Brennstoffbevorratung. Heizwerk Malchin. Foto: C. Schröder</i>	<i>9</i>
<i>Abbildung 5: BtE®-Anlage von getproject (Quelle: www.getproject.de).....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 6: Verfahrensschema florafuel (Quelle: http://www.florafuel.de/de/florafuel-verfahren/das-florafuel-verfahren/)</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 7: Potentiale für die Umsetzung von Paludikultur</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 8: Herausforderungen für die Realisierung eines Paludi-Heizwerkes</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 9: Managementplan für das Ökokonto „Recknitzwiesen nördlich Bad Sülze“ (rot umrandet), aufgestellt durch UNB LK Vorpommern-Rügen. Die Flächen 1, 2, 3, 5, 6 und 7 werden vernässt und sollen zeitlich gestaffelt beerntet werden. Die Fläche 4 ist weniger von der Vernässung betroffen.</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 10: Übersicht zu den potentiellen Wärmeabnehmern in Bad Sülze</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 11: Übersicht zu den potentiellen Wärmeabnehmern in Tribsees</i>	<i>23</i>
<i>Abbildung 12: Flächenpotential im Umfeld von Tribsees</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 13: Entscheidungskriterien für die Planung von Heizwerken (EUB 2016)</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 14: Ergebnis der Potentialstudie in Vorpommern-Rügen (EUB 2016).....</i>	<i>28</i>

Anhänge

Anhang 1: Nutzung der Moore im Landkreis Vorpommern-Rügen

Anhang 2: Potentiale für Paludikultur im Landkreis Vorpommern-Rügen

Anhang 3: Flyer Paludikultur

Anhang 4: Flyer Nasswiese

Anhang 5: Steckbrief und Flächenpotential Bergen auf Rügen

Anhang 6: Steckbrief und Flächenpotential Franzburg

Anhang 7: Steckbrief und Flächenpotential Grimmen

Anhang 8: Steckbrief und Flächenpotential Marlow

Anhang 9: Steckbrief und Flächenpotential Puttbus

Anhang 10: Steckbrief und Flächenpotential Ribnitz-Damgarten

Anhang 11: Steckbrief und Flächenpotential Richtenberg

Anhang 12: Steckbrief und Flächenpotential Sassnitz

Anhang 13: Steckbrief und Flächenpotential Ummanz

Anhang 14: Flächenpotential Gingst

Anhang 15: Flächenpotential Stralsund

Anhang 16: Flächenpotential Tribsees

1 Hintergrund

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft fördert im Rahmen der Bundesinitiative „Ländliche Entwicklung“ Modell- und Demonstrationsvorhaben. Es werden innovative Projekte mit den Schwerpunkten Sicherung der Basisdienstleistung, Verbesserung der sozialen Dorfentwicklung oder Stärkung der Strukturen kleinerer und mittlerer Unternehmen entwickelt, gefördert und sichtbar gemacht. Mit dem Modellvorhaben Land(auf)Schwung werden strukturschwache ländliche Regionen unterstützt, mit dem demografischen Wandel vor Ort aktiv umzugehen, die regionale Wertschöpfung zu erhöhen und die Beschäftigung im ländlichen Raum zu sichern.¹ Der Landkreis Vorpommern-Rügen ist eine von 13 Förderregionen im Modellvorhaben und unterstützt Initiativen mit den Zielen: (1) Stärkung der regionalen Wertschöpfung und/oder (2) Grundsicherung der Daseinsfürsorge. Das Projekt „Klimagerechte regionale Energieversorgung durch Paludikultur in Vorpommern-Rügen“ verfolgt das Ziel der Etablierung neuer Ansätze zur regionalen erneuerbaren Wärmeversorgung im ländlichen Raum. Hierbei sollen die ambitionierten Klimaschutzziele der Bundesregierung berücksichtigt werden.

Die thermische Verwertung der Aufwüchse aus wiedervernässten Moorstandorten kann einen wichtigen Beitrag zur Daseinsversorgung im ländlichen Raum leisten und vielfältige Möglichkeiten für die regionale Entwicklung bieten. Die innovative Nutzung der Aufwüchse als Brennstoff ermöglicht es, Flächen dauerhaft in Nutzung zu halten und auf Basis der Biomasse regionale Wertschöpfungsketten aufzubauen. Die Energieversorgung kann somit weitestgehend unabhängig von Entwicklungen auf dem Weltmarkt und zu langfristig stabilen Preisen erfolgen. Hierdurch ergeben sich nicht nur Perspektiven für den ländlichen Raum, sondern es kann zudem ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele geleistet werden.

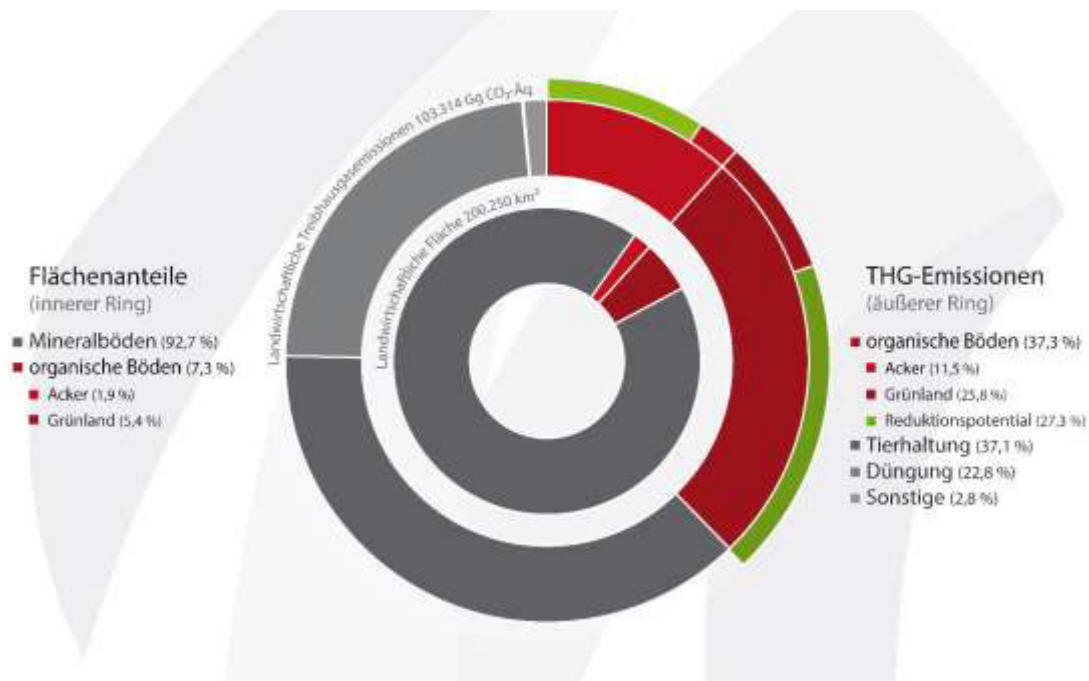


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland (GMC 2016)

¹ http://www.bmel.de/DE/Laendliche-Raeume/BULE/land-auf-schwung/las_node.html

Mit dem Klimaschutzplan 2050 hat die Bundesregierung eine Strategie vorgelegt, wie die ambitionierten Ziele des Pariser Klimaschutzabkommen erreicht werden können (BMUB 2016). Für Deutschland ergeben sich Emissionsminderungsziele von mehr als 90% im Vergleich zu 1990. Um diese Ziele zu erreichen, müssen alle Sektoren ihren Beitrag leisten. Die Nutzung entwässerter Moorstandorte ist in Deutschland mit der Emission von 45 Millionen Tonnen CO₂-Äq. pro Jahr verbunden, was ca. ein Drittel der landwirtschaftlichen bzw. gut 4 % der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen ausmacht (BMUB 2014). Dies entspricht in etwa dem Doppelten der Emissionen des gesamten Flugverkehrs von und nach Deutschland. In Mecklenburg-Vorpommern haben die Emissionen aus Moorstandorten einen Anteil von ca. 30% der Gesamt-Treibhausgasemissionen (LU M-V 2009). Mecklenburg-Vorpommern und auch der Landkreis Vorpommern-Rügen tragen eine Verantwortung durch Anpassung der Nutzung der Moore, einen Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele zu leisten.

Die hohen Emissionen, die bei der Bewirtschaftung der Moore bzw. der organischen Böden verursacht werden (Abbildung 1), stehen in keinem Verhältnis zur erzielten Wertschöpfung. Volkswirtschaftlich betrachtet wäre eine Nutzungsaufgabe sinnvoll (Röder & Grützmacher 2012). Alternativ kann der Wasserstand in den Mooren angehoben und die Nutzung angepasst werden. Die Nutzung nasser und wiedervernässter Moore wird als Paludikultur bezeichnet (Box: Paludikultur; Wichtmann et al. 2016). Hierbei kann auf zweifache Weise ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Zum einen werden die Emissionen aus der Bewirtschaftung durch die Anhebung der Wasserstände reduziert und zum anderen werden nachwachsende Rohstoffe produziert, die fossile Rohstoffe ersetzen.

Box: Paludikultur

Paludikultur ist die produktive Nutzung nasser Moorstandorte. Ziel ist es, Schutz und Nutzung von Mooren in Einklang zu bringen und den Torfkörper als Produktionsgrundlage dauerhaft zu erhalten (Wichtmann et al. 2016). In Mitteleuropa ist hierfür ein sommerlicher Grundwasserstand höher als 20 cm unter Flur erforderlich (Abel et al. 2016). Aufgrund der bei Moorentwässerung einsetzenden sekundären Bodenbildungsprozesse und Torfzehrung ist die Definition `Moorstandort` erschwert. Die standörtliche Abgrenzung wird daher auf organische Böden erweitert. Eine Produktion auf nassen Moorfolgeböden ist ebenfalls als Paludikultur zu bezeichnen (LM M-V 2017).

Eine Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen kann mit der Umsetzung von Paludikultur einhergehen (Speicherung von Kohlenstoff, Kühlung, Verdunstungsleistung, Nährstoffrückhalt, Pufferung des Abflusses, Hochwasserschutz, Biodiversität, u.a.; Wichtmann & Joosten 2007), jedoch sind die Ökosystemdienstleistungen, die über die land- bzw. forstwirtschaftliche Produktion und den Erhalt des Torfkörpers hinausgehen, nicht zwingend mit dem Konzept Paludikultur verknüpft. Diese Extraleistungen können jedoch zusätzlich honoriert werden.

Aus planerischen und rechtlichen Gründen erfolgt eine Unterteilung in Anbaukulturen (Erle, Schilf, Rohrkolben, Anbaugräser, Torfmoose, u.a.) und Nasswiesen. Nasswiesen entwickeln sich nach der Anhebung der Wasserstände durch natürliche Anpassung der Grünlandvegetation währenddessen Anbaukulturen gezielt etabliert werden (LM M-V 2017).

Die land- bzw. forstwirtschaftliche Produktion bei Wasserständen im Sommer zwischen 20-40 cm unter Flur zählt nicht als Paludikultur, sondern wird als torfzehrungsmindernd bezeichnet. Bei diesen Wasserständen findet weiterhin ein Verlust des Moorkörpers statt. (Abel et al. 2016).

2 Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens ist es, die energetische Verwertung von Biomasse aus Paludikultur in dezentralen Heizwerken im Landkreis Vorpommern-Rügen zu initiieren. Diese Form der Verwertung konnte bereits in Malchin (Landkreis Mecklenburgische Seenplatte) umgesetzt werden (Abbildung 2, Box: Heizwerk Malchin). Aufbauend auf den dort gewonnenen Erfahrungen soll das Verwertungskonzept auf den Landkreis Vorpommern-Rügen übertragen werden.



Abbildung 2: Seit 2014 wird in Malchin von der Agrotherm GmbH ein Heizwerk zur thermischen Verwertung von Niedermoorbiomasse betrieben. Foto: www.lensescape.org

Innovationsprojekte zur Wärmeversorgung aus Niedermoorbiomasse erfordern die Zusammenarbeit von Landwirten, Energiewirten, Wärmeversorgern und zuständigen Behörden. Aufgrund der Vielzahl an Akteuren sowie der Komplexität (verschiedene Genehmigungen, Finanzierungsbedarf, rechtliche Diskussionen, notwendige räumliche Nähe von Anbau und Verwertung der Biomasse, andauernde Planungen etc.) kann die zeitliche Divergenz zwischen einer ersten Idee bis hin zur Wärmebereitstellung recht hoch sein. Für das Heizwerk Malchin hat dieser Prozess 14 Jahre eingenommen. Aufbauend auf den vorhandenen Erfahrungen sollen durch eine gezielte Netzwerkbildung neue (langfristige) wirtschaftliche Kooperationen aufgebaut und Pilotprojekte zur thermischen Verwertung der Biomasse aus Paludikultur vorbereitet und begleitet werden.

Zwei Bereiche wurden für die Bearbeitung innerhalb des Land(auf)Schwung Vorhabens priorisiert:

A) Pilotprojekte für die Umsetzung von Paludikultur auf Niedermoorflächen

Das Potential für die Umsetzung von Paludikultur im Landkreis Vorpommern-Rügen wird analysiert und Möglichkeiten zur Produktion von Festbrennstoffen abgeleitet. Biomassepotentiale von landwirtschaftlich genutzten Moorflächen, auf denen bereits eine Anhebung der Wasserstände

stattgefunden hat, sollen erschlossen werden. Des Weiteren wird das Flächenpotential analysiert, bei dem durch ein gezieltes Wasserstandsmanagement die weitere Degradation der Moorböden gestoppt werden kann.

B) Pilotprojekte zur regionalen thermischen Verwertung von Biomasse aus Paludikultur

Um die Nutzung der Standorte langfristig sichern zu können, bedarf es neuer Verwertungskonzepte für die aufwachsende Biomasse. Die bei der Umsetzung von Paludikultur produzierte Biomasse kann in dezentralen Anlagen energetisch verwertet werden und somit zur regionalen Wertschöpfung sowie zum Erreichen der Klimaschutzziele in Mecklenburg-Vorpommern beitragen. Die Innovationsprojekte können z.B. die Errichtung dezentraler Heizwerke, Lagerhallen für den Brennstoff, Ausbau von Nahwärmenetzen aber auch die Veredelung der geernteten Brennstoffe durch z.B. Pelletierung und Brikettierung beinhalten.

Box: Heizwerk Malchin

Das Heizwerk Malchin wird seit Sommer 2014 von der Agrotherm GmbH betrieben (Abbildung 2). Im Heizwerk wird Biomasse von wiedervernässten Moorstandorten (Seggen und Rohrglanzgras) verfeuert und mit der Wärme ein Fernwärmenetz der Stadt Malchin versorgt. Möglich wurde diese Form der Wärmeversorgung durch eine enge Kooperation vor Ort. Der Brennstoff wird überwiegend durch den Landwirtschaftsbetrieb Voigt (Neukalen) produziert und an die Agrotherm GmbH verkauft. Diese betreibt das Biomasseheizwerk Malchin und verkauft die Wärme an den Betreiber des Wärmenetzes (Energicos GmbH), welche die Wärme an die Stadt liefert.

Für die Umsetzung wurde ein Biomassekessel der dänischen Firma LINKA/Danstoker mit einer Leistung von 800 kW in das bestehende Wärmenetz integriert. Jährlich werden rund 800–1.200 t Brennstoff verfeuert die auf ca. 250 ha wiedervernässtem Moor gewonnen werden. Dies entspricht 2.900 bis 3.800 MWh bzw. 290.000 bis 380.000 l Heizöl. Mit der Fernwärme werden 540 Wohneinheiten, zwei Schulen und eine Kindertagesstätte versorgt.

Der Kessel verfügt über einen wassergekühlten beweglichen Treppenrost, wodurch Asche- und Schlackeablagerungen vermieden werden. Lange Verweilzeiten der Verbrennungsgase und deren Rückführung in die Brennkammer ermöglichen die Minimierung der Schadstoffbildung. Staubemissionen werden durch einen Multizyklon (spezieller Rauchgasreiniger) mit nachgeschaltetem Gewebefilter reduziert. Die produzierte Wärme wird in einem Speicher mit einer Kapazität von 24.000 l Wasser gepuffert und dient zur Abdeckung von Grund- und Mittellast. Das lokale Energieversorgungsunternehmen (Energicos GmbH) garantiert die jährliche Abnahme von mindestens 3.500 MWh Wärme, was 5.000 Volllaststunden im Jahr entspricht. Der bestehende Gaskessel sichert Spitzenlast und Wartungsarbeiten am Kessel ab.

Die benötigte Biomasse wird durch den Landwirtschaftsbetrieb Voigt mit angepasster Grünlandtechnik in Trockenphasen im Sommer geerntet, zu Rundballen gepresst und von der Agrotherm GmbH abgenommen. Der Kessel im Heizwerk wird kontinuierlich über ein 24 Rundballen fassendes Förderband beschickt. Die Bestückung der Anlage mit Ballen erfolgt im Winter einmal täglich. Die Rundballen werden durch einen Ballenauflöser zerkleinert und das lose Halmgut gelangt von dort über ein Doppelförderschneckensystem zur Stokerschnecke in den Brennraum. Die Asche wird automatisiert ausgetragen. Neben Biomasse aus nassen

Niedermooren können auch Stroh und über eine separate Brennstoffzuführung Holzhackschnitzel als Brennstoff eingesetzt werden.

Die Investitionskosten für Biomassekessel, insbesondere für Halmgutkessel, sind wesentlich höher als bei Kessel für fossile Energieträger. Die Nettoinvestitionen für die Feuerungsanlage inklusive Brennstoffaufbereitung, Rauchgasfilterung, Pufferspeicher und Installation liegen etwa bei 630 EUR je kW Nennwärmeleistung (FNR 2007). Hinzu kommen die Investitionen für Bauhülle, Schornstein, Lagerhalle und Maschinen. Dem stehen im Vergleich zu mit fossilen Brennstoffen betriebenen Anlagen wesentlich geringere Brennstoffkosten gegenüber. Die Agrotherm GmbH rechnet mit Brennstoffkosten von etwa 26 € je MWh (Bork 2016, pers. Mitt.).

Ohne Honorierung der Klimaschutzleistung, die mit der Erzeugung von Wärme durch Verfeuerung von Biomasse aus Paludikultur einhergeht, ergibt sich aus dem Verhältnis von höheren Investitionskosten und geringeren Brennstoffkosten erst bei größeren Anlagen mit einer Wärmeabnahme von über 2.500 MWh ein Wärmegestehungspreis, der mit fossilen Energieträgern konkurrieren kann. Jedoch sollte zusätzlich die Unabhängigkeit von Weltmarktpreisen für fossile Energieträger berücksichtigt werden, da aus den geringeren Brennstoffkosten eine langfristige Preisstabilität für die Wärmeversorgung resultiert. Das Wärmekonzept für Malchin ist beispielgebend für viele andere Regionen und zeigt, wie lokale Netzwerke zur Umsetzung von Pilotvorhaben beitragen können.

3 Ausgangssituation und Potentiale

3.1 Vorpommern Rügen

Der Landkreis Vorpommern-Rügen verfügt über eine **Moorfläche** von 44.343 ha, das entspricht ca. 13,8 % der Fläche. Hiervon werden 23.793 ha landwirtschaftlich genutzt. Im Landkreis wird zudem die traditionelle Rohrmahd auf ca. 250 ha durchgeführt (LU M-V 2017, Abbildung 3).

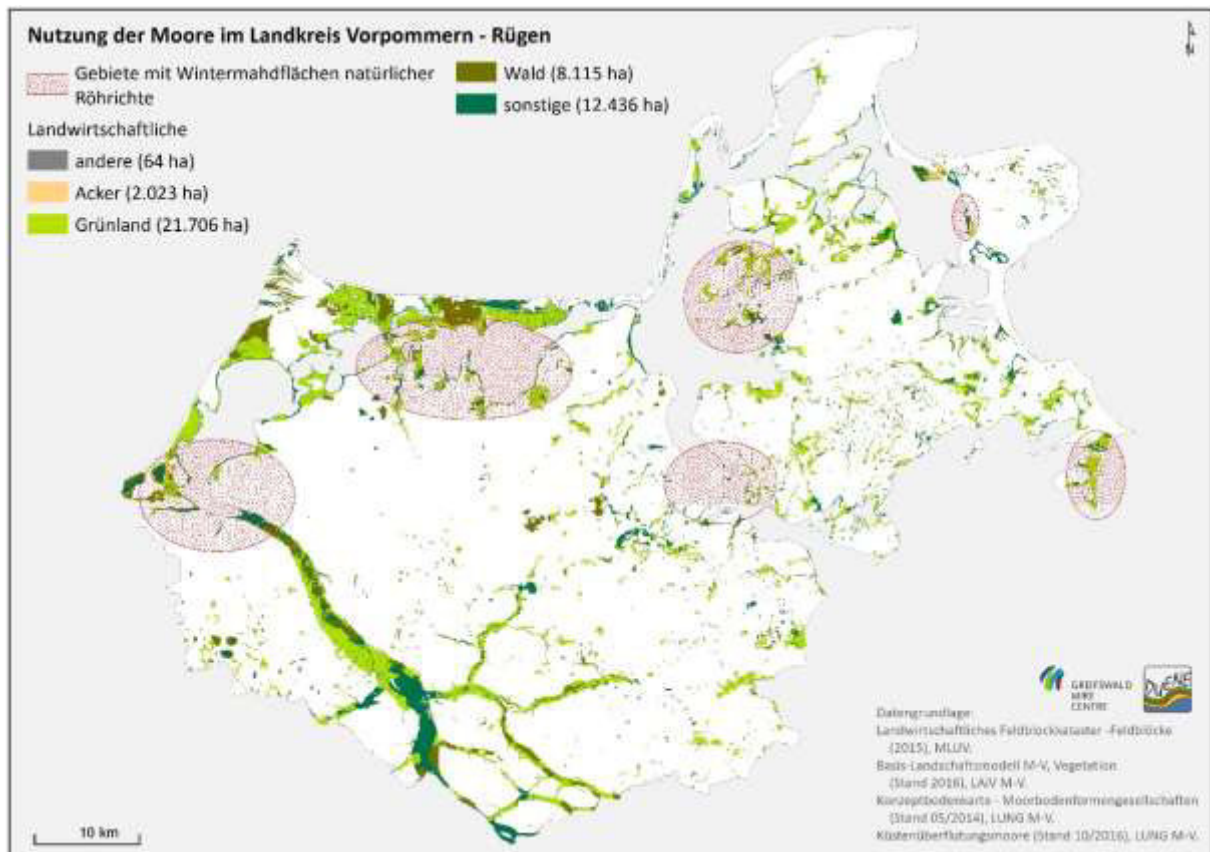


Abbildung 3: Moore und deren Nutzung im Landkreis Vorpommern Rügen

Die thermische Verwertung von Biomasse aus wiedervernässten Niedermooren ist dort begünstigt, wo bereits **Fern- oder Nahwärmenetze** vorhanden sind. Hier können Biomasseheizwerke in bestehende Systeme integriert werden. Laut einer Studie von EUB (Energie-Umwelt-Beratung e.V.) verfügen 11 Gemeinden im Landkreis Vorpommern-Rügen über Fern- bzw. Nahwärmenetze (EUB 2016, Tabelle 1).

Tabelle 1: Gemeinden mit Fern- bzw. Nahwärmenetzen (EUB 2016)

Gemeinde	Einwohnerzahl
Ahrenshagen-Daskow	2.124
Bergen auf Rügen, Stadt	13.484
Deyelsdorf	493
Grimmen, Stadt	10.019
Millienhagen-Oebelitz	342
Putbus, Stadt	4.370
Rappin	314
Sassnitz, Stadt	9.560
Stralsund, Stadt	58.041
Süderholz	3.984
Ummanz	557

3.2 Analyse der Nutzungsoptionen

3.2.1 Kommunale Heizwerke

Kommunale Anlagen mit einer Größe von 800 bis 1500 kW Leistung sind für eine thermische Verwertung der Aufwüchse nasser Moorstandorte ideal. Bei dieser Größe können Wärmegestehungskosten erzielt werden, die konkurrenzfähig mit Wärmegestehungskosten von Gasheizwerken sind. Für diese Größenordnung werden je nach Auslastung pro Jahr 500-2.000 t Biomasse als Brennstoff benötigt. Der technische Aufbau sowie der Rohstoffbedarf einer auf einer Versorgung mit Paludikulturbiomasse basierenden Anlage werden im Folgenden anhand einer Anlage mit einer Nennleistung von 1000 kW bei einer Jahresproduktion von 3.000 MWh näher beschrieben.

Verbrennungstechnologie

Der Markt bietet unterschiedliche Lösungen zur Verbrennung halmgutartiger Biomasse an. Die Firma **Ökotherm** bietet eine Kompaktanlage an, die aus einer selbsttragenden Stahlkonstruktion besteht, in der Vergasungsteil (Feuermulde), Nachbrennraum, Verbrennungsluftgebläse und Zündvorrichtung integriert sind. Der Aufbau des Vergasungsteiles der Kompaktanlage ähnelt einer Mulde mit trapezförmigem Querschnitt. Durch die Wasserkühlung der Mulde werden an den Wänden Asche- bzw. Schlackeanbackungen, die durch partielle Überschreitung des Schmelzpunktes der Asche entstehen können, sicher vermieden. So können auch aschereiche biogene Brennstoffe in der Feuerung genutzt werden. Vergasungs- und Verbrennungsluft (d.h. Primär und Sekundärluft) werden links und rechts durch Düsenöffnungen in bzw. über das Brennstoffbett mittels zwei separater Gebläse zugeführt. Der Boden des Brennstoffbettes hat keine Öffnungen, so dass Verluste durch Rostdurchfall nicht möglich sind. Der Vorschub des Brennstoffes erfolgt durch ein am Muldenboden laufendes Schubelement. Der zweizügige Nachbrennraum ist für einen langen Flammenweg mit hoher Verweildauer ausgelegt. Durch Rotation der Gase, die durch die tangentiale Verbrennungsluftzugabe erzeugt wird, werden niedrige Emissionswerte erreicht. Die feuerfeste Auskleidung erfolgt nach den jeweiligen Temperaturverhältnissen mit Feuerbeton bzw. anderen geeigneten Isoliermaterialien.

Der Kessel, der dänischen Firma **LINKA** ist ein hocheffizienter Warmwasser- Röhrenkessel, geeignet für die Verfeuerung von Festbrennstoffen. Der Kessel ist mit geraden Feuerungszügen und umgelenkten Rauchgaswärmetauschern ausgestattet. Der Kessel ist so ausgelegt, dass die direkte Feuerungsleistung in den Feuerungszügen aufgenommen und die Konvektionswärme in den nachgeschalteten Rauchgaswärmetauschern aufgenommen wird. An der Einschubseite des Feuerungsraums ist ein bewegter Treppenrost installiert, um die Bildung von Schlacke zu verhindern und eine breite Verteilung des Brenngutes im Feuerraum zu gewährleisten. Von den Seiten und von oben wird vorgewärmte Luft dem Feuerungsprozess zugeführt, um die Flamme in sich selbst zu verwerfen und so eine möglichst lange Verweilzeit der Gase im heißen Feuerungsbereich zu ermöglichen. So wird erreicht, dass die Rauchgase sauber ausbrennen.

Filtersystem

Der beschriebene Filteraufbau ist ein Standardsystem, das häufig bei Bioenergieanlagen eingesetzt wird. Im Zyklon wird das von der Feuerung kommende, partikelhaltige Gas durch tangentialen Strömungseinlass in eine Drehbewegung versetzt. Auf die Partikel wirken daher hohe Fliehkräfte, die eine Bewegung der Teilchen zur Außenwand bewirken. Von dort sinken die Teilchen in den

darunterliegenden Staubabscheideraum. Das gereinigte Gas wird meist durch ein Saugzuggebläse über das Tauchrohr aus dem Zyklon abgesaugt. Der Entstaubungsgrad eines Zyklons hängt wesentlich von der Korngröße, der Partikeldichte, der Zyklongeometrie und dem Volumenstrom, mit dem sich die Gasgeschwindigkeit und der Druckverlust des Zyklons ändern, ab. Durch eine geringere Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich ein schlechterer Entstaubungsgrad bei Teillast der Anlage. Der Abscheidegrad ist auf Grund des Verhältnisses von Luftwiderstand zur Trägheitskraft physikalisch begrenzt. Es können Partikel bis etwa 2 μm abgeschieden werden. Der Vorteil der Zyklonabscheider ist die einfache Bauform, die zur kostengünstigen Abscheidung von Grobpartikeln führt.

Im Gewebefilter werden staubhaltige Gase durch ein poröses Gewebe oder eine Filzschicht geleitet. Dabei wird der Staub vom Gas getrennt und lagert sich an der Filterschicht ab. Als Filtermaterial kommen Gewebe und Stoffe aus Natur- und Kunstfasern, anorganisches Fasermaterial wie Glas-, Mineral- und Metallfasern, aber auch Metallfolienfilter zum Einsatz. Die Ablagerung geschieht durch den "Siebeffekt" (die Partikel können auf Grund ihrer Größe durch die Filterporen nicht hindurch) und durch Adhäsionskräfte (Anhaften) zwischen den Partikeln und dem Filtermedium bzw. der Partikel untereinander, wenn sich bereits ein Filterkuchen aufgebaut hat. Durch die Adhäsionskräfte können feinere Partikel als die Filterporengröße abgeschieden werden. Die Abreinigung des Filterkuchens vom Filtermaterial erfolgt durch Rückspülen mit einem Druckluftstoß.

Die typische Einsatztemperatur von Gewebefiltern liegt zwischen 120 und 240 °C. Die untere Temperaturgrenze muss eingehalten werden, um eine Taupunktunterschreitung und somit ein Verstopfen des Filters zu vermeiden. Beim Anfahren muss daher der Filter entweder mit einem Bypass umfahren oder elektrisch beheizt werden. Bei Überschreitung der oberen Temperaturgrenze kann es zu Schädigungen des Filtermaterials kommen. Ein Gewebefilter ist wirkungsvoll vor Funkenflug zu schützen. Im Allgemeinen wird hierzu ein Zyklon zur Vorabscheidung eingesetzt. Gewebefilter haben den Vorteil eines hohen Abscheidegrades unabhängig vom Gasvolumenstrom, d.h. unabhängig vom Lastzustand der Anlage. Es werden Reingaskonzentrationen von 1 - 10 mg/Nm^3 erreicht. Weiterhin besteht die Möglichkeit, durch Sorptionsmittelzugabe saure Rauchgasbestandteile abzuscheiden.

Bei Paludibiomasse ist mit einem erhöhten Feinstaubaufkommen zu rechnen und das Ausbrandverhalten des inhomogenen Brennstoffes führt ständig zu wechselnden Bedingungen in der Brennkammer. Daher ist anzuraten, nach dem Zyklon zwei Feinstaubfilter zum Einsatz zu bringen. Während der eine in Betrieb ist, kann der andere die notwendige Abreinigung durchführen.

Beschickung und Biomasselogistik

Mittels eines Staplers oder eines Traktors mit Frontlader werden die Rundballen auf dem Förderband platziert (Abbildung 4). Am Ende des Bandes befindet sich der Ballenauflöser. Das aufbereitete Brenngut wird über ein Sauggebläse oder mittels Schneckensystem zum Heizkessel befördert. Eine Stokerschnecke windet das Material in die Brennkammer.

Bei einer Nennleistung von 1000 kW werden während der Wintermonate innerhalb von 24 Stunden 34 Rundballen benötigt. Die einfachste Form der Lagerlogistik ist, die Biomasse ab Hof zu beziehen und nur einen Teil am Standort des Heizwerkes zu lagern. Für die Lagerung der Ballen ist eine Scheune auf dem Betriebsgelände des Landwirts sinnvoll.

Die genaue Zahl der wöchentlichen Fahrten ist in kurzfristiger Absprache mit dem Landwirt zu treffen. Sie orientiert sich an der Lagerkapazität auf dem Betriebsgelände und den unmittelbaren Möglichkeiten des Lieferanten. Die Transportkapazität eines Traktors mit Anhänger beträgt 34 Rundballen. Im Jahresverlauf sind ca. 133 Fahrten erforderlich, um den benötigten Brennstoff (4.511 Ballen) zum Heizwerk zu transportieren (Tabelle 2).



Abbildung 4: Förderband und Ballenauflöser. Die Länge des Förderbandes bestimmt die Brennstoffbevorratung. Heizwerk Malchin. Foto. C. Schröder

Ideal ist eine Lagerhalle auf dem Betriebsgelände des Heizwerks, die etwa ein Zwölftel des jährlichen Gesamtbedarfs aufnehmen kann. Das Material aus dem Lager dient als Puffer für Feiertage und mögliche witterungsbedingte Transportprobleme. Zur Erntezeit wird der Vorratsplatz mit „frischen“ Ballen aus den nahegelegenen Standorten erneut gefüllt.

Tabelle 2: Anzahl der benötigten Ballen und Transportfahrten für eine 1.000 kW Heizanlage bei einer Jahresproduktion von 3.000 MWh. Anzahl der Ballen je Lieferung: 34.

	Bedarf	Lager vor Ort
Ballen	4.511	376
Transportfahrten	133	11

Logistik Asche

Durch die thermische Verwertung fallen ca. 10% Asche an. Bei 900 t verwerteter Biomasse sind ca. 90t Asche zu entsorgen. Dieser Reststoff enthält im wesentlichen Oxide und Karbonate, die als Dünger im Ackerbau verwendet werden können. Falls es nicht möglich ist, die Asche als Dünger auszubringen, muss sie kostenpflichtig entsorgt werden. Die Schüttdichte der Rostasche beträgt 300 kg/m³. Bei einem Fassungsvermögen eines Transporthängers von 12 m³ wird ein Abtransport des Düngers im Winter nach acht Tagen fällig.

3.2.2 Kleine und mittlere Heizanlagen

Kleine und mittlere Heizanlagen mit einer Nennleistung bis 1000 kW empfehlen sich, um z.B. den Eigenwärmebedarf in landwirtschaftlichen Betrieben zu decken (z.B. Schweinezucht, Aquafarming).

Auf dem Markt gibt es einige Heizanlagenhersteller, die mit schwierigen Brennstoffen wie Halmgut umgehen können. Dänische Firmen wie z.B. *Linka* oder *Passat* beschäftigen sich traditionsgemäß seit Jahrzehnten mit der Verbrennung von Stroh. Die deutsche Firma *Ökotherm* wirbt mit einem Kesseltyp, der alles verbrennen kann, von Holzhackschnitzeln über Kirschkerne, getrockneten Pferdemist, Getreideaussputz, bis hin zu Stroh. Eine weitere vielversprechende Technologie kommt aus dem Haus der Firma *Werkstätten*. Hier kommt ein Drehrohrkessel zum Einsatz, der ursprünglich aus der Abfallverbrennung stammt. Die Erfahrungen aus dem Teststand mit Stroh können in der TLL-Thüringen erfragt werden.

Je nach Kesseltyp wird mit Vollstahl oder mit Keramikverkleidung im Feuerraum gearbeitet. Vollstahl hat den Vorteil, dass jederzeit die Tür zur Brennkammer geöffnet werden kann, ohne das plötzliche Temperaturunterschiede zu schadhafte Spannungen in der Innenauskleidung (wie etwa Risse in der Keramik) führen. So unterscheiden sich die Anlagen auch von der Länge des Flammweges und der Rückbrandsicherung. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass ein langer Flammweg zu besseren Ausbrandergebnissen führt. Die automatische Reinigung der Rauchgaszüge wurde technisch unterschiedlich gelöst. Dabei sollte auf die punktuelle Reinigung des einzelnen Rauchgaszuges geachtet werden.

In allen Fällen der technischen Umsetzung spielen das Interesse des Anlagenfahrers sowie die Qualität und die Verfügbarkeit des Brennstoffes eine wesentliche Rolle für einen sicheren Produktionsverlauf. Ohne eine Honorierung der Klimaschutzleistung sind kleine und mittlere Anlagen bis 1000 KW nur bei der Verfeuerung von Reststoffen (Brennstoffpreise nahe 0 €) bzw. bei guter Auslastung (Jahresabnahme >2.500 kWh) gegenüber Erdgas konkurrenzfähig (Box: Honorierung der Klimaschutzleistung).

3.2.3 Veredelungsoptionen

Die Biomasse nasser Moorstandorte kann durch verschiedene technische Verfahren veredelt werden. Hierbei können die Energiedichte, die Transport- und Dosierfähigkeit aber auch die Brennstoffqualität optimiert werden. Die Kosten für den Veredelungsprozess bzw. die dafür benötigte Energie sind in ein Verhältnis mit der Ausweitung der Einsatzbereiche zu setzen. Exemplarisch werden im Folgenden die Pelletierung sowie das Auswaschungsverfahren überblickartig vorgestellt.

Pelletierung und Brikettierung

Briketts und Pellets sind Presslinge, die hinsichtlich ihres Durchmessers unterschieden werden. Bei einem Durchmesser unter 20 mm handelt es sich um Pellets, darüber um Briketts. Vorteile von Pellets und Briketts sind ihre höhere Homogenität, was eine bessere Anpassung der Feuerungstechnik sowie eine Vereinfachung der Zuführung erlaubt. Der Handel mit kompaktierten Festbrennstoffen ist einfacher und Qualitätsstandards sind in Regelwerken festgelegt, Qualitätsschwankungen sind wesentlich geringer als bei Rundballen. Der Transport und das Handling ist mit deutlich geringerem Aufwand verbunden und ein hoher Automatisierungsgrad kann erreicht werden. Voraussetzung für die Kompaktierung ist ein Wassergehalt deutlich unter 20 %. Um dies zu erreichen, muss gegebenenfalls eine Trocknung erfolgen (Dahms et al. 2015).

Briketts werden durch Verdichtung mit hydraulischen oder mechanischen Pressen, meist mit einem Durchmesser zwischen 50 und 70 mm, im Stangenpressverfahren hergestellt. Im Vergleich zur Pelletierung ist der Kompaktierungsprozess wenig anspruchsvoll. Die Herstellung von Pellets ist mit höherem technischen und energetischen Aufwand verbunden.

Die Pelletierung erfolgt in einem kontinuierlichen Prozess mittels Flachmatrizen- und Ringmatrizen-Pressen. Die Biomasse wird hierbei mit Rollen (Koller) in die Presskanäle der Matritze gedrückt. In der ersten Phase wird die zugeführte Biomasse unter geringem Druck zusammengepresst, wodurch sich der Abstand zwischen den einzelnen Partikeln auf ein Minimum reduziert und bereits erste schwache Bindungen zwischen den Partikeln in Form von mechanischer Verzahnung entstehen. Der stetig ansteigende Druck bewirkt Reibung zwischen den Biomassepartikeln bzw. zwischen diesen und der Geräteoberfläche, die zu einem großen Teil in Wärme umgewandelt wird. Überschreitet die Temperatur der Biomasse einen Wert von 75 – 85 °C („Glastemperatur“ TG) ändert sich der Aggregatzustand des in der Biomasse enthaltenen Lignins von fest zu viskos. Das erweichte Lignin wird durch den einwirkenden Druck in die umgebenden Hohlräume gepresst, wobei sich die Bindungen zwischen den einzelnen Lignin-Molekülen lösen und sich neue Bindungsstrukturen ausbilden.

Bei der Pelletierung von Halmgut ist der Anlagenverschleiß höher und der Durchsatz geringer als bei Holz. Zum Einsatz kommen stationäre und mobile Pelletieranlagen, die eine Durchsatzleistung von bis zu 2.000 bzw. 1.000 kg/h haben. Der Pelletdurchmesser beträgt meist 6 oder 8 mm (Jantzen 2016).

Auswaschungsverfahren

Bei der herkömmlichen Verbrennung von Halmgut muss technisch mit einem niedrigen Ascheerweichungspunkt und anderen Schwierigkeiten (z.B. Chlor im Rauchgas) umgegangen werden. Verfahren zur Auswaschung halmgutartiger Brennstoffe dienen der Aufwertung des Brennstoffs. Die Handhabung in der Logistik und im Verbrennungsprozess wird erleichtert sowie der Anspruch an die Verbrennungstechnik gemindert.

Energetische Verwertung von halmgutartiger Biomasse nach dem BtE[®]-Verfahren

Bi.En GmbH & Co. KG hat unter dem Namen BtE[®] (Biomass to Energy) ein innovatives Verfahren zur energetischen Verwertung von halmgutartiger Biomasse entwickelt. Bei diesem Verfahren werden kaum Anforderungen an die Qualität der Substrate gestellt. Es ist daher besonders für die Verwertung von Rest- und Abfallstoffen wie Gras, Grünschnitt und Landschaftspflegematerial geeignet. Beim BtE[®]-Verfahren wird die Biomasse nach einer Sandabscheidung und einer Konditionierung mechanisch in eine flüssige und eine feste Phase getrennt. Die flüssige Phase mit einem hohen Anteil leicht vergärbare Pflanzeninhaltsstoffe wird einem Fermenter zur Erzeugung von Biogas zugeführt und das so erzeugte Biogas in einem Blockheizkraftwerk verstromt. Die an mineralischen Pflanzeninhaltsstoffen abgereicherte feste Phase wird mit der Abwärme des BHKW getrocknet und zu Pellets oder Briketts gepresst. Strom und Wärme, die mit dem BHKW produziert wurden, werden vollständig in der BtE[®]-Anlage verwendet. Auf dem Gelände der Abfallwirtschaftsgesellschaft Rendsburg-Eckernförde mbH in Borgstedt ist 2014 eine Versuchs- und Demonstrationsanlage zur Produktion dieses Brennstoffs aus halmgutartiger Biomasse nach dem BtE[®]-Verfahren errichtet worden und wird seit drei Jahren betrieben² (Abbildung 5). Die mit dieser

² Im Zuge der BtE[®]-Verfahrensentwicklung hat sich gezeigt, dass verschiedene Kernkomponenten für den Prozess am Markt nicht verfügbar waren und entwickelt werden mussten. Eine Reihe dieser Komponenten

Anlage hergestellten Biopellets erfüllen die Norm DIN EN ISO 17225-T6. Zurzeit finden Brennversuche mit verschiedenen Kesselherstellern statt, um den optimalen Kessel sowohl für Holz als auch für Biopellets auszuwählen.



Abbildung 5: Die BtE[®]-Anlage von Bi.En GmbH & Co. KG, Foto: Bi.En GmbH & Co. KG/Rüdiger Gerschefski

Auswaschungsverfahren verbinden verschiedene Vorteile, wie in der Grafik der florafuel AG aus München deutlich wird (Abbildung 6). Die Ernte der Biomasse wird vereinfacht, da das Aufbereitungsverfahren nasse Biomasse wünscht. Eine Feldtrocknung ist nicht erforderlich, die Biomasse kann als Silage geerntet werden. Somit entfällt das zusätzliche Befahren der Fläche zum Wenden, Schwaden und Pressen der Heuballen. Die Ernte wird zudem unabhängig von Niederschlägen und das Erntefenster wird wesentlich erweitert, wodurch auch Zielvorgaben des Naturschutzes besser berücksichtigt werden können. Mit dem Verfahren wird ein lagerfähiger Festbrennstoff (Pellets) für eine bedarfsgerechte Verwertung hergestellt. Die Transportwürdigkeit des Festbrennstoffes wird erhöht und der Markt der Kleinfeuerungsanlagen kann zusätzlich bedient werden. Hochwertige Brennstoffe aus halmgutartiger Biomasse können Holzpellets ersetzen. Ein Einsatz für stoffliche Verwertungspfade (z.B. Nutzung der Zellulose) ist ebenfalls denkbar.

und Varianten des Verfahrens wurde zusätzlich zum „Verfahren zur Trennung von Biomasse“ EP 1 829 829 B1 zum Patent angemeldet. Folgende Patente wurden bisher erteilt: EP 2 020 580 B1, EP 2 345 712 B1, EP 3 040 192 A1.

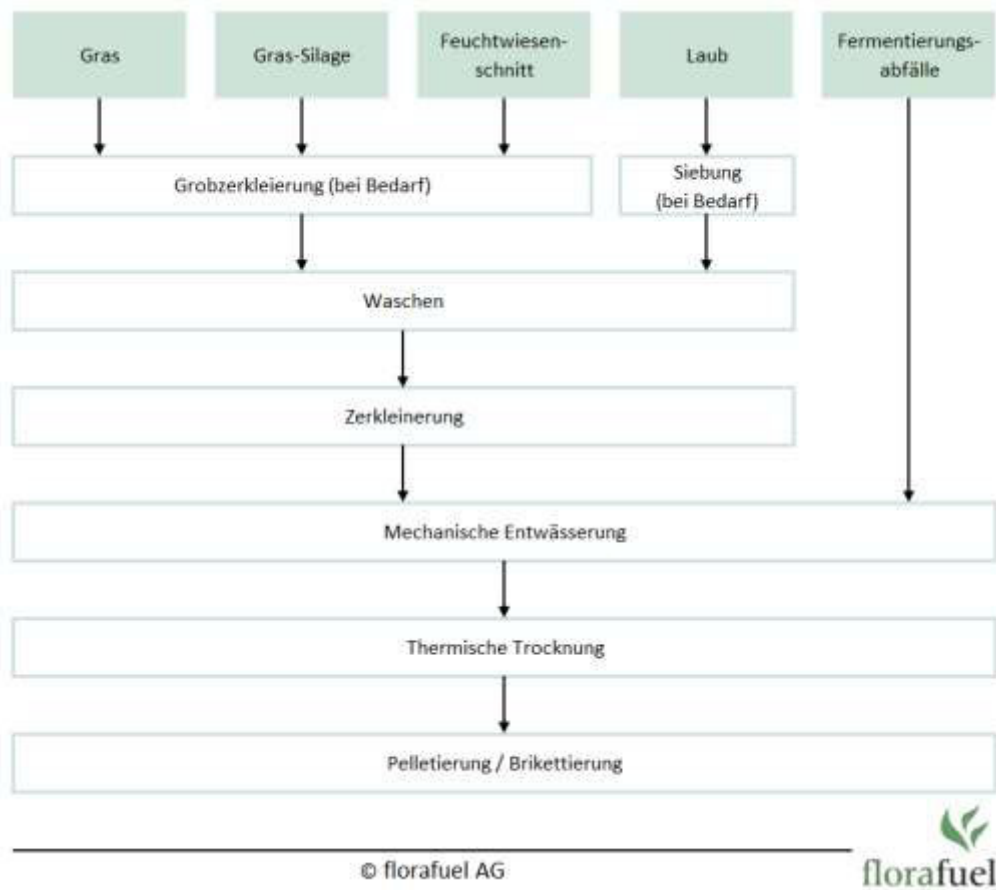


Abbildung 6: Verfahrensschema florafuel (Quelle: <http://www.florafuel.de>)

3.3 Analyse der Biomassepotentiale

3.3.1 Theoretische Potentiale Paludikultur in Vorpommern-Rügen

Theoretisch sind alle landwirtschaftlich genutzten Moorstandorte für die Produktion von Festbrennstoffen für eine thermische Verwertung geeignet. Um die anvisierten Klimaschutzziele zu erreichen, kommen jedoch nur nasse oder wiedervernässte Moorstandorte für die Produktion infrage, die in Paludikultur bewirtschaftet werden (Box: Paludikultur). Bei Fortführung der Entwässerung würden die Treibhausgasemissionen, die mit der Bewirtschaftung der Moorstandorte einhergehen, die positiven Effekte der Substitution fossiler Energieträger deutlich übersteigen. Besonders groß sind die Klimaschutzeffekte, wenn die Wasserstände in den Flächen im Zusammenhang mit der Umstellung der Verwertung angehoben werden, das heißt, dass die Sicherung der Biomasseabnahme zu einer Anhebung der Wasserstände auf den Produktionsflächen führt.

Die Anhebung der Wasserstände ist aus Sicht der zu erzielenden Biomassequalität möglich, da sich die Anforderungen an die Biomasse bei einer Verwertung als Festbrennstoff von den Anforderungen an Futter unterscheiden. Statt hoher Futterwerte wird bei direkter Verfeuerung eine möglichst geringe Konzentration an verbrennungskritischen Inhaltsstoffen erwünscht. Die mit der Anhebung der Wasserstände einhergehende Veränderung der Pflanzenbestände von süßgras- zu seggendominierten Beständen ist im Hinblick auf eine thermische Verwertung zu begrüßen. Es kann auch Heu von Rohrglanzgrasbeständen verfeuert werden, jedoch hat sich in der Praxis erwiesen, dass der Wartungsaufwand bei der Verfeuerung von Seggenheu geringer ist (Bork pers. Mitteilung 2016).

Am besten für die Wärmeerzeugung geeignet ist Schilf aus der Wintermahd, jedoch ist der Anbau von Schilf als landwirtschaftliche Nutzung in Deutschland nicht anerkannt (Stand 12/2016). Anpassungen der Rahmenbedingungen sollten erfolgen. Bei der zukünftigen Umsetzung ist zudem darauf zu achten, dass die Möglichkeiten für den Anbau von Paludikulturbiomasse Restriktionen unterliegen. Der gezielte Anbau von Schilf oder Erlen ist nur möglich, sofern kein schützenswertes Grünland hierfür umgewandelt wird (LU M-V 2017).

Im Landkreis Vorpommern-Rügen könnten theoretisch 14.025 ha Moorfläche in Nasswiesen überführt werden, deren Aufwüchse zur thermischen Verwertung genutzt werden können (landwirtschaftlich genutzte Moorstandorte mit Schutzstatus). Auf 8.994 ha wäre ein Anbau von Schilf oder Erlen möglich (Abbildung 7). Betrachtet man, dass für ein Heizwerk mit einer Nennleistung von 1.000 kW und einer Jahresproduktion von 3.000 MWh ca. 900 t Brennstoff benötigt werden, wird deutlich, dass nur ein Bruchteil der theoretisch zur Verfügung stehenden Flächen für die Produktion von Biomasse zur thermischen Verwertung in Heizwerken benötigt wird. Bei einer Produktivität von 4 t Trockenmasse pro ha und Jahr würde der Flächenbedarf für 10 Heizwerke bei der oben genannten Auslastung bei 2.250 ha liegen. Für den Großteil der Moorflächen im Landkreis Vorpommern-Rügen müssten andere Verwertungskonzepte z.B. die Veredelung zu Pellets anvisiert werden.

3.3.2 Kurzfristig verfügbares Biomassepotential im Landkreis Vorpommern-Rügen

Wie in Kapitel 3.3.1 angesprochen ist eine thermische Verwertung von Niedermoorbiomasse nur dann anzustreben, wenn sie von nassen oder wiedervernässten Standorten stammt. Andernfalls würde durch den gesicherten Absatz der Biomasse eine nicht nachhaltige Bewirtschaftungsform,

die mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden ist, manifestiert. Vor Realisierung des Stoffstroms ist somit eine Anhebung der Wasserstände auf den Ernteflächen erforderlich. Da hierfür ein langwieriger Planungsprozess erforderlich sein kann, ist das kurzfristig verfügbare Biomassepotential aus Niedermooren wesentlich kleiner.

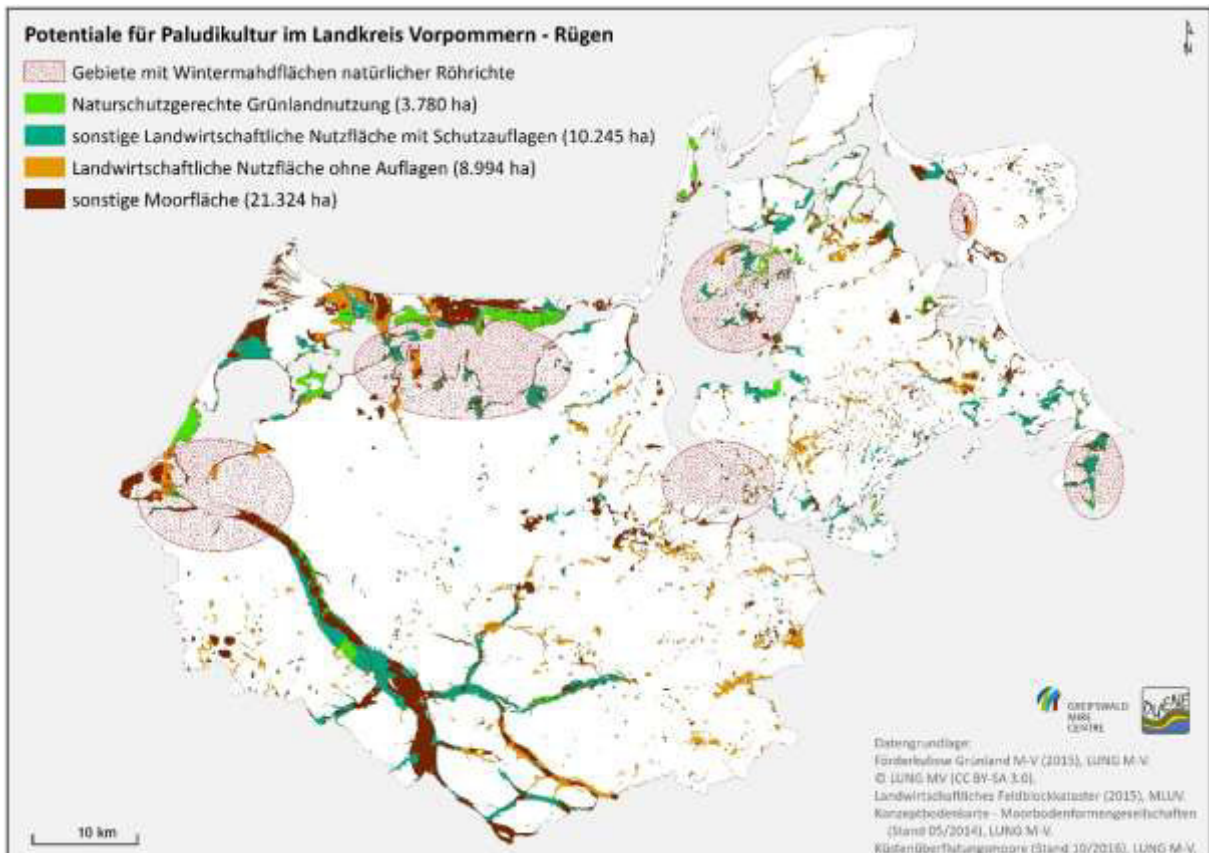


Abbildung 7: Potentiale für die Umsetzung von Paludikultur

Kurzfristig verfügbar ist Biomasse, die als Abfall bei der Rohrmahd (Ausputzbiomasse) anfällt. Weiterhin kann die Biomasse landwirtschaftlich genutzter Moorstandorte, die bereits wiedervernässt oder nass sind, genutzt werden. Die Flächen die hierfür infrage kommen, können aus der Kulisse der Agrarumweltmaßnahmen „Naturschutzgerechte Grünlandnutzung“ abgeleitet werden. Bei diesen Flächen kann davon ausgegangen werden, dass sie sich bereits in einem relativ nassen Zustand befinden und unter Gesichtspunkten der Landschaftspflege bewirtschaftet werden. Dennoch sollte auch hier vor Etablierung eines neuen Verwertungskonzeptes überprüft werden, ob eine weitere Optimierung der Wasserstände möglich ist. Landwirtschaftlich genutzte Moorstandorte in der Kulisse „Naturschutzgerechte Grünlandnutzung“ haben in Vorpommern-Rügen einen Flächenumfang von 3.780 ha (Abbildung 7). Zu beachten gilt, dass die Naturschutzziele die auf diesen Flächen verfolgt werden, teilweise nur durch eine Beweidung zu erzielen sind. Zur Abschätzung der kurzfristigen Potentiale wird daher angenommen, dass auf 50% der Fläche eine Beweidung erhalten bleiben soll. Demnach würden aktuell 1.890 ha für eine Schnittnutzung zur Verfügung stehen. Diese Fläche ist ausreichend, um die Menge an benötigtem Festbrennstoff für 8 Heizwerke mit einer Nennleistung von 1.000 kW und einer Jahresproduktion von jeweils 3.000 MWh bereit zu stellen.

3.4 Klimaschutzpotentiale

Die Klimaschutzpotentiale ergeben sich aus einer möglichen Änderung der Landnutzung durch Anhebung der Wasserstände sowie durch die Substitution fossiler Energieträger. Im Vergleich zu nährstoffreichem entwässerten Niedermoor emittiert eine nasse Seggenwiese (Wasserstand im Sommer 0-20 cm unter Flur, im Winter Überstau; Wasserstufe: 5+/4+) circa 17,6 t CO₂-Äq je Hektar und Jahr weniger. Die Emissionsminderung bei thermischer Verwertung und Substitution von Erdgas liegt bei 0,243 t CO₂ MWh⁻¹ (LU M-V 2017). Bei Errichtung von 10 Heizwerken (Nennleistung 1.000 kW, Jahresleistung 3.000 MWh) und einer Produktivität von 4 t Trockenmasse je ha und Jahr könnte sich somit eine Emissionsminderung von bis zu 47.790 t CO₂-Äq pro Jahr ergeben (Tabelle 3).

Tabelle 3: Emissionsminderung bei Realisierung von 10 Heizwerken zur thermischen Verwertung von Biomasse aus wiedervernässten Mooren (Nennleistung jeweils 1.000 kW, Jahresleistung 3.000 MWh)

Emissionsminderung durch Substitution von Erdgas	
Anzahl der Heizwerke (a 1.000 kW, Jahresleistung 3.000 MWh)	10
Wärmemenge	30.000 MWh a ⁻¹
Substitutionseffekt Biomasse* statt Erdgas	0,243 t CO ₂ MWh ⁻¹
Emissionsminderung Substitution	7.290 t CO ₂ -Äq a ⁻¹
Emissionsminderung durch Änderung der Landnutzung	
Emissionsminderung durch Anhebung der Wasserstände	18 t CO ₂ -Äq ha ⁻¹ a ⁻¹
Produktivität	4 t TM ha ⁻¹ a ⁻¹
Brennstoffbedarf für 10 Heizwerke	9.000 t
Flächenbedarf	2.250 ha
Emissionsminderung Änderung Landnutzung	40.500 t CO ₂ -Äq a ⁻¹
Σ Emissionsminderung Substitution + Änderung Landnutzung	47.790 t CO₂-Äq a⁻¹

*Inklusive Berücksichtigung der Emissionen durch Biomassehandling (Ernte, Aufbereitung)

4 Aufbau lokaler Kooperationen zur Realisierung der thermischen Verwertung

Die Bereitstellung von Wärme aus vernässten Mooren stellt bisher keine etablierte Nutzung dar, weshalb der Aufwand zur Umsetzung wesentlich höher als bei der Umsetzung anderer Wärmebereitstellungsverfahren ist (z.B. der Abwärmenutzung bei Biogasanlagen). Für Biomasse aus Paludikultur gibt es bisher keine vollständige Marktsituation, d. h. Angebot und Nachfrage verschiedener Marktteilnehmer sind noch nicht garantiert.

Lokale Kooperationen sind eine Möglichkeit, um die Abnahme der produzierten Biomasse sicher zu stellen, sowie die Versorgungssicherheit der Verbraucher der Biomasse zu gewährleisten. Dies ist die Grundlage dafür, damit sich Landwirte und Biomasseverwerter für die Umsetzung von Paludikultur bzw. der thermischen Verwertung entscheiden und regionale Wertschöpfungsketten realisiert werden können (Holst et al. 2016).

Die Machbarkeit der thermischen Verwertung von Biomasse aus Paludikultur konnte mit dem Heizwerk Malchin gezeigt werden, jedoch sind viele Schritte zur Umsetzung für die beteiligten Akteure Neuland. Dies reicht von der Integration aktueller Forschungsergebnisse, der Anwendung möglicher Förderungen bis hin zu neuen wirtschaftlichen und rechtlichen Verflechtungen zwischen Landwirtschaft, Energiewirtschaft und Unternehmen der kommunalen Daseinsversorgung. Hinzu kommt der Bedarf an gesellschaftlicher und auch politischer Unterstützung. Diese Komplexität übersteigt vielfach die Potenziale einzelner Akteure vor Ort.

Neue regionale Stoffströme aufzubauen heißt daher nicht nur interessierte Akteure zu finden, sondern auch deren längerfristige Kooperation zu initiieren und zu festigen. Bei dem Aufbau dieser regionalen Kooperationen ist eine Unterstützung in Form von Moderation und gezielter Netzwerkbildung hilfreich.

4.1 Capacity Building und Netzwerkbildung

Für den Aufbau von lokalen Kooperationen zur thermischen Verwertung von Biomasse aus Paludikultur sind verschiedene Schritte notwendig:

- 1) Interesse generieren („capacity building“): Alle potentiellen Partner müssen über die Möglichkeiten sowie die Vor- und Nachteile informiert werden. Von Bedeutung ist dabei das Herausarbeiten der individuellen Vorteile, welche nur durch die Kooperation entstehen.
- 2) Netzwerkbildung: Bei identifiziertem Interesse müssen die potentiellen Akteure miteinander vernetzt und Kooperationsvereinbarungen geschlossen werden.

Zu den potentiellen Akteuren zählen Biomasseproduzenten (Landwirte, Rohrwerber), kommunale Wärmeversorger und (Groß-)Abnehmer, Gemeindevertreter und Genehmigungsbehörden sowie Investoren und/oder Betreiber der Heizwerke bzw. Wärmenetze. Die Ansprache relevanter Akteure sollte proaktiv und projektorientiert, mit dem konkreten Ziel ein Heizwerk für Biomasse aus Paludikultur zu errichten, erfolgen. Die Kontaktaufnahme dient gleichzeitig dem „capacity building“, um die Potentiale der thermischen Verwertung von Biomasse aus nassen Niedermooren in dezentralen Heizwerken aufzuzeigen. Für die konkrete Realisierung eines Heizwerkes sind sowohl vorhandene Akteure miteinander in Kontakt zu bringen, als auch die jeweiligen Interessen, Beweggründe bzw. auch Hinderungsgründe für eine Beteiligung zu berücksichtigen. Ein Netzwerk funktioniert dann, wenn das gemeinsame Ziel alle Akteure mit ihren unterschiedlichen Interessen

adressiert. Zum Beispiel kann regionale Wärme aus Paludikultur bereitgestellt werden, wenn der Wärmenutzer bereit ist den Wärmepreis zu zahlen, der eine ausreichende Vergütung der produzierten Biomasse ermöglicht (win-win Situation). Diese Ziele sind aufbauend auf regionalen Kooperationen individuell zu vereinbaren. Vergleichbar mit anderen Bereichen wird auch hier eine Idee erst erfolgreich verwirklicht, wenn die Interessen Einzelner bzw. von Interessengruppen gebündelt werden.

Eine Netzwerkbildung wird mit verschiedenen Erwartungen begründet, u.a. Steigerung von Innovationsmöglichkeiten und Reduktion von Unsicherheit bei Innovationsvorhaben, höhere Lernfähigkeit und Wissenstransfer, Integration unterschiedlicher Strukturen und Disziplinen in einen gemeinsamen Rahmen, höhere Flexibilität, Bündelung von Ressourcen, Konzentration auf Kernkompetenzen der einzelnen Netzwerkpartner sowie schnellere Anpassung an externe Veränderungen. Der Vorteil wird in der verbesserten Kapazität, komplexe Aufgaben zu bewältigen gesehen (Steger 2003). Netzwerke verknüpfen Menschen und Organisationen in einer überschaubaren Struktur und mit einem gemeinsamen Ziel. Im Bereich der Landnutzung sind Netzwerke auf lokaler Ebene von großer Bedeutung, weil sie lösungsorientiert an konkreten Herausforderungen arbeiten und die Partner unterschiedliches Spezialwissen in die Kooperation einbringen (Abbildung 8).

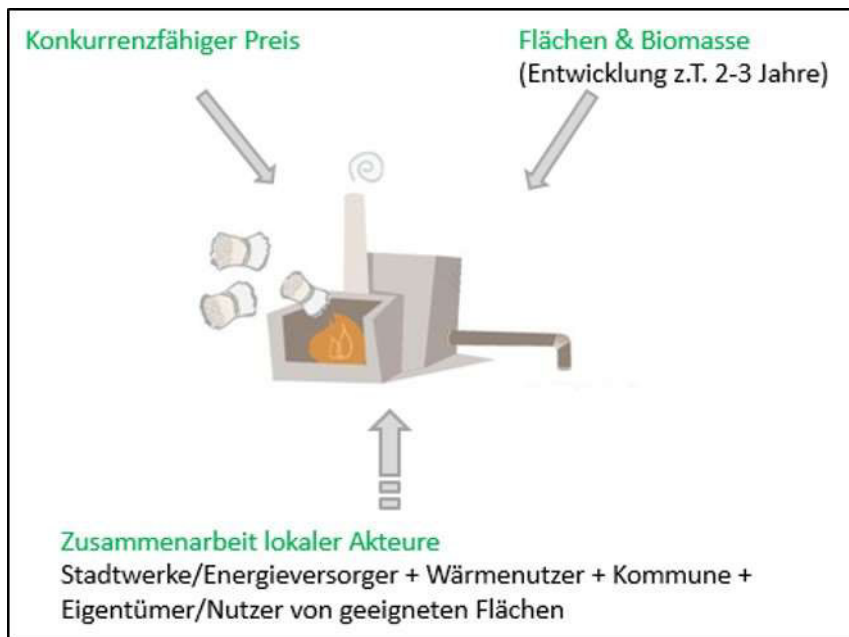


Abbildung 8: Herausforderungen für die Realisierung eines Paludi-Heizwerkes

Das Angebot von Biomasse beruht auf der Verfügbarkeit von Niedermoorflächen, die für eine Anhebung von Wasserständen infrage kommen (Zustimmung Eigentümer, Beeinflussung umliegender Flächen, Genehmigungsverfahren, Finanzierung etc.) oder bereits hohe Wasserstände aufweisen. Die auf feuchten und nassen Moorstandorten erzeugte Biomasse sollte ohne weitere Aufbereitung möglichst in der Nähe thermisch verwertet werden.

Neben der Angebotsseite, der Verfügbarkeit von Biomasse aus Paludikultur, muss parallel eine Wärmesenke, also potentieller Abnehmer für die Wärme, gefunden werden. Angebot und Nachfrage müssen räumlich nah beieinanderliegen, da sich längere Transportwege des Brennstoffs ungünstig auf den Wärmepreis auswirken.

4.2 **Netzwerkbildung zur thermischen Verwertung in Vorpommern-Rügen**

Für die Realisierung der thermischen Verwertung bedarf es einer Konkretisierung der Herangehensweise und diverser Planungsschritte, die es beim Aufbau einer regionalen Kooperation zu durchlaufen gilt. Die erforderlichen Schritte für den Aufbau lokaler Kooperationen sollten daher im Rahmen des Projektes zunächst an einem konkreten Beispiel durchlaufen werden. Hierfür wurde das Recknitz-/Trebeltal im Bereich Bad Sülze ausgewählt. Ziel war es, im Umkreis des wiedervernässten Polders Bad Sülze 3 eine Verwertung für die dort aufwachsende Biomasse aufzubauen. Die hierbei gewonnenen Erfahrungen wurden im Hinblick auf eine Übertragung aufbereitet und in der zweiten Projekthälfte die Suche nach weiteren Heizwerk-Standorten bzw. Netzwerken auf den gesamten Landkreis ausgeweitet. Das im Folgenden dargestellte methodische Vorgehen ist ein Ergebnis des Projektes.

Das erforderliche Vorgehen lässt sich in drei Kategorien unterteilen:

- 1) Analyse der Biomassepotentiale
- 2) Analyse der möglichen Wärmesenken für Kommunale Heizwerke
- 3) Ansprache relevanter Akteure

Durch die Wahl des Recknitz-/Trebeltals bei Bad Sülze als Modellgebiet war es möglich, ausgehend von einem bestehenden Biomassepotential, sofort die Schritte 2 und 3 zu durchlaufen. Um ein kommunales Heizwerk im näheren Umkreis zu realisieren, wurden Gespräche mit Gemeindevertretern, Versorgungsunternehmen, potentiellen Investoren und Wärmeabnehmern vor Ort geführt. Hierbei wurde für mögliche Standorte (Bad Sülze, Grimmen, Tribsees) das Interesse und der Wärmebedarf ermittelt. Daraufhin entstanden erste Grobplanungen und eine Einschätzung der Machbarkeit des Vorhabens. War diese gegeben, wurden Vor-Ort-Begehungen mit potentiellen Betreibern durchgeführt und Planzahlen vorgestellt sowie das Vorgehen bezüglich eines Genehmigungsverfahrens abgefragt.

Da das Biomassepotential größer ist (Kapitel 3.3) als die verfügbaren Wärmesenken wurden auch weitere Verwertungswege z.B. eine Pelletierung oder das BtE-Verfahren angesprochen, jedoch nicht abschließend geprüft (siehe Kapitel 5.4).

Für die Übertragung auf andere Standorte im Landkreis erfolgte parallel eine Netzwerkanalyse und es wurde die Frage nach den lokalen und regionalen Akteuren (Landwirte, Flächeneigentümer, Kommunen, Wärmeversorger, Netzbetreiber, (Landschaftspflege-)verbände, Endabnehmer, Genehmigungs- und Naturschutzbehörde, kommunal verantwortliche (Bau-)Ämter) gestellt.

Darüber hinaus wurde ein Auftrag zur Identifizierung von Wärmesenken im Landkreis Vorpommern-Rügen an das Institut für Energie-Beratung-Umwelt e.V. (EUB) vergeben (EUB 2016).

Zusätzlich wurde die Reststoffverwertung aus der Rohrmahd betrachtet, sowie potentiell geeignete Flächen im Landkreis begangen und diskutiert.

Box: Ökokontierung am Beispiel des Polders Bad Sülze

Ein Ökokonto ist ein Naturschutzinstrument, das im Rahmen der Eingriffsregelung auf kommunaler Ebene eingesetzt wird. Hierbei werden vorgezogene Kompensationsmaßnahmen in einen Flächenpool eingetragen und stehen für den Ausgleich von Eingriffen in Natur und Landschaft zur Verfügung. Das Ökokonto basiert auf den Rechtsgrundlagen der §§ 16 und 18 bis 21 des Bundesnaturschutzgesetzes sowie § 200a des Baugesetzbuchs.³ Neben potentiellen Eingriffsverursachern können auch Dritte, z. B. Stiftungen, Landgesellschaften oder private Flächeneigentümer Ökokontomaßnahmen durchführen und anerkennen lassen.

Nördlich von Bad Sülze wurde 2015 auf 322 ha entwässertem Niedermoor im Rahmen einer Ökokontierung der Wasserstand angehoben (Abbildung 9). Die Flächen sind im kommunalen Eigentum und sollen unter naturschutzfachlichen Aspekten weiter bewirtschaftet werden. Ziel ist die Entwicklung von naturnahen Nasswiesen bzw. -weiden und deren dauerhafte Pflege. Der naturschutzfachliche Managementplan benennt für die Bewirtschaftung des Ökokontos verschiedene Nutzungseinschränkungen (u.a. Unzulässigkeit von Düngung, Pflanzenschutzmittelnutzung, Umbruch, Ein- und Nachsaat, Melioration u.a.). Für die Nutzung der Flächen sind bestimmte Zeiträume, die zum Einsatz kommende Mahdtechnik und Viehbesatzstärken festgelegt.

2016 wurde die Mahd vom derzeitigen Pächter der Fläche, der Gut Bad Sülze GmbH durchgeführt. Langfristig wird die Produktivität der Fläche bei voraussichtlich rund 2-6 t TM Nasswiesenheu pro Hektar und Jahr liegen. Da die Aufwüchse teilweise als Futter ungeeignet sind, könnte eine thermische Verwertung der Biomasse in einem Heizwerk eine längerfristige Verwertungsalternative darstellen.

³ <https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kokonto>

5 Thermische Verwertung von Biomasse aus Paludikultur in Vorpommern-Rügen

5.1 Modellgebiet Polder Bad Sülze 3

Durch die Wiedervernässung des Polders 3 Bad Sülze im Rahmen einer Ökokontierung steht im Raum Bad Sülze/Triebsees eine ausreichend große wiedervernässte Fläche für die Bereitstellung von Biomasse für ein Heizwerk zur Verfügung (Box Ökokontierung Bad Sülze; Abbildung 9). Darüber hinaus sind in der Region weitere Flächen, in denen bereits eine Anhebung der Wasserstände stattgefunden hat, für die Ernte von Biomasse verfügbar. Der aktuelle Bewirtschafter von Polder 3 Bad Sülze, die Gut Bad Sülze GmbH, ist auf der Suche nach alternativen Verwertungsmöglichkeiten für Biomasse aus diesen vernässten Bereichen, die nicht als Futter geeignet ist.

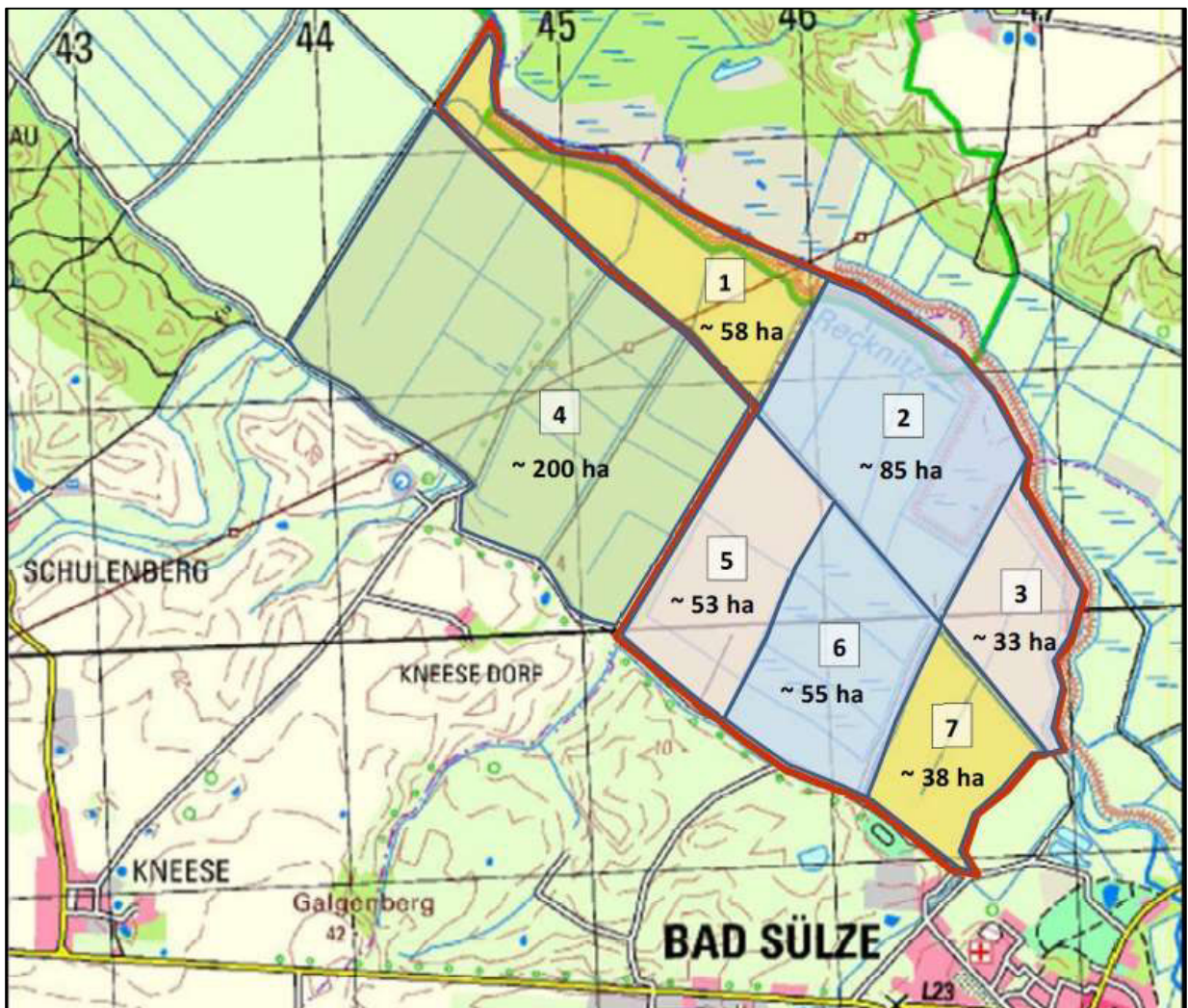


Abbildung 9: Managementplan für das Ökokonto „Recknitzwiesen nördlich Bad Sülze“ (rot umrandet), aufgestellt durch UNB LK Vorpommern-Rügen. Die Flächen 1, 2, 3, 5, 6 und 7 werden vernässt und sollen zeitlich gestaffelt beerntet werden. Die Fläche 4 ist weniger von der Vernässung betroffen. (Quelle: Landkreis Vorpommern-Rügen, Untere Naturschutzbehörde)

5.1.1 Bad Sülze

Mögliche Wärmeabnehmer in Bad Sülze wurden durch Vorortgespräche und mit Hilfe des Amtes Recknitz-Trebeltal (Abbildung 10) eingegrenzt. Das komplexe Vorhaben wurde jedem einzelnen möglichen Abnehmer vorgestellt und der aktuelle Wärmebedarf erfragt. Die tatsächliche Wärmesenke konnte so ermittelt werden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Identifizierte Wärmesenken in Bad Sülze

Position in Karte (Abb. 10)	Bad Sülze, mögliche Abnehmer	Anteil in % des Gesamtwärmebedarfs
1	Medianklinik	52%
2	Wohnbau B.S. GmbH	19%
3	Pflegeheim	7%
4	Schule Kommunal	14%
5	Rathaus Bad Sülze	4%
6	Feuerwehr Bad Sülze	1%
7	Tafel	2%

Der Gesamtwärmebedarf für die in Tabelle 4 aufgeführten möglichen Abnehmer liegt über 3.000 MWh und somit in einem Bereich der eine Überprüfung der Machbarkeit gerechtfertigt. Nach weiteren Vorgesprächen hat sich die Medianklinik zurückgezogen, da der Hauptkonzern zentral für alle Kliniken das Erdgas bezieht. Da gerade die Medianklinik in Bad Sülze der Hauptabnehmer wäre, erübrigt sich bei den derzeitigen Gaspreisen sowie der nicht vorhandenen mengenbezogenen Honorierung der Klimaschutzleistung eine weitere Analyse des Standorts (Box: Honorierung der Klimaschutzleistung).

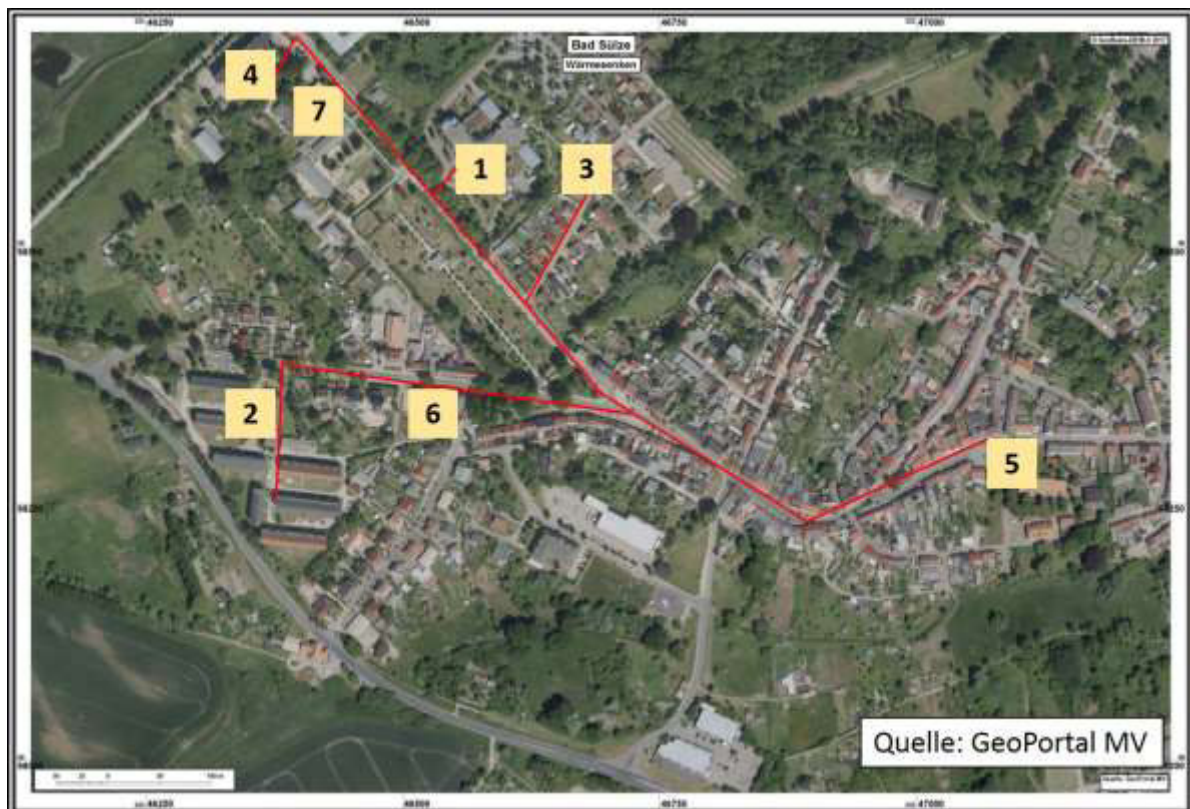


Abbildung 10: Übersicht zu den potentiellen Wärmeabnehmern in Bad Sülze

5.1.2 Tribsees

Mit Hilfe des Amtes Recknitz-Trebeltal wurden die potentiellen Wärmeabnehmer in Tribsees ermittelt. Auch hier wurde das Vorhaben jedem einzelnen möglichen Abnehmer vorgestellt und der aktuelle Wärmebedarf erfragt. Der Jahresgesamtbedarf liegt ebenfalls über 3.000 MWh (Tabelle 5) und somit in einem Bereich, in dem eine Wirtschaftlichkeit des Standortes möglich ist. Die Trassenlänge für den Anschluss der vier Hauptabnehmer an ein Wärmenetz in Tribsees beträgt ca. 2.000 m (Abbildung 11).

Tabelle 5: Identifizierte Wärmesenken in Tribsees

Position in Karte	Tribsees, mögliche Abnehmer	Anteil in % des Gesamtwärmebedarfs
1	WoGe Franzburg	18%
2	WoBauGe Richtenberg	53%
3	Schule inkl. Turnhalle	14%
4	Berufsbildungszentrum (BBV)	14%

Für die Errichtung des Wärmenetzes und der Heizanlage wurden drei potentielle Investoren angefragt. Mit der Energicos GmbH kam man überein, das Projekt gemeinsam voranzutreiben. Am 30.09.2016 wurde eine 4-Seitige Absichtserklärung zwischen der Stadt Tribsees, der Gut Bad Sülze GmbH, der Energicos Norddeutschland GmbH und dem Landkreis Vorpommern-Rügen zur Realisierung des Projekts geschlossen. In Vorgesprächen mit der zuständigen Genehmigungsbehörde (StALU Vorpommern) wurde die Errichtung eines Paludi-Heizwerkes im Landkreis Vorpommern-Rügen begrüßt. Mit Auflagen, die über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen, ist nicht zu rechnen.

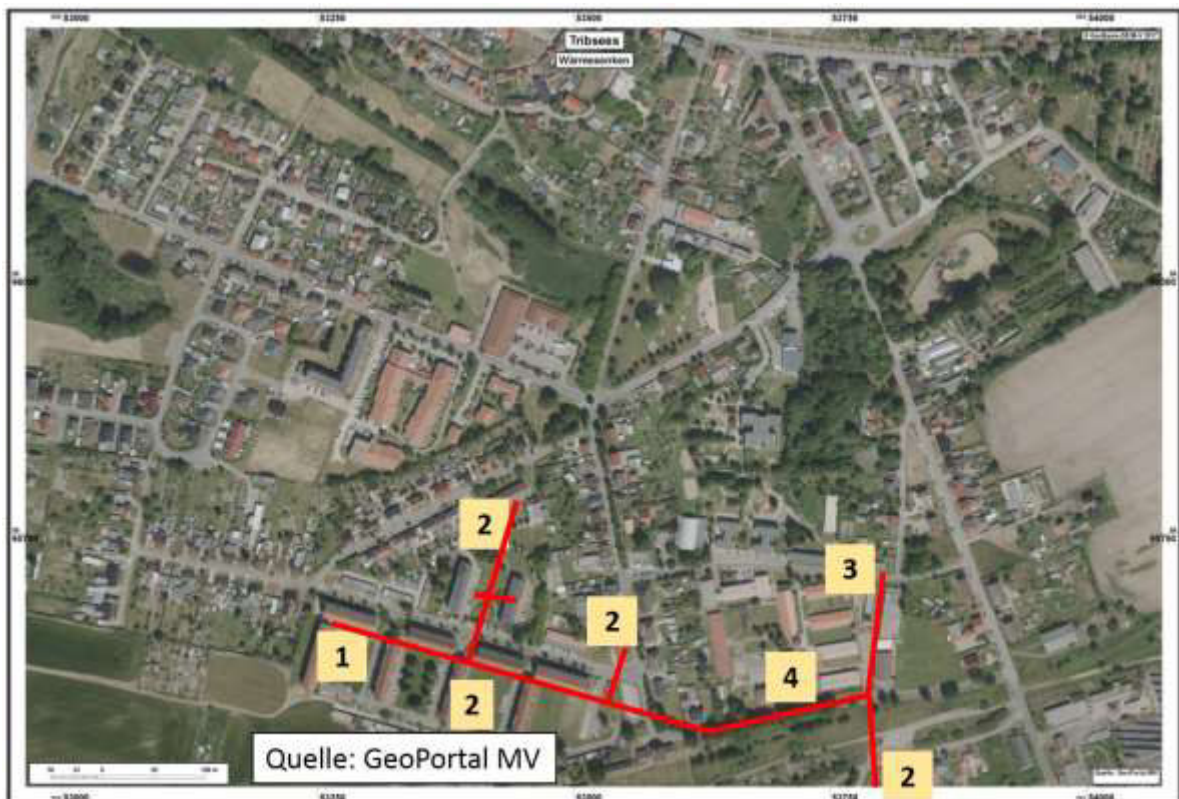


Abbildung 11: Übersicht zu den potentiellen Wärmeabnehmern in Tribsees

Biomassebedarf Tribsees

Für den Betrieb des Heizwerkes wäre eine Brennstoffmenge von 800 t pro Jahr erforderlich, was in etwa 4.000 Heuballen entspricht. Für die Anlieferung des Brennstoffs zum Heizwerk sind 115 Fahrten über das Jahr verteilt erforderlich. Eine größere Belastung durch Lieferverkehr wird somit ausgeschlossen. Bei einer Produktivität von 4 t TM je Hektar und Jahr ist für die Versorgung des Heizwerkes eine Fläche von 200 ha erforderlich. Neben dem Polder Bad Sülze 3 (322 ha, Abbildung 9) stehen im Umkreis von 10 km um Tribsees weitere 178 ha Grünland aus der Kulisse „Naturschutzgerechte Grünlandnutzung“ potentiell zur Verfügung (Abbildung 12).

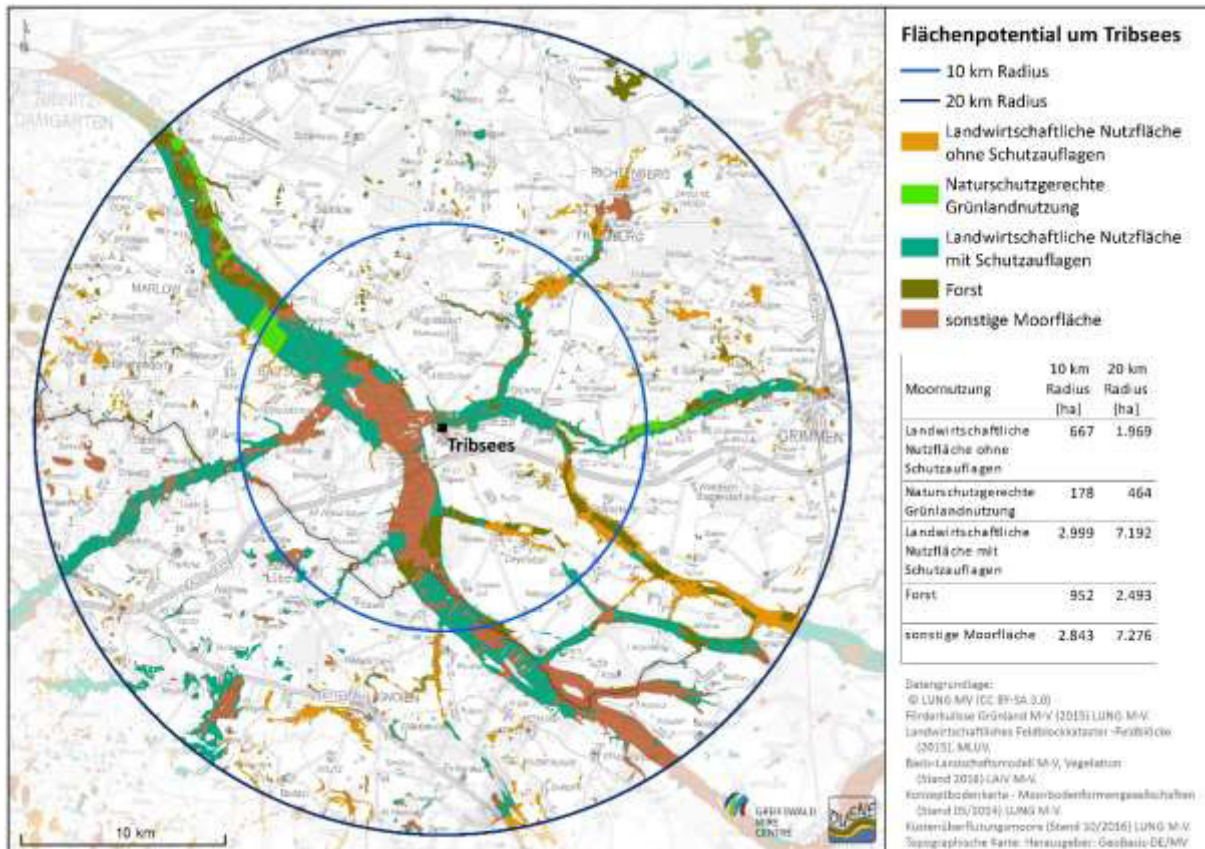


Abbildung 12: Flächenpotential im Umfeld von Tribsees

Investitionsbedarf und Wärmegestehungskosten am Standort Tribsees

Nach Vorortbegehungen, Datenaustausch und Technikrecherche wurde ein Gesamtinvestitionsvolumen (Heizwerk + Wärmenetz) von 1.515.000,- € ermittelt (Tabelle 6). Nach Abzug der Fördermöglichkeiten verbleibt ein Investitionsbedarf von 785.000,- € (siehe Kapitel 6.1). Bei einer Abschreibung der Investitionskosten über 10 Jahre ergibt sich ein Nettoverkaufspreis der Wärme von 90,90 €/MWh. Der durchschnittliche Fernwärmemischpreis in MV liegt bei 88,27 €/MWh.

Tabelle 6: Kurzübersicht zum Investitionsbedarf für das Wärmenetz Tribsees

Bauteil	Leistung	Investitionskosten
Biomasseheizwerk inklusive Redundanzkessel	800 kW	665.000,- €
Fernwärmetrasse	2.000 m	760.000,- €
Hausanschlussstationen	15 Stk.	120.000,- €
Summe		1.515.000,- €

Die Hauptinvestition liegt im Wärmenetz und dessen Refinanzierung innerhalb von 10 Jahren. Wirtschaftlich tätige Unternehmen sind bei ihren Investitionen auf kurze Laufzeiten bedacht. Der ermittelte Wärmepreis an der Übergabestelle ins Wärmenetz liegt lediglich bei 59,28€/MWh. Um den Wärmepreis am Standort Tribsees zu senken und damit die Konkurrenzfähigkeit des Projektes zu verbessern, bestünde die Möglichkeit, die Investition zu splitten. Die Kommune könnte das Nahwärmenetz mit einer längeren Laufzeit (>10a) refinanzieren. Die Kosten der Refinanzierung würden in diesem Fall in Form einer Pacht über den Betreiber des Heizwerkes gedeckt werden. Durch die Verlängerung der Abschreibung der Investitionskosten kann ein Wärmepreis zwischen 60 und 90 €/MWh realisiert werden. Weiterhin ist die sich ergebende Unabhängigkeit vom Erdgas und dessen Preisentwicklung zu berücksichtigen. Die Gespräche zur Realisierung des Wärmenetzes durch die Kommune konnten im Rahmen des einjährigen Vorhabens nicht abgeschlossen werden.

Der sich ergebende Wärmepreis kann ebenfalls durch zusätzliche Wärmesenken verringert werden. Im Rahmen der zukünftigen Stadt- und Regionalentwicklung sollte daher ein potentielles Heizwerk an dem Standort berücksichtigt werden.

5.2 Einbindung in bestehende Wärmenetze

Die Einbindung von Biomasseheizwerken in bestehende Wärmenetze ist nur an Standorten sinnvoll, bei denen Wärme nicht aus Anlagen mit Kraft-Wärmekopplung genutzt wird. Des Weiteren kommen aufgrund des Verhältnis der Investitionskosten und Brennstoffkosten nur Standorte in Betracht, bei denen ein größerer Wärmebedarf vorhanden ist. Hier können unter den aktuellen Rahmenbedingungen (aktueller Gaspreis; keine mengenbezogene Förderung der Wärme aus erneuerbaren Energieträgern) konkurrenzfähige Wärmegestehungskosten erreicht werden.

Im Projekt konnten nicht alle bereits bestehenden Wärmenetze hinsichtlich einer Einbindung eines Biomasseheizwerkes untersucht werden (Tabelle 7). Im Folgenden wird die Situation am Beispiel Grimmen dargestellt. An anderen Standorten können andere Rahmenbedingungen gegeben und die Einbindung eines Biomasseheizwerkes sinnvoll sein. Ein Interesse wurde z.B. vom Wärmeversorger von Sassnitz bekundet. Da der Kontakt erst kurz vor Projektende zustande kam, konnte keine Machbarkeitsstudie innerhalb der Projektlaufzeit durchgeführt werden.

Tabelle 7: Bestehende Fern- bzw. Nahwärmenetze im Landkreis Vorpommern-Rügen (EUB 2016) und deren Prüfung für die Einbeziehung eines Heizwerkes für die Verwertung von Biomasse aus Paludikultur

Gemeinde	Einwohner	Prüfung	Ergebnis
Ahrenshg-Daskow	2.124		Wärmenetz zu klein
Bergen auf Rügen	13.484	Steckbrief erstellt	ausstehend
Deyelsdorf	493		Wärmenetz zu klein
Grimmen, Stadt	10.019	erfolgt, Steckbrief erstellt	geforderter Wärmepreis unrealistisch
Millienhagen-Oebelitz	342		Wärmenetz zu klein
Putbus, Stadt	4.370	Steckbrief erstellt	ausstehend
Rappin	314		Wärmenetz zu klein
Sassnitz, Stadt	9.560	ausstehend	ausstehend
Stralsund, Stadt	58.041	Steckbrief erstellt	Eine Zusammenarbeit zur Vorstellung des Projekts Wärme aus Paludi-Biomasse wurde abgelehnt
Süderholz	3.984		ausstehend
Ummanz	557	Steckbrief erstellt	Wärmenetz zu klein

5.2.1 Grimmen

Im Umfeld von Grimmen stehen ausreichend Flächen zur Produktion von Brennstoff zur Verfügung (Anlage Steckbrief Grimmen). Ein Heizwerk könnte auch mit Biomasse aus dem Polder 3 Bad Sülze beliefert werden.

In Grimmen besteht bereits ein Nahwärmenetz welches von der e.distherm GmbH betrieben wird. Die Fernwärmeversorgung wird aus einem zentralen Heizkraftwerk mit mehreren Kesselanlagen und einem Biomethan-BHKW realisiert. In das bestehende Wärmenetz könnte ein Biomasseheizwerk integriert werden. Bei einer Jahresleistung von 3.200 MWh wurde ein Preis von 48 €/MWh ermittelt.

Laut e.distherm GmbH sind bei den aktuellen Einkaufspreisen für Gas und der eingesetzten Technik (BHKW) die derzeitigen Wärmegegestehungskosten mit Wärme aus einem Biomasseheizwerk nicht zu unterbieten. Das bestehende Blockheizkraftwerk am Standort Feldstraße erzeugt Wärme aus Biomethan und soll noch mehrere Jahre betrieben werden. Zum jetzigen Zeitpunkt ist eine thermische Verwertung von Biomasse aus Paludikultur daher nicht konkurrenzfähig.

Das Beispiel Grimmen zeigt, dass im Wärmebereich ein längerer Planungszeitraum betrachtet werden muss. Verträge müssen eingehalten und bestehende Anlagen abgeschrieben werden. Bei anstehenden Investitionskosten in der Zukunft (Erweiterung des Wärmenetzes, Erneuerung der Anlage) oder bei Auslaufen von Lieferverträgen, könnte die Option Biomasseheizwerk detaillierter geprüft werden. Weitere Vorteile, die sich aus dem Aufbau eines regionalen Stoffstroms sowie des Klimaschutzeffektes ergeben können, wurden für diesen Standort bisher nicht weiter diskutiert. Diese könnten bei annähernd konkurrenzfähigen Preisen zusätzlich zur Entscheidungsfindung herangezogen werden.

5.2.2 Thermische Verwertung von Reststoffen aus der Rohrmahd im Heizwerk Malchin

Eine Kooperation zur Reststoffverwertung von Schilf aus der Rohrmahd konnte im Projekt zwischen Harald Nordt, Rohrwerber aus Ummanz/Rügen und der Agrotherm GmbH aufgebaut werden.

Beim Reinigen und Sichten des Qualitätsschilfs für die Dachrohr-Verwendung fallen ca. 30% - 50% nicht verwertbare Biomasse an. Dieser Ausputz wird von H. Nordt in einen Schwad gelegt und mit einer Rundballenpresse kompaktiert. Die Ballen (D = 1,2m) werden mit einem LKW zum Heizwerk Malchin geliefert. 2016 sind auf diese Weise 600 Ballen (ca. 120 t) nach Malchin zum Paludi-Biomasseheizwerk geliefert worden. Vornehmlich fallen hier nur Kosten für den Transport und das Pressen der Ballen an, da die Reste des Qualitätsschilfs ohnehin entsorgt werden müssten. Hierdurch ist auch ein längerer Transport der Biomasse unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten möglich.

Verbrennungsversuche in Kooperation mit der Universität Greifswald haben bereits die hervorragende Eignung von Schilf als Brennstoff erwiesen. Es wird daher davon ausgegangen, dass bei der Verbrennung im Großversuch in der Heizsaison 2016/2017 die positiven Brennstoffeigenschaften von Schilf bestätigt werden. Ergebnisse aus der Forschung wurden somit in die Praxis übertragen.

5.3 Weitere potentielle Standorte

Das Institut für Energie-Beratung-Umwelt e.V. wurde mit der Studie „Wärmeversorgung mit Paludikultur-Biomasse. Potentielle Standorte in Vorpommern-Rügen“ beauftragt. Es wurden 21

Kriterien für die Einschätzung des Potentials, unterteilt in Angebots- Infrastruktur-/Standorts- und Nachfragekriterien (EUB 2016, siehe Abbildung 13) aufgestellt. Die Gewichtung der Kriterien kann modifiziert werden, um einzelne Kriterien z.B. stärker oder geringer wirken zu lassen.

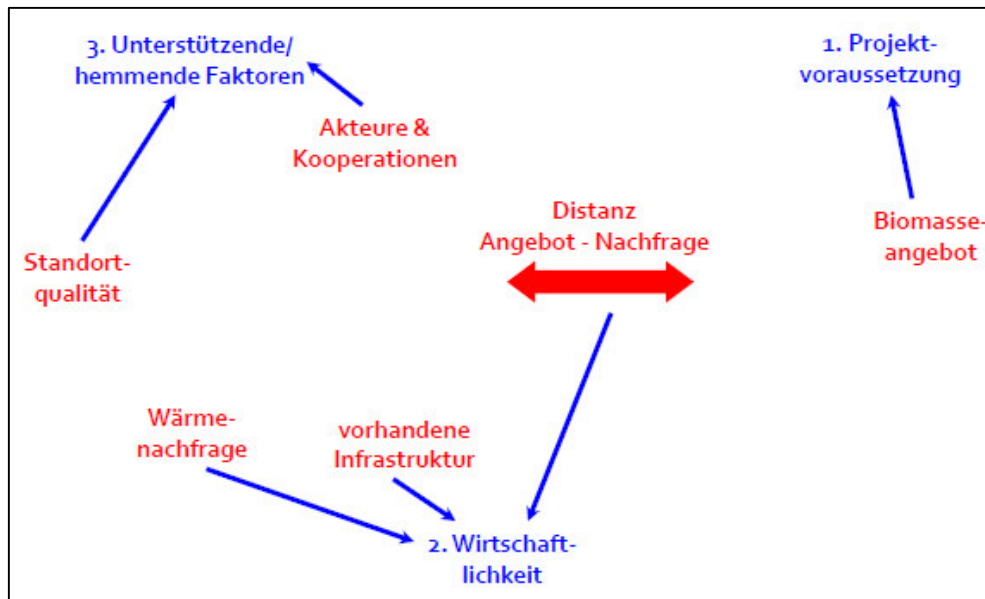


Abbildung 13: Entscheidungskriterien für die Planung von Heizwerken (EUB 2016)

Auf der Grundlage der Kriterien erfolgte ein Ranking der 105 Gemeinden in Vorpommern-Rügen. Bei einer Gleichgewichtung der Kriterien ergeben sich verschiedene Rankings und ein Gesamtranking. Der sich daraus ergebende Biomasse-Bedarf und das -Angebot wurden miteinander verschnitten und 30 Gemeinden identifiziert, die für eine nähere Prüfung in Betracht kommen (Abbildung 14).

Unter Anbetracht der kurzen Projektlaufzeit konnte nur ein Teil der identifizierten Gemeinden einer näheren Prüfung unterzogen werden. Die Auswahlkriterien für geeignete Heizwerkstandorte sollten weiter präzisiert werden mit Paludikultur-Angebotsflächen auf der Angebotsseite und eine stärkere Einbeziehung von einzelnen Siedlungsstrukturen von Stadt- und Ortslagen auf der Abnehmerseite. Durch die Weiterentwicklung, Priorisierung und Kombination können die Kriteriensets auch auf andere Kreise und Regionen angewandt werden. Für potentialreiche Gemeinden ist die individuelle Analyse von Akteursstrukturen für Heizwerk-Projekte (z.B. hinsichtlich Zielen, Kompetenzen, Handlungsmöglichkeiten) und die Konzeption von Heizwerk-Projekten (Wärmebedarfsanalyse, Auslegung und Netzentwurf, Wirtschaftlichkeit) für die weitere Bearbeitung hilfreich. Darauf aufbauend sollten standortbezogene Informationsmaterialien für die Projektinitiierung vor Ort entwickelt werden.

DUENE e.V.

Platz	G1: Die 10 "Besten"		G2: Weitere Gemeinden mit guten Potenzialen (insgesamt)		G3: Potenzielle Gemeinden für Angebots-Kooperation	
	GKZ	Gemeinde	GKZ	Gemeinde	GKZ	Gemeinde
1	2	3	5	6	8	9
1	13073088	Stralsund, HST.	13073098	Wendisch Bagg.	13073101	Wiek
2	13073055	Marlow, Stadt	13073018	Divitz-Spolder	13073092	Trent
3	13073075	Ribn.-Damg., St.	13073080	Sassnitz, Stadt	13073081	Schaprode
4	13073035	Grimmen, Stadt	13073093	Tribsees, Stadt	13073013	Breege
5	13073001	Ahrenshg-Daskow	13073097	Weitenhagen	13073005	Altenpleen
6	13073009	Barth, Stadt	13073027	Garz/Rügen, St.	13073037	Groß Mohrdorf
7	13073043	Kenz-Küstrow	13073062	Papenhagen	13073065	Posenitz
8	13073094	Trinwillershg.	13073033	Gransebieth	13073058	Neu Bartelshg.
10	13073090	Sundhagen	13073036	Groß Kordshagen	13073019	Dranske
11	13073029	Glewitz	13073089	Suderholz	13073095	Ummanz
			13073051	Löbnitz	13073068	Prohn
			13073028	Gingst	13073022	Eixen
			13073016	Deyelsdorf	13073046	Kramerhof
			13073086	Splietsdorf	13073045	Kluis
			13073076	Richtenberg, St.	13073059	Neuenkirchen
			13073102	Wittenhagen	13073004	Altenkirchen
			13073061	Pantelitz	13073003	Altefähr
			13073087	Steinhagen	13073066	Preetz
			13073032	Grammendorf	13073017	Dierhagen
			13073060	Niepars	13073044	Klausdorf

Abbildung 14: Ergebnis der Potentialstudie in Vorpommern-Rügen (EUB 2016)

5.4 Weitere Optionen der Biomasseverwertung

Bei der Analyse der Biomassepotentiale wurde deutlich, dass auch zukünftig nur ein kleiner Teil der potentiell zur Verfügung stehenden Biomasse in kommunalen Heizwerken verfeuert werden kann. Daher wurde im Rahmen des Projektes nach weiteren innovativen Verwertungsmöglichkeiten für die Biomasse gesucht, die sich in Vorbereitung oder Testbetrieb befinden oder bereits auf dem Markt verfügbar sind. Für einige Optionen wurden erste Schritte für eine potentielle Überprüfung der wirtschaftlichen Verwertung unternommen.

Pelletierung Tribsees

Für die Verwertung der Biomasse im Umfeld von Tribsees wird von den Akteuren vor Ort eine Pelletierung in Betracht gezogen. Eine testweise mobile Pelletierung ist für Januar 2017 beabsichtigt.

Auswaschungsverfahren

Zwischen der Agrotherm GmbH und der Get 2 energy GmbH & Co. KG ist eine engere Zusammenarbeit mit Blick auf die Verwertung der Biomasse von den Niedermoorflächen im Landkreis Vorpommern-Rügen geplant, eine Kooperationsvereinbarung wurde geschlossen. Ziel ist es, für diese zukunftssträchtige Technologie regionale Verwertungskonzepte zu erarbeiten und langfristig im Landkreis umzusetzen. Dabei soll die vollständige Stoffstromkette einbezogen werden, von der Ernte der Biomasse vernässter Niedermoorflächen bis hin zum Bau von Wärmeerzeugungs- und Verteilanlagen. Zur Klärung offener Fragen wurde ein gemeinsamer Forschungsantrag mit der Universität Greifswald gestellt.

Erdenwerke

Testmaterial von Nasswiesen wurde an Erdenwerke zur Überprüfung der Eignung als Substrat geliefert. Das Material bestand aus Rundballen (Heu aus Niedermoorbiomasse), der Zellulose aus den Auswaschungs- und Pressversuchen mit *florafuel AG*, sowie Kesselasche aus dem Paludi-Heizwerk Malchin. Die Ergebnisse werden 2017 erwartet. Hieraus können sich für Landwirte und Heizwerkbetreiber zusätzliche Erlösmöglichkeiten durch die Verwertung überschüssiger Biomasse ergeben. Zudem könnte für Heizwerkbetreiber über die Verwertung der Asche aus Paludi-Biomasse eine zusätzliche Einkommensquelle erschlossen werden. Dies könnte die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilen Energieträgern verbessern.

Papierherstellung

Auch Papierfabriken sind auf der Suche nach alternativen Rohstoffen zu Holz. So wurde Testmaterial von Nasswiesen zu der Firma *Creopaper* geschickt. Das Interesse an dem Rohstoff war groß. Die genaue Analyse durch das Labor von *Creopaper* steht allerdings noch aus und wird 2017 erwartet.

Kunststoff aus Gras

Verschiedene Kunststoffhersteller sind interessiert an Testmaterial zur Substitution ihrer bisherigen Rohstoffe für Produktionszwecke. Erste Gespräche laufen und für 2017 sind Tests geplant.

5.5 Vorschlag zum weiteren Vorgehen und Anwendung der Projektergebnisse

Neben Bad Sülze, Tribsees und Grimmen wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energie-Beratung-Umwelt e.V. (EUB) für ausgewählte Standorte Informationen in Form von Steckbriefen zusammengetragen (Anhang 5-16). Es wurden Steckbriefe für die Standorte Bergen, Franzburg, Grimmen, Marlow, Putbus, Richtenberg, Ribnitz-Damgarten, Sassnitz und Ummanz erarbeitet. Sie enthalten Daten zu Einwohnerzahlen, Ortsteilen, Gemeindeflächen, Gebäudebestand (Wohn-/Nichtwohngebäude), Gebäuden mit Wärmebedarf, zur Höhe der Wärmebedarfe, bisherigen Art der Wärmeversorgung sowie zu Kontaktdaten von Ansprechpartnern und Akteursstrukturen sowie Informationen zur kommunalen Schuldensituation. Die Schuldensituation einer Gemeinde ist einerseits ein Indikator für die kommunalen Handlungsmöglichkeiten der betreffenden Gemeinde. Andererseits begründet z.B. eine hohe Verschuldung auch einen entsprechenden Handlungsdruck, mit wirtschaftlichen Projekten den Gemeindehaushalt zu verbessern. Die genannten Gemeinden liegen alle im Umkreis von potentiellen Biomasseaufkommen und verfügen über eine gewisse Mindestgröße, bzw. potentiell geeignete Ortslagen für die Errichtung eines Wärmenetzes mit ausreichender Anschlussdichte bzw. Wärmeabnahme für ein Heizwerk. Auch bisher noch nicht in Steckbriefen erfasste Gemeinden können für eine thermische Verwertung von Biomasse aus Paludikultur in Betracht kommen. Neben den o.g. Orten liegen auch für Stralsund und Gingst Flächenpotentialkarten für die Produktion von Paludikultur-Biomasse vor.

Eine detaillierte Prüfung dieser Standorte sowie der Aufbau von regionalen Kooperationen auf der Basis vorhandener Netzwerk- und Akteursstrukturen wäre wünschenswert. Tabelle 8 gibt einen Überblick über den Wärmebedarf der Standorte. Das Klimaschutzpotential durch Ersatz von Erdgas (ohne Berücksichtigung der höheren Effizienz von Wärmenetzen) liegt bei 7.500 t CO₂-Äq a⁻¹ im Jahr, aus Änderung der Landnutzung ergeben sich nochmal 40.000 t CO₂-Äq a⁻¹. Standorte mit einem Wärmebedarf von über 2.500 MWh sollten einer Machbarkeitsprüfung unterzogen werden.

Tabelle 8: Wärmebedarf ausgewählter Standorte im Landkreis Vorpommern-Rügen

Ort	Quartier	Wärmebedarf [MWh]	davon aus Paludikultur [MWh]*	Flächenbedarf [ha]**	THG-Einsparung Substitution Erdgas [t CO ₂ -Äq a ⁻¹ ***]	THG-Einsparung Anpassung Landnutzung [t CO ₂ -Äq a ⁻¹ ****]
Bergen	Rotensee	17.300	5.000	369	1.215	6490
Franzburg	An den Seewiesen	3.700	3.500	258	851	4543
Grimmen	Nordwest	5.000	4.000	295	972	5192
Marlow	Grotewohlstraße /Pappeleck	1.890	1.500	111	365	1947
Putbus	Quartier Südost	5.180	4.500	332	1.094	5841
Richtenberg	Mühlenquartier	2.000	1.800	133	437	2336,4
Ribnitz-Damgarten	Herderstraße	2.720	2.500	184	608	3245
Sassnitz	Südwest	5.300	4.500	332	1.094	5841
Ummanz	Ortsteil-Kette	3.680	3.500	258	851	4543
Summe			30.800	2.272	7.484	39.978

* Annahme: ein Redundanzkessel ist erforderlich um Spitzenlast abzufuffern

** bei einer Produktivität von 4 t TM je ha

*** 0,243 t CO₂-Äq MWh⁻¹

**** 17,6 t CO₂-Äq ha⁻¹ a⁻¹ bei Umwandlung von Grünland in Nasswiese

6 Finanzierungsmöglichkeiten

6.1 Förderinstrumente

Auf Bundesebene bieten das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) verschiedene Förderprogramme im Bereich Erneuerbare Energien, Speicherung und Wärmenetze an. Auf Landesebene kann die Förderung über die Klimaschutzrichtlinie MV erfolgen (Romberg 2016 pers. Mitteilung). Einige Programme mit Relevanz für die Errichtung von Paludi-Heizwerken sind im Folgenden kurz zusammengefasst.

6.1.1 Förderung von Wärmenetzen und –speichern

KfW – Marktanreizprogramm Erneuerbare Energie Premium (Wärmenetz)

Unterstützung erfolgt für neue oder ausgebaute Wärmenetze, deren verteilte Wärme zu mind. 50 % aus Erneuerbaren Energien stammt (bei Neubauten 60 %), sofern das Wärmenetz im Mittel über das gesamte Netz einen Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse hat. Gefördert wird auch die Errichtung von Hausübergabestationen. Die KfW gibt Tilgungszuschüsse zu Wärmenetzen von 60€ je neu errichtetem Leitungsmeter und bis zu 1.800 € für Hausübergabestationen von Bestandsgebäuden sofern Investitionen vom Wärmenetzbetreiber durchgeführt werden und kein kommunaler Anschlusszwang besteht. Der Förderhöchstbetrag beträgt 1 Mio €.

KfW-Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien Premium (Wärmespeicher)

Förderfähig ist die Errichtung und/oder Erweiterung von Wärmespeichern mit mehr als 10 Kubikmetern, sofern sie überwiegend aus erneuerbaren Energien gespeist werden. Die Förderung erfolgt als Tilgungszuschuss zu Wärmespeichern (250 Euro je Kubikmeter Speichervolumen für Speicher mit mehr als 10 Kubikmetern Wasservolumen). Die Förderung ist auf 30 % der für den Wärmespeicher nachgewiesenen Nettoinvestitionskosten beschränkt. Der maximale Tilgungszuschuss je Wärmespeicher beträgt 1 Mio. Euro.

6.1.2 Förderung von Wärmeerzeugungsanlagen

KfW – Biomassenutzung ab 100 kW

Für Investitionen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt werden Kredite ab 1,00 % effektiver Jahreszins vergeben. Zudem bestehen Tilgungszuschüsse mit Zinsvorteil für kleine Unternehmen, die Höhe des Tilgungszuschusses variiert je nach Maßnahme. Für einige Maßnahmen im Zusammenhang mit der Modernisierung von Heizungsanlagen stehen um 20 % erhöhte Tilgungszuschüsse bereit. Höhe: 20 EUR je kW installierter Nennwärmeleistung.

Klimaschutzförderrichtlinie MV (EFRE+ELER)

Investive Klimaschutz-Zuschüsse werden für nicht wirtschaftlich tätige Organisationen (Kommunen, Kirchen, Vereine, Verbände) aus dem EFRE und ELER Fonds gewährt. Wirtschaftlich tätige Organisationen (private Unternehmen, Genossenschaften, kommunale Unternehmen, wirtschaftliche tätige Vereine) können Mittel aus dem EFRE Fonds erhalten. Für wirtschaftlich tätige Organisationen erfolgt die Förderung nach dem Mehrkostenprinzip.

Es werden investive Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Verbesserung der Energieeffizienz gefördert, die über den gesetzlichen Standard hinausgehen. Hierunter fallen investive Maßnahmen zum Einsatz regenerativer Energien zur Wärmenutzung; Infrastrukturmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (z.B. Speicherung von Wärme und Strom, einschließlich chemischer und physikalischer Speicherlösungen) sowie Nahwärme/Grüngasnetze. Weiterhin sind Vorplanungsstudien zur Vorbereitung von investiven Maßnahmen zum Aufbau lokaler, regenerativer Energieversorgungsstrukturen förderfähig sowie Energiemanagementuntersuchungen und Planungsleistungen investiver Maßnahmen.

Förderfähig sind 30 % bis max. 60 % der Mehrkosten bei wirtschaftlich tätigen Organisationen. Bei nicht-wirtschaftlichen (gemeinnützlich) Organisationen werden bis zu 50% der Gesamtkosten gewährt.

Ein einmaliger 10 %iger Bonus kann für besondere Innovationen oder für Projekte mit erheblich verbesserter Ressourceneffizienz oder für Projekte mit besonderem Multiplikatoreffekt, Demonstrationscharakter und/oder Öffentlichkeitswirksamkeit gewährt werden. Hierrunter können Vorhaben zur thermischen Verwertung von Biomasse aus Paludikultur fallen. Die Mittelausstattung EFRE (2014-2020) liegt bei 58,5 Mio. EUR.

6.1.3 Förderung von Studien und Planungen

Kommunen (ELER) im ländlichen Raum (MV):

Förderfähig sind investive Maßnahmen zur Nutzung von regenerativen Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung, insbesondere Biomassenutzung; Wärmepumpen; kleine Infrastrukturmaßnahmen im Zusammenhang mit der Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung, insbesondere Nahwärmenetze und Speicher. Des Weiteren können Vorplanungsstudien oder Machbarkeitsstudien zum Aufbau lokaler, regenerativer Energieversorgungsstrukturen sowie Energiemanagementuntersuchungen unterstützt werden. Der Zuschuss für die Investitionen beträgt 67,5 % (75 %- ELER-Def.), der Zuschuss für die Studien 75 % (100 % ELER-Def.). Zuwendungsfähige Ausgaben müssen mindestens 20.000 Euro betragen, bei Planungsleistungen oder Energiemanagementuntersuchungen mindestens 5.000 Euro. Maßnahmen mit Amortisationszeiten unter fünf Jahren werden nicht gefördert.

6.1.4 Weitere Anreizmöglichkeiten für Wärme aus Paludikultur

Die hier genannten Aspekte basieren auf dem Gutachten „Hindernisse und Handlungsempfehlungen für die energetische Nutzung von Paludikulturen“ (IKEM 2016).

EnEV und EEWärmeG

Durch das Gebäudeeinsparrecht (EnEV und EEWärmeG) werden Eigentümer neuer Gebäude verpflichtet, den Wärmeenergiebedarf durch die anteilige Nutzung von Erneuerbaren Energien zu decken. Wärme aus Paludikultur kann dazu beitragen.

Die Energieeinsparverordnung (**EnEV**) verpflichtet im Gebäudebereich zur Einhaltung konkreter Höchstwerte für den Jahresprimärenergiebedarf. Zur Bestimmung des Jahresprimärenergiebedarfs dient u.a. der **Primärenergiefaktor**, der durch die EnEV und entsprechende DIN-Normen für einzelne Energieträger festgelegt wird. Der Primärenergiefaktor ist ein Indikator dafür, wie effizient

Wärme als Form der Endenergie aus Primärenergie gewonnen werden kann. Paludikulturen haben keinen eigenen Primärenergiefaktor zugewiesen. In einem Vergleich mit anderen Primärenergiefaktoren dürfte er jedoch im Bereich von 0,0 bis 0,5 für den nicht erneuerbaren Anteil liegen und wäre damit vergleichsweise niedrig. Ein geringer Primärenergiefaktor könnte mittelbar die Errichtung von Wärmeerzeugungsanlagen mit Paludikultur-Biomasse begünstigen.

Das **EEWärmeG** verpflichtet Eigentümer neuer Gebäude dazu, den Wärmeenergiebedarf durch die anteilige Nutzung von Erneuerbaren Energien zu decken. Aus Paludikultur erzeugte Wärme kann die quotenbasierten Nutzungspflichten des EEWärmeG erfüllen.

Förderseitige Entwicklungspotentiale

IKEM (2016) schlägt Anreize für die Nutzung von Paludikulturwärme vor. Wärme aus Paludikultur könnte etwa bezüglich ihrer Nutzung in Wärmenetzen privilegiert werden: Die Nutzung von Fernwärme wird nach dem EEWärmeG nur anerkannt, wenn das Wärmenetz mit gewissen Anteilen an EE-Wärme, KWK-Wärme oder Abwärme gespeist wird. Aufgrund des doppelten klimaschützenden Nutzens von Paludikulturwärme bzw. von nachwachsenden Wärmeenergieträgern, die auf wiedervernässten Moorflächen angebaut werden, ist denkbar, diese bei den Anforderungen die das EEWärmeG an die quotenbasierte Speisungspflicht stellt zu privilegieren, indem beispielsweise bei Erzeugung von Wärme mit Biomasse aus Paludikultur ein Anteil von 30 % genügt).

Des Weiteren wäre eine Förderung über eine Vergütung für produzierte Wärmemengen denkbar (ähnlich dem EEG oder KWKG) sowie die Förderung über anlagenbezogene Investitionszuschüsse für reine Wärmeerzeugungsanlagen. Eine Klarstellung der Höhe des Primärenergiefaktors für Paludikultur – ggf. in Abhängigkeit des konkreten Energieträgers – birgt Potential, wenn zudem dieser noch weiter abgesenkt würde. Die Ermittlung des Primärenergiefaktors könnte etwa die bei Anbau von Energiepflanzen auf vernässten Moorstandorten vermiedenen Treibhausgasemissionen berücksichtigen.

Weiterhin empfiehlt IKEM (2016) die Einführung einer technologieoffenen Öffnungsklausel, bei der die Bundesländer ermächtigt werden, gewisse Stoffe mit hohen Umweltstandards zu benennen, für die geringere Prozentsätze bei den Nutzungspflichten erforderlich sind, um den Anforderungen des EEWärmeG zu genügen.

Biomasse aus Paludikultur lässt sich wegen der relativ geringen Energiedichte nur schwierig transportieren und kann dadurch ihr klimaschützendes Potenzial vor allem im Anbaugesbiet entfalten. Denkbar wäre es, ein wärmenetzübergreifendes **Massenbilanzierungssystem** für Wärme - ähnlich wie für Gas – einzuführen, mit der Folge, dass die Anforderungen der EnEV und des EEWärmeG bilanziell in anderen Wärmenetzen erfüllt werden können, ohne dass ein physischer Transport der Biomasse nötig wird. Weiterhin denkbar ist die Einführung eines **regionalen Zertifikatsystems** für erneuerbare Wärme durch welches langfristig der Gebäudebestand CO₂-neutral ausgestaltet werden kann. Ein solches System ist im europäischen Rechtsrahmen bereits angelegt und kann sein Potenzial insbesondere in Regionen entfalten, in denen keine Fernwärmeversorgung besteht. Im Verbund mit der Privilegierung von Paludikulturen durch die doppelte klimaschützende Wirkung wäre das Zertifikatshandelsinstrument für Paludikultur besonders wirksam.

Ideen für Stadt-Land-Kooperationen im Bereich Wärme im Raum Rostock bestehen bereits und beziehen sich auf den tatsächlichen realen Transport von Wärme und könnten auf Systeme für „virtuelle Wärme“ ausgedehnt werden (pers. Mitteilung U. Söffker, 2016).

6.2 Betreiberstrukturen für die Wärmeversorgung

Neben der mittelbaren Förderung von Paludikultur-Wärme durch geeignete gesetzliche Grundlagen und direkter finanzieller Unterstützung durch Förderprogramme spielen auch Betreiberstrukturen bzw. lokal vorhandene unternehmerische Strukturen für die Umsetzung einer Paludikultur-Wärme- Versorgung eine zentrale Rolle.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Etablierung und den Betrieb eines Paludi-Heizwerkes und des Nahwärmenetzes. In Städten wird die Wärmeversorgung oft von kommunalen Stadtwerken übernommen, die Heiz(kraft)werke und Wärmenetze betreiben. Wärme- und Energieversorgungsunternehmen können auch privatwirtschaftlich organisiert sein und reichen von kleinen Agrarbetrieben, die Abwärme aus der Biogas-Verstromung in ein Wärmenetz einspeisen bis hin zu großen bundesweit tätigen Unternehmen. Heizwerk und Wärmenetz müssen nicht zum gleichen Betreiber gehören. Bioenergiedörfer sind zum Teil als Genossenschaften organisiert, bei denen sich örtliche Akteure wirtschaftlich zusammenschließen, um ihre Energieversorgung gemeinschaftlich zu gestalten und zu finanzieren (Karpenstein-Machan et al. 2013). Bürgerenergiegesellschaften – d.h. Energiegesellschaften, bei denen Bürger mindestens 50% der Stimmrechte halten und in der Region ansässig sind (Agentur für Erneuerbare Energien 2014) – erhöhen die Akzeptanz für Erneuerbare-Energie-Anlagen. Sie sind ggf. aufwendig im Aufbau von Strukturen. 2012 waren 47% der installierten Leistung erneuerbarer Energie „in Bürgerhand“ (34 von 73 Gigawatt), davon waren 7 Gigawatt im Eigentum von Bürgerenergiegesellschaften (BBEn 2014).

Stadtwerke und andere Energieversorgungsunternehmen bieten zunehmend Wärmecontracting an, wobei dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen, z.B. in einem Mehrfamilienhaus oder in einem Unternehmen, von den Stadtwerken installiert, betrieben und gewartet werden und der Wärmeabnehmer eine monatliche Pauschale und den Preis für die abgenommene Wärme zahlt. Ein ähnlicher Ansatz kann auch bei Paludi-Heizwerken und dazugehörigem Wärmenetz umgesetzt werden. Erste Anfragen für ein Contracting bzw. die Etablierung eines Wärmenetzes in Tribsees waren bisher erfolglos.

BOX: Honorierung der Klimaschutzleistung der thermischen Nutzung von Biomasse

Die Klimaschutzleistung der thermischen Verwertung von Biomasse aus Paludikultur ergibt sich einerseits aus der Emissionsminderung durch Anhebung der Wasserstände auf den Produktionsflächen und andererseits durch die Substitution fossiler Energieträger. Eine Honorierung dieser Klimaschutzleistungen erfolgt bisher nicht. Die Emissionsminderung durch Wiedervernässung und Anpassung der Landnutzung sollte zukünftig durch eine **Klimaschutzflächenprämie** und die Klimaschutzleistung aus der Substitution von Erdgas durch eine anlagenbezogene **Klimaschutzprämie** honoriert werden.

Die Bereitstellung von Wärme aus Erdgas verursacht Emissionen in Höhe von 0,287 t CO₂-Äq./MWh (GEMIS 2012). Wird Erdgas als Energieträger durch Biomasse aus Paludikultur ersetzt, werden 84,5% der Emissionen eingespart (Dahms & Wichtmann 2014, ermittelt am Beispiel des Heizwerkes Malchin). Die THG-Einsparungen durch Substitution von Erdgas liegen somit bei 0,243 t CO₂-Äq./MWh bzw. 3.3 t CO₂-Äq. ha⁻¹ (bei einer Produktivität von 4 t TM ha⁻¹a⁻¹).

Die Einsparungen durch Wiedervernässung liegen je nach Vornutzung zwischen 17,6 und 24,9 t CO₂-Äq./ha/a (LM 2017). In der Summe werden bei Realisierung dieses Stoffstroms je Hektar Anbaufläche mit 21-28,3 t CO₂-Äq. ha/a/ höhere Vermeidungsleistungen erreicht als mit den bekannten, stark subventionierten Bioenergielinien. Daher sollten Anreize für die Umsetzung der thermischen Verwertung von Biomasse aus wiedervernässten Mooren entwickelt werden.

Die thermische Nutzung von Biomasse aus Paludikultur ist trotz günstiger Brennstoffkosten aufgrund der höheren Investitionskosten unter den aktuellen Rahmenbedingungen nur an Standorten mit einer hohen Jahresabnahme gegenüber der Wärmeerzeugung aus Erdgas konkurrenzfähig (Bork schriftl. Mitteilung 2016). Eine Vergütung der Klimaschutzleistung kann gezielt Anreize für die thermische Verwertung von Biomasse aus Paludikultur setzen und einen zusätzlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Bei einer jährlichen Klimaschutzprämie je Heizwerk in Höhe von 30.000 €, würden sich je nach erzeugter Wärmemenge Vermeidungskosten zwischen 31 und 123 € je eingesparter t CO₂ ergeben (Tabelle 9). Sie sind vergleichbar mit den CO₂-Vermeidungskosten für erneuerbaren Strom aus Wasser und Windkraft (22-70 € je t CO₂-Äq.-Geiger et al. 2004) und günstiger als die CO₂-Vermeidungskosten die sich bei der Produktion von Biogas ergeben (267-378 € je t CO₂-Äq., Isermeyer et al. 2008). Die Kosten zur Realisierung einer Klimaschutzprämie für 30 Heizwerke über einen Zeitraum von 10 Jahren betragen demnach weniger als 10 Mio. €. Demgegenüber steht eine Klimaschutzleistung durch Ersatz von Erdgas von ca. 150.000 t CO₂-Äq. Aus der Nutzungsänderung der Produktionsstandorte ergeben sich nochmals Emissionsvermeidungen von ca. 800.000 CO₂-Äq. (LM 2017).

Tabelle 9: Wärmegestehungskosten und CO₂-Vermeidungskosten in Abhängigkeit der Jahreswärmeproduktion

Jahreswärmeproduktion [MWh]	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Brennstoffbedarf [t/a]	295	442	590	737	885	1.032	1.179
Flächenbedarf bei Produktivität von 4 t TM/ha [ha]	74	111	148	184	221	258	295
Investitionskosten Heizwerk 800 kW*	620.000 €						
Höhe der Förderquote	40%						
Wärmegestehungskosten [€/MWh]*	108 €	85 €	73 €	67 €	62 €	59 €	56 €
CO ₂ -Einsparung durch Substitution von Erdgas [t]**	243	364	486	607	729	850	972
jährliche Honorierung der Klimaschutzleistung je Heizwerk (unabhängig von Wärmeproduktion)	30.000 €						
Wärmegestehungskosten bei Honorierung der Klimaschutzleistung [€/MWh]*	78 €	65 €	58 €	55 €	52 €	50 €	49 €
Resultierende Vermeidungskosten [€/t CO₂-Äq.]	123 €	82 €	62 €	49 €	41 €	35 €	31 €

*Annahmen: Wärmegestehungskosten an Übergabestation ins Wärmenetz; Brennstoffkosten: 80€/t; Kapitalzinsen: 5%; Gewinnaufschlag: 5% je MWh

** Substitutionseffekt: 0,243 t CO₂-Äq./MWh

7 Fazit

Das Modellvorhaben Land(auf)Schwung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, bietet eine hilfreiche Struktur, um lokale, innovative Ideen aus der Region für die Region verfügbar zu machen. Diese Ansätze können auf andere Kreise und Regionen, bzw. ländliche Räume übertragen werden. Der ‚Landatlas‘ des Thünen-Institutes⁴ nimmt Ländliche Räume im ganzen Bundesgebiet in den Blick, dabei werden Gemeinsamkeiten aber auch große Unterschiede deutlich. Regionale Kooperationen für (neue) Wertschöpfungswege und innovative Nutzungsverfahren sind besonders dort wichtig, wo wirtschaftliche Strukturen schwächer ausgeprägt sind und auch die Situation öffentlicher Haushalte wenig Spielraum für die Umsetzung neuer Ideen und Projekte lässt. Mit dem Modellvorhaben im Landkreis Vorpommern-Rügen wurde dem Rechnung getragen und (finanzielle) Kapazitäten bereitgestellt, um Kooperationen und Strukturen in verschiedenen Bereichen aufzubauen.

Im Vorhaben „Klimagerechte regionale Energieversorgung durch Paludikultur in Vorpommern-Rügen“ konnte gezeigt werden, welche Schritte für die Etablierung eines Paludi-Heizwerkes notwendig sind. Dieses Wissen, aufgebaute Netzwerke und beginnende Kooperationen werden zu einer nachhaltigen Wertschöpfung im ländlichen Raum beitragen. Die erarbeiteten Informationen stehen dem Landkreis für eine Umsetzung von Vorhaben zur Verfügung. Die beteiligten Akteure werden das Projekt weiterverfolgen. Das einjährige Land(auf)Schwung Projekt leistete einen starken An Schub für den Aufbau von regionalen Kooperationen zur regionalen Wärmeversorgung auf der Basis von Biomasse aus nassen Niedermooren.

Für die Umsetzung eines Paludi-Heizwerkes reicht der Zeitraum von einem Jahr nicht aus. Jedoch konnten viele vorbereitende Maßnahmen für die Errichtung eines Heizwerkes durchgeführt bzw. unterstützt werden. Klar wurde, dass eine „gute Idee“ und einzelne interessierte Akteure nicht ausreichen. Gemeinden werden von verschiedenen Zwängen und Entwicklungen beeinflusst (Haushalt, z.T. Mangel an Kapazität beim zuständigen Personal, demographische Entwicklungen, etc.), Entscheidungshoheiten liegen z.T. nicht in der Region (Bsp. Klinik Bad Sülze) und verschiedene regional wirkende Argumente wie Identitätsstiftung durch regionale Wärmeversorgung, Klimaschutz im eigenen Umfeld, werden oft neben dem reinen Preisargument nicht berücksichtigt.

Die vielen negativen Effekte einer entwässerungsbasierten Moornutzung sowie die positiven Effekte einer nachhaltigen schonenden Moornutzung (Paludikultur) konnten im Rahmen des Projektes bekannt gemacht und so zum Informations- und Wissenstransfer beigetragen werden. Dies ist unter anderem wichtig, um eine stärkere Honorierung der Ökosystemdienstleistungen, welche aus der Anhebung der Wasserstände auf bisher entwässerten Niedermoorflächen resultieren, zu unterstützen (z.B. Minderung des CO₂-Ausstoßes, Wasserrückhalt, Nährstoffrückhalt, Herstellung von Habitaten).

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Brennstoffkosten von Biomasse aus Paludikultur verglichen mit fossilen Energieträgern wesentlich günstiger, jedoch die Investitionskosten für die thermische Verwertung der Biomasse höher sind. Dies stellt die Wirtschaftlichkeit für einige Standorte infrage. Es konnten jedoch neun Standorte identifiziert werden, wo ein wirtschaftlicher Betrieb auch im Vergleich zu den aktuellen Gaspreisen möglich erscheint. Das Klimaschutzpotential dieser Standorte durch Ersatz von Erdgas (ohne Berücksichtigung der höheren Effizienz von Wärmenetzen) liegt bei 7.500 t CO₂-Äq a⁻¹ im Jahr, aus Änderung der Landnutzung ergeben sich nochmal 40.000 t CO₂-Äq a⁻¹. Für Treibhausgasemissionen empfiehlt das UBA (2012)

⁴ <https://www.landatlas.de>

einen Kostensatz von 80 € je t CO₂ für Klimafolgeschäden anzunehmen (vgl. auch Schäfer 2016). Diesen Wert unterstellend würde bei Errichtung der Heizwerke jährlich gesellschaftliche Kosten in Höhe von 3,8 Mio € vermieden werden. Standorte mit einem Wärmebedarf von über 2.500 MWh sollten einer Machbarkeitsprüfung unterzogen werden.

Die Treibhausgaseinsparungen durch Substitution fossiler Energieträger findet im Wärmepreis keine Berücksichtigung. Eine Honorierung dieser Klimaschutzleistung würde sich positiv auf die Wärmegeheimungskosten auswirken und damit die Wettbewerbsfähigkeit an vielen Standorten hinsichtlich einer Umsetzung erheblich verbessern bzw. Anreize zur Umsetzung geben (Box: Honorierung der Klimaschutzleistung).

8 Quellen

- Abel, S. et al. (2016): *Diskussionspapier zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Moorbodennutzung*. Telma 46: 155 - 174.
- Agentur für Erneuerbare Energien (2014): *Renews Kompakt: Akteure der Energiewende*. https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/284.AEE_RenewsKompakt_Buergerenergie.pdf
- BBEEn (2014): *Bürgerenergie als Schlüssel für die Akzeptanz der Energiewende*. Bündnis Bürgerenergie e.V. http://www.kommunal-erneuerbar.de/fileadmin/content/PDF/Aurich/Buergerenergie_als_Schluesel_fuer_die_Akzeptanz_der_Energiewende_-_Dr._Hermann_Falk.pdf
- BMUB (2014): *Aktionsprogramm Klimaschutz 2020*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). 66 S. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Aktionsprogramm_Klimaschutz/aktionsprogramm_klimaschutz_2020_broschuere_bf.pdf
- BMUB (2016): *Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin, 91 Seiten. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf
- Bork (2016, pers. Mitteilung): *Höhe der Brennstoffkosten*.
- Bork (2016, pers. Mitteilung): *Verbrennungsqualität von Seggen und Rohrglanzgras*.
- Dahms, T. & Wichtmann, W. (2014): *Comparative life cycle assessment of energy biomass from drained and rewetted peatlands*. In: Proceedings of the 22nd European Biomass Conference and Exhibition. Hamburg.
- Dahms T., Oehmke, C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W. & Schröder, C. (2015): *Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren*. Universität Greifswald.
- EUB (2016): *Wärmeversorgung mit Paludikultur-Biomasse. Potentielle Standort in VP-Rügen*. Unveröffentlichter Projektbericht. Institut für Energie-Umwelt-Beratung e.V., Rostock, 49 S.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hg.) (2007): *Leitfaden Bioenergie. Planung und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow. 353 S.
- Geiger, B., Brückl, O., Tzscheutschler, T., Hardi, M. & Roth, H. (2004): *CO₂-Vermeidungskosten im Kraftwerksbereich, bei den erneuerbaren Energien sowie bei nachfrageseitigen Energieeffizienzmaßnahmen*. IfE-Schriftenreihe / hrsg. von: Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, Technische Universität München 47. Energie & Management, Herrsching. 157 S.
- GEMIS (2012). *Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) 4.9*. Institut für angewandte Ökologie e.V., Freiburg.
- GMC (2016): *Moore im Klimaschutzplan 2050 – Eine Analyse*. Greifswald Moor centrum, http://www.greifswaldmoor.de/files/images/pdfs/Moore%20im%20Klimaschutzplan%202050_Greifswald%20Moor%20Centrum.pdf.
- Holst. H., Nordt, A. & Schröder, C. (2016): *Wissenstransfer – Bedeutung von Netzwerken und lokalen Kooperationen*. In: Wichtmann, W. Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.). *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore*. Stuttgart, Schweizerbart.
- IKEM (2016): *Hindernisse und Handlungsempfehlungen zur energetischen Nutzung von Paludikulturen*. Gutachten, Berlin & Greifswald
- Isermeyer, F., Otte, A., Christen, O., Dabbert, S., Froberg, K., Grabski-Kieron, U., Hartung, J., Heißenuber, A., Hess, J., Kirschke, D., Schmitz, P., Spiller, A., Sundrum, A. & Thoroe, C.

- (2008): *Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik: Gutachten*, Münster-Hiltrup. Landwirtschaftsverlag (Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 216).
- Jantzen, C. (2016): *Pelletierung*. In: Wichtmann, W. Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.). *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore*. Stuttgart, Schweizerbart.
- Karpenstein-Machan, M., Wüste, A., Schmuck P. (2013): *Erfolgreiche Umsetzung von Bioenergiedörfern in Deutschland – Was sind die Erfolgsfaktoren?* Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft. Band 91, Ausgabe 2. ISSN 2196-5099
- LU M-V (2009): *Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moore. Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandssicherung und zur Entwicklung der Moore (Moorschutzkonzept)*. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt- und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin. 109 S.
- LM MV (2017): *Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachpapier zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes 2009 (Vorläufige Fassung)*. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.
- Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hg.) (2007): *Leitfaden Bioenergie. Planung und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow. 353 S.
- Röder, N. & Grützmacher, F. (2012): *Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren – Vermeidungskosten und Anpassungsbedarf*. *Natur und Landschaft* 87: 56–61.
- Romberg, B. (pers. Mitteilung 2016): *Förderung von Biomasse-Heizungsanlagen*. Vortrag vom 9.12.2016 in Malchin.
- Schäfer, A. (2016): *Volkswirtschaftliche Aspekte der Moornutzung*. In: *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore* (hrsg. von Wichtmann, W. Schröder, C. & Joosten, H.), S. 133-142. Stuttgart: Schweizerbart.
- Steger, R. (2003): *Netzwerkentwicklung im professionellen Bereich dargestellt am Modellprojekt REGINE und dem Beraternetzwerk zetTeam*. Institut für empirische Soziologie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 6/2003, Nürnberg.
- UBA (2012): *Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention 2.0 Schätzung von Umweltkosten*. Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt. 74 S.
- UBA (2016): *Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate-change_24_2014_nationaler_inventarbericht_2.pdf
- Wichtmann, W. (2016): Was ist Paludikultur? In: Wichtmann, W. Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.). *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore*. Stuttgart, Schweizerbart.
- Wichtmann, W. & Joosten, H. (2007): *Paludiculture: peat formation and renewable resources from rewetted peatlands*. IMCG Newsletter 2007/3: 24-28.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



www.greifswaldmoor.de