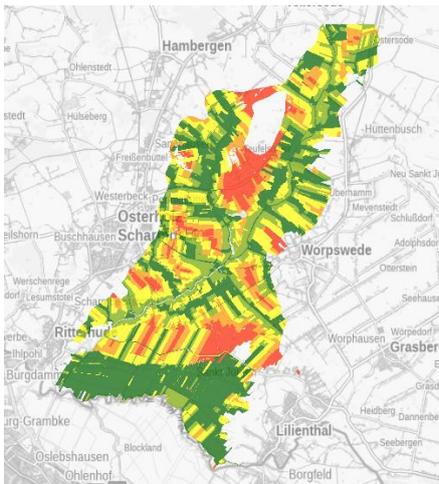


Machbarkeitsstudie

Aufwuchsverwertung und Artenvielfalt in der Leader-Region „Kulturlandschaften Osterholz“



Im Auftrag des Niedersächsisches Landvolk
Kreisverband Osterholz e.V.
Bördestr. 19
27711 Osterholz-Scharmbeck



Niedersächsisches Landvolk
Kreisverband Osterholz e.V.

Inhaltlich verantwortlicher Auftragnehmer:
Michael Succow Stiftung, Partner im Greifswald Moor Centrum
Ellernholzstraße 1/3
14789 Greifswald

Bearbeitet von: Anke Nordt, Susanne Abel, Jörg Eberts, Tim Hoffmann, Alexander Kost, Matthias Lampe, Jan Peters, Wendelin Wichtmann

Unter Mitarbeit von: Moritz Kaiser, Verena Kaiser, Marie Lorenz, Felix Reichelt

Greifswald, 26.06.2020

Gefördert im Rahmen der LEADER-Region
„Kulturlandschaften Osterholz“ im Zuge des
Programms zur Förderung der Entwicklung im
ländlichen Raum "PFEIL" unter Verantwortung
des Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz" durch
den "Europäischen Landwirtschaftsfonds für die
Entwicklung des ländlichen Raums" (ELER)



Inhalt

1	Einführung.....	6
2	Grundlagen.....	8
2.1	Naturräumliche Situation und sozio-ökonomische Entwicklung in der LEADER-Region Kulturlandschaften Osterholz.....	8
2.2	Angepasste Moorbewirtschaftung.....	10
2.2.1	Torferhaltende Bewirtschaftungsverfahren (Paludikulturen).....	10
2.2.1.1	Schilfröhricht (<i>Phragmites australis</i>).....	12
2.2.1.2	Rohrkolbenröhricht (<i>Typha spec.</i>).....	15
2.2.1.3	Großseggenried (<i>Carex spec.</i>).....	19
2.2.1.4	Torfmooskultivierung (Sphagnum farming).....	22
2.2.2	Schwach torfzehrende Bewirtschaftungsverfahren.....	24
2.2.2.1	Rohrglanzgraswiese (<i>Phalaris arundinacea</i>).....	24
2.2.2.2	Weide mit Wasserbüffeln.....	26
2.2.2.3	Landwirtschaftliche Gatterhaltung mit Rotwild oder Pferden.....	31
2.2.2.4	Weide mit Gänsen.....	32
2.2.2.5	Weide mit Rindern.....	35
2.2.2.6	Feuchtwiese.....	38
2.2.2.7	Weide mit Schafen.....	41
2.3	Biomasseverwertung.....	43
2.3.1	Thermische Verwertung.....	43
2.3.2	Stoffliche Verwertungen.....	44
2.3.2.1	Baustoffe.....	45
2.3.2.2	Papierherstellung.....	47
2.3.2.3	Biokohle.....	48
2.3.2.4	Biokunststoffe.....	48
2.3.2.5	Biokraftstoffe.....	48
2.3.2.6	Pflanzenschutzmittel.....	49
2.3.2.7	Gartenbausubstrate aus der Torfmooskultivierung.....	49
2.3.2.8	Medizinale Anwendung von Sonnentau.....	49
3	Charakterisierung des Untersuchungsgebiets.....	51
3.1	Flächenkulisse des Untersuchungsgebietes.....	51
3.2	Wasserbilanz.....	51
3.3	Naturschutzrechtliche Einordnung.....	57
3.4	Raumordnungsplanung.....	60
3.5	Nutzungsverhältnisse und betriebliche Strukturen.....	60

3.6	Moortypen, -genese und –zustand	65
3.7	Vegetation	72
3.8	Bilanz der Treibhausgas-Emissionen	75
4	Nutzungsanpassung.....	79
4.1	Flächen	79
4.1.1	Flächenkulisse: Eignung für Wasserstandsanehebung	79
4.1.2	Laufendes Verfahren Flächenmanagement für Klima und Umwelt (FKU)	85
4.1.3	Kosten der Schaffung und des Erhalts hoher Wasserstände	87
4.1.4	Flächenauswahl	88
4.1.4.1	Niedermoor Beekniederung	88
4.1.4.2	Hochmoor Torfkanal und Randmoore.....	88
4.2	Betriebliche Nutzungsanpassung	89
4.2.1	Aktuelle Bereitschaft zur Umstellung auf die Nutzung nasser Moorstandorte	89
4.2.2	Bestehende Hemmnisse	89
4.2.3	Mögliche Lösungsansätze.....	90
4.2.4	Maßnahmen und Kosten für die Umstellung auf Bewirtschaftung bei hohen Wasserständen	92
4.2.5	Betriebliche Positionierung von landwirtschaftlichen Betrieben im Untersuchungsgebiet	97
5	Agrarpolitische Rahmenbedingungen	101
5.1	GAP: I. + II. Säule: aktuelle Entwicklungen	101
5.2	GAP-Umsetzung in Deutschland.....	101
5.3	1.3 GAP-Umsetzung in Niedersachsen	101
6	Aufwuchsverwertung	104
6.1	Biomassequalität und Eignung für Verwertungsverfahren	104
6.1.1	Futternutzung	104
6.1.2	Energetische Verwertung	106
6.1.2.1	Eignung der Biomasse aus nassen Mooren als fester Energieträger für die Verbrennung.....	107
6.1.2.2	Vergärung zu Biogas	112
6.1.3	Stoffliche Nutzung: Torfersatzstoffe & Substrate	115
6.1.4	Weitere stoffliche Nutzungen	117
6.2	Vorliegende Biomassepotentiale im Untersuchungsgebiet.....	118
6.3	Vorhandene Verwertungsstrukturen in der LEADER-Region und Umland	118
6.4	Verwertungsoptionen von Biomasse aus dem Teufelsmoor	123
6.4.1	Probeanwendungen von Feucht- und Nassgrünland-Biomasse aus dem Teufelsmoor	123

6.4.2	Weitere Anwendungen vergleichbarer Biomasse.....	128
6.4.3	Veranstaltung: Verwertungsmöglichkeiten von Biomasse aus nassen Mooren: Beispiele aus der Praxis	129
6.5	Mögliche Geschäftsmodelle zur Biomasse-Verwertung in der Leader-Region Kulturlandschaften Osterholz.....	129
6.5.1	Thermische Verwertung: Heizwerk.....	130
6.5.2	Kaskade: Feststoffvergärung und Substratersatz.....	134
6.5.3	Stoffliche Verwertungen	134
6.5.3.1	Fasern für Verpackungen und diversen weiteren Anwendungen.....	134
6.5.3.2	Papier.....	136
6.5.3.3	Bioraffinerie zur Herstellung biobasierter Kunststoffverbindungen.....	136
6.5.3.4	Schilfanbau	137
6.5.3.5	Torfmookultivierung.....	137
6.6	Überblick Förderungen und Finanzierungsinstrumente für verwertungsseitige Investitionen	137
7	Weitere Finanzierungsoptionen.....	138
8	Flächenkonkrete Maßnahmenplanung (von BIOTA).....	142
8.1	Vermessung.....	142
8.2	Grundwasserflurabstände im IST-Zustand	142
8.3	Maßnahmenentwurf	142
9	Schlussfolgerungen.....	156
10	Tabellenverzeichnis	159
11	Abbildungsverzeichnis.....	161
12	Anlagenverzeichnis	164
13	Literaturverzeichnis.....	165

1 Einführung

Moore stellen in der LEADER-Region „Kulturlandschaften Osterholz“ einen erheblichen Flächenanteil dar und vereinen eine Vielzahl von ökologischen, ökonomischen und sozialen Funktionen, die jedoch bisher nicht immer in Einklang zueinanderstehen. So ist der Schutz und die Restauration von Moorflächen durch Wasserstandsanhebungen zwar aus Arten- und Klimaschutzsicht und zur Bereitstellung anderer ökologischer Leistungen gewünscht und gemäß Regionalem Entwicklungskonzept herzustellen, steht jedoch häufig der bisherigen, entwässerungsbasierten Landnutzung entgegen. Um diese Bereiche in Einklang zu bringen, braucht es innovative Konzepte für eine angepasste Landnutzung und Unterstützung für die landwirtschaftlichen Betriebe zur Umstellung und zur Vermarktung der neuen Produkte. Im Jahr 2017 hat sich in der LEADER-Region „Kulturlandschaften Osterholz“ auf Initiative von Landwirt*innen aus dem Teufelsmoorgebiet und der Hamme-Niederung unter dem Dach des Niedersächsischen Landvolkes Kreisverband Osterholz der Arbeitskreis „Aufwuchsverwertung von Moorstandorten“ gebildet. Neben Landwirt*innen nehmen auch Vertreter*innen des Landkreises (Naturschutz, Wirtschaftsförderung) und Unternehmer*innen, aber auch weitere Interessierte zur Vernetzung (Modellprojekt Gnarrenburger Moor der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Deutscher Verband für Landschaftspflege) regelmäßig an den monatlichen Treffen des Arbeitskreises teil. Ziel ist es, gemeinsam neue, tragfähige Verwertungs- und Absatzmöglichkeiten für die Biomasse von Grünlandflächen zu finden, auf denen naturschutzfachliche und torfzehrungsmindernde Wasserstandsanpassungen und Nutzungseinschränkungen umgesetzt wurden (im Rahmen des BfN-Naturschutzgroßprojektes „Hammeniederung“ und nach Zielsetzung der in dessen Folge entwickelten Sammelverordnung des Landkreises Osterholz über Natur- und Landschaftsschutzgebiete im Bereich „Hammeniederung“ und „Teufelsmoor“). Durch diese Wasserstandsanpassungen hat sich die Aufwuchsqualität im Hinblick auf den Futterwert derartig verringert, dass die übliche Milchviehhaltung bis hin zur Mutterkuhhaltung auf einigen Flächen nicht mehr umsetzbar ist und daher nach alternativen Nutzungs- und Verwertungsformen gesucht werden muss. Am 15.11.2017 fand, ebenfalls organisiert vom Landvolk Kreisverband Osterholz, ein Informationstag mit dem Titel „Moornutzungsalternativen im Teufelsmoorgebiet“ statt. Dort stellten Fachleute des Greifswald Moor Centrum, LBEG und andere die Problemlage aus wissenschaftlicher Sicht und Optionen für Alternativbewirtschaftungen vor. In der Folge der Veranstaltung entschloss sich das Landvolk Kreisverband Osterholz, unterstützt vom Landkreis, eine Förderung im Rahmen der LEADER-Region „Kulturlandschaften Osterholz“ anzustreben, die neben den zu betrachtenden Flächen und Betrieben im Landkreis Osterholz auch solche im angrenzenden Blockland, Land Bremen, miteinschließt. Im Rahmen des vom ArL Lüneburg, Geschäftsstelle Bremerhaven, bewilligten Projektes „Untersuchungen der Aufwuchsnutzung und Artenvielfalt (Festlegungs-Nr.:20490/03/3)“ wurde die Michael Succow Stiftung, Partner im Greifswald Moor Centrum, mit der Ausarbeitung der vorliegenden Machbarkeitsstudie beauftragt.

Im Rahmen des regelmäßigen AK-Treffen fand z.B. am 19.06.2019 eine Blockland-Rundreise mit Bremischem Landwirtschaftsverband und dem Senat für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau statt. Die gewonnenen Eindrücke und die Erklärungen durch die Akteure dienten als gutes Beispiel für eine Win-Win-Situation zwischen Landwirten und Naturschützern. Die Auftragnehmer der Machbarkeitsstudie organisierten zudem am 18.-19.09.2019 eine Bereisung des AK an das Greifswald Moor Centrum und zum Austausch zu Best-Practice Beispielen in Mecklenburg-Vorpommern (Biomasse-Heizwerk Malchin, Wasserbüffelhaltung Gut Darss) (siehe Anlage IX). Außerdem fand eine Auseinandersetzung mit dem Thema "Carbon Farming als landwirtschaftliches Geschäftsmodell" durch 3N auf der Agritechnica im November 2019 statt und eine Vernetzung mit der Ökoregion Kaindorf in Österreich anlässlich der Humustage Kaindorf am 21. und 22.01.2020 statt. Fazit war, dass Moorgrünland in Bedeutung für die Kohlenstoffspeicherung und Bewertung höhere Beachtung verdient hat als die klassischen Konzepte des reinen Ackerbaus.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie dient somit der Vorbereitung der Umsetzung neuartiger, angepasster Biomasseaufwuchsverwertung von nassen, extensiv bewirtschafteten und z.T. bereits wiedervernässten Hoch- und Niedermoorstandorten in der LEADER-Region „Kulturlandschaften Osterholz“ mit besonderer Betrachtung des Einflusses auf die Artenvielfalt und den Klimaschutz. Der Bericht kann dabei als eine Art Leitfaden oder „Nachschlagewerk“ gesehen werden. Alle aktuellen Informationen über angepasste Moornutzung und Paludikultur sowie der technologische Stand zur Beerntung, Verwertung und Vermarktung wurden auf die spezifischen Verhältnisse in der LEADER-Region bezogen und ausgewertet. Die Machbarkeitsstudie identifiziert und prüft geeignete Konzepte, die sowohl eine energetische als auch stoffliche Nutzung des Aufwuchses einschließen. Außerdem gibt sie einen Ausblick, welche Entwicklungen in Forschung und Umsetzung es sich für zukünftige Verwertungen lohnt im Blick zu behalten und welche anderen Finanzierungsoptionen neben GAP und dem Verkauf von landwirtschaftlichen Erzeugnissen bestehen.

Die Untersuchung der stofflichen Nutzung beinhaltete die technische Prüfung der Verarbeitung von Heu von Flächen mit hohen Wasserständen und das Aufzeigen von Optionen für Anbaupaludikulturen (Torfmoos, Rohrkolben, Schilf), die insbesondere auf jetzigen Ackerstandorten auf Moor in der Untersuchungsregion in Frage kommen. Es werden Anbaukonzepte, Absatz und Weiterverarbeitung der Biomasse zu Gartenbausubstraten oder Baumaterialien (z.B. OSB-Platten, Dämmungsmaterial) dargestellt. Explizit wurden in die Prüfung auf Abnehmerseite auch Unternehmen im Stadtgebiet der Hansestadt Bremen mit einbezogen.

Zur energetischen Nutzung kommt eine direkte thermische Nutzung von Rundballen in einem Heizwerk, die Pelletierung und die Vergärung der Biomasse zu Biogas in Frage. Die Prüfung bezog sich sowohl auf betriebsinterne Lösungen, als auch zentrale Ansätze (Wärmebereitstellung für Wärmenetze) und identifizierte bereits vorhandene Strukturen (Heizwerke, KWK-Anlagen, Wärmenetze etc.).

Außerdem wurden Optionen der Tierhaltung auf Moorflächen mit hohen Wasserständen geprüft. Dabei kommt sowohl die Haltung von Wasserbüffeln, als auch von robusten alten Haustierrassen (Mutterkuhhaltung, Schaf- und Ziegenhaltung, Geflügel) in Frage. Die Prüfung fand dabei nach Interesse und in enger Abstimmung mit interessierten Betrieben statt.

Für das Untersuchungsgebiet wurde eine Wasserbilanz des Ist-Zustandes sowie ein Eignungsindex für mögliche Wasserstandsanhebungen erstellt, aus dem sich eine Vorschlagsliste für geeignete Flächen ableiten lässt.

In einem ausgewählten Gebiet (Beekniederung bei Wulfsburg) und mit den dort beteiligten Betrieben wurde weiterführend eine Maßnahmenplanung bis hin zur Leistungsbeschreibung für die Genehmigungsplanung erarbeitet, die der Durchführung eines Modellprojektes dienen kann.

Bei der Bearbeitung der Studie war ein hohes Maß an Transparenz und die Beteiligung der Betroffenen in der Region, insbesondere der Akteure im Arbeitskreis Aufwuchsverwertung, wichtig. Daher wurden die Zusammenhänge zu Mooren und Klimaschutz und Vorgehen, Inhalte und Zwischenergebnisse der Studie, wie z.B. die angepassten Bewirtschaftungskonzepte für die Landwirt*innen und interessierte Öffentlichkeit in zielgruppenspezifischer, verständlicher Art aufbereitet und kommuniziert. Der Austausch mit Akteuren aus der Region (Landvolk Kreisverband Osterholz, Bremischen Landwirtschaftsverband, Landkreis OHZ, Wasser- und Bodenverbände, Gewässer- und Landschaftspflegeverband (GLV) Teufelsmoor, Biologische Station Osterholz, Schutzgemeinschaft Teufelsmoor/ Hammeniederung etc.) wurde vom Auftragnehmer gepflegt.

2 Grundlagen

2.1 Naturräumliche Situation und sozio-ökonomische Entwicklung in der LEADER-Region Kulturlandschaften Osterholz

Die Moorlandschaft zwischen dem Fluss Wümme im Süden, der Osterholzer und der Tarmstedter Geest im Westen und Osten, und Bremervörde im Norden wird als Hamme-Niederung/ Teufelsmoor bezeichnet (Kulp 1995). Das Gebiet liegt in der naturräumlichen Untereinheit der Hamme-Wörpe-Niederung, die durch die Hammemoore und die Worpsweder Moore gebildet wird. Heute stellt die circa 360 km² große Moorfläche den größten zusammenhängenden Hoch- und Niedermoorkomplex Nordwestdeutschlands dar. Die Worpsweder Moore wuchsen als Niedermoore in den Talauen zwischen Hamme und Wümme auf. Bei den Hammemooren handelt es sich um einen Komplex aus dem breiten Niedermoorgebiet in der Hammeaue und den Hochmooren westlich der Hamme, die von einem Niedermoorstreifen entlang der Beek geteilt werden. Die von Torfmoosen (Sphagnum) geprägten Hochmoore weisen bis zu 12 Meter mächtige Weißtorfschichten auf (Kulp 1995).

Der Moorkomplex wird maßgeblich durch die ihn durchziehenden Flüsse geprägt. Im Norden durchfließt die Oste das Gebiet, während die Hamme von Nordosten in südwestliche Richtung verläuft. Hamme, Wörpe und Wümme vereinen sich in Ritterhude zur Lesum, welche nordwestlich von Bremen in die Weser und diese wiederum in die Nordsee mündet (Landkreis Osterholz 2012). Die Unterläufe von Hamme und Wümme liegen hierdurch im Einflussbereich der Gezeiten der Nordsee. Im ozeanischen Großklima gelegen kommt es in der Region zu starker Wolken- und Niederschlagsbildung und geringer Verdunstung, wodurch ein jährlicher Niederschlagsüberschuss von mehr als 300 mm zustande kommt, der für die Existenz der Moore der Region essentiell ist. Bei einem Jahresniederschlag von 732 mm liegt das Sommerregenmaximum im August, sodass die Böden im Herbst wassergesättigt sind und es im November bereits erste Überschwemmungen entlang der Hamme gibt (vgl. Kulp 1995). Im Rahmen dieser Arbeit wird das Gebiet Hamme-Niederung/ Teufelsmoor betrachtet, das im westlichen Teil der Hamme-Wörpe-Niederung, zwischen der Osterholzer Geest und dem Weyerberg liegt und zum Landkreis Osterholz-Scharmbeck gehört.

Entwicklung der Moornutzung

Nach nur sehr schwacher Nutzung der Niederung ab dem 12. Jahrhundert (Kulp 1995) mit ersten Gründungen von Klöstern und Moorhufensiedlungen wie Waakhausen und Teufelsmoor im 13. und 14. Jahrhundert wurde das Gebiet nach und nach erschlossen (Müller-Scheessel 2012a). Die siedlungsfreien Gebiete im Norden und Nordosten der Region wurden zunächst durch Bremer*innen zum Torfstechen genutzt oder von Siedler*innen an den Geesträndern landwirtschaftlich bearbeitet (vgl. Müller-Scheessel 2012a). Die grasreichen Niedermoore wurden zur Viehhaltung und Heugewinnung genutzt und die Hochmoore auf Höhe des Überschwemmungswassers abgetorft, um eine natürliche Düngung des Grünlandes zu gewährleisten. Das Jahr 1751 gilt als der Beginn der systematischen Kolonisation der Teufelsmoor-Niederung unter Mitwirkung Jürgen Christian Findorffs, in deren Rahmen auch die erste Karte der kurhannoverschen Landesaufnahme entstand und der Hamme-Oste-Kanal für die Binnenschifffahrt angelegt wurde (vgl. Kulp 1995). Die landwirtschaftliche Nutzung der Moore stand bis Ende des 19. Jahrhunderts immer in starker Konkurrenz zum Torfabbau, da die hohe Nachfrage in Bremen durch das Fehlen größerer Waldflächen in der Umgebung und das rasante Bevölkerungswachstum den Torfhandel sehr lukrativ machte. Obwohl der Torfabbau nur eine Übergangsfinanzierung darstellen sollte, waren bis 1824 nur 18 % der geplanten Fläche wegen mangelnder Kapazitäten (Arbeiter, Finanzmittel) für die Landwirtschaft kultiviert (vgl. Müller-Scheessel 2012b). Die Hamme diente als Vorfluter des weitreichenden Entwässerungssystems, dessen Hauptentwässerungsgräben zugleich die ersten Verkehrswege im Teufelsmoorgebiet darstellten (Kulp 1995). Je nach Lage der

Stätte hatten die Siedler*innen unterschiedliche Voraussetzungen für die Nutzung ihrer Flächen: Besaßen sie Randflächen der Hochmoore mit Niedermooranteilen, konnte dort das Vieh gehalten werden, dessen Mist als Dünger zum Getreideanbau auf Hochmoorflächen gebracht wurde. Dort, wo es im Hochmoor Abflussmulden gab, konnten mit nährstoffreichem Kanalwasser sogenannte Vorweiden künstlich bewässert und zur Tierhaltung genutzt werden, während die dem Kanal abgewandte Seite zum Ackerbau genutzt wurde. Auf dem Rücken der Hochmoore, wo kein Kanalwasser zur Verfügung stand, konnte kein Futter für Vieh erzeugt werden, wodurch auch kein Mist als Düngung für den Ackerbau anfiel. Auf diesen Hochmoorflächen wurde weiterhin Torf abgebaut (Kulp 1995).

Erst Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Milchviehhaltung ausgeweitet. Diese Bewirtschaftung und die damit einhergehenden Maßnahmen wurden seit Mitte des 20. Jahrhunderts durch verschiedene nationale und europäische Subventionsprogramme unterstützt. Jedoch geht sie einher mit schwerwiegenden Sackungsverlusten durch Kompaktion der Torfe, Verlust des Auftriebes und langfristig durch Mineralisierungsprozesse, die je nach Nutzungsart und -intensität zwischen 0,5 und 1,0 cm/a erreichen können. Durch fortschreitende Sackung und Verlust der Poren im Torf entstehen staunasse Standorte, die nur geringfügig über oder sogar unter dem Niveau des Vorfluters und letztendlich des Meeresspiegels liegen und somit schwer bis gar nicht zu entwässern sind (Blankenburg 1999). Dieser Prozess wird als „Teufelskreis der Moornutzung“ (Kuntze 1983) beschrieben, der im Teufelsmoor-Hammeniederung schon weit fortgeschritten ist und die Milchvieh-, aber auch die Mutterkuhhaltung erschwert und auf manchen Standorten gar verunmöglicht.

Da durch den langjährigen Torfabbau und die Intensivierung der Landwirtschaft der Zustand der Moore und der dort lebenden Arten immer weiter gefährdet wurde, gibt es seit einigen Jahrzehnten starke Bestrebungen seitens des Naturschutzes, die Naturlandschaft nicht weiter zu beeinträchtigen. Im Jahr 1981 wurde schließlich auch seitens der Niedersächsischen Landesregierung reagiert und mit dem Niedersächsischen Moorschutzprogramm ein erstes wichtiges Instrument für den Schutz von Hochmooren installiert (vgl. ML 1981). Die hauptsächlichen Probleme stellen Düngung und die damit verbundene Verdrängung hochmoortypischer Vegetation durch Nährstoffeintrag dar, sowie die Verarmung der Artengemeinschaft durch Beweidung und die Mineralisierung der Böden durch Entwässerung (Kulp 1995). Zur Verbesserung des Zustandes der Moore wurden im Rahmen eines vom Bundesamt für Naturschutz geförderten Naturschutzgroßprojektes umfangreiche Maßnahmen unter anderem zur Wiederherstellung von Biotopen, dem Betrieb wasserwirtschaftlicher Retentionseinrichtungen und der Besucherlenkung durchgeführt (Landkreis Osterholz 2012). Im Gebiet Teufelsmoor-Hammeniederung wurden durch die Sammelverordnung 9.234 Hektar jeweils in 2 Landschafts- und 2 Naturschutzgebieten unter Schutz gestellt, die Teil des Europäischen Natura 2000 Netzwerkes sind. Die landschaftliche Attraktivität und die Nähe zu bedeutenden Ballungsräumen sorgten auch für eine ausgeprägte touristische Nutzung der Region, die heute eine beträchtliche wirtschaftliche Bedeutung hat.

Die Landschaft des Teufelsmoores und der Hammeniederung ist somit seit Jahrhunderten als Lebensraum für Menschen von grundlegenden, überlebenswichtigen Veränderungen und kulturellen Errungenschaften geprägt. Diese stellen auch die Pionierfähigkeit und Kreativität der Bewohner*innen und Landnutzer*innen unter Beweis, die so gesellschaftliche Herausforderungen erfolgreich gemeistert und zu ihrem Vorteil umgemünzt haben. Genau diese Eigenschaften sind jetzt wieder gefragt, um den Übergang von einer entwässerungsbasierten Moornutzung mit den beschriebenen negativen Folgen zu einer Nutzung bei hohen Wasserständen für die langfristige Bewirtschaftbarkeit der Flächen und den Klimaschutz zu meistern. Wichtig ist dabei zu beachten, die Bewirtschaftung an den Standort anzupassen und nicht den Standort an die Bewirtschaftung.

2.2 Angepasste Moorbewirtschaftung

Eine nachhaltige, standortgerechte und klimaverträgliche Bewirtschaftung von Mooren kann mit dem Begriff Paludikultur beschrieben werden. Im weiteren Sinne ist Paludikultur die produktive Nutzung nasser Moorstandorte (Wichtmann et al. 2016). Mit dem Verweis auf nasse Moorstandorte werden nach dieser Definition alle Ökosystemdienstleistungen eingeschlossen, die sich aus dem Erhalt bzw. der Wiederherstellung natürlicher Wasserstände ergeben. Dies sind z. B. Torferhalt und Speicherfunktion von Kohlenstoff, Kühlung, Nährstoffrückhalt, Hochwasser- und Biodiversitätsschutz. Das Ziel von Paludikultur ist in jedem Fall, durch ganzjährig hohe, torferhaltende Wasserstände den Torfkörper zu konservieren und damit die Sackung zu stoppen und Treibhausgas (THG)-Emissionen sowie Nährstoffausträge zu reduzieren. Entsprechend ist die Bewirtschaftung an diesen Grundsatz anzupassen.

Eine **torferhaltende Nutzung** ist in der Regel gegeben, wenn der Grundwasserstand ganzjährig nahe der Geländeoberkante liegt und der Boden wassergesättigt ist. Unter diesen Umständen treten nach bisherigem Wissenstand lediglich minimale oder keine CO₂-Emissionen auf.

Bei einer schwachen Entwässerung mit sommerlichen Wasserständen bis etwa 45 cm unter Flur findet Torfmineralisierung statt und es kann von einer **schwach torfzehrenden Nutzung** gesprochen werden. Es wird für die vorliegenden Ausführungen angenommen, dass dies mit CO₂-Emissionen zwischen 5 und 20 Tonnen pro Hektar und Jahr (t ha⁻¹ a⁻¹), insbesondere in Abhängigkeit von den Sommerwasserständen, verbunden ist.

Bei deutlich tieferen Grundwasserständen (im Sommer tiefer als 45 cm unter Flur, Median) wird von einer **stark torfzehrenden Nutzung** gesprochen und es treten CO₂-Emissionen von > 40 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹ auf.

2.2.1 Torferhaltende Bewirtschaftungsverfahren (Paludikulturen)

Im Folgenden werden die bisher bekannten und in unterschiedlichen Größenordnungen bereits praktizierten Bewirtschaftungsverfahren bei torferhaltenden Wasserständen vorgestellt. Dafür wurden vor allem die Steckbriefe aus Närmann et al. (in prep.) sowie die online abrufbaren Informationen der Wissensplattform MoorWissen (www.moorwissen.de) genutzt. Auf Quellenangaben wurde im Text im Sinne der besseren Lesbarkeit verzichtet. Sie können in der Veröffentlichung von Närmann et al. (in Vorb.) nachgeschlagen werden.

Für die Moorstandorte im Landkreis Osterholz kommen prinzipiell die hier vorgestellten Paludikulturen in Frage. Dafür ist vor allem auf den bislang (tief) entwässerten Standorten eine Wasserstandsanhhebung notwendig, um den Torferhalt zu ermöglichen (siehe Kap. 4). Nur unter diesen Bedingungen werden die THG-Emissionen maximal reduziert, die Sackung gestoppt und der Nährstoffaustrag verringert. Die Flächen innerhalb der Sammelverordnung über die Natur- und Landschaftsschutzgebiete unterliegen Naturschutzauflagen, hier sind eher keine Anbau-Paludikulturen (Torfmoose, Schilf, Rohrkolben) möglich, jedoch eine Feucht- und Nassgrünlandnutzung im Einklang mit den bestehenden Schutzziele. Die Standortbeschaffenheit in Bezug auf Wasserstand, pH und Nährstoffverfügbarkeit sowie die verfügbaren Verwertungsketten sind die ausschlaggebenden Kriterien für die Wahl der Kultur. Die entwässerten Hochmoorgrünland-Standorte könnten in eine Torfmooskultur umgewandelt werden, wie sie z.B. im Hankhauser Moor bei Rastede seit 2011 betrieben wird.

Anforderungen an die Landtechnik (nach Närmann et al. (in Vorb.))

Bei der Umsetzung von nasser Moorbewirtschaftung ist geeignete Erntetechnik von zentraler Bedeutung. Hierbei ist ein Paradigmenwechsel notwendig: Die Technik wird, im Gegensatz zur herkömmli-

chen entwässerungsbasierten landwirtschaftlichen Moornutzung, weitmöglich an die Standorte angepasst. Höchste Priorität haben dabei die Minimierung des Bodendrucks sowie die Reduzierung der Überfahrten bei gleichzeitig hoher Schlagkraft der Erntetechnik (Wichtmann et al. 2016).

Die bei einer nassen Moorbewirtschaftung zu wählende Technik ist insbesondere abhängig von:

- den Flächeneigenschaften (Größe, Zuschnitt, Tragfähigkeit),
- den Wasserständen und damit Bodenfeuchteverhältnissen (z. B. Überstau),
- dem Erntezeitpunkt,
- der Biomasseform/ -verwertung (z. B. frische oder trockene Verwertung; lange Halme, Häckselgut, Rundballen, Bunde),
- dem Biomasseabtransport (z. B. aufgesattelter Bunker, Ladewagen mit Pick-up, separates Transportfahrzeug) und
- der Lage der Erntefläche (z. B. Zufahrtswege).

Die Ernte kann grundsätzlich in einem oder in getrennten Arbeitsschritten erfolgen. Nur bei Wasserständen in Flurhöhe muss die Ernte, bestehend aus Mahd, Aufnahme und Abtransport der Biomasse, in einem Arbeitsgang durchgeführt werden. Einen Überblick über die Eignung vorhandener Technik, die zur Bewirtschaftung nasser Moorstandorte eingesetzt wird, gibt Tabelle 1.

In Abhängigkeit der genannten Faktoren ist die Ausstattung der Erntefahrzeuge mit Mähgeräten und Biomasseführungen zu wählen:

- oszillierendes Mähwerk (Schwadablage möglich, Mahd auch unter Wasser möglich; geringere Mortalitätsraten bei Amphibien und Insekten als bei Rotationsmähwerken),
- Rotationsmähwerk (Schwadablage möglich, nicht bei hohen Wasserständen einsetzbar),
- Feldhäcksler, Mulcher (direktes Einblasen der Biomasse in Bunker bzw. Hänger möglich),
- Mähdrescherschneidwerk mit Messerbalken (mit oder ohne Haspel, Einzugschnecke),
- für Dachschilf und Rohrkolben als Dämmmaterial: Mähwerk mit Messerbalken (mit oder ohne Vorreinigung der Bunde durch rotierende Bürsten, Zuführung der trockenen, aufrechten Halme per Spindel oder mit Zinken besetzter Kette zum Binder, ggf. Transport per Förderband zur Ladefläche, Annahme der Bunde per Hand).

Tabelle 1: Technikklassifizierung für die Bewirtschaftung nasser Niedermoore nach Wichtmann et al. (2016).

Techniktyp	Einsatzbereiche und Vorteile	Grenzen und Nachteile
Kleintechnik: Einachs- oder Kleintraktor mit Balkenmähwerk	- Einsatz zur Pflege von Feuchtwiesen - i. d. R. nur Mahd; selten Beräumung der Biomasse	- geringe Flächenleistung mit hohen flächenbezogenen Kosten - keine großflächige Biomassegewinnung möglich
Angepasste Grünlandtechnik: Schlepper mit Terra- oder Zwillingreifen und leichter Ballenpresse mit Tandemachse, ggf. Bogieband/Delta-Laufwerke	- Einsatz in Übergangsbereichen (mäßig vernässt), in trockenen Jahren bzw. bei Frost - hohe Flächenleistung - bei der Mahd Beräumung der Biomasse möglich	- Einsatzmöglichkeit durch Wasserstand bzw. Witterung limitiert - Biomasseabtransport problematisch: ggf. gewichtsbedingt eine Abfuhr einzelner Ballen zum Flächenrand erforderlich

Techniktyp	Einsatzbereiche und Vorteile	Grenzen und Nachteile
Radbasierte Spezialtechnik: v. a. Seiga-Maschinen (zwei- oder dreiachsig) mit Ballonreifen	- Einsatz in der Schilfernte - besonders bei Überstau - geringes Maschinengewicht und Ballonreifen sorgen für geringen Bodendruck	- Seiga wird nicht mehr produziert, nur alte Maschinen bzw. Nachbauten im Einsatz - begrenzte Motorleistung - ggf. Bodenschäden durch Schlupf
Kettenbasierte Spezialtechnik: Umbauten von Pistenraupen aus Skigebieten oder Neubauten für Moorflächen (z. B. Hanze Wetlands, LogLogic)	- Landschaftspflege und Biomasse-Ernte (z. B. Schilfernte) - auch bei Überstau - breite Ketten, daher geringer Bodendruck auch bei schweren Maschinen	- keine Straßenfahrten, Transport per Tieflader - ggf. Bodenschäden durch Abscheren bei Kurvenfahrten

Für die Abräumung wird die Biomasse als Häckselgut entweder direkt geerntet oder nach Ablage im Schwad von einem Häcksler bzw. Ladewagen aufgenommen. Für eine Kompaktierung der Biomasse dienen aufgesattelte oder angehängte Rundballenpressen. Pressen für große Quaderballen sind für nasse Moorstandorte nicht geeignet. Wenn der Biomassetransport zum Flächenrand durch ein separates Transportfahrzeug erfolgt, ist ebenso wie bei den Erntemaschinen die begrenzte Zuladekapazität aufgrund der geringen Tragfähigkeit der Moorböden zu berücksichtigen. Zum Umladen von Bündeln eignen sich Schlepper mit Frontlader oder Zange bzw. Kräne. Gelagert werden können die Bündel wie auch Ballen in Mieten oder überdachten Lagern. Eine streifen- bzw. kreuzförmige Erschließung der Fläche ermöglicht eine gleichmäßige Verteilung der Bodenbelastung auf mehrere Fahrtrassen beim Abtransport der Biomasse. Die Einrichtung zusätzlicher Zufahrten, die Verfestigung der Wege durch Anlegen von Dämmen oder Stärkung der Fahrtrassen und die Anlegung befestigter Lager- und Umschlagplätze am Feldrand verringern die Gefahr einer Schädigung des Bodens durch die Erntetechnik.

Obwohl bereits viele technische Lösungen für die Ernte nasser und wiedervernässter Moore vorliegen, müssen die maschinellen Anpassungen an nasse Moorstandorte fortlaufend evaluiert und weiterentwickelt werden. Auf folgende Aspekte sollte vor allem geachtet werden:

- reduziertes Maschinengewicht,
- erhöhte Kontaktfläche zur Verminderung des Kontaktflächendrucks,
- Ausbalancieren des Maschinengewichts, der Ernteaufsätze und der Zuladung,
- Entwicklung weiterer technischer Lösungen zur Vermeidung von Scherkräften,
- separate Ernte- und Transportfahrzeuge,
- bei Kettenfahrzeugen: Ketten sollten ein Breite-Länge-Verhältnis von 1:4 bis 1:5 besitzen,
- Berücksichtigung der speziellen maschinellen und standörtlichen Anforderungen beim Fahrpersonal.

Im optimalen Fall sind die Flächen so zugänglich und zugeschnitten, dass häufige Überfahrten vermieden und die Erntemaschinen vorrangig zur Mahd und nicht für Transportfahrten genutzt werden.

2.2.1.1 *Schilfröhricht (Phragmites australis) spontan oder im Anbau (nach Närmann et al., in Vorb.)*

Schilf ist ein wüchsiges, überflutungstolerantes Süßgras, das durch vegetative Vermehrung großflächige, konkurrenzstarke Bestände bildet. Abgestorbene Rhizome und Wurzeln können zur erneuten

Torfbildung beitragen. Im Winter geerntetes Schilf wird als ökologischer Baustoff (Dachreet, Dämmstoffe) genutzt. Auch für die energetische Verwertung weist Schilf gute Eigenschaften auf.

Standort

Degradierete, wiedervernässte Niedermoorböden mit guter Nährstoffversorgung sind optimal geeignete Standorte für die Etablierung und das Wachstum von Schilfbeständen. Neben einer guten Nährstoffversorgung sind dauerhafte Wasserstände in oder über Flur notwendig. Bei einem Überstau bis zu 40 cm über Flur sind höhere Erträge zu erwarten. Leichter Salzwassereinfluss wird toleriert, ebenso wie kleinräumige Standortunterschiede in Bezug auf Nährstoffverfügbarkeit und Wasserstand. Stickstoff ist meist der limitierende Nährstoff für optimale Wachstumsbedingungen. Ein pH-Wert unter 4 wirkt sich ungünstig auf das Wachstum der Pflanzen aus.

Etablierung

Sowohl natürliche Bestände als auch angepflanzte Kulturen können genutzt werden. Bei natürlicher Vegetationsentwicklung können nach Wiedervernässung zwei bis zehn Jahre bis zur ersten Ernte vergehen. Einmal etabliert, kann der Schilfbestand in Dauerkultur genutzt werden. Nach einer Anpflanzung dauert es zwei bis drei Jahre, bis die Bestände beerntet werden können. Um den Anforderungen an Dachreet zu genügen, ist i. d. R. ein längerer Zeitraum notwendig. Die Flächen sollten vor der Pflanzung gemäht, das Mahdgut abtransportiert und der Oberboden anschließend vertikutiert werden. Während der ersten beiden Jahre darf die Schilfanbaufläche nur bis zu 5 cm überstaut werden, da erst größere zusammenhängende Schilfbestände mit einem voll ausgeprägten Rhizomsystem höhere Wasserstände ertragen. Je nach gewollter Etablierungsdauer beträgt die Pflanzdichte zwischen 0,25 und 4 Pflanzen je m². Bei niedrigen Wasserständen kann mit herkömmlichen Pflanzmaschinen gepflanzt werden. Die Pflanzung von Schilf kann durch aus Samen gezogenen Setzlingen, Halmstecklingen und Rhizomstecklingen erfolgen. Am erfolgreichsten erweist sich die Anzucht von Jungpflanzen aus Samen im Gewächshaus. Die Samen sollten im Winter einer dem Anbauggebiet nahen und standörtlich vergleichbaren Population entnommen werden, nachdem sie einige Tage Frost erfahren haben. Trocken gelagert sind sie ein bis vier Jahre keimfähig. Saatgut hochproduktiver Schilfsippen ist nur bei entsprechend hoher Nährstoffversorgung der Anbaufläche zu empfehlen. Eine Direktaussaat von Schilfsamen ist im späten Frühjahr auf vegetationsfreiem Boden mit Wasserständen in Flurhöhe ebenfalls möglich. Ein Überstau sollte dabei unbedingt vermieden werden. Generell ist die Etablierung von reinen Schilfbeständen durch Direkteinsaat aufgrund des langsamen Wachstums der Keimlinge, deren Empfindlichkeit gegenüber Überstau oder Austrocknung sowie Konkurrenzen mit Gräsern limitiert. Es bestehen genetisch fixierte Unterschiede in den Standortansprüchen. Dies muss bei der Etablierung des Schilfbestands und der angestrebten Verwertung berücksichtigt werden. Die genetische Variabilität führt dabei zu Unterschieden in Bezug auf Halmlänge, Halmdichte, Trockenmasse und Stickstoffgehalt bei den Beständen.

Ertrag

Schilf erbringt auf nassen Standorten auch bei langzeitigem Überstau hohe und stabile Erträge. In Abhängigkeit von Standort und Genotyp können bei einer Ernte im Sommer (August/ September) 6,5–23,8 t TM/ha*a, im Winter 3,6–15 t TM/ha*a erwartet werden. Eine jährliche Mahd im Winter kann – insbesondere auf nährstoffärmeren Standorten – zur Abnahme der Erträge führen. Durch die ausreichende Nährstoffverfügbarkeit wiedervernässter Moore sind aber stabile Erträge zu erwarten. Durch eine jährliche Sommermahd büßen die Pflanzen an Vitalität ein und können vollständig verdrängt werden.

Ernte

Schilf für Dachreet wird meist mit speziellen Ausnahmegenehmigungen in natürlichen Röhrichten jährlich im späten Winter zwischen Januar und Ende Februar/Mitte März in Abschnitten geerntet. Dann sind die Halme trocken und die meisten Blätter bereits abgefallen. Um Schäden am Boden und an den Pflanzen zu vermeiden, wird die Ernte bei gefrorenem Boden angestrebt. Für die Etablierung von Schilf-Anbaukulturen, die bisher nur als Pilotvorhaben erprobt werden, wäre eine Ernte auch außerhalb des in §39 (5) BNatSchG genannten Zeitraumes notwendig. Die abschnittsweise Ernte kann abhängig von der Verwertung aber grundsätzlich auch bei Anbaukulturen sinnvoll/wirtschaftlich sein. Für eine energetische Verwertung (Pellets, Briketts) sollte die Ernte so spät wie möglich vor dem erneuten Austreiben im Frühjahr durchgeführt werden. Der Wassergehalt sinkt im Jahresverlauf kontinuierlich ab, so dass bei einer Winterernte eine verbesserte Lagerfähigkeit und höhere Heiz- und Brennwerte erreicht werden. Für eine Verwertung in der Biogasanlage ist ein Erntetermin im Früh-Sommer sinnvoll. Durch die Schwächung der Konkurrenzkraft des Schilfs sollte hierbei nur alle 3–5 Jahre geerntet werden, was wiederum eine abschnittsweise, biodiversitätsfördernde Ernte begründen würde. Eine sporadische Sommermahd kann die Qualität von stofflich genutztem Schilf verbessern (z. B. Verbesserung der Biometrie von Dachreet). Über mehrere Jahre hinweg wird die Produktivität des Schilfs ohne Zuleitung nährstoffreichen Wassers bei Sommermahd zurückgehen und andere Pflanzenarten (z. B. Seggen) treten an seine Stelle. Aufgrund der hohen Wasserstände ist Spezialtechnik nötig. Diese wird noch nicht in Serie produziert, was die Wartung (z. B. Ersatzteillieferung) erschwert. Bei der Ernte von Schilf ist auf eine Maschinenschnitthöhe von mind. 30 cm über Flur zu achten, da Halmstoppeln, die nach dem Schnitt überflutet werden, ausfaulen und nicht wieder austreiben. Wird Schilf als Dachreet verwertet, sollte die Schnitthöhe außerdem nicht höher als 50–80 cm liegen, da das Reet sonst nur geringe Bruchfestigkeit hat.

Verwertung

Traditionell werden Schilfhalme als Dach- und Dämmbaustoff eingesetzt. Trotz einer stetig wachsenden Nachfrage nach ökologischen Baustoffen werden etwa 80 % des in Deutschland verwendeten Dachreets importiert. Etwa 10.000 ha Schilffläche könnten den Bedarf nach Dachreet in Deutschland aus heimischer Produktion decken. Neuere Entwicklungen sind die Herstellung von Dämmputz aus Schilffasern und Brandschutzplatten aus Schilfhalmen. Weiterhin stellt Schilf einen idealen Rohstoff für die Lignin- und Zellulosegewinnung dar. Die energetische Verwertung kann durch direkte Verfeuerung oder in der Biogasanlage bei einer Sommerernte erfolgen. Betriebswirtschaftliche Simulationen zeigen, dass eine stoffliche Verwertung der Biomasse (Qualitätsschilf) die höchste Profitabilität bieten kann. Weitere Details zur energetischen und stofflichen Verwertung von Schilf finden sich in Kapitel 2.3.

Förderung und Genehmigungen

Aus naturschutzfachlicher Sicht ist bei Schilfbeständen zu unterscheiden zwischen 1. Natürlich aufgewachsenen, langlebigen Schilfröhrichten, die i. d. R. geschützte Biotope darstellen und auf denen bisher schon eine Nutzung im Einklang mit naturschutzfachlichen Zielen stattfindet, 2. spontan aufwachsenden Schilfbeständen nach Wiedervernässung eines Feldblocks, die unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Vorgaben bewirtschaftet werden und 3. Schilf-Anbaukulturen. Naturschutzfachliche Restriktionen zur Mahd von Schilfröhrichten sind in §39 Absatz 5 Satz 3 BNatSchG dargestellt. Diese müssen weiterhin streng beachtet werden bei der Bewirtschaftung von bestehenden Schilfröhrichten, die unter den Biotopschutz fallen (§30 BNatSchG). Länder-Regelungen sollten regelmäßig geprüft und aktualisiert werden. Nach der Wiedervernässung von

bisher landwirtschaftlich genutzten Niedermoorböden (Feldblöcke) können Schilfbestände spontan aufwachsen. Für diese Bestände wäre eine differenzierte Betrachtung notwendig, so dass die Förderfähigkeit erhalten bleibt (Beweidung und Mahd). Durch die Umstellung auf eine standortangepasste, nasse Bewirtschaftungsweise, die i. d. R. auch auf die Ökosystemdienstleistungen eine positive Wirkung hat, sollte keine Benachteiligung für den Bewirtschaftenden entstehen. Ausnahmen/ Regelungen für diese Bestände könnten von den Ländern für bestimmte Programme pauschal festgelegt werden (§30 (5) BNatSchG). Die Anerkennung des Schilfanbaus auf bisher landwirtschaftlich genutzten, wiedervernässten Niedermoorböden (Feldblöcke) im Sinne von Paludikultur als landwirtschaftliche Aktivität steht derzeit noch aus. Dadurch würde auch Planungssicherheit für gezielt angebaute Schilfbestände geschaffen. Bis dahin ist diese Flächennutzung nicht sicher förderfähig (Direktzahlungen, Agrarumweltprogramme). Im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern wie z. B. Polen wird in Deutschland die Schilfmahd in natürlich etablierten Schilfbeständen nicht als landwirtschaftliche Nutzung anerkannt, obwohl dafür keine logische Grundlage erkennbar ist. Für die Bewirtschaftung angelegter Schilfbestände auf Feldblöcken (Anbaukultur), die als landwirtschaftliche Kultur anerkannt wären, könnten z. B. in Mecklenburg-Vorpommern im Rahmen von Förderprogrammen bestimmte Ausnahmeregelungen zum Biotopschutz festgelegt werden, die eine uneingeschränkte Bewirtschaftung sicherstellen würden (vgl. LM MV 2017). Ist die beabsichtigte Anbaufläche bisher als Grünland genutzt, kann der Anbau von Schilf im Widerspruch zum Erhaltungsgebot des Grünlands stehen und ist derzeit i. d. R. als Umwidmung im Rahmen der maximal 5 %-Verlustquote an landesweitem Grünland zu beantragen.

Stand der Umsetzung und Forschung

Natürliche Schilfbestände werden in Norddeutschland seit Jahrhunderten geerntet und vielseitig genutzt, allerdings im Rahmen von traditionellen, kleinflächigen und schonenden Bewirtschaftungsweisen, die i. d. R. mit den Naturschutzziele vereinbar sein müssen. Die Gesamtfläche ist aber rückläufig, genauso wie die Schilfbestände in Deutschland insgesamt. Als landwirtschaftliche Kultur wird Schilf vor allem aufgrund der derzeitigen ungünstigen förderrechtlichen Rahmenbedingungen noch nicht angebaut. In Pilotversuchen wurde Schilf aber mehrfach erfolgreich etabliert (Tschoeltsch 2008; Wichmann und Wichtmann 2009; Timmermann 1999). Aktuelle Schilfanbau-Projekte finden 2016-2020 in Bayern¹ und Mecklenburg-Vorpommern² statt.

2.2.1.2 Rohrkolbenröhricht (Typha spec.) spontan oder im Anbau (nach Närmann et al., in Vorb.)

Rohrkolben besitzt ähnliche Standortansprüche wie Schilf und produziert auf nassen Standorten mit hohem Nährstoffdargebot auch bei langzeitigem Überstau sehr hohe und über die ersten zehn Jahre vermutlich stabile Erträge. In der hohen Produktivität der Pflanze im Zusammenhang mit der wachsenden Nachfrage nach ökologischen Baustoffen liegen vielseitige Potentiale für die regionale Wertschöpfung.

Standort

Degradierete, wiedervernässte Niedermoore mit hohem Nährstoffdargebot aus der Fläche bzw. durch ihre Wasserversorgung sind optimal geeignete Standorte für den Anbau. Dauerhafte Wasserstände in oder über Flur sind notwendig. Rohrkolben ist salz- und säureverträglich und gedeiht auch im Brackwasserbereich. Aufgrund der Beständigkeit gegenüber den meisten Herbiziden können Rohrkolbenbestände auch als Pufferzone um Gewässer in intensiven Agrarlandschaften angelegt werden. Durch die

¹ <https://www.hswt.de/forschung/forschungsprojekte-alt/vegetationsoekologie/mooruse.html>

² <https://www.moorwissen.de/prima>

sehr gute Nährstoffverwertung kann auch nährstoffreiches Wasser über die Fläche geleitet werden, sodass sich der Anbau in der Nähe nährstoffreicher Vorfluter lohnt. Damit könnte neben einer Wertschöpfung über die Biomasse auch die Stofffilterfunktion der Pflanzen für die Erfüllung der Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) genutzt werden.

Etablierung

Bei natürlicher Vegetationsentwicklung können nach Wiedervernässung zwei bis zehn Jahre bis zur ersten Ernte vergehen. Dies ist abhängig von der Flächengröße, den Standorteigenschaften und von der Größe und Anzahl von Rohrkolbenvorkommen z. B. in Gräben, von wo aus sich die Art ausbreiten kann. Nach einem Anbau dauert es zwei bis drei Jahre, bis die Bestände mit Vollertrag beerntet werden können. Langfristige Erfahrungen mit dem Anbau von Rohrkolben liegen noch nicht vor, vermutlich können die Bestände aber als Dauerkultur wenigstens zehn Jahre genutzt werden. Dies gilt dann, wenn eine kontinuierliche Nährstoffnachlieferung über nährstoffreiches Wasser gewährleistet werden kann. Im Falle einer Aushagerung der Standorte mit einhergehendem Rückgang der Produktivität könnte die Fläche als Schilf-Paludikultur oder Großseggenwiese weiter genutzt werden.

Die Flächen sollten vor der Pflanzung gemäht, das Mahdgut abtransportiert und der Oberboden anschließend vertikutiert werden. Eine kurzfristige flache Überstauung (max. 5 cm) ermöglicht ideale Keimungsbedingungen und den Ausschluss von Konkurrenz. Außerdem werden die Torfe so weitgehend vor Oxidation geschützt. Die Fläche sollte in Teilflächen (< 10 ha) mit unabhängig voneinander regulierbaren Wasserständen aufgeteilt werden. Für gleichmäßige Wasserstände sollten die Höhenunterschiede einschließlich des Mikroreliefs auf der Fläche möglichst gering sein (≤ 20 cm). Für den Ausgleich von Höhenunterschieden kann ein Oberbodenabtrag nötig sein, der gleichzeitig auch Material für die Teilflächen eingrenzende Verwallung liefern kann.

Rohrkolben sind ausdauernde Pflanzen, die für Dauerkultur geeignet sind. Die Pflanzung von Rohrkolben kann mit aus Samen gezogenen Setzlingen oder Rhizomstecklingen vorgenommen werden. Es kann auch eine Direktaussaat erfolgen. Pflanzung ermöglicht eine sehr schnelle Bestandsbegründung (GMC 2016). Alle heimischen Arten der Gattung Rohrkolben (v.a. *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *T. x glauca*) sind hochproduktiv und für Paludikultur geeignet.

Für die Pflanzung eignen sich vorgezogene Jungpflanzen mit 25–50 cm Länge und einem gut ausgebildeten Wurzelsystem. Eine Pflanzdichte von weniger als zwei Pflanzen pro m^2 ist ausreichend. Spezialisierte Zuchtunternehmen bieten Jungpflanzen an. Für großflächige Bestände können herkömmliche Forstpflanzmaschinen genutzt werden. Dies funktioniert am besten unter möglichst trockenen Bedingungen, sofern die Fläche im Anschluss vernässt werden kann.

Auch Rhizomstecklinge eignen sich bei Wasserständen leicht unter Flur für eine Pflanzung. Unmittelbar nach der Pflanzung sollte der Wasserstand möglichst auf 20 cm über Flur angehoben werden. Dies fördert die Entwicklung der Jungpflanzen und hemmt das Aufkommen von konkurrierenden Gräsern.

Bei der Direktaussaat liegen ideale Keimungsbedingungen bei Wasserständen in oder wenige cm über Flur. Das Saatgut in Form reifer Kolben wird optimaler Weise im Winter (Dezember bis Januar) von natürlichen Beständen, die bezüglich des Wasserstands und der Nährstoffverfügbarkeit denen der Anbaufläche ähnlich sind, gewonnen. Ein Kolben enthält über 100.000 Samen, von denen über 80 % keimfähig sind.

Der beste Zeitpunkt zur Pflanzung bzw. Aussaat ist im Zeitraum (April-) Mai-Juli. Rhizomstecklinge können schon im März gepflanzt werden. Innerhalb eines Jahres kann sich die Anzahl der Sprosse unter optimalen Bedingungen um den Faktor 30 vervielfachen. Bestandslücken können mit Jungpflanzen

nachgepflanzt oder unter Aspekten der Förderung von Biodiversität (Insekten, Vögel) offengelassen werden.

Wasser- und Nährstoffmanagement

Beste Wuchsleistungen werden allgemein bei leichtem Überstau (0–40 cm) und hoher Nährstoffverfügbarkeit erzielt. Nährstoffe sind bei wiedervernässten, degradierten Niedermooren in der Regel ausreichend verfügbar. Die Fläche kann auch mit Wasser nährstoffreicher Vorfluter bewässert werden. Limitierender Faktor für das Wachstum ist vor allem Stickstoff, daneben auch Kalium und Phosphor. Kürzere Trockenphasen können vom Rohrkolben vermutlich unbeschadet überstanden werden, jedoch wird dann das hochproduktive Wachstumspotential der Pflanze nicht optimal ausgenutzt. Bei pH-Werten unter 4 ist die Produktivität der Pflanzen eingeschränkt.

Die Wasserstände müssen sehr gut regulierbar sein, da sie während eines Produktionszyklus wenigstens dreimal neu einzustellen sind. Zur Pflanzung sollte dieser leicht unter Flur liegen, nach der Pflanzung 20 cm über Flur. Etwas höhere Wasserstände bis etwa 40 cm Überstau sind unproblematisch, ebenso wie temporäre Wasserstandsabsenkungen. Zur Ernte sollte der Wasserstand zur besseren Befahrbarkeit wieder auf Flurhöhe eingestellt werden. Nach einer eventuellen Sommermahd sollte Überstau vermieden werden, da sonst das weitere Wachstum negativ beeinflusst wird.

Pflege

Bei hohen Wasserständen tritt kaum Begleitflora auf. Eventuelle Be- und Entwässerungsanlagen (wie Pumpen, freie Zu- und Abläufe etc.) müssen regelmäßig gewartet und gepflegt werden. Herbivore Insekten scheinen nur einen geringen negativen Einfluss auf die Erträge zu haben. In jungen Typha-Beständen mit geringer Bestandsdichte und -höhe können weiterhin Wasservögel durch Fraß einen limitierenden Effekt auf die Rohrkolbenbestände haben. Als Gegenmaßnahme können die Wasserstände für einige Wochen auf 0 bis 10 cm unter Flur abgesenkt werden, da Wasservögel auf Überstauwasser während der Nahrungsaufnahme angewiesen sind. Die Maßnahme würde allerdings auch Begleitflora befördern, die das Rohrkolbenwachstum hemmen könnte. Die Pflanzung kann auch mit Netzen abgedeckt werden, was einen guten Fraßschutz z. B. vor Krähen und Weißstörchen bietet.

Ertrag

Der Ertrag ist neben dem Erntezeitpunkt von Wasserstand und Nährstoffverfügbarkeit abhängig und liegt zwischen 4,3–22,1 t TM/ha*a.

Ernte

Bei einer stofflichen Verwertung wird im Winter (November bis Januar) geerntet. Für eine energetische Verwertung in der Biogasanlage ist ein möglichst früher Erntetermin im Sommer sinnvoll. Auch für die Verwendung als Futter oder mit dem Ziel der Nährstoffabschöpfung wird bereits im Sommer (Juli–August) geerntet, gegebenenfalls ist auch ein zweiter Schnitt im Herbst/Winter möglich. Eine Winterernte führt ebenfalls zu einem leichten Nährstoffentzug, wenngleich die meisten Nährstoffe bereits in den Rhizomen gespeichert sind.

Für eine energetische Verwertung in Form von Pellets oder Briketts sollte die Ernte so spät wie möglich, z. B. im März durchgeführt werden. Die Ernte bei gefrorenem Boden schont dabei den Boden selbst und die Rhizome des Rohrkolbens (Heinz 2012). Eine Schnitthöhe zwischen 10–20 cm erhält junge Sprosse, die im nächsten Frühjahr wieder austreiben können (Dubbe et al. 1988).

Die Ernte erfordert aufgrund der hohen Wasserstände den Einsatz von Spezialtechnik. Je nach Verwertung werden Häcksel oder die gesamte Pflanze in Bündeln geerntet. Hierzu kann die Technik aus der Schilfmahd adaptiert werden, es bedarf allerdings noch vielfältiger technischer Anpassungen und Verbesserungen.

Verwertung

Die stoffliche Verwertung von Biomasse kann im Vergleich zur energetischen Nutzung eine höhere Wertschöpfung erzielen. Rohrkolbenbiomasse kann als vielseitiger ökologischer Baustoff oder als Dämmmaterial genutzt werden. Weitere Details zu den vielfältigen Möglichkeiten der stofflichen Verwertung von Rohrkolben finden sich in Kapitel 2.3. Daneben ist seine Verwendung als Viehfutter erprobt. Auch in der menschlichen Ernährung könnte Rohrkolben (Pollen, Rhizomtriebe) verwendet werden. Die energetische Verwertung (Biogasanlage oder direkte Verfeuerung) ist ebenfalls möglich. Die Verwertung als Beimischung in Torfersatzstoffen für den Gartenbau wird zurzeit untersucht.

Förderung und Genehmigungen

Die Anerkennung des Rohrkolbenanbaus im Sinne von Paludikultur als landwirtschaftliche Bodennutzung steht noch aus. Daher ist diese Flächennutzung derzeit nicht sicher förderfähig (Direktzahlungen, Agrarumweltprogramme).

Wie bei der Nutzung von Schilf ist aus naturschutzfachlicher Sicht bei Rohrkolbenbeständen zu unterscheiden zwischen:

1. natürlich aufgewachsenen, langlebigen Rohrkolbenröhrichten, die i. d. R. geschützte Biotope darstellen,
2. spontan aufwachsenden Rohrkolbenbeständen nach Wiedervernässung eines Feldblocks, die unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Vorgaben bewirtschaftet werden und
3. Rohrkolben-Anbaukulturen.

Naturschutzfachliche Restriktionen zur Mahd von Rohrkolbenröhrichten sind in §39 Absatz 5 Satz 3 BNatSchG dargestellt. Weiterhin müssen spontane Ansiedlungen von Rohrkolbenbeständen auf wiedervernässten Feldblöcken für eine Förderung unter landwirtschaftliche Förderprogramme fallen. Ist die beabsichtigte Anbaufläche bisher als Grünland genutzt, kann der Anbau von Rohrkolben im Widerspruch zum Erhaltungsgebot des Grünlands stehen und ist derzeit i. d. R. als Umwidmung im Rahmen der maximal 5 %-Verlustquote an landesweitem Grünland zu beantragen.

Stand der Umsetzung

Im betrieblichen Maßstab ist der Rohrkolbenanbau noch nicht umgesetzt worden. Von 1998-2001 fand im Donaumoos auf 6,2 ha ein Testanbau im Rahmen eines DBU-Projekts statt. Für ökologische Baustoffe wird bisher Rohrkolbenbiomasse natürlich etablierter Bestände aus dem Donaudelta (Rumänien) und dem Senegal verarbeitet. In Deutschland (Kamp, Mecklenburg-Vorpommern) wird auf 3 ha Rohrkolben von spontan etablierten Beständen zur Verwertung als Isolier- und Baumaterial geerntet. Im Rahmen des CINDERELLA-Projekts³ wurde 2017 der gezielte Anbau verschiedener Typha-Arten in den Niederlanden auf insgesamt etwa 5,5 ha (Zegveld, Zuiderveen, Bûtefjild, Deurnese Peel) und zahlreichen kleinen Experimentalflächen, auch in Mecklenburg-Vorpommern, erprobt. Dabei wurde u. a. gezeigt, dass die Aufwüchse zur Fütterung von Milchvieh geeignet sind. Weitere Piloten in den Nieder-

³ <https://www.moorwissen.de/de/paludikultur/projekte/cinderella/cinderella.php>

landen wurden 2019 in Vinkeveen (6 ha, Erweiterung auf 50 ha geplant) und Ankeveen (0,7 ha) angelegt. In Manitoba (Kanada) werden im Einzugsgebiet des Winnipegsees natürliche Rohrkolbenbestände zur Nährstoffabschöpfung und für Bioenergie geerntet. In der Schweiz wurde im Jahr 2007 Rohrkolben testweise zur Verwertung als Baustoff, von 2009-2011 im Rahmen eines Projekts gefördert. Aktuelle Rohrkolbenanbau-Projekte finden 2016-2022 in Bayern⁴ und Mecklenburg-Vorpommern⁵ statt.

2.2.1.3 Großseggenried (*Carex spec.*) (nach Närmann et al., in Vorb.)

Großseggenriede werden von wüchsigen Seggenarten dominiert und von einer Vielzahl nässeverträglicher Arten ergänzt. Sie können in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung entweder als einschürige Streu- oder zweischürige Futterwiesen genutzt werden. Als neue Möglichkeit kommt die energetische Verwertung der Biomasse in Betracht.

Standort

Bei einer Wasserhaltung in Flurhöhe sind bewirtschaftetes Niedermoorgrünland, Brachen und zuvor ackerbaulich genutzte Moorstandorte geeignet für die Nutzung von sehr feuchten und nassen Großseggenrieden. Anzustreben ist ein stabiler Wasserstand knapp unter Flur auch im Sommer. Im Winter ist leichter Überstau möglich. Gut nährstoffversorgte Standorte, wie zuvor intensiv bewirtschaftetes Grünland, bieten geeignete Bedingungen für produktive Nasswiesen, die hauptsächlich von Großseggen dominiert sind. Bei Wiedervernässung von ehemals entwässerten Moorflächen sind Seggen an Lebensräume mit Sauerstoffarmut im Wurzelbereich und gleichzeitig hoher Nährstoffversorgung der degradierten Torfe angepasst und können daher eine enorme Expansionskraft und hohe Produktivität entfalten.

Seggenarten

Die Familie der Sauergräser bilden in Deutschland mit über 100 Arten eine der artenreichsten Gruppen und können zur erneuten Torfbildung beitragen. Großseggen wie Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*), Ufer-Segge (*Carex riparia*) oder Schlank-Segge (*Carex acuta*) sind aufgrund des hohen zu erwartenden Ertrags besonders geeignet.

Etablierung

Großseggenriede entwickeln sich auf Niedermoorböden in der Regel in spontaner Sukzession nach Anheben der Wasserstände in Flurnähe. Als zeitlicher Horizont für die Spontanbesiedlung mit Seggen sind etwa drei Jahre zu kalkulieren. Ansaat oder Pflanzung sind grundsätzlich möglich, aber nicht erforderlich und bisher nicht in der Praxis erprobt.

Wasser- und Nährstoffmanagement

Bei niedrigem sommerlichen Überstau werden die höchsten Erträge erzielt. Ein hoher Überstau verringert dagegen die Produktivität. Im Winter ist ein Überstau von 0–30 cm tolerabel. Die Nährstoffversorgung erfolgt in den ersten Jahren über die Mobilisierung der Nährstoffe der degradierten, wiedervernässten Torfe. Zusätzlich kann Wasser nährstoffreicher Vorfluter über die Fläche geleitet werden.

Ertrag

Abhängig von der etablierten Seggenart sind sommerliche Erträge bis 12 t TM/ ha*a möglich. In Südwest-Weißrussland wurde bei einer Winterernte ein mittlerer Ertrag von 7 t TM/ ha*a ermittelt. Ohne

⁴ <https://www.hswt.de/forschung/forschungsprojekte-alt/vegetationsoekologie/mooruse.html>

⁵ <https://www.moorwissen.de/prima>

Nährstoffnachlieferung kann es mittelfristig zu Aushagerungseffekten und damit verbundenen Ertragsrückgängen kommen; Erträge unter 2 t TM/ha*a sind aber nicht zu erwarten. Zur Aufrechterhaltung der Stoffströme wird dann entsprechend mehr Fläche benötigt.

Ernte

Die Ernte der meisten Seggenarten kann ein- bis zweimal zwischen Sommer und Spätherbst erfolgen. Sie kann mit angepasster konventioneller Technik (z. B. Zwillingsreifen, Breitreifen mit Druckluftregelung) durchgeführt werden. Eine feste Grasnarbe macht die Bestände auch bei hohen Wasserständen befahrbar. Abhängig vom Grundwasserflurabstand kann eine Feldtrocknung erfolgen. Bei hohen Wasserständen kommen einstufige Ernteverfahren mit direkter Aufnahme des Ernteguts zum Einsatz, wofür Spezialtechnik notwendig ist. Wenn das Seggenheu thermisch verwertet werden soll, empfehlen sich späte Erntetermine bis in den Herbst, da sich so die Eigenschaften der Biomasse für die Verbrennung verbessern. Für die Nutzung in Biogasanlagen wird im Frühsommer geerntet.

Stoffliche Verwertung

Heu von Schlankseggenwiesen (*Carex acuta*) ist wegen des hohen Kieselsäuregehaltes ein gutes Pferdefutter. Der Futterwert von Nasswiesenaufwüchsen sinkt im Jahresverlauf generell schnell ab. Er liegt zwischen 5,4 MJ NEL kg⁻¹ TM (vor der Blüte) und 4,3 MJ NEL kg⁻¹ TM (zum Ende der Blüte). Bei ausreichender Trittfestigkeit kann eine frühe, zeitlich begrenzte Beweidung mit Robust-Rindern oder Wasserbüffeln mit recht hohem Besatz erfolgen. Eine späte Nachbeweidung ist wegen des geringen Futterwerts nur über einen kurzen Zeitraum zu empfehlen. Die Silierung von Nasswiesenaufwüchsen lohnt nur bei einem frühen Schnitt.

Die Gewinnung von **Einstreumaterial von Nasswiesen** wird heute wegen seiner guten Saugfähigkeit wieder geschätzt. Nach der Nutzung als Einstreu ist eine weitere Verwendung in der Biogasanlage oder als organischer Dünger möglich. Letzteres ist im Sinne eines geschlossenen Nährstoffkreislaufes vorzuziehen. Nasswiesenaufwüchse können auch direkt als **organischer Dünger** auf Ackerflächen oder als Mulchmaterial z. B. im Obstbau aufgebracht und eingearbeitet werden. Außerhalb des landwirtschaftlichen Bereiches können Seggen für die Erzeugung von Zellulose als Rohstoff für die **Papier- und Kartonagenherstellung** verwertet werden.

Mit dem Verfahren der hydrothermalen Carbonisierung (HTC) wird Pflanzenkohle hergestellt. Biomasse sehr feuchter und nasser Standorte eignet sich aufgrund der nassen Verfahrensbedingungen dafür. Unter Zusatz von Wasser, Druck (10–40 bar) und bei hoher Temperatur (180–250°C) lässt sich Feucht- und Nasswiesenbiomasse in mehreren Stunden in Kohle umwandeln. Diese kann thermisch, als Bodenverbesserer, als Torfersatz in Pflanzerden oder in Filtersystemen verwendet werden.

Energetische Verwertung

Halmgutartige Biomasse kann bei später Ernte im Winter als Rohstoff für die Produktion von **Pellets** verwendet werden, die thermisch verwertet werden. Lohnenswert sind dabei vor allem produktive, von Seggen dominierte Aufwüchse. Nasswiesenheu weist trotz erhöhter Gesamtstaubemissionen, Rohaschegehalte und Ascheschmelztemperaturen gute Verbrennungseigenschaften auf. Der Heizwert von Großseggen liegt zwischen 17,6–17,9 MJ kg⁻¹ Trockensubstanz (TS) bei einem Aschegehalt von 5 %.

Bei einer Ernte im Frühsommer kommt eine Verwertung in der **Biogasanlage** in Betracht. Die Methanausbeute von Seggen liegt bei 126–313 m³ t⁻¹ oTS (organische Trockensubstanz). Der Voraufschluss der Biomasse wird durch eine Vornutzung als Streu gefördert. Das betriebliche, ökonomische Risiko liegt

bei einer direkten Verfeuerung deutlich niedriger als bei der Verwertung als Substrat, da die Energieausbeute bei der Verbrennung halmgutartiger Biomasse höher im Vergleich zur Vergärung ist.

Herausforderungen liegen vor allem in hohen Investitionskosten für die angepasste oder spezielle Erntetechnik und in einem sicheren Absatz (z. B. Heizwerk). Mit halmgutartiger Biomasse betriebene Feuerungsanlagen können geringere Brennstoffkosten als Öl- oder Gasheizungen haben, sind gegenüber diesen aber nur konkurrenzfähig, wenn eine hohe Anzahl von Volllaststunden in der Anlage erreicht wird. Halmgutartige Biomasse kann pelletiert werden, was Einsatz- und Absatzmöglichkeiten erweitert, aber auch die Bereitstellungskosten erhöht. Durch die Pelletierung werden Transportwürdigkeit und Handling erleichtert, sodass auch eine Co-Feuerung in Kraftwerken möglich ist. Eine Verfeuerung in Kleinanlagen ist nach Typenprüfung ebenfalls möglich. Pellets finden auch Verwendung als Einstreu oder in der stofflichen Weiterverarbeitung.

Genehmigungen und Anträge

Großseggenwiesen sind i. d. R. landwirtschaftlich förderfähig, so lange eine Nutzung auf einem ausgewiesenen Feldblock erfolgt (Direktzahlungen). Weiterhin werden über die 2. Säule der GAP z. B. in Niedersachsen zum Wiesenbrutvogelschutz die extensive Bewirtschaftung von Grünlandstandorten gefördert. Bei der Nutzung von Großseggenwiesen muss grundsätzlich der Biotopschutz (§30 BNatSchG) beachtet werden. Durch extensive Mahd- oder Mähweidenutzung werden Großseggen erhalten und in ihrem Bestand gefördert, weswegen sich Synergien zwischen Nutzung und Biotopschutz ergeben. Wenn sich §30-Biotop in der Laufzeit von Programmen entwickeln, können die Länder Ausnahmen von einem Zerstörungsverbot zulassen. Diese Ausnahmen können von den Ländern für bestimmte Programme pauschal festgelegt werden (§30 Abs. 5 BNatSchG). Auf diese Weise verliert die landwirtschaftliche Fläche nicht an Wertigkeit, da keine dauerhaften Naturschutzaufgaben entstehen.

Ist die Ausbringung von Mähgut und regional gewonnenem Saatgut vorgesehen, so ist §39 Abs. 4 BNatSchG zu berücksichtigen, der das Entnehmen, Be- oder Verarbeiten wild lebender Pflanzen regelt. Bei besonders geschützten Pflanzenarten findet zudem §44 Abs. 1 Nr. 4 BNatSchG Anwendung. Nach §45 Abs. 7 BNatSchG können die zuständigen Behörden von den Verboten in §44 Ausnahmen, die den Schutz und die Wiederansiedlung von Pflanzenarten betreffen, zulassen.

Stand der Umsetzung

Die Nutzung von Großseggenrieden existiert seit Jahrhunderten und ist heute wieder bzw. noch vereinzelt in Deutschland anzutreffen. Im Bereich der thermischen Verwertung werden seit 2014 im Biomasse-Heizwerk Malchin (Mecklenburg-Vorpommern) der Agrotherm GmbH Aufwüchse wiedervernässter Niedermoorflächen zur Wärmeversorgung von Haushalten und öffentlichen Gebäuden verfeuert (siehe Anlage IX). Die Verwendung als Einstreu mit nachgelagerter Verwertung in der Biogasanlage wird z. B. von der Mesecke GbR Prenzlau in Brandenburg praktiziert. Im Spreewald (Göritzer Agrar GmbH) wird seit 2016 spät gemähte Großseggen-Biomasse in einem Ofen mit Heuballenvergaser zur Energiegewinnung genutzt. Auf dem BUND-Hof Wendbüdel, Niedersachsen wird zweischüriges Mahdgut von Feuchtwiesen zur Wärme- und Stromerzeugung trockenfermentiert. In Seeon, Bayern werden seit 2001 u. a. Nasswiesenaufwüchse in einer Kombination aus Trocken- und Nassfermentation zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung verwertet. Ein aktuelles Seggenanbau-Projekt findet 2016-2020 in Bayern statt⁶.

⁶ <https://www.hswt.de/forschung/forschungsprojekte-alt/vegetationsoekologie/mooruse.html>

2.2.1.4 Torfmooskultivierung (Sphagnum farming)

Torfmooskultivierung ist der Anbau von Torfmoosen zur Produktion und Ernte von Torfmoos-Biomasse als nachwachsender, umweltfreundlicher Rohstoff. Torfmoose (Gattung Sphagnum) sind Laubmoose, die vor allem in nährstoffarmen, sauren Habitaten vorkommen. Weltweit gibt es 150 –450 Arten. Durch die Zerstörung ihrer Lebensräume sind viele Torfmoos-Arten in Deutschland gefährdet. Torfmoose sind Haupttorfbildner in natürlichen Hochmooren.

Standort

Torfmooskultivierung kann auf wiedervernässten Hochmoorflächen umgesetzt werden, die zuvor z.B. als Hochmoorgrünland genutzt wurden oder auf denen Torf abgebaut wurde. Auch nach Torfabbau überstaute Flächen sind für die Torfmooskultivierung (auf Schwimmmatten) geeignet.

Potential

Die deutsche Nachfrage nach hochwertigem Weißtorf kann nachhaltig und klimaschonend mit 40.000 ha Torfmooskultivierung bedient werden. Allein in Niedersachsen gibt es ca. 100.000 ha Hochmoorgrünland. Ein Mosaik verschiedener Produktionssysteme könnte die optimale Konstellation für Torfmooskultivierung auf degradierten Hochmoorflächen darstellen. Alle Varianten (z.B. Nachnutzung auf Torfabbauf Flächen, Hochmoorgrünland, auf offenen Wasserflächen) wurden in Projekten an der Universität Greifswald bereits erfolgreich getestet.

Etablierung

Flächenvorbereitung: Bei Hochmoorgrünlandflächen erfolgt zunächst ein minimaler Abtrag des degradierten Oberbodens, der für die Modellierung von Fahrdämmen genutzt werden kann. Dieser Arbeitsschritt ist auf abgetorften Flächen zumeist deutlich weniger aufwändig. Ist die Fläche eingeebnet, wird ein regulierbares Bewässerungssystem einschließlich Bewässerungsgruppen, Zu- und Überläufen sowie Pumpen installiert. Der Abstand der Bewässerungsgruppen ist abhängig von der Wasserdurchlässigkeit der Torfe (ca. 5 bis 15 m).

Als Saatgut werden zerkleinerte Torfmoose verwendet, aus denen neue Torfmoospflanzen wachsen. Die Entnahme des Saatgutes erfolgte bisher aus natürlichen Beständen mit möglichst regionaler Herkunft (*S. papillosum*, *S. palustre*). Perspektivisch kann das Saatgut auf Torfmooskultivierungsflächen gewonnen werden. Die generative oder vegetative Vermehrung und Vorkultur ist auch im Gewächshaus oder im Freiland möglich. Für die Gewinnung reinen Saatgutes besonders produktiver Sippen bietet die sterile Vermehrung in Bioreaktoren eine Perspektive.

Nach Abschluss der Flächenvorbereitung erfolgt die gleichmäßige Ausbringung der Torfmoosfragmente mittels Stalldungstreuer, der auf eine Pistenraupe aufgesattelt ist. Für die schnelle Etablierung eines geschlossenen Torfmoosrasens ist ein stabiler Wasserstand in Flurhöhe sicher zu stellen. Ist die Wasserversorgung nicht ausreichend gewährleistet, empfiehlt sich zu ihrem Schutz die Abdeckung der Moosfragmente mit Stroh. Nach etwa 1,5 Jahren hat sich ein geschlossener Torfmoosrasen etabliert.

Management & Ernte

Für ein gutes Torfmooswachstum ist ein ausgeglichener hoher Wasserstand von ca. 2 bis 10 cm unter Torfmoosköpfchen (Capitulum) erforderlich, Überstau ist zu vermeiden. Die Nährstoffeinträge sind gering zu halten, da anderenfalls Gefäßpflanzen gefördert werden. Um die Dominanz von Gefäßpflanzen zu vermeiden und ihren Bestand zu regulieren, ist eine regelmäßige Mahd während der Vegetationsperiode notwendig. Die Bewässerungseinrichtungen müssen regelmäßig gewartet werden (Gruppenreinigung).

Torfmooskulturen sind Dauerkulturen, die vermutlich über 20 – 30 Jahre genutzt werden können. Es liegen noch keine Erfahrungen vor, wann eine Neueinrichtung erforderlich ist.

Die Ernte ist ganzjährig alle 3–5 Jahre möglich und kann rotierend erfolgen. Geerntet wird mit einem Bagger vom Fahrdamm, der mit einem Mähkorb die Torfmoosbiomasse aufnimmt. Erntetechnik, die direkt auf den Torfmoosflächen fährt, ist bisher noch nicht erprobt. Bei der Ernte werden die Torfmoose abgeschnitten. Die auf der Fläche verbliebenen Torfmoosstängel wachsen weiter.

Verwertung

Hochmoortorfe sind derzeit wichtigster Rohstoff für gärtnerische Substrate und Blumenerden (jährlicher Verbrauch in Deutschland ca. 8 Mio. m³). Die Verknappung von Torf und die erzeugungs- und nutzungsbedingte Freisetzung von Treibhausgasen erfordern die Suche nach Alternativen. Torfmoos-Biomasse ähnelt in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften gering zersetztem Torfmoos-Torf (sog. Weißtorf). Pflanzenbauliche Versuche haben die Eignung der Torfmoose als Ersatzsubstrat für fossilen Torf nachgewiesen. Ein Erwerbsgartenbaubetrieb hat diese in der Praxis mit guten Ergebnissen getestet. Torfmoose aus Paludikultur bieten die Chance, Torf als Substratrohstoff substantiell zu ersetzen.

Torfmoos-Biomasse kann außerdem als Substrat für Spezialkulturen (z.B. für die Anzucht von Orchideen-Jungpflanzen) und vertikale Gärten, Dachbegrünung und Terrarieneinrichtung verwendet werden. Aufgrund der guten Absorptionsfähigkeit ist Torfmoos auch als Verbandsmaterial und Hygieneartikel (z.B. Absorbec™ von Johnson & Johnson) geeignet. Torfmoos wird auch als traditioneller Dämmstoff in Blockhäusern, als Absorptionsmittel für ausgelaufene Flüssigkeiten bei Öl- und Chemieunfällen, als Einstreu, Transport- bzw. Verpackungsmaterial, Wasserfilter sowie in der Medizin und Kosmetik genutzt.

Stand der Umsetzung

Seit 2004 wurden an der Universität Greifswald in enger Zusammenarbeit mit dem Torfwerk Moorkultur Ramsloh GmbH & Co. KG und weiteren Partnern mehrere Pilotversuche zum Anbau und zur Verwertung von Torfmoosbiomasse durchgeführt. Auf degradierten Hochmoorflächen wurden zwei Feldversuche durchgeführt: 2004-2014 auf 1.200 m² abgetorfte Hochmoor in Ramsloh (Landkreis Cloppenburg) sowie seit 2011 auf ca. 4 ha zuvor als Hochmoorgrünland genutzter Fläche im Hankhauser Moor bei Rastede (Landkreis Ammerland). Die Torfmooskultur im Hankhauser Moor wurde 2016 auf ca. 14 ha ausgeweitet sowie die erste großflächige Ernte durchgeführt. 2020 erfolgt eine weitere Erweiterung.

In Deutschland gibt es weitere Aktivitäten zur Torfmooskultivierung, z.B. wurden 2008 und 2015 von der Klasmann-Deilmann GmbH auf abgetorfte Hochmoor zwei Teilflächen mit jeweils rd. 5 ha Kultivierungsversuche angelegt (Zoch et al. 2019). Im Rahmen des Interreg-Projektes CANAPE wurden im ersten Halbjahr 2020 eine Torfmooskultivierungsfläche (rd. 2 ha) im Barver Moor eingerichtet⁷. Auch international wird verstärkt Torfmooskultivierung bzw. -wachstum und -nutzung untersucht, in Europa (z.B. Niederlande, Finnland, Baltikum, Irland, Polen usw.) und in Übersee (z.B. Kanada, Chile).

Torfmoos-Biomasse wurde mit einem Anteil von 80 % im Substrat 2011 erfolgreich für die Produktion von marktfähigen Weihnachtsternen in einem Erwerbsgartenbaubetrieb verwendet.

⁷ <https://northsearegion.eu/media/10087/site-plan-barver-moor.pdf>

Herausforderungen und Hemmnisse

Für die großflächige Umsetzung von Torfmooskultivierung in Deutschland und die schrittweise Änderung der Landnutzung von Hochmoorflächen sind neben Saatgutproduktion, technischen und Substrat-(Weiter)Entwicklungen insbesondere politischer Wille und die Verbesserung der derzeitigen Rahmenbedingungen (z.B. Direktzahlungen, Honorierung von Ökosystemdienstleistungen, Investitionsförderung) erforderlich.

2.2.2 Schwach torfzehrende Bewirtschaftungsverfahren

Im Folgenden werden die bekannten Bewirtschaftungsverfahren bei schwach torfzehrenden Wasserständen vorgestellt. Die Bewirtschaftung bei Wasserständen im Bereich von mind. 45 cm unter Flur und 10 cm unter Flur wird als **schwach torfzehrend** bezeichnet und ist ggf. mit hohen CO₂ Emissionen (und N₂O-Emissionen) verbunden. Hierbei gilt: je höher der Wasserstand, desto geringer die CO₂-Emissionen.

2.2.2.1 Rohrglanzgraswiese (*Phalaris arundinacea*) (nach Närmann et al., in Vorb.)

Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) bevorzugt nährstoff- und sauerstoffreiches Wasser und bildet auf Standorten mit phasenhaften Überschwemmungen ertragsreiche Reinbestände aus. Gefragt ist es vor allem als strukturreiches Tierfutter und hat daneben auch Potential für die energetische Verwertung.

Standort

Degradierete, sehr feuchte, basenreiche Moore mit hoher Nährstoffversorgung und guter Sauerstoffversorgung sind optimale Standorte. Rohrglanzgras bevorzugt wechsellässige Standorte mit einer winterlichen Überflutungsdauer von maximal 2-3 Monaten, wonach das Wasser im Frühjahr absinkt und auch im Sommer der Grundwasserstand schwankt. Gelegentliche Überschwemmungen können neuen Sauerstoff und Nährstoffe herbeiführen. Auf diesen Standorten ist Rohrglanzgras sehr konkurrenzstark.

Etablierung

Sowohl natürliche als auch angesäte Bestände können genutzt werden. Erfahrungen für den gezielten Anbau von Rohrglanzgras (und anderen Süßgräsern) bei regulierten, hohen Wasserständen (20–5 cm unter Flur) liegen bisher nicht vor. In Nordeuropa gibt es seit einigen Jahrzehnten Erfahrungen mit dem Anbau auf abgetorften, feuchten Moorflächen, wobei die Bedingungen allerdings meist zu trocken und damit torfzehrend waren.

Für den Anbau auf wiedervernässten Standorten müssten die Wasserstände zur Bestandsbegründung abgesenkt werden. Als Saatverfahren käme die Schlitzsaat in Frage, da ein Narbenumbruch die Befahrbarkeit stark einschränkt. Nach erfolgter Etablierung könnte der Wasserstand wieder angehoben werden. Wie beim Anbau von Futtergräsern würde die Boden- und Saatbettbereitung sowie die Aussaat im Frühjahr bis Spätsommer erfolgen, 1–2 cm tief mit einem Reihenabstand von 12,5 cm. Als Aussaatdichte werden 15–25 kg ha⁻¹ empfohlen. Saatgut ist zwar im Handel erhältlich, sollte aber züchterisch für den Einsatz auf nassen Standorten weiterentwickelt werden. Überstau ist während der Etablierung unbedingt zu vermeiden. Während der Wachstumsphase ist ein geregeltes Wassermanagement unter Vermeidung von langanhaltendem Überstau erforderlich, ggf. auch Zusatzwasser für eine sommerliche Bewässerung.

Nutzung natürlich etablierter Bestände

Im Zuge der Sukzession nach einer Wiedervernässung können sich Rohrglanzgrasbestände entwickeln, die allerdings häufig nur für einige Jahre stabil sind. Entscheidend sind dabei Diasporen oder Bestände in näherer Umgebung der zu entwickelnden Fläche. Im Trebeltal (Mecklenburg-Vorpommern) haben sich nach Wiedervernässung Rohrglanzgras-Dominanzbestände auf mehreren 100 ha gebildet. Langanhaltende Staunässe, geringe Sauerstoffzufuhr, Aushagerung und/oder Versauerung lassen Sauergräser (*Carex spec.*), Schilf (*Phragmites australis*) oder Wasserschwaden (*Glyceria maxima*) in die Bestände einwandern. Bei passenden Standortbedingungen ist das unterirdische Ausläufer treibende, massenwüchsige Gras aber von äußerst langer Lebens- und Leistungsdauer. Die Grasnarbe ist durch das Ausläufersystem fest, wodurch die Tragfähigkeit des Bodens erhöht wird.

Pflege

Die Narbenpflege (Walzen und Schleppen) ist beim Anbau von Süßgräsern bei flurnahen Wasserständen entscheidend: Die Befahrbarkeit ist umso höher, je dichter die Grasnarbe ist. Bei hohen Wasserständen ist dafür bodenschonende Spezialtechnik notwendig. Eine Beweidung bei hohen Wasserständen eignet sich nur bedingt, da Rohrglanzgras trittempfindlich ist. Aus der Sukzession etablierte Bestände werden meist nur extensiv ein- bis zweischürig mit minimaler Narbenpflege bewirtschaftet, woraus sich Einschränkungen in Bezug auf die Verwertung der Aufwüchse ergeben.

Ernte

Rohrglanzgras kann mit herkömmlicher, an die Boden- und Feuchteverhältnisse angepasster Technik bewirtschaftet werden. Die Erntemaschinen können dazu mit unterschiedlichen Fahrwerken wie Doppel-/ Zwillingsbereifung oder Breitreifen mit Druckluftregelung an die Bodenverhältnisse angepasst werden. Bei der Ernte sollte auf eine Schnitthöhe von mindestens 10 cm geachtet werden. Zu häufiger, d. h. regelmäßig mehr als zwei Schnitte und zu früher Schnitt können zur Schädigung der Bestände führen.

Erträge

Für Anbaukulturen werden für Nordamerika Erträge von 1,6–12,2 t TM/ha*a berichtet; für Europa werden 7–13 t TM/ha*a auf unterschiedlichen Standorten angegeben. In Estland betragen die Erträge der Rohrglanzgraskulturen auf Moorstandorten im Juli ca. 4,5 t TM/ha*a, im Oktober ca. 7 t TM/ha*a und im April ca. 5,5 t TM/ha*a. Ähnliche Erträge wurden auch mit angesäten Rohrglanzgraskulturen auf feuchten Niedermoorstandorten in Deutschland erzielt. Bei zwei- bis dreimaligem Schnitt wurden 4,9–11,5 t TM/ha*a Jahr geerntet.

Bei der Beerntung von natürlich etablierten Beständen auf wiedervernässten Niedermooren in Nordostdeutschland wurden bei sommerlicher Ernte 5–10 t TM/ha*a und bei Winterernte 3–5 t TM/ha*a erzielt. Höhere Wintererträge sind allerdings möglich: so wurden z. B. für einen naturbelassenen Bestand in Mecklenburg-Vorpommern bei einschüriger Mahd im Herbst/Winter 4,4–7,7 t TM/ha*a angegeben.

Bei einem Versuch im Havelluch auf wechselnassem flachgründigem Niedermoor mit Zweischnittnutzung und Kaliumdüngung konnten Erträge von 12,7 t TM/ha*a erzielt werden. Ohne Kaliumdüngung sank der Bestand recht schnell im Futterwert (< 5 MJ NEL kg⁻¹ TM). Bei einer einschürigen Nutzung ohne Düngung konnte der Aufwuchs anteilig noch Verwendung in der Mutterkuhfütterung finden.

Verwertung als Futter

Beizeitigem Schnitt und noch vor Rispenaustritt ist Rohrglanzgras ein gutes und ertragreiches Futtergras. Der Energiegehalt liegt hier bei 4,5–7,1 MJ NEL kg⁻¹ TS. Bei spätsommerlichem Schnitt liefert es insbesondere für Pferde ein geschätztes Heu. Rohrglanzgras-Reinbestände sind für eine direkte Beweidung mit Rindern, Wasserbüffeln, Schafen oder Pferden aufgrund der Hochwüchsigkeit und Trittempfindlichkeit nicht geeignet. Möglich ist dies nur in Pflanzenbeständen, die neben Rohrglanzgras auch aus anderen Süßgräsern sowie Sauergräsern zusammengesetzt sind.

Verwertung als Energiebiomasse

Für eine Verwertung als Co-Substrat in der Biogasanlage ist ein möglichst früher Erntetermin im Juni/Juli sinnvoll, um eine hohe Gasausbeute zu erzielen. Als Festbrennstoff und auch zur Herstellung von Pellets sollte die Ernte im Winter (November oder Dezember) durchgeführt werden. Die späte Ernte verbessert die Verbrennungseignung durch die stetige Abnahme des Wassergehaltes und verbrennungskritischer Inhalte (Stickstoff, Schwefel, Chlor). Ein weiterer Vorteil der Herbst- und Winterernte ist, dass die Arbeitsschritte Wenden und Schwaden entfallen und die Fläche somit nicht so häufig wie bei der Sommerernte befahren werden muss. Allerdings besteht bei ungünstigen Witterungsverhältnissen das Risiko, dass die Pflanzen niederliegen und dadurch schwer zu ernten sind und mit Ernteverlusten zu rechnen ist. Auch können Probleme der Konservierung (Trocknung) auftreten und ggf. ist Spezialtechnik aufgrund der winterlich höheren Wasserstände erforderlich. Rohrglanzgras besitzt einen Heizwert von etwa 17 MJ kg⁻¹ und liegt damit im unteren Bereich der für halmgutartige Biomasse angegebenen Heizwerte.

Förderung und Genehmigungen

Rohrglanzgraswiesen sind in der Regel im Sinne der Direktzahlungen förderfähig, so lange eine Nutzung erfolgt.

Stand der Umsetzung

Als Futter- und Nutzpflanze in der Tierhaltung (Heu, Silage, Einstreu) gilt Rohrglanzgras als etabliert. Der Anbau von Rohrglanzgras und anderen in Frage kommenden Süßgräsern (z. B. *Glyceria maxima*, *Agrostis stolonifera*) ist unter torferhaltenden Bedingungen noch nicht umgesetzt. In Skandinavien wird Rohrglanzgras auf geschätzten 20.000 ha als Energiepflanze auf abgetorften Hochmooren angebaut. Im Biomasse-Heizwerk Malchin (Mecklenburg-Vorpommern) wird seit 2014 Rohrglanzgras- und Seggenheu von wiedervernässten Niedermoorflächen verfeuert. Ein aktuelles Rohrglanzgrasanbauprojekt findet 2016–2020 in Bayern statt⁸.

2.2.2.2 Weide mit Wasserbüffeln (nach Närmann et al., in Vorb.)

Gut geeignet für die Wasserbüffelhaltung sind sehr feuchte, flachgründige Niedermoorstandorte und die Übergangsbereiche von Moor- zu Mineralbodenstandorten. Wasserbüffel können sowohl für die Fleisch- als auch die Milchproduktion genutzt werden. Außerdem besitzen sie ein hohes Potential im Einsatz als „Landschaftspfleger“ zum Offenhalten von sehr feuchten Flächen bei gleichzeitiger wirtschaftlicher Verwertung.

⁸ <https://www.hswt.de/forschung/forschungsprojekte-alt/vegetationsoekologie/mooruse.html>

Standort

Der Wasserbüffel hat wenig Scheu vor Blänken und Feuchtstellen. Aufgrund der Bauweise seiner Klauen kommt er gut mit weichen Böden zurecht. Er ist genügsamer als andere Rinderrassen, sodass er auch Aufwüchse von geringerer Futterqualität (mit hohen Rohfaseranteilen) verwertet. Es eignen sich daher auch Wiesen und Riede, die aus Sukzession nach Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Feldblöcken hervorgegangen sind. Vorrangig werden Süßgräser, u. a. Schilf (*Phragmites australis*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) und Flutender Schwaden (*Glyceria fluitans*) gefressen. Sauergräser (*Carex spec.*), Binsen (*Juncus spec.*) und krautige Pflanzen wie Disteln (*Cirsium spec.*), Brennesseln (*Urtica dioica*) und Ampfer (*Rumex spec.*) werden auf Ganzjahresweiden vor allem im Herbst und Winter abgeweidet. Weiterhin werden krautige Pflanzen wie Sumpf-Schwertlilie sowie Neophyten wie Japanischer Staudenknöterich, Drüsiges Springkraut oder Riesen-Bärenklau verbissen. Trotz unklarer Wirkung von Giftpflanzen auf die Gesundheit von Wasserbüffeln ist Vorsicht vor Giftpflanzen wie Gift-Hahnenfuß (*Ranunculus sceleratus*), Jakobs- und Wasser-Kreuzkraut (*Senecio jacobaea*, *S. aquatica*), Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*) und Wasserschieferling (*Cicuta virosa*) geboten (s. Box 1).

BOX 1: Giftpflanzen – Vorkommen und Management

Feucht- bis Nassstandorte beherbergen eine Vielzahl von Giftpflanzen, die durch direkte Aufnahme von Nutztieren beim Weidebetrieb oder getrocknet im Heu ihre Wirkung entfalten können. Die Giftwirkung hängt von der aufgenommenen Menge als auch von der Giftart ab. Alkaloide sind hierbei besonders hervorzuheben. Viele Giftpflanzen verlieren beim Konservierungsvorgang (Heu, Silage) ihre Giftigkeit. Wenn die Tiere beim Weidegang oder im Heu bei ausreichendem Futterangebot selektieren können, ist die Wahrscheinlichkeit der Vergiftung recht gering, da schlecht schmeckende Pflanzen nicht gefressen werden.

Als gefährlichste Pflanzen auf feuchtem bis nassem, extensiv genutztem Grünland, die ihre Giftigkeit auch im Heu bzw. Silage nicht verlieren, sind Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*), Wasser-Kreuzkraut (*Senecio aquatica*) und Herbst-Zeitlose (*Colchicum autumnale*) zu nennen. Auf trockenen Stellen wird auch das Jakobs-Kreuzkraut (*Senecio jacobaea*) für alle Tierarten und die Graukresse (*Berteroa incana*) für Pferde zum Problem.

Ursachen für das Auftreten des Sumpf-Schachtelhalmes sind vor allem Überstau, Sauerstoffmangel im Oberboden und Verdichtungen. Eine erfolgreiche Bekämpfung kann durch Unterschneidung mit anschließend intensiver Beweidung erzielt werden. Die Maßnahme Unterschneidung ist allerdings aufwändig, teuer und ggf. in Konflikt stehend mit lokalen Naturschutzziele (z. B. Wiesenbrüterschutz). Bei stark belasteten Flächen könnte auch eine alternative Nutzung (Biogaserzeugung) wirtschaftlich interessanter sein als eine Nutzung des Aufwuchses als Grundfutter.

Als probates Mittel für die Eindämmung des Jakobs-Kreuzkrauts gilt eine vorbeugende Grünlandpflege zur Schaffung bzw. Erhaltung einer konkurrenzstarken Grasnarbe. Erste einwandernde Pflanzen sollten konsequent mechanisch bekämpft werden (Ausreißen, Ausstechen). Bei hohem Ertragsanteil ist eine zwei- bis dreischürige Mahd, am besten bei beginnender Vollblüte der entsprechenden Pflanzen, sinnvoll. Der Weiderest sollte nachgemäht, lückige Bestände nachgesät werden. Kontaminiertes Heu sollte nicht verfüttert werden. Möglich ist z. B. eine Verwertung des Heus in der Biogasanlage, da die Samen dort ihre Keimfähigkeit verlieren.

Ein später erster Schnitt kommt der Herbst-Zeitlosen sehr entgegen, wobei die Pflanze schwerpunktmäßig auf extensivem, d. h. höchstens gering gedüngtem Grünland in West- und Süddeutschland vorkommt. Sie gilt als eine der giftigsten Grünlandarten. Das Ausstechen oder Ausziehen von Einzelpflanzen Anfang Mai ist das effektivste Mittel zur Bekämpfung. Auf beweidetem Grünland ist aufgrund der Trittempfindlichkeit der Pflanze eine Umtriebsweide ab Anfang Mai mit hoher Besatzdichte und weideerfahrenen Tieren zu empfehlen. Nicht zertretene Triebe sollten dabei vor Mitte Juni nachgemäht werden. Auch die Maßnahme Mulchen im April und Heuschnitt im Juni erweist sich als sehr effektiv und hat nur geringe negative Effekte auf die Vegetationszusammensetzung.

Tabelle 2: Ausgewählte Giftpflanzen, die im Feucht- und Nassgrünland auftreten können. Giftigkeit und giftige Teile der Pflanze.

Pflanze		Giftigkeit	Besonders giftige Teile der Pflanze	Abbau durch Trocknung	Bemerkungen
Graukresse	<i>Berteroa incana</i>	X-XX	Kraut	ungewiss	Kann bei Pferden Fieber, Ödeme und Hufrehe verursachen. Besiedelt trockene, offene Stellen. Zur Eindämmung auf dichte Grasnarbe achten.
Sumpf-Dotterblume	<i>Caltha palustris</i>	X	alle	nein	Relevant ab 3 % Anteil im Erntegut oder eine Pflanze pro m ² , empfindlich bei Blühbeginn. Bitterkeit verhindert i. d. R. Verbiss.
Wasser-Schierling	<i>Cicuta virosa</i>	XXX	alle	nein	Walnussgroßes Stück Wurzel für Rind und Pferd tödlich.
Herbst-Zeitlose	<i>Colchicum autumnale</i>	XXX	alle	nein	Relevant ab 3 % Anteil im Erntegut oder zwei Pflanzen pro m ² . Vor allem in Süddeutschland auftretend. Weitere Informationen siehe Box 1.
Gefleckter Schierling	<i>Conium maculatum</i>	XXX	alle	geringfügig	Von Tieren aufgrund des Geruchs i. d. R. gemieden.
Sumpfschachtelhalm	<i>Equisetum palustre</i>	XXX	alle	nein	Relevant ab 3 % Anteil im Erntegut oder drei Pflanzen pro m ² . Für Gänse, Schafe und Ziegen wohl ungiftig. Weitere Informationen siehe Box 1.
Zypressen-Wolfsmilch	<i>Euphorbia cyparissias</i>	XX	Milchsaft, Samen	nein	Eindämmung: Mahd, da wenig schnittverträglich. Besiedelt Trockenstandorte.
Sumpfschwertlilie	<i>Iris pseudacorus</i>	XX	Rhizom, Kraut	nein	
Wasser-Fenchel	<i>Oenanthe aquatica</i>	XX	Wurzel	ungewiss	
Adlerfarn	<i>Pteridium aquilinum</i>	XXX	alle	nein	Aus Waldrändern in Moorfläche einwandernd. Eindämmung: mehrmaliges Abmähen oder Beweidung (trittempfindlich).
Scharfer Hahnenfuß	<i>Ranunculus acris</i>	X-XX	alle	ja	Relevant ab 15 % Anteil im Erntegut für Heuwerbung, 5 % bei Weidebetrieb. Empfindlich bei Blühbeginn: Eindämmung durch Frühschnitt, ggf. Reduzierung des Nährstoffeintrags.
Gift-Hahnenfuß	<i>Ranunculus sceleratus</i>	X-XX	alle	ja (Heu), nein (Silage)	

Pflanze		Gif- tig- keit	Besonders giftige Teile der Pflanze	Abbau durch Trock- nung	Bemerkungen
Wasser- Kreuzkraut	<i>Senecio aquatica</i>	XX- XXX	alle	nein	Eindämmung: an Blühphasen angepasster Schnitt oder Nutzungsverzicht (Ausdunk- lung).
Jakobs-Kreuz- kraut	<i>Senecio jacobaea</i>	XXX	alle	nein	Relevant ab 0,05 % Anteil im Erntegut oder 100 Pflanzen ha ⁻¹ . Weitere Informationen siehe Box 1.
Breitblättriger Merk	<i>Sium latifolium</i>	X	Wurzel, Früchte	ungewiss	
Bittersüßer Nachtschat- ten	<i>Solanum dulcamara</i>	X	grüne Bee- ren, Kraut	ungewiss	

Legende Giftigkeit:

XXX: Schwere Vergiftungssymptome bis tödlich giftig bei Aufnahme von bis zu 10 g der giftreichsten Pflanzenteile

XX: starke Verätzungen bei Berührung mit der Pflanze oder dem Pflanzensaft bzw. deutliche bis starke Vergiftungssymptome nach Aufnahme von bis zu 50 g der giftreichsten Pflanzenteile

X: Pflanzen, die stark wirksame Gifte in sehr geringer Konzentration oder schwache Gifte in höherer Konzentration enthalten, so dass kaum Vergiftungen zu erwarten sind.

Eigenschaften des Wasserbüffels

Das Fruchtbarkeitsmanagement ist herausfordernd. Die Zwischenkalbezeit mit 15–25 Monaten ist relativ lang und die Brunsterkennung schwierig, sodass ein in der Herde mitlaufender Deckbulle unabdingbar ist. Dieser sollte zur Inzuchtvermeidung nicht länger als zwei Jahre in der Herde bleiben. Nur bei melkenden Kühen ist künstliche Besamung eine Option. Der Büffel kreuzt sich nicht mit Hausrindern, sodass auf geeigneten Standorten auch eine gemeinsame Weidehaltung möglich ist. Die Mutterkühe sind leichtkalbig und die Kälber frohwüchsig. Ausgewachsene Kühe erreichen ein Gewicht von 600–800 kg. Das Gewicht ausgewachsener Bullen liegt mit 800–1.000 kg etwas höher.

Weidemanagement

Die Eigenschaft des Wasserbüffels, auch energieärmere Aufwüchse zu verwerten, wird am besten ausgenutzt, wenn zum richtigen Zeitpunkt beweidet wird. Tägliche Zuwächse von 840 g pro Tag und Kalb konnten so z. B. auf dem Gut Darß auf verschilftem Salzgrasland erreicht werden. Bei ausreichender Trittfestigkeit kann eine frühe Beweidung mit hohem, aber zeitlich begrenztem Beweidungsdruck erfolgen. Durch eine Auszäunung von Teilflächen mit besserem Futterwert ab etwa Juni kann die Beweidung von nasserem, energieärmeren Bereichen erzwungen werden. Andernfalls werden diese Bereiche erst aufgesucht, wenn der Futterwert schon stark abgesunken ist. Nicht nur bei der ganzjährigen Freilandhaltung sind trockene Mineralbodenbereiche notwendig, auf die sich die Tiere bei zu nassen Verhältnissen sowie nachts zurückziehen können.

Herdenmanagement

Abhängig von Standortgunst und eventuellem Pflegeziel schwankt die empfohlene Besatzstärke von 0,8–1,5 GVE ha⁻¹. Bei geringer wertigen Pflanzenbeständen muss der Selektionsspielraum für die Tiere umso größer sein, und dies erfordert eine geringere Besatzdichte. Dabei wird das landschaftspflegerische und -gestaltende Potential der Wasserbüffel allerdings nicht ausgeschöpft. Als Weidesystem

kommt prinzipiell die Stand- oder Mähstandweide zum Tragen. Die Flächen können großzügig bemessen sein, wobei darauf zu achten ist, dass die tägliche Herdenkontrolle (Überprüfung von Fitness, Krankheitsanzeichen, Frischwasser und Elektro-Zaun) noch möglich ist. Eine Herdengröße von 20–30 Tieren gilt als Faustzahl, bei einer Bestandszahl von max. 30 Tieren ist eine gute Deckleistung des Bullen zu erwarten. Auf Kraftfutterzugaben sollte aufgrund von Nährstoffimport in die Fläche und zur Minimierung der Futterkosten verzichtet werden.

Gesundheitsvorsorge

Wasserbüffel sind allgemein sehr robust und wenig krankheitsanfällig. Dazu trägt auch die meist extensive Freilandhaltung bei, bei welcher gesundheitliche und Verhaltensprobleme minimiert werden, die durch intensive Stallhaltung auftreten könnten. Dennoch können bei Wasserbüffeln potenziell dieselben Krankheiten wie bei Rindern auftreten, u. a. Maul- und Klauenseuche, Tuberkulose, Bovine Virusdiarrhoe/ Mucosal Disease sowie Parasiten wie Lungwürmer, Spulwürmer und Leberegel. Ein Vorteil gegenüber Rindern ist aber die Immunität bei den gängigsten Krankheiten, vor allem Babesiose. Die Klauen sind sehr hart und daher kaum anfällig. Dennoch sollten sie regelmäßig geprüft und ggf. gepflegt werden. Mineralstoffeimer oder Lecksteine sichern die Versorgung der Tiere mit lebensnotwendigen Spurenelementen.

Verwertung

Die Schlachtreife wird relativ spät mit einem Alter von 20–30 Monaten erreicht. Als Schlachtausbeute können 55 % des Lebendgewichts angenommen werden. Als Nebenprodukt können die vorzugsweise ökologisch (chromfrei) gegerbten Decken gelten. Das hochwertige Fleisch zeichnet sich durch seine guten Geschmackseigenschaften und seinen geringen Cholesterin- und Fettgehalt aus. Insgesamt weist der Wasserbüffel eine gute Schlachtkörperqualität auf. Die Milchgewinnung auf nassen Flächen wäre aus praktischen Gründen (Zeit- und Arbeitsaufwand, Euterhygiene, Triftweglänge) wenig vorstellbar und ist eher bei getrennten Herdentteilen auf anderen Standorten eine Option.

Als großes Problem bei der Tötung und Schlachtung werden von einigen Wasserbüffelhalter*innen ungeeignete oder weit entfernte Schlachthöfe genannt. Es fehlen in den Schlachthöfen die für die dicke Schädeldecke des Wasserbüffels entsprechende Ausstattung (Bolzenschussgerät) und teilweise die Erfahrungen in der Zerlegung des Schlachtkörpers. Stress und Belastungen durch Separieren, Einfangen, mitunter lange Transportwege und Fixierung beeinträchtigen das Tierwohl und führen auch zu einem eingeschränkten Reifeprozess des Fleisches. Generell erfordern das Wesen und der Körperbau des Wasserbüffels andere Tötungs- und Schlachtbedingungen als herkömmliche Rinder. Optimal wäre dabei die Möglichkeit des Weideschusses, welcher einen konsequenten Abschluss artgerechter Tierhaltung darstellen kann. Weitere Alternativen könnten ein gemeinsamer von Wasserbüffelhalter*innen eingerichteter Schlachthof oder die Einrichtung eines mobilen Schlachttransporters sein.

Stand der Umsetzung

Wasserbüffel werden in Deutschland seit etwa 20 Jahren vorrangig zur Landschaftspflege in kleinen Herden in Naturschutzgebieten eingesetzt. Geschätzt gibt es in Deutschland etwa 7.000 Tiere und 200 Halter*innen. Größere Herden, die auf Niedermoor gehalten werden, gibt es z. B. auf dem Gut Darß GmbH und Co. KG (Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft) oder bei der Göta Viehzucht GmbH (Rügen). Die Produkte werden überwiegend direkt ab Hof vermarktet, teilweise werden aber auch die Märkte von Ballungsräumen wie Berlin, Hamburg und München erschlossen. In Chursdorf (Sachsen) wird eine größere Herde Wasserbüffel auf trockenen Standorten auch zur Milchgewinnung gehalten.

2.2.2.3 Landwirtschaftliche Gatterhaltung mit Rotwild oder Pferden (nach Närmann et al., in Vorb.)

Größere Flächen im Komplex mit trockenen Bereichen eignen sich gut für eine Rotwild- und Pferdehaltung in landwirtschaftlichen Gehegen. Die Tiere können dabei ganzjährig draußen gehalten werden und sind dabei gute Verwerter der produktiven Moorvegetation. Sie liefern für die menschliche Ernährung wertvolles Fleisch (Wild) oder therapeutische Leistungen im Bereich der tiergestützten Interventionen (Pferde). Pferde, Rot- und Damwild (sowie weitere Tierarten wie robuste Rinder, Schafe, Ziegen) können auch in gemischten Herden gehalten werden.

Standorteignung

Rotwild und robuste Pferderassen wie Isländer, Koniks oder Exmoor-Ponys nehmen nahezu alle Feuchtegrade auf Moorstandorten an. Entscheidend für die Haltung sind trockene Bereiche, auf die sich die Tiere bei zu nassen Verhältnissen sowie nachts zurückziehen können. Sie sind jeweils anpassungsfähig in Bezug auf Witterungsverhältnisse und anspruchslos in ihrer Ernährung. Neben Schilf (*Phragmites australis*) und vielen Seggenarten (*Carex spec.*) werden auch von anderen Tierarten verschmähte Kräuter wie Brennnesseln (*Urtica dioica*), Weidenröschen (*Epilobium spec.*) und Ampfer (*Rumex spec.*), strohiges bzw. überständiges Gras (Pferde) oder Gehölze (Rotwild) gefressen. Harte Klauen bzw. Hufe schützen die Tiere vor feuchtigkeitsinduzierten Krankheiten. Auch hohe Wasserstände bis Geländeoberkante werden toleriert und beweidet, solange trockene Bereiche und Deckungsmöglichkeiten in Form von Waldrändern, Gehölzen oder Unterständen vorhanden sind.

Eine Zufütterung ist in der Regel nur im Winter erforderlich. Hierbei steht die Heufütterung im Fokus. Die tiereigenen Reserven sind nach Aussagen eines Halters ebenfalls ausreichend. Auf Kraftfutter sollte in jedem Fall verzichtet werden (Gefahr der Pansenazidose). Die Tierarzt- und Behandlungskosten für Rotwild und robuste Pferderassen sind wegen ihrer guten Anpassungsfähigkeit an das Klima und der extensiven Haltung vergleichsweise gering.

Herdengröße und Besatz

Rotwild und Pferde lassen sich ab fünf Tieren nebenerwerblich halten. Dies entspricht der Mindestgröße des Sozialverbandes, wobei ein gutes Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Tieren beim Rotwild bei 1:4 bis 1:10 liegen sollte. Nach Aussagen eines Halters ist auch ein Verhältnis bis 1:20 ausreichend. Die Besatzdichte sollte dabei zwischen 0,5–1 GVE ha⁻¹ liegen, was zwei bis drei Rotwildindividuen bzw. ein bis zwei Pferden je Hektar entspricht. Durch diesen Besatz, kombiniert mit Koppelteilungen (zwecks Umtrieb mit Weideruhe), wird die höchste Weideproduktivität erreicht und gleichzeitig der Infektionsdruck reduziert. Aus tierschutzrechtlichen Gründen ist eine Mindestfläche von 2 ha bei der Rotwildhaltung vorgeschrieben. Die maximale Besatzdichte liegt bei zehn Tieren je ha bei Rotwild und fünf Tieren je ha bei Pferden.

Herdenmanagement

Am wichtigsten für die Tiere ist ein permanenter Zugang zu frischem Wasser. Gegebenenfalls muss ein Unterstand bereitgestellt werden. Essentiell für die Ernährung der Tiere sind Mineraleimer und Lecksteine. Im Winter kann zugefüttert werden. Rotwild benötigt zwingend eine künstlich angelegte Suhle oder natürlich vorkommende Kleinstgewässer. Das Futter auf der Fläche sollte bestmöglich ausgenutzt werden, da die Futterkosten bis zu 70 % der Produktionskosten in landwirtschaftlichen Gehegen betragen können. Die kostengünstigste Zufütterung stellen wirtschaftseigenes Heu oder Silagen dar. Zur Sicherung der Herde gegen Wölfe sollten gesonderte Vorrichtungen getroffen werden.

Verwertung

Die Zuwachsrate an Lebendmasse liegt bei weiblichen Tieren unterhalb derer männlicher Tiere. Dafür ist bei weiblichen Tieren der Anteil wertvoller Fleischstücke höher. Bei Rotwild ist anfangs mit Zuwächsen von 150–450 g pro Tag zu rechnen, mit fortgeschrittenem Alter und Gewicht (deutlich) weniger. Das Schlachtgewicht entspricht bei Rotwild bis 63 % des Lebendgewichts. Ältere Tiere weisen ein höheres Ausschachtungsgewicht, aber auch einen höheren Fettanteil auf.

Die tierschutzgerechteste Tötung der Tiere (Kopfschuss und anschließender Kehlschnitt) findet auf der Weide statt.

Die Vermarktung von Wildfleisch erfolgt im Wesentlichen über Direktvermarktung. Hier bietet sich der Verkauf in Paketen an, um auch minderwertige Stücke vermarkten zu können. Auch der Wildgroßhandel kann bei gut ausgehandelten Preisen ein Abnehmer sein. Da in Deutschland praktisch kein Pferdefleisch mehr konsumiert wird, kann der weitere Nutzen der extensiv gehaltenen Pferde im medizinisch-therapeutischen Bereich (Heilpädagogisches Reiten, Hippotherapie, Psychotherapie) liegen. Pferde und Therapeut*in müssen dazu eigens ausgebildet werden. Geeignet für diese Arbeit sind z. B. Island-Ponys.

Anträge und Fördermittel

Anträge müssen beim zuständigen Amt für Landwirtschaft sowie beim Veterinäramt eingereicht werden, u. a. mit Angaben zur Anzahl der im Jahresdurchschnitt gehaltenen Tiere, der Nutzungsart und des Standortes. Weiterhin verbindend ist eine Mitgliedschaft in der Tierseuchenkasse.

Stand der Umsetzung und Potentiale

Aufgrund ähnlicher Eigenschaften wie Robustheit, anspruchslosigkeit in Bezug auf das Futter und Toleranz gegenüber hohen Wasserständen wäre die Haltung von Rotwild eine Alternative zur Wasserbüffelhaltung auf sehr feuchten Niedermooren (WS 4+). Vorteilhaft erscheinen hier die leichtere Tötung und Zerlegung der Tiere. Auch die Vermarktung von Wildfleisch erscheint aufgrund eines vorhandenen Marktes und der hohen Bekanntheit einfacher. Die kommerzielle Rotwildhaltung auf Niedermooren ist derzeit kaum verbreitet. Gängig ist in Deutschland vor allem die Damwildhaltung in landwirtschaftlichen Gattern. Damwild ist im Vergleich zum Rotwild aber weniger tolerant gegenüber hohen Wasserständen. Es weist einen kleineren Körperbau und damit eine absolut geringere Schlachtausbeute auf. Potentiale für die Rotwildhaltung liegen vor allem in der Bewirtschaftung heterogener Niedermoorstandorte, die mit Landtechnik nur schwierig zu erreichen oder zu bewirtschaften sind. Von Vorteil ist es weiterhin, wenn von Seiten der Landwirt*innen Erfahrungen im Bereich der Jagd vorhanden sind.

2.2.2.4 Weide mit Gänsen (nach Närmann et al., in Vorb.)

Die Gänsehaltung lohnt sich bei minderwertigeren Weideflächen, da Gänse Grün- und Faserfutter mit niedriger Nährstoffkonzentration gut verwerten können. Sie sind ab den ersten Lebenstagen bereits weidetüchtig und liefern Fleisch hoher ernährungsphysiologischer Qualität. Der geringe Selbstversorgungsgrad in Deutschland mit Gänsefleisch (rund 13 %) und das lukrative Saisongeschäft (Martinstag, Weihnachten) machen die extensive Gänsehaltung auf feuchten Niedermoorstandorten attraktiv.

Standorteignung der Gänse

Für die Gänsehaltung eignen sich feuchte Moorstandorte, die durch mittlere Sommerwasserstände zwischen 20–45 cm unter Flur gekennzeichnet sind. Auch heterogene Standorte mit nassen Senken

und trockeneren, mineralischen Durchtragungen sind für die Haltung von Gänsen geeignet. Die Grasbestände werden neben Süßgräsern meist auch von Seggen- und Schilfbeständen in tiefer liegenden Senken aufgebaut. Generell wären auch (teilweise) nassere Flächen mit Wasserständen von 5–20 cm unter Flur denkbar, wozu aber noch keine Erfahrungen vorliegen.

Gänse in der Spät- oder Langmast (Weidemast mit langer Haltungsdauer von 28–32 Wochen) wachsen fast ausschließlich auf Grünland und somit betriebseigenem Futter auf. Geeignete Gänserassen, die sich für die Langmast auf feuchten Niedermoorstandorten eignen, sind beispielweise:

- Böhmische Gans: bis 5,5 kg, lebhaft, temperamentvoll Weidetier, benötigt Bademöglichkeiten
- Deutsche Legegans: bis 6,5 kg, kann zur Verbesserung der Weidetüchtigkeit eingekreuzt werden weidetüchtig, gute Futtermittelverwertung, bodenständig
- Diepholzer Gans: bis 6 kg, zutraulich, selbstständig, geringste Ansprüche an Weide (frisst auch Seggen), recht widerstandsfähig
- Emdener Gans: 10–12 kg, gute Fleischgans, sehr hoher Federertrag, anspruchsvoll, braucht wertvolle Futtergräser mit hoher Wüchsigkeit
- Leinegans: 5–7 kg, beweglich, fruchtbar, frohwüchsig, leicht aufziehbar, zuverlässige Naturbrut, anspruchslos, widerstandsfähig, wetterhart, Weidegans mit guter Marschfähigkeit
- Pommerngans: 7–8 kg, sehr gute Fleischgans, hohe Federqualität, widerstandsfähig, äußerst weidetauglich, mäßig anspruchsvoll

Diese Rassen zeichnen sich durch Robustheit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Wetter und Krankheiten aus und sind vor allem gute Weidetiere mit geringen Ansprüchen an die Futterqualität.

Masttyp

Man unterscheidet bei der Gänsemast zwischen drei Masttypen: Kurz-, Mittel- und Langmast. Die Kurzmast von 8–10 Wochen nutzt zwar das hohe Jugendwachstum von Gösseln aus, die Schlachtkörper entsprechen aber sehr oft nicht den Anforderungen des Marktes. Etwa 16 Wochen dauert die Mittelmast, bei der die Tiere im Stall oder mit Weidegang gehalten und zugefüttert werden. Dieses Verfahren ist in Deutschland derzeit vorherrschend. Das Fleisch der Tiere ist hierbei von guter Qualität. Bei der Lang- oder Spätmast werden die Tiere zwischen 28–32 Wochen gehalten. Im Vergleich zu Gänsen in der Kurz- oder Mittelmast zeichnet sich ihr Fleisch durch bessere, arttypische Geschmackseigenschaften und seinen geringen Fettgehalt aus. Der Schlachtttermin sollte vor der Geschlechtsreife liegen, da sonst das Schlachtgewicht wieder abnimmt und eine zu lange Haltung unrentabel wird. Die Spätmast bietet sich in der bäuerlich-extensiven Weidehaltung mit angeschlossener Direktvermarktung an. Hier sind bei optimaler Gestaltung der Haltung und bei vorhandenen Absatzmärkten Spitzenwerte im Verkaufserlös zu erzielen.

Herdenmanagement

Die Küken werden entweder als Eintagsküken über eine Brüterei bezogen oder kommen aus eigener Brütung bzw. Nachzucht. Die ersten vier Wochen werden sie im Stall bei protein-, mineralstoff- und vitaminreichem Aufzuchtfutter gehalten, sodass das intensive Jugendwachstum der Gänse optimal ausgenutzt wird. Pro Tier werden in den ersten sechs Wochen etwa 7 kg Aufzuchtfutter benötigt. Ab der zweiten Woche können die Gössel zunächst stundenweise an die Weide gewöhnt werden. Je eher der Beginn, umso positiver die Futterökonomie.

Bei der Spätmast erfolgt der Auftrieb auf die Fläche je nach Witterung etwa Ende Mai/ Anfang Juni. Vorher kann die Fläche zur Gewinnung von Winterfutter gemäht werden, damit die Gänse den frischen

Aufwuchs verwerten können. Höher als 15–20 cm stehende Vegetation wird nur noch ungern gefressen. Die Tiere bleiben 5–6 Monate auf der Weide, abhängig vom Vermarktungszeitpunkt (Martinstag, Weihnachten). Im Herbst und Winter, wenn der Aufwuchs der Fläche nachlässt, erfolgt eine Zufütterung mit Getreide (z. B. Hafer) oder Hackfrüchten (Zuckerrübenschnitzel, Kartoffelflocken). Dies ist gleichzeitig die Phase der sogenannten End- oder Ausmast, in der die Tiere einen ausreichenden Anteil an Brust und Keule entwickelt. Dazu ist i. d. R. ein Stall oder Pferch sowie etwa 250 g zusätzliches Futter pro Tier und Tag nötig.

Größere Herden können in Einzelgruppen unterteilt werden. Dies dient der besseren Übersicht bei den täglichen Tierkontrollen und der Anpassung an die Größe und Struktur der vorhandenen Weideflächen. Eine gute Gruppengröße liegt zwischen 100–300 Tieren.

Hinweise zu Giftpflanzen, Pflegemanagement der Fläche und zu Vorteilen des Mähweidesystems siehe Box 2 und 3.

Gesundheitsvorsorge

Die Tiere sollten wenigstens einmal am Tag aufgesucht und auf Krankheitsanzeichen geprüft werden. Am wichtigsten für die Tiere ist ein permanenter Zugang zu frischem Wasser, z. B. in einem Tränkwagen. Generell und zur einfacheren Umkopplung der Herde ist ein Elektrozaun nötig. Zur Sicherung der Herde gegen Füchse, Wölfe und Greifvögel können Herdenschutzhunde eingesetzt werden.

Grundsätzlich ist eine herden- und standortabgestimmte Betreuung der Tiere in Bezug auf Parasiten erforderlich. Bereitgestellte Bademöglichkeiten werden von den Gänsen zugekotet, sodass sich vor allem Wurminfektionen schnell in der Herde verbreiten können. In diesem Fall muss mit Entwurmungsmitteln gearbeitet werden. Überstaute Bereiche und Gräben würden eine geeignete Bademöglichkeit schaffen, wobei aufgrund der größeren Wasserfläche das Infektionsrisiko geringer ausfallen würde. Die Gräben sollten in die Umzäunung mit einbezogen werden (Fluchtgefahr) und die Böschung darf nicht zu steil sein. Wenn sich die genannten Möglichkeiten nicht realisieren lassen, sollte den Tieren zumindest eine Wassergelegenheit bereitgestellt werden, bei der sie den Kopf eintauchen und Wasser über ihr Gefieder schütten können.

Schlachtung, Verarbeitung und Vermarktung

Die Zuwachsraten an Lebendmasse liegen bei weiblichen Gänsen etwas niedriger als bei den Gantern. Generell legen die Tiere etwa ein Kilogramm Lebendgewicht pro Monat zu, sodass sie zum Schlachtzeitpunkt je nach Rasse ein maximales Lebendgewicht von 10 kg erreichen können. Das Schlachtgewicht entspricht etwa 70 % dem des Lebendgewichts. Für die Fleischqualität ist vor allem Bewegung förderlich. Als zusätzliche Leistung der Gänse können die Federn genutzt werden. Eine Gans von 30 Lebenswochen liefert etwa 150 g Deckfedern und 70 g Daunen. Die Gewinnung erfolgt durch das Rupfen beim Schlachten. Trocken gerupfte Tiere werden durch die Unversehrtheit der Epidermis preislich am höchsten eingeschätzt und sind auch frisch länger haltbar. Der zeitliche Aufwand gegenüber nass gerupften Tieren ist allerdings höher.

BOX 2: Pflegemanagement von beweidetem Feuchtgrünland

Um die durch selektive Beweidung geförderte Ausbreitung von futterbaulich unerwünschten Arten wie beispielsweise Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*), Binsen- oder Ampferarten (*Juncus spec.*, *Rumex spec.*) zu verhindern sowie überständiges Futter und Geilstellen zu beseitigen, sollte eine Nachmahd (Abschlegeln, Mulchen) durchgeführt werden. Durch einen

rechtzeitigen Schnitt kann auch das Aussamen der unerwünschten Arten verhindert werden. Dies unterdrückt gleichzeitig das Aufkommen von Gehölzen wie Weiden und Erlen sowie das Aussamen o. g. Arten. Unerwünschte Arten können ein Hinweis auf Unterbeweidung sein, weshalb zur Eindämmung die Besatzdichte erhöht oder den Tieren längere Fresszeiten auf der Koppel zugestanden werden können. Überbeweidung hingegen wird durch eine Zunahme von trittresistenten Arten wie Weißes Straußgras (*Agrostis stolonifera*), Breit-Wegerich (*Plantago major*) oder Gänse-Fingerkraut (*Potentilla anserina*) angezeigt, worauf mit geringerem Besatz oder längeren Ruhephasen reagiert werden sollte. Zum Erhalt des Pflanzenbestands können rasenbildende und feuchtetolerante Futterpflanzen (z. B. Rotschwingel – *Festuca rubra*, Wiesenrispe – *Poa pratensis*) nachgesät werden

Auf Weiden ohne ganzjährige Freilandhaltung können nach dem Winter aufgefrorene Bodenschichten durch Walzen wieder angedrückt werden. Dadurch werden das Abreißen und Austrocknen der Feinwurzeln der Gräser verhindert und die Wasserführung und Wärmeleitfähigkeit des Bodens verbessert. Die Einebnung von Unebenheiten wie Maulwurfshügeln sollte in Abhängigkeit von der standorts- und jahreszeitbedingten Aktivität der Bodentiere im Frühjahr mit Reifen- oder Grünlandschleppen erfolgen. Auf Striegeln zur Belüftung und Entfilzung der Grasnarbe kann verzichtet werden.

Neben den genannten Arten mit minderwertigem Futterwert gilt es auf die Ausbreitung von Giftpflanzen wie Scharfem und Gift-Hahnenfuß (*Ranunculus acris*, *R. sceleratus*), Wasser-Schierling (*Cicuta virosa*), Herbst-Zeitlose (*Colchicum autumnale*), Jakobs- und Wasser-Kreuzkraut (*Senecio jacobaea*, *S. aquatica*) und Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*) zu achten (s. Box 1).

Anträge, Genehmigungen und Fördermittel

Anträge auf Gänsehaltung müssen beim zuständigen Amt für Landwirtschaft sowie beim Veterinäramt eingereicht werden, u. a. mit Angaben zur Anzahl der im Jahresdurchschnitt gehaltenen Tiere, der Nutzungsart und des Standortes. Weiterhin verbindlich ist eine Mitgliedschaft in der Tierseuchenkasse. Neben den Direktzahlungen wird in Niedersachsen die Züchtung und Haltung vom Aussterben bedrohter Gänserassen (Diepholzer Gans und Leinegans) honoriert.

2.2.2.5 Weide mit Rindern (nach Närmann et al., in Vorb.)

Zur extensiven Bewirtschaftung von feuchtem Niedermoorgrünland mit geringerer Tragfähigkeit als stärker entwässertes Grünland eignen sich robuste Rinderrassen mit geringem Gewicht. Die Mutterkuhhaltung und die Mast weiblicher Jungrinder nehmen bei einer tiergerechten und zugleich moorverträglicheren Flächenbewirtschaftung eine zentrale Rolle ein. Mit der Beweidung von feuchten Moorstandorten durch Rinder wird ein traditionelles Nutzungsverfahren sowie eine vielfältige Kulturlandschaft erhalten. Selektiver Verbiss und Trittwirkungen erhöhen die Strukturvielfalt der Vegetation und des Bodens, was die Biodiversität auf den Weideflächen fördern kann. Allerdings wird durch die leichte Entwässerung weiterhin Torf zersetzt, THG-Emissionen emittiert und die Sackung fortgesetzt.

Standort

Bei der extensiven Bewirtschaftung von feuchtem Niedermoorgrünland nimmt die Mutterkuhhaltung und die Mast weiblicher Jungrinder eine zentrale Rolle ein. Auf Grund ihrer guten Anpassung an die Klima- und Landschaftsbedingungen und ihrem oftmals geringeren Gewicht verursachen Robustrassen geringere Trittschäden als die mittelintensiven Rassen und die großrahmigen Intensivrassen. Außerdem stellen sie geringere Ansprüche an Futter und Haltung und sind auch für die ganzjährige Freilandhaltung besser geeignet. Von den mittelintensiven Rassen lassen sich die kleinen und leichteren mit

guter Raufutterverwertung einsetzen. Einzelne Flachwasserbereiche bis 50 cm Tiefe stellen kein Problem dar. Geeignete Rassen sind z. B. Schottische Hochlandrinder, Heckrinder, Galloways, Fjäll-Rinder, Hinterwälder und Murnau-Werdenfelser.

Produktionslinien

Im Gegensatz zur Bullenmast ist die Färsenmast auch mit Grundfutter, das auf ärmeren Standorten wächst, möglich. Die extensive Beweidung mit Mutterkühen extensiver und mittelintensiver Rassen bei Verzicht auf Düngung ist im Vergleich zur Milchkuhhaltung und Rindermast weniger arbeits- und kostenintensiv. Die ganzjährige Freilandhaltung hat gegenüber einer winterlichen Stallhaltung eine Aufwands- und Gesamtkosteneinsparung von 25–30 % zur Folge. Aufwändige Stalleinrichtungen und Zufütterung mit Kraftfutter sind nicht erforderlich. Wegen ihrer guten Anpassungsfähigkeit an das Klima, guter Robustheit und Leichtkalbigkeit sind die Tierarzt- und Behandlungskosten vergleichsweise gering. Die Anschaffung der Tiere kann über den direkten Kontakt zu den Landesverbänden, Rasse-dachverbänden oder anderen Halter*innen erfolgen.

Herdenmanagement

Sind die entsprechenden Voraussetzungen gegeben, können 20 bis 30 Tiere, entsprechend einer natürlichen Herdengröße von Wildrindern, für Hausrindrassen als Faustzahl für eine optimale Herdengröße dienen. Außerdem ist bei einer Bestandszahl von ungefähr 30 Kühen und ein bis zwei Bullen eine gute Deckleistung der Bullen zu erwarten. Eine Besatzstärke von 0,8 bis 1,5 GVE/ha gilt als Richtwert.

Eine Kalbung in den Wintermonaten sollte vermieden werden. Wenn möglich, sollte der Belegungszeitpunkt so gewählt werden, dass die Kalbung in die Frühjahrs- bis Sommermonate fällt. Um den optimalen Abkalbezeitpunkt im März/April zu treffen, sollten die Bullen nur sechs bis acht Wochen (Juni–August) zum Decken eingesetzt werden und in der Herde mitlaufen. Ist die Kalbung im Winter zu erwarten, ist eine Aufstallung notwendig.

Weidemanagement und ganzjährige Freilandhaltung

Eine ganzjährige Freilandhaltung auf Niedermoorstandorten ist nur zu empfehlen, wenn die Fläche auch Sanddurchtragungen oder Mineralbodenanteile aufweist, auf die sich die Tiere bei zu hohen Wasserständen, während des Wiederkäuens sowie nachts zurückziehen können. Hierbei ist eine gute Weideführung entscheidend: Durch eine Auszäunung von Teilflächen mit besserem Futterwert ab etwa Juni kann die Beweidung von nasserem, energieärmeren Bereichen erzwungen werden. Andernfalls werden diese Bereiche erst aufgesucht, wenn der Futterwert schon stark abgesunken ist. Flächen mit besseren Futterwerten auf mineralischen Standorten können daher ab Juni ausgezäunt und als Heureserve für den Winter gemäht werden (etwa 40 % des mineralischen Grünlands).

Voraussetzung für eine ganzjährige Freilandhaltung sind gesunde und gut konditionierte Tiere sowie eine ausgewogene Altersstruktur der Herde mit erfahrenen Tieren. Auch wenn einige Rinderrassen wie insbesondere Galloways und Highlands als robust gelten, erfordert eine ganzjährige Freilandhaltung immer einen ganzjährigen Witterungsschutz vor Kälte, Nässe, Wind und Hitze. Als Kälteschutz sollte ihnen ein Weideunterstand auf einem trockenen Standort bereitgestellt werden, der eine ausreichend große Liegefläche für alle Tiere bietet. Des Weiteren ist im Winter an eine frostsichere Tränke und Zufütterung zu denken, z. B. das im Frühsommer geworbene Heu der Mineralstandorte. Als Schattenspender im Sommer und Windschutz können zusätzlich größere Gehölze, Büsche und Baumgruppen dienen.

BOX 3: Welche Vorteile bietet das Mähweidesystem? (nach Närmann et al., in Vorb.)

Bei der Mähweide wird die Fläche zusätzlich zur Weidenutzung gelegentlich gemäht. Der Pflanzenbestand ähnelt dabei einer Weide; zu Wiesen bestehen deutliche Unterschiede. Die höhere Nutzungsfrequenz führt zu größeren Untergrasanteilen und einem verstärkten Auftreten von trittverträglichen Rosettenpflanzen. Die Schnitt-Weide-Folge richtet sich dabei nach dem Futterzuwachs. Es wird in der Vegetationsperiode ein- bis zweimal gemäht, wobei der Nutzungsschwerpunkt auf der Weidenutzung liegt. Mit Blick auf eine standortangepasste Moornutzung empfiehlt sich nur das Verfahren einer extensiven Mähweide (d.h. höchstens geringe Düngung, ohne Einsatz von Pestiziden und Besatzdichte < 1,5 GVE/ha).

Im Gegensatz zur extensiven Wiesennutzung bieten extensiv genutzte Mähweiden die Möglichkeit, zusätzlich Heu oder Silage von den beweideten Flächen zu gewinnen. Diese Nutzungsform bietet eine hohe Wirtschaftlichkeit durch einen geringen Arbeitskräftebedarf und großflächige Nutzungsmöglichkeit. Die Haltungform hat weiterhin einen positiven Einfluss auf die individuelle Tierleistung und Gesundheit. Durch eine kontinuierliche Beweidung bei einer Besatzdichte < 1,5 GVE ha⁻¹ sowie einer Beweidungspause im Winter kann sich eine dichte Grasnarbe entwickeln.

Gesundheitsvorsorge

Die sachkundige Betreuung der Tiere ist eine Grundvoraussetzung – die Herde sollte täglich besucht und auf Anzeichen von Krankheiten überprüft werden. Die Zahmheit, die Galloways und Highlands nachgesagt wird, ist nur bei laufender Betreuung zu erreichen. Nicht zuletzt wird mit der Betreuung und der Vorbeugung von Krankheiten dem Tierschutzgesetz Rechnung getragen.

Als großes tiergesundheitsliches Problem auf feuchten Standorten werden Leberegel angesehen, welche Rinder als Endwirt befallen und die bei schwerem Befall mit Wurmmitteln in hohen Dosen und mehrfach bekämpft werden. Dabei sollte zur Vorbeugung von Resistenzen selektiv und nicht der gesamte Tierbestand behandelt werden.

Weiden die Tiere auf weichen und feuchten Böden, ist eine regelmäßige Klauenbeobachtung und -pflege notwendig. Feuchtstandorte können Ausgang für Klauenerkrankungen sein. Da Moorböden zu den selenarmen Standorten zählen, sollten grundsätzlich Salzlecken mit Mineralzusatz oder Mineralleckemeier angeboten werden. Selenmangel führt zu lebensschwachen Kälbern, Trinkunlust und grippeähnlichen Symptomen bei Jungtieren und schlechter Fruchtbarkeit bei erwachsenen Tieren.

Verwertung

Die Zuwachsleistungen an Lebendmasse von Spezialrassen, die bei Extensivierungsmaßnahmen eingesetzt werden, wie Galloways und Highlands, ist oft gering. Im Jahresdurchschnitt ist bei männlichen Hochlandrindern von 600 g Tageszunahme auszugehen. Mittelintensive Rassen im Teilweidesystem können auch täglich bis zu 800 g zunehmen. Die Zuwachsraten liegen bei weiblichen Tieren 5-15 % unter denen von männlichen Jungrindern.

Bei ganzjähriger Weidehaltung ohne oder mit geringer Zufütterung im Winter sollte zwischen Februar und Juni kein Schlachttier entnommen werden. Während dieser Zeit haben die Tiere ihre Fettreserven noch nicht wieder hinreichend aufgebaut. Das Fleisch dieser Tiere ist auch bei optimaler Verarbeitung zäh. Stress und Belastungen durch Separieren, Einfangen, mitunter lange Transportwege und Fixierung unmittelbar vor dem Schlachten beeinträchtigen nicht nur das Tierwohl, sondern führen auch zu einem eingeschränkten Reifeprozess, was sich negativ auf die Fleischqualität auswirkt. Eine alternative Tötungsmethode ist daher der Weideschuss.

Die Vermarktung erfolgt im Wesentlichen über Direktvermarktung. Auch gemeinschaftsgetragene, onlinegestützte Märkte wie besserfleisch.de, kaufnekuh.de oder marktschwaermer.de können eine Alternative sein. Regional- und Biosiegel können sich positiv auf die lokale und regionale Vermarktung von Produkten auswirken. Die Verbände der Rinderrassen führen zudem meist eigene Qualitätssiegel (z. B. Galloway-Genussfleisch des Bundesverbandes Deutscher Gallowayzüchter e.V.).

Fördermittel

Neben den Direktzahlungen existieren in Niedersachsen verschiedene Programme zum Erhalt und zur Förderung der Kulturlandschaft, die über die 2. Säule der GAP finanziert werden (siehe Kap. 7).

2.2.2.6 Feuchtwiese (nach Närmann et al., in Vorb.)

Feuchtwiesen können entweder als einschürige Streuwiesen oder zwei- bis dreischürige Futterwiesen genutzt werden. Daneben ist eine energetische Verwertung in der Biogasanlage oder in der pyrolytischen Aufbereitung denkbar.

Standort

Bewirtschaftete Frischgrünlandflächen auf Niedermoor sind ebenso wie Brachen und zuvor ackerbaulich genutzte Moorstandorte bei einer Wasserhaltung von sommerlich 20–45 cm unter Flur für die extensive Feuchtwiesennutzung geeignet. Gut nährstoffversorgte Standorte bieten gute Bedingungen für feuchte, von guten Futtergräsern wie Wiesenfuchsschwanz oder Wiesenschwingel dominierte, verhältnismäßig artenarme aber produktive Grünländer. Bei ebenfalls guter Nährstoffversorgung und etwas höheren Grundwasserständen etablieren sich Kohldistel- und Dotterblumenwiesen. Auf nassen nährstoffreichen, aber sauerstoffarmen Niedermoorböden bilden sich hochwüchsige Großseggenriede aus. Einen Sonderfall stellen die nährstoffärmsten, wechselfeuchten Moorböden dar, die von Honiggras- oder Pfeifengraswiesen mit hohem naturschutzfachlichen Wert besiedelt werden.

Wiederherstellung von Feuchtwiesen

Auch nach 15–20 Jahren intensiver Nutzung als Grünland oder Acker können Samen der ehemaligen Vegetation im Boden überdauern, die durch wühlende Tiere oder Vertikutieren ans Licht gelangen und keimen. Durch Walzen, Striegeln und Mahd lassen sich auf diesen Flächen produktivere Feuchtwiesen etablieren.

Eine Wiederbesiedlung kann gezielt gefördert werden, indem schwimmfähige Samen bei möglichen Überflutungen auf die Flächen eingetragen werden. Liegt die Fläche isoliert von intakten Feucht- oder Nasswiesen, kann durch Mähgutauftrag, ggf. in Kombination mit Oberbodenverwundung oder -abtrag, eine Wiederbesiedlung beschleunigt werden. Als Samenquelle sollte Mähgut von artenreichen Feucht- oder Nasswiesen desselben Naturraums verwendet werden. Der optimale Gewinnungszeitpunkt ist ungefähr Anfang bis Mitte Juli während der Hauptphase der Samenreife.

Ernte

Der Erntezeitpunkt und die Häufigkeit richten sich nach dem Wiesentyp und der damit verbundenen Wasser- und Nährstoffversorgung.

Feuchte Wiesenfuchsschwanz-Wiesen können zwei- bis dreimal jährlich gemäht werden. Sie sind nach den Rohrglanzgraswiesen die ertragsreichste extensive (d. h. höchstens mit geringer Düngung und ohne Einsatz von Pestiziden) Wiesenform. Erträge von 5–8 t TM ha⁻¹ a⁻¹ sind möglich. Der Eiweißgehalt beträgt 10–12 % der Trockensubstanz und der Energiegehalt 4,9–5,2 MJ NEL/kg TM (Heu) bzw. 5,2–

5,7 MJ NEL/kg TM (Silage). Als idealer Schnitzeitpunkt für die Heugewinnung gilt die Zeit vom Schieben der Blütenstände bis zum Beginn der Blüte der bestandsbildenden Gräser. Bodenunebenheiten können mit Walzen und Schleppen ausgeglichen werden. Damit kann gleichzeitig eine im Winter aufgefrorene oberste Bodenschicht wieder angedrückt werden. Dadurch wird das Abreißen und Austrocknen der Feinwurzeln verhindert und die Wasserführung und Wärmeleitfähigkeit verbessert. Eine ausreichende Nährstoffversorgung ist i. d. R. durch die fortlaufende Mineralisierung gegeben.

Feuchte Sumpf-Dotterblumen- und Kohldistelwiesen erlauben in der Regel jährlich eine zweimalige Mahd. Die erste Mahd erfolgt Mitte bis Ende Juni. Die futterbauliche Ertragsfähigkeit liegt mit 5–7 t TM/ha*a relativ hoch, sinkt aber bei ausbleibender Düngung über die Jahre ab. Insbesondere Kalium und Phosphor wirken häufig als ertragsbegrenzende Faktoren. Extensiv bewirtschaftete Wiesen können aufgrund ihres Artenreichtums ohne gravierende Qualitätsverluste bis zu drei Wochen später geschnitten werden. Durch ihren höheren Anteil von spätblühenden Arten, ist die Ernte nicht so sehr auf einen bestimmten Zeitpunkt fixiert, sondern kann z. B. witterungsbezogen variiert werden.

Artenreiche Pfeifengras-Streuwiesen werden jährlich einmal im Herbst gemäht, wenn der Wiesenaufwuchs trocken und strohartig geworden ist und die spätblühenden Arten zur Fruchtreife gelangt sind. Der günstigste Schnitzeitpunkt liegt meist von Ende September bis Ende Oktober. Auf diese Weise wird eine Schädigung des Pfeifengrases vermieden und die für den Wiederaustrieb im Folgejahr notwendige Einlagerung an Nährstoffen in die unterirdischen Speicherorgane kann ungehindert erfolgen. Durch diese Art der Nährstoffspeicherung bleibt die Produktivität auch ohne zusätzliche Düngung erhalten. Basenarme Standorte sind dabei unproduktiver als basenreiche und liefern Erträge von rund 1 t ha⁻¹ a⁻¹ TM. Handelt es sich allerdings um ehemalige Fettwiesen sind die Erträge wesentlich höher und können bis zu 4 t ha⁻¹ a⁻¹ betragen.

Die Ernte erfolgt mit angepasster Grünlandtechnik mit Doppel-/ Zwillingsbereifung oder Reifen mit Druckluftregelung.

BOX 4: Aspekte der Düngung bei der Nutzung als Feuchtgrünland (nach Närmann et al., in Vorb.)

Praxis

Für eine intensive Grünlandnutzung auf Niedermooren werden die Wasserstände auf mindestens 60 cm unter Flur abgesenkt. In der Regel werden hohe Erträge bei gleichzeitig hohen Nährstoffentzügen realisiert. Infolgedessen wird stark gedüngt, v. a. mit Stickstoff, aber auch Phosphor und Kalium. Durch die infolge von Entwässerung und N-Düngung stark gestiegene Torfmineralisierung ("priming effect") werden Nährstoffe freigesetzt und zum Teil über die Entwässerungssysteme ausgetragen. Stickstoff-Düngung führt dabei auch kurzzeitig zu teilweise massiven Erhöhungen der Lachgas-Emissionen. Bei einer weniger intensiven Nutzung bei höheren Wasserständen wird auf Stickstoffdüngung in aller Regel verzichtet, nicht jedoch auf eine Kalium-betonte Grunddüngung.

Empfehlungen

Standorte ehemaliger intensiver Grünlandnutzung weisen noch eine gute Versorgung mit Phosphor auf. Durch die schwache Entwässerung mit sommerlichen Tiefstwasserständen bis 45 cm unter Flur findet fortlaufend eine Mineralisierung der Torfsubstanz und damit Freisetzung von pflanzenverfügbarem Stickstoff statt. In Bezug auf den Kalium-Haushalt unterscheiden sich tief- und flachgründige Moore. Flachgründige Moore können bei wasserzügiger Sandunterlagerung eine Kaliumzufuhr über den Grundwasserstrom erfahren. Tiefgründige Moore können dagegen Kalium-Mangel aufweisen, was zu Mindererträgen und damit zu Minderentzug anderer Nährstoffe (z. B. Stickstoff) führt. Daraus können lückige Vegetationsbestände mit Rosettenpflanzen und horstigen Gräsern (z. B. Rasenschmiele)

resultieren, wodurch Bodendegradierungsprozesse durch starke Bodenerwärmung und Austrocknung bei intensiver Sonneneinstrahlung weiter voranschreiten. Daher wird eine entzugsgerechte Kalium-Düngung bei Verzicht auf Phosphor- und Stickstoff-Düngung empfohlen. Ist die Fläche anderen Zielen unterworfen (z. B. Schutz artenreicher Feuchtwiesengesellschaften oder Wiesenbrütern), sollte auf jegliche Düngung verzichtet werden, wobei eine Kalium-Düngung auch die Nahrungsgrundlage für bestimmte Wiesenbrüter in Feuchtwiesen sichern kann.

Weidenutzung

Bei einer Weidenutzung von Feuchtgrünland kann v. a. Kalium über die Exkremente der Weidetiere rückgeführt werden. Es bietet sich an, diese mittels Wiesenschleppe zu verteilen oder eventuelle Zufütterungsstellen ständig zu wechseln. Die Zufütterungsstellen können zur Bindung der Exkremente in der Einstreu optional überdacht werden. Der anfallende Mist kann dann wieder auf den Flächen verteilt werden. Da Moorböden zu den selenarmen Standorten zählen, sollten den Weidetieren eine ausreichende und umfassende Mineralstoffversorgung bereitgestellt werden (Salzlecken mit Mineralzusatz oder Mineralleckeimer). Selenmangel führt beispielsweise zu lebensschwachen Kälbern, zu Trinkunlust und grippeähnlichen Symptomen bei Jungtieren und schlechter Fruchtbarkeit bei erwachsenen Tieren.

Stoffliche Verwertung

Neben der Nutzung als Futter stand früher auch die große Bedeutung der Streuwiesen zur Gewinnung von Einstreumaterial, welches heute wegen seiner guten Saugfähigkeit wieder geschätzt wird. Nach der Nutzung als Einstreu ist eine weitere Verwendung in der Biogasanlage oder als organischer Dünger möglich. Letzteres ist im Sinne eines geschlossenen Nährstoffkreislaufes vorzuziehen.

Strohartige Feuchtwiesenaufwüchse lassen sich als Mulchmaterial einsetzen. Sie können auch für die Erzeugung von Zellulose als Rohstoff für die Papier- und Kartonagenherstellung verwertet werden. Strohartige Streuwiesenaufwüchse lassen sich zur Herstellung von Strohdämmplatten, Strohschanplatten oder Strohfasernplatten nutzen.

Mit dem Verfahren der hydrothermalen Carbonisierung (HTC) wird Pflanzen- oder HTC-Kohle hergestellt. Feuchte und nasse Biomasse eignet sich aufgrund der nassen Verfahrensbedingungen dafür. Unter Zusatz von Wasser, Druck (10–40 bar) und bei hoher Temperatur (180–250°C) lässt sich Feucht- und Nasswiesenbiomasse in mehreren Stunden in Kohle umwandeln. Diese kann thermisch, als Bodenverbesserer, als Torfersatz in Pflanzerden oder in Filtersystemen verwendet werden.

Energetische Verwertung

Halmgutartige Biomasse kann bei später Ernte im Winter als Rohstoff für die Produktion von Pellets verwendet werden, die im Nachgang thermisch verwertet werden. Lohnenswert sind dabei auch produktive, von Seggen oder Rohrglanzgras dominierte Aufwüchse. Feuchtwiesenheu weist trotz erhöhter Gesamtstaubemissionen, Rohaschegehalte und Ascheschmelztemperaturen gute Verbrennungseigenschaften auf.

Bei einer Ernte im Sommer kommt eine Verwertung in der Biogasanlage in Betracht. Gut zerkleinert und in geringen Mengen kann die Biomasse in Nassvergärungsanlagen eingesetzt werden. Bei alleiniger Verwertung eignet sich ausschließlich die Feststofffermentation (Trockenvergärungsverfahren). Material von Feuchtwiesen erreicht relativ hohe Biogaserträge von 300–530 l_n kg⁻¹ oTS, die bei 50–90 % der Erträge von Grassilage liegen. Mögliche Hemmnisse der energetischen Verwertung von Feuchtwiesen liegen in der Kleinflächigkeit und Verteilung der Flächen.

Ein Praxisbeispiel stellt der BUND-Hof Wendbüdel in Niedersachsen dar. Hier wird zweischüriges Feuchtgrünlandmähgut zur Wärme- und Stomerzeugung trockenfermentiert.

Anträge und Fördermittel

Ist die Aussaat von Mähgut und regional gewonnenem Saatgut vorgesehen, so ist § 39 Abs. 4 BNatSchG zu berücksichtigen, der das Entnehmen, Be- oder Verarbeiten wildlebender Pflanzen regelt. Bei besonders geschützten Arten findet zudem § 44 Abs. 1 Nr. 4 BNatSchG Anwendung. Nach § 45 Abs. 7 BNatSchG können die zuständigen Behörden von den Verboten in § 44 Ausnahmen, die den Schutz und die Wiederansiedlung von Pflanzenarten betreffen, zulassen. Der Biotopschutz (§ 30 BNatSchG) muss außerdem berücksichtigt werden.

Die typischen Futtergräser wie u. a. Wiesen-Fuchsschwanz und Schwingelarten sind als landwirtschaftliche Nutzpflanzen eingestuft und förderfähig, so lange eine Nutzung erfolgt (Direktzahlungen). Über die 2. Säule der GAP werden die extensive Bewirtschaftung von Grünlandstandorten und gezielt erbrachte ökologische Leistungen bei der Landschafts- und Biotoppflege gefördert.

2.2.2.7 Weide mit Schafen (nach Närmann et al., in Vorb.)

Robuste Landschaften sind zur extensiven Bewirtschaftung von feuchtem Moorgrünland prinzipiell geeignet, werden aber vorrangig zur Landschaftspflege in Schutzgebieten eingesetzt. Die Beweidung wird in der Regel als Umtriebsweide, Hütehaltung oder Behirtung durchgeführt. Durch selektiven Verbiss und die Trittwirkung werden naturschutzfachlich wertvolle Pflanzen gefördert.

Standort

Schafe können generell zur Beweidung feuchter Grünländer, d. h. bei Wasserständen im Sommer von durchschnittlich 20–45 cm unter Flur, genutzt werden, wobei es Landrassen gibt, die besonders an feuchte Verhältnisse angepasst sind. Sie sind gegenüber Krankheiten, die durch die Bodenfeuchte hervorgerufen werden, weniger anfällig als Intensivrassen. Sie sind genügsamer und stellen geringere Ansprüche an den Aufwuchs. Von Schafen werden zahlreiche feuchtgebiets- bzw. moortypische Pflanzenarten gefressen. Geeignet sind Rassen wie z. B. Moorschnucke (Weiße Hornlose Hornschnucke), Skudde, Rauwolliges Pommersches Landschaf und Bentheimer Landschaf. Die Schafrassen sind jeweils an die regionalen Klimaverhältnisse durch die lange Nutzungsgeschichte angepasst, weshalb möglichst die regional geeigneten Schafrassen eingesetzt werden sollten.

Haltung

Die Schafhaltung ist von einer Vielzahl von Betriebsformen gekennzeichnet, die von der Klein- bis zur Großherdenhaltung reicht. Bei der traditionellen Wanderschafhaltung, die vor allem noch im süddeutschen Raum verbreitet ist, bestehen die Herden im Mittel aus 500–600 Mutterschafen zuzüglich Nachzucht. Die sogenannte Koppelhaltung wird von Betrieben verschiedenster Größe und Struktur genutzt, wobei die Bestandsgröße im Gegensatz zur Wanderschafhaltung durch die vorhandene Futterfläche bestimmt wird. Demzufolge sind hierbei Kleinbestände vorherrschend. Unter die standortgebundene Hütehaltung fallen die Guts- und Deichschäfereien mit teils sehr großen Beständen.

Für feuchte Standorte und extensive Haltungsbedingungen empfiehlt sich eine Besatzstärke von 0,8 bis 1,5 GVE ha⁻¹. Bei produktivem Aufwuchs (Riede, Röhrichte, Hochstaudenfluren) ist auch eine kurze, ein- bis zweiwöchige und intensive Beweidung mit 10 GVE ha⁻¹ möglich. Diese Habitats sind allerdings nur mit angepassten Landrassen (z. B. Moorschnucken) beweidbar.

Herdenführung

Die besten Ergebnisse einer Schafhaltung im Rahmen der Landschaftspflege liefert ein Schäfer, der seine Herde aktiv hütet. Dabei ist der Schäfer vielfach auf einen Herdengebrauchshund angewiesen. Durch die Herdenführung lassen sich intensive wie extensive Beweidungsintensitäten bewirken. Bei einem engen Gehüt wird wenig selektiert und der Aufwuchs recht gleichmäßig verbissen. Ein weites Gehüt lässt Teile des Aufwuchses unberührt, wodurch dieser zur Samenreife gelangen kann. Auch nicht abgezäunte Bereiche können von der Beweidung ausgespart werden. Der Hunger der Schafe bei Beweidungsbeginn kann ausgenutzt werden, auch bei Schafen weniger beliebte Pflanzenbestände abzuweiden. Bei hohem Besatz wird der Aufwuchs schnell abgefressen. Botanisch wertvolle Bereiche verdienen besondere Vorsicht. Bei einer Koppelhaltung sollte der Ruheplatz (Unterstand/Windschutz mit Salzlecke) ebenfalls abseits floristisch wertvoller Bereiche angeboten werden.

Vor und nach dem Beweidungsturnus kann eine ein- bis zweischürige Mahd eingeschoben werden (z. B. Mitte Juni und September). Dieses Heu kann dann als Winterfutter verwendet werden, wobei auch ein hoher Anteil von Seggen und Binsen aus Randbereichen von Mooren verwertbar ist. Die Stallhaltung umfasst während der Wintermonate je nach Region und Haltungsform einen Zeitraum von 90–180 Tagen. Das Schaf stellt dabei geringe Anforderungen an den Stall, der aber zugfrei und trocken sein sollte. Gängig ist der Tieflaufstall mit Einstreu und ohne besondere Wärmedämmung. Die Herde sollte weiterhin gegenüber dem Wolf gesichert sein.

Gesundheitsvorsorge

Die sachkundige Betreuung der Tiere ist eine Grundvoraussetzung. Der häufigste auf Feuchtgebietsstandorten auftretende Innenparasit ist der Leberegel. Eine regelmäßige Klauenbeobachtung und -pflege ist notwendig, da Feuchtstandorte Ausgang für Klauenerkrankungen sein können. Bei Schafen ist dabei die Moderhinke von Bedeutung.

Moorböden zählen zu den selenarmen Standorten. Um eine ausreichende und umfassende Mineralstoffversorgung der Tiere sicherzustellen, sollten ihnen grundsätzlich Salzlecken mit Mineralzusatz oder Mineralleckeimer angeboten werden. Essentiell ist auch die Wasserversorgung – der Wasserbedarf eines erwachsenen Schafes beträgt 1,5 bis 3 l Wasser am Tag.

Pflege der Weidefläche

Die Weideführung sollte in Portions- oder Umtriebsweide (kurze Weidezeit mit langer Ruhezeit) erfolgen. Standweiden sind zu vermeiden, nicht zuletzt wegen des höheren Infektionsrisikos mit Endoparasiten. Winterweide findet sich vor allem in klimatisch begünstigten Regionen (Süddeutschland) im Rahmen der traditionellen Wanderschäferei. Dabei wird die Filzschicht des überständigen Grases durch die Schafherde entfernt, was das Wachstum der Wiesenpflanzen im Frühjahr begünstigt. Nach dem Winter aufgefrorene Bodenschichten werden durch eine Vorweide durch die Schafherde („Goldener Tritt“) wieder angedrückt. Gleichzeitig wird die Bestockung der Gräser gefördert, was für eine gute Narbendichte sorgt.

Verwertung

Eine hohe Schlachtkörperqualität wird bei jungen Lämmern unter sechs Monaten, einem Gewicht bei Mastende (Bocklämmer mindestens 43 kg, weibliche Lämmer mindestens 38 kg) sowie einem Ausschlagungsgrad von etwa 48 % erreicht. Daneben sind die Verteilung des Fettes sowie Beschaffenheit des Fleisches wichtige Qualitätsmerkmale. Die Vermarktung erfolgt im Wesentlichen über Direktvermarktung

In der Diepholzer Moorniederung hat die Moorbewirtschaftung mit Moorschnucken (Weiße Hornlose Heidschnucke) Tradition. Dort werden etwa 3.000 Mutterschafe der Weißen Hornlosen Heidschnucke gehalten. Um die Schäferereien wirtschaftlich zu stützen und gleichzeitig die Moorlandschaft zu erhalten, wurde 2018 ein lokaler Landschaftspflegeverband gegründet. Ziel ist vor allem, ein regionales Schlachthaus zu etablieren, um das Moorschnuckenfleisch mit gesicherter Herkunft vermarkten zu können.

Anträge, Genehmigungen und Förderung

Anträge auf Schafhaltung müssen beim zuständigen Amt für Landwirtschaft sowie beim Veterinäramt eingereicht werden, u. a. mit Angaben zur Anzahl der im Jahresdurchschnitt gehaltenen Tiere, der Nutzungsart und des Standortes. Weiterhin verbindlich ist eine Mitgliedschaft in der Tierseuchenkasse.

2.3 Biomasseverwertung

2.3.1 Thermische Verwertung

Für die thermische Verwertung als loser Brennstoff, Pellets oder Briketts eignen sich fast alle Aufwüchse nasser und vernässter Moore. Der durchschnittliche Energiegehalt liegt zwischen 17 bis 18 MJ pro kg (unterer Heizwert, Tabelle 3) und ist damit vergleichbar mit Holz (18.5 MJ pro kg, Kaltschmitt et al. 2009) jedoch deutlich unter dem von Heizöl und Erdgas (42 bzw. 40 MJ pro kg). Die Verbrennung halmgutartiger Biomasse zur Erzeugung von Wärme ist technisch etabliert, verschiedene Anlagenhersteller sind am Markt vertreten, Anlagengrößen variieren von kleinen Hofanlagen, mit denen Betriebsgebäude beheizt werden, bis hin zu mehreren Megawatt großen Anlagen, die Wärme (und z.T. Strom) erzeugen und über Wärmenetze Stadtteile mit Wärme und Warmwasser versorgen. Das strohbasierte Bioenergiekraftwerk Emsland in Emlichheim stellt jährlich ca. 45.000 MWh Wärme bereit. Das Heizwerk Malchin, welches Heu von wiedervernässten Niedermoorstandorten verwendet (agrotherm GmbH) stellt etwa 3.700 MWh Wärme pro Jahr bereit. Die Biomasse muss trocken und lagerfähig sein, die anfallende Asche kann ggf. als Dünger (aufbereitet und) ausgebracht werden. Einen Überblick über die Bewirtschaftung nasser Flächen, die Aufbereitungsmöglichkeiten der Biomasse, Brennstoffeigenschaften, Feuerungstechnik, Kosten der Verfahrensschritte sowie Rahmenbedingungen geben Dahms et al. (2017) und Vogel (2020). Tabelle 3 zeigt Heizwerte und Energieerträge von Schilf, Rohrglanzgras und Seggen als typische Pflanzenarten nasser und wiedervernässter Niedermoorstandorte. Tabelle 4 gibt einen Überblick über Verbrennungseigenschaften von Pellets aus Seggen, Rohrglanzgras und Schilf.

Tabelle 3: Ertrag ausgewählter Arten nasser Moorstandorte und ihre Heizwerte (Quellen: FNR (2007), Grütza (2007), Wichmann und Wichmann (2009))

	Einheit	Schilfrohr	Rohrglanzgras	Seggen
Ertrag (Annahme)	t TM ha ⁻¹ a ⁻¹	3 – 25 (8)	2 – 15 (5)	~ 3 – 8 (4)
Heizwert (attro) (w=15%)	GJ t ⁻¹ TM GJ t ⁻¹ FM	17,5 14,5	16,5 13,7	18,3
Heizöläquivalent (brutto, w=15%)	l ha ⁻¹ a ⁻¹	3200	1900	1700
Energieertrag	GJ TM ha ⁻¹ a ⁻¹	140	66	73
Energiemenge	MWh	38,9	18,3	20,3

Flächenbedarf je 100 kW Anlagengröße	ha 100kW ⁻¹	13	24,5	22
--------------------------------------	------------------------	----	------	----

Tabelle 4: Verbrennungseigenschaften von Seggen-, Rohrglanzgras- und Schilfpellets im Vergleich zu Kiefernpellets, und den Anforderungen nach ENplus (TM = Trockenmasse, FM = Frischmasse, ENplus Stand 2015).

	Niedermoor-Halmgutpellets			Holzpellets			
	Seggen	Rohrglanzgras	Schilf	Kiefer	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B
Aschegehalt 550 °C [% TM]	5, 25	6, 25	4, 25	0, 5	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0
flüchtige Substanzen [% TM]	74, 5	74	80, 5	82, 75	-		
Wassergehalt [% FM]	7, 75	7, 5	8	12	≤ 10		
Kohlenstoff [% TM]	47, 75	46, 75	47, 25	51, 75	-		
Stickstoff [% TM]	1	1	0, 75	0, 25	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0
Wasserstoff [% TM]	5,75	6	5,75	6,25	-		
Chlor [% TM]	0,45	0,805	0,04	0	≤ 0,02		≤ 0,03
Schwefel [% TM]	0,155	0,22	0,08	0,01	≤ 0,04	≤ 0,05	
Brennwert [MJ/kg TM]	18,85	18,65	18,95	20,05	k.A.	k.A.	k.A.
unterer Heizwert [MJ/kg TM]	17,6	17,35	17,7	18,7	≥16,5		
Durchmesser [mm]	7,92	7,81	8,03	5,97	6,00 oder 8,00		
Länge [mm]	19	22	8,4	28,7	3,15 ≤ Länge ≤ 40		
Schüttdichte [kg/m ³]	683	733	604	634,3	600 ≤ Schüttdichte ≤ 750		
Abriebfestigkeit [%]	98,7	98,7	97,1	97,5	≥99,0		

Die thermische Verwertung von Paludikulturbiomasse ist dort begünstigt, wo bereits Fernwärmenetze vorhanden sind. Durch eine Umrüstung der Brennstoffkessel und Brennstoffzuführung könnten diese, zumindest teilweise, mit Biomasse von Feucht- und Nassgrünland befeuert werden. Hierdurch würde neben den eingesparten Emissionen ein Mehrwert für die heimische Wirtschaft und geringere Abhängigkeiten von Erdgasimporten entstehen (Schröder et al. 2017).

Eine weitere Option der thermischen Verwertung ist Gewinnung von Biogas aus der Vergärung der Aufwüchse z.B. die Trockenfermentation mit Hilfe des DeNaBa-Verfahrens (siehe Kapitel 6.1.2.2).

2.3.2 Stoffliche Verwertungen

Derzeit befinden sich eine Vielzahl von Produkten und Verwertungsverfahren für diverse nachwachsende Rohstoffe (Holz, Stroh, Heu, Grünschnitt etc.) in der Entwicklung. Diese sind oft nicht speziell auf Moor-Aufwüchse ausgelegt, aber potentiell auf diese anwendbar (z.B. Plattformchemikalien, Biokohle,

Papier, Bau- und Dämmstoffe, Biokunststoffe, Werkstoffe). Auch Produkte aus Schilf und Rohrkolben (Dämm- und Baustoffe) sind vorhanden bzw. werden entwickelt, können aber derzeit aufgrund fehlender Rohstoffe nicht produziert bzw. am Markt etabliert werden. Im Folgenden werden einige stoffliche Verwertungsoptionen vorgestellt. Einzelne Anwendungen werden in Kapitel 6 hinsichtlich Bio-massequalitätsanforderungen und Verarbeitungsverfahren näher betrachtet.

2.3.2.1 Baustoffe

Schilf (*Phragmites australis*) und Rohrkolben (*Typha* spp.) zeigen gute Eigenschaften als Baustoff und können für z.B. als Konstruktions- und Dämmplatten, Putzmatten, Einblasdämmung und für die Dachbedeckung verwendet werden. Es ist außerdem möglich, die Samenwolle von Rohrkolben zur Verbesserung der Eigenschaften in Putz einzumischen. Auch die unspezifischere Biomasse von Feucht- und Nassgrünland eignet sich zur Herstellung von Dämmmaterial.

Für die Gesellschaft stellt insbesondere die Entsorgung konventioneller Baustoffe, z.B. Dämmstoffe aus Polystyrol, ein Umweltproblem mit hohen Kosten dar. Baustoff-Produkte aus Nassgrünland- und Paludikulturbiomasse können dagegen mit Hilfe von unbedenklichen Zusätzen oder ohne Zusätze produziert werden und sind damit wesentlich einfacher zu entsorgen. Daraus resultiert ein hohes Potential für eine Kreislaufwirtschaft. Nach dem Verbau und dem Ableben können die Baustoffe, beispielsweise aus Rohrkolben, größtenteils unbedenklich kompostiert oder energetisch verwertet werden (Schwemmer 2010).

Um konkurrenzfähig gegenüber herkömmlichen Produkten (z.B. Schaumglas, Glasfaser, Steinfaser, Schaumkunststoff) zu sein, müssen Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen die technischen Anforderungen gleichermaßen erfüllen. In Bezug auf die Wärmeleitfähigkeit sind ökologische Dämmstoffe mit herkömmlichen Dämmstoffen durchaus vergleichbar (Tabelle 5). Zusätzlich dürfen sie nicht wesentlich teurer sein, oder zumindest den höheren Preis rechtfertigen, z.B. in dem sie wie die Typha-Dämmplatte mehrere Funktionen erfüllen (Dämmung und Konstruktionselement) oder weitere ökologische Leistungen erbringen (Pfadenhauer und Wild 2001). Bislang fehlt die Zertifizierung von ökologischen Baustoffen aus Paludikulturbiomasse bei Rohrkolben. Wenn ein standardisierter Rohstoff und ein industrielles Herstellungsverfahren gegeben sind, ist eine Zertifizierung möglich. Momentan sind nur Zulassungen im Einzelfall vorhanden. Ein Beispiel für eine erfolgreiche Zertifizierung sind Dämmplatten aus Wiesenheu der Firma Gramitherm (Belgien), das eine europäische Zulassung ihrer auf Gräsern basierten Dämmstoffe besitzt.

Tabelle 5: Wärmeleitfähigkeit und Baustoffklasse verschiedener Dämmstoffe (A1+2 = nicht brennbar, B1 = schwerentflammbar, B2 = normalentflammbar)

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit (W pro mK)	Baustoffklasse
EPS-Dämmstoff	0,035 - 0,040 ¹	B1 ¹
Glas- und Steinwolle	0,035 - 0,045 ¹	A1-A2 ¹
Typha-Einblasdämmung	0,040 ²	B2 ²
Holzfaser-Dämmplatte	0,040 - 0,055 ³	B2 ³
Typha-Platte (Typha-Board)	0,052 - 0,055 ⁴	B1 ⁴
Schilf-Dämmplatte	0,038 - 0,055 ⁵	B2 ⁵

Gramitherm Dämmplatte aus Grasfasern	0,040 ⁶	B2 (europ. E) ⁶
--------------------------------------	--------------------	----------------------------

¹ www.waermedaemmstoffe.de, ² www.energieexperten.org, ³ www.oekologisch-bauen.de, ⁴ Produktblatt Typha - Board (Fraunhofer IBP), ⁵ www.daemmen-und-sanieren.de, ⁶ Produktblatt Dämmplatte (Gramitherm®).

Für die Herstellung von Bau- und Dämmstoffen eignet sich die im Winter geerntete Biomasse. Diese zeichnet sich u.a. durch eine geringe Feuchtigkeit aus, die für eine Lagerung und Weiterverarbeitung Voraussetzung ist. Anderenfalls muss die Biomasse nach der Ernte auf <20 % getrocknet werden. Rohrkolbenblätter bestehen zu einem hohen Anteil aus luftgefülltem Gewebe (Aerenchym), das von faserverstärktem Stützgewebe umschlossen ist. Dieses trägt dazu bei, dass Rohrkolben gute Dämmeigenschaften in Verbindung mit einer hohen Festigkeit besitzt. Aus Rohrkolben hergestellte Baustoffe können auch tragende Funktionen übernehmen. Außerdem tragen sie zu einem angenehmen Raumklima bei und sind sehr feuchtebeständig (Pfadenhauer und Wild 2001).

Die Firma Typha Technik Naturbaustoffe entwickelte zusammen mit dem Fraunhofer Institut für Bauphysik einen magnesitgebundenen, isotropen Plattenwerkstoff (Typha-Board). In einer Pilotfertigungsanlage können etwa 500 - 1.500 m³ Rohrkolben-Platte pro Jahr hergestellt werden. Um größere Mengen produzieren zu können, ist in Kooperation mit dem Unternehmen Holzwerke Bullinger (Neuruppin) geplant, eine Anlage mit einer deutlich größeren Produktionskapazität zu bauen (pers. Mitteilung A. Bullinger, 2018). Die Anlage würde sich bei einer Rohstoffbereitstellung von einer Anbaufläche ab 30 Hektar wirtschaftlich lohnen (bei Annahme einer Erntemenge von 15 t Trockenmasse (TM) pro Hektar pro Jahr). Von der Rohrkolben-Biomasse von 100 Hektar Anbaufläche könnten jährlich etwa 180.000 m³ Baustoff produziert werden, was für den Bau von ca. 1.000 Häusern (2-geschossig, 100 m² Grundfläche) ausreichen würde. Die Biomasse kann wahrscheinlich einen Preis von ca. 300 Euro pro t erzielen, was bei einem Ertrag von 10-15 t pro Hektar pro Jahr etwa 3.000-4.500 Euro pro Hektar bedeuten würde (persönl. Mitteilung S. Lamprecht 14.02.2018). Die großen Vorteile des Baustoffes z.B. für Fachwerkbauten sind zum einen die gleichen oder besseren Dämmleistungen bei dünnerer Wandkonstruktion und zum anderen die Einsparung von Arbeitsschritten, da der Einbau durch Zimmerer erfolgen kann und die Platten mit herkömmlichen Werkzeugen verarbeitet werden können (pers. Mitteilung S. Lamprecht, 14.02.2018).

Schilf kann ebenfalls als Füll- und Faserrohstoff zur Herstellung von Baustoffen verwendet werden. Es können Dämm- und Bauplatten (Kombination mit Lehmverputzung), Dämmputz (Lehmputz mit Schilffasern) und Brandschutzplatten (Mischung Häcksel mit mineralischem Binder) hergestellt werden. Für die genannten Produkte eignet sich neben der Ganzpflanze auch die Ausputzbiomasse, die bei der Produktion von Dachschilfbunden als Abfall anfällt. Aufgrund des im Vergleich zu herkömmlichen Produkten geringen spezifischen Gewichtes sind Schilfplatten leicht zu verarbeiten und weisen gleichzeitig gute Dämmeigenschaften auf (Wollert 2016).

Die Einblasdämmung aus Rohrkolben besteht aus Ganzpflanzen mit oder ohne Samenstände, die mit spezieller Technik aufgefaserst werden. Sie eignet sich für Dächer, Dach-Binder-Konstruktionen und Hohlraumwände und hat nach dem Verbau eine Rohdichte von 45-60 kg pro m³ (pers. Mitteilung A. van Weeren, 2018). Aus einem Hektar Rohrkolben-Biomasse können bei einem Ertrag von 15 t pro Hektar pro Jahr etwa 150-250 m³ Baustoff hergestellt und 3-6 Einfamilienhäuser gedämmt werden (Maddison et al. 2009; Nowotny 2016).

Das Reetdachdeckerhandwerk hat als uraltes Handwerk eine besonders hohe regionale Bedeutung in Norddeutschland. Seine weltweite Bedeutung wurde durch die Aufnahme in die Liste des immateriellen Kulturerbes bei der UNESCO bestätigt (GMC et al. 2019). Reetdächer bestehen aus dicht gepackten Schilfbündeln. Schilf ist durch seinen hohen Anteil an Silizium extrem wasserabweisend und schwer

entflammbar. Schilfhalme sind durch ihre morphologische Struktur elastisch und fest zugleich. Als Wasserpflanze zeigt Schilf auch eine natürliche Resistenz gegenüber Pilzen und Algen. Bei der Verarbeitung auf dem Dach entsteht eine Schicht aus dicht gepackten Schilfrohren, die durch ihre luftgefüllten Zwischenräume den Austausch von Wärme/Kälte verhindern. Für Dachschilf gibt es keine einheitlichen Standards. Die individuelle Qualitätseinschätzung durch Rohrwerber beruht meist auf generationenübergreifenden Erfahrungen. Üblich ist die Winterernte in Bündeln mit traditionellen Maschinen. Zu diesem Zeitpunkt haben sich die Nährstoffe rückverlagert (geringer Stickstoffgehalt = größere Haltbarkeit) und durch die Frosttrocknung ist die benötigte Feuchtigkeit von ca. 18 % in der abgestorbenen oberirdischen Biomasse erreicht. Das Ausputzen (Reinigung) der Bunde erfolgt manuell. Bei neuerer Technik ist dieser Arbeitsschritt maschinell in die Ernte integriert, wobei die Ausputzbiomasse auf dem Feld verbleibt. Bei der Werbung können je nach Produktivität des Standortes etwa 250-1000 Bunde pro Hektar geerntet werden. Dabei fallen bis zu 50 % der Biomasse als Ausputz an (Reste von Altschilf und anderen Pflanzen) (Haberl und Wichtmann 2015). Bei einer Dachdicke von 30 cm werden pro m² etwa 10-12 Bunde benötigt, d.h. mit dem Ertrag eines Hektars lassen sich etwa 100 m² Dachfläche decken (Wichmann und Köbbing 2015). Für ein mittelgroßes Dach ist die Biomasse von 3,5 Hektar ausreichend (Sommer 2016).

Der Bedarf für Dämm- und Baustoffe aus Schilf in Deutschland umfasst schätzungsweise 100.000-125.000 m³, bzw. 16.000-20.000 t. Das größte Potential liegt hierbei eher bei Schilfplatten. Das Marktpotenzial ist im Prinzip so groß wie der konventionelle Dämmstoffmarkt, der mit der Holzweichfaserplatten-Industrie verglichen werden kann (pers. Mitteilung HissReet, 2018). In diesem Bereich wurden von dem Großunternehmen STEICO für ökologische Baustoffe im Jahr 2017 etwa 164.000 t Holzfaserdämmstoffe und 51.000 t Hohlraumdämmstoffe (Holzfasereinblasdämmung) verkauft. Insgesamt wurden 2017 ca. 268.000 t Holzfaser- und Zellulose Dämmstoffe hergestellt. Dies entspricht einer Steigerung von 13,3 % im Gegensatz zum Vorjahr. Das zeigt, dass ökologische Dämmstoffe zunehmend nachgefragt werden (Aumann und Zelaskowski 2018).

In Deutschland wurden 2004 etwa 60.000 Dächer mit Schilf gedeckt, das entspricht einer Menge von 3 Mio. Bunden. Demgegenüber steht die innerdeutsche Schilfproduktion von jährlich 0,7-1 Mio. Bunden im Zeitraum von 1999-2007. Die Importrate für Dachschilf lag daher bei ca. 70-80 %. An diesem Bild hat sich bis heute wenig verändert. Der Import nimmt eher noch weiter zu. Die Nachfrage an Dachschilf sollte somit auch zukünftig stabil bleiben (Wichmann und Köbbing 2015).

2.3.2.2 Papierherstellung

Die Papierherstellung ist eine Verwertungsmöglichkeit für halmgutartige Biomasse, welche in den letzten Jahren zunehmend Aufmerksamkeit erfährt. In Nordeuropa und den USA wird bereits Rohrglanzgras erfolgreich als Rohstoff für Papier kultiviert (Köbbing 2016; Oehmke und Abel 2016). In China wurde Schilf in den vergangenen Jahrzehnten in großen Mengen in der Papierherstellung verwendet, da es durch seinen hohen Zellulosegehalt und besonders lange Fasern für kräftiges Papier und Karton gut geeignet ist. In Europa wurde die Papierherstellung aus Schilf wegen der abnehmenden Verfügbarkeit, hoher Erntekosten und zahlreicher Alternativen, größtenteils aufgegeben (Köbbing 2016).

In der Papier- und Zellstoffindustrie wird hauptsächlich Holz als Rohstoff eingesetzt. Der Anteil an Nichtholzfasern am Gesamtfasermarkt ist generell rückläufig. Das gängige chemische Aufschlussverfahren zum Herauslösen der Zellwandkomponenten Lignin und Zellulose ist sehr umweltschädlich (Köbbing 2016; Wabner et al. 1986). Deshalb wurden die alternativen Verfahren Organosolv bzw. Alcell entwickelt, bei denen ökologisch unbedenklicher Alkohol als Lösungsmittel eingesetzt wird. Es eignet sich um holzfreie Biomasse in die einzelnen Komponenten aufzulösen. Der hergestellte Zellstoff bildet ein sehr weiches, blickdichtes Papier, welches auch zum Bedrucken geeignet ist (Zhao et al. 2009). Es

ist auch möglich Grasfaserpellets herzustellen, die als alternativer Rohstoff in der Papierindustrie eingesetzt werden können. Damit wird der Einsatz von primären Zellulose-Fasern minimiert. Die Firma CREApaper GmbH (Hennef, Deutschland) testete für den Papiermarkt bereits ein solches Verfahren. In der deutschen Papierindustrie werden 76 % Altpapier (17,1 Mio. t) genutzt, der Zellulose-Anteil beträgt 20 % (4,6 Mio. t) (FNR 2019).

2.3.2.3 Biokohle

Für die Produktion von Biokohle gibt es zwei Verfahren, bei denen jeweils mehrere Produkte entstehen. Bei der pyrolytischen Verkohlung fallen neben Biokohle zusätzlich Synthesegas und Wärme an. Die Biokohle kann zur Verbesserung der Fruchtbarkeit und Wasserspeicherkapazität des Bodens und als Aktivkohle verwendet werden. Ein weiteres Verfahren ist die hydrothermale Carbonisierung von Biomasse, bei der neben Biokohle zusätzlich flüssige und gasförmige Kohlenstoffverbindungen produziert werden. Die Herstellung der Biokohle kann u.a. aus Landschaftspflegematerial, Holzhackschnitzel oder auch Paludikulturbiomasse erfolgen (vgl. Wachendorf et al. o.J.). Zur Bodenverbesserung eignet sich Biokohle aus Paludikulturen allerdings nur bedingt (Burgstaler und Wiedow 2016). Die Kaskadennutzung nimmt in der hydrothermalen Carbonisierung eine Schlüsselrolle ein, da sie mit der Biogasproduktion und der Verwertung von Prozesswässern oder Gärresten als weiteren Einsatzstoff gekoppelt werden kann. Einen Überblick über Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Biokohle geben Quicker und Weber (2016).

Durch die Herstellung von Biokohle können potenziell Entsorgungskosten anfallenden Landschaftspflegematerials kompensiert werden, Biokohle aus Paludikulturbiomasse eignet sich allerdings weniger, um Braunkohle oder andere fossile Brennstoffe zu substituieren. Hierfür sind die herstellbaren Mengen und die Energieausbeute gegenüber der für die Herstellung benötigten Energie nicht ausreichend (Reza et al. 2014).

2.3.2.4 Biokunststoffe

Die Herstellung von biobasierten, pflanzenfaserverstärkten Kunststoffen und Verbundwerkstoffen, die eine hohe Stabilität aufweisen und größtenteils biologisch abbaubar sind, stellt einen vielversprechenden Ansatz dar. Die Anwendungsbereiche sind vielfältig (Automobilbau, Verpackungen, Hygieneartikel, medizinische Artikel, Baustoffe, usw.). Weltweit werden etwa 2,1 Mio. t Bioplastik produziert. Diese findet in der Verpackungsindustrie bisher die größte Anwendung. Im Bereich des Kunststoffersatzes gibt es ein großes Potential für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe, die Produktionsverfahren sind allerdings noch im Aufbau (BIOÖKONOMIE.DE 2019).

Für die Herstellung von Biokunststoff aus Biopolymeren verwendet die Firma Biowert Industrie GmbH Gras mit einem hohen Alpha-Zellulose-Gehalt und einem geringen Anteil Lignin. Die Biomasse stammt von extensiv genutzten Vertragsnaturschutzflächen und muss vor der Blüte geerntet werden, da sonst die Zellulose verhornt. Sie wird frisch und in loser Form zum Produktionsstandort des Unternehmens geliefert und dort siliert, bevor sie weiterverarbeitet wird (Orthen 2016).

2.3.2.5 Biokraftstoffe

Bioethanol wird aus pflanzlichen Rohstoffen hergestellt und kann als Alternative oder Additiv zu fossilem Kraftstoff verwendet werden. Für die im Untersuchungsgebiet vorhandene Biomasse kommt die Herstellung von Lignozellulose-Ethanol in Frage, die sich allerdings noch im Entwicklungsstadium befindet (Wiedow und Müller 2016). Vorteilhaft ist hierbei, dass Bioethanol aus Rohstoffen gewonnen wird, die keinen Einfluss auf die Lebensmittelkette haben, wie etwa Rohrkolben – der eine vielversprechende Pflanze als Rohstofflieferant für die Bioethanolproduktion sein kann (Rebaque et al. 2017).

In einer Demonstrationsanlage in Bayern (Clariant) wird Zellulose-Ethanol über das patentierte Sunliquid®-Verfahren aus lignozellulosehaltigen Agrar-Reststoffen, Weizenstroh, Maisstroh und Bagasse hergestellt. Der Test weiterer Rohstoffe ist geplant. Am Karlsruher Institut für Technologie werden in einer Pilotanlage verfahrenstechnische Prozessketten des bioliq®-Verfahrens realisiert. Aus trockener Restbiomasse (<15 % Wasser, auch Biomasse mit hohem Aschegehalt) werden dabei z.B. maßgeschneiderte Kraftstoffe hergestellt. Das Augenmerk liegt auf der Bestimmung von Massen- und Energiebilanzen, dem Erlernen der Betriebsweise und dem Nachweis der Praxistauglichkeit. Der Preis für einen Liter Bioliq-Bioethanol (1 Euro) ist doppelt so hoch wie für einen Liter Kraftstoff aus Erdöl, da die Biomasse als Ausgangsprodukt einen deutlich niedrigeren Energiegehalt aufweist. Mit dem biolog®-Verfahren lässt sich aus ca. 10 kg Biomasse 1 kg Kraftstoff herstellen. Informationen dazu finden sich auf www.bioliq.de.

2.3.2.6 Pflanzenschutzmittel

Der Pollen der Rohrkolben-Blüten kann als Nahrungsquelle für Nützlinge im ökologischen Pflanzenschutz dienen (Nomikou et al. 2002). Unternehmen, die solche Nützlinge züchten, sind Biobest Group NV aus Belgien und Koppert Biological Systems aus Deutschland. Die Pollenernte kann zusätzlich zu der Ernte der übrigen Rohrkolben-Biomasse durchgeführt werden. Für die Ernte werden ausschließlich die männlichen Blütenstände vom Rest der Pflanze abgetrennt. Da sich diese endständig an der Pflanze befinden, resultiert hieraus kein weiterer Biomasseverlust durch Verschnitt. Der Pollen muss nach der Ernte getrocknet, gesiebt und eingefroren werden, um verkaufsbereit zu sein. Bisher existiert keine maschinelle Erntetechnik. Der bisher genutzte Rohrkolben-Pollen wird bisher aus dem Ausland importiert und weist häufig unterschiedliche Qualitäten auf, was durch einen geregelten Anbau in Paludikultur vermieden werden könnte. Erste Untersuchungen zeigen eine Flächenproduktivität von 3-8 kg Rohrkolben-Pollen pro Hektar und es kann ein Verkaufspreis von 300 Euro pro kg erzielt werden (pers. Mitteilung A. van Weeren, 2018). Der Markt für die Anwendung im ökologischen Pflanzenschutz ist potenziell groß, bisher werden vergleichbare Produkte chemisch hergestellt.

2.3.2.7 Gartenbausubstrate aus der Torfmooskultivierung

Derzeit ist Torf der wichtigste Ausgangsstoff für die Herstellung von Gartenbau-Substraten, was erheblich zur Zerstörung der Moore und zur Klimabelastung beiträgt. Alternativ kann auf wiedervernässten Hochmoorflächen angebautes Torfmoos als Ersatzstoff eingesetzt werden (Gaudig et al. 2014), siehe auch Kapitel 2.2.1.4. Torfmoos-Biomasse ähnelt Torf in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften und wurde in Praxisversuchen im Erwerbsgartenbau bereits erfolgreich getestet (Gaudig et al. 2018). Sie eignet sich durch ihre hohe Wasserspeicherkapazität und Durchlüftungsrate auch für spezielle Anwendungen wie die Anzucht von Orchideen (Wichmann et al. 2020). Zur Herstellung von Torfmoossubstrat wird frisch aufgewachsene Biomasse oberflächlich abgeschnitten, getrocknet und gepresst. Dies gewährleistet ein schnelles Nachwachsen des Torfmooses (Kumar 2017).

Die Torfindustrie in Europa verarbeitet jährlich 32 Mio. m³ Torf (Blievernicht et al. 2011). Mit einer Produktion von Torfmoos-Biomasse auf 40.000 Hektar könnte bei einer konservativ geschätzten Produktion von 75 m³ pro Hektar und Jahr der Gesamtbedarf in Deutschland von etwa 3 Mio m³ Weißtorf ersetzt werden. Der Weißtorf wird momentan mit rd. 25 EUR pro m³ ab Hafen in Deutschland verhandelt (Wichmann et al. 2020).

2.3.2.8 Medizinale Anwendung von Sonnentau

Einige Feuchtgebietspflanzen eignen sich als Lebensmittel oder zur Herstellung von Arzneimitteln und werden in handelsüblichen Präparaten eingesetzt. Sie weisen ein gutes Potential zur wirtschaftlichen Nutzung auf, auch wenn in vielen Fällen neue Anbauverfahren entwickelt und erprobt werden müssen

(Abel 2016). Der rundblättrige Sonnentau (*Drosera rotundifolia*) wächst in nassen Hochmooren. Er wird zur Behandlung von Atemwegserkrankungen (Krampf-, Keuch- und Reizhusten, Asthma, Bronchitis) eingesetzt, da die Inhaltsstoffe antibiotisch, krampflösend, entzündungshemmend, sekretlösend und reizlindernd wirken. Sonnentau ist Bestandteil von 200-300 registrierten Arzneimitteln in Europa, zumeist von Hustenmitteln (Baranyai und Joosten 2016). Die anspruchsvolle Kultivierung der Pflanzen ist als Anbau auf Torfmoosrasen als Paludikultur möglich. Der Anbau bietet Abnehmern Beschaffungssicherheit und eine hohe Qualität der Ware. Das Unternehmen PaludiMed GmbH hat 2018 eine Hochmoorfläche (6,5 Hektar) in Nordwestmecklenburg für den Anbau von Sonnentau eingerichtet, 2019 wurde Sonnentau gesät (Zoubek 2019). Mögliche Sonnentau-Produkte sind Medizin aus Sonnentau-Extrakt und Sonnentau-Tinktur, Kräuter-Tee und Bonbons. Weitere sind medizinische und kosmetische Pflege-Produkte (Creme oder Spray für Wundbehandlung) und „Functional food“ (Sonnentau-Käse, Sonnentau-Bier).

Die Versorgung der Pharmaindustrie aus Sonnentau-Wildsammlungen (etwa 95 %) ist langfristig gefährdet, da das Sammeln in Europa nur noch in Finnland gestattet ist und der Artenschutz dies in Zukunft auch dort unterbinden könnte. Jährlich werden etwa 1-3 t Sonnentau-Rohstoff aus der Natur entnommen und auf dem europäischen Markt der Arzneimittelpflanzen vermarktet (Baranyai und Joosten 2016). Aus 1 kg Rohmaterial aus der Wildsammlung, das mit 164 – 1.000 EUR pro kg gehandelt wird, können 10 Liter Urtinktur hergestellt werden, die einen Verkaufspreis von 265 Euro pro Liter erzielen (im Jahr 2019, pers. Mitteilung B. Baranyai, 4/2020).

3 Charakterisierung des Untersuchungsgebiets

3.1 Flächenkulisse des Untersuchungsgebietes

Für das Untersuchungsgebiet werden drei Fragestellungen untersucht, für die unterschiedliche Flächen- bzw. räumliche Kulissen betrachtet werden.

- Die naturschutzrechtlich geschützten Moorflächen, die Nutzungsaufgaben unterliegen und im Vergleich zu einem großen Flächenanteil des Teufelsmoores / Hammeniederung höhere Wasserstände aufweisen, stellen die Kulisse für das aktuelle Biomasseaufkommen dar, für welches neue *Verwertungsoptionen* jenseits der Milchviehnutzung gesucht werden.
- Die gesamte Flächenkulisse der kohlenstoffreichen Böden im Teufelsmoor/ Hammeniederung im Landkreis Osterholz wird hinsichtlich ihrer aktuellen Nutzung, Emissionsbilanz und Nutzungsanpassung hin zu einer *klimafreundlichen Bewirtschaftung* betrachtet.
- Für die Möglichkeiten neuer *Verwertungswege* wird die Leader-Region Kulturlandschaften Osterholz und das weitere Umland über die Kulisse der organischen Böden hinaus berücksichtigt.

3.2 Wasserbilanz

Das biota-Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH wurde im Rahmen des Unterauftrags „Wasserbilanz und Flächeneignung“ 2019 beauftragt, den Gebietswasserhaushalt im Teufelsmoor darzustellen. Außerdem sollten Flächen, auf denen die Anhebung des Wasserstands möglich ist, ermittelt werden (s. Kapitel 4.1.). Hierbei hat die Michael Succow Stiftung einen Teil der im ursprünglichen Angebot zur Vergabe an biota geplanten Aufgaben selbst ausgeführt. Die Beschreibung der Vorgehensweise, eingeflossene Daten und vollständigen Ergebnisse befinden sich im Anhang. Im Folgenden werden zentrale Aspekte zur Bestimmung des Wasserhaushaltes im Teufelsmoor wiedergegeben. Der Wasserhaushalt des Gebietes ist von verschiedenen Faktoren bestimmt, u.a. von Niederschlag (Abbildung 1), Verdunstung (Abbildung 4), Abfluss (Abbildung 5), die wiederum beeinflusst werden von der Substratart, Art der Landnutzung (Abbildung 11), Grad der Bodenversiegelung, Hangneigung und Maßnahmen der Flächenentwässerung (Eberts et al. 2020). Um die reale Wasserverfügbarkeit für Wasserstandsanehebungen abzuschätzen, wurden auch die Gesamtabflussmengen während des Sommers (Abbildung 6) und in einem Trockenjahr (Abbildung 7) ermittelt.

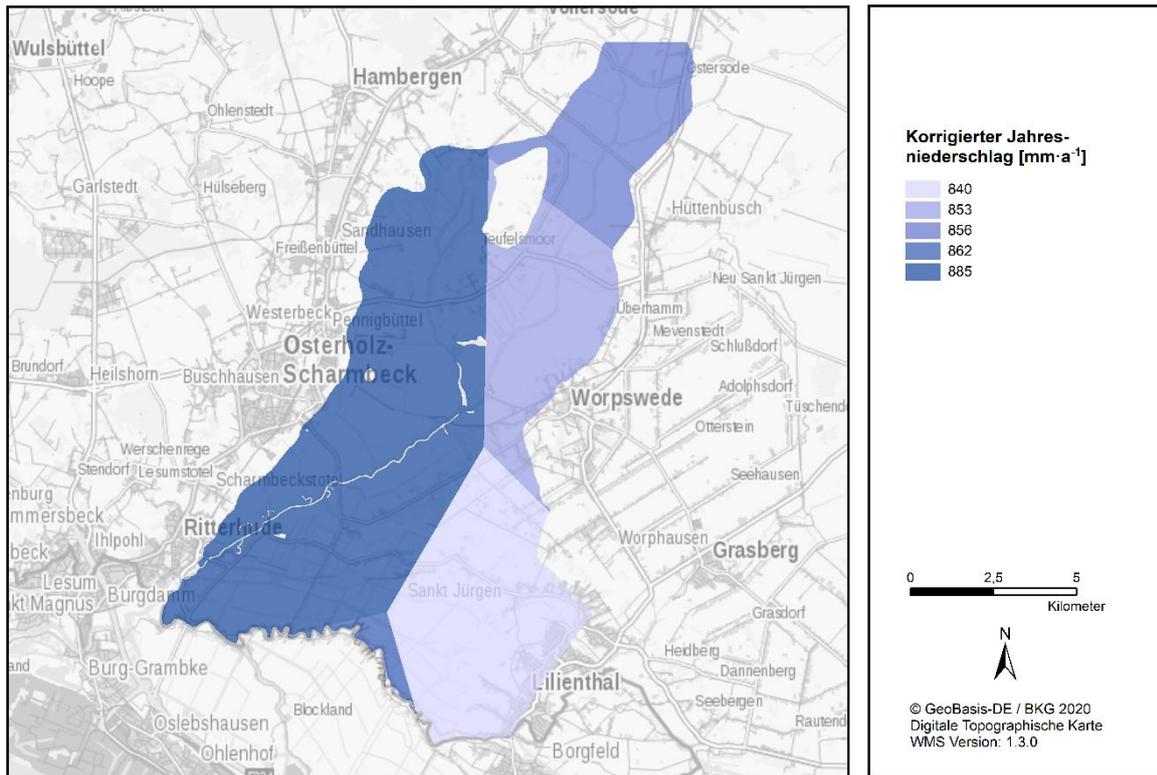


Abbildung 1: Mittlerer korrigierter Jahresniederschlag für die Dekaden 1981-2010 im Teufelsmoor-Gebiet (Quellen: DWD (2016), Spekat et al. (2007), Enke et al. (2006)).

Abbildung 2 stellt den Wasserstand in Abhängigkeit von der Geländeoberfläche dar. Hierfür wurden der Wasserstand in den Entwässerungsgräben des Digitalen Gelände-Modell (DGM) von 2016 herangezogen sowie Pegeldata der Flüsse Hamme und Wümme. Auf der gleichen Datengrundlage wurden in Abbildung 3 die absoluten Höhen der im Gebiet vorhandenen Gewässer dargestellt.

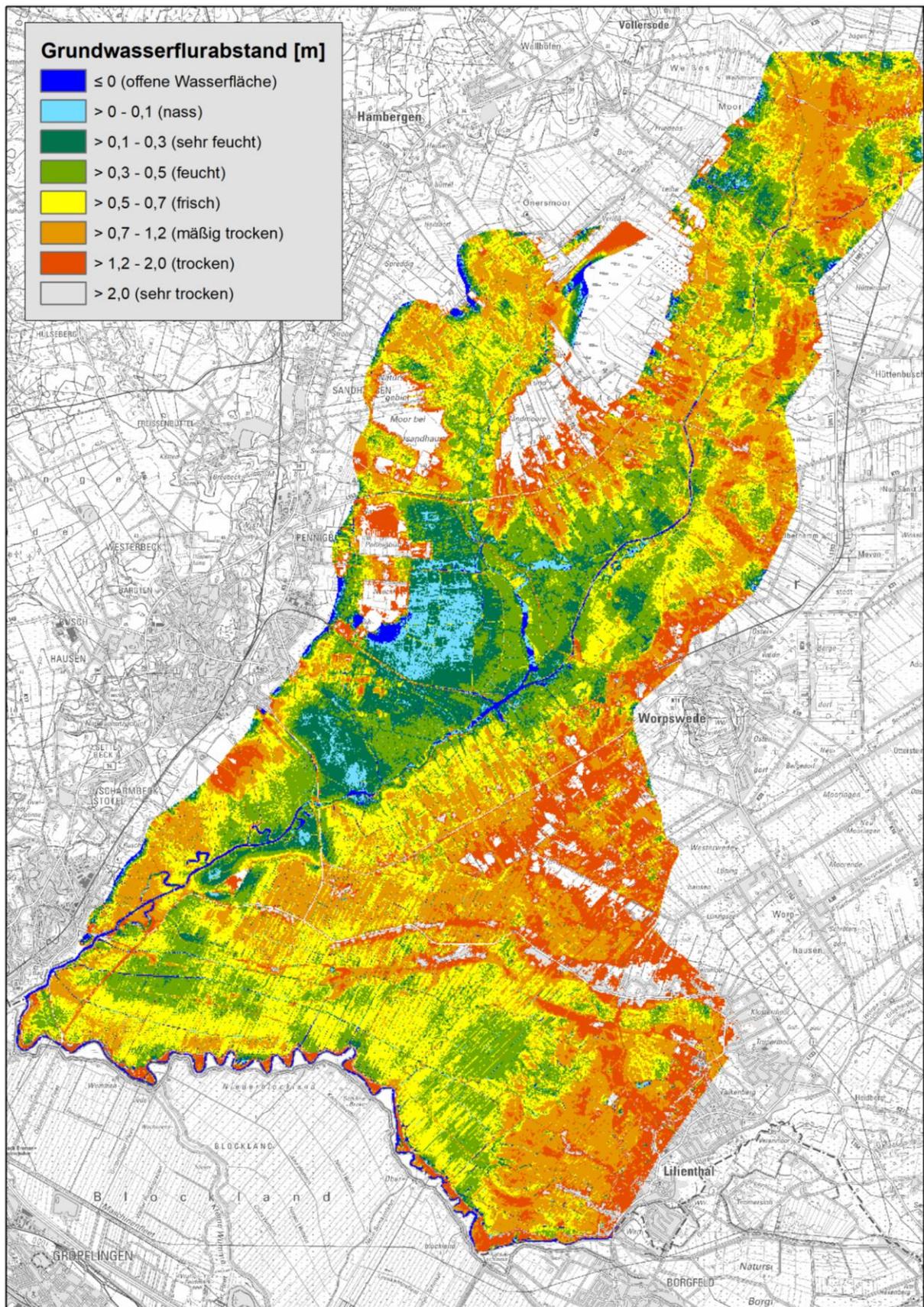


Abbildung 2: Darstellung des Grundwasserflurabstandes im Teufelsmoor / Hammeniederung und St. Jürgenland. Quellen: Auszug aus den Geobasisdaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, © Jahr2016; <https://www.pegelonline.wsv.de> (Eberts et al. 2020).

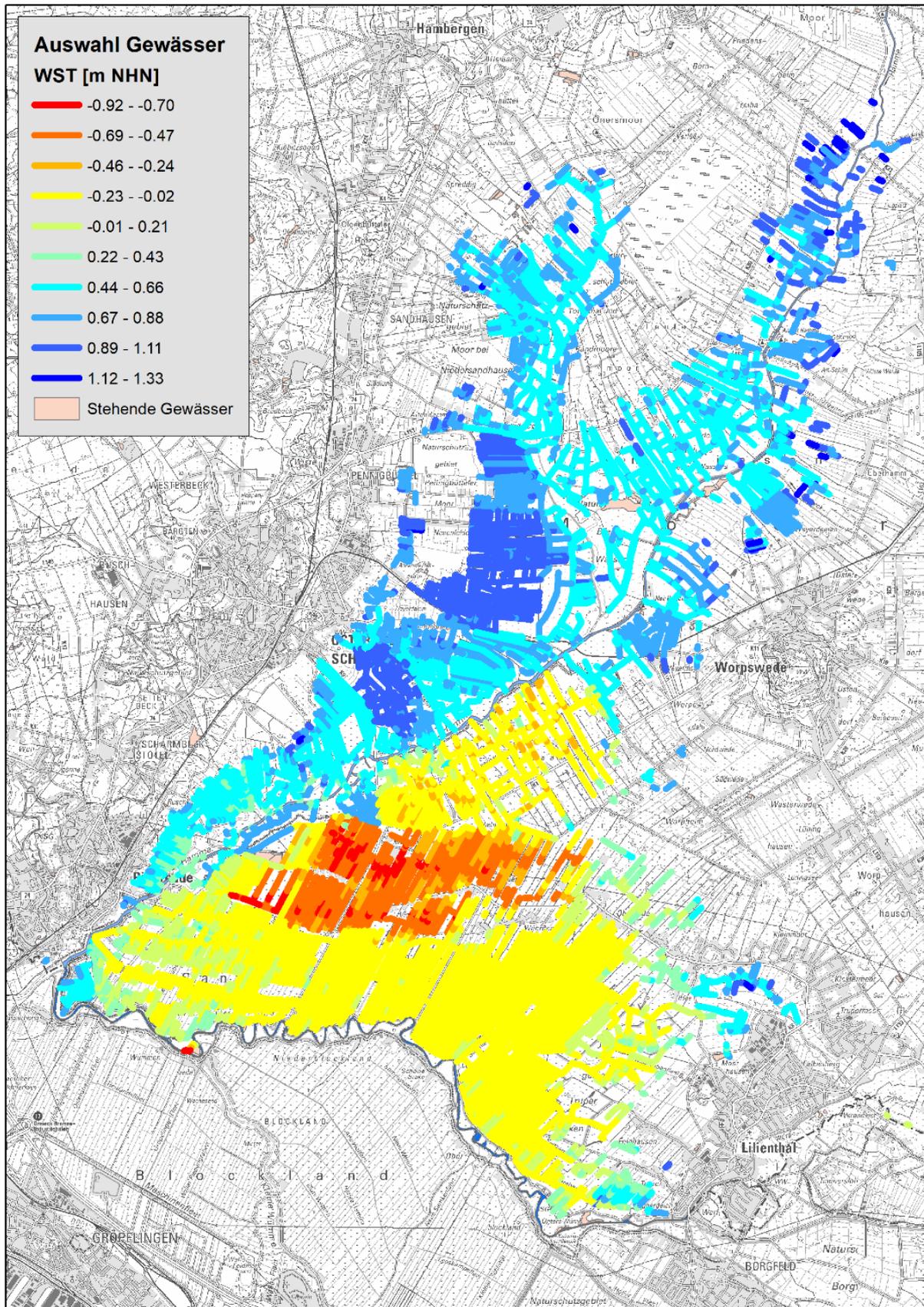


Abbildung 3: Darstellung der absoluten Gewässer-Wasserstände (m.ü. NHN). Quellen: Auszug aus den Geobasisdaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, © Jahr2016; <https://www.pegelonline.wsv.de> (Eberts et al. 2020).

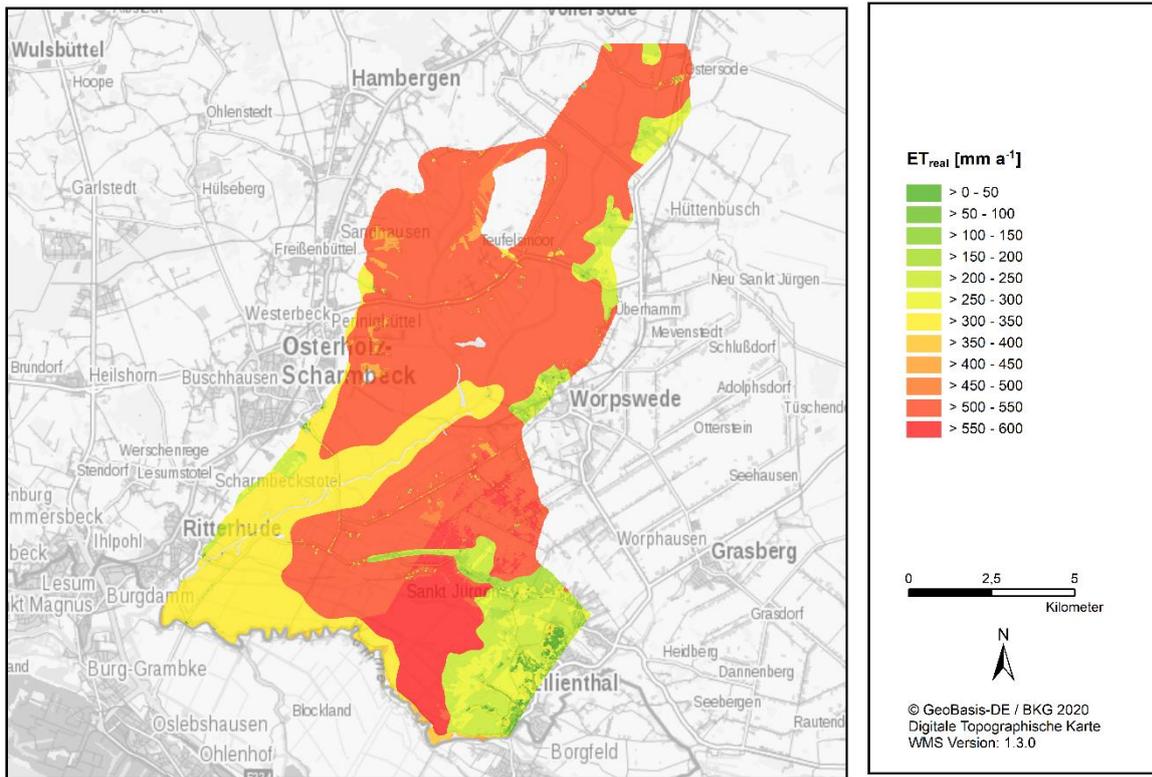


Abbildung 4: Mittlere jährliche reale Verdunstungshöhe mit Berücksichtigung der Dränabflüsse für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand).

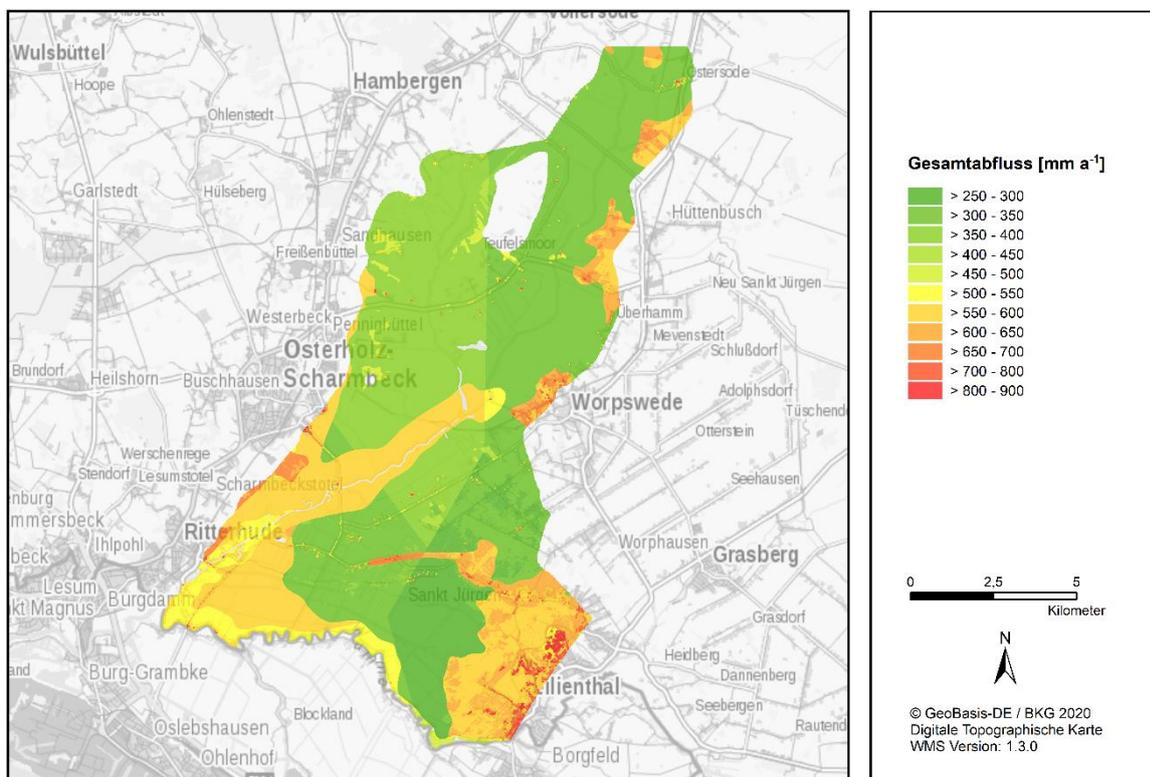


Abbildung 5: Mittlere jährliche Gesamtabflusshöhe mit Berücksichtigung der Dränabfluss für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand).

Für die Einschätzung der Flächen hinsichtlich der Wasserstandsanhhebung ist die Bilanz des Gesamtabflusses maßgeblich. Da für das gesamte Untersuchungsgebiet in einem Normaljahr ausreichend Abfluss zur Verfügung steht (Abbildung 5), um durch Maßnahmen eine Anhebung der Wasserstände zu erreichen, ist als Abschätzung der Flächeneignung der Gesamtabfluss im Sommerhalbjahr eines Trockenjahres von Bedeutung. Dafür wurde in der Bilanz der Niederschlag im Sommerhalbjahr um 25% reduziert (Abbildung 7) (Eberts et al. 2020). Je größer das sommerliche Defizit ist (grüne Bereiche in Abbildung 7), desto schwieriger wird es, hohe Zielwasserstände zu erreichen.

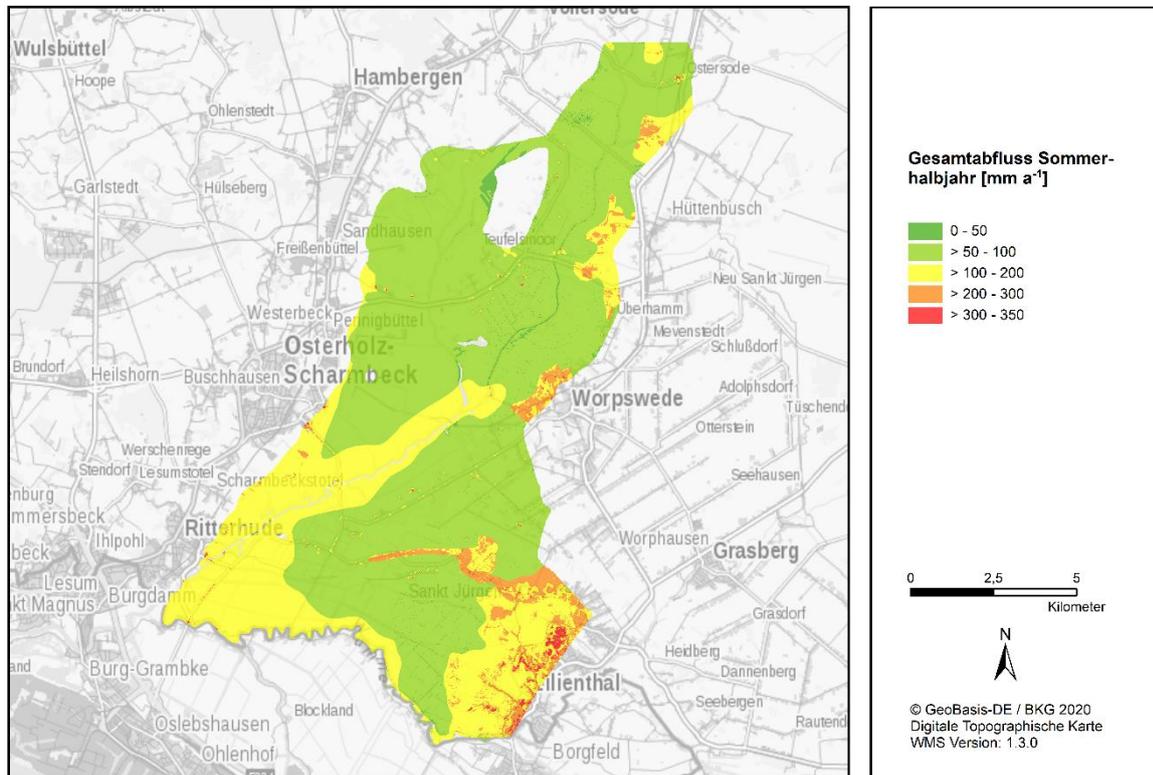


Abbildung 6: Mittlere sommerliche Gesamtabflusshöhe mit Berücksichtigung der Dränabflüsse für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand).

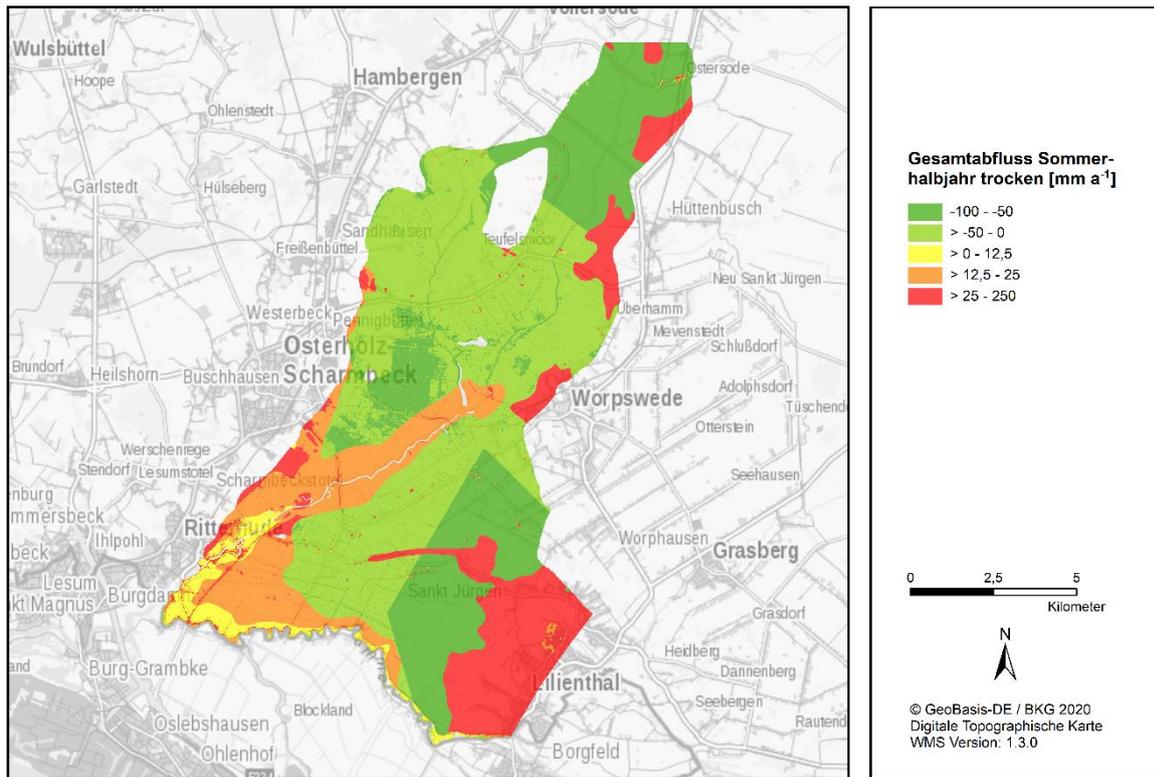


Abbildung 7: Mittlere sommerliche Gesamtabflusshöhe im Trockenjahr mit Berücksichtigung der Dränabflüsse für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand).

3.3 Naturschutzrechtliche Einordnung

Ca. 30 % der landwirtschaftlichen Fläche in der Region Osterholz wird von Schutzgebieten eingenommen. Diese befinden sich überwiegend auf den organischen Böden. Die größten Schutzgebiete sind die Naturschutzgebiete Hammeniederung und Teufelsmoor, umgeben von den Landschaftsschutzgebieten Beekniederung, Hammeniederung und Teufelsmoor, welche alle zusammen das gleichnamige SPA-Vogelschutzgebiet Hammeniederung (VSG 35, Abbildung 8) und große Teile des FFH-Gebietes. "Untere Wümmeniederung, untere Hammeniederung mit Teufelsmoor" einschließen (FFH Gebiet 035). Insgesamt sind 14 verschiedene Naturschutzgebiete in der Region ausgewiesen (Stand Februar 2020). Mit den Schutzgebietsverordnungen bzw. der neuen Sammelverordnung im Bereich Hammeniederung und Teufelsmoor unterliegen viele Flächen Nutzungsaufgaben, u.a. hinsichtlich dem Zeitpunkt für die erste Mahd (Landkreis Osterholz 2020) (Abbildung 9).

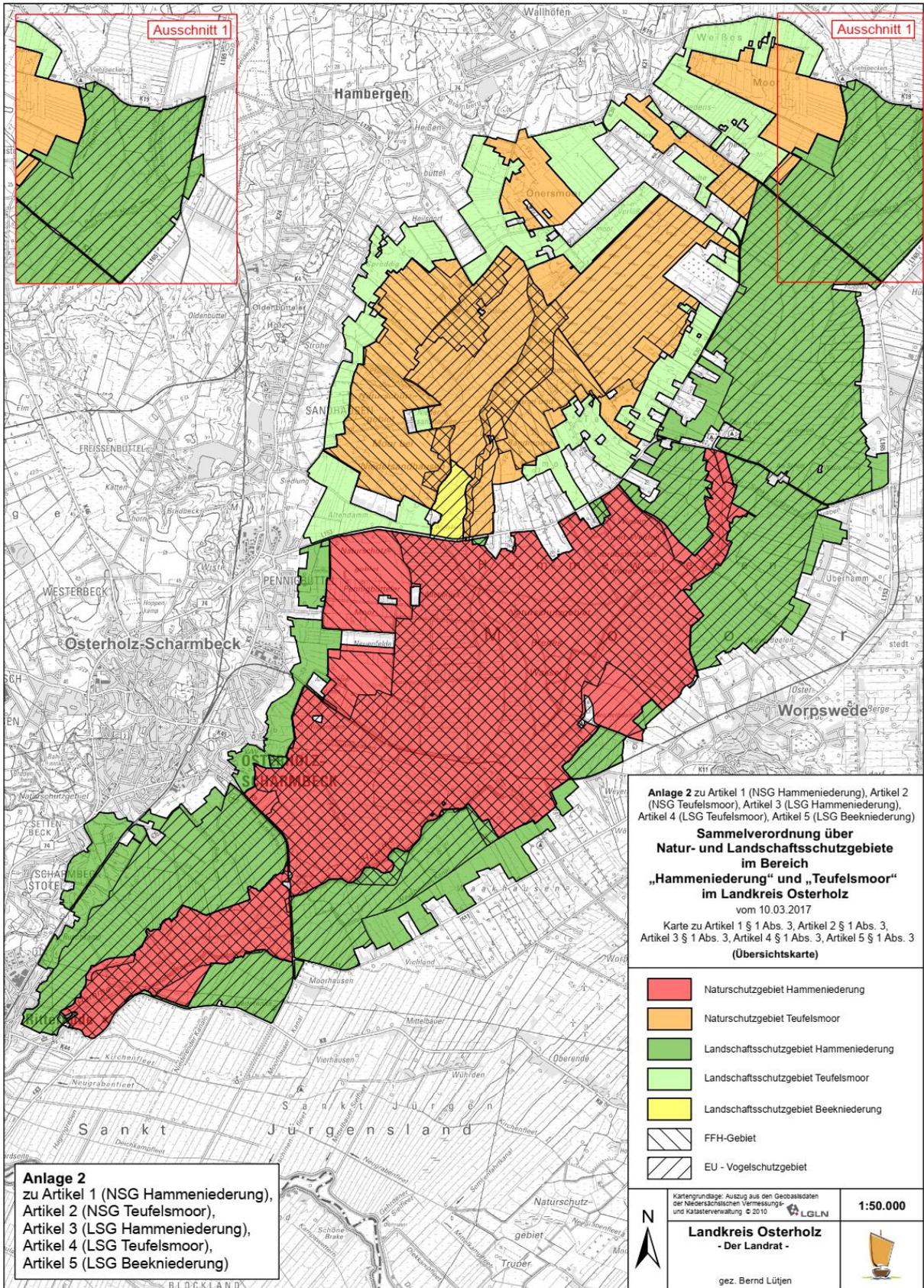


Abbildung 8: Natur- und Landschaftsschutzgebiete im Teufelsmoor (Landkreis Osterholz 2020)



Abbildung 9: Auszug aus Landkreis Osterholz (2020)- Flurstücksspezifische Vorgaben für die erste Mahd 2020 (Teilflächige Differenzierungen nicht dargestellt).

Die größte Fläche an geschützten Biotopen sind innerhalb der Naturschutzgebiete Hammeniederung und Teufelsmoor in unmittelbarer Nähe zu Osterholz-Scharmbeck anzutreffen, jedoch auch außerhalb von Schutzgebieten zu finden. Hierbei handelt es sich meist um Grünland, aber auch um gehölzfreie Biotope der Sümpfe und Niedermoore, die innerhalb der Grünlandflächen in Senken liegen oder am Hammeufer. Auch Flächen der Hoch- und Übergangsmoore sind als geschützte Biotope dokumentiert.

Fast das gesamte Untersuchungsgebiet Teufelsmoor ist in der Kulisse des Niedersächsischen Moorschutzprogrammes erfasst. Darin werden u.a. die Ziele ausgegeben, die Stoffspeicherfunktion von Mooren und kohlenstoffreichen Böden zu erhalten und wiederherzustellen, degenerierte Moore zu revitalisieren, sowie ein naturnahes Wasserregime wiederherzustellen und die Nutzung in den Mooren auf moorschonende Bewirtschaftungsverfahren auszurichten. Zur Verminderung negativer Folgen des Klimawandels sollte der Landschaftswasserhaushalt optimiert werden, um ausreichend hohe Wasserstände im Sommerhalbjahr zu ermöglichen (MU 2016).

Als Moorschutz-Maßnahmenoptionen auf landwirtschaftlich genutzten Hoch- und Niedermooren benennt MU (2016) u.a. die Umwandlung von Acker in Grünland, eine standortspezifische Optimierung des Wassermanagements und den Einsatz darauf abgestimmter Technik, eine angepasste Düngung, die standortgerechte Grünlandpflege und –erneuerung sowie die Anlage von Paludikulturen. Die Schutzgebietsverordnungen geben als Sicherungsinstrumente für die Umsetzung der FFH- und der Vogelschutzrichtlinie vor, dass große Flächenanteile weiterhin als Feucht- und Nassgrünland offen zu halten sind. Andere Biotoptypen können auch weiterhin nicht landwirtschaftlich genutzt oder ihre Nutzung nicht in eine andere Kulturform umgewandelt werden. Die Sicherung großräumiger offener Habitate für Wiesenbrüter und Rastvögel ist damit ebenfalls verbunden.

3.4 Raumordnungsplanung

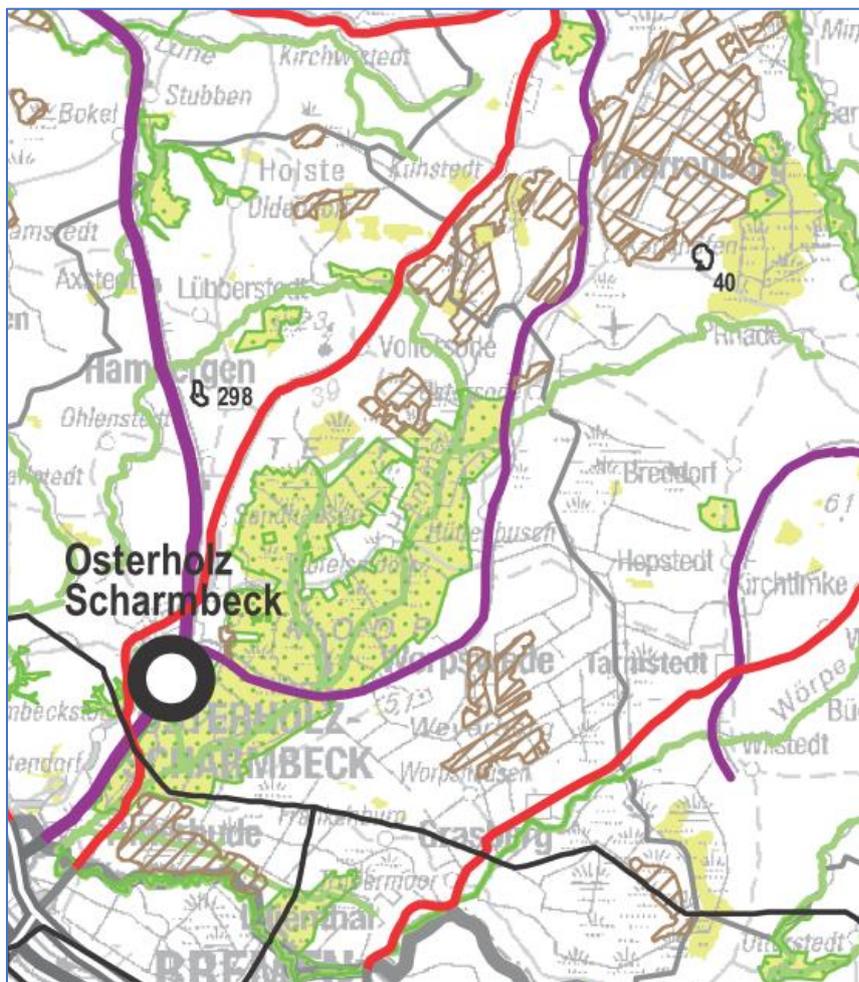


Abbildung 10: Auszug aus der Neufassung des Landesraumordnungsprogramms 2017, Anlage 2 (ML 2017) - im Untersuchungsgebiet liegen raumordnerische Vorranggebiete Torferhalt (braun schraffiert), Biotopverbund (flächig gelb), Natura 2000 (grün gepunktet).

Die Neufassung des niedersächsischen Landesraumordnungsprogrammes 2017 definiert im Untersuchungsgebiet die Vorranggebiete Torferhalt, Biotopverbund und Natura 2000 (ML 2017) (Abbildung 10). Vorranggebiete sind Gebiete, die für bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen sind und andere raumbedeutsame Nutzungen in diesem Gebiet ausschließen, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen oder Nutzungen nicht vereinbar sind (§7 Abs. 3 Satz 2 Nr. 1 ROG). In Vorranggebieten Torferhaltung ist der bestehende Torfkörper als Kohlenstoffspeicher zu erhalten und nachhaltige, klimaschonende Nutzungen zu fördern. Die landwirtschaftliche Nutzung von entwässerten Moorböden ist darin möglich, sofern sie die Torfzehrung nicht wesentlich beschleunigt (ML 2017).

2019 leitete der Landkreis Osterholz die Neuaufstellung des Regionalen Raumordnungsprogrammes ein, um unter anderem die Vorranggebiete Torferhalt und Biotopverbund im Planungsgebiet in das Regionale Raumordnungsprogramm zu übernehmen und zu konkretisieren (Landkreis Osterholz 2019).

3.5 Nutzungsverhältnisse und betriebliche Strukturen

Die landwirtschaftliche Landnutzung des Teufelsmoores wird durch Grünland dominiert, Acker und Mischblöcke sind weitere wichtige Nutzungsformen. Tabelle 6 zeigt die Landwirtschaftsfläche in Hektar nach InVeKoS-Daten, Abbildung 11 die räumliche Verteilung. Der Anteil der Ackerflächen liegt im

gesamten Landkreis Osterholz bei ca. 33 %. Diese Flächen liegen zum weit überwiegenden Teil außerhalb der Moore, sodass im Teilbereich der hydrologischen Untersuchung nur knapp 7 % ackerbaulich genutzt werden. Die Ackerflächen liegen fast ausschließlich östlich der Hamme (Abbildung 11). Im Blockland wird fast ausschließlich Grünlandwirtschaft betrieben.

In geringerem Umfang gibt es Dauerkulturen und sonstiges (Tabelle 6). Über die Hälfte der Dauerkulturflächen im Landkreis Osterholz befindet sich in der Hammeniederung, macht jedoch auch dort prozentual einen sehr geringen Anteil aus.

Tabelle 6: Landwirtschaftsfläche nach InVeKoS-Daten im Antragsjahr 2019 in Hektar. „Sonstiges“ inklusive Aufforstung und nicht beihilfefähiger Flächen.

Region	Acker	Grünland	Mischblock⁹	Dauerkultur	Sonstiges
Landkreis Osterholz	13185	24730	2337	58	29
Gebiet der hydrologischen Untersuchung	705	9423	265	38	
Blockland	3	2373			

⁹ Feldblock, der sowohl Acker- als auch Grünlandflächen beinhaltet

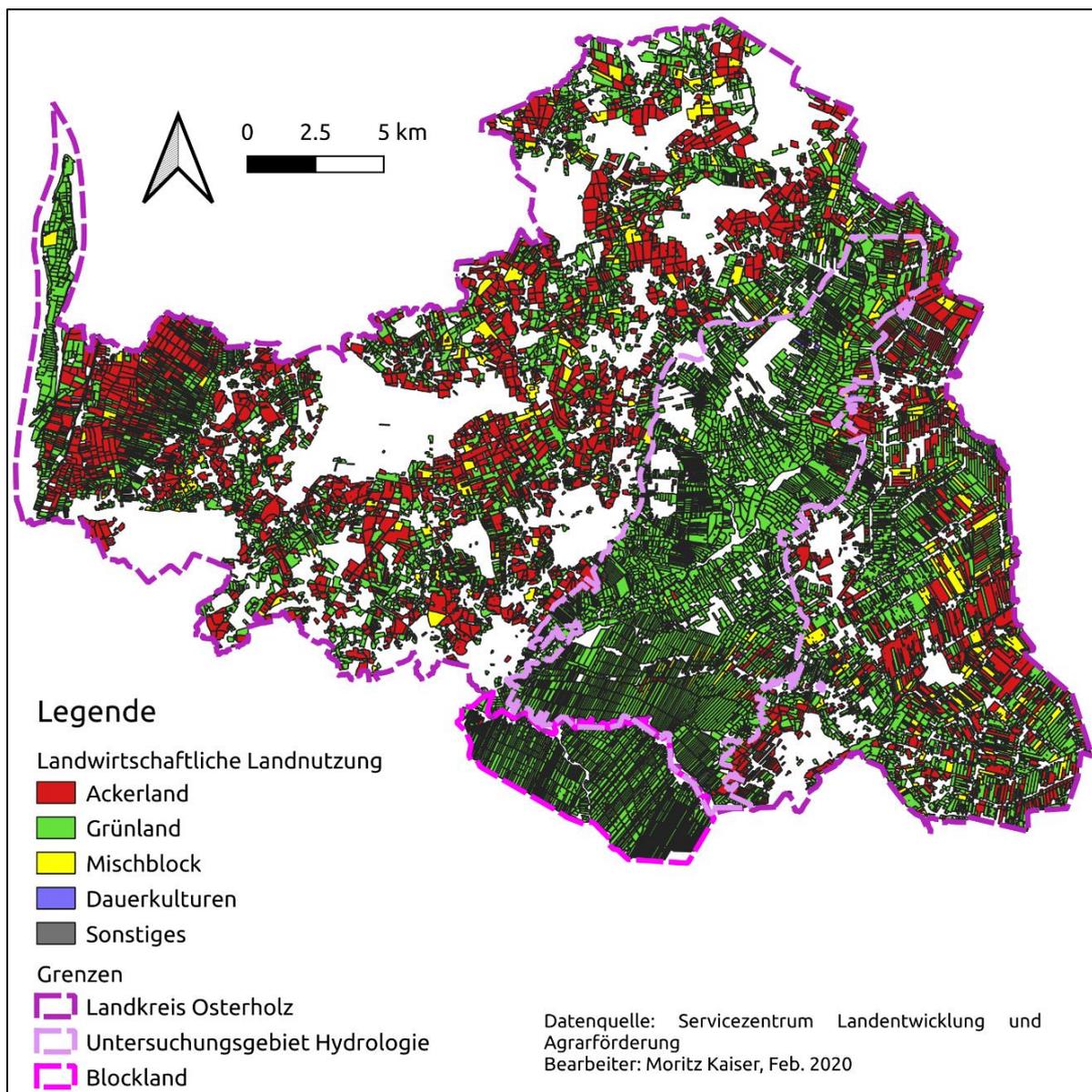


Abbildung 11: Karte der landwirtschaftlichen Landnutzung in der Leader-Region Kulturlandschaften Osterholz.

Die überwiegenden regionaltypischen Bewirtschaftungsstrukturen im gesamten Teufelsmoor sind Milchviehbetriebe mit Ackerfutterbau oder als reine Grünlandbetriebe (Edebohls 2019). Im Sommer 2019 fand im Rahmen der Machbarkeitsstudie eine Befragung von fünf Landwirten statt, die in den Natur- und Landschaftsschutzgebieten der Hammeniederung und des Teufelsmoores wirtschafteten. Dort ergibt sich ein anderes, jedoch nicht repräsentatives Bild, das jedoch für die Betriebe im Arbeitskreis Aufwuchsverwertung hohe Relevanz hat. Alle befragten Betriebe haben in den letzten Jahren (bzw. zum Teil schon vor längerer Zeit) von Milchvieh auf Mutterkuhhaltung und Färsen-/ Bullenmast umgestellt, da auf den bewirtschafteten Schutzgebietsflächen keine ausreichenden Futterqualitäten für die Milcherzeugung gewonnen werden können. Die Betriebsflächen befinden sich bei mehreren befragten Betrieben im Eigentum, teilweise sind Flächen von privat und vom Landkreis (dazu) gepachtet. Zum Teil findet Weidehaltung statt (Mai-November). Die Pacht und Bewirtschaftung von Landkreis-eigenen Flächen in den Schutzgebieten (vgl. Abbildung 12) wird von mehreren Befragten als aufwendige Landschaftspflege angesehen, wofür die Landwirte eher bezahlt werden wollen, als dass sie dem Landkreis eine Pacht leisten. Gründe dafür sind die zeit- und energieaufwendige Bewirtschaftung

aufgrund der höheren Wasserstände, naturschutzrechtliche Nutzungsaufgaben (vgl. Abbildung 9), sowie die geringe Futterqualität der Aufwüchse.

Der Aufwuchs wird je nach Schnitt als Heu oder Silage geerntet und im eigenen Betrieb verfüttert, sofern die Futterqualität ausreichend ist. Mehrere Betriebe vermarkten ihr Heu an Pferdehalter im Umkreis, die jedoch konkrete Ansprüche an die Heuqualität haben, welche ggf. nicht oder unzureichend gegeben ist. Nicht als Futter geeignetes Heu wird als Einstreu im eigenen Betrieb verwertet oder z.T. als Einstreu an Pferdehalter und in die Sauenhaltung verkauft. Mehrere Befragten sind offen bzw. wünschen sich alternative Verwertungen des Aufwuchses. Je nach Schutzgebiets-Auflagen dürfen geringe bis keine Düngemengen ausgebracht werden, mit Inkrafttreten der neuen Sammelverordnung ist dies z.T. erlaubt bzw. erhöhen sich die zulässigen schlagindividuellen Mengen. Die zu geringe Nährstoffversorgung und die Trockenheit (2018, 2019) führte bei einem Teil der Befragten auf Hochmoorstandorten zu sehr geringen Erträgen. Währenddessen konnten auf den Hamme-nahen Niedermoorflächen z.T. Flächen 2018 und 2019 gemäht bzw. beweidet werden, die sonst schlecht zugänglich sind (grundwasserbeeinflusst) und die Hektar-Erträge waren überdurchschnittlich. Trockenheitsbedingt gab es zudem eine größere Nachfrage nach Heu, welches daher zu einem außergewöhnlich guten Preis vermarktet werden konnte. Hier wiesen mehrere Befragte auf die Unsicherheit hin, da sich die Abnehmersituation jedes Jahr ändert bzw. ändern kann – gerade Pferdehalter als Abnehmer von Heu werden als unbeständig wahrgenommen, obwohl mehrere Befragte angaben, selbst regelmäßig ihr Heu an die jeweils gleichen Pferdehalter zu einem festen Preis bzw. als gut angesehenen Preis abzugeben. Mehrere Befragten können sich vorstellen, ihre betrieblichen Strukturen zu verändern, z.B. die Anzahl an Vieh zu reduzieren bzw. ganz abzuschaffen, wenn es für den Aufwuchs eine gute alternative Verwertung gäbe. Ebenso wurde die z.T. Bereitschaft geäußert, höhere Wasserstände zu tolerieren bzw. umzusetzen, wenn es dafür eine (ausreichende) finanzielle Honorierung für die Klimaschutzleistung gäbe.

Auch das Teufelsmoor und hier vor allem die tiefentwässerten Hochmoorbereiche waren von der Mäuseplage 2019/2020 betroffen, die zur Zerstörung der Grasnarbe des Grünlandes und durch das Abfressen der Pflanzenwurzeln zu einer Ertragsreduzierung bis hin zum Ertragsausfall führte. Feldversuche auf Hoch- und Niedermoorgrünlandstandorten mit hohen Wasserständen, die feucht bis nass sind, waren weit weniger stark von Mäuseschädigung betroffen (Lange und Backes 2020). Eine (sondergenehmigte) Neuansaat des Grünlandes im Frühjahr 2020 wurde zudem auf den entwässerten Moorstandorten durch einen flächigen Befall mit Tipula-Larven (Wiesenschnaken) erschwert, die die Wurzeln der verbliebenen oder neu eingesäten Pflanzen fressen und auf vielen Flächen zu einem Ertragsausfall führen (Landvolk Niedersachsen 2020). Die Retentionsflächen in der Hammeniederung und Moorflächen mit einem hohen (Winter-)Wasserstand waren nicht von den Tipula-Larven befallen (pers. Mitteilung B. Frieben, 10.6.2020).

Die Flächeneigentums- und Pachtverhältnisse im Untersuchungsgebiet lassen sich aus Datenschutzgründen nicht vollständig darstellen. Abbildung 12 gibt einen Überblick über die kreiseigenen Flächen in der Hammeniederung. Der Landkreis hat im Zuge des GR-Projektes¹⁰ rd. 1.400 ha Flächen erworben und rd. 720 ha vom Gewässer- und Landschaftspflegeverband (GLV) Teufelsmoor übertragen bekommen (Landkreis Osterholz o.J.). Von den Landkreis-eigenen Flächen sind rd. 400 Hektar außer Nutzung und unterliegen größtenteils der Sukzession bzw. werden in kleinen Umfang in 3- bis 5-jährigen Intervallen gepflegt. Rd. 1.700 Hektar werden zur Grünlandbewirtschaftung verpachtet (Landkreis Osterholz 2012). Aufgrund förderrechtlicher oder pachtvertraglicher Vorgaben dürfen die Pächter eines Großteiles der Flächen keine grundstücksbezogenen Fördermittel in Anspruch nehmen, d.h. es

¹⁰ 2.780 ha großes Gebiet in der unteren Hammeniederung, auf dem das Naturschutzgroßprojekt von gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung „Hammeniederung“ 1995 – 2009 durchgeführt wurde, gefördert vom Bundesamt für Naturschutz, Land Niedersachsen und dem Landkreis Osterholz.

können auf diesen Flächen keine Maßnahmen der 2. Säule der GAP wie AUKM beantragt werden (Ausschluss von Doppelförderung). Das trifft auf rd. 1.500 ha verpachtete Flächen zu. Die Landwirte können dort ihren erhöhten Bewirtschaftungsaufwand nicht finanziell ausgeglichen bekommen. Die Pachtpreise sind auf den schwierig bewirtschaftbaren bzw. an Nutzungsaufgaben gebundenen Flächen jedoch niedrig und die Pachtverträge sind zumeist jährlich beidseitig kündbar.

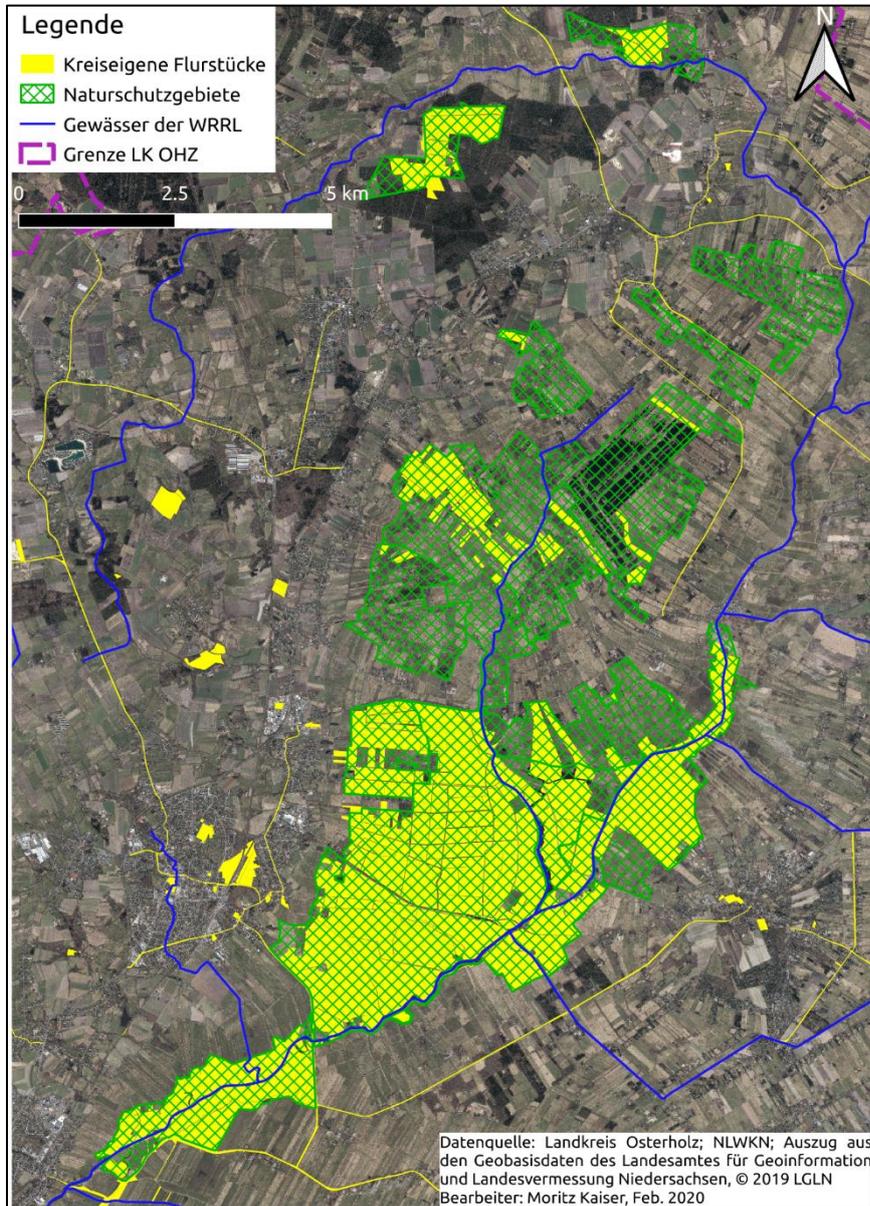


Abbildung 12: Naturschutzgebiete, WRRL-Gewässer und kreiseigene Flurstücke in der Hammeniederung

3.6 Moortypen, -genese und -zustand

Mit fast 54 % nehmen Hochmoore den größten Anteil der insgesamt 24.275 ha großen Moorflächen in der Region Osterholz ein (Abbildung 13, Abbildung 14). Niedermoore hingegen nehmen mit 14 % weniger als halb so viel Moorfläche ein. Überdeckte Moore, Anmoore, ehemalige Moore sowie sonstige Moorflächen kommen im Untersuchungsbericht nur zu geringen Teilen vor.

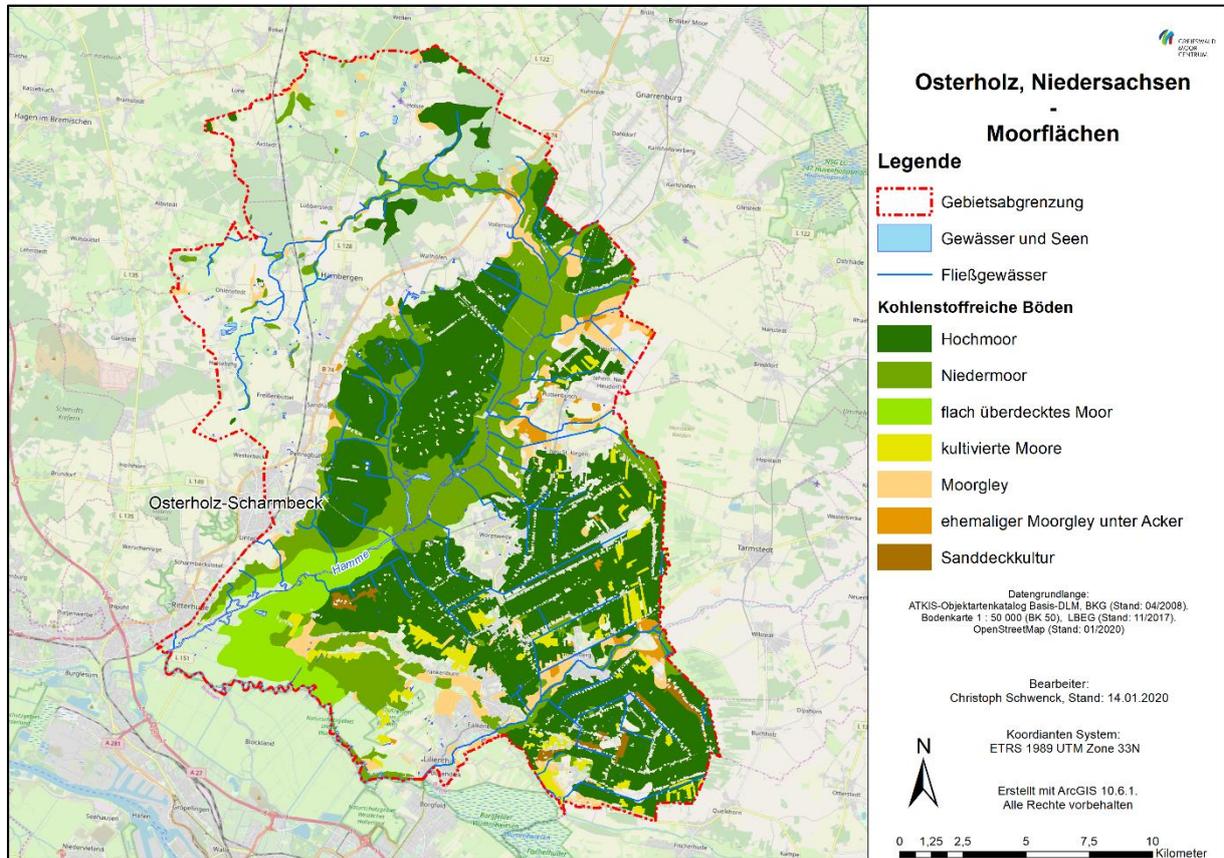


Abbildung 13: Verbreitung der kohlenstoffreichen Böden im Betrachtungsraum des Teufelsmoores (Reichelt und Schwenck 2020).

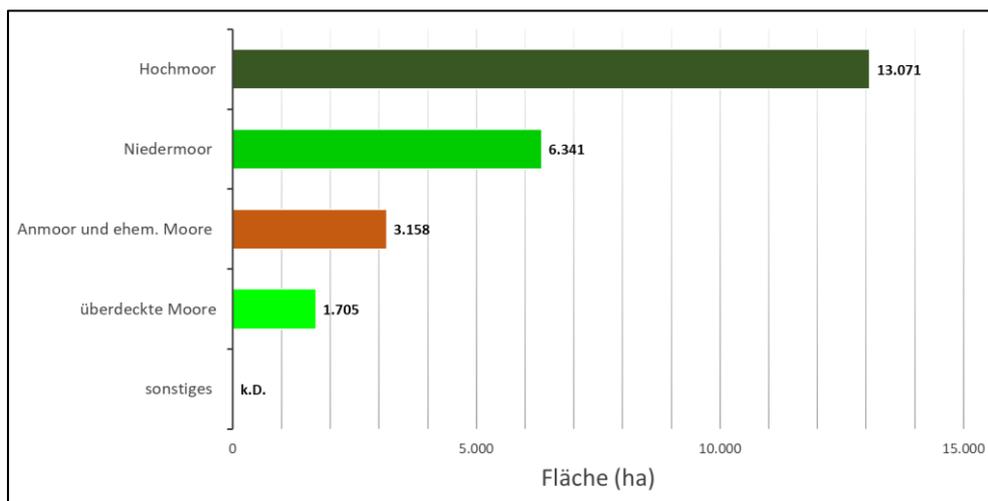


Abbildung 14: Fläche in Hektar der Moore und (ehem.) organischer Böden im betrachteten Gebiet (Reichelt und Schwenck 2020).

Im August 2019 fand auf 12 ausgewählten Untersuchungsflächen in der Hammeniederung eine Torfansprache statt, pro Fläche wurden je 2-3 Moorbohrungen mit einem Handbohrer durchgeführt (Abbildung 15 - Abbildung 18). Die Auswahl der Untersuchungsflächen erfolgte dabei in Absprache mit dem Auftraggeber und der UNB des Landkreises Osterholz mit dem Ziel, eine möglichst repräsentative Übersicht verschiedener Flächen im Gebiet zu betrachten. Dabei sollte eine Verbindung zu den im Rahmen des Auftrags durchgeführten Vegetationskartierungen (vgl. Kapitel 3.7.) und zu den im Rahmen einer Masterarbeit (Brummerloh o.J.) bereits beschriebenen Bodenuntersuchungen hergestellt werden.

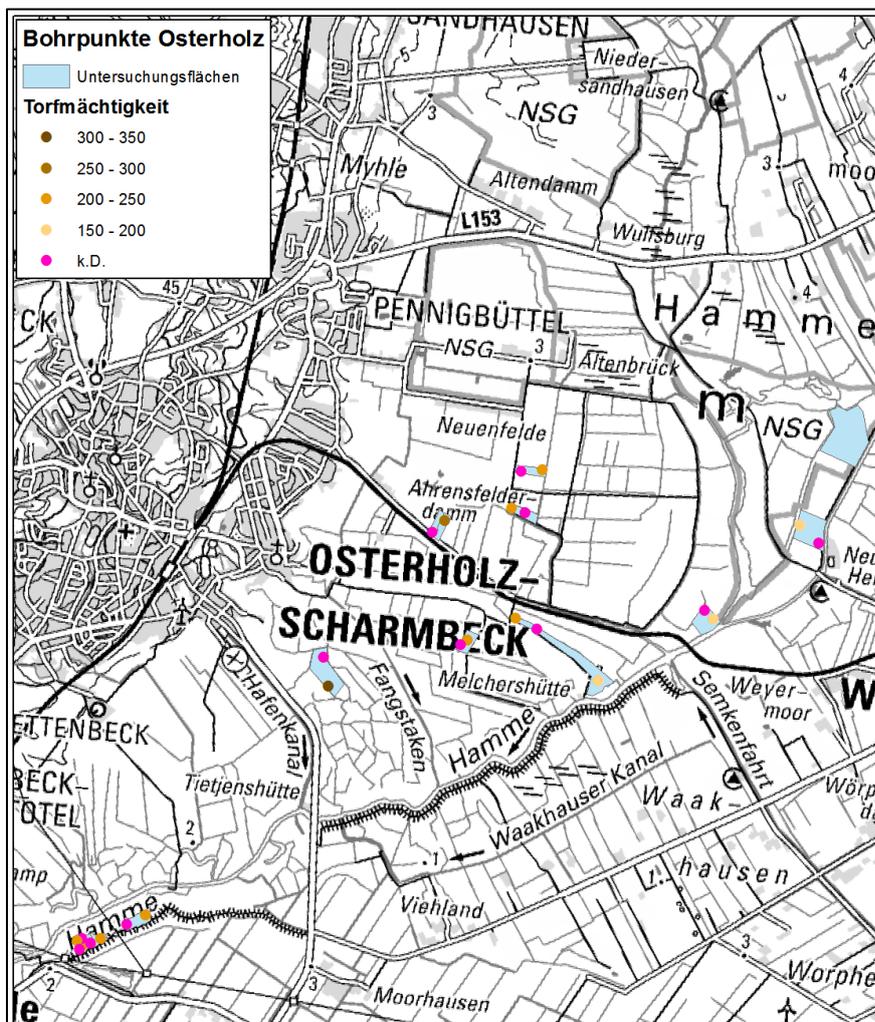


Abbildung 15: Überblick über die Kartierungsflächen 2019: Vegetation und Torfansprache, inkl. Torfmächtigkeit.



Abbildung 16: Beispiel eines Bohrkerns, Dokumentation der Torfmächtigkeit, Lage, Torfart, Zersetzungsgrad. Foto: F. Reichelt

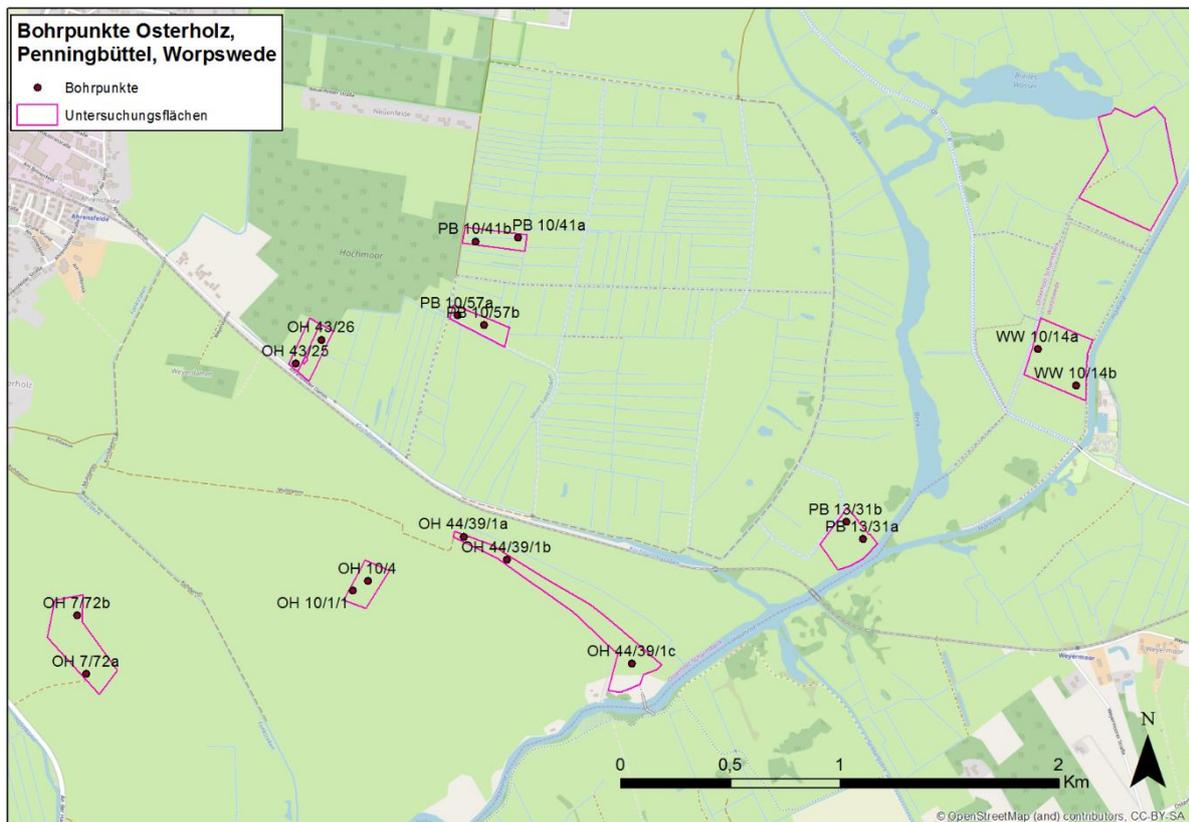


Abbildung 17: Lage der nördlichen Bohrpunkte / Untersuchungsflächen. Karte: F. Reichelt

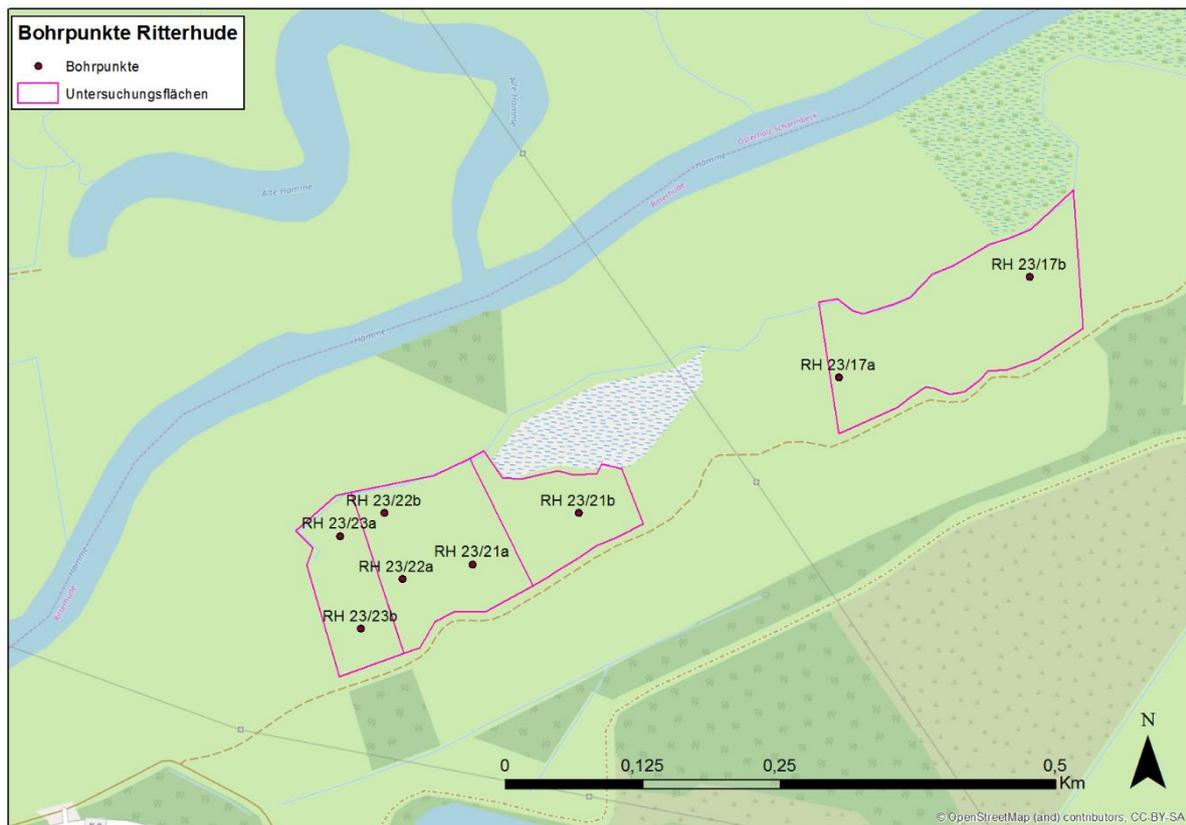


Abbildung 18: Lage der südlichen Bohrpunkte / Untersuchungsflächen. Karte: F. Reichelt

Abbildung 19 und Abbildung 20 geben einen Überblick über die Torfarten an den jeweiligen Bohrpunkten sowie den Zersetzungsgraden des Torfes. Zum Teil war die Ansprache der Zersetzungsgrade beeinträchtigt, da besonders die obersten 40 cm des Torfes sehr trocken waren. Die südlichen Bohrpunkte Ritterhude (RH) sowie die beiden nördlichen Bohrpunkte OH 44/39/1c und PB 13/31a liegen im Bereich der flach überdeckten Moore (vgl. Abbildung 13), nahe der Hamme im ehemals von sedimenteintragenden Hochwasser der Weser beeinflussten Bereich. Deutlich ist, dass alle Bohrpunkte degradierte obere Horizonte des Torfes aufweisen.

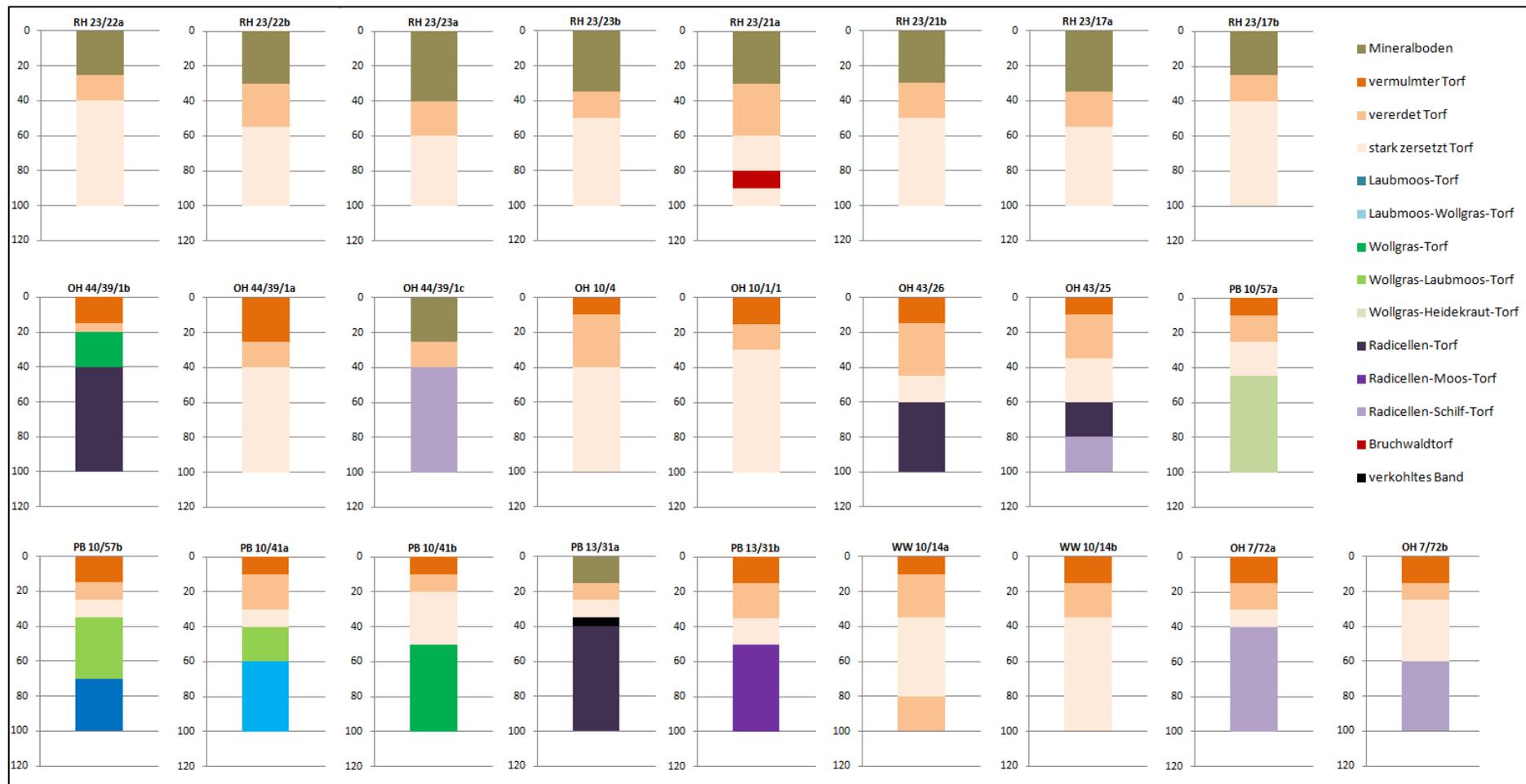


Abbildung 19: Darstellung der Torfarten der einzelnen Bohrungen bis 100 cm Tiefe. Grafik: F. Reichelt

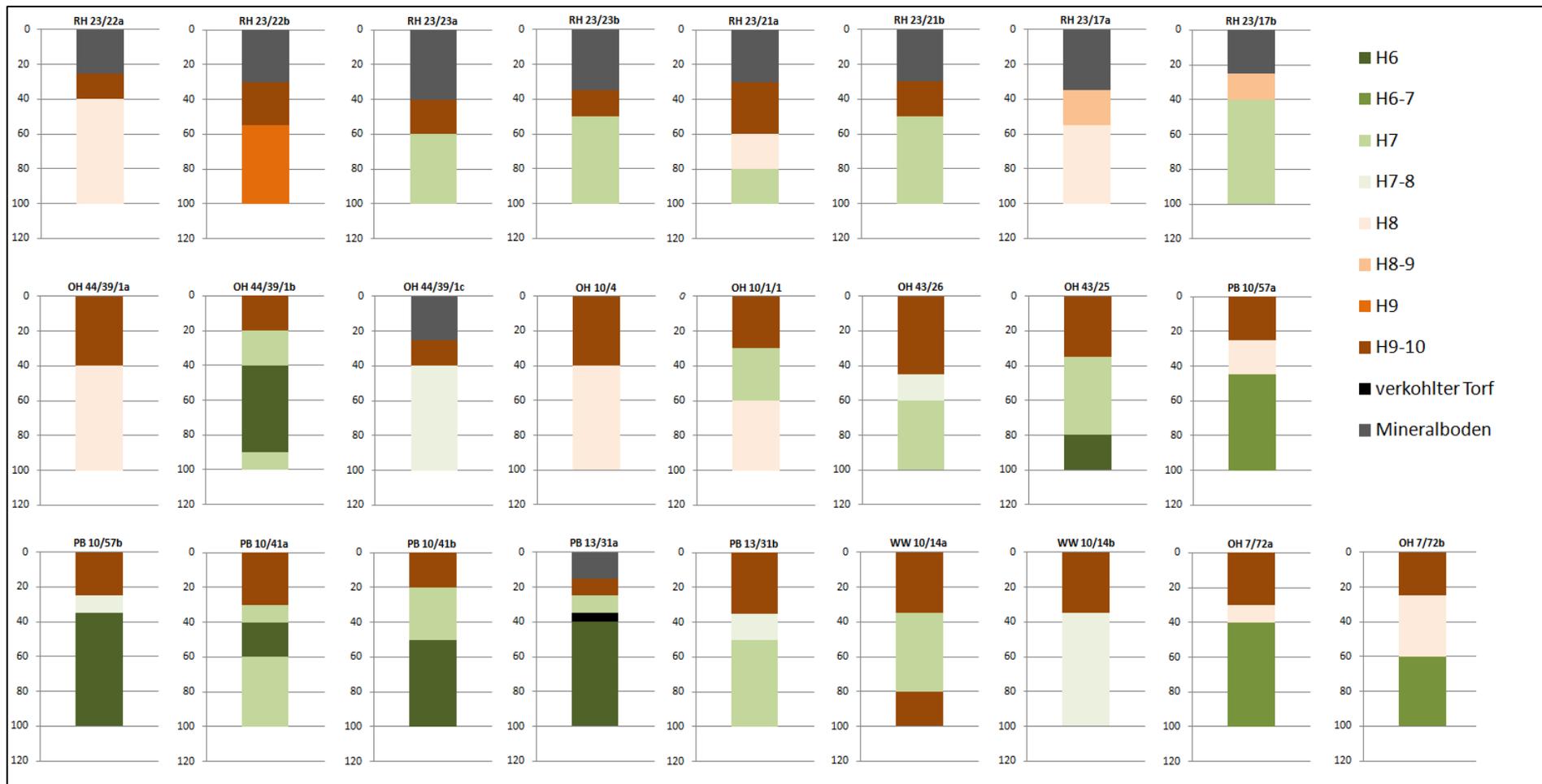


Abbildung 20: Darstellung der Zersetzungsgrade (nach von Post) der Torfe an den Bohrpunkten. Bezeichnung der Zersetzung (nach KA5): H6 – mittel, H7 und H8 – stark, H9 und H10 – sehr stark. Grafik: F. Reichelt

Brummerloh (o.J.) kommt in seiner bodenkundlichen Kartierung entlang eines Transektes von Nordwest nach Südost durch das Untersuchungsgebiet zu ähnlichen Ergebnissen hinsichtlich der Degradierung der Moorböden. Mit ansteigenden Durchschnittstemperaturen durch den Klimawandel erhöhen sich zudem Mineralisation und Verdunstung und damit die weitere Fortschreitung der Degradierung des Moorkörpers (Dierssen und Dierssen 2008; van der Linden et al. 2014; in Brummerloh o.J.). Anhaltende Entwässerung und landwirtschaftliche Nutzung führen dabei zu sekundären Bodenbildungsprozessen, welche die Produktionsfunktion der Standorte zunehmend negativ beeinflussen. Es kann zu Stauschichten kommen, die zu oberflächennahen Stauwasser und wesentlich tiefer liegenden Grundwasser führen. Diese „Sperrschicht“ verhindert kapillaren Wasseraufstieg – Pflanzen vertrocknen schneller. Zudem kann die verdichtete Schicht nicht von Wurzeln durchdrungen werden. Weitere Degradierung führt zu einem staubartigem „Mulm“, der von Wind erodiert wird und hydrophob ist – selbst bei Regenfällen kann das Wasser nicht in den Boden einsickern (Zeit 2016).

Der abgesenkte Wasserstand und die damit verbundene Oxidation des Torfkörpers führt neben Treibhausgas (THG) - Emissionen (vgl. Kap. 3.8) auch zu einem Höhenverlust, der die Summe aus Moorsetzung, Kompaktion, Schrumpfung und Mineralisation ist (Blankenburg 2015; Zeit 2016). Abhängig vom Grundwasserflurabstand, der Lagerungsdichte und dem Kohlenstoffgehalt beträgt die Sackungsrate etwa 0,5 – 1 cm pro Jahr (Zeit 2016; Reichelt unveröff.). In den trockenen und sehr warmen Sommern 2018 und 2019 ist für die Hammeniederung und das Teufelsmoor von einer noch höheren jährlichen Sackungsrate auszugehen. Bereits jetzt liegt das St. Jürgenland und der Polder Waakhausen nahe dem Meeresspiegel (Abbildung 21). Die zunehmende Sackung der Geländeoberfläche und ein ansteigender Meeresspiegel erschweren die – größtenteils über freien Auslauf stattfindende – Entwässerung des Gebietes.

Zudem verursacht der Torfschwund und die Sackung Schäden an Straßen und Bauwerken und wird so auch von Außenstehenden als Problem wahrgenommen (Stolle 2019). Damit verbunden sind wiederkehrende hohe Instandsetzungskosten. In den Niederlanden – mit ähnlichen Problemen in großem Umfang konfrontiert – finden zunehmend fachübergreifende Überlegungen und Kooperationen statt, um Lösungen für Landwirtschaft, Städte und Infrastrukturen zu finden (z.B. <https://slappebodem.nl/>).

Außerdem legen insbesondere Niedermoore mit natürlichen Wasserständen Nährstoffe durch Aufnahme durch die Vegetation und Speicherung im Torfkörper fest. Durch Entwässerung werden diese Prozesse jedoch umgekehrt. Im Torf gespeicherte Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor) werden freigesetzt und einfließendes Wasser aus angrenzenden, landwirtschaftlich genutzten und gedüngten Gebieten gelang ungefiltert in die Vorfluter und letztendlich in die Nordsee, was zur Eutrophierung und zum Verfehlen der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie beiträgt. Diese diffusen Nährstoffquellen sind im Gegensatz zu punktuellen Quellen (z.B. Haushalts- und Industrieabwässer) technisch schwer zu reduzieren. Die Fähigkeit von wiedervernässten Mooren, Nährstoffe aufzunehmen (insbesondere P) oder zu eliminieren (insbesondere N), kann durch innovative Landnutzungspraktiken noch weiter verbessert werden. Gemeint ist hiermit die Paludikultur, d.h. die Ernte nährstoffreicher Biomasse aus wiedervernässten Mooren, um Nährstoffe vom Standort zu exportieren (z.B. wurden Exportmengen von >100 kg N/ha und bis zu 30 kg P/ha gemessen).

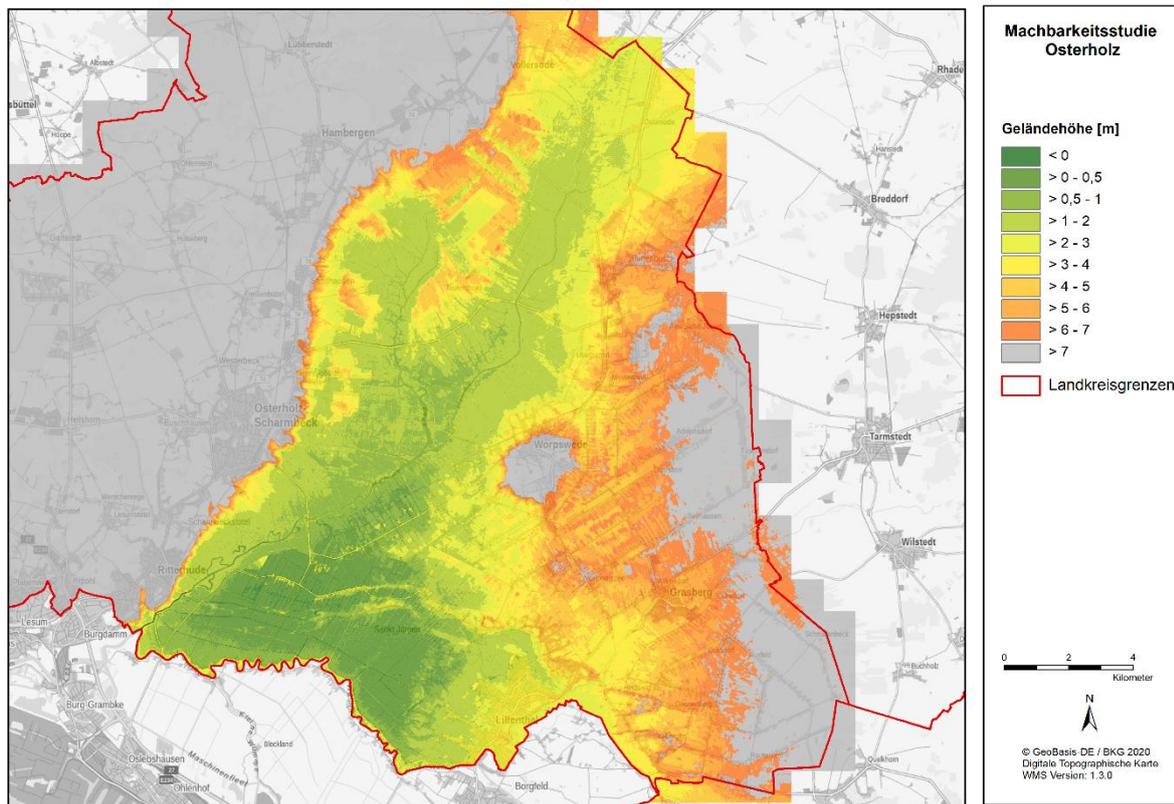


Abbildung 21: Digitales Gelände-Modell des Teufelsmoores.

3.7 Vegetation

Am 10. und 11. Juli 2019 wurden 12 ausgewählte, für das Naturschutzgebiet Hammeniederung repräsentative Flächen begangen und die vorhandenen Pflanzenarten kartiert, nach Vegetationseinheiten zusammengefasst und der Deckungsgrad der Vegetationseinheiten abgeschätzt (Kaiser 2019). Der Fokus der Kartierung lag auf der Erfassung dominanter Süß- und Sauergrasarten. Vornehmlich treten Arten von Großseggenrieden und Landröhrichten sowie von Feuchtgrünland auf (Tabelle 7). Die Aufwüchse dieser Vegetationseinheiten weisen durchweg niedrige bis sehr niedrige Futterwerte auf. In Abbildung 22 sind die beprobten Flächen und aufgenommenen Vegetationseinheiten dargestellt. Die vollständigen Ergebnisse der Kartierung finden sich in Anhang III.

Tabelle 7: Zusammenfassung kartierter Pflanzenarten (vgl. Kaiser 2019).

Fläche	Vegetationseinheit (VE)	Deckung [%]	Hauptarten	Deckung innerhalb VE [%]
PB 10/57	Großseggenried und Landröhricht	70	<i>Carex acuta</i>	70
	Feuchtgrünland	30	<i>Deschampsia cespitosa</i>	60
			<i>Holcus lanatus</i>	50
			<i>Juncus effusus</i>	40
PB 10/41/2	Großseggenried durchmischt mit wenigen Feuchtgrünlandarten	70	<i>Carex acuta, disticha, otrubae</i>	90
	Flutrasen	30	<i>Glyceria fluitans</i>	60
RH 23/17	Großseggenried	60	<i>Carex acuta</i>	90
	Feuchtgrünland und Landröhricht	40	<i>Agrostis stolonifera</i>	80

			<i>Phalaris arundinacea</i>	70
			<i>Poa trivialis</i>	50
RH 23/21	Großseggenried mit Landröhricht	80	<i>Carex acuta</i>	60
			<i>Phalaris arundinacea</i>	80
	Feuchtgrünland	20	<i>Agrostis stolonifera</i>	80
			<i>Poa trivialis</i>	40
			<i>Holcus lanatus</i>	30
RH 23/22	Großseggenried	30	<i>Carex acuta</i>	30
			<i>Carex otrubae</i>	30
			<i>Carex vesicaria</i>	30
	Feuchtgrünland mit Landröhricht	70	<i>Deschampsia cespitosa</i>	40
			<i>Phalaris arundinacea</i>	40
			<i>Agrostis stolonifera</i>	60
RH 23/23	Großseggenried	30	<i>Carex acuta</i>	90
	Feuchtgrünland	70	<i>Holcus lanatus</i>	60
			<i>Deschampsia cespitosa</i>	50
			<i>Alopecurus pratensis</i>	40
OH 44/39/1 A	Feuchtgrünland	100	<i>Holcus lanatus</i>	50
			<i>Anthoxanthum odoratum</i>	40
			<i>Alopecurus pratensis</i>	30
			<i>Deschampsia cespitosa</i>	30
OH 44/39/1 B	Feuchtgrünland	100	<i>Festuca rubra</i>	60
			<i>Deschampsia cespitosa</i>	40
			<i>Holcus lanatus</i>	30
OH 44/39/1 C	Feuchtgrünland	100	<i>Festuca rubra</i>	60
			<i>Deschampsia cespitosa</i>	40
OH 44/39/1 D	Feuchtgrünland	100	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	50
			<i>Festuca rubra</i>	50
			<i>Holcus lanatus</i>	30
OH 44/39/1 E	Feuchtgrünland	100	<i>Deschampsia cespitosa</i>	90
			<i>Anthoxanthum odoratum</i>	30
			<i>Holcus lanatus</i>	30
OH 43/25/3	Feuchtgrünland	60	<i>Holcus lanatus</i>	80

			<i>Alopecurus pratensis</i>	40
	Flutrasen	40	<i>Agrostis stolonifera</i>	60
			<i>Alopecurus geniculatus</i>	50
	Großseggenried	<1	<i>Carex acuta</i>	<1
OH 43/26/3	Feuchtgrünland	77	<i>Holcus lanatus</i>	80
			<i>Deschampsia cespitosa</i>	30
	Flutrasen	20	<i>Agrostis stolonifera</i>	60
			<i>Alopecurus geniculatus</i>	40
	Großseggenried	3	<i>Carex acuta</i>	90
PB 13/31 B	Feuchtgrünland	70	<i>Holcus lanatus</i>	60
			<i>Alopecurus pratensis</i>	70
			<i>Poa trivialis, pratensis</i>	60
	Großseggenried	10	<i>Carex acuta</i>	<10
	Flutrasen	20	<i>Agrostis stolonifera</i>	50
			<i>Alopecurus geniculatus</i>	50
PB 13/31 C	Großseggenried	80	<i>Carex acuta</i>	
	Feuchtgrünland und Röhrichtarten	20		
WW10/14	Feuchtgrünland	80	<i>Agrostis stolonifera</i>	80
			<i>Deschampsia cespitosa</i>	80
	Großseggenried	10	<i>Carex acuta</i>	100
	Flutrasen	10	<i>Glyceria fluitans</i>	80
TM 19/14	Feuchtgrünland	98	<i>Agrostis stolonifera</i>	80
			<i>Deschampsia cespitosa</i>	70
			<i>Festuca rubra</i>	50
	Rohrglanzgrasröhricht	2	<i>Phalaris arundinacea</i>	70

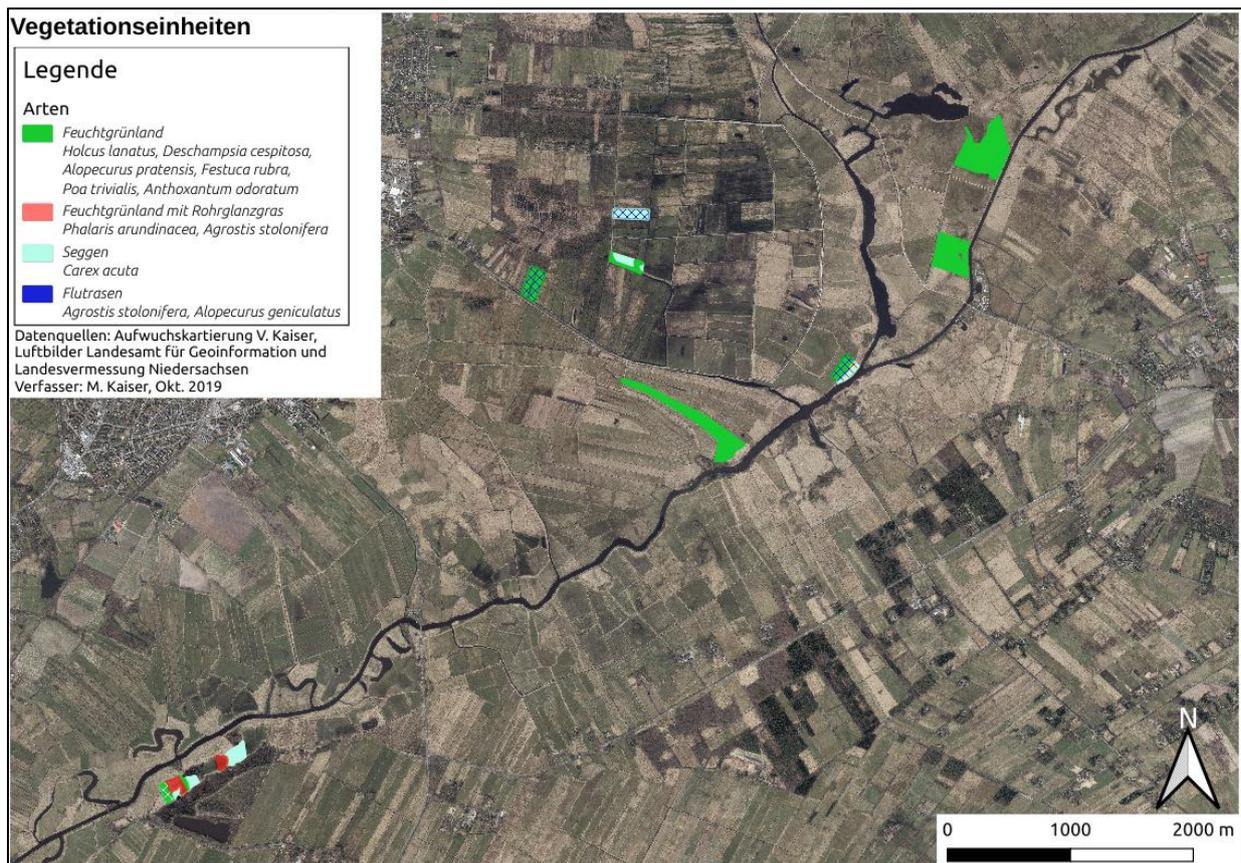


Abbildung 22: Darstellung ausgewählter, im Juli 2019 beprobter Teilflächen und der vorherrschenden Vegetationseinheiten

3.8 Bilanz der Treibhausgas-Emissionen

In Abbildung 23 wurde aus den kartierten Pflanzenarten/ Vegetationseinheiten der vorherrschende Wasserstand abgeleitet. Daraus lassen sich mittels GEST-Ansatz (TreibhausGas-Emissions-Standort-Typen) Aussagen über die durchschnittlich auftretenden Treibhausgas-Emissionen dieser Moorstandorte treffen (Couwenberg et al. 2011; Reichelt 2015; Couwenberg et al. in Vorb.). Die Emissionen liegen auf den kartierten Flächen zwischen 12,5 – 14 t CO₂-Äq. pro Hektar und Jahr, eine Teilfläche zeigt nach Artenzusammensetzung einen niedrigeren Wasserstand an und emittiert 19 t CO₂-Äq. pro Hektar und Jahr.

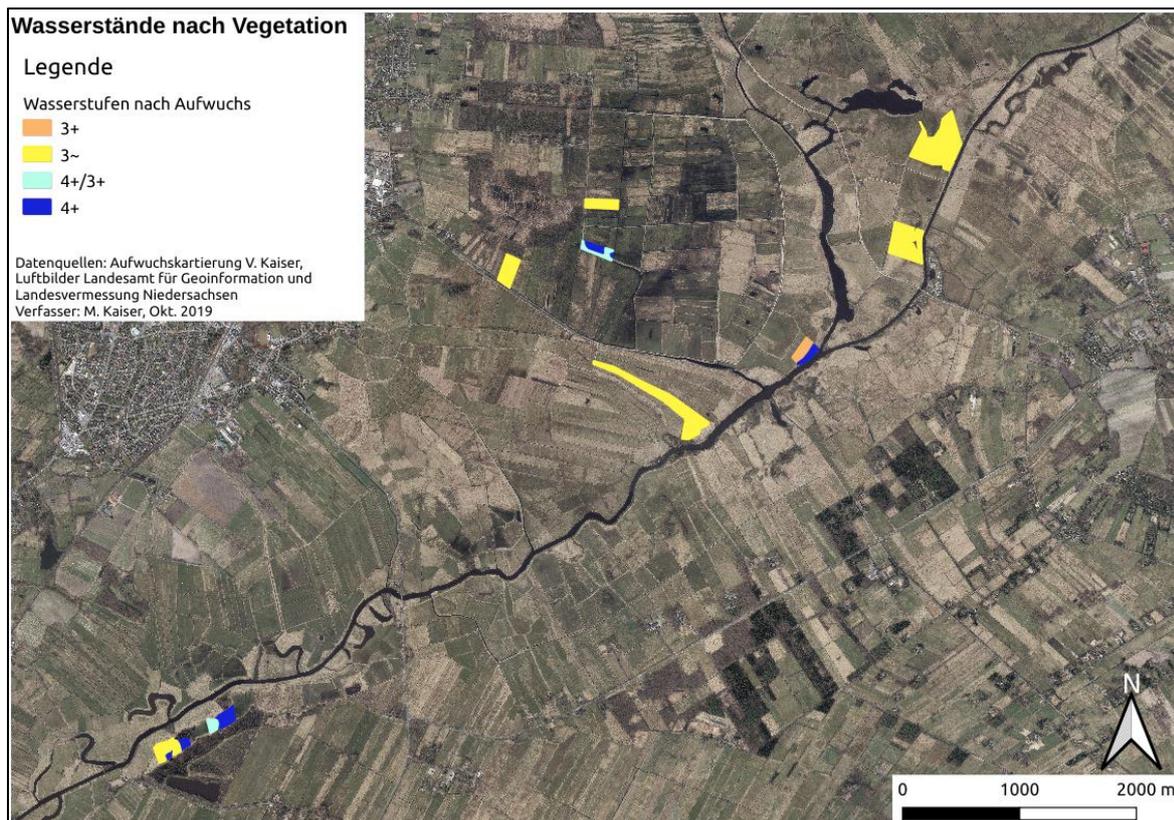


Abbildung 23: Darstellung der vorherrschenden Wasserstände nach Wasserstufen (abgeleitet aus der Vegetation): 3+: Winterwasserstand 35 – 15 cm unter Geländeoberkante (GOK), Sommerwasserstand 45 – 20 cm u. GOK; 4+: Winterwasserstand 15 – 5 cm u. GOK, Sommerwasserstand 20 – 10 cm u. GOK

Die Bilanzierung der THG-Emissionen aus organischen Böden im gesamten Untersuchungsgebiet wurde von Reichelt und Schwenck (2020) ebenfalls auf Grundlage des GEST-Ansatzes erarbeitet. Da eine Kartierung aufgrund der Flächengröße nicht in Frage kam, wurde sich auf die Auswertung geeigneter Geodaten beschränkt. Eine Übersicht über die unter Genehmigung der Urheber für die THG-Emissionsbilanzierung verwendeten Datenquellen befindet sich im Anhang II. Die Moorkulisse stellt die Grundlage für organische Böden im Untersuchungsgebiet dar. Die FFH-Biotopkartierungen (FFH_BT) ist zwar nicht flächendeckend verfügbar, eignet sich aber gut zur Emissionsbilanzierung, wobei diese vorrangig naturnahe, meist ungenutzt bzw. nur extensiv genutzte Moorflächen abdeckt. Für die Emissionseinschätzung der Flächen, die nicht von der Biotopkartierung abgedeckt sind, wurden die Hauptbodennutzung (HBN) aus den Feldblockdaten (FB_OHZ) genutzt. Für alle übrigen Flächen wurden die CORINE-Land-Cover-Kategorien (CLC) aus dem Landbedeckungsmodell (LBM) herangezogen.

BOX 5: Moor- und Klimaschutz – Wie geht das?

Moore sind Landschaften, in denen abgestorbene, nur teilweise zersetzte Pflanzenreste sich – durch permanente Wassersättigung des Bodens – als „Torf“ angehäuft haben. Dieser Torf bildet einen riesigen Kohlenstoffspeicher. Durch die Entwässerung von Mooren für Land- und Forstwirtschaft gelangt Sauerstoff in den Boden, der Torf wird mikrobiell zersetzt, es werden große Mengen an Treibhausgasen (THG; CO₂ und N₂O) und Nährstoffen freigesetzt und das Moor verliert jährlich 1-2 cm an Höhe. Die wichtigste Methode, um Emissionen aus entwässerten Mooren zu vermeiden, ist deren Wiedervernässung. Denn der Zusammenhang zwischen Wasserstand und CO₂-Emissionen aus Moorböden ist klar: Je tiefer der Wasserstand unter Flurhöhe, desto mehr CO₂ wird freigesetzt

Das aus Klimaschutzsicht bestmögliche Ziel sind **flurnahe Wasserstände**, um den Torf zu erhalten und die THG-Emissionen vom Standort maximal zu reduzieren (vgl. Tiemeyer et al. 2020; Jurasinski et al. 2016). Bereits nasse Moore sollten deshalb auch nass erhalten bleiben. Diese „**torferhaltenden**“ Wasserstände müssen das langfristige Ziel darstellen, denn nur so können die Pariser Klimaziele erreicht werden (vgl. Transformationspfad in Abel et al. 2019). Wenn flurnahe Wasserstände nicht möglich sind, zum Beispiel aufgrund von Wassermangel, sollte der Wasserstand so hoch wie möglich sein, um so das größtmögliche Einsparpotential zu erreichen.

Auf diesem Weg können Übergangslösungen notwendig sein: zum Beispiel die Anhebung von sommerlichen tiefen Wasserstände, z.B. von 100 cm auf 45 cm unter Flur oder höher. Dies erlaubt i.d.R. eine Fortführung bisheriger Nutzungen in angepasster Weise, verlangsamt jedoch den Torfchwund und bringt bereits leicht positive Klimaeffekte. Die Bewirtschaftung bei Wasserständen im Bereich von mind. 45 cm unter Flur und 10 cm unter Flur ist weiterhin **schwach torfzehrend** und ggf. mit hohen CO₂ Emissionen (und N₂O-Emissionen) verbunden, je höher der Wasserstand, desto geringer die CO₂-Emissionen. Es gilt: dort wo CO₂ Emissionen auftreten, findet Torfzehrung statt. Höhere CO₂-Emissionen bedeuten höhere Torfzehrung.

Torfzehrung		Nutzung	Wasserstand im Moor	Emissionsspannen	Klimawirkung
Torfzehrend	stark	Ackerbau, Grünland	Tief-entwässertes Moor: sommerlicher Wasserstand tiefer als 45 cm unter Flur	~20-50 t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹	Hohe bis sehr hohe THG-Emissionen (vor allem CO ₂)
	schwach	Grünland bei höheren Wasserständen	Sommerlicher Wasserstand: 10 bis 45 cm unter Flur und	~5-20 t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹	Emissionen wurden ggf. reduziert, weiterhin CO ₂ – und N ₂ O, CH ₄ -Emissionen
Torferhaltend		Nassgrünland, Anbau-Paludikultur oder Auflassung z.B. für Naturschutz	Wasserstände in Flur, leichte Wasserstandschwankungen möglich, Überstau möglich. Sommerlicher Wasserstand höher als 10 cm unter Flur	~0-5 t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹	Maximal möglicher Klimaschutz (keine CO ₂ -Emissionen oder CO ₂ -Senke; CH ₄ – Emissionen auftretend, ansteigend bei Überstau)



4 Nutzungsanpassung

Viele Akteure im Untersuchungsgebiet sind sich bewusst, dass die aktuelle Moornutzung verändert werden muss, um auf die sich verändernden klimatischen Bedingungen, negativen Auswirkungen der entwässerungsbasierten Moornutzung auf Bodenzustand, Straßen und Gebäude und den entstehenden Treibhausgas-Emissionen zu reagieren. Form und Ausmaß der Veränderung unterliegen jedoch unterschiedlichen Vorstellungen. So wird sich ein „Nutzungsmiteneinander“ gewünscht, welches mosaikartig verschiedene Nutzungsformen und –intensitäten vereint (Stolle 2019).

4.1 Flächen

4.1.1 Flächenkulisse: Eignung für Wasserstandsanehebung

Im Rahmen des Unterauftrages „Wasserbilanz und Flächeneignung“ wurde eine Flächenkulisse für das Teufelsmoor anhand eines Index erstellt, welche die Machbarkeit von Wasserstandsanehebungen abbildet. Neben dem Wasserhaushalt bzw. damit verbundenen Wasserverfügbarkeit werden für die Gesamtbeurteilung weitere Parameter berücksichtigt: Grundwasserflurabstand, Nähe zu Hauptvorflutern und der Hamme, Flächen des Niedersächsischen Moorschutzprogramms, Geschützte Biotope (Abbildung 25-Abbildung 29). Die Klassifizierung der Flächen erfolgt auf der Ebene der einzelnen Flurstücke. Für die Einzelparameter werden die Klassen 1 bis 5 für jedes Flurstück zugeordnet, wobei Klasse 5 die höchste Eignung für den jeweiligen Parameter darstellt. Die Klassengrenzen der Parameter sind in Tabelle 8 benannt. Die einzelnen Parameter sind in der hier dargestellten Vorgehensweise bisher nicht gewichtet.

Tabelle 8: Parameter und Klassengrenzen (Eberts et al. 2020). Rot = geringere Machbarkeit Wasserstandsanehebung, grün = höhere Machbarkeit Wasserstandsanehebung.

	Parameter	Klassengrenzen		Begründung
Wasserhaushalt	Mittler Gesamt-abfluss des Flurstücks im Sommer in einem Trockenjahr	1	< -50 mm	Ein größeres sommerliches Defizit verhindert in trockenen Jahren das Erreichen der Zielwasserstände
		2	-50 mm - -25 mm	
		3	-25 mm – 0 mm	
		4	0 mm – 25 mm	
		5	> 25 mm	
Grundwasserflurabstand	Mittlerer Grundwasserflurabstand des Flurstücks	1	< 30 cm	Ein größerer Flurabstand bietet die Möglichkeit für größere Wasserstandsanehebungen
		3	30 cm – 70 cm	
		5	>70 cm	
Nähe zur Hamme	Abstand des Flurstücks zur Hamme	1	< 1km	Flächen mit größerem Abstand zur Hamme befinden sich weiter oberhalb im Teileinzugsgebiet und lassen sich somit besser entkoppeln
		2	1 km - 3 km	
		3	3km - 5 km	
		4	5 km – 7 km	
		5	> 7 km	
Nähe zu Hauptvorflutern	Abstand des Flurstücks zu Gewässern 1. oder 2. Ordnung	1	> 500 m	Nähe zu Vorflutern bietet die Möglichkeit einer technischen Lösung für eine zusätzliche Bewässerung.
		2	300 m – 500 m	
		3	100 m – 300 m	
		4	10 m – 100 m	
		5	< 10 m	
Geschützte Biotope	Anteil der Fläche	1	>0,5	Eine Veränderung des Wasserhaushaltes kann potentiell eine
		3	0,05 – 0,5	
		5	<0,05	

	von Geschützen Biotopen an Flur- stückfläche		negative Veränderung auf den Schutzstatus der Fläche haben
Moorschutz	Flurstück ist Teil der Flächenkulisse des Nieders. Moorschutz-pro- gramms	Aufwertung des Gesamt- indexes um eine Klasse	

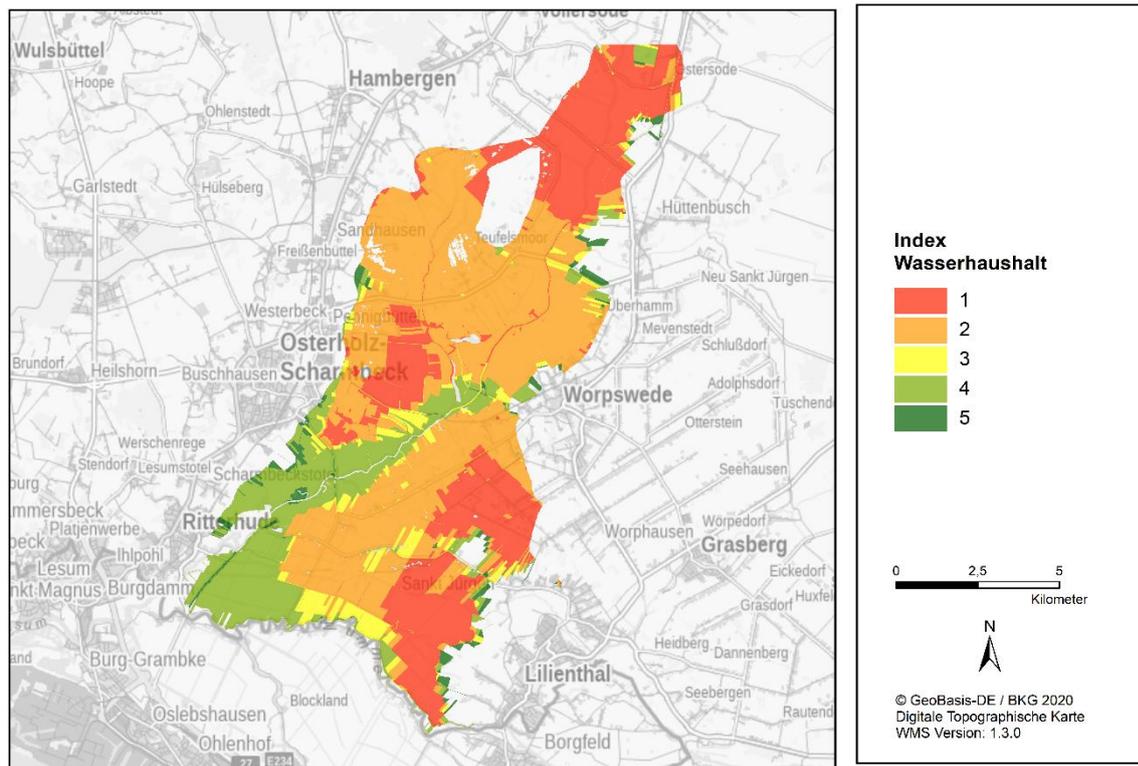


Abbildung 25: Wasserhaushalt – abgeleitet aus dem sommerlichen Gesamtabfluss in einem Trockenjahr. Rot = Defizit in der Wasserbilanz, grün = positive Wasserbilanz.

:

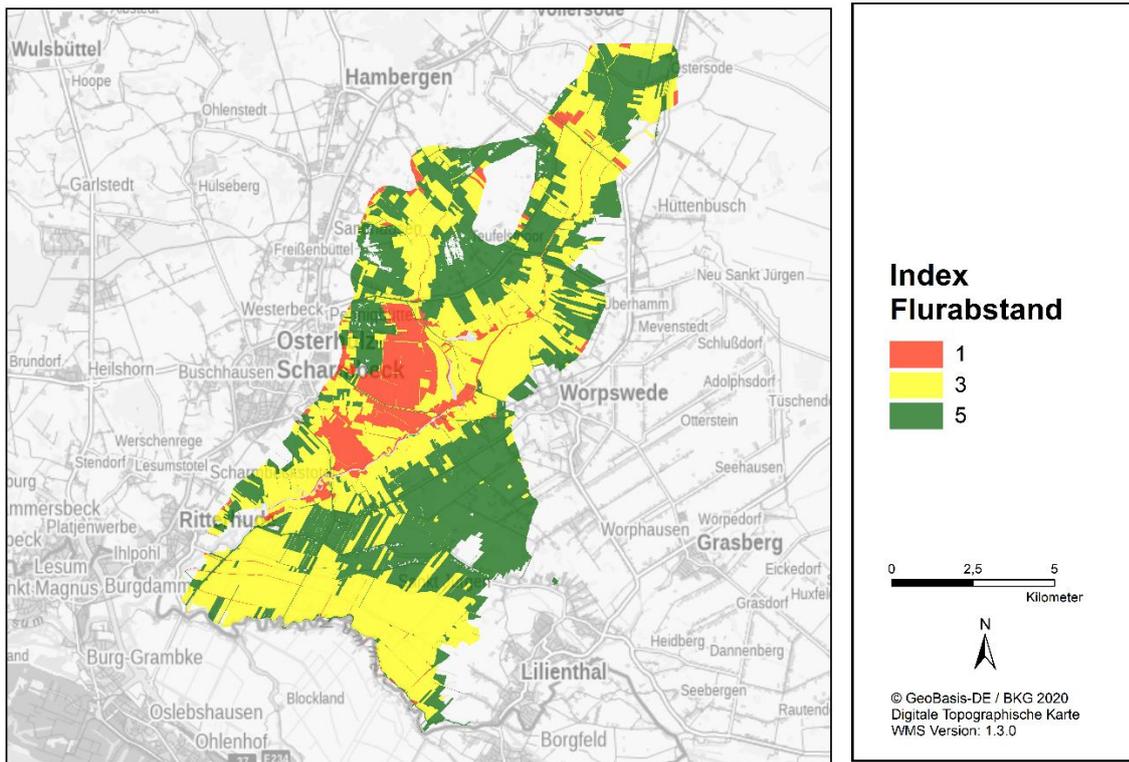


Abbildung 26: Flächenkulisse Grundwasserflurabstand (GFA). Rot = geringer GFA, grün = hoher GFA

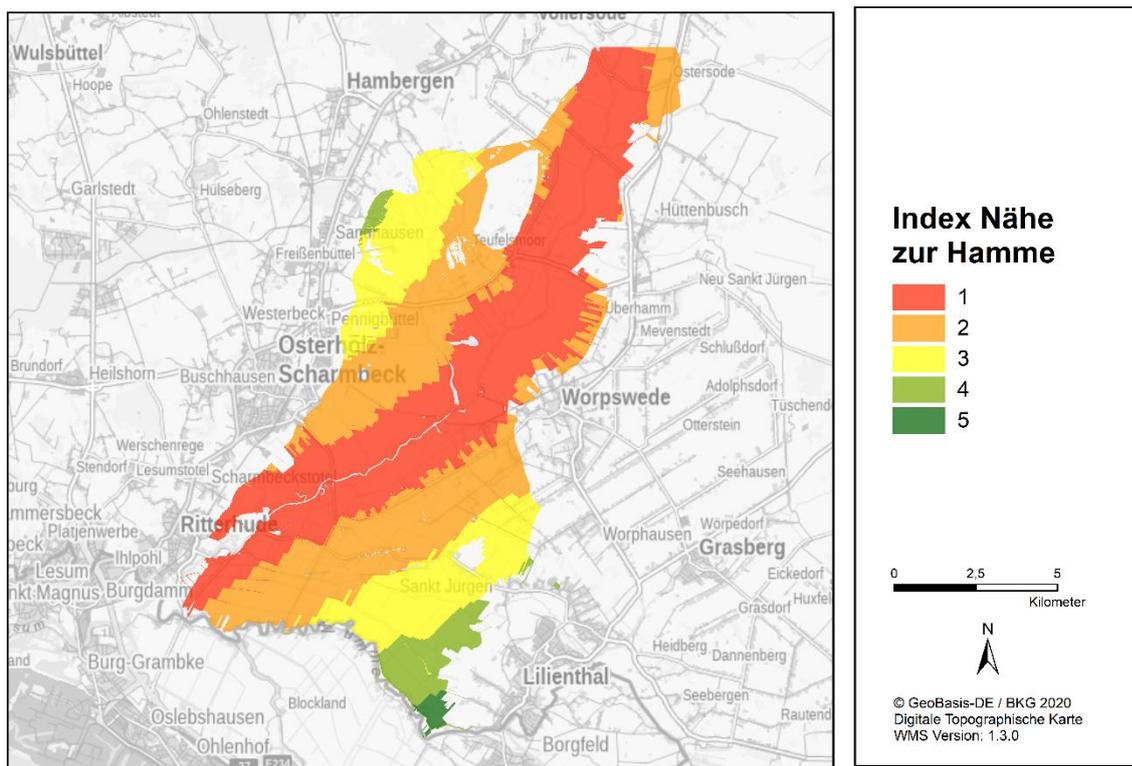


Abbildung 27: Flächenkulisse potentielle Entkopplung von Einzelflächen. Rot = Flurstücke nahe der Hamme, grün = Flurstücke mit größter Entfernung zur Hamme.

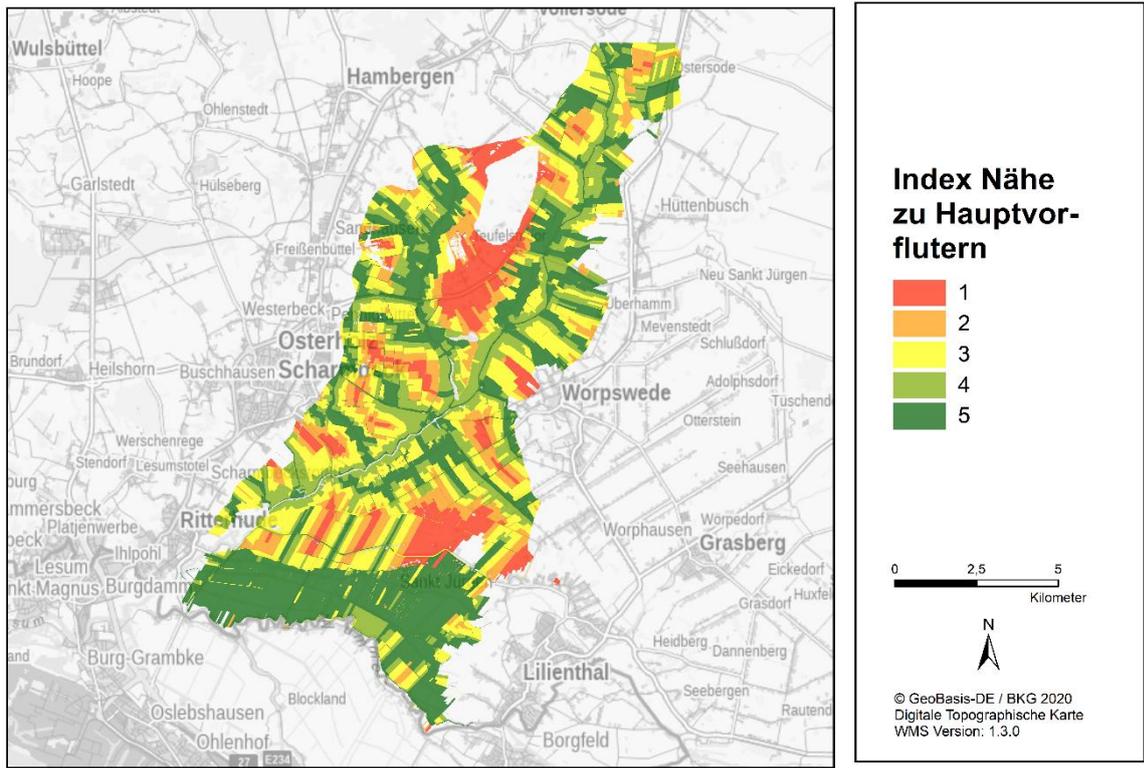


Abbildung 28: Flächenkulisse potentielle Zuwässerung aus Hauptvorflutern. Rot = entfernte Lage zu Vorflutern, grün = nah an Vorflutern gelegen.

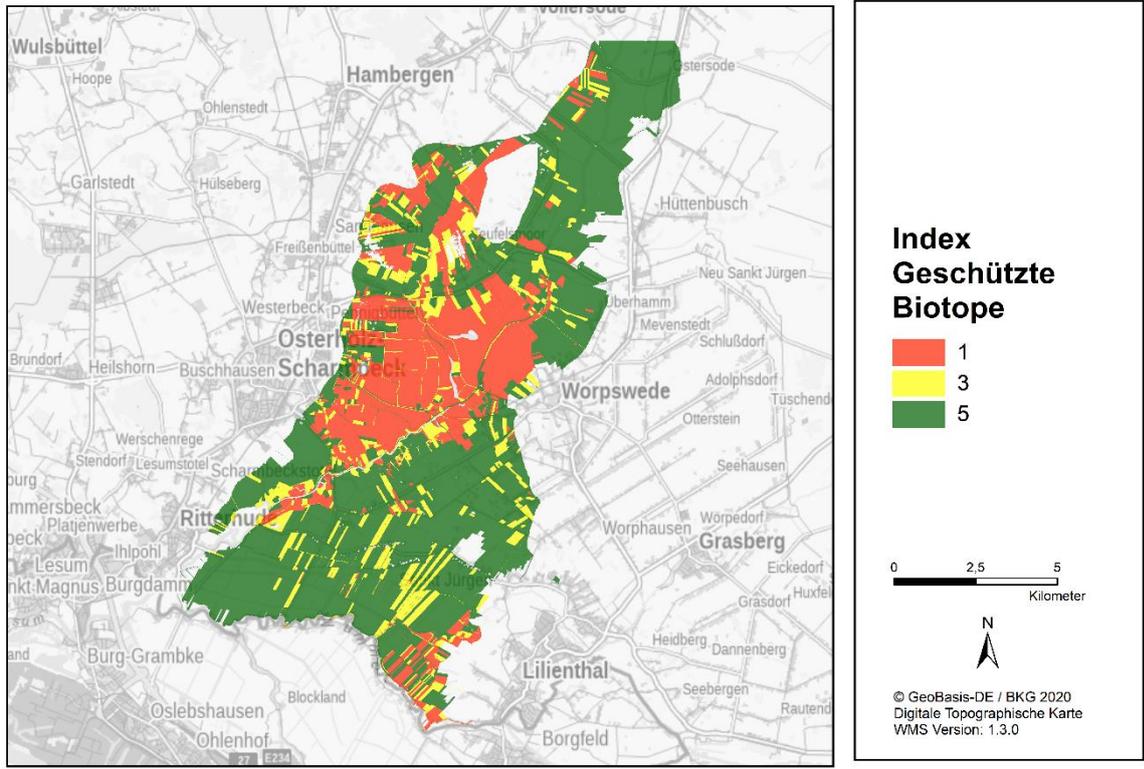


Abbildung 29: Flächenkulisse der geschützten Biotope im Untersuchungsgebiet. Rot = hoher Anteil an geschützten Biotopen pro Einzelfläche, grün = geringer Anteil geschützter Biotope pro Einzelfläche.

Aus den einzelnen Parametern wurde ein Gesamtindex zusammengefasst (Abbildung 30). Flächen beidseits von Beek und Pferdegraben und im Teufelsmoor (i.e.S.), Teile des Pennigbütteler Moor, der Polder Waakhausen und der westliche Teil des Sankt Jürgensland wären auf Grundlage des hier angelegten Indikatoren-Sets diejenigen Flächen, auf denen die Anhebung des Wasserstandes umsetzbar und mit einem hohen Klimaschutzeffekt verbunden wäre. Abgesehen von den in Tabelle 8 genannten Parameter sind zudem die bestehende Schutzgebietssammelverordnung und Managementpläne zu berücksichtigen. Sie adressieren Schutzgüter, deren Erhalt von Maßnahmen zur Wasserstandsanhebung befördert, bzw. nicht beeinträchtigt werden dürfen. Dies gilt es im Einzelfall flächenkonkret zu prüfen, z.B. hinsichtlich des Vogelschutzes (Abbildung 31). Im konkreten Fall von Wasserstandsanhebungen sind zudem häufig v.a. eigentumsrechtliche Fragen und Raumwiderstände ausschlaggebend. Diese sind bisher hier nicht berücksichtigt, unterliegen z.T. kurzfristigen Änderungen und hängen auch von der finanziellen Ausgestaltung der Vorhaben zu Wasserstandsanhebungen ab.

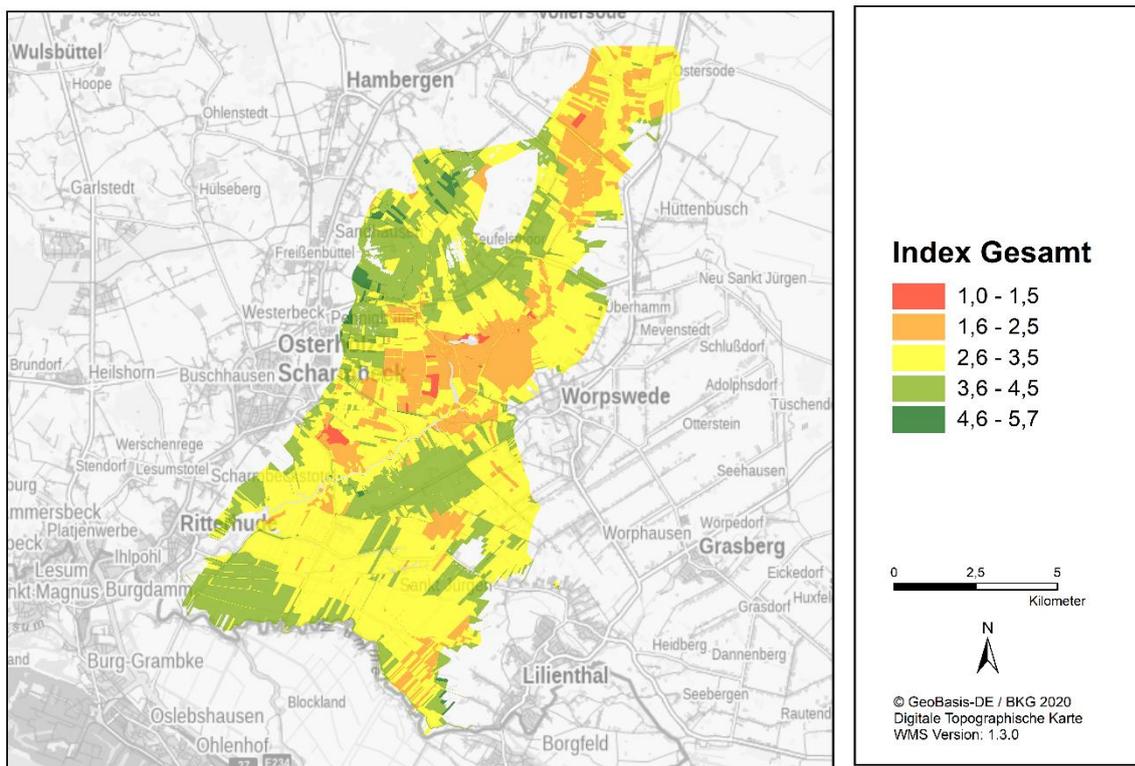


Abbildung 30: Gesamtindex Flächeneignung für Wasserstandsanhebungen. Rot = geringere Eignung, grün = höhere Eignung.

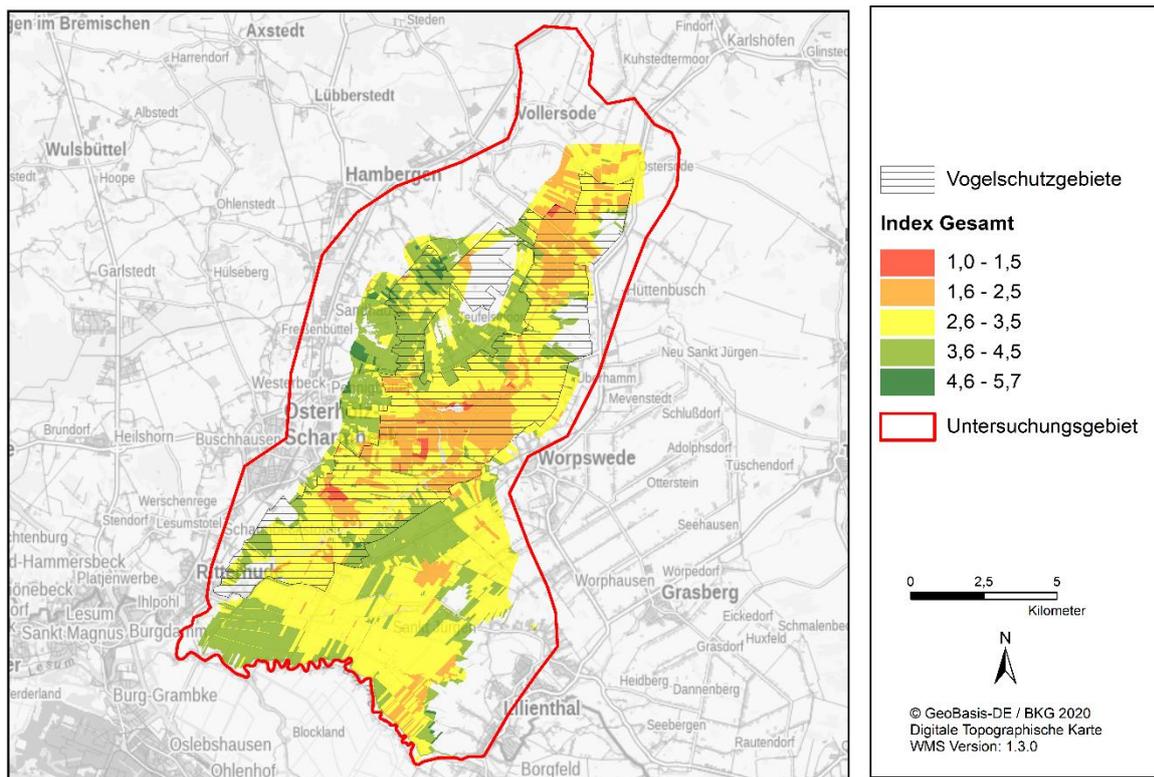


Abbildung 31: Gesamtindex Flächeneignung und Lage der Vogelschutzgebiete im Teufelsmoor.

Der erstellte Index bildet die Grundlage für eine Vorschlagsliste einer förderregionalisierten Flächenkulisse. Je nach Förderziel ist es zudem möglich, die einzelnen Parameter unterschiedlich stark zu gewichten, um die Eignung und Auswahl von Teilflächen zu konkretisieren. Auch kann der Index dahingehend weiterentwickelt werden, dass z.B. Kulissen mit unterschiedlichen Zielvorstellungen hinsichtlich Nutzungsform und –intensität integriert werden. Dafür erscheinen Beteiligungsprozesse zielführend, in denen Ziele und Leitlinien für die Bewirtschaftung gemeinsam erarbeitet werden (Stolle 2019). Ein Beispiel, in dem die Landwirte und weitere Akteure aus dem Untersuchungsgebiet in einen Prozess eingebunden werden, ist die agrarstrukturelle Analyse der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zur Flexibilisierung der Ritterhuder Schleuse (Box 6).

BOX 6: Agrarstrukturelle Analyse der Landwirtschaftskammer zur Änderung der Zielmittelwasserstände in der Hammeniederung

Die Ritterhuder Schleuse hat ein Einzugsgebiet von rd. 48.000 ha und arbeitet nach einem Betriebsplan aus dem Jahr 1961, nach dem die Zielwasserstände im Mittelwasser 0,65 m ü. NHN im Sommer und 0,25 m ü. NHN im Winter betragen. Im Winter wird der Wasserstand tiefer abgesenkt als im Sommer. Der GLV Teufelsmoor hat 2018 einen Antrag zur Änderung des Betriebsplans zur Steuerung der Zielmittelwasserstände in der unteren Hammeniederung gestellt. Seit 2019 bereitet die Landwirtschaftskammer Niedersachsen für den Verband ein Gutachten vor, welches für das Genehmigungsverfahren notwendig ist. Dabei untersucht die Landwirtschaftskammer die agrarstrukturellen Aspekte hinsichtlich der künftigen Steuerung der Ritterhuder Schleuse, um die regionale Betroffenheit im Einzugsgebiet der Hamme besser beurteilen zu können (GLV Teufelsmoor 2020).

Die Studie erarbeitet eine Zielvorstellung für die Änderung des Betriebsplans aus landwirtschaftlicher Sicht. U.a. werden Anforderungen an die Befahrbarkeit zu bestimmten Terminen, der Beweidung während der Vegetationsperiode, der maximal möglichen Dauer und Häufigkeit von Überstau zum Erhalt der Grünlandnarben berücksichtigt, sowie die Minimierung von Moorsackungen. Daraus

werden Mindestwasserstände abgeleitet, die für die (derzeitige) landwirtschaftliche Nutzung benötigt bzw. vertragen werden, abhängig von Nutzungsart und –intensität, Standort und Zeitpunkt (Küwen 2020). Die Länge des Zeitraumes, in der die Befahrbarkeit der Flächen für die Grünlandbewirtschaftung gegeben sein muss, beginnt je nach Anzahl der Schnitte Anfang März (3-5 Schnitte)/ Mitte April (1-2 Schnitte) und endet Anfang November (5 Schnitte)/ Mitte August (1 Schnitt) (Küwen 2020). Als mögliche Maßnahme wird eine Flexibilisierung der Schleusensteuerung im Sommer gesehen, um den Wasserstand an die Bewirtschaftungserfordernisse anzupassen, um etwa den Abfluss kurzfristig zu erhöhen oder zu reduzieren bei (anhaltenden) Regenfällen im Einzugsgebiet bzw. bei Trockenheit. Jedoch liegen die finalen Ergebnisse der Studie zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor.

Sowohl die Intensität und Art der Landnutzung haben sich der Festlegung des Betriebsplanes der Schleuse geändert. Die Entwässerung der Moorböden führt zu einem Verlust der Geländehöhe von 0,5 – 1 cm pro Jahr (vgl. Kap. 3.6), d.h. seit den 1960er Jahren hat sich die Geländehöhe um 30 – 60 cm reduziert und stellt damit die fortlaufende Entwässerung gerade der Niederungsbereiche vor Herausforderungen.

In Verbindung mit der Fragestellung der Studie im Auftrag des GLV Teufelsmoor (vgl. Box 6) erscheint es sinnvoll, auch flächenkonkrete Nutzungsszenarien zu erarbeiten, bei denen die Nutzung des Moorbodens an die (natürlichen) Standortbedingungen angepasst werden, z.B. mit nassetoleranten Arten, angepasster Technik und einem Wasserregime mit ganzjährig hohen Wasserständen (vgl. Kap. 2). Zum Erreichen der deutschen und international verbindlichen Klimaschutzziele bis 2050 ist es notwendig, dass die CO₂-Emissionen aus entwässerten Mooren eingestellt werden – d.h. der Wasserstand auch auf den bisher intensiv genutzten tiefentwässerten Moorstandorten anzuheben ist (Abel et al. 2019; Tiemeyer et al. 2020). Offene Fragen der Finanzierung müssen dabei parallel erarbeitet werden und können z.B. über CO₂-Kompensationszahlungen, der Etablierung neuer Verwertungs- und Wertschöpfungsketten sowie angepasste Förderprogramme beantwortet werden (vgl. Kap. 7).

4.1.2 Laufendes Verfahren Flächenmanagement für Klima und Umwelt (FKU)

Mit dem Flurbereinigungsbeschluss vom 26.04.2018 wurde die vereinfachte Flurbereinigung nach §86 Abs. 1 FlurbG Teufelsmoor angeordnet (ArL Lüneburg 2018a). Das Verfahrensgebiet umfasst eine Fläche von 3.656 ha und stimmt in großen Teilen mit der Abgrenzung der naturräumlichen Untereinheit Hamme-Hochmoore – dem Teufelsmoor im engeren Sinne – überein (ArL Lüneburg o.J., Abbildung 32). Ziel des Flurbereinigungsverfahrens ist es, die bestehenden Hochmoorlebensräume zu schützen und zu entwickeln. Die Entwicklung beinhaltet u.a. Erhalt, Pflege und Renaturierung der Moore. Dazu sind u.a. vorbereitende Wassermanagementuntersuchungen zur Wiedervernässung/ Moorregeneration und Grunderwerb in den Kern- und Maßnahmenbereichen zur Moorregeneration und zum Flächentausch durch den Landkreis Osterholz geplant (ArL Lüneburg o.J.). Das FKU entspricht dem in Stolle (2019) genannten Wunsch der Landwirtschaft, dass das Land Niedersachsen Mittel investiert, um Flächentausch finanzieren zu können.

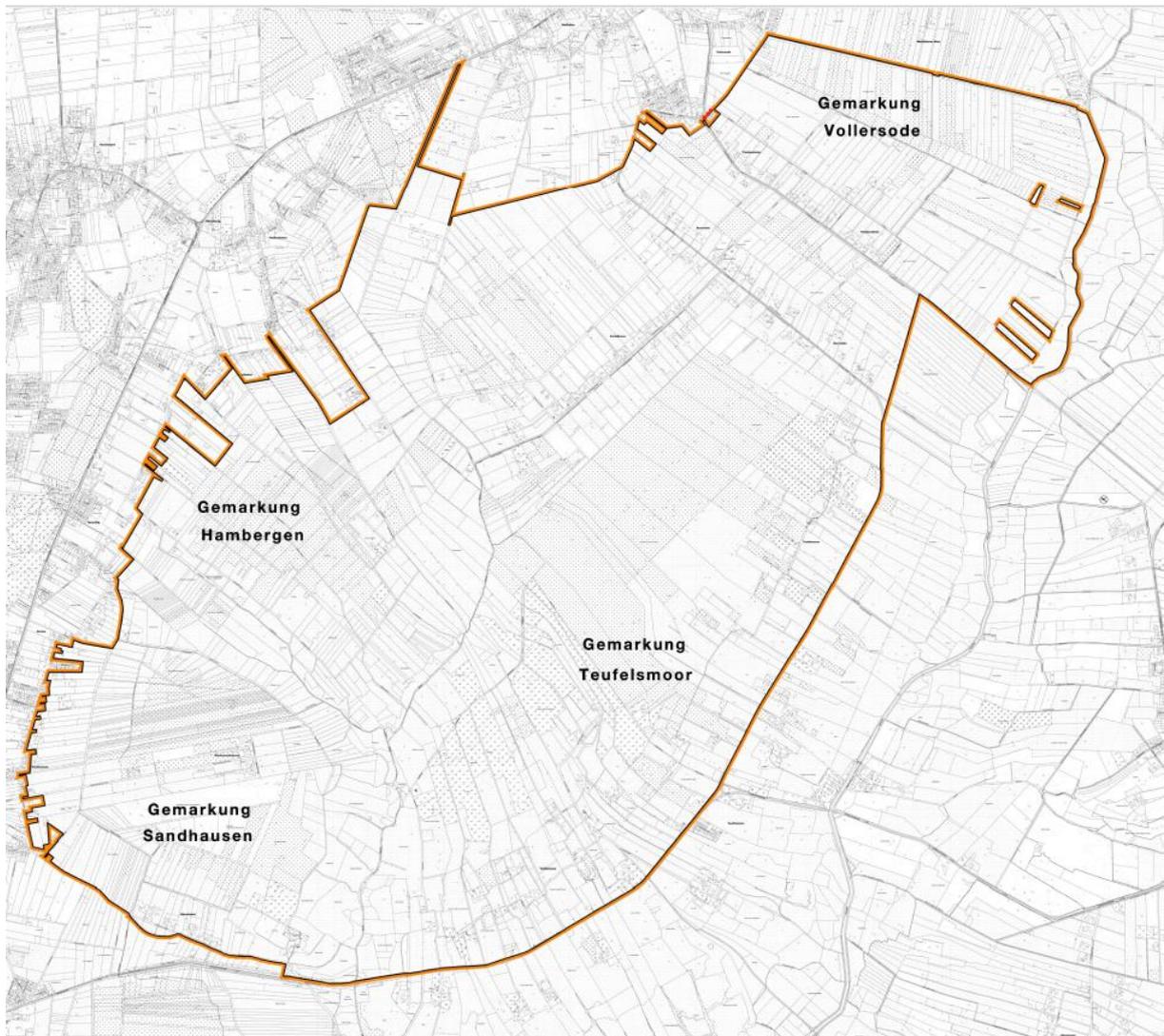


Abbildung 32: Gebietskarte des Flurbereinigerfahrens Teufelsmoor (ArL Lüneburg 2018b).

Im Verfahrensgebiet werden 2.250 ha als Grünland und 125 ha als Acker genutzt, die restlichen Flächen sind bewaldet oder liegen brach. Die Grünlandbewirtschaftung unterliegt Nutzungsaufgaben aus der Sammelverordnung über die Landschafts- und Schutzgebiete im Bereich Hammeniederung und Teufelsmoor. Nutzungsaufgaben sind im Verfahren auch für weiterhin als Grünland zu nutzende Flächen vorgesehen, sollten Landwirte die Flächen zur Nutzung zurückpachten. Es wäre im Verfahren zu prüfen, ob die Flächen im FKU-Gebiet, die keine strengen Naturschutzauflagen, sondern eher als Pufferbereiche zu angrenzende Gebieten dienen und einen Feldblock-Status besitzen, für den Anbau von Paludikultur-Rohstoffe genutzt werden können. Um dies jedoch für die Landwirte attraktiv zu machen und damit auch seine landschaftspflegerische Aufgabe zu honorieren, muss es Verwertungsketten für die Biomasse vor Ort geben, die ausreichend lukrativ sind (vgl. Kapitel 6). Außerdem ist es wichtig, die Pachtverträge so auszugestalten, dass auf diesen Flächen Mittel aus der II. Säule (z.B. AUKM) zur Kompensation des Mehraufwandes beantragt werden können (vgl. Erlass des Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Kapitel 5). Als weitere Option für verkaufsunwillige Eigentümer könnten vom ArL Gestattungsverträge abgeschlossen werden, die die Eigentümer im Gegenzug zu einer Zahlung über eingetragene Grunddienstbarkeiten zur Gestattung hoher Wasserstände verpflichten. Dann könnten die Eigentümer die nassen Flächen unter Anspruchnahme von AUKM etc. weiter in Paludikultur bewirtschaften oder verpachten.

Eine weitere Flächenkategorie im Verfahrensgebiet stellen die Hochmoorbereiche dar, die größtenteils entwässert sind. Auf ihnen wurde großflächig Torf abgebaut. Neben den bewirtschafteten Flächen sind

weite Bereiche ungenutzt, mit z.T. starken Reliefsprüngen aufgrund der Abtorfung (ArL Lüneburg o.J.) und weiterhin entwässert und damit klimarelevant (vgl. Abb. 2 in Kapitel 3). Aufgrund der starken Relieferung sind die Gebiete technisch nur schwierig und mit hohen Kosten zu vernässen, obwohl der Nutzungskonflikt mit der Landwirtschaft gerade auf diesen Ödlandflächen recht gering erscheint. Es ist zu evaluieren, ob eine Vernässung zur Generierung von Kohlenstoffzertifikaten wie MoorFutures aus Kostensicht darstellbar ist, d.h. die Kohlenstoffzertifikate zu Kosten generiert werden können, die vom (freiwilligen) Markt aufgenommen werden. Die vom Amt für regionale Landesentwicklung (ArL) im Rahmen des FKU beauftragte Voruntersuchung für eine zukünftige Wasserstandsanhhebung wird dazu erste Informationen liefern können. Ebenso ist gemeinsam mit den Beteiligten ein Konstrukt zu entwickeln, welches sowohl den Flächeneigentümer, als auch eventuelle Pächter, die Landschaftspflegeaufgaben übernehmen, für die Reduktion der THG-Emissionen auf den wiedervernässten Flächen attraktiv honoriert. Vergleichbare Beispiele sind Humuszertifikate (z.B. in Österreich, Schleswig-Holstein), die von privaten Initiativen organisiert und vermittelt werden und den Landwirten ein zusätzliches Einkommen bieten. In Kapitel 7 werden weitere Beispiele für die Finanzierung des betrieblichen Mehraufwandes beschrieben.

4.1.3 Kosten der Schaffung und des Erhalts hoher Wasserstände

Die Kosten für Planung und Umsetzung hoher Wasserstände sind von verschiedenen Faktoren abhängig und können sehr unterschiedlich ausfallen. Folgende Faktoren sind zu berücksichtigen:

- Ggf. Flächenankauf, Flurneueordnung, bzw. (kapitalisierter) Ausgleichszahlungen
- Flächenumfang
- Ggf. Planungskosten, inkl. Untersuchungen und Gutachten im Rahmen von Genehmigungsverfahren (nach HOAI)
- Umfang der Maßnahmen: diese reichen von der Wiederherstellung vorhandener Staueinrichtungen, einfachen Grabenverschluss oder dem Setzen von Stauen, bis hin zum Bau von Verwallungen und eventuellen weiteren Wasserrückhaltmaßnahmen (etwa Überläufe), vor allen in Hochmoorbereichen
- Ggf. Personalaufwand für Vorbereitung und Begleitung, Koordination und Kommunikation
- Ggf. Instandsetzung vorhandener und Erschließung neuer Infrastrukturen, v.a., wenn Flächen weiterhin genutzt werden sollen (Zufahrten, Fahrdämme, Zuwässerung, Weidezäune und Viehsperren, wenn Beweidung vorgesehen ist)
- Ggf. Nutzungseinschränkungen auf Nachbarflächen
- Ggf. Vormaßnahmen, z.B. Gehölzentfernung auf Hochmooren oder fachliche Kartierungen

Die Faustzahl für Maßnahmen zur Wasserstandsanhhebung am Dümmer liegt bei 2.500 EUR pro ha (Planung, Genehmigung, Baumaßnahmen) (pers. Mitteilung H. Belting, 2/2020). Der gleiche Wert galt lange als Richtungswert für die Wiedervernässung baumfreier Torfabbauf Flächen (u.a. Bau von Verwallungen und Überläufe), er wurde neu auf 3.150 EUR je ha kalkuliert (Mitteilung K.H. Blohme, 2/2020). Die baulichen Maßnahmen zur Herstellung der Retentionsräume im GR-Gebiet (Abdichtung und Neubau von Dämmen, Bau der Stauwehre u.w.) haben etwa 4.500 EUR pro ha gekostet, eine andere Maßnahme zur Wasserstandsanhhebung einer ungenutzten Moorfläche im Untersuchungsgebiet (Planung, Baukosten) weniger als 600 EUR pro ha (pers. Mitteilung B. Friebe, 2/2020). Hier wird bereits die Spannweite der anfallenden Kosten deutlich, die je nach Standort und Zielstellung sehr variieren können.

Zudem sind laufende jährliche Kosten von wiedervernässten Moorflächen zu berücksichtigen:

- Öffentlich-rechtliche Abgaben
- Verkehrspflicht als Grundstückseigentümer*in

- Pflegekosten von Verwallungen
- Ggf. Flächenpflege (Mulchen) (700 bis 1000 EUR /ha*a (MR WEM-OHZ, 2016))

Diese betragen rd. 100 – 375 EUR pro ha pro Jahr, ohne Flächenpflege.

4.1.4 Flächenauswahl

4.1.4.1 *Niedermoor Beekniederung*

Im Teil B des Auftrages werden konkrete Szenarien für erhöhte Wasserstände für eine Teilfläche erarbeitet. Betrachtet werden dabei potentielle Wasserstände im Jahresverlauf, etwa der verstärkte Rückhalt von Winterwasser, die potentielle Beeinflussung von Nachbarflächen bei hohen Wasserständen und der Einklang mit auf der Fläche liegenden Schutzziele.

Die betrachtete Fläche liegt in der Beekniederung im Niedermoorbereich, im Verfahrensgebiet des FKU. Die Maßnahmenplanung erfolgt in Abstimmung mit dem Landwirt, sowie dem Amt für regionale Landesentwicklung (ArL), der Unteren Naturschutzbehörde des Landkreis Osterholz, sowie angrenzenden Flächeneigentümern der öffentlichen Hand. In Kapitel 8 werden die konkreten Maßnahmen vorgestellt.

4.1.4.2 *Hochmoor Torfkanal und Randmoore*

Im Rahmen von Gesprächen des AK Aufwuchsverwertung wird eine zweite Fläche hinsichtlich möglicher Wasserstandsanehebungen diskutiert. Dabei handelt es sich um eine nicht genutzte Hochmoorfläche südlich des Torfkanals. Die Fläche befindet sich ebenfalls im Maßnahmengebiet des FKU, in Privateigentum von z.T. im Arbeitskreis engagierten Landwirten. Dieser Hochmoorbereich wird nach Norden bzw. Nordwesten hin von einem Reliefsprung durchzogen – einer alten Torfstichkante (Abbildung 33), welche die Anhebung des Wasserstands ggf. erschwert. Aktuell wird vom ArL Lüneburg eine Voruntersuchung zur Machbarkeit der Wasserstandsanehebung für das FKU-Maßnahmengebiet beauftragt (Stand 5/2020). Anhand der Fläche wird das Vorgehen der Kooperation mit einem interessierten Unternehmen als mögliche CO₂-Kompensation erörtert. Hierzu bedarf es einer planerischen Machbarkeitsstudie und Kostenschätzung für die Vernässung (von einem Umweltplanungsbüro) und eine erste, grobe Abschätzung der zu erwartenden CO₂-Einsparung im Vernässungsszenario gegenüber der jetzigen Situation (durch Vegetationskundler anhand von GESTs). Sollte sich dann ein für das Unternehmen realisierbarer Preis pro Einheit CO₂ unter Einbeziehung einer angemessenen Vergütung für den Flächeneigentümer für die Bereitstellung ergeben, können weitere Planungsschritte bis hin zur Maßnahmendurchführung angegangen werden. Die mit einer Wasserstandsanehebung verbundene THG-Reduktion kann in der Folge z.B. über MoorFutures quantifiziert und zertifiziert werden, vgl. Kapitel 7.



Abbildung 33: Auszug des NSG Torfkanals und Randmoore im digitalen Höhenmodell – deutlich sichtbar ist der klare Geländesprung entlang des Torfkanals. (Karte: biota).

4.2 Betriebliche Nutzungsanpassung

4.2.1 Aktuelle Bereitschaft zur Umstellung auf die Nutzung nasser Moorstandorte

Aktuell ist die Bereitschaft zur Umstellung auf nasse Moornutzung noch gering. Die bestehenden Rahmenbedingungen der auslaufenden Förderperiode der GAP, (regional) fehlende Abnehmer für die Biomasse aus nasser Moornutzung bzw. die als gering angesehene Zahlungsbereitschaft dafür sind zentrale Elemente, die eine betriebliche Umstellung auf nasse Moornutzung erschweren bzw. verhindern. Hinzu kommen auf den Flächen innerhalb der Schutzgebiete im Teufelsmoor naturschutzrechtliche Auflagen, die einerseits die Nutzung einschränken – das trifft auch für eine nasse Nutzung zu – andererseits auf einem Großteil der vom Landkreis verpachteten Flächen betriebliches Einkommen aus der 2. Säule entfällt (vgl. Kap. 3). Im gesamten Untersuchungsgebiet gibt es jedoch auch eine Vielzahl an (entwässerten) Moorstandorten, die keinen Nutzungsaufgaben unterliegen. Die befragten Landwirte, die bereits auf feuchten Standorten in den Schutzgebieten wirtschaften, zeigten Bereitschaft über alternative Nutzungsformen bei dauerhaft hohen Wasserständen nachzudenken. Zentrales Kriterium dabei ist die gesicherte Finanzierung bzw. Erhalt des betrieblichen Einkommens. Die Landnutzung nicht mehr entwässerter Flächen unterscheidet sich grundsätzlich von der herkömmlichen Nutzung trockener Standorte (z.B. hinsichtlich der verwendeten Kulturen und eingesetzte Technik), so dass sie als radikale Innovation bezeichnet werden könnte. Ihre Etablierung am Markt wird vermutlich länger dauern und umfassendere Änderungen benötigen (Neuwald 2019). Vor diesem Hintergrund ist die gesicherte Finanzierung betrieblicher Umstellungen zentral.

4.2.2 Bestehende Hemmnisse

Die bestehenden Hemmnisse für die Umsetzung nasser Moornutzung sind vielfältig: Über die Agrar- und Strukturförderung werden entwässerungsbasierte Nutzungen von Moorflächen gefördert, nasse Nutzung wiederum in großen Teilen nicht. Anbau-Paludikulturen sind bisher nicht behilflich und bei bestimmten Feuchtgebietsarten bestehen Sanktionsrisiken. Die Förderung von AUKM und EFRE fördert bisher lediglich Einzel-Ansätze. Die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen verhindern über

die Vorgaben zum Grünlanderhalt Anbau-Paludikulturen, zudem erfordert die Nutzungsänderung zu (Anbau-)Paludikultur ein kosten- und zeitintensives Genehmigungsverfahren (Wasser- und Naturschutzrecht). Hinzu kommt die Sorge vor naturschutzrechtlichen Auflagen, wenn mit der Umstellung auf standortangepasste Nutzungen geschützte Biotope etabliert werden und sich geschützte Arten ansiedeln (z.B. als Begleitflora und –fauna) bzw. kultiviert werden (z.B. Röhrichte). Zudem besteht potentiell ein Beeinträchtigungsrisiko benachbarter Flächen bei Anhebung des Wasserstands. Für die flächenbezogene Umstellung sind z.T. aufwändige hydrologische Planungen und ein gezieltes Wassermanagement notwendig, mit entsprechender Wasserverfügbarkeit und Nährstoffbedarfen (je nach Anbau-Kultur). Zersplitterte Eigentumsverhältnisse und pachtvertragliche Verpflichtungen können die Anhebung von Wasserständen verzögern oder verhindern. **Die Anhebung des Wasserstands auf Einzelflächen ist technisch möglich, aber teuer, während einzugsgebietsbezogene Ansätze sinnvoll aber aufwändig sind.** Auf betrieblicher Ebene ist ein Paradigmenwechsel zu vollziehen, möglicherweise wird gebrochen mit familiären Traditionen, es entsteht Rechtfertigungsdruck. Pioniergeist und Risikobereitschaft sind erforderlich, um Investitionen und Unsicherheiten hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit anzugehen. Die betrieblichen Opportunitätskosten können sehr unterschiedlich sein. Auch die hohen Anfangsinvestitionen (Flächeneinrichtung, Technikanschaffung) sind auf einzelbetrieblicher Ebene eine große Hürde, u.a. fehlen noch betrieblich wirksame Honorierungsinstrumente. Auch Wissens- und Erfahrungsmangel der nassen Nutzung von Mooren hemmt die Umsetzung, es fehlt an landwirtschaftlichen Berater*innen, Aus- und Weiterbildungsangeboten und best-practice Beispielen. Hinsichtlich der Verwertung der erzeugten Biomasse mangelt es aktuell noch an Erfahrungen, Produktketten, Marktzugang – wenn in diesem Bereich auch momentan viel Entwicklung stattfindet (vgl. Kap. 6). Auch die hohen Investitionskosten für Verwertungsanlagen stellen ein Hindernis dar. Vor allem bei größeren Flächen besteht Finanzierungsbedarf für Vorstudien, hydrologisch-technische Gutachten, Planungs- und Genehmigungsverfahren, Infrastruktur für Wasserstandsanhhebung und –management sowie betriebliche Umstellungen. Auf betrieblicher Ebene ist das Aufbringen von Eigenanteilen bei der Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten z.T. schwierig.

Diese skizzenhaft dargestellte Breite an Hemmnissen macht deutlich, dass viele der einzelnen Aspekte nicht bzw. nicht allein von den Landwirten, lokalen Verwaltungen oder Verbänden gelöst werden können, sondern möglichst gemeinsam die zuständigen politischen Entscheidungsträger auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene dafür sensibilisiert und zu Lösungen aufgefordert werden müssen.

Stolle (2019) konkretisiert einige Hemmnisse für die Umsetzung nasser Moornutzung, die von regionalen Akteuren im Teufelsmoor benannt wurden:

- Ausreichend finanzieller Ausgleich für Ertragseinbußen bei hohen Wasserständen notwendig,
- Verlust bzw. Verringerung der betrieblichen Kreditwürdigkeit, wenn Flächen im Naturschutzgebiet liegen,
- Mittel aus dem Erschwernisausgleich umfassen nicht zusätzlich anfallende Umstellungskosten in den Betrieben,
- Betriebe lassen sich aufgrund des finanziellen Aufwandes nicht auf Umstellungsrisiken ein,
- Vorhandene Projektfinanzierungen mit Laufzeitbeschränkungen können nicht langfristige Programme und Maßnahmen abdecken,
- Projektfinanzierungen sind auf beantragte Inhalte und Ziele festgelegt, die am Projektende erreicht sein müssen – Prozesse können daher nicht ergebnisoffen geführt werden.

4.2.3 Mögliche Lösungsansätze

Für die oben genannten Hemmnisse gibt es verschiedene Lösungsansätze, die unterschiedliche politische und administrative Ebene adressieren bzw. von diesen bearbeitet werden müssen und in Teilen

bereits bearbeitet werden. Im Folgenden werden einige Ansätze aufgezählt, die auf kommunaler, Landes- und/ oder EU-Ebene in den Blick zu nehmen sind, bzw. aktuell in den Blick genommen werden. Die Erarbeitung von Lösungen für (auch bisher entwässerte) Moorstandorte ist für die Moor-Landwirte wichtig und sollte von ihnen bei den Vertreter*innen in Verbänden und Politik eingefordert werden (vgl. Kap. 5). In der nächsten Förderperiode der GAP ist die Beihilfefähigkeit für (Anbau-)Paludikulturen herzustellen (vgl. Kap. 5), Nassgrünland sollte sicher keine Sanktionen bei Überstau und dem Auftreten von Feuchtgebietsarten drohen oder bekommen. Die Einrichtung hoher Wasserstände und die ergebnisorientierten Leistungen auf Moorstandorten für Klimaschutz, Boden- und Gewässerschutz müssen honoriert werden, ebenso sollten Beratungen und Investitionen finanziell angereizt werden. In Brandenburg gibt es seit 2016 die AUKM Moorschonende Stauhaltung, bei der Dienstleister vom Land bezahlt wird, um die Landwirte in der Beantragung und Umsetzung zu unterstützen (Box 7). Auf Landesebene ließe sich eine Ausnahmeregelung für die Grünlandumwidmung auf Moorstandorte für die Umstellung auf nasse Nutzung anwenden. Um den Risiken von naturschutzrechtlichen Auflagen zu begegnen, sollten Regelungen zur Etablierung und Ernte geschützter Arten und Biotope aufgestellt werden. (Landes-)Bürgschaften könnten helfen, hohe betriebliche Investitionen abzusichern. Für einen Paradigmenwechsel ist ein neues Selbstverständnis („Moor-Klimawirt“) der Landwirte wichtig, dabei können auch angepasste Beratungskonzepte für Betriebsumstellungen helfen. Die Stärkung von Kooperationsmodellen kann sowohl bei Erfahrungsaustausch, der gemeinsamen Anschaffung bzw. Nutzung angepasster Technik, der gemeinsamen Vermarktung von Biomasse oder Produkten helfen. Hierfür gibt es Beispiele in den Niederlanden mit den Collectiven¹¹ sowie in Biosphärenreservaten, in denen Naturschutz, Nutzung und Wertschöpfung integriert wird, z.B. in der Rhön und im Bliesgau¹². Ein Forschungsprogramm zu Wassermanagement und pflanzenbaulichen Aspekten würde zusammen mit Pilotbetrieben und Pilotflächen wichtige übertragbare Informationen zu Bestandsführung und Flächenmanagement liefern. Auf regionaler und Landesebene sollten geeignete Flächen für Pilot- und Demonstrationsvorhaben nasser Moornutzung identifiziert werden. Lösungen für mögliche Einschränkungen von Rechten Dritter mit Wasserstandsanhhebung bieten ggf. die Erfahrungen aus der umgesetzten Hochwasserschutzverfahren. Planungsunsicherheiten ließen sich mit langen Förderprogrammlaufzeiten reduzieren. Grundsätzlich ist die frühzeitige Kommunikation über Vorhaben und das Anbieten von Beteiligungsmöglichkeiten zentral für die Reduzierung regionaler Raumkonflikte.

Bedeutung und Potential von Kooperationen zeigen bestehende Beispiele wie im Modellprojekt Gnarenburger Moor (seit 2016) oder im schwäbischen Donaumoos (Arbeitsgemeinschaft Donaumoos als Landschaftspflegeverband, seit 30 Jahren aktiv) auf. Über Kooperationen werden Ziele und Leitlinien für die Bewirtschaftung gemeinsam z.B. von Naturschutz, Verwaltung und Landwirtschaft erarbeitet. Gerade in Moorgebieten gibt es häufig einen bestehenden Problemdruck, der kooperatives Vorgehen begünstigt (Stolle 2019). Allerdings müssen Kooperationen solide und langfristig finanziert werden können. Dies kann über die Gründung eines Vereins oder Gesellschaft unterstützt werden, welche eine Koordinierung übernehmen könnten, Ansprechstelle sind und organisatorische Aufgaben übernehmen. Im Teufelsmoor wird aktuell die Gründung eines Landschaftspflegevereins diskutiert.

¹¹ *agrarische collectieven* in den Niederlanden, Zusammenschlüsse von Landwirten, Landeigentümern u.a. (über 9.000 Landwirte u. Eigentümer in 40 Collectieven – die über 78.000 ha in Agrar-Umweltprogrammen managen), <https://www.boerennatuur.nl/collectieven/>

¹² Die Dachmarke Rhön unterstützt Rhöner Betriebe bei der Vermarktung von regionalen Produkten (<https://www.biosphaerenreservat-rhoen.de/natur/landwirtschaft-und-fischerei/regionale-produkte-und-wertschoepfungsketten/rhoen-gmbh-dachmarke-rhoen/>); im Saarland werden regionale Produkte aus dem Bliesgau gemeinsam vermarktet über das „Bliesgau-Regal“ (https://www.biosphaere-bliesgau.eu/images/mediathek/2020/20BRB_Einkaufsfuehrer_8_Nachdruck_klein_FINAL.pdf)

BOX 7: Moorschonende Stauhaltung (AUKM in Brandenburg)

Mit der AUKM „Moorschonende Stauhaltung“ des Landes Brandenburg werden seit 2016 landwirtschaftliche Betriebe gefördert, die sich zu einer ganzjährig hohen Stauhaltung (10-30 cm max. unter Flur, nachgewiesen durch eine feste Markierung der Stauhöhe am Bauwerk (z.B. Bolzen, Stift, Schiene) im Grünland auf Moor- und Anmoorböden und zur jährlichen Beweidung und/ oder Mahd mit Beräumung des Mähgutes bis zum 15.10. verpflichten. Im Bedarfsfall, d.h. wenn das Bewirtschaften der Flächen im Bewirtschaftungszeitraum (01.06.-15.10.) aufgrund zu hoher Wasserstände nicht möglich ist, kann das Stauziel um 20 cm abgesenkt werden. Die Stauhöhe ist von der zuständigen Wasserbehörde durch eine befristete wasserrechtliche Erlaubnis festzulegen. Weiterhin ist eine Stellungnahme des Landesamtes für Umwelt (LfU) erforderlich. Zusätzlich gibt es Bestimmungen zum Verzicht auf die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und auf organische und mineralische Stickstoffdüngung. Ziel ist es, THG-Emissionen aus Mooren zu verringern und Torfsubstanz zu erhalten bzw. den Verlust von Torf zu reduzieren.

Die Verträge haben eine Laufzeit von 5 Jahren. Mit Einhaltung der festgelegten Stauhöhen werden 387 € je ha und Jahr Festbetragsfinanzierung als Zuschuss gezahlt, der nicht mit anderen AUKM kombiniert werden kann. Die Maßnahme ist vor der Beantragung mit allen benachbarten, eventuell beeinflussten Flächeninhabern abzustimmen und Einvernehmen herzustellen. Den teilnehmenden Landwirten wird ein beratender Dienstleister an die Seite gestellt, der bei der Antragstellung, der Absprache mit eventuell betroffenen Nachbarn, der Planung, Umsetzung und dem Monitoring hilft.

4.2.4 Maßnahmen und Kosten für die Umstellung auf Bewirtschaftung bei hohen Wasserständen

Für die Umstellung auf eine produktive Nutzung vernässter Moore sind verschiedene Voraussetzungen notwendig. Grundsätzlich können als Eignungsflächen alle Moore und Moorfolgeböden, die aktuell einer landwirtschaftlichen Nutzung unterliegen (=Feldblock), berücksichtigt werden (vgl. Tabelle 9). Flächen in Naturschutzgebieten sollten nicht für die Etablierung von Anbaukulturen (Rohrkolben, Schilf, Erle) in Betracht gezogen werden, eine Nassgrünland-Nutzung ist dort oft möglich. Bei wiedervernässen und nassen Offenlandbiotopen, die derzeit keiner landwirtschaftlichen Nutzung (=kein Feldblock) unterliegen, ist durch die zuständigen Behörden flächenkonkret zu prüfen, ob eine Pflegenutzung möglich bzw. sinnvoll ist.

Wichtige Hinweise für die Auswahl von Flächen zur Etablierung von nasser Nutzung sind in der „Paludikulturstudie Brandenburg“ (Hasch et al. 2012), dem Handlungsleitfaden „Paludikultur für Potsdam“ (Wichtmann und Haberl 2012), dem Fachbuch Paludikultur (Wichtmann et al. 2016), der „Fachstrategie Paludikultur Mecklenburg-Vorpommern“ (LM MV 2017) und den Erfahrungen der Uni Nijmegen (Geurts und Fritz 2018) zu finden.

Grundvoraussetzung für Paludikultur ist die Einstellung eines sommerlichen Grundwasserstandes höher als 20 cm unter Flur (Tabelle 9). Ausschlaggebend für die Vernässbarkeit sind

- der Zustand und die Struktur der Graben- und Dränsysteme im Umsetzungsgebiet und der weiteren Umgebung sowie die ganzjährige ausreichende Wasserführung der Vorflut, die für die Wiedervernässung genutzt werden soll (vgl. Abbildung 28),
- das oberirdische Wasserdargebot (Menge, Qualität) und die Grundwassereigenschaften (Strömung, Flurabstand) des Standortes (vgl. Abbildung 25),
- die technische Machbarkeit des Wasserrückhaltes (Überstau) auf der Fläche und ggfs. notwendige hydrologische Abgrenzung zu Nachbarflächen (Verwallungen, Gräben).

Tabelle 9: Übersicht standörtlicher Voraussetzungen für Paludikultur (nach Wichtmann und Haberl 2012).

Kriterium	Voraussetzung	Geeignet/Begünstigend
Boden	Organische Böden entwässerter, de-gradierter Moorstandorte.	Torfmächtigkeit ist nicht entscheidend.
Nährstoff- verfügbarkeit	Die Nährstoffversorgung muss korrespondieren mit der gewünschten Biomassequantität/ -qualität, und zudem langfristig stabil unter Paludikultur sein.	Für dauerhaft hohe Erträge sind eutroph- nährstoffreiche Standorte und hohe Nährstofffrachten im Zulauf begünstigend (z.B. für Rohrkolben, Schilf), für Torfmooskultivierung sind geringe Nährstofffrachten im Zulaufwasser notwendig.
Hydrogeneti- scher Moor- typ	Der ehemalige hydrogenet. Moortyp ist weniger wichtig. Relevant sind Flächengröße, Nährstoffversorgung, Wasserversorgung und Relief.	Neigung sollte gering sein.
Wasser- haushalt	Das Wasserdargebot muss ausreichen. Unterirdischer Zustrom und/oder Oberflächenwasser ausreichend vorhanden sein.	Leicht vernässbare Standorte ehemaliger Meliorationsflächen und zur Vernässung neigende Standorte.
Vernässbar- keit	Genug Wasser in der benötigten Qualität ist verfügbar für eine dauerhafte Wiedervernässung (Wasserstände etwa in Geländehöhe +/- 10cm über/unter Flur sind ideal für Paludikultur).	Lage an Vorflut / Lage im Überschwemmungsgebiet oder Polder. Gewünschte Wasserstände mit wenig bis moderaten technischen Aufwand erreichbar.
Aktuelle Nut- zung	Grünland, Acker.	Für Acker ist eine etwaige Bodenvorbereitung vor Anpflanzung oder Saat unproblematisch und ein geringer Konkurrenzdruck zu erwarten.

Die in Paludikultur zu bewirtschaftenden Moore müssen für die einzusetzende Technik erreichbar sein. Daher ist eine entsprechende Infrastruktur erforderlich, die auch ein Sammeln und Umladen sowie den Abtransport der Biomasse ermöglicht. Mehrere Zu- und Abfahrten für die Fläche vermeiden lange Transportfahrten in der Fläche, somit können die Erntemaschinen vorwiegend für die Mahd eingesetzt werden und hochbelastete Zufahrtsbereiche werden vermieden (Wichtmann et al. 2016; Tabelle 10).

Tabelle 10: Übersicht über infrastrukturelle Voraussetzungen (nach Wichtmann und Haberl 2012).

Kriterium	Voraussetzung	Geeignet/Begünstigend	Widerstände/Erschwerend
Flächen- verfügbar- keit	Es handelt sich um einen tief entwässerten und/ oder aufgelassenen entwässerten Moorstandort.	Die Gegenwärtige Nutzung ist nicht mehr kostendeckend bzw. stark umweltbelastend.	Vorhandene Direktzahlungen und Prämien für z.B. Anbau von „NaWaRo“ wie Mais.
Flächen- größe	Die Fläche(n) ist (sind) groß genug und möglichst zusammenhängend, um kosteneffizient bewirtschaftet werden zu können.	Richtwerte: Maschineneinsatz: 500-900ha /Erntemaschine – ggfs. überbetrieblich einsetzbar; Flächen: mind. 15ha und max. 10 km auseinanderliegend.	Zu kleine Schlaggrößen (<15ha, auch wenn durch Wiedervernässungsmaßnahmen bedingt, z.B. Stau-stufen) oder zu weit verteilte Einzelschläge (>10km).

Infrastruktur extern	Eine effiziente Transport- und Verarbeitungsinfrastruktur muss vorhanden sein oder sollte kosteneffizient aufgebaut werden können.	Eine Anbindung an Straßen bzw. landwirtschaftliche Verkehrsnetze, Binnenschifffahrt oder Bahn ist vorhanden. Biomasse-Abnehmer oder/und Verarbeitungsfazilitäten in der Nähe.	Schlechte Anbindung und große Entfernungen zu Abnehmern/ Verarbeitern.
Infrastruktur intern	Ausreichende Wegedichte und Querungen von Gräben und Bächen sind vorhanden; Arron- dierte Flächen, Biomasse- Umschlagplätze.	Ausreichend Feldwege aus Vornutzung sind vorhanden; Günstiger Flächenzuschnitt, geeignete Zufahrten vorhanden.	Ggfs. müssen Wege aufgehöhht und Wende- und Umlade-Plätze eingerichtet werden, damit sie bei hohen Wasserständen genutzt werden können.
Prämienfähigkeit	Keine unabdingbare Voraussetzung aber ein agrarstruktureller Rahmen ist förderlich.	Flächen, für die vorher Direktzahlungen und/oder Prämien in Anspruch genommen wurden.	Notwendiger Erwerb von Prämienrechten, ggf. nicht zu vertretbaren Kosten möglich.

Lokal bzw. regional sollten für die Verarbeitung von Biomasse entsprechende Verwertungspotentiale vorhanden sein, bzw. geschaffen werden (vgl. Kap. 6). Es ist zu beachten, dass bei Anbaukulturen gezielt neue Bestände etabliert werden und der Ausgangszustand (Landschaftsbild, Habitatwert) verändert wird, wohingegen es sich bei Nasswiesen „nur“ um eine nassere Grünlandvariante handelt. Aussagen, welche Form der Anbaukultur auf welcher Fläche geeignet ist, können nicht generalisiert und kartographisch abgebildet werden. Informationen (z.B. Zustand, Wasserversorgung, usw.) sowie aus diesen abgeleitete Raumwiderstände (Vernässbarkeit, Flächengröße, usw.) können genutzt werden, um die Möglichkeiten einer konkreten Umsetzbarkeit zu überprüfen. Die Tabelle 11 fasst die wichtigsten Kriterien für die Flächenauswahl für Anbau-Paludikulturen zusammen. Für eine individuelle Vorprüfung kann das webbasierte Entscheidungsunterstützungssystem zur torfschonenden Bewirtschaftung organischer Böden DSS-TORBOS (www.dss-torbos.de) genutzt werden, das konkrete Nutzungsvorschläge unterbreitet.

Tabelle 11: Zusammenfassende Übersicht von förderlichen Kriterien für die Etablierung von Anbau-Paludikulturen.

Flächengröße	Möglichst große und einheitliche (ebene) Fläche. Zusätzliche geeignete Flächen in der näheren Umgebung verfügbar.
Flächennutzer / Flächeneigentümer	Bewirtschafter und Eigentümer müssen dem geplanten Vorhaben zustimmen bzw. an nasser Nutzung interessiert sein.
Moormächtigkeit/ Torfvorkommen	Der Standort sollte als Moor angesprochen werden können (>30 cm Torfmächtigkeit). Aber auch auf anmoorigen Böden kann für die nächsten 15 bis 30 Jahre durch Anhebung des Wasserstandes eine vergleichbar hohe Reduktion von THG-Emissionen erreicht werden.
Hydrologie	Die hydrologischen Gegebenheiten müssen ein Vernässen einer eingegrenzten, möglichst >15 ha großen Fläche ermöglichen. Als günstig sind Polderflächen einzuschätzen. Wenn eine hydrologische Abgrenzung nicht möglich ist, müssen die umgebenden Flächen, die durch die Wasserstandsanhebung beeinflusst werden, bei Planungen, Kalkulationen und beim Flächenmanagement mit berücksichtigt werden (z.B. als Pufferflächen mit Feuchtwiesennutzung).

Wasserdargebot	Ein ausreichendes Wasserdargebot zur Versorgung der Moorfläche muss vorhanden sein. Ein möglichst umfassender Rückhalt der Winterniederschläge (ggf. Überstau im zeitigen Frühjahr – Toleranz gemähter Bestände ggü. Überstau muss noch geprüft werden) verringert den Zusatzwasserbedarf über das Sommerhalbjahr. Die Nährstofffrachten im Wasser sollten den Bedarfen der Kultur entsprechen.
Technische Maßnahmen	Die Wasserstandsanhhebung sollte mit möglichst einfachen Mitteln umsetzbar und nicht zu aufwändig sein. Wasserstände von +40 cm bis -15 cm sollten im Jahresverlauf möglich sein. Zur Pflanzung oder Saat muss es möglich sein, die Fläche entsprechend vorzubereiten (mechanische Beseitigung Konkurrenzvegetation). Ein Wasserstand in Flur bzw. ein Überstau der Fläche direkt nach der Pflanzung muss möglich sein (das Wasserdargebot im Sommer muss ausreichend sein).
Wasserstands-anhebung	Die wasserbaulichen Maßnahmen auf der Fläche sollten weder die Interessen Dritter (Siedlung, Forst, benachbarte Landwirte) noch Naturschutzziele gefährden, um ein zügiges Genehmigungsverfahren (wasserrechtliche Erlaubnis) und einen zeitnahen Projektstart zu ermöglichen.
Repräsentativität	Die ersten Flächen, auf denen Paludikulturen angebaut werden, sollten möglichst als Demonstrationsfläche geeignet sein – sie sollten also repräsentativ sein, um eine spätere Übertragbarkeit der Erfahrungen zu gewährleisten.
Infrastruktur	Die Fläche sollte möglichst gut erreichbar sein (Wegenetz, Umschlagplätze), damit die Erntemaschinen und Transportfahrzeuge einsetzbar sind und sie als Demonstrationsfläche Interessierten vorgestellt werden kann.
Monitoring	Die ersten Anbau-Flächen sollten bzgl. ökonomischer und ökologischer Parameter über die ersten Jahre im Rahmen eines Basis-Monitoringprogrammes begleitet werden.

Für die angestrebte Nutzung von nassen Standorten sind neben der Anhebung der Wasserstände (vgl. 4.1.3) weitere vorbereitende Maßnahmen notwendig, für die zusätzliche Kosten entstehen:

- Ggf. Infrastruktur zum aktiven Wassermanagement
- Flächenvorbereitung und gezielte Etablierung von (Anbau-)Kulturen über Saat oder Pflanzung
- Anschaffung spezialisierter Erntetechnik
- Investitionen in neue Verwertungswege

Hier gehen die vorhandenen Erfahrungswerte weit auseinander – abhängig von der Art der Kultur (z.B. Schilf, Rohrkolben, Torfmoos, Erle) und der Flächengröße befinden sich die Etablierungskosten im niedrigen vierstelligen bis mittleren fünfstelligen Bereich. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass eine gezielte Etablierung zu einem schnelleren Bestandsaufbau führt, der bereits nach wenigen Jahren die volle Produktivität erreicht, beerntet und verwertet werden kann. Im Folgenden wird auf die Anbau-Paludikulturen Schilf und Rohrkolben (auf Niedermoor) und Torfmoos (auf Hochmoor) und die notwendigen Maßnahmen und anfallenden Kosten vertieft eingegangen.

Es bestehen Erfahrungen mit der **Etablierung von Schilf und Rohrkolben** auf vernässten Niedermoorflächen. Bisherige Pilotflächen für Anbau-Paludikulturen sind jedoch maximal 10 ha groß und als „nasse Inseln“ in einer entwässerten Umgebung angelegt. Bei einer großflächigen Umsetzung sind anteilige Kosten (€ je ha) im unteren Bereich der Spannbreite in Tabelle 12 zu erwarten.

Die erforderlichen **Baumaßnahmen**, um dauerhaft hohe Wasserstände zu halten, sind i.d.R. aufwendiger als für eine herkömmliche Wiedervernässung. Sie hängen stark von den Ausgangsbedingungen ab., z.B. Terrassierung in hängigem Gelände, Beckenaushebung, Aufschüttung von abgrenzenden und unterteilenden (Fahr-)Dämmen. Ggf. ist die Grasnarbe abzuschleifen oder zu schlitzeln. Zu den wasser-

bauliche Baumaßnahmen gehören Wasserentnahme (Mahlbusen, Pumpenschacht), Anlage von Gräben oder Verlegen von Rohrleitungen für die Bewässerung, Bau von regulierbaren Überläufen. Für die Anlage flach überstaubarer Anbauflächen berechnen Schätzl et al. (2006) Baukosten von 1.336 € und 8.900€ je ha (im Jahr 2006), im Paludi-PRIMA-Projekt beliefen sich die Baukosten im Jahr 2019 auf 14.800 € je ha Anbaufläche.

Eine **Flächenvorbereitung** kann das Pflügen und Eggen der ganzen Fläche sein, oder das Fräsen der Grasnarbe und Aufbringen von Material aus der Grabenentschlammung. Die Aussaat oder Pflanzung in die bestehende Grasnarbe ist auch möglich. Ausschlaggebend ist hier jedoch die Ausgangssituation (z.B. konkurrenzstarker Rohrglanzgras-Dominanzbestand oder Weidelgras dominiertes Grünland). Als Kosten der Flächenvorbereitung sind bis zu 200 € je ha anzunehmen.

Die Etablierung per **Saat** gilt als kostengünstig, aber risikoreich. Für Rohrkolben ist sie nur für ebene Flächen geeignet, wo der Wasserstand in den ersten Wochen exakt (0-5 cm über Flur) regulierbar ist (Geurts und Fritz 2018). Kostenkalkulationen, insbesondere zur Saatgutgewinnung und Saatgutvorbereitung, sind nicht bekannt. Ist die Fläche mit herkömmlicher Technik befahrbar, können die reinen Aussaatkosten (Maschinen- und Lohnkosten) in Anlehnung an landwirtschaftliche Standardwerte auf 50-100 € je ha geschätzt werden.

Die Etablierung durch **Pflanzung** von Setzlingen ist risikoärmer, aber auch kostenintensiver. Kosten werden bestimmt von dem Ankaufpreis der Pflanzen, der Pflanzdichte und den Maschinen- und Lohnkosten der Pflanzung. Die Kosten für die Setzlinge variierten bei Pilotflächen zwischen 0,20 – 0,85 € je Pflanze. Die Pflanzdichten wurden zwischen 2.500 bis 10.000 bzw. 40.000 (kleinflächig!) Pflanzen je ha gewählt. Optimierungsbedarf besteht beim Pflanzvorgang. In Anlehnung an Standardkosten von Gemüsepflanzverfahren sind bei mehrreihiger Pflanztechnik (und entsprechender Befahrbarkeit der Fläche) Kosten von 500 bis 1.000€ je ha anzunehmen.

Kann für die **Bewässerung** kein freier Zulauf (z. B. aus höher gelegenen Vorflutern) erfolgen, ist eine aktive Bewässerung nur über Pumpen möglich, über einen anliegenden Stromanschluss oder dezentrale Solar- oder Windenergie, mit denen Pumpen betrieben werden. Im Einzelfall können Generator und mobile Pumpen einen erhöhten Wasserbedarf v.a. in der sensiblen Pflanz- beziehungsweise Keimungs- und Etablierungsphase absichern. Für solarbasierte Lösungen werden die anteiligen Investitionskosten auf 3.000 bis 4.000 € je ha geschätzt.

Tabelle 12: Spannweite der Etablierungskosten für Schilf- und Rohrkolbenkulturen je Hektar Netto-Produktionsfläche basierend auf Erfahrungen von Pilotflächen und Literaturangaben.

Kostenart		Kosten
Baumaßnahmen	€/ha	1.500 – 15.000
Flächenvorbereitung	€/ha	0 – 200
Bestandesetablierung		
Aussaat	€/ha	0 – 200
Pflanzgut (5.000 – 10.000 Pflanzen je ha, 0,30 – 0,85 €/Pflanze)	€/ha	1.500 – 8.500
Pflanzung	€/ha	500 – 5.500
Investition in Bewässerungstechnik	€/ha	0 – 4.000
Gesamt	€/ha	~2.000 – ~30.000

Laufende Kosten entstehen durch das Wassermanagement und die Flächenpflege, wie z. B. selektive Mahd zur Reduzierung unerwünschter Arten oder ein Pflegeschnitt während der Bestandesetablierung. Kosten für das Flächenmanagement (Bestandspflege, Kontrollaufwand, Strombedarf für Pumpen und Wartung) können erst aus laufenden und zukünftigen Pilotprojekten abgeleitet werden.

Schätzl et al. (2006) kalkulierten Erntekosten von 620 € (Häckselgut) bis 1.600 € (Bunde). Für die Ernte von Schilf mit raupenbasierter Spezialtechnik ermittelte Wichmann (2017) Kosten von ca. 400 €/ 420 € je ha für Häckselgut/ Ballen (Bandbreite 115 – 1.100 €) und 640 € je ha für Dachschilf-Bunde (Bandbreite 320 – 1.500 €).

Auf Hochmoorgrünland kommt die **Torfmooskultivierung** in Betracht. Die Erfahrungen stammen von einer Pilotfläche im Hankhauser Moor bei Oldenburg, wo unter Federführung der Universität Greifswald Torfmooskultivierung auf zunächst 4 ha dann 14 ha (seit 2011 beziehungsweise 2016) erprobt wird. Zur Flächenvorbereitung gehört das Abbunken des degradierten, aufgedüngten Oberbodens, der zur Anlage von Fahrdämmen genutzt wurde. Um hohe Torfmoos-Produktivitäten zu erreichen, muss der Wasserstand auf konstant hohem Niveau gehalten und mit dem aufwachsenden Torfmoosrasen sukzessive angehoben werden können. Daher erfolgte die Installation von automatischen Pumpen, die Anlage von Bewässerungsgruppen und Durchlässen sowie der Bau von regulierbaren Überläufen zum Abführen von Überschusswasser. Mit weiteren realistischen Optimierungen könnten die Etablierungskosten auf die Hälfte – knapp 50.000 € je ha – reduziert werden (Tabelle 13, Wichmann et al. 2020).

Tabelle 13: Etablierungskosten für eine Pilotfläche zur Torfmooskultivierung auf ehemaligem Hochmoorgrünland, angegeben als anteilige Kosten pro Netto-Produktionsfläche (€ je ha).

Daten aus		Szenario A	Szenario B	Ausblick
		Hohe Kosten	Mittlere Kosten	Reduzierte Kosten
		2011	2016	Schätzungen
Etablierung^a				
- Baumaßnahmen und Flächenvorbereitung	€ je ha	14.615	36.287	14.000
- Investition für Wassermanagement	€ je ha	45.952	22.334	10.000
- Sphagnum-Sprosse	€ je ha	58.467	34.779	20.000
- „Aussaat“	€ je ha	8.856	5046	5.000
Gesamt	€ je ha	127.862	98.446	49.000

Quelle: nach Wichmann et al. (2020). Etablierungskosten pro Netto-Produktionsfläche: in 2011 2 ha (cf. Wichmann et al. 2017), in 2016 für die Erweiterung um 3,6 ha, Gesamt: 5,6 ha.

Management und Erntekosten für **Torfmooskultivierung** werden für das Wassermanagement auf Kosten von rd. 2.700 € pro ha und Jahr Netto-Produktionsfläche angesetzt (z. B. Kontrollaufwand, Stromkosten). Bei der Bestandspflege entstanden die Kosten zu > 40 % durch die regelmäßige Mahd der Torfmoosflächen zur Unterdrückung von Gefäßpflanzen und der Verhinderung von Aussaat, weitere Arbeiten umfassen die Reinigung der Bewässerungsgruppen und das Mulchen der Fahrdämme. Im Schnitt einer Kulturrotation (5 Jahre) betragen die jährlichen Kosten rd. 7.400 € je ha. Die Ernte per Raupenbagger mit Mähkorb vom Fahrdamm aus, inklusive Transport per Schlepper und Dumper zum Feldrand führte zu Kosten von ~12.600 € je ha. Hier ist durch die Entwicklung von Erntetechnik, die über die Torfmoosflächen fährt, eine deutliche Kostenreduzierung zu erwarten.

4.2.5 Betriebliche Positionierung von landwirtschaftlichen Betrieben im Untersuchungsgebiet

In diesem Unterkapitel fassen wir die im Rahmen dieses Auftrags entstandene Betriebsanalyse der Landberatung im Landkreis Osterholz e.V., durchgeführt von Herrn Ansgar Wacker, zusammen. Die ausführlichen Ausführungen zur „Betrieblichen Positionierung“ sind in Anlage IV zu finden.

Allgemeine Erläuterungen zum Betriebsvergleich

Die Landberatung stellt die wirtschaftlichen Ergebnisse fünf ausgewählter Betriebe aus dem Bereich Teufelsmoor (AK Moorbetriebe/ Auswertungsgruppe) über einen Betrachtungszeitraum von drei vergangenen Wirtschaftsjahren (WJ = 1. Juli – 30. Juni) 2016/17, 2017/18 und 2018/19 einem Durchschnitt von „Osterholzer Referenzbetrieben“ (Vergleichsgruppe) gegenüber.

Die Auswertungsgruppe bewirtschaftet fast ausschließlich Grünlandflächen, die teils in Eigentum, teils von privat oder dem Landkries OHZ gepachtet sind. Auf Grund der extensiven Grünlandbewirtschaftung und dem damit einhergehenden Rückgang von Futtergräsern und einer nicht gegebenen Wirtschaftlichkeit wurde die Milchviehhaltung auf den Flächen eingestellt und auf Beweidung mit Mutterkuhherden und Nachzucht umgestellt. Ein Teil der Flächen wird ausschließlich gemäht, um Winterfutter zu produzieren. 16 Betriebe, die in Nachbarschaft des Teufelsmoor-GR-Gebiets wirtschaften, wurden als Vergleichsgruppe ausgewählt und liefern die vergleichende Datengrundlage. Als Vergleichsmaßstab wird der Reinertrag je Betriebseinheit herangezogen. Auf Grund eventueller außerordentlicher Einflüsse (u.a. widrige Anbau- und Erntebedingungen) einzelner Jahre, werden Jahresabschlüsse über einen Zeitraum von jeweils drei Wirtschaftsjahren herangezogen.

Vergleich der Betriebsbeschreibung

Die Auswertungsgruppe bewirtschaftet etwas mehr Fläche (\emptyset plus 30 ha) mit anteilig weniger Ackerfläche (\emptyset minus 29 ha), wodurch der Grünlandanteil steigt. Der Anteil an gepachteter Fläche ist bei der Auswertungsgruppe höher, aber über den Betrachtungszeitraum in beiden Auswertungsgruppen leicht rückläufig.

Insgesamt hält die Auswertungsgruppe weniger Vieh (\emptyset minus 109 VE), weshalb die Anzahl Vieheinheiten je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) dementsprechend niedriger ist als in der Vergleichsgruppe. In der Auswertungsgruppe stehen 0,9 RiVE und in der Vergleichsgruppe ca. 1,75 RiVE auf einem ha Hauptfutterfläche (HFF). Das ist ein Zeichen für die extensivere Viehhaltung auf der Fläche.

Die Tierhaltung besteht ausschließlich Mutterkuhhaltung, Jungviehaufzucht oder Mastrinderhaltung. Die Verkaufserlöse beim Rindvieh unterscheiden sich nur unwesentlich. Die Auswertungsgruppe hat auf Grund der geringeren Tierzahlen weniger Betriebseinheiten (BE) als die Vergleichsgruppe.

Für die Erledigung der Arbeit ist jedoch der gleiche AK-Besatz je 100 BE nötig, obwohl nur ca. die Hälfte der Vieheinheiten auf den AK-Moorbetrieben gehalten werden. Die Arbeitskräfte werden in der Außenwirtschaft benötigt. Extensive (Außen-)Bewirtschaftung erfolgt nach dieser Auswertung mit höherem Arbeitsaufwand. So fallen in der extensiven Weidehaltung viele Arbeiten an, die in der reinen Mähnutzung nicht anfallen und nicht durch Technik oder Maschinen ersetzt werden können. Solche Tätigkeiten sind z.B. das Weidezaun ziehen und die tägliche Kontrolle und Pflege der Weidezäune, die tägliche Kontrolle der Tiere und Tränken, ggf. Zufüttern der Tiere sowie das „Ausmähen“ abgeweideter Flächen.

Vergleich der Produktion

Während der erweiterte Ertrag je Vieheinheit (VE) um 1.500 € niedriger liegt, liegt der erweiterte Aufwand der Auswertungsgruppe hingegen nur um 600 € niedriger als in der Vergleichsgruppe. Hier fehlen rund 900 €/VE.

Der Reinertrag I (ohne Zulagen/Zuschüsse) schwankt in den drei betrachteten Wirtschaftsjahren erheblich. Im Mittel über die 3 Zeiträume hat die Auswertungsgruppe durchschnittlich 529 €/BE geringeren Reinertrag erwirtschaftet.

Im Reinertrag II (mit Zulagen/Zuschüssen) reduziert sich dieser Fehlbetrag für die AK-Moorbetriebe auf 151 €/BE.

Bei einer weitergehenden Betrachtung der Pachtbelastungen je ha bewirtschaftete Fläche ist die Auswertungsgruppe im Mittel über den betrachteten Zeitraum mit 80 €/ha geringer belastet als die Vergleichsbetriebe. Bezogen auf die geringeren Betriebseinheiten liegen die Pachtbelastungen der AK-Moorbetrieb jedoch um 42 €/BE höher im Mittel über den Vergleichsbetrieben in dem betrachteten Zeitraum. Das verschlechtert die Reinertragsdifferenz zusätzlich.

Bezogen auf die oberen 25% der Vergleichsbetriebe haben die AK-Moorbetriebe durchschnittlich 771 €/BE geringeren Reinertrag erwirtschaftet. Im Reinertrag II (mit Zulagen/Zuschüssen) reduziert sich dieser Fehlbetrag für die AK-Moorbetriebe auf 359 €/BE. Nur bei einem Bezug auf die unteren 25% der Vergleichsbetriebe erlangten die AK-Moorbetriebe im Reinertrag II (mit Zulagen/Zuschüssen) ein Plus von 83 €/BE. Dies ist betriebswirtschaftlich betrachtet keine Perspektive für einen zukunftsorientierten Betrieb.

Vergleich der Zusatzinformation

Im Vergleich generiert die Auswertungsgruppe in dem betrachteten Zeitraum wesentlich mehr Zulagen/Zuschüsse aus Agrarumweltauflagen (AUM). Diese Zuschüsse reichen aber nicht aus, um die geringere Wertschöpfung der Betriebe aufzufangen.

Die erschwerte wirtschaftliche Lage ist auch in den verhaltenen Ausgaben für Anlagezugänge erkennbar. Trotz Hofübernahme oder Einstieg der Hofnachfolger*in wurden im Mittel des betrachteten dreijährigen Zeitraum 183 €/BE oder rund 60.000 €/Betrieb geringere Anlagenzugänge getätigt als in der Vergleichsgruppe. D.h. betriebswirtschaftlich, die Betriebe veralten langsam und nehmen an der technischen Entwicklung nicht im gleichen Maße teil wie der Durchschnitt der Vergleichsgruppe.

Schlussbemerkung

Die Auswertungsgruppe sieht im ersten Moment besser aus als die Vergleichsgruppe: mehr Fläche, weniger Tiere, wesentlich mehr Zuschüsse bei geringeren Pachtzahlungen/ha LF.

Aber diesen Betrieben fehlen im Vergleich die Einnahmen in erster Linie aus der Tierhaltung, aber auch aus der Bodenproduktion. Der Reinertrag I liegt im Schnitt um 529 €/BE unter der Vergleichsgruppe. Selbst unter Berücksichtigung der Zuschüsse (Betriebsprämie, AUKM, etc.) liegt der Reinertrag II unter dem Reinertrag II der Vergleichsgruppe. Die höheren Zuschüsse, z.B. den AUKMs, heben den negativen Unterschied zu der Vergleichsgruppe nicht auf. Der Reinertrag der Auswertungsgruppe ist gerade mal so hoch, wie bei den minus25%-Betrieben der Vergleichsgruppe.

Der intensivere Arbeitsaufwand aufgrund der extensiven Bewirtschaftung wird nicht entsprechend entlohnt. Bei gleichzeitig zunehmendem Veralterungsgrad fehlt diesen Betrieben die Zukunftsperspektive, es sind sogenannte „Auslaufbetriebe“.

Eine Intensivierung der Tierhaltung ist auf diesen Standorten politisch nicht gewollt und nicht durchführbar. Der zusätzliche Arbeitsaufwand durch die Tierhaltung wird nicht honoriert und der Aufwuchs ist in einer intensiveren Viehhaltung nicht einsetzbar. Um ein annähernd entsprechendes Einkommen für die Betriebe zu generieren, müssen Betriebe einen höheren Ausgleich erhalten. Dies kann entweder durch höhere Ausgleichszahlung der AUKM oder höhere Erlöse aus der Bodenproduktion geschehen. Letzteres ist nur möglich, wenn der Aufwuchs von den Flächen neben der Verwertung durch die Tiere auch an Dritte mit sehr guten (überdurchschnittlichen) Erlösen veräußert werden kann.

Reinertrag:

- unterstellt schuldenfreien, nur auf Eigentumsflächen und nur mit entlohnten Arbeitskräften wirtschaftenden Betrieb, Kapital- und Bodenkosten werden nicht betrachtet
- Reinertrag = Gewinn (landwirtschaftliches Einkommen / ordentliches Ergebnis)
+ Fremdzinsen, Schuldzinsen
+ Pacht- und Mietzinsen
- Lohnansatz der betriebsnotwendigen familieneigenen Arbeitskräfte
- **Reinertrag I** (ohne Förderung) = Ergebnis ohne staatliche Zuschüsse und Prämien
- **Reinertrag II** (mit Förderung) = beinhaltet sämtliche erhaltenen Zulagen und Zuschüsse

Betriebseinheit (BE):

- „Maßstab“ außerhalb von Hektar oder Vieheinheit, um Betriebe mit unterschiedlicher Produktionsstruktur und unterschiedlicher Betriebsgröße untereinander vergleichbar zu machen, ermittelt an einem „idealtypischen“ Betrieb

- + Arbeitszeitbedarf
- + Investitionsbedarf für Maschinen & Betriebsvorrichtungen
- + variable Maschinenkosten
- + im „Normalfall“ anfallende Arbeiterledigungskosten
 - Kosten eines „idealtypischen“ Betriebes für 1 ha Getreideanbau als 1 BE festgelegt, Kosten anderer Produktionsverfahren dazu ins Verhältnis gesetzt.

Lohnansatz

Für die drei betrachteten Wirtschaftsjahre 2016/17, 2017/18 und 2018/19 wurde ein einheitlicher Lohnansatz in Anlehnung an die Vorgaben des „Testbetriebsnetzes Niedersachsen“ verwendet. Der Lohnansatz für 1 Betriebsleiter-Ak wird mit 38.000€/Ak und für 1 Familien-Ak mit 27.000€/AK berücksichtigt (Brutto-Werte).

5 Agrarpolitische Rahmenbedingungen

5.1 GAP: I. + II. Säule: aktuelle Entwicklungen

Aktuell wird der größte Teil des Agrarbudgets in der I. Säule (ca. 40 Mrd. EUR) für die Direktzahlungen ausgegeben. Die I. Säule enthält u.a. die entkoppelten Direktzahlungen, Greening, Umverteilung-Zahlungen, die Förderung von Junglandwirten, sowie die Zahlungen für Kleinerzeuger. Die sog. II. Säule enthält den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) (ca. 14 Mrd. EUR), über den die Maßnahmen der Ländlichen Entwicklungspläne wie Agrarumweltprogramme sowie andere Programme der ländlichen Entwicklung finanziert werden.

Im Juni 2018 hat die EU-Kommission einen neuen Reformvorschlag für die GAP nach 2020 vorgelegt, der mit einer Reihe von Maßnahmen mehr Umweltambitionen und eine effizientere, einfachere Umsetzung durch die Mitgliedsstaaten erreichen soll. Kernelemente sind hierbei die Eco-Schemes und die Konditionalität, die Cross-Compliance und Greening ersetzen sollen. Hier findet sich auch der Vorschlag für einen Standard für einen guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (neuer GLÖZ 2) zum "Angemessenen Schutz von Feucht- und Torfgebieten" mit dem Hauptziel des Schutzes kohlenstoffreicher Böden für den Klimaschutz. Zurzeit ist auf EU-Ebene in Verhandlung, welche Grundvoraussetzungen für diesen Standard festgelegt werden soll.

Der Vorschlag wurde des Weiteren im Ministerrat und dem EU-Parlament diskutiert. Im Frühjahr 2019 wurden Änderungen in den Agrar- und Umweltausschüssen des EU-Parlamentes beschlossen, die nun, stark verzögert durch die Europawahl 2019, den Brexit und die CoVid19-Pandemie, zwischen den Ausschüssen verhandelt und dann in die weiteren Verhandlungen eingespeist werden sollen. Bei den Änderungen spielt auch die Moorbewirtschaftung eine Rolle: Der Agrarausschuss hat mit einem Änderungsantrag die Aufnahme von Paludikultur als förderfähig für Direktzahlungen in der neuen GAP beschlossen. Dieser Vorschlag wird wahrscheinlich in der Position des Europäischen Parlaments für die weiteren Verhandlungen im Rahmen des Trilogs mit der Kommission und dem Ministerrat Bestand haben. Auch der Ministerrat ist in Positionsfindung, das BMEL bringt dort für Deutschland die Moorbewirtschaftung ebenfalls als Diskussionspunkt ein, jedoch wurde bisher noch keine abschließende Positionierung zwischen den Mitgliedsstaaten getroffen.

5.2 GAP-Umsetzung in Deutschland

Parallel zu den Prozessen auf EU-Ebene laufen die Ausgestaltungen der neuen GAP in den Mitgliedsstaaten, die durch die Nationalen Strategiepläne mehr Gestaltungsspielraum bekommen sollen. Für Deutschland ist dies in gewisser Weise ein Novum, da erstmals eine Ausgestaltung nicht nur durch die Programmierung auf Länderebene, sondern auch durch einen übergeordneten Strategieplan auf Bundesebene stattfindet (federführend ist das BMEL). Hierzu wurden zunächst eine Zustandsanalyse unter Aufführung der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT) und eine Bedarfsanalyse durchgeführt. Beide Dokumente benennen die klimagerechte Moorbodennutzung mit der Konsequenz der Anpassung des Wassermanagements als bedeutenden Faktor für den Klimaschutz in der Landwirtschaft. Aktuell wird der Strategieplan vom BMEL in Konsultation mit den Bundesländern und anderen Fachministerien vorbereitet. Hier wird z.B. auch die Ausgestaltung des GLÖZ 2 zum Moorbodenschutz in Deutschland festgelegt.

5.3 1.3 GAP-Umsetzung in Niedersachsen

Auf dritter Ebene wird in den Bundesländern die Programmierung der II. Säule-Programme wie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) vorbereitet. In Niedersachsen wurden durch das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in der Förderperiode 2014 - 2020 in Bezug auf Moorbewirtschaftung folgende Instrumente angeboten: Mit Hilfe der in ELER pro-

grammierten Maßnahme „Flächenmanagement für Klima und Umwelt (FKU)“ wurden im Zusammenhang mit der Flurbereinigung nicht nur vorbereitende Untersuchungen zum Klimaschutz, sondern vor allem auch der Flächenerwerb förderfähig. Außerdem wird das Landschafts- und Gebietsmanagement (LaGe) über den ELER angeboten und kofinanziert. Zudem ist sie mit der Maßnahme des EFRE („Klimaschutz durch Moorentwicklung“ KliMo) in einen fondsübergreifenden Ansatz eingebettet. Spezifische AUKM zum Moorbodenschutz gibt es bisher jedoch noch nicht.

Laut informellen Informationen aus den niedersächsischen Ministerien für Landwirtschaft und Umwelt (ML, MU) ist eine Förderung von Grünland mit hohen Wasserständen, ggf. Unterflurbewässerung (mindestens schwach torfzehend) und Paludikultur mit torferhaltendem Wassermanagement in Diskussion. Für ausgewählte, größere Mooregebiete soll ein umfassendes und langfristiges Gebietsmanagement anknüpfend an die bestehende LaGe-Richtlinie eingeführt werden. Dabei sollen die verschiedenen Phasen (Kooperation, Gutachten/Konzepte, Investition, Förderung moorschonender Bewirtschaftung) durch Kombination von aufeinander abgestimmten Fördermaßnahmen unterstützt werden. Hier können große Chancen für die weitere Entwicklung der klimafreundlichen Moorbewirtschaftung im Untersuchungsgebiet liegen.

In Tabelle 14 ist eine Auswahl derzeit bestehender Fördermöglichkeiten über die II. Säule der GAP in Niedersachsen aufgelistet, die auch im Untersuchungsgebiet genutzt werden. Weitere Fördermöglichkeiten im Kontext der Herstellung hoher Wasserstände, Flächenbewirtschaftung bei hohen Wasserständen sowie flankierender Maßnahmen wie Kooperationsaufbau und Konzeptionierung neuer (Naturschutz-)Produkte sind auf der Webseite www.moorwissen.de/de/moore/tools/foerdermoeglichkeiten zusammengefasst. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Programmen sind auf den Webseiten der genannten Quellen abrufbar. Die aufgeführten Programme gelten im Rahmen der II. Säule der GAP vorerst bis zum Ende der laufenden Förderperiode 2022.

Tabelle 14: Auswahl bestehender Programme der II. Säule in Niedersachsen.

Programm	Bedingungen	Kulisse
GL 1 - Extensive Bewirtschaftung von Dauergrünland (AUKM)	umweltgerechte Bewirtschaftung durch Verringerung von Betriebsmittelanwendung und Vorgabe des ersten Schnitttermin	landesweit, keine Flächen die Anspruch auf Erschwernisausgleich haben
GL 2 - Einhaltung einer Frühjahrsruhe auf Dauergrünland (AUKM)	GL 21 Grundförderung: u.a. Einschränkungen bei Bodenbearbeitung, Mähen, Düngen, Beweidung 20.3.-5.6., GL 22 - Zusatzförderung - Wiesenvogelschutz, u.a. hohe Wasserstände bis 31.5.	GL 21: landesweit, keine Flächen die Anspruch auf Erschwernisausgleich haben, GL 22: in bestimmten Naturschutzkulissen
GL 4 - Zusätzliche Bewirtschaftungsbedingungen zum Erschwernisausgleich (AUKM)	von UNB festgelegte Nutzungsauflagen	Dauergrünland in Schutzgebieten mit entsprechenden Bestimmungen u.ä.
GL 5 - Artenreiches Grünland (AUKM)	mind. 4/6/8 Kennarten wertvoller Grünlandvegetation	landesweit, keine Flächen, die Anspruch auf Erschwernisausgleich haben, soweit Nutzung oder Düngung eingeschränkt sind
Landschaftswerte	u.a. Netzwerke von Partnerbetrieben und -initiativen, Entwicklung und Vermarktung von Naturschutzprodukten; Konzeptionelle	landesweit, gleichzeitige Förderung mit anderen Landes- und EU-Mitteln für denselben

	Vorhaben im Rahmen des Kulturlandschafts- und Naturerbes; Renaturierungsmaßnahmen	Zweck nicht zulässig, Höchstfördersatz 65%
Landschaftspflege und Gebietsmanagement	u.a. Management der Zusammenarbeit zur Umsetzung von naturschutzbezogenen Projekten und Konzepten für Naturschutz- und AUKM; Projektentwicklung, Erstellung und Fortschreibung von Studien und Entwicklungskonzepten insb. in Natura-2000-Gebieten	Landesfläche von Niedersachsen und Bremen

¹ ML (2020a), ² ML (2020b), ³ ML (2020c), ⁴ ML (2020d), ⁵ NBank (2020), ⁶ NLWKN (2020)

Im Untersuchungsgebiet werden rd. 1.700 ha Landkreis-eigene Flächen in den bestehenden Schutzgebieten an landwirtschaftliche Betriebe verpachtet. Aufgrund förder- und haushaltsrechtlicher Vorgaben ist es aktuell auf rd. 1.500 ha dieser Flächen den Betrieben nicht möglich, Mittel aus der II. Säule zu beantragen. Die Flächen werden zu unterschiedlich stark reduzierten Pachtpreisen verpachtet. Bei durchschnittlichen regionalen Pachtpreisen von rd. 140-200 EUR/ha fällt jedoch selbst eine 100% Pachtreduktion wesentlich geringer aus als die möglichen betrieblichen Einnahmen durch die Anmeldung von AUKM. Erhöhte betriebliche Aufwendungen einer angepassten Bewirtschaftung bei hohen Wasserständen können damit nicht ausgeglichen werden.

Um etwaige Doppelförderungen zu vermeiden und trotzdem die Teilnahme von (ökologisch wirtschaftenden) Betrieben an AUKM-Programmen auf Flächen der öffentlichen Hand zu ermöglichen, hat das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2017 einen Erlass zur konkreten Ausgestaltung von Pachtverträgen an die ausführenden Ämter verschickt (Erlass 108-27022-01). Dieser Erlass greift jedoch nicht für die Flächen im Eigentum des Landkreises Osterholz, die im Rahmen des GR-Projektes angekauft bzw. übernommen wurden. Möglich wäre auf diesen Flächen ggf. die Honorierung ökologischer Leistungen über andere Finanzierungsinstrumente, siehe Kapitel 7.

6 Aufwuchsverwertung

In Kapitel 2 wird die Bandbreite von Nutzungsarten feuchter und nasser Standorte aufgezeigt sowie die aktuell bestehenden Verwertungsverfahren – ebenfalls in ihrer Breite. Im Folgenden wird nun auf diejenigen Verwertungsverfahren vertieft eingegangen, die konkret für die derzeit anfallenden Aufwüchse im GR-Gebiet geeignet sind. Zudem werden Verfahren vorgestellt, die mittelfristig für das Teufelsmoor interessant werden können, etwa, wenn sich ökonomische und rechtliche Rahmenbedingungen geändert haben (vgl. Kapitel 4).

In vielen Regionen Deutschlands und Europas treten ähnliche Fragestellungen wie in der LEADER-Region im Kontext der Aufrechterhaltung von (landwirtschaftlicher) Nutzung und Naturschutzanforderungen sowie der Verwertung des Aufwuchses auf. Diverse regionale Ansätze und Initiativen sowie nationale und internationale Forschungs- und Umsetzungsprojekte beschäftigen sich damit, in welcher Weise Landschaftspflegematerial – (überständige) halmgutartige Biomasse, Baumschnitt, etc. – wirtschaftlich verwertet werden kann, um die Landschaftspflege bzw. landwirtschaftliche Nutzung langfristig aufrecht zu erhalten. Im Anhang X ist eine Auswahl von Vorhaben, die sich mit dieser Fragestellung in den letzten Jahren beschäftig(t)en und die Breite der Ansätze aufgezeigt. Im Zuge der Suche nach Möglichkeiten zum Ersatz fossiler Rohstoffe in der Bioökonomie wird Landschaftspflegematerial zunehmend in den Blick genommen. Es liegen diverse technisch vorhandene Verarbeitungsmöglichkeiten vor. Oft sind diese Verfahren jedoch (noch) relativ kostenaufwendig bzw. konkurrieren mit kostengünstigen Produkten und Verfahren auf der Basis etablierter fossiler Rohstoffe. Die Ansätze reichen von stofflichen Verarbeitungen, z.B. zu Dämmstoffen, Papier und Kartonage, biobasierten Plastik und Biokompositen, der Verkohlung zu Aktivkohle oder Biokohle, zu verschiedenen energetischen Nutzungen, wie die Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse und der Strom- und Wärmeerzeugung durch Biogasproduktion aus Nass- oder Trockenfermentation oder Verbrennung des Halmgutes. Einzelne Verwertungsverfahren werden in Kapitel 6.4 genauer betrachtet. Der Anhang X enthält eine Linkliste zu den Projekten und Projektpartnern, um aktuelle Entwicklungen und Ergebnisse verfolgen zu können.

6.1 Biomassequalität und Eignung für Verwertungsverfahren

Die Aufwüchse im GR-Gebiet und allgemein von nassen Moorstandorten können hohe Erträge bringen. Dies ist abhängig von den Nährstoffbedingungen im Boden und Wasser. Da überstaute Flächen i.d.R. nicht gedüngt werden können, muss die Nachlieferung aus dem Boden und über das Wasser gewährleistet sein. Die Niedermoorflächen in der Hammeniederung haben einen höheren Nährstoffstatus als die Hochmoorflächen im Teufelsmoor und können heute bei höheren Wasserständen Erträge um die 6 t TM/ha*a erbringen. Dies ist auch abhängig von den ausgebildeten Pflanzenbeständen. Feuchtgebietspflanzen können hochproduktiv sein.

6.1.1 Futternutzung

Die Aufwüchse im Untersuchungsgebiet haben sich durch die Anhebung der Wasserstände im GR-Gebiet von Süßgras-dominierten Saatgrasländern in natürlicher Sukzession zu Pflanzengemeinschaften wie Großseggenried, Flutrasen, Feuchtgrünland und Rohrglanzgrasröhrichten (siehe Kapitel 3.7) entwickelt. In diesen Vegetationseinheiten treten typische Pflanzenarten der Niedermoorvegetation auf: Seggen, Binsen und verschiedenen Süßgräser wie Wasserschwaden oder Rohrglanzgras. Diese Arten haben geringere Futterwerte als die sonst eingesetzten Saatgrasland-Arten (z.B. Lieschgras, Weidelgras, Rotschwengel, Wiesenschwengel, Knaulgras). Saatgrasland-Arten haben in der Regel Futterwerte zwischen 8 und 9. Die Futterwerte nach der feuchten-nassen Standorte weisen dagegen Futterwerte

nach Klapp zwischen 2 bis max. 7 auf (vgl. Tabelle 15). Eine Futternutzung ist damit nicht ausgeschlossen. Ökologisch und ökonomisch nachhaltige Verfahren der futterbaulichen Nutzung stark vernässter Standorte, die darüber hinaus den hohen Standards des Tier- und Verbraucherschutzes genügen, müssen jedoch noch weiter untersucht und entwickelt werden. Die Bestände können sehr ertragreich sein, was die Erntemenge und die Biomassequalität angeht, können aber auch sehr zellulose- und ligninhaltig sein und sind damit insbesondere für die Wiederkäuerfütterung schwierig bis ungeeignet. Neben der Zusammensetzung der Pflanzenarten ist vor allem der Schnitzeitpunkt maßgeblich für die Biomassequalität. Für eine Schnittnutzung für die Heugewinnung kommen nur einige Süßgräser mit hinreichender Futterqualität in Frage: z.B. Rohrglanzgras, Riesen-Straußgras und Großer Wasserschwaden. Die Heugewinnung von diesen Pflanzenbeständen ist je nach sommerlichen Grundwasserständen aufwändig. Die verbreiteten Flutrasengesellschaften mit Weißem Straußgras, Knick-Fuchs-Schwanz und Flutendem Schwaden (*Glyceria fluitans*) eignen sich hingegen nicht oder wenig für die Schnittnutzung. Durch die nur niedrige Schnitthöhe der niedrig-wüchsigen Bestände sind sie aus futterhygienischen Gründen ungeeignet. Außerdem beherbergen diese Bestände oftmals Giftpflanzen wie Gifthahnenfuß und Sumpf-Schachtelhalm (Müller und Sweers 2016). Rohrglanzgrasbestände eignen sich hervorragend für Pferdefutter, da für die Pferdezucht strukturreiches Futter mit geringerem Futterwert benötigt wird, um Verfettung sowie anderen „Wohlstandserkrankungen“ wie Laminitis, EMS und ECS vorzubeugen (Zielke 2016). Das Rohrglanzgras kann dafür relativ spät geerntet werden, vorausgesetzt futterhygienische Aspekte werden berücksichtigt und eine zügige Trocknung nach der Ernte ist gewährleistet. Der Große Wasserschwaden dagegen benötigt eine relativ frühe Ernte, noch vor der Ausbildung der Ähre, um verwertbares Futter zu erzeugen, da die Bestände früh zusammenfallen und dann nur noch kaum mit der Erntetechnik erfasst werden können. Da zusätzlich die Trocknung der dicken Blätter problematisch ist, bietet sich für diese Art die Silierung zur Futterkonservierung an. *Glyceria maxima* zeigt hinreichend hohe Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten auf. Hier besteht jedoch noch Untersuchungsbedarf in Bezug auf die Fütterungseignung, da durch den frühen Schnitt der Feuchtgehalt sehr hoch ist und einem effizienten Anwelken entgegensteht (Müller und Sweers 2016).

Auch Rohrkolben scheint ein gutes Potential für die Futternutzung zu haben. Untersuchungen aus den Niederlanden zeigen, dass der frühe Schnitt im Mai die höchsten Futterwerte und Nährstoffgehalte mit einem Rohproteingehalt von 127 g/kg TM aufweist (Pijlman et al. 2019). Spätere Schnitte sind ungeeignet, da dann der Ligningehalt zu hoch ist. Interessant ist auch der hohe Selen-Gehalt in der frischen Biomasse, da Selen normalerweise ein Mangel-element darstellt (Pijlman et al. 2019). Jedoch ist die Mahd auf nassen Flächen technisch nur mit Spezialmaschinen (Raupentechnik) zu bewerkstelligen, es kann zu Konflikten mit dem Naturschutz durch die Ernte in der Vogelbrutzeit kommen und es ist noch unklar, ob die frühe Schnittnutzung stabile Erträge bringt.

Im Anhang (VI) werden in Pflanzenporträts aus der DPPP (Database of Potential Paludiculture Plants) weitere Informationen zum Anbau, Nutzung und Pflanzen-Charakteristika aufgezeigt. Folgende auch für das Untersuchungsgebiet relevante Arten werden in einzelnen Porträts vorgestellt (in englischer Sprache): *Agrostis canina*, *Agrostis gigantea*, *Agrostis stolonifera*, *Alopecurus arundinaceus*, *Alopecurus geniculatus*, *Carex spp.*, *Glyceria maxima*, *Juncus effusus*, *Lotus pedunculatus*, *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis*.

Tabelle 15: Futterwerte von typischen Pflanzen nasser Moore. Die Futterenergie entspricht der Nettoenergie Laktation (NEL); aus Müller und Sweers (2016).

Lat. Name	Deutscher Name	Futterenergie in MJ NEL / kg TM	Futterwerte nach Klapp
<i>Agrostis stolonifera</i>	Weißes Straußgras	5-7,5	7
<i>Alopecurus geniculatus</i>	Knick-Fuchsschwanz	5,5-7,2	4-5

<i>Carex acutiformis</i>	Sumpf-Segge	5,1-5,8	2
<i>Glyceria maxima</i>	Großer Wasserschwaden	5,5-7,3	5
<i>Lotus pedunculatus</i>	Sumpfhornklee	4,2-6,2	7
<i>Phalaris arundinacea</i>	Rohrglanzgras	4,5-7,1	6
<i>Phragmites australis</i>	Schilf	3,6-5,7	3

Nasse Wiesen wurden und werden durch Mahd genutzt. Allgemeine Gründe dafür sind neben der Lage der Flächen (z.B. Entfernung zum Stall) der betriebliche Bedarf an Winterfutter und Streu sowie die Möglichkeit, die Artenzusammensetzung durch den Schnitt zu optimieren. Daneben spielt die weitgehende Schonung der trittsensitiven Narbe sowie die Förderung von hochwachsenden Grasarten eine wichtige Rolle. Die heutige Weidenutzung in Feuchtgebieten ist meist weniger ökonomisch als landschaftspflegerisch motiviert. Versuche mit Extensivrinderrassen, wie dem Heckrind auf wiedervernässten Standorten im Vollweidesystem sind meist aus ökonomischen Gründen gescheitert (Müller und Sweers 2016). Wasserbüffel dagegen sind wesentlich besser an ganzjährig nasse Standorte angepasst. Sie verwerten auch energieärmere Biomasse, bevorzugen aber auch energiereichere Aufwüchse. Je geringwertiger der Pflanzenbestand, desto größer muss der Selektionsspielraum sein, was geringere Besatzdichten zur Konsequenz hat (Müller und Sweers 2016). Mehr Information zum Büffel-Management siehe Kapitel 2. Besonders sinnvoll scheint die Wasserbüffelhaltung für die Zurückdrängung von Schilf-Dominanzbeständen sowie die Verwertung von schnittunwürdigen Flutrasengesellschaften zu sein. Die Nutzung von nassen Standorten als Teilweide kann grundsätzlich mit herkömmlichen Fleischrinderrassen, die geringere Ansprüche an die Futterqualität haben, durchgeführt werden (siehe Kapitel 2). Hier sollte darauf geachtet werden, dass die nassen Bereiche durch Auszäunung zuerst aufgesucht werden, damit diese Biomasse nicht erst dann zur Verfügung steht, nachdem sich der Futterwert nicht noch weiter verschlechtert hat (Müller und Sweers 2016). Es gibt in Deutschland viele Betriebe, die bereits Erfahrungen mit der Beweidung nasser Standorte haben. Praktische Tipps zum Weidenmanagement können auch Verbände oder Vereine geben:

- Der Verein NaturWeiden Donaumoos setzt sich für eine naturnahe Beweidung im Schwäbischen Donaumoos ein: www.naturweidendonaumoos.de
- Der Wasserbüffelverband „Golden Buffalo“ vernetzt und vermarktet Wasserbüffel www.golden-buffalo.de
- ABU - Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V. hat im Verbund einen Praxisleitfaden für die Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung „Wilde Weiden“ erarbeitet und kann hier heruntergeladen werden: <https://www.abu-naturschutz.de/veroeffentlichungen/wilde-weiden> ; weiterhin empfehlenswert: „Naturnahe Beweidung und Natura 2000“ (2019). Ansprechpartnerin: Frau Bunzel-Drücke
- Der Verein Bunde Wischen (Ansprechpartner: Geschäftsführer Gerd Kämmer) bewirtschaftet Flächen der Landesstiftung S-H und hat eine große Expertise zu Weidetieren und Standorten: www.bundewischen.de
- Die Ökologische Station Oste-Region hat Erfahrung mit nasser Beweidung, (Ansprechpartnerin: Leiterin Sarina Pils) <https://niedersachsen.nabu.de/wir-ueber-uns/organisation/oekologische-stationen/osteregion/index.html>

6.1.2 Energetische Verwertung

Das Mähgut von nassen Mooren kann als Rohstoff für die direkte Verbrennung zur Wärme- (und Stromproduktion) verwendet werden. Eine höhere Wertschöpfung kann ggfs. durch eine Veredelung der Biomasse zu flüssigen und gasförmigen Biokraft- oder Biotreibstoffen erreicht werden.

6.1.2.1 Eignung der Biomasse aus nassen Mooren als fester Energieträger für die Verbrennung

Die Brennstoffqualität von halmgutartiger Biomasse aus nassen Mooren wird durch chemische, brennstofftechnische und physikalisch-mechanische Eigenschaften bestimmt, welche je nach Pflanzenart, Erntezeitpunkt und Brennstoffaufbereitung variieren. Der Brennstoff kann durch technologische (Form, Größe, Roh-, Schütt- und Lagerungsdichte, Wassergehalt) und verbrennungstechnische Kenngrößen (Heiz-, Brennwert, flüchtige Bestandteile, Aschegehalt, -inhaltsstoffe, und -schmelzverhalten) charakterisiert werden (Wulf et al. 2008).

Für die Qualität der Brennstoffe sind neben den physikalischen Eigenschaften, die vor allem die Logistik und Aufbereitung betreffen, auch chemische Eigenschaften ausschlaggebend. Die chemische Zusammensetzung der halmgutartigen Brennstoffe ist beispielhaft in

Tabelle 16 im Vergleich zu Fichtenhack dargestellt. Hier werden ausschließlich die feuerungsrelevanten Eigenschaften aufgeführt.

Biogene Festbrennstoffe bestehen aus Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N) und diversen Spurenelementen. Für die Verbrennung und den Heizwert sind vor allem die erstgenannten Stoffe maßgebend. Stickstoff (N), Schwefel (S), Chlor (Cl), Spurenelemente und Schwermetalle werden mit der Asche und durch die Rauchgase ausgetragen. Vor allem Stickstoff, Schwefel und Chlor sind für den Emissionsausstoß von hoher Bedeutung.

Tabelle 16: Heizwert, Wassergehalt und chemische Analyse der Brennstoffe im Vergleich nach a) Wulf et al. (2008) bzw. b) durchschnittliche Werte bei Ernteterminen Juni-Sept., Hochberg et al. (2011).

Elementaranalyse								
Probe	Heizwert	C	H	O	N	S	Cl	Asche
	MJ/kg atro	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Fichtenhack (a)	19,1	48,67	6,70	43,66	0,40	0,037	0,003	0,53
Schilfrohr (a)	18,0	46,82	6,30	41,57	0,44	0,140	0,230	4,51
Rohrglanzgras (a)	17,5	43,29	5,79	38,17	1,17	0,190	1,390	10,00
Rohrglanzgras (b)	16,9	46,43	6,19	40,29	1,56	0,263	0,873	5,27
Schnabelsegge (b)	17,0	47,09	5,98	38,46	1,47	0,204	0,518	6,8

Die Biomasse von nassen Mooren kann, insbesondere bei einer späten Ernte im Herbst oder Winter gut als Festbrennstoff genutzt werden. Zahlreiche Praxisbeispiele bestätigen die gute Verbrennungseignung der Pflanzenarten in Reinform oder in Mischung mit Holz, z.B. als Hackschnitzel (Wulf et al. 2008; Barz et al. 2012; Wichtmann et al. 2019; Hochberg et al. 2011; Dahms et al. 2017).

Der Zeitpunkt der Ernte wirkt sich maßgeblich auf die Möglichkeit der weiteren Verwertung aus, da sich die Inhaltsstoffe und der Wassergehalt im Verlauf der Vegetationsperiode ändern. Bei einer Sommerernte mit angewelkter Biomasse (Wassergehalt 30-40%) ist es ohne zusätzliche Trocknung nicht möglich, die Biomasse lose oder als Rund-/ oder Quaderballen einzulagern oder eine Pelletierung oder Brikettierung anzuschließen. Insofern ist eine reguläre Heuaufbereitung erforderlich. Für die Produktion von lagerfähigen Briketts und Pellets muss die Biomasse entsprechend trocken sein (WG unter 15 %).

Die Verbrennungseignung von Halmgütern hängt neben ihrem Heizwert und Aschegehalt stark von den Gehalten an verbrennungskritischen Inhaltsstoffen (z.B. N, S und Cl) ab (Oehmke und Wichtmann

2016), die im Vergleich zu Holz weitaus höher liegen (siehe Tabelle 17). Entsprechende Anpassungslösungen für die Anlagen sind verfügbar.

Tabelle 17: Verbrennungskritische Inhaltsstoffe (% TM) sowie Asche- und Wassergehalt von Schilf und Rohrglanzgras aus Niedermooren (Winterernte) im Vergleich zu Holz (aus Oehmke und Wichtmann 2016).

	Schilf	Rohrglanzgras	Holz	Miscanthus	Getreidestroh
Cl	0,04–0,13	0,02–0,23	0,004–0,006	0,1–0,5	0,19–0,40
K	0,06–0,11	0,08–0,31	0,13–0,35	0,31–1,28	1,01–1,68
S	0,1–0,2*	0,11–0,34*	0,02–0,05	0,04–0,19	0,06–0,09
N	0,38–0,65	0,72–1,4	0,13–0,54	0,19–0,67	0,42–0,55
Asche (550°C)	3,2–5,5	2,0–7,0	0,5–2,0	1,6–4,0	4,8–5,9
Wassergehalt%	10–18	16–19	15–30	16–62	15

Die Halmgüter weisen gegenüber Holz erhöhte Chlor-, Schwefel- und Aschegehalte auf. Das Chlor bewirkt neben den Emissionen eine Absenkung des Ascheerweichungspunktes und sorgt (zusammen mit S) für Korrosion an der Anlagentechnik. Die hier angeführten Chlor-Werte sind insbesondere für Rohrglanzgras als hoch einzustufen. Die Höhe der Chlor-Werte ist stark von Standort und Erntezeitpunkt abhängig. Ähnlich verhält es sich mit den Schwefel- und Aschegehalten. Ein erhöhtes Aufkommen an Asche bei der Verwertung von Halmgütern (2 – 7 %) gegenüber Holz (0,5 -2 %) bedeutet eine stärkere Belastung und Beanspruchung der Anlagentechnik (Abrasion, Ascheaustrag) sowie einen erhöhten Reinigungsaufwand durch das Personal. Zusätzlich ist von einer Zunahme der Verschlackung der Roste und einer daraus resultierenden Effizienzminderung der Anlage auszugehen.

Auf die Abgasqualität können sich auch Arsen, Cadmium, Blei und andere Schwermetalle in der Biomasse auswirken. Weitere Parameter, bei denen Grenzwerte in den Abgasen nicht überschritten werden dürfen, sind CO-NOx und Staubgehalte (Hochberg et al. 2011). Diese sind i.d.R. von der Anlagenführung (Luftzufuhr) und der technischen Abgasbehandlung abhängig und über entsprechende Steuerung auf tolerierbarem Niveau einstellen. Es bestehen diverse Möglichkeiten, die Gehalte verbrennungskritischer Inhaltsstoffe zu beeinflussen (Auswaschungsverfahren, späte Erntetermine, Durchregnenlassen des Heus auf der Fläche) bzw. deren negative Wirkung in der Verwertungsanlage, z.B. durch Mischung mit Holz zu verringern.

Die Biomasseeigenschaften für die Verbrennung können durch eine späte Mahd im Herbst oder Winter verbessert werden. Dabei verbleibt die Biomasse vom Absterben der Pflanze bis zur Mahd mehrere Monate im Feld und viele Nährstoffe werden entweder während des Absterbens der oberirdischen Pflanzenteile ins Wurzelsystem zurückverlagert oder durch Niederschläge ausgewaschen.

Biomasse-Ernte und Aufbereitung für die thermische Verwertung

Grundsätzlich gilt, je homogener der Brennstoff, desto besser kann die Feuerungsanlage an den Brennstoff angepasst werden und desto höher sind der erreichbare Wirkungsgrad und die Zuverlässigkeit der technischen Abläufe. Die Homogenität betrifft sämtliche Brennstoffeigenschaften, wie Gehalte an Inhaltsstoffen, Wassergehalt, Stückgröße. Die verschiedenen Aufbereitungsformen von halmgutartiger Biomasse (lose, Rundballen, Briketts, Pellets) unterscheiden sich im Hinblick auf Homogenität und Dichte. Die Logistikkette für die Produktion von Heu und Rundballen ist bekannt und erprobt. Logistische Fragen wie Transport und Lagerung müssen an der Art der Aufbereitung der Biomasse angepasst sein. So erreicht Halmgut als Rundballen etwa 2/3 der Schütt- und Lagerungsdichte im Vergleich zu Fichtenhackgut, loses Schilf oder Rohrglanzgras (Heu) fast nur ein Zehntel (Abbildung 34). Trockene Schilf-Briketts können durchschnittlich eine Lagerungsdichte von 450 kg m⁻³, Seggenpellets von ~675 kg m⁻³ aufweisen (Dahms et al. 2017).

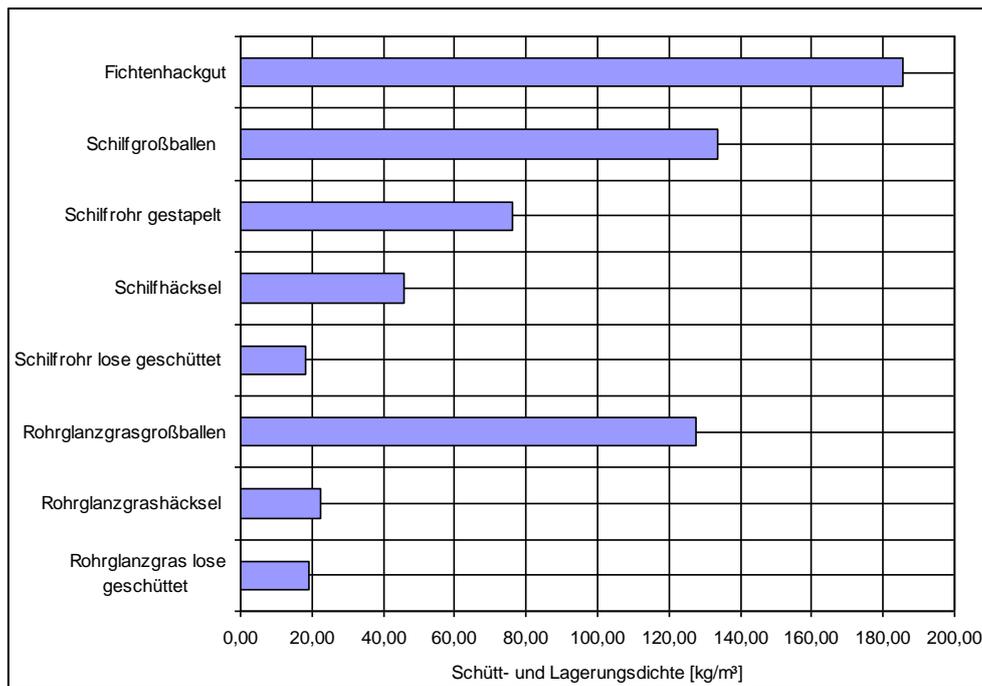


Abbildung 34: Schütt- und Lagerdichten mit Wassergehalt (Fichtenhack 30-50%, Schilf 9,5%, Rohrglanzgras 13%) im Vergleich (nach Wulf in Wichmann und Wichtmann 2009).

Da Quaderballenpressen deutlich höhere Gewichte als Rundballenpressen aufweisen, kommen aufgrund der eingeschränkten Tragfähigkeit von nassen Moorböden nur Rundballenpressen zum Einsatz. Die Homogenität innerhalb und zwischen einzelnen Ballen kann stark variieren. Entsprechend sind sie als Brennstoff eher für mittlere und große Feuerungsanlagen geeignet. Häckselgutketten sind bei Gras, Miscanthus und Mais etabliert und bei Niedermoorpflanzen wie Schilf und Seggen erprobt. Halmgut lässt sich durch Mähmulcher und Feldhäcksler auf der Fläche oder nach der Ernte durch Hammermühlen zu Häckseln verarbeiten. Je nach Länge der Häcksel können sehr geringe bis hohe Lagerungsdichten erreicht werden. Herausforderungen hierbei sind Staubemissionen, Biomasseverluste und trockene Lagerung. Häckselgut kann direkt verfeuert oder zu Briketts und Pellets weiterverarbeitet werden.

Die verhältnismäßig geringe Lagerungsdichte von Halmgutballen erfordert große Lagerkapazitäten, zumal die Biomassernte nur einmal im Jahr erfolgt. Bei Lieferung direkt von der Fläche zum Heizwerk findet die Lagerung am Heizwerk statt. Erfolgt die Lagerung durch den Erzeuger ist die Anlage von Mieten am Feldrand oder am Hof möglich sowie die Lagerung unter Dach. Durch Luftzutritt bzw. Belüftung kann eine Nachtrocknung der Biomasse stattfinden, die die Lagerfähigkeit und den Heizwert verbessert. So sank im ENIM-Projekt der Wassergehalt von Rohrglanzgras-Rundballen im überdachten Lager im Zeitraum März bis September von knapp 30 % auf 11 %.

Pellets und Briketts (nach Wichmann und Wichtmann 2009)

Die Kompaktierung macht den Brennstoff transportwürdiger, Qualitätsstandards sind festgelegt und Qualitätsschwankungen sind wesentlich geringer als bei Rundballen. Die Erzeugung von Briketts oder Pellets aus Halmgut wie Stroh, Heu, Schilf oder in Mischung mit Holz ist technisch erprobt. Zu den Vorteilen von Presslingen zählen die deutlich höhere Energie- und Schüttdichte sowie der verringerte Bedarf an Lagervolumen. Der Transport kann z. B. mit Sattelkippern oder einem Pumptankwagen erfolgen. Für die Lagerung ist ein geschlossenes Gebäude erforderlich. Pellets erleichtern die Brennstoffzuführung bzw. -dosierung und sorgen für einen gleichmäßigeren Abbrand mit geringeren Emissionen. Sie eignen sich auch für automatisch beschickte Kleinf Feuerungsanlagen. Der Einsatz von Mischpellets (Halmgut + Holz) ermöglicht die „Verdünnung“ potentiell kritischer Inhaltsstoffe, wodurch das Risiko

hinsichtlich Verschlackung, Korrosion und schädlicher Emissionen vermindert wird. Demgegenüber steht die erhebliche Verteuerung des Produktionsverfahren und somit des Brennstoffs durch den Pelletierschritt (Investitionskosten für die Pelletieranlage, Personalkosten, Energieeinsatz).

Vorteile von Pellets und Briketts (bei Durchmesser unter 20 mm = Pellets, darüber Briketts) sind ihre höhere Dichte und Homogenität, die eine bessere Anpassung der Feuerungstechnik sowie eine Vereinfachung der Zuführung erlauben. Die Beschickung der Anlage kann über Schnecken und Pumpen erfolgen. Daher ist das Handling mit deutlich geringerem Aufwand verbunden und ein hoher Automatisierungsgrad kann erreicht werden. Halmgutpellets müssen für die Verbrennung in Kleinfeuerungsanlagen entweder genormte DIN-Vorgaben erfüllen oder speziell vom Anlagenhersteller typengeprüft und zugelassen werden. Pellets können nicht nur energetisch, sondern auch als Einstreu genutzt werden, dann ggf. in Kaskadennutzung, d.h. mit anschließender Verwertung in einer Biogasanlage.

Unterschiedliche Verwertungswege bei verschiedener Aufbereitung der Biomasse

Grundsätzlich sind verschiedene Verfahren zur Nutzung von Biomasse nasser Standorte als Festbrennstoff möglich (Abbildung 35). Erfolgt die Anlieferung der Materialien in Form von Ballen kann je nach Art der Verwertungsanlage eine Ballenauflösung erforderlich sein. Hier kommen Ballenauflöser, Häckler oder Brecher zum Einsatz. Für den Betreiber der Anlage bedeutet das einen personellen und wirtschaftlichen Mehraufwand gegenüber einer Verbrennung von z.B. Holzhackschnitzeln. Die Ballenauflösung ist durch eine starke Volumenzunahme und durch ein Absinken der spezifischen Energiedichte geprägt. Die Struktur des Brennmaterials ändert sich dabei je nach Verfahren der Ballenauflösung, worauf die anschließenden Fördertechniken (Kratzketten, Schnecken oder Schubstangen) ausgerichtet sein müssen.

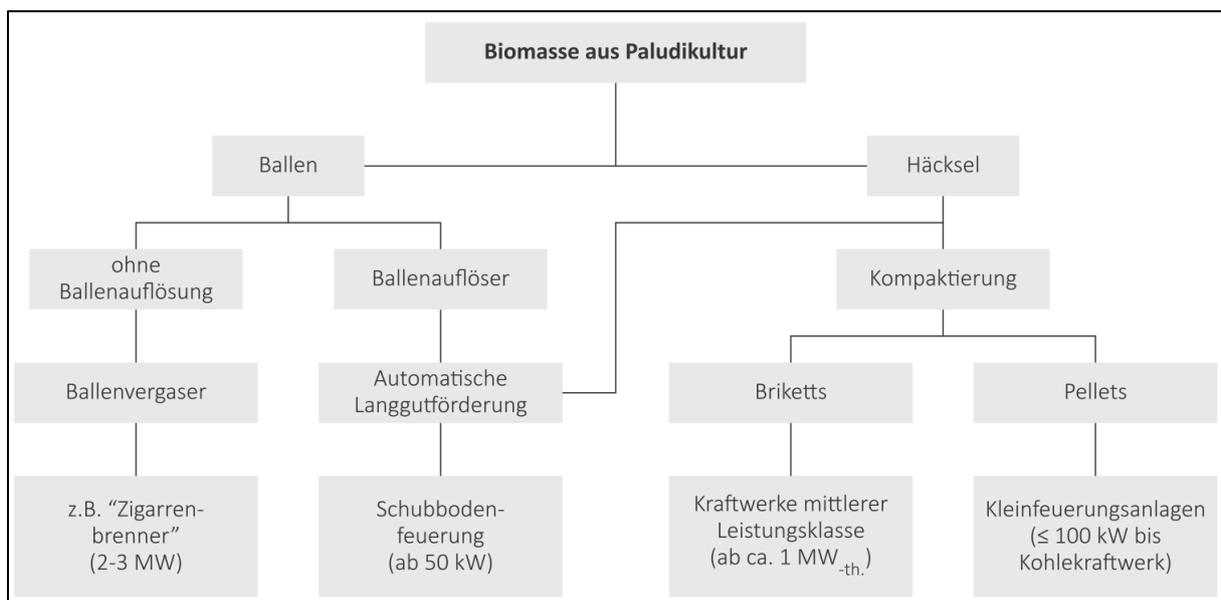


Abbildung 35: Verfahren zur Nutzung von Biomasse aus Paludikultur als Festbrennstoff (nach Kaltschmitt et al. 2009; aus Wichtmann et al. 2016).

Als alternative Feuerungseinrichtungen stehen Wirbelschichtfeuerung, Zigarrenfeuerungen oder Ganzballenvergaser zur Verfügung. Diese Feuerungstypen haben bisher einschlägige Erfahrungen mit der Verbrennung von Stroh. Zigarrenfeuerungsanlagen sind erst ab einer Leistung von 2-3 MW_{th} einsetzbar, da ein Mindestvorschub der Ballen für eine ordnungsgemäße Verbrennung eingehalten werden muss. Wirbelschichtfeuerungen und Zigarrenbrenner sind aufgrund der hohen Anlagenkosten ab größeren Leistungen vorzufinden. Für kleinere Feuerungswärmeleistungen sind Ballenauflösungen erforderlich.

Einen Überblick über die Wirkweise und Logistik eines Heizwerkes mit einer Größe von 800 bis 1500 kW Leistung geben Schröder et al. (2017). Für diese Größenordnung werden je nach Auslastung pro Jahr 500-2.000 t Biomasse als Brennstoff benötigt. Halmgutheizwerke sind etablierte Technik, es gibt verschiedenen Anlagen-Anbieter. Die Firma Ökotherm bietet eine Kompaktanlage an, die aus einer selbsttragenden Stahlkonstruktion besteht, in der Vergasungsteil (wassergekühlte Feuermulde mit Schubboden), Nachbrennraum, Verbrennungsluftgebläse und Zündvorrichtung integriert sind. Der Kessel der dänischen Firma LIN-KA ist ein hocheffizienter Warmwasser-Röhrenkessel, geeignet für die Verfeuerung von Festbrennstoffen. Die Beschickung erfolgt mittels eines Staplers oder eines Traktors mit Frontlader, der die Rundballen auf dem Förderband platziert (Abbildung 36). 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. 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 18).



Abbildung 36: Förderband und Ballenauflöser im Heizwerk Malchin. Die Länge des Förderbandes bestimmt die Brennstoffbevorratung (Schröder et al. 2017).

Ideal ist eine Lagerhalle auf dem Betriebsgelände des Heizwerkes, die etwa ein Zwölftel des jährlichen Gesamtbedarfs aufnehmen kann.

Tabelle 18: 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. (Schröder et al. 2017)

	Bedarf	Lager vor Ort
Ballen	4.511	376
Transportfahrten	133	11

Durch die thermische Verwertung der Biomasse von Nassgrünland fallen im Heizwerk Malchin 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. Sofern es nicht möglich ist, die Asche als Dünger auszubringen, fallen Entsorgungskosten an. 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 (Schröder et al. 2017).

6.1.2.2 Vergärung zu Biogas

Biogas ist ein Gasgemisch mit Methan (CH₄) als Hauptbestandteil, welches durch anaerobe Vergärung organischer Substanzen entsteht. In der Regel wird das Gasgemisch in Blockheizkraftwerken energetisch genutzt, d.h. dass Strom und Wärme produziert werden; jedoch kann Bio-Methan nach entsprechender Aufbereitung auch direkt in Erdgasnetze eingespeist werden.

Biogas wird in vielfältigen Verfahrensvarianten aus einer breiten Palette organischer Substrate erzeugt¹³. So ist je nach Trockensubstanzgehalt des eingesetzten Substrates zwischen der verbreiteten Nass- (< 15 % TS) und der seltener praktizierten Trockenvergärung (> 15 % TS; synthetische Feststofffermentation) zu unterscheiden. Während erstere in der Regel auf der Basis von Gülle und energiereichen Co-Substraten wie Maissilage bei kontinuierlicher Beschickung gefahren werden, sind für die Feststofffermentation diskontinuierliche Verfahren mit Substraten wie Festmist charakteristisch (nach Wiedow et al. 2016a). Eine kontinuierliche Versorgung mit Co-Ferment kann mit frischer Biomasse erfolgen, geschieht aber in der Regel mit Biomassekonservat (Silage).

Nassvergärung

In angepassten Nassvergärungsanlagen ist es grundsätzlich möglich, frische Biomasse oder Silage von Feucht- und Nassgrünland (Schilf, Rohrglanzgras, Seggen) als Co-Substrat für die Biogasproduktion zu verwenden (Hartung et al. 2020; Wiedow et al. 2016b). Die Gasausbeute ändert sich generell in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt, also dem Alter des Bestandes, aufgrund der Lignifizierung der Biomasse. Die besten Biogas-Erträge sind dabei ein Kompromiss zwischen Biomasseertrag, Methanausbeute und Biodiversitätsschutz (Vorgabe von Ernteterminen). Außerdem muss die langfristige Wirkung zur Stabilität von Substraten im Fermenter hinzugezogen werden, da z.B. faserreiche, überständige Biomasse zu unerwünschten Nebenprodukten und Eigenschaften führt, die den Gärprozess negativ beeinträchtigen können. Das Projekt MoorUse der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf untersucht aktuell die Eignung von unterschiedlichen Feuchtgebietspflanzen für die Biogaserzeugung¹⁴. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass frühe Schnitttermine von Rohrkolben, Schilf und Rohrglanzgras potentiell als Substrat in Biogasanlagen gut geeignet sind. Der Biogasertrag der unterschiedlichen Pflanzen ist wie folgt: Typha > Phragmites, Phalaris > Carex (siehe Abbildung 37). Die Biogaserträge von Typha, Phragmites und Phalaris (Schnitttermin: Juni) sind ähnlich wie bei Grassilage von gedüngten Wiesen. Mit zunehmenden Pflanzenalter nimmt der Biogasertrag ab, da schwerer oder nicht vergärbare Substanzen wie z.B. Lignin zunehmen.

Substratmischungen von bis zu 20% Rohrglanzgras zur Maissilage führen zu keiner Abnahme der spezifischen Biogasbildung im Batch-Test. Die Untersuchungen zum Langzeitverhalten zeigen, dass es bei größeren Anteilen von Paludikultur-Biomasse eine Akkumulation von nicht abbaubarem Material stattfindet sowie eine Prozessstörung ausgelöst werden kann. Aus diesem Grund sollten Substrate von Feuchtgebietspflanzen nur in geringeren Anteilen zugeführt werden. Außerdem ist auch hier der

¹³ Mehr Informationen dazu siehe beispielsweise DVL Beratungsordner „Vom Landschaftspflegematerial zum Biogas“.

¹⁴ <https://forschung.hswt.de/forschungsprojekt/958-mooruse>

Schnittzeitpunkt ausschlaggebend. Durch weitere Aufbereitung der Biomasse könnte die Abbaubarkeit erhöht werden. Hier besteht aktuell noch Forschungsbedarf (Hartung et al. 2020). Die optimalsten Erntetermine für die Biogasnutzung sind laut C. Hartung (pers. Mitteilung) im Juni, für Typha Ende Mai zum Ende des Kolbenschiebens und für Rohrglanzgras Ende Juni zur Vollblüte bzw. späten Milchreife.

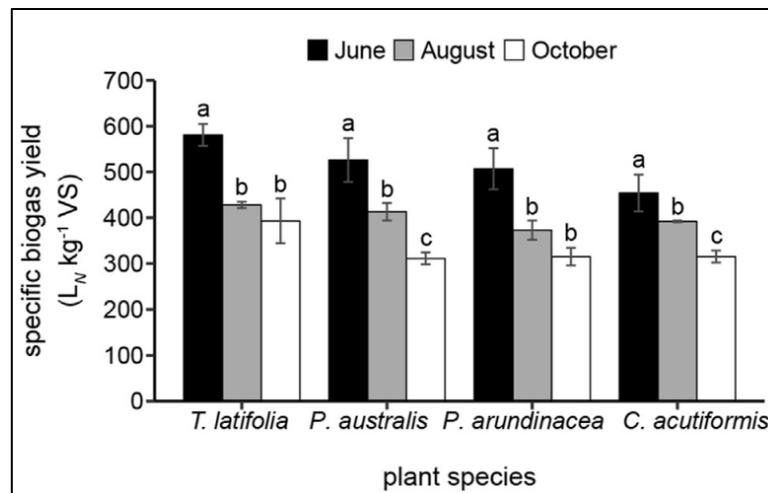


Abbildung 37: Spezifischer Biogasertrag (Batch-Test) von 4 Pflanzenarten, beprobt an drei Ernteterminen (aus Hartung et al. 2020).

Untersuchungen im Narev Nationalpark (NO Polen) zeigten bei einer Ernte im August relativ hohe Biomasseerträge für Schilf, Rohrglanzgras und Großseggen sowie relativ geringe Erträge für Wasserschwaden und Fadensegge (*C. lasiocarpa*). Das hier in Batch-Versuchen bestimmte Biogaspotential liegt deutlich niedriger (weniger als 1/3) als jenes bei Hartung et al. (2020) für eine Augusternte ermittelte Potential. Dies kann auf methodische Unterschiede zurückzuführen sein, insbesondere bei der Vorbereitung der Biomasse (Tabelle 19).

Tabelle 19: Biomasse-Ertrag und Methanpotential (Bio-Methan potential / BMP) verschiedener Dominanzbestände (Banaszuk et al. 2020).

dominierende Pflanzenart	Produktivität [t ha ⁻¹ TM]	BMP CH ₄ [Nm ³ t ⁻¹ TM]
Schilf (<i>Phragmites australis</i>)	9.78 ± 1.66	89
Wasserschwaden (<i>Glyceria maxima</i>)	3.61 ± 0.63	188
Rohrglanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>)	5.81 ± 0.84	134
Seggen (<i>Carex elata</i> / <i>C. gracilis</i>)	6.86 ± 0.93	117
Seggen/Moos dominiert von <i>C. lasiocarpa</i>	1.11 ± 0.24	122

Daraus kann aber auch abgeleitet werden, dass die möglichen Biogas-Erträge relativ unsicher sind. Bei Abschätzungen von Gesamtbioerträgen für eine bestimmte Fläche sollten vorsichtige Werte als Grundlage verwendet werden, wie in der Tabelle 19 aufgeführt.

In Anbetracht der derzeitigen technischen Voraussetzungen in der Praxis können geringere Mengen an gut zerkleinerter Biomasse aus nassen Mooren in bestehenden Nassvergärungsanlagen eingesetzt werden. Im VIP Projekt der Universität Greifswald (2010 -13) wurden gute Erfahrungen mit der Aufbereitung des Halmgutes mittels einer Anbau-Hammelmühle gemacht, die an der Biogasanlage Neukosenow eingesetzt wurde, um bereits bei der Ernte gehäckseltes Frischmaterial direkt vor der Einbringung in den Fermenter weiter zu zerkleinern. Auch könnte dies einen positiven Effekt auf die Silierbarkeit der Biomasse haben.

Die aktuelle Forschung zeigt, dass bestehende Anlagen, die bereits Gras als Substrat nutzen, ohne Verluste auf Rohrglanzgras umstellen könnten. Zur Verbesserung der Methanausbeute können aus anderen Verfahren entstehende Nebenprodukte, wie zum Beispiel Presssaft aus Auswaschungsverfahren (z.B. von NewFoss, ZELFO Technology, Bioraffinerie-Prozessen, siehe Kapitel 6.4 oder Florafuel¹⁵) eingesetzt werden. Auch bei der Herstellung von Biokohle könnten Beiprodukte als anteilige Substrate Nassvergärungslagen zugeführt werden.

Feststoffvergärung

Die seltener praktizierte Feststofffermentation (Trockenvergärung) eignet sich besser für verholzte halmgutartige Biomasse, aufgrund der längeren Verweilzeiten und einer cellulolytischen Präkonditionierung der Biomasse. Das Verfahren der Trockenfermentation wird z.B. am BUND-Hof Wendbüdel (Niedersachsen) seit 2006 praktiziert. Zur Energiegewinnung in einer Biogasanlage wird das bei der extensiven Pflege anfallende Mähgut von naturschutzrelevanten Feuchtgrünlandflächen verwendet (Carius et al. 2011). Unter anderem liegen hier Erfahrungen zur Steigerung der Aufschlussmöglichkeit des Eingangsmaterials durch Zerkleinerung bei unterschiedlichen Ernteverfahren und der Verbesserung der Konservierung von Landschaftspflegematerial bei der Rundballenherstellung (Heu und Silage) vor. Diese sind durch verschiedene Ernteverfahren unter Berücksichtigung der vom Naturschutz vorgeschriebenen Erntezeitpunkten vorgegeben – wobei die einschürige Mahd Mitte Juli, die zweischürige Mahd Anfang Juni und Ende August stattfindet (Carius et al. 2011).

In Box 8 werden Ergebnisse einer vergleichenden Labor- und Praxisversuchsreihe der Feststoffvergärung mit Landschaftspflegematerial von Hoch- und Niedermooren zusammengefasst. Dabei wurden auch Aufwüchse aus dem GR-Gebiet getestet, bestehend zum größten Teil aus Rasenschmiele, Anteilen an Wiesenkräutern und Gräsern sowie geringen Mengen an Binse (Stiller und Ohl 2015).

BOX 8: Untersuchung zur Feststoffvergärung von Landschaftspflegematerial niedersächsischer Grünlandstandorte (2012-2014) (Stiller und Ohl 2015)

Die übliche Feststoff-Fermenterbauform sind Boxen, in den das stapelbare Gärgut im Batchbetrieb vergoren wird. Das luftdicht abgeschlossene Substrat wird im Fermenter regelmäßig mit Prozesswasser (Perkolat) beregnet, welches dann aufgefangen und wiederum zur Befeuchtung über Düsen an der Decke in den Fermenter eingebracht wird. Die Laborversuche fanden an der Hochschule Hannover statt, der Praxisversuch bei der Firma DeNaBa in Wiedensahl. Dort standen drei Fermenterboxen von je 28 m³ Brutto-Volumen/10 m³ Nutzvolumen zur Verfügung.

Im Produktionsbetrieb verbleibt das Gärgut ca. 3 Wochen im Fermenter. Der Gärrest (im Verhältnis zum Substrat: TS 50:50) dient zum Teil als Starterkultur für das neu eingebrachte Gärgut, der Rest kann als organischer Dünger ausgebracht oder weiterverarbeitet werden, z.B. per hydrothermalen Verkohlung.

Labor

Nährstoffarmes Landschaftspflegematerial mit hohem Seggenanteil mit Rinderfestmist erzielte den niedrigsten Methanertrag im Labormaßstab (18 Ltr./kg oTS). Die Vergärung von Hochmoor-Landschaftspflegematerial mit ca. 25 Vol% Binsenanteil in Verbindung mit Rinderfestmist erzielte im Labormaßstab 50 Ltr./kg oTS. Nach einem weiteren Labor-Versuch mit Landschaftspflegematerial mit sehr hohem Binsenanteil (95 Vol%) wurde geschlussfolgert, dass Binsen wenig zur Biogasbildung beisteuern¹. Die Stopfdichte des Substrates führte zudem zu Unterschieden bei den Gaserträgen.

¹⁵ <http://www.florafuel.de/de/florafuel-verfahren/das-florafuel-verfahren/>

Praxis

Der Praxisversuch in der DeNaBa-Anlage erfolgte mit Aufwüchsen aus OHZ mit hohem Rasenschmiele-Anteil und erzielte durchschnittlich 47 Ltr./kg oTS. Hier schwankten die Prozessbedingungen viel stärker als bei den Laborversuchen. Das Landschaftspflegematerial ließ sich aufgrund seiner großen Halmlänge schlechter handhaben als das standardmäßig in der Anlage verwendete Substrat bestehend aus Klee gras, Heu, Rinderfestmist und Gärrest. Zur Erhöhung der Gasausbeute wurde Folgendes empfohlen: Aerobe Vorrotte verkürzen, Mischgüte des Frischsubstrates mit der Starterkultur (Gärrest aus vorangegangener Vergärung) verbessern, Perkolierung gleichmäßigen.

Hydrothermale Carbonisierung

Die Gärreste wurden in einem HTC-Prozess carbonisiert und enthielten im Endprodukt deutlich höhere Kohlenstoffgehalte als die carbonisierten Produkte aus dem Frischsubstrat. Ob das organisch stark belastete HTC-Prozesswasser als Perkolatergänzung eingesetzt werden kann, konnte nicht untersucht werden.

Fazit

- Strukturreiches Landschaftspflegematerial mit einem Anteil von 25 Mass% ist sehr gut als Co-Substrat für die Feststoffvergärung geeignet und verbessert die Perkolation und Gasentweichung im Substratbett,
- Landschaftspflegematerial (mit hohem Rasenschmiele-Anteil) ist als Substrat geeignet, es müssen entsprechend hohen Mengen Starterkultur verwendet werden,
- Vermutlich sind längere Verweilzeiten im Vergleich zum Standardsubstrat notwendig,
- Die Methangehalte im Praxisversuch lagen bei 50-60 Vol% und damit im gut nutzbaren Bereich,
- Rindermist ist gut als Starterkultur geeignet,
- Ggf. muss das oft langfaserige Landschaftspflegematerial vorzerkleinert und ggf. mechanisch aufgeschlossen werden,
- Eine gute und gleichmäßige Durchmischung von neuem und altem Gärsubstrat und eine gleichmäßige Befeuchtung verbessern den Wirkungsgrad der Anlage,
- Gärreste aus Landschaftspflegematerial sind sehr gut für die hydrothermale Carbonisierung geeignet.

¹ Müller et al. (2012) fanden heraus, dass Binsen in Kombination mit Gras (50% - 50%) in der Feststoffvergärung (Labormaßstab) einen positiven Einfluss auf den Methanertrag hatten und sich junge Binsen gut als Gärsubstrat eignen, wenn das Vergärungsprozess-Management darauf angepasst wird.

6.1.3 Stoffliche Nutzung: Torfersatzstoffe & Substrate

Deutschland produziert ca. 8,4 Mio m³ Erden und Substrate pro Jahr und ist mit knapp 25 % Marktführer in der EU (Schmilewski 2017). Der Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung sieht in der Reduzierung des Torfeinsatzes im Gartenbau ein erhebliches Potenzial, um Treibhausgas-Emissionen zu vermeiden, wodurch der Bedarf an Ersatzstoffen steigt. Alternative Substratausgangsstoffe nehmen bisher mit 25 % in Europa bzw. 19 % in Deutschland (Schmilewski 2017) nur einen geringen Anteil ein. Der Anteil in sogenannten „Blumenerden“ für den Hobbybereich (27 %) ist dabei höher und stärker gewachsen als in Kultursubstraten für den professionellen Gartenbau (nur 11 %).

Insbesondere in Kultursubstraten sind die Anforderungen an die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften von Substratausgangsstoffen sehr hoch, um die wirtschaftlich erforderliche Produktionssicherheit im Gartenbau zu gewährleisten. Von geeigneten sowie etablierten Alternativen (z.B. RAL-gütesicherter Kompost, Rindenumus, Holzfasern, Kokosprodukte) sind die verfügbaren Mengen jedoch verhältnismäßig gering und u.a. auf Grund konkurrierender Nutzungsmöglichkeiten auch nicht in größerem Umfang zu erhöhen. Um Torf in nennenswerten Anteilen zu ersetzen und mit-

telfristig ganz aus der Torfnutzung aussteigen zu können, ist daher eine Erweiterung der Rohstoffpalette und Verfügbarkeit erforderlich. Es werden dafür zunehmend gezielt neue Substratausgangsstoffe entwickelt (z.B. Torfmoosbiomasse, vgl. Kapitel 2). Um Transportemissionen zu vermeiden und Einkommensalternativen in Deutschland zu entwickeln, werden hierbei in Zukunft stärker regional verfügbare bzw. erzeugbare Rohstoffe im Vordergrund stehen. Die Substrathersteller haben je nach Zielsubstrat hohe Ansprüche an den Rohstoff (siehe Tabelle 20). Während diese Kriterien auf Grund der etablierten Produktion und Nutzung von Torfsubstraten definiert wurden, müssen für die meisten alternativen Ausgangsstoffe hier spezifische Abstriche erfolgen. Es ist jedoch möglich, nachteilige Eigenschaften durch eine Mischung mit anderen Ausgangsstoffen auszugleichen.

Tabelle 20: Eigenschaften, die zur „Qualität“ von Substraten und ihrer Ausgangsstoffe beitragen (nach Schmilewski 2008; erweitert um Informationen aus Gramoflor 2019)

Physikalisch	Chemisch	Biologisch	Ökonomisch
Struktur und Strukturstabilität: Wenig Feinanteil, optimal: 2-8 mm bis max. 20 mm; Fasern weich und biegsam, Faserlänge 20-50 mm	Nährstoffgehalt: möglichst gering, N:P:K (1:0,5:1); Salzgehalt <1 g/l	Unkraut, Samen und lebensfähige Pflanzenteile: wenig/Keine	Verfügbarkeit: mind. 10.000 m ³ pro Jahr
Wasserkapazität: Restfeuchte möglichst gering (lagerfähig!)	pH: stabil zw. 3,5-6,5	Frei von Krankheitserregern	Gleichbleibende Qualität
Homogenität: einheitliche Körnung/Fraktionierung	Organische Substanz	Wenig/keine Geruchsbildung	Kultivierungstechnik
Luftkapazität	Schadstoffbelastung: keine, Grenzwerte beachten	Schädlingsfrei und geringe mikrobielle Aktivität	Anlagenanforderung
Schüttdichte: Volumengewicht von <400 kg/m ³	Pufferkapazität: möglichst geringe N-Fixierung; möglichst keine Nährstofffestlegung	Lagerbeständigkeit: keine Verpilzung, Selbsterwärmung, Mineralisierung, Eigenkompostierung	Preis
Benetzbarkeit muss gegeben sein; hohe Wasseraufnahmefähigkeit von Vorteil		Keine Wuchs- und Keimhemmenden Stoffe (Gerbstoffe, flüchtige Aromaten, Phenole)	

Erfahrungen zur Nutzung der Aufwüchse aus nassen Mooren als Torfersatzstoff liegen für verschiedenen Arten und Verwertungswege vor:

- Torfmoosbiomasse (vgl. Kapitel 2): Anbau von einem hochwertigen Torfersatzstoff auf Hochmoorstandorten. Die Einrichtung ist aufwendig, jedoch kann eine hohe Wertschöpfung erzielt werden (vgl. Kapitel 6.4). Die Eignung wurde von Gartenbaubetrieben erfolgreich getestet. Als Spezialsubstrate kann bereits heute ein hoher Preis erzielt werden (vgl. Tabelle 25. Mehr Informationen, z.B. www.torfmooskultivierung.de oder Gaudig et al. (2018).
- Eine Kaskadennutzung und Herstellung von hochwertigen Bodenverbesserern (Pflanzenkohle, Terra Petra, Substrate) mit Nasswiesen oder Landschaftspflegematerial wird bereits in Trockenfermentationsanlagen durchgeführt (Siehe Stiller und Ohl (2015), Kapitel 6.1.2.2). Die Anforderungen an die Biomasse ist gering.

- Landschaftspflegematerial (auch von nassen Mooren) wird bereits in Kompostieranlagen als Beimischung für torffreie Blumenerde genutzt. Wegen seines teilweise sehr hohen Nährstoffgehaltes und pH-Wertes und der geringen Strukturstabilität kann Kompost jedoch nur in Mischung mit anderen geeigneten Stoffen in Blumenerden verwendet werden. Nachteile durch erhöhten Kompostanteil sind folgende:
 - o Torffreie Erdsubstrate können durch den Kompostanteil deutlich schwerer sein als Torfsubstrate. Der Vorteil ist: Kübelpflanzen und Pflanzgefäße erhalten dadurch eine höhere Standfestigkeit und fallen nicht so schnell um.
 - o Durch den Kompostanteil können torffreie Substrate kurzzeitig einen dafür typischen Geruch entfalten. Dieser verschwindet gewöhnlich nach kurzer Zeit.
 - o Werden torffreie Erdsubstrate längere Zeit gelagert, verändert sich durch die biologischen Prozesse im Kompostanteil die Nährstoffzusammensetzung, torffreie Substrate sind also nur begrenzt haltbar.
- Rohrkolben als Torfersatz: es gibt verschiedene Vorversuchen mit Rohrkolben-Biomasse (Ergebnisse können bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden). Grundsätzlich erscheint ein Anteil von 20-30 % Rohrkolben-Biomasse in Kultursubstraten praktikabel. Besonderes Augenmerk ist jedoch auf das hohe Potential von Rohrkolben zur Aufnahme von Nährstoffen, Schwermetallen und Herbiziden zu richten. Die potentielle Belastung mit wachstumshemmenden bzw. pflanzenschädigenden Substanzen bedarf einer systematischen Untersuchung, um Empfehlungen zur Standortwahl und zum Anbau von Rohrkolben mit dem Ziel einer Verwertung als Torfersatzstoff ableiten zu können. Weiterhin ist der Einfluss von Schnitzeitpunkt (Salzgehalte, mikrobielle Aktivität) und Aufbereitung der Biomasse (Häcksel vs. Faser, Partikelgröße) zu untersuchen.
- Das Projekt MoorUse der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf untersuchte die Eignung von 4 verschiedenen Paludikulturpflanzen als Torfersatzstoff. Dabei werden verschiedene Aufbereitungsverfahren (mechanische Aufbereitung durch Zerkleinerung, Kompostierung des zerkleinerten und des aufgefaseren Häckselgutes, Verkohlung des zerkleinerten Häckselgutes mittels hydrothormaler Carbonisierung (HTC) und mittels Pyrolyse) miteinander verglichen. Erste Ergebnisse zeigen jedoch, dass die genutzten Bestände aufgrund des hohen Chlorid Gehalts sowie hoher Herbizid Rückstände ungeeignet waren.
- Klasmann-Deilmann hat mit ausgewaschenem Material (ausgepresst im Florafuel Verfahren) aus Niedermoor-Biomasse aus Neukalen/M-V die Eignung als Torfersatzstoff getestet. Zumischungen bis zu 10% zu Torf haben noch zu akzeptablem Wachstum geführt (>75 % Keimungsrate und Frischmasse), bei 30 % Zumischung wurden schon erhebliche Minderung des Wachstums festgestellt (<75 % Frischmasse) (pers. Mitteilung J. Köbbing, 2018).

Im LK Diepholz wurde in einem Projekt im Zusammenarbeit von Wertstoffhöfen/Abfallwirtschaft und Substratherstellern eine regionale, torffreie Erde entwickelt: www.nachhaltige-erden.de. Dies zeigt eine gute Möglichkeit für eine längerfristige Abnahme der Biomasse sowie beispielhaft eine funktionierende Vermarktungsstrategie. Durch eine Qualitätserhöhung des Rohstoffes müsste jedoch auch die Zahlungsbereitschaft der Substrathersteller steigen.

6.1.4 Weitere stoffliche Nutzungen

Das Mähgut kann je nach Erntezeitpunkt und Artzusammensetzung für verschiedene stoffliche Verwertungswege genutzt werden (vgl. Kapitel 2). Mit der stofflichen Nutzung kann (perspektivisch) eine höhere Wertschöpfung erzielt werden. Je nach Verwertung steigen die Ansprüche an die Biomasse. Für die Eignung in den stofflichen Verwertungsverfahren ist häufig der Lignin- und (Hemi-)Zelluloseanteil bzw. deren Verhältnis zueinander eine wichtige Kenngröße. Diese wird bestimmt u.a. durch den

Mahdzeitpunkt. Die Anforderungen an die Biomassequalität unterscheiden sich je nach Verwertungsverfahren. Sie werden an dieser Stelle nicht im Einzelnen aufgeführt, sondern in den folgenden Unterkapiteln bei den jeweiligen konkret betrachteten Verwertungswegen genannt.

6.2 Vorliegende Biomassepotentiale im Untersuchungsgebiet

Das kurz- bis mittelfristig verfügbare Biomassepotential für alternative Verwertungen wird auf etwa 2.000 – 8.000 t TM pro Jahr geschätzt, ausgehend von der Kulisse der Landkreis-eigenen Flächen im GR-Gebiet. Das sind aktuell rd. 1700 ha mit gemittelten Erträgen von 2 – 5 t TM/ha*a. Die bisherige Nutzung als Einstreu und Futter müsste dann ggf. durch Zukauf von Stroh und Heu abgedeckt bzw. Tierbestände reduziert werden. Auf den Moorflächen ohne Schutzauflagen im Untersuchungsgebiet besteht mittel- bis langfristig Potential für Anbau-Paludikulturen (Schilf, Rohrkolben, Torfmoos), die möglichen Flächenumfänge und Hektarerträge können jedoch nicht pauschal benannt werden, sie sind u.a. abhängig von Wasserverfügbarkeit, rechtlichen Rahmenbedingungen und anderen Voraussetzungen (vgl. Kapitel 4). Das Potential für Nassgrünland ist mittelfristig sehr groß und umfasst theoretisch den größten Teil des Untersuchungsgebietes (vgl. Tabelle 9, Kapitel 4).

6.3 Vorhandene Verwertungsstrukturen in der LEADER-Region und Umland

In Abbildung 38 sind Standorte von Unternehmen verschiedener Verwertungswege im Umland des Teufelsmoores aufgezeichnet. Eine umfassende Liste bestehender Unternehmen und Akteure in der Leader-Region und im weiteren Umland, die potentiell Biomasse aus dem Teufelsmoor abnehmen könnten, bzw. das in Teilen bereits tun, findet sich im Anhang VII. Einen Überblick über bestehende und geplante Biogasanlagen gibt der Landkreis Osterholz (2019), demnach basieren 11 Anlagen auf NaWaRo (v.a. Mais) als Einsatzstoff, 9 Anlagen setzen Gülle ein.

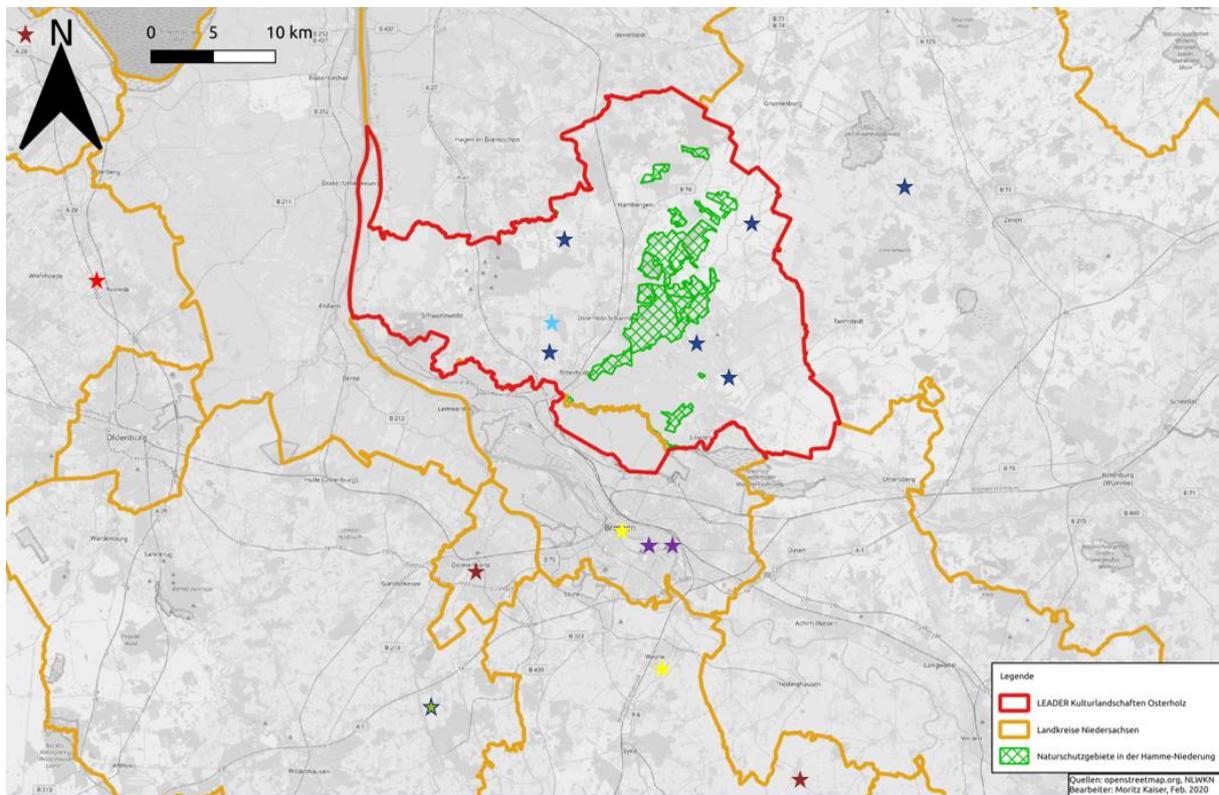


Abbildung 38: Bestehende Verwertungsunternehmen in der Leader-Region Kulturlandschaften Osterholz und Umkreis. Dargestellte Standorte (Sterne): Dunkelblau – Biogasanlagen, dunkelrot – Papier/Pappe Herstellung, gelb – Verbrennung zur Wärmeversorgung, hellblau – Kompostierung und Vergärung, lila – Forschung zu Bau- und Dämmstoffen sowie Verpackungen, hellrot – Torfmooskultivierung

Im Jahr 2019 wurden verschiedene Akteure im Umkreis des Teufelsmoores kontaktiert und nach ihrem grundsätzlichen Interesse an der aktuell anfallenden Biomasse aus dem Teufelsmoor bzw. Produkten daraus abgefragt. Bei positiver Rückmeldung erfolgten Gesprächstermine zu möglichen weiteren Vorgehen. Tabelle 21 gibt einen Überblick der Akteure sowie dem aktuellen Stand der Dinge.

Tabelle 21: Kontaktaufnahme und –ergebnisse zu Akteuren im Bereich Biomasse-Verwertung im Umkreis des Teufelsmoores

Akteur	Potentielle Verwertung	Ergebnis
Stadtwerke Bremen (J. Götte)	Wärme, Biokohle	Zukünftig Bedarf an Biomasse o.a. für Co-Feuerung und Rohstoff für HTC
WPD windmanager GmbH & Co. KG, Überseeinsel Bremen (T. Werner)	Wärme	Keine Biomasse-Nutzung vorgesehen
Energiekonsens Bremen (J. Birkhan, A. Fischbek)	Wärme, Dämmmaterial	Prinzipielles Interesse, aktuell keine konkreten Anwendungen, potentiell Vermittlung und Wissenstransfer
Wohn- und Geschäftspark Hamme GmbH (B. Kaufmann, H. Röpke, H. Kammeier)	Wärme	In Planungsphase für nachhaltiges Quartier
TU Berlin, <i>Suburbane Wärmewende</i> Leeste (M. Bachmann)	Wärme	Erste Berechnungen für Wärmeversorgung liegen vor
Gramoflor GmbH & Co KG (J. Gramann)	Substratersatz	Interesse an Tests mit Gärsubstrat aus der Feststoffvergärung
Vattenfall Energy Solutions GmbH (J. Grundmann, C. Feuerherd)	Wärme	Interesse vorhanden, jedoch Aktivitäten in Niedersachsen eingestellt
Landkreis Osterholz - BBS und Kreisverwaltungssitz (J. Hinken)	Wärme	Wärmeversorgung am Standort Kreishaus II + Berufsschule in Osterholz möglich?
ASO GmbH	Methan, Kompost	Eignung von Halmgut als Co-Substrat?

Stadtwerke Bremen

Die Stadtwerke Bremen planen den Bau einer größeren Klärschlammverbrennungsanlage innerhalb der nächsten Jahre (Stand 6/2019). Dabei soll ein Wirbelschichtkessel eingesetzt werden, in dem eine große Bandbreite an Brennstoffen eingesetzt werden kann, von Kohle über Biomasse über Schlämme aus Abwasserreinigungsanlagen bis hin zu Kommunalmüll. Möglich wäre hierbei die Zusatzfeuerung mit Biomasse aus den Schutzgebieten im Teufelsmoor. Sofern eine pneumatische Zuführung eingesetzt wird, müsste die Biomasse vorbehandelt werden, um sie zu zerkleinern.

Zudem denken die Stadtwerke Bremen über die Erzeugung von alternativen Brennstoffen mittels hydrothermaler Carbonisierung (HTC) von biogenen Reststoffen nach. Dazu werden die Möglichkeiten einer Demonstrations-Anlage im Raum Bremen eruiert. Ziel ist es, Kohle als Brennstoff zu ersetzen. Die Stadtwerke sind dafür auf der Suche nach Rohstoffen, z.B. Gärreste, die möglichst kostengünstig (weniger als 60 EUR pro Tonne) bzw. kostenlos bereitgestellt werden und in ausreichender Menge verfügbar sind, im Umfang von mehreren 10.000 Tonnen pro Jahr. Die Biomasse aus dem Teufelsmoor kann nicht kostenlos bereitgestellt werden, daher erscheint diese Form der Verwertung wenig aussichtsreich. Denkbar wäre eine ausreichend hohe Vergütung für das Erbringen ökologischer Leistungen auf

den bewirtschafteten Flächen, die den Aufwand der Biomasse-Bereitstellung mit abdecken und/oder eine Finanzierung z.B. über einen „Wärmecent“, „Klimacent“ oder „Naturschutzcent“ (vgl. Box 9), den die Stadtwerke auf ihre Produktpreise aufschlagen könnten und an den Landwirt weitergeben.

BOX 9: Beispiel Sonnencent

Die Elektrizitätswerke Schönau vertreiben Ökostrom und Biogas. Auf alle Tarife wird ein *Sonnencent* als Förderanteil auf die Verbrauchskosten von 0,5 Cent pro kWh aufgeschlagen. Bei einem Stromverbrauch eines Vier-Personen-Haushaltes von rd. 3400 kWh pro Jahr entspricht das einem finanziellen „Mehraufwand“ von 17 EUR pro Jahr. Mit den Einnahmen aus dem Sonnencent wird ein Förderprogramm der EWS Schönau gespeist, welches den Bau neuer ökologischer Kraftwerke finanziert, sowie auch Energieeffizienzmaßnahmen, Modellprojekte und andere Vorhaben um die Energiewende zu unterstützen.

Weitere Informationen: www.ews-schoenau.de/unser-foerderprogramm/

Überseeinsel Bremen

Die wpd windmanager GmbH & Co. KG beplant ein 15 ha großes Gelände auf der Überseeinsel in Bremen als Wohn- und Geschäftsquartier mit einer CO₂-neutralen Wärmeversorgung. Die Wärme soll strombasiert erzeugt werden, u.a. mit Wärmepumpen. Für die Spitzenlast wird u.a. die Wärmebereitstellung über Fernwärme, einem BHKW auf Erdgas-Basis sowie einem Biomassekessel, in dem Pellets zugeführt werden ausgelotet. Da die Spitzenlast nur über geringe jährliche Betriebsstunden benötigt wird, muss sie sehr kostengünstig sein. Ein Heizkessel für Biomasse aus dem Teufelsmoor ist in diesem Konzept nicht ökonomisch darstellbar, da dieser über möglichst hohe Betriebsstunden ausgelastet werden muss, um die relativ hohen Investitionen (siehe Kapitel 6.1.2.1) zu refinanzieren. Die Verbrennung von Biomasse aus den Schutzgebieten im Teufelsmoor – ob nun als Heuballen oder aufbereitet zu Pellets – wäre eher zur Abdeckung von Grund- und Mittellast geeignet. Dies ist bei der Überseeinsel auch aus Transport- und Lagergründen nicht umsetzbar.

energiekonsens Bremen

Die gemeinnützige Klimaschutzagentur des Landes Bremen berät Unternehmen, Einrichtungen, Privatpersonen zu Erneuerbare Energien, Energieeffizienzmaßnahmen und nachhaltige Verhaltensweisen. Es besteht grundsätzliches Interesse an klimafreundlichen Produkten, die aus Aufwüchsen von Feucht- und Nassgrünland und auch aus Anbau-Paludikulturen hergestellt werden können, v.a. Wärme, Bau- und Dämmstoffe. Informationen zu best-practice-Beispielen, verwertenden Unternehmen und auch Rohstofflieferanten und –potentiale sind erwünscht, um diese z.B. bei Projektpartnern und der Entwicklung neuer Quartiere in Bremen einzubringen. Konkrete Vorhaben, in denen die Aufwüchse aus dem Teufelsmoor verwertet werden könnten, wurden in 2019 (noch) nicht gesehen.

Wohn- und Geschäftspark Hamme GmbH, Ritterhude

In Ritterhude ist auf einem ehemaligen Industriegelände der Bau eines Wohn- und Geschäftspark geplant, der energieautark sein soll und über einen Energiemix versorgt wird. Baustart war für das erste Halbjahr 2020 angesetzt. Es besteht ein Bedarf an Wärme für die Versorgung von rd. 10.000 m², auch über die Wärmelieferung an Nachbarn wird nachgedacht. Wichtig ist den Akteuren die Einbindung der Stadtwerke Osterholz für die Energieversorgung. Grundsätzlich besteht Interesse an der Wärmeversorgung mit Biomasse aus dem Teufelsmoor, jedoch nicht als alleinige Wärmequelle. So wurde bei einem gemeinsamen Gesprächstermin eine 100 kW-Anlage zur Abdeckung der Grundlast als mögliche Variante diskutiert, die mit Heuballen aus dem Teufelsmoor bestückt wird. Als Hindernis für die Realisierung wurde der Transportaufwand der Heuballen mit Traktoren und Anhänger gesehen, die durch das angrenzende Wohngebiet führt und eine Belastung der Nachbarn darstellen würde.

Suburbane Wärmewende Leeste

Das Vorhaben *Suburbane Wärmewende* (Abbildung 39) zielt auf die Entwicklung einer netzgebundenen klimaneutralen Wärmeversorgung für den Ortskern Leeste. Hierbei sollen alle möglichen energetischen Potentiale betrachtet und ein aus ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimales Versorgungskonzept erarbeitet und umgesetzt werden. Langfristig besteht das Ziel darin, Energieüberschüsse in urbane Ballungsräume zu transportieren. Eine Wärmeversorgung über Biomasse aus dem Teufelsmoor / Hammeniederung ist denkbar und wird derzeit von der TU Berlin geprüft. Das betrachtete Kerngebiet hat einen Wärmebedarf von rd. 20 GWh pro Jahr, mit Biomasse aus dem Teufelsmoor / Hammeniederung könnten bis zu 35 GWh pro Jahr erzeugt werden¹⁶.

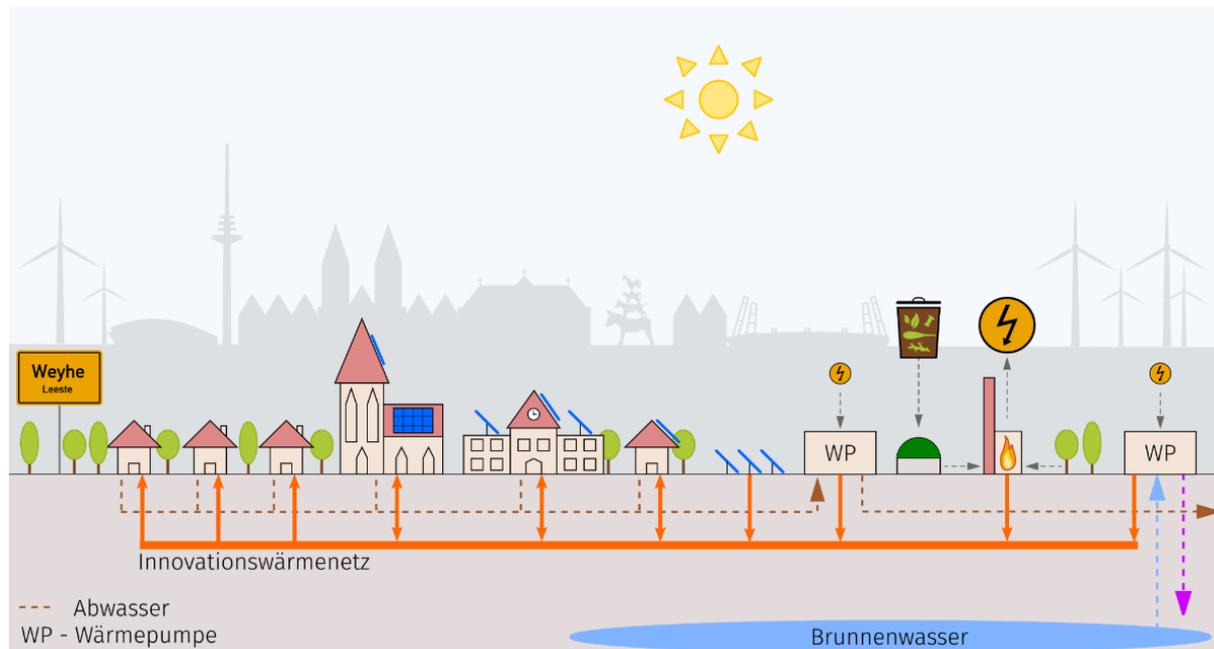


Abbildung 39: Suburbane Wärmewende (Brandt 2019).

Anhand von Daten zur energetischen Verwertung von Schilf hat das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im Rahmen des Projektes Wärmegestehungskosten unterschiedlicher Erzeugertechnologien in Abhängigkeit der Volllaststunden berechnet. Diese Daten werden genutzt, um unterschiedliche Technologien ökonomisch miteinander zu vergleichen. Darüber hinaus werden drei unterschiedliche spezifische Kosten für CO₂ (10€/t, 35€/t und 180€/t) berücksichtigt. Dabei zeigt sich, dass Schilf ökonomisch gesehen etwas schlechter abschneidet als Holzhackschnitzel und bei CO₂ Preisen von 180€/t und bei hohen Volllaststunden günstiger ist als Erdgas. Die Nutzung von Holzhackschnitzeln wird hier als ökonomisch und ökologisch vielversprechend angesehen (pers. Mitteilung M. Bachmann, 1/2020). Denkbar wäre in Leeste eine Kombination mit Pellets aus Schilf bzw. Aufwüchsen aus Feucht- und Nassgrünland, wobei die Pelletierung bei den Wärmegestehungskosten berücksichtigt werden müssen. Dahms et al. (2017) gibt die Verfahrenskosten der Pelletierung mit 42 – 102 EUR pro Tonne an. Eder et al. (2004) geben ohne Berücksichtigung von Transport- und Rohstoffkosten je Tonne Schilf-Pellets Pelletierkosten von a) 77 € (ohne Trocknung) und b) 92 € (Trocknung von 30 % auf 15 % Feuchte) an.

¹⁶ Bei einem Biomasse-Potential von 5.000 – 8.000 t TM / a

Gramoflor GmbH & Co KG

Gramoflor sucht und erprobt Alternativen zu Weißtorf für die Produktion von Substraten für den Erwerbsgartenbau als auch für Hobbyerden. Das Unternehmen Gramoflor hat seine Anforderungen an einen Torfersatzstoff in einem Steckbrief zusammengefasst, siehe Anhang IIX. Gärsubstrate aus der Nassvergärung eignen sich nach Aussage von J. Gramann nicht für die Herstellung von Substraten, da diese zu viel Salze enthalten und zu starken Geruchsemissionen, Schimmelbildungen, N-Festlegung neigen, sobald sie erdfeucht werden (pers. Mitteilung J. Gramann, 10/2019). Das gleiche gilt (bisher) für Substrate aus HTC-Anlagen oder auf Basis von Pyrolyse hergestellten Rohstoffen. Gärsubstrat aus der Feststoffvergärung ist ggf. nicht stabil genug, könnte im Betrieb jedoch getestet werden.

Vattenfall Energy Solutions GmbH

Die Vattenfall Energy Solutions GmbH konzeptioniert und betreibt ganzheitliche Energieversorgung von Quartieren oder Immobilien mit erneuerbaren Energien, z.B. Holzpelletkessel, Wärmepumpen, Solarenergie. Auch die Wärmeversorgung mit Biomasse aus Paludikultur wird seit einiger Zeit als zukunftsfähiges Geschäftsmodell mit bedacht, v.a. für dezentrale Wärmekonzepte zur Wärmeversorgung in ländlichen Regionen. Die Region Kulturlandschaften Osterholz und ihr Umkreis wurden – besonders jene Orte und Ortsteile die bisher nicht über Erdgasnetze und Wärmenetze verfügen – als potentiell geeignet für die Suche nach Wärmesenken und Umsetzung eines Wärmekonzeptes wahrgenommen. Aus geschäftlichen Gründen hat sich jedoch Vattenfall Energy Solutions aus Niedersachsen und Bremen zurückgezogen und wird dort nicht in Wärmeversorgung investieren (pers. Mitteilung C. Feuerherd, 11/2019).

Landkreis Osterholz, Standort Am Osterholze, Osterholz-Scharmbeck

Der Standort der Berufsbildenden Schulen (BBS) in Osterholz-Scharmbeck, welche vom Landkreis getragen werden, soll grundlegend saniert werden mit einem finanziellen Umfang im zweistelligen Millionenbereich, ein Baubeginn ist frühestens ab Sommer 2021 geplant (Komesker 2019). Vorher ist u.a. ein Energiekonzept zu erstellen (pers. Mitteilung J. Hinken, 10/2019). Mit einer energetischen Sanierung reduziert sich der Wärmebedarf (Nutzfläche BBS: etwa 9.000 m² Bestand plus 7.000 m² Neubau). Das in direkter Nähe zum Standort der BBS liegende Kreishaus II der Kreisverwaltung könnte in einem Wärmekonzept mitberücksichtigt werden, um eine größere Wärmesenke zu realisieren. Das ist denkbar, wenn die bestehende Erdgasanlage, welche das Kreishaus mit Wärme versorgt, abgeschrieben ist (pers. Mitteilung Fr. Linke, 12/2019). Die Einbindung der Standorte Kreishaus und BBS in einem gemeinsamen Wärmekonzept muss vom Landkreis entschieden werden (Verwaltung und politische Gremien). Eine Wärmeversorgung des Standortes auf der Basis thermischer Verwertung (Heizwerk) von Biomasse von Feucht- und Nassgrünlandstandorten im Teufelsmoor könnte in Form von Contracting, mit den Stadtwerken als potentielle Betreiber oder durch ein (neu zu gründendes) Unternehmen erfolgen, ähnlich wie im Heizwerk Malchin (vgl. Anhang IX Feldtag-Bericht.)

Gemeinde Worswede, Versorgung der öffentlichen Gebäude mit erneuerbaren Energien

Am 27.01.2020 wurde im Umwelt- und Planungsausschuss der Gemeinde Worswede die Entwicklung einer Klimastrategie für die Gemeinde beraten (Vorlage 20/7). Teil dieser Strategie soll ein Energiekonzept darstellen, in dem die kommunalen Gebäude ausschließlich mit erneuerbarer Energie versorgt werden. Ein zu entwickelndes Konzept würde die Versorgung des örtlichen Hallenbades und Sporthallen mit einbeziehen. Die Gemeindeverwaltung wurde angefragt, Eckdaten zum zukünftigen Energiebedarf und baulichen Möglichkeiten vorzubereiten. Hier könnte die Nutzung von Aufwuchs aus dem Untersuchungsgebiet als Brennstoff in einem Blockheiz(kraft)werk ähnlich wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben zu Einsatz kommen. Dazu müsste im ersten Schritt die Wärmesenke und vorhandene Infrastruktur geprüft werden, um dann gemeinsam mit den Akteuren vor Ort einen geeigneten Standort zu

identifizieren und die weitere technische Planung anzugehen. Eine mögliche Förderung könnte über das KfW Förderprogramm 432 „Energetische Stadtsanierung“ bestehen.

Geplante Biogasanlage Heilshorn (ASO GmbH)

Im Industriepark Heilshorn will die Abfall Service Osterholz GmbH eine Biovergärungsanlage (Feststoffvergärung) für anfallenden Haushalts-Biomüll der Landkreise Osterholz, Cuxhaven und Verden errichten. Die Inbetriebnahme der Anlage zur Erzeugung von Biogas und Aufbereitung zu Biomethan zur Einspeisung in das Erdgasnetz ist im dritten Quartal 2023 geplant. Ein Aufkommen von rund 32.500 t Bioabfall pro Jahr wurde prognostiziert, rd. 30.000 t Rohstoff werden für einen wirtschaftlichen Betrieb als notwendig angesehen (Valek 2020). Der Gärrest soll in einer zu reaktivierenden Altanlage in Penningbüttel kompostiert werden. Halmgutartiges Landschaftspflegematerial sei für die Verwendung in der neu zu errichtenden Biogasanlage nicht geeignet (pers. Mitteilung J. Hinken, 10/2019).

Im Landkreis Diepholz betreibt die Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH (AWB) Bassum eine Feststoffvergärungsanlage für Biotonnenmüll auf dem lokalen Wertstoffhof, die über ein BHKW erzeugte Energie wird an ein neu gebautes Krankenhaus in Bassum geliefert. Der Betreiber hält technisch gesehen auch Landschaftspflegematerial bzw. Aufwüchse von Feucht- und Nassgrünland für geeignet, um sie in den bestehenden sechs Fermenter-Boxen zu vergären.

6.4 Verwertungsoptionen von Biomasse aus dem Teufelsmoor

6.4.1 Probeanwendungen von Feucht- und Nassgrünland-Biomasse aus dem Teufelsmoor

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie „Aufwuchsverwertung und Artenvielfalt“ wurden Proben des Aufwuchses (Heu) von den Schutzgebietsflächen des Teufelsmoores/Hammeniederung in verschiedenen Verwertungswegen im Labor- und Praxismaßstab auf Verfahrenseignung getestet. Die untersuchte Biomasse stammt von Feuchtgrünland, später Schnitt 2018 und die einzelnen Ballen/ Einzelproben variieren etwas in der Artenzusammensetzung – sie sind dennoch repräsentativ für die Flächenkulisse, für die neue Verwertungswege der Aufwüchse gesucht werden (vgl. Kap. 3.6). Für die Eignung in den stofflichen Verwertungsverfahren (Tabelle 22 lfd. Nr. 1-5) zeigen sich weniger die einzelnen Arten als ausschlaggebend – bzw. es wurden keine artenreinen Tests durchgeführt – als vielmehr allgemeiner der Lignin- und (Hemi-)Zelluloseanteil bzw. deren Verhältnis zueinander. Dieser wird bestimmt u.a. durch den Mahdzeitpunkt und der Nährstoffversorgung.

Tabelle 22: Überblick über Verwertungstests mit Biomasse von Naturschutzflächen im Teufelsmoor 2019 und 2020.

Lfd. Nr.	Verfahren	Anwender	Ergebnis
1	Auffaserung	ZELFO Technology GmbH	geeignet
2	Einweggeschirr aus Fasern	Biolution International AG	In Mischung mit weiteren Fasern geeignet
3	Papierherstellung	Creapaper GmbH	Geeignet im Labormaßstab, Praxistest mit 5 t Biomasse geplant, aber noch ausstehend
4	Bioraffinerie für HMF ¹⁷	Universität Hohenheim	Geeignet (Labor)
5	Myzeliumzucht für Verpackungsmaterialien	Zentrum für Umweltforschung und Nachhaltige Technologien, Universität Bremen	Geeignet (Labor)
6	Substratherstellung als Torfersatz aus Gärrest der	Texas Bioenergie, unter Einsatz vergleichbarer Aufwüchse	Versuchsauswertung läuft noch, erste Einschätzung positiv

¹⁷ 5-Hydroxymethylfurfural = Grundstoff für Plattformchemikalien

	Trockenfermentation (Kaskade)	von Niedermoor-Feuchtgrün- land in Niedersachsen	
--	----------------------------------	---	--

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Aufwüchse aus dem Gebiet der Sammelverordnung Teufelsmoor und Hammeniederung in den meisten Fällen gut für das jeweilige Verarbeitungsverfahren eignen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die verwendeten Test-Mengen in einem ersten Schritt relativ klein waren (mehrere Kilogramm Trockenmasse) und Tests mit größeren Mengen noch laufen bzw. geplant sind.

(1) Auffaserung und (2) Weiterverarbeitung zu Einweggeschirr

Die Zelfo Technology GmbH entwickelt hochfibrillierte Makro-, Mikro, und Nano-Zellulosefasern, entweder als separate Einheiten oder in kontrollierten Mischungen. Es bestehen u.a. Erfahrungen mit vorverarbeiteten und nicht verarbeiteten landwirtschaftlichen (u.a. auch Schilf, Gräser) und industriellen



Abbildung 40: Platten, z.B. als bau- und Möbelwerkstoff, aus 100% Heu aus der Hammeniederung (Mitte), 100% Rohrkolben (rechts), 100% Schilf (links). Gepresst ohne Bindemittel von ZELFO Technology. Foto: S. Abel

Lignozellulosefasern. Das Unternehmen arbeitet in der Produktentwicklung und –verbesserung für Fremdfirmen, entwickelt kontinuierlich neue Materialsorten und Verbundstoffe, unterstützt die industrielle Fertigung und fördert auch die globale Vermarktung.

Ein Praxisversuch fand mit Biomasse aus der Hammeniederung im Sommer 2019 statt. Dabei wurde die Biomasse in der Zelfo-Pilotanlage in Schwedt/Oder in verschiedenen Auffaserungsintensitäten aufbereitet und diese Fasern anschließend zu Paneelen bzw. Platten (Abbildung 40) gepresst. Das Eingangsmaterial wird gehäckselt, angefeuchtet und aufgefaserst, wobei die Fasern gereinigt bzw. ausgewaschen werden. Der dabei entstehende Presssaft kann im weiteren Verlauf einer Biogasanlage zugeführt werden. Die Besonderheit dieses Verfahrens besteht darin, dass durch die spezielle Faseraufbereitung die einzelne Faser aufgespalten wird und dadurch ein hohes Haftvermögen erhält. Werden die Fasern dann gepresst, wird kein zusätzlicher Klebstoff benötigt, die Fasern haften an sich selbst.

Von der Firma Bio-Lutions wurde Heu von Feuchtgrünland aus dem Teufelsmoor, Biomasse ähnlicher Standorte sowie Schilf aus der Winterernte und Rohrkolben (jeweils aus Nordostdeutschland) in Formteile gepresst (Abbildung 41). Bio-Lutions stellt bisher Formteile, z.B. Einweggeschirr, Obst- und Gemüseverpackungen, Pflanztöpfe her. Je nach Produkt bzw. Verwendung können die Formteile und Verpackungen zusätzlich lebensmittelecht beschichtet oder die Produktionsmasse mit Additiven und Farben versetzt werden. Ein großes Nutzungspotential wird im Bereich Verpackung gesehen.



Abbildung 41: Einweggeschirr aus Moor-Aufwüchsen und anderen halmgutartigen Biomassen gemischt (Bio-Lutions), Foto: S. Abel

Bei der Verarbeitung der Fasern aus Moor-Aufwüchsen zu Einweggeschirr in einem Fasergussverfahren konnten erste Erkenntnisse zur Verarbeitbarkeit der Pflanzen gemacht werden und mögliche prozentuale Beimischungen in der Produktionsmasse abgeschätzt werden. Diese besteht aus einer Trägerfaser und Zusatzfasern, letztere werden u.a. als Füllstoff und für Festigkeit beigemischt. Schilf zeigte die beste Verarbeitbarkeit und könnte zu einem Anteil von 20-30 % in die Produktionsmasse integriert werden. Rohrkolben zeigte eine mittlere Verarbeitbarkeit, die höchste Festigkeit im Endprodukt, der mögliche Anteil an der Produktionsmasse könnte 20-40 % betragen. Rohrglanzgras und Seggen (in einem Verhältnis von 60 % zu 40 %) zeigten im Prozess eine mittlere Festigkeit im Endprodukt, die schlechteste Verarbeitbarkeit und eine hohe Geruchsbelastung, die zusätzlich zu behandeln wäre. Der mögliche Anteil in der Produktionsmasse beträgt 10-30 % (pers. Mitteilung J. Reich, 8/2019). In Box 10 sind Anforderungen an den Rohstoff zusammengefasst. Weitere Testläufe und Musterproduktionen mit verschiedenen Pflanzenarten sowie Biomasse verschiedener Erntezeitpunkte und als Mischung mit Trägerfasern erscheinen sinnvoll.

BOX 10: Anforderungen an Rohstoffe für die Verarbeitung im Fasergussverfahren (Bio-lutions)

Qualitätsanforderungen an die Biomasse:

- Es können prinzipiell frische bzw. silierte als auch trockene Biomasse wie Heu und Schilf aus der Wintermahd im Prozess verarbeitet werden
- Fasern einjähriger Pflanzen sind komplizierter in der Verarbeitung als z.B. Holzfasern
- Faserlänge und –festigkeiten sind bei den einzelnen Pflanzenarten unterschiedlich, daher ist die Reinheit bzw. Homogenität der verwendeten Biomasse wichtig, um den Prozess darauf einzustellen. Andernfalls werden einige Fasern zu stark und andere zu wenig aufbereitet.
- Sehr kurze Fasern und nicht fibrillierbare Fasern sind ungeeignet für das Verfahren

Weitere Anforderungen an die Biomasse:

- Liefersicherheit des Rohstoffes
- Ggf. Vorverarbeitung der Biomasse, z.B. Häckseln

Die in Bremen ansässigen Verpackungs-Unternehmen Bionatic GmbH & Co. KG, Henne Verpackung GmbH & Co. KG, Gustav Schramm GmbH und HBW-Pack GmbH & Co. KG (bzw. vormals W-Pack Kunststoffe GmbH & Co. KG) wurden im November 2019 telefonisch hinsichtlich ihrem Interesse an Rohstoffen, z.B. als aufbereitete Fasern von Feucht- und Nassgrünländern aus dem Teufelsmoor abgefragt und welche Qualitätsanforderungen sie an die Materialien stellen. Keines dieser Unternehmen produziert jedoch selbst das von ihnen vertriebene Verpackungsmaterial, zumindest ein Unternehmen (W-Pack Kunststoffe GmbH & Co. KG) war jedoch an regional hergestellten Produkten interessiert bzw. verwendet diese bereits.

(3) Papierherstellung

Die Firma Creapaper GmbH mit Sitz in Hennef (NRW) bereitet Heu in einem eigens entwickelten Verfahren auf, um es als Rohstoff in die Papierproduktion einzuspeisen und damit Holzfrischfasern zu ersetzen. Es entwickelt zudem Verpackungen. Ende 2019 wurde eine Probe aus dem Teufelsmoor – rd. 3 kg Heu - nach Hennef geschickt. Erste Labortests ergaben eine gute Eignung des Materials für die Aufbereitung zu Graspellets für die Papierherstellung. In Box 11 sind einige Eignungskriterien für die Verwendung in der Papierherstellung aus Gras aufgeführt (pers. Mitteilung M. Kroheck, 6/2020). Es ist ein Praxistest für eine Musterproduktion mit rd. 5 t Heu aus dem Teufelsmoor in Hennef geplant, die noch 2020 stattfinden soll.

BOX 11: Anforderungen an die Biomasse für die Papierherstellung (creapaper)

Beschaffenheit der Biomasse / Flächenmanagement:

- Grünland sollte nicht gedüngt und nicht extensiv genutzt sein
- 1-2 Schnitte pro Jahr, erster Schnitt Mitte/Ende Juni
- „Bunte Blumenwiese“ – Vielfalt von Pflanzenarten wichtig für unterschiedliche Faserlängen im Material
- Restfeuchte < 14 % für Lagerfähigkeit und Prozesseignung
- Fokus auf sogenannte Kurzfaser, daher grobe Orientierung an Wuchshöhe: Gräser, die über 1m, max. 1,50 m hoch wachsen, enthalten zu viel Lignin und sind für dieses Aufbereitungsverfahren ungeeignet

(4) Bioraffinerie

Die Universität Hohenheim, Fachgebiet Konversionstechnologien nachwachsender Rohstoffe beschäftigt sich u.a. mit Miscanthus als Eingangsmaterial für chemische Umwandlungen zur Herstellung von (Lebensmittel-)Verpackungen, Getränkeflaschen, Fasern für Autositze und -teile, Bekleidung, uvm. (Bioraffinerie)¹⁸. Cellulose und andere Kohlehydrate werden dabei zu 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) umgewandelt. HMF gilt als eine der wichtigsten Plattformchemikalien der Bioökonomie. Aus 100 kg Heu können rd. 10 kg Furfural hergestellt werden. Die Biomasse sollte möglichst wenige Proteine ent-

¹⁸ <https://biooekonomie-bw.uni-hohenheim.de/tp184>

halten (pers. Mitteilung M. Götz, 10/2019). Biomasse von Flächen, die maximal zweischürig bewirtschaftet werden, ist geeignet für die Verarbeitung in diesem Prozess, denn eine spätere Mahd reduziert den Proteingehalt und erhöht den Ligningehalt der Biomasse. Die Biomasse sollte trocken vorliegen, damit sie lagerfähig ist. Aus dem Lignin können als drittes (Zwischen-)Produkt Phenolmischungen verarbeitet werden, welche z.B. in Harzen und Lacken verwendet werden (pers. Mitteilung M.Götz, 6/2020).

Ende 2019 wurden mit einer Probe (5-10 kg Heu) aus dem Teufelsmoor Vortests durchgeführt. Diese ergaben einen niedrigeren Proteingehalt als erwartet und die Zusammensetzung der Biomasse lässt darauf schließen, dass sie sich gut für die Herstellung von Plattformchemikalien eignet. Geplant war ursprünglich die Herstellung von Produktmustern aus der Teufelsmoor-Probe ab Mai 2020, diese verzögert sich auf das 2. Halbjahr 2020.

(5) Substrat für Myceliumzucht

Am Zentrum für Umweltforschung der Universität Bremen, Fachgebiet Chemische Verfahrenstechnik wurde im Dezember 2019 ein Labortest mit einer Heuprobe aus dem Teufelsmoor durchgeführt. Dabei wurde das Heu als Substrat für die Anzucht von einem Pilz verwendet, dieser wird gezielt in eine erwünschte Form gezüchtet und kann z.B. als Dämmplatte oder Verpackung eingesetzt werden. Für die Myzelium-Zucht ist Lignin und ein spezifisches C/N-Verhältnis im Ausgangssubstrat notwendig. Die für die Anzucht von Mycelium geeigneten Eigenschaften des Ausgangssubstrates sind u.a. abhängig vom Erntezeitpunkt der Biomasse. Die „gezüchteten“ Dämm- und Verpackungsmaterialien sind schimmelresistent und haben ein Gewicht von rd. 100-300 kg/m³, das ist vergleichbar mit dem Gewicht anderer Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen. Der erste Labortest mit Teufelsmoor-Biomasse war erfolgreich, als sinnvoll wird für einen nächsten Schritt der Test mit verschiedenen Gräserarten des Feucht- und Nassgrünlandes erachtet.

(6) Trockenfermentation und Weiterverarbeitung des Gärrestes zu Torfersatz

Verschiedene Anlagen(hersteller) von Feststoffvergärungsanlagen sind am Markt vorhanden (z.B. BIOFerm, thöni, DeNaBa). Beispielsweise beschreibt Schmack (2015) die Funktionsweise einer BIOFERM-Trockenfermentationsanlage, möglich ist dabei ein Trockensubstanzanteil von bis zu 60 %. Für eine Weiternutzung als Torfersatz muss das Substrat gewisse Eigenschaften erfüllen (vgl. Kapitel 6.1.3). Verschiedene Substrathersteller für den Erwerbsgartenbau zeigten sich interessiert, das Gärsubstrat aus der Feststoffvergärung als Torfersatz zu testen (u.a. Gramoflor, Mokura, pers. Mitteilung 9/2019).

Die Firma Texas Bio-Energie GmbH & Co KG. in Cloppenburg fermentiert Landschaftspflegematerial zusammen mit kleineren Anteilen Gärreste aus der Nassfermentation (Mais und Gülle) unter Zugabe von Effektiven Mikroorganismen (EM). Der Gärrest wird für 3 Monate in einer Miete mit einer Silofolie abgedeckt. Die in der Biogasanlage erzeugte Wärme wird innerbetrieblich zu Heizzwecken (Gewächshaus, Bürokomplex) verwendet bzw. überschüssige Wärme im Sommer dafür genutzt, das weiterverarbeitete fermentierte Gärsubstrat nachzutrocknen. Nach der Mietenfermentierung wird das Substrat zerkleinert und von rd. 60-70 % Wassergehalt auf 30-40 % getrocknet mit Abwärme aus der Biogasanlage. Zudem wird über eine BHKW Strom aus dem Biogas erzeugt und in das Stromnetz eingespeist. Das fertige Substrat wird u.a. als Torfersatz in Kultursubstraten verwendet. Zu Beginn 2020 wurde am Standort in Cloppenburg eine Gärrest-Probe aus einer Trockenfermentierungsanlage des BUND-Hofes Wendbüdel (Landkreis Oldenburg) mit EM beimpft. Das Ausgangsmaterial für die Trockenvergärung auf dem BUND-Hof ähnelt der verfügbaren Biomasse im Teufelsmoor. Das fermentierte Substrat hat nach erster Einschätzung des Unternehmens eine gute Eignung als Torfersatz bzw. Kultursubstrat. Es

wurde eine Probe des fermentierten Substrates bei der LUFA Nord-West auf Torfersatz-Eignung analysiert. Das Material ist strukturiert, enthält im Vergleich zu Weißtorf noch relativ viele Nährstoffe und eignet sich gut als Beimischung bis zu 50 % in Kultursubstraten (pers. Mitteilung F. Aumann, 7/2020).

6.4.2 Weitere Anwendungen vergleichbarer Biomasse

Im Rahmen anderer Studien und Forschungs- und Umsetzungsvorhaben werden und wurden weitere Verwertungen mit Aufwüchsen vergleichbarer Standorte (Pflanzenarten des Feucht- und Nassgrünlandes, Schilf, Rohrkolben, Torfmoose) entwickelt und erprobt (Tabelle 23). Tabelle 24 listet zudem Beispiele von bereits am Markt existierenden Produkten und Verfahren auf, die ähnliche Ausgangsstoffe, wie sie im Untersuchungsgebiet vorliegen, verarbeiten, z.B. Wiesenheu, Landschaftspflegematerial.

Tabelle 23: Auswahl von Labor-, und Praxisverwertungen von Biomasse von Feucht- und Nassgrünland, sowie nassen Standorten.

Unternehmen/ Institution	Produkt/Prozess	Wann	Biomasse
Typhatechnik Naturbaustoffe	Typhaplatten	Seit 2014	Rohrkolben (Winterernte)
Torfwerk Moorkultur Ramsloh Wer- ner Koch GmbH & Co. KG	Torfmooskultivierung, Verwertung als Weißtorf-Ersatz, Substrat für Sonderkulturen (z.B. Orchideen- zucht), Torfmoos als Saatgut für Re- naturierungen und weitere Torf- moos-Anbauflächen	Seit 2011	Torfmoos
WKI Fraun- hofer	Zelluloseschaum(platten)	2017, 2020/21	Schilf, Seggen, Rohrglanz- gras, Rohrkolben
Swedish Uni- versity of Agri- cultural Sci- ences	Fasern für Biokomposite	2017/18	Schilf, Segge, RGG, Typha
	Proteine	2018	Nasswiesenbiomasse
Florafuel AG	ausgewaschenes Material - Verbren- nung des Feststoffanteils und Press- saft für Biogas-Erzeugung	2018	Silageballen mit kein/wenig Schilf, Seggen; Rohrglanz- gras und bessere Futtergrä- ser
Gramoflor	Gartenbausubstrate	2016	Ausputzbiomasse aus der Rohrwerbung
Texas Bioener- gie	Gartenbausubstrate	2020	Rohrkolben
TLL Thüringen	Pelletverbrennung	2016	Schilf, Seggen
strohlos	Schilf-Brandschutzplatte	2012	Schilf
Klassmann- Deilmann	Gartenbausubstrate aus aufge- schlossenem und ausgewaschenem Material	2018	Nasswiesenbiomasse

Tabelle 24: Beispiele für Verarbeitung und wirtschaftliche Anwendungen von Gras, Landschaftspflegematerial und anderen vergleichbaren Ausgangsstoffen, bzw. potentielle Verwertungswege für Aufwüchse aus dem Teufelsmoor-Gebiet.

Unternehmen/Akteur	Produkt	Rohstoff
Gramitherm Europe SA	Dämmplatten	Wiesenheu
Jean-Luc Friedrich (Landwirt, Lu- xemburg)	Baupaneele	Heu

Pyreg GmbH	Pflanzen-, Bio-, Aktivkohle; Bau von Carbonisierungs-Anlagen	Biogene Stoffe, Klärschlamm
EnBW Energie Baden-Württemberg AG	Aktivkohle als Filter (in Biomasse-Dampf-Verarbeitung)	Biogene Reststoffe
New Foss	Fasern für u.a. Baustoffe, Papier, Pappe, Presssaft für Biogas	Grünschnitt, Landschaftspflegematerial, weitere
Biowert Industrie GmbH	Dämmstoffe, Kunststoffe, Düngemittel	Zellulose aus Gras
Tecnaro GmbH	Biokunststoffgranulate	Lignin/Zellulose, Naturfasern
Packs Sales GmbH	Faserguss, Faserzellstoff	Zellulose aus Heu und Stroh
Papierfabrik Meldorf GmbH & Co. KG	Wellpappenpapiere	Gras(fasern)

6.4.3 Veranstaltung: Verwertungsmöglichkeiten von Biomasse aus nassen Mooren: Beispiele aus der Praxis

Am 18.3.2020 war eine Informationsveranstaltung im Hamme-Forum in Ritterhude geplant, in welcher die Verwertung von Aufwüchsen von feuchten und nassen/wiedervernässten Mooren in den Blick genommen werden sollte, organisiert vom Greifswald Moor Centrum und dem Deutschen Verband für Landschaftspflege. Diese musste verschoben werden und ist nun für Ende des Jahres 2020 geplant.

Nutzungsalternativen, die mit den nassen Böden zurechtkommen, sind gefragt – sog. Paludikulturen. Wie kann man diese Biomasse nutzen? Welche Absatzmärkte gibt es? Welche könnten für Schilf, Seggen, Rohrkolben oder Torfmoos angepasst und etabliert werden? Die Veranstaltung gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der Verwertung von Biomasse aus nassen Mooren praxisnah mit Vorträgen von Beispiel-Betrieben und einem Markt der Möglichkeiten, um mit Expert*innen und Betreibern intensiv ins Gespräch zu kommen. Die Veranstaltung richtet sich an Landwirt*innen, Flächeneigentümer, Verbände, Verwaltung, Flächenagenturen, Unternehmen, Investoren. Der Anhang XI enthält einen Überblick über Themen und Aussteller*innen.

6.5 Mögliche Geschäftsmodelle zur Biomasse-Verwertung in der Leader-Region Kulturlandschaften Osterholz

Für neue Verwertungswege sind zumeist die Abnehmerstrukturen und Lieferketten, in welche geerntete Aufwüchse oder Tiere vermarktet werden können, noch nicht (vollständig) etabliert. Eine Möglichkeit besteht darin, die Biomasse und Tiere frei Hof oder frei Werk zu verkaufen, die Verwertung bzw. Veredelung erfolgt in einem nächsten Schritt durch Dritte an anderer Stelle. Es ist auch denkbar, dass landwirtschaftliche Betriebe allein oder gemeinsam in eine Verwertung / Veredelung vor Ort investieren und die Rohstoffe lokal aufbereiten und vermarkten. Drittens könnten lokal ansässige Akteure in eine neue Verwertungsanlage investieren und die Landwirte über Lieferverträge o.ä. einbinden bzw. bestehende Verwertungsketten, in denen bisher (ausschließlich) andere Rohstoffe verwendet werden, erweitern um im Teufelsmoor produzierte Biomasse. Tabelle 25 gibt eine Auswahl bestehender Verwertungswege und die erzielbaren Erlöse für Biomasse aus feuchten und nassen Mooren an. Für die thermische Verwertung in einem Heizwerk und für die in Tabelle 22 genannten Verwertungswege (außer lfd. Nr. 5) werden im Folgenden mögliche Geschäftsmodelle dargestellt.

Tabelle 25: Erträge und erzielbare Erlöse für Biomasse aus nassen Mooren in vorhandenen Verwertungswegen und Verwertungswege mit vergleichbaren Rohstoffen. Nicht berücksichtigt sind etwaige Investitions- und Etablierungskosten.

	Ertrag je ha	Rohstoffpreis	Erlös je ha und Jahr
Brennstoff für Heizwerk - Nasswiesenheu ¹ - Stroh (Vergleich)	2 – 4 t TM	50 – 70 €/t 80 – 100 €/t	100 – 280 €
(Co-)Substrat für Biogasanlagen - Nassvergärung ² - Feststoffvergärung	3 – 8 t TM 3 – 8 t TM	10, max. 35 €/ t FM k.A.	Ø 100/max. 600 €
Einstreu - für Sauenhaltung - Stroh (Opportunitätskosten)	3 – 8 t TM	< 65 €/t 80 – 100 €/t	max. 195 – 520 €
Raufutter aus Feucht/Nassgrünland - Pferdeheu	3 – 8 t TM	100 – 130 €	300 – 1.040 €
Wasserbüffel ³ (Vollweidesystem) - Fleisch - Zuchttiere/ Herdenaufbau	0,6 – 1,2 GV	6 – 13 €/kg 2.000 – 2.500 €/Tier	500 – 2.000 € 580 – 1.000 €
Torfmoos ⁴ - als Torfersatz in Kultursubstraten - für Orchideenkultur - als Saatgut	~50 bis 200 m ³ /Jahr	10 – 25 €/m ³ 165 €/m ³ 750 €/m ³	500 – 5.000 € 8.250 – 33.000 € 37.500 – 150.000 €
Schilf ⁵ - Dachschilf - Ausputz/schlechtere Qualität - Schilfdämmplatten/Putzträger	~500 Bunde	450 €/t 30 €/t ~450 €/t	Ø 1.000 €

¹ Der Heupreis mit Futtereignung liegt eher bei 110 €/t (Vogel 2020); ² Wichmann (2017); ³ Sweers und Müller (2016); ⁴ Wichmann et al. (2020); ⁵ Wichmann (2017)

6.5.1 Thermische Verwertung: Heizwerk

In Box 12 sind wirtschaftliche Eckdaten für halmgutbasierte Heizwerke zusammengestellt. Vogel (2020) hat Praxisdaten aus bestehenden Stroh- und Heu-Heiz(kraft)werken ermittelt und daraus ein Leitfaden für die Planung und Wirtschaftlichkeit halmgutbasierter Heizwerke erstellt. Der vollständige Leitfaden (14 S.) kann online auf den Seiten der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV heruntergeladen werden: <https://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Agraroeconomie/>

BOX 12: Leitfaden Halmgutheizwerke – Wirtschaftlichkeit und Planungsrichtwerte (Vogel 2020)

Die thermische Verwertung von Stroh und Heu benötigt hohe Investitions- und Betriebskosten aufgrund technisch aufwendiger Brennstoffeigenschaften im Vergleich zu Erdgas. Ein erhöhter Kostenaufwand entsteht durch ein starkes Rauchgasreinigungssystem, wassergekühltem Rost o.a. (um die Ascheerweichung und Schlackebildung zu verhindern) und erhöhtem Wartungs- und Reparaturaufwand.

Anlagengrößen mit einer Leistung von 0,5 – 1 MW verwenden den Brennstoff in Form von Ballen, hierfür ist ein Förderband, Ballenauflöser und eine Zuführung in den Heizkessel notwendig, außerdem ein Wärmespeicher. Am Standort des Heizwerkes muss ein Brennstofflager und eine Wärmesenke, angeschlossen über ein Wärmenetz, vorhanden sein bzw. angelegt werden.

Kosten

Die Kostenstruktur eines Heizwerkes beinhaltet kapitalgebundene Kosten (Investitionen, Planung und Genehmigung), betriebsgebundene Kosten (Instandhaltung, Wartung, Reinigung, Verwaltung, Personalkosten, Versicherung) und verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoff, Aschentsorgung, Strom, Hilfsstoffe). Die Wärmegestehungskosten sind bei einem Stroh- oder Heuheizwerk von den verbrauchs- und kapitalgebundenen Kosten definiert. Daher ist eine hohe Auslastung (Betriebsstunden pro Jahr) der Anlage notwendig.

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit ist vorrangig beeinflusst vom Wärmepreis, Auslastung, vorhandener Investitionsförderung und den Brennstoffkosten – in abnehmender Reihenfolge.

Für die wirtschaftliche Betreibung des Heizwerkes muss der Wärmepreis mindestens so hoch wie die Wärmegestehungskosten sein. Die Auslastung sollte über 50 % liegen, um gegenüber Gas wettbewerbsfähig zu sein und möglichst nur die Grundlast abdecken.

Brennstoffbereitstellungskosten

Für die Heubereitstellung sind die Verfahrensschritte Mahd, Schwaden und Wenden, Pressen, Vorkonzentration, Umschlagprozesse und Transport berücksichtigt. Der durchschnittliche Marktpreis für Heu wird mit 110 €/t angegeben und regional vom Bedarf in der Tierproduktion beeinflusst.

Ein Heizwerkbetreiber (Stroh/Heu) erhält für die bereitgestellte Wärme ca. 50 – 58 EUR/MWh. Bei einer Auslastung von 50 % darf somit der *Brennstoffpreis maximal 60 – 80 EUR/t* betragen. Mit höherer Auslastung kann ein höherer Brennstoffpreis gezahlt werden, z.B. bei 60 % Auslastung: 60 – 90 EUR/t.

Lagerung

Neu gebaute feste Lagergebäude sind mit 9,20 EUR/m³ zu berücksichtigen, bei der Nutzung eines Altbaus reduziert sich der Kostenaufwand um 70-90 % (mit/ohne Sanierungsbedarf). Der Neubau einer Leichtbaulagerhalle ist etwa 70 % günstiger als der Bau eines festen Lagergebäudes. Die Lagerung als Feldmiete (offen/ mit Folie abgedeckt) sind wesentlich kostengünstiger, allerdings betragen hier die Lagerverluste 8-11 % und es kommt zu Qualitätsminderungen.

Aschenutzung- und verwertung

Die Entsorgung der Asche kostet rd. 60 EUR/t, der Aschegehalt von Halmgut ist mit etwa 4-6 % Anteil an der Trockenmasse ziemlich hoch. Alternativ kann die Asche ggf. als Dünger, Beton- und Zementzuschlagsstoff, Asphaltmischstoff verwendet werden. Als Düngemittel sind die Aschen aus dem Brennraum und in Teilen aus dem Zyklon zugelassen. Heuaschen können für die Düngung von P und K eingesetzt werden.

Im Folgenden ist ein Beispiel der Wärmegestehungskosten für ein Heizwerk in OHZ berechnet. Die Wärmegestehungskosten geben die Gesamtkosten der Wärmebereitstellung je Wärmeeinheit wieder. Sie errechnen sich aus Abschreibung der Investitionskosten, den Betriebskosten und den Brennstoffkosten. In der Tabelle 26 sind insg. 4 Berechnungsbeispiele aufgeführt.

Tabelle 26: Wärmegestehungskosten bei 2 unterschiedlichen produzierten Jahreswärmemengen sowie jeweils 2 verschiedenen Brennstoffkosten-Annahmen (70 EUR/t und 120 EUR/t).

Jahreswärmeproduktion [MWh]	2.500	2.500	3.500	3.500
Brennstoffbedarf [t a ⁻¹]	737	737	1032	1032
Flächenbedarf [ha] (bei 4 t TM ha ⁻¹ Ertrag)	184	184	258	258
Investitionskosten Heizwerk*	750.000 €	750.000 €	750.000 €	750.000 €
Brennstoffkosten [€ t ⁻¹]	70 €	120 €	70 €	120 €
Betriebskosten [EUR / a]**	50.000 €	50.000 €	52.500 €	52.500 €
Hilfsenergie (3,75 EUR/MWh) [EUR / a]	9.375 €	9.375 €	13.125 €	13.125 €
Wärmegestehungskosten ab Heizhaus [€ MWh ⁻¹ ***	89 €	105 €	76 €	92 €
Wärmegestehungskosten inkl. Wärmenetz [€ MWh ⁻¹ ****	94 €	109 €	79 €	94 €

* Leistung 800 kW, inklusive Ballenauflöser, Heizhaus, Installation; ohne Redundanzkessel, Traktor, Lagerhalle, geschätzt

** Personal, Versicherung, Wartung, Instandhaltung, Entsorgung, Verwaltung, Versicherung, geschätzt

*** Wärmegestehungskosten an Übergabestation ins Wärmenetz, Annahmen: Förderquote: 40 %, Kapitalzinsen: 4%; Laufzeit 10 Jahre; Gewinnaufschlag: 5 % je MWh

**** Wärmegestehungskosten bis Endabnehmer, Annahmen: Nahwärmeleitung 600m, Nahwärmeleitung 400 €/m Herstellungskosten, Förderquote 50%, Kapitalzinsen 4%, Laufzeit 10 Jahre

Variante A – für eine Abgabe von 2500 MWh Wärme pro Jahr werden ca. 737 t Brennstoff (Heu) benötigt. Bei einem Flächenertrag von rd. 4 t Trockenmasse (TM) pro Hektar und Jahr ergibt sich ein Flächenbedarf von 184 ha für die Bereitstellung des Brennstoffs. Die Investitionskosten wurden auf etwa 750.000 EUR geschätzt, sind jedoch abhängig von lokalen Gegebenheiten, z.B. ob bereits ein Gebäude vorhanden ist. Der angenommene Brennstoffpreis liegt bei 70 €/t TM, Betriebskosten liegen bei etwa 50.000 EUR pro Jahr. Aufwendungen für Hilfsenergie, die u.a. benötigt wird, um den Ballenauflöser zu betreiben und in Abhängigkeit der produzierten Wärmemenge steht, liegen bei 9.375 EUR/Jahr. Entsprechend entstehen Wärmegestehungskosten am Heizhaus in Höhe von 89 EUR/MWh. Wird zudem ein Wärmenetz für den Transport der Wärme zum Endabnehmer und Hausanschlussstationen zur Übergabe der Wärme benötigt, erhöhen sich die Wärmegestehungskosten (inkl. Wärmenetz) auf 94 EUR/MWh. Es ergeben sich andere Wärmegestehungskosten, wenn z.B. andere Förderquoten für die Investitionen angenommen werden (hier: Förderannahme Heizwerk 40%, Wärmenetz 50 %), sowie ein anderer Kapitalzins angelegt wird (hier: 5 %), sowie eine andere Abschreibungslaufzeit für die Investitionen in das Heizwerk und das Wärmenetz (hier: 10 Jahre), zudem sind in den Wärmegestehungskosten ab Heizhaus 5 % Gewinnaufschlag einberechnet.

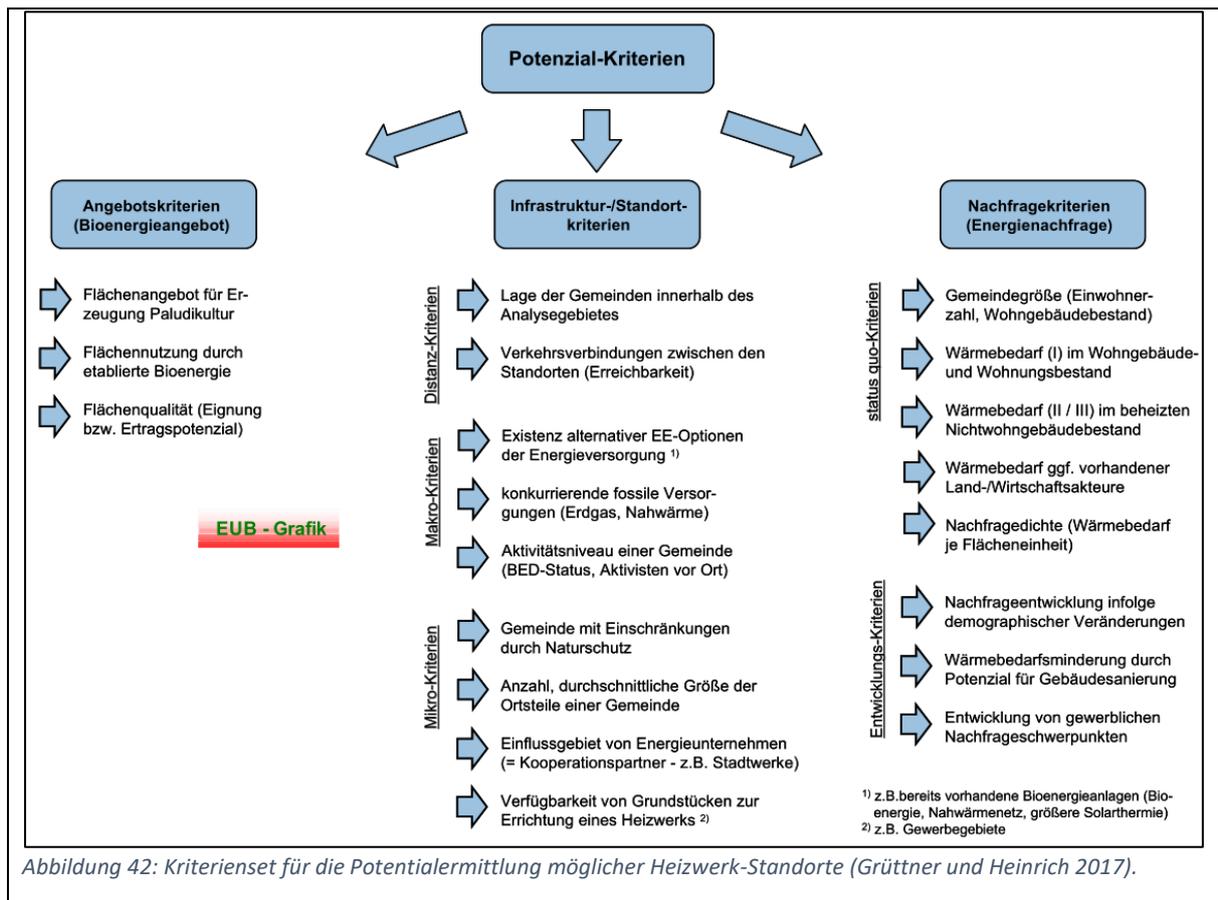
Variante B – bei gleicher jährlicher Wärmeproduktion von 2.500 MWh und einem Brennstoffpreis in Höhe von 120 EUR/t TM ergeben sich Wärmegestehungskosten von 105 EUR/MWh ab Heizhaus und 109 EUR/MWh inkl. Wärmenetz.

Varianten C & D – mit einer höheren Wärmeproduktion von 3.500 MWh/Jahr ergibt sich ein höherer Brennstoffbedarf (1032 t TM/Jahr) und damit verbunden ein höherer Flächenbedarf (258 ha) für die Bereitstellung der Biomasse. Bei Brennstoffkosten von 70 EUR/t bzw. 120 EUR/t sowie Betriebskosten (52.500 EUR/Jahr) und Hilfsenergiekosten (13.125 EUR/a) belaufen sich die Wärmegestehungskosten ab Heizhaus auf 76 EUR/MWh bzw. 92 EUR/MWh, abhängig von den Brennstoffkosten sowie auf 79 EUR/MWh bzw. 94 EUR/MWh.

Eine höhere abgegebene Wärmemenge pro Jahr bzw. höhere jährliche Anzahl an Volllaststunden, die das Heizwerk pro Jahr in Betrieb ist, reduzieren den Wärmepreis (Vogel 2020). Sinnvoll ist eine möglichst ganzjährige Wärmesenke, z.B. Schwimmbad, Gewächshaus, Schule / öffentliche Gebäude, wärmebenötigende Produktion/Industrie und ähnliches.

BOX 13: Methode zur Abschätzung regionaler Wärmebedarfe (Grüttner und Heinrich 2017)

Grüttner und Heinrich (2017) entwickelten eine Vorgehensweise, um Wärmebedarfe in Gemeinden im Landkreis Vorpommern-Rügen und die Potentiale hinsichtlich der Errichtung eines Heizwerkes mit Nasswiesenbiomasse anhand von Kriteriensets abzuschätzen (Abbildung 42). Es erfolgte ein Ranking der Gemeinden nach Kriteriensets sowie einem Gesamtranking, wobei die einzelnen Kriterien nicht gewichtet wurden. Als Datenbasis zur Berechnung der Kriterien flossen u.a. amtliche Statistiken, regionale Studien und Berichte, Fachliteratur, Daten zur EEG-Einspeisung, Energieanlagen im Bestand bzw. in Genehmigungsverfahren und Daten zu Netzgebieten und Versorgung ein. Für die potenzialreichsten Gemeinden wurde in einem zweiten Schritt Gemeinde-Steckbriefe zusammengestellt, mit Eckdaten zu den Gemeinden sowie einzelnen Quartieren (Einwohnerzahl, Fläche, Gebäudebestand, Wärmebedarfe), Ansprechpersonen und Akteursstrukturen.



Der durchschnittliche Fernwärmepreis liegt in Niedersachsen bei 69 EUR/MWh (AGFW 2019), wobei die Werte lokal sehr unterschiedlich sein können. Wärme aus Nasswiesen-Biomasse kann ggf. einen höheren Endabnehmer-Preis mit regionalem Mehrwert (Erhalt von Kulturlandschaft/ Landschaftspflege) und Klimaschutz rechtfertigen. Eine Orientierung am lokalen Wärmepreis ist dennoch sinnvoll. Die thermische Verwertung von Biomasse kann v.a. in der Landschaftspflege anfallende Kosten der Entsorgung von zu beräumenden Flächen reduzieren. Die Erlöse aus der Verwertung – in diesem Fall der Verkauf der erzeugten Wärme – müssen nicht direkt wettbewerbsfähig mit vergleichbaren Produkten sein, solange die nicht über den Wärmeverkauf gedeckten Kosten niedriger sind als die anfallenden Entsorgungskosten der Biomasse. In Kapitel 7 ist eine Beispielrechnung aufgeführt, bei der zusätzlich zu einem Wärmepreis die Honorierung der Klimaschutzleistung eingepreist ist.

Es bestehen verschiedene Möglichkeiten für die Etablierung und den Betrieb eines Heizwerkes:

I) Die Biomasse wird von Landwirten ab Hof oder frei Werk bereitgestellt, der Betrieb des Heizwerkes erfolgt durch einen lokalen oder überregionalen Energieversorger (z.B. lokale Stadtwerke, andere Energieversorger über Wärmecontracting). Über Lieferverträge gibt es eine mindestens 5-jährige vertragliche Bindung zwischen dem einzelnen Landwirt und Heizwerk bezüglich Menge, Qualität, Liefermodalitäten und den Preis für die Biomasse.

II) Landwirte schließen sich zusammen und schließen einen Sammelliefervertrag mit dem Heizwerkbetreiber ab. In der Summe sind Menge und Qualität sicherzustellen, jedoch kann die zu liefernde Menge

des einzelnen Landwirts variieren¹⁹. Investition und Betrieb des Heizwerkes erfolgt über einen Heizwerkbetreiber.

III) Ein Zusammenschluss verschiedener lokaler Akteure (Landwirte, Investoren, Stadtwerke, Landkreis) baut und betreibt das Heizwerk als regionale Kooperation, die Landwirte verpflichten sich vertraglich zur Lieferung der Biomasse wie in I).

IV) Ein landwirtschaftlicher Betrieb finanziert und betreibt das Heizwerk. Ggf. schließt er Verträge mit anderen Landwirten zur Verwertung weiterer Biomasse wie in I).

6.5.2 Kaskade: Feststoffvergärung und Substratersatz

Ein geschlossener Kreislauf wird mit der Kaskadennutzung erreicht: Landschaftspflegematerial wird in eine Trockenvergärungsanlage eingebracht, daraus werden Strom und Wärme erzeugt. Der Strom wird in das Stromnetz eingespeist. Die Wärme kann je nach Wärmebedarf betrieblich zu Heizwecken genutzt werden, oder in ein (vorhandenes) Wärmenetz eingespeist werden und anliegende Quartiere oder andere Wärmesenken (vgl. Kapitel 6.5.1) zu versorgen. Im Sommer wird die Wärme zur Nachrocknung des fermentierten Substrates verwendet.

Die Investitionskosten für eine „Komplettvariante“ (500kW Biogasanlage, Lager, Silo, Halle, Trocknungsanlage) liegen bei rd. 2-3 Mio. EUR und sind abhängig von der bereits vorhandenen Infrastruktur am Standort. Es besteht ungefähr ein Platzbedarf von rd. 1 ha, dieser umfasst die Biogasanlage, Lagerkapazitäten für die Biomasse (Eingangsstoff für Biogasanlage), betonierte Fläche für die Mietenfermentierung (rd. 5.000 m²) (pers. Mitteilung F. Aumann, 7/2020).

Für eine 500kW-Anlage wird jährlich etwa 8.000-10.000 t Landschaftspflegematerial benötigt. F. Aumann geht davon aus, dass mit der aktuellen Einspeisvergütung rd. 0,9 – 1 Mio. EUR über den eingespeisten Strom refinanziert werden können. Das fertige fermentierte Substrat kann als Torfersatz für rd. 10 – 15 EUR/m³ frei Hof an Erdenwerke verkauft werden. Zahlungsbereitschaften für Torfersatz liegen bei Substrateignung bei 10-25 EUR/m³ frei Werk (pers. Mitteilung J. Gramann 10/2019).

Dieses Modell ist möglich, wenn sich Landwirte zusammenschließen und z.B. als Betreibergemeinschaft (vgl. Kapitel 6.5.1) gemeinsam die Verwertung und Aufbereitung der Biomasse durchführen mit den Aufwüchsen, die aus der Bewirtschaftung der betrieblichen Flächen im GR-Gebiet anfallen. In diesem Beispiel werden für den Eingangsrohstoff maximal die Kosten für die Erzeugung angesetzt. Es könnten zudem weiteres Landschaftspflegematerial aus dem Umkreis in diesem Verfahren verarbeitet werden, welches andernfalls kostenpflichtig entsorgt werden müsste.

6.5.3 Stoffliche Verwertungen

6.5.3.1 Fasern für Verpackungen und diversen weiteren Anwendungen

Im Folgenden ist die beispielhafte Kostenkalkulation für die Errichtung einer Auffaserungs-Anlage sowie ein Schema der einzelnen Anlagenteile skizziert (Abbildung 43). Die Anlage könnte von den Flächen im Teufelsmoor beliefert werden. Ähnlich wie in 6.5.1 für ein Heizwerk beschrieben gibt es mehrere Möglichkeiten, in welcher Form bzw. durch wen eine Auffaserung betrieben werden könnte. Der oder die Betreiber müssen die Lizenz zur Nutzung der Technologie und die Maschinen von Herstellern wie z.B. Zelfo Technology erwerben.

¹⁹ ähnlich den *agrarische collectieven* in den Niederlanden, Zusammenschlüsse von Landwirten, Landeigentümern u.a. (über 9.000 Landwirte / Eigentümer in 40 Collectieven - über 78.000 ha in Agrar-Umweltprogrammen), <https://www.boerenatuur.nl/collectieven/>

Tabelle 27 gibt einen groben Überblick über Kosten, die für die Etablierung und den Betrieb einer Auf-faserungseinheit in der Region für Biomasse aus dem Teufelsmoor bzw. der Hammeniederung entstehen. Die Anlage arbeitet mit einem feuchten Input-Material. D.h. dass die Ausgangsstoffe in Abhängig-keit von Jahreszeit, Ernte-Bedingungen u.ä. Änderungen unterliegen können. Heu ist trocken und la-gerfähig und kann dann eingesetzt werden, wenn keine frische (oder silierte) Biomasse verfügbar ist. Die Verwendung von frischer und silierte Biomasse hat wiederum Einfluss auf die Flächennutzung bzw. die notwendigen erntebezogenen Verfahrensschritte. Diese potentiellen Änderungen flossen nicht in die Kostenkalkulation ein.

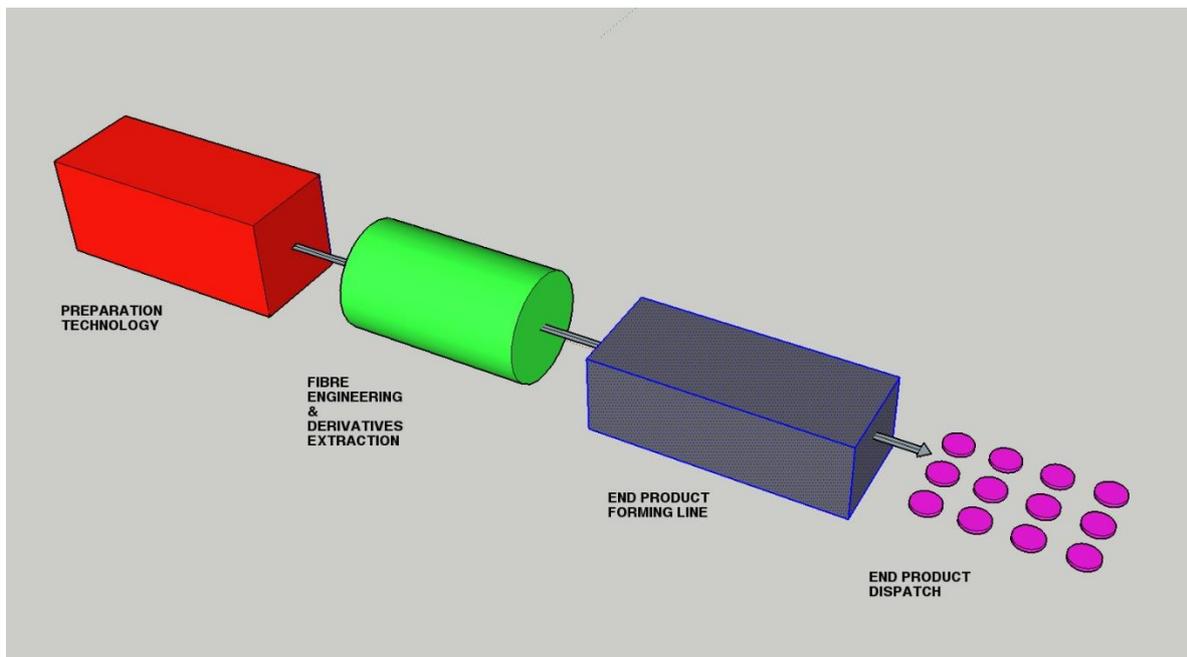


Abbildung 43: Schematische Darstellung einer Anlageneinheit zur Auffaserung von Biomasse (Zelfo Technology).

Folgende Annahmen wurden getroffen und sind justierbar:

- Durchsatz: 2 t TM pro Stunde (u.a. abhängig von gewünschten Auffaserungsgrad, je nach Weiterverarbeitung der Fasern)
- 1920 Volllaststunden – Anlage in Betrieb
- Rohstoffpreis: 75 EUR/Tonne TM
- Flächenertrag: rd. 4 t TM/Hektar und Jahr

Unter diesen Annahmen ergibt sich eine Produktionsmenge von rd. 1.728 Tonnen getrockneten Fasern pro Jahr, wofür rd. 3.500 t TM Rohstoff, d.h. Biomasse benötigt werden. Der Rohstoffbedarf lässt sich von rd. 900 ha bereitstellen. Bei einem Rohstoffpreis von 75 EUR/t belaufen sich die Kosten für die Biomasse auf 259.200 EUR/a.

Tabelle 27: Darstellung der Investitions- und Betriebskosten einer Auffaserungsanlage, Angaben zu Investitionskosten und Energiebedarf: Richard Hurding, ZELFO Technology

Investitionskosten*	
Maschinen [EUR]	rd. 650.000
Halle [EUR]	rd. 100.000
Betriebskosten	
Betriebskosten [EUR / a]	rd. 78.000
Energiekosten [EUR / a]	86.400

Rohstoffkosten [EUR / t TM]	75
Produktionsmenge Fasern [t TM / a]	1.728
Benötigte Biomasse [t TM / a]	rd. 3.500
Dafür benötigte Flächenkulisse [ha]	rd. 900

*Annahme: 30% Förderung

Verschiedene Möglichkeiten zur Reduktion der Kosten sind zudem denkbar:

- Anbindung an Standorte mit einem Stromüberschuss (z.B. Photovoltaik-Anlagen mit Eigen-nutzungsanteil)
- Bereits vorhandene Infrastruktur (Halle o.ä.) nutzen
- Ggf. gebrauchte Maschinen nutzen
- Vorverarbeitung der Biomasse, z.B. Häckseln am Feldrand

Im allgemeinen Gespräch über verschiedene Aufwüchse aus feuchten und nassen Mooren sowie unterschiedlichen Erntezeitpunkte gab die Firma Bio-Lutions International AG eine grobe Zahlungsbereitschaft von etwa 50 EUR/t für Biomasse an (pers. Mitteilung J. Reich, 8/2019), um sie im Fasergussverfahren zu Verpackungen und Einweggeschirr zu verarbeiten.

6.5.3.2 Papier

Auf Grundlage der ersten Voruntersuchungen mit Biomasse aus dem Teufelsmoor benannte die Firma CREAPAPER einen Rohstoffpreis von rd. 100 EUR/t frei Werk in Hennef, den sie für die Biomasse zahlen würde (Mitteilung M. Croheck, 1/2020). Der Transport von Osterholz nach Hennef über rd. 380 km sollte mit LKW erfolgen und Leerfahrten vermeiden, indem eine Rückbefrachtung mit neuer Ware erfolgt, wofür gute Transportnetzwerke bestehen bzw. ausgebaut werden müssen (Vogel 2020). Grob ist daher mit einem Erlös für die Biomasse von rd. 70 EUR/t zu rechnen.

Derzeit betreibt CREAPAPER nur eine Anlage in Hennef. Perspektivisch ist geplant, weitere Verarbeitungsanlagen in der Nähe von Papierfabriken zu errichten. Dafür wird mit rd. 5 Mio. EUR Investitionskosten pro Anlage gerechnet. Pro Anlage können 25.000 t Biomasse pro Jahr verarbeitet werden. Neben der Nähe zu weiterverarbeitender (Papier-)Industrie der produzierten Graspellets sollte ausreichend Biomasse-Potenzial im Umkreis von 50 km (max. 120 km) vorliegen, ohne in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu treten. Des Weiteren ist geplant, Ende 2020 eine erste mobile Anlage in Betrieb zu nehmen, welche Graspellets direkt auf der Fläche produziert, in dem die Biomasse aus dem Schwad aufgenommen und verarbeitet wird. Die mobile Anlage wird etwa 3 Mio. Investitionskosten benötigen und kann bundesweit eingesetzt werden. Die geplante mobile Anlage ist (bisher) jedoch nicht für die Befahrung feuchter oder nasser Moorstandorte ausgelegt (pers. Mitteilung M. Croheck, 6/2020).

6.5.3.3 Bioraffinerie zur Herstellung biobasierter Kunststoffverbindungen

Die Herstellung von HMF, Furfural und Phenolmischungen aus halmgutartiger Biomasse ist technisch möglich und wird aktuell erprobt und technisch hochskaliert. Jedoch ist die Folgechemie, d.h. die Weiterverarbeitung der Zwischenprodukte zu marktfähigen Endprodukten noch nicht ausgereift und befindet sich aktuell in der Forschungs- und Entwicklungsphase. Es wird von einer Marktreife in einigen Jahren ausgegangen. Dabei besteht u.a. das Ziel „on-farm-biorefineries“ zu etablieren, d.h. die dezentrale Aufbereitung der Rohstoffe (z.B. Biomasse feuchter und nasser Moore) dort wo sie geerntet wird. Dafür würden etwa 2.000 t Eingangsstoff pro Anlage benötigt.

Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft bzw. einer Kaskaden-Nutzung wäre es dabei sinnvoll, die notwendige Prozesswärme in einer angeschlossenen Biogasanlage zu erzeugen, in welcher die Restzucker aus

dem Bioraffinerie-Prozess und nicht genutzten Proteine vergärt werden (pers. Mitteilung M. Götz, 6/2020).

6.5.3.4 Schilfanbau

Bei einem gemittelten Ertrag von 2,50 pro Dachschild-Bund ergeben sich Flächenerträge von 1.000 (750 – 2.500) EUR/ha*a. Dem gegenüber stehen Flächeneinrichtungskosten (Anhebung des Wasserstandes, Bestandsetablierung, rd. 2.000 EUR/ha, Annuität 10 Jahre) sowie jährliche Kosten für Pflege, Ernte und ggf. Wassermanagement (insg. rd. 1.000 – 1.800 EUR/ha *a).

Derzeit wird die Beihilfefähigkeit für Paludikulturen diskutiert und geprüft. Wenn für Anbau und Ernte von Schilf in der nächsten Förderperiode der GAP Direktzahlungen gewährt würden und/oder die Klimaschutzleistung durch die Anhebung des Wasserstands in Flur honoriert wird, wirkt sich dies entsprechend auf den Ertrag aus.

6.5.3.5 Torfmooskultivierung

Derzeit liegt der break-even Preis bei 115 – 423 EUR/m³ bei einem hohen Kosten-Szenario und 93 – 330 EUR/m³ bei einem moderaten Kostenszenario. Mit Direktzahlungen (300 EUR/ha*a, 1. Säule GAP) und der Honorierung der Klimaschutzleistung in Höhe von 1.000 EUR/a*a ergibt sich ein break-even Preis, der um rd. 7 % reduziert wäre (d.h. 109 – 397 EUR/m³ für das hohe Kosten-Szenario und 87 – 301 EUR/m³ für das moderate Kosten-Szenario) (Wichmann et al. 2020).

Marktübliche Preise für Weißtorf zur Herstellung von Substrat liegen bei 25 EUR/m³, für die Orchideenzucht bei 165 EUR/m³ und als Spendermaterial/ Saatgut für Hochmoor-Renaturierung und Torfmoosanbau bei 750 EUR/m³. Mit dem oben skizzierten break-even Preis ist bereits jetzt in jedem Szenario ein positives Ergebnis für die Nutzung als Saatgut gegeben. Auch die Verwendung des Torfmooses in der Orchideenzucht ist in einigen berechneten Szenarien bereits lohnend. Für den Ersatz von Weißtorf in der Substrat- und Erdenindustrie ist der Torfmoosanbau bisher zu teuer.

6.6 Überblick Förderungen und Finanzierungsinstrumente für verwertungsseitige Investitionen

Es gibt eine Reihe von Förderoptionen für Investitionskosten. Diese reichen von Marktanreizprogrammen des Bundeswirtschaftsministerium (ausgegeben über die KfW), welche über Kredit- und Tilgungszuschüsse unterstützt, über KMU (innovativ)-Förderung des BMBF, bis hin zu „klassischer“ Wirtschaftsförderung. Auch Mittel aus EFRE und ELER können z.T. für Investitionen im Bereich der Biomasse-Verwertung ausgegeben werden, wenn damit z.B. Klimaschutz oder die ländliche Entwicklung befördert wird, Beispiele hierfür sind die Richtlinie *Klimaschutz durch Moorentwicklung* – über die NBank koordiniert –, oder die LEADER-Förderung, welche über lokale Aktionsgruppen (LAG) in lokal erarbeiteten Förderschwerpunkten ebenfalls anteilig Investitionen finanzieren kann.

Da sich die konkreten Bedingungen bzw. Förderfähigkeiten je nach konkreten Vorhaben unterscheiden, werden sie hier nicht im Einzelnen aufgeführt. Es wird auf die bestehenden Förderdatenbanken verwiesen, z.B.:

- Förderdatenbank des BMWI: www.foerderdatenbank.de
- Förderkatalog des Verbands der agrargewerblichen Wirtschaft (VdAW): <https://www.vdaw.de/beratung-service/foerderprogramme/foerderprogramme-angebote/page/2/>
- Pius Info Portal mit Förderprogrammen der Länder: <https://www.pius-info.de/service/foerderung-und-beratung/foerderprogramme-laender/niedersachsen/>

7 Weitere Finanzierungsoptionen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Wasserstandsanehebungen zu finanzieren. Öffentliche Programme wurden z.T. bereits in Kapitel 5 genannt. Hier werden nun Beispiele für private Finanzierungsoptionen vorgestellt, die hauptsächlich auf die Honorierung der Klimaschutzleistung bei Wasserstandsanehebungen fokussieren. Die nasse Nutzung und Aufwuchsverwertung ist in einige dieser Optionen integrierbar.

Klimaschutzmaßnahmen im Bereich Moorschutz können freiwillig über Spenden oder Sponsoring, sowie durch den Verkauf von konkreten Produkten, z.B. Kohlenstoffzertifikaten, unterstützt werden. Mit Kohlenstoffzertifikaten können Käufer*innen ihre nicht vermeidbaren Emissionen kompensieren. Dazu muss die Menge der emittierten und der eingesparten Emission nach einer anerkannten Methodologie verlässlich ermittelt und überprüft werden können (Hohlbein und Couwenberg 2019).

Kohlenstoffzertifikate – MoorFutures

Ein Beispiel sind MoorFutures Zertifikate. Jede*r kann MoorFutures kaufen und damit eigene THG-Emissionen kompensieren, wobei ein MoorFutures-Zertifikat einer vermiedenen Tonne CO₂-Emissionen über eine Projektlaufzeit von 50 Jahren entspricht. D.h. über mindestens 50 Jahre darf auf der Fläche der Wasserstand nicht wieder (mittels Maßnahmen) abgesenkt werden. Mit den Einnahmen aus dem Verkauf von MoorFutures aus einem Projekt werden Maßnahmen zur Anhebung des Wasserstandes auf der Projektfläche refinanziert. Ihr Preis entspricht projektspezifisch den Kosten der Wasserstandsanehebung und begleitenden Maßnahmen. Dadurch variieren die Verkaufspreise von MoorFutures von Projekt zu Projekt und lagen bisher bei 35 – 80 EUR (brutto)²⁰. MoorFutures werden *ex ante* verkauft, also vor Eintritt der eigentlichen Emissionsreduktion. Sie können nicht gehandelt werden.

Um eine CO₂-Einsparung durch eine Maßnahme zur Wasserstandsanehebung darstellen und berechnen zu können, ist eine Veränderung (=Anhebung des Wasserstandes) zu einer bislang bestehenden Situation (=Entwässerung,) notwendig. MoorFutures können nicht auf bereits vernässten Moorstandorten angewandt werden – es sei denn eine Optimierung des Wasserstandes führt zu weiteren CO₂-Emissionseinsparungen und ist vereinbar mit den Schutzgebietsverordnungen bzw. Naturschutzziele. MoorFutures können auf Land im Privateigentum oder auf öffentlichem Land generiert werden. Sie schließen die weiterführende (nasse) Nutzung der Flächen explizit nicht aus, zurzeit gibt es aber auch keine Modelle, die diese speziell fördert.

MoorFutures werden auf Bundeslandsebene entworfen, bisher gibt es sie in Mecklenburg-Vorpommern, wo sie entwickelt wurden, in Brandenburg und Schleswig-Holstein. In Niedersachsen wurden 2020 eine Lizenz zur Nutzung der MoorFutures-Marke durch den Niedersächsischen Landesforst unter Einbeziehung des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz abgeschlossen, so dass MoorFutures prinzipiell in Zukunft auch in Niedersachsen und damit für das Untersuchungsgebiet zur Anwendung kommen können.

Spenden

Es gibt spendenbasierte Fonds, die u.a. Moorflächen sichern und bauliche Maßnahmen zur Wasserstandsanehebung finanzieren. Mit den Spenden werden vorrangig einmalige Maßnahmen sowie laufende Kosten finanziert, die aus der Flächensicherung und ggf. Wasserstandsanehebung resultieren. Die Moorland® - KlimaSpende, eine Marke des BUND Niedersachsen und Bremen, richtet sich an Einzel-

²⁰ Mehr Informationen zu den einzelnen Projektflächen finden sich auf <https://www.moorfutures.de/projekte/>

personen, die ihren Klima-Fußabdruck verringern wollen und für ihre Spende einen symbolischen „Anteilschein“ an einem wiedervernässten Moor bekommen. Sie besitzt nicht die gleich wissenschaftlich validierte Methodik zur Abschätzung der tatsächlich eingesparten THG-emissionsmenge wie die Moor-Futures. Es handelt sich um ein eindeutiges Klima- und Naturschutzinstrument, der Arten-, Natur-, Boden- und Gewässerschutz wird explizit als zusätzliches Ziel benannt. Nutzung kann nur in sehr begrenztem Umfang als Pflegenutzung stattfinden. Das Dorumer Moor (Landkreis Cuxhaven) wurde bereits erfolgreich mit der Hilfe von Moorland wiedervernässt. Weitere Beispiele sind der Deutsche Moorschutzfonds des NABU, u.a. unterstützt mit größeren Unternehmens-Spenden. Die Gelder dienen auch als Anschubfinanzierung, um weitere öffentliche Fördermittel beantragen zu können. Der Moorschutzfonds Schleswig-Holstein wird von der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein getragen und finanziert Moorschutzprojekte in Schleswig-Holstein. Er wird aus Spenden und Ersatzgeldern gespeist, um Flächen zu kaufen und wieder zu vernässen. Mehrere Stiftungen bieten Patenschaften an, die einmalig oder jährlich wiederkehrend für (einen Teil) einer Moorfläche übernommen werden können.

Naturschutzzertifikate – Agora Natura

Ein Beispiel für mehr auf Natur- statt auf Klimaschutz ausgerichtete Zertifikate ist AgoraNatura. Agora Natura ist ein Online-Marktplatz, auf dem Ökosystemleistungen zum Verkauf angeboten werden. Als Naturschutzinvestor*in unterstützt man mit einem Betrag anteilig Einzelmaßnahmen oder auch mehrjährige Projekte, die z.B. die jährliche Pflege naturschutzfachlich wertvoller Flächen umsetzen. Moore werden dabei explizit behandelt. Ein Handbuch erklärt, wie man zum Anbieter eines Projektes werden kann (agora natura 2019).

Wärme- oder Klimacent

Eine Finanzierung nicht der Wasserstands Anpassung auf der Fläche, sondern eine Unterstützung der energetischen Verwertung des Aufwuchses ist ein Wärme-, oder Klimacent. Der Verbraucher zahlt pro genutzter Kilowattstunde (kWh) einen erhöhten Beitrag, der genutzt wird, um die Zusatzkosten eines Heizwerkes bei der Nutzung von Biomasse von Nassgrünland gegenüber Erdgas zu tilgen. Indem pro Hektar eine bestimmte Menge an kWh erzeugt wird und der Kunde je eigener verbrauchter kWh einen Aufpreis zahlt, kann der Heizwerkbetreiber bzw. der Zulieferer der Biomasse einen gewissen Zusatzbeitrag erzielen. Für den Verbraucher muss dabei transparent sein, zu welchen Kosten die Wärme bereitgestellt wird und welcher zusätzliche Betrag in die Honorierung einer ökologischen Leistung fließt. Ein solches Konzept kann z.B. gemeinsam mit der Osterholzer Stadtwerke GmbH & Co. KG entwickelt werden und den Bürgern des Landkreises und darüber hinaus angeboten werden.

Fonds zur Honorierung der Klimaschutzleistung

Während der Arbeitskreis-Besprechungen wurde wiederholt deutlich, dass die Landwirte eine jährliche wiederkehrende Zahlung für eine erbrachte Leistung wie Landschaftspflege oder Klimaschutz benötigen. Hier könnte in einem Pilotprojekt ein Klimafonds zur Honorierung der Leistung vermiedener Emissionen durch hohe Wasserstände entwickelt und etabliert werden, die jährlich geleistet wird. Als Vorbemerkung ist zu sagen, dass die in Folge skizzierten Lösungen recht komplex strukturiert sind und einer genauen Prüfung und weiteren Ausgestaltung durch Finanzfachleute bedürfen, die nicht Teil dieser Studie sind. Hier werden nur die Grundideen geschildert.

A) Festgelegter Preis pro Tonne CO₂ (z.B. 50 EUR²¹)

Variante 1: Landeigentümer und/oder –nutzende führen die Anhebung des Wasserstandes selbst durch und bekommen eine feste jährliche Zahlung pro eingesparte Tonne CO₂ (oder pro Hektar). Je

²¹ Aktuell diskutierter CO₂-Preis in Deutschland: 25 EUR/t, CO₂-Preis in Schweden: 110 EUR/t, vom Umweltbundesamt ermittelte Schadenskosten für jede emittierte Tonne CO₂: 180 EUR

kostengünstiger die Anhebung des Wasserstandes ist und je höher die Emissionseinsparung (d.h. je näher der Wasserstand an der Geländeoberkante) desto höher ist der Ertrag aus der Honorierung der Klimaschutzleistung. Zudem ist eine weitere Nutzung der Flächen möglich, z.B. als Nasswiese (Brennstoff für ein Heizwerk u.a.) oder mit (der Verpachtung für) dem Anbau von Schilf, Torfmoos o.a. Arten, sofern es dafür keine naturschutzrechtlichen Einschränkungen gibt.

Das Vorgehen hinsichtlich der Prüfung von Flächen zur Eignung, Machbarkeit, Klimaschutzpotential etc. kann orientiert werden an dem etablierten Vorgehen zu Flächenauswahl und -anmeldung bei der AUKM *Moorschonende Stauhaltung* in Brandenburg oder an dem *MoorFutures*-Standard, siehe Box 7., Kapitel 4.

Variante 2: Durch einen Klimafonds (oder andere Institution, Unternehmen o.a.) wird die Anhebung des Wasserstandes finanziert (ggf. ebenfalls die Kosten für die Flächeneinrichtung zur nassen Nutzung) und dieser bekommt die damit vermiedenen Emissionen jährlich „gutgeschrieben“. Der Landwirt/ -eigentümer erwirtschaftet sein Einkommen aus der Produktion der Biomasse auf dieser Fläche. Eine externe „Kontrollinstanz“ quantifiziert die tatsächlich auftretenden Emissionen bzw. Einsparungen (z.B. nach dem *MoorFutures*-Standard unterstützt durch Satellitenimages zur kostengünstigen Ableitung der Wasserstufen – hier besteht Entwicklungsbedarf). Die jährliche Emissionsreduktion kann durch den Klimafonds verkauft werden. Im Optimalfall findet der Investor, der die THG-Emissionseinsparung „abkauft“ auch Verwendung für die Biomasse im eigenen Betrieb, z.B. für alternative Verpackungsmaterialien.

B) Festgelegter Preis pro Hektar

Variante 3: Der Klimafonds zahlt für einen festgelegten Zeitraum einen festen Preis an Landwirte mit nassen Flächen oder an eine festgelegte Flächenkulisse, nicht direkt gekoppelt an die Emissionsreduktion (in t CO₂-Äq), sondern an die Flächengröße (ha). Die Emissionseinsparung wird für die gesamte Flächenkulisse, aber nicht für die Einzelfläche quantifiziert. Dies ist möglich über einen kooperativen Ansatz, z.B. als Zusammenschluss von Landwirten (und weiteren Akteuren) in einer Region bzw. Flächenkulisse, die sich gemeinsam verpflichten bestimmte Klimaschutzmaßnahmen in einem Gebiet umzusetzen und gleichermaßen bezogen auf die eingebrachte Fläche honoriert werden.

Variante 4: Die Honorierung richtet sich sowohl nach der Fläche (ha) als auch nach den CO₂-Äq-Einsparungen. Eine hektarbezogene Honorierung der Klimaschutzleistung könnte ein „Grundpreis“ sein, während zusätzlich die konkreten CO₂-Emissionen pro Tonne honoriert werden, je nach tatsächlicher Einsparleistung. Die Baseline, d.h. das Szenario, nach dem die Einsparungen beziffert werden (Vorher-Nachher), könnte ein über alle Moorstandorte bzw. Moornutzungstypen gemittelter Emissionswert sein, damit auch bereits nasse Flächen honoriert werden können. Dies setzt ebenso einen Kooperationsansatz voraus. Jedoch besteht hier die Gefahr, dass die Honorierung für trockene Flächen nicht attraktiv und kostendeckend ist.

Um Zielkonflikte mit dem Naturschutz zu vermeiden bzw. zu minimieren kann die (gemeinsame) Festlegung von Vorrangflächen für Klimaschutz und für Natur- und Artenschutz hilfreich sein.

BOX 14: Best-practice Beispiel Ökoregion Kaindorf (Österreich)

Die Ökoregion Kaindorf ist ein Beispiel für sektorübergreifende Kooperation – zwischen Verwaltung, Unternehmen, Einzelpersonen, Landwirten. Über Humuszertifikate werden Landwirte für den Aufbau organischer Substanz auf ihren Ackerflächen honoriert. Die Zertifikate werden regional an Unternehmen verkauft, die damit ihre nicht vermeidbaren CO₂-Emissionen (freiwillig) kompensieren. Die Zahlungen an die Landwirte erfolgen anteilig zu Beginn der Maßnahmenumsetzung und nach mehrjähriger

erfolgreicher Aufrechterhaltung eines erhöhten Humusgehaltes. Das Ziel des Humusaufbaus lässt sich auf die organischen Böden im Teufelsmoor nicht direkt anwenden und müsste für den Torferhalt modifiziert werden, jedoch kann die Ökoregion ein Beispiel für übergreifende Kooperation mit einer gemeinsamen Zielstellung sein. Die gemeinsame Vermarktung von Produkten und die Etablierung der Marke „Ökoregion Kaindorf“ führt u.a. dazu, dass sich viele Akteure vor Ort mit Klimaschutzzielen identifizieren und eigene Maßnahmen umsetzen.

8 Flächenkonkrete Maßnahmenplanung (von BIOTA)

8.1 Vermessung

Die Begehung des Untersuchungsgebietes Beekniederung bei Wulfsburg und Vermessung von Geländehöhen und Wasserständen mittels DGPS erfolgte im Juni 2020. Es wurde festgestellt, dass die Geländehöhe der Grünlandflächen im digitalen Geländemodell (DGM) aufgrund der Vegetation durchschnittlich um 0,2 m überschätzt wird. Das um diesen Wert undifferenziert korrigierte DGM gibt die Geländehöhe auf den Grünlandflächen im Untersuchungsgebiet mit einem typischen Fehler von $\pm 0,06$ m wieder. Größere Fehler treten vor allem auf Flächen mit höherer Vegetation, insbesondere in tieferen Lagen auf.

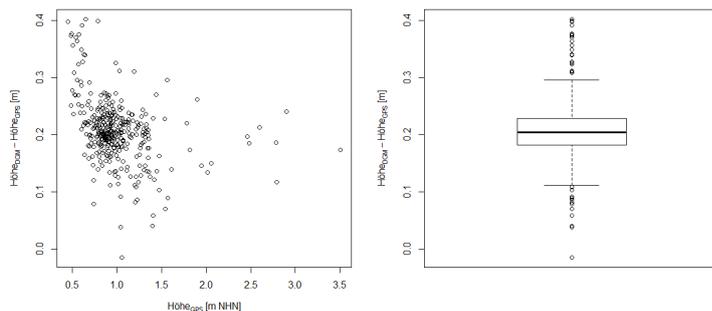


Abbildung 44: Differenzen zwischen gemessenen Geländehöhen und Rasterwerten des digitalen Geländemodells an den Messpunkten in Abhängigkeit von der Höhe (links) und als Boxplot (rechts).

8.2 Grundwasserflurabstände im IST-Zustand

Die Wasserstände im Untersuchungsgebiet werden maßgeblich über die Ritterhuder Schleuse gesteuert, mit Stauzielen von 0,25 m NHN im Winter und 0,65 m NHN im Sommer. Zum Zeitpunkt der Vermessung lagen die Wasserstände der Gräben im Niedermoor bei Wulfsburg im Mittel bei 0,6 m NHN und wiesen nur sehr geringe Unterschiede ($< 0,05$ m) auf. Die Differenz zum Wasserstand an der 13 km entfernten Schleuse (0,65 m NHN per DGPS-Messung) kann durch vorherrschende Trockenheit, hohe Verdunstungsrate und Wind aus NO bedingt sein.

Für die Modellierung des Grundwasserflurabstandes im Untersuchungsgebiet wird davon ausgegangen, dass der Wasserstand der oberirdischen Gewässer mit dem Grundwasserstand im Sommer im Mittel korrespondiert, während im Winter ein Gefälle des hydraulischen Potentials von den Flächen in Richtung der Gräben zu erwarten ist. Dennoch bildet der Vorfluterabstand im Niedermoorgebiet aufgrund der hohen Grabendichte eine gute Grundlage zur Abschätzung der Grundwasserflurabstände auch im Winter und insbesondere zur Ermittlung der Auswirkungen unterschiedliche Stauhöhen. Auf dieser Basis ermittelte Grundwasserflurabstände bzw. Vorfluterabstände im Untersuchungsgebiet für Sommer und Winter zeigen die Abbildungen 46 und 47.

8.3 Maßnahmenentwurf

Der Maßnahmenentwurf zur Anhebung der winterlichen Grundwasserstände auf den Zielflächen (Abbildung 48) erfolgte nach Abstimmung mit dem Flächeneigentümer. Dabei ist vorgesehen, den Abfluss der nördlich angrenzenden Gebiete über den Schweine- und Göttegraben sicherzustellen. (Achtung: Zum Zeitpunkt der Vermessung nahm der Schweinegraben Abfluss aus dem Gebiet um Niedersandhausen auf, während der Pferdegraben keinen Durchfluss zeigte.) Die Abbildungen 50 und 51 zeigen modellierte Grundwasserflurabstände (Vorfluterabstände) im Winter bei Anstau der Gräben in der Zielfläche auf 0,7 bzw. 0,8 m NHN. Bei einem Anstau auf 0,8 m NHN wird unter Berücksichtigung der geringen Durchlässigkeit von vermülltem Torf eine für die Bewirtschaftung zu hohe Vernäs-

sung erwartet. Bei einem Anstau auf 0,7 m NHN sind überwiegend feuchte und sehr feuchte Bedingungen zu erwarten, die einen Kompromiss zwischen Moorschutz und geförderter Bewirtschaftung bilden (siehe auch Abbildung 56). Eine Übersicht über die Auswirkungen einer Vernässung (Anstau im Winter auf 0,7 m NHN) geben die weiteren Abbildungen und Tabellen.

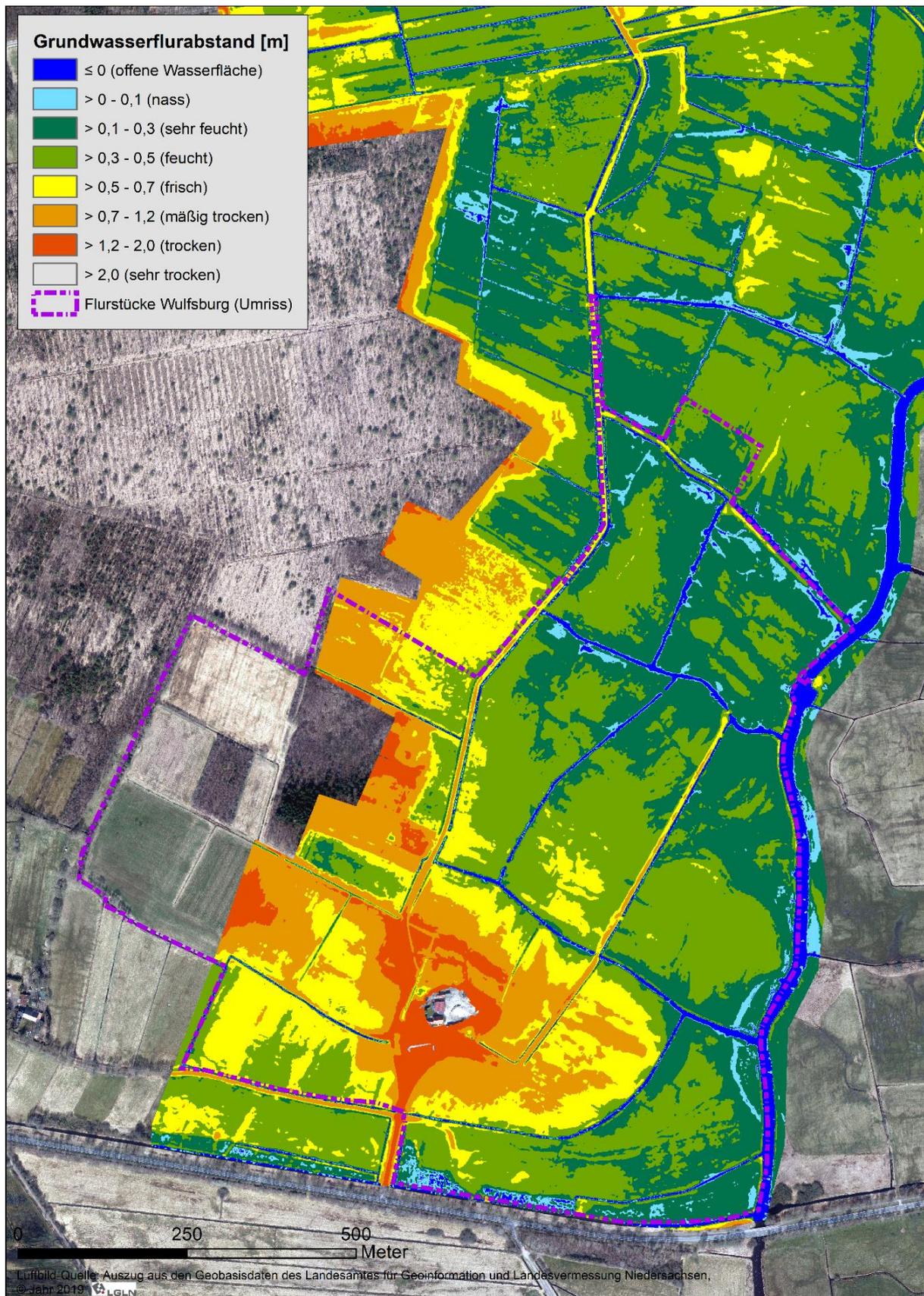


Abbildung 45: Modell des Grundwasserflurabstandes im Sommer (Mai - September)

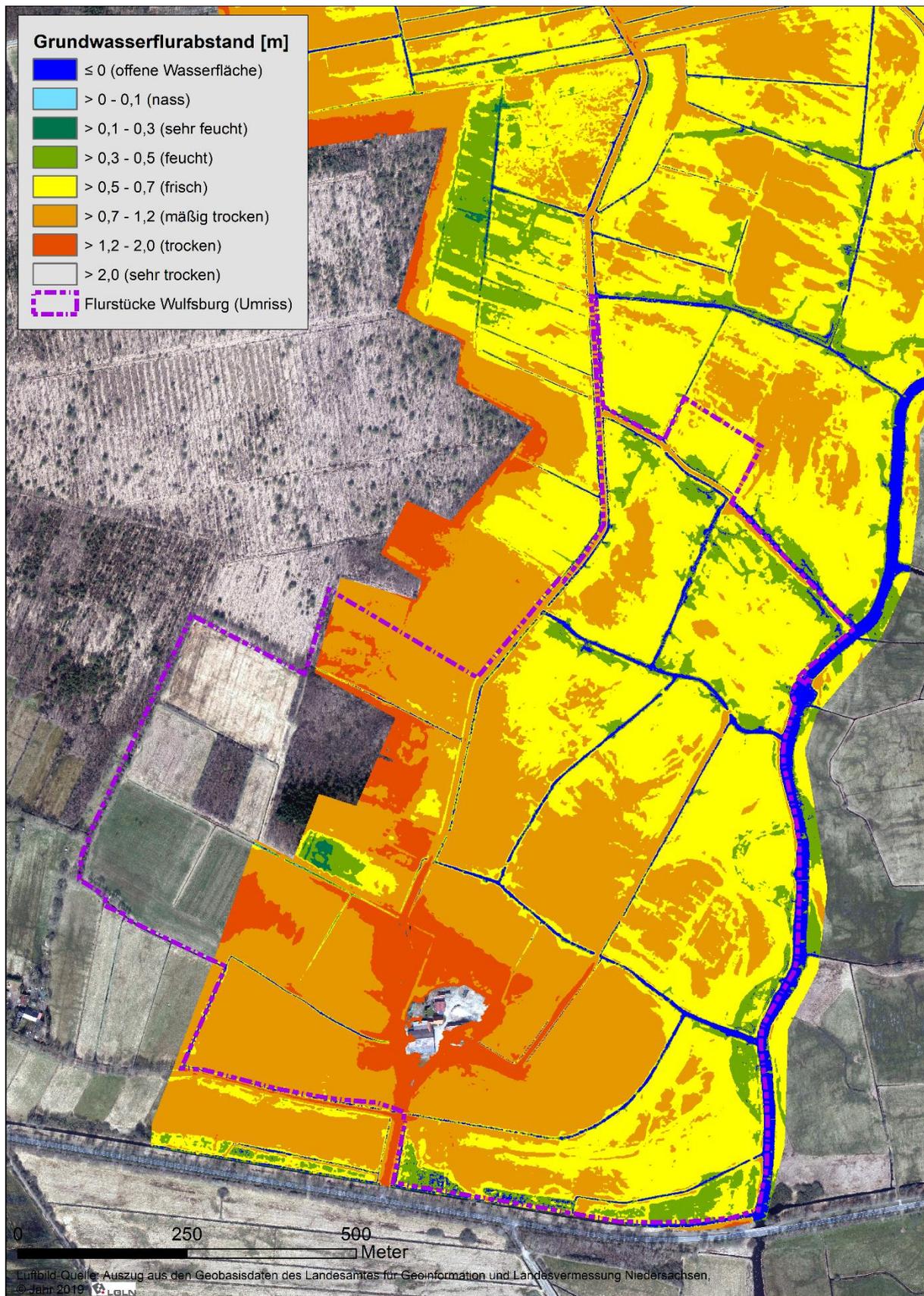


Abbildung 46: Modell des Grundwasserflurabstandes (Vorfluterabstandes) im Winter

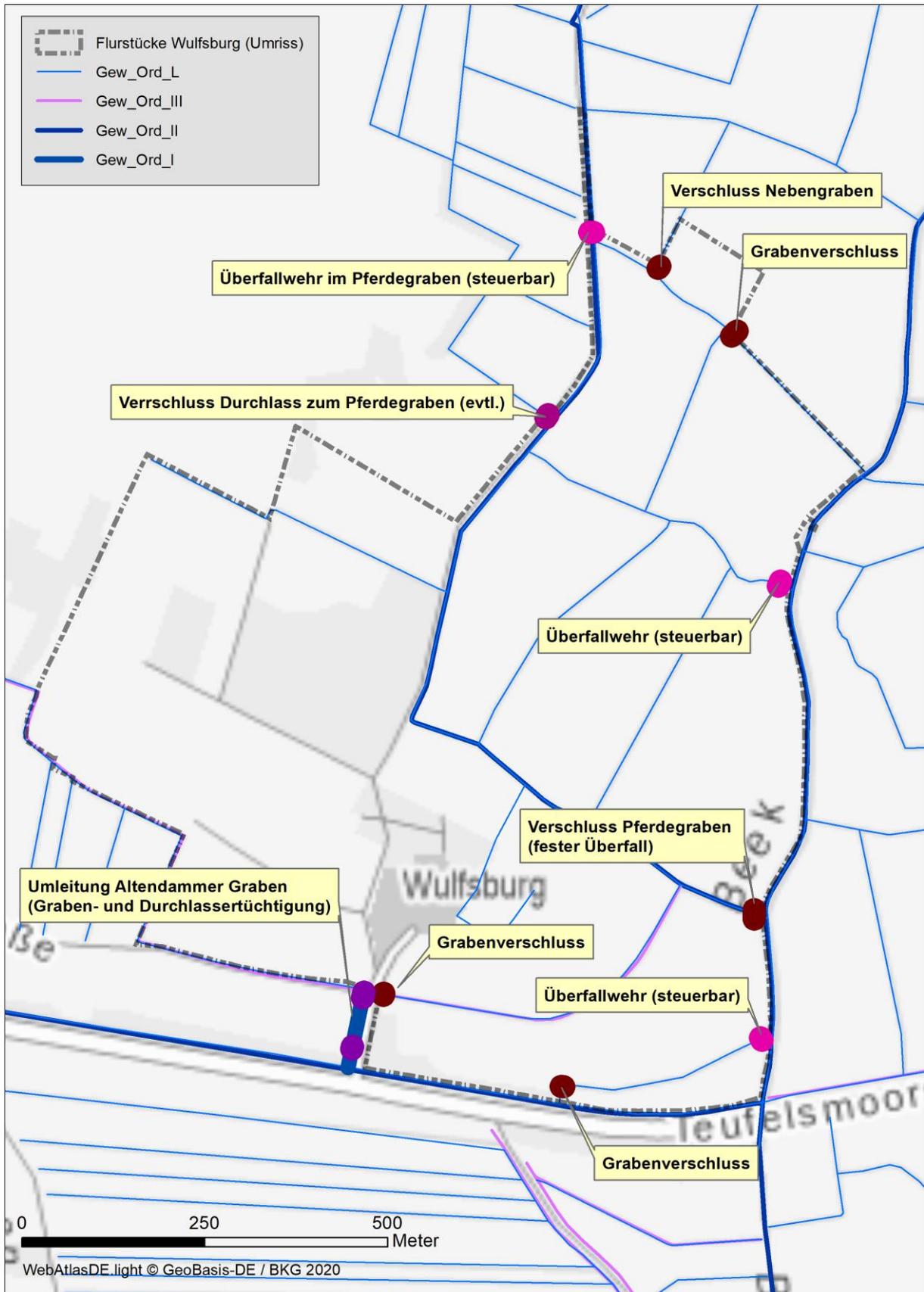


Abbildung 47: Maßnahmenentwurf zur Anhebung des Grundwasserflurabstandes im Winter

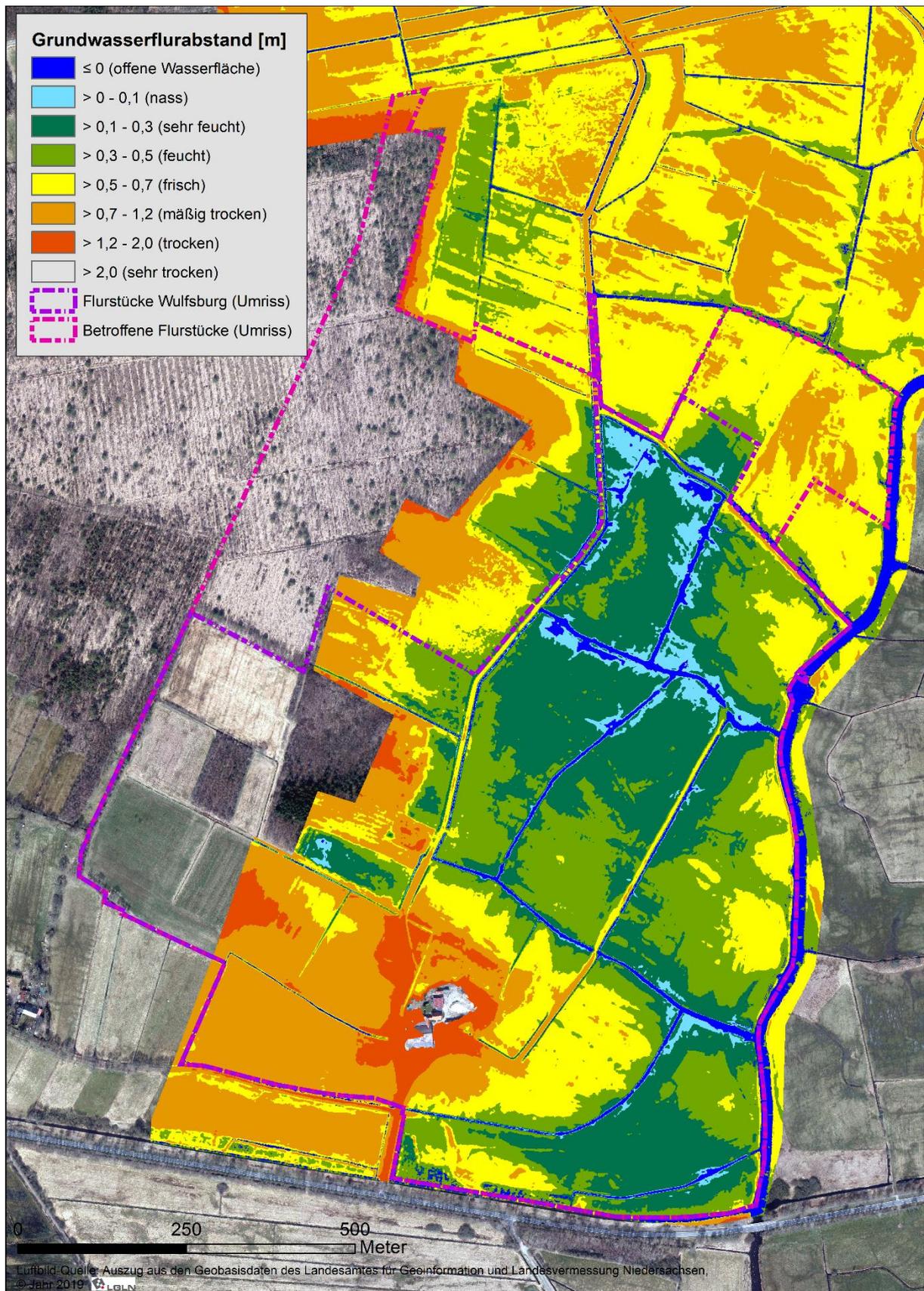


Abbildung 49: Modell des Grundwasserflurabstandes bei Anstau auf 0,7 m NHN im Winter (PLAN-Zustand)

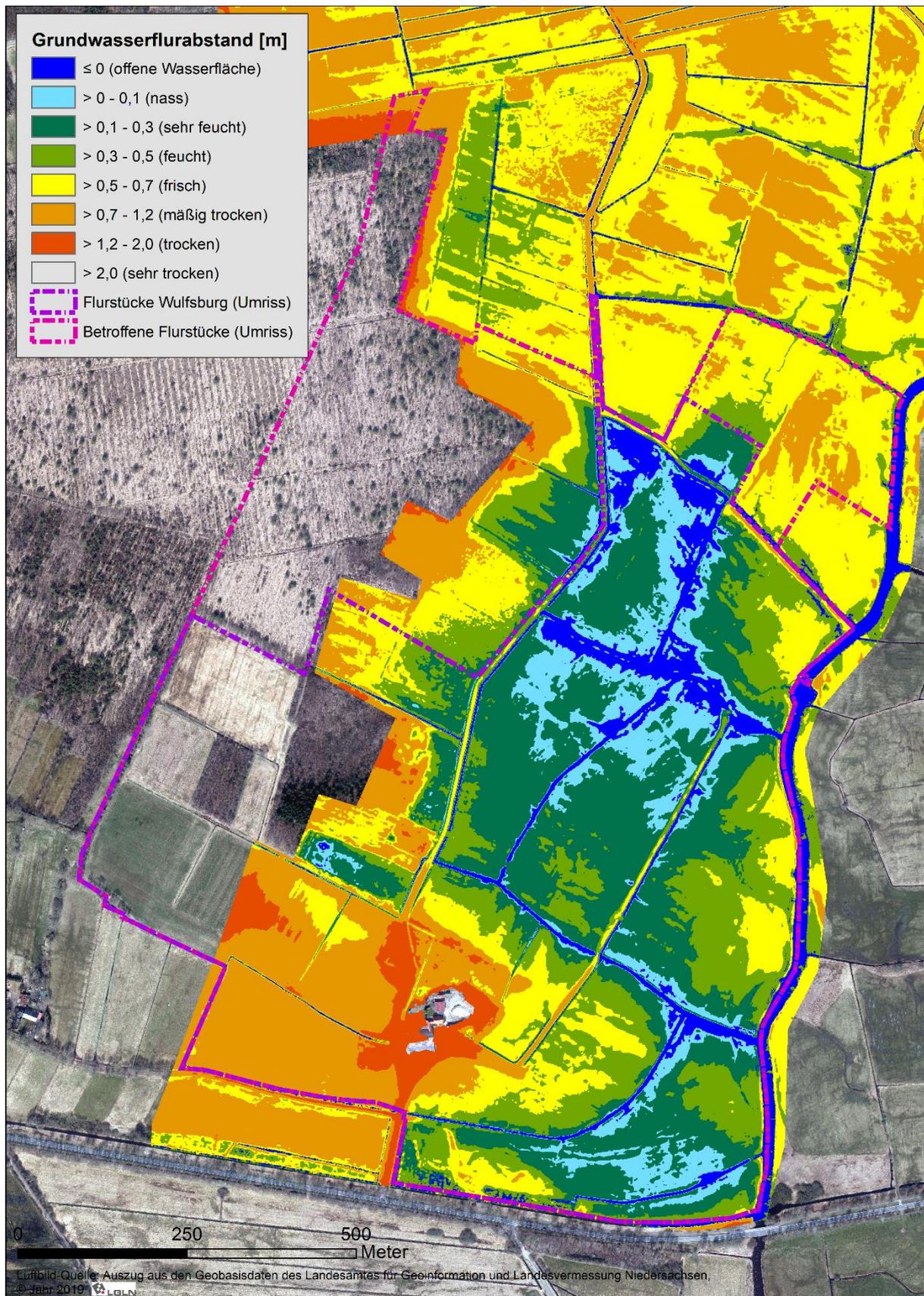


Abbildung 50: Modell des Grundwasserflurabstandes bei Anstau auf 0,8 m NHN im Winter

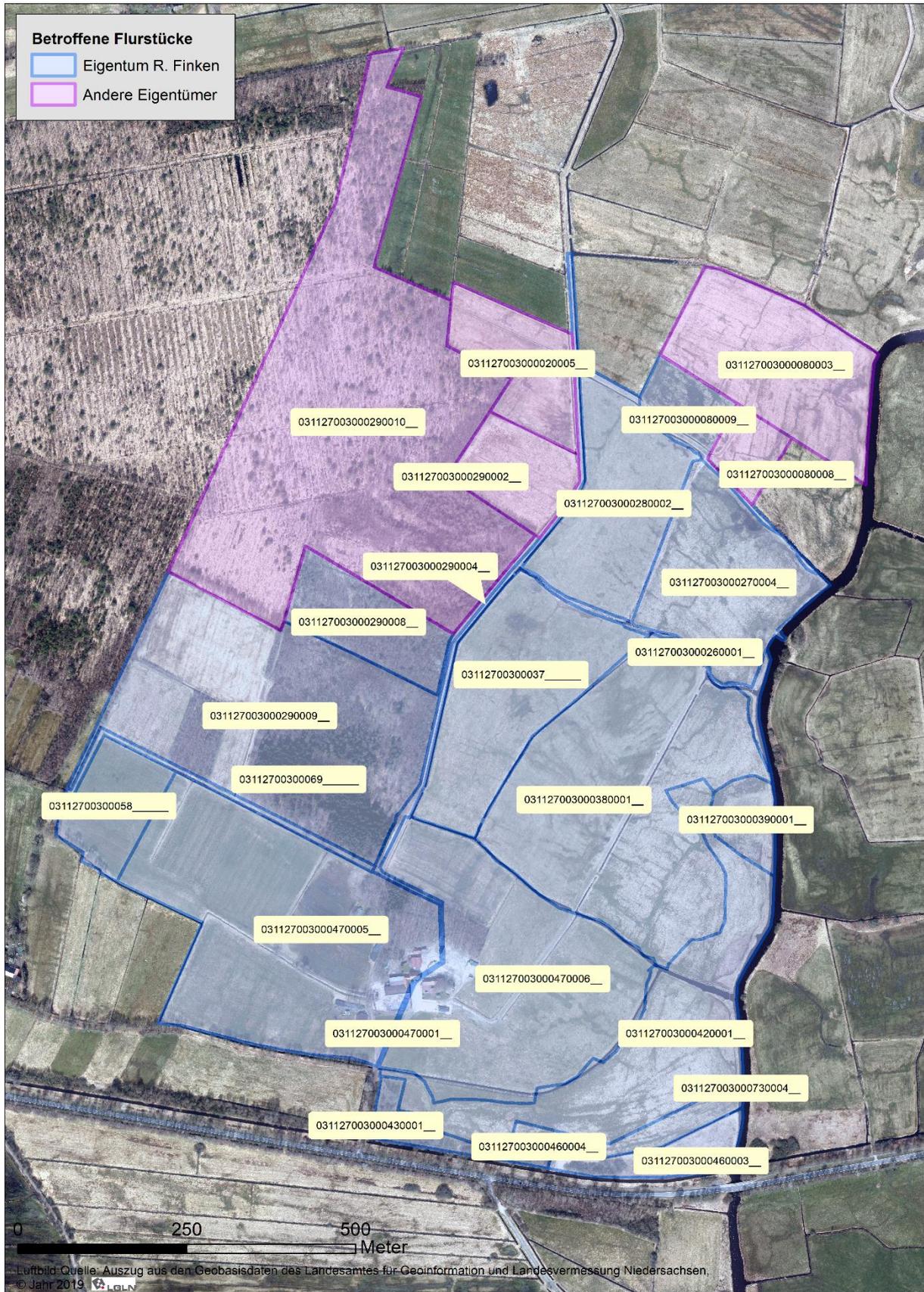


Abbildung 51: Durch Grundwasserspiegelanhebung von der Maßnahme (Anstau auf 0,7 m NHN im Winter) betroffene Flurstücke (mit Flurstücksnummern)

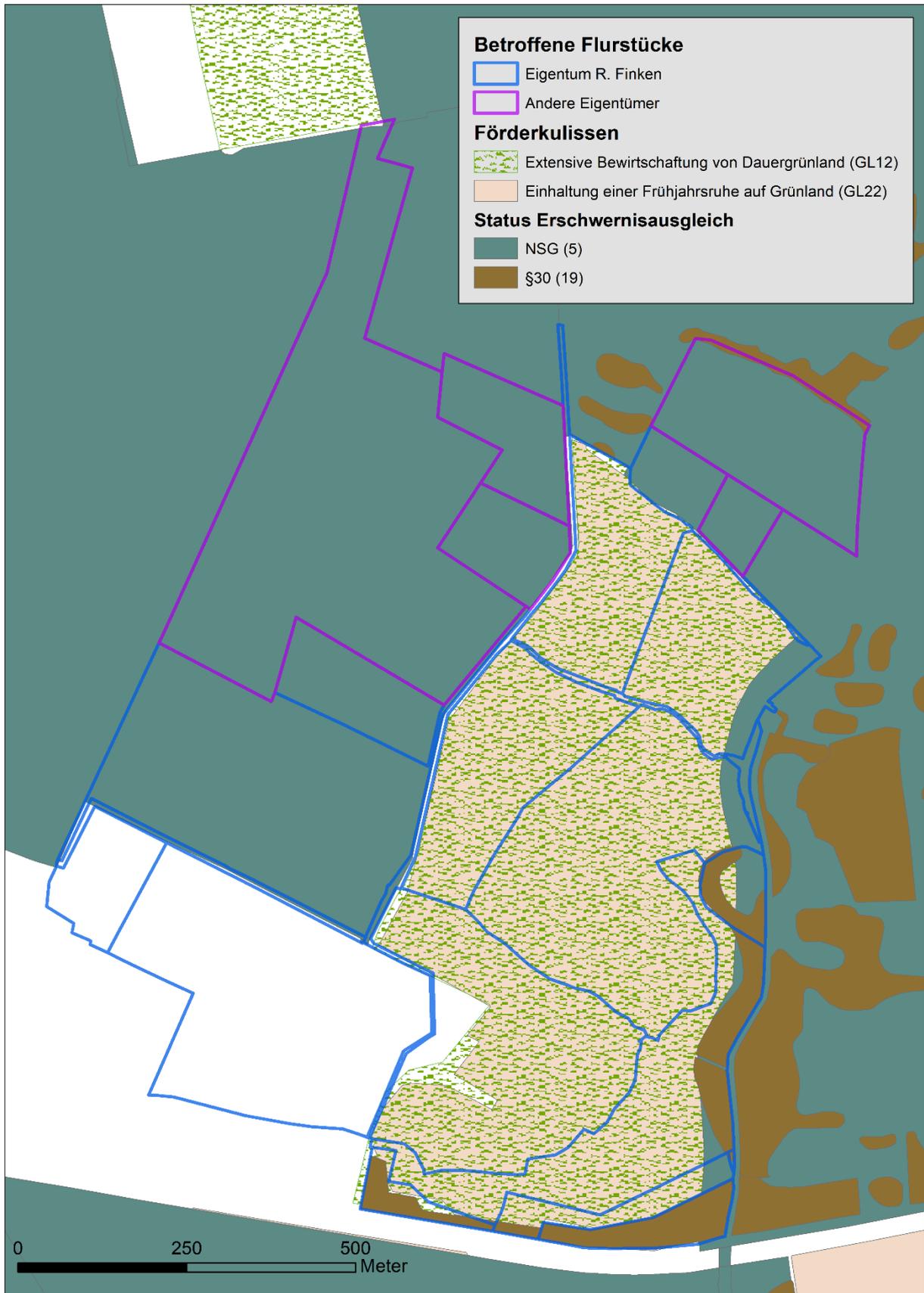


Abbildung 52: Förderkulissen im Auswirkungsbereich der Maßnahme

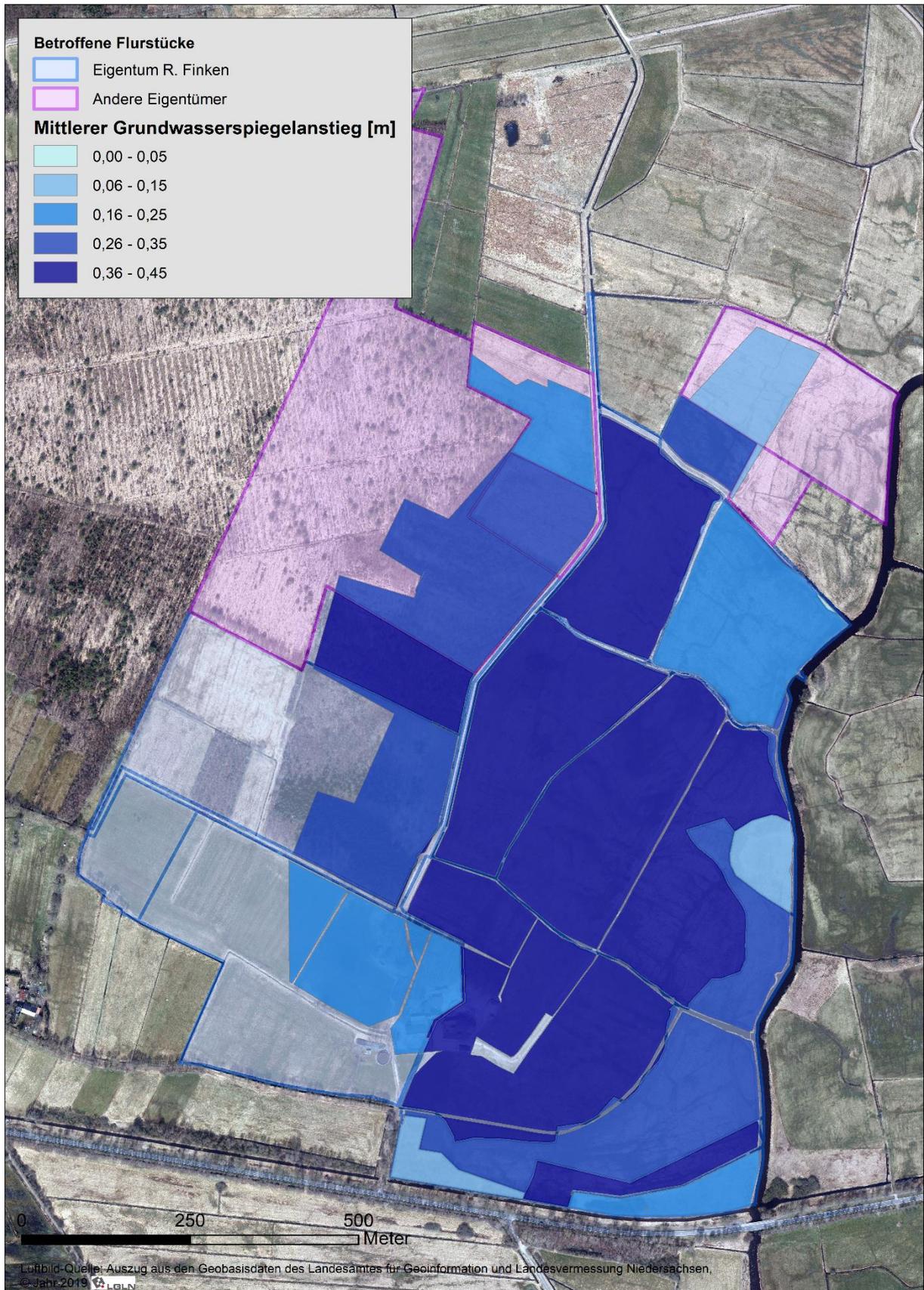


Abbildung 53: Mittlerer Anstieg des Grundwasserflurabstandes auf den Auswirkungsflächen der Maßnahme (Anstau auf 0,7 m NHN im Winter) in den einzelnen betroffenen Flurstücken

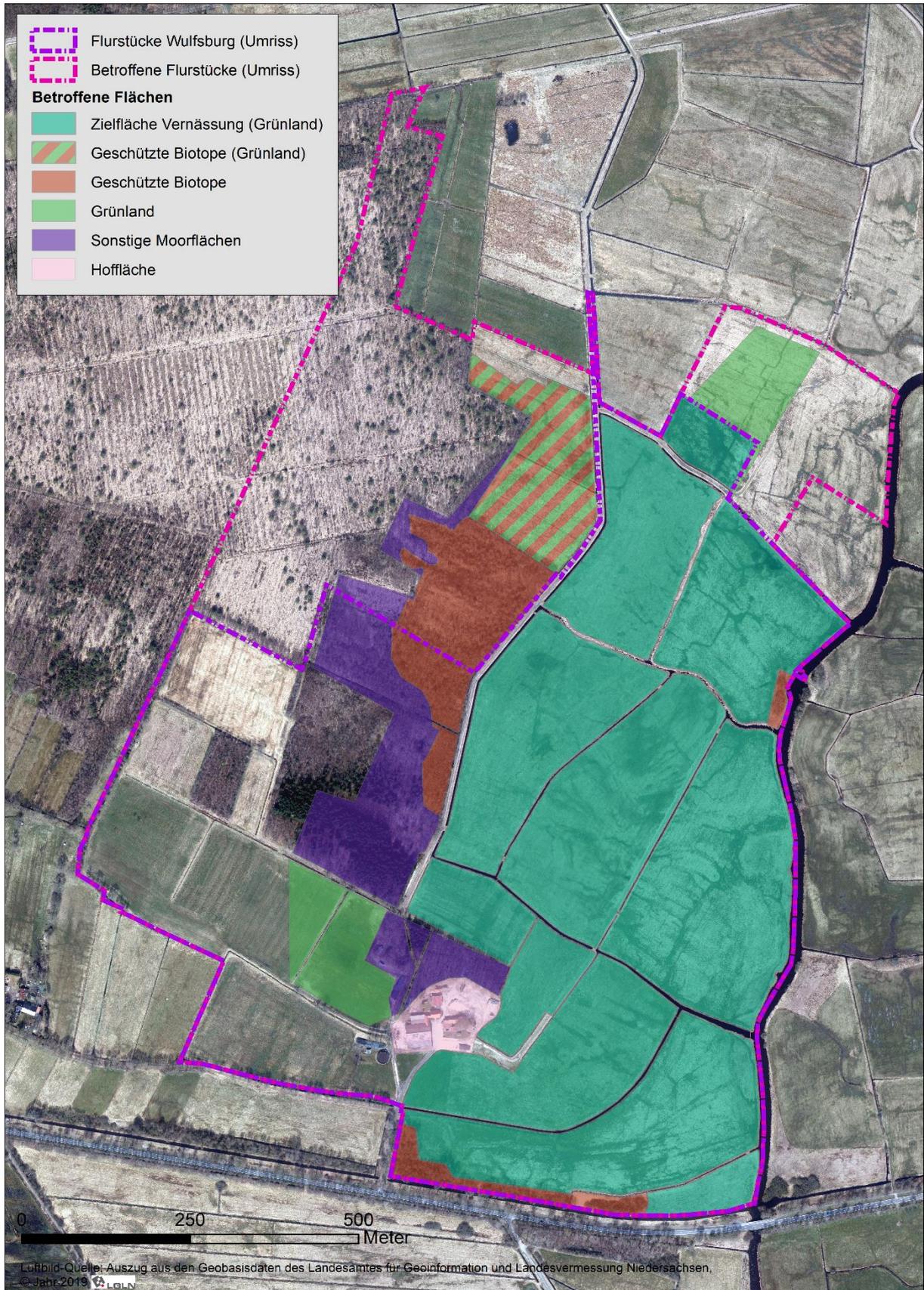


Abbildung 54: Auswirkungsbereiche der Maßnahme (Anstau auf 0,7 m NHN im Winter) zur Bilanzierung der mittleren Grundwasserspiegelanhebung gegenüber dem IST-Zustand im Winter

Tabella 28: Klassifizierung des erwarteten Grundwasserspiegelanstiegs im PLAN-Zustand auf der Zielfläche der Vernässung bzgl. des IST-Zustandes im Winter (vgl. Abbildung 55)

Anstieg des Grundwasserspiegels [m]		Zielfläche (47,31 ha)	
von	bis	Teilfläche [ha]	Anteil
0	0,05	1,28	3%
0,05	0,15	3,35	7%
0,15	0,25	4,14	9%
0,25	0,35	4,88	10%
0,35	0,45	33,67	71%

Tabella 29: Mittlerer erwarteter Grundwasserspiegelanstieg im PLAN-Zustand auf betroffenen Flächen (vgl. Abbildung 55) gegenüber dem IST-Zustand im Winter

betroffene Flächen			mittlerer Anstieg des Grundwasserspiegels [m]	Fläche [ha]
Eigentum R. Finken	insgesamt		0,35	60,18
	Zielfläche der Vernässung	Grünland (inkl. geschützten Biotopen)	0,37	47,31
	sonstige Flächen	Grünland (ohne geschützte Biotope)	0,15	2,50
		Grünland (geschützte Biotope)	-	-
		sonstige geschützte Biotope	0,30	2,65
		Hoffläche	0,26	1,31
		sonstige Moorflächen	0,33	6,40
andere Eigentümer	insgesamt		0,26	9,85
	sonstige Flächen	Grünland (ohne geschützte Biotope)	0,14	1,86
		Grünland (geschützte Biotope)	0,23	3,69
		sonstige geschützte Biotope	0,36	3,24
		Hoffläche	-	-
		sonstige Moorflächen	0,27	1,06

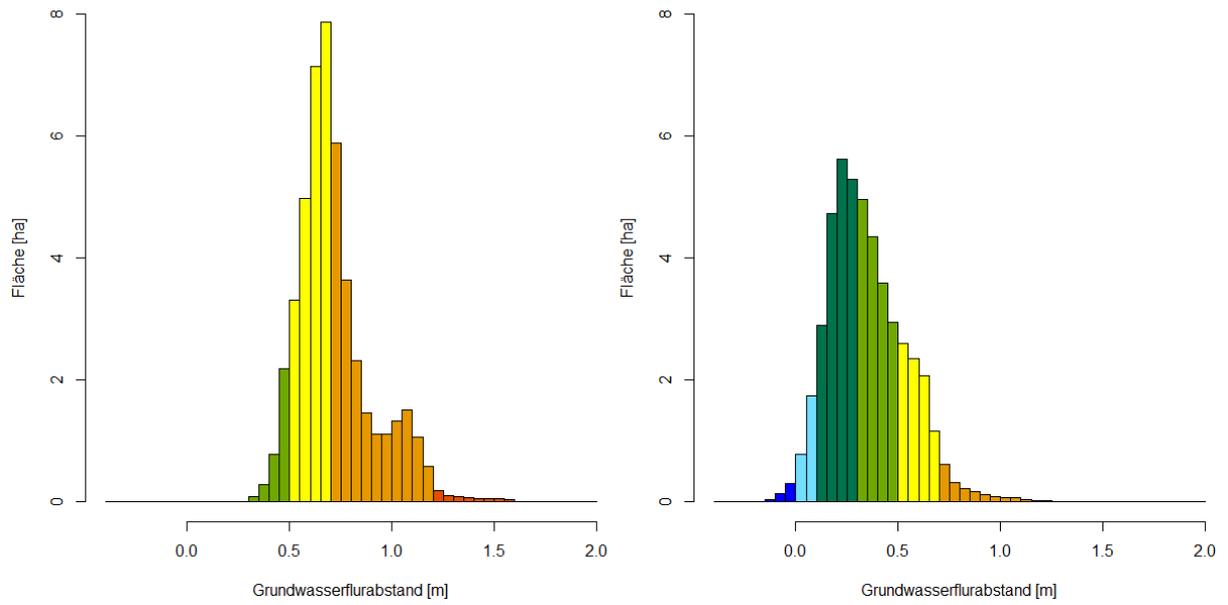


Abbildung 55: Vergleich der winterlichen Grundwasserflurabstände (Vorfluterabstände) auf der Zielfläche im IST-Zustand (links) und PLAN-Zustand (rechts)

9 Schlussfolgerungen

Schlussfolgernd stellen wir in diesem Kapitel die wichtigsten Erkenntnisse des Berichts zusammen und beschreiben mögliche Wege, die im Untersuchungsgebiet von den Akteuren eingeschlagen werden können. Dabei unterscheiden wir **1) die bereits größtenteils feuchten Flächen im GR-Gebiet** und **2) bislang (tief-)entwässerte Flächen im gesamten Untersuchungsgebiet**, für welche vorausschauend Nutzungs- und Honorierungsoptionen für eine durch den Klimaschutz gebotene Wasserstandsangepassung aufgezeigt werden.

Zu 1): Für die Flächen im GR-Gebiet muss unter Berücksichtigung der bestehenden Nutzungsaufgaben durch die Pachtverträge und die Sammelverordnung ein zukunftssicherer Ertrag für die bewirtschaftenden Landwirte durch die Aufwuchsverwertung gefunden werden. Unter den aktuell gegebenen Bedingungen ist das Ende der dort wirtschaftenden Betriebe absehbar, da zurzeit keine mittelfristige oder gar langfristige Perspektive geboten ist. In der Folge dieser Entwicklung würde das anvisierte Schutzziel Artenvielfalt, das von Pflegenutzung abhängig ist, nicht erreicht werden können. Bei dem Aufwuchs handelt es sich weitgehend um Landschaftspflegematerial, welches geringen Futterwert aufweist und daher für die momentane Bewirtschaftung mit Vieh nur bedingt geeignet ist. Jedoch muss dabei ein Paradigmenwechsel erfolgen: Diese Aufwüchse mit geringem Futterwert sollten nicht als „wertloser Aufwuchs“ für die Entsorgung betrachtet, sondern sie als **wertvollen Rohstoff für eine zukunftsweisende Bioökonomie** angesehen werden, die zunehmend benötigt werden, um die Wirtschaft unabhängig von fossilen Kohlenstoffressourcen zu machen. Halmgüter aus nassen Mooren sind eine Alternative mit viel Potential – sie weisen weitgehend **gute Eigenschaften für viele stoffliche Verwertungsschienen** auf und es besteht keine Flächenkonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion wie auf mineralischen Ackerstandorten und Wälder mit ihren Holzressourcen werden für höherwertige Verwendungen geschont.

Derzeit wird für diesen Rohstoff jedoch in den verschiedenen betrachteten Verwertungswegen nur 50-100 EUR pro t gezahlt. Dies sind für Landwirte höchstens kostendeckende und somit unzufriedenstellende Preise. Abhilfe kann die **Entwicklung spezifischer Verwertungsstrukturen** spielen, die eine Schnittstelle zwischen Anbietern (Landwirten) und Käufern herstellen, die den Aufwuchs dann zu höheren Preisen abnehmen. Bei langfristigen Investitionen in **Verwertungsinfrastruktur vor Ort** (z.B. Heizwerk, Auffaserungsanlage) kann durch längere Laufzeiten von Lieferverträgen eine feste jährlichen Mindestmengenabnahme garantiert werden, die zumindest betriebliche Planungssicherheit bei geringen Transaktionskosten ermöglichen.

Eine weitere Möglichkeit ist, dass die Landwirte einen größeren Anteil der **Wertschöpfungskette in der eigenen Hand** behalten, etwa indem sie als Einzelunternehmer oder in einem Zusammenschluss eigene Verwertungs- oder Aufbereitungsanlagen im Untersuchungsgebiet errichten und höherwertige (Zwischen-)Produkte verkaufen. Dies erfordert jedoch ein **hohes Maß an unternehmerischem Denken und Risiko**. Außerdem braucht es auch dafür ggf. (zumindest zeitweise) Unterstützung bei der Akquise von neuen Abnehmerstrukturen, Logistik, Finanzierung der notwendigen Investitionen. Hier kommt der Wirtschaftsförderung des Landkreises und wirtschaftsseitige Förderprogramme eine hervorgehobene Rolle zu.

Ein zusätzlich zu beschreitender Weg ist die **Honorierung der „hergestellten“ Ökosystemleistungen**, wie Arten-, Klima- und Gewässerschutz. Dafür, dass die Landwirte der Natur deren Bereitstellung ermöglichen, müssen sie für den ihnen entstehenden Mehraufwand bzw. Minderertrag kompensiert werden, um einen positiven Deckungsbeitrag bei der Aufwuchsverwertung erwirtschaften zu können. Als klassisches Instrument der Agrarpolitik dienen hierzu die **Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)** der II. Säule der GAP. Diese sollten ohne hohe Transaktionskosten anwendbar und für Land-

wirte attraktiv „gestrickt“ sein, so dass sie sowohl von Bewirtschaftenden bereits jetzt feuchter Flächen, als auch von bislang entwässerter Flächen angenommen werden. Das Landvolk Niedersachsen sollte sich in den laufenden Verhandlungen zur Ausgestaltung der nächsten Förderperiode der GAP beim Niedersächsischen Ministerium für solche Instrumente aussprechen.

Für öffentliche Pachtflächen im GR-Gebiet, die nicht unter der II. Säule förderfähig sind, müssen **private Finanzierungsinstrumente** genutzt werden. In Zukunft sollte jedoch bei der Umsetzung von Naturschutzprojekten und eventuellem Flächenkauf durch den Landkreis darauf geachtet werden, dass Landnutzer auf den Flächen weiterhin öffentliche Fördermittel beantragen können. Es gibt zunehmend **Interesse von (lokalen) Unternehmen**, die Wasserstandsanhebungen in Mooren zur (freiwilligen) Kompensation von im Unternehmen entstandenen THG-Emissionen oder aus Marketingzwecken finanzieren möchten und dafür insbesondere mit Projekten „vor der eigenen Haustür“ einsteigen wollen. Ein solches Potential sehen wir insbesondere im Teufelsmoor, da es a) zentral in der Metropolregion Nordwest in unmittelbarer Nähe zu Bremen mit einer starken Wirtschaftskraft und vielen ansässigen Unternehmen liegt, b) als Naherholungs- und Tourismusgebiet überregional insbesondere für die Moorlandschaft eine hohe Bekanntheit besitzt und c) viel Wissen und Vorerfahrungen sowohl bei den Landwirten, in der öffentlichen Verwaltung und im Naturschutzbereich und den jeweiligen Netzwerken vorhanden ist, die eine schnelle Projektumsetzung ermöglichen. Auch hier wäre zu überlegen, ob unter dem Dach der Wirtschaftsförderung des Landkreises gemeinsam mit dem Landvolk und evtl. der Biologischen Station (BioS) potentielle Investoren mit gezielter Recherche und Zielgruppenansprache adressiert.

Zu 2): Für bislang (tief-)entwässerte Flächen im gesamten Untersuchungsgebiet müssen in den nächsten Jahren aufgrund der Klimaschutzziele neue Wege gefunden werden. Die entwässerungsbasierte Nutzung wird in Zukunft unter gegebenen gesellschaftlichen und politischen Vorzeichen voraussichtlich nicht mehr möglich sein. Zusätzlich führt Torfschwund und damit einhergehende Sackung dazu, dass Flächen nicht mehr nutzbar sein werden und unter das Niveau des gleichzeitig steigenden Meeresspiegels absinken. Moorschutz sollte daher auch als **Klimaanpassungsmaßnahme** einen hohen Stellenwert in der Region genießen. Die in den letzten Jahren zunehmenden Sommerdürren erfordern gerade auf den Hochmoorbereichen erhöhten Wasserrückhalt, um den Aufwuchs sicherzustellen, aber auch Schädlinge wie Mäuse und Tipula-Larven unter Kontrolle zu halten. Sonst wird die Bewirtschaftung zunehmend schwierig und auf einigen Flächen gar unmöglich. Technische Lösungen wie z.B. die Unterflurbewässerung, die unter hohem Kostenaufwand die bisherige Wirtschaftsform aufrechterhalten soll, scheinen als Gegenstrategie nicht die erhofften Erfolge zu bringen (Weideveld et al. 2020). Daher scheint es empfehlenswert, **zeitnah Nutzungsänderungen anzugehen**, um noch bestehende Übergangszeiträume zu nutzen. Betriebliche Umstellungen auf nasse Nutzungsformen sind meist nicht von heute auf morgen möglich, da laufende Investitionen mitsamt Krediten, wie für Stall(neu-)bauten, nicht abgeschrieben sind, auf dem Betrieb unpassende Landtechnik vorhanden ist und neue Landtechnik oder eine Anpassung und andere notwendigen Investitionskosten für die betriebliche Umstellung teilweise hohe Kosten verursachen. Daher sollte heute schon unbedingt die Umstellung auf Paludikultur/nasse Nutzung mitberücksichtigt werden, wenn betriebliche Entscheidungen anstehen - ggf. gehört dazu auch Flächentausch etc. Daher kann das **Flurneuordnungsverfahren FKU Teufelsmoor als Chance** gesehen werden, weiter zu bewirtschaftende bzw. zu pflegende Flächen auf nasse Bewirtschaftung umzustellen und die Kosten für nötige Wasserstandsanhebung von öffentlichen Mitteln im Rahmen der Möglichkeiten des FKU abzudecken, da es sich hier unzweifelhaft um exemplarische, innovative Klimaschutzmaßnahmen handelt. Allerdings muss hier dringend darauf geachtet werden, dass die vertraglichen Regelungen, Bescheide etc. so gestalten werden, dass für die Landwirte die **Förderfähigkeit über die II. Säule der GAP erhalten** bleibt und nicht aufgrund von Doppelfördertatbeständen verloren geht.

Die im örtliche Arbeitskreis Moor- und Mooraufwuchsnutzung organisierten Akteure aus Landwirtschaft und kommunaler Verwaltung stehen weiterhin vor großen Herausforderungen. Dabei ist es ratsam, **vorhandene Strukturen einzubinden** und zu nutzen, z.B. den GLV Teufelsmoor, der sehr erfahren im Umgang mit Wassermanagement ist. Er versteht sich als Dienstleister für die Landwirte und kann auf ihre Anforderung Wasserstände auch höher einstellen. Jedoch kann dies nur auf größeren, zusammenhängenden Flächen im Einzugsgebiet eines Moorkörpers und nach Zustimmung aller Landeigentümer und –nutzer erfolgen und nicht nur auf Einzel- oder Teilflächen. Flächenkauf- und tausch durch öffentliche Hand ist langwierig, daher bietet es sich an, **neue gemeinsame Wege zu** erdenken, wie über Kooperationen, Zusammenschlüsse etc. Zielstellungen schneller umgesetzt werden könnten. Mittelfristig kann die **Gründung eines Landschaftspflegeverbandes** ein wichtiger Schritt in diese Richtung sein und auch die Kommunalpolitik und den Naturschutz mit ins Boot holen, so dass sich gemeinsame Ziele besser umsetzen lassen. Beratung dazu kann der Deutsche Verband für Landschaftspflege (DVL) leisten und hoffentlich in der nächsten Förderperiode vom Land Niedersachsen über eine ELER-Richtlinie ähnlich der auslaufenden Richtlinie für „Landschaftspflege und Gebietsmanagement“ (LaGe) finanziert werden.

10 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Technikklassifizierung für die Bewirtschaftung nasser Niedermoore nach Wichtmann et al. (2016).</i>	11
<i>Tabelle 2: Ausgewählte Giftpflanzen, die im Feucht- und Nassgrünland auftreten können. Giftigkeit und giftige Teile der Pflanze.</i>	28
<i>Tabelle 3: Ertrag ausgewählter Arten nasser Moorstandorte und ihre Heizwerte (Quellen: FNR (2007), Grütza (2007), Wichmann und Wichtmann (2009)).</i>	43
<i>Tabelle 4: Verbrennungseigenschaften von Seggen-, Rohrglanzgras- und Schilfpellets im Vergleich zu Kiefernpellets, und den Anforderungen nach ENplus (TM = Trockenmasse, FM = Frischmasse, ENplus Stand 2015).</i>	44
<i>Tabelle 5: Wärmeleitfähigkeit und Baustoffklasse verschiedener Dämmstoffe (A1+2 = nicht brennbar, B1 = schwerentflammbar, B2 = normalentflammbar)</i>	45
<i>Tabelle 6: Landwirtschaftsfläche nach InVeKoS-Daten im Antragsjahr 2019 in Hektar. „Sonstiges“ inklusive Aufforstung und nicht beihilfefähiger Flächen.</i>	61
<i>Tabelle 7: Zusammenfassung kartierter Pflanzenarten (vgl. Kaiser 2019).</i>	72
<i>Tabelle 8: Parameter und Klassengrenzen (Eberts et al. 2020). Rot = geringere Machbarkeit Wasserstandsanhhebung, grün = höhere Machbarkeit Wasserstandsanhhebung.</i>	79
<i>Tabelle 9: Übersicht standörtlicher Voraussetzungen für Paludikultur (nach Wichtmann und Haberl 2012).</i>	93
<i>Tabelle 10: Übersicht über infrastrukturelle Voraussetzungen (nach Wichtmann und Haberl 2012).</i>	93
<i>Tabelle 11: Zusammenfassende Übersicht von förderlichen Kriterien für die Etablierung von Anbau-Paludikulturen.</i>	94
<i>Tabelle 12: Spannbreite der Etablierungskosten für Schilf- und Rohrkolbenkulturen je Hektar Netto-Produktionsfläche basierend auf Erfahrungen von Pilotflächen und Literaturangaben.</i>	96
<i>Tabelle 13: Etablierungskosten für eine Pilotfläche zur Torfmooskultivierung auf ehemaligem Hochmoorgrünland, angegeben als anteilige Kosten pro Netto-Produktionsfläche (€ je ha).</i>	97
<i>Tabelle 14: Auswahl bestehender Programme der II. Säule in Niedersachsen.</i>	102
<i>Tabelle 15: Futterwerte von typischen Pflanzen nasser Moore. Die Futterenergie entspricht der Nettoenergie Laktation (NEL); aus Müller und Sweers (2016).</i>	105
<i>Tabelle 16: Heizwert, Wassergehalt und chemische Analyse der Brennstoffe im Vergleich nach a) Wulf et al. (2008) bzw. b) durchschnittliche Werte bei Ernteterminen Juni-Sept., Hochberg et al. (2011).</i>	107
<i>Tabelle 17: Verbrennungskritische Inhaltsstoffe (% TM) sowie Asche- und Wassergehalt von Schilf und Rohrglanzgras aus Niedermooren (Winterernte) im Vergleich zu Holz (aus Oehmke und Wichtmann 2016).</i>	108
<i>Tabelle 18: 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. (Schröder et al. 2017)</i>	111
<i>Tabelle 19: Biomasse-Ertrag und Methanpotential (Bio-Methan potential / BMP) verschiedener Dominanzbestände (Banaszuk et al. 2020).</i>	113
<i>Tabelle 20: Eigenschaften, die zur „Qualität“ von Substraten und ihrer Ausgangsstoffe beitragen (nach Schmilewski 2008; erweitert um Informationen aus Gramoflor 2019)</i>	116
<i>Tabelle 21: Kontaktaufnahme und –ergebnisse zu Akteuren im Bereich Biomasse-Verwertung im Umkreis des Teufelsmoores.</i>	119
<i>Tabelle 22: Überblick über Verwertungstests mit Biomasse von Naturschutzflächen im Teufelsmoor 2019 und 2020.</i>	123
<i>Tabelle 23: Auswahl von Labor-, und Praxisverwertungen von Biomasse von Feucht- und Nassgrünland, sowie nassen Standorten.</i>	128

<i>Tabelle 24: Beispiele für Verarbeitung und wirtschaftliche Anwendungen von Gras, Landschaftspflegematerial und anderen vergleichbaren Ausgangsstoffen, bzw. potentielle Verwertungswege für Aufwüchse aus dem Teufelsmoor-Gebiet.</i>	128
<i>Tabelle 25: Erträge und erzielbare Erlöse für Biomasse aus nassen Mooren in vorhandenen Verwertungswegen und Verwertungswege mit vergleichbaren Rohstoffen. Nicht berücksichtigt sind etwaige Investitions- und Etablierungskosten.</i>	130
<i>Tabelle 26: Wärmegestehungskosten bei 2 unterschiedlichen produzierten Jahreswärmemengen sowie jeweils 2 verschiedenen Brennstoffkosten-Annahmen (70 EUR/t und 120 EUR/t).</i>	131
<i>Tabelle 27: Darstellung der Investitions- und Betriebskosten einer Auffaserungsanlage, Angaben zu Investitionskosten und Energiebedarf: Richard Hurding, ZELFO Technology</i>	135
<i>Tabelle 28: Klassifizierung des erwarteten Grundwasserspiegelanstiegs im PLAN-Zustand auf der Zielfläche der Vernässung bzgl. des IST-Zustandes im Winter (vgl. Abbildung 55).....</i>	154
<i>Tabelle 29: Mittlerer erwarteter Grundwasserspiegelanstieg im PLAN-Zustand auf betroffenen Flächen (vgl. Abbildung 55) gegenüber dem IST-Zustand im Winter.....</i>	154

11 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Mittlerer korrigierter Jahresniederschlag für die Dekaden 1981-2010 im Teufelsmoor-Gebiet (Quellen: DWD (2016), Spekat et al. (2007), Enke et al. (2006)).</i>	52
<i>Abbildung 2: Darstellung des Grundwasserflurabstandes im Teufelsmoor / Hammeniederung und St. Jürgensland. Quellen: Auszug aus den Geobasisdaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, © Jahr2016; https://www.pegelonline.wsv.de (Eberts et al. 2020).</i>	53
<i>Abbildung 3: Darstellung der absoluten Gewässer-Wasserstände (m.ü. NHN). Quellen: Auszug aus den Geobasisdaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, © Jahr2016; https://www.pegelonline.wsv.de (Eberts et al. 2020).</i>	54
<i>Abbildung 4: Mittlere jährliche reale Verdunstungshöhe mit Berücksichtigung der Dränabflüsse für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand).</i>	55
<i>Abbildung 5: Mittlere jährliche Gesamtabflusshöhe mit Berücksichtigung der Dränabfluss für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand).</i>	55
<i>Abbildung 6: Mittlere sommerliche Gesamtabflusshöhe mit Berücksichtigung der Dränabflüsse für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand).</i>	56
<i>Abbildung 7: Mittlere sommerliche Gesamtabflusshöhe im Trockenjahr mit Berücksichtigung der Dränabflüsse für die Dekaden 1981-2010 im Untersuchungsgebiet (IST-Zustand).</i>	57
<i>Abbildung 8: Natur- und Landschaftsschutzgebiete im Teufelsmoor (Landkreis Osterholz 2020).</i>	58
<i>Abbildung 9: Auszug aus Landkreis Osterholz (2020)- Flurstücksspezifische Vorgaben für die erste Mahd 2020 (Teilflächige Differenzierungen nicht dargestellt).</i>	59
<i>Abbildung 10: Auszug aus der Neufassung des Landesraumordnungsprogramms 2017, Anlage 2 (ML 2017) - im Untersuchungsgebiet liegen raumordnerische Vorranggebiete Torferhalt (braun schraffiert), Biotopverbund (flächig gelb), Natura 2000 (grün gepunktet).</i>	60
<i>Abbildung 11: Karte der landwirtschaftlichen Landnutzung in der Leader-Region Kulturlandschaften Osterholz.</i>	62
<i>Abbildung 12: Naturschutzgebiete, WRRL-Gewässer und kreiseigene Flurstücke in der Hammeniederung.</i>	64
<i>Abbildung 13: Verbreitung der kohlenstoffreichen Böden im Betrachtungsraum des Teufelsmoores (Reichelt und Schwenck 2020).</i>	65
<i>Abbildung 14: Fläche in Hektar der Moore und (ehem.) organischer Böden im betrachteten Gebiet (Reichelt und Schwenck 2020).</i>	65
<i>Abbildung 15: Überblick über die Kartierungsflächen 2019: Vegetation und Torfansprache, inkl. Torfmächtigkeit.</i>	66
<i>Abbildung 16: Beispiel eines Bohrkerns, Dokumentation der Torfmächtigkeit, Lage, Torfart, Zersetzungsgrad. Foto: F. Reichelt</i>	67
<i>Abbildung 17: Lage der nördlichen Bohrpunkte / Untersuchungsflächen. Karte: F. Reichelt</i>	67
<i>Abbildung 18: Lage der südlichen Bohrpunkte / Untersuchungsflächen. Karte: F. Reichelt</i>	68
<i>Abbildung 19: Darstellung der Torfarten der einzelnen Bohrungen bis 100 cm Tiefe. Grafik: F. Reichelt</i>	69
<i>Abbildung 20: Darstellung der Zersetzungsgrade (nach von Post) der Torfe an den Bohrpunkten. Bezeichnung der Zersetzung (nach KA5): H6 – mittel, H7 und H8 – stark, H9 und H10 – sehr stark. Grafik: F. Reichelt</i>	70
<i>Abbildung 21: Digitales Gelände-Modell des Teufelsmoores.</i>	72
<i>Abbildung 22: Darstellung ausgewählter, im Juli 2019 beprobter Teilflächen und der vorherrschenden Vegetationseinheiten</i>	75
<i>Abbildung 23: Darstellung der vorherrschenden Wasserstände nach Wasserstufen (abgeleitet aus der Vegetation): 3+: Winterwasserstand 35 – 15 cm unter Geländeoberkante (GOK),</i>	

<i>Sommerwasserstand 45 – 20 cm u. GOK; 4+: Winterwasserstand 15 – 5 cm u. GOK,</i>	
<i>Sommerwasserstand 20 – 10 cm u. GOK.....</i>	76
<i>Abbildung 24: THG-Emissionen aus organischen Böden im Untersuchungsgebiet Teufelsmoor (ohne Blockland) (Reichelt und Schwenck 2020).</i>	77
<i>Abbildung 25: Wasserhaushalt – abgeleitet aus dem sommerlichen Gesamtfluss in einem Trockenjahr. Rot = Defizit in der Wasserbilanz, grün = positive Wasserbilanz.</i>	80
<i>Abbildung 26: Flächenkulisse Grundwasserflurabstand (GFA). Rot = geringer GFA, grün = hoher GFA</i>	81
<i>Abbildung 27: Flächenkulisse potentielle Entkopplung von Einzelflächen. Rot = Flurstücke nahe der Hamme, grün = Flurstücke mit größter Entfernung zur Hamme.</i>	81
<i>Abbildung 28: Flächenkulisse potentielle Zuwässerung aus Hauptvorflutern. Rot = entfernte Lage zu Vorflutern, grün = nah an Vorflutern gelegen.</i>	82
<i>Abbildung 29: Flächenkulisse der geschützten Biotop im Untersuchungsgebiet. Rot = hoher Anteil an geschützten Biotopen pro Einzelfläche, grün = geringer Anteil geschützter Biotop pro Einzelfläche.</i>	82
<i>Abbildung 30: Gesamtindex Flächeneignung für Wasserstandsanhörungen. Rot = geringere Eignung, grün = höhere Eignung.</i>	83
<i>Abbildung 31: Gesamtindex Flächeneignung und Lage der Vogelschutzgebiete im Teufelsmoor.</i>	84
<i>Abbildung 32: Gebietskarte des Flurbereinigerfahrens Teufelsmoor (ArL Lüneburg 2018b).</i>	86
<i>Abbildung 33: Auszug des NSG Torfkanals und Randmoore im digitalen Höhenmodell – deutlich sichtbar ist der klare Geländesprung entlang des Torfkanals. (Karte: biota).</i>	89
<i>Abbildung 34: Schütt- und Lagerdichten mit Wassergehalt (Fichtenhack 30-50%, Schilf 9,5%, Rohrglanzgras 13%) im Vergleich (nach Wulf in Wichmann und Wichtmann 2009).</i>	109
<i>Abbildung 35: Verfahren zur Nutzung von Biomasse aus Paludikultur als Festbrennstoff (nach Kaltschmitt et al. 2009; aus Wichtmann et al. 2016).</i>	110
<i>Abbildung 36: Förderband und Ballenauflöser im Heizwerk Malchin. Die Länge des Förderbandes bestimmt die Brennstoffbevorratung (Schröder et al. 2017).</i>	111
<i>Abbildung 37: Spezifischer Biogasertrag (Batch-Test) von 4 Pflanzenarten, beprobt an drei Ernteterminen (aus Hartung et al. 2020).</i>	113
<i>Abbildung 38: Bestehende Verwertungsunternehmen in der Leader-Region Kulturlandschaften Osterholz und Umkreis. Dargestellte Standorte (Sterne): Dunkelblau – Biogasanlagen, dunkelrot – Papier/Pappe Herstellung, gelb – Verbrennung zur Wärmeversorgung, hellblau – Kompostierung und Vergärung, lila – Forschung zu Bau- und Dämmstoffen sowie Verpackungen, hellrot – Torfmooskultivierung</i>	118
<i>Abbildung 39: Suburbane Wärmewende (Brandt 2019).</i>	121
<i>Abbildung 40: Platten, z.B. als bau- und Möbelwerkstoff, aus 100% Heu aus der Hammeniederung (Mitte), 100% Rohrkolben (rechts), 100% Schilf (links). Gepresst ohne Bindemittel von ZELFO Technology. Foto: S. Abel</i>	124
<i>Abbildung 41: Einweggeschirr aus Moor-Aufwüchsen und anderen halmgutartigen Biomassen gemischt (Bio-Lutions), Foto: S. Abel</i>	125
<i>Abbildung 42: Kriterienset für die Potentialermittlung möglicher Heizwerk-Standorte (Grüttner und Heinrich 2017).</i>	133
<i>Abbildung 43: Schematische Darstellung einer Anlageneinheit zur Auffaserung von Biomasse (Zelfo Technology).</i>	135
<i>Abbildung 44: Differenzen zwischen gemessenen Geländehöhen und Rasterwerten des digitalen Geländemodells an den Messpunkten in Abhängigkeit von der Höhe (links) und als Boxplot (rechts).</i>	142
<i>Abbildung 45: Modell des Grundwasserflurabstandes im Sommer (Mai - September)</i>	144
<i>Abbildung 46: Modell des Grundwasserflurabstandes (Vorfluterabstandes) im Winter</i>	145
<i>Abbildung 47: Maßnahmenentwurf zur Anhebung des Grundwasserflurabstandes im Winter</i>	146

Abbildung 48: Angenommene Wasserstände [m NHN] für die Modellierung des zu erwartenden Grundwasserflurabstandes bei Anstau auf 0,7 m NHN im Winter (PLAN-Zustand)	147
Abbildung 49: Modell des Grundwasserflurabstandes bei Anstau auf 0,7 m NHN im Winter (PLAN-Zustand).....	148
Abbildung 50: Modell des Grundwasserflurabstandes bei Anstau auf 0,8 m NHN im Winter	149
Abbildung 51: Durch Grundwasserspiegelanhebung von der Maßnahme (Anstau auf 0,7 m NHN im Winter) betroffene Flurstücke (mit Flurstücksnummern).....	150
Abbildung 52: Förderkulissen im Auswirkungsbereich der Maßnahme	151
Abbildung 53: Mittlerer Anstieg des Grundwasserflurabstandes auf den Auswirkungsflächen der Maßnahme (Anstau auf 0,7 m NHN im Winter) in den einzelnen betroffenen Flurstücken	152
Abbildung 54: Auswirkungsbereiche der Maßnahme (Anstau auf 0,7 m NHN im Winter) zur Bilanzierung der mittleren Grundwasserspiegelanhebung gegenüber dem IST-Zustand im Winter .	153
Abbildung 55: Vergleich der winterlichen Grundwasserflurabstände (Vorfluterabstände) auf der Zielfläche im IST-Zustand (links) und PLAN-Zustand (rechts).....	155

12 Anlagenverzeichnis

I.	Biota Studie Wasserbilanz und Flächeneignung	Kapitel 3.2 + 4.1
II.	Verwendete Datengrundlagen	Kapitel 3
III.	Ergebnisse der Vegetationskartierung 2019 (von Verena Kaiser)	Kapitel 3.7
IV.	Bericht der Landberatung – betriebliche Positionierung	Kapitel 4.4.5
V.	Übersicht über Vorhaben zu Verwertung von Landschaftspflegematerial	Kapitel 6
VI.	Pflanzenportraits von potentiellen Futtergräsern aus der „Database of potential paludiculture plants“ (DPPP)	Kapitel 6.1
VII.	Tabelle Potentieller Biomasse-Abnehmer und Partner in der LEADER-Region und Umkreis (von T. Babian)	Kapitel 6.3
IIIX.	Ggf. Steckbrief Anforderungen an einen Torfersatzstoff (Gramoflor 2019)	Kapitel 6.3
IX.	Exkursionsbericht Heizwerk Malchin und Gut Darss, September 2019	Kapitel 2.2.1.3 Kapitel 6.3
X.	Aussteller*innenverzeichnis Hammeforum 18.3.	Kapitel 6.4.3

13 Literaturverzeichnis

Abel, S. (2016): Nahrungsmittel und Medizinalpflanzen aus Paludikultur. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 38–39.

Abel, S.; Barthelmes, A.; Gaudig, G.; Joosten, H.; Nordt, A.; Peters, J. (2019): Klimaschutz auf Moorböden. Lösungsansätze und Best-Practice-Beispiele. Unter Mitarbeit von J. Couwenberg, T. Dahms, M. Hohlbein, M. Kaiser und F. Tanneberger. Hg. v. Greifswald Moor Centrum.

AGFW (2019): Fernwärme - Preisübersicht. (Stichtag 1.10.2018).

agora natura (2019): Werden Sie ein AgoraNatura Pionier! Wie aus Ihrer Idee ein neues Projekt für den neuen Online-Marktplatz wird. ZALF, Universität Greifswald, DVL Deutsche Umwelthilfe. Online verfügbar unter http://project2.zalf.de/AgoraNatura/wp-content/uploads/2019/11/Von-der-Idee-zum-Projekt-11_2019.pdf.

Arl Lüneburg (Hg.) (o.J.): Erläuterungsbericht zum Plan nach §41 FlurbG. Amt für regionale Landesentwicklung Lüneburg.

Arl Lüneburg (2018a): Flurbereinigungsbeschluss. Hg. v. Amt für regionale Landesentwicklung Lüneburg, Geschäftsstelle Bremerhaven. Bremerhaven.

Arl Lüneburg (2018b): Gebietskarte. Vereinfachte Flurbereinigung Teufelsmoor. Hg. v. Amt für regionale Landesentwicklung Lüneburg, Geschäftsstelle Bremerhaven. Landkreis Osterholz.

Aumann, R.; Zelaskowski, C. (2018): Steico. Geschäftsbericht 2017.

Banaszuk, P.; Kamocki, A. K.; Wysocka-Czubaszek, A.; Czubaszek, R.; Roj-Rojewski, S. (2020): Closing the loop - Recovery of nutrients and energy from wetland biomass. In: *Ecological Engineering* 143.

Baranyai, B.; Joosten, H. (2016): Biology, ecology, use, conservation and cultivation of round-leaved sundew (*Drosera rotundifolia* L.). In: *Mires and Peat* (18), S. 1–28. Online verfügbar unter <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map18/map1818.php>.

Barz, M.; Tanneberger, F.; Wichtmann, W. (2012): Sustainable Production of Common Reed as an Energy Source from Wet Peatlands. Hg. v. Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Energy and Environment, A Paradigm Shift to Low Carbon Society, 27-29 February 2012. Bangkok, Thailand.

BIOÖKONOMIE.DE (2019): Bioplastik weiter im Aufwind. Hg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Online verfügbar unter <https://biooekonomie.de/nachrichten/bioplastik-weiter-im-aufwind>, zuletzt geprüft am 05.07.2020.

Blankenburg, J. (1999): Leitbilder der Hochmoornutzung und die langfristige Nutzung von Hochmoorgrünland. In: *TELMA* (29), S. 183–190.

Blankenburg, J. (2015): Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren in Nordwestdeutschland. In: *TELMA* (Beiheft 5), S. 39–58.

Blievernicht, A.; Irrgang, S.; Zander, M.; Ulrichs, C. (2011): Produktion von Torfmoosen (*Sphagnum* spp.) als Torfersatz im Erwerbsgartenbau. In: *Gesunde Pflanzen* 63 (3-4), S. 125–131.

Brandt, S. (2019): Suburbane Wärmewende. Vortrag zum Projektstart. TU Berlin. Leeste, 28.08.2019.

Brummerloh, A. (o.J.): Vergesellschaftung und Eigenschaften von Böden im Teufelsmoor, Niedersachsen. Masterarbeit im Studiengang Agrarwissenschaften. Institut für Bodenkunde, Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Kiel.

Burgstaler, J.; Wiedow, D. (2016): Produktion von Biokohle. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 52.

Carius, W.; Främbis, H.; Hellberg, F. (2011): Effizienzsteigerung von Grünlands substraten in der Biogasgewinnung unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Belange. Grünland FKZ 03KB029. Hg. v. BUND Landesverband Niedersachsen e.V. Prinzhöfte.

Couwenberg, J.; Reichelt, F.; Jurasinski, G. (in Vorb.): Vegetation as a proxy for greenhouse gas emissions from peatlands: an update of the GEST list.

Couwenberg, John; Thiele, Annett; Tanneberger, Franziska; Augustin, Jürgen; Bärtsch, Susanne; Dubovik, Dimitry et al. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. In: *Hydrobiologia* 674 (1), S. 67–89. DOI: 10.1007/s10750-011-0729-x.

Dahms, T. (2014): Steckbrief: Heizwerk für Niedermoorbiomasse in Malchin. Hg. v. Universität Greifswald. Greifswald.

Dahms, T.; Oehmke, C.; Kowatsch, A.; Abel, S.; Wichmann, S.; Wichtmann, W.; Schröder, C. (2017): Paludi-Pellets-Broschüre. Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren. 2. Auflage. Hg. v. Universität Greifswald. Greifswald.

Dierssen, K.; Dierssen, B. (2008): Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht - Moore. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

Dubbe, D. R.; Garver, E. G.; Pratt, D. C. (1988): Production of Cattail (*Typha* ssp.) Biomass in Minnesota, USA. In: *Biomass* (17), S. 79–104.

DWD (2016): CDC - Climate Data Center. Hg. v. Deutscher Wetterdienst (DWD). Online verfügbar unter http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html, zuletzt geprüft am 14.10.2016.

Eberts, J.; Kost, A.; Lampe, M.; Hoffmann, T. (2020): Machbarkeitsstudie (MBS) Aufwuchsverwertung und Artenvielfalt in der Kulturlandschaft Osterholz. TEILLEISTUNG WASSERBILANZ UND FLÄCHENEIGNUNG. Hg. v. Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH. Bützow.

Edebohls, I. (2019): Sozioökonomische Auswirkungen klimaschutzorientierter landwirtschaftlicher Moorflächenbewirtschaftung am Beispiel der Teufelsmoorregion. Masterarbeit Wissenschaftliche Weiterbildung, Fernstudium Umweltschutz an der Universität Rostock. Grasberg.

Eder, G.; Halinger, W.; Wörgetter, M. (2004): Gutachten Energetische Schilfnutzung von Schilfpellets. Im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 9 Wasser- und Abfallwirtschaft. Hg. v. Austrian Bionenergy Centre GmbH. Wieselburg.

Enke, W.; Spekat, A.; Kreiekamp, F. (2006): Entwicklung von regional hoch aufgelösten regionaler Klimaszenarien auf der Basis von globalen Klimasimulationen WETTREG. In: *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät* (86), S. 127–140.

FNR (Hg.) (2007): Leitfaden Bioenergie: Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow.

- FNR (2019): Basisdaten biobasierte Produkte 2019. Hg. v. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow. Online verfügbar unter <https://mediathek.fnr.de/basisdaten-biobasierte-produkte.html>.
- Gaudig, G.; Krebs, M.; Prager, A.; Wichmann, S.; and 30 others (2018): Sphagnum farming from species selection to the production of growing media: a review. In: *Mires and Peat* 20 (13), S. 1–30.
- Gaudig, G.; Oehmke, C.; Abel, S.; Schröder, C. (2014): Moornutzung neu gedacht: Paludikultur bringt zahlreiche Vorteile. In: *Anliegen Natur* 36 (2), S. 67–74.
- Geurts, J.; Fritz, C. (Hg.) (2018): Paludiculture pilots and experiments focus on cattail and reed in the Netherlands. Technical report CINDERELLA project. Radboud University Nijmegen.
- GLV Teufelsmoor (Hg.) (2020): Verbandsinfo 2019. Gewässer- und Landschaftspflegeverband Teufelsmoor. Worpsswede.
- GMC (2016): Rohrkolben (*Typha* ssp.) - Landwirtschaft auf nassen Mooren. Hg. v. Greifswald Moor Centrum. Greifswald. Online verfügbar unter https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzen.
- GMC; Rohrdachdecker-Innung MV; Rohrdachdeckerei & Zimmerei Paech, Rohrwerbung und Verkauf Harald Nordt (2019): Faktenpapier Rohrwerbung. Greifswald Moor Centrum. Greifswald. Online verfügbar unter https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/Faktenpapier%20Rohrwerbung.pdf.
- Gramoflor (2019): Steckbrief neuer Torfersatzstoff. Vechta.
- Grüttner, F.; Heinrich, E. (2017): Wärmeversorgung mit Paludikultur-Biomasse. Potentielle Standorte in VP-Rügen. Hg. v. Energie-Umwelt-Beratung e.V./ Institut. Rostock und Hohen Luckow.
- Grütza, M. (2007): Analysebericht Erle - Holz. Unter Mitarbeit von unveröffentlicht. Hg. v. Lehrstuhl Kraftwerkstechnik BTU Cottbus. Cottbus.
- Haberl, A.; Wichtmann, W. (Hg.) (2015): Absatz und Verwertungsmöglichkeiten von Paludibiomasse im Gebiet von Hotspot 29 -. Marktanalysebericht für Hotspot 29 "Schatz an der Küste" Raum Vorpommersche Boddenlandschaft und Rostocker Heide. Greifswald.
- Hartung, Christina; Andrade, Diana; Dandikas, Vasilis; Eickenscheidt, Tim; Drösler, Matthias; Zollfrank, Cordt; Heuwinkel, Hauke (2020): Suitability of paludiculture biomass as biogas substrate – biogas yield and long-term effects on anaerobic digestion. In: *Renewable Energy* 159, S. 64–71. DOI: 10.1016/j.renene.2020.05.156.
- Hasch, B.; Schütze, S.; Haberl, A.; Schulz, J.; Wichtmann, W.; Schwill, S. (2012): Paludikultur und angepasste Moornutzung Uckertal/Prenzlau. ARGE Machbarkeitsstudie Paludikultur Brandenburg. Hg. v. p2mberlin & Michael Succow Stiftung zum Schutz der Natur. Berlin.
- Heinz, S. (2012): Population Biology of *Typha latifolia* L. and *Typha angustifolia* L. Establishment, Growth and Reproduction in a Constructed Wetland. Aachen: Shaker Verlag.
- Hochberg, H.; Gödeke, K.; Hering, T.; Schmidt, F.; Lochmann, Y.; Hochberg, E.; Jäger, U. (2011): Optimierung der nachhaltigen Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen für die thermische Verwertung. GNUT-Verbrennung. Berichte an die FNR FKZ 2200-5808 (08NR058).
- Hohlbein, M.; Couwenberg, J. (2019): Freiwillige Finanzierungsinstrumente für Klimaschutzmaßnahmen am Beispiel Moorschutz: Aktueller Stand und neue Ideen. Hg. v. Greifswald Moor Centrum -

Schriftenreihe. Greifswald (02/2019). Online verfügbar unter https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2019-02_Hohlbein&Couwenberg.pdf.

Jacobs, C. (2017): Moorschutz als Teil der niedersächsischen Klimaschutzpolitik. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2017. Online verfügbar unter <https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/89083>.

Jurasinski, G.; Günther, A.; Huth, V.; Couwenberg, J.; Glatzel, S. (2016): Treibhausgasemissionen. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 79–94.

Kaiser, V. (2019): Aufwuchskartierung auf repräsentativen Flächen der Naturschutzgebiete Hammeniederung und Breites Wasser. Unterauftrag im Rahmen der Machbarkeitsstudie Aufwuchsverwertung und Artenvielfalt. Osnabrück.

Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H. (Hg.) (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage. Berlin und Heidelberg: Springer-Verlag.

Köbbing, J. (2016): China - Papier aus dem Wasser. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 223–226.

Kulp, Hans-Gerhard (1995): Der Weyerberg und das Teufelsmoor - ein landschaftsökologischer Führer. Lilienthal: Verlag M. Simmering.

Kumar, S. (2017): Sphagnum moss as a growing media constituent: some effects of harvesting, processing and storage. In: *Mires and Peat* 20 (7), S. 1–11.

Kuntze, H. (1983): Probleme bei der modernen landwirtschaftlichen Moornutzung. In: *TELMA* (13), S. 137–152.

Küwen, S. (2020): geplante Änderung der Zielmittelwasserstände in der Hamme - Sachstandsbericht. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. 13.5.2020, 2020.

Komesker, B. (2019): BBS-Sanierung nimmt zweiten Anlauf. In: *Weser Kurier* 2019, 26.06.2019 (Osterholzer Kreisblatt). Online verfügbar unter https://www.weser-kurier.de/region/osterholzer-kreisblatt_artikel,-bbssanierung-nimmt-zweiten-anlauf-_arid,1840274.html, zuletzt geprüft am 30.06.2020.

Landkreis Osterholz (o.J.): Naturschutzgroßprojekt gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung Hammeniederung. Hg. v. Landkreis Osterholz. Osterholz-Scharmbeck. Online verfügbar unter <https://www.landkreis-osterholz.de/portal/seiten/naturschutzgrossprojekt-gesamtstaatlich-repraesentativer-bedeutung-hammeniederung-901000237-21000.html>.

Landkreis Osterholz (2012): Naturschutzgroßprojekt gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung „Hammeniederung“ - Abschlussbericht 2012. Hg. v. Landkreis Osterholz. Osterholz-Scharmbeck.

Landkreis Osterholz (2016): Anlage 2 Sammelverordnung über Natur- und Landschaftsschutzgebiete im Bereich "Hammeniederung und "Teufelsmoor" im Landkreis Osterholz. Entwurf 9/2016. Hg. v. Landkreis Osterholz. Osterholz-Scharmbeck.

Landkreis Osterholz (2019): Aufstellung des Regionalen Raumordnungsprogramms für den Landkreis Osterholz. öffentliche Bekanntmachung. Unter Mitarbeit von Herr Kerstein. Osterholz-Scharmbeck, 27.03.2019. Online verfügbar unter <https://www.landkreis-osterholz.de/portal/seiten/regionales-raumordnungsprogramm-901000229-21000.html>.

Landkreis Osterholz (2019): Biogasanlagen im Landkreis Osterholz. Hg. v. Landkreis Osterholz Bauordnungsamt. Osterholz-Scharmbeck. Online verfügbar unter <https://www.landkreis-osterholz.de/portal/seiten/biogas-901000705-21000.html>.

Landkreis Osterholz (2020): Erster Mahdzeitpunkt 2020. Gesamtstaatlich repräsentatives Naturschutzgroßprojekt "HAMMENIEDERUNG". Flurkarte, 15.04.2020.

LM MV (Hg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. Unter Mitarbeit von T. Permien, C. Schröder, M. Hohlbein, S. Wichmann, F. Tanneberger und U. Lenschow. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin.

Kaiser, V. (2019): Aufwuchskartierung auf repräsentativen Flächen der Naturschutzgebiete Hammeniederung und Breites Wasser. Unterauftrag im Rahmen der Machbarkeitsstudie Aufwuchsverwertung und Artenvielfalt. Osnabrück.

Maddison, M.; Muring, T.; Remm, K.; Lesta, M.; Mander, Ü. (2009): Dynamics of *Typha latifolia* L. populations in treatment wetlands in Estonia. In: *Ecological Engineering* 35 (2), S. 258–264.

ML (Hg.) (1981): Niedersächsisches Moorschutzprogramm. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Hannover.

ML (2017): Neubekanntmachung der Verordnung über das Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen. LROP-VO, vom Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Fundstelle: Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt. In: *Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt* 71 (20), S. 378–407.

ML (2020a): GL 1 - Extensive Bewirtschaftung von Dauergrünland (GL11/GL12). Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Online verfügbar unter https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/agrarfoerderung/agrarumweltmassnahmen_aum/aum_details_zu_den_massnahmen/gl1_extensive_bewirtschaftung_gl11_gl12/gl-1---extensive-bewirtschaftung-von-dauergruenland-gl11gl12-122405.html, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

ML (2020b): GL 2 - Einhaltung einer Frühjahrsruhe auf Dauergrünland (GL21/GL22). Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Online verfügbar unter https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/agrarfoerderung/agrarumweltmassnahmen_aum/aum_details_zu_den_massnahmen/gl2_einhaltung_einer_fruehjahrsruhe_gl21_gl22/gl-2---einhaltung-einer-fruehjahrsruhe-auf-dauergruenland-gl21gl22-122386.html, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

ML (2020c): GL 4 - Zusätzliche Bewirtschaftungsbedingungen zum Erschwernisausgleich. Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Online verfügbar unter https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/agrarfoerderung/agrarumweltmassnahmen_aum/aum_details_zu_den_massnahmen/gl4_zusatzaufgaben_zum_erschwernisausgleich/gl-4---zusaetzliche-bewirtschaftungsbedingungen-zum-erschwernisausgleich-122489.html, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

ML (2020d): GL 5 - Artenreiches Grünland (GL51/GL52/GL53). Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Online verfügbar unter https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/agrarfoerderung/agrarumweltmassnahmen_aum/aum_details_zu_den_massnahmen/gl5_artenreiches_gruenland_gl51_gl52_gl53/gl-5---artenreiches-gruenland-gl51gl52gl53-122454.html, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

MU (Hg.) (2016): Programm Niedersächsische Moorlandschaften. Grundlagen, Ziele, Umsetzung. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz. Hannover.

Müller, J.; Jantzen, C.; Kayser, M. (2012): The biogas potential of *Juncus effusus* L. using solid phase fermentation technique. In: *Grassland Science in Europe* (17), S. 387–389.

Müller, J.; Sweers, W. (2016): Produktion von Futter in Paludikultur. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 39–43.

Müller-Scheessel, K. (2012a): Die Geschichte der Moornutzung und die Entstehung der Findorff-Siedlungen. In: W. Konukiewitz und D. Weiser (Hg.): Die Findorff-Siedlungen im Teufelsmoor bei Worpswede - Ein Heimatbuch. Bremen: Edition Temmen, S. 41–66.

Müller-Scheessel, K. (2012b): Die wirtschaftlichen Grundlagen der Findorff-Siedlungen im 18. und 19. Jahrhundert - Landwirtschaft und Torfhandel. In: W. Konukiewitz und D. Weiser (Hg.): Die Findorff-Siedlungen im Teufelsmoor bei Worpswede - Ein Heimatbuch. Bremen: Edition Temmen, S. 147 - 169.

Närmann F.; Birr F.; Kaiser M.; Nерger M.; Luthardt V.; Zeitz J.; Tanneberger F. (in Vorb.): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. Abschlussbericht zum F+E-Projekt "Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermooeren" (FK: 3528820500).

NBank (2020): Landschaftswerte. Hg. v. Investitions- und Förderbank Niedersachsen. Online verfügbar unter <https://www.nbank.de/Unternehmen/Energie-Umwelt/Landschaftswerte/index.jsp>, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Neuwald, M. (2019): Entwicklung von Innovationen für die extensive Bewirtschaftung von Moorstandorten. Management-Herausforderungen für beteiligte Akteure. Master-Arbeit im Studiengang Integrated Natural Resource Management. Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin.

NLWKN (2020): Landschaftspflege und Gebietsmanagement (LaGe). Hg. v. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Online verfügbar unter https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/foerderprogramme/bewilligungsstelle_euzuwendungen/landschaftspflege_und_gebietsmanagement_lage/landschaftspflege-und-gebietsmanagement-lage-139705.html, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Erlass 108-27022-01, 19.09.2017: Pachtaufgaben auf landeseigenen Flächen; hier: ökologische wirtschaftende Betriebe.

Nomikou, Maria; Janssen, Arne; Schraag, Ruud; Sabelis, Maurice W. (2002): Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. In: *Experimental & applied acarology* 27 (1-2), S. 57–68. DOI: 10.1023/a:1021559421344.

Nowotny, R. (2016): Rohrkolben-Einblasdämmung. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 36.

Oehmke, C.; Abel, S. (2016): Ausgewählte Paludikulturen. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 22–38.

- Oehmke, C.; Wichtmann, W. (2016): Kritische Inhaltsstoffe von Festbrennstoffen aus Paludikultur. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 49–50.
- Orthen, N. (2016): Gas wird zu Kunststoff und mehr. In: *LandInForm Spezial* (6), S. 54–55.
- Pfadenhauer, Jörg; Wild, Ulrich (2001): Rohrkolbenanbau in Niedermooren. Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept. TU München, Freising-Weihenstephan.
- Pijlman, J.; Geurts, J.; Vroom, R.; Bestman, M.; Fritz C.; van Eekeren, N. (2019): The effects of harvest date and frequency on the yield, nutritional value and mineral content of the paludiculture crop cattail (*Typha latifolia* L.) in the first year after planting. In: *Mires and Peat* 25 (04), S. 1–19.
- Quicker, P.; Weber, K. (Hg.) (2016): Biokohle: Herstellung, Eigenschaftung und Verwendung von Biomassekarbonisaten. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Rebaque, Diego; Martínez-Rubio, Romina; Fornalé, Silvia; García-Angulo, Penélope; Alonso-Simón, Ana; Álvarez, Jesús M. et al. (2017): Characterization of structural cell wall polysaccharides in cattail (*Typha latifolia*): Evaluation as potential biofuel feedstock. In: *Carbohydrate polymers* 175, S. 679–688. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.08.021.
- Reichelt, F. (unveröff.): Begleittext zu Emissionskarte und Sackungsszenarien für Mecklenburg-Vorpommern. Universität Greifswald.
- Reichelt, F.; Schwenck, C. (2020): Abschätzung der THG-Emissionen in der Projektregion "Teufelsmoor". Zwischenbericht im Rahmen des Förderprojektes "Moor- und Klimaschutz. Praxistaugliche Lösungen mit Landnutzenden realisieren", gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Universität Greifswald. Greifswald.
- Reichelt, Felix (2015): Evaluierung des GEST-Modells zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen aus Mooren. Masterarbeit.
- Reza, M. T.; Andert, J.; Wirth, B.; Busch, D.; Pielert, J.; Lynam, J. G.; Mumme, J. (2014): Hydrothermal carbonization of biomass for energy and crop production. In: *Applied bioenergy* 1 (1).
- Schätzl, R.; Schmitt, F.; Wild, U.; Hoffmann, U. (2006): Gewässerschutz und Landnutzung durch Rohrkolbenbestände. In: *Wasserwirtschaft* (96), S. 24–27.
- Schmack (2015): Das BIOFerm-Verfahren. In: M. Kern und T. Raussen (Hg.): Biogas-Atlas 2014/15. Anlagenhandbuch der Vergärung biogener Abfälle in Deutschland und Europa. Witzenhausen, S. 411–416. Online verfügbar unter <http://www.biogas-atlas.de/downloads/schmack.pdf>.
- Schmilewski, G. (2008): The role of peat in assuring the quality of growing media. In: *Mires and Peat* 3 (02), S. 1–8.
- Schmilewski, G. (2017): Growing media constituents used in the EU in 2013. In: *Acta Horticulturae* 1168, S. 85–92.
- Schröder, C.; Nordt, A.; Bork, L. (2017): Entwicklung einer klimagerechten regionalen Energieversorgung durch Paludikultur am Beispiel des Landkreises Vorpommern-Rügen. Abschlussbericht BMEL-Modellvorhaben Land(auf)Schwung. DUENE e.V. Greifswald. Online verfügbar unter [https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/projekte//landaufschwung/Endbericht%20Land\(auf\)Schwung.pdf](https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/projekte//landaufschwung/Endbericht%20Land(auf)Schwung.pdf).

Schwemmer, R. (2010): Entwicklung der Fertigungstechnologie für Rohrkolben-Dämmstoffe. In: *Berichte aus Energie- und Umweltforschung*, S. 69.

Sommer, R. (2016): Schilfrohr im Härte-test. Online verfügbar unter https://www.nord-reet.de/pdf/Nordkurier_1-3-2016.pdf, zuletzt geprüft am 23.07.2018.

Spekat, A.; Enke, W.; Kreienkamp, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Klimaauswirkungen und Anpassungen in Deutschland - Phase I: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland“ des Umweltbundesamtes. Hg. v. Umweltbundesamt. Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH. Potsdam. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3133.pdf>, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

Stiller, W.; Ohl, S. (2015): Untersuchung zur Feststoffvergärung von Landschaftspflegematerial niedersächsischer Grünlandstandorte. Abschlussbericht 2014. Hochschule Hannover. Hannover.

Stolle, L. (2019): Kooperation in der Moornutzung. Eine Fallstudie für die Region Teufelsmoor-Hammeniederung, Niedersachsen. Bachelorarbeit im Studiengang Landschaftsökologie und Naturschutz international. Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie. Greifswald.

Sweers, W.; Müller, J. (2016): Verwertung in der Tierhaltung. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 116–118.

Tiemeyer, B.; Freibauer, A.; Borraz E.A.; Augustin, J.; Bechtold M.; Beetz S. et al. (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. In: *Ecological Indicators* (109). Online verfügbar unter <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1470160X19308325?to-ken=44ADAE7C763340D2BD4BE4CE8CA119522BD77685B88032F581E31E03232972EE6513BD86B16E8398942D3ADD43C6DD27>.

Timmermann, T. (1999): Anbau von Schilf (*Phragmites australis*) als ein Weg zur Sanierung von Niedermooren - eine Fallstudie zu Etablierungsmethoden, Vegetationsentwicklung und Konsequenzen für die Praxis. In: *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* (38), S. 111–143.

Tschoeltsch, S. (2008): Reet: Vom Anbau bis zum Dach. Das Reetprojekt aus der Eider-Trene-Sorge Niederung. Hg. v. Verein zur Förderung der Kulturlandschaft e.V. Horstedt.

UBA (2019): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2019. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990-2017. Hg. v. Umweltbundesamt.

Valek, C. (2020): Biogas von der grünen Wiese. In: *Weser Kurier* 2020, 25.06.2020 (Osterholzer Kreisblatt). Online verfügbar unter https://www.weser-kurier.de/region/osterholzer-kreisblatt_artikel,-biogas-von-der-gruenen-wiese-_arid,1920356.html.

van der Linden, Marjolein; Heijmans, Monique MPD; van Geel, Bas (2014): Carbon accumulation in peat deposits from northern Sweden to northern Germany during the last millennium. In: *The Holocene* 24 (9), S. 1117–1125. DOI: 10.1177/0959683614538071.

- van Putten, Robert-Jan; van der Waal, Jan C.; Jong, Ed de; Rasrendra, Carolus B.; Heeres, Hero J.; Vries, Johannes G. de (2013): Hydroxymethylfurfural, a versatile platform chemical made from renewable resources. In: *Chemical reviews* 113 (3), S. 1499–1597. DOI: 10.1021/cr300182k.
- Ververis, C.; Georghiou, K.; Christodoulakis, N.; Santas, P.; Santas, R. (2004): Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. In: *Industrial Crops and Products* 19 (3), S. 245–254. DOI: 10.1016/j.indcrop.2003.10.006.
- Vogel, T. (2020): Leitfaden Halmgutheizwerke. Wirtschaftlichkeit und Planungsrichtwerte. Hg. v. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow.
- Wabner, D. W.; Grambow, C.; Ober, J. (1986): Ein umweltfreundliches Verfahren zur elektrochemischen Lignin-Ausfällung. In: *Chemie Ingenieur Technik* 58 (4), S. 328–330.
- Wachendorf, M.; Hensgen, F.; Joseph, B.; Kätzl, K. (o.J.): Grünland als zentrales Element einer regionalen Verwertungsstrategie von Restbiomassen für die Erzeugung von Brennstoffen und Aktivkohle. Universität Kassel, o.J.
- Weideveld, S. T. J., Liu, W., van den Berg, M., Lamers, L. P. M., and Fritz, C. (2020): Sub-soil irrigation does not lower greenhouse gas emission from drained peat meadows, *Biogeosciences Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/bg-2020-230>, in review
- Wichmann, S. (2017): Commercial viability of paludiculture: A comparison of harvesting reeds for biogas production, direct combustion, and thatching. In: *Ecological Engineering* 103, S. 497–505. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.03.018.
- Wichmann, S.; Köbbing, J. (2015): Common reed for thatching - A first review of the European Market. In: *Industrial Crops & Products* 77, S. 1063–1073. Online verfügbar unter DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.09.027.
- Wichmann, S.; Krebs, M.; Kumar, S.; Gaudig, G. (2020): Paludiculture on former bog grassland: Profitability of Sphagnum farming in North West Germany. In: *Mires and Peat* (26), S. 1–18.
- Wichmann, S.; Wichtmann, W. (Hg.) (2009): Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung der Naturräume der Erde (DUENE) e.V. Greifswald e.V.
- Wichtmann, W.; Bork, L.; Dahms, T.; Körner, N.; Kabengele, G. R.; Oehmke, C. et al. (2019): Das Projekt Bonamoor. Biomasseproduktion und Optimierung auf nassen Moorstandorten und deren thermische Verwertung. Proceedings zum 13. Rostocker Bioenergieforum. In: *Schriftenreihe Umweltingenieurwesen* (87), S. 135–145.
- Wichtmann, W.; Haberl, A. (2012): Aktivierung der Klimaschutzfunktion von Niedermoorflächen in der Landeshauptstadt Potsdam. Handlungsleitfaden Paludikultur. LUP – LUFTBILD UMWELT PLANUNG GmbH. Potsdam.
- Wichtmann, W.; Schröder, C.; Joosten, H. (Hg.) (2016): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Greifswald Moor Centrum. Stuttgart: Schweizerbart.
- Wiedow, D.; Burgstaler, J. (2016): Stoffliche Nutzung von Biomasse aus Paludikultur. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 43–48.

- Wiedow, D.; Müller, J.; Burgstaler, J. (2016a): Fermentation zu Biogas. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 55–56.
- Wiedow, D.; Müller, J.; Burgstaler, J. (2016b): Vergärung zu Biogas. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 55–56.
- Wiedow, D.; Müller, J. (2016c): Vergärung zu Bioethanol. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 57.
- Wollert, A. (2016): Brandschutzplatte aus Schilf. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 33.
- Wulf, A.; Wichtmann, W.; Barz, M.; Ahlhaus, M. (2008): Energy Biomass from rewetted peatlands for combined heat and power generation. In: T. Lushtinetz und J. Lehmann (Hg.): Nutzung regenerativer Energiequellen und Wasserstofftechnik. Energy symposium proceedings, S. 187–194.
- Yu, Iris K. M.; Tsang, Daniel C. W. (2017): Conversion of biomass to hydroxymethylfurfural: A review of catalytic systems and underlying mechanisms. In: *Bioresource technology* 238, S. 716–732. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.04.026.
- Zeit, J. (2016): Grenzen der entwässerungsbasierten Moornutzung. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 3–13.
- Zhao, X.; Cheng, K.; Liu, D. (2009): Organosolv pretreatment of lignocellulosic biomass for enzymatic hydrolysis. In: *Applied microbiology and biotechnology* 82 (5), S. 815.
- Zielke, L. (2016): Rohrglanzgras vernässter Moorstandorte als Pferdefutter. In: W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten (Hg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - Regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart, S. 34.
- Zoch, L.; Grobe, A.; Reich, M.; Oestmann, J.; Tiemeyer, B. (2019): "Auswirkungen großflächiger Torfmooskultivierung nach Schwarztorf-Abbau auf Biodiversität und Treibhausgasfreisetzung (MoosKult)" und "Großflächige Torfmooskultivierung in Niedersachsen als Folgenutzung nach Schwarztorf-Abbau und ihr Potenzial für Klimaschutz und Biodiversität (KlimDivMoos)". Abschlussbericht 2019. Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover; Thünen-Institut für Agrarklimaschutz. Hannover, Braunschweig.
- Zoubek, J. (2019): Von Hustenbonbons und fleischfressenden Pflanzen. In: *Campus* (12), S. 47.