

Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg

Potenzialermittlung und Möglichkeiten
der energetischen Verwertung

Endbericht

28.11.2014

Im Auftrag des

Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg

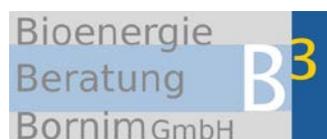


Bearbeitung durch



herne • münchen • hannover • berlin

www.boschpartner.de



www.b3-bornim.de

Auftraggeber:	Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg	Heinrich-Mann-Allee 103, Haus 45 14473 Potsdam
Auftragnehmer:	Bosch & Partner GmbH www.boschpartner.de	Kantstraße 63a 10627 Berlin
Projektleitung:	Dr. Wolfgang Peters	w.peters@boschpartner.de Tel.: 030/609 88 44 -61
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Sven Schicketanz M. Sc. biology Pascal Kinast	
Kooperation mit:	BioenergieBeratungBornim GmbH Dr. Matthias Plöchl	info@B3-Bornim.de Tel.: 0331/601 49 800

Berlin, den 28.11.2014

Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens „Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg – Potenzialermittlung und Möglichkeiten der energetischen Verwertung“ untersuchte die Bosch & Partner GmbH gemeinsam mit der BioenergieBeratungBornim GmbH Fragestellungen zum möglichen Beitrag der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial zur Strom- und Wärmeerzeugung im Land Brandenburg.

Der Fokus lag auf dem Material von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen, Offenlandbiotopen in geschützten Gebieten, aus der Gewässerunterhaltung sowie der Unterhaltung von Randflächen entlang von Straßen und Schienenwegen (s. auch Anhang IV). Unberücksichtigt bleibt Grünschnitt aus kommunalen und Siedlungsflächen (untersucht in Dehnen et al. 2014, MUGV 2014b) sowie Pflegebedarf an Radwegen und ähnlichen Strukturen (untersucht in „BLog-Bio“ TH Wildau, Schultze 2014). Für Landschaftspflegematerial bestehen im Gegensatz zur Anbaubiomasse in der Regel keine Nutzungskonkurrenzen. Die anfallenden Biomassereststoffe kommen grundsätzlich sowohl für die Verbrennung als auch für die Biogaserzeugung infrage, wobei sich die spezifische Eignung je nach Substrat unterscheidet. Da keine anderweitigen Nutzungsmöglichkeiten der Materialien ersetzt werden müssen, kann bei deren energetischer Verwertung prinzipiell von einer besonders positiven Treibhausgasbilanz ausgegangen werden. Aufgrund der dezentralen und häufig sehr heterogenen Aufkommen sind die Bergung und der Einsatz von Landschaftspflegematerial jedoch mit besonderen technischen und logistischen Herausforderungen verbunden.

Aufgaben des Vorhabens waren die Analyse der Nutzungspotenziale des Landschaftspflegematerials zur energetischen Verwertung im Land Brandenburg. Ausgehend von der GIS-gestützten Analyse der Biomassepotenziale im Land Brandenburg auf der einen Seite und der Aufarbeitung der technischen Verwertungsmöglichkeiten auf der anderen Seite, wurden die spezifischen technisch-logistischen und wirtschaftlichen Anforderungen konkreter Nutzungskonzepte vertiefend untersucht.

Im Ergebnis der Analyse liegen die landesweiten Potenziale an Landschaftspflegematerial räumlich differenziert vor. Weiterführend wurden anhand einer GIS-gestützten Nachbarschaftsanalyse s.g. Biomasse-Hotspots, Bereiche mit besonders hohen Konzentrationen an konkurrenzfreier Biomasse, identifiziert. Es ist deutlich geworden, dass die Verwertung von Landschaftspflegematerial zur dezentralen Energiebereitstellung beitragen kann. Landschaftspflegematerial ist in einer Quantität und Qualität verfügbar, welche für verschiedene Anlagen- und Verwertungsoptionen in Frage kommt. Unter Berücksichtigung des Anlagenbestands sowie dem Stand der Technik wurden mögliche Nutzungskonzepte evaluiert. Für die Entwicklung lokaler Nutzungskonzepte kann darauf Aufbauend die Mobilisierbarkeit der ermittelten Potenziale unter frühzeitiger Einbeziehung aller relevanten Akteure geprüft werden.

Nach den der Potenzialanalyse zugrunde gelegten Annahmen, weisen die bisher ungenutzten Biomassepotenziale im Land Brandenburg zunächst rund 335.100 t Trockenmasse (TM) halmgutartiges Landschaftspflegematerial pro Jahr aus. Bezogen auf die holzige Biomasse

aus der Landschaftspflege ist davon auszugehen, dass in den betrachteten Kategorien gegenwärtig keine ungenutzten Potenziale vorhanden sind. Jedoch eignet sich auch der überwiegende Anteil halmgutartiger Biomasse für eine thermische Verwertung. Voraussetzung ist eine entsprechende Aufbereitung des Materials (bspw. Pelletierung). Nur bestimmte Materialien, wie frisches Gras (1. Schnitt) von Feuchtwiesen sowie Wasserpflanzen aus der Sohlkrautung, sollten aufgrund der hohen Wassergehalte ausschließlich im Biogaspfad eingesetzt werden. Dabei handelt es sich um ein Potenzial von rund 34.000 t TM. Im Ergebnis stehen etwa 300.000 t TM der untersuchten Materialien zur Verfügung, die in beiden Pfaden eingesetzt werden können. Die insgesamt zur Verbrennung geeigneten Potenziale könnten einen jährlichen Beitrag von 1.350 MWh zur Wärmeerzeugung beitragen. Werden alle verfügbaren Potenziale in der Biogasproduktion eingesetzt, können unter restriktiven Annahmen jährlich etwa 700 MWh Strom und eihergehend rund 868 MWh Wärme erzeugt werden.

Die Biomassepotenziale verteilen sich zunächst heterogen über das gesamte Gebiet Brandenburgs. Durch die räumliche Auswertung konnten jedoch Biomasse-Hotspots identifiziert werden. Die Verteilung des Gesamtpotenzials im Land Brandenburg wird dabei besonders von den Potenzialen des extensiv bewirtschafteten Grünlands und der Offenlandbiotope in geschützten Gebieten geprägt. Entsprechende Hotspots befinden sich im Niederlausitzer Landrücken, in den Belziger Landschaftswiesen, im Gebiet um das Rhinluch in der Havelandregion, in den Havelniederungen, in der Region des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin, im Niederoderbruch sowie in der Nationalparkregion Unteres Odertal.

Aus der systematischen Analyse der wirtschaftlichen und technischen Verwertungsmöglichkeiten, beim aktuellen Stand der Technik, ergaben sich besonders günstige Optionen für den Fall der Verwertung des Landschaftspflegematerials in den bereits bestehenden Biogasanlagen und Biomasseheiz(kraft)werken. Ein Neubau von Bioenergieanlagen mit dem Schwerpunkt auf der Verwertung von Landschaftspflegematerial ist unter gegenwärtigen Rahmenbedingungen in der Regel nicht wirtschaftlich realisierbar.

Die räumliche Verteilung der Bestandsanlagen ist dezentral. Mit Hilfe einer GIS-gestützten Analyse wurden innerhalb der Biomasse-Hotspots 25 bestehende Biogasanlagen identifiziert. Diese wurden hinsichtlich bestehender Voraussetzungen und technischen Möglichkeiten für den Einsatz von Landschaftspflegematerial untersucht. Durch die Befragungen der Anlagenbetreiber wurden abschließend solche Anteile bisher eingesetzter Substraten ermittelt, die durch Landschaftspflegematerial ersetzt werden könnten. Im Ergebnis zeigt sich, dass etwa die Hälfte der 25 untersuchten Anlagen als potenzielle Partner für eine vertiefende Analyse und darauf aufbauende Erarbeitung eines konkreten Nutzungskonzeptes in Frage kommen. Die wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche Nutzung ist die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der Reststoffe. Aufgrund der erforderlichen Detailschärfe konnten im Rahmen des Vorhabens in dieser Hinsicht keine weiterführenden Analysen durchgeführt werden. Erste Anhaltspunkte liefern jedoch die Ergebnisse des FNR geförderten Projekts GNUT-Biogas. Demnach wird der Einsatz von Gras, das in vieler Hinsicht mit halmgutartigem Landschaftspflegematerial vergleichbar ist, in Bestandsanlagen (EEG 2009) erst ab einer Größe der Anlage von ca. 500 kW elektrischer Leistung wirtschaftlich. Die in den Hot-

spots des Biomasseanfalls ermittelten Biogasanlagen erfüllen diese Voraussetzung. Dort ist unter Beachtung notwendiger Investitionskosten für die technische Anpassung der Anlagen ein Einsatz von 10 % bis maximal 20 % Landschaftspflegematerial möglich. Für eine konkrete Umsetzung müssen lokale Detailanalysen der mobilisierbaren Potenziale sowie ausführliche Beratungen mit den Anlagenbetreibern durchgeführt werden.

Auf der Grundlage der Ergebnisse und gewonnenen Erkenntnisse wurden abschließend Handlungsempfehlungen für die Politik, Anlagenbetreiber und Eigentümer von Landschaftspflegematerial formuliert. Um die verstärkte energetische Nutzung des Materials voranzubringen, sollte insbesondere die Substitution von Anbaubiomasse in bestehenden Biogasanlagen sowie Heizkraftwerken gezielt gefördert werden. Der Verwertungsschwerpunkt sollte aus wirtschaftlichen und technischen Gründen auf dem Verbrennungspfad liegen, da hier die höchste Effizienz erreicht werden kann. Es besteht weiterführend der Bedarf an regionalen Strukturen, die eine Vernetzung der häufig zahlreichen Akteure und Stoffströme gewährleisten. Dazu könnten beispielsweise ein Biomassereststoffkataster oder eine Biomasseleitstelle auf Ebene der Landkreise das Grundgerüst bilden.

Inhaltsverzeichnis		Seite
0.1	Abbildungsverzeichnis.....	VI
0.2	Tabellenverzeichnis	VII
1	Anlass und Ziel.....	11
2	Methodische und Inhaltliche Grundlagen	13
2.1	Landschaftspflegematerial	13
2.2	Potenzialbegriffe	15
2.3	Allgemeine Vorgehensweise und Methodik.....	16
3	Untersuchungsregion	23
3.1	Analyserahmen	23
3.2	Studien, Konzepte und Initiativen zur energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial	27
4	Landesweite Potenziale an Landschaftspflegematerial	35
4.1	Extensiv bewirtschaftetes Grünland	35
4.2	Landschaftspflegematerial aus Schutzgebieten.....	45
4.3	Straßenbegleitgrün einschließlich Landschaftspflegeholz	54
4.4	Landschaftspflegematerial aus der Rückschnittzone an Bahntrassen	64
4.5	Bioabfall aus der Gewässerunterhaltung.....	72
4.6	Gesamtpotenzial und Konzentrationszonen	80
5	Möglichkeiten der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial.....	86
5.1	Stand der Technik und Entwicklungstrends bis 2030	86
5.2	Kosten-Nutzen-Analyse und Entwicklungstrends bis 2030	91
5.3	Praxisbeispiele	92
6	Technische Nutzungsmöglichkeiten der freien energetisch nutzbaren Potenziale von Landschaftspflegematerial	95
6.1	Materialbeschreibung und Nutzungspfad	95
6.2	Material zur Verbrennung.....	96
6.3	Material zur Vergärung.....	97
6.4	Einzugsgebiete der bestehenden Biogasanlagen.....	98

7	Empfehlungen für eine verstärkte energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg	100
7.1	Musterlösungen der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial	100
7.2	Potenziell geeignete Standorte und Anlagenkonstellationen im Land Brandenburg	102
7.3	Mögliche Beiträge zur Wärme- und Stromerzeugung in Brandenburg	102
7.4	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen.....	103

0.1	Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1	Abgrenzung der Potenzialbegriffe.....	15
Abbildung 2	Überblick der Inhalte des Vorhabens und der methodischen Vorgehensweise	17
Abbildung 3	Berechnungsprozesse der GIS-gestützten Nachbarschaftsanalyse (verändert nach ArcGIS 2014)	21
Abbildung 4	Potenzialflächen des extensiv bewirtschafteten Grünlands mit Pflegeanforderungen gemäß KULAP (MIL 2013) und intensiv bewirtschaftetes Grünland.....	40
Abbildung 5	Konzentrationsräume kumulierter halmgutartiger Biomasseaufkommen der extensiv bewirtschafteten Grünlandstandorte im Land Brandenburg	44
Abbildung 6	Räumliche Verteilung der Potenzialflächen geschützter Offenlandbiotope mit Pflegeanforderungen – außerhalb der landwirtschaftlichen Grünlandflächen (MUGV 2009, MUGV 2013b, MUGV 2014c und d)	48
Abbildung 7	Konzentrationsräume erhöhter Biomassekumulationen von Offenlandbiotopen in Schutzgebieten	52
Abbildung 8	Regelquerschnitt einer dreispurigen Bundesautobahn mit 33 Meter Breite gemäß RAA (FGSV 2008)	56
Abbildung 9	Lage der eigens GIS-gestützt erzeugten Potenzialflächen des Straßenbegleitgrüns (blau 1,80 m, rot 2,50 m).....	58
Abbildung 10	Räumliche Verteilung der Potenzialflächen des Straßenbegleitgrüns anhand des Straßennetzes der ATKIS-Daten (LGB 2012)	59
Abbildung 11	Konzentrationsräume erhöhter halmgutartiger Biomassekumulationen der Straßenunterhaltung im Land Brandenburg	63
Abbildung 12	Schaubild zur räumlichen Abgrenzung der Unterhaltungsmaßnahmen entlang der Bahntrassen der Deutschen Bahn (verändert nach DB Umwelt 2014).....	66
Abbildung 13	Lage der eigens GIS-gestützt erzeugten Potenzialflächen an Bahntrassen (rot 3,50 m Korridor anschließend am Gleisbett innerhalb der Rückschnittzone) .	68
Abbildung 14	Räumliche Verteilung der Potenzialflächen an Bahntrassen anhand des Trassennetzes der ATKIS-Daten (LGB 2012)	68
Abbildung 15	Räumliche Verteilung der Potenzialflächen der Gewässerunterhaltung anhand des Gewässernetzes der WBV i.V.m. der ATKIS-Daten (LGB 2012 und 2012, WBV 2014)	76
Abbildung 16	Konzentrationsräume erhöhter Biomasseaufkommen aus der Gewässerunterhaltung im Land Brandenburg.....	80
Abbildung 17	Übersicht der berücksichtigten Potenzialflächen der fünf Landschaftspflegekategorien im Land Brandenburg.	81
Abbildung 18	Überblick der Biomassehotspots der Gesamtpotenziale aller fünf Landschaftspflegekategorien im Land Brandenburg	83
Abbildung 19	Verwertungsoptionen vor dem Hintergrund der Qualitäten einzelner Materialien aus den Landschaftspflegekategorien.	85
Abbildung 20	Überblick der Biogasanlagenstandorte und der ermittelten, spezifischen Einzugsbereiche	99

Abbildung 21	Bestehende Biogasanlagen innerhalb von Biomasse-Hotspots der Landschaftspflegematerialien	101
--------------	---	-----

0.2	Tabellenverzeichnis	Seite
------------	----------------------------	--------------

Tabelle 1	Entwicklung der Bodennutzung in Brandenburg von 1999 bis 2013 (Statistik Brandenburg 2014).....	25
Tabelle 2	Überblick geschützter Gebiete und deren Flächeninanspruchnahme (MUGV 2014a)	26
Tabelle 3	Überblick der Studien und Forschungsvorhaben sowie Konzeptentwicklungen zur energetischen Verwertung von Reststoffen aus der Landschaft im Land Brandenburg.....	27
Tabelle 4	Datengrundlagen im Bereich extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland.....	39
Tabelle 5	Kriterien zur Abgrenzung extensiv bewirtschafteter Grünlandflächen	39
Tabelle 6	Festgesetzte Ertragsannahmen nach Standort- und Bewirtschaftungstyp nach (DBFZ 2012).....	41
Tabelle 7	Annahmen der physischen Verluste und Konkurrenznutzungen zur Berechnung der Biomassepotenziale von extensiven Grünlandflächen	42
Tabelle 8	Flächenpotenziale des extensiv bewirtschafteten Grünland.....	43
Tabelle 9	Potenziale an Landschaftspflegematerial von extensiv bewirtschaftetem Grünland.....	44
Tabelle 10	Datengrundlagen im Bereich Biomasse aus geschützten Gebieten	47
Tabelle 11	Annahmen zu Biomasseaufkommen bei der naturschutzfachlichen Pflege von Offenlandbiotopen	49
Tabelle 12	Annahmen der physischen Verluste und Anteile der Konkurrenznutzungen vom technischen Potenzial zur Berechnung der energetisch nutzbaren sowie freien Biomassepotenziale von Pflegematerial aus Schutzgebieten (vgl. KTBL 2010)	50
Tabelle 13	Flächenpotenziale der Offenlandbiotope in Schutzgebieten (und außerhalb landwirtschaftlicher Flächen)	51
Tabelle 14	Biomassepotenziale der anfallenden Reststoffe aus der Pflege geschützter Gebiete.....	52
Tabelle 15	Datengrundlagen im Bereich Straßenbegleitgrün	57
Tabelle 16	Annahmen zu Biomasseaufkommen bei der Unterhaltung des Straßenbegleitgrüns	60
Tabelle 17	Annahmen der physischen Verluste und Konkurrenznutzungen zur Berechnung der Biomassepotenziale von Straßenbegleitgrün.....	60
Tabelle 18	Flächenpotenziale des Straßenbegleitgrüns einschließlich Landschaftspflegeholz	61
Tabelle 19	Biomassepotenziale des Landschaftspflegematerials von Straßenbegleitgrün einschließlich Landschaftspflegeholz.....	62
Tabelle 20	Datengrundlagen im Bereich Randflächen von Bahntrassen	67
Tabelle 21	Ertragsannahmen für das Begleitgrün an Bahntrassen.....	69

Tabelle 22	Annahmen der physischen Verluste und Konkurrenznutzungen zur Berechnung der Biomassepotenziale von Bahntrassen	70
Tabelle 23	Biomassepotenziale des Landschaftspflegematerials aus der Rückschnittzone entlang von Bahntrassen	71
Tabelle 24	Datengrundlagen im Bereich der Gewässerunterhaltung	74
Tabelle 25	Annahmen zur Ausdehnung der Potenzialflächen in der Gewässerunterhaltung	76
Tabelle 26	Biomasseannahmen zur Zusammensetzung der Vegetationstypen und entsprechender Erträge der Gewässer Brandenburgs	77
Tabelle 27	Annahmen zu physischen Verlusten und Konkurrenznutzungen für die Berechnung der Biomassepotenziale der Gewässerunterhaltung	78
Tabelle 28	Flächenpotenziale mit Aufkommen von Landschaftspflegematerial aus der Gewässerunterhaltung	79
Tabelle 29	Biomassepotenziale aus der Gewässerunterhaltung	79
Tabelle 30	Durchschnittliche Biomassepotenziale der fünf betrachteten Landschaftspflegekategorien im Bereich Halmgut	82
Tabelle 31	Holzige Biomassepotenziale der fünf betrachteten Landschaftspflegekategorien	84
Tabelle 32	Potenziale der Landschaftspflegekategorien unterschieden nach den Verwertungsoptionen der Verbrennung und Biogaserzeugung	85
Tabelle 33	Typisierung der BMHKW aus den Antworten der Betreiber	93
Tabelle 34	Einsatzbereitschaft zu Material aus der Landschaft bei BMHKW (5 Antworten)	93
Tabelle 35	Zuordnung von Grünlandtypen zu Biotoptypen	96
Tabelle 36	Heizwerte und Zusammensetzung von holzigen und krautigen Biomassen ...	97
Tabelle 37	Einige Biogasausbeuten von Grünlandarten	98
Tabelle 38	Überblick zur technischen Ausstattung und Leistung der Biogasanlagen innerhalb ermittelter Biomassehotspots	101

Glossar

ATKIS	Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems
BbgWG	Brandenburgisches Wassergesetz
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BiomasseV	Biomasseverordnung
BNatschG	Bundesnaturschutzgesetz
DB	Deutsche Bahn
DVL	Deutscher Verband für Landschaftspflege eV
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EKIS	Eingriffs- und Kompensationsflächenkataster
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
GIS	Geoinformationssystem
ha	Hektar
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KULAP	(Agrarumweltmaßnahmen nach dem) Kulturlandschaftsprogramm
kW	Kilowatt
LELF	Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung
LF	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LPM	Landschaftspflegematerial
LS	Landesbetrieb Straßenwesen
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
LWT	Landeswasserverbandstag
MJ	Megajoule
MUGV	Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg
MW	Megawatt
TM	Trockenmasse
TÜP	Truppenübungsplatz
WBV	Wasser- und Bodenverbände
wf	Heizwert
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

Danksagung

Die Bearbeitung des Projektes wäre nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung aus dem Land Brandenburg und seinen Regionen. Besonderer Dank gilt Herrn Hanff vom Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF), Frau Düvel und Frau Schaepe vom Landesamt für Umwelt, Geologie und Verbraucherschutz (LUGV), Frau Arndt und Herrn Braunert vom DB Fahrwegedienst sowie dem Landeswasserverbandstag und seinen Wasser- und Bodenverbänden, hier besonders Herrn Philipp vom Wasser- und Bodenverband Rhin-/ Havelluch, Mike Berlin vom Landesbetrieb Straßenwesen und Frau Görnitz vom Deutschen Verband für Landschaftspflege (DVL) sowie den Naturschutzstiftungen und allen weiteren beteiligten Akteuren, die uns mit wertvollen Hinweisen unterstützt haben.

Dem Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV) danken wir für die engagierte administrative Begleitung dieses Vorhabens.

Das Projektteam

1 Anlass und Ziel

Zunehmende Nutzungskonkurrenzen im Zusammenhang mit dem Anbau nachwachsender Rohstoffe machen es erforderlich vermehrt alternative Einsatzstoffe für die Bioenergienutzung heranzuziehen. Dabei kommt Landschaftspflegematerial im weiteren Sinne von Biomassereststoffen aus der Landschaft eine besondere Bedeutung zu. Eine Erschließung der konkurrenzfreien Potenziale würde nicht nur den Nutzungsdruck auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche mindern, sondern auch deutliche Synergien der Bioenergienutzung mit dem Natur- und Ressourcenschutz ermöglichen.

Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung von CDU/CSU und der SPD ist der Vorsatz enthalten, dass der Zubau im Bereich Bioenergie „überwiegend“ auf Abfall und Reststoffe begrenzt werden solle. Dieser wesentliche Anreiz für die Nutzung vorhandener Reststoffe wird durch die Energiestrategie 2030 für Brandenburg unterstrichen. Im aktuellen Brandenburger Koalitionsvertrag von SPD und Die Linke wird grundlegend an der Energiestrategie 2030 festgehalten. Diese soll zuerst evaluiert und entsprechend der Ergebnisse angepasst werden. Es ist davon auszugehen, dass die wesentliche Rolle der Reststoffnutzung in ihrer Bedeutung erhalten bleiben wird.

Aus diesen Gründen wurde vom Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg in konsequenter Weise das Vorhaben zur flächendeckenden Erfassung der Potenziale an Landschaftspflegematerial und Evaluierung energetischer Verwertungsmöglichkeiten initiiert. In diesem Themenkomplex werden parallel zwei weitere Vorhaben durchgeführt. Einmal die „Analyse bestehender Bioenergieanlagen und informationelle Unterstützung von Anlagenbetreiberinnen und -betreibern bei Modernisierungsvorhaben“ und das Vorhaben zu Fragen der „Bioabfallverwertung im Land Brandenburg – Zustandserfassung, Potenzialermittlung und Empfehlungen“.

Die Situation des Landschaftspflegematerials in Brandenburg wurde bereits in diversen Projekten für einzelne Regionen ausschnittsweise aufgezeigt (vgl. Kapitel 3.2 und Tabelle 3). Durchgeführte Analysen wurden zum Teil unter maßgeblicher Beteiligung der Bosch & Partner GmbH sowie der BioenergieBeratungBornim GmbH erarbeitet. Dabei wurde es offensichtlich, dass im Bereich der Landschafts- und Biotoppflege sowie aus der Unterhaltung von Verkehrswegen und Gewässern weitestgehend ungenutzte Biomassepotenziale vorhanden sind. Die heterogene Biomasse fällt dabei überwiegend dezentral an. Eine mögliche energetische Verwertung setzt deshalb Kenntnisse über die Verteilung und Qualität des Aufkommens sowie über technische und logistische Anforderungen der Verwertungsoptionen voraus.

Vor diesem Hintergrund ist es Ziel des Vorhabens für die Untersuchungsregion Brandenburg die Nutzungspotenziale einer energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial zu ermitteln. Prämisse dabei ist es konkurrenzfreie Optionen zu identifizieren. Die Grundlage stellt auf der einen Seite die qualifizierte landesweite Erfassung des nutzbaren Landschaftspflegematerials aus den Bereichen extensiv bewirtschaftetes Grünland, Schutzgebiete, Stra-

ßenbegleitgrün, Bahntrassen und Gewässerunterhaltung dar. Auf der anderen Seite sind die technischen und ökonomischen Möglichkeiten zur energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial in Brandenburg zu analysieren. Dabei sollen aus der räumlichen Verteilung des Aufkommens an Landschaftspflegematerial in Verbindung mit der vorhandenen Anlagenstruktur und potenziell geeigneten Standorten für Neuanlagen, Schwerpunkte für sinnvolle Konzepte der energetischen Nutzung von Landschaftspflegematerial herausgearbeitet werden.

Die Ausrichtung der Studie erlaubt, mit den landesweiten Analysen und folglich groben Aussagen zu Potenzialen und Nutzungsmöglichkeiten, die Identifikation von geeigneten Standorten anhand erster Anhaltspunkte. Die Ergebnisse können jedoch keine Konzeptstudien für konkrete Planungen ersetzen.

Im Ergebnis werden Handlungsempfehlungen für eine verstärkte energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg abgeleitet. Diese beinhalten Musterlösungen anhand potenziell geeigneter Standorte sowie Anlagenkonstellationen im Kontext der evaluierten Möglichkeiten und Grenzen. Berücksichtigt werden dabei auch die Rahmenbedingungen im Kontext des EEG. Besonderes Augenmerk der Empfehlungen liegt dabei auf Optionen zum Anreizen des energetischen Einsatzes von Landschaftspflegematerial. Vor allem die Möglichkeiten politischer Akteure im Kontext von Förderstrategien im Bereich der Bioenergie werden betrachtet. Zu klären ist besonders, welche Rahmenbedingungen und Anforderungen mögliche Förderprogramme berücksichtigen müssen. Weiterhin sollen die für den Anfall der Biomassereststoffe zuständigen Akteure angesprochen und aktiviert werden. Dazu zählen die für die Pflege und Unterhaltung zuständigen Institutionen sowie die Eigentümer auf deren Flächen Landschaftspflegematerial anfällt. Letztlich sind auch die Anlagenbetreiber hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Optionen anzusprechen, die mit dem Einsatz von Landschaftspflegematerial einhergehen.

2 Methodische und Inhaltliche Grundlagen

Die zur Erfassung der Potenziale und zur Entwicklung von Musterlösungen anzuwendenden Methoden unterliegen bestimmten Rahmenbedingungen. Wesentlich ist der Detailgrad der Untersuchung. Dieser ist von den zugänglichen Datengrundlagen im Land Brandenburg abhängig. In diesem Zusammenhang bestimmt auch die Vernetzung mit den regionalen Experten und den Akteuren die Möglichkeiten bei der Ausgestaltung der Analysemethoden. Erst auf der Grundlage eines umfassenden Überblicks zu diesen Punkten können zweckmäßige und effiziente Vorgehensweisen gewählt werden.

Inhaltliche Fragen sind von Anfang an bereits vor dem Hintergrund des datenabhängigen Aufwandes und der damit verbundenen Genauigkeit der Analyseergebnisse zu diskutieren. Auf diese Weise wird ermöglicht, die notwendige detaillierte Datenrecherche von Anfang an zielgerichtet zu gestalten. Gleichzeitig wird gemeinsam mit dem MUGV die angemessene Detailschärfe für die Analyse festgelegt. Diskussionsgrundlage sind dabei die vorliegenden Studien, die Steckbriefe der relevanten Biomassequellen, die Übersicht der technischen Möglichkeiten und Grenzen der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial sowie die Liste relevanter Akteure.

Eine wesentliche Rahmenbedingung ist die Definition des Begriffs „Landschaftspflegematerial“ sowie des diesbezüglich herrschenden rechtlichen Rahmens. Weiterführend sind die zu verwendenden Potenzialbegriffe möglichst eindeutig und präzise zu definieren.

2.1 Landschaftspflegematerial

Der Begriff Landschaftspflegematerial wird in verschiedenen Rechtsnormen benannt bzw. definiert, die Aussagen zur möglichen Verwertung dieser Biomasse treffen. Während Definitionen im Bereich der Abfallverwertung bereits länger bestehen, tritt er in der jüngeren Vergangenheit häufig im Kontext der Bioenergienutzung auf. Dabei folgt die Abgrenzung zu anderen Biomassereststoffen aus der Landschaft sowohl rechtlichen als auch fachlich-inhaltlichen Begründungen. Der Begriff des Landschaftspflegematerials steht dabei für zum Teil unterschiedliche Substratgruppen (vgl. EEG-Clearingstelle 2009 und 2013, Thrän et al. 2009, Baumann & Kummer 2010, DBFZ 2011a, DBFZ 2011b, Kehres 2012, Grantner & Koch-Steindl 2012, DVL 2014a).

Insbesondere die rechtliche Definition des Begriffs im EEG zu Vergütungszwecken wurde im Rahmen der Novellierungen (2009, 2012 und 2014) stetig verändert. Für das Forschungsvorhaben wird Landschaftspflegematerial daher zunächst aus fachlicher Sicht und unabhängig von der aktuellen, rechtlichen Definition im EEG 2014 betrachtet.

In Bezug auf die mögliche Vergütung sowie die spezifischen planerischen und genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen eines Einsatzes von Landschaftspflegematerial sind das EEG i.V.m. der Biomasseverordnung (BiomasseV) sowie das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) i.V.m. der Bioabfallverordnung (BioAbfV) ausschlaggebend.

Definition Landschaftspflegematerial

Landschaftspflegematerial sind Biomassereststoffe aus der Landschaft, die im Zuge von naturschutzfachlichen oder vegetationstechnischen Pflege- und Unterhaltungsmaßnahmen anfallen. Das bedeutet, dass die Biomasse nicht zum spezifischen Zweck der energetischen Nutzung angebaut oder vorrangig und überwiegend zu diesem Zweck entnommen werden darf. Im Wesentlichen handelt es sich also um Biomasse aus der Landschaftspflege sowie um Material, welches auf Flächen anfällt, auf denen vegetationstechnische Pflegemaßnahmen vorgenommen werden.

Zur Landschaftspflege zählen alle Maßnahmen die vorrangig und überwiegend den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Sinne des BNatSchG dienen, d.h. insbesondere dem Erhalt oder der Wiederherstellung der ökologischen, ästhetischen, erholungsbezogenen sowie kultur- und denkmalbezogenen Funktionen der Landschaft.

Zu den vegetationstechnischen Maßnahmen zählen Maßnahmen die dem Ziel der technischen Funktionssicherung dienen, bspw. im Bereich des Straßenbegleitgrün, des kommunalen Grünschnitt sowie Grünschnitt aus der privaten und öffentlichen Garten- und Parkpflege, aus der Sport- und Golfplatzpflege sowie von Gewässerrandstreifen.

Hinsichtlich einer Verwertung als erneuerbarer Rohstoff für die Bioenergie, änderte sich die rechtliche Definition des Landschaftspflegematerials zuletzt mit Inkrafttreten des EEG 2014 am 01.08.2014. Damit gilt die in Anlage 3 Nr. 5 BiomasseV, in der am 31. Juli 2014 gelundene Fassung, festgesetzte Definition von Landschaftspflegematerial einschließlich Landschaftspflegegras für alle Biogasanlagen (auch Altanlagen):

„Landschaftspflegematerial einschließlich Landschaftspflegegras. Als Landschaftspflegematerial gelten alle Materialien, die bei Maßnahmen anfallen, die vorrangig und überwiegend den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes dienen und nicht gezielt angebaut wurden.

Marktfrüchte wie Mais, Raps oder Getreide sowie Grünschnitt aus der privaten oder öffentlichen Garten- und Parkpflege oder aus Straßenbegleitgrün, Grünschnitt von Flughafengrünland und Abstandsflächen in Industrie und Gewerbegebieten zählen nicht als Landschaftspflegematerial. Als Landschaftspflegegras gilt nur Grünschnitt von maximal zweischürigem Grünland.“

Hier wird jedoch nur geregelt, welche Stoffe im Rahmen des EEG zu Vergütungszwecken als Landschaftspflegematerial gelten. Nicht bestimmt wird, ob es sich dabei um Abfall nach KrWG handelt oder nicht.

Gemäß KrWG erfüllt Landschaftspflegematerial, welches nicht zielgerichtet angebaut wird in der Regel den Abfallbegriff (§ 3 Abs. 1) und wird deshalb nach § 3 Abs. 7 Nr. 2 KrWG als Bioabfall definiert. Bspw. sind Landschaftspflegeabfälle und weiterer Grünschnitt in Anhang 1 Nr. 1a Spalte 2 BioAbfV (ASN 20 02 01) gelistet. Landschaftspflegematerial aus vegetationstechnischen Maßnahmen für das eine Entledigungspflicht besteht ist demnach in der Regel

auch Abfall. Daraus können für die energetische Verwertung dieser Materialien erhöhte Anforderungen an die Genehmigung der Bioenergieanlage resultieren, bspw. die Erforderlichkeit einer Genehmigung nach Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Vertiefende Informationen zur Abgrenzung können dem Beratungsordner „Vom Landschaftspflegematerial zum Biogas“ (DVL 2014b) entnommen werden.

2.2 Potenzialbegriffe

Die Ermittlung von Biomassepotenzialen orientiert sich vor dem Hintergrund der Ziele des Vorhabens an der Prozesskette der energetischen Biomassennutzung (Biomasseaufkommen, -bereitstellung und -verwertung). Großen Einfluss dabei haben die zu betrachtenden Flächenkategorien mit spezifischen Umfängen und Erträgen. Darüber hinaus sind die Aufbereitungs- und Lagerverluste sowie die zusätzlichen Umwandlungsverluste, die – je nachdem ob Strom oder Wärme bereitgestellt werden – von unterschiedlicher Bedeutung sind, einzubeziehen. Definierte Referenzsysteme sind daher wichtige ergänzende Informationen bei der Potenzialdarstellung.

Eine klare Bezeichnung des Potenzials ist entscheidend für die Interpretation der Ergebnisse. Nur, wenn sie von Randbedingungen und Systemgrenzen definiert sind, können die Ergebnisse richtig eingeordnet und verwertet werden. Ziel ist es daher möglichst nachvollziehbare und eindeutige Potenzialbegriffe zu verwenden. Für die Beschreibung von unterschiedlichen Potenzialen werden zur Konkretisierung in der Regel Adjektive wie „theoretisch“, „technisch“ oder „wirtschaftlich“ verwendet.

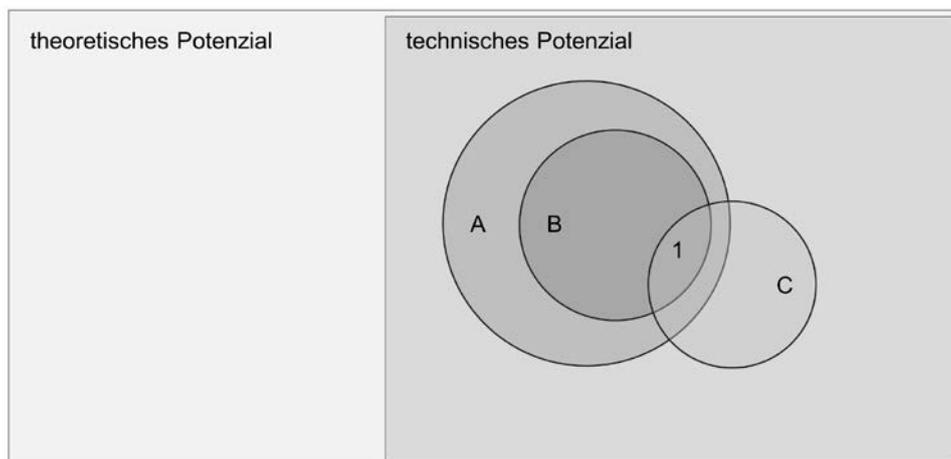


Abbildung 1 Abgrenzung der Potenzialbegriffe

Die im Folgenden erläuterten Potenzialbegriffe orientieren sich an allgemein anerkannten Definitionen (vgl. Kaltschmitt und Hartmann 2009; Smeets, E. et al. 2013). Vor dem Hintergrund der Zielstellung dienen sie als Grundlage zur Ermittlung und Betrachtung der Potenziale von Landschaftspflegematerial. Die nachfolgenden Definitionen mit den entsprechenden Buchstaben und Zahlen nehmen Bezug auf Abbildung 1.

Potenzialbegriff	Definition	Fragen
theoretisches Biomassepotenzial	Das theoretische Biomassepotenzial ergibt sich aus dem physikalischen Gesamtangebot an Biomasse, welches als Maximum auf den zu betrachtenden Potenzialflächen der fünf Kategorien anfällt.	Wieviel Biomasse wächst auf?
technisches Biomassepotenzial	Das technische Biomassepotenzial ist der Teil des theoretischen Potenzials, welcher durch technische Anforderungen an die Bergung und die Lagerung (also nach Abzug physischer Verluste) sowie ggf. limitierender Verwertungstechniken beschränkt wird.	Wieviel Biomasse kann geerntet werden?
A energetisch nutzbares Biomassepotenzial	Das energetisch nutzbare Biomassepotenzial ist der Anteil des technischen Potenzials, welcher nicht durch Konkurrenznutzungen (wie z. B. Beweidung, Futternutzung oder andere stoffliche Nutzungen) belegt ist und somit der energetischen Verwertung konkurrenzfrei zur Verfügung steht.	Wieviel Biomasse steht für die energetische Verwertung bereit?
B freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	Das freie energetisch nutzbare Biomassepotenzial ist der Anteil des konkurrenzfreien Potenzials (A), welcher bisher nicht in Stoffströme der energetischen Verwertung fließt.	Wieviel Biomasse ist gegenwärtig verfügbar aber ungenutzt?
C wirtschaftliches Biomassepotenzial	Das wirtschaftliche Biomassepotenzial ist der Anteil des technischen Potenzials, welcher unter Annahme bestmöglicher technischer Lösungen wirtschaftlich erreichbar ist. Wirtschaftlich ist die energetische Verwertung der Biomasse, wenn die erzielten Erlöse der energetischen Verwertung die Kosten der Bereitstellung und Verwertung übersteigen – also, wenn sie konkurrenzfähig zu konventionellen Energiesystemen gleicher Einsatzbereiche (also deren Energiekosten nicht überschreiten) sind. Das technische Potenzial wird durch die ökonomischen Faktoren weiter eingeschränkt. Wichtige Faktoren sind Kosten der Logistik, der Aufbereitungstechnologien, der Preisentwicklungen fossiler Energieträger und Rohstoffe sowie politische Rahmenbedingungen.	Wieviel Biomasse ist ökonomisch mobilisierbar?
1 Nutzungsmöglichkeiten	Nutzungsmöglichkeiten ergeben sich dort, wo energetisch nutzbare Potenziale vorhanden sind und eine wirtschaftliche energetische Verwertung gewährleistet werden kann. Die gesuchten Potenziale von Landschaftspflegematerial mit Nutzungsmöglichkeiten liegen innerhalb des Überschneidungsbereichs der wirtschaftlichen und der freien energetisch nutzbaren Potenziale.	Wo überlagern sich Bedarf und Potenzial?

2.3 Allgemeine Vorgehensweise und Methodik

Das Vorhaben sieht zuerst die parallele Ermittlung der Biomassepotenziale aus der Landschaftspflege (Kapitel 4) und der technischen Möglichkeiten einer energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial (Kapitel 5) im Land Brandenburg vor. Ziel der Potenzialanalysen ist es zum einen Bereiche mit besonders hohem Biomasseaufkommen („Biomassehotspots“) aufzuzeigen. Zum anderen soll der Bestand relevanter Anlagen sowie deren Einzugsgebiete in ihrer räumlichen Verteilung dargestellt werden. Darauf aufbauend erfolgt im Anschluss eine Überlagerung der Ergebnisse (Kapitel 6). Damit wird das Ziel verfolgt Nutzungsmöglichkeiten zu identifizieren, um technisch mögliche und wirtschaftlich tragfähige Verwertungswege aufzeigen zu können. Daraus abgeleitet werden kann der potenzielle Beitrag der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial an der Strom- und Wärmeerzeugung im Land Brandenburg. Abschließend werden die ermittelten Nutzungsmöglichkeiten beschrieben und Empfehlungen für eine verstärkte energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg formuliert (Kapitel 7).

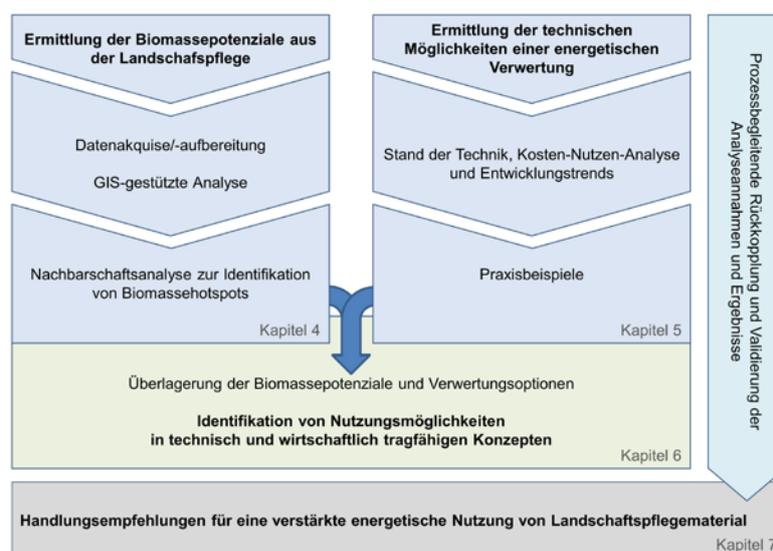


Abbildung 2 Überblick der Inhalte des Vorhabens und der methodischen Vorgehensweise

Prozessbegleitend erfolgt die Rückkoppelung und Validierung der getroffenen Analyseannahmen sowie der ermittelten Ergebnisse mit regionalen Experten. Die Vorgehensweisen und Methoden innerhalb der drei Bausteine werden im Folgenden beschrieben.

2.3.1 Analyse von Biomassepotenzialen aus der Landschaftspflege

Ausgangspunkt der Analysen stellt das grundlegende **Methodenkonzept** dar. Es besteht aus zwei zentralen Bausteinen:

1. Datenakquise/-aufbereitung
2. GIS-gestützte Analyse

Je nach Art der zu analysierenden Biomassefraktion sind andere Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Zudem bestehen für die Ermittlung des freien, energetisch nutzbaren Potenzials in der Regel unterschiedliche Voraussetzungen. Das Methodenkonzept für die Ermittlung der landesweiten **Potenziale an Landschaftspflegematerial** ist deshalb jeweils mit Bezug auf die folgenden fünf Biomassefraktionen und deren Rahmenbedingungen angepasst:

- extensiv bewirtschaftetes Grünland
- Biomasse aus geschützten Gebieten und von Kompensationsflächen
- Straßenbegleitgrün einschließlich Landschaftspflegeholz
- Begleitgrün an Bahntrassen
- Biomasse aus der Gewässerunterhaltung

Datenakquise und -aufbereitung

Im Zuge der Datenakquise/-aufbereitung gelten demnach zum einen allgemeine und zum anderen spezifische Anforderungen an die Datengrundlagen. Zu beachten ist, dass die Da-

tenakquise wesentlichen Einfluss auf den möglichen Detailgrad der Potenzialanalyse und folglich auch auf die Ergebnisse besitzt.

Allgemeine Anforderung ist, dass jeder Datensatz für die grundlegenden Potenzialanalysen landesweit vorliegt. Allerdings stehen zu spezifischen Themen teilweise zusätzliche Informationen mit hohem Detailgrad zur Verfügung. Diese Daten aus Studien, Konzepten oder regionalen Initiativen beziehen sich in der Regel auf spezifische Biomasseaufkommen einzelner Gebiete. Sie können besonders zur teilräumlichen Schärfung des Potenzials beitragen. Je nach Möglichkeit sollten diese Detailinformationen als regionale Schlaglichter in der Analyse Berücksichtigung finden. Die zweite wesentliche Anforderung ist, dass die Informationen als Geodaten oder GIS-kompatible Daten, im Sinne der Möglichkeit einer räumlichen Zuordnung, vorliegen.

Der Bedarf an Informationen und Datensätzen unterscheidet sich je nach betrachteter Biomassefraktion (vgl. Kapitel 4). Allgemein können auf der Ebene des Bundeslandes Brandenburg Aussagen über Potenzialflächen der Biomassekategorien mit vertretbarem Aufwand getroffen werden. Dabei können ebenenspezifisch hinreichend genaue Aussagen getroffen werden. Aufgrund der überwiegend dezentralen räumlichen Verteilung der Flächen sowie der zum Teil unzureichenden raumbezogenen Daten verbleiben jedoch stets zu beachtende Ungenauigkeit.

Im Rahmen der Datenakquise/-aufbereitung erfolgt im ersten Schritt eine Auswertung von Fachliteratur, Studien und Referenzprojekten. Jeweils bezogen auf die fünf Biomassekategorien, ist ein besonderes Augenmerk auf die Arbeiten im Land Brandenburg zu legen (s. Kapitel 3.2). Im zweiten Schritt werden die Befragungen von regionalen Experten und darauf aufbauend Beratungstermine durchgeführt. Damit die detaillierte Datenrecherche von Anfang an möglichst zielgerichtet erfolgen kann, wird die Beratung auch dazu genutzt die vorgesehene Methodik der Potenzialerhebungen und die sich daraus ergebenden Datenbedarfe zu diskutieren. Je nach Biomassefraktion sind dazu unterschiedliche Akteure anzusprechen. Wichtige Institutionen stellen die Abteilungen Umwelt, Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Naturschutz des Umweltministeriums Brandenburg, die Landesämter LUGV und LELF, die Straßen- und Bahnverwaltungen, die Boden- und Wasserverbände, der DVL sowie die DB Fahrwegdienste und weitere regionale Experten dar (vgl. Anhang I). Im Fokus der Recherche und Befragung steht der Informationsbedarf zu den Standorten, der Art und Weise der Unterhaltung und Pflege sowie die weiteren technischen und wirtschaftlichen Faktoren mit maßgeblichem Einfluss auf die Ertragsbildung und Qualität der Biomasseaufwüchse:

- Verortung theoretisch nutzbarer Biomassen aus der Landschaftspflege, *Grundsätzlich ist hierbei wichtig zwischen holzigem Material sowie krautigem und halmgutartigem Material zu unterscheiden.*
- bereits erhobene Biomasseerträge und -potenziale von Landschaftspflegematerial,
- Vegetationstypen und damit zusammenhängende Qualitäten für die energetische Verwertung,
- physische Biomasseverluste nach Pflegemaßnahmen,

- bestehende und potenzielle Nutzungskonkurrenzen,
- bereits bestehende Stoffströme energetischer Verwertung.

GIS-gestützte Analyse

Auf der Grundlage, der mit vertretbarem Aufwand akquirierten Daten und Informationen, wird im zweiten Baustein die GIS-gestützte Analyse der spezifischen Biomassepotenziale durchgeführt.

In drei aufeinander aufbauenden Schritten werden die Potenziale von den Flächenpotenzialen mit theoretischem Aufkommen bis zum freien, energetisch verfügbaren Potenzial eingegrenzt und präzisiert. Grundlage ist die Abstimmung des Detailgrades der Analyse mit dem Auftraggeber anhand der vorliegenden spezifischen Daten und Informationen je Biomassefraktion. Parallel zur Analyse erfolgt die Rückkoppelung und Validierung von Zwischenergebnissen mit den regionalen Experten. Im Anschluss werden die ermittelten Potenziale der einzelnen Kategorien überlagert und mit Hilfe einer Hotspotanalyse Bereiche mit besonders hohen Konzentrationen von anfallendem Landschaftspflegematerial identifiziert.

1. Schritt: Potenzialflächen

Im ersten Schritt erfolgt die Ermittlung der relevanten Landschaftspflegeflächen. Die Potenzialflächen bilden die Grundlage zur Abschätzung der theoretischen Potenziale anfallender Biomasse. Für Brandenburg bieten die allgemein zugänglichen GIS-Daten in der Regel ausreichende Informationen zur Verortung und Ausdehnung der Flächen im Raum. Wobei die exakte Lage der Flächen nicht durchgehend gewährleistet werden kann. Insbesondere dort, wo die Flächen eigens GIS-gestützt generiert werden müssen, ist mit räumlichen Ungenauigkeiten zu rechnen und eine stichpunktartige Prüfung über aktuelle Luftbilder empfehlenswert. Allerdings ist die exakte Lage der Flächen im Rahmen der Brandenburg weiten Potenzialanalysen nicht zwingend erforderlich. Wichtiger ist, dass die Ausdehnung und Art der Vegetationstypen realitätsnah eingeschätzt werden.

2. Schritt: theoretisches Potenzial

Anhand der GIS-gestützten Verknüpfungen von Lage und Umfang mit den ermittelten Ertrags- und Qualitätsinformationen im zweiten Schritt, werden für die identifizierten Flächen theoretische Biomasseaufkommen berechnet. Zu beachten ist, dass die theoretischen Potenziale allgemeinen Unsicherheiten (bspw. jährliche Ertragsschwankungen) unterworfen sind. Um dies zu berücksichtigen, werden für die Analysen Ertragsspannen herangezogen. Im Ergebnis liegen Informationen über das durchschnittliche, theoretische Potenzial an Landschaftspflegematerial vor.

3. Schritt: technisches und (freies) energetisch nutzbares Potenzial

Das ermittelte theoretische Potenzial an Biomassereststoffen aus der Landschaft steht jedoch nicht in vollem Umfang für die Energiegewinnung zur Verfügung. Von den zu erwartenden Biomasseerträgen müssen Ernte- und Lagerungsverluste sowie gegenwärtig bereits anderweitig genutzte Substratmengen abgezogen werden. Im abschließenden dritten Schritt

erfolgt dahingehend zunächst die Berechnung des technischen Potenzials. Dazu werden die ermittelten ertragssenkenden Faktoren (bspw. physische Verluste bei der Mahd) herangezogen. Abschließend erfolgt die Abschätzung der zur energetischen Nutzung verfügbaren Potenziale sowie der aktuell freien Anteile unter Berücksichtigung von Nutzungskonkurrenzen (bspw. Beweidung von extensiven Grünlandflächen, Futtermittelnutzung sowie stoffliche Verwertungspfade).

Die bestehenden Verwertungspfade und aktuellen Mengen werden differenziert nach Biomassefraktion aufbereitet. Neben der Auswertung aktueller Studien und Best-Practice Beispielen erfolgt eine Befragung relevanter Akteure, um den aktuellen Stand des Wissens zum Umfang der bestehenden energetischen Nutzung der unterschiedlichen Fraktionen der Biomassereststoffe aus der Landschaft zu qualifizieren. Hierzu kann auf bekannte Kontakte und vorliegende Fragebögen aus dem Projekt „Grünlandenergie Havelland“ zurückgegriffen werden.

Die konkret auf die jeweiligen Biomassekategorien angepassten Analysen werden in Kapitel 4 erläutert. Aufbauend auf der Einordnung der Biomassefraktion wird die spezifische Vorgehensweise dargelegt. Zudem enthalten sind Ausführungen zu den verwendeten Datengrundlagen sowie den festgesetzten Annahmen zur Ausdehnung und Lage der Potenzialflächen, den Biomasseerträgen und -qualitäten sowie deren Verfügbarkeiten. Den Abschluss bilden die Ergebnisse des freien, energetisch nutzbaren Landschaftspflegematerials.

Identifikation von Konzentrationszonen (Biomassehotspots)

Für die zu ermittelnden Potenziale ist von einer räumlich heterogenen Verteilung auszugehen. Bereiche mit besonders hohem Aufkommen eignen sich besonders für die Umsetzung von Konzepten zur energetischen Nutzung. Es gilt festzustellen, wo entsprechend ertragreiche Gebiete im Land Brandenburg verortet sind. Dazu werden die Potenziale der einzelnen Biomassekategorien überlagert. Auf diese Weise können bereits erste Gebiete mit hohem Aufkommen an Landschaftspflegematerial identifiziert werden. Zur Analyse von potenziellen Einzugsgebieten für energetische Zwecke erfolgt abschließend eine GIS-gestützte Nachbarschaftsanalyse.

Voraussetzung für die Nachbarschaftsanalyse ist die Umwandlung der flächenbezogenen Ergebnisse in Rasterdaten. Die Berechnung der Raster erfolgt standardisiert im GIS. In den erzeugten Rasterdaten ist jedem Rasterfeld ein Potenzialwert zugeordnet. Unter Einbeziehung spezifischer Einzugsradien können anschließend Biomassekonzentrationen berechnet werden. Im Ergebnis liegt ein Raster vor, in dem jede Rasterzelle die Summe aller Rasterzellen innerhalb des Einzugsgebietes wiedergibt (vgl. Abbildung 3). So wird deutlich, wieviel Biomasse jeweils an einem beliebigen Standort aus dem definierten Einzugsbereich zusammengestellt werden könnte.

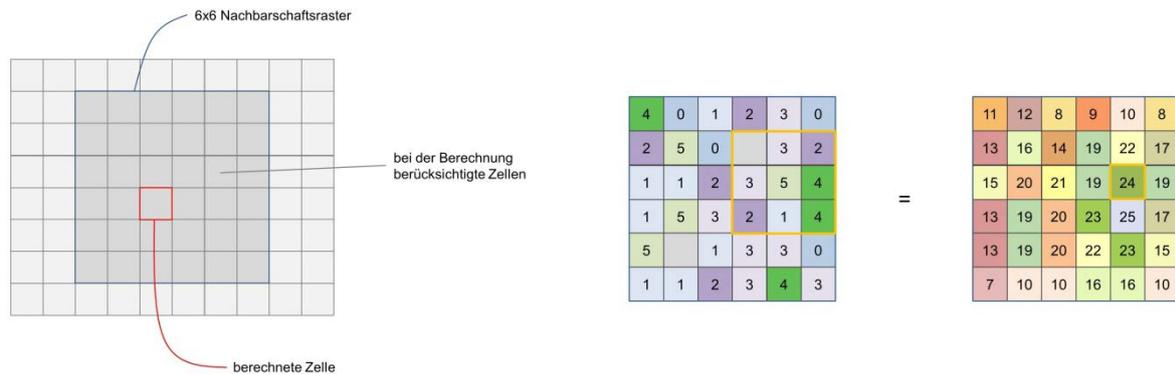


Abbildung 3 Berechnungsprozesse der GIS-gestützten Nachbarschaftsanalyse (verändert nach ArcGIS 2014)

Mit Hilfe dieser Methode können spezifische **Biomassehotspots**, Bereiche besonders hoher Konzentration von Landschaftspflegematerial, innerhalb festgesetzter Transportentfernungen ausgewiesen werden. Im Ergebnis liegen Informationen über die räumliche Verteilung der Konzentrationszonen des freien, energetisch nutzbaren Potenzials vor.

2.3.2 Vorgehensweise zur Ermittlung der Möglichkeiten energetischer Verwertung von Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg

Auf der Grundlage der Charakterisierung der unterschiedlichen Materialien und den Erkenntnissen aus dem Projekt „Grünlandenergie Havelland - Entwicklung von übertragbaren Konzepten zur naturverträglichen energetischen Nutzung von Gras und Schilf am Beispiel der Region Havelland“ als auch aus den beiden Projekten „Optimierung der nachhaltigen Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen für die thermische Verwertung“ (GNUT-Verbrennung) und „Optimierung der Biomassebereitstellung und Vergärung in Biogasanlagen von repräsentativen Dauergrünlandtypen“ (GNUT-Biogas) sowie Versuchen der BioenergieBeratungBornim GmbH werden den Biomassetypen, Landschaften und Flächen sowohl die Art der energetischen Verwertung als auch die Energieausbeute zugewiesen. Neben den Daten aus den oben genannten Projekten werden Daten aus der vorhandenen und aktuellen Literatur für die energetische Bestimmung genutzt. Aus der Verschneidung der naturräumlichen Potentiale und den verwertungstypischen Energiegehalten ergeben sich die Energiedichten in den Flächen und Regionen.

Darauf aufbauend werden die technischen Möglichkeiten zur energetischen Verwertung der unterschiedlichen Substrattypen sowie der Bestand an entsprechenden Anlagen und deren technischer Ausstattung, inklusive der Optionen zur Umrüstung/Erweiterung und zum Neubau von Anlagen berücksichtigt. Hierzu werden für eine Übersicht die Standorte der relevanten Biogasanlagen und die räumliche Ausdehnung der Biomassepotenziale kartographisch dargestellt.

Abschließend wird anhand von Beispielen ermittelt, wie die energetische Verwertung von Biomasse aus Landschaftspflegematerial, im Einzelnen wirtschaftlich tragbar sein könnte. Hierzu werden Beispielberechnungen zu den Kosten und Erträgen konkreter Nutzungen er-

stellt, so dass ein vertretbarer logistischer Aufwand und die sich daraus ergebenden Einschränkungen des nutzbaren Potenzials aufgezeigt werden können. Übertragungen auf andere Fallkonstellationen können jedoch nur allgemein formuliert werden. Dabei können unterschiedliche Einzugsradien definiert werden und eine Grundlage für mögliche anschließende Verknüpfungen mit Wärmebedarfen sowie zur Ableitung besonders geeigneter Anlagenstandorte geschaffen werden.

2.3.3 Vorgehensweise zur Abschätzung von Nutzungsmöglichkeiten

Die Möglichkeiten des Einsatzes von Landschaftspflegematerial zur Energieerzeugung sind grundlegend vom Substratanfall in Verbindung mit der Technik und Wirtschaftlichkeit von Nutzungskonzepten bestimmt. Das daraus abgeleitete Ziel der Untersuchung ist die Identifikation von Bereichen mit sowohl sehr hoher Biomassekonzentration auf der einen Seite und technisch geeigneten Bioenergieanlagen auf der anderen Seite. Letztlich sollen erste Hinweise auf technisch mögliche und wirtschaftlich tragfähige Verwertungswege im Land Brandenburg aufgezeigt werden.

Dazu erfolgt eine Synthese der beiden vorangegangenen Analysestränge; Biomassepotenziale und Anlagenbestand. Aufbauend auf den Ergebnissen der Analysen werden zuerst die Informationen zur räumlichen Verteilung der freien, energetisch nutzbaren Potenziale des Landschaftspflegematerials mit dem Bestand der Biogasanlagen GIS-gestützt überlagert und verschnitten.

Ausgangsbasis für die Analyse bilden die nach Substrattypen differenzierten Potenziale anfallender Landschaftspflegematerialien. Dem gegenübergestellt werden die technischen Möglichkeiten zur energetischen Verwertung der unterschiedlichen Substrate sowie der Bestand an entsprechenden Anlagen und deren technischer Ausstattung, einschließlich der Optionen zur Umrüstung und Erweiterung sowie zum Neubau von Anlagen.

Welcher Aufwand im Einzelnen wirtschaftlich tragbar ist, hängt dabei sehr von den Erträgen und Kosten der konkreten Nutzungskonzepte ab. Zu den sich konkret ergebenden Einschränkungen einer vollständigen Verwertung des freien, energetisch nutzbaren Potenzials, lassen sich daher nur grobe Annahmen treffen. Im Einzelnen müssen die ermittelten Potenziale explizit, im Rahmen der Konzeptentwicklung unter Einbeziehung örtlicher Voraussetzungen, geprüft werden.

Abschließend werden auf der Grundlage gewonnener Erkenntnisse die Möglichkeiten der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial potenzielle Beiträge zur Strom- und Wärmeerzeugung im Land Brandenburg abgeschätzt. Der überwiegende Teil anfallender Materialien aus der Landschaftspflege kann mittlerweile sowohl für die Biogaserzeugung als auch die Verbrennung verwendet werden.

3 Untersuchungsregion

Die Untersuchungsregion Brandenburg gehört mit knapp 2,95 Mio. ha zu den flächenreichsten Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland. Auf der Verwaltungsebene gliedert sich Brandenburg in 14 Landkreise und vier kreisfreie Städte. Der Stadtstaat Berlin wird unmittelbar von Brandenburg umschlossen.

Das Thema der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial wurde im Land Brandenburg bereits in verschiedenen Studien erforscht. Zudem wurden in Konzepten und Initiativen Verwertungspfade entwickelt und erprobt. Im Rahmen der landesweiten Analyse von freien, energetisch nutzbaren Biomassepotenzialen sollen die Erkenntnisse der bisherigen sowie laufenden Arbeiten einbezogen werden.

Hinsichtlich der zu untersuchenden Flächenkategorien besitzt Brandenburg zum Teil charakteristische Ausprägungen die den Analyserahmen bestimmen. Die Landschaft ist bspw. durch überwiegend Offenland mit hohem Grünlandanteil geprägt. Ein wesentlicher Teil der Landesfläche ist mit unterschiedlichen Schutzgebieten belegt. Während die Dichte des Straßen- und Schienennetzes leicht oberhalb des bundesweiten Durchschnitts liegt, ist die Gewässerdichte in einigen Regionen sehr hoch. Bedeutend für das Ertragspotenzial der zu betrachtenden Biomassefraktionen sind die klimatischen Verhältnisse und Bodenbeschaffheiten im Untersuchungsraum.

Im Folgenden werden zunächst die allgemeinen Klima- und Bodenverhältnisse sowie die relevanten Flächentypen mit naturschutzfachlichen oder vegetationstechnisch erforderlichen Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen in Brandenburg beschrieben. Anschließend werden bekannte Studien, Konzepte und Initiativen und deren wesentlichen Inhalte dargestellt.

3.1 Analyserahmen

Klima

Brandenburgs Klima zeichnet sich von Nord nach Süd durch einen Wechsel von einem atlantischen hin zu einem kontinentalen Klima aus. Dabei ist das Klima in Nord-Brandenburg kühl und feucht und im Winter mild, wohingegen im Süden Brandenburgs heiße Sommer und kalte Winter dominieren. Die Region ist von relativ geringen Jahresniederschlägen (450 bis 600 mm) und häufigen Trockenperioden bestimmt. Die Jahresmitteltemperatur liegt je nach klimatischer Zone zwischen 7.8 °C und 9.5 °C (Stackebrandt & Lippstreu 2010).

Im Kontext regionaler Veränderungen aufgrund des Klimawandels wird mit einem Anstieg der durchschnittlichen Lufttemperatur bis zur Mitte des Jahrhunderts um 2 bis 2,6°C (Referenzzeitraum 1951-2006) gerechnet. Mit dem Temperaturanstieg werden eine Abnahme der Frosttage und eine Zunahme von Sommertagen verbunden sein. Daraus resultiert eine früher einsetzende und insgesamt um etwa 2-3 Wochen verlängerte Vegetationsperiode. Einhergehend mit der ansteigenden Temperatur wird es eine Zunahme an Starkniederschlägen geben. Wobei sich die Jahressumme an Niederschlag nicht wesentlich ändert, die Nieder-

schläge im Süden Brandenburgs jedoch abnehmen und im Norden leicht zunehmen. In Folge dessen wird nach ZALF (2014) die Verdunstung zunehmen und damit zu einer Abnahme der Grundwasserneubildung führen. Wobei der Grundwasserstand in den Sommermonaten so tief absinkt, dass eine ausreichende Wasserversorgung partiell nicht mehr gewährleistet ist. Zudem wird der Wasserverbrauch in der Landschaft weiter ansteigen. (vgl. Gutsch 2010 und ZALF 2014)

Böden

Die Böden in Brandenburg gehören im nordöstlichen Gebiet zum Jungmoränengebiet, welches mit lehmigen Grundmoränen überprägt ist. Im Zentrum Brandenburgs dominieren über-sandete Grundmoränen. Durch das tiefer liegende Grundwasser treten im westlichen Teil vereinzelte breite und moorige Niederungen auf. Dahingegen ist der östliche Teil dieses Gebiets weniger vernässt, weshalb vermehrt Binnendünen die Landschaft prägen. Den südlichen Teil Brandenburgs formen die lehmig-sandigen Altmoränen, die eine natürliche Dichtelagerung von Geschiebelehmern verzeichnen und im Zusammenhang mit dem im Süden tiefer liegenden Grundwasser zu stauender Nässe führen (MUGV 2013a). Auf diesem Boden herrschen jedoch gute Anbaubedingungen vor (Biozac 2001). Die sandigen Böden Nordbrandenburgs hingegen sind weniger ertragreich (Drastig et al. 2010). Insgesamt überwiegen in Brandenburg (~70 %) Ackerzahlen und Grünlandzahlen unterhalb der AZ 35 bei einem Landesmittelwert von AZ 33. Im Vergleich sei auf die weite Spannweite (zwischen 13 und 69) der mittleren Ackerzahlen brandenburgischer Gemeinden verwiesen. Dabei sind die Mineralböden und Ackerflächen Brandenburgs von sandigen Substraten dominiert und besitzen daher nur eine geringe Wasserspeicherkapazität. Umso bedeutender ist die Rolle der grundwasserbeeinflussten Böden, die wichtige Funktionen im Landschaftswasserhaushalt übernehmen: sie sind Wasser- und Nährstoffspeicher und in der Lage, angrenzendes Terrain mit Wasser zu versorgen.

Dauergrünland

Gemäß der Statistik für Brandenburg (Statistik Brandenburg 2014) lag der Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche (LF) im Jahr 1999 bei etwa 1,34 Mio. ha und verringerte sich bis 2013 auf etwa 1,31 Mio. ha. An der LF nahm Ackerland den überwiegenden Teil von knapp 78 % (1.025.200 ha) ein. Als Dauergrünland wurden rund 284.000 ha genutzt (~22 %). Bei den Dauergrünlandflächen handelt es sich nach Hertwig & Pickert (o.J.) zu zwei Dritteln um Niedermoore und Flussauen auf Mineralböden. Dabei sind die gesamte LF sowie die Ackernutzung und das Dauergrünland gleichermaßen rückläufig (vgl. Tabelle 1).

Die Grünlandnutzung in Brandenburg ist sehr eng an die Viehwirtschaft gekoppelt. Traditionell wurden Wiesen und Weiden als Futterlieferant für das raufutterverzehrende Vieh genutzt. Im Zuge der strukturellen Veränderungen in der Landwirtschaft nahm der Grünlandbesatz ab. Das Grünland verlor als Futterlieferant wesentlich an Bedeutung. Gleichzeitig fanden andere Aspekte, wie z.B. Klima-, Boden-, Arten- und Biotopschutz, stärkere Beachtung. Dies führte zu einer Ausdehnung der extensiv bewirtschafteten Dauergrünlandflächen im Rahmen von bestimmten Managementauflagen verschiedener Förderprogramme. Seit 1992

werden etwa 50 % der Dauergrünländer unter Auflagen (bspw. Später Schnitt, keine Düngung, etc.) extensiv bewirtschaftet (vgl. Hertwig & Pickert o.J.).

Tabelle 1 Entwicklung der Bodennutzung in Brandenburg von 1999 bis 2013 (Statistik Brandenburg 2014)

Bodennutzung	1999	2001	2003	2005	2007	2010	2011	2012	2013	Trend
	in 1.000 ha									
landwirtschaftliche Nutzfläche (LF)	1.347	1.343	1.328	1.336	1.328	1.324	1.319	1.320	1.314	rückläufig
Ackerland	1.046	1.041	1.030	1.038	1.035	1.032	1.029	1.029	1.025	rückläufig
Dauergrünland	296	297	293	293	288	287	285	286	284	rückläufig

Entwicklung gegenüber Vorjahr: **rot** Abnahme / **grün** Zunahme

Infolge der fortschreitenden Abnahme der Rinderbestände verringerte sich in den letzten Jahren auch der Anbau von Feldfutter. Er sank auf rund 59 % im Vergleich zum Referenzjahr 1990 (vgl. Statistik Brandenburg 2014). In der Konsequenz dieser Entwicklung ist eine Bewirtschaftung des Dauergrünlands für die Futternutzung nicht mehr flächendeckend erforderlich (Hertwig & Pickert o.J.).

Gewässernetz

Brandenburgs Gewässernetz umfasst eine Fläche von etwa 100.000 ha. Diese umfassen 10.000 Seen und 33.000 km Fluss- und Bachläufe (etwa 2.000 km I. Ord. und 31.000 II. Ord.). In einigen Regionen, wie beispielsweise dem Havelluch, kann die Gewässerdichte bei über 18 Meter pro Hektar liegen. Im Land Brandenburg teilen sich 25 Boden- und Wasserverbände (WBV) die Pflege der unterhaltspflichtigen Gewässer sowie der Hochwasserschutzdeiche. Die Pflege erfolgt getrennt nach der Ordnung I und II. Für die Gewässerunterhaltung der I. Ordnung ist das Landesumweltamt zuständig. Die Pflege der Gewässer II Ordnung übernehmen entsprechende Wasser- und Bodenverbände (vgl. MUGV 2013b). Die zur Sicherung des Abflusses zu unterhaltenden Flachwasser- und Uferbereiche von Gewässern und Böschungen erstrecken sich auf mehr als 14.000 km. Zu den anfallenden Substraten aus der Gewässerunterhaltung gehören Schilf- und Scheidenröhrichte, Gras, Böschungen, Wasserpflanzen der Gewässersohle und die Verlandungsvegetation. Weitere künstliche Gewässer können durch die Flutung der mehr als 160 km² umfassenden, ehemaligen Tagebauflächen hinzukommen (vgl. Hupfer & Nixdorf 2011, Landesregierung Brandenburg 2014).

Infrastruktur (Straßen und Schienen)

Das Straßennetz in Brandenburg umfasst insgesamt etwa 43.600 km Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie Gemeindestraßen außerhalb von Ortschaften. Im Ländervergleich ist die Straßendichte Brandenburgs relativ gering (Emmerich 2013). Der Anteil des überörtlichen Straßennetzes (~12.300 km) entspricht knapp einem Drittel (LS Brandenburg 2013). Davon sind 794 km Bundesautobahnen, 2.802 km Bundesstraßen, 5.756 km Landesstraßen und 2.962 km Kreisstraßen. Von den Bundes- und Landesstraßen werden 68 % (et-

wa 4.600 km) von Gehölzen gesäumt. Die Alleen und Baumreihen prägen das Erscheinungsbild der Brandenburger Landschaften zwischen Wald und Seengebieten wesentlich. Zudem kommen Einzelbäume und Feldgehölze (einzelne Baumgruppen, Hecken und Büsche in unterschiedlichen Ausprägungen wie bspw. Windschutzstreifen) entlang der Straßen vor. Die für Brandenburg typischen Alleen entspringen einer historischen Tradition und besitzen neben dem kulturhistorischen sowie landschaftlichen und ökologischen Wert auch eine Bedeutung für die verkehrlichen Aspekte. Es ist erklärtes politisch und gesetzlich verankertes Ziel, den Alleenreichtum entsprechend dieser Bedeutung im Land Brandenburg zu erhalten.

In Brandenburg erstreckt sich das Schienennetz über etwa 4.000 km (LGB 2012). Die Trassendichte ist mit knapp über 135 m/km² im bundesweiten Vergleich hoch (Deutschland 117 m/km² nach Lexus 2014). In der Regel liegen die Trassen auf Dämmen oder sind zum Schallschutz von solchen umgeben. Die Böschungen der Dämme sind in unmittelbarer Nähe zu den Schienen mit krautigem Material (in der Regel Gras) bewachsen. In weiter entfernten Abständen umfasst der Bestand häufig Flurgehölze und Gebüsche, selten Bäume. Zur Verkehrssicherung der Trassen sind die direkt angrenzenden Flächen von holziger Vegetation freizuhalten und die aufkommenden Grasbestände regelmäßig zu mähen. Gehölze in der anschließenden Zone sind nach Bedarf zurückzuschneiden.

Geschützte Offenlandbiotope

In Brandenburg befinden sich eine Vielzahl von Gebieten mit schützenswerten Landschaften und Lebensräumen. Diese zeichnen sich durch ihre Naturnähe, das Vorkommen von Lebensgemeinschaften oder Lebensstätten seltener, wildlebender Tier- und Pflanzenarten oder ihre Vielfalt und Seltenheit, hervorragende Schönheit und besondere Eigenart aus. Ein Netz aus unterschiedlichen Schutzgebietskategorien sichert deren Erhalt, Entwicklung und ggf. Wiederherstellung (MUGV 2014a).

Tabelle 2 Überblick geschützter Gebiete und deren Flächeninanspruchnahme (MUGV 2014a)

Schutzgebietskategorie	Anzahl	Fläche (% der Landesfläche)
Nationalpark	1	10.444 ha (0,4 %)
Biosphärenreservat	3	229.685 ha (7,8 %)
Naturparke	11	712.532 ha (24,1 %)
Naturschutzgebiet	468	229.447 ha (7,8 %)
Landschaftsschutzgebiet	114	1.018.120 ha (34,5 %)
Flora-Fauna-Habitat-Gebiet	620	332.828 ha (11,3 %)
Vogelschutzgebiete (Special Protection Area)	27	643.874 ha (22,0 %)
Ramsar	3	9.794 ha (0,3 %)
Gesamtfläche aller Schutzgebiete (überlagert)	(1.248)	1.562.280 ha (52,7 %)

Die relevanten Schutzgebiete umfassen eine Gesamtfläche von etwa 1.562.280 ha (rund 52,7 % der Landesfläche) (vgl. Tabelle 2). Innerhalb der Schutzgebiete nehmen Wald und Forst etwa 43 % der Fläche ein. Neben weiteren Nutzungstypen wie Acker, Verkehr und Wohnen, verbleiben Offenlandbiotope auf einer Gesamtfläche von etwa 340.000 ha (22 %). Überwiegend handelt es sich dabei um Dauergrünland innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Die Offenlandbiotope unterliegen zum Teil naturschutzfachlichen Pflegeanforderungen. Dabei reichen die naturschutzfachlichen Ziele von der Offenhaltung der Fläche, über den Schutz bestimmter Habitate bis zur Einrichtung von Wildniszonen.

3.2 Studien, Konzepte und Initiativen zur energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial

Die im Land Brandenburg umgesetzten Projekte und Initiativen zur energetischen Nutzung von Landschaftspflegematerial zeigen das besondere Interesse an der Thematik. Gleichzeitig ist Brandenburg Beispiel- und Partnerregion in einer Vielzahl von Studien und Forschungsvorhaben.

Aus vorliegenden Studien, Konzepten und Initiativen (vgl. Tabelle 3) sowie eigenen Befragungen und Gesprächen mit regionalen Akteuren ist bekannt, dass ein Teil des anfallenden Landschaftspflegematerials in Brandenburg bereits energetisch genutzt wird. Insbesondere im Bereich der holzigen Landschaftspflegematerialien wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Stoffströme zur Wärmeerzeugung etabliert (bspw. WBV "Finowfließ"). Weiterführend wurden für spezielle Flächen, wie die ehemaligen Truppenübungsplätze im Land Brandenburg, spezifische Nutzungskonzepte zur energetischen Verwertung der anfallenden Biomasse entwickelt. Halmgutartiges Landschaftspflegematerial wird bereits in einigen Biogasanlagen eingesetzt. Überwiegend handelt es sich um Grünschnitt von extensiv genutzten Grünlandflächen (bspw. Kaim agrar energie GmbH & Co., KG). Die zunehmende Bedeutung der energetischen Verwertung verdeutlichen die Konzepte und Initiativen auf lokaler Ebene, wie bspw. durch die LUTRA GmbH und Vattenfall.

Tabelle 3 Überblick der Studien und Forschungsvorhaben sowie Konzeptentwicklungen zur energetischen Verwertung von Reststoffen aus der Landschaft im Land Brandenburg

Konzepte / Forschungsvorhaben	Kurzbeschreibung
„Grünlandenergie Havelland“ im Rahmen des BMU Förderprogramms Energetische Biomassenutzung, Zeitraum: 2010 – 2012 (DBFZ 2012)	Im Vorhaben wurden die technischen und wirtschaftlichen Potenziale der energetischen Verwertung von Gras und Schilf aus der Landschaftspflege in der Region Havelland untersucht. Im Fokus stand die Verwertung von überschüssigem Gras von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen sowie von halmgutartiger Biomasse aus der Gewässerunterhaltung und Biotoppflege. Ziel des Projekts war die Entwicklung von übertragbaren Konzepten zur Nutzung der betrachteten Grüngutsortimente für die Wärme- und Stromerzeugung. https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_17.pdf

Konzepte / Forschungsvorhaben	Kurzbeschreibung
<p>Regionale Energiekonzepte im Land Brandenburg (alle Regionen) Zeitraum: seit 2011</p> <p>Havelland-Fläming (Regionale Planungsgemeinschaft Havelland-Fläming 2013)</p> <p>Prignitz-Oberhavel (Ernst Basler & Partner GmbH 2013)</p> <p>Lausitz-Spreewald (Regionale Planungsgemeinschaft Lausitz-Spreewald 2013)</p> <p>Oderland-Spree (Regionale Planungsgemeinschaft Oderland-Spree 2013)</p> <p>Uckermark-Barnim (Regionale Planungsstelle Uckermark-Barnim 2013)</p>	<p><i>Im Rahmen der Initiative des Landes Brandenburg zur Umsetzung der Energiestrategie 2030 wurden in allen fünf Planungsregionen Regionale Energiekonzepte (REK) erarbeitet. Das Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten (MWE) hat zur Unterstützung dieser Aufgabe Fördermittel zur Erstellung REK generiert. Die ZAB wurde mit der Koordinierung und Betreuung dieser REK seit Januar 2011 beauftragt. Bestandteil der Bestandserfassung und Potenzialanalyse im Bereich Bioenergie waren auch die Biomassereststoffe aus der Landschaft. Untersuchungen wurden u.a. Gewässerkräuter, Uferpflege, Baumreihen, Feldgehölze, Heideflächen, Schilf und Riedflächen, extensives Grünland, extensive Wiesen, Straßen- und Schienenbegleitgrün sowie weitere Kategorien. Während in anderen Bereichen eine sehr hohe Vergleichbarkeit zwischen den Konzepten besteht, weichen die Untersuchungen im Bereich Landschaftspflegematerial als Energierohstoff zum Teil voneinander ab.</i></p> <p>https://www.zab-energie.de/de/Energiestrategie-2030/Regionalisierung</p>
<p>LUTRA NawaroNet Kompetenzzentrum, seit 2014</p> <p>Ermittlung der für die stoffliche und energetische Nutzung mobilisierbaren Biomassereststoffe im nördlichen Teil des Landkreises Dahme-Spreewald, Zeitraum: 2011 – 2012 (Bosch & Partner 2012)</p>	<p><i>Initiative der LUTRA GmbH für ein Nutzungskonzept. Das NawaroNet Kompetenzzentrum umfasst, neben Ansiedlungsmöglichkeiten für Industrie und Gewerbe, den LUTRA NawaroNet Planungscluster sowie das Netzwerk Biomassebereitstellung. Im Netzwerk Biomassebereitstellung werden Dienstleistungen zur Verfügung gestellt und Wertschöpfungsprozesse initiiert:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Erstellung und laufende Pflege eines Datenpools aus der Region und überregional, z.B. Polen</i> • <i>Biomassebeschaffungsprojekte und Versorgung der regional ansässigen Unternehmen</i> • <i>Biomasseaufbereitung</i> • <i>Planung, Realisierung und Versorgung dezentraler Energieversorgungsanlagen</i> <p><i>Dazu bietet die LUTRA GmbH Biomassehöfe (entwickelt und betrieben durch die LUTRA) sowie den Kontakt zu Heizkraftwerken an.</i></p> <p><i>In Ergänzung zu konventionellen Einsatzstoffen, sollen zu großen Teilen auch Biomassereststoffe aus der Landschaft sowie Grünschnitt aus kommunalen und privaten Grünanlagen eingesetzt werden. Vor diesem Hintergrund wurden die, für eine energetische Nutzung über den Biogas- und Verbrennungspfad, mobilisierbaren Biomassepotenziale praktisch ermittelt und räumlich verortet. Entsprechend der vorgesehenen Verwertungswege erfolgte dabei eine Trennung nach holziger und krautiger Biomasse.</i></p> <p>http://www.hafenkw.de/de/geschaeftsfelder/biomasse/</p> <p>http://www.hafenkw.de/de/geschaeftsfelder/biomasse/dateien/Praesentation_LUTRANawaroNetKompeten</p>

Konzepte / Forschungsvorhaben	Kurzbeschreibung
<p>„Potentiale und Möglichkeiten der energetischen Verwertung von kommunalem Begleitgrün (Grünschnitt, Laub, Holz) in der Bioenergie-Region Ludwigsfelde Plus+“ Zeitraum: (Rohrbacher 2013)</p>	<p><i>Die Studie gibt einen Überblick zu aktuellen Potenzialen und der derzeitigen Verwertung des kommunalen Begleitgrüns in Ludwigsfelde und den fünf Zwillingskommunen. Technische und organisatorische Möglichkeiten der energetischen Verwertung der vorhandenen Materialien werden aufgezeigt sowie an rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gemessen. Des Weiteren wird das ermittelte energetische Potential mit dem Bedarf von bestehenden oder wirtschaftlich zu errichtenden Anlagen in der Region abgeglichen. Den Schwerpunkt der Studie bildet die Verknüpfung von vorhandenen Verwertungsanlagen mit Anbietern von Erfassungs-, Sammlungs- und Aufbereitungstechnik in der Region. Ein zweiter zentraler Aspekt ist die Einschätzung der organisatorischen Machbarkeit verschiedener Optionen sowie der Handlungsbereitschaft der Kommunen.</i></p> <p>Das Begleitgrünmaterial kann potenziell bis zu 3.700 t umfassen. 50 % des Potenzials resultiert aus der Kompostierung, 16,6 % aus der Vergärung und 33,3 % aus der Verbrennung.</p> <p>http://www.bioenergie-region-ludwigsfelde.de/tl_files/bilder/machbarkeitsstudien/130906_Endbericht_Begleitgruen_RegioFutur_fin.pdf</p>
<p>DBU-Heideprojekt „Prösa“ Erhalt von Sandtrockenheiden und Sandtrockenrasen Empfehlungen für die munitionsbelasteten Offenflächen des Landes Brandenburg und Vorschlag für ein Gesamtkonzept Zeitraum: 2007 – 2011 (Lehmann 2011, vgl. auch Stiftung NaturSchutzFonds Brandenburg 2011)</p>	<p><i>Im Vorhaben wurde ein Gesamtkonzept zur nutzungsspezifischen Munitionsberäumung sowie der anschließenden Nutzung der Heideflächen aller ehemaligen Truppenübungsplätze für das Land Brandenburg erarbeitet. Aufgezeigt werden Nutzungskonzepte, auch energetische (Energieholz), unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten.</i></p> <p><i>Insgesamt wurde für eine Gesamtfläche von 17.734 ha eine Nutzung vorgeschlagen bzw. findet bereits statt oder ist geplant. Den höchsten Anteil der Nutzungstypen nimmt mit etwa 46% die Schafbeweidung ein. Eine militärische Nutzung findet auf insgesamt 1.165 ha in fünf Gebieten statt und wird für den Erhalt der Offenland-LRT im Allgemeinen als ausreichend relativ gut steuerbar angesehen. Heidemahd wurde bisher nur in wenigen Gebieten praktiziert, weil die Anforderungen an die Qualität der Flächen und an das Mähgut hoch sind. Hier besteht aber die Möglichkeit einer Vergrößerung der Mahdflächen. In die Bilanz eingegangen sind auch Flächen, auf denen eine Mahd geplant ist. Der Anteil dieser Flächen liegt insgesamt bei 2,8 %. In besonderen Fällen ist auch die motormanuelle Pflege vorgesehen. Das wird dann der Fall sein, wenn wegen zu hoher Reliefenergie, Kleinflächigkeit oder wegen des besonderen naturschutzfachlichen Wertes der Flächen keine andere Möglichkeit zur Verfügung steht, wie z.B. am Streganzer Berg oder dem Weißen Berg bei Bahnsdorf zum Erhalt kalkhaltiger Trockenrasen. Weiterführend wurden die technischen Lösungen der Munitionsberäumung sowie die einhergehenden Kosten abgeschätzt.</i></p> <p>https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-25506.pdf</p>

Konzepte / Forschungsvorhaben	Kurzbeschreibung
<p>Potenzialatlas – Bioenergie in den Bundesländern. Teilkapitel: Brandenburg Zeitraum: 2013 (AEE 2013)</p>	<p><i>Der Potenzialatlas gibt einen Überblick zum Stand und den Potenzialen der Bioenergie in Brandenburg. Ausgewiesen werden auch Biomassepotenziale aus den Bereichen des Bio- und Grünabfall (aus der Garten-, Landschafts- und Parkpflege) von etwa 1.600 TJ.</i></p> <p>http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/237.AEE_Potenzialatlas_Bioenergie_Brandenburg_jan_13.pdf</p>
<p>Theoretische Potenzialermittlung zur Nutzung von Straßenbegleitgrün als Energieträger für die Biogasproduktion am Beispiel Potsdam/ Potsdam-Mittelmark Zeitraum: 2013 (Ramm 2013)</p>	<p><i>In der Bachelorarbeit wurde eine theoretische Potenzialermittlung für die energetische Nutzung von Straßenbegleitgrün, im speziellen Grasschnitt, beispielhaft für die Region Potsdam/ Potsdam-Mittelmark durchgeführt. Die Vorgehensweise wurde auf andere Regionen übertragbar konzipiert. Neben der Potenzialermittlung erfolgte eine Unsicherheitsabschätzung für die ermittelten Ergebnisse. Zudem wurden Effekte einer zunehmenden energetischen Nutzung des Straßenbegleitgrüns auf den Naturhaushalt untersucht.</i></p> <p>http://www.geo.uni-potsdam.de/BSc-Abschlussarbeiten.html</p>
<p>RUBIRES (Nachwachsende Rohstoffe in ländlichen Räumen) Regional potential analysis – biomass as energy feedstock in regional economic cycles in region Havelland-Flaeming. Zeitraum: 2009 – 2011 (Grundmann et al. 2011)</p>	<p><i>Das RUBIRES Vorhaben befasste sich insbesondere mit der Erhöhung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe und der Schaffung von regionalem Mehrwert. Dafür wurden neue Werkzeuge und Methoden entwickelt und eingeführt. Ein Projektpartner ist die Planungsregion Havelland-Fläming. Das Projekt beschäftigt sich mit folgenden drei Themen: Entwicklung und Verbesserung des Stoffstrommanagement, der Flächeninanspruchnahme und der Umsetzung von regionalen Wertschöpfungspartnerschaften und -ketten.</i></p> <p><i>Für die Partnerregionen wurden auch die Bioenergiepotenziale im Bereich extensiver Grünlandflächen ermittelt.</i></p> <p>http://www.rubires.de/ http://www.rubires.de/ujanyagok/wp3/rub_wp3_regional%20analysis_pp_02.pdf</p>
<p>Energetische Verwertung von Schnitt- und Mähgut im Rahmen der naturnahen Gewässerunterhaltung Zeitraum: 2009 (Löhr 2009)</p>	<p><i>Im Vorhaben wurde eine Potenzialanalyse an Fließgewässern mit Bezug zum Unterhaltungsrahmenplan für das Naturschutzgebiet „Belziger Landschaftswiesen“ durchgeführt. Es wurde den Fragen der Aufkommensmengen und Verwertungsoptionen nachgegangen. Dabei erfolgten eigene Kartierungen und Messungen der Biomasseaufkommen sowie Analysen der Nährstoffgehalte und Eigenschaften zur energetischen Verwertung der Materialien</i></p> <p>https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Tagungen/5.3_Loehr.pdf</p>

Konzepte / Forschungsvorhaben	Kurzbeschreibung
<p>Leader-Kooperationsprojekts „Wertschöpfungskette Energieholz“ der LAG Barnim und LAG Märkische Seen – ungenutzte Potenziale an holzartiger Biomasse aus der kommunalen Landschaftspflege Zeitraum: 2013 – 2014 (Schultze 2014)</p>	<p><i>Im Vorhaben werden der Bestand und die Potenziale an holziger Biomasse entlang ausgewählter – überwiegend touristisch und landwirtschaftlich genutzter – Wegenetze in der Barnimer Feldmark analysiert. Es wurde ein gebietsweiter Datenbestand zum Zustand der Gehölze erhoben. Darauf aufbauend erfolgten Ortsbegehungen auf allen relevanten Streckenabschnitten und die Aufnahme, Kartierung, Beschreibung und Bewertung aller vorhandenen Gehölze (nur direkt wegebegleitend). Um die Menge der gewinnbaren holzhaltigen Biomasse abzuschätzen, wurden für jedes Landschaftselement konkrete Pflegeempfehlungen erarbeitet und die erforderliche Eingriffsstärke sowie die einzuhaltenden Pflegerhythmen definiert.</i></p> <p><i>Im Projektgebiet wurden rund 360 Landschaftselemente mit einer Gesamtlänge von etwa 350 km aufgenommen. Diese machen nur etwa ein Drittel der vorhandenen Gehölze in der freien Landschaft aus. Die Potenzialabschätzung erfolgte auf Basis der erarbeiteten Pflegeempfehlungen: Werden die formulierten Empfehlungen für die Erstpflege (Aufholen der Pflegerückstände, Biotopverbesserung) in einem Zeitraum von 10 Jahren umgesetzt, fallen in den Jahren 2015 bis 2024 jährlich etwa 6.000 Srm Hackschnitzel an. Davon stammen etwa 2.000 Srm aus bereits etablierten Maßnahmen in der Alleenpflege. Diese Mengen werden schon jetzt (überwiegend energetisch) genutzt. Geht man in einem Szenario „Energieholz+“ von günstigen Voraussetzungen für die Energieholzproduktion und -nutzung z.B. durch die Entstehung kommunaler Heizwerke) und einer entsprechenden Artenwahl bei der Neuanlage bzw. Umwandlung von Landschaftselementen aus (z.B. nach Fällmaßnahmen), dann stehen langfristig (ab 2025) zusätzlich zu den derzeit gewonnenen Energieholzmengen etwa 2.500 Srm Holzhackschnitzel zur Verfügung.</i></p>

Konzepte / Forschungsvorhaben	Kurzbeschreibung
<p>Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz. Zeitraum: 2008 – 2010 (Kern et al. 2010)</p>	<p><i>Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die Potenziale der in Deutschland anfallenden Landschaftspflegeabfälle ermittelt. Dazu zählen Pflegemaßnahmen an Vegetationsbeständen im Rahmen der Landschaftspflege, die aus Gründen des Naturschutzes (Funktionalität eines Ökosystems), negativer Auswirkungen auf benachbarte Flächen (z. B. Beeinträchtigung von Verkehrsflächen – Verkehrssicherheit, Gefahren durch instabile Reliefs – Rutschungen) oder der direkten Beeinflussung von Versorgungssystemen (z. B. Stromtrassen, sonstige oberirdisch verlaufende Leitungen) erforderlich werden. Dazu wurde eine Potenzialanalyse der Abfälle aus der Landschaftspflege, des Straßenbegleitgrüns, des Schienenbegleitgrüns sowie des Uferbegleitgrüns durchgeführt. Nicht berücksichtigt wurden Pflegemaßnahmen auf Naturschutzflächen.</i></p> <p><i>Für Brandenburg wurden unter Annahme durchschnittlicher Flächengrößen und Ertragswerte Aufkommenspotenziale an krautigem, halmgutartigem Straßenbegleitgrün von rund 45.000 Mg FM ermittelt. Im Bereich holziger Biomasse fallen etwa 33.000 Mg FM an. Im Bereich des Schienenbegleitgrün wird davon ausgegangen, dass in der Rückschnittzone keine holzige Biomasse anfällt. Die Datenlage im Bereich des Ufer- und Gewässerbegleitgrün war nicht ausreichend um entsprechende Potenziale zu ermitteln.</i></p> <p>http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4010_0.pdf</p>
<p>BLog-Bio - Hochschul-Unternehmens-Kooperation zur Weiterentwicklung und stärkeren Nutzung existierender Brandenburger Logistikstandorte mit dem Ziel einer nachhaltigen Biomassebereitstellung und -nutzung Zeitraum: 2013 – 2015 (TFH Wildau 2014)</p>	<p><i>Das Projekt befasst sich mit der notwendigen Bündelung und den intelligenten Bereitstellungsketten von Biomasse zur energetischen und stofflichen Verwertung. Die Nutzung von Biomasse spielt im Land Brandenburg mit seinem hohen Flächenanteil von Land- und Waldwirtschaft eine wichtige Rolle. Die Grundlage für eine ökologisch sinnvolle Nutzung von Biomasse ist die bestmögliche Bereitstellung. Dazu gehört auch, entsprechende Wertschöpfungsketten so zu gestalten, dass Produktions- und Logistikprozesse material- und energieeffizient sind. Dazu gehören die effektive Nutzung der vorhandenen Logistikstrukturen im Umfeld von Wertschöpfungsketten und die Optimierung von Hemmnissen und Schwachstellen bei der Nutzung dieser.</i></p> <p><i>Für Logistikstandorte im Land Brandenburg ergeben sich hier Potentiale, sich als Biomassezentren in der Region zu etablieren. Im Projekt werden Analysen der Brandenburger Logistikstandorte und deren derzeitiger Nutzungsgrad im Bereich Biomassebereitstellung durchgeführt. Die Weiterentwicklung ausgewählter bestehender Brandenburger Logistikstandorte zu Biomasselogistikstandorten – „Biohubs“ wird untersucht und die Optimierungspotenziale vorhandener regionaler Wertschöpfungsketten und konzeptioneller Aufbau neuer Logistikketten für ungenutzte Biomassepotentiale analysiert.</i></p> <p>http://www.th-wildau.de/index.php?id=6782</p>

Konzepte / Forschungsvorhaben	Kurzbeschreibung
<p>belo-net – Energieholzlogistik in Nord-Ost-Brandenburg Zeitraum: 2009 – 2011 (TFH Wildau 2012)</p>	<p>Das Projekt befasst sich mit der Ermittlung von verfügbaren Energieholz-mengen und künftigen Entwicklungsmöglichkeiten für Unternehmen in der Region. Um die Ausgangslage zu erfassen, wurde ein Marktbericht mit Daten und gehandelten Holzmengen für das Jahr 2008 erstellt. Durch eine Potentialabschätzung wurden darüber hinaus die in den kommenden Jahren voraussichtlich verfügbaren Energieholzmengen der Region ermittelt. http://www.belo-net.de/ http://www.th-wildau.de/pt/forschungsgruppen/verkehrslogistik/projekte/projekteaktuel/belo-net.html</p>
Maßnahmen / umgesetzte Projekte	Kurzbeschreibung
<p>„Biogasanlage Ribbeck, Brandenburg“ Aufgeführt im Rahmen des MULLE-Projekts Zeitraum: seit 2009 (Kaim agrar energie GmbH & Co., KG)</p>	<p>Im brandenburgischen Ribbeck betreibt Peter Kaim eine Nassfermentation mit 380 kW elektrischer Leistung. Deren Input besteht zu rund einem Viertel aus Gras von extensiv bewirtschaftetem Grünland. Gemäht werden darf frühestens ab Mitte Juni, auf einem Teil der Flächen auch erst ab Mitte Juli. Auf den 90 ha Grünland des Havellandhofs Ribbeck GbR erfolgen zwei Schnitte jährlich. Der Substratmix setzt sich wie folgt zusammen: Grassilage aus KULAP-Flächen (26%), Gülle (26%), Rinder-/Schafmist (16%), Futterroggen (14%), Maissilage (18%). Mit dem Ziel einer dezentralen und an den Standort angepassten Reststoffnutzung wurde die Biogasanlage des Typs BioConstruct von Anfang an auf die Verwertung von Mist und Gras abgestimmt. Dem dezentralen Gedanken folgt auch die Substratbeschaffung - der gesamte Bedarf stammt aus einem Umkreis von 10km rund um die Anlage. Der separierte Gärrest dient als wertvoller Wirtschaftsdünger für alle Flächen des Betriebes. Den Transport des gehäckselten Materials in die Fahrsilos übernehmen die Havellandhof Ribbeck GbR oder Lohnunternehmer. In der Nassfermentation, bestehend aus Fermenter, Nachgärer und Gärrestelager erzeugt die Anlage 3,23 Mio kW Strom im Jahr. Für die entstehende Wärme gibt es ein intelligentes Nutzungskonzept: Ein Drittel des Ortes Ribbeck ist bereits an das 1,3km lange Wärmenetz angeschlossen. Zu den 18 Wärmeabnehmern zählen auch das Schloss Ribbeck, die alte Brennerei und die Kirche. Ist der Wärmebedarf im Dorf gering, können über die Trocknungsanlage Getreide, Körnermais oder Hackschnitzel getrocknet werden. http://mulle.lpv.de/praxis-forschung/datenbank/projektetails/id/biogasanlage-ribbeck-brandenburg.html http://www.kaim-agrar.de</p>

Maßnahmen / umgesetzte Projekte	Kurzbeschreibung
<p>„Stückholzheizkessel Wasser- und Bodenverband Finowfließ, Brandenburg“ Aufgeführt im Rahmen des MULLE-Projekts Zeitraum: seit 2009 (Wasser und Bodenverband (WBV) "Finowfließ")</p>	<p>Aus Gründen der Nutzung Erneuerbarer Energien und im Hinblick auf eine Kostenersparnis wurde im Oktober 2009 der Stückholzheizkessel BUDERUSLogano S241-23 durch den WBV „Finowfließ“ in Betrieb genommen. Die 23 kW Heizanlage kann einen Wärmeertrag von 26.000 kWh im Jahr liefern. Der Anlagenbetrieb erfolgt im saisonalen Betrieb, während der Heizperiode.</p> <p>Bei Pflegemaßnahmen im Winterhalbjahr fällt holzige Biomasse an, die vor Ort auf Länge geschnitten wird. Daraufhin erfolgt der Abtransport zum Betriebshof des WBV, wo das Holz gespalten, gelagert und verwertet wird. Die Versorgungssicherheit der Anlage ist insofern gegeben, dass der WBV einer gesetzlichen Unterhaltungspflicht der im Verbandsgebiet gelegenen Gewässer unterliegt. Dabei fallen regelmäßig holzige Biomassen an. Sollte das Holz aus der Pflege nicht ausreichen, erfolgt ein Zuerwerb von Holz auf Forstflächen.</p> <p>http://mulle.lpv.de/praxis-forschung/datenbank/projektetails/id/stueckholzheizkessel-wasser-und-bodenverband-finowfliess-brandenburg.html</p> <p>http://www.wbv-finow.de/</p>
<p>„Heidepflege durch Energieholznutzung“ Aufgeführt im Rahmen des MULLE-Projekts Zeitraum: seit 2012 (NaturschutzFonds Brandenburg, Deutscher Bundesstiftung Umwelt (DBU))</p>	<p>Die Maßnahme zur Ernte und Verwertung von Hackschnitzeln basiert auf den entwickelten Konzepten aus dem DBU-Heideprojekt „Prösa“ (s.o.). Auf den Heideflächen entwickeln sich ohne menschliche Eingriffe sukzessiv Birken- und Kiefernwälder. Um diese Wiederbewaldung zu verhindern und die Heidelebensräume offen zu halten wird alle 20 Jahre auf rund 630 Hektar Heidefläche des NSG Prösa der Baumwuchs so entfernt, dass rund 400 Hektar Offenland und 230 Hektar halboffene Übergangsbereiche erhalten bleiben. Für eine optimale Nutzung des Aufwuchses werden verschiedene Ernte- und Hacktechniken eingesetzt. Die gewonnenen Hackschnitzel werden anschließend energetisch genutzt und ermöglichen somit eine kostengünstige Landschaftspflege, die sich Dank guten Vermarktungsmöglichkeiten wirtschaftlich trägt und eine nachhaltige Offenhaltung von Heideflächen gewährleistet. Überschüsse können für andere Maßnahmen eingesetzt werden.</p> <p>http://mulle.lpv.de/praxis-forschung/datenbank/projektetails/id/heidepflege-durch-energieholznutzung.html</p> <p>http://naturpark-nlh.de/index.php?id=47</p>
<p>Heizkraftwerk Rheinsberg Zeitraum: seit 2007 (Stadtwerke Rheinsberg GmbH)</p>	<p>Die Stadtwerke Rheinsberg GmbH haben im Oktober 2007 eine Biomasseheizkraftwerk mit ORC-Verstromung in Betrieb genommen. Von Beginn an wurden Holzhackschnitzel aus der Pflege von Straßenbegleitgrün angenommen und mit anderen Holzhackschnitzeln gemeinsam eingesetzt.</p> <p>http://www.swr-rheinsberg.de/leistungausbiomasse.html</p>
<p>Biogasanlage Gramzow Zeitraum: unbekannt (Produktivgenossenschaft Randow e.G.)</p>	<p>Die Produktivgenossenschaft Randow e.G. setzt in ihrer Biogasanlage im begrenzten Umfang Grassilage von extensivem Grünland ein.</p>

4 Landesweite Potenziale an Landschaftspflegematerial

Gegliedert anhand der fünf Biomassefraktionen werden im Folgenden die auf der Basis des Methodenkonzeptes durchgeführten Potenzialanalysen erläutert und die ermittelten Ergebnisse vorgestellt (Kapitel 4.1 - 4.5). Abschließend wird in Kapitel 4.6 die Vorgehensweise zur Ermittlung sowie die Ergebnisse zum Gesamtpotenzial und der Konzentrationszonen wiedergegeben.

4.1 Extensiv bewirtschaftetes Grünland



Die Bewirtschaftung der Dauergrünlandflächen in Brandenburg erfolgt zu einem Anteil von rund 46 % (~140.840 ha) extensiv im Sinne einer standortgerechten Nutzung. Es handelt sich allgemein um artenreiche Wiesen und Weiden. Die standortgerechte Nutzung ist vorwiegend durch eine 1-2-schürige Mahd, unter Berücksichtigung bestimmter Schnittfrequenzen und -zeitpunkte oder einem reduzierten Düngemiteleinsatz charakterisiert. Damit verbundene Ertrags- und Qualitätsrückgänge werden gegenwärtig durch die Agrarförderung kompensiert. Die Bewirtschaftung muss in diesen Fällen gemäß der spezifischen Auflagen verschiedener Förderprogramme erfolgen (bspw. Agrarumweltmaßnahmen nach dem Kulturlandschaftsprogramm (KULAP), Zahlungen gem. der Richtlinie des Brandenburger Agrar- und Umweltministeriums zum Ausgleich von Kosten und Einkommensverlusten für Landwirte in Natura 2000-Gebieten und im Zusammenhang mit der Richtlinie 2000/06/EG nach Artikel 38 der ELER-Verordnung). Für eine extensive Grünlandbewirtschaftung sind der Umbruch von Dauergrünland, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln sowie eine mineralische N-Düngung untersagt. Von einigen Flächen ist das Grünland bei Bedarf auch unter diesen Auflagen weiter als Futter einsetzbar (vgl. Priebe 2012). Für das extensiv genutzte Grünland besteht zusätzlich eine Biomassenachfrage für die stoffliche sowie für die energetische Verwertung.

Unter bestimmten Voraussetzungen fällt auf den extensiv bewirtschafteten Flächen überschüssige Biomasse an. Diese kann einer energetischen Verwertung zugeführt werden. Unter „überschüssig“ ist solches Mahdgut zu verstehen, das nicht als Futter oder Einstreu genutzt wird. Denn während der Aufwuchs von intensiven Grünlandflächen als Tierfutter sowie als Biogassubstrat nachgefragt ist, findet Biomasse von extensivem Grünland zum Teil keine Verwertung. Besonders betroffen sind die Flächen, die bedingt durch Naturschutzauflagen

erst im Spätsommer zum ersten Mal landwirtschaftlich genutzt werden dürfen, was zu einer verminderten Futter- und Gärqualität führt. Aufgrund der geringeren Energiedichte ist der Transport von Grassilage nicht so lukrativ wie der von Maissilage. Heuballen werden dagegen über weitere Strecken gefahren, wobei sich der niedrige Wassergehalt von Heu als vorteilhaft erweist.

Der Überschuss ist im langjährigen Mittel zu betrachten, da typischerweise jährliche Ertragschwankungen durch die Lagerung des Materials ausgeglichen werden. Aufgrund der in Kapitel 3.1 aufgezeigten Entwicklung der Grünlandbewirtschaftung i. V. m. dem Rückgang des Tierbestandes im Land Brandenburg, ist die Rohstoffgewinnung von überschüssiger Fläche und Pflanzenmasse nach Hertwig & Pickert (o.J.) die logische und vernünftige Schlussfolgerung. Denn eine Bewirtschaftung im Sinne einer Mindestpflege ist erforderlich, soll das Dauergrünland erhalten bleiben. Ohne diese kann es zur Degradierung und später zur Ansiedelung von Hochstaudenkulturen sowie letztlich zu einer Verbuschung der Flächen kommen. Daraus resultiert zunächst ein Verlust der Qualität des Grünlands und langfristig des Grünlandstatus. Eine extensive Bewirtschaftung sichert die Qualität des Grünlandes und führt im Vergleich zur Brache zu positiven Auswirkungen auf die Biodiversität (vgl. Elsässer 2008 und Hochberg & Hartmann 2014). Soll der extensive Zustand des Grünlands erhalten bleiben, bieten sich bei zurückgehendem Futtermittelbedarf energetische (oder stoffliche) Verwertungspfade an. Die zum Erhalt erforderliche Pflege erhält so einen alternativen Anreiz. Eine energetische Nutzung leistet damit einen Beitrag zum Erhalt und gegen die Degradierung von Grünlandstandorten. Wichtig für positive Effekte im Sinne des Naturschutzes ist hier die Abfuhr der Biomasse von den Flächen. Denn während das Mulchen die Ertragsfähigkeit des Grünlandes erhält und steigert, führt die Mahd und anschließende Abfuhr des Mähguts zur naturschutzfachlich gewünschten Aushagerung der Flächen.

Wie zuletzt die Studie "Grünlandenergie Havelland" (DBFZ 2012) deutlich gemacht hat, bietet das extensiv bewirtschaftete Grünland ein Biomassepotenzial, das sowohl über die Biogaslinie als auch die Verbrennung energetisch genutzt werden kann. Die vorzügliche Verwertung entscheidet sich maßgeblich anhand der Qualität des Materials. Diese wird in erster Linie durch den Ligningehalt bestimmt. Aktuell steht besonders die Pelletierung des Materials im Fokus möglicher Nutzungskonzepte. Sie erlaubt den Einsatz des Substrats sowohl in Verbrennungs- als auch in Biogasanlagen.

Im Folgenden werden die angewandte Vorgehensweise sowie die genutzten Datengrundlagen und getroffenen Annahmen zur Differenzierung der Potenziale zusammenfassend dargestellt.

4.1.1 Vorgehensweise

Die Analyse der Biomassepotenziale aus Pflegemaßnahmen in Schutzgebieten folgt den Bausteinen und Schritten des übergeordneten Methodenkonzepts (vgl. Kapitel 2.3.1).

Aufbauend auf den Erfahrungen und Ergebnissen des Projekts „Grünlandenergie Havelland“ erfolgt im ersten Baustein eine gezielte Recherche und Akquise einschlägiger Datengrundla-

gen sowie Informationen. Wichtige Akteure stellen das LELF und LUGV dar. Prozessbegleitend werden der Analyserahmen und die Vorgehensweise mit regionalen Experten im Rahmen von Workshops und persönlichen Gesprächen abgestimmt.

Im zweiten Baustein, der GIS-gestützten Analyse, werden die Biomassepotenziale ermittelt. Grundlage sind die im ersten Baustein akquirierten Daten und Informationen. Als Basis der Potenzialanalyse werden im ersten Schritt die relevanten Flächenpotenziale identifiziert. Ausgangspunkt stellt die Abgrenzung von extensiv gegenüber intensiv bewirtschaftetem Grünland dar. Flächendaten zur räumlichen Verteilung des Grünlands innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Land Brandenburg stehen in Form der Feldblockkataster flächendeckend zur Verfügung. Anhand von Kriterien für extensive Bewirtschaftungsformen können die analyserelevanten Flächen identifiziert werden (vgl. Tabelle 5).

Anschließend werden im zweiten Schritt der GIS-Analyse die theoretischen Biomassepotenziale berechnet. Den ermittelten Potenzialflächen können GIS-gestützt Informationen zu potenziellen Erträgen und Qualitäten der Biomasseaufkommen (vgl. Tabelle 6) zugeordnet werden. Die vorliegenden Annahmen beruhen auf Literatur- und Erfahrungswerten der regionalen Akteure. Dabei beeinflusst insbesondere die Bodenart den potenziellen Ertrag auf den Flächen. Dies erfordert eine GIS-gestützte Verschneidung der Potenzialflächen mit den Bodentypen. Damit wird gleichzeitig eine räumliche Differenzierung der Potenziale erreicht.

Das ermittelte theoretische Potenzial steht nicht in vollem Umfang für die Energiegewinnung zur Verfügung. Im dritten Schritt wird deshalb zunächst das technische Potenzial abgeschätzt. Für Material von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen ist grundsätzlich von der technischen Mobilisierbarkeit auszugehen. Mit der Werbung und Lagerung verbundene physische Verluste an Biomasse sind anhand von KTBL-Werten bestimmbar. Entsprechend der Werbungs- und Lagerungstechniken sowie der Substrateigenschaften sind den Potenzialflächen prozentuale Abschläge ihres theoretischen Ertrags zuzuordnen. Für das Land Brandenburg liegen bereits zusammenfassende Angaben zu Biomasseverlusten vor (vgl. KTBL 2010a und b). Zur Konkretisierung und Festsetzung durchschnittlicher Abschläge ist die Abstimmung mit den regionalen Akteuren empfehlenswert (vgl. Tabelle 7).

Im Anschluss erfolgt die Berechnung des energetisch nutzbaren sowie des davon freien Anteils am technischen Potenzial. Zuerst sind die bestehenden Nutzungspfade vom Potenzial abzuziehen. Die Ausprägung der Nutzungskonkurrenzen wird in zwei Stufen ermittelt. Entscheidend ist die Nachfrage von Gras. Als Einflussfaktoren gelten die Futternutzung und die bereits bestehende energetische sowie stoffliche Nutzung von Grünlandaufwüchsen. Dabei wird zunächst der Futterbedarf errechnet und anschließend die bereits anderweitig verwendeten Kapazitäten der überschüssigen Biomasse abgezogen. Die Berechnung der zur Deckung des Futterbedarfs nötigen Biomasse wird auf Gemeindeebene unter Verwendung der Agrarstatistik des Statistischen Landesamtes (2010) zum Viehbestand durchgeführt.

Es ist kaum festzustellen, in welcher Form Gras von den betrachteten Flächen genutzt wird, besonders wenn es sich um verschiedene Schnitte bei mehrmaliger Nutzung einer Fläche handelt. Ob siliert, getrocknet oder abgeweidet – das entscheidet der Landwirt meist kurzfris-

tig in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen und der betrieblichen Auslastung. Um dieser Konstellation soweit wie möglich Rechnung zu tragen, wurden alle Werte auf die Trockenmasse und das Jahr bezogen angegeben. Zusammen mit den Ergebnissen aus Befragungen werden daraus die Grünlandanteile abgeleitet, welche für die Futternutzung anzurechnen sind. Der Bedarf am technischen Potenzial extensiver Grünlandflächen wird unter Berücksichtigung des intensiv bewirtschafteten Grünlands sowie des Maisanbaus für Futterzwecke abgeschätzt. Die intensiven Grünlandflächen werden regelmäßig gedüngt und mehrfach während einer Vegetationsperiode gemäht. Der damit verbundene erhöhte Aufwand lässt erwarten, dass der Aufwuchs von diesen Flächen bereits vollständig einer Nutzung zugeführt wird. Zudem wird Graskonservierung in Form von Silage heutzutage von den meisten Landwirten bevorzugt. Die Heuwerbung unterliegt einem erhöhten Witterungsrisiko und ist in der Regel kosten-intensiver. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass intensiv bewirtschaftetes Grünland in erster Linie der Silagegewinnung dient.

Anschließend werden die recherchierten Mengen der stofflichen und energetischen Nutzung vom verbleibenden Potenzial abgezogen. Im Ergebnis verbleibt das freie, energetisch nutzbare Potenzial.

Abschließend werden auf Basis dieser Berechnungen Räume kumulierter Biomasseaufkommen mit Hilfe einer GIS-gestützten Nachbarschaftsanalyse ermittelt. Damit liegen Erkenntnisse zur räumlichen Verteilung und zu Bereichen mit besonders hoher Konzentration des freien, energetisch nutzbaren Potenzials von landwirtschaftlich, extensiv genutzten Grünlandflächen vor.

Datengrundlagen

Aus der Recherche und Befragung von regionalen Experten aus den Bereichen der Landwirtschaft, dem Naturschutz sowie der Landschaftspflege, stehen ein umfangreicher Datenkatalog und eine Vielzahl von weiteren Informationen zur Verfügung. Auf der Grundlage der ermittelten Daten kann die Analyse der Biomassepotenziale durchgeführt werden.

Datengrundlagen im Bereich Dauergrünland sind im Vergleich zu Informationen über die weitere landwirtschaftliche Produktion weniger ausgeprägt. Im Allgemeinen ist davon auszugehen, dass Ertrags- und Qualitätsdaten mit konkretem Flächenbezug für Grünland fehlen. Um Aussagen über Erträge, Qualitäten sowie deren räumliche Verteilung und deren Verwertung auf Landesebene treffen zu können, werden verschiedene Datengrundlagen herangezogen. Vorliegende Daten- und Informationsgrundlagen zur Ermittlung der Potenziale umfassen:

Tabelle 4 Datengrundlagen im Bereich extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland

Datengrundlage und Erläuterung	Stand / Quelle
Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg (BTLN) – CIR-Biotoptypen 2009	2009 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Digitale Feldblöcke 2013 des Landes Brandenburg i.V.m. Angaben aus dem InVeKoS (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem)	2013 / Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung (MIL) i.V.m. Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)
Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK)	1997 / Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (LGBR)
Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300 000 (BÜK300)	2011 / Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (LGBR)
Statistiken zu Viehbeständen, landwirtschaftliche Flächen (Silomais, Grünland)	2013 / Amt für Statistik Berlin-Brandenburg

Ausdehnung und Lage der extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen

Die räumlichen Verteilung von Potenzialflächen werden auf der Grundlage vorliegender Feldblockdaten i. V. m. den Informationen der InVeKoS-Daten identifiziert. Wesentliches Kriterium ist die extensive Bewirtschaftung der Grünlandflächen. Die Definition von extensiv bewirtschaftetem Grünland erfolgt anhand der einschlägigen Auflagen im Rahmen der Agrarumweltmaßnahmen (KULAP) (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5 Kriterien zur Abgrenzung extensiv bewirtschafteter Grünlandflächen

Bindung und Fördermittel (KULAP)	Referenz
Gesamtbetriebliche extensive Grünlandnutzung	FP 661; Bindung 611,411
Einzelflächenbezogene extensive Bewirtschaftung bestimmter Grünlandstandorte	FP 662: Bindung 612, 412
Späte und eingeschränkte Grünlandnutzung gemäß einem vorgegebenen Nutzungsplan	FP 663: Bindung 613A, 613B, 413A, 413B
Pflege von Heiden und Trockenrasen mittels Beweidung	FP 666: Bindung 616A, 616B, 416A, 416B
Pflege von Streuobstwiesen	FP 667: Bindung 617A, 617B, 617C, 617D, 617E, 417A, 417B, 417C, 417D, 417E
Ökologischer Landbau: Grünland	FP 673: Bindung ausschließlich 623B und 623BE bzw. 423B und 423BE

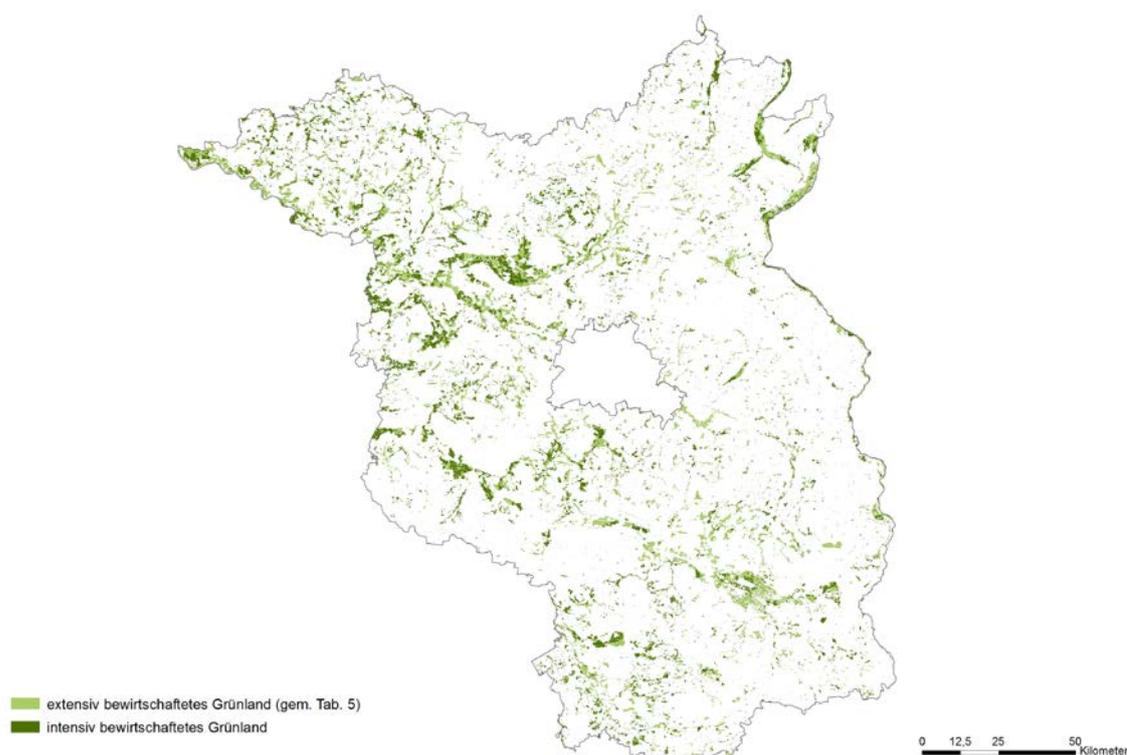


Abbildung 4 Potenzialflächen des extensiv bewirtschafteten Grünlands mit Pflegeanforderungen gemäß KULAP (MIL 2013) und intensiv bewirtschaftetes Grünland

Annahmen für die GIS-gestützte Ermittlung der Biomassepotenziale

Auf der Grundlage der Forschungsergebnisse des Vorhaben „Grünlandenergie Havelland“ in Verbindung mit den ermittelten, aktuellen Informationen aus der Literaturrecherche und regionalem Expertenwissen können valide Annahmen zum Biomasseaufkommen, zur Qualität und gegenwärtigen Verwertungspfaden für die Potenzialanalyse getroffen werden.

Für die Potenzialflächen werden in Abstimmung mit dem LELF unterschiedliche Ertragsklassen in Abhängigkeit der vorherrschenden Bodentypen und Grundwasserflurabstände festgelegt (vgl. Tabelle 6). Dazu wird von einer Standardbewirtschaftung ausgegangen. Jährliche Ertragsschwankungen aufgrund klimatischer und weiterer Faktoren gehen in die Bildung der durchschnittlichen Erträge ein. Die Ertragsannahmen lassen bei extensiv genutzten Grünlandflächen auf ertragsstarken Standorten (insbesondere Niedermoore) im Mittel 6,0 t TM/ha und Jahr Biomasse erwarten. Bei intensiver Nutzung kann auf diesen Standorten im Mittel mit 10,5 t TM/ha*a⁻¹ gerechnet werden. Für Grünlandflächen deren Bodentypen und Grundwasserflurabstände über die MMK nicht bestimmt werden kann, ist der mittlere Wert von 3,5 t TM/ha*a⁻¹ (extensiv) beziehungsweise 7,5 t TM/ha*a⁻¹ (intensiv) anzusetzen.

Tabelle 6 Festgesetzte Ertragsannahmen nach Standort- und Bewirtschaftungstyp nach (DBFZ 2012)

Standorttypen [Boden, mittlerer GW-Stand]		Durchschnittlicher erwarteter Ertrag [t TM/ha*a ⁻¹]	
		Intensive Nutzung: 3-5 schnittig, Düngung* (NPK)	Extensive Nutzung: 1-2(3) schnittig, Düngung* (nur PK)
überwiegend homogene Niedermoore GW-stand 40 – 60 cm	Typ I	10,5	6,0
humose bis schwach humose Sande bis Anmoore, grundwasservernässte Auenstandorte, heterogene Niedermoore GW-stand 30 – 90 cm	Typ II	9,0	5,0
sandunterlagerte Niedermoore mit teilweiser Vernäs- sung, grundwasserbeeinflusste Sande der Niederun- gen, grundwasserbeeinflusste humose, z.T. lehm- und schluffhaltige Sande der Niederungsränder, mäßig grundwasserbeeinflusste Auenstandorte GW-stand 60 ≤ 100 cm	Typ III	7,5	3,5
mäßig grundwasserbeeinflusste Sande der Niede- rungsränder oder vernässungsfreie Lehme, schwach bis mäßig grundwasserbeeinflusste Auen, stark ver- nässte Böden (GWStand > 40 cm) GW-Stand 60 ≤ 100 cm	Typ IV	6,5	4,0
grundwasserferne Sande (Hutungen, Trockenrasen, Streuwiesen) GW-stand > 200 cm	Typ V	4,5	2,5

* Bemessen am Nährstoffentzug und im Boden verfügbaren Nährstoffen

Zur Ermittlung des technischen Potenzials sind Annahmen bezüglich der Werbungs- und Lagerungsverluste (physische Verluste durch Mahd, Abtransport und Lagerung) in Anlehnung an die KTBL-Werte (KTBL 2010) zu treffen (vgl. Tabelle 7). Diese Verluste werden von folgenden Faktoren beeinflusst: Die unterschiedlichen Pflanzengesellschaften und deren jeweiliges Entwicklungsstadium zum Mähzeitpunkt, das Ernteverfahren, die eingesetzte Technik sowie die Witterungsbedingungen vor und während der Ernte. Dabei bestehen Verluste aus unvermeidbaren (bspw. Restatmung der Pflanzen oder Gärverluste) und vermeidbaren Gründen (bspw. Bröckelverluste oder Verschimmeln). Bereits die Feldliegezeit kann die Höhe der Verluste in beachtlichem Maße beeinflussen. In Brandenburg liegen folgende Werte vor; bei der Heuproduktion steigen die Feldverluste von 10 % auf bis zu 28 % der TM durch Verlängerung der Feldliegezeit von 3 auf 7 Tage – bei der Welkgutbereitung belaufen sich nicht mechanische Feldverluste (Atmungs- und Auswaschungsverluste) je nach Witterungsbedingungen auf 2 % bis 12 % der TM (Fechner et al. 1994). Daher können die realen Ernte- und Lagerungsverluste sehr unterschiedlich ausfallen. Die jeweiligen prozentualen Abzüge werden in Rückkoppelung mit den regionalen Akteuren abschließend definiert.

Weitere Annahmen, hinsichtlich bestehender Konkurrenznutzungen sowie zu bereits energetisch genutzten Mengen, werden zur Ermittlung der energetisch nutzbaren Potenziale benötigt. Dazu zählen die bestehenden Verwertungswege durch die Futtermittelproduktion, die Beweidung sowie die stoffliche Nutzung der Biomasse. Traditionell wurden Wiesen und Weiden als Futterlieferant für das raufutterverzehrende Vieh genutzt. In der jüngeren Vergangenheit wird das Gras verstärkt auch in Biogasanlagen eingesetzt. Die InVeKoS-Daten liefern Informationen zu Tierbeständen, unterteilt in Tierarten und Altersgruppen. Die Abschätzung der überschüssigen Anteile bedarf der Festsetzung von Futterrationen.

Die Zusammenstellung einer Futterration ist eine wichtige Aufgabe für jeden Viehhalter. Dafür werden Kenntnisse zum art- und leistungsspezifischen Futterbedarf, zur Futteraufnahme sowie zum Energie- und Nährstoffgehalt der Futtermittel benötigt. Bei der Bewertung einer Region erscheint es jedoch unmöglich alle Einzelheiten der Fütterung zu berücksichtigen, da die Futterrationen sich nicht nur nach Betrieb, sondern auch innerhalb eines Betriebes unterscheiden. Daher wird auf die, an die brandenburgischen Bedingungen angepassten, Grundfutterration jeder Tiergruppe zurückgegriffen, die im Projekt „Grünlandenergie Havelland“ definiert sind (vgl. Anhang II). Dort ist Mais neben Grünschnitt maßgeblicher Bestandteil der Futterzusammenstellung.

Zu berücksichtigen ist zudem die aktuelle energetische Verwertung von Gras. Schätzungen zu Folge, werden im Land Brandenburg gegenwärtig etwa 100.000 t TM/a Grassilage in Biogasanlagen eingesetzt. Diese stammen vorwiegend von intensiv bewirtschafteten Grünlandstandorten.

Tabelle 7 Annahmen der physischen Verluste und Konkurrenznutzungen zur Berechnung der Biomassepotenziale von extensiven Grünlandflächen

Abschlagskriterien	Faktoren	Abzug [%]	nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial [%]	
<i>...vom theoretischen Potenzial</i>				
Physische Verluste	<ul style="list-style-type: none"> Mahd Abtransport Lagerung 	30 (Heu) 20 (Silage)	Gras: 30	
<i>...vom technischen Potenzial</i>				
Nutzungskonkurrenzen	<ul style="list-style-type: none"> Beweidung Futtermittelproduktion stoffliche Nutzung 	46*		
<i>...vom energetisch nutzbaren Potenzial</i>				
Aktuelle energetische Verwertung	<ul style="list-style-type: none"> Biogas 	10		

* Der Wert resultiert aus dem berechneten Futtermittelbedarf sowie Annahmen zum Anteil stofflicher Nutzung

4.1.2 Potenziale

Von rund 306.850 ha Grünlandfläche werden gemäß der definierten Kriterien etwa 46 % extensiv bewirtschaftet (nach MIL 2013).

Tabelle 8 Flächenpotenziale des extensiv bewirtschafteten Grünland

Flächentyp	Fläche [ha]
Grünland (gemäß des Digitalen Feldblockkatasters 2013)	306.850
Anteil intensiv bewirtschafteter Flächen	166.010
Anteil extensiv bewirtschafteter Flächen	140.840

Im Ergebnis der Analyse werden die Potenziale von intensiv bewirtschaftetem Grünland vollständig verbraucht. Die auf diesen Flächen überwiegend produzierte Grassilage wird als Futtermittel aber auch zu einem geringen Anteil als Einsatzstoff für Biogasanlagen verwendet. Weiterhin dienen die Flächen zur Beweidung sowie zur Gewinnung von Heu. Für die Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass die Biomassen von intensiv bewirtschaftetem Grünland in den Regionen vollständig verbraucht werden, sodass auf extensive Flächen zurückgegriffen werden muss, um den verbleibenden Bedarf zu decken.

Im Ergebnis der Berechnung des durchschnittlichen, theoretischen Biomasseaufkommens im Land Brandenburg ergibt sich auf extensiv genutzten Flächen ein Potenzial von etwa 552.400 t TM pro Jahr. Unter Berücksichtigung physischer Verluste (30 % bei der Gewinnung von Heu) verbleibt ein technisches Potenzial von 386.700 t TM an extensivem Grasaufwuchs. Dieses steht nicht vollständig für eine energetische Nutzung zur Verfügung. Ausgehend von der priorisierten Verwendung der Biomasse von intensiv bewirtschafteten Grünlandflächen verbleiben Futtermittel- und Weidebedarfe, die durch extensive Grünlandflächen gedeckt werden müssen. Nach Abzug der Nutzungskonkurrenzen verbleiben für die energetische Verwertung im Durchschnitt jährlich rund 177.500 t TM von extensiv bewirtschafteten Flächen.

Nur ein geringer Anteil dieses Potenzials befindet sich bereits in energetischen Stoffströmen (etwa 10%). Unter den getroffenen Annahmen steht damit ein freies, energetisch nutzbares Potenzial an Landschaftspflegematerial von Grünlandflächen von durchschnittlich 160.000 t TM pro Jahr zur Verfügung. In Tabelle 8 sind die aus den festgesetzten Annahmen ermittelten Potenziale der Biomassen von extensiv bewirtschafteten Grünlandstandorten im Überblick dargestellt.

Tabelle 9 Potenziale an Landschaftspflegematerial von extensiv bewirtschaftetem Grünland

Potenziale	Durchschnittliche Biomasseerträge [t _{TM} /a]
theoretisches Biomassepotenzial	552.400
technisches Biomassepotenzial	386.700
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	177.500
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	160.000

Schwerpunkte des Biomasseaufkommens befinden sich im nördlich liegenden Rhinluch, im zentralen Havelland und erstrecken sich vom Gebiet des havelländischen Luchs in nordwestlicher Richtung bis an die Grenze zu Sachsen-Anhalt (Elbtal). Weitere Konzentrationszonen weisen die Gebiete der Uckermärkischen Seenlandschaft, im Odertal und im Naturraum der Spreewaldniederungen auf.

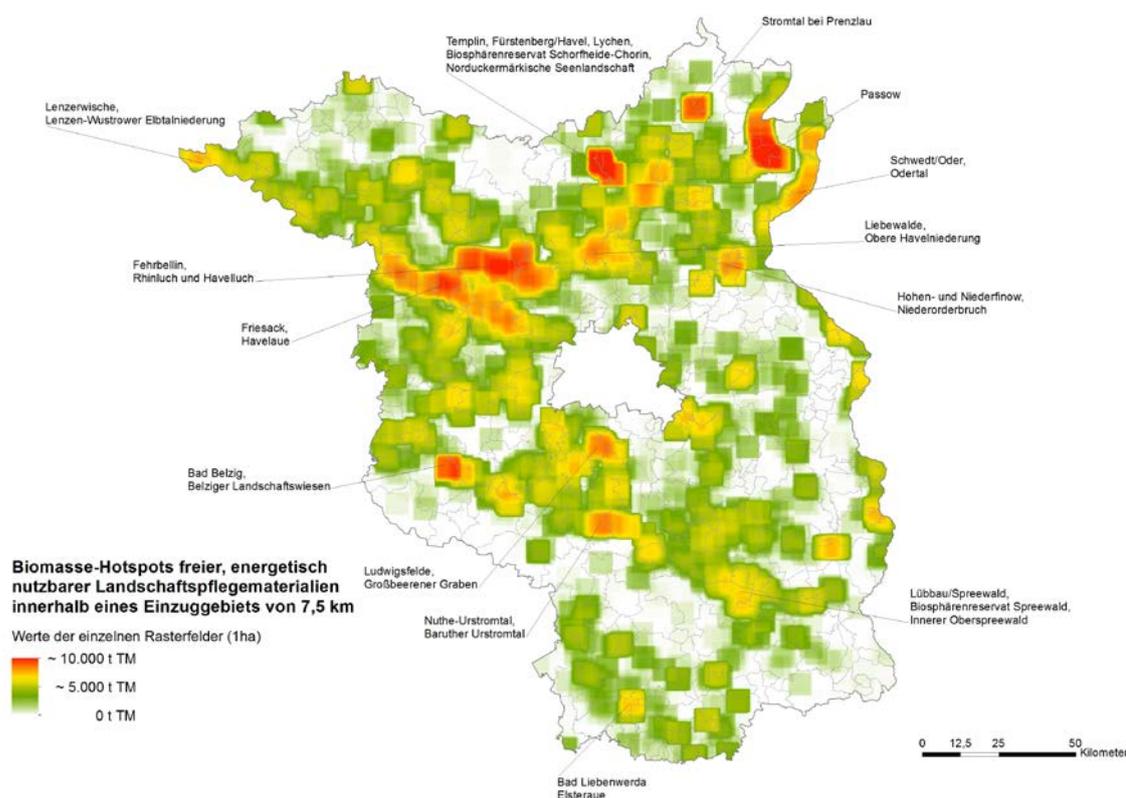


Abbildung 5 Konzentrationsräume kumulierter halmgutartiger Biomasseaufkommen der extensiv bewirtschafteten Grünlandstandorte im Land Brandenburg

4.2 Landschaftspflegematerial aus Schutzgebieten



Im Land Brandenburg stehen etwa die Hälfte aller Offenlandbiotope, wie z.B. Moore, Heiden und Magerrasen, unter Naturschutz (vgl. Kapitel 3.1). Zudem entstanden zahlreiche Offenlandbiotope im Rahmen der Umsetzung von naturschutzfachlichen Kompensationsmaßnahmen. Um die Ziele des Naturschutzes auf den Flächen zu erreichen, ist in der Regel eine kontinuierliche Durchführung von Pflegemaßnahmen erforderlich.

In erster Linie wird damit zum Erhalt der Habitat- und Naturhaushaltsfunktionen beigetragen. In einigen Fällen werden Maßnahmen auch aus landschaftsästhetischen Gründen durchgeführt. Die Maßnahmen umfassen unter anderem die Beweidung mit Schafen, Entkusselung und gezieltes Abbrennen. Bei den mechanischen Pflegemaßnahmen fällt in unterschiedlichem Umfang holzige und halmgutartige Biomasse an. Für gewöhnlich ist diese zur Erreichung der Ziele von den Flächen zu entfernen. Insbesondere, um Nährstoffanreicherungen zu vermeiden.

Die gängige Entsorgung im Zuge der Entfernung des anfallenden Materials erfolgt in Kompostieranlagen. Diese Verwertungsoption kann mit den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln in der Regel nicht für alle Flächen gewährleistet werden. Aus diesem Grund erfolgt die Durchführung der Pflegemaßnahmen ggf. in geringerer Frequenz alternierend oder überhaupt nicht. Wird die Fläche gepflegt, kann es vorkommen, dass das Material auf den Flächen belassen oder an den Flächenrändern abgelagert wird. In beiden Fällen treten Konflikte mit dem Naturschutz auf (z.B. Humusanreicherung und Eutrophierung).

Durch eine energetische Nutzung der anfallenden Biomassen können Entsorgungskosten ausgeglichen und damit Synergien zwischen dem Naturschutz und der Bioenergienutzung erzeugt werden. Das anfallende Landschaftspflegematerial eignet sich je nach Qualität der Biomasse für den Verbrennungs- und/oder Biogaspfad.

Neben den Schutzgebieten waren im Vorhaben ursprünglich auch die naturschutzrechtlichen Kompensationsflächen einzubeziehen. Diese sind in der Regel unter ähnlichen Voraussetzungen mit Pflegeauflagen verbunden, so dass sich eine gekoppelte Analyse angeboten hätte. Aufgrund fehlender Geoinformationen (s. Kapitel 4.2.1 *Datengrundlagen*) konnten Kompensationsflächen jedoch nicht berücksichtigt werden.

Im Folgenden werden die angewandte Vorgehensweise sowie die genutzten Datengrundlagen und getroffenen Annahmen zur Differenzierung der Potenziale zusammenfassend dargestellt.

4.2.1 Vorgehensweise

Die Analyse der Biomassepotenziale aus Pflegemaßnahmen in Schutzgebieten folgt den Bausteinen und Schritten des übergeordneten Methodenkonzepts (vgl. Kapitel 2.3.1).

Grundlage für die Ermittlung ist die Recherche und Akquise von Gebieten mit naturschutzfachlichen Pflegeanforderungen einschließlich der durchzuführenden Maßnahmen. Um einen möglichst weitreichenden Datensatz zu gewinnen, sind neben der Abteilung Naturschutz des MUGV sowie der Regionalreferate des LUGV auch die Naturschutzstiftungen (bspw. Naturstiftung David, Michael Succow Stiftung, Heinz Sielmann Stiftung) einzubeziehen. Begleitend zur Potenzialanalyse werden die regionalen Akteure und Experten im Rahmen von persönlichen Gesprächen und Workshops kontinuierlich in den Analyseprozess eingebunden.

Aufbauend auf akquirierten einschlägigen Daten und Informationen im Land Brandenburg (vgl. Tabelle 10) erfolgt die Potenzialanalyse im anschließenden GIS-Baustein. In einem ersten Schritt werden die zu betrachtenden Potenzialflächen identifiziert. Wesentliches Kriterium ist die Lage der Offenlandbiotop innerhalb von Schutzgebieten in Verbindung mit dem naturschutzfachlichen Pflegebedarf der Fläche. Von besonderer Bedeutung dafür ist die Identifikation der mit bestimmten Biotoptypen verbundenen theoretischen Pflegeerfordernisse und weiterführend der bereits regelmäßig durchgeführten und bekannten Pflegemaßnahmen. Bereits hier sind alle Flächenkategorien mit besonderen Anforderungen, bspw. ehemalige Truppenübungsplätze, zu berücksichtigen. Weiterführend werden spezifische Informationen mit höherem Detailgrad für bestimmte Gebiete, bspw. die Flächen im Eigentum der Naturschutzfonds oder die Wildnisgebiete im Nationalpark „Unteres Odertal“, einbezogen.

Im zweiten Schritt der GIS-Analyse werden die ermittelten Annahmen zur Berechnung und Differenzierung der theoretischen Biomassepotenziale herangezogen (vgl. Tabelle 11). An dieser Stelle sind zunächst alle Potenzialflächen zu berücksichtigen. Auch solche, auf denen gegenwärtig zwar Pflegemaßnahmen aus naturschutzfachlicher Sicht gewünscht sind, diese jedoch nicht durchgeführt werden. Im Ergebnis liegen Angaben zum theoretischen Biomasseaufkommen, unterschieden nach holzigem und halmgutartigem Material, vor.

Anschließend wird im dritten Schritt zunächst das technische Biomassepotenzial anhand der getroffenen Annahmen zu physischen Verlusten berechnet. Auf dieser Basis kann unter Berücksichtigung der bekannten Nutzungskonkurrenzen der energetisch nutzbare Anteil abgeschätzt werden. Zum Abschluss erfolgt der Abgleich mit bereits bestehenden energetischen Verwertungspfaden (vgl. Tabelle 12). Als Ergebnis liegt das freie, energetisch nutzbare Potenzial aus geschützten Gebieten und Biotopen vor. Anhand der ermittelten Ergebnisse werden GIS-gestützt räumliche Konzentrationszonen identifiziert.

Datengrundlagen

Aus der Literaturrecherche sowie der Befragung der regionalen Akteure der Bereiche Naturschutz und Landschaftspflege (vgl. Anhang I) sind wesentliche Datengrundlagen zur Durchführung der Analyse identifizierbar (vgl. Tabelle 10).

Grundlegende Datensätze zur Flächenkulisse und Schutzgebietsausweisungen sind über das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) zugänglich. Zudem werden im Rahmen der Akquise weitere relevante Daten und Informationen für gesamt Brandenburg aus unterschiedlichen Quellen gewonnen. Ergänzend stehen spezifische Informationen und Datengrundlagen zur Verfügung, die sich ausschließlich auf einzelne Bereiche bzw. Nutzungs- und Schutzgebietstypen beziehen.

Die für Brandenburg vorliegenden Geodaten und Informationen im Bereich der geschützten Gebiete sind in folgender Tabelle im Überblick dargestellt. Weitere Datengrundlagen die zum Zeitpunkt der Analyse nicht zugänglich waren betreffen das Eingriffs- und Kompensationsflächenkataster (EKIS). Dieser Datensatz ist zwar bereits gesetzlich fixiert, war jedoch zum Zeitpunkt der Analyse noch nicht fertig erstellt. Aus diesem Grund können die Kompensationsflächen im Rahmen der räumlichen Analyse nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 10 Datengrundlagen im Bereich Biomasse aus geschützten Gebieten

Datengrundlage und Erläuterung	Stand / Quelle
Kataster und GIS-Daten der Schutzgebiete im Land Brandenburg	2014 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Kataster und GIS-Daten der Vertragsnaturschutzflächen im Land Brandenburg	2014 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg (BTLN) – CIR-Biotoptypen 2009	2009 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Kartierung von Biotopen, gesetzlich geschützten Biotopen (§ 30 BNatSchG in Verbindung mit § 18 BbgNatSchAG) und FFH-Lebensraumtypen im Land Brandenburg	2013 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Digitale Feldblöcke 2013 des Landes Brandenburg	2013 / Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung (MIL)
Luftbilder	2007-2009 / Google Earth
Angaben zu Pflegemaßnahmen der Naturschutzverwaltung	2014 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Angaben zu potenziellen Pflegemaßnahmen auf den Heideflächen ehemaliger Truppenübungsplätze	2011 / DBU-Heideprojekt „Forsthaus Präsa“ (Lehmann 2011)

Ausdehnung und Lage der geschützten Offenlandflächen

Auf der Grundlage der akquirierten Daten und Informationen lassen sich die relevanten Potenzialflächen identifizieren. Wesentliche Kriterien bei der Festlegung sind der Biotoptyp, der Naturschutzstatus sowie bestehende Pflegeerfordernisse. Anhand dieser Kriterien werden die Flächen aus den vorliegenden Datensätzen selektiert.

Die Potenzialflächen setzen sich aus den Flächen des Vertragsnaturschutzes, geschützten Biotopen nach § 30 BNatSchG, § 18 BbgNatSchG sowie den weiteren Offenlandbiotopen innerhalb von Schutzgebieten zusammen (vgl. Abbildung 6). Dabei auszuschließen sind Flächen die zur Beweidung dienen. Zudem zählen auch Heideflächen auf ehemaligen Truppenübungsplätzen sowie Wildnisgebiete im Nationalpark „Unteres Odertal“ zu den Potenzialflächen. Aufgrund der besonderen Maßnahmen-situation in Wildnisgebieten sowie vorliegenden Detailinformationen und Daten aus dem DBU-Heideprojekt „Forsthaus Präsa“ (Lehmann 2011) erfolgt eine gesonderte Betrachtung dieser Flächen.

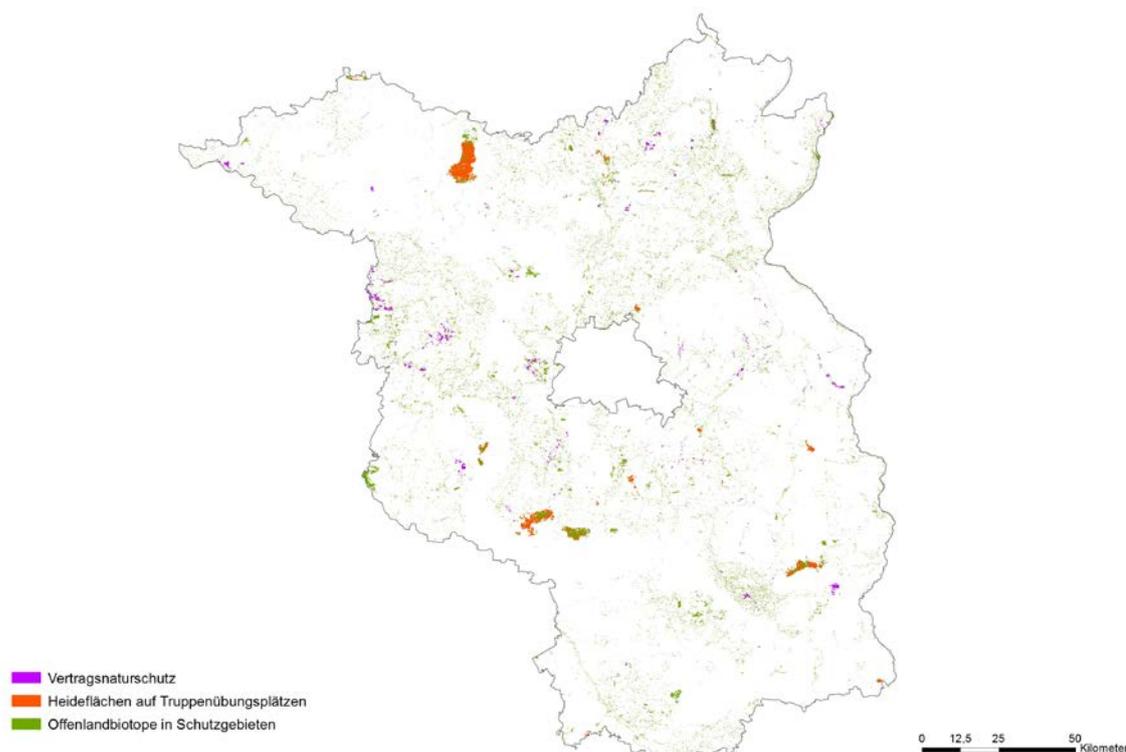


Abbildung 6 Räumliche Verteilung der Potenzialflächen geschützter Offenlandbiotope mit Pflegeanforderungen – außerhalb der landwirtschaftlichen Grünlandflächen (MUGV 2009, MUGV 2013b, MUGV 2014c und d)

Weiterhin sind Überschneidungen der Potenzialflächen mit extensivem Grünland und Gewässerrandflächen besonders zu beachten. Aufgrund der bekannten Detailinformationen über die Vertragsnaturschutzflächen, werden diese gegenüber möglichen Überschneidungen mit Potenzialflächen der Bereiche des extensiven Grünlands oder der Gewässerränder prio-

risiert. Im Übrigen werden alle Grünlandflächen die innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche liegen im Rahmen der Kategorie extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland berücksichtigt.

Annahmen für die GIS-gestützte Ermittlung der Biomassepotenziale

Auf der Grundlage ermittelter Informationen aus der Literaturrecherche, bisheriger Forschungsergebnisse und regionalem Expertenwissen werden Annahmen zum Biomasseaufkommen, zur Qualität und gegenwärtigen Verwertungspfaden für die Analyse getroffen. Die Festsetzung der Annahmen erfolgt in Rückkopplung mit den regionalen Experten und den Vertretern des MUGV, LUGV und DVL.

Für die identifizierten Potenzialflächen werden spezifische, durchschnittliche Erträge festgelegt (s. Tabelle 11). Bezugsebene sind die unterschiedlichen Biotoptypen, da diese das theoretische Biomasseaufkommen und die Qualität der Materialien wesentlich prägen. Aufgrund von Unsicherheiten durch abweichende Ausprägungen der Biotoptypen und jährliche Ertragsschwankungen, werden Ertragsspannen zwischen einem Minimal- und Maximalertrag verwendet.

Tabelle 11 Annahmen zu Biomasseaufkommen bei der naturschutzfachlichen Pflege von Offenlandbiotopen¹

Biotoptypen	Ertragsannahmen Offenlandbiotope		
	Minimaler Ertrag [t _{TM} /ha*a]	Mittlerer Ertrag [t _{TM} /ha*a]	Maximaler Ertrag [t _{TM} /ha*a]
Moore und Sümpfe	1	3	5
Rohboden- und Ruderalfluren	3	4,5	6
Feucht-/Frischwiesen, Grünlandbrachen, Staudenfluren	2	3	4
Trocken- und Halbtrockenrasen, Trittrasen	1,5	2,5	3,5
Laubgebüsche/Feldgehölze	3	5	7
Zwergstrauchheiden	0,5	1	1,5
Zusätzliche Biotoptypen aus dem Vertragsnaturschutz			
Grünland (i.d.R. Überschneidung mit extensiv GL)	2	3	4
Schilf (i.d.R. Überschneidung mit Gewässerunterhaltung)	6	8	10
Ufervegetation (i.d.R. Überschneidung mit Gewässerunterhaltung)	1	1,75	2,5

¹ Festsetzung im Rahmen der Expertendiskussion auf der Grundlage von Literaturangaben aus: Briemle, 1991; DBFZ, 2009 und 2013; DGV, 2003; Feger, 2009; IE, 2006; Kaltschmitt und Thrän, 2003; LfL, 2006; Rilling, 2013; Röhrich, 2007; Rösch, 1996 und Schubert, 2007.

Die festgesetzten Ertragsannahmen unterliegen neben den o.g. allgemeinen Unsicherheiten zusätzlich der Unsicherheit, dass nicht abschätzbar ist, wie viel Biomasse bei einer Umsetzung der erforderlichen Pflegemaßnahmen tatsächlich anfallen würde. Die dazu herzustellende Zuordnung von Standard-Pflegemaßnahmen für spezifische Biotoptypen ist aufgrund der häufig gebietsspezifischen, naturschutzfachlichen Anforderungen an die durchzuführenden Maßnahmen nicht realisierbar.

Weiterführend werden zur Ermittlung des technischen Potenzials Annahmen bezüglich der Werbungs- und Lagerungsverluste (physische Verluste durch Mahd, Abtransport und Lagerung) getroffen (vgl. Tabelle 12). Die Annahmen stützen sich auf Vergleichswerte des KTBL (2010) in Abstimmung mit regionalen Akteuren.

Abschließend sind zur Abschätzung des energetisch nutzbaren sowie des davon für energetische Zwecke freien Potenzials, Annahmen zu Konkurrenznutzungen zu treffen. Dazu zählen die bestehenden Verwertungswege durch die Beweidung, die stoffliche Nutzung oder die Kompostierung des Materials. Ebenfalls in Konkurrenz zur energetischen Nutzung stehen naturschutzfachliche Einwirkungsverbote. Die jeweiligen prozentualen Abzüge werden in Rückkoppelung mit den regionalen Akteuren definiert (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12 Annahmen der physischen Verluste und Anteile der Konkurrenznutzungen vom technischen Potenzial zur Berechnung der energetisch nutzbaren sowie freien Biomassepotenziale von Pflegematerial aus Schutzgebieten (vgl. KTBL 2010)

Abschlagskriterien	Faktoren	Abzug [%]	nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial [%]	
<i>...vom theoretischen Potenzial</i>				
Physische Verluste (Begleitgrün/Begleitholz)	<ul style="list-style-type: none"> • Mahd • Abtransport • Lagerung 	30	Halmgut: 38 Gehölz: 0	
<i>...vom technischen Potenzial</i>				
Nutzungskonkurrenzen (Begleitgrün/Begleitholz)	<ul style="list-style-type: none"> • Kompostierung • stoffliche Nutzung • naturschutzfachliches Einwirkungsverbot 	Halmgut 30 Gehölz 20		
<i>...vom energetisch nutzbaren Potenzial</i>				
Aktuelle energetische Verwertung (Begleitgrün/Begleitholz)	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmenutzung • Verbrennung 	Halmgut 5 Gehölz 100		

Weitere Annahmen können für einzelne Gebiete getroffen werden zu denen Detailinformationen vorliegen. Dazu zählen die Wildnisgebiete (Nationalpark Unteres Odertal und Flächen der Stiftung Naturlandschaften) sowie die ehemaligen Truppenübungsplätze mit Munitionsbelastung. Im Nationalpark sind über 50 % der Offenlandflächen als Wildnisgebiete ausge-

wiesen. Auf diesen Flächen werden keine Maßnahmen durchgeführt. Die Betrachtung der Heideflächen auf Truppenübungsplätzen (TÜP) erfolgte auf der Grundlage der Ergebnisse des DBU-Heideprojekts „Forsthaus Prösa“ (Lehmann 2011). Die aufkommende Biomasse der ehemaligen TÜP kann nur mit sehr hohem Aufwand geborgen werden.

4.2.2 Potenziale

Im Land Brandenburg befinden sich etwa 94.430 ha Potenzialflächen mit einem theoretischen Anfall von durchschnittlich 48.417 t TM holzigem und 227.193 t TM halmgutartigem Landschaftspflegematerial pro Jahr.

Tabelle 13 Flächenpotenziale der Offenlandbiotope in Schutzgebieten (und außerhalb landwirtschaftlicher Flächen)

Flächentyp	Fläche [ha]
Offenlandbiotope in Schutzgebieten	75.214
Heideflächen auf ehemaligen Truppenübungsplätzen	13.123
Vertragsnaturschutz	6.094
Gesamtsumme	94.431

Nach Abzügen der physischen Biomasseverluste (30 % des theoretischen Potenzials) verbleibt ein technisches Biomassepotenzial von etwa 33.892 t TM/a (holzig) und 159.035 t TM/a (halmgutartig). Unter Berücksichtigung bestehender Nutzungskonkurrenzen verbleiben vom technischen Potenzial eingeschränkte Anteile für eine energetische Nutzung. Aufgrund stofflicher Nutzungspfade, vor allem der Kompostierung, sowie teilweise naturschutzfachlichem Einwirkungsverbot, wird davon ausgegangen, dass sich etwa 30 % des technischen Potenzials an halmgutartigem Landschaftspflegematerial sowie etwa 20 % des holzigen Materials sich bereits in anderen Stoffströmen befinden. Für die Heideflächen auf ehemaligen Truppenübungsplätzen wird zunächst von keinem weiteren Potenzial ausgegangen.

Das verbleibende Potenzial kann der energetischen Nutzung zugeführt werden. Es bestehen jedoch bereits etablierte energetische Verwertungspfade. Insbesondere im Bereich des holzigen Landschaftspflegematerials ist davon auszugehen, dass die energetisch nutzbaren Potenziale bereits komplett für die Wärmeerzeugung verwertet werden. Es verbleibt kein freies, energetisch nutzbares Potenzial. Im Bereich des halmgutartigen Materials befinden sich nach gegenwärtigem Kenntnisstand nur sehr geringe Mengen bereits in energetischen Stoffströmen. Unter den getroffenen Annahmen ist ein Anteil von 38 % am theoretischen Biomassepotenzial für eine energetische Verwertung verfügbar.

Durchschnittlich stehen im Land Brandenburg im Ergebnis etwa 105.758 t TM/a freies, energetisch nutzbares und halmgutartiges Material zur Verfügung. In Tabelle 14 sind die, aus den

festgesetzten Annahmen resultierenden, Potenziale der Biomassereststoffe von Offenlandbiotopen aus geschützten Gebieten im Überblick dargestellt.

Tabelle 14 Biomassepotenziale der anfallenden Reststoffe aus der Pflege geschützter Gebiete

Potenziale	durchschnittliche Biomasseerträge Halmgut [t TM/a]	durchschnittliche Biomasseerträge Gehölz [t TM/a]
theoretisches Biomassepotenzial	227.193	48.417
technisches Biomassepotenzial	159.035	33.892
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	111.325	27.114
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	105.758	0

Die ermittelten Potenziale verteilen sich in unterschiedlicher Konzentration auf der Gesamtfläche. Aufgrund der schutzgebietsbezogenen Flächenauswahl stehen die Kumulationsräume in engem Zusammenhang mit herausragenden Naturräumen Brandenburgs.

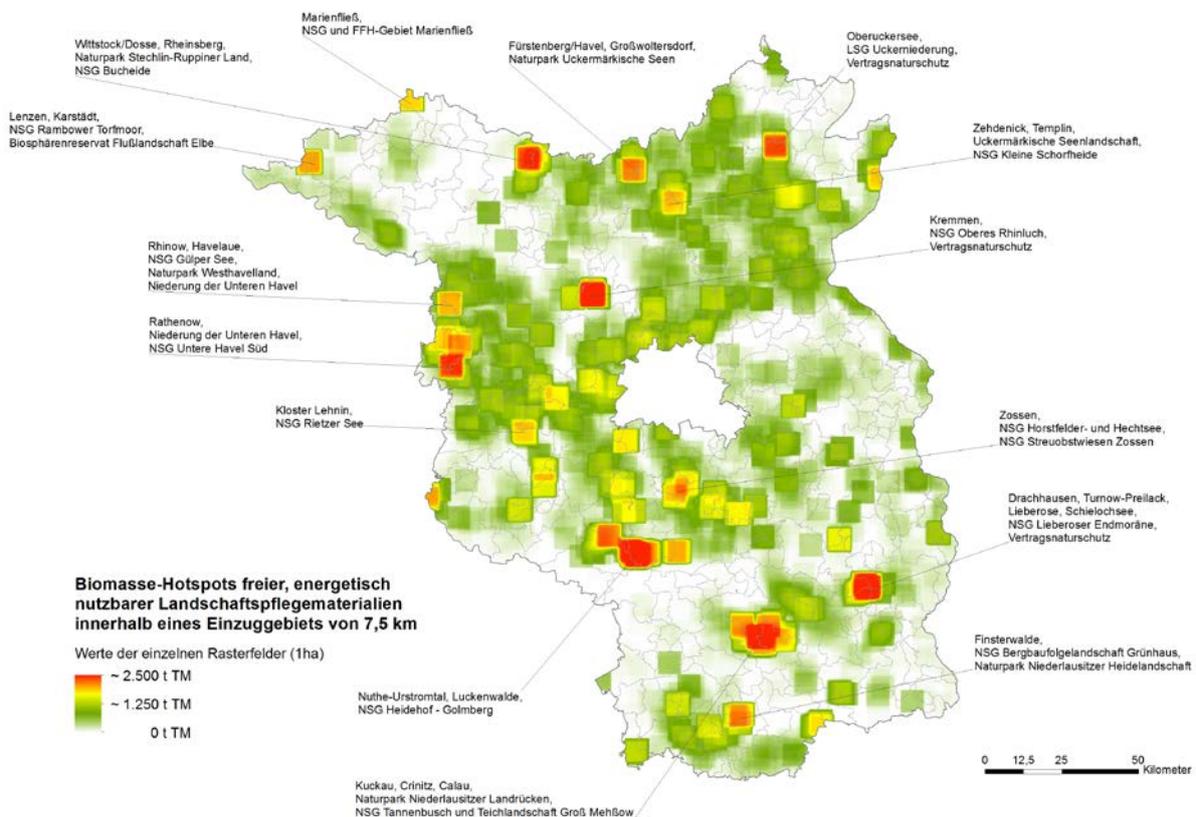


Abbildung 7 Konzentrationsräume erhöhter Biomassekumulationen von Offenlandbiotopen in Schutzgebieten

Die Analyse der räumlichen Verteilung des freien, energetisch nutzbaren Potenzials an Landschaftspflegematerial zeigt mehrere Gebiete mit vergleichsweise hoher Konzentration. Dazu zählen das Nuthe-Urstromtal, die Schorfheide-Chorin, die Zehdenick-Spandauer Havelniederung, das Stechlin-Ruppiner Land, der Niederlausitzer Landrücken, die Lieberoser Endmoräne sowie die Uckerniederung und weiter (vgl. Abbildung 7).

Aufgrund der erheblichen Einschränkungen der Pflegemaßnahmen durch die Munitionsbelastung der Flächen auf ehemaligen Truppenübungsplätzen, verbleiben dort gegenwärtig geringe Potenziale.

4.3 Straßenbegleitgrün einschließlich Landschaftspflegeholz



Das Straßennetz im Land Brandenburg umfasst mehr als 43.000 km. Dazu zählen Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen. Aus Gründen der Verkehrssicherheit sind regelmäßige vegetationstechnische Unterhaltungsmaßnahmen des Straßenbegleitgrüns vorgesehen. Diese werden aus naturschutzfachlichen Gründen vorwiegend in der Winterzeit durchgeführt. Je nach Ausprägung der Randflächen umfassen Maßnahmen die Mahd (Randstreifen, Böschungen etc.) sowie das Zurückschneiden bzw. auf den Stock setzen von Landschaftspflegegehölzern (Hecken, Alleebäume etc.). Weitere Maßnahmen umfassen das Auslichten und Einkürzen von Flurgehölzen sowie die Kronen- (vorwiegend Altbäume) und Jungbaumpflege (Erziehungsschnitt auch Lichttraumprofilsschnitt). Die Fällung von (Allee-) Bäumen soll hier außer Acht gelassen werden. Zum einen, da diese Maßnahme nicht als Landschaftspflege klassifiziert wird und zum anderen, da für diese Biomasse bereits langjährig etablierte Stoffströme bestehen. Ebenfalls nicht berücksichtigt werden Rad- und Wanderwege an denen weiteres Potenzial an Landschaftspflegeholz besteht (vgl. Schultze 2014).

Für die holzige Begleitvegetation sind längere Pflegeabstände üblich. Das bei der Unterhaltung von Gehölzen anfallende Landschaftspflegeholz wird bei Fremdleistungen in der Regel aufgenommen und abtransportiert. Holziges Material, welches bei Eigenleistungen anfällt, wird teilweise vor Ort gehäckselt und als Füllmaterial in den Stubbenlöchern oder auf dem Boden verteilt. Das aufgenommene Material wird häufig bereits einer energetischen Nutzung zugeführt.

Die Unterhaltungsmaßnahmen bei Gras- und Staudenfluren umfassen einen 1-2 Mal jährlich durchzuführenden Pflegeschnitt des krautigen Straßenbegleitgrüns. In Folge der gegenwärtigen Praxis verbleibt das bei der Mahd anfallende, halmgutartige Material regelmäßig gemulcht auf den Flächen. Nach heutigem Sachstand ist das die ökonomisch günstigste Lösung, da das Material nicht gesammelt, aufgenommen und entsorgt werden muss. Wesentliche Ausnahmen stellen bestimmte Randflächen an den Bundesautobahnen dar. Hier besteht die Gefahr der Beeinträchtigung des Straßenverkehrs, sollte das Material auf die Fahrbahn geweht werden. Das anfallende Pflegematerial der Autobahnbegleitstreifen wird komplett

von den Flächen entnommen und überwiegend stofflich verwertet². Der verbleibende Anteil wird kompostiert².

Eine Konsequenz der gegenwärtigen Praxis ist, dass das auf den Randstreifen verbleibende Material zur Ablagerung von Nährstoffen führt. Diese können je nach Lage zu einem erhöhten Nährstoffeintrag in angrenzende Flächen und Gewässer führen. Insbesondere bei nährstoffarmen Biotopen und Kleingewässern führt dies in der Regel zu Konflikten mit dem Naturschutz. Durch eine energetische Nutzung wäre die Entnahme der Biomasse von den Randflächen gewährleistet. Dabei kann diese Verwertungsoption einen Beitrag zum Kostenausgleich der Unterhaltungsmaßnahmen leisten. Gleichzeitig wäre aus naturschutzfachlicher Sicht zur Vermeidung von Konflikten beigetragen.

Bereits 2006 hat sich Rommeiß et al. im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (bast) mit den Möglichkeiten einer ökonomisch tragfähigen energetischen Verwertung von Grünabfällen (Grasschnitt, Gehölzschnitt und Bankettschälgut) aus dem Straßenbetriebsdienst befasst. Unter Berücksichtigung der stoffstromspezifischen, technischen, organisatorischen, rechtlichen, ökologischen und förderpolitischen Randbedingungen wurden geeignete Verwertungswege untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die energetische Verwertung von Gehölzschnitt in meistereieigenen oder externen Biomasseanlagen eine ökonomische Alternative gegenüber der bisherigen Entsorgung darstellt. Dem gegenüber sei die Verwertung von Grasschnitt nur in Gemeinschaftsanlagen mehrerer Meistereien und unter optimalen ökonomischen Randbedingungen wirtschaftlich.

Während noch 2006 die praktische und wissenschaftliche Erfahrung zur Nutzung des Grünschnitts fehlte, ist die energetische Verwertung von Mahdgut aus der Straßenunterhaltung heute technisch gut möglich. Aufgrund der Qualität des Halmguts eignet sich das Material als Co-Substrat zur Vergärung und liefert ausreichend hohe Methanerträge. In Brandenburg gibt es bereits Biogasanlagen, die ausschließlich Grasschnitt einsetzen und damit gute Erfahrungen machen. Das dort verwertete Material stammt zwar überwiegend von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen, die Qualitäten von Straßenbegleitgrün sind im Vergleich jedoch nicht geringer.

Im Folgenden werden die angewandte Vorgehensweise sowie die genutzten Datengrundlagen und getroffenen Annahmen zur Differenzierung der Potenziale zusammenfassend dargestellt.

4.3.1 Vorgehensweise

Die Analyse der Biomassepotenziale aus der Unterhaltung des Straßenbegleitgrün folgt den Bausteinen und Schritten des übergeordneten Methodenkonzepts (vgl. Kapitel 2.3.1).

² Berlin, M. (LS Brandenburg): mündliche Mitteilung vom 3.7.2014

Zur Ermittlung der Biomasseaufkommen aus dem Straßenbegleitgrün wird zuerst eine Recherche und Akquise einschlägiger Daten und Informationen durchgeführt. Einzubeziehende Akteure in diesem Bereich sind der Landesbetrieb Straßenwesen (LS Brandenburg) sowie untergeordnete Autobahn- und Straßenmeistereien. Weiterführend werden regionale Akteure und Experten im Rahmen von persönlichen Gesprächen und Workshops begleitend zur Potenzialanalyse in den Prozess eingebunden.

Im zweiten Baustein wird die GIS-gestützte Analyse in drei Schritten durchgeführt. Zuerst sind die Potenzialflächen zu identifizieren. Aussagen zur Lage und Ausdehnung der Randflächen entlang des Straßennetzes liegen für Brandenburg nicht vor. Die relevanten Flächen lassen sich jedoch auf der Grundlage akquirierter Daten und Informationen (vgl. Tabelle 15) GIS-gestützt erzeugen. Ziel ist es die Begleitflächen in ihrer Ausdehnung und räumlichen Verteilung möglichst realistisch abzubilden. Dabei erlaubt die Verwendung des linienförmigen Straßennetzes im ATKIS-Datensatz sowie dem Kataster des LS Brandenburg in Verbindung mit Informationen zur typischen Ausdehnung der Begleitflächen die Potenzialflächen entsprechend realitätsnah zu bestimmen. Als Grundlage diene die spezifische Breite der unterschiedlichen Straßenkategorien Autobahnen, Fernstraßen (Bundes-, Land- und Kreisstraßen) und Gemeindestraßen. Dies konnte zum Teil aus den im ATKIS-Datensatz enthaltenen Angaben zum Straßennetz erfolgen. Weiterführend wurden die Fahrbahnen anhand typischer Straßenquerschnitte berechnet (vgl. exemplarisch Abbildung 8 und FGSV 2008, FGSV 1996). Anschließend werden die Fahrbahnflächen um die durchschnittliche Breite des Straßenbegleitgrüns gepuffert. Der Bereich des Straßenbegleitgrüns stellt dann die Potenzialfläche dar. Um eine spätere Überlagerung mit der Biotoptypenkartierung vornehmen zu können sind möglichst realitätsnahe Ergebnisse der Verortung erforderlich. Zur Überprüfung erfolgen abschließend stichprobenartige Abgleiche mit Luftbildern. Im Ergebnis sollten die Überlagerungen möglichst geringe räumliche Abweichungen aufzeigen (vgl. Abbildung 9).

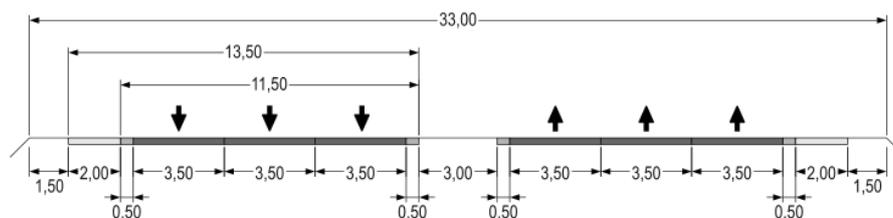


Abbildung 8 Regelquerschnitt einer dreispurigen Bundesautobahn mit 33 Meter Breite gemäß RAA (FGSV 2008)

Im zweiten Schritt der GIS-Analyse werden die theoretischen Biomassepotenziale berechnet. Den ermittelten Potenzialflächen werden zunächst alle vorhandenen Informationen zur Ausprägung des Straßenbegleitgrüns (z.B. Allee, einseitige Baumreihe, etc.) zugeordnet. Die recherchierten Daten und Informationen enthalten nur wenige Aussagen über die anfallenden Mengen und Qualitäten der Biomasse. Deshalb werden in Abstimmung mit dem LS Brandenburg prägnante Begleitgrüntypen für jeden Straßentyp (Bundesautobahn, Bundesstraße, Landstraße und Gemeindestraßen) charakterisiert. Zur groben Überprüfung der zugeordneten Begleitgrüntypen sowie der Anteile versiegelter Randflächen, erfolgt abschlie-

ßend eine Überlagerung der Potenzialflächen mit der Biotoptypenkartierung. Anhand der vorliegenden Informationen über die Potenzialflächen und festgesetzter Ertragswerte (vgl. Tabelle 16) erfolgt die Ermittlung der theoretischen Biomasseaufkommen. Ergänzend und zur Validierung der ermittelten Potenziale werden Ergebnisse im Rahmen von Fachgesprächen mit Akteuren aus der Streckenunterhaltung, der Verwaltung sowie weiteren regionalen Experten validiert.

Aufbauend auf den theoretischen Potenzialen wird im dritten Schritt zunächst das technische Potenzial anhand festgesetzter Annahmen zu technischen und logistischen Verlusten ermittelt. Darauf folgend werden das energetisch nutzbare Potenzial sowie der davon freie Anteil anhand von Kenndaten zu Konkurrenznutzungen sowie bereits bestehender energetischer Stoffströme berechnet (vgl. Tabelle 17). Abschließend werden anhand der Ergebnisse Räume kumulierter Biomasseaufkommen mit Hilfe einer GIS-gestützten Nachbarschaftsanalyse ermittelt. Damit liegen Erkenntnisse zur räumlichen Verteilung und zu Bereichen mit besonders hoher Konzentration des freien, energetisch nutzbaren Potenzials aus dem Straßenbegleitgrün vor.

Datengrundlagen

Die Recherche relevanter Informationen und Datensätze zur Struktur und Ausprägung der Straßenränder schließt, neben der Befragung relevanter Akteure, bestehende Studien ein. Im Ergebnis sind im Land Brandenburg ausreichende Grundlagen für die Durchführung der Potenzialanalyse vorhanden (vgl. Tabelle 15).

Besonders die Angaben des LS Brandenburg zum Begleitgrün der Bundes- und Landesstraßen mit räumlichem Bezug besitzen eine hohe Detailschärfe. Unter Verwendung der ATKIS-Daten zum Straßennetz, sowie der Biotoptypenkartierung Brandenburg i. V. m. dem Kataster des LS Brandenburgs, kann eine räumlich differenzierte und überwiegend flächenscharfe Analyse der Biomassepotenziale durchgeführt werden. Die für Brandenburg vorliegenden Geodaten und Informationen im Bereich des Straßenbegleitgrün sind in folgender Tabelle im Überblick dargestellt.

Tabelle 15 Datengrundlagen im Bereich Straßenbegleitgrün

Datengrundlage und Erläuterung	Stand / Quelle
Straßennetz des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS Basis DLM)	2012 / Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB)
Kataster zu Straßenbäume und Unterhaltungsmaßnahmen der überörtlichen Straßen im Land Brandenburg	2013 / Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg (LS BB)
Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg (BTLN) – CIR-Biotoptypen 2009	2009 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Luftbilder	2007-2009 / Google Earth

Ausdehnung und Lage des Straßenbegleitgrün

Anhand der vorliegenden Daten und Informationen sind die relevanten Potenzialflächen identifizierbar. Wesentliches Kriterium für die Ausdehnung der Potenzialflächen ist die Breite der Randflächen entlang der Straßenkategorien Autobahnen, Fernstraßen (Bundes-, Land- und Kreisstraßen) und Gemeindestraßen. Auf der Grundlage des räumlich verorteten Streckennetzes und GIS-gestützt erzeugter Fahrbahnen, lässt sich die Lage und Ausdehnung der Randflächen berechnen. Grundlage sind die in Abstimmung mit den regionalen Akteuren festzulegenden, durchschnittlichen Bearbeitungsbreiten. Im Land Brandenburg wird von einer Randstreifenbreite von 1,80 m ausgegangen. Innerhalb dieses Korridors erfolgt unabhängig von der Straßenkategorie eine intensive Unterhaltung der Flächen. Weiterführend ist für die Unterhaltung entlang von Autobahnen ein zweiter Unterhaltungsbereich abzugrenzen. An den 1,80 m breiten Streifen, auf dem ausschließlich halmgutartige Biomasse aufwächst, schließt ein weiterer 2,50 m breiter Streifen an. Dieser wird in der Analyse gesondert betrachtet. Hier fällt neben halmgutartiger Biomasse auch holziges Material an.

Die im GIS ermittelten Potenzialflächen sind abschließend anhand einer stichprobenhaften Prüfung auf der Grundlage von Luftbildern validierbar. Das Ergebnis der GIS-gestützten Berechnung der Potenzialflächen zeigt auf den Luftbildern, dass deren Lage und Ausdehnung überwiegend sehr gut mit der Realität übereinstimmt (vgl. Abbildung 9).

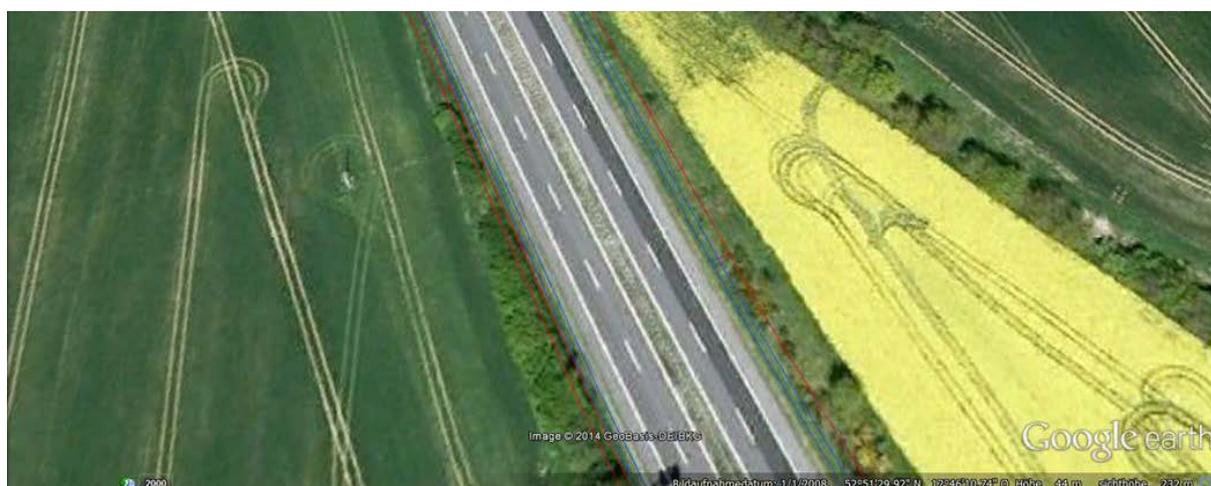


Abbildung 9 Lage der eigens GIS-gestützt erzeugten Potenzialflächen des Straßenbegleitgrüns (blau 1,80 m, rot 2,50 m)

Annahmen für die GIS-gestützte Ermittlung der Biomassepotenziale

Auf der Grundlage ermittelter Informationen aus der Recherche und Befragung der regionalen Akteure werden Annahmen zu Biomasseaufkommen und -qualitäten sowie zum Anteil von Nutzungskonkurrenzen des Straßenbegleitgrüns und Landschaftspflegeholzes festgelegt.

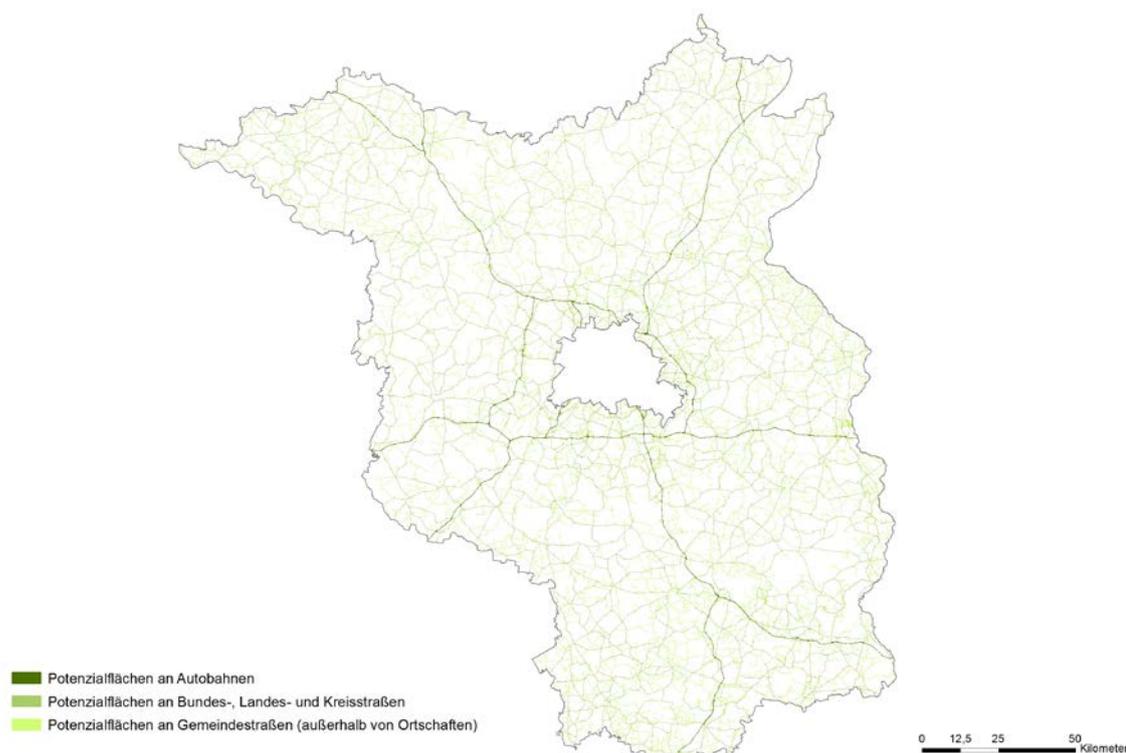


Abbildung 10 Räumliche Verteilung der Potenzialflächen des Straßenbegleitgrüns anhand des Straßennetzes der ATKIS-Daten (LGB 2012)

Für die Berechnung der Biomassepotenziale werden den relevanten Potenzialflächen drei Vegetationstypen (Halmgut, Flurgehölze und Gehölze) zugeordnet. Es wird angenommen, dass die Potenzialflächen in jedem Fall über Aufkommen von Halmgut verfügen. Zusätzlich kommen Gehölze oder Flurgehölze vor, die ein zusätzliches holziges Biomasseaufkommen auf derselben Potenzialfläche bedeuten.

Für die Bundes-, Land-, und Kreisstraßen werden die Angaben des Katasters des LS Brandenburg herangezogen. Dort sind Informationen zu den Vegetationstypen, unterschieden nach linker und rechter Straßenseite, aufgeschlüsselt. Für jeden Abschnitt sind Aussagen zum Gehölzbestand (Allee, Baumreihe, sonstige Bäume/Restbestände, Flurgehölze und keine Baumreihe) sowie zur Gehölzdichte (geschlossen, einzelne Lücken, starke Lücken, in Auflösung und keine Alleebäume) hinterlegt. An Autobahnen ist der intensiv zu unterhaltende Begleitstreifen ausschließlich mit Gras bewachsen. Flurgehölze und Gehölze kommen dort zum Teil im anschließenden 2,50 m breiten Vegetationsstreifen vor.

Zur Ermittlung des theoretischen Potenzials werden auf der Basis von Literaturangaben und in Abstimmung mit den regionalen Akteuren, Ertragsspannen für die drei Biomassekategorien festgelegt. Die angenommenen Ertragswerte sind in Tabelle 16 zusammengefasst (ausführlich vgl. Anhang III).

Tabelle 16 Annahmen zu Biomasseaufkommen bei der Unterhaltung des Straßenbegleitgrüns³

Vegetationstyp	Minimaler Ertrag [t _{TM} /ha*a]	Mittlerer Ertrag [t _{TM} /ha*a]	Maximaler Ertrag [t _{TM} /ha*a]
Halmgut (Begleitgrün)	2,5	3,5	4,5
Flurgehölz (Sträucher/Hecken - Begleitholz)	1,0	3,0	5,0
Gehölz (Begleitholz)	3,75	4,5	5,0

Für die Ermittlung des technischen Potenzials sind Annahmen zu Werbungs- und Lageungsverlusten bei der Bereitstellung von Material des Straßenbegleitgrüns erforderlich. Die physischen Biomasseverluste, die bei der Mahd, dem Abtransport und der Lagerung der Biomasse auftreten, werden auf der Grundlage von Werten der KTBL (2010) und in Abstimmung mit regionalen Akteuren festgelegt (vgl. Tabelle 17).

Abschließend werden zur Abschätzung des energetisch nutzbaren sowie des davon freien Potenzials, alle Informationen zu Konkurrenznutzungen berücksichtigt. Dazu zählen zunächst die etablierten Verwertungswege der Kompostierung sowie die stoffliche Nutzung von Halmgut. Weiterführend werden die bestehenden Stoffströme der energetischen Verwertung der holzigen Biomasse einbezogen.

Tabelle 17 Annahmen der physischen Verluste und Konkurrenznutzungen zur Berechnung der Biomassepotenziale von Straßenbegleitgrün

Abschlagskriterien	Faktoren	Abzug [%]	nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial [%]	
<i>...vom theoretischen Potenzial</i>				
Physische Verluste (bei Begleitgrün und Begleitholz)	<ul style="list-style-type: none"> Mahd Abtransport Lagerung 	20	Begleitgrün: 61 Begleitholz: 0	
<i>...vom technischen Potenzial</i>				
Nutzungskonkurrenzen (bei Begleitgrün)	<ul style="list-style-type: none"> Kompostierung Stoffliche Nutzung 	20		
<i>...vom energetisch nutzbaren Potenzial</i>				
Aktuelle energetische Verwertung (Begleitgrün/Begleitholz)	<ul style="list-style-type: none"> Wärmenutzung (Biogas / Verbrennung) 	5/100		

³ Festsetzung im Rahmen der Expertendiskussion auf der Grundlage von Literaturangaben aus: Augustin, 2005; Bröckling, 2008; Brozio, 2009; DBFZ, 2009; Dobers und Opitz, 2007; Kaltschmitt, 2009; Kern, 2009; Möller, 2013; Raussen, 2009; Rilling, 2013; Suter Thalmann, 2010; Wiehe, 2003 und Worm, 2006.

Nach Expertenbefragungen (LS Brandenburg) ist davon auszugehen, dass das gesamte anfallende holzige Landschaftspflegematerial bereits zur Wärmeerzeugung genutzt wird. Dagegen wird das Begleitgrün in der Regel nicht energetisch genutzt. Die jeweiligen in Tabelle 17 aufgeführten prozentualen Abzüge wurden in Rückkoppelung mit den regionalen Akteuren festgelegt.

4.3.2 Potenziale

Im Land Brandenburg befinden sich etwa 6.390 ha Potenzialflächen mit einem theoretischen Aufkommen von durchschnittlich 14.800 t TM pro Jahr halmgutartigem Landschaftspflegematerial und durchschnittlich 11.600 t TM pro Jahr holzigem Material. Unberücksichtigt bleiben dabei die Potenziale im Bereich der Fällmaßnahmen von Straßenbäumen.

Tabelle 18 Flächenpotenziale des Straßenbegleitgrüns einschließlich Landschaftspflegeholz

Flächentyp	Fläche [ha]
Straßenbegleitgrün an Autobahnen	644
Straßenbegleitgrün an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	2.490
Straßenbegleitgrün an Gemeindestraßen	3.256
Gesamtsumme	6.390

Unter den getroffenen Annahmen sind vom theoretischen Potenzial etwa 80 % des Biomasseaufkommens (11.840 t TM Begleitgrün und 9.280 t TM Begleitholz) technisch bereitstellbar. Im Jahr 2007 wurden anfallende Mähgutmengen für den Bereich der 12 Autobahnmeistereien im Land Brandenburg einmalig erfasst. Das Potenzial entlang der Brandenburger Autobahnen belief sich auf eine Gesamtmenge von etwa 3.200 t⁴. Die hier durchgeführte Analyse weist den entsprechenden Potenzialflächen einen Betrag von rund 2.600 t TM pro Jahr aus.

Einer energetischen Nutzung des anfallenden Landschaftspflegeholzes stehen keine wesentlichen Nutzungskonkurrenzen gegenüber. Es kann in vollem Umfang energetisch verwertet werden. Im Rahmen der Analyse wird angenommen, dass die holzige Biomasse bereits komplett in energetischen Stoffströmen aufgeht. Freie energetisch nutzbare Potenziale sind nicht vorhanden.

Nutzungskonkurrenzen bestehen dagegen bei der Verwertung des Begleitgrüns. Aufgrund der Kompostierung sowie weiterer stofflicher Nutzung stehen etwa 20 % (2.370 t TM) des technischen Potenzials an Begleitgrün nicht zur energetischen Verwertung zur Verfügung.

⁴ Reuter, H.-R. (LS Brandenburg 2011): schriftlich bzgl. einer Anfrage zu: Ideen zur Verwertung der straßenbegleitenden Grünflächen vom 19. Mai 2011, im Juli 2011.

Der überwiegende Anteil von 9.470 t TM (80 % des technischen Potenzials an Begleitgrün) kann einer energetischen Verwertung zugeführt werden. Die Qualitäten des Substrats lassen sowohl eine Biogasnutzung als auch die Pelletierung und Verbrennung zu. Es wird angenommen, dass lediglich ein geringer Anteil von rund 470 t TM (etwa 5 %) der halmgutartigen Materialien bereits in energetischen Verwertungspfaden genutzt wird. Das freie, energetisch nutzbare Potenzial halmgutartigen Straßenbegleitgrüns beträgt etwa 61 % (9.000 t TM/a) des theoretischen Aufkommens.

In Tabelle 19 sind die jeweils ermittelten Biomassepotenziale des Straßenbegleitgrüns und des Begleitholzes aufgeführt.

Tabelle 19 Biomassepotenziale des Landschaftspflegematerials von Straßenbegleitgrün einschließlich Landschaftspflegeholz

Potenziale	Durchschnittliche Erträge [t _{TM} /a]	
	Begleitgrün	Begleitholz
theoretisches Biomassepotenzial	14.800	11.600
technisches Biomassepotenzial	11.840	9.280
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	9.470	9.280
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	9.000	0

Die geringe Straßendichte Brandenburgs zeigt sich auch in der räumlichen Verteilung der freien, energetisch nutzbaren Potenziale. Wie in Abbildung 11 dargestellt, zeigen sich in Verbindung mit der vergleichsweise geringen Gesamtmenge von etwa 9.000 t TM/a nur wenige Gebiete mit erhöhter Konzentration.

Deutlich wird, dass sich das verdichtende Straßennetz im Einzugsgebiet größerer Städte und Ortschaften auf eine erhöhte Biomasseakkumulation durch Straßenbegleitgrün auswirkt. Die Biomassekonzentration verdichtet sich südlich und nordöstlich von Berlin. Auch rund um Frankfurt (Oder), Gotzow, Perleberg, Pritzwalk, Eberswalde und im Süden bei Herzberg, Bad Liebenwerda sowie Spremberg sind erhöhte Konzentrationen im Einzugsgebiet festzustellen.

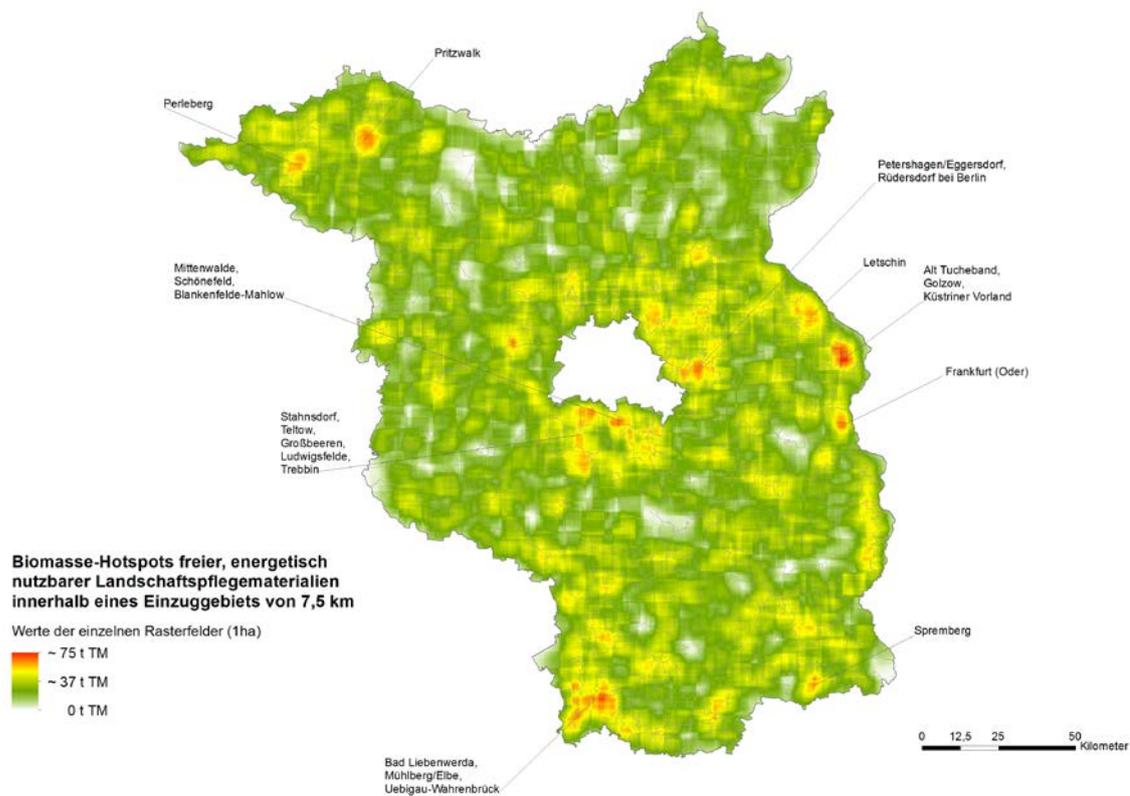


Abbildung 11 Konzentrationsräume erhöhter halmgutartiger Biomassekumulationen der Straßenunterhaltung im Land Brandenburg

4.4 Landschaftspflegematerial aus der Rückschnittzone an Bahntrassen



Das Bahnschienennetz in Brandenburg erstreckt sich über etwa 4.000 km und wird von einer streifenförmigen Vegetationszone begleitet. Innerhalb dieser Zone ist aus Verkehrssicherheitsgründen eine regelmäßige Unterhaltung entlang von 7.700 km Gesamtlänge durch die DB Fahrwegdienste GmbH gewährleistet. Die vegetationstechnischen Maßnahmen basieren auf einem mehrjährigen Pflegeplan der Deutschen Bahn AG⁵. Bei der Durchführung der Maßnahmen fällt Biomasse als Reststoff an, welche theoretisch einer energetischen Verwertung zugeführt werden kann.

Über die vergangenen Jahre erfolgten im Rahmen des Pflegeplans der Deutschen Bahn intensive Sicherungsmaßnahmen. Innerhalb der s.g. Rückschnittzone wurden alle Gehölze entfernt. Diese Zone erstreckt sich über die Flächen innerhalb eines Abstandes von 6 m, ausgehend von der Gleismitte. Es ist deshalb gegenwärtig und in Zukunft davon auszugehen, dass dort ausschließlich halmgutartige Biomasse aufwachsen wird. In der räumlich anschließenden s.g. Stabilisierungszone treten unterschiedliche Vegetationstypen, einschließlich Flurgehölze, auf. Die Sicherungsmaßnahmen, standardisiert in bodentiefer Bearbeitung durch mähen und mulchen, werden in der Rückschnittzone regelmäßig, einmal jährlich durchgeführt. In der Stabilisierungszone erfolgen die Maßnahmen nach Bedarf.

Eine energetische Verwertung der anfallenden Biomasse ist grundsätzlich möglich. Das Material verbleibt jedoch in der Regel auf den Flächen, da die Bergung mit einem deutlich erhöhten Aufwand verbunden wäre. Eine energetische Verwertung könnte auch hier ggf. einen Beitrag zum Kostenausgleich der Maßnahmen leisten.

Bei den Potenzialflächen handelt es sich häufig um einen relativ isolierten Bereich an Bahndämmen. Die Gefahr, des Nährstoffeintrags in angrenzende Biotope besteht deshalb im vergleichsweise geringeren Maß. Besondere Konflikte oder Synergien einer energetischen Verwertung der anfallenden Biomasse mit den Zielen des Naturschutzes sind hier nicht zu erwarten.

⁵ Braunert, O. (DB Fahrwegdienste GmbH): mündlich vom 7.3.2014

Im Folgenden werden die angewandte Vorgehensweise sowie die genutzten Datengrundlagen und getroffenen Annahmen zur Differenzierung der Potenziale zusammenfassend dargestellt.

4.4.1 Vorgehensweise

Die Analyse der Potenziale von Begleitflächen an den Bahnlinien folgt den Bausteinen und Schritten des übergeordneten Methodenkonzeptes.

Zur Ermittlung der Biomasseaufkommen aus der Rückschnittzone an Bahntrassen wird zuerst eine Recherche und Akquise einschlägiger Daten und Informationen durchgeführt. Ein besonders einzubeziehender Akteur in diesem Bereich ist die DB Fahrwegdienste GmbH. Begleitend zur Potenzialanalyse werden die regionalen Akteure und Experten im Rahmen von persönlichen Gesprächen und Workshops kontinuierlich in den Analyseprozess eingebunden.

Grundlage für den Baustein der GIS-gestützten Analyse stellen die akquirierten Daten und Information dar. Die Analyse erfolgt in drei aufeinander aufbauenden Schritten. In einem ersten Schritt sind die Potenzialflächen entlang der Bahntrassen zu ermitteln. Aussagen zur Lage, Ausdehnung und Beschaffenheit von Randflächen an Bahntrassen stehen im Land Brandenburg nicht zur Verfügung. Auf der Basis vorliegender Datensätze und Informationen (vgl. Tabelle 20) können die Flächenpotenziale jedoch mit Hilfe des GIS erzeugt und berechnet werden. Dabei erlaubt die Verwendung des ATKIS-Datensatzes in Verbindung mit Informationen zum Pflegemanagement der DB Fahrwegdienste die Ausdehnung und räumliche Lage der Potenzialflächen entlang der Bahntrassen im Ergebnis realitätsnah zu ermitteln. Dazu wird das linienförmige Schienennetz (ATKIS) zuerst um die Breite der Trassen und anschließend um die Breite der Rückschnittzone gepuffert. Der Bereich zwischen dem Rand der Trasse und dem Ende der Rückschnittzone stellt dann die Potenzialfläche dar. Um eine spätere Überlagerung mit der Biotoptypenkartierung vornehmen zu können sind möglichst realitätsnahe Ergebnisse der Verortung erforderlich. Zur Überprüfung erfolgen abschließend stichprobenartige Abgleiche mit Luftbildern. Im Ergebnis sollten die Überlagerungen möglichst geringe räumliche Abweichungen aufzeigen (vgl. Abbildung 13).

Im zweiten Schritt der GIS-Analyse werden die theoretischen Biomassepotenziale berechnet. Den Potenzialflächen werden im GIS Informationen zu Erträgen und Qualitäten der Biomasseaufkommen zugeordnet. Gleichzeitig werden anhand einer Überlagerung mit der Biotoptypenkartierung versiegelte Bereiche identifiziert, auf denen keine Biomasse anfällt. Anhand der verbleibenden Flächengrößen und festgesetzten Ertragswerte (vgl. Tabelle 21) lassen sich die theoretischen Biomassepotenziale berechnen. Ergänzend und zur Validierung der ermittelten Potenziale erfolgt eine Überprüfung der Ergebnisse im Rahmen von Fachgesprächen mit Akteuren aus der Streckenunterhaltung, der Verwaltung sowie weiteren regionalen Experten.

Aufbauend auf den theoretischen Potenzialen wird im dritten Schritt zunächst das technische Potenzial abgeschätzt. Anhand der festgesetzten Annahmen zu ertragssenkenden Faktoren

(vgl. Tabelle 22) werden die Verluste bei der Mahd, dem Transport sowie der Lagerung abgezogen. Im Anschluss erfolgt die Berechnung des energetisch nutzbaren sowie des davon gegenwärtig freien Anteils. Bestehende Stoffströme sind die Kompostierung sowie bereits etablierte energetische Verwertungspfade. Im Ergebnis liegen Erkenntnisse zum freien, energetisch nutzbaren Potenzial an Bahntrassen vor. Abschließend wird eine GIS-gestützte Nachbarschaftsanalyse zur Identifikation von Gebieten mit hoher Konzentration freier Biomasse durchgeführt.

Datengrundlagen

Für die durchzuführende Analyse stehen, aufbauend auf den Recherchen und in Abstimmung mit der DB Fahrwegdienste GmbH, aussagekräftige Daten und Informationen im Land Brandenburg bereit.

Wesentliche Grundlage stellt das Schienennetz der ATKIS-Daten dar. Weiterführend sind die Angaben zur Ausdehnung der zu unterhaltenden Randflächen von vorrangiger Bedeutung. Letztlich bietet die Biotoptypenkartierung Brandenburg weitere Informationen zur Konkretisierung der Biomassepotenziale.

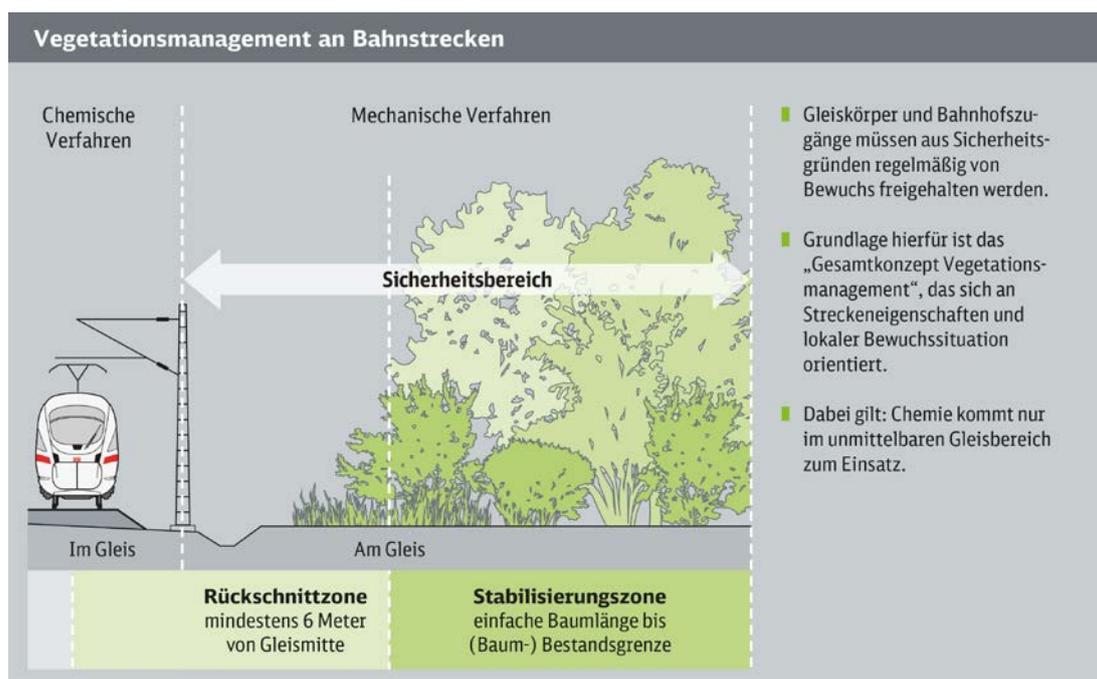


Abbildung 12 Schaubild zur räumlichen Abgrenzung der Unterhaltungsmaßnahmen entlang der Bahntrassen der Deutschen Bahn (verändert nach DB Umwelt 2014)

Die für Brandenburg vorliegenden Geodaten und Informationen im Bereich der Begleitflächen an Bahntrassen sind in folgender Tabelle 20 im Überblick dargestellt.

Tabelle 20 Datengrundlagen im Bereich Randflächen von Bahntrassen

Datengrundlage und Erläuterung	Stand / Quelle
Schienenwegenetz des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS Basis DLM)	2012 / Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB)
Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg (BTLN) – CIR-Biotoptypen 2009	2009 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Luftbilder	2007-2009 / Google Earth
Angaben über die Sicherungsmaßnahmen in der Rückschnittzone und Stabilisierungszone	2014 / DB Fahrwegdienste GmbH

Ausdehnung und Lage der Rückschnittzone an Bahntrassen

Die Identifizierung der relevanten Potenzialflächen erfolgt anhand der vorliegenden Daten und Informationen. Wesentliches Kriterium für die Ausdehnung der Potenzialflächen sind die Vorgaben des Vegetationsmanagements der Deutschen Bahn (vgl. Abbildung 12). Die realistische Abbildung der räumlichen Verteilung wird durch die ATKIS-Daten sichergestellt.

Die Verortung der Potenzialflächen an den Bahntrassen erfolgt auf der Grundlage des Schienennetzes der ATKIS-Daten. Die linienförmigen Elemente stellen jeweils die Gleismitte der Bahntrassen dar. Ausgehend von der Gleismitte erstreckt sich die Rückschnittzone von 6 m Breite senkrecht in beide Richtungen. Im Bereich des Gleisbetts wird regelmäßig ein chemisches Verfahren angewandt, um jeden Aufwuchs von Vegetation zu verhindern. In Abstimmung mit den regionalen Akteuren wurde hier ein vegetationsfreier Bereich beiderseits, innerhalb der ersten 2,50 m ab Gleismitte festgesetzt. In der Rückschnittzone verbleibt als Potenzialfläche daher ein Vegetationsstreifen von 3,50 m Breite mit regelmäßigem Aufwuchs an Biomasse. Dort werden Sicherungsmaßnahmen in mechanischen Verfahren durchgeführt. An die Rückschnittzone grenzt eine im Umfang variierende Stabilisierungszone an, die nach Bedarf gepflegt wird.

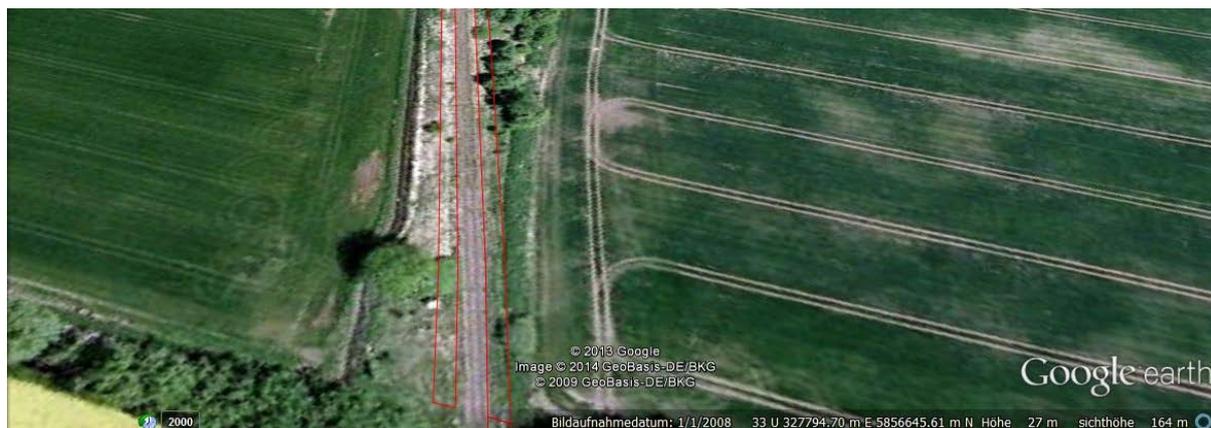


Abbildung 13 Lage der eigens GIS-gestützt erzeugten Potenzialflächen an Bahntrassen (rot 3,50 m Korridor anschließend am Gleisbett innerhalb der Rückschnittzone)

Die anhand der ATKIS-Daten im GIS erzeugten Potenzialflächen werden in Stichproben auf der Grundlage vorliegender Luftbilder überprüft und validiert. Dabei kann festgestellt werden, dass die Lage und Ausdehnung der Potenzialflächen überwiegend sehr gut mit der Realität übereinstimmt.

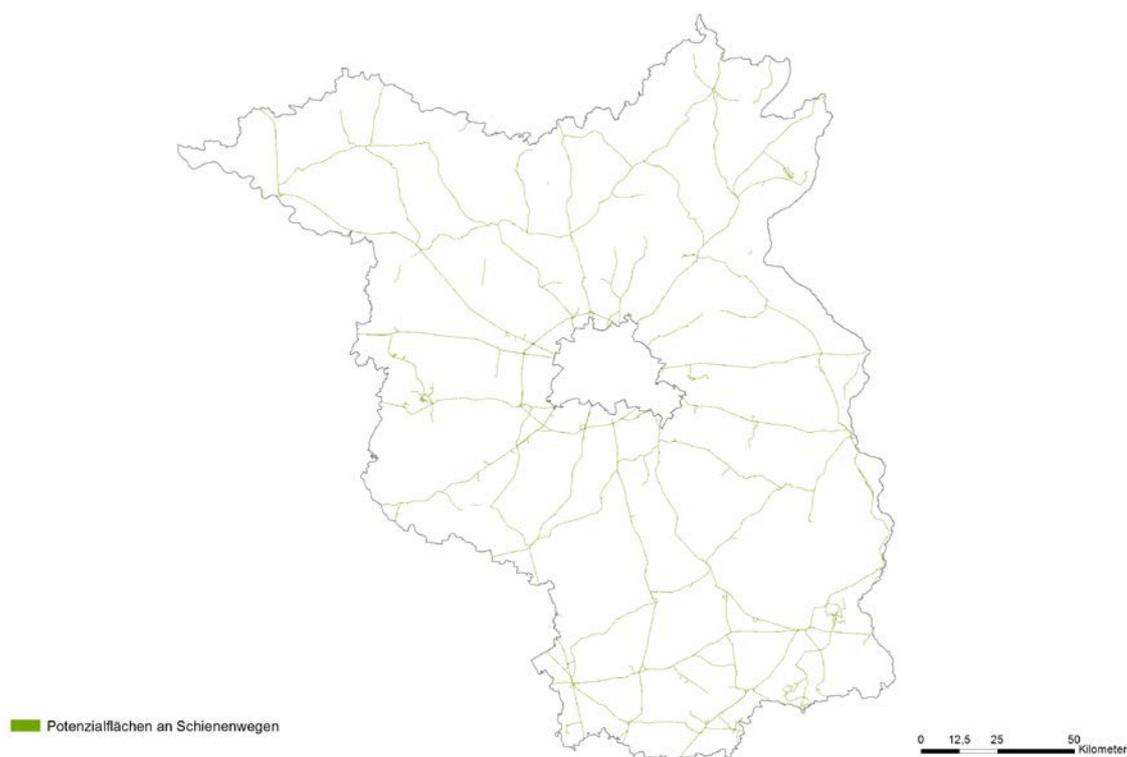


Abbildung 14 Räumliche Verteilung der Potenzialflächen an Bahntrassen anhand des Trassennetzes der ATKIS-Daten (LGB 2012)

Annahmen für die GIS-gestützte Ermittlung der Biomassepotenziale

Auf der Grundlage der Angaben der DB Fahrwegdienste zu den Ausprägungen der trassenbegleitenden Vegetationsflächen, können Annahmen zu Biomasseaufkommen und -qualitäten sowie zum Anteil von Nutzungskonkurrenzen getroffen werden. Da ein regelmäßiger Biomasseanfall in der s.g. Stabilisierungszone auszuschließen ist, sind diese Flächen im Rahmen der Potenzialanalyse nicht weiter zu berücksichtigen.

Für die Potenzialflächen der Rückschnittzone ist nach Aussagen der DB Fahrwegdienste GmbH anzunehmen, dass etwa 30 % der Flächen versiegelt sind oder dort aus anderen Gründen keine Biomasse aufkommt. Somit verbleiben rund 70 % der Potenzialflächen mit Biomasseaufkommen. Diese Verteilung kann anhand der Überlagerung der Potenzialflächen mit der Biotoptypenkartierung bestätigt werden.

Mit dem Ziel, die größere, holzige Vegetation innerhalb der Rückschnittzone komplett und dauerhaft zu entfernen, erfolgten in den vergangenen Jahren intensive Unterhaltungsmaßnahmen. Auf den zu untersuchenden Potenzialflächen ist daher davon auszugehen, dass keine holzige Biomasse aufkommt. Zur Ermittlung des theoretischen Biomasseaufkommens wird für die Potenzialflächen somit ausschließlich der Aufwuchs halmgutartiger Biomasse angenommen. Mit einem Biomasseanfall ist im Rahmen von 1-2 Unterhaltungsmaßnahmen pro Jahr zu rechnen. Aufgrund von jährlich und räumlich variierenden Witterungs-, Standort-, Wuchs- und Pflegebedingungen wie auch artspezifischen Variationen wird für die Analyse eine Ertragsspanne verwendet. Deren Festsetzung erfolgt in Tabelle 21 auf der Basis von evaluierten Ertragswerten aus der Literatur in Rückkoppelung mit den regionalen Experten.

Tabelle 21 Ertragsannahmen für das Begleitgrün an Bahntrassen⁶

Vegetationstyp	Minimaler Ertrag [t TM/ha*a]	Mittlere Ertrag [t TM/ha*a]	Maximaler Ertrag [t TM/ha*a]
Halmgut (Begleitgrün)	2,5	3,5	4,5

Das theoretische Biomasseaufkommen ist nicht umfassend nutzbar. Zur Berechnung des technischen Potenzials sind Annahmen zu physischen Verlusten durch die Mahd, den Abtransport und die Lagerung des Materials zu berücksichtigen (vgl. Tabelle 22). Dabei besteht entlang der Bahntrassen, im Hinblick auf eine mögliche Verwertung des Materials, eine besondere technisch-logistische und wirtschaftliche Herausforderung in der Bergung und dem Abtransport des Materials. Gegenwärtig wird die Biomasse deshalb ausschließlich dort entnommen, wo der Bedarf aus sicherungstechnischen Ansprüchen besteht. Nach Angaben der DB Fahrwegdienste⁷ wird die geborgene Biomasse der Kompostierung zugeführt. Zur Ab-

⁶ Festsetzung im Rahmen der Expertendiskussion auf der Grundlage von Literaturangaben aus: DBFZ, 2009 u. 2013; Kaltschmitt, 2009; Kern, 2009; Möller, 2013; Piorr, 2011; Rösch, 1996; Schubert, 2007 und Thrän, 2004.

⁷ Braunert, O. (DB Fahrwegdienste GmbH): mündlich am 7.3.2014

schätzung der energetisch nutzbaren Potenziale werden Annahmen zu dieser Nutzungskonkurrenz berücksichtigt. Weitere Nutzungskonkurrenzen bestehen nicht.

Aufgrund der gegenwärtig ungelösten technisch-logistischen Hemmnisse der Bergung des Materials, ist dessen Bereitstellung nach aktuellem Stand der Technik ausschließlich mit erheblichem wirtschaftlichen Aufwand möglich. Für das verbleibende, im Grunde für eine energetische Verwertung freies Potenzial, wird deshalb angenommen, dass keine weitere Verfügbarkeit besteht. Daraus folgt, dass aus dem Bereich der Sicherungsmaßnahmen an Bahntrassen keine Biomasse für eine energetische Verwertung zur Verfügung steht.

Tabelle 22 Annahmen der physischen Verluste und Konkurrenznutzungen zur Berechnung der Biomassepotenziale von Bahntrassen

Abschlagskriterien	Faktoren	Abzug [%]	freier, nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial [%]
<i>...vom theoretischen Potenzial</i>			Begleitgrün: 0 Begleitholz: 0
Physische Verluste	<ul style="list-style-type: none"> • Mahd • Abtransport • Lagerung 	20	
<i>...vom technischen Potenzial</i>			
Nutzungskonkurrenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Kompostierung 	15	
<i>Technisch-logistisch und wirtschaftliche Zugänglichkeit</i>		100	

4.4.2 Potenziale

Die Potenzialflächen entlang von Bahntrassen umfassen etwa 2.430 ha. Dort ist mit einem theoretischen Biomasseaufkommen von durchschnittlich 5.900 t TM halmgutartigem Material pro Jahr zu rechnen. Holzige Biomasse fällt nur in seltenen Ausnahmefällen an. Unter Berücksichtigung der physischen Verluste besteht ein technisches Potenzial von etwa 80 % (4.720 t TM/a). Dieses ist entsprechend der aktuellen technisch-logistischen Situation bei der Unterhaltung von Randflächen an Bahntrassen jedoch zu relativieren. Unter den getroffenen Annahmen stehen damit weder Begleitgrün noch Begleitholz zur energetischen Verwertung zur Verfügung.

Aufgrund der aufwendigen Bergung des Materials ist es nicht möglich ein wirtschaftliches Konzept für die energetische Nutzung des Biomassematerials aus der Unterhaltung von Bahntrassen zu entwickeln. Möglicherweise ist im Einzelfall ein einfacher Zugang zur Rückschnittzone und damit eine wirtschaftliche Option zur Bergung der Materialien vorhanden. Diese Ausnahmen können in der Gesamtbetrachtung des anfallenden Landschaftspflegematerials an Bahntrassen jedoch nicht identifiziert oder anderweitig berücksichtigt werden.

Tabelle 23 Biomassepotenziale des Landschaftspflegematerials aus der Rückschnittzone entlang von Bahntrassen

Potenziale	Durchschnittliche Biomasseerträge Begleitgrün [tTM/a]
theoretisches Biomassepotenzial	5.900
technisches Biomassepotenzial	4.720
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	4.010
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	0

Gegenwärtig sind die theoretischen Potenziale aus dem Bereich der Unterhaltungsmaßnahmen an Bahntrassen für eine energetische Verwertung nicht verfügbar. Der Anteil des Biomasseaufkommens, welcher bereits der Kompostierung zugeführt wird, könnte zuerst energetisch genutzt werden. Im Weiteren sind die wirtschaftlichen und technischen Hemmnisse jedoch erheblich und verhindern eine Mobilisierung vollständig. Für zukünftige Erhebungen oder Detailanalysen ist aber auch diese Biomassequelle einzubeziehen.

4.5 Bioabfall aus der Gewässerunterhaltung



Die Gewässer im Land Brandenburg erstrecken sich über eine Gesamtlänge von mehr als 3.500 km. Zur Sicherung des Abflusses und der allgemeinen technischen Funktion des Gewässernetzes erfolgen eine regelmäßige Unterhaltung der Gewässer und deren Böschungen gem. § 78 und 79 Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG). Die Maßnahmen werden durch 25 Wasser- und Bodenverbände (WBV) durchgeführt. Vornehmliche Unterhaltungsaufgaben stellen die Sohlkrautung sowie die Böschungsmahd dar. Prämisse für die Unterhaltung ist dabei häufig, möglichst aufwuchsvermindernde Maßnahmen durchzuführen. Auf diese Weise soll der zukünftige Unterhaltungsaufwand verringert werden. Bspw. erfolgt die Unterhaltung an bestimmten Gewässerrändern lediglich einseitig. Damit wird bezweckt, dass die verbleibende Vegetation zur Verschattung des Gewässers beiträgt und so den Aufwuchs der Pflanzen mindert.

Im Zuge der durchzuführenden Maßnahmen fällt unterschiedliche Biomasse an. Dazu zählt holzige sowie halmgutartige Biomasse von der Böschung als auch Wasserpflanzen aus der Sohle. In der Gewässersohle wachsen hauptsächlich Makrophyten (krautiges Material) und vereinzelt Schilf. Insgesamt ist das geborgene Material oft mit mineralischen Anteilen und gelegentlich mit Abfallstoffen vermischt. An den Böschungen bietet sich dagegen ein sehr heterogenes Bild. Hier wechseln sich unterschiedliche Vegetationskategorien teilweise in kurzen Intervallen ab. Dazu zählen Gras, Schilf und andere krautige Pflanzen aber auch Gehölze.

Je nach Gewässer und zur Verfügung stehender technischer Lösungen erfolgt die Unterhaltung auf unterschiedliche Art und Weise. Zu einem Teil fällt die Biomasse im Gewässer an und wird an bestimmten Querbauwerken aufgefangen. Dort wird sie in der Regel entnommen und kompostiert. Weitere Verwertungspfade bestehen insbesondere für Schilf aus Gewässern I. Ordnung und den Stillgewässern. Neben der Kompostierung wird das Material für Schilfrohrkulturen, Schilfschnitt, Bepflanzung von Pflanzenkläranlagen, Herstellung von Schilfrohrmatten für den Wärme- und Windschutz sowie zur Dacheindeckung genutzt. Der überwiegende Teil der Biomasse fällt jedoch an den Gewässerrändern an und wird dort geschlegelt und gemulcht. Hintergrund dieser Verfahrensweise sind vor allem begrenzte finanzielle Mittel der zuständigen Wasser- und Bodenverbände. Seltener erfolgt hier die Aufnahme und Kompostierung des anfallenden Materials.

Die energetische Nutzung des anfallenden Materials könnte zum Kostenausgleich der Aufnahme von Biomasse beitragen. Damit wären auch deutliche Synergien mit den Zielen des Naturschutzes verbunden. Wird die Biomasse auf der Fläche belassen besteht aus Naturschutzsicht erhöhtes Konfliktpotenzial. Mit der Zersetzung von Biomasse und den dadurch entstehenden Sickersäften erfolgt in der Regel eine Eutrophierung der Gewässer mit ggf. nachhaltiger Beeinträchtigung der Wasserqualität. Aus naturschutzfachlicher Sicht sind alternative Lösungen, gegenüber dem Belassen des Materials auf den Böschungen, deshalb besonders wünschenswert.

Im Folgenden werden die angewandte Vorgehensweise sowie die genutzten Datengrundlagen und getroffenen Annahmen zur Differenzierung der Potenziale zusammenfassend dargestellt.

4.5.1 Vorgehensweise

Die Analyse der Biomassepotenziale aus Pflegemaßnahmen in Schutzgebieten folgt den Bausteinen und Schritten des grundlegenden Methodenkonzepts (vgl. Kapitel 2.3.1).

Der erste Baustein umfasst die Datenrecherche und Akquise einschlägiger Geodaten und Informationen. Mit dem Ziel einen möglichst hohen Detailgrad der Analyse zu erreichen, sind insbesondere die Wasser- und Bodenverbände sowie die Regionalreferate für Hochwasserschutz des LUGV zu befragen (vgl. Anhang I). Denn landesweite Angaben zur Ausprägung der Gewässer und Randstreifen sowie zu durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen liegen nicht vor. Einen weiteren wichtigen Akteur stellt der Landeswasserverbandstag (LWT) dar. Parallel erfolgen ausführliche Literaturrecherchen zur Ermittlung von Ertrags- und Qualitätsfaktoren.

Anschließend werden die akquirierten Daten und Information für die GIS-gestützte Analyse der freien, energetisch nutzbaren Biomassepotenziale aus der Gewässerunterhaltung herangezogen. In diesem Baustein erfolgt die Potenzialanalyse entlang von drei Schritten. Im ersten Schritt werden die Ausdehnung und die räumliche Verteilung der Potenzialflächen GIS-gestützt ermittelt. Dort wo Gewässerkataster der WBV zur Verfügung stehen, werden sie für die Analyse herangezogen. Für die verbleibenden Gebiete ist auf das Gewässernetz der ATKIS-Daten zurückzugreifen. Die vorliegenden Geodaten beinhalten flächenförmige Informationen ausschließlich für Gewässer I. Ordnung und Seen. Alle weiteren Potenzialflächen, die Gewässersohle und Böschung der Gewässer II. Ordnung sowie die Böschungen der Gewässer I. Ordnung und der Seen, sind aus dem linienförmigen Gewässernetz im GIS zu erzeugen. Dazu wird das Gewässernetz um festgesetzte, durchschnittliche Gewässerbreiten und Böschungslängen gepuffert. Die verwendeten Annahmen beruhen auf der engen Abstimmung mit den regionalen Experten. Im Ergebnis liegen Potenzialflächen der unterschiedlichen Kategorien vor. Deren Ausdehnung und räumliche Lage ist anhand von Luftbildern stichpunktartig zu überprüfen.

Zur Ermittlung des theoretischen Biomasseaufkommens aus der Gewässerunterhaltung erfolgt im zweiten Schritt die Verknüpfung von Flächentypen mit festgesetzten Ertragswerten.

Für alle Gebiete, in denen die zuständigen WBV entsprechende Angaben vorgenommen haben, werden diese verwendet. In den übrigen Gebieten sind Mittelwerte anzusetzen. Den berechneten Potenzialflächen werden zunächst unterschiedliche Vegetationsmuster (Anteile von Gras, Schilf, krautiger sowie holziger Vegetation) in Abhängigkeit der Ausprägung des Gewässers zugeordnet. Die Profile bestehen jeweils aus unterschiedlichen Anteilen festgesetzter Vegetationstypen. Zur Ermittlung der Biomasseaufkommen werden die Vegetationstypen mit spezifischen Ertragswerten verbunden. Diese beruhen auf Literaturwerten in Abstimmung mit den Angaben der WBV (s. Tabelle 26).

Auf der Grundlage der theoretischen Potenziale wird im dritten Schritt zunächst das technische Potenzial abgeschätzt. Anhand der festgesetzten Annahmen zu ertragssenkenden Faktoren (vgl. Tabelle 27) werden die Verluste bei der Mahd, dem Transport sowie der Lagerung abgezogen. Im Anschluss erfolgt die Berechnung des energetisch nutzbaren sowie des davon gegenwärtig freien Anteils. Bestehende Stoffströme sind die Kompostierung sowie bereits etablierte energetische Verwertungspfade. Im Ergebnis liegen Erkenntnisse zum freien, energetisch nutzbaren Potenzial aus der Gewässerunterhaltung vor.

Datengrundlagen

Im Ergebnis der Literaturrecherche sowie der Befragung der regionalen Wasser- und Bodenverbände, des Landeswasserverbandstag Brandenburg e.V. (LWT) und dem Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) stehen wesentliche Datengrundlagen und Informationen zur Durchführung der Analyse bereit (vgl. Tabelle 24).

Wesentliche Grundlage stellt das Gewässernetz der ATKIS-Daten dar. Ergänzende Geodaten sowie Ertrags- und Qualitätsinformationen in Form konkreter Angaben zur Biomasseverteilung und Zusammensetzung verschiedener Vegetationstypen sind von 5 der 25 WBV verwendbar. Zudem kann ein Geodatenatz des Regionalreferate RO des LUGV zum Gewässernetz der Region „Oder, Ucker“ verwendet werden.

Zur Quantifizierung der Biomasse und zur Ermittlung der räumlichen Verteilung werden die in folgender Tabelle 24 aufgeführten Daten- und Informationsgrundlagen genutzt.

Tabelle 24 Datengrundlagen im Bereich der Gewässerunterhaltung

Datengrundlage und Erläuterung	Stand / Quelle
Gewässernetz des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS Basis DLM)	2012 / Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB)
Gewässernetz Brandenburg der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg	2013 / Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB)
Gewässerkataster der Region „Oder, Ucker“	2014 / Landesamt für Umwelt, gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV)

Datengrundlage und Erläuterung	Stand / Quelle
Gewässerkataster und Angaben der Wasser- und Bodenverbände zu Unterhaltungsmaßnahmen, Substratverteilungen, Ausdehnung und Lage der Gewässer	2014 / 5 Wasser- und Bodenverbänden
Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg (BTLN) – CIR-Biotoptypen 2009	2009 / Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
Luftbilder	2007-2009 / Google Earth

Ausdehnung und Lage der Gewässer einschließlich ihrer Böschung

Anhand der vorliegenden Daten und Informationen werden die relevanten Potenzialflächen identifiziert. Wesentliches Kriterium für die Ausdehnung der Potenzialflächen sind die jeweiligen Durchmesser der Gewässer sowie die Länge der Böschungen.

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) besagt in § 38 Abs. 3, dass der Gewässerrandstreifen im Außenbereich 5 m breit sei. In der Bekanntmachung der Neufassung des Brandenburgischen Wassergesetzes (BbgWG) vom 2. März 2012 sind keine konkreten Angaben zur Flächenbreite aufgeführt. In § 84 BbgWG wird unter Verweis auf die §§ 38 und 41 WHG angeführt, dass das für die Wasserwirtschaft zuständige Mitglied der Landesregierung die Breite von Gewässerrandstreifen den örtlichen Verhältnissen entsprechend, durch eine Rechtsverordnung regeln kann. Dies ist bisher nicht geschehen, so dass gegenwärtig nicht von einer Mindestbreite der Gewässerränder auszugehen ist.

Zum Teil enthalten die ATKIS-Daten Angaben zum Durchmesser der Gewässer. Weitere konkrete Angaben können den Rückmeldungen der WBV sowie den zur Verfügung gestellten Gewässerkatastern entnommen werden. Sofern keine Angaben für Gewässer vorliegen, erfolgt eine Zuweisung von Durchschnittswerten (vgl. Tabelle 25).

Die Verortung der Potenzialflächen erfolgt auf der Grundlage des Gewässernetzes der ATKIS-Daten. Ergänzend werden die vorliegenden Gewässerkataster der WBV verwendet. Diese liegen jedoch nicht für alle Regionen vor, sodass dieser erhöhte Detailgrad nur für etwa die Hälfte des Gewässernetzes genutzt werden kann. Sowohl die ATKIS-Daten als auch die Kataster der WBV beinhalten überwiegend linienförmige Elemente. Anhand dieser GIS-Daten sind die fehlenden Gewässerflächen sowie die Böschungflächen anhand der eingangs festgelegten durchschnittlichen Breiten der Böschungen im GIS erzeugbar.

Tabelle 25 Annahmen zur Ausdehnung der Potenzialflächen in der Gewässerunterhaltung

Gewässernetz	Gewässersohle Breite	Böschung Breite	Quelle
I. Ordnung	≥ 8 m	Ø 10 m	ATKIS 2012
	≥ 8 m	4 m – 10 m	WBV-Daten
II. Ordnung	1,0 m – 12 m	Ø 2 m	ATKIS 2012
	0,5 m – 12 m	1,5 m – 9 m	WBV-Daten
Seen	nicht betrachtet	Ø 6 m	Regionale Akteure / Experten

Die Lage und Ausdehnung der im GIS erzeugten Potenzialflächen wird in Stichproben auf der Grundlage vorliegender Luftbilder überprüft und validiert. Dabei ist festzustellen, dass die Lage und Ausdehnung der Potenzialflächen überwiegend sehr gut mit der Realität übereinstimmt.

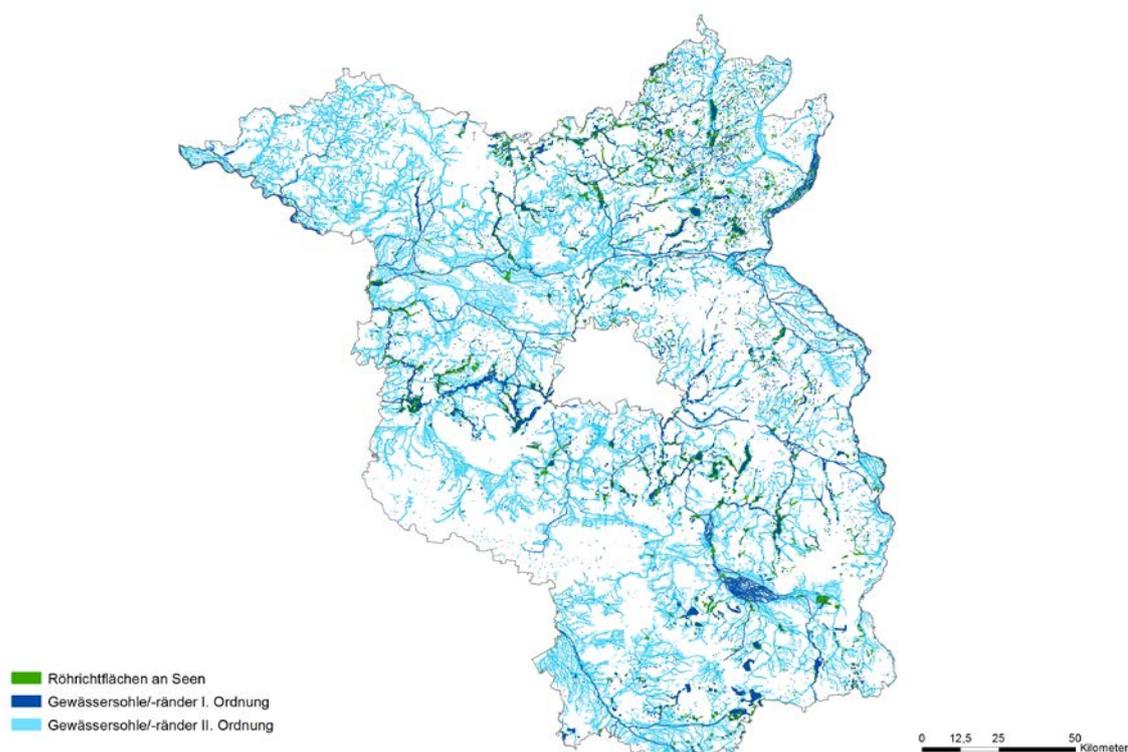


Abbildung 15 Räumliche Verteilung der Potenzialflächen der Gewässerunterhaltung anhand des Gewässernetzes der WBV i.V.m. der ATKIS-Daten (LGB 2012 und 2012, WBV 2014)

Annahmen für die GIS-gestützte Ermittlung der Biomassepotenziale

Die Vegetation der Gewässerböschungen sowie die eingesetzten Unterhaltungsmaßnahmen sind sehr heterogen. Entsprechend detaillierte Angaben für eine räumlich differenzierte Analyse liegen für das Land Brandenburg nicht vor. In Abstimmung mit den regionalen Akteuren sind deshalb, auf der Grundlage einschlägiger Literaturwerte, die zur Ermittlung der Biomassepotenziale erforderlichen Annahmen zu Erträgen, Qualitäten, Verlusten sowie Nutzungskonkurrenzen festzusetzen.

Für die Analyse des theoretischen Biomassepotenzials werden die, in Tabelle 26 aufgeführten Werte zu Biomasseaufkommen verwendet. Die Festsetzung basiert auf der Klassifikation von drei unterschiedlichen Vegetationskategorien der Gewässersohle sowie fünf Kategorien der Gewässerränder. Jede Kategorie nimmt einen bestimmten Anteil der Vegetation auf den Gewässerrändern sowie in der Gewässersohle ein. Unterschieden wird dabei nach Gewässern der I. Ordnung, der II. Ordnung sowie der Seen. Die Besonderheit bei den Seen ist, dass hier ausschließlich der Schilfaufwuchs in das Potenzial einbezogen werden soll. Dieser macht in Brandenburg etwa 10 % der Ufervegetation aus.

Tabelle 26 Biomasseannahmen zur Zusammensetzung der Vegetationstypen und entsprechender Erträge der Gewässer Brandenburgs⁸

Vegetations- kategorie	Annahme Biomasseaufkommen						Maßnahmenturnus
	Durchschnittliche Substratanteile [%]			Minimaler- trag	Ertragsmit- tel	Maximaler- trag	
	I. Ord	II. Ord	Seen*				
Gewässerränder							
Gras	57,5	18	-	1	2	3	1-2 Schnitte/a
Schilf	17,5	25	10	6	8	10	1-2 Schnitte/a
Krautige Vegetation	25	29	-	1	1,75	2,5	1-2 Schnitte/a
Gehölze	0	20	-	3	6,5	10	0,5 Pflegeschnitte/a
Substratmix	0	8	-	1,5	2,5	3,5	1-2 Schnitte/a
Gewässersohle							
Makrophyten	70	20	-	1	3,5	6	1-2x Sohlkrautung/a
Schilf	30	67	-	2,5	5	7,5	1-2x Sohlkrautung/a
Substratmix	0	13	-	2	4	6	1-2x Sohlkrautung/a

* Für die Kategorie „Seen“ wurde ausschließlich der Anteil an Schilfvegetation im Uferbereich berücksichtigt.

⁸ Festsetzung im Rahmen der Expertendiskussion auf der Grundlage des Fachgesprächs „Gewässerrunde – Grünlandenergie Havelland“ am 26. Mai 2010 in Nauen sowie von Literaturangaben aus: DBFZ 2009, , Heck 2004, Heise in Piorr 2010, Hirsch in Piorr 2011, Jandewerth 2011, Knappe 2007, Löhr 2011, Mietz 2010, Nierobis 2002, Peters 2009, Rietschel 2011 und Wichmann 2009.

Zur Berechnung der technischen Potenziale werden die Annahmen zu physischen Verlusten herangezogen. Die entsprechend für die Analyse festgesetzten Abschläge in Tabelle 27 beruhen auf den Ergebnissen der Literaturrecherche und anschließender Expertendiskussion.

Die Abschätzung des energetisch nutzbaren Anteils am technischen Potenzial erfolgt anhand ermittelter Nutzungskonkurrenzen. Neben verschiedenen stofflichen Verwertungspfaden, die einen Anteil zwischen 15 % (krautiges Material aus Gewässern II. Ordnung) und 95 % (Schilf aus Seen) des technischen Potenzials umfassen, bestehen keine weiteren Konkurrenzen. Weiterführend wird davon ausgegangen, dass für Materialien aus der Gewässerunterhaltung zum Teil bereits etablierte energetische Verwertungspfade bestehen. Entsprechend ist das energetisch nutzbare Potenzial aktuell nur zu bestimmten Anteilen ungenutzt (vgl. Tabelle 27).

Tabelle 27 Annahmen zu physischen Verlusten und Konkurrenznutzungen für die Berechnung der Biomassepotenziale der Gewässerunterhaltung

Abschlagskriterien (Faktoren)	Gewässertyp	Abzug [%]	freier, nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial [%]	
<i>...vom theoretischen Potenzial</i>				
Physische Verluste (Mahd, Abtransport, Lagerung)	Gewässer I. Ordnung	Kraut: 25	Krautiges Material: I. Ordnung: 32 II. Ordnung: 56 Seen: 15 Begleitholz: I. Ordnung / Seen: - II. Ordnung: 0	
	Gewässer II. Ordnung	Kraut: 30 Holz: 15		
	Seen	Schilf: 25		
<i>...vom technischen Potenzial</i>				
Nutzungskonkurrenzen (Kompostierung, Schilfrohrkulturen, Schilfschnitt, Bepflanzung von Pflanzenkläranlagen, Herstellung von Schilfrohrmatten für den Wärme-/Windschutz, Dacheindeckung, Einblasen des Materials)	Gewässer I. Ordnung	Kraut: 55		
	Gewässer II. Ordnung	Kraut: 15 Holz: 10		
	Seen	Schilf: 80		
<i>...vom energetisch nutzbaren Potenzial</i>				
Aktuelle energetische Verwertung	Gewässer I. Ordnung	Kraut: 5		
	II Ordnung	Kraut: 5 Holz: 100		
	Seen	Schilf: 0		

4.5.2 Potenziale

Im Land Brandenburg befinden sich etwa 61.500 ha Potenzialflächen mit Aufkommen von Landschaftspflegematerial im Bereich der Gewässerunterhaltung (vgl. Tabelle 28).

Tabelle 28 Flächenpotenziale mit Aufkommen von Landschaftspflegematerial aus der Gewässerunterhaltung

Fraktionen	Flächenpotenzial [ha]		
	Gewässersohle	Böschung	Gesamtpotenzial
I. Ordnung	11.686	18.012	29.698
II. Ordnung	12.037	13.470	20.507
Seen	-	6.267	6.267
Summe	23.723	37.749	61.472

Das theoretische Potenzial umfasst insgesamt etwa 153.700 t TM halmgutartige und 85.100 t TM holzige Biomasse. Nach Abzug der Bereitstellungsverluste verbleibt ein technisches Potenzial von 112.840 t TM des halmgutartigen und etwa 72.340 t TM des holzigen Landschaftspflegematerials.

Unter Berücksichtigung der Nutzungskonkurrenzen, die einen Anteil zwischen 10 und 80 % einnehmen, verbleibt das energetisch nutzbare Potenzial. Im Bereich des halmgutartigen und krautigen Materials stehen rund 63.480 t TM zur Verfügung. Nur ein geringer Anteil davon befindet sich gegenwärtig bereits in energetischen Stoffströmen. Im holzigen Bereich wird angenommen, dass das geborgene Begleitholz bereits komplett energetisch verwertet wird.

Das freie, energetisch nutzbare Potenzial des krautigen, halmgutartigen Materials entspricht je nach Quelle (Gewässer I. Ord, II. Ord oder Seen), zwischen 15 und 56 % des theoretischen Aufkommens. In Tabelle 29 sind die jeweils ermittelten Biomassepotenziale der Fließ- und Stillgewässer aufgeführt.

Tabelle 29 Biomassepotenziale aus der Gewässerunterhaltung

Potenziale	Durchschnittliche Erträge [t _{TM} /a]				
	Begleitgrün aus			Begleitholz aus	
	I. Ord	II. Ord	Seen	II. Ord	I. Ord / Seen
theoretisches Biomassepotenzial	100.000	48.700	5.000	85.100	-
technisches Biomassepotenzial	75.000	34.090	3.750	72.340	-
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	33.750	28.980	750	65.100	-
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	32.060	27.530	750	0	-
Summe		60.340		0	

Aus der Gewässerunterhaltung wurde ein freies, zur Verwertung verfügbares Potenzial von durchschnittlich 60.340 t TM pro Jahr ermittelt. Bislang gibt es in Brandenburg keine Strategien, wie das anfallende Halmgut aus der Landschaft in die energetische Verwertung geführt werden könne. Die Möglichkeit stellt im Kontext der dezentralen Energieversorgung und dem Ausbau der erneuerbaren Energien jedoch eine interessante Nutzungsalternative dar. Auch die Wasser- und Bodenverbände zeigen großes Interesse an neuen Lösungsansätzen, die dazu beitragen, anfallende Pflegematerialien in ökonomisch und ökologisch sinnvolle Konzepte einzubinden.

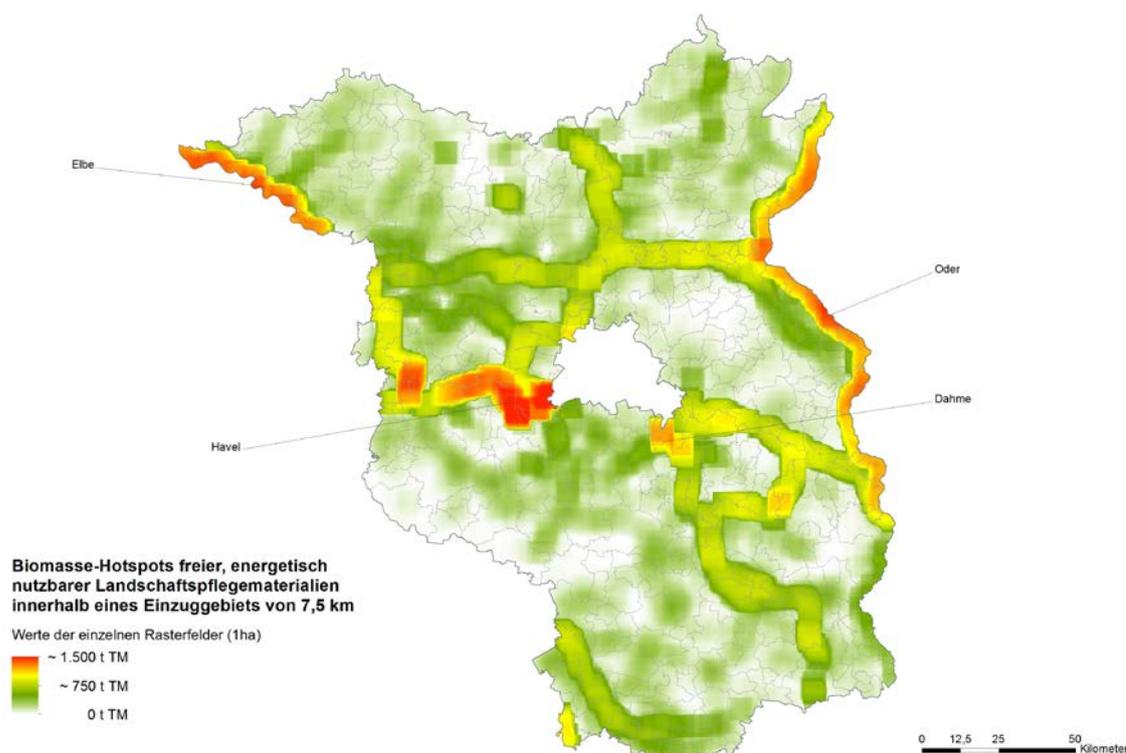


Abbildung 16 Konzentrationsräume erhöhter Biomasseaufkommen aus der Gewässerunterhaltung im Land Brandenburg

4.6 Gesamtpotenzial und Konzentrationszonen

Im Ergebnis wird die Erwartung bestätigt, dass die Biomassefraktionen sehr unterschiedlich zum Gesamtpotenzial beitragen. Das zeigt sich zuerst anhand der Potenzialflächen der Landschaftspflegekategorien. Diese erstrecken sich über den Gesamttraum Brandenburgs (vgl. Abbildung 17). Großflächige Vegetationsräume, wie die Grünlandflächen und die Offenlandbiotope der geschützten Flächen, geben erste Hinweise auf die räumliche Verteilung geeigneter Potenziale. Bereits die Überlagerung der fünf Landschaftspflegekategorien erlaubt eine erste Identifikation von Bereichen mit verstärktem Aufkommen an Potenzialflä-

chen. Deutlich werden z.B. die großflächigen Biomassepotenziale in der Wittstock-Ruppiner Heide und im Naturraum der Malxe-Spree Niederungen in der Region des Spreewalds. Aussagen zu Gebieten mit erhöhten Biomasseaufkommen werden jedoch erst anhand der Ergebnisse einer „Hotspot-Analyse“ getroffen werden können.

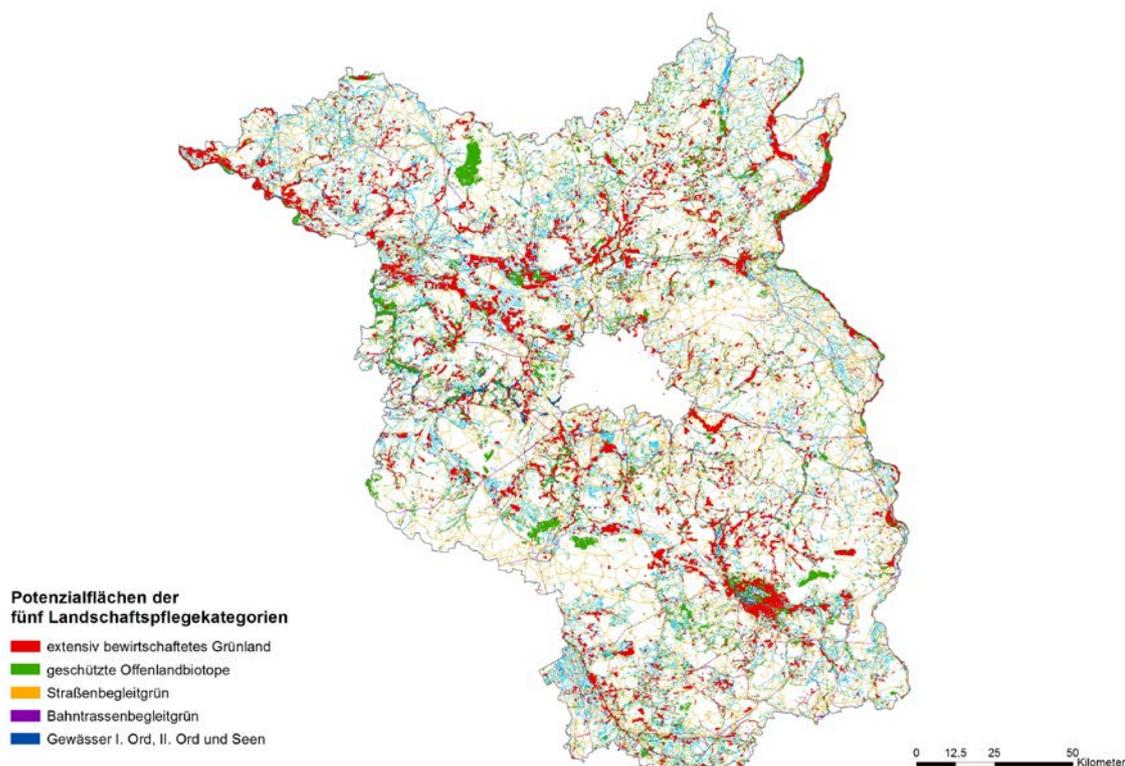


Abbildung 17 Übersicht der berücksichtigten Potenzialflächen der fünf Landschaftspflegekategorien im Land Brandenburg.

Im Bereich der halmgutartigen, krautigen Biomassepotenziale nimmt das extensiv bewirtschaftete Grünland den größten Anteil des Gesamtpotenzials ein. An zweiter Stelle folgt das Potenzial aus geschützten Offenlandbiotopen. Ein geringeres aber dennoch erhebliches Biomassepotenzial kommt aus der Gewässerunterhaltung.

Während in den geschützten Gebieten ein Großteil des Potenzials an halmgutartiger Biomasse frei und ungenutzt vorliegt, wird anfallende Biomasse von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen zu bestimmten Anteilen bereits zur energetischen Nutzung verwendet. Bei der Gewässerunterhaltung wird der größte Teil der anfallenden krautigen und halmgutartigen Biomasse noch nicht energetisch verwertet. Die Potenziale aus der Begleitgrünpflege entlang des Straßennetzes sind verhältnismäßig gering. Gleichzeitig bieten sie, im Vergleich zu den anderen Kategorien, wohl die technisch und wirtschaftlich am günstigsten mobilisierbaren Biomassepotenziale.

Für die fünf betrachteten Landschaftspflegekategorien ergibt sich ein freies, energetisch nutzbares Gesamtpotenzial halmgutartiger Landschaftspflegematerialien von durchschnittlich 335.100 t TM pro Jahr (etwa 35 % des theoretischen Gesamtpotenzials). Die ermittelten Potenziale sind in Tabelle 30 im Überblick zusammengefasst.

Tabelle 30 Durchschnittliche Biomassepotenziale der fünf betrachteten Landschaftspflegekategorien im Bereich Halmgut

Kategorien (Halmgut)	durchschnittliche Biomassepotenziale [t _{TM} /a] gerundet			
	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	energetisch nutzbares Potenzial	freies, energetisch nutzbares Potenzial
extensiv bewirtschaftetes Grünland	552.400	386.700	177.500	160.000
geschützte Gebieten	227.190	159.040	111.330	105.760
Straßenbegleitgrün	14.800	11.840	9.470	9.000
Begleitgrün Bahntrassen	5.900	4.720	4.010	0
Gewässerunterhaltung	153.700	112.840	63.480	60.340
Summe	953.990	675.140	365.790	335.100

Die Verteilung der Potenzialflächen der fünf Kategorien spiegelt sich auch in den ermittelten Konzentrationszonen wieder. Gebiete mit besonders großem Grünlandanteil, wie das Rhinluch, die nördlichen Bereiche des Odertal sowie Gebiete im Spreewald weisen ebenfalls Biomassehotspots auf (vgl. Abbildung 18).

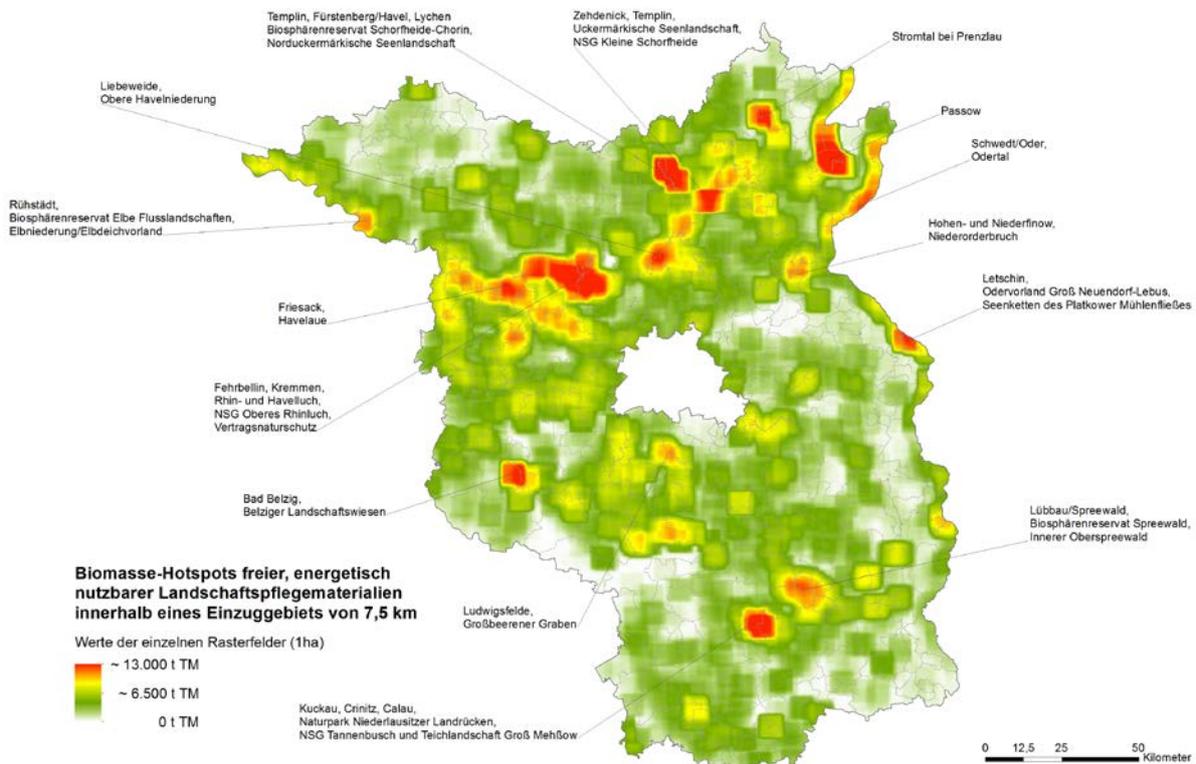


Abbildung 18 Überblick der Biomassehotspots der Gesamtpotenziale aller fünf Landschaftspflegekategorien im Land Brandenburg

Das extensiv bewirtschaftete Grünland wird voraussichtlich die Basis für das Gesamtpotenzial der Verwertungskonzepte liefern. Es wird in unterschiedlichem Maße durch Biomassepotenziale von den übrigen Fraktionen ergänzt werden. Nur in bestimmten Bereichen mit besonders hoher Dichte linienförmiger Biomassequellen oder pflegebedürftigen Naturschutzflächen, könnte auf den jeweiligen Biomassepotenzialen aufgebaut werden.

Der Vergleich der überlagerten Potenzialflächen mit der Darstellung der Biomasse-Hotspots zeigt aber auch, dass großflächige Potenzialräume nicht zwingend auch eine hohe Dichte an nutzbarer Biomasse aufweisen müssen. Dies ist bspw. in der Wittstock-Ruppiner Heide zu erkennen. Teilen sich mehrere Landschaftspflegebereiche mit hohen Biomasseanteilen aber gemeinsame Gebiete, bilden sie Konzentrationsräume hoher kumulierter Biomasseanteile. Die Malxe-Spree Niederungen weisen z.B. ein dichtes Gewässernetz der zu unterhaltenden Spreearme wie auch den Neuendorfer See auf. In dem unter Naturschutz stehenden Einzugsgebiet liegen großflächige extensiv bewirtschaftete Grünlandflächen während im Norden zusätzlich der Naturpark Dahme-Heideseen angrenzt. Eine ähnliche Konstellation bietet das Gebiet um das Rhinluch in der Havellandregion. Solche Potenzialbereiche konzentrierter Biomasseakkumulationen sollten hinsichtlich möglicher Synergieeffekte zwischen Pflege und energetischer Nutzungen im Detail geprüft werden.

Holzige Landschaftspflegematerialien fallen ausschließlich bei drei der fünf Kategorien an. Sowohl auf extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen, als auch auf den betrachteten Begleitflächen entlang der Bahntrassen kann ein Gehölzaufwuchs ausgeschlossen werden. Die größten Potenziale weist die Gewässerunterhaltung gefolgt von der Pflege geschützter Gebiete auf. Entlang der Straßen sind die Potenziale verhältnismäßig gering. Dies ist neben der geringeren Potenzialfläche auf den Ausschluss des Fällholzes von Straßenbäumen zurückzuführen.

Entgegen dem halmgutartigen Material ist davon auszugehen, dass sich die anfallenden holzigen Biomassen aus geschützten Gebieten, der Gewässerunterhaltung sowie vom Straßenbegleitgrün bereits in stofflichen sowie überwiegend energetischen Verwertungspfaden befinden. Für die energetische Verwertung wird von keinem zusätzliches Potenzial ausgegangen. Die ermittelten Potenziale sind in Tabelle 31 im Überblick zusammengefasst.

Tabelle 31 Holzige Biomassepotenziale der fünf betrachteten Landschaftspflegekategorien

Kategorien (Gehölz)	durchschnittliche Biomassepotenziale [t _{TM} /a] gerundet			
	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	energetisch nutzbares Potenzial	freies, energetisch nutz- bares Potenzial
extensiv bewirtschaftetes Grünland	kein Gehölzaufwuchs			Für die betrachteten Quellen von Landschaftspflegematerial wird davon ausgegangen, dass sich bereits alle mobilisierbaren holzigen Biomassen aus der Landschaft in energetischen Stoffströmen befinden.
geschützte Gebieten	48.420	33.890	27.110	
Straßenbegleitgrün	11.600	9.280	9.280	
Begleitgrün Bahntrassen	kein Gehölzaufwuchs			
Gewässerunterhaltung	85.100	72.340	65.100	
Summe	145.120	115.510	101.490	0

Mit Blick auf die energetische Verwertung der Landschaftspflegematerialien sind die ermittelten Potenziale entsprechend ihrer Qualitäten zu sortieren. Die jeweiligen Substratqualitäten lassen im überwiegenden Fall beide Verwertungspfade, Biogasnutzung und Verbrennung, zu. Die Untersuchung der aktuellen Verwertungsoptionen zeigt, dass sich mit Ausnahme der krautigen Materialien aus der Gewässersohle, alle halmgutartigen Biomassen auch für die Verbrennung eignen. Vornehmlich für die Biogaserzeugung zu verwenden sind weiterführend die Anteile besonders frischen Grasschnitts aufgrund höherer Wassergehalte. Voraussetzung für die Verbrennung ist eine Aufbereitung des Materials, in der Regel durch die Pelletierung der Substrate. Holzige Substrate können dagegen ausschließlich in Verbrennungsanlagen eingesetzt werden.

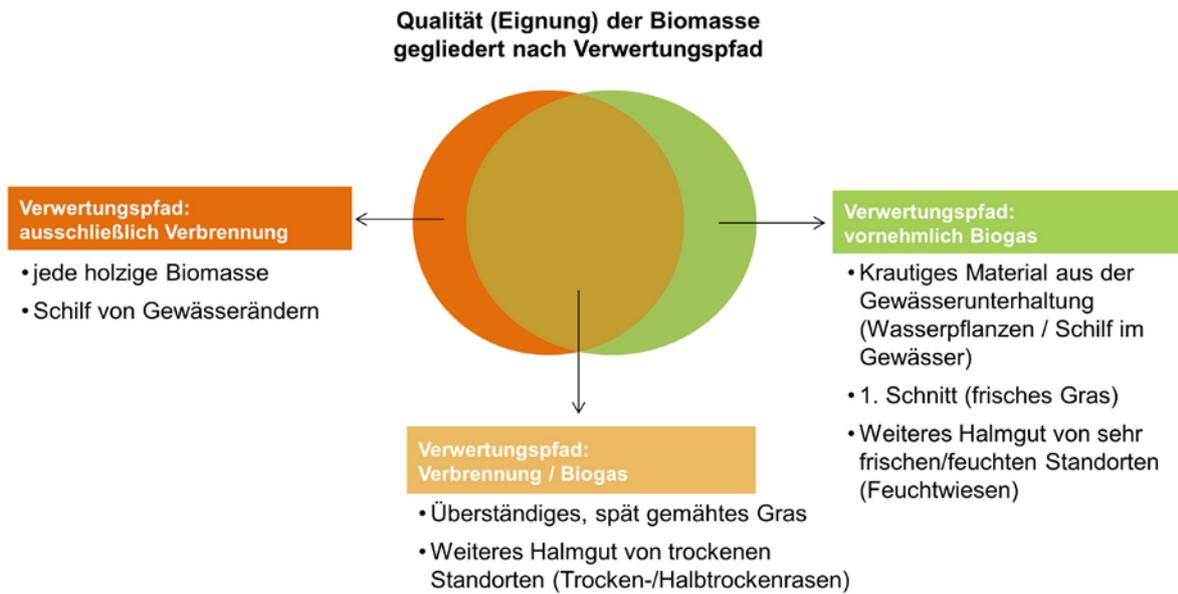


Abbildung 19 Verwertungsoptionen vor dem Hintergrund der Qualitäten einzelner Materialien aus den Landschaftspflegekategorien.

Unter den getroffenen Annahmen stehen im Land Brandenburg rund 750 t TM Schilf ausschließlich für die Verbrennung zur Verfügung. Dagegen sind etwa 94.000 t TM pro Jahr vornehmlich der Biogaserzeugung zuzuführen. Und rund 300.000 t TM eignen sich sowohl für die Biogaserzeugung als auch für die Verbrennung (vgl. Tabelle 32).

Tabelle 32 Potenziale der Landschaftspflegekategorien unterschieden nach den Verwertungsoptionen der Verbrennung und Biogaserzeugung.

Verwertungsmöglichkeiten	durchschnittliches freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial [t _{TM} /a] gerundet
ausschließlich in der Verbrennung (Schilf)	750
ausschließlich für die Biogaserzeugung	34.500
vornehmlich für die Biogaserzeugung	*94.000
in beiden Pfaden einsetzbar (Halmgutpellets)	300.000

* Unter der Annahme, dass etwa 40 % des Aufkommens frischer Grasschnitt vom 1. Schnitt ist (vgl. DBFZ 2012).

5 Möglichkeiten der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial

5.1 Stand der Technik und Entwicklungstrends bis 2030

Für die beiden Nutzungsvarianten Verbrennung und anaerobe Vergärung von Landschaftspflegematerial sind vielfältige Techniken und Technologien am Markt vorhanden.

Insbesondere im Bereich der Verbrennung (von Stroh und Heu) werden in Dänemark und Österreich Systeme angeboten, die auf eine lange Erfahrung blicken können. Insbesondere ein dänischer Hersteller, LIN-KA ENERGY A/S, hat bereits einige größere Anlagen zur Strohverbrennung in Deutschland installiert, z.B.:

- 1000 kW in Gülzow (FNR)
- 1700 kW Jena (TLL)

Je nach Eigenschaften des Materials kann es entweder als Hackschnitzel, Pellets oder in Ballenform eingesetzt werden. Bei den großen Strohheizwerken, wird das Stroh in großen Baderquallen eingesetzt. Zur Unterdrückung von Verschlackung und Emission von Luftschadstoffen können den Brennstoffen Additive wie Kalk oder Kaolin zugegeben werden. In den kommenden Jahren kann erwartet werden, dass die Methode der Beimischung von Additiven und der Mischung von Biofestbrennstoffen hier noch deutliche Verbesserungen bringt. Weiterhin wird, insbesondere bei größeren Anlagen, eine Filterung der Rauchgase unverzichtbar bleiben.

Die Biomasse-Verbrennungstechniken stehen von kleinen Anlagen zur Versorgung von Mehrfamilienhäusern mit einer Verbrennungsleistung von ca. 30 kW bis zu großen Heizkraftwerken mit einer Verbrennungsleistung von 20 MW und mehr zur Verfügung. Insbesondere bei den großen Anlagen werden Mischungen aus Biofestbrennstoffen den Vorrang vor Einzelbrennstoffen haben. Entscheidend wird hier die Form der Darreichung sein, da dies die Technik der Brennstoffaufbereitung und -fütterung in die Anlage bedingt. Es ist relativ unwahrscheinlich, dass Heiz- und Heizkraftwerke mehrere solcher Techniken bereithalten werden. Insbesondere bei kleineren Verbrennungsanlagen werden Pellets eine zunehmende Rolle spielen. Zum einen können in Pellets am einfachsten Additive in definierten Mengen zugegeben werden. Die Pelletierung erlaubt grundlegend einen definierten Brennstoff bereitzustellen in dem das Material auf Transportwürdigkeit verdichtet wird und leicht handhabbar bleibt.

In den bisherigen Untersuchungen hat sich die Aufbereitung von insbesondere halmgutartigen und krautigen Materialien als (ökonomisches) Hindernis gezeigt. Hier ist der größte Bedarf an Entwicklung, der jedoch anscheinend bereits vom Markt aufgenommen wird. Auf der Agritechnica 2013 und insbesondere auf der Energy Decentral 2014 wurden von einigen Herstellern mobile und kleine stationäre Maschinen zur Pelletierung und Brikettierung von

Biomassen vorgestellt. Auch die Interviews mit Herstellern, Vertreibern und Betreibern von Pelletieranlagen zeigte, dass in diesem Bereich eine große Offenheit gegenüber der Pelletierung von Material aus der Landschaft besteht. Eine typische Aussage ist: „Wir können alles pelletieren!“

Anders verhält es sich bei den Herstellern und Betreibern von Verbrennungsanlagen. Hier gibt es vor allem einen großen Unterschied zwischen großen (<ca. 350 kW Feuerungswärmeleistung) und kleinen Anlagen. Die größeren Anlagen sind im Allgemeinen auf die Verbrennung von Materialien unterschiedlicher Qualitäten eingerichtet. Dies betrifft vor allem die Fütterungstechnologie, die entsprechend robust gebaut ist. Bei kleineren Anlagen werden oft einfache und weniger robuste Bauteile verbaut, die leicht zu Störungen wie Verblockungen oder Leerlaufen (die Hackschnitzel bilden Brücken über die Fütterungsschnecken) führen können. Jedoch wird sowohl auf Seiten der Betreiber als auch der Hersteller erkannt, dass in Zukunft die Technik für eine größere Vielfalt von Brennstoffen geeignet sein muss.

Die Technologie der anaeroben Vergärung war in den vergangenen Jahren auf den Einsatz von leicht vergärbaren Einsatzstoffen wie Maissilage ausgerichtet. Der deutliche Anstieg der Preise für Agrarrohstoffe und die öffentliche Diskussion über Mais als Einsatzstoff für Biogasanlagen erhöht den Druck auf Neuentwicklungen und Anpassungsstrategien für bestehende Biogasanlagen, um mit schwierigeren und ligninhaltigen Einsatzstoffen umgehen zu können. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichende Zerkleinerung bzw. Hydrolyse des Materials vor der eigentlichen Biogasbildung. Ziel dieser Vorbehandlung ist zum einen eine Vergrößerung der Oberfläche für den Angriff der Bakterien und zum anderen eine Minimierung der Tendenz zum Verklumpen von Einsatzstoffen wie z.B. Gräsern. Dabei zeigt sich, dass eine ausschließlich mechanische Zerkleinerung durchaus zur verbesserten Umsetzung des Materials führt, jedoch die Verklumpung nur unzureichend verhindert. Die Verklumpung kann nur verhindert werden wenn die Zerkleinerung auch zu einer vorgeschalteten Hydrolyse führt. Hierzu ist eine Reihe von physikalischen, biologischen und chemischen Verfahren einsetzbar.

Zu den physikalischen Vorbehandlungen gehören rein mechanische Verfahren, mit dem Ziel der Zerkleinerung des Materials. Dabei unterscheiden sich die Verfahren nach der Art der Zerkleinerung:

- mahlen zu sehr kleinen Partikeln mit z.B. Hammermühle, Kugelmühle, etc.,
- kürzen und längs der Hauptachse zerspleißen mit Querstromzerspaner, Vertikal-schredder, etc.,
- pressen und zerkleinern mit Extruder,
- pressen und schneiden mit z.B. Vogelsang EnergyJet und RotaCut,

oder Verfahren, die auch die Zerstörung von Zellwänden ermöglichen:

- Thermische Behandlung im Druckreaktor (TDH: Thermodruckhydrolyse),
- Ultraschall,

- Hochfrequenzimpulse.

Die biologischen Verfahren basieren auf einer Beschleunigung der Hydrolyse. Hierzu gehören

- die Zugabe von hydrolytischen Enzymen und
- die vorgeschaltete, externe Hydrolyse mit verstärkter Präsenz der hydrolytischen Bakterien.

Die beschleunigte Hydrolyse greift offensichtlich die Struktur der Pflanzenoberfläche an und reduziert somit die Tendenz zur Verklumpung. Ob jedoch eine Steigerung der Biogasbildung beim Einsatz der beschleunigten Hydrolyse stattfindet, konnte nur in einem von vielen Praxisversuchen unabhängig nachgewiesen werden. Gleichzeitig wird aus vielen Praxisanwendungen der Enzyme und externen Hydrolysen von solchen Ausbeutesteigerungen berichtet.

Keine Bedeutung im Sektor der Biogasanlagen haben die chemischen Verfahren, die z.B. in der Papierherstellung genutzt werden:

- der Alkalische Aufschluss
- und der Saure Aufschluss.

Dabei wird das Material komplett, d.h. auch sämtliche Lignine und lignozellulosen Komplexe, hydrolysiert. Dies zeigt sich auch darin, dass die Biogasausbeute eines solch aufgeschlossenen Materials (z.B. Stroh) die Werte von Mais erreicht, wobei der alkalische Aufschluss etwas höhere Ausbeuten zeigt, als der saure Aufschluss. Die Verwendung dieser chemischen Verfahren ist aus mehreren Gründen jedoch wenig verbreitet:

- notwendige Sachkunde zum Umgang mit starken Laugen oder Säuren
- sehr hohe Anforderungen an Arbeitsschutz und Anlagensicherheit
- Aufsalzung des Gärrests
- hohes Risiko bei Havarien

Während auf der Agritechnica 2013 und der Messe zur Jahrestagung des Fachverband Biogas 2014 eine große Vielfalt von mechanischen Zerkleinerungstechniken angeboten wurden, scheint sich der Markt zur Energy Decentral 2014 bereits etwas auf die erfolgreicherer Techniken reduziert zu haben. Im Zusammenhang mit dem Aufschluss von Pferdemist und teilweise auch mit Material aus der Landschaftspflege, wurden in den letzten Monaten mehrere Techniken in Praxisanlagen eingesetzt, getestet und als geeignet bewertet:

- Schachtbau Nordhausen Molares – Zerkleinerer mit vertikal drehendem doppelten Schlagwerk
- Bomatic bzw. PlanET Rotacrex 750 – Vertikalschredder mit horizontal drehendem Schlagwerk

- BHS Sonthofen Biogrinder – Vertikalschredder mit horizontal drehendem Schlagwerk
- Andritz MeWa QZ 900 – Querstromzerpaner mit horizontal drehendem Ketten-Schlagwerk
- Recuperma UZ 1000 Bio – Querstromzerpaner mit horizontal drehendem Ketten-Schlagwerk
- Vogelsang EnergyJet – Schneckenverdichter mit Schneckenflügel zum Auflösen des Propfens und Anmischung, Pumpen durch Materialverdichtung und Pfropfenbildung. Der EnergyJet verbindet also mehrere Arbeitsgänge: Zerkleinern, Anmischen und Pumpen, mit dem angeschlossenen RotaCut werden Fremdkörper abgeschieden und das Material nochmals zerkleinert.

Beim Einsatz dieser Techniken wird in Praxisbiogasanlagen bei gleichen Einsatzstoffen vergleichsweise zwischen 10 und 25 % mehr Biogas produziert.

Zusätzlich zu den Verfahren der Zerkleinerung oder zur externen Beschleunigung der Hydrolyse gibt es Biogasanlagen, die relativ große Mengen von Materialien wie Grassilage einsetzen und die Umsetzung des Grases intern verbessern. Voraussetzung hierfür ist eine möglichst vollständige Verteilung des Materials im Fermenter. D.h. die Techniken zur Umwälzung oder des Rührens sind hier entscheidend.

Aufgrund der Eigenschaften von Gras und Landschaftspflegematerial muss die Technik dieser Biogasanlagen deutlich robuster sein, als die von Mais- oder Güllevergärungsanlagen. Fütterungstechnik, wie Schneckenförderer oder Pumpen müssen deutlich stärker, d.h. mit höheren Förderquerschnitten und höherer Materialstärke, ausgelegt werden. Das gleiche gilt für die Rührtechnik. Hier sind langsam laufende Paddelrührwerke schnell laufenden Tauchmotorrührwerken vorzuziehen. Schnecken in den Transportanlagen sollten mit verschleißarmen und soliden Lagern und verschleißarmen Schneckenkörpern aus hartem Schwarzstahl, ggf. mit Hartmaterial (Keramik) gepanzert, ausgestattet sein. Bei den Pumpen sollten Exzenter-schneckenpumpen den üblichen Drehkolbenpumpen bevorzugt werden.

Statt mechanischer Rührer kann auch eine hydraulische Umwälzung eingesetzt werden. Hierzu wird an drei oder vier Punkten im unteren Fermenterbereich Biogas tangential eingeblasen. Diese Technik wird in mehreren Biogasanlagen mit großem Grasanteil in Schweden eingesetzt.

Parallel zu Biogasanlagen mit gerührtem oder umgewälzten Inhalt, gibt es die Möglichkeit der Boxenfermentation, wie sie u.a. von Viessmann Haase, Bioferm, oder Gicon angeboten wird. Hierbei wird das frische Material mit festem Gärrest vermischt und für eine Verweilzeit von etwa 4 Wochen in einer gasdichten Box gelagert und mit Hydrolysat perkoliert. Die eigentliche Biogasbildung findet je nach System mehr oder weniger stark in einem externen Perkolat-/Hydrolysat-tank oder Fermenter statt. Für diese Form der Vergärung ist strukturreiches Material, wie es aus der Landschaftspflege kommen kann, vorteilhaft. Jedoch wird in

den meisten Boxfermentern eine deutlich niedrigere Biogausausbeute erreicht als in gerührten Fermentern.

Als Fütterungsdosierer sind Container mit einem Fördermechanismus im Boden wie der Schachtbau Nordhausen Multifloor (Schubboden), der PlanET Vario (Schubleisten) und der Havelberger (Kratzketten) sehr gut geeignet, da diese erfahrungsgemäß zuverlässig und störungsfrei arbeiten. Zur Auflockerung des Materials arbeiten diese Systeme mit ein oder zwei Auflockerungswalzen. Die zusätzlichen Reißschnecken, wie sie im MT Alligator++ eingebaut sind, oder die vertikalen Mischschnecken des Biofeeder, bringen u.E. keine Vorteile, sondern erhöhen ausschließlich den Energiebedarf. Vertikalmischer haben in der Regel deutlich kleinere Vorlagenvolumina und einen höheren Energiebedarf als Schubbodencontainer oder ähnliche Systeme. Dies ist einer der Gründe, warum viele Anlagenhersteller, die ursprünglich Vertikalmischer trotz großer Fütterungsmengen bevorzugt haben, mittlerweile auf Schubbodencontainer und ähnliche Systeme umgestellt haben. Außerdem ergaben sich durch das Anmischen im Vertikalmischer, wie es aus dem Futtermischen für Tiere übertragen wurde, nicht so viele Vorteile für die anaerobe Vergärung, dass der höhere Energieaufwand gerechtfertigt würde. In den Feststoffdosierern kann der Koppelwirkung von abrasivem Verschleiß und Säureangriff der Einsatzstoffe durch Pulverbeschichtung oder durch den Einsatz von Holzwänden sowie Kunststoffverkleidungen begegnet werden.

Mit Hilfe von Interviews von Biogasanlagenherstellern wurde ermittelt welche Zusatztechnologien bereitstehen und notwendig sind, um die vorhandenen Biogasanlagen für den Einsatz von Landschaftspflege zu ertüchtigen. Dabei sollte bereits beim Neubau von Biogasanlagen eine größere Vielfalt von Einsatzstoffen und insbesondere schwierigen Einsatzstoffe berücksichtigt werden. Hierzu wurden auf der diesjährigen Jahrestagung des Fachverband Biogas e.V. eine Vielzahl von Lösungen vorgestellt:

- vorgeschaltete Hydrolysen,
- vielfältige Formen der Zerkleinerung der Einsatzstoffe,
- Zerkleinerung und Desintegration von Materialien im Substrat, meist als Bypass zum Fermenter, aber auch als Einbau zwischen Haupt- und Nachgärer.

Die Entwicklung der Pyrolyse von krautigen oder minderwertigen holzigen Biomassen ist deutlich hinter den Erwartungen zurückgeblieben, die vor 10 bis 15 Jahren postuliert wurden. Da fast alle Weiterentwicklungen, die in diesem Bereich zur Zeit stattfinden an wissenschaftlichen Einrichtungen betrieben werden, ist es relativ unwahrscheinlich, dass bis 2030 eine nennenswerte Zahl großtechnischer Anlagen zur Verfügung stehen wird. Es kann jedoch erwartet werden, dass bis zu diesem Zeitpunkt funktionierende Pilotanlagen existieren werden. Ähnlich verhält es sich mit der thermischen Carbonisierung. Auch hier findet der größte Teil der Entwicklung im Labor- und Technikumsmaßstab statt. Der Schwerpunkt bei diesen Entwicklungen liegt jedoch auch nicht im Bereich der Brennstoffentwicklung sondern es sollen vor allem Bodenverbesserer entwickelt werden. Für den Entwurf einer mittelfristigen Nutzungsstrategie kann deshalb auf eine Berücksichtigung dieser Nutzungspfade verzichtet werden.

Neben dem Stand der vorhandenen Biogas- und Biomasseverbrennungsanlagen, wie er sich aus den Anlagenregistern ergibt, wurden Interviews mit Betreibern von thermischen Bioenergieanlagen und Biogasanlagen darüber geführt, welche Anlagentechnik zur Nutzung des Landschaftspflegeguts vorhanden ist und welche Erweiterungen geplant oder möglich sind. Die Interviews mit Anlagenbauern und -planern sollte Aufschluss geben, welche neueren Entwicklungen zu erwarten sind, wie bestehende Anlagen erweitert werden können und welche Anlagenkonzeptionen geplant sind. Diese Interviews sollten auch über die zugrunde liegenden Investitionen und die anzusetzenden Betriebskosten Aufschluss geben.

5.2 Kosten-Nutzen-Analyse und Entwicklungstrends bis 2030

Unter den derzeitigen Bedingungen ist Landschaftspflegematerial als Brennstoff sowie als Einsatzstoff für Biogasanlagen grundsätzlich teurer als Waldrestholz oder Silagen. Außerdem verursachen die notwendige Technik und die Anpassungen vorhandener Technik zur Nutzung des Landschaftspflegematerials höhere Investitionen und Betriebskosten.

Bei den Kosten für die Rohstoffe kann jedoch erwartet werden, dass auf Grund der Verknappung von Waldrestholz in den kommenden 10 Jahren und der Preisentwicklung von Agrarrohstoffen, wie auch der öffentlichen Diskussion, Landschaftspflegematerial wirtschaftlich konkurrenzfähig wird. Aufwuchsreiche Pflanzen, wie z.B. Rohrglanzgras, können schon heute als Brennstoff konkurrenzfähig sein.

Im Allgemeinen wird für Landschaftspflegematerialien davon ausgegangen, dass aufgrund der geringen Energiedichte in der Fläche und in der Verbindung mit hohen Bergekosten wirtschaftliche Konzepte nur schwer erreichbar sind. Es müssen hier also noch weitere Faktoren berücksichtigt – und vergütet – werden, die eine energetische Nutzung dieses Materials sinnvoll machen. Hierzu zählt sicherlich, dass in der öffentlichen Diskussion es nur schwer zu vermitteln ist, warum der Anbau von Energiepflanzen notwendig ist, solange Reststoffe aus der Landschaft nicht, oder nur unzureichend genutzt werden. Weiterhin widerspricht die Praxis, das geerntete Landschaftspflegematerial in der Fläche zu belassen in vielen Fällen dem Zweck der Landschaftspflege. Durch den Nährstoffeintrag, dem Belassen von Samen ungewollter Pflanzen und der Veränderung der organischen Schicht, kann es in vielen Fällen zu ungewollten Veränderungen der Flora, und auch der Fauna, kommen. D.h. zum Erhalt der Landschaft wird es notwendig die geernteten Massen zu bergen. Dies ist in der Regel mit erheblichen Kosten verbunden. Die energetische Nutzung dieser Materialien kann diese Kosten zwar nicht kompensieren aber reduzieren. Bei einer Kosten-Nutzen-Analyse ist deshalb sehr wichtig wo die Betrachtungsgrenzen gesetzt werden.

Von der Kosten-Nutzen-Analyse wird erwartet, dass sich erfolgversprechende Anlagenkonstellationen und Versorgungsstrukturen für diese Anlagen erkennen lassen. Wichtig in dieser Analyse sind die Kosten für Logistik. Es wird davon ausgegangen, dass viele Biomassen aus der Landschaftspflege zur Zeit nicht eingesammelt werden, insbesondere bei Linienquellen wie Straßen, Gewässer und Eisenbahntrassen, da der Aufwand nicht vergütet wird. Den

Kosten aus Ernte, Bergung und Transport werden die Nettoeinnahmen aus der Energiebereitstellung gegenüber gestellt.

Wirtschaftliche Analysen im Rahmen der von der FNR geförderten Projekte GNUT-Verbrennung und GNUT-Biogas zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Gras aus extensiver bis naturverträglicher Bewirtschaftung an mehrere Bedingungen geknüpft ist:

- Bis zu einem jährlichen Aufwuchs von weniger als 4 t TM/ha, sind weitere flächenbezogenen Prämien von bis zu 300 €/ha nötig, um eine Wirtschaftlichkeit herzustellen.
- Die Höhe der Prämie ist mehr oder weniger mit der Masse des Aufwuchses umgekehrt proportional.
- Die Verbrennung von Material aus der Landschaft ist wirtschaftlich besser darstellbar als die anaerobe Vergärung des Materials.
- Die Verbrennung in dezentralen Anlagen ist wirtschaftlicher als in zentralen Anlagen und kann in Konkurrenz zu Öl- und Gasfeuerung treten.
- Die anaerobe Vergärung ist, insbesondere bei Berücksichtigung der Regeln des EEG 2014, nur in Bestandsanlagen wirtschaftlich darstellbar.
- Die anaerobe Vergärung ist wirtschaftlich umso besser darstellbar, desto größer die Anlage ist, der Schwellenwert liegt hierbei bei ca. 500 kW elektrischer Leistung.
- Der Anteil von Material aus der Landschaftspflege kann bei der anaeroben Vergärung massebezogen 10 bis 20 % an den festen Einsatzstoffen betragen.

5.3 Praxisbeispiele

Zur Klärung der Frage welche Biomasseheiz(kraft)werke für die Verbrennung von Material aus der Landschaft geeignet sind, wurden die Betreiber von Biomasseheizkraftwerken in Brandenburg befragt. (Die Befragung von Betreibern von Biomasseheizwerken wird noch durchgeführt).

Es konnten 20 Adressen von Biomasseheizkraftwerken ermittelt werden. Von diesen haben:

- 6 Betreiber geantwortet
- 9 Betreiber keine oder nur unzureichende Antworten gegeben
- 5 Betreiber konnten nicht erreicht werden (z.B. wegen Insolvenz des Betriebs)

Die Antworten lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Tabelle 33 Typisierung der BMHKW aus den Antworten der Betreiber

Größe der Anlage:	1	2	3	4	5	6
Thermische Leistung/Arbeit	80.000 MWh/a	3,5 MW		0,45 MW	54,6 MW	9,2 MW
Elektrische Leistung/Arbeit	20 GWh	2,56 MW	18,6 MW	1,4-1,8 MW	20 MW	0,72 MW
Verbrennungs-/ Verstromungstechnologie	Rostfeuerung	Vorschub-Treppenrost-Feuerung	KWK, R01	Schubroster	Wirbelschichtfeuerung	- / ORC
Art Brennstoff	Holz	Naturbelastenes Waldrestholz	Recyclingholz	Holzhackschnittzel	Altholz	
Typ	AI bis AIV		AI/AIV	AI + AII	AI - AIV	
Brennstoffmenge	80.000 t	ca. 29.000 t/a	ca. 240.000 t/a	-	130.000 t/a	

Auf die Fragen zum Einsatz von Material aus der Landschaft wurden folgende Antworten gegeben:

Tabelle 34 Einsatzbereitschaft zu Material aus der Landschaft bei BMHKW (5 Antworten)

	1	2	3	4	5
Für die Verbrennung von LM geeignet	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja
Art von LM das genutzt wird/könnte genutzt werden	Alles aus Holz bestehendes Material	Bisher keines eingesetzt, aber vorstellbar. LM aus Schutzgebieten und Kompensationsflächen LM von Bahntrassen Straßenbegleitgrün	Trockene Biomasse aus Holz mit Heizwert >12000 kJ/kg	-	Astwerk- Stammholz Rasenschnitt und Friedhofsabfälle Strauchwerk

Auf die Frage welche Probleme beim Einsatz von Material aus der Landschaft auftreten können wurden die folgenden Antworten gegeben, wobei auch Mehrfachnennungen dabei sind:

- Hohe Feuchtigkeit
- Geringer Heizwert
- Sand, Steine

- Schadstoffbelastung der Rauchgase
- Erhöhte Aschenmenge
- Erhöhte Bleigehalte in der Filterasche
- Filterasche und Rostasche

Grundsätzlich wurde der Einsatz dieser Materialien als notwendig und in Zukunft als zwangsläufig eingeschätzt.

In Brandenburg waren Ende 2013 nach der Einspeisestatistik des Netzbetreibers 50 Hz 475 Biogasanlagen (bzw. Einspeisepunkte) gemeldet. Von diesen 475 ermittelten Betreibern bzw. Adressen antworteten 35 Betreiber mit insgesamt 47 Anlagen auf unsere Befragung.

Auf die Frage ob in der Biogasanlage Material aus der Landschaft eingesetzt wird oder werden könnte, ob vergleichbare Stoffe bzw. Stoffe mit erhöhten Anforderungen an die Technik eingesetzt werden, wurden folgende Antworten erhalten:

Von 47 Anlagen:

- (18) sagen Nein zu Landschaftspflegematerial,
- (14) setzen Getreide-GPS ein,
- (9) setzen Grassilage mit und ohne Getreide-GPS ein,
- (1) setzt organische Reststoffe ein,
- (1) setzt Abfälle ein,
- (1) machte keine Angabe.

Im Grundsatz scheinen etwa zwei Drittel der Anlagen in der Lage zu sein, Material aus der Landschaftspflege in anzupassenden Anteilen verarbeiten zu können. Bei einem Drittel der Anlagen ist entweder nicht die Bereitschaft hierfür vorhanden oder die Anlagen sind dazu technisch nicht in der Lage. Bei technischen Problemen gibt es jedoch wie oben dargestellt eine Vielzahl von Lösungen, die vorgeschaltet werden können.

6 Technische Nutzungsmöglichkeiten der freien energetisch nutzbaren Potenziale von Landschaftspflegematerial

Grundsätzlich stehen der energetischen Nutzung von Reststoffen aus der Landschaft zwei Pfade offen, wobei jedoch innerhalb dieser Pfade eine Reihe von Optionen bestehen:

1. der Verbrennung in Heizwerken und Heizkraftwerken
2. der anaeroben Vergärung in Biogasanlagen

Die Entscheidung für welchen Nutzungspfad das Material geeignet ist, wird zum einen über den Ligningehalt, den Wassergehalt und über bekannte Arten, die als Leitart eines Biotoptyps gelten kann, bestimmt. Material mit hohem Ligningehalt, wie z.B. alle holzigen Pflanzen oder Pflanzen mit niedrigem Wassergehalt, ohne oder mit Trocknung wie z.B. Heu, wird grundsätzlich als geeignet für die Verbrennung betrachtet. Material, das vor allem grün geerntet wird, einen hohen Wassergehalt hat oder trotz niedrigem Wassergehalt auch einen niedrigen Ligningehalt hat, wird als geeignet für die Vergärung betrachtet.

Neben dieser grundsätzlichen Unterscheidung der Eignung des Materials für die energetische Nutzung, muss auch entschieden werden, welcher Anteil des naturräumlichen Potenzi als tatsächlich für eine solche Nutzung bereitgestellt werden kann. Ist das Material unter logistischen und wirtschaftlichen Aspekten erschließbar? Zur Beantwortung dieser Frage haben wir den bestehenden Einzugsraum von Biogasanlagen modelliert und nehmen an, dass Material innerhalb dieses Einzugsgebiets auch in der Biogasanlage, voraus gesetzt diese ist technisch hierzu in der Lage, verwertet werden kann.

6.1 Materialbeschreibung und Nutzungspfad

Entscheidend für den Nutzungspfad sind der Trockenmassegehalt und der darin enthaltene Anteil an Lignin, d.h. je trockener und verholzter das Material ist, umso eher ist es zur Verbrennung geeignet. Da bei der Verbrennung das gesamte Material umgesetzt wird, ist der Energieoutput bei der Verbrennung größer als bei der anaeroben Vergärung. Bei besonders feuchtem Material, d.h. Wassergehalte >60 %, ist der Energiebedarf zur Trocknung so groß, dass der Netto-Energieoutput der Verbrennung in der Regel deutlich kleiner ist, als aus der anaeroben Vergärung. Durch Lufttrocknung, d.h. Lagerung an einem gut belüfteten Ort, ist eine Absenkung des Wassergehalts auf ca. 20 % möglich. Somit kann Material, das für die Vergärung auf Grund seines hohen Ligninanteils nicht geeignet ist, auf einen für die Verbrennung guten Wassergehalt gebracht werden.

In uns bekannten bereits durchgeführten bzw. noch aktuellen Projekten, wie dem Projekt „Grünlandenergie Havelland - Entwicklung von übertragbaren Konzepten zur naturverträglichen energetischen Nutzung von Gras und Schilf am Beispiel der Region Havelland“ und den beiden Projekten „Optimierung der nachhaltigen Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen für die thermische Verwertung“ (GNUT-Verbrennung) und „Optimierung der Biomassebereitstellung und Vergärung in Biogasanlagen von repräsentativen

Dauergrünlandtypen“ (GNUT-Biogas) wurden Grünland-Biomassetypen der Verbrennung und der Vergärung zugeordnet. Diese Ergebnisse werden für die Zuordnung in diesem Projekt mit genutzt.

Eine Reihe von Materialien ist sowohl für die Verbrennung als auch für die Vergärung geeignet. Die Entscheidung zu welchem Nutzungspfad diese zugegeben werden hängt von der regionalen Energiedichte ab. Sind innerhalb eines rentablen und energetisch-ökologisch sinnvollen Einzugsradius einer Biogasanlage Rohstoffe aus der Landschaftspflege vorhanden und diese grundsätzlich zur Vergärung geeignet, werden sie als Vergärungspotenzial betrachtet.

Die Möglichkeit das Material aus der Landschaftspflege über die Pyrolyse oder die thermische Carbonisierung in einen Energieträger zu überführen, der dann entsprechend eingesetzt werden kann, wird nicht betrachtet.

6.2 Material zur Verbrennung

Ausschließlich zur Verbrennung geeignet ist Material mit einem hohen Ligningehalt. Dies sind alle holzigen Pflanzen und Pflanzenteile, wie Strauch und Baumschnitt. Weiterhin werden überständige Gräser und krautige Pflanzen, insbesondere bei zwei-jähriger Ernte, als gut zur Verbrennung geeignet betrachtet. Im Grundsatz kann auch alles Material, dass bei der Ernte einen Wassergehalt von 20 % und weniger hat, als für die Verbrennung geeignet betrachtet werden. Durch Lufttrocknung kann für einige Materialien ein solcher Wassergehalt hergestellt werden, wie z.B. Heu aus der Landschaftspflege.

In dem Projekt GNUT-Verbrennung wurden mehrere extensive Grünlandtypen als geeignet bewertet, Material für die Verbrennung zu liefern. In der folgenden Tabelle werden diese Grünlandtypen den Biotoptypen der brandenburgischen Biotopkartierung zugewiesen. Diese Zuweisung erfolgt anhand der Leitarten (Arten mit vorwiegendem Vorkommen) und der übereinstimmenden Benennung weiterer Arten innerhalb der Artenzusammensetzung der Biotoptypen und der Grünlandtypen.

Tabelle 35 Zuordnung von Grünlandtypen zu Biotoptypen

Biotoptyp	Abk.	Grünlandtyp
Nährstoffreiche Moore und Sümpfe	ME	Schnabelseggenried
Röhrichtgesellschaften an Standgewässern	SR	Rohrglanzgras
Hochstaudenfluren feuchter bis nasser Standorte	GSF	Waldengelwurz-Kohldistel-Feuchtwiese
Feuchtwiesen nährstoffreicher Standorte	GFR	Waldstorchschnabel-Goldhaferwiese
Zierrasen/Scherrasen	GZ	
Großseggenwiesen (Streuwiesen)	GFS	Pfeifengras-Streuwiese

Der Energiegehalt (Heizwert (wf) für absolut trockenes Material) der für die Verbrennung geeigneter Materialien liegt in der Regel innerhalb eines engen Bereichs. Holzige Biomasse, vor allem solche mit kleinen Durchmessern, Äste und Zweige haben einen hohen Rindenanteil, dies macht sich in einem hohen Aschenanteil bemerkbar. Gräser und krautige Pflanzen haben einen zum Teil sehr hohen Ascheanteil und folglich einen gegenüber Holz reduzierten Heizwert.

Tabelle 36 Heizwerte und Zusammensetzung von holzigen und krautigen Biomassen

Biomassetyp/Grünlandtyp	Heizwert	TM ¹	Rohfaser	Rohprotein	Rohasche
	MJ/kg TM	% FM	% TM	% TM	% TM
Waldretholz (Buche) ^a	18,40	50			0,5
Kurzumtriebsholz (Weide) ^a	18,40	40			2,0
Schnabelseggenried ^b	17,03	40,2	29,4	9,6	6,80
Rohrglanzgrasröhricht ^b	16,93	29,5	33,0	9,4	5,27
Waldengelwurz-Kohldistel-Feuchtwiese ^b	16,52	21,7	30,3	12,7	8,61
Waldstorchschnabel-Goldhaferwiese ^b	16,42	23,1	24,6	12,2	8,46
Pfeifengras-Streuwiese ^b	16,98	27,3	27,6	8,6	7,42

¹ Trockenmasse bezieht sich auf den Erntezeitpunkt; ^a Hartmann u. Hering (2004); ^b GNUT-Verbrennung

Somit kann für holzige Biomassen mit einem Heizwert (wf) von 18,4 MJ/kg TM und für krautige Biomassen und Gräsern mit einer Spanne für den Heizwert (wf) von 16,5 MJ/kg TM bis 17,0 MJ/kg TM gerechnet werden.

6.3 Material zur Vergärung

Grundsätzlich kann alles Material, das grün geerntet wird, für die Vergärung eingesetzt werden. Eine weitere wichtige Voraussetzung ist die Silierbarkeit. Diese ist ab einem Wassergehalt von ca. 55 % und mehr machbar. Die Silierung ist zum einen notwendig, um das Material über einen längeren Zeitraum lagerfähig zu machen und zum anderen wird meistens durch die Silierung die Vergärbarkeit des Materials verbessert.

Das Biogasbildungspotenzial von Material aus der Landschaft überspannt einen großen Bereich. Ausschlaggebend sind hier Rohfaseranteile und deren Vergärbarkeit. Dies hat mit der Ligninbildung innerhalb dieser Rohfasern, aber auch dem Vorhandensein von Lignozellulose zu tun. Lage Zeit ist man grundsätzlich von niedrigen bis sehr niedrigen Biomassebildungspotenzialen ausgegangen. Mittlerweile wurden jedoch auch zu Maissilage vergleichbare Werte ermittelt. Die umfangreichste Wertesammlung zu extensivem bis intensivem Grünland wurde innerhalb des GNUT-Biogas-Projekts erstellt, die jedoch bisher nur in Auszügen zur Verfügung steht.

Tabelle 37 Einige Biogasausbeuten von Grünlandarten

Art	botanischer Name	Biogasausbeute in m ³ /t oTM
Rohrglanzgras	<i>Phalaris arundinacea</i>	455
Gemeines Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	470-600
Wiesenfuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i>	750-870

Der Methangehalt der ermittelten Biogasausbeuten liegt im Allgemeinen zwischen 52 % und 55 %.

Für Material aus der Gewässerpflege konnten Biogasausbeuten zwischen 60 und 160 m³/t oTM, im Durchschnitt 145 m³/t oTM, mit einem Methangehalt von durchschnittlich 52 % ermittelt werden (Böttcher 2012). Durch eine Zerkleinerung des Materials lässt sich die Biogasausbeute verdoppeln bis verdreifachen.

6.4 Einzugsgebiete der bestehenden Biogasanlagen

Es wird angenommen, dass Material aus der Landschaft, das innerhalb der Einzugsgebiete für Energiepflanzen der bestehenden Biogasanlagen anfällt, in der Regel von der Biogasanlage mit verwertet werden kann. Zwar sind etwa zwei Drittel der Biogasanlagen von ihrem Aufbau und ihrer verbauten Technik nicht in der Lage, Material aus der Landschaft direkt zu verwerten, aber es gibt mittlerweile eine Reihe von Aufarbeitungsmethoden, die das Material so vorbereiten, dass es sich in der Handhabung nicht mehr stark von Maissilage unterscheidet. Je nach frischmassebezogener Ausbeute wird jedoch deutlich mehr Frischmasse als bei Maissilage für die gleiche Leistung gebraucht. Dies verkürzt die Verweilzeit im Fermenter und kann sich negativ auf die Verwertung auswirken. Außerdem kann es sein, dass der Vorlagebehälter nicht mehr ausreicht um eine 24-stündige Fütterung vorzulegen.

Sollten diese Probleme organisatorisch oder durch die Installation zusätzlicher Technik lösbar sein, ist ein Austausch der Maissilage durch Material aus der Landschaft innerhalb des Einzugsradius machbar. Deshalb wird alles vergärbare Material innerhalb dieses Einzugsradius und die Logistik für dessen Erfassung und Transport der oder den entsprechenden Biogasanlagen zugeordnet. Für Material außerhalb von den Einzugsradien wird festgestellt, ob eine Energiekonzentration erreicht wird, die den Bau einer neuen Anlage innerhalb einer Erfassungsgrenze von 10-15 km sinnvoll macht.

Zur Erstellung der Einzugsradien wurden folgende Annahmen getroffen:

- Bemessungsarbeit ergibt sich aus der installierten Leistung und 90 % der Jahresstunden (=7.884 h)
- Bei Gülleanlagen kommt 10 % der Bemessungsarbeit aus Gülle
- Der elektrische Wirkungsgrad beträgt 38 %

- Der Methangehalt des Biogases 52 %
- Der Biogasertrag (ohne Güllebeitrag) (608 m³/t TM) kommt zu 1/3 aus Mais und 2/3 aus Getreide-GPS
- 10 % Ernte- und Silierverluste
- 9,67 t TM/ha (=7 t/ha Roggen Ganzpflanze und 11 t/ha Silomais)
- 20 % der Anbaufläche für den Energiepflanzenanbau
- 30 % der Landesfläche ist Anbaufläche

Bei Überschneidung zweier Einzugsradien wird der Radius beider Anlagen entsprechend der Hälfte der Überschneidungsfläche vergrößert.

Eine 500 kW-Anlage hätte nach dieser Berechnung einen Einzugsradius von 4,24 km, der bei einer Überlagerung um 30 % mit einer anderen Anlage auf 4,55 km zunehmen würde. In Abbildung 20 sind die in Brandenburg gelegenen Biogasanlagen mit ihren Einzugsradien dargestellt.

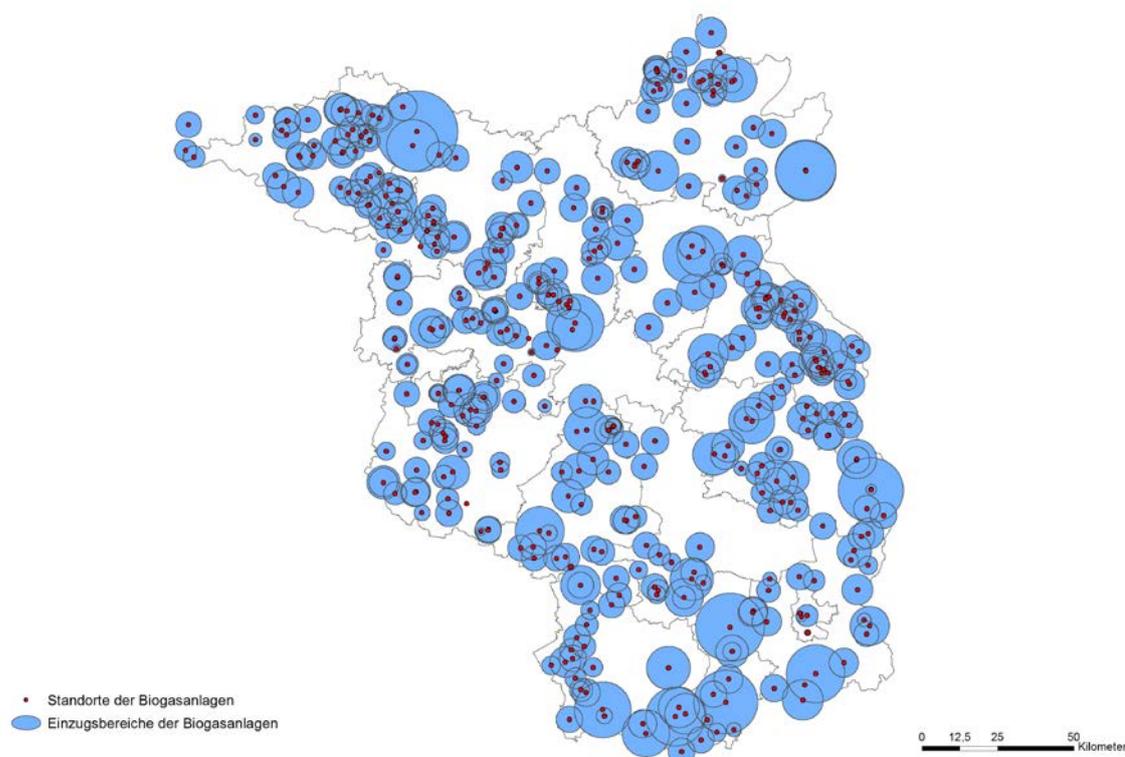


Abbildung 20 Überblick der Biogasanlagenstandorte und der ermittelten, spezifischen Einzugsbereiche

7 Empfehlungen für eine verstärkte energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg

Auf der Grundlage der Auswertung der ermittelten Ergebnisse werden nachfolgend Musterlösungen aufgezeigt und potenziell geeignete Standorte im Land Brandenburg beschrieben. Darauf aufbauend werden die potenziellen Beiträge einer energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial zur Strom- und Wärmeerzeugung im Land Brandenburg abgeleitet.

Abschließend werden Handlungsempfehlungen an die Politik und Praxis adressiert, um einen verstärkten Einsatz von Landschaftspflegematerial zu fördern.

7.1 Musterlösungen der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial

Aus dem Abgleich zwischen den Hotspots der Verfügbarkeit von Biomassereststoffen aus der Landschaft und den Standorten von Biogasanlagen wurden 25 Standorte identifiziert, bei denen aus logistischer Sicht der Einsatz des Materials besonders sinnvoll erscheint (vgl. Abbildung 21). In einer telefonischen Befragung der Betreiber dieser Anlagen, wurden folgende Aspekte näher ermittelt:

- deren Bereitschaft dieses Material einzusetzen,
- Vorhandene Anlagenkonfiguration,
- Bisheriger Einzugsradius der eingesetzten Substrate.

Aus dieser Befragung ergab sich die folgende Situation:

- 4 Standorte standen für die Befragung nicht zur Verfügung,
- 2 Standorte sind Satelliten-BHKW,
- 6 Standorte haben geantwortet,
- 13 Standorte haben nicht geantwortet.

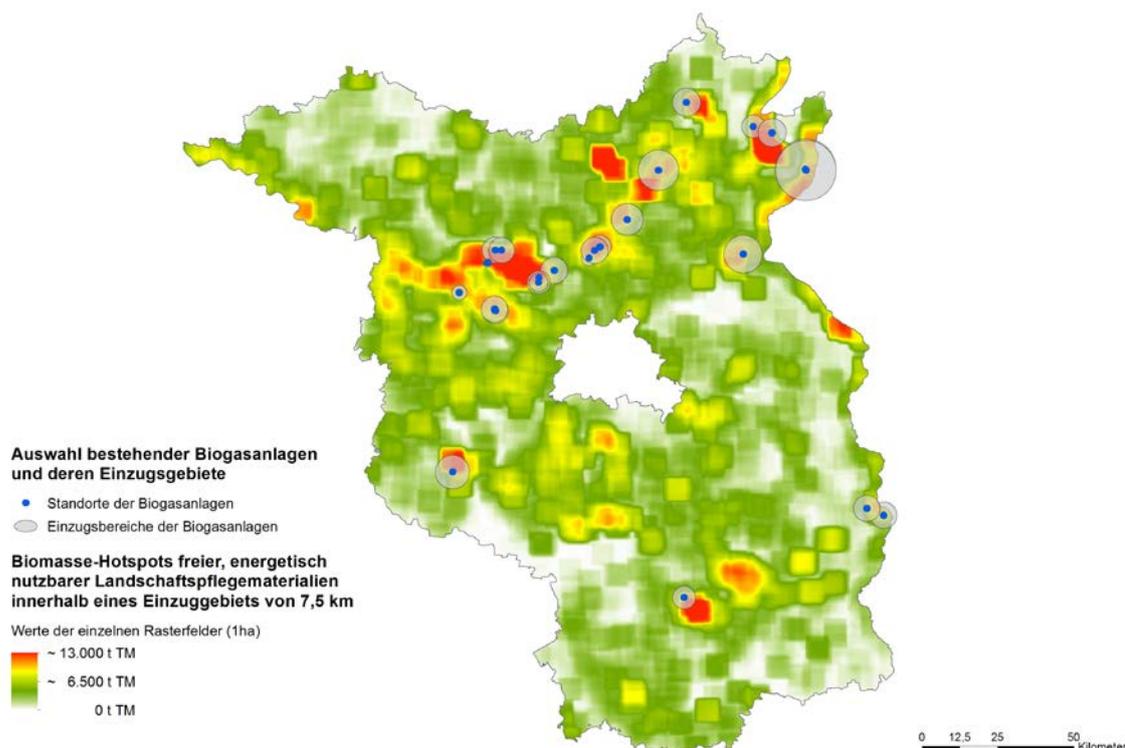


Abbildung 21 Bestehende Biogasanlagen innerhalb von Biomasse-Hotspots der Landschaftspflegematerialien

Die Auswertung der 6 Antworten auf die Befragung zeigt bei den Biogasanlagen folgende Situation auf:

Tabelle 38 Überblick zur technischen Ausstattung und Leistung der Biogasanlagen innerhalb ermittelter Biomassehotspots

Anlagengröße kW	LPM eingesetzt	LPM geeignet	LPM vorstellbar	Anpassung	Voraussetzungen	Einzugs- bereich km
716	Nein	-	Nein	Nein	-	-
2000	Nein	Nein	Nein	Nein	bei Förderung	-
400	Nein	Ja	Nein	Nein	-	-
526	Nein	Ja	Nein	Nein	-	20
605	Nein	Ja	Ja	Ja	-	10
400	Ja - ext. Grün- land	Ja	weiteres LPM Nein	Ja	Wirtschaftlichkeit	3

Es gibt also einen Betreiber, der bereits Material aus der Landschaft einsetzt und nur bei einer verbesserten Wirtschaftlichkeit weiteres Material einsetzen würde und einen Betreiber, der bisher kein solches Material einsetzt, aber nach Anpassung der Anlage dazu bereit wäre.

Bei einer weiteren Anlage würde offensichtlich der Betreiber bei entsprechender Förderlage überzeugt werden können, doch Material aus der Landschaft einzusetzen.

7.2 Potenziell geeignete Standorte und Anlagenkonstellationen im Land Brandenburg

Unter der Annahme, dass die Antworten der verbleibenden 13 Biogasanlagen ähnlich ausfallen, steht etwa die Hälfte der Anlagen in den Hotspots als potenzielle Partner für weitere Maßnahmen zur Verfügung. Die erste Voraussetzung hierbei ist die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme. Diese ist durch die Änderung des EEG und der daraus resultierenden Absenkung der Vergütung für Neuanlagen und der Verschärfung des Begriffs von Landschaftspflegegut nur noch bedingt gegeben. Die wirtschaftliche Analyse, des im Rahmen des FNR geförderten Projekts GNUT-Biogas, kann sich für Bestandsanlagen (EEG 2009) eine Wirtschaftlichkeit für den Einsatz von Gras, eventuell vergleichbar zu Landschaftspflegematerial, erst ab einer Größe der Anlage von ca. 500 kW elektrischer Leistung ergeben. Diese Bedingung ist bei den Anlagen, die einem Einsatz dieser Materialien zustimmen würden, gegeben.

Der Umbau, der für die Anlagen notwendig wird, um das Material erfolgreich einsetzen zu können, dürfte sich in der Regel auf eine Änderung der Fütterungsstrecke beziehen. Empfehlenswert ist hierbei der Einsatz von mechanischen Systemen, die das Material stark zerkleinern. Die Umbau- und Anschaffungskosten betragen bei einem Durchsatz von ca. 2-3 t FM/h ca. 100.000 €. Damit könnte ein Anteil an Material aus der Landschaftspflege von 10 % bis 20 % am Input fester Einsatzstoffe umgesetzt werden.

Für die konkrete Umsetzung solcher Projekte müssen ausführliche Beratungen mit den potenziell bereiten Anlagenbetreibern geführt werden, die nicht Bestandteil dieses Projekts sein können.

7.3 Mögliche Beiträge zur Wärme- und Stromerzeugung in Brandenburg

Auf der Grundlage von Kennwerten erfolgt die Abschätzung möglicher Beiträge zur Wärme- und Biogaserzeugung aus den ermittelten Potenzialen an Landschaftspflegematerial. Beim Einsatz der gesamten freien, energetisch nutzbaren Potenziale in Verbrennungsanlagen können bei einem Energiegehalt von 4,5 kWh/t_{TM} jährlich etwa 1.350 MWh erzeugt werden.

Werden alle technisch einsetzbaren Substrate in Biogasanlagen verwertet, können ausgehend von einem durchschnittlichen Biogasertrag von 230 m³ Biogas pro Tonne_{TM}, jährlich rund 76,8 Mio m³ Biogas erzeugt werden. Landschaftspflegematerial hat einen Methangehalt von durchschnittlich 52 % (vgl. Prochnow et al. 2005, KTBL 2010b, Lempenauer 2011, LfL 2014). Bei mindestens 40 % elektrischem Wirkungsgrad des BHKW bedeutet dies, einen Stromertrag von rund 2,1 kWh/t_{TM}. Aus dem freien, energetisch nutzbaren Potenzial von etwa 334.000 t TM können unter den restriktiven Annahmen jährlich 700 MWh Strom erzeugt werden. Einhergehend werden bei einem thermischen Wirkungsgrad von 50 % rund 868 MWh Wärme generiert.

7.4 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen zeigen, dass die Verwertung von Landschaftspflegematerial zur dezentralen Energiebereitstellung beitragen kann. Landschaftspflegematerial ist in einer Quantität und Qualität verfügbar, welche für verschiedene Anlagen- und Verwertungsoptionen in Frage kommt. Jedoch ist die energetische Verwertung neben der Substratversorgung wesentlich von Faktoren der Wirtschaftlichkeit und Verwertungstechnik abhängig.

In der Studie ermittelte Potenziale geben einen landesweiten Überblick. Anhand der verfügbaren Geodaten und Informationen kann landesweit eine realitätsnahe Abschätzung der Biomassepotenziale vorgenommen werden, die räumlich sehr gut differenziert werden kann. Dies erlaubt Auswertungen zur Identifikation von Gebieten mit besonders hoher Konzentration von Landschaftspflegematerial (Biomasse-Hotspots). Diese Biomasse-Hotspots bieten sich als Standorte für die Entwicklung von Nutzungskonzepten an. Gleichzeitig können die landesweiten Gesamtpotenziale nach fünf Landschaftspflegekategorien, die den Flächenkategorien entsprechen, auf denen die Biomasse anfällt, unterschieden werden.

Dabei enthalten die Ergebnisse keine Aussagen zu den tatsächlich für eine energetische Nutzung mobilisierbaren Anteilen der in den Hotspots vorliegenden Biomassepotenziale, so dass keine Bewertung der besonders prädestinierten Anlagenstandorte vorgenommen werden kann. Für die Entwicklung konkreter Nutzungskonzepte müssen die Potenziale aufgrund der überwiegend kleinflächigen und räumlich verstreuten Biomasseaufkommen lokal weiter verifiziert werden. Nur so können ausreichende Kenntnisse über die Biomasse- und -qualitäten zur Umsetzung von Konzepten zur energetischen Verwertung der betrachteten Landschaftspflegematerialien gewonnen werden. Erst auf dieser Grundlage lassen sich abschließend die technischen Anforderungen ermitteln und damit verbunden die Wirtschaftlichkeit kalkulieren.

Die Untersuchung der technischen Nutzungsmöglichkeiten zeigen, dass insbesondere logistische und wirtschaftliche Hemmnisse dem verstärkten Einsatz von Landschaftspflegematerial entgegenstehen. Wesentlicher Faktor ist dabei der Transport und die damit verbundenen Kosten zur Bereitstellung der Landschaftspflegematerialien.

Der fortlaufende Austausch mit regionalen Akteuren und Experten hat verdeutlicht, dass die vorliegenden Informationen über die mit der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial einhergehenden Chancen und Risiken als unzureichend empfunden werden. Die für die Pflege und den Anfall von Landschaftspflegematerial verantwortlichen Akteure auf der einen Seite und die Betreiber von Bioenergieanlagen auf der anderen wissen zwar gleichermaßen häufig über die theoretische Option einer energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial Bescheid. Welche Möglichkeiten sich konkret bieten und ob sich eine Nutzung wirtschaftlich lohnen würde ist für die Akteure in der Regel jedoch schwer zu beurteilen.

Empfehlungen

Ziel der Studie ist die Bereitstellung von Grundlagen auf deren Basis der verstärkte Einsatz von Landschaftspflegematerial in energetischen Verwertungspfaden (Biogas und Verbrennung) realisiert werden kann. Das erfordert gezielte Anreize und passende Konzepte. Aufbauend auf den in der Studie durchgeführten Analysen und gewonnenen Ergebnissen wurden dahingehend Überlegungen zu wesentlichen Konsequenzen und Optionen einer verstärkten Nutzung von Landschaftspflegematerial abgeleitet. Formuliert Folgerungen und Handlungsempfehlungen wurden anschließend im Rahmen eines Expertenworkshops mit Vertretern aus den Bereichen des Naturschutzes, der Landschaftspflege und der Biogas-erzeugung aus verschiedenen Blickwinkeln diskutiert und verdichtet.

Die im Folgenden aufgeführten Handlungsempfehlungen zielen darauf die Voraussetzungen für einen verstärkten Einsatz von Landschaftspflegematerial für die Bioenergienutzung zu verbessern. Sie sind adressatenbezogen aufbereitet und richten sich zunächst an die Landespolitik. Ausdrücklich werden aber auch Anlagenbetreiber und Eigentümer von Landschaftspflegematerial, also Akteure aus der dem Naturschutz (Pflegeverbände, Grünlandverband), der Unterhaltung von Straßen, Gewässern und Bahntrassen, der Abfall- und Landwirtschaft sowie kommunale Träger, als Adressaten angesprochen. Enthalten sind generelle Aussagen für die Politik aber auch Praxisempfehlungen für die konkrete Planung von Nutzungskonzepten.

1. Erschließung vorhandener Potenziale für die Verwertung

Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen zeigen, dass *im Land Brandenburg für energetische Zwecke geeignete Biomassepotenziale aus den verschiedenen Bereichen der Landschaftspflege vorhanden sind*. Sie zeigen gleichermaßen auf, dass die Verwertung von Landschaftspflegematerial gegenwärtig nur unter bestimmten Voraussetzungen wirtschaftlich darstellbar ist. Politische und private Initiativen sollten sich auf die Aktivierung dieser Bereiche fokussieren. Dabei geht es darum, die geeigneten Potenziale im wirtschaftlich tragbaren Umkreis von Bestandsanlagen zu mobilisieren. *Im Rahmen der Entwicklung von konkreten Nutzungskonzepten sind die landesweit ermittelten Konzentrationsräume der Biomassepotenziale von Landschaftspflegematerialien lokal zu prüfen und zu verifizieren. Besondere Beachtung ist hier der Wirtschaftlichkeit des Gesamtkonzeptes beizumessen.*

2. Schwerpunkt der Nutzung von Landschaftspflegematerial auf den Verbrennungspfad legen

Die Verbrennung von Landschaftspflegematerial stellt sich gegenüber Biogas i.d.R. wirtschaftlicher da. Mittlerweile können auch große Anteile des halmgutartigen Materials, häufig nach einer Aufbereitung (bspw. Pelletierung), mit guten Ergebnissen verbrannt werden. Gegenwärtig erzielt der Einsatz des Materials hier auch die höchste Effizienz. *Sofern die Substrate, wie bspw. auch Halmgutpellets, für die Verbrennung geeignet sind, sollten diese auch im Verbrennungspfad eingesetzt werden.*

3. Erkennen und nutzen von Anreizen für die Substitution von Anbaubiomasse

Landschaftspflegematerial kann Anbaubiomasse ersetzen. In Biogasanlagen mit > 500 kW Leistung ist die Substitution von 10-20 % technisch möglich und unter gegenwärtigen Vergütungsbedingungen kostendeckend. Allgemein gilt, je größer die Anlage, desto leichter kann ein wirtschaftlicher Betrieb erreicht werden. Die Substitution von Anbaubiomasse durch Landschaftspflegematerial kann bei steigenden Rohstoffpreisen, vor allem für Silomais, an ökonomischer Bedeutung gewinnen. Der Einsatz von Landschaftspflegematerial bedarf jedoch i.d.R. finanzieller Anreize, um gegenüber Anbaubiomasse attraktiv zu werden. Mögliche Förderungen müssen sich an den Differenzkosten der Substrate ausrichten. **Erste Anhaltspunkte bieten die Auswahl und Analyse der Bestandsanlagen in identifizierten Hotspots.** Die Hotspotanalyse kann als Grundlage für die Entwicklung von Nutzungskonzepten herangezogen werden. Für die Nutzungskonzepte ist dann die Ermittlung der mobilisierbaren Anteile erforderlich.

4. Förderung von Initiativen für Neuanlagen im Abfallbereich

Neue Bioenergieanlagen mit der Ausrichtung auf Landschaftspflegematerial sind durch den Wegfall der Vergütungsstrukturen des EEG 2012 im EEG 2014 nicht wirtschaftlich darstellbar. Landschaftspflegematerial kann jedoch technisch-biologisch gut im Bereich der Abfallwirtschaft in Bioabfallanlagen eingesetzt werden. **Initiativen für Neuanlagen sollten im Bereich der Abfallanlagen gefördert werden.** Dort dient das Landschaftspflegematerial, insbesondere im s.g. Garagenverfahren, als Strukturmaterial. Diese Konzepte bieten sich – unter Berücksichtigung der verfügbaren Technik, Substrate sowie wirtschaftlicher Rahmenbedingungen – vornehmlich in Kombination mit Kompostanlagen an. **Die Kompostqualität wird durch eine vorgelagerte Verwertung als Biogassubstrat nicht beeinträchtigt.**

5. Schaffung regionaler Netzwerke

Die Mobilisierung des Landschaftspflegematerials berührt eine Vielzahl von Akteuren. Zur dauerhaften Organisation von Reststoffen ist die Etablierung eines Netzwerks zweckdienlich. **Die Vernetzung der Akteure und der Stoffströme erfordert entsprechende Strukturen.** Zur Schaffung eines Netzwerks sind zentrale Anlaufpunkte notwendig. Als Anlaufpunkt für die Akteure könnten bspw. Biomasseleitstellen auf Ebene der Landkreise fungieren. Das Akteursnetzwerk sollte zudem durch eine zentrale Plattform (bspw. Biomassereststoffkatalog, s. Empfehlung 6) unterstützt werden, die Informationen über Mengen, Qualitäten und Standorten anfallender Biomasse bereitgestellt. Damit würde eine effektive Koordination der Stoffströme möglich.

6. Nutzung bestehender Stoffströme (Strukturen und Logistikketten)

Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Landschaftspflegematerial hängt wesentlich am Transport. Das macht es besonders wichtig, Anreize zu schaffen, die das Landschaftspflegematerial in die bestehenden Stoffströme einbinden. Anknüpfungspunkte liefern die Untersuchungen der TH Wildau im Vorhaben „BioHubs“ zum Aufbau von Logistikketten un-

genutzter Biomassepotenziale und Weiterentwicklung von Logistikstandorten (TFH Wildau 2014) sowie das Biomasse- und Energieportal „Synergeo“ in der Bioenergie-Region-Ludwigsfelde Plus+ (www.synergeo.de). Zu prüfen sind weiterhin die Nutzung von vorhandener Ernte- und Werbungstechnik sowie Logistiklösungen als auch (virtuelle) Umschlagplätze. Ebenso sollten die bereits im Zusammenhang mit Kompostierungsanlagen langjährig bestehenden Logistikketten auf die mögliche Integration von Landschaftspflegematerial begutachtet werden.

7. Information der Anlagenbetreiber und der für Landschaftspflegemaßnahmen zuständigen Akteure

Für die Erschließung des anfallenden Landschaftspflegematerials besteht der *Bedarf, die Betreiber bestehender Bioenergieanlagen und die für die Landschaftspflege Verantwortlichen über die aktuellen Möglichkeiten der energetischen Verwertung von Landschaftspflegematerial zu informieren*. Dazu dienen grundsätzliche Informationsmaterialien wie der Beratungsordner „Vom Landschaftspflegematerial zum Biogas“ des DVL. Weiterführend werden jedoch konkrete Informationen über die anfallenden Biomassepotenziale benötigt. Hierzu könnte bspw. ein Biomassereststoffkataster wie „Synergeo“ (vgl. Empfehlung 6) genutzt werden. Diese Plattform wäre weiterführend auch als virtueller Umschlagsplatz ausbaufähig, so dass Eigentümer von Biomassereststoffen diese anbieten und Anlagenbetreiber ihren Substratbedarf decken könnten.

8. Erschließung ungenutzter Potenziale der Landschaftspflege

Gegenwärtig besteht ein zusätzlicher Bedarf der kommunalen Landschaftspflege. Der Bedarf sowie Erschließungsoptionen wurden beispielhaft im Vorhaben „BLog-Bio“ der TH Wildau aufgezeigt (vgl. Schultze 2014). *Grundlegend sollte die Erschließung der Potenziale unter dem Zusammenwirken der lokalen Akteure aus der Landwirtschaft, der kommunalen Verwaltung sowie des Naturschutzes erfolgen* und zwar so, dass die anzuwendenden Maßnahmen im Einklang mit den Anforderungen der jeweiligen Akteure stehen.

Quellen und Literatur

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg [Hrsg.] 2010:

Rinder im Land Brandenburg am 3. Mai 2010; Potsdam, 2010, Statistischer Bericht C III 9 – hj 1 / 10

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg [Hrsg.] 2012:

Landwirtschaftszählung in Brandenburg 2010, abrufbar unter:

https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/produkte/faltblatt_brochure/FB_LANDWIRTSCHAFT_DE_2012_BB.pdf, letzter Zugriff am 7.02.2014.

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg [Hrsg.] 2013a:

Fläche des Landes Brandenburg ist 2012 wieder gewachsen, Pressemitteilung Nr. 187, Stand: 10. Juli 2013, abrufbar unter:

<https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/pms/2013/13-07-10a.pdf>, letzter Zugriff am 07.01.2014.

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg [Hrsg.] 2013b:

Viehbestände im Land Brandenburg November 2013 – OT_C3.1.

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg [Hrsg.] 2013c:

Bodennutzung landwirtschaftlicher Betriebe – vorläufiges Ergebnis 2013 im Land. OT_C1.1. 2013.

Augustin, O.N. 2005:

Anforderung an das Material im Heizwerk Gildestraße. Vortrag im Rahmen des Expertenworkshops zum Forschungsprojekt „Bioenergie und Naturschutz: Sind Synergien durch die Energienutzung von Landschaftspflegereisten möglich?“ Abrufbar unter: <http://www.oeko.de/service/naturschutz/Dateien/Augustin.pdf>, letzter Zugriff 10.06.2014.

Baumann, T. & Kummer, V. 2010:

Energetische Verwertung von Landschaftspflegeabfällen. In: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Jahresbericht 2009. S. 83-86.

Biozac 2001:

Der Biogarten, abrufbar unter:

<http://www.biozac.de/biozac/biogart/boden.htm>, letzter Zugriff am 07.01.2014.

Briemle, G., Eickhoff, D., Wolf, R. 1991:

Tabelle: Biotopgrünland, Wirtschaftsgrünland, Brache“. Tabelle zur Nutzung & Pflege unterschiedlicher Grünlandtypen. In: Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht. Beiheft 60 der Veröff. Naturschutz Landschaftspflege, S. 144-149. LfU Karlsruhe. Abrufbar unter: https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lel/pdf/t/tab_gruenland.pdf, letzter Zugriff am 16.06.2014.

Bröckling, F.; Olbrich, D.; Lischewski, D. 2008:

Konzept zur Pflege und energetischen Nutzung von Wallhecken im Kreis Steinfurt, Kurzbeschreibung. Im Auftrag von Haus im Glück e.V., abrufbar unter: [http://www.haus-im-glueck-st.de/C12573D40046BB0C/files/wallheckenpflegekonzept_st_kurzfassung.pdf/\\$file/wallheckenpflegekonzept_st_kurzfassung.pdf](http://www.haus-im-glueck-st.de/C12573D40046BB0C/files/wallheckenpflegekonzept_st_kurzfassung.pdf/$file/wallheckenpflegekonzept_st_kurzfassung.pdf), letzter Zugriff am 10.06.2014.

Brozio, S. & Hempp, S 2011:

Potenzialanalyse von Landschaftspflegematerial in der Bioenergieregion Mecklenburgische Seenplatte“. Konferenz „Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial. 02.03.2011, Berlin. Abrufbar unter: http://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Tagungen/5.4_Brozio.pdf, letzter Zugriff am 10.06.2014.

Böttcher, P. 2012:

Nutzung von Fließgewässergrüngen für die Biogasproduktion – Potentialabschätzung. Diplomarbeit Hochschule Wismar Fachbereich Maschinenbau/ Verfahrens- und Umwelttechnik: 76 S. plus Anhang.

DB (Deutsche Bahn Umwelt) 2014:

Vegetationskontrolle: freie Gleise für sicheren Betrieb, abrufbar unter:

<http://www.deutschebahn.com/de/nachhaltigkeit/oekologie/naturschutz/vegetationskontrolle.html>, letzter Zugriff am 10.09.2014.

Dehnen, D., Erchinger, H. und Oetjen-Dehne, R. 2014:

Darstellung der Strategie des Landes Brandenburg zur Erfüllung der Getrennsammlungspflicht von Bioabfällen aus Haushaltungen und Erläuterungen zu deren Umsetzung. 31 S., Januar 2014.

DGV (Deutscher Grünlandverband) [Hrsg.] 2003:

Grünlandaufwüchse ohne Wiederkäuer verwerten? In: Broschüre des DGV, Heft 5 2003.

DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege eV) 2014a:

Definition Landschaftspflegematerial, abrufbar unter:
<http://mulle.lpv.de/fachinformation/definition-landschaftspflegematerial.html>, letzter Zugriff am 12.12.2014.

DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege eV) [Hrsg.] 2014b:

Vom Landschaftspflegematerial zum Biogas – ein Beratungsordner. DVL-Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum“, Nr. 22.

DBFZ (Deutsches BiomasseForschungszentrum DBFZ) [Hrsg.] 2009:

Gutachterliche Einordnung des Landschaftspflegebonus im EEG 2009“. Abrufbar unter:
https://www.clearingstelle-eeg.de/files/private/active/0/2008-48_Gutachten_DBFZ.pdf, letzter Zugriff am 05.06.2014.

DBFZ (Deutsches BiomasseForschungszentrum DBFZ) [Hrsg.] 2011a:

DBFZ Report Nr.8 – Kompakt. Biomassepotenziale in Deutschland 2008 bis 2020. S. 116. Leipzig, 2011.

DBFZ (Deutsches BiomasseForschungszentrum DBFZ) [Hrsg.] 2011b:

Fokusheft Landschaftspflege – Programmbegleitung des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“. S. 12. Leipzig, 2011.

DBFZ (Deutsches BiomasseForschungszentrum DBFZ) [Hrsg.] 2012:

DBFZ-Report Nr. 17. Grünlandenergie Havelland – Entwicklung von übertragbaren Konzepten zur naturverträglichen energetischen Nutzung von Gras und Schilf am Beispiel der Region Havelland. S. 392. Leipzig.

Dobers, K. & Opitz, S. 2007:

BioLogio - Entwicklung und Ausbau regionaler Logistikstrukturen für Holzbrennstoffe, Endbericht, Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen (BMU) (Hrsg.), S. 195, dortmund.

Drastig, K. Prochnow, A. & Brunsch, R. 2010:

Wassermanagement in der Landwirtschaft, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), Diskussionspapier 3, Stand 2/2010.

Dunkelberg, E., Aretz, A., Böther, T., Dieterich, M., Heintschel, S., Ruppert-Winkel, C. 2011:

Leitfaden für die Nutzung kommunaler, halmgutartiger Reststoffe in Mikrobiogasanlagen und Bestandsanlagen - Working Paper 05 – 2011, Centre for Renewable Energy/Zentrum für Erneuerbare Energien, Freiburg, S. 52

EEG-Clearingstelle 2009:

Empfehlung 2008/48 – „Landschaftspflege-Bonus im Sinne des § 27 Abs. 4 Nr. 2 i.V.m. Anlage 2 EEG 2009“.

EEG-Clearingstelle 2013:

Votum 2013/9 – Anspruch Landschaftspflege-Bonus.

Elsäßer, M. 2008:

Qualität und Verwertung von Extensivaufwüchsen. Präsentation von PD Dr. Martin Elsäßer (Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf) im Rahmen des Expertenworkshops „Biodiversität der Graslandökosysteme Mitteleuropas“ am 8./9. April 2008.

Emmerich, S., Siemens, R., Völker, M. 2013:

Rheinland-Pfalz – Ein Ländervergleich in Zahlen – Teil III. Ausgewählte Aspekte aus den Bereichen „Verkehr“, „Wohnen“ und „Umwelt“, abrufbar unter:
<http://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/monatshefte/2013/08-2013-755.pdf>, letzter Zugriff am 10.02.2014.

Ernst Basler & Partner GmbH [Hrsg.] 2013:

Regionale Planungsgemeinschaft Prignitz-Oberhavel - Regionales Energiekonzept für die Region Prignitz-Oberhavel. Endbericht, 244 S., August 2013.

Fechner, M. et al. 1994:

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (MELF), (Hrsg.): Grünland in Brandenburg. Standortgerecht - umweltverträglich - kostengünstig bewirtschaften; LVGF-Paulinenaue, Potsdam, 1994, 1. Aufl.

Feger, K.-H., Petzold, R., Schmidt, A., P., Glaser, T., Schroiff, A., Döring, N., Feldwisch, N., Friedrich, C., Peters, W. und Schmelter, H. 2009:

Standortpotenziale, Standards und Gebietskulissen für eine natur- und bodenschutzgerechte Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung in Sachsen unter besonderer Berücksichtigung von Kurzumtriebsplantagen und ähnliche Dauerkulturen - Abschlussbericht. In: Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: „Natur- und bodenschutzgerechte Nutzung von Biomasse-Dauerkulturen“. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) 1996:

Richtlinien für die Anlage von Straße - Querschnitt (RAS-Q). Arbeitsgruppe Straßenentwurf. FGSV Verlag GmbH, Köln, 1996.

FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) 2008:

Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA). Arbeitsgruppe Straßenentwurf. FGSV Verlag GmbH, Köln, Juni 2008.

Grantner, T. und Koch-Steindl, H. 2012:

„Landschaftspflegematerial richtig definieren – Zertifizierung im EEG 2009 und EEG 2012 durch den Umweltgutachter“. In: Energie aus Pflanzen, 5/2012. S. 24–27.

Grundmann, P., Klauss, H., Piorr, H-P., Brozio, S., Z, M. 2011:

Regional potential analysis – biomass as energy in region Havelland-Flaeming. Im Rahmen des CENTRAL EUROPE Projekt RUBIRES (Nachwachsende Rohstoffe in ländlichen Räumen), abrufbar unter: http://www.rubires.de/ujanyagok/wp3/rub_wp3_regional%20analysis_pp02.pdf, letzter Zugriff am 10.8.2014.

Heck, P., Hoffmann, D. und Wern, B. 2004:

Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz. Abschlussbericht. Ministerium für Umwelt und Forsten, Rheinland Pfalz und Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld. Abrufbar unter: <http://www.mwkel.rlp.de/File/Abschlussbericht-BiomasseEnddokument10-12-04-pdf>, letzter Zugriff am 06.06.2014.

Hochberg, E. & Hartmann, S. 2014:

Pflege der Pfeifengras-Streuwiesen im Voralpenraum. In: Multifunktionalität des Dauergrünlandes erhalten und nutzen, 58. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. 28. – 30. August in Arnstadt: 203-206.

IE (Leipziger Institut für Energie) 2006:

Biogaserzeugung durch Trockenvergärung von organischen Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen aus der Landwirtschaft. Unveröffentlichter Endbericht, Teilbericht des IE, Leipzig.

Jandewerth, M. 2011:

Einsatz von Geoinformationstechnologien zur räumlichen Analyse von Potenzialen aus der Straßenbegleitpflege sowie der Gewässerunterhaltung. Forum 5 auf der Konferenz „Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial“ am 01. März 2011, Berlin, 2011. Abrufbar unter: http://www.energetische-biomassennutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Tagungen/5.2_Jandewerth.pdf, letzter Zugriff am 06.06.2014.

Kaltschmitt, M., Hartmann, H. und Hofbauer, H. [Hrsg.] 2009:

Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009.

Kehres, B. 2012:

Abfall oder nicht? Landschaftspflegematerial. In: H&K aktuell 06/2012, S. 8-9.

Kenkmann, T. 2010:

Biomassestrategie des Landes Brandenburg, Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV) (Hrsg.).

Kern, M., Funda, K., Hofmann, H., Siepenkothen, H.-J. 2009:

Biomassepotenzial von Bio- und Grünabfällen sowie Landschaftspflegematerialien. In: Kern, M. Raussen, T. & Apel, K. (Hrsg.): Energetische und stoffliche Verwertung von Abfallbiomasse, S. 171-190, Witzenhausen.

Kern, M., Raussen, T., Funda, K., Lootsma, A., Hofmann, H. 2010:

Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz. UBA Texte 43/2010 – Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Förderkennzeichen 3707 33 304. Herausgegeben vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, August 2010. Abrufbar unter:
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4010.html>, letzter Zugriff am 8.4.2014.

Knappe, F. 2007:

Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. UBA-Texte 04/07, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau.

Kretschmar, J. und Thrän, D. 2009:

Energetische Verwertung von Straßenbegleitgrün. Müll und Abfall, Bd. 42, (11) 2009, abrufbar unter:
<http://www.muellundabfall.de/MUA.11.2009.577>, letzter Zugriff am 24.6.2014.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) [Hrsg.] 2010a:

Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11, 22. Aufl. 2010.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) [Hrsg.] 2010b:

Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, 2. Aufl., 2010.

Landesanstalt für Großschutzgebiete o.J.:

Materialien zu den Pflege- und Entwicklungsplänen für die Großschutzgebiete des Landes Brandenburg, Band 4, Stand 02.05.2013, abrufbar unter:
<http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.329627.de>, letzter Zugriff am 07.01.2013.

Landesportal Brandenburg 2013:

Brandenburgs Umwelt in Daten und Zahlen, Stand 10.01.2013, abrufbar unter:
<http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.310201.de>, letzter Zugriff am 07.01.2014.

Landesportal Brandenburg 2013:

Das Land Brandenburg, abrufbar unter:
<http://www.brandenburg.de/cms/detail.php/lbm1.c.379427.de>, letzter Zugriff am 07.01.2014.

Landesportal Brandenburg 2013:

Gewässerunterhaltung, Stand 18.12.2013, abrufbar unter:
<http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.300901.de>, letzter Zugriff am 07.01.2014.

Lehmann, R. 2011:

DBU-Heideprojekt „Forsthaus Prösa“: Erhalt von Sandtrockenheiden und Sandtrockenrasen – Empfehlungen für die munitionsbelasteten Offenflächen des Landes Brandenburg und Vorschlag für ein Gesamtkonzept. 164 S.

Lempenauer, S. 2011:

Laborbericht zur Bestimmung der anaeroben Biogasproduktion von unbehandeltem und extrudiertem Landschaftspflegematerial. Biogas Oberfranken GbR, 24.01.2011, Hof.

Lexas 2014:

Länge der Schienennetze. Lexas Information Network, abrufbar unter:
<http://www.laenderdaten.de/verkehr/schienennetz.aspx>, letzter Zugriff am 07.03.2014.

LfL (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2014:

Biogasausbeuten verschiedener Substrate. Datenbank, abrufbar unter:
<http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/index.php>, letzter Zugriff 01.11.2014.

LfL (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2006:

Landwirtschaftliche Biomasse aus der Landwirtschaft des Freistaates Sachsen zur stofflichen Nutzung. Dresden. Abrufbar unter: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13817/documents/16076>, letzter Zugriff am 16.06.2014.

Löhr, A. 2009:

Energetische Verwertung von Schnitt- und Mähgut im Rahmen der naturnahen Gewässerunterhaltung. Vortrag im Rahmen der Konferenz „Landschaftspflege“ im BMU-Förderprogramm Energetische Biomassenutzung am 1. März 2011 in Berlin. Abrufbar unter:
https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Tagungen/5.3_Loehr.pdf, letzter Zugriff am 9.6.2014.

Mietz, O. und Vedder, F. 2010:

Energetische Nutzung von Schilf und Makrophyten in Seen und Gewässern. In: Forum „Nachhaltiger Gewässerschutz und Gewässerrestoration“ – Energetische Nutzung von Gewässern. Seddiner See, 2010.

MIR (Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung) 2009:

Handbuch für die Landschaftspflegerische Begleitplanung bei Straßenbauvorhaben im Land Brandenburg, Land Brandenburg.

MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) 2014a:

Brandenburgs Umwelt in Daten und Zahlen, Stand 20.6.2014, abrufbar unter:
<http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.310201.de#natur>, letzter Zugriff am 21.07.2014.

MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) 2014b:

Strategie des Landes Brandenburg zur Erfüllung der Getrenntsammlungspflicht von Bioabfällen aus Haushaltungen und Erläuterungen zu deren Umsetzung. 21 S., April 2014.

MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) 2013a:

Steckbriefe Brandenburger Böden – Sammelmappe, Stiftung Naturschutzfonds Brandenburg, Stand: 14.02.2013, abrufbar unter:
<http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.315061.de>, letzter Zugriff am 14.01.2014.

MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) 2010:

Biomassestrategie des Landes Brandenburg. 43 S., August 2010.

Möller, K. 2013:

Theoretische Rohstoffpotenzialanalyse des jährlich für bioenergetische Zwecke geeigneten Landschaftspflegematerials im Saale-Holzland-Kreis – Eine Analyse der Rohstoffmengen, Energiegehalte und Nutzungseinschränkungen. Abrufbar unter: <http://www.bioenergie-region.de/images/pdf/Masterarbeit-Endversion-kl.pdf>, letzter Zugriff am 10.06.2014.

Nierobis, L. 2002:

Dämmstoff. Natürliche Dämmstoffe: Schilf, Stroh, Miscanthus“. Abrufbar unter:
<http://www.waermedaemmstoffe.com/htm/schilf.htm>, letzter Zugriff am 11.06.2014.

Peters, W. 2009:

Kommunalverbund Voralb EU-Leuchtturmprojekt „EULE Genial Voralb (Gemeinsam Energieeffizient und Nachhaltig mobil) – Teil 1: Bioenergieerzeugung aus Biomassereststoffen – Potenzialanalyse“. Unveröffentlichter Endbericht im Rahmen des Entwicklungsprogramms ländlicher Raum (ELR).

Piorr, H.-P., Brozio, S., Hempp, S., Hahs, M., Schleier, C., Schneider, G. und Zeidler, M. 2011:

Potenzialanalyse von Landschaftspflegematerial in der Bioenergieregion Mecklenburgische Seenplatte. ARGE Initiative Bioenergieregion Mecklenburgische Seenplatte GbR, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Report Kurzfassung.

Priebe, R. 2012:

Anforderungen an die Grünlandnutzung in Brandenburg. HYDBOS – Nutzung und Schutz hydromorpher Böden, abrufbar unter:
<http://project2.zalf.de/hydbos/ein/ein1>, letzter Zugriff 16.12.2014.

Prochnow, A., Heiermann, M., Drenckhan, A. und Schelle, H. 2005:

“Seasonal Pattern of Biomethanisation of Grass from Landscape Management“. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript EE 05 011. Vol. VII. December, 2005.

Ramm, U. 2013:

Theoretische Potenzialermittlung zur Nutzung von Straßenbegleitgrün als Energieträger für die Biogasproduktion am Beispiel Potsdam/ Potsdam-Mittelmark. Bachelorarbeit an der Universität Potsdam und dem Leibniz-Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim, 51 S.

Raussen, T., Kern, M., Sprick, W und Lootsma; A. 2009:

Eckpunkte zur Integration einer Vergärung in Kompostierungsanlagen. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung. Stofflich – energetisch IV. Witzenhausen-Institut - Neues aus Forschung und Praxis. Kassel: K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.). S. 468-488.

Regionale Planungsgemeinschaft Havelland-Fläming [Hrsg.] 2013:

Integriertes regionales Klimakonzept. Bearbeitet durch Ernst & Basler GmbH. Gesamtbericht, S. 186, April 2013. Abrufbar unter:
http://www.havelland-flaeming.de/PDF/REK/REK%20HF_Gesamtbericht.pdf, letzter Zugriff am 14.01.2014.

Regionale Planungsgemeinschaft Lausitz-Spreewald [Hrsg.] 2013:

Regionales Energiekonzept Lausitz-Spreewald. Bearbeitet durch Faktor-i3 GmbH. Kurzfassung, S. 40, April 2013.

Regionale Planungsgemeinschaft Oderland-Spree [Hrsg.] 2013:

Regionales Energiekonzept Oderland-Spree. Bearbeitet durch agrathaer GmbH. Kurzfassung, S. 76, August 2013.

Regionale Planungsgemeinschaft Uckermark-Barnim [Hrsg.] 2013:

Regionales Energiekonzept Uckermark-Barnim. Kurzfassung, S. 19, August 2013.

Rietschel, H. 2011:

Gewässerrandstreifen – Fachrechtliche Bestimmung“. Vortrag in: DVL Seminar 1. Dezember 2011, Leipzig. Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Freistaat Sachsen. Abrufbar unter:
http://www.lpv.de/fileadmin/user_upload/data_files/Vortraege/WRRL-Qualifizierung/Sachsen/4_Rietschel_Fachrechtliche_Bestimmungen_zu_Gew%C3%A4sserrandstreifen.pdf, letzter Zugriff am 19.06.2014.

Rilling, S. 2013:

Potenzialanalyse zum theoretischen Biomasseaufkommen aus Landschaftspflegematerial der Gemeinde Mössingen und Nehren“. Abrufbar unter: http://www.energiebuendel-und-flowerpower.de/wp-content/uploads/Projektbericht_Rilling_041013.pdf, letzter Zugriff am 10.06.2014.

Rohrbacher, C. 2013:

Potentiale und Möglichkeiten der energetischen Verwertung von kommunalem Begleitgrün (Grünschnitt, Laub, Holz) in der Bioenergie-Region Ludwigsfelde Plus+, Endbericht. 66 S., Potsdam.

Rommeiß, N., Thrän, D., Schlägle, T., Daniel, J. und Scholwin, F. 2006:

Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Straßenwesen, abrufbar unter:
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2011/183/pdf/V150.pdf>, letzter Zugriff am 10.5.2014.

Röhricht, C. und Groß-Ophoff, A. 2007:

Energie für die Zukunft, Sachsens Potenzial an nachwachsenden Rohstoffen/Biomasse“. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.), Dresden. Abrufbar unter:
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11328/documents/11563>, letzter Zugriff am 16.06.2014.

Rösch, Ch. 1996:

Vergleich stofflicher und energetischer Wege zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen“. Dissertation an der Universität Hohenheim. Abrufbar unter: <http://bibliothek.fzk.de/zb/berichte/FZKA5857.pdf>, letzter Zugriff am 23.06.2014.

Schubert, A. 2007:

Das Biomassepotenzial zur Energieerzeugung der Stadt Dresden. Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden. Diplomica Verlag GmbH, Hamburg.

Schultze, M. 2014:

Leader-Kooperationsprojekts „Wertschöpfungskette Energieholz“ der LAG Barnim und LAG Märkische Seen – ungenutzte Potenziale an holzartiger Biomasse aus der kommunalen Landschaftspflege. Im Rahmen des Vorhaben BLog-Bio - Hochschul-Unternehmens-Kooperation zur Weiterentwicklung und stärkeren Nutzung existierender Brandenburger Logistikstandorte mit dem Ziel einer nachhaltigen Biomassebereitstellung und -nutzung der TH-Wildau.

Smeets, E. et al. 2013:

A review of harmonisation of biomass resource assessments. BEE (Biomass Energy Europe) Proceedings – 17th European Biomass Conference and Exhibition - From Research to Industry and Markets, Hamburg, Germany. 29 June - 3 July 2009, abrufbar unter:
<http://www.eu-bee.com/default.asp?SivulD=24158>, letzter Zugriff am 19.07.2013.

Stackebrandt, W. und Lippstreu, L. 2010:

Brandenburg – Landescharakter und geologischer Bau, In: Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg 2010 Atlas, S. 10-17.

Stiftung NaturSchutzFonds Brandenburg [Hrsg.] 2011:

Entwicklung von Verfahren für eine naturschutzgerechte und ökonomisch tragfähige Heidenutzung als Beitrag zur Regionalentwicklung am Beispiel der Heidefläche NSG Forsthaus Präsa. DBU Az. 25506 – Abschlussbericht. 175 S.

Suter Thalmann, C.-L., Camin, P., Thommen, M. und Binggeli, D. 2010:

Energieholzpotenziale außerhalb des Waldes". Im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Energie (BFE). Abrufbar unter:
http://www.bafu.admin.ch/wald/01234/01240/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6I0NTU042I2Z6I n1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdlR4fGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--, letzter Zugriff am 10.06.2014.

TFH Wildau [Hrsg.] 2012:

belo-net – Energieholzlogistik in Nord-Ost-Brandenburg, abrufbar unter:
<http://www.belo-net.de>, letzter Zugriff 10.12.2014.

Thrän, D. und Pfeiffer, D. [Hrsg.] 2012:

Methodenhandbuch – Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte: Methoden zur Bestimmung von Technologiekennwerten, Gestehungskosten und Klimagaseffekten von Vorhaben im Rahmen des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“. Heft 4, Version 3, Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Leipzig.

Thrän, D., Lenz, V., Zeller, V., Schwenker, A., Lorenz, H., Peters, W. 2009:

Gutachterliche Einordnung des Landschaftspflegebonus im EEG 2009. S. 62, Leipzig, März 2009.

VBB (Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH) 2013:

Verbandsbericht 2013 – Mit Qualitätsbilanz und Berichtspflichten 2012, S. 147.

Wichmann, S. und Wichtmann, W. 2009:

Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt: Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). Institut für Botanik und Landschaftsökologie (ifBL) und Universität Greifswald. Abrufbar unter: http://www.duene-greifswald.de/doc/enim_endbericht_2009.pdf, letzter Zugriff am 11.06.2014.

Wiehe, J. 2003:

Die energetische Nutzung von Holz aus der Landschaftspflege. Wallhecken als Wärmequelle für den Landkreis Grafschaft Bentheim. Diplomarbeit am Institut f. Landesplanung und Raumforschung und am Institut f. Landschaftspflege und Naturschutz, Universität Hannover. Abrufbar unter: http://www.umwelt.uni-hannover.de/fileadmin/institut/DiplomWiehe_Text.pdf, letzter Zugriff am 10.06.2014.

Worm, R 2006:

Heckenpflegeaktivitäten des LEV Ostalbkreis“. Bericht DVL, S. 107. (nicht mehr verfügbar).

ZALF (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung eV) 2014:

HYDBOS Nutzung und Schutz hydromorpher Böden – Grundlagen. Abrufbar unter:
<http://project2.zalf.de/hydbos/grundl>, letzter Zugriff am 10.10.2014.

Geodaten

Google Earth 2007-2009:

Luftbilder des Landes Brandenburg.

LGBR (Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe) 1997:

Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK), Stand 1997.

LGBR (Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe) 2011:

Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300 000 (BÜK300), Stand 2011.

LS BB (Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg) 2013:

Kataster zu Straßenbäume und Unterhaltungsmaßnahmen der überörtlichen Straßen im Land Brandenburg, Stand 2013.

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg) 2012:

Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) Basis DLM

- Straßennetz
- Schienenwegenetz
- Gewässernetz

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg) 2013:

Gewässernetz Brandenburg der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg

MIL (Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung) 2013:

Digitales Feldblöckekataster 2013 des Landes Brandenburg

LELF (Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung) 2013:

Angaben aus dem InVeKoS (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem)

MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) 2014c:

Kataster und GIS-Daten der Schutzgebiete im Land Brandenburg

MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) 2014d:

Kataster und GIS-Daten der Vertragsnaturschutzflächen im Land Brandenburg

MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) 2013b:

Kartierung von Biotopen, gesetzlich geschützten Biotopen (§ 30 BNatSchG in Verbindung mit § 18 BbgNatSchAG) und FFH-Lebensraumtypen, einschließlich Heideflächen, im Land Brandenburg.

MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) 2009:

Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg (BTLN) – CIR-Biotoptypen 2009

LUGV (Landesamt für Umwelt, gesundheit und Verbraucherschutz) 2014:

Kataster des Gewässernetzes des Regionalreferats Ost.

WBV (Wasser- und Bodenverbände) 2014:

Angaben der Wasser- und Bodenverbände zu Unterhaltungsmaßnahmen, Substratverteilungen und Ausdehnung und Lage der Gewässer

Anhang I

Akteursliste

Institution (alphabetisch sortiert)	Name
AG Analyse Biogasanlagen im Auftrag MUGV	Gerd Hampel
Brandenburgische Energie Technologie Initiative (ETI), Industrie- und Handelskammer (IHK) Potsdam	Jan Aust
DB Fahrwegdienste GmbH	Olaf Braunert
DB Fahrwegdienste GmbH	Marlit Arndt
Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)	Dr. Reinhard Stock
DVL-Koordinierungsstelle Brandenburg	Holger Pfeffer (ehemals Julia Görlitz)
GfBU-Consult GmbH	Rebekka Graef
Heinz Sielmann Stiftung / Sielmanns Naturlandschaft Döberitzer Heide gGmbH und Heinz Sielmann Natur-Erlebniszentrum Wanninchen	Jürg Förstenow
Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) Abt. Landwirtschaft und Gartenbau, Referat Agrarökonomie	Holger Hanff
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV)	Detlev v. Heydebrand
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Abt. Ökologie, Naturschutz, Wasser / Ö 1	Dr. Annemarie Schaepe
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Abt. GSG, Regionalentwicklung	Martina Düvel
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) RO 6 Hochwasserschutz, Gewässerunterhaltung	Jan Schöfer
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) RO4 / Naturschutz	Rigo Vallet
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) RS4 / Naturschutz	Dr. Dorothea Bader
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) RW4 / Naturschutz	Erik Paschke
Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg	Maik Berlin
Landeswasserverbandstag Brandenburg e. V.	Dr. agr. Iris Homuth
Michael Succow Stiftung	Sebastian Schmidt
Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brand- enburg (MUGV) Abteilung Umwelt, Klimaschutz, Nachhaltigkeit / Referat 53	Sabine Blossey
MOL Energie-Büro	Heiner Grienitz

Institution (alphabetisch sortiert)	Name
NABU-Stiftung Nationales Naturerbe	Christian Unselt
Naturstiftung David	Adrian Jost
Naturwacht Brandenburg	Manfred Lütkepohl
Stiftung Naturlandschaften Brandenburg	Petra Riemann
TH Wildau	Mike Lange
TH Wildau	Anne-Katrin Osdoba
TH Wildau (GFTT)	Mareike Schultze
Wasser- und Bodenverband Rhin/Havelluch	Helmut-Réne Philipp

Anhang II

Annahmen zu Futterrationen

Tiergruppe	durchschnittliche Futterrationen Kg/TM pro Tier/Tag			
	Maissilage	Grassilage	Weide	Heu
Kälber unter 6 Monaten	0,5	0,5	-	0,5
Männliche Rinder von 6 Monaten bis 2 Jahren	5,4	1	-	-
Männliche Rinder über 2 Jahre	7	1,5	-	-
Weibliche Mastrinder von 6 Monaten bis 2 Jahren	2	4,7	-	-
Weibliche Zuchtrinder von 6 Monaten bis 2 Jahren	1,7	3	1	1
Weibliche Rinder über 2 Jahre	1,2	4,3	2	0,9
Milchkühe	7	4,8	-	0,9
Mutterkühe	-	-	6	6
Mutterschafe	-	-	0,9	0,9
Schafe älter als 1 Jahr ¹⁾	-	-	0,6	0,6
Ziegen	-	-	1	1
Equiden ²⁾ unter 6 Monaten	-	-	-	1,3
Equiden ²⁾ über 6 Monaten	-	-	3	3

Anhang III

Literaturangaben zum Biomasseaufkommen des Straßenbegleitgrüns und vergleichbare Biotope

Fraktionen Straßenbegleitgrün	Literaturbezeichnung der Biotope	Ertrag	Quelle	Ertrag [t _{TM} ha ⁻¹ a ⁻¹]
Baumallee, einseitig gute Baumreihe, sonstige Straßenbäume	Baum- und Strauchschnitt	< 5 t _{TM} ha ⁻¹ a ⁻¹	DBFZ 2009	Ertragsspanne: 3,75 – 5 Min: 3,75 Med: 4 Max: 5
	Waldsäume, Einzelbäume, Baumgruppen der offenen Landschaft	< 5 t _{TM} ha ⁻¹ a ⁻¹	DBFZ 2009	
	Baumhöhe 5 – 15 m	5 FM / ha, 1,8 t _{atro} / km Umgerechnet: 3,75 t _{TM} ha ⁻¹	Pelz 2013	
Flurgehölz	Feldgehölze	5-10 t _{TM} ha ⁻¹ a ⁻¹	DBFZ 2009	Ertragsspanne: 1-12 Min: 1 Med: 3 Max: 5
	Hecke	0,12 m ³ /m	Worm 2006	
	Knick	0,15 Sm ³ /m	Wiehe 2003	
	Knick	0,2 m ³ Hackschnitzel je m	Augustin 2005	
	Knick	0,1–0,2 m ³ /m*a (Hackschnitzel)	Eggersglüß (o.J.)	
	Hecke	1 m ³ /a pro 100m	Bröckling 2008	
	Hecke	0,1 m ³ /m*a	IE 2007	
	Hecken	5 t _{atro} / ha	Suter Thalman et al. 2010	
	Öffentliche Grünflächen und Anlagen (Gehölzanzpflanzungen)	1-12 t _{TM} ha ⁻¹ a ⁻¹ (nach Flächenausstattung)	DBFZ 2009	
	Hecken	2,8 t _{atro} / ha	Pelz 2013	
	Holzartig (Gemeindestraße)	1 t FM / km 0,5 t _{atro} / km	Kaltschmitt et al. 2009	
	Holzartig (Bundes-, Landes- und Kreisstraße)	1-2 t FM / km 0,5 – 1 t _{atro} / km		
	Holzartig (Autobahnen)	3-4 t FM / km*a		
Holzartig (Landes- und Kreisstraße)	2,0 t TM / km*a	Dobers & Opitz 2007		

Fraktionen Straßenbe- gleitgrün	Literaturbezeichnung der Biotope	Ertrag	Quelle	Ertrag [t _{TM} ha ⁻¹ a ⁻¹]
	Holzartig (Verkehrsgrün)	2 t _{atro} / km a	Rilling 2013	
	holzartig	3,4 t _{atro} / ha 2 t _{atro} / km	Kern et a. 2009	
	holzartig	2 t _{atro} / km	Rausen et al. 2009	
	holzartig	8,3 t _{atro} / ha 5 t _{atro} / km	Suter Thal- mann et al. 2010	
	Landschaftspflegeholz	Autobahn: 3,5 t FM / km Bundes-, Landes-, Kreisstra- ßen: 1,5 t FM / km Gemeindestr.: 1,0 t FM/km	Möller 2013	
keine Baum- reihe	Straßenbegleitgrün (Mahd)	8-13 t _{FM} ha ⁻¹ a ⁻¹ Trockensubstanz (TS) 75% (Gras, trocken) <i>Umgerechnet 7,9 t_{TM} ha⁻¹ a⁻¹</i>	DBFZ 2009	Ertragsspanne: 4 – 7,9 <i>Min: 4 Med: 6 Max: 8</i>
	Verkehrsflächen mit Ver- kehrsbegleitgrün (Mahd)	40 m ³ /(ha a) <i>Umgerechnet 6 t_{TM} ha⁻¹ a⁻¹</i>	Schubert 2007	
	halmgutartig	8 – 20 t FM ha ⁻¹ a ⁻¹ <i>Umgerechnet ca. 5,6 t_{TM} ha⁻¹ a⁻¹ bei ~40 % Wassergehalt</i>	Kaltschmitt et al. 2009	
		3-4 t TS/ha*a	Thrän & Kaltschmitt 2004	
		4,0 t TM (12,0 t FM)/ha a	Priorr et al. 2011	
		Autobahn: 4,0 t _{TM} /km Bundes-, Landes-, Kreisstra- ßen: 1,25 t TM / km	Möller 2013	
		Gemeindestraßen: 1,25 t TM / km		
	4 t TS/ha*a	Kern 2009		

Anhang IV

Steckbriefe der fünf untersuchten Biomassefraktionen

Begleitgrün an Bahntrassen

Definition/Kurzbeschreibung

Randflächen und Böschungen entlang von Bahntrassen, die aus Gründen der Verkehrssicherheit oder zur Freihaltung der Flächen gepflegt/unterhalten werden müssen.

Begleitgrün und Sträucher/Gehölze



Datengrundlage für die GIS-gestützte Analyse

- ☑ Bahnnetz (Güter- und Personenverkehr, ATKIS Basis DLM, Linien)
- ☑ Biotoptypenkarte (LUGV, flächendeckende Kartierung Brandenburg)
- ☑ Angaben der Deutschen Bahn zu begleitender Vegetation und Unterhaltungsmaßnahmen (Deutsche Bahn)
- ☑ Luftbilder (Google Earth)

Analyseparameter

Annahmen zur räumlichen Ausdehnung und Lage (Potenzialflächen)

(Deutsche Bahn, 2014; FGSV, 2008)

- 4.000 km Strecke in Brandenburg (ATKIS)
- Rückschnittzone je Seite: 6 Meter von der Gleismitte – die inneren 2,50 Meter sind Gleisbett ohne Vegetation
- Potenzialfläche: äußere 3,50 Meter der Teil der Rückschnittzone
- Nicht berücksichtigt werden Maßnahmen innerhalb der anschließenden Stabilisierungszone (Umfänge variieren stark), die in unregelmäßigen Abständen nach Bedarf durchgeführt werden

Ertragsannahmen (theoretisches Biomassepotenzial)

Erträge aus Literatur und Befragung der Akteure

(DBFZ, 2009 u. 2013; Kaltschmitt, 2009; Kern, 2009; Möller, 2013; Piorr, 2011; Rösch, 1996; Schubert, 2007; Thrän, 2004)

Halmgut (Begleitgrün):

- 2,5 - 4,5 t_{TM}/ha*a (bei 1-2 Schnitten/a)
- 70 % der Rückschnittzone sind Vegetation, die übrigen 30 % versiegelt oder anderweitig ohne Biomasseaufkommen

Verlust-/Konkurrenzannahmen (freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

Physische Verluste:

- 20 % des Begleitgrün:
Mahd, Abtransport, Lagerung

Nutzungskonkurrenzen:

- 15 % des Begleitgrün: Kompostierung

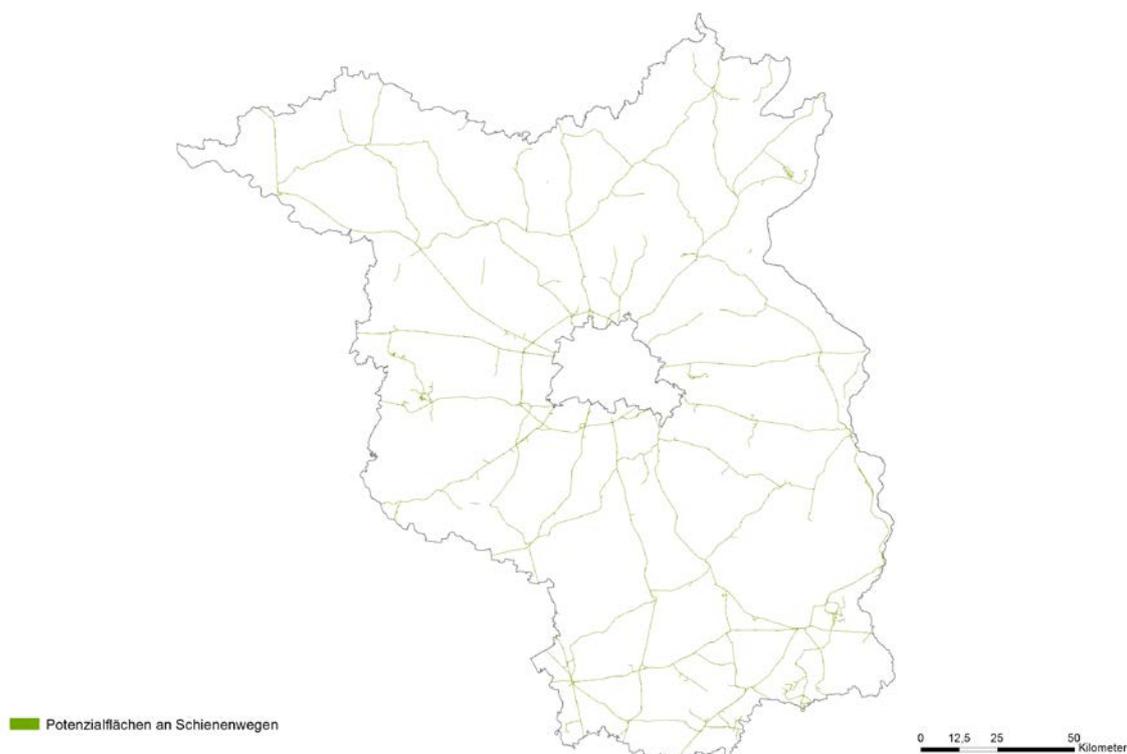
Nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial:

Begleitgrün/-holz 0 %*

*technisch-logistische und wirtschaftliche Zugänglichkeit nicht gegeben

Analyseergebnisse

Potenzialflächen des Begleitgrüns von Bahntrassen



Potenziale der durchschnittlichen Biomasseaufkommen

Potenziale	Durchschnittliche Biomasseerträge Begleitgrün [tTM/a]
theoretisches Biomassepotenzial	5.900
technisches Biomassepotenzial	4.720
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	4.010
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	0

Straßenbegleitgrün einschließlich Landschaftspflegeholz

Definition/Kurzbeschreibung

Randflächen und Böschungen entlang von Straßen, die aus Gründen der Verkehrssicherheit gepflegt/unterhalten werden:

Grasflächen, Alleen, Sträucher und weitere



Datengrundlage für die GIS-gestützte Analyse

- ☑ Straßennetz (Autobahnen, Bundes-/Landes-/Kreis- und Gemeindestraßen, ATKIS Basis DLM, Linien)
- ☑ Ortschaften (ATKIS Basis DLM, Flächen)
- ☑ Biotoptypenkarte (LUGV, flächendeckende Kartierung Brandenburg)
- ☑ Kataster der Unterhaltungsmaßnahmen des LS Brandenburg
- ☑ Luftbilder (Google Earth)

Analyseparameter

Annahmen zur räumlichen Ausdehnung und Lage (Potenzialflächen)

- 1.020 km Autobahn (ATKIS), Bundes-/Landes-/Kreisstraßen 18.400 km (LS-Brandenburg Geodaten), 24.200 km Gemeindestraßen (ATKIS) außerhalb Ortschaften
- Autobahn: 1x Grünstreifentiefe 1,50 Meter (Halmgut), 1x anschließender Grünstreifen 2,50 Meter tief (Halmgut und Gehölz)
- Bundes-/Landes-/Kreis-/Gemeindestraßen: Straßen begleitender Grünstreifen 1,80 m

Ertragsannahmen (theoretisches Potenzial)

Erträge aus Literatur und Befragung der Akteure

(Augustin, 2005; Bröckling, 2008; Brozio, 2009; DBFZ, 2009; Dobers und Opitz, 2007; Kaltschmitt, 2009; Kern, 2009; Möller, 2013; Raussen, 2009; Rilling, 2013; Suter Thalmann, 2010; Wiehe, 2003; Worm, 2006)

Halmgut (Begleitgrün): 2,5 - 4,5 t_{TM}/ha*a (1-2 Schnitte/a)

Sträucher/Hecken (Begleitholz): 1 - 3,5 t_{TM}/ha*a (Alternierend 1 Pflegeschnitt/a)

Gehölz (Begleitholz): 3,75 - 5 t_{TM}/ha*a (Alternierend 1 Pflegeschnitt/a und ca. 8.000 Fällungen/a)

Verlust-/Konkurrenzannahmen (energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

Physische Verluste:

- 20 % Begleitgrün und Begleitholz: Mahd, Abtransport, Lagerung

Nutzungskonkurrenzen:

- 20 % Begleitgrün: Kompostierung

Nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial:
Begleitgrün 61 %
Begleitholz 0 %

Annahmen energetische Nutzung (freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

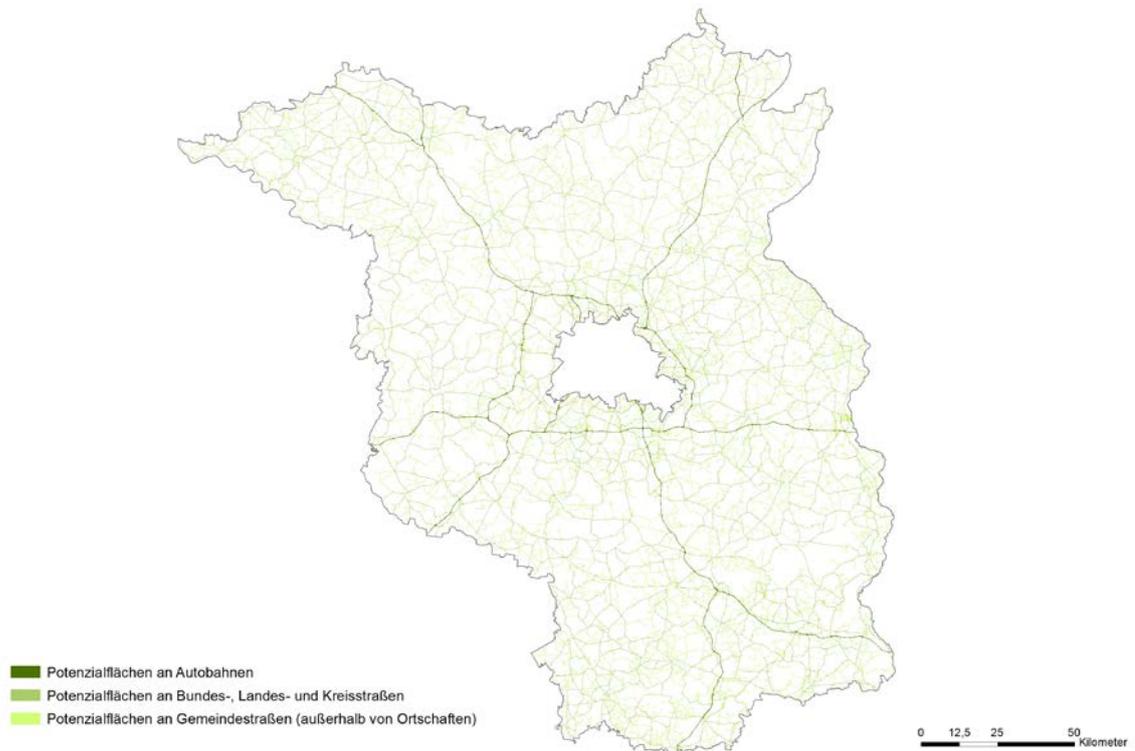
Energetische Verwertung:

Begleitgrün: Annahme ist, dass weniger als fünf Prozent (5 %) der Biomasse energetisch genutzt wird

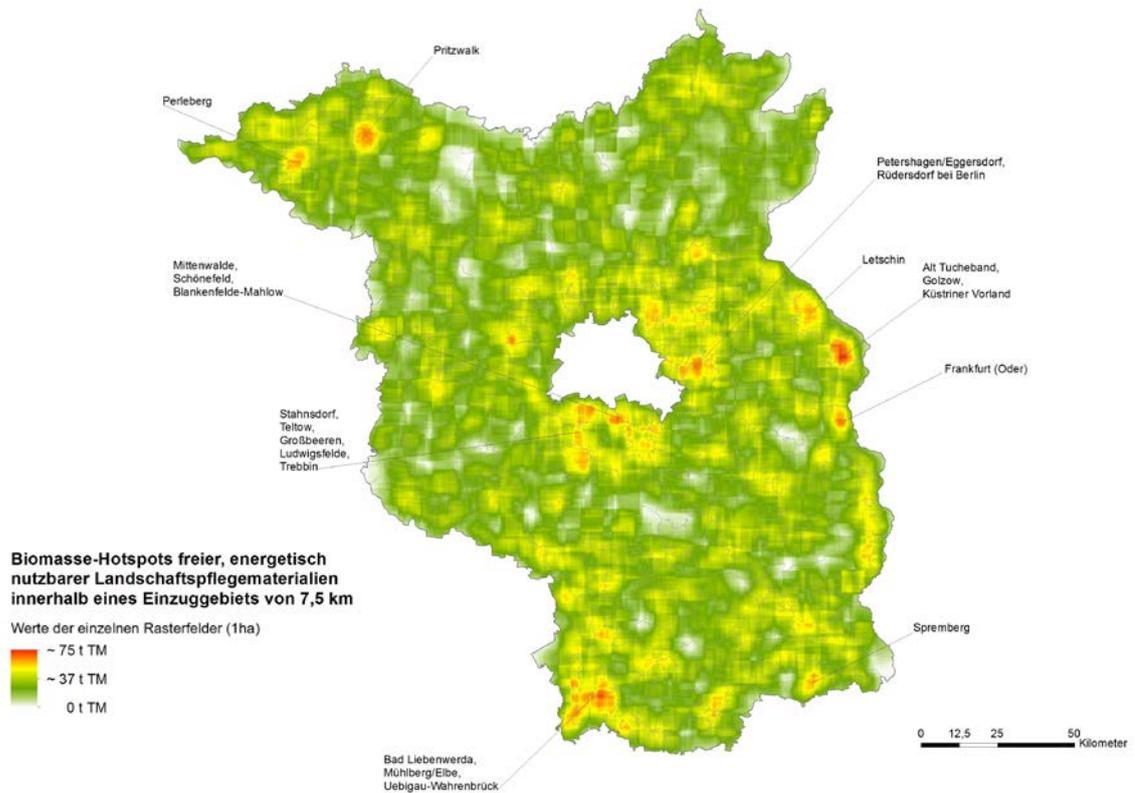
Begleitholz: Annahme ist, dass alles anfallende Material energetisch verwertet wird (Wärmenutzung, Verbrennung) (100 %)

Analyseergebnisse

Potenzialflächen des Straßenbegleitgrüns



Biomasse-Hotspots des Straßenbegleitgrüns



Potenziale der durchschnittlichen Biomasseaufkommen

Potenziale	Durchschnittliche Biomasseerträge Begleitgrün [tTM/a]	
	Begleitgrün	Begleitholz
theoretisches Biomassepotenzial	14.800	11.600
technisches Biomassepotenzial	11.840	9.280
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	9.470	9.280
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	9.000	0

Biomasse aus der Gewässerunterhaltung

Definition/Kurzbeschreibung

Flachwasser- und Uferrandbereich von Gewässern sowie Böschungen, die zur Sicherung des Gewässerabflusses und der Gewässerfunktion unterhalten werden müssen. (§ 78 und 79 Brandenburgisches Wassergesetz BbgWG):

Schilf/Röhricht, Gras, Verlandungsvegetation, Wasserpflanzen



Datengrundlage für die GIS-gestützte Analyse

- Gewässernetz, Gewässer I. und II.Ordnung und Stillgewässer (ATKIS Basis DLM)
- Gewässernetz Brandenburg (Geodaten des LUGV)
- GIS-kompatible Daten der Gewässerkataster von 8 Wasser- und Bodenverbänden
- Biotoptypenkarte (LUGV, flächendeckende Kartierung Brandenburg)
- Angaben zu Unterhaltungsmaßnahmen und zu Substratanteilen der Gewässer und des Gewässersaumes (6 Wasser- und Bodenverbände und 1 Regionalreferat Gewässerunterhaltung LUGV Brandenburg)

Analyseparameter

Annahmen zur räumlichen Ausdehnung und Lage (Potenzialflächen)

- Gewässernetz I. Ordnung 1.980 km und II. Ordnung 30.500 km
- Breite Gewässersohle nach WBV- Angaben (I./II. Ordnung) $\geq 8 \text{ m} / 0,5 \text{ m} - 12 \text{ m}$, wenn nicht verfügbar nach ATKIS-Angaben (I./II. Ordnung) $\geq 8 \text{ m} / 1,0 \text{ m} - 12 \text{ m}$
- Breite Gewässerböschung WBV- Angaben (I./II. Ordnung) $4 \text{ m} - 10 \text{ m} / 1,5 \text{ m} - 9 \text{ m}$, wenn nicht verfügbar durchschnittliche Böschungsbreite $10 \text{ m} / 2 \text{ m}$

Ertrags- und Substrattypenannahmen (theoretisches Potenzial)

Anteile Substrattypen nach WBV-Angaben, wenn nicht verfügbar Durchschnitt

Erträge aus Literatur und Befragung der Akteure

(DBFZ 2009, Gewässerrunde 2010, Heck 2004, Heise in Piorr 2010, Hirsch in Piorr 2011, Jandewerth 2011, Knappe 2007, Löhr 2011, Mietz 2010, Nierobis 2002, Peters 2009, Rietschel 2011 und Wichmann 2009)

Kategorie (Gewässer I./II. Ordnung)	Annahme Biomasseaufkommen						
	Durchschnittliche Substratanteile an Potenzialfläche [%]			Minimum [t _{TM} /ha*a]	Medium [t _{TM} /ha*a]	Maximum [t _{TM} /ha*a]	Maßnahmenturnus
	I.	II.	Seen				
Gras (emers)	57,5	18	-	1	2	3	1-2 Schnitte/a
Schilf (emers)	17,5	25	10	6	8	10	1-2 Schnitte/a
Krautige Vegetation (emers)	25	29	-	1	1,75	2,5	1-2 Schnitte/a
Gehölze (emers)	-	20	-	3	6,5	10	0,5 Pflegeschnitte/a
Substratmix (emers)	-	8	-	1,5	2,5	3,5	1-2 Schnitte/a
Makrophyten (submers)	70	20	-	1	3,5	6	1-2x Sohlkrautung/a
Schilf (submers)	30	67	-	2,5	5	7,5	1-2x Sohlkrautung/a
Substratmix (submers)	-	13	-	2	4	6	1-2x Sohlkrautung/a

Verlust-/Konkurrenzannahmen (energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

Gewässer I. Ordnung

Physische Verluste:

- 25 % Halmgut/Kraut:
Mahd, Abtransport, Lagerung

Nutzungskonkurrenzen:

- 35 % Halmgut/Kraut: Kompostierung / stoffliche Nutzung (Schilfrohrkulturen, Schilfschnitt, Bepflanzung von Pflanzenkläranlagen, Herstellung von Schilfrohr-Matten (Wärme-/Windschutz) und Schilfrohr-Reet)

Nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial:
Begleitgrün 32 %
Begleitholz 0 %

Gewässer II. Ordnung

Physische Verluste:

- 30 % Halmgut/Kraut und 15 % Gehölze:
Mahd, Abtransport, Lagerung

Nutzungskonkurrenzen:

- 10 % Halmgut/Kraut: Kompostierung
- 5 % Halmgut/Kraut: stoffliche Nutzung (Schilfrohrkulturen, Schilfschnitt, Bepflanzung von Pflanzenkläranlagen, Herstellung von Schilfrohr-Matten (Wärme-/Windschutz) und Schilfrohr-Reet)
- 10 % Gehölz: Einblasen der vor Ort erstellten Hackschnitzel in den Entnahmebereich als Mulchmaterial aus Gründen der Landschaftspflege

Nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial:
Begleitgrün 56 %
Begleitholz 0 %

Stillgewässer

Physische Verluste:

- 25 % Schilf:
Mahd, Abtransport, Lagerung

Nutzungskonkurrenzen:

- 80 % Schilf: Kompostierung stoffliche Nutzung (Schilfrohrkulturen, Schilfschnitt, Bepflanzung von Pflanzenkläranlagen, Herstellung von Schilfrohr-Matten (Wärme-/Windschutz) und Schilfrohr-Reet)

Nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial:
Begleitgrün 15 %

Nutzungsannahmen (freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

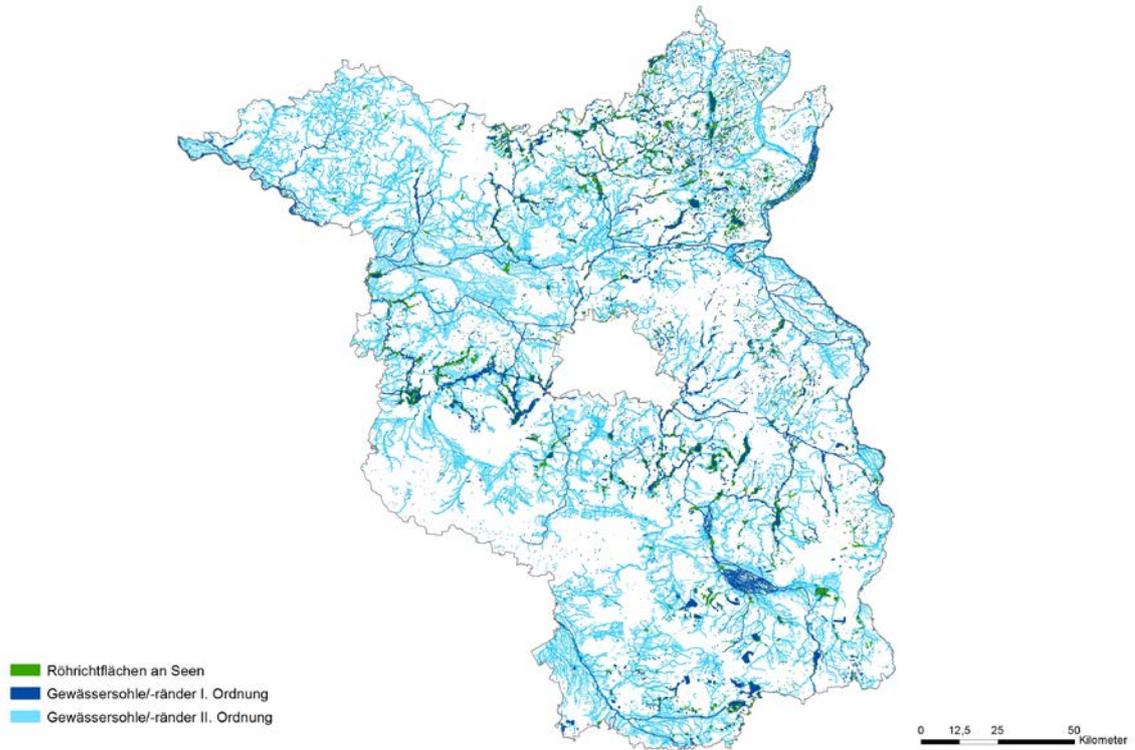
Energetische Verwertung:

Begleitgrün: Annahme ist, dass maximal fünf Prozent (5 %) der Biomasse energetisch genutzt wird

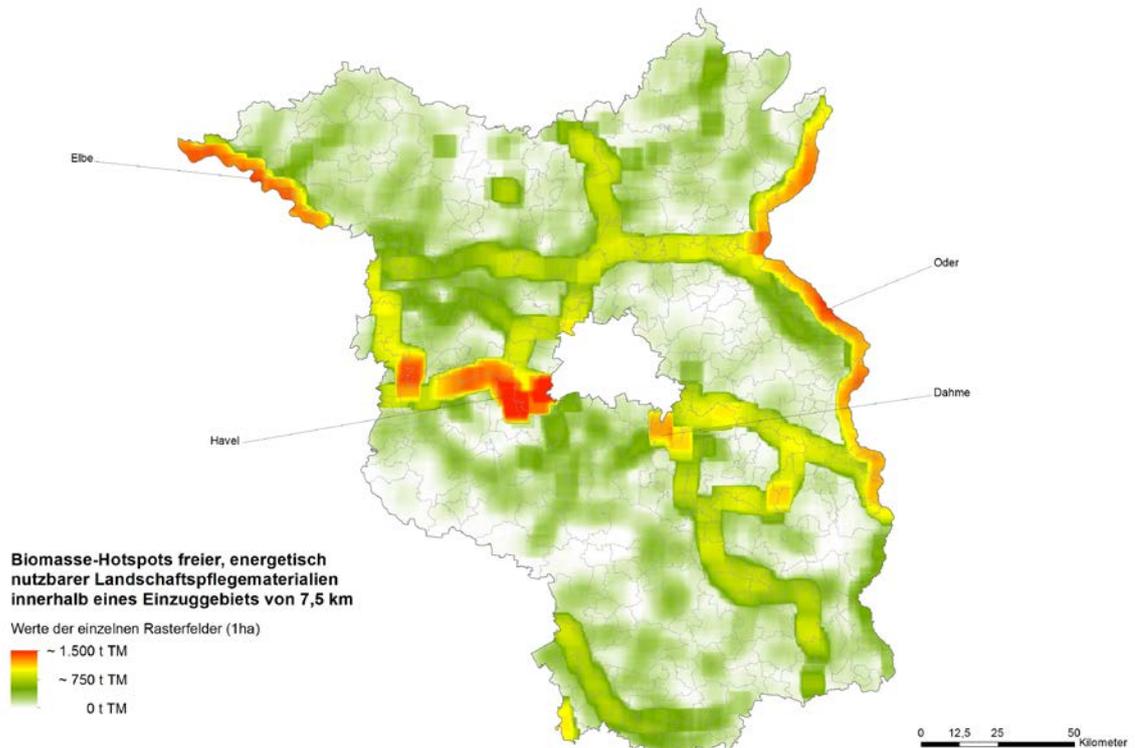
Begleitholz: Annahme ist, dass alles anfallende Material energetisch verwertet wird (Wärmenutzung, Verbrennung) (100 %)

Analyseergebnisse

Potenzialflächen der Gewässerunterhaltung



Biomasse-Hotspots der Gewässerunterhaltung



Potenziale der durchschnittlichen Biomasseaufkommen

Potenziale	Durchschnittliche Biomasseerträge Begleitgrün [tTM/a]				
	Begleitgrün aus			Begleitholz aus	
	I. Ord	II. Ord	Seen	II. Ord	I. Ord / Seen
theoretisches Biomassepotenzial	100.000	48.700	5.000	85.100	-
technisches Biomassepotenzial	75.000	34.090	3.750	72.340	-
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	33.750	28.980	750	65.100	-
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	32.060	27.530	750	0	
Summe		9.000		0	

Biomasse aus geschützten Gebieten und von Kompensationsflächen

Definition/Kurzbeschreibung

Flächen auf denen Pflegemaßnahmen zum Erhalt der Naturschutzfunktionen erforderlich sind (die nicht bereits in die Kategorie extensives Grünland fallen):

Moore, Heiden, Magerrasen, weitere und Kompensationsflächen



Datengrundlage für die GIS-gestützte Analyse

- Abgrenzungen von Schutzgebieten (LUGV, Geodaten)
- Biotoptypenkarte (LUGV, flächendeckende Kartierung Brandenburg)
- MUGV Angaben zu Unterhaltungsmaßnahmen und zur Pflege von Vertragsnaturschutzflächen
- Angaben von Naturschutzstiftungen
- Kompensationsflächenkataster

Analyseparameter

Annahmen zur räumlichen Ausdehnung und Lage (Potenzialflächen)

Offenlandbiotope mit Pflegebedarf

- Innerhalb von Schutzgebieten: 207.209 ha
- (Außerhalb von Schutzgebieten: 151.787 ha)

Flächen des Vertragsnaturschutzes: 6.094 ha

Kompensationsflächen: *keine Angaben*

Ertragsannahmen (theoretisches Potenzial)

Erträge aus Literatur und Befragung der Akteure

(Briemle 1991, DBFZ 2009 und 2013, DGV 2003, Feger 2009, IE 2006, Kaltschmitt und Thrän 2003, LfL 2006, Rilling 2013, Röhrich 2007, Rösch 1996 und Schubert 2007)

Biotoptypen	Ertragsannahmen Offenlandbiotope		
	Minimum [t _{TM} /ha*a]	Medium [t _{TM} /ha*a]	Maximum [t _{TM} /ha*a]
Moore und Sümpfe	1	3	5
Rohboden- und Ruderalfluren	3	4,5	6
Feucht-/Frischwiesen, Grünlandbrachen, Staudenfluren	2	3	4
Trocken- und Halbtrockenrasen, Trittrasen	1,5	2,5	3,5
Laubgebüsch/Feldgehölze	3	5	7
Zwergstrauchheiden	0,5	1	1,5
Zusätzliche Biotoptypen beim Vertragsnaturschutz			
Grünland (Überschneidung mit extensiv GL)	2	3	4
Schilf (Überschneidung mit Gewässerunterhaltung)	6	8	10
Ufervegetation (Überschneidung mit Gewässerunterhaltung)	1	1,75	2,5

Verlust-/Konkurrenzannahmen (energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

Physische Verluste:

- 30 % Halmgut/Gehölz: Mahd, Abtransport, Lagerung

Nutzungskonkurrenzen

- 30 % Halmgut: Beweidung, Kompostierung,

**Nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial:
Begleitgrün 38 %**

- naturschutzbezogenes Einwirkungsverbot **Begleitholz 0 %**
- 20 % Gehölz: Kompostierung, naturschutzbezogenes Einwirkungsverbot

Nutzungsannahmen (freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

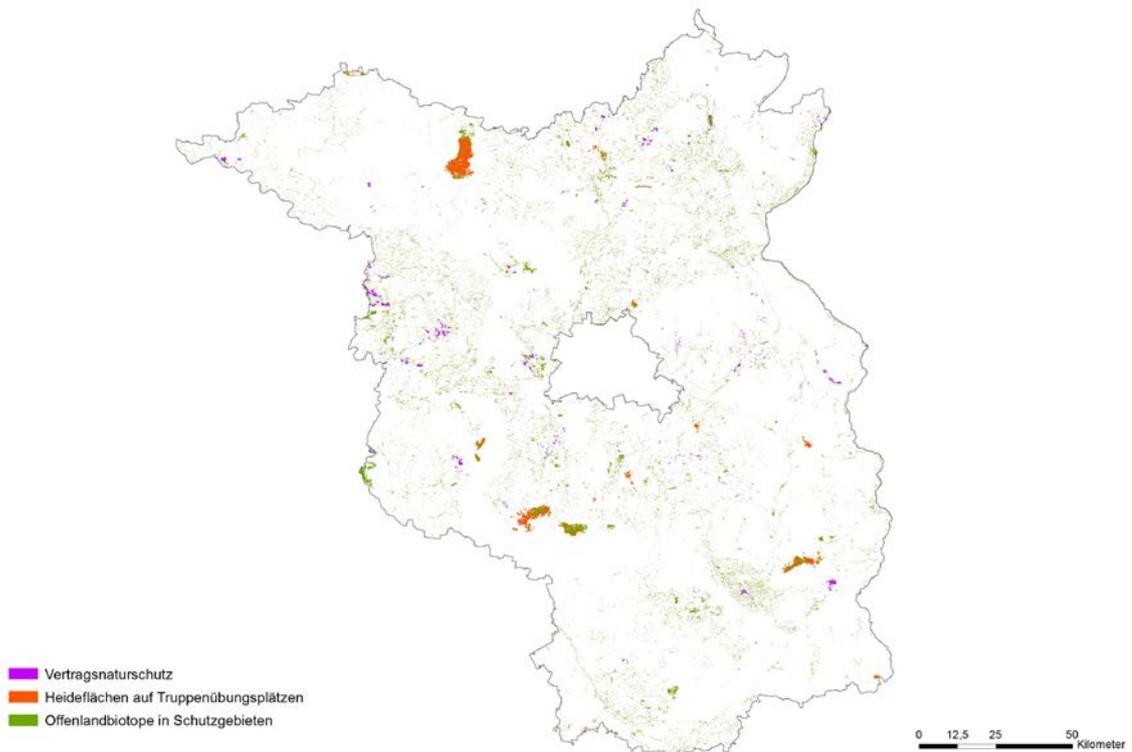
Energetische Verwertung:

Begleitgrün: Annahme ist, dass weniger als fünf Prozent (5 %) der Biomasse energetisch genutzt wird

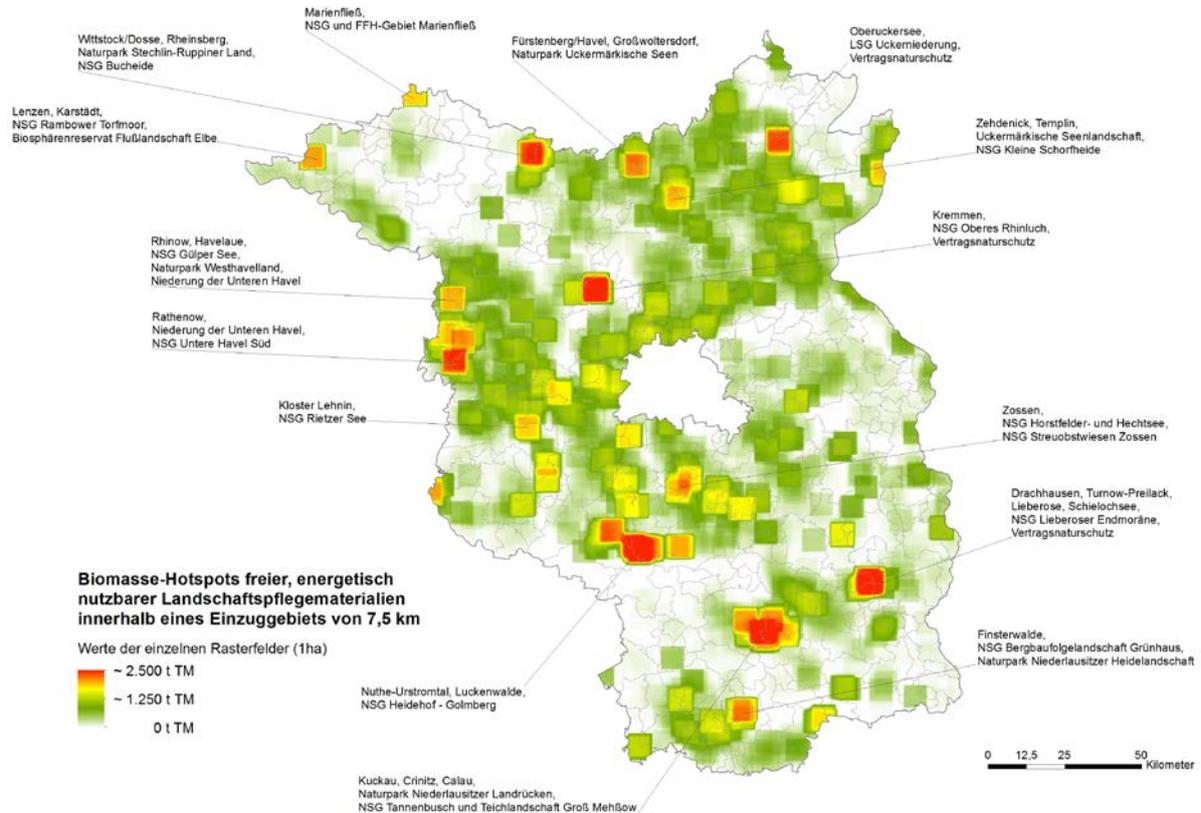
Begleitholz: Annahme ist, dass alles anfallende Material energetisch verwertet wird (Wärmenutzung, Verbrennung) (100 %)

Analyseergebnisse

Potenzialflächen der Offenlandbiotope in geschützten Gebieten



Biomasse-Hotspots der Offenlandbiotope in geschützten Gebieten



Potenziale der durchschnittlichen Biomasseaufkommen

Potenziale	durchschnittliche Biomasseerträge Halmgut [t TM/a]	durchschnittliche Biomasseerträge Gehölz [t TM/a]
theoretisches Biomassepotenzial	227.193	48.417
technisches Biomassepotenzial	159.035	33.892
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	111.325	27.114
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	105.758	0

Extensiv bewirtschaftetes Grünland

Definition/Kurzbeschreibung

Extensiv bewirtschaftetes Grünland mit Auflagen von Agrarumweltmaßnahmen oder Vertragsnaturschutz:

Krautige Offenlandbiotop, Dauergrünland, Frischwiesen, Ruderalfluren, Feuchtwiesenbrachen, nährstoffreiches, extensives Feucht- und Nassgrünland



Datengrundlage für die GIS-gestützte Analyse

- Digitales Feldblockkataster 2013 inkl. Datenbank des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS, LUGV)
- MMK Brandenburg (LBGR)
- Tierbestände und Futterrationen

Analyseparameter

Annahmen zur räumlichen Ausdehnung und Lage (Potenzialflächen)

Berücksichtigung aller Grünlandflächen (Schlagebene) denen eine extensive Nutzung im Rahmen der AUM nachgewiesen werden kann → 141.462 ha

Ertragsannahmen (theoretisches Biomassepotenzial)

Erträge nach Standorttyp aus Literatur und Befragung der Akteure (DBFZ 2013)

Standorttypen	Ertrag bei 1-2 Schnitten Ø [t TM/ha*a ⁻¹]
Überwiegend homogene Niedermoore	6,0
Humose bis schwach humose Sande bis Anmoore, grundwasser-vernässte Auenstandorte, heterogene Niedermoore	5,0
Mäßig grundwasserbeeinflusste Sande der Niederungsränder oder vernässungsfreie Lehme, schwach bis mäßig grundwasserbeeinflusste Auen, stark vernässte Böden	4,0
Sandunterlagerte Niedermoore mit teilweiser Vernässung, grundwasserbeeinflusste humose, z.T. lehm- und schluffhaltige Sande der Niederungsränder, mäßig grundwasserbeeinflusste Auenstandorte	3,5
Grundwasserferne Sande (Hutungen, Trockenrasen, Streuwiesen)	2,5

Verlust-/Konkurrenzannahmen (energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

Physische Verluste:

- 20 % (Silage), 30 % (Heu) des Gras
Mahd, Abtransport, Lagerung

Nutzungskonkurrenzen:

- 46 % Beweidung, Futternutzung, stoffliche Nutzung

Nutzbarer Anteil am theoretischen Potenzial:
Begleitgrün 30 %
zzgl. Nutzungskonkurrenzen

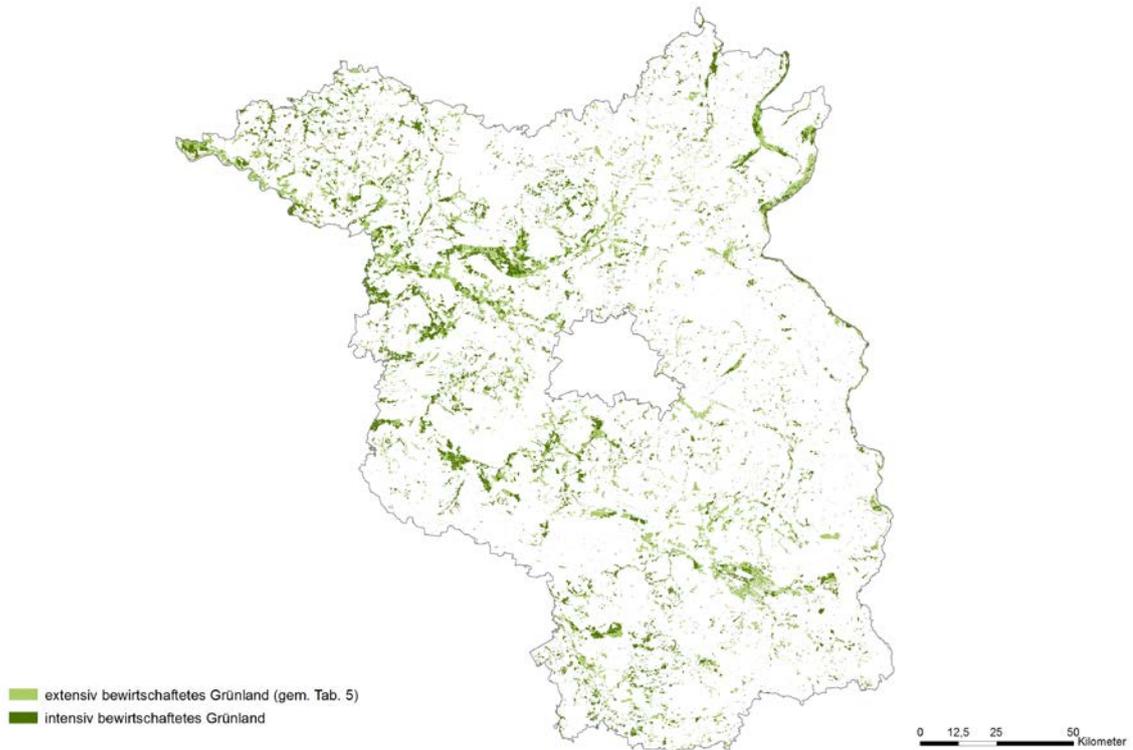
Nutzungsannahmen (freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial)

Energetische Verwertung:

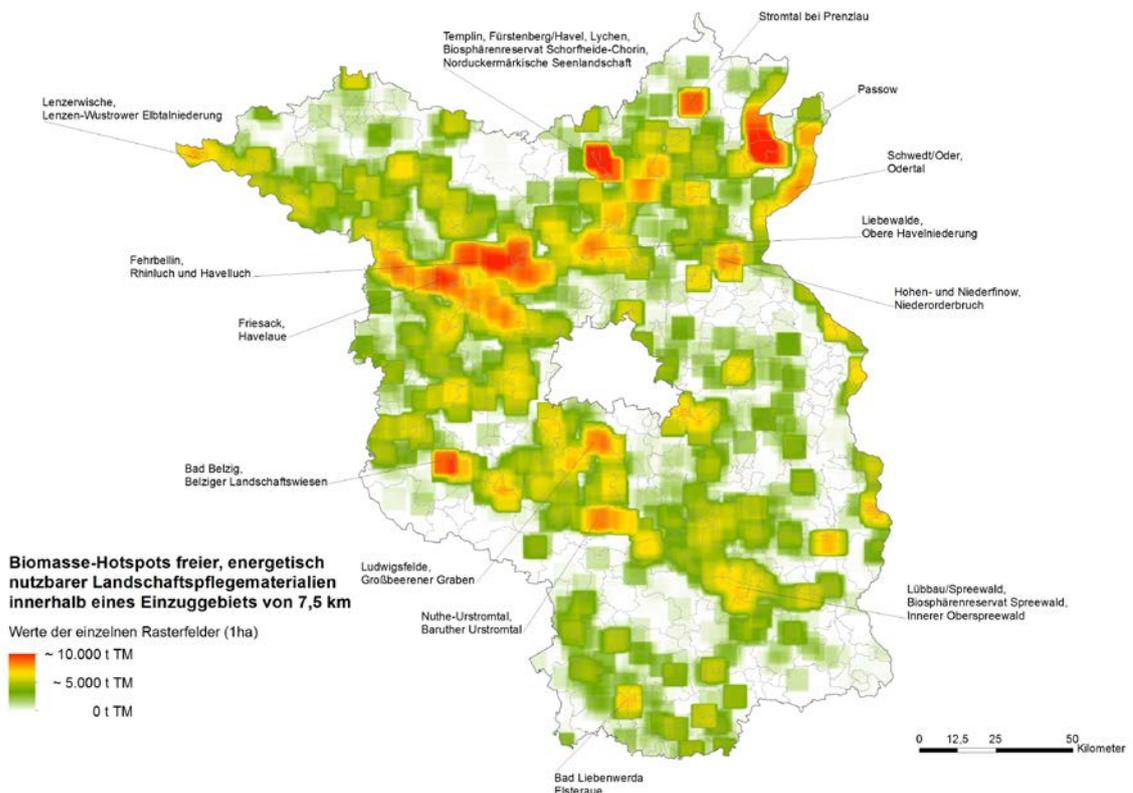
Begleitgrün: Annahme ist, dass etwa 10 % der Biomasse energetisch genutzt wird.

Analyseergebnisse

Potenzialflächen des extensiv bewirtschafteten Grünlands



Biomasse-Hotspots des extensiv bewirtschafteten Grünlands



Potenziale der durchschnittlichen Biomasseaufkommen

Potenziale	Durchschnittliche Biomasseerträge Begleitgrün [tTM/a]
theoretisches Biomassepotenzial	552.400
technisches Biomassepotenzial	386.700
energetisch nutzbares Biomassepotenzial	177.500
freies, energetisch nutzbares Biomassepotenzial	160.000