

MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG
INSTITUT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND GEOGRAPHIE
MASTER GEOGRAPHIE

MASTERTHESIS

**Theoretische Rohstoffpotentialanalyse
des jährlich für bioenergetische Zwecke
geeigneten Landschaftspflegematerials
im Saale-Holzland-Kreis**

Eine Analyse der Rohstoffmengen, Energiegehalte und
Nutzungseinschränkungen

Autor: Kristian Möller
Heinrich-Schütz-Straße 13
06110 Halle / Saale

Matrikelnr.: 210 237 924
Telefon: 0173 / 733 66 25

Erstgutachter: Prof. Dr. Klaus Friedrich
Zweitgutachten: Dr. Barbara Warner

Ort: Halle / Saale
Abgabetermin: 25.02.2013

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Leitfragen	2
1.2 Aufbau, Methodik und Datengrundlagen	4
2 Grundlagen	7
2.1 Untersuchungsgebiet	7
2.1.1 Geographie	7
2.1.2 Energiestruktur	8
2.2 Biomasse / Bioenergie	11
2.2.1 Einteilung von Biomasse	12
2.2.2 Landschaftspflegematerial	13
2.2.3 Potenzialbegriffe	15
2.2.4 Energietechnische Kenngrößen und Definitionen	16
2.2.5 Verfahren zur Energiegewinnung	17
3 Analyse und Auswertung	23
3.1 Landschaftspflegematerial von Trassen und Verkehrsanlagen	23
3.1.1 Straßenverkehr	23
3.1.2 Fahrradwege	29
3.1.3 Schienenverkehr	31
3.1.4 Flugverkehr	33
3.1.5 Gewässer	36
3.1.6 Fazit	43
3.2 Landschaftspflegematerial freier Landschaften	45

3.2.1	Ackerrandstreifen.....	45
3.2.2	Naturschutzgebiete	46
3.2.3	Grünland.....	48
3.2.4	Plantagen.....	50
3.2.5	Fazit	53
3.3	Landschaftspflegematerial öffentlicher Anlagen	55
3.3.1	Sportanlagen	56
3.3.2	Park- und Grünanlagen	56
3.3.3	Zoos und Tiergärten	57
3.3.4	Friedhöfe	57
3.3.5	Fazit	57
3.4	Landschaftspflegematerial sonstiger Flächen	60
3.4.1	Baumschulen	60
3.4.2	Gartenland / Private Gärten.....	61
3.4.3	Fazit	62
3.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	64
4	Diskussionsteil	70
4.1	Einordnung und Bewertung der Ergebnisse.....	70
4.2	Schlussfolgerungen / Handlungsempfehlungen.....	72
4.3	Ausblick / Weiterer Forschungsbedarf	76
5	Zusammenfassung.....	77
	Literaturverzeichnis	VI
	Anhang	XI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht zum Aufbau und zur Methodik der Masterthesis.....	6
Abbildung 2: Lage des Saale-Holzland-Kreises.....	7
Abbildung 3: Stromerzeugung aus Biomasse in der Saale-Holzland-Region.	10
Abbildung 4: Zuordnungs- und Aufbereitungsmöglichkeiten für Biomasse.....	12
Abbildung 5: Heizwerte von Holz bei unterschiedlichem Wassergehalt.	18
Abbildung 6: Schema einer Biogasanlage.	19
Abbildung 7: Biogasertrag und Methangehalt verschiedener Ausgangsstoffe.	20
Abbildung 8: Aufbau einer Perkulationsfermentation.....	21
Abbildung 9: Straßen im Saale-Holzland-Kreis.....	24
Abbildung 10: StraßenSpezifikationen und Vorgaben zur Trassenpflege.	25
Abbildung 11: Beispiel für Zuschneidung von Fahrbahn und Grünstreifen.....	26
Abbildung 12: Gewählte Puffer Für ATKIS-Daten und Hinterlegtes Orthophoto.	27
Abbildung 13: Außerörtliche Fahrradwege im Saale-Holzland-Kreis.....	30
Abbildung 14: Bahntrassen im Saale-Holzland-Kreis.	32
Abbildung 15: Lage des Flugplatzes "Jena-Schöngleina".	34
Abbildung 16: Flugplatz "Jena-Schöngleina" aus Richtung Südwest.	35
Abbildung 17: Flugplatz vor und nach Bearbeitung im ArcGIS.	35
Abbildung 18: Gewässergüte im Saale-Holzland-Kreis 1997.	37
Abbildung 19: Kleingewässer 1. und 2. Ordnung im Saale-Holzland-Kreis.....	39
Abbildung 20: Die Saale als Beispiel für Flächengewässer 1. und 2. Ordnung.	40
Abbildung 21: Beispiele Sonstige Flächengewässer Inner- und Außerorts.	42
Abbildung 22: Verteilung der Naturschutzgebiete im Saale-Holzland-Kreis.	47
Abbildung 23: Übersicht der Plantagen im Saale-Holzland-Kreis.	51
Abbildung 24: Überblick zu Öffentlichen Anlagen in Eisenberg und Umgebung.	55
Abbildung 25: Beispiel für Baumschulen und Kleingärten.....	60
Abbildung 26: Biomasse aus Privaten Gärten.....	62
Abbildung 27: Mögliche Variante von Ortschaften mit Annahmehöfen.	74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erzeugung von Strom aus Biomasse im Saale-Holzland-Kreis 2010.....	9
Tabelle 2: Ergebnisübersicht Holz von Trassen und Verkehrsanlagen.	44
Tabelle 3: Ergebnisübersicht Halmgut von Trassen und Verkehrsanlagen.....	45
Tabelle 4: Ergebnisübersicht Holz aus Freien Landschaften.....	53
Tabelle 5: Ergebnisübersicht Halmgut aus Freien Landschaften.	54
Tabelle 6: Ergebnisübersicht Holz aus öffentlichen Anlagen.	58
Tabelle 7: Ergebnisübersicht Halmgut aus öffentlichen Anlagen.	59
Tabelle 8: Ergebnisübersicht Holz von Sonstigen Flächen.	63
Tabelle 9: Ergebnisübersicht Halmgut von Sonstigen Flächen.	64
Tabelle 10: Potentialmengen & Energieerträge Landschaftspflegehölzer.	66
Tabelle 11: Potentialmengen & Energieerträge Landschaftspflegehalmgut.....	68

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
a	Jahr
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
atro	Absolut trocken
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMHKW	Biomasseheizkraftwerk
BMHW	Biomasseheizwerk
DLM	Digitales Landschaftsmodell
EEG	Erneuerbare-Energie-Gesetz
el	Elektrisch (z.B. kW _{el} = Kilowatt elektrisch)
EW	Einwohner
FM	Frischmasse
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
ha	Hektar
H _u	Heizwert (unterer Heizwert)
J	Joule
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
lutro	Lufttrocken
m	Meter
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
RAG	Regionale Aktionsgruppe „Saale-Holzland e.V.“
t	Tonne
th	Thermisch (z.B. MWh _{th} = Megawattstunde thermisch)
TM	Trockenmasse
w	Wassergehalt

1 Einleitung

Die Bioenergie ist neben Solar-, Wind und Wasserkraft eine der tragenden Säulen der erneuerbaren Energien in Deutschland. Durch eine breite Varianz der Rohstoffquellen, Umwandlungsverfahren und bereitgestellten Endenergieformen, verschafft sie sich gegenüber anderen erneuerbarer Energieformen einen entscheidenden Vorteil. Zudem liefert die Bioenergie je nach Anlagentyp konstante Strom-, Wärme- oder Kraftstoffmengen, da sie robust gegenüber kurzfristigen äußeren Einflüssen¹ ist. Weiterhin kann sie vor allem im ländlich-strukturschwachen Raum zu einer lokalen Arbeitsplatzsicherung und Wertschöpfung beitragen, da die Rohstoffe meist regional bezogen werden.

So haben sich auch im ländlich geprägten Saale-Holzland-Kreis in Ostthüringen in der Vergangenheit zahlreiche Biogasanlagen und Biomasseheiz(kraft)werke etablieren können. Die Biogasanlagen werden vorwiegend mit Tiergülle und eigens angebauten Energiepflanzen betrieben. Aus diesen Grundstoffen wird Methan erzeugt, welches in einem nachgelagerten Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Strom- und Wärmegewinnung verfeuert wird. Die Biomasseheizwerke (BMHW) dagegen verbrennen zur Wärmeerzeugung den nachwachsenden Rohstoff Holz². Ähnlich arbeiten auch die Biomasseheizkraftwerke (BMHKW), die allerdings vorrangig Strom aus den Hölzern gewinnen, wobei als Nebenprodukt thermische Energie frei wird.

Der entscheidende Nachteil dieser Anlagen ist jedoch das die angebauten Energiepflanzen meist auf Flächen vorzufinden sind, die ursprünglich für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung stehen sollten (VGL. GLOBALMAGAZIN 2012, ÖKO-INSITUT 2012). Deshalb setzen auch im Saale-Holzland-Kreis zunehmend öffentliche Nachhaltigkeitsdiskussionen über eine weitere Anbauexpansion der eingesetzten Energiepflanzen ein und erhöhen den Handlungsdruck auf die beteiligten Akteure der Bioenergiebranche alternative Lösungen zur bisherigen Anbaupraxis zu finden.

¹ Bei plötzlicher Windstille können Windräder keinen Strom erzeugen. Ähnlich abhängig sind die Photovoltaik und Solarthermie von der Sonneneinstrahlung. Die Rohstoffe der Bioenergie können im Gegensatz dazu als Vorrat gehalten und zu einem gewünschten Zeitpunkt je nach Anlagenart in eine beliebige Energieform umgewandelt werden.

² Vorrangig extra zur Verfeuerung angebautes Energieholz

1.1 Problemstellung und Leitfragen

Die Regionale Aktionsgruppe „Saale-Holzland e.V.“ (RAG) als Dachorganisation, bestehend aus dem Landrat des Saale-Holzland-Kreises, dem Bauernverband, den kommunalen Arbeitsgemeinschaften, den Bürgermeistern, den regionalen Fachbehörden, sowie den Vertretern aus Wirtschafts- und Sozialbereichen, plant und setzt zielgerichtet Entwicklungsprozesse in der Saale-Holzland-Region um. Unter anderem gehört auch die Energieentwicklungsstrategie für den Landkreis zu den Aufgaben des Vereins, der deshalb in beratender Funktion für regionale Biogasanlagen- und BMH(K)W-Betreiber tätig wird.

Vor dem Hintergrund der bereits in der Einleitung erwähnten Flächenkonkurrenz beim Anbau von Energie- und Nahrungsmittelpflanzen, ist es das Anliegen der RAG alternative Rohstoffquellen für die energetische Verwertung in Biogasanlagen und BMH(K)W zu finden. Wenn möglich soll der „neue“ Rohstoff zudem die vorherrschende Importproblematik bei der Holzversorgung der BMH(K)W lösen können, die aufgrund der hohen installierten Gesamtleistung aller Biomasseheiz(kraft)werke im Landkreis bereits heute auftritt. Konsequenz daraus ist ein erhöhter Abfluss von Stoff- und Kapitalströmen in andere Regionen und ein erhöhter Konkurrenz- und Preisdruck auf dem lokalen Holzmarkt. Desweiteren soll in naher Zukunft im Landkreis eine weitere Biogasanlage, mit einer sich zu den bisherigen Biogasanlagen differenzierten Verarbeitungstechnik, entstehen. Es können dadurch auch Halmgüter ohne erhöhten Sortier- und Aufbereitungsaufwand energetisch genutzt werden.

Resultierend daraus rückt vor allem das Landschaftspflegematerial als Rohstoff in den Interessensfokus der RAG. Es liefert sowohl holzgutartige Biomassen für eine eventuelle Verwertung in den BMH(K)W, als auch halmgutartige Materialien für die spätere energetische Nutzung in der geplanten Biogasanlage. Ein weiterer Vorteil des Landschaftspflegematerials ist es, dass es im Landkreis omnipräsent vorkommt und nicht unter den Flächenkonkurrenzaspekt mit Nahrungsmittelpflanzen fällt.

Damit jedoch genaue Logistikkonzepte für die Bergung der Substrate oder bessere Wirtschaftlichkeitsberechnungen getätigt werden können, müssen die Gewichtsmengen, des im Landkreis anfallenden Landschaftspflegematerials und die daraus gewonnenen Energiegehalte, möglichst genau bekannt sein. Auf nationaler Ebene erfolgten dazu bereits

erste Recherchen, die vor allem die Verwertung dieser Materialien, sowie Herausforderungen im Zusammenhang mit der Ressourcenerschließung und -nutzung untersuchten (VGL. ARETZ ET AL. 2007 ODER KALTSCHMITT ET AL. 2003). Die Ergebnisse aus diesen Studien können weitestgehend auf den Saale-Holzland-Kreis übertragen werden. Allerdings sind die darin veröffentlichten Materialmengenangaben für eine regionale Betrachtung wegen den zu starken Generalisierungen nicht anwendbar.

Deshalb soll im Rahmen dieser Masterarbeit gezeigt werden, welches Substratpotential aller Landschaftspflegematerialien im Landkreis theoretisch bereitgestellt und welche Strom- sowie Wärmeinhalte daraus gewonnen werden können. Über eine Aufschlüsselung der einzelnen Materialquellen wird weiterhin geprüft, woher genau die meisten Substrat- und Energiemengen bezogen werden.

Ein erster Schritt hinsichtlich der technischen Mobilisierung von Materialien wird geleistet, indem zusätzlich die Substratquellen ermittelt werden, die sich für eine energetische Nutzung möglichst kostengünstig bergen lassen. Darauf haben besonders Einschränkungen wie Eigentumsverhältnisse, Substratqualitäten und klein- bzw. großräumliche Verteilungen des jeweiligen Landschaftspflegematerials einen entscheidenden Einfluss. Dies dient als Grundlage für die Diskussion, ob eventuell mit einer entsprechenden Logistikstruktur eine Vernetzung von unterschiedlichen Materialquellen erfolgen und somit ein hoher Anteil des zuvor ermittelten theoretischen Potentials kostengünstig mobilisiert werden kann.

Im Folgenden werden die Leitfragen der vorliegenden Arbeit noch einmal zusammenfassend dargestellt:

- 1. Welches theoretische Rohstoffpotential bietet sich im Saale-Holzland-Kreis aus Landschaftspflegematerialien verschiedener Substratquellen in einem Jahr für bioenergetische Zwecke und wie kann man diese einordnen?**
- 2. Welche Strom- und Wärmeenergiemengen können die ermittelten theoretischen Rohstoffpotentiale durch entsprechende Konversionsannahmen bereitstellen und wie sind diese zu bewerten?**
- 3. Wie ist die Bergungswahrscheinlichkeit und Substratqualität der einzelnen Materialquellen einzuschätzen und welche sollten deshalb bei der Akquise priorisiert werden?**

4. Wie kann ein möglichst hoher Anteil des theoretischen Potentials mobilisiert werden?

1.2 Aufbau, Methodik und Datengrundlagen

Zur Beantwortung der Leitfragen werden zunächst im zweiten Kapitel dieser Arbeit die Grundlagen erörtert, die zur späteren Einordnung der Ergebnisse erforderlich sind. Einleitend hierzu wird das Untersuchungsgebiet näher betrachtet und explizit auf die Energieversorgung und den Energieverbrauch eingegangen. Es wird zudem dargestellt, welchen Anteil die erneuerbaren Energien im Landkreis an der gesamten Energiebereitstellung haben. Anschließend erfolgt eine detaillierte Ausarbeitung über die Anlagearten und produzierten Energiemengen des Bioenergiesektors im Untersuchungsraum. Im folgenden Unterkapitel wird das Rohstoffmaterial für den Bioenergiesektor selbst, die Biomasse, näher beleuchtet. Es wird aufgezeigt, dass die Definition des Biomassebegriffs durch seine Generalisierung, einen weit dehnbaren Rahmen besitzt und so, vor allem aus energetischen Gesichtspunkten, sehr viele Ausgangsmaterialien darunter eingegliedert werden können. Danach erfolgt ein kurzer Überblick über verschiedenen Konversionsarten zur Energiegewinnung aus Biomasse. Da sich die Arbeit gesondert einer Form von Biomasseaufkommen, dem Landschaftspflegematerial, widmet, wird im nächsten Unterkapitel dieses definiert und, vorbereitend für die Analyse, kategorisiert. Zudem wird geklärt, inwieweit sich ein theoretisches Potential von anderen Potentialarten abgrenzt und welche physikalischen und insbesondere energetischen Eigenschaften für die Analyse benötigt werden. Vor dem Hintergrund der energetischen Nutzung der Landschaftspflegematerialien wird der bereits erfolgte Überblick über die verschiedenen Konversionsarten von Biomassen nun detaillierter beschrieben. Hier erfolgen auch die Verwertungsannahmen der verschiedenen Substratsorten, die für die späteren Ermittlungen des Energiegehaltes elementar sind.

Im dritten Kapitel der Arbeit folgt die theoretische Potentialanalyse mit allen Einzelergebnissen, sowie Hinweisen zu eventuellen Nutzungseinschränkungen der Rohstoffe. Für die Potentialmengenberechnungen dienen als Grundlage die zur Verfügung stehenden Daten des „Basis-DLM“ (Stand 2010) des ATKIS und die Zusatzinformationen aus der

Fachliteratur. „Mit dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) [...] wird die Topographie der Bundesrepublik Deutschland in einer geotopographischen Datenbasis beschrieben und in Form nutzungsorientierter digitaler Erdoberflächenmodelle bereitgestellt. Damit ist ATKIS die öffentlich-rechtliche Datenbasis für rechnergestützte digitale Verarbeitungstechnologien und die geotopographische Raumbezugsbasis für die Anbindung und Verknüpfung mit geothematischen Fachdaten“ (AbV 2010). Eine Form dieser bereitgestellten Daten liefert das Digitale Landschaftsmodell (DLM). Es beinhaltet ein numerisches Abbild der Landschaft mit topographischen Objekten zu einem bestimmten Zeitpunkt. Das DLM kann von den jeweiligen Landesvermessungsämtern in verschiedenen Versionen angeboten werden. Den höchsten Detailgrad besitzt das maßstabslose „Basis-DLM“. Vor dem Hintergrund der Kategorisierung im ATKIS-Objektartenkatalog³ wird die Landschaft im „Basis-DLM“ vollständig strukturiert und die stetig aktualisierten Metainformationen (z.B. die Breite eines Baches oder die Vegetationsart auf dem jeweiligen Grünland) veröffentlicht. Als Grundlagen der Digitalisierung dienen Topographische Karten (1:5.000 – 1:10.000) sowie Orthophotos (1:5.000) und Stereobildauswertungen.

Für die Potentialermittlung wurden zunächst alle betroffenen topographischen Objekte aus dem Gesamtdatensatz des „Basis-DLM“ gefiltert und mit entsprechenden Pflegeflächeninformationen aus der Fachliteratur erweitert. Zur Ermittlung der Objekte diente eine festgelegte Systematisierung des Landschaftspflegematerials nach der Herkunft (→ Kapitel „2.2.2 Landschaftspflegematerial“). Mit Hilfe der in der Fachliteratur angegebenen generalisierten jährlicher Potentialmengenangaben von Landschaftspflegematerialien pro Hektar einer Pflegefläche und zusätzlich pro Kilometer eines trassenförmigen Objektes, konnte die theoretische Gesamtmenge aller Landschaftspflegematerialien im Kreisgebiet berechnet werden.

Für die detaillierten Berechnungen der Gewichtsmengen und den daraus ermittelten Energiegehalten wurden zwei Excel-Tabellen erstellt (Vgl. Anhang 5 und 6). Die erste Tabelle (Vgl. Anhang 5) bezieht sich dabei auf die Landschaftspflegehölzer, während die zweite Tabelle (Vgl. Anhang 6) die halmgutartigen Landschaftspflegematerialien fokussiert.

³ Detaillierter Objektartenkatalog, der alle erfassten Objekte im „Basis-DLM“ widerspiegelt, unter: http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start?dst_oar=1001&inf_sprache=deu&c1=1&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=TH

Eine dritte und vierte Excel-Tabelle (Vgl. Anhang 7 bis 8) stellen je nach Herkunft die Informationen zur Materialqualität und zu den zuständigen Pflegeakteuren der einzelnen Landschaftspflegematerialien dar. Die Angaben in der dritten Tabelle beziehen sich auf die Landschaftspflegehölzer (Vgl. Anhang 7) und in der vierten auf die halmgutartigen Landschaftspflegematerialien (Vgl. Anhang 8).

Der Inhalt der beiden letzten Tabellen und die Umrechnung in die Energiegehalte sollen lediglich eine erste und generalisierte Grundlage für die genauere „technische Potentialanalyse“ bilden und erheben daher keinen Anspruch darauf, dass alle landkreispezifischen Einflussfaktoren beachtet wurden.

Nach der Datenanalyse werden die Resultate zur besseren Übersicht nochmals in einer kompakten Tabellenform am Ende jeder Materialquellengruppe und am Ende des gesamten Kapitels für alle Substratquellen zusammengefasst.

Im vorletzten Abschnitt folgt dann der Diskussionsteil, indem die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der ursprünglichen Leitfragen eingeordnet, bewertet, sowie Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen gezogen werden. In der Abbildung 1 werden die genannten Schritte zum besseren Überblick nochmals verkürzt dargestellt.

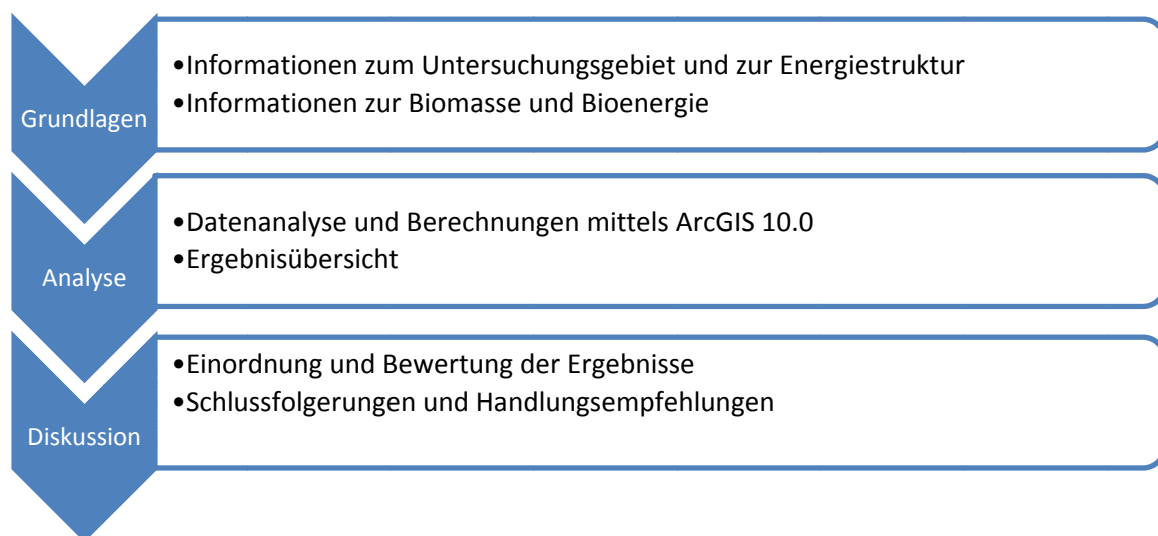


ABBILDUNG 1: ÜBERSICHT ZUM AUFBAU UND ZUR METHODIK DER MASTERTHESIS.

Zum Schluss werden die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Analyse- und Diskussionsteil noch einmal in Kurzform in einem Kapitel zusammengefasst und dargestellt.

2 Grundlagen

2.1 Untersuchungsgebiet

2.1.1 Geographie

Der Saale-Holzland-Kreis befindet sich in Ostthüringen und schließt die kreisfreie Stadt Jena fast vollkommen ein (Vgl. Abbildung 2).

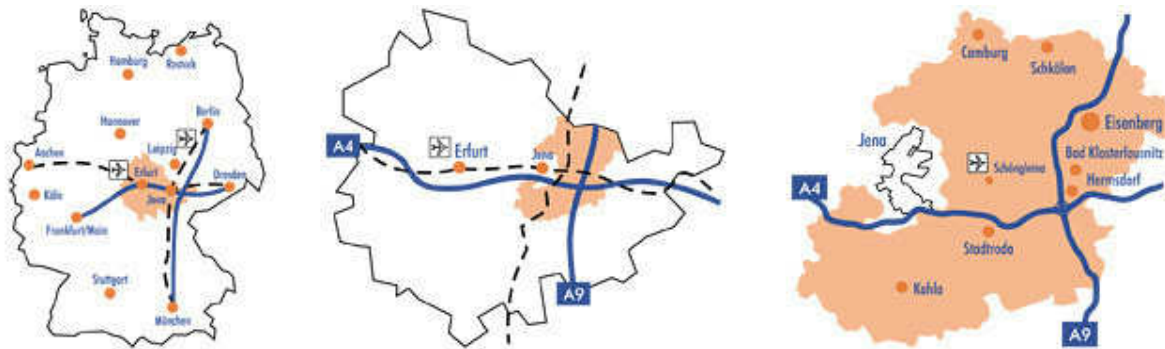


ABBILDUNG 2: LAGE DES SAALE-HOLZLAND-KREISES.

Quelle: Saal-Holzland-Kreis 2012

Weiterhin grenzt die Region an die Thüringer Landkreise Greiz, Saalfeld-Rudolstadt, Weimarer Land und Saale-Orla-Kreis, sowie an die kreisfreie Stadt Gera und den sachsen-anhaltinischen Burgenlandkreis. Das Gebiet untergliedert sich administrativ in 93 Gemeinden (VGL. TLS 2012A), in denen im Jahr 2012 nur 85.843 Einwohner (VGL. TLS 2012B) auf etwa 817 km² (VGL. TLS 2012c) wohnten. Daraus errechnet sich eine Einwohnerdichte von lediglich rund 105 EW/km² und verdeutlicht die ländliche Struktur⁴ des Landkreises.

Naturräumlich bildet der Saale-Holzland-Kreis den Übergangsbereich vom Mittelgebirge zur Leipziger Tieflandsbucht und schließt sich am südöstlichen Rand dem Thüringer Becken an. Grob wird das Gebiet naturlandschaftlich von den Mittelläufen der Flüsse Saale im Westen und Weiße Elster im Osten umschlossen.

⁴ Nach den Abgrenzungskriterien des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung sind alle Landkreise unter einer Bevölkerungsdichte von 150 EW / km² als ländlich einzuordnen (VGL. BBSR 2011).

Die Wirtschaftsschwerpunkte konzentrieren sich vorwiegend an den wichtigen Verkehrsachsen, wie den Bundesautobahnen vier und neun, als auch den Bundesstraßen sieben und 88.

2.1.2 Energiestruktur

Der Saale-Holzland-Kreis besitzt, bis auf das erdgasbetriebene Heiz(kraft)werk in Stadtroda, keine größeren fossil betriebenen Heiz(kraft)werke, die die Grundlast an Strom und Wärme decken können. Im erneuerbaren Strombereich gibt es je drei BMH(K)W und Biogasanlagen mit einem elektrischen Potenzial von mehr als einem Megawatt (MW_{el}). Außerdem sind elf kleinere Biogasanlagen in Betrieb. Die großen Holzheizkraftwerke sind für den Betrieb von zusätzlichen Holzimporten abhängig (VGL. RAG, S. 8). Daneben existieren im Norden des Kreises zahlreiche Flächen für Windanlagen. Solare Energie wird neben einer Vielzahl von privaten Dachvorrichtungen auch durch einige größere Solarparks bereitgestellt. Entlang der Saale sind diverse Wasserkraftanlagen angeordnet, die mit mehreren hundert Kilowatt elektrisch (kW_{el}) betrieben werden, während die Kleinstanlagen an einigen Zuläufen von Saale und Elster nur jeweils über weniger als $50 kW_{el}$ verfügen.

Der Gesamtstromverbrauch für die Saale-Holzland-Region belief sich 2008 auf etwa **497 GWh_{el}** (Vgl. ANHANG 1: Gesamtstromverbrauch in der Saale-Holzland-Region), wobei allein 328 GWh_{el} für das Gewerbe bereitgestellt wurden (VGL. THINK, S. 7 FF.). Die erneuerbaren Energien lieferten 2008 hiervon allein rund 317 GWh_{el} (Bioenergie 172,7 GWh_{el}; Photovoltaik 13,75 GWh_{el}; Wasserkraft 13,1 GWh_{el} und Windkraft 116,7 GWh_{el}) (VGL. THINK 2011, S. 18). Die Verbrauchsmengen überschreiten zwar nur knapp den in der Region hergestellten erneuerbaren Strom, jedoch ergeben sich aufgrund der Schwankungen von Sonneneinstrahlung und Windintensität sehr unterschiedliche Verstromungsmengen im Jahres-, Monats- oder Tagesverlauf. Daraus können zwei Schlüsse gezogen werden: Zum einen, dass sowohl die Bioenergie, als auch die Wasserkraft eine relativ konstante Strommenge über ein bestimmtes Intervall liefern kann. Zum anderen muss die Region in hohen Mittel- bzw. Spitzenlastzeiten Energie über das Stromverbundnetz importieren.

Zur Wärmeerzeugung existieren „vier Großanlagen mit einer Feuerungsleistung von mehr als einem Megawatt thermisch (MW_{th}) auf Basis fester Biomasse und acht größere ($\geq 1 MW_{th}$) sowie sechs kleinere ($< 1 MW_{th}$) Biogasanlagen. Zusätzlich sind auch zahlreiche kleinere Holzheizungen im Leistungsspektrum zwischen 100 – 1.000 Kilowatt thermisch (kW_{th}) und

eine Vielzahl von Einzelfeuerungs- und Zentralheizungen zwischen 8 – 100 kW_{th} auf Basis von Scheitholz bzw. Pellets installiert“ (THINK 2011, S. 7).

In den städtischen Gemeinden bestehen größtenteils Wärmenetze oder kleinere gasbetriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) oder Biomasseanlagen diverser Leistungsklassen. Trotz eines erhöhten Anschlussgrades in den Industrie- und Gewerbebezonen, verfügen nicht alle Gemeinden über einen Gasnetzzugang. Daher wird außerhalb der gasversorgten Gebiete die Wärmeversorgung meist über dezentrale Anlagen auf Basis von Heizöl oder erneuerbaren Energien gewährleistet. Der Wärmeverbrauch im gesamten Gebiet betrug 2008 circa **1.554 GWh_{th}**, wovon etwa 1.000 GWh_{th} allein auf die Haushalte entfielen (Vgl. ANHANG 2: Gesamtwärmeverbrauch in der Saale-Holzland-Region). Etwa 644 GWh_{th} lieferten hiervon die erneuerbaren Energien (Bioenergie 636,4 GWh_{th}; Geothermie 1,2 GWh_{th} und Solarthermie 6,2 GWh_{th}). Rund 50 % dieser Wärme wird durch Gas oder Fernwärme bereitgestellt (VGL. THINK, S. 7 FF.).

TABELLE 1: ERZEUGUNG VON STROM AUS BIOMASSE IM SAALE-HOLZLAND-KREIS 2010.

Nr.	Gemeinde	Anlagentyp	Installierte elektr. Leistung [kW]	Endenergie [MWh _{el}]
1.	Dornburg-Camburg	Biogas	396	3.157
2.	Frauenprießnitz	Biogas	526	4.193
3.	Großlobichau	Deponiegas	190	1.515
4.	Heideland	Biogas	727	5.795
5.	Hermsdorf	Holz	2.330	18.574
6.	Karlsdorf	Biogas	30	239
7.	Möckern	Biogas	192	1.523
8.	Mörsdorf	Biogas	1.878	14.971
9.	Nausnitz	Biogas	191	1.523
10.	Reinstädt	Biogas	365	2.910
11.	Rothenstein	Biogas	353	2.806
12.	Schkölen	Biogas und Holz	6.644	52.963
13.	Silbitz	Holz	5.620	44.800
14.	Zimmern	Biogas	526	4.193

Quelle: THINK 2011, S. 20

Aus den vorstehenden Angaben wird deutlich, dass die energetische Verwertung von Biomasse ein wichtiger Baustein für die Strom- und Wärmeversorgung im Saale-Holzland-Kreis ist. Im Jahr 2010 existierten 14 Bioenergieanlagen mit mehr als 8 kW installierter Leistung (Vgl. Tabelle 1 und Abbildung 3).

Bioenergie / Strom

Daten: 50Hertz Transmission (2011),
TLL (2009), TLS (2009)

Endenergie:
172,7 GWh

Endenergie pro Kopf:
1873 kWh/Ew

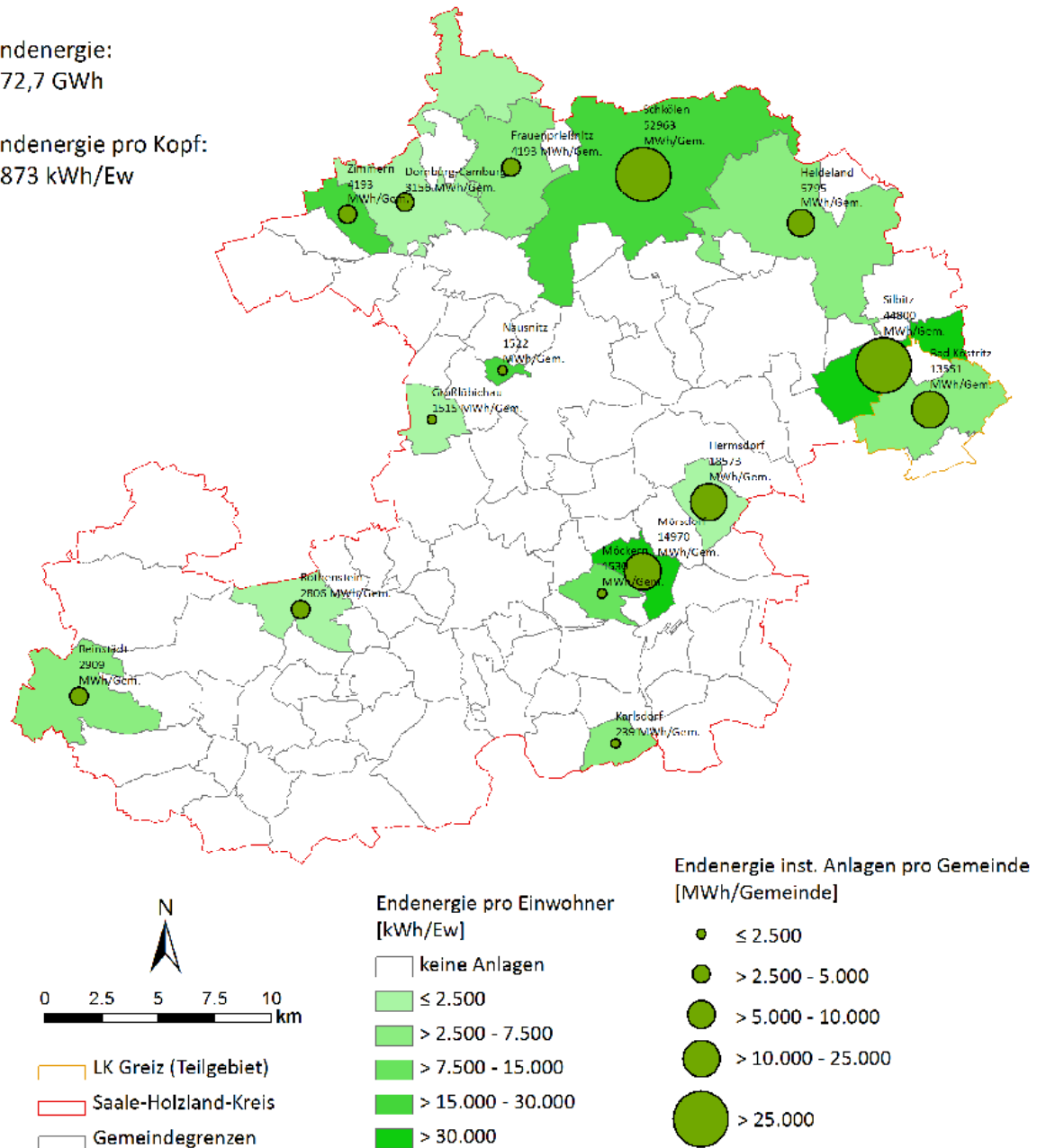


ABBILDUNG 3: STROMERZEUGUNG AUS BIOMASSE IN DER SAALE-HOLZLAND-REGION.

Quelle: THINK 2011, S. 22

2.2 Biomasse / Bioenergie

Als Biomasse wird die Gesamtmasse organischer Substanzen in einem Lebensraum verstanden. Diese entsteht in der Natur durch lebende Materie und aus Abfallstoffen lebender und toter Organismen. In der Biomasse wird ein Teil der Sonnenenergie mittels der Photosyntheseaktivitäten der Pflanze gespeichert. Bei der Photosynthese wird dabei das Kohlendioxid, sowie das Wasser mit den Nährstoffen aus dem Boden, mit Hilfe der Sonnenenergie in Sauerstoff und energiereiche Kohlenhydrate zersetzt (VGL. HECK ET AL. 2005, S. 6).

Darüber hinaus ist der Biomassebegriff in Deutschland rechtlich im § 2 Abs. 1 Biomasseverordnung (BiomasseV) 2005 als „Energieträger aus Phyto- und Zoomasse“ definiert. Darunter zählen auch resultierende Folge- und Nebenprodukte, sowie Rückstände und Abfälle. Die Biomasseverordnung ist die Grundlage des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), welches bei der Ausarbeitung mit der letzten Novellierung von 2009 vorlag. In der Biomasseverordnung werden hauptsächlich die Vergütungschancen und –varianten des eingespeisten Stroms geregelt. Im EEG liegt das Hauptaugenmerk auf der Höhe von Vergütungssätzen, je nach Anlagenart und verarbeiteter Biomasse.

Vor dem Hintergrund die Biomasse als nachwachsenden Rohstoff einzusetzen, kann sowohl eine stoffliche als auch energetisch Nutzung erfolgen. Bereits konvertierte organische Stoffe, können meist noch als Bioenergieträger zur Erzeugung von Wärme, Strom oder Kraftstoff eingesetzt werden (HECK ET AL. 2004A, S. 6).

Die Vorteile der energetischen Nutzung von Biomasse sind gegenüber von Windenergie, Photovoltaik und Wasserkraft die gute Speicher-, Transportier- und Steuerbarkeit des Ausgangsmaterials. Zudem kann Biomasse nach Bedarf in Wärme, Strom oder Brennstoffe gewandelt werden (Vgl. Abbildung 4) (VGL. HECK 2005, S. 6 F).

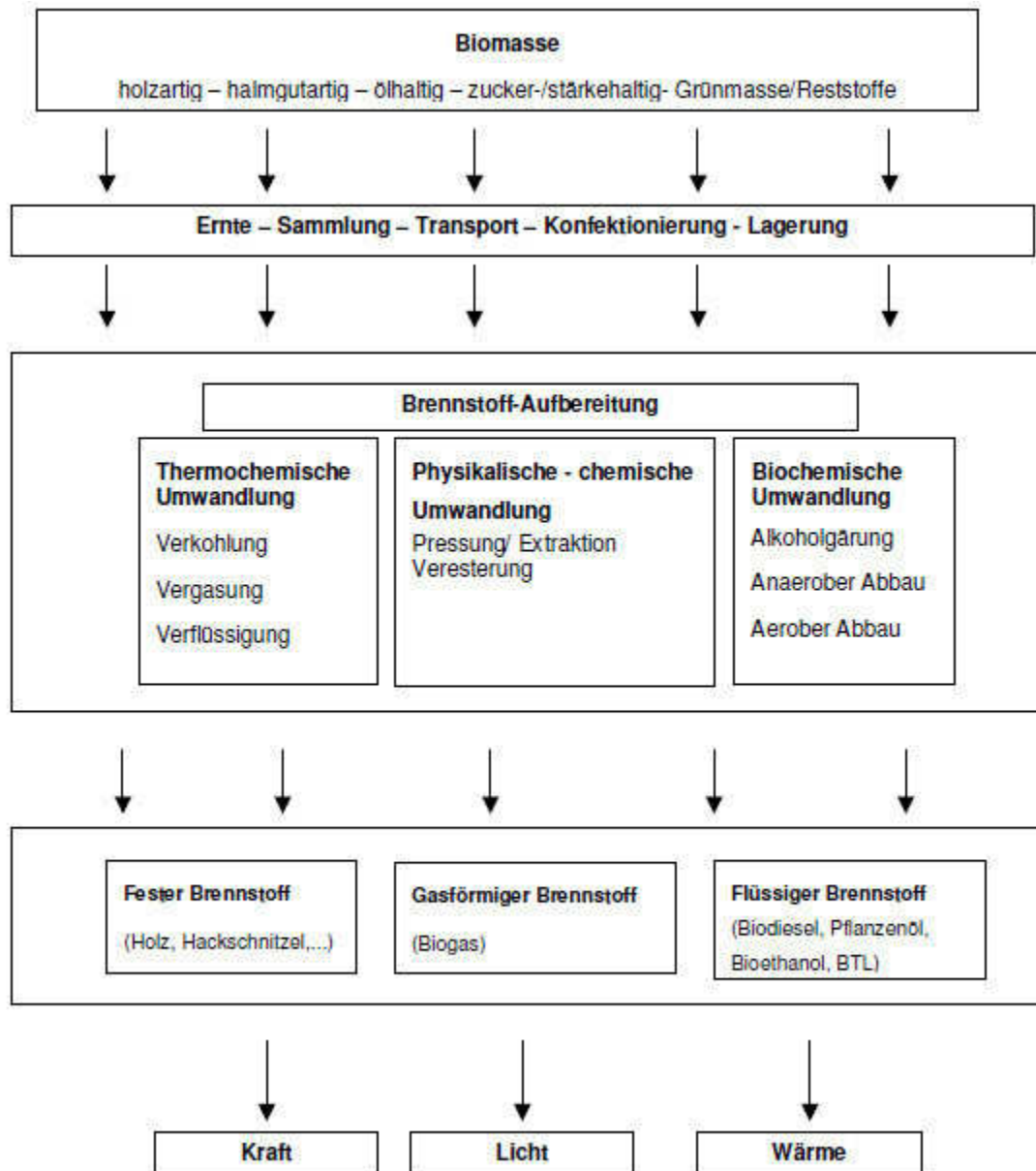


ABBILDUNG 4: ZUORDNUNGS- UND AUFBEREITUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR BIOMASSE.

Quelle: HECK ET AL. 2005, S. 8

2.2.1 Einteilung von Biomasse

Aufgrund der heterogenen Erscheinungs- und Verwendungsform von Biomasse, kann und wird diese auch in der Fachliteratur sehr differenziert kategorisiert und systematisiert (VGL. KALTSCHMITT UND HARTMANN 2001, S. 57 FF.). In dieser Arbeit wird deshalb zuerst nach der rechtlichen Zuordnung und anschließend nach den Stoffgruppen und Herkunft unterschieden. Die Grundlage der rechtlichen Kategorisierung ist die Novellierung des EEG 2009, in dem der Landschaftspflegebonus eingeführt wurde. Der Landschaftspflegebonus

selbst ist eine Subventionierung, die aus einer Reihe von speziellen gesetzlichen Geldanreizen für die Bioenergieerzeuger besteht. Diese sollen darin einen Anreiz sehen das nur schwer zu bergende und kostenintensiv aufzubereitende Landschaftspflegematerial einer energetischen Nutzung zuzuführen (VGL. DBFZ 2011, S. 5).

2.2.2 Landschaftspflegematerial

Bei der Akquirierung und energetischen Verwertung von Pflanzen, die auf folgenden Arealen gewachsen sind, kann der zusätzliche Landschaftspflegebonus geltend gemacht werden:

- Gesetzlich geschützte Biotope,
- Besonders geschützte Natur- und Landschaftsbestandteile,
- Vertragsnaturschutzflächen, Flächen aus Agrarumwelt- oder vergleichbaren Förderprogrammen (z.B. Kulturlandschaftsprogramme)
- Flächen, auf denen die Bewirtschaftungsauflagen und Nebenbestimmungen darunter fallender Programme freiwillig eingehalten werden,
- Flächen, auf denen vegetationstechnische Pflegemaßnahmen durchgeführt werden (Straßenbegleitgrün, Biomasse aus der privaten und öffentlichen Garten- und Parkpflege sowie der Gewässerrandstreifenpflege)“ (DBFZ 2011, S. 5).

Desweiteren dürfen keine mineralischen Düngungen, keine Pestizideinsätze und nur zweischürige Mahden des Ausgangsmateriales erfolgen, um den Landschaftspflegebonus beanspruchen zu dürfen (VGL. DBFZ 2011, S. 5).

Für all die oben aufgelisteten Flächen ist es für die Bioenergieerzeuger interessant eine etwaige Rohstoffmengen- und Energiemengenabschätzung zu haben, um eine interne Kosten-Nutzen-Analyse vornehmen zu können. Dabei können auf den Flächen sowohl holzartig (z.B. Astschnitt), als auch halmgutartige (z.B. als Gras- oder Krautschnitt) Landschaftspflegematerialien anfallen. Diese Unterscheidung soll zudem erfolgen, da auf diese Weise eine grobe Einteilung zur späteren energetischen Verwertungsart getroffen werden kann (→ Kapitel „2.2.5 Verfahren zur Energiegewinnung“).

Zur besseren Übersicht der Potentialquellen von Landschaftspflegesubstraten im Analyseteil, wurde mit Hilfe der Fachliteratur (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 137 FF.) und des ATKIS-Objektartenkatalogs eine genauere Systematisierung wie folgt durchgeführt:

- **Trassen und Verkehrsanlagen**
 - Straßen
 - Autobahnen und Autobahnauffahrten
 - Bundesstraßen
 - Landesstraßen
 - Kreisstraßen
 - Gemeindestraßen
 - Schienen
 - Gewässer
 - Flächengewässer
 - ◆ 1. Ordnung
 - ◆ 2. Ordnung
 - Kleingewässer
 - ◆ 1. Ordnung
 - ◆ 2. Ordnung
 - Flugplätze
 - Fahrradwege

- **Freie Landschaften**
 - Ackerrandstreifen
 - Grün- und Weideland
 - Naturschutzgebiete
 - Plantagen
 - Hopfenanbau
 - Obstwiesen
 - Streuobstwiesen
 - Rebflächen

- **Öffentliche Anlagen**
 - Sportanlagen
 - Parks und Grünanlagen
 - Zoos bzw. Tierparks

- Friedhöfe
- **Sonstige Anlagen**
 - Private Gärten
 - Baumschulen

2.2.3 Potenzialbegriffe

Ein Biomassepotential kann unterschiedlich definiert werden. Die Definition ist immer von der Betrachtungsebene abhängig. Die möglichen Ebenen wären ein Flächen-, Rohstoff-, Brennstoff- oder Bioenergiepotential.

In dieser Arbeit steht dabei das Rohstoffpotential im Vordergrund, da in der Literatur die zur Berechnung nötigen Ertragsdaten zu finden sind. Diese gelten als verlässlich und die Autoren weichen bei den Mengen nur gering voneinander ab. Das Rohstoffpotential wird in Tonnen [t] des Rohstoffes angegeben, der über einen bestimmten Zeitraum zur Verfügung steht. Diese Menge leitet sich aus dem zuvor bestimmten Flächenpotential, was festlegt, wie viel Fläche für eine bestimmte Biomasse genutzt wird (z.B. in [ha/a]), und aus den schon vorliegenden Ertragsdaten (z.B. in [t/km/a] oder [t/ha/a]) ab.

Zusätzlich muss eine Potentialdefinition eine Systemgrenze und Randbedingung besitzen. Diese werden durch Adjektive wie ‚theoretisch‘, ‚technisch‘ oder ‚wirtschaftlich‘ genauer bestimmt.

Das **theoretische Potential** gibt darüber Auskunft, welches Energieangebot in einer bestimmten Region in einem gegebenen Zeitraum theoretisch physikalisch nutzbar wäre. Es ist damit die Obergrenze der theoretisch realisierbaren Erschließungsmenge. Oftmals liegt diese Grenze aufgrund von verschiedenen Restriktionen weit oberhalb der eigentlichen praktischen Nutzungsmöglichkeiten.

Das **technische Potential** ist die Menge des theoretischen Potenzials, die unter Rücksichtnahme von technischen Einflussgrößen (z.B. Bergungsrate, Konversionsverluste) verfügbar gehalten werden kann.

Das **wirtschaftliche Potential** beachtet zusätzlich zur technischen Nutzungsmenge ökonomische Rahmenbedingungen (z.B. Subventionen, EEG-Umlagen). Allerdings ist dieses

Potential starken zeitlichen Schwankungen unterworfen (VGL. THRÄN UND PFEIFFER 2012, S.28 F).

In dieser Arbeit wird zwar das theoretische Potential betrachtet, dennoch soll nicht darauf verzichtet werden, Ausblicke auf mögliche Einschränkungen bei der Nutzung von bestimmten Herkunftsquellen zu liefern.

2.2.4 Energietechnische Kenngrößen und Definitionen

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln deutlich wurde, besitzen Biomassen ganz unterschiedliche Erscheinungsformen. Deshalb werden auch die quantitativen Erfassungsgrößen je Biomasseart ganz unterschiedlich gewählt (z.B. Holz in Festmeter, Biogas in Kubikmeter oder Gülle in Liter). Es besteht bei der Analyse die Herausforderung darin, dass die Potentiale in eine vergleichbare und nutzbare physikalische Größe gebracht werden.

Die gebräuchlichste Möglichkeit wäre der Energiegehalt. Er gibt die gebundene Energie der Biomasse an, die beim Umwandlungsprozess in andere Energieformen zur Verfügung steht (VGL. THRÄN UND PFEIFFER 2012, S.15).

Die Internationale Maßeinheit für den Energiegehalt ist seit 1978 das Joule (J). Dennoch sollen die Ergebnisse der Potentiale in Wattstunden⁵ (Wh) angegeben werden, da diese Maßeinheiten eine bessere praktische Aussagekraft hat. Diese Einheitsgrößen⁶ sind oftmals verständlicher, da sie im Alltag bei Strom- oder Wärmeabrechnungen häufiger vorkommen.

Bei der Bestimmung des Energiegehaltes muss unbedingt beachtet werden, dass die Ergebnisse mit dem Heizwert (H_U) des Ausgangssubstrates bestimmt wurden. Der **Heizwert** (H_U – da früher gebräuchlich „unterer Heizwert“) ist der Quotient aus der durch vollständige Verbrennung freiwerdenden Wärmemenge und Masse des festen Brennstoffes, wenn das dabei gebildete Wasser dampfförmig vorliegt (VGL. EDLER ET AL. 1998, S. 6).

Desweiteren muss für eine Charakterisierung des Energieinhalts der Biomasse neben dem Heizwert auch der **Wassergehalt** (w) angegeben werden. Er gibt den Anteil [in %] von Wasser an der Gesamtmasse der Biomasse an (VGL. THRÄN UND PFEIFFER 2012, S.15).

⁵ Eine Gigawattstunde (GWh) = 1.000 Megawattstunden (MWh) = 1.000.000 Kilowattstunden (kWh)

⁶ Umrechnung: 1 kWh = 3,6 MJ bzw. 1 MWh = 3,6 GJ

Ein weiterer wichtiger Faktor ist, ob sich das Gewicht einer Biomasse auf die **Frischmasse** (FM) oder die **Trockenmasse** (TM) bezieht. Der Unterschied besteht darin, dass sich die Frischmasse aus dem Gewicht des im Rohstoff gebundenen Wassers und dem eigentlichen Grundrohstoff zusammensetzt. Dieses Grundstoffgewicht wird auch als Trockenmasse (TM) bezeichnet und beinhaltet folglich kein Wasser mehr. Als Kürzel dient auch der Ausdruck „atro“ (= absolut trocken).

Bei den holzartigen Biomassen wird sehr oft von der Frischmasse ausgegangen, die bereits zwischen Ernte und Verwertung eine Lufttrocknung erfahren hat und sich somit nur aus 30 % Wassergehalt zusammensetzt. In der Literatur wird dafür die Bezeichnung „lutro“ (= lufttrocken) gewählt.

Die Halmgüter werden in der Literatur eher als Trockenmasse angegeben, da es aufgrund der Abhängigkeit des Heizwertes zum Wassergehalt (Vgl. Abbildung 5) nur lohnen würde dieses Material im absolut trockenen Zustand zu verbrennen. In dieser Arbeit soll aber von einer anderen Verwertungsart der Grünmasse ausgegangen werden, wofür es wichtig ist die Mengen als Frischmasse ohne Lufttrocknung auszuweisen. Dazu muss die Annahme getroffen werden, dass das zu ermittelnde Frischmassematerial ein Wassergehalt von rund 66,75 %⁷ aufweist (VGL. OLDENBURG 2011, S. 8). Folglich verbleiben etwa 33,25 % an Trockenbestandteilen (Grundrohstoff). Das Verhältnis von Wasser zu Trockenbestandteil beträgt bei etwa gleicher Dichte der Stoffe ca. 2/3 zu 1/3. Daraus ergibt sich, dass bei Ermittlung des Frischmassepotentials, die in der Literatur angegebene Trockenmasse mit drei multipliziert werden muss um die Gesamtmasse (= Frischmasse) aus Wasser und Trockensubstrat zu erhalten.

2.2.5 Verfahren zur Energiegewinnung

2.2.5.1 Verbrennung

Es gibt sehr unterschiedliche Wege die in der Biomasse gespeicherte Sonnenenergie nutzbar zu machen. Die wohl älteste und einfachste Form ist die **Verbrennung** (thermo-chemische Verwertung) und eignet sich hauptsächlich für holzartige Biomassen (VGL. BAUMANN ET AL. 2007, S. 10). Deshalb soll bei den Landschaftspflegehölzern in dieser Arbeit von einer thermo-chemische Verwertung ausgegangen werden. Für die spätere Bestimmung der

⁷ Durchschnittswert aus den Wassergehalten von Gras (60,5 %) und Rasen (73,0 %).

Wattstunden muss nun ein Heizwert zu Grunde gelegt werden. Der Heizwert des Holzes ist dabei abhängig vom Wassergehalt. Durch die Annahme des Wassergehaltes von 30 % aus dem letzten Kapitel, kann der Heizwert mit Hilfe der Abbildung 5 auf 3,4 MWh je Tonne festgelegt werden.

Desweiteren soll ein Schritt in Richtung technischer Potentialstudie erfolgen, indem für alle Biomasseheizkraftwerke durchschnittlich von einem Gesamtanlagewirkungsgrad von 85 % (35 % elektrisch und 50 % thermisch) ausgegangen wird (VGL. RAUSSEN ET AL. 2009, S. 23 F.).

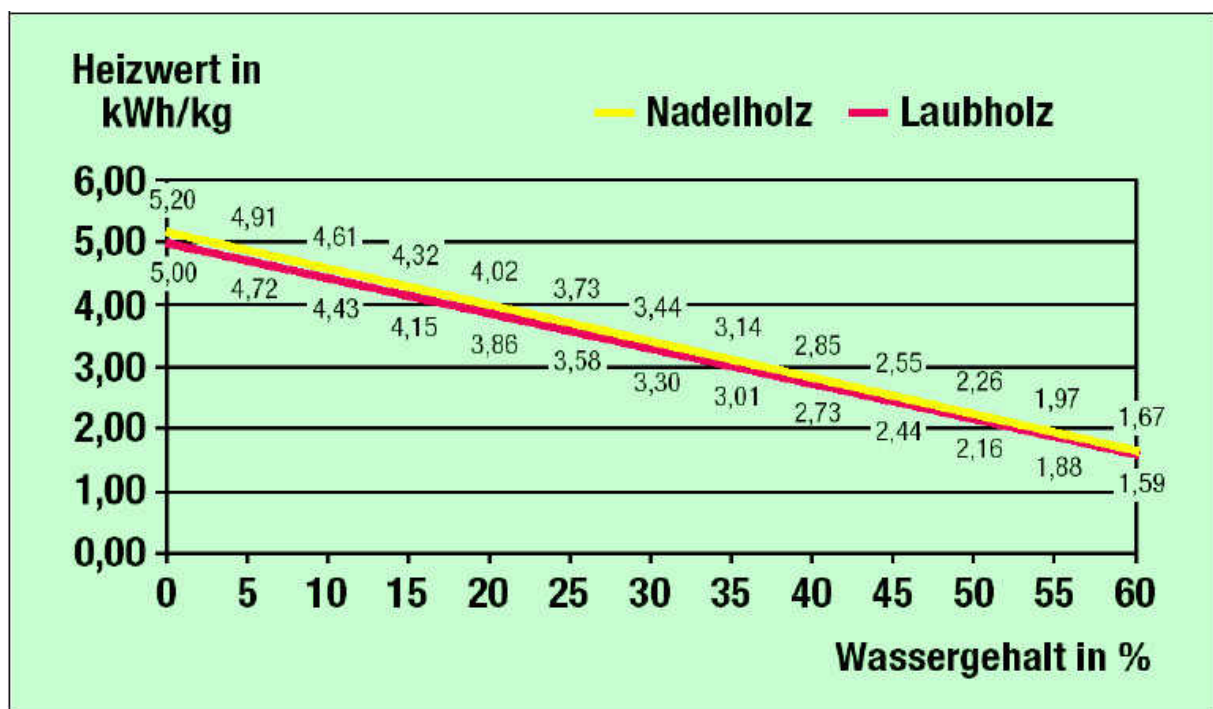


ABBILDUNG 5: HEIZWERTE VON HOLZ BEI UNTERSCHIEDLICHEM WASSERGEHALT.

Quelle: RAUSSEN ET AL. 2009, S. 6

2.2.5.2 Vergärung

Die gasförmige Umwandlung der Biomasse findet meist in Biogasanlagen statt. Die Fermenter⁸ sind dabei das Herzstück der gesamten Anlage (Vgl. Abbildung 6). Denn hier wird durch die Vergärung von Biomasse unter Sauerstoffausschluss das Biogas produziert, welches sich überwiegend aus Methan, Kohlendioxid, Wasserdampf und zu geringen Teilen an Schwefelwasserstoff zusammensetzt.

⁸ Fermentation ist der chemische Umbauprozess mittels Enzyme

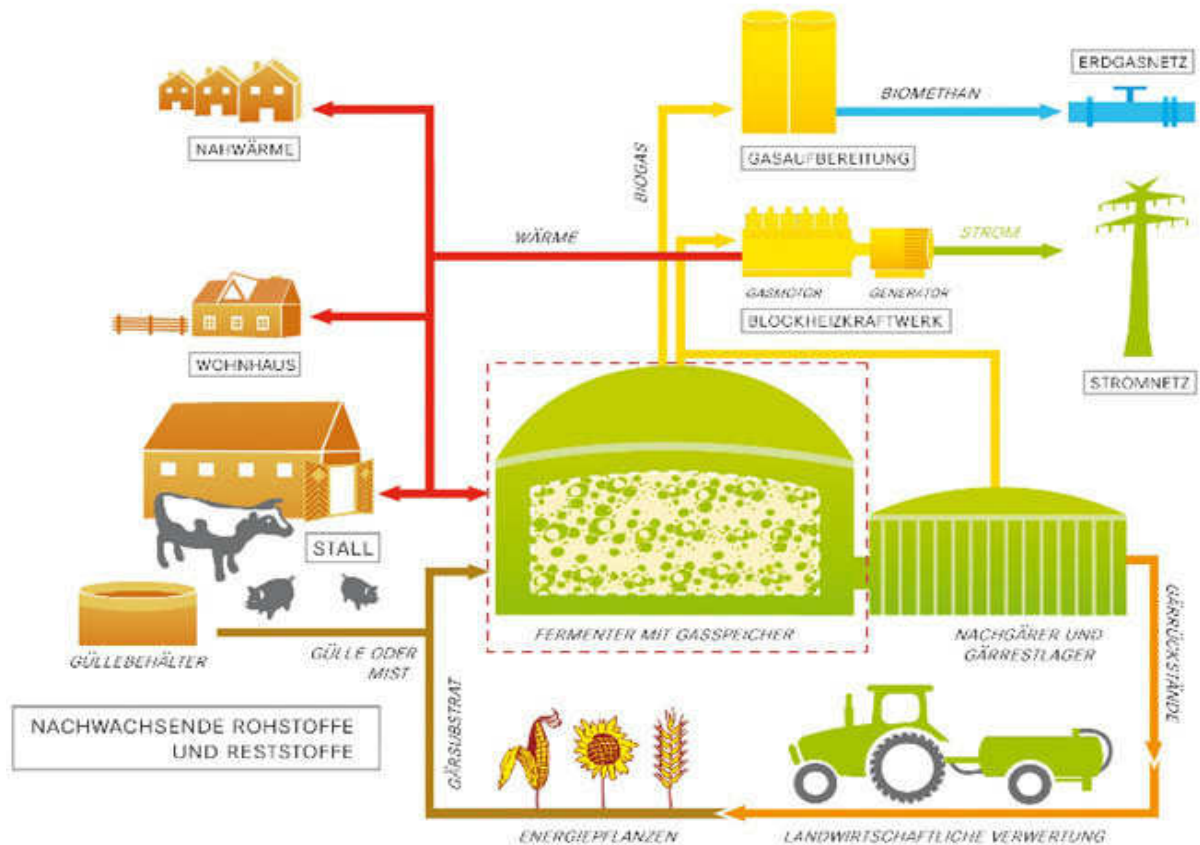


ABBILDUNG 6: SCHEMA EINER BIOGASANLAGE.

Quelle: FNR 2012A

Als Substrate eignen sich besonders Rohstoffe mit vielen Fetten, Eiweißen und / oder Kohlenhydraten. Deshalb sind vorrangig Gülle, Mais und Getreide ideale Ausgangsbio Massen. Aber auch Grünsilage, sowie viele Abfall- und Entsorgungsprodukte der Land-, Ernährungs- und Kommunalwirtschaft können beigemischt werden. Jeder dieser Ausgangsstoffe hat unterschiedlich hohe Biogaserträge und Methangehalte (Vgl. Abbildung 7).

Zudem muss das angewendete Verfahren berücksichtigt werden. Es gibt zurzeit mit der Nass- und Trockenfermentation zwei gängige Methoden zur Erzeugung von Biogas. Die Nassfermentation ist das bisher gängige Verfahren aller Biogasanlagen im Kreis. Es soll jedoch an dieser Stelle keine nähere Erläuterung dazu erfolgen, da die Anlagen aus technischen Gründen nicht mit dem Landschaftspflegematerial beschickt werden können. Die geplante Biogasanlage hingegen basiert auf dem Trockenfermentationsverfahren und kann viele Bestandteile aus den Substraten der Landschaftspflege energetisch verwerten.

Die **Trockenfermentation** erfolgt ab 30 % Trockensubstanzanteil des gesamten Ausgangsmaterials. Als Faustregel gilt: Das Material muss vor, während und nach dem Gärprozess stapelbar sein. Es kommen dabei diskontinuierliche und kontinuierliche Verfahren zum Einsatz. Das wohl gängigste ist die diskontinuierliche Garagen- oder Perkulationsfermentation (Vgl. Abbildung 8).

eingesetztes Substrat	Biogasertrag [Nm ³ /t FM] *	Methangehalt [%]
Rindergülle	18–24	55
Rinderfestmist	90	55
Schweinegülle	19	60
Schweinefestmist	55–65	60
Hühnertrockenkot	169	65
Geflügelfestmist	70–90	60–65
Maissilage	200	52
Getreideganzpflanzen-Silage	196	52
Gras	98	54
Grassilage	123	54
Bioabfall	110	55
krautiger Grünabfall	80	52
<i>Klärgas</i>		65
<i>Deponiegas</i>		51

ABBILDUNG 7: BIOGASERTRAG UND METHANGEHALT VERSCHIEDENER AUSGANGSSTOFFE.

Quelle: RAUSSEN ET AL. 2009, S. 62 / * [Nm³] = Normkubikmeter⁹

Es werden hierzu mit einem Radlader stapelbare Stoffe, wie Mahdgut, in eine Art Garagenbox gefüllt. Damit bei der Befüllung und Entleerung die Stromerzeugung nicht abreißt, werden mehrere Garagen gekoppelt, hintereinander aufgestellt und zeitlich gestaffelt beschickt (Batch-Verfahren). In der geschlossenen und gefüllten Box perkoliert nun ein Impfmateriale aus vergorenem Substrat über den Ausgangsstoff. Es wird damit die

⁹ Ein Normkubikmeter ist die Gasmenge, die bei einem Druck von 1,01325 bar, einer Luftfeuchtigkeit von 0 % und einer Temperatur von 273,15 K (0 °C) ein Volumen von einem Kubikmeter hat → Bedingung nach ISO 2533

Vergärung in Gang gebracht. Das Perkolat ist mikrobakteriell hoch aktiv und wird am Boden aufgefangen, damit es erneut als Impfstoff dienen kann.

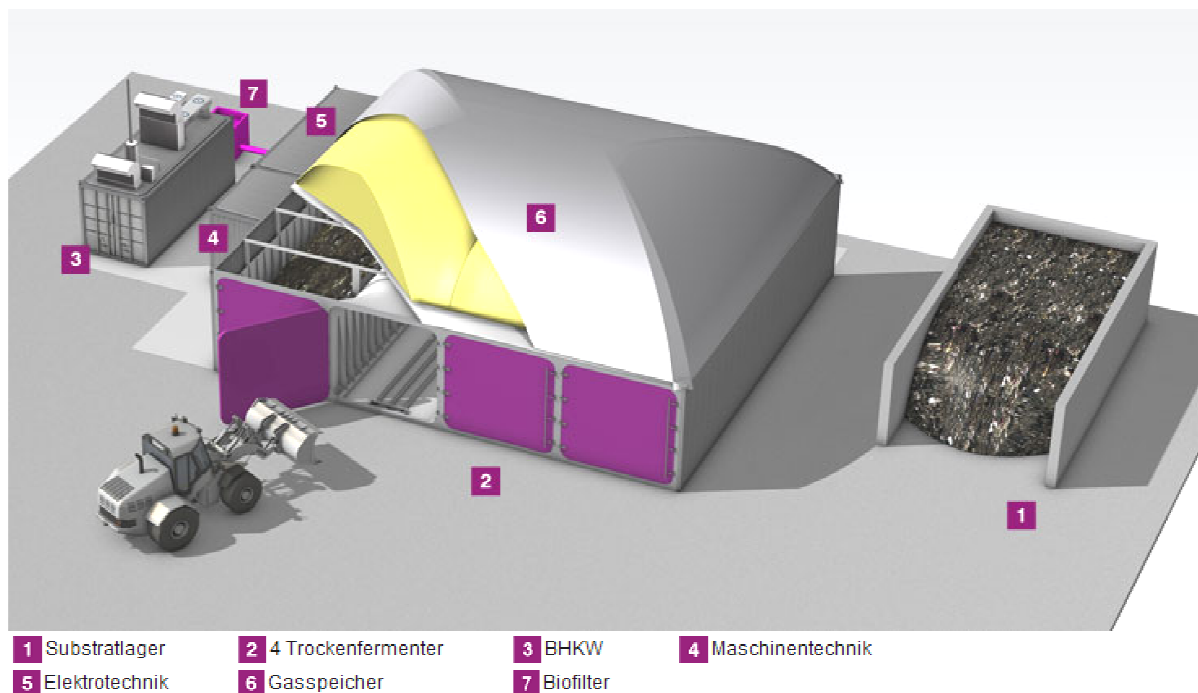


ABBILDUNG 8: AUFBAU EINER PERKULATIONSFERMENTATION.

Quelle: Eggersmann, S. 2

Vorteil dieses Verfahrens ist es, dass auch strukturreiche Biomassen, wie Zweige oder Sträucher, bis zu einem Anteil von 20 % des Einsatzmaterialies mitvergoren werden können. Es entfällt zudem der gründliche Sortier- und Reinigungsaufwand einer Nassfermentation. Daher eignet es sich besonders für die heterogen zusammengesetzten halmgutartigen Landschaftspflegematerialien. Dennoch sind für die Berechnungen der Energiegehalte, bezüglich der Zusammensetzung und des Wassergehaltes der Ausgangsmaterialien, weitere Annahmen zu tätigen:

Es muss davon ausgegangen werden, dass sich die halmgutartigen Biomassen während des Abtransportes einer Trocknung unterziehen. Deshalb ist bei Abladung der Halmgüter auf dem Hof des Anlagebetreibers nur noch mit einem Frischmasseanteil von 20 % der Gesamtmasse zu rechnen. Ein Teil (50 % des Ausgangsmaterials) wird deshalb einer Silage unterzogen, bevor es genutzt werden kann. Das Ausgangssubstrat besteht vor dem Biogasprozess demzufolge aus 20 % frischem Gras, 50 % Grassilage und 30 % Trockenmasse

inklusive anderer Materialstoffe. Da der Silageprozess erneute Kosten für den Anlagebetreiber bedeutet und dabei Konversionsverluste auftreten, wird angenommen, dass 30 % der Ausgangsfrischmasse als Defizit zu verbuchen ist. Es gehen also nur 70 % der Frischmasse bei halmgutartigen Landschaftspflegematerialien mit in die Berechnung ein. Demzufolge ergibt sich, dass von dem resultierenden Ausgangssubstratgewicht nun ca. 28,5 % frisches Gras sowie etwa 71,5 % Grassilage ist. Nach der Abbildung 7 (→ Kapitel „2.2.5.2 Vergärung“) erzeugt frisches Gras einen Biogasertrag von 98 Nm³ je Tonne mit einem Methangehalt von 54 %. Grassilage hingegen produziert 123 Nm³ Biogas je Tonne mit einem Methananteil von ebenfalls 54 %. Bei den Berechnungen der Megawattstunden wird unterstellt, dass keine Einspeisung des Methans in ein Erdgasverbundnetz, sondern eine vollständige Verbrennung des Methans in einem nachgelagerten BHKW erfolgt. Der elektrische Wirkungsgrad des BHKW wird bei der Methanverbrennung auf 35 %, der thermische auf 50 % festgelegt (VGL. RAUSSEN ET AL. 2009, S. 75). Das Methan selbst hat einen Heizwert von 9,94 kWh (VGL. FNR 2005, S. 2), woraus sich nun die daraus produzierte elektrische und thermische Energie ermitteln lässt.

2.2.5.3 Verflüssigung

Eine weitere Verwertungsvariante zur Biomassenutzung ist die Verflüssigung in Form von Biokraftstoffen. Allerdings eignen sich Landschaftspflegematerialien nicht vorrangig für eine solche Nutzung und daher soll auf eine nähere Darstellung verzichtet werden.

3 Analyse und Auswertung

3.1 Landschaftspflegematerial von Trassen und Verkehrsanlagen

Eine sehr interessante Option für die bioenergetische Nutzung, sind die Landschaftspflegematerialien von Verkehrsanlagen. Das wachsende Ast- und Grünmaterial an den Rändern bzw. bei platzartigen Verkehrsanlagen auf der Fläche, muss gesetzlich gepflegt und geschnitten werden, um die Verkehrssicherheit für die Nutzer zu gewährleisten. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass sich bereits in der Vergangenheit herauskristallisiert haben muss, welche Institutionen oder Unternehmen für die Pflege bestimmter Verkehrsanlagen zuständig sind und welche technischen Geräte sich am besten für den Verschnitt oder die Mahd eignen.

Soweit aus eigenen Beobachtungen bei Mahdarbeiten von Straßenrändern bekannt, wird der Großteil dieses Materials an Ort und Stelle zerkleinert, verblasen oder gemulcht. Nur relativ geringe Mengen werden auf Grund des damit verbundenen erhöhten Aufwandes abtransportiert und einer Kompostierung oder gar einer höherwertigeren bioenergetischen Nutzung zugeführt. Die angestrebte letztere Verwertungsform kann also nur gelingen, wenn für alle daran beteiligten Akteure ein finanzieller Anreiz oder zumindest ein kostendeckender Aufwand erfolgt. Das wiederum setzt eine funktionierende Logistik, gesetzliche Subventionen und lohnenswerte Materialmengen voraus. Der letzte Punkt soll nun bei der weiteren Auswertung im Fokus stehen.

3.1.1 Straßenverkehr

Die Daten für Straßen liegen im „Basis-DLM“ nur in Linienform vor. Die Linie selbst markiert den Mittelpunkt der Straße. Brücken und Tunnel werden im „Basis-DLM“ auch separat als lineare Variante ausgewiesen. Es wurden nun die Brücken- und Tunnellängen aus den Straßenlängen herausgerechnet, damit sie nicht mit in die spätere Flächenberechnung für die Grünstreifen eingehen. Der Schritt erfolgte, da in Tunneln und auf Brücken¹⁰ keine Pflegeflächen vorhanden sind. Aus dem gleichen Grund wurden anschließend nur alle Straßen außerhalb von Ortslagen für die spätere Analyse berücksichtigt, da auch in Ortschaften meist die Grünstreifen an den Straßenrändern fehlen. Deshalb verbleiben für

¹⁰ Ausnahme bildet der Mittelgrünstreifen der Autobahn bei Brücken mit geringer Länge

die Berechnungen rund 61 km Autobahnen mit Autobahnabfahrten, ca. 35,2 km Bundesstraßen, ca. 192,9 km Landesstraßen, ca. 187,3 km Kreisstraßen und ca. 183,6 km Gemeindestraßen (Vgl. Abbildung 9).

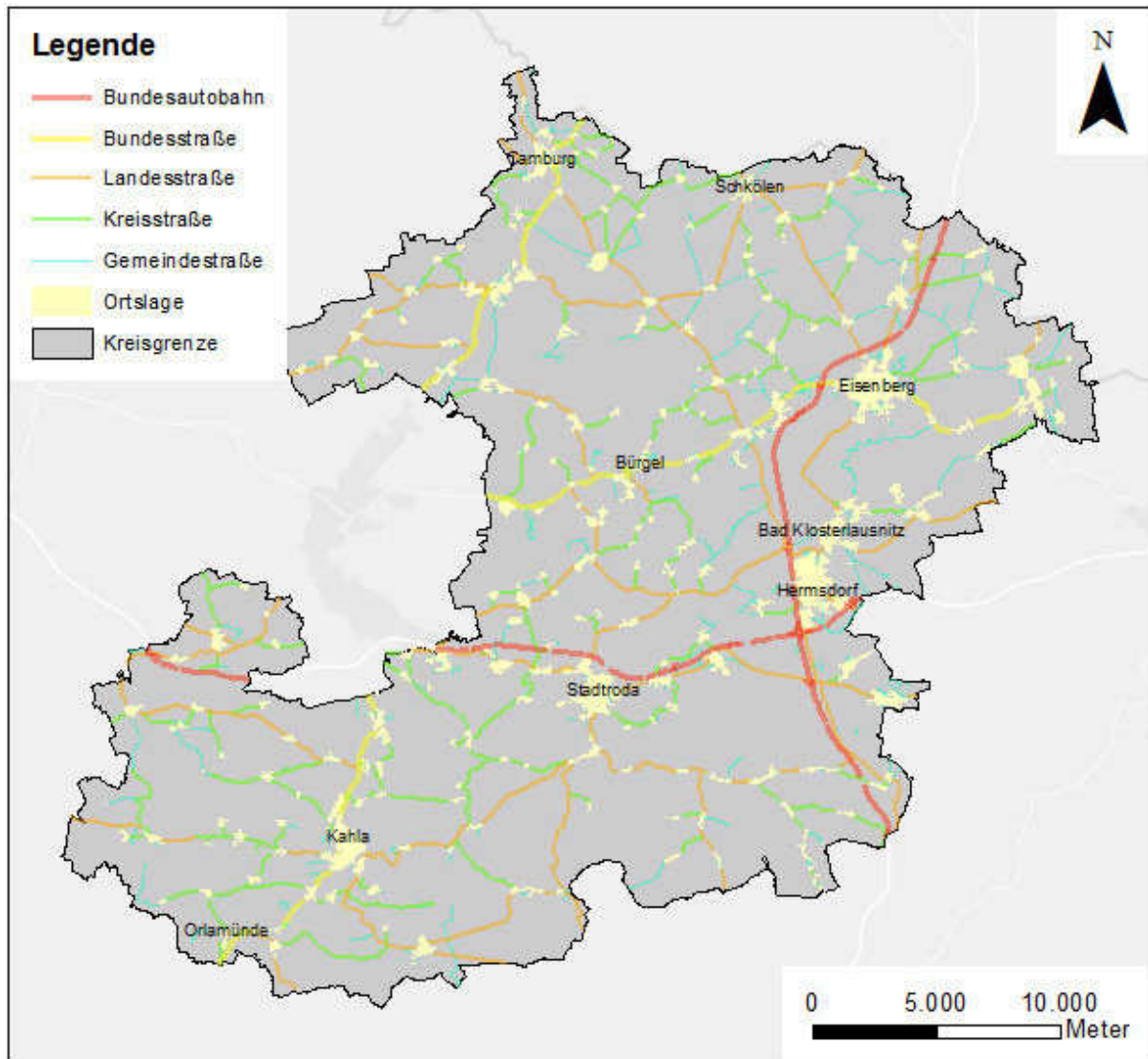


ABBILDUNG 9: STRAßEN IM SAALE-HOLZLAND-KREIS.

Im weiteren Verlauf der Potentialermittlung, wurden die übrigen Linien der Straßen mit Hilfe des ArcGIS-Werkzeugs „Buffer“ zu Polygonen erweitert, um ein besseres Abbild der Realität zu erhalten. Als Grundlage hierfür dienten die Angaben der Maßspezifikationen für Straßenkategorien. Zudem werden hier auch die gesetzlich zu pflegenden Mindestabstände der Grünstreifen (grüne Flächen) an den Straßenrändern angegeben (Vgl. Abbildung 10).

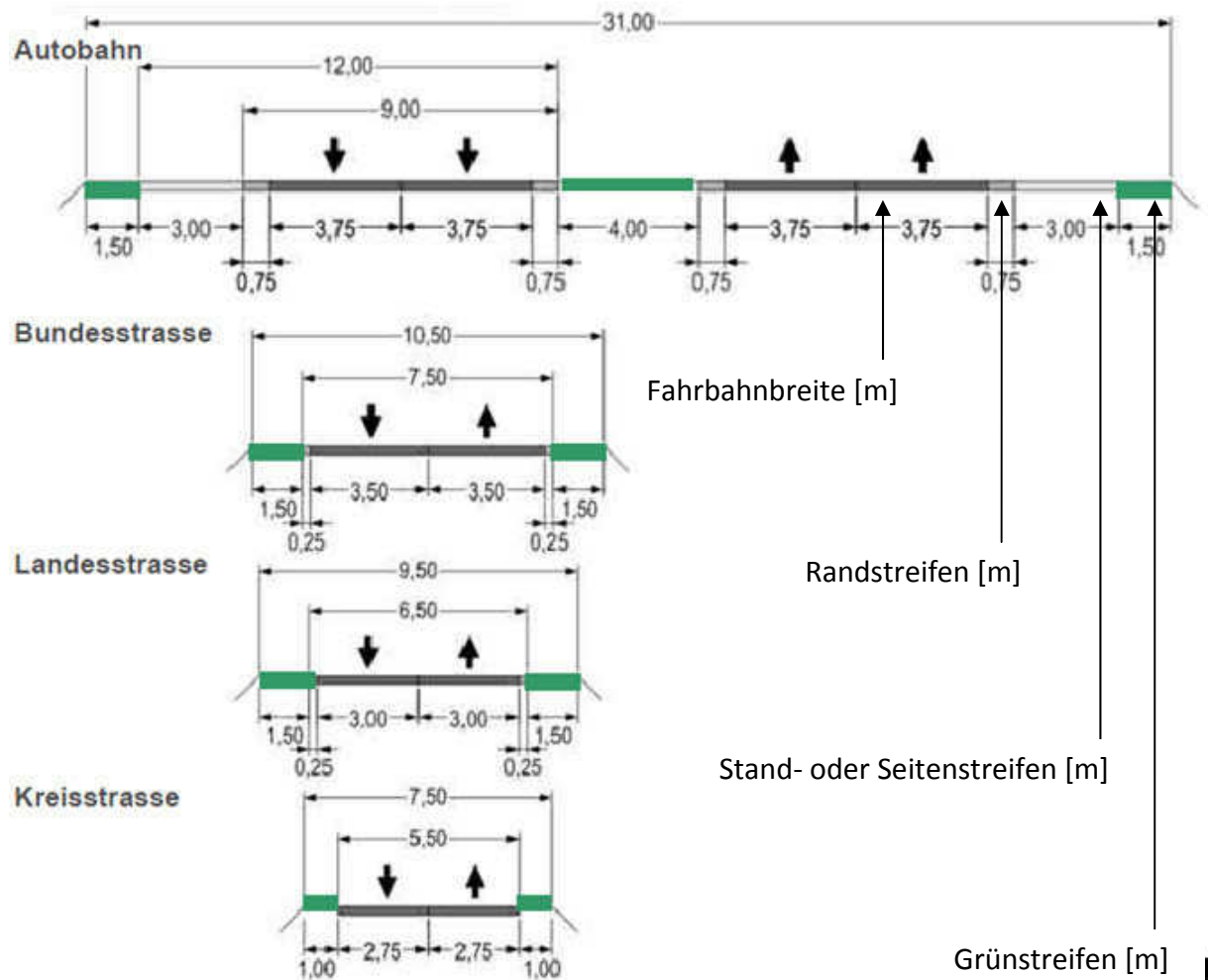


ABBILDUNG 10: STRAßENSPEZIFIKATIONEN UND VORGABEN ZUR TRASSENPFLEGE.

Quelle: PIORR ET AL. 2011, S. 8

Zu beachten bleibt, dass im Saale-Holzland-Kreis die Autobahnen überwiegend sechsspurig ausgebaut sind. Deshalb wurde je Autobahnseite eine weitere Fahrspur mit 3,75 m im ArcGIS hinzugerechnet. Die einzige Ausnahme bildet der vierspurige Ausbau des Hermsdorfer Kreuzes, an dem sich die Bundesautobahn 9 und Bundesautobahn 4 schneiden. Aber durch die Auf- und Abfahrten, die in spätere Autobahnspuren übergehen, können ebenfalls sechs Spuren je Autobahn berechnet werden.

Das „Basis-DLM“ beinhaltet zusätzlich zur Kategorisierung in Abbildung 10 auch Gemeindestraßen. Diesen wurden die gleichen Normungen unterstellt, wie den Kreisstraßen.

Nach der Pufferbildung kommt es im ArcGIS zu zahlreichen Überlappungen von Objektarten. Deshalb mussten detaillierte Verschneidungen der Fahrbahnen und Grünstreifen der Verkehrsstrassen untereinander (Vgl. Abbildung 11), sowie mit anderen Potentialflächen (z.B. Grünland) erfolgen (Vgl. ANHANG 3: Alle Verschneidungen im ArcGIS).

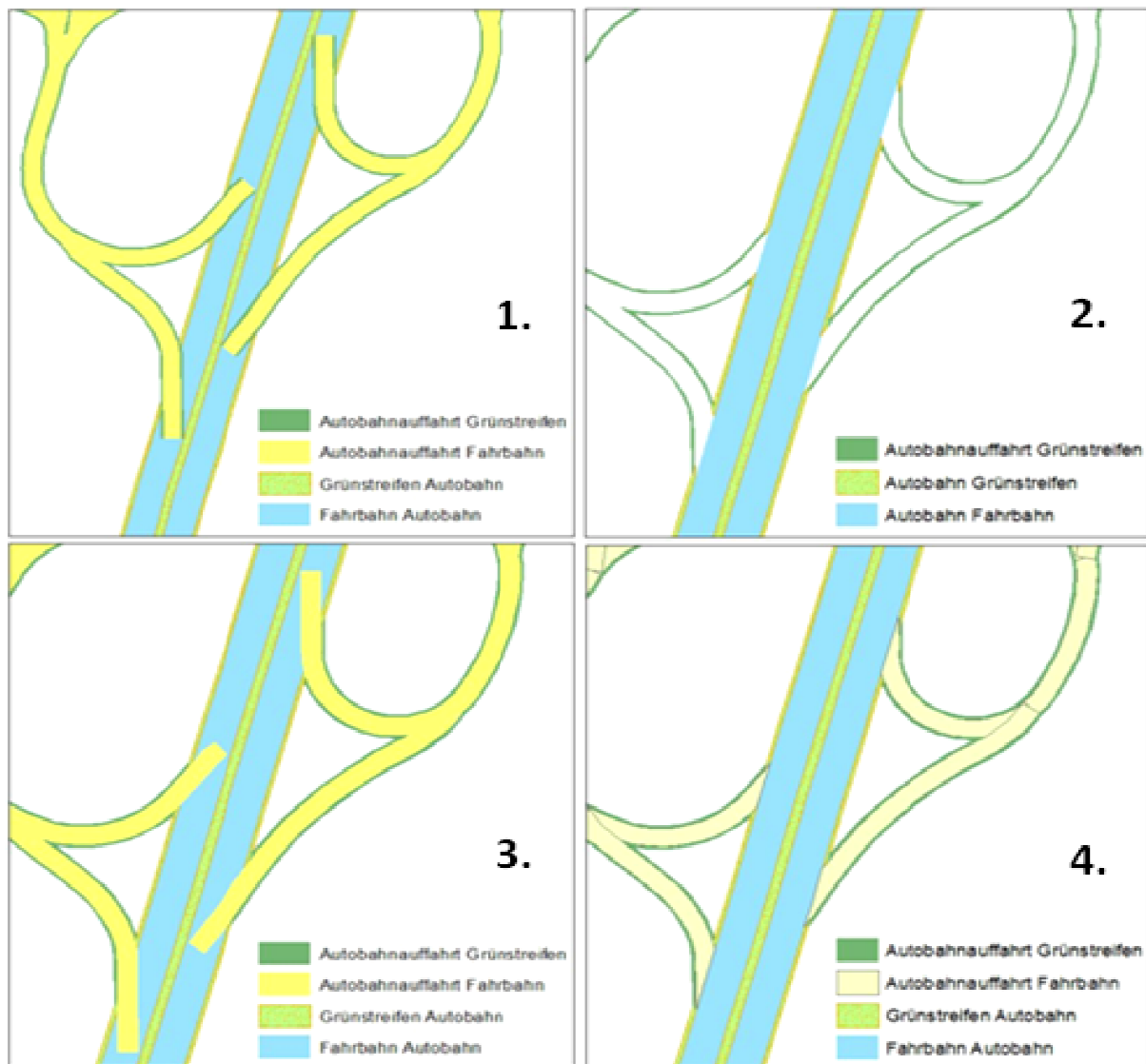


ABBILDUNG 11: BEISPIEL FÜR ZUSCHNEIDUNG VON FAHRBAHN UND GRÜNSTREIFEN.

Beschreibung für das Beispiel: 1. Resultat nach Pufferbildung; 2. Resultat nach Verschneidung des Grünstreifens der Autobahnauffahrt mit der Fahrbahnfläche und dem mittleren Grünstreifen der Autobahn. Zudem Verschneidung des äußeren Grünstreifens der Autobahn mit der Fahrbahn der Autobahnauffahrt; 3. Zwischenresultat bei eingblendeter Fahrbahn der Autobahnauffahrt; 4. Endresultat nach der Verschneidung der Fahrbahn der Autobahnauffahrt mit der Fahrbahn der Autobahn.

Parallel wurde überprüft, ob die gewählten Pufferabstände der Grünstreifen und Fahrbahnen der Straßen realitätstreu sind (Vgl. Abbildung 12).

Nach der Validierung der Pufferdaten durch Satellitenbilder, konnten die Grünstreifenflächen für jede Straßenart im Saale-Holzland-Kreis mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Insgesamt ergibt sich eine Gesamtgrünstreifenfläche aller Straßen in der Region von ca. 178,7 ha.

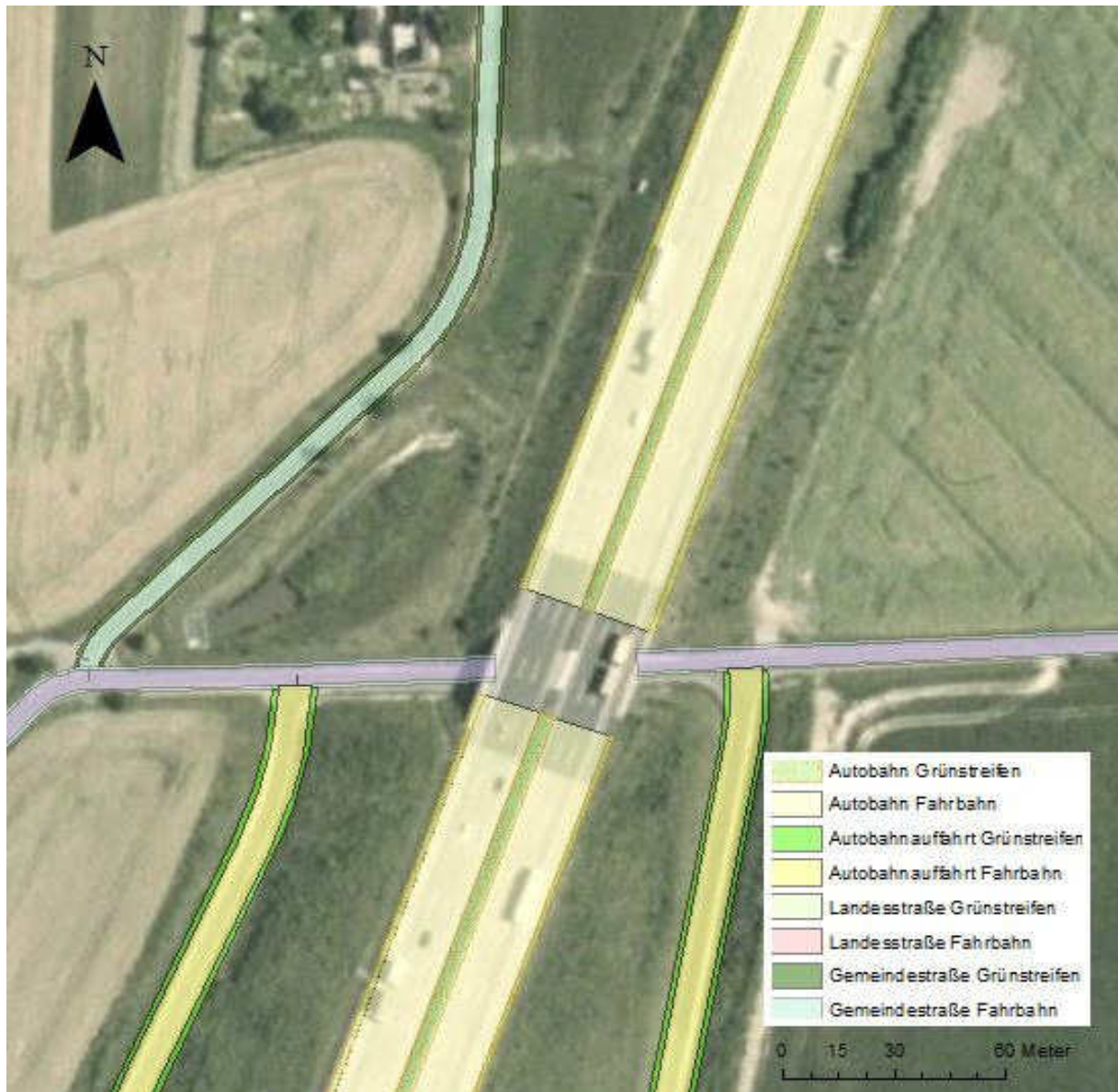


ABBILDUNG 12: GEWÄHLTE PUFFER FÜR ATKIS-DATEN UND HINTERLEGTES ORTHOPHOTO.

Beschreibung: Ausschnitt ca. 6 km nördlich von Eisenberg – Lindau (westlich) und Walpernhain (östlich).

Als nächstes folgte die theoretische Potentialberechnung des jährlich zur Verfügung stehenden Landschaftspflegematerials pro Kilometer und pro Hektar.

Dazu wurde in der Fachliteratur für das Landschaftspflegeholz pro Hektar des Straßengrünstreifens ein Wert von 3,4 t Frischmasse angegeben (VGL. PIORR ET AL. 2011, S. 10). Das hat insgesamt ein theoretisches Potential pro Hektar von ca. **607,58 t** FM jährlich zur Folge.

Für die Potentiale pro Straßenkilometer erfolgt in der Literatur folgende Unterteilung:

- Autobahn 3,0 – 4,0 t FM / km
- Bundes-, Landes- und Kreisstraße 1,0 – 2,0 t FM / km
- Gemeindestraße 1,0 t FM / km (VGL. KALTSCHMITT ET AL. 2009, S. 137 F.)

Zur Berechnung wurden aus den Angaben pro Kilometer je die Mittelwerte gebildet (Autobahn 3,5 t FM / km; Bundes-, Landes- und Kreisstraße 1,5 t FM / km; Gemeindestraße 1,0 t FM / km). Das ermittelte Potential aller Straßen zusammen pro Kilometer beträgt ca. **1.020,20 t** / FM im Jahr.

Unter den zugrundeliegenden Wirkungsgraden für Verbrennungsanlagen (Biomasseheizkraftwerke) resultiert daraus ein elektrisches Gesamtjahresenergiepotential von ca. **723,02 MWh** bis **1.214,04 MWh**. Thermisch sind es zwischen **1.032,89 MWh** bis **1.734,34 MWh**.

Für das halmgutartige Landschaftspflegematerial werden in der Fachliteratur Werte von 4,0 t TM (= 12,0 t FM) pro Hektar des Straßengrünstreifens (VGL. PIORR ET AL. 2011, S. 10) angegeben, was jährlich ein theoretisches Frischmassepotential von ca. **2.144,40 t** FM ergibt.

Das veröffentlichte Potential pro Straßenkilometer liegt zwischen 0,5 bis 7,0 t TM (= 1,5 bis 21,0 t FM) und kategorisiert sich wie folgt (VGL. KALTSCHMITT ET AL. 2009, S. 155 F.):

- Autobahn 1,0 – 7,0 t TM (= 3,0 – 21,0 t FM) / km
- Bundes-, Landes- und Kreisstraße 0,5 – 2,0 t TM (= 1,5 – 6,0 t FM) / km
- Gemeindestraßen keine Angaben

Zur Berechnung der Potentiale pro Kilometer wurden deshalb wieder Durchschnittswerte je Straßenart gebildet (Autobahn 12,0 t FM / km; Bundes-, Landes- und Kreisstraße 3,75 t FM / km). Für die Gemeindestraßen wurden die gleichen Potentialannahmen wie für die

Bundes-, Landes- und Kreisstraßen getroffen, da die Materialmengen vor allem bei den Bundes- und Landesstraßen, aufgrund des breiteren Pflegestreifens, eher über dem ermittelten Durchschnittswert liegen werden. Deshalb soll der etwas zu hohe Wert für die Gemeindestraßen eine Ausgleichsfunktion haben. Das theoretische Potential pro Kilometer beläuft sich damit auf ca. **2.978,25 t FM** im Jahr.

Bei einer anschließenden Konversion in einer Biogasanlage, würde der Energiegehalt zwischen etwa **326,77 MWh_{el}** und **453,83 MWh_{el}**, sowie rund **466,81 MWh_{th}** und **648,33 MWh_{th}** betragen.

Die Akquirierung des Landschaftspflegematerials von Straßenrändern unterliegt allerdings einigen Einschränkungen. Die Hölzer und Halme weisen nur eine geringe Materialqualität auf, da sie neben der Heterogenität der Biomassen auch häufig durch den Reifenabrieb und die Abgase der Kraftwagen mit Schadstoffen belastet sind (meist mit Schwermetallen wie Blei). Desweiteren befinden sich auch oft Fremdmaterialien wie Plastiktüten oder andere Verschmutzungen im Holz- oder Grünschnitt (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 155). Dies alles hat erhebliche nachteilige Auswirkungen für den Verwerter, da ihm erhöhter Aufwand für Sortierung, Filterung und umweltgerechter Entsorgung entsteht.

Bei den Akteuren, die die Landschaftspflegematerialien von Straßenrändern bereitstellen können, gibt es ein hierarchisches System. Die Pflege der Autobahnen übernimmt die Autobahnmeisterei (in Hermsdorf). Für die Bundes-, Landes- oder Kreisstraßen sind entweder die verschiedenen Straßenmeistereien oder eingesetzte Privatunternehmen zuständig. Die Gemeindestraßenpflege obliegt der jeweiligen Kommune oder ebenfalls beauftragten Fremddienstleistern. Nach Anfrage beim Straßenbauamt Ostthüringen, wurde zudem bestätigt, dass die Verträge für die Pflege der Straßen so gestaltet sind, dass das Material in den Eigentum des Auftragnehmers übergeht. Die Akquise des Materials wird folglich für den Verwerter von den Autobahnen hin zu den Gemeindestraßen immer aufwändiger und undurchschaubarer.

3.1.2 Fahrradwege

Der Bezeichnung Fahrradweg muss in dieser Ausarbeitung der Zusatz „außerorts“ zukommen. Das heißt, dass nur Fahrradwege betrachtet wurden, die nicht in Ortschaften verlaufen, da auch hier, ähnlich wie bei den Straßen, meist keine Seitenstreifen vorhanden

sind. Zudem konnte keine Grünstreifenbreite in der Fachliteratur zu den Fahrradwegen gefunden werden. Daher wurde angenommen, dass sich die Grünstreifenbreite und theoretischen Materialmengen derer von Kreis- und Gemeindestraßen (2,00 m Breite; 1,00 t FM pro km für holzige Biomasse; 3,40 t FM pro ha für holzige Biomasse; 3,75 t FM pro km und 12,00 t FM pro ha für halmgutartige Biomasse) ähneln.

Aus den getroffenen Generalisierungen ergibt sich eine Fahrradwegstreckenlänge von ca. 29,00 km (Vgl. Abbildung 13) und eine Grünstreifenfläche von rund 5,80 ha für den gesamten Saale-Holzland-Kreis.

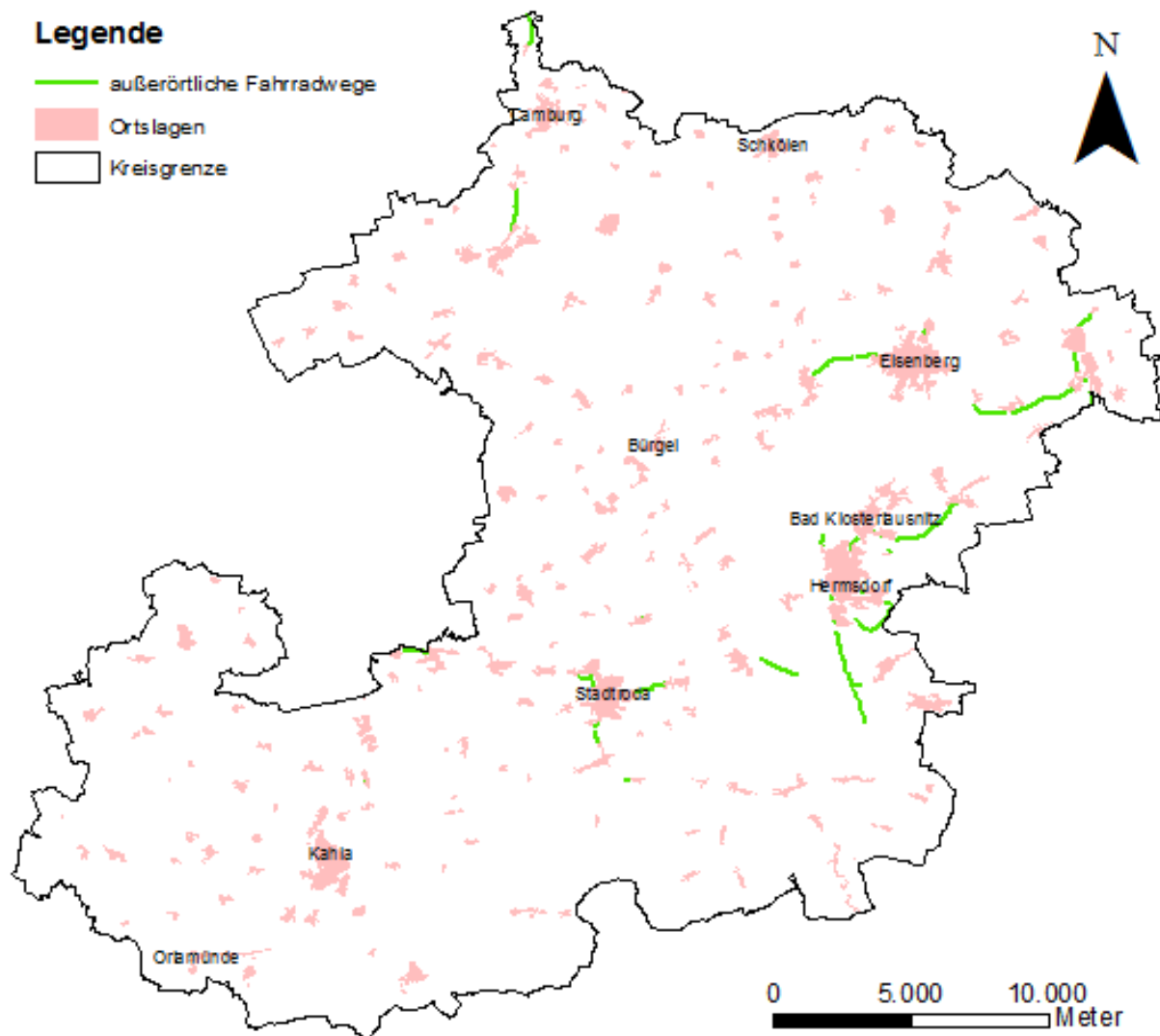


ABBILDUNG 13: AUßERÖRTLICHE FAHRRADWEGE IM SAALE-HOLZLAND-KREIS.

Die theoretischen Materialmengen belaufen sich bei holzartigen Landschaftspflegematerialien auf ca. **19,72 t** pro Hektar etwa **29,00 t** FM pro Kilometer im Jahr, was insgesamt einem Energiegehalt von ca. **23,47 MWh** bis ca. **34,51 MWh** elektrisch, als auch von ca. **33,52 MWh** bis ca. **49,30 MWh** thermisch entsprechen.

Bei den halmgutartigen Materialien ergibt sich ein Frischmassepotential von rund **69,60 t** pro Hektar bzw. **108,75 t** pro Kilometer. Die Energiemenge daraus lässt sich zwischen ca. **10,61 MWh_{el}** und **16,57 MWh_{el}** und ca. **15,15 MWh_{th}** und **23,67 MWh_{th}** beziffern.

Die Beschaffung der Landschaftspflegematerialien von Fahrradwegen unterliegt ebenfalls einigen Einschränkungen. So kann der Ast- und Grünschnitt mit Schadstoffen belastet sein, die vom Straßenverkehr stammen, wenn der Radweg direkt neben der Fahrbahn verläuft. Zudem können andere Arten von Verunreinigungen, wie z.B. Zigarettenreste, Plaste- oder Papiermüll auftreten.

Die Pflege der Grünstreifen von Radwegen hängt von deren Wertigkeit ab. Die Fahrradwege an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen säubern die Straßenmeistereien des Kreises. Strecken an Gemeindestraßen oder durch Besitz der Gemeinde müssen die Kommunen übernehmen (VGL. TLZ 2010). Natürlich bleibt auch hier nicht aus, ähnlich wie bei den Straßen, dass die Pflegeaufträge an Fremddienstleister gegeben werden.

3.1.3 Schienenverkehr

Ähnlich den Straßen liegen die Daten der Schienen im „Basis-DLM“ auch nur als Linie, welche den Mittelpunkt der Gleisanlage darstellt, vor. Deshalb konnten ebenfalls Brücken- und Tunnelanlagen herausgerechnet werden, während im Gegensatz zu den Straßen die Bahnanlagen in Ortslagen erhalten blieben. Daraus ergibt sich ein Streckennetz im Saale-Holzland-Kreis von ca. 62,70 km Länge (Vgl. Abbildung 14).

Die zu pflegende Fläche wurde mit Hilfe der hinterlegten Metadaten „BRV“ (Breite des Verkehrsweges) im „Basis-DLM“ festgelegt und beträgt ca. 120,60 ha.

Die Literatur schlägt für Landschaftspflegeholz pro Hektar 4,0 t Frischmasse im Jahr vor (VGL. PIORR ET AL. 2011, S. 10). DAS ergibt einen jährlichen theoretischen Ertrag von ca. **482,40 t** FM / ha.

Zudem wird von ca. 3,5 t Frischmasse pro Schienenkilometer ausgegangen, was einem Potential von etwa **219,45 t / FM** (VGL. LFULG 2012, S.41) im Jahr gleichkommt.

Das elektrische Gesamtjahresenergiepotential von Hölzern an Bahntrassen beläuft sich zwischen ca. **261,15 MWh** und ca. **574,06 MWh**. Das thermische beträgt zwischen ca. **373,079 MWh** und **820,08 MWh**.

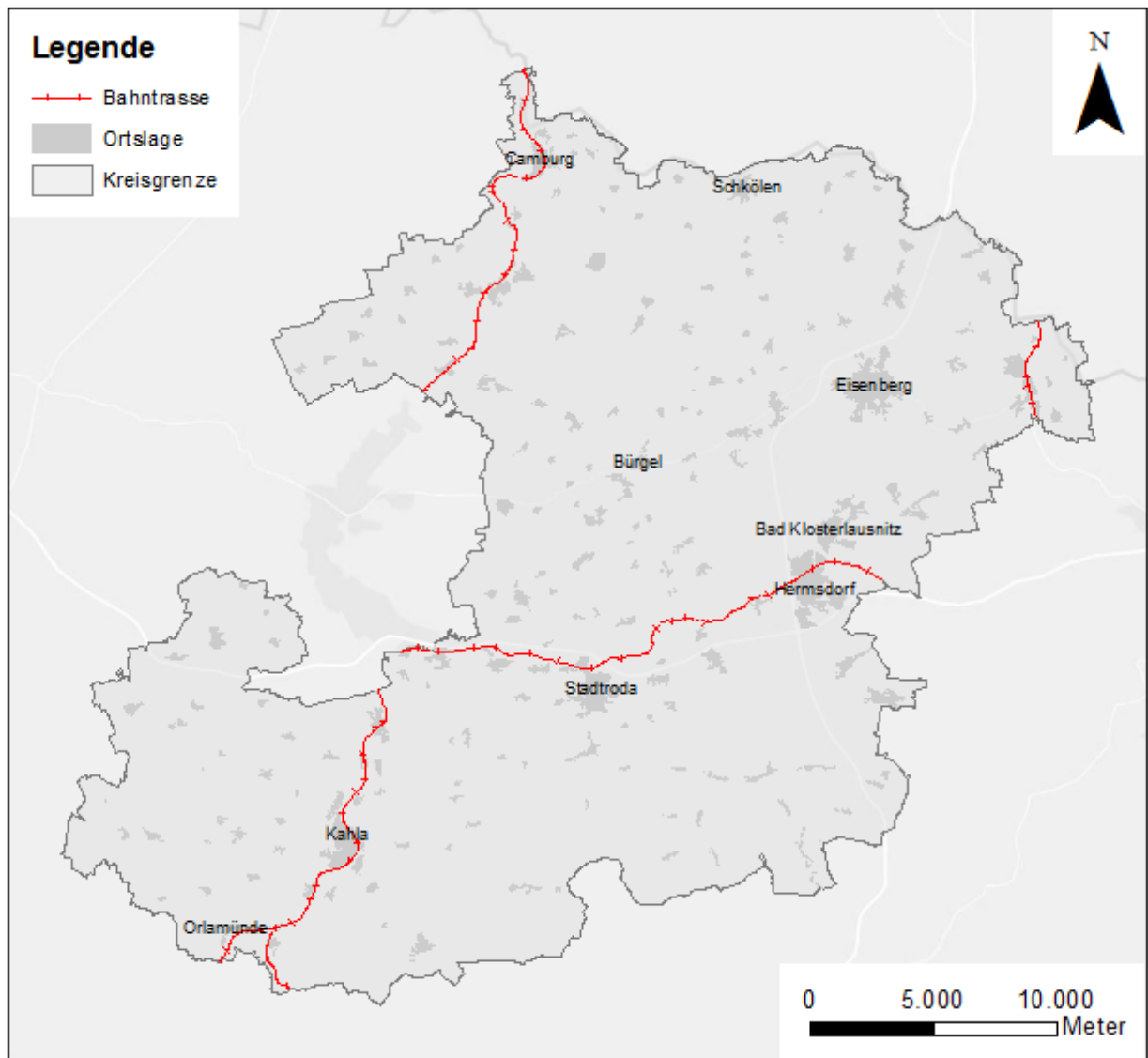


ABBILDUNG 14: BAHNTRASSEN IM SAALE-HOLZLAND-KREIS.

Das halmgutartige Landschaftspflegematerial ergibt pro Hektar Schienenbegleitgrüns 4,0 t TM (VGL. PIORR ET AL. 2011, S. 10), was jährlich einem Frischmassepotential von 12,0 t und somit einem theoretischen Gesamtpotential von ca. **1.447,20 t FM** im gesamten Saale-

Holzland-Kreis entspricht. Der Energiegehalt liegt etwa bei **220,53 MWh_{el}** und rund **315,04 MWh_{th}**.

Allerdings gibt es auch bei den Landschaftspflegematerialien von Bahnanlagen einige Einschränkungen. Sie weisen zwar eine bessere Materialqualität als das Straßenbegleitgrün auf, dennoch entstehen Verunreinigungen durch den Räderabrieb und die Dieselmotoren der Lokomotiven auf den Strecken ohne Oberleitung.

Für die Pflege der Trassen im Saale-Holzland-Kreis ist die Deutsche Bahn in Leipzig verantwortlich. Sowohl aus der Literatur bekannt (VGL. LFULG 2012, S.41), als auch bei telefonischer Anfrage in Leipzig, konnte keine Übereinkunft bei der Materialakquise für die energetische Verwertung erzielt werden. Deshalb ist eine Bergung der Trassenvegetation so gut wie ausgeschlossen.

3.1.4 Flugverkehr

Im Saale-Holzland-Kreis befindet sich ein Flugplatz (Jena-Schöngleina), der überwiegend für den Hobby-Flugsport genutzt wird (Vgl. Abbildung 15).

Die gesamte Fluganlage besteht aus einer relativ großen ebenen Grünfläche, die abwechselnd von Ackerflächen und zusammenstehenden Gehölzen umgeben ist. Im Kern zerschneiden lediglich die Landebahn, die Rollwege und einige im Westen der Anlage befindlichen Gebäude die Grünfläche (Vgl. Abbildung 16 und Abbildung 17).

Im „Basis-DLM“ wird das Fluggelände allerdings sehr generalisiert ausgegeben. Deshalb erfolgte im ArcGIS eine exaktere Digitalisierung des Layers mit Hilfe von Orthophotos (Vgl. Abbildung 17). Anschließend wurde die Fläche des Layers, der das Grasland abbildet, berechnet. Es befindet sich auf der gesamten Fluganlage rund 56,20 ha Grünland.

Aus der Fachliteratur geht leider nicht hervor, wie groß das Ertragspotential für Grünland von Flugplätzen ist, deshalb mussten eigene Annahmen getroffen werden. Es wurde bei mehreren Besichtigungen, als auch auf den gefundenen Fotos zum Flugplatz festgestellt, dass das Gras sehr häufig einer Mahd unterliegt. Das ist darauf zurückzuführen, dass der Rasen zum Teil auch als Campingplatz, sowie als Landebahn z.B. für Segelflugzeuge oder Heißluftballons dient. Das Gras selbst ist allerdings nicht als Intensivgrünland anzusehen, da die Vegetation sehr heterogene Graspflanzen beinhaltet. Deshalb wird als Ertragspotential

für halmgutartige Landschaftspflegematerialien das des durchschnittlichen Grünlandertrages (aus Intensivgrünland und Extensivgrünland)¹¹ herangezogen. Dieses beträgt 21,50 t FM pro Hektar im Jahr.

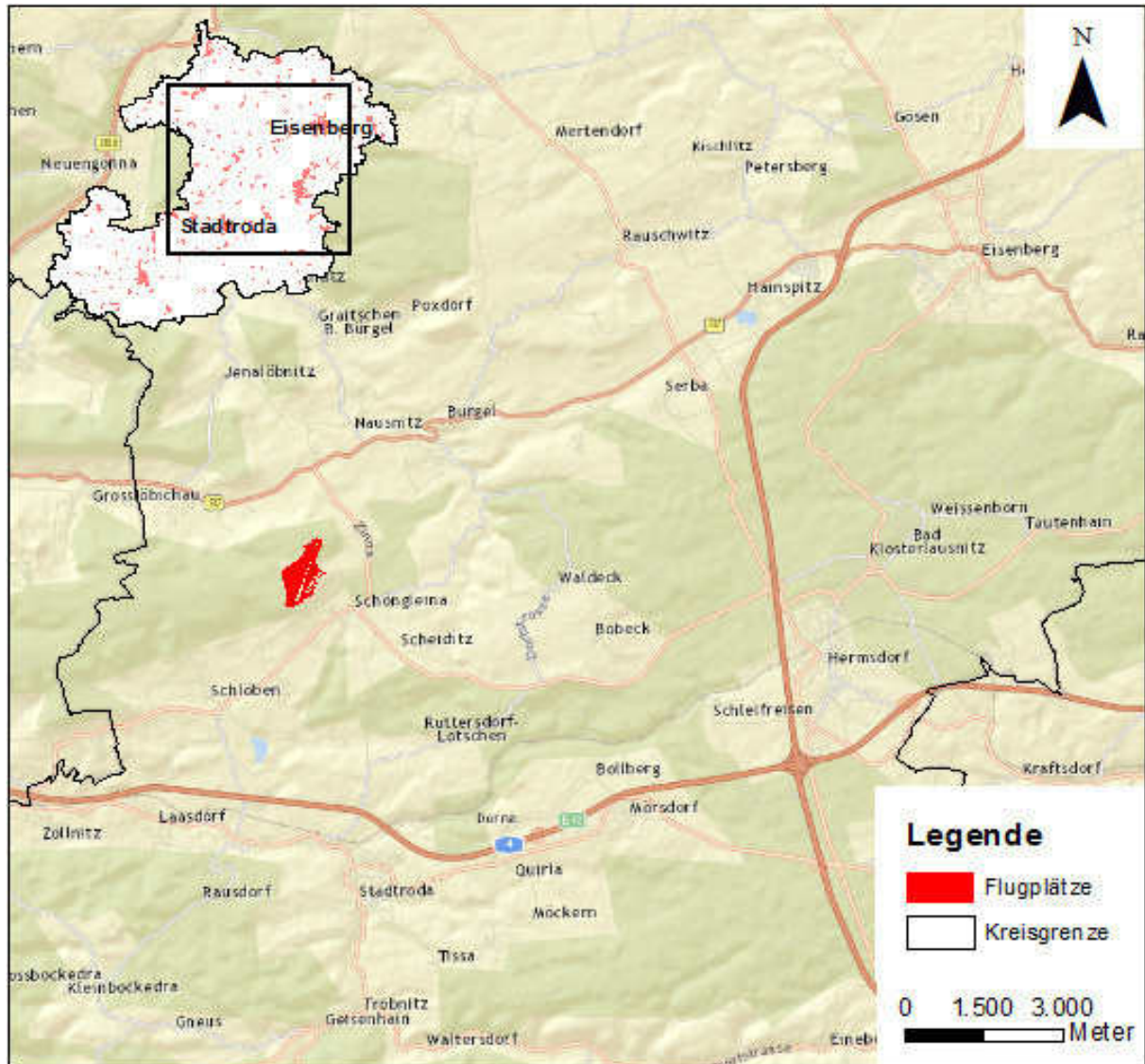


ABBILDUNG 15: LAGE DES FLUGPLATZES "JENA-SCHÖNGLEINA".

Desweiteren gehen jedes Jahr holzige Frischmasseerträge von 4,40 t pro Hektar mit ein. Diese Zahl ermittelt sich aus den in der Fachliteratur angegebenen Holzerträgen von Park- und Grünanlagen. Die Hypothese erfolgt deshalb, weil das Gebiet mit dichten Gehölzen umzogen ist und diese im Zuge der Gefahrenabwehr gepflegt werden müssen.

¹¹ Genauere Erläuterungen unter Kapitel „3.2.3 Grünland“.

Es ermitteln sich daraus ein Gesamtpotential holzartiger Biomasse von ca. **247,28 t FM** pro Jahr und ein Energieertrag von ca. **294,96 MWh_{el}**, sowie ca. **420,38 MWh_{th}**.



ABBILDUNG 16: FLUGPLATZ "JENA-SCHÖNGLEINA" AUS RICHTUNG SÜDWEST.

Quelle: EDBJ 2012

Desweiteren steht halmgutartiges Landschaftspflegematerial von etwa **1.208,30 t FM** und eine daraus gewonnene Energiemenge von ca. **184,12 MWh_{el}** bzw. ca. **263,03 MWh_{th}** jedes Jahr zur Verfügung.

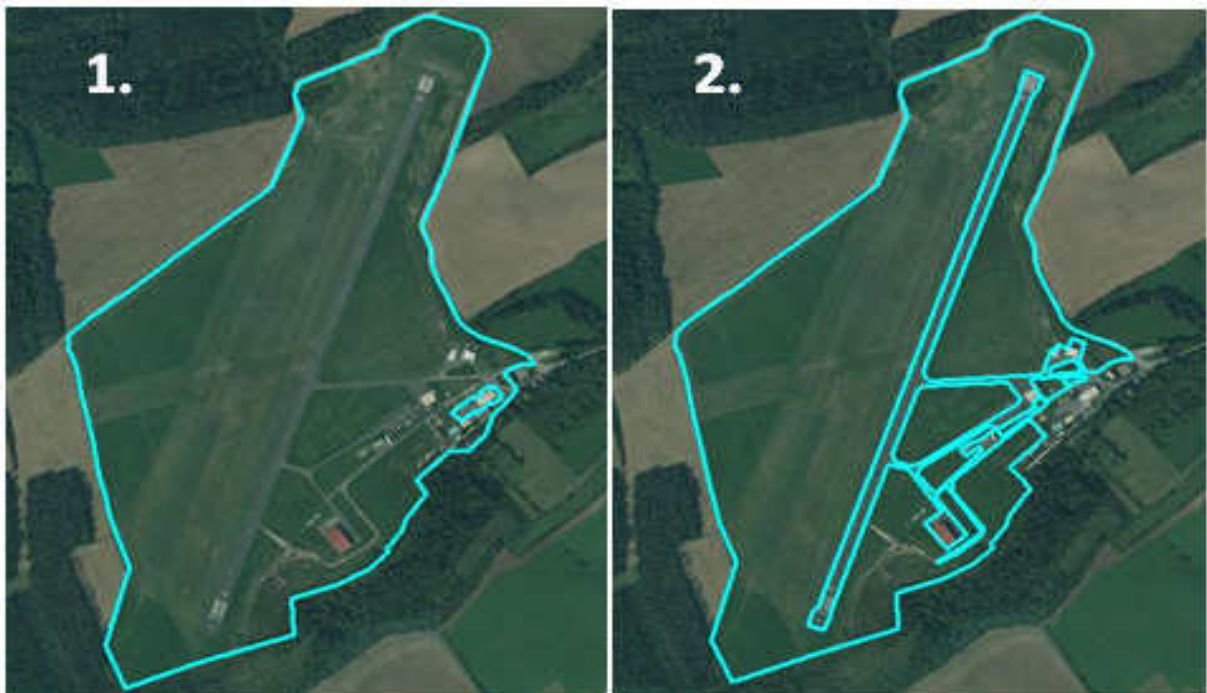


ABBILDUNG 17: FLUGPLATZ VOR UND NACH BEARBEITUNG IM ARCGIS.

Beschreibung: 1. Generalisierter „Basis-DLM“-Layer; 2. Genauer Digitalisierter „Basis-DLM“-Layer.

Die Einschränkungen bei der Verwertung des Materials sind als gering einzustufen, da nur eventuelle Belastungen durch die Motorflugzeuge entstehen könnten. Zudem entfallen

andere Verunreinigungen weitestgehend, da der Flugplatzbetreiber einer Pflege des Geländes nachgeht.

Weiterer Vorteil ist, dass bei der Akquirierung des Materials nur mit einem Akteur, nämlich der „Verkehrslandeplatz Jena-Schöngleina GmbH“, zu verhandeln wäre.

3.1.5 Gewässer

Das Thüringer Wassergesetz sieht eine zu schützende und zu pflegende Gewässerrandzone von zehn Meter bei Gewässern erster Ordnung, sowie fünf Meter bei Gewässern zweiter Ordnung vor (VGL. JURIS GMBH 2009, THÜRWG §78 ABSATZ 2). Mit diesen Abständen wurden im ArcGIS die Puffer der Gewässerrandzonen für Fließgewässer gebildet. Bei den Standgewässern¹² (z.B. Teiche, Tümpel oder Weiher) erfolgte eine abweichende Berechnung der Puffer (→ Kapitel 3.1.5.3 Sonstige Gewässer).

Es wird in der Fachliteratur angenommen, dass ca. 5,0 t holziges Landschaftspflegematerial als Frischmasse, als auch 3,0 t halmgutartiges Landschaftspflegematerial als Trockenmasse (= 12,0 t FM) pro Hektar der Uferrandzone von Gewässern bereitstehen (VGL. PIORR ET AL. 2011, S. 10).

Bei einer Gesamtgrünfläche aller Gewässerrandstreifen von ca. 803,00 ha ergibt das ein Holzpotential von etwa **4.015,00 t FM**, sowie einen Stromertrag von ca. **4.777,85 MWh** und einen Wärmegewinn von ca. **6.825,50 MWh** im Jahr.

Die Halmgüter erreichen ein Potential von rund **7.227,00 t FM** und einen Energieertrag von ca. **1.101,27 MWh_{el}**, sowie ca. **1.573,24 MWh_{th}**.

Bei der Akquirierung des Landschaftspflegematerials von Gewässerrändern sind einige Einschränkungen zu beachten. Die Materialqualität muss je nach Gewässer(abschnitt) sehr differenziert betrachtet werden. Es reicht von einer guten bis hin zu einer schlechten Materialgüte, je nachdem welcher Schadstoff und in welchem Maß dieser in das Gewässer eingetragen wurde (Vgl. Abbildung 18). Es muss auch zusätzlich auf gröbere Fremdmaterialien wie Plastiktüten oder andere Verschmutzungen geachtet werden.

¹² Ausgenommen der durch Wehranlagen in Fließgewässern entstehenden Standgewässer! Jene werden bei der Pufferberechnung den Fließgewässern untergeordnet.

Die Zuständigkeit für die Gewässer wurde auf zwei Wege ermittelt. Zunächst legen die Metainformationen im „Basis-DLM“ unter der Bezeichnung „WDM“, was für die Widmung des Gewässers steht, folgende Attribute, die unter Zuhilfenahme des ATKIS-Objektartenkataloges entschlüsselt werden können, fest:

- „1501“= 1. Ordnung, Bundeswasserstraße
- „1502“= 1. Ordnung, Landesgewässer
- „1503“= Gewässer 2. Ordnung
- „1504“= Gewässer 3. Ordnung
- „9997“= Sonstige Gewässer

Aus diesen Daten konnte ermittelt werden, dass keine Bundeswasserstraßen im Saale-Holzland-Kreis vorliegen und deshalb alle Gewässer erster Ordnung dem Land unterliegen. Außerdem konnten die Gewässer dritter Ordnung aufgrund fehlender gesetzlicher Bestimmungen zur Schutzstreifengröße aus den weiteren Berechnungen entfernt werden.

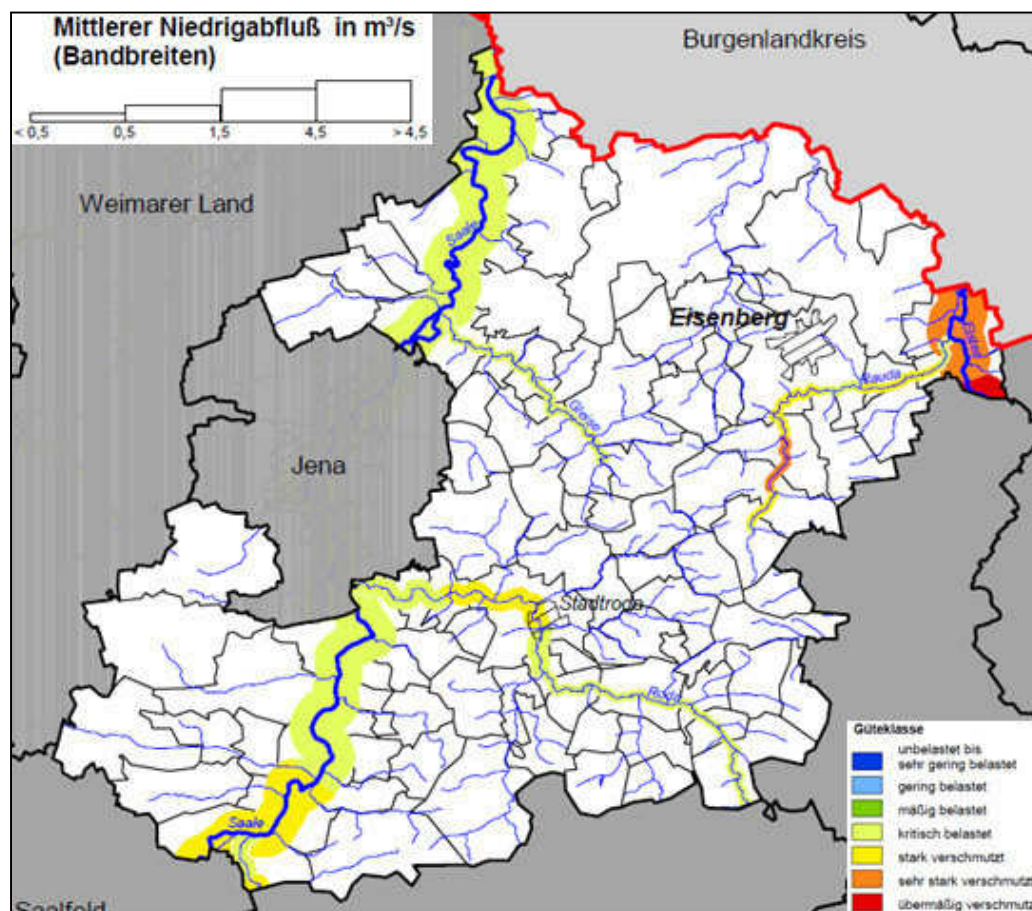


ABBILDUNG 18: GEWÄSSERGÜTE IM SAALE-HOLZLAND-KREIS 1997.

Quelle: TLU 1997

Das gesetzliche Eigentum der Gewässer zweiter Ordnung wurde mit Hilfe des Thüringer Wassergesetzes ermittelt. Unter § 4 zu den Eigentumsverhältnissen wird festgelegt, dass der Gemeinde das Gewässer unterliegt, in der sich der Wasserkörper befindet. Jedoch können auch Privatpersonen ein Recht am Eigentum der Gewässer zweiter Ordnung haben, wenn nicht im Interesse der Allgemeinheit eine Enteignung zu Gunsten der Gemeinde vorgenommen werden muss. Das heißt, dass bei Akquirierung des Materials vorher das Liegenschaftskataster geprüft werden muss.

3.1.5.1 Kleingewässer

Als Kleigewässer werden in dieser Arbeit alle Gewässertypen verstanden, die im „Basis-DLM“ in Linienform hinterlegt sind. Damit in die Berechnung ein möglichst exakter Ausgangsdatensatz eingeht, wurde die Attributtabelle der Kleingewässer geöffnet, um nach der Metainformation „OFL“ (Lage zur Erdoberfläche) zu filtern. Alle Gewässer mit der Bezeichnung „1100“ verlaufen auf und alle mit der Kennung „1800“ unter der Erdoberfläche. Die unter der Erdoberfläche verlaufen, werden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt, da sich hier keine Schutzstreifen befinden können. Zur weiteren Differenzierung wurden nun die hinterlegten Metaangaben „WDM“ (Widmung)¹³ genutzt, um eine Aufspaltung der Daten zwischen Gewässer erster und zweiter Ordnung tätigen zu können (Vgl. Abbildung 19).

Nach der Pufferbildung von zehn Meter für die Kleingewässer erster Ordnung, ergibt sich damit eine Gesamtgewässerschutzfläche von rund 2,70 ha. Für die Kleingewässer zweiter Ordnung mit fünf Meter Schutzstreifen ergeben sich etwa 653,80 ha.

Aus dem Ertrag pro Hektar und der ermittelten Fläche des Randstreifens konnte ein jährliches Frischmassepotential holzartiger Biomasse von ca. **13,50 t** für die Kleingewässer erster Ordnung und ca. **3.269,00 t** für die Kleingewässer zweiter Ordnung berechnet werden.

Der elektrische Gesamtenergieertrag beläuft sich damit auf ca. **16,07 MWh** für Landschaftspflegeholz von Kleingewässern erster Ordnung – der thermische auf ca. **22,95 MWh**. Für Kleingewässer zweiter Ordnung beläuft sich der Energieertrag auf ca. **3.890,11 MWh_{el}** und auf ca. **5.557,30 MWh** thermisch.

Die Frischmasseeerträge für Halmgut aus der Landschaftspflege befinden sich bei etwa **24,30 t** für die Kleingewässer erster Ordnung, sowie bei **5.884,20 t** für die zweite Ordnung.

¹³ Beschreibung im Kapitel 3.1.5 Gewässer

Aus den halmgutartigen Landschaftspflegematerialien der Kleingewässer erster Ordnung kann per Fermentation und anschließender Verbrennung des gewonnenen Methans eine elektrische Energie von rund **3,70 MWh** erzeugt werden. Dies beinhaltet eine thermische Energie von ca. **5,29 MWh**. Die Halmgüter der Kleingewässer zweiter Ordnung liefern etwa **896,65 MWh_{el}** bzw. **1.280,93 MWh_{th}**.

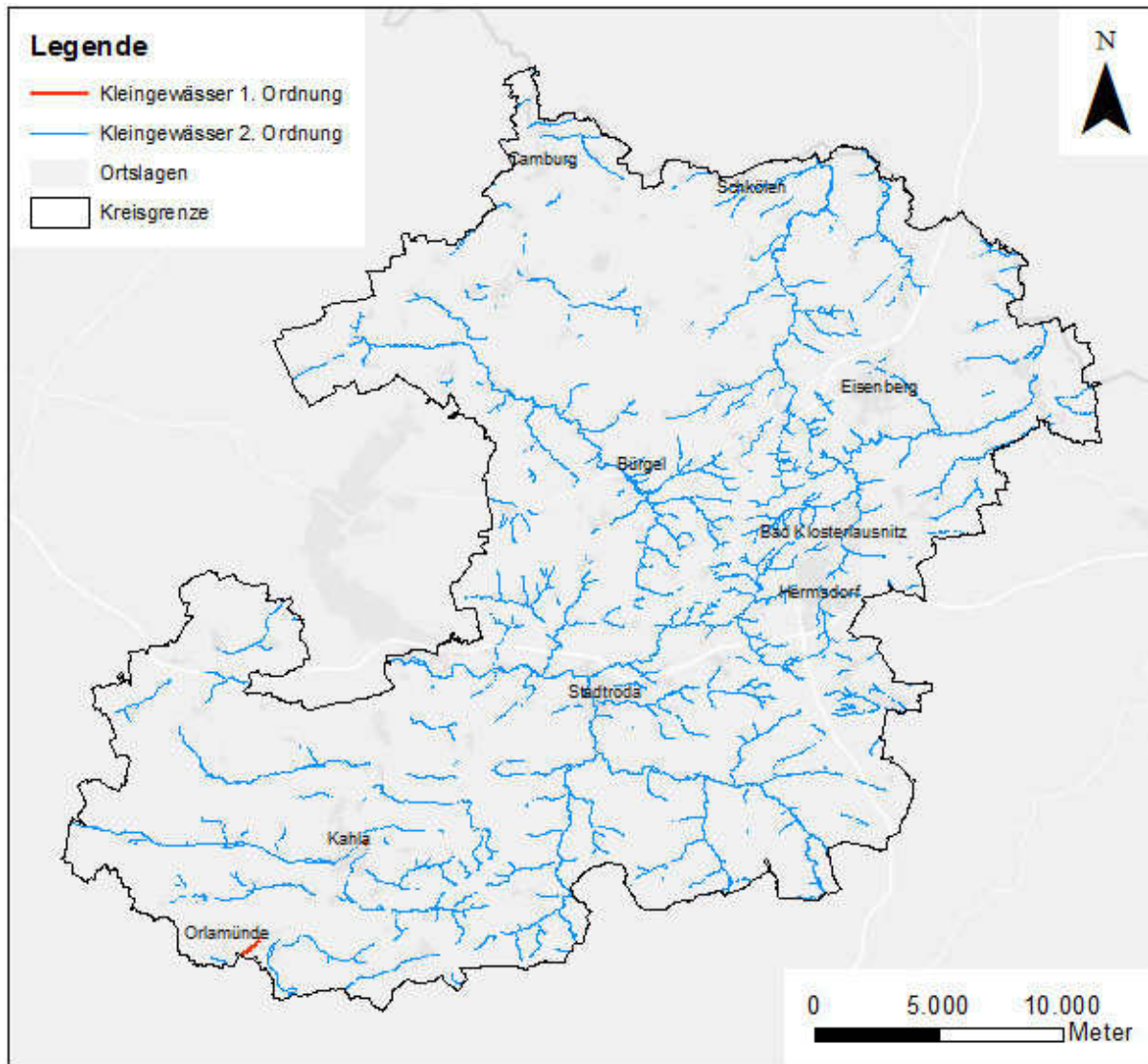


ABBILDUNG 19: KLEINGEWÄSSER 1. UND 2. ORDNUNG IM SAALE-HOLZLAND-KREIS.

3.1.5.2 Flächengewässer

Als Flächengewässer gelten in dieser Ausarbeitung alle fließenden Gewässer bzw. mit fließenden Gewässern unmittelbar in Verbindung stehenden Standgewässer (z.B. alte Seitenarme von Flüssen, Stauseen hinter Wehranlagen, Mühlgräben oder Kanäle), denen eine flächenhafte Abbildung im „Basis-DLM“ durch das Landesvermessungsamt hinterlegt

ist. Dies trifft im Grunde nur für die Flüsse Saale und Weiße Elster im Saale-Holzland-Kreis zu (Vgl. Abbildung 20).

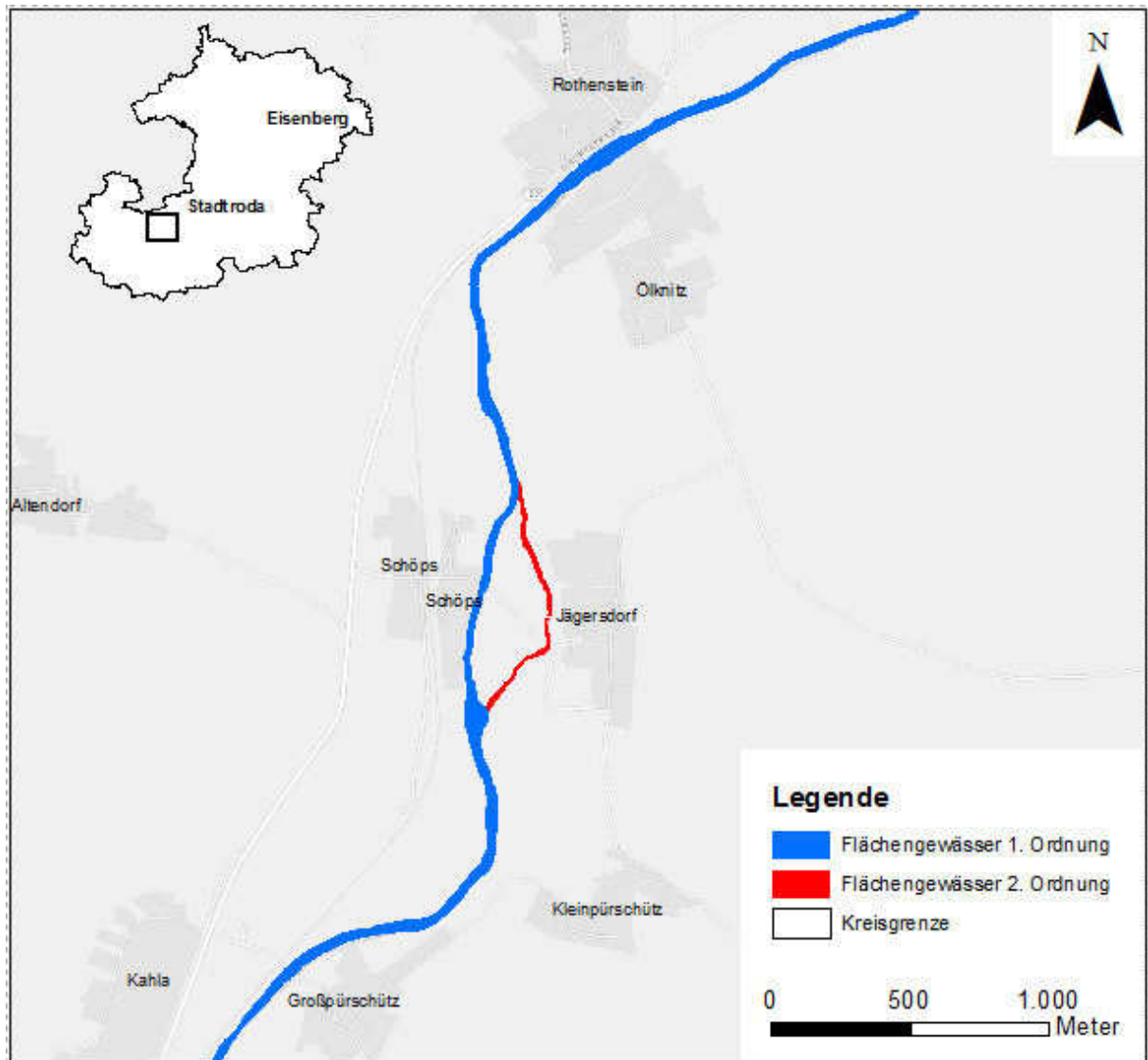


ABBILDUNG 20: DIE SAALE ALS BEISPIEL FÜR FLÄCHENGEWÄSSER 1. UND 2. ORDNUNG.

Beschreibung: Ausschnitt der Saale südlich von Jena.

Mit dem Abstandspuffer von zehn Metern für alle Flächengewässer erster Ordnung ergibt sich daraus eine zu pflegende Fläche von etwa 82,60 ha. Die Flächengewässer zweiter Ordnung (5 m Puffer) haben eine Gesamtfläche von ca. 12,10 ha.

Daraus folgt ein holziges Frischmassepotential aller Flächengewässer erster Ordnung von ca. **413,00 t**, aller Flächengewässer zweiter Ordnung von ca. **60,50 t** pro Jahr.

Wird durch Verbrennung daraus Elektrizität gewonnen ergibt das für die Flächengewässer erster Ordnung ca. **491,47 MWh** und einen Wärmeertrag von ca. **702,10 MWh** pro Jahr. Für

die Flächengewässer zweiter Ordnung resultieren daraus ca. **72,00 MWh_{el}** und ca. **102,85 MWh_{th}**.

Die halmgutartigen Frischmassenpotentiale belaufen sich auf ca. **743,40 t** im Jahr für Flächengewässer erster Ordnung. Die für Flächengewässer zweiter Ordnung betragen rund **108,90 t** Frischmasse.

Nach Konversion in einer Biogasanlage und anschließender Verbrennung des Methans können rund **113,28 MWh_{el}** und ca. **161,83 MWh_{th}** aus halmgutartigen Landschaftspflegematerialien von Flächengewässern erster Ordnung gewonnen werden. Der Grünschnitt von Flächengewässern zweiter Ordnung liefert ca. **16,59 MWh_{el}** und **23,71 MWh_{th}**.

3.1.5.3 Sonstige Gewässer

Die sonstigen Gewässer umfassen alle übrigen Gewässerarten im „Basis-DLM“, was genauer betrachtet alle Teiche, Tümpel und Weiher sind. Es unterliegen hier zwar keine gesetzlichen Bestimmungen zu Uferrandzonen, jedoch wurde bei eigenen Besichtigungen verschiedener Teiche und Weiher im Kreisgebiet festgestellt, dass diese keine bis hin zu einer erheblichen Randzone aufweisen. Vor allem in vielen Dörfern haben die zentral gelegenen Dorfteiche oftmals keine oder nur eine spärliche Randzone. Dagegen weisen Weiher außerhalb von Ortschaften einen sehr großzügigen Schutzstreifen auf. Es wurde auch festgestellt, dass an vielen Stillgewässern vereinzelte Pflegemaßnahmen stattfinden, damit z.B. der Zugang zum Gewässer gewahrt bleibt oder einfach aus ästhetischen Gründen. Nach exemplarischen Messungen einzelner Uferschutzzonen von Gewässern innerhalb und außerhalb von Ortschaften, wurde geschlussfolgert, dass die Stillgewässer in Ortslagen durchschnittlich zwischen 0 m und 2,50 m, die knapp außerhalb von Ortschaften zwischen 2,50 m und 5,00 m, sowie die weit außerhalb der Ortsgrenze zwischen 2,50 m und 7,50 m breite Pflegezonen besitzen.

Damit die Berechnung im ArcGIS erfolgen konnte, wurde dazu zunächst ein Puffer mit zehn Metern um den Layer „Ortslagen“ des „Basis-DLMs“ gebildet und anschließend alle Standgewässer selektiert, die sich vollständig in den neu erzeugten Pufferpolygonen, sowie in den Ortslagen selbst befanden. Darauf folgend wurden diese „Innerorts Gewässer“ mit einem Puffer von 2,50 m umgeben. Die Annahme wurde getroffen, da so der Schutzstreifen

von 2,50 m pauschal für die ausgewählten Standgewässer festgelegt werden konnte und es sich trotzdem eine hohe Realitätstreue ergibt.

Alle übrigen, nicht selektierten und als „Außerorts Gewässer“ bezeichneten Wasserflächen, bekamen die durchschnittliche Gewässerschutzzone von 5,00 m angerechnet (Vgl. Abbildung 21).

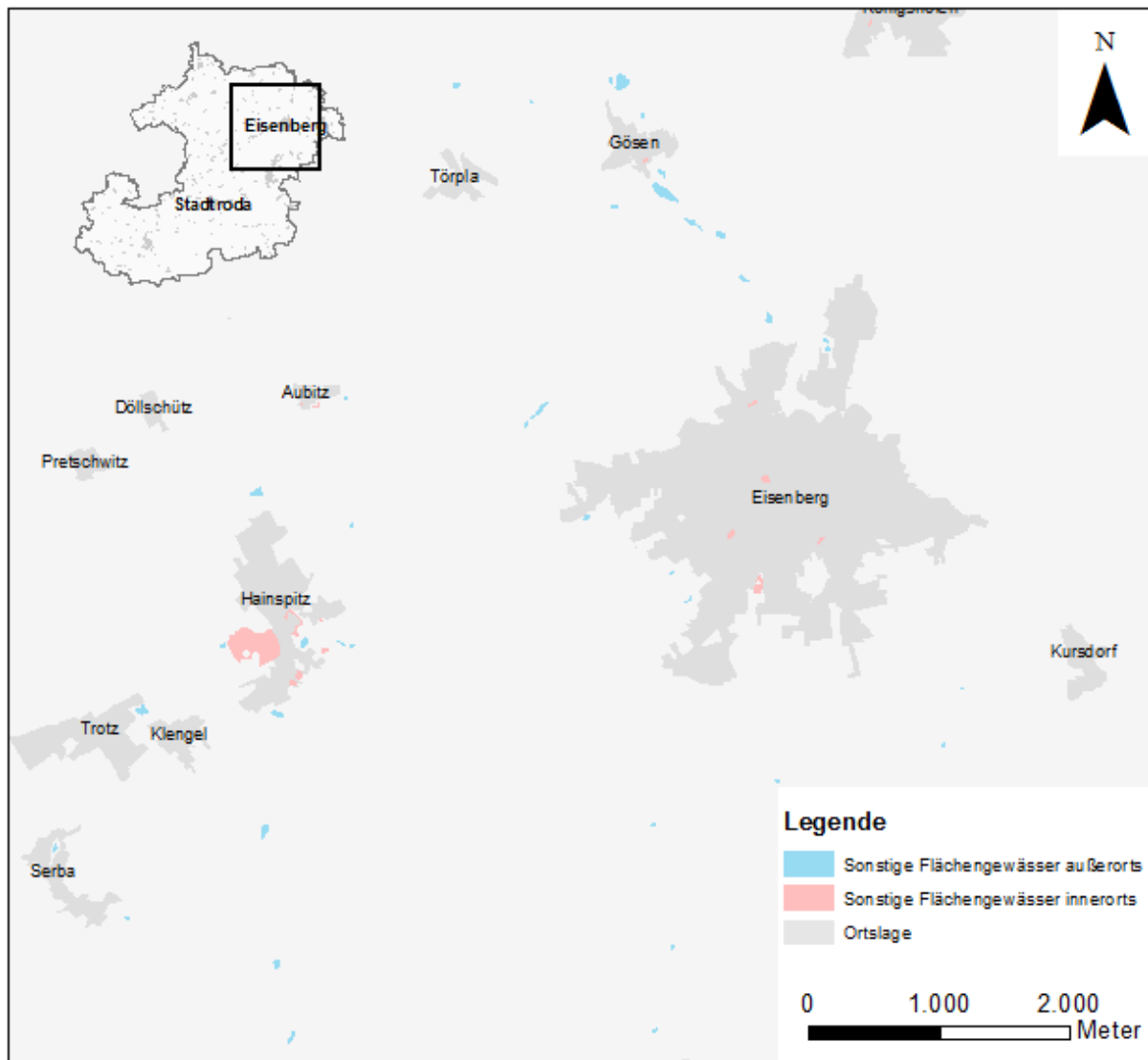


ABBILDUNG 21: BEISPIELE SONSTIGE FLÄCHENGEWÄSSER INNER- UND AUßERORTS.

Daraus folgt insgesamt eine Pflegefläche für alle „Innerorts Gewässer“ von rund 5,10 ha und für alle „Außerorts Gewässer“ von etwa 46,70 ha.

Für die „Innerorts Gewässer“ ergibt sich somit ein theoretisches Frischmassepotential holzartiger Biomasse von etwa **25,50 t** pro Jahr. „Außerorts Gewässer“ bieten rund **233,50 t** an Frischmasse pro Jahr.

Nach einer fachgerechten Verbrennung in einem BMH(K)W würde für die Materialien von „Innerorts Gewässern“ ein elektrischer Energiegehalt von ca. **30,35 MWh** und ca. **43,35 MWh** thermisch zur Verfügung stehen.

Für die „Außerorts Gewässer“ beläuft sich der Energiegehalt elektrisch auf ca. **277,87 MWh**, sowie thermisch auf **396,95 MWh**.

Das Potential der halmgutartigen Biomasse beträgt theoretisch für „Innerorts Gewässer“ rund **45,90 t FM**. Die „Außerorts Gewässer“ liefern etwa **420,30 t FM** im Jahr.

Es ergeben sich daraus für die „Innerorts Gewässer“ Energiegehalte von ca. **6,99 MWh_{el}** und **9,99 MWh_{th}**. Für die „Außerorts Gewässer“ belaufen sich die Energiegehalte auf **64,05 MWh_{el}** und **91,49 MWh_{th}**.

3.1.6 Fazit



Bei einer Gesamtfläche von 1.222,90 ha aller Grünstreifen von Trassen und Verkehrsanlagen im Saale-Holzland-Kreis, ergibt sich ein theoretisches Gesamtpotential holzgutartiger Biomasse von ca. **5.109 t** bis ca. **5.793 t** Frischmasse im Jahr. Daraus folgt ein Energiegehalt zwischen ca. **6.079 MWh_{el}** und ca. **6.895 MWh_{el}**, sowie zwischen ca. **8.686 MWh_{th}** und ca. **9.849 MWh_{th}** (Vgl. Tabelle 2).

Für halmgutartige Landschaftspflegematerialien errechnet sich im Landkreis ein theoretisches Potential von ca. **12.096 t FM** bis ca. **12.969 t FM** im Jahr. Nach einer Umsetzung der Biomasse in einer Biogasanlage mit anschließender Verbrennung des gewonnenen Methans bleibt ein Energieinhalt zwischen rund **1.844 MWh_{el}** und etwa **1.977 MWh_{el}**, sowie zwischen ca. **2.633 MWh_{th}** und ca. **2.823 MWh_{th}** (Vgl. Tabelle 3).

Die Gewässerrandstreifen liefern in der Gruppe der Trassen und Verkehrsanlagen das höchste theoretische Rohstoffpotential. Sie könnten allerdings allein nur rund 1,2 % des im Kreisgebiet verbrauchten Stroms liefern. Bei der Wärmemenge sind es lediglich rund 0,5 % des Gesamtwärmebedarfs. Es folgen nach den Gewässern die wesentlich geringeren Mengen- und Energiepotentiale der Straßen, Schienen, Flugplätze und Fahrradwege.



Insgesamt könnten alle Landschaftspflegematerialien von Trassen und Verkehrsanlagen rund 1,6 % an Strom und 0,8 % an Wärme des Gesamtenergieverbrauches im Saale-Holzland-Kreis zur Verfügung stellen.

TABELLE 2: ERGEBNISÜBERSICHT HOLZ VON TRASSEN UND VERKEHRSANLAGEN.

Holz von Trassen und Verkehrsanlagen					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
	 sehr hoch hoch mittel gering sehr gering			 sehr schlecht schlecht mittel gut sehr gut	
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Straßen	1.020	608	-	723 - 1.214	1.033 - 1.734
Schienen	219	482	-	261 - 574	373 - 820
Gewässer	-	4.015	-	4.778	6.826
Fahrradwege	29	20	-	23 - 35	34 - 49
Flugplatz	-	247	-	294	420
GESAMT (Verkehr)	von 5.109 t FM bis 5.793 t FM			6.079 - 6.895	8.686 - 9.849

Der Bergungsaufwand für das holzige und halmgutartige Material ist zudem bei den Trassen und Verkehrsanlagen sehr heterogen. Die Mobilisierungschancen des Substrates am Flughafen sind aufgrund nur eines Ansprechpartners und eines auf eine relativ große Fläche konzentrierten Materialanfalls als gut einzuschätzen. Zudem haben die dortigen Landschaftspflegematerialien auch eine entsprechend gute Qualität. Bei den Straßen und Gewässern ist der Bergungsaufwand dagegen meist von vielen Akteuren abhängig, da die Pflegeaufträge für die Grünflächen entsprechend an Fremddienstleister vergeben werden. Das Material von Straßen ist zusätzlich mit reichlichen Schadstoffen verschmutzt, was sich negativ auf die energetische Verwertung auswirkt. Die Substrate von Bahnanlagen gehören aufgrund des fehlenden Interesses der Deutschen Bahn zur energetischen Materialnutzung zum schwer akquirierbaren Potential. (Vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3).

TABELLE 3: ERGEBNISÜBERSICHT HALMGUT VON TRASSEN UND VERKEHRSANLAGEN.

Halmgüter von Trassen und Verkehrsanlagen					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
					
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Straßen	2.978	2.144	-	327 - 454	467 - 648
Schienen	-	1.447	-	221	315
Gewässer	-	7.227	-	1.101	1.573
Fahrradwege	109	70	-	11 - 17	15 - 24
Flugplatz	-	1.208	-	184	263
GESAMT (Verkehr)	von 12.096 t FM bis 12.969 t FM			1.844 - 1.977	2.633 – 2.823

3.2 Landschaftspflegematerial freier Landschaften

Eine weitere Quelle für Landschaftspflegematerialien wären die Elemente der freien Landschaften. Hierzu zählt die Vegetation auf Ackerrandstreifen, in Naturschutzgebieten, auf Streuobstwiesen, sowie auf Obst-, Wein- und Hopfenplantagen. Zu beachten bleibt, dass der Verschnitt des Ast- und Grünmaterials meist keiner strengen gesetzlichen Pflicht unterstellt ist, jedoch zur Bewirtschaftung oder zum Schutz der Flächen derartige Pflgetätigkeiten regelmäßig erfolgen.

3.2.1 Ackerrandstreifen

Ackerrandstreifen sind extensiv oder nicht genutzte Streifen entlang von Ackerflächen. Diese dienen speziell dem Natur- und Artenschutz. Ackerrandstreifen werden nicht gedüngt oder mit Pflanzenschutzmitteln behandelt. Sie werden als Lebensraum, Wanderungskorridor und Rückzugsgebiet für verschiedene Tier- und Pflanzenarten angelegt (Vgl. BASF 2012). Leider können die Ackerrandstreifen nicht mit dem „Basis-DLM“ ermitteln werden, weil sie kein

Bestandteil von diesem sind. Es konnte aber bei genauer Durchsicht der Daten festgestellt werden, dass sich eine Reihe anderer im „Basis-DLM“ erfasster Elemente überwiegend an Ackerrändern befindet. Zu diesen gehören die Layer „Sträucher und Büsche“, als auch die „Gehölze“.

Allerdings kommen die Elemente auch Innerorts und an Verkehrsstrassen vor. Deshalb wurden die Sträucher, Büsche und Gehölze in Ortslagen und an den Verkehrsanlagen nicht bei der Berechnung des Rohstoffpotentials berücksichtigt.

Die Summe der übrigen Gehölz-, Strauch- und Büschenflächen¹⁴ beträgt etwa 449,30 ha.

In der Fachliteratur wird angenommen, dass etwa nur 5,0 t FM Holzgut (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 138 F.) (VGL. PIORR ET AL. 2011, S. 10), sowie 3,0 t TM (= 9,0 t FM) Grasschnitt (VGL. PIORR ET AL. 2011, S. 10) auf diesen Flächen pro Hektar anfallen, da sie nur in wenigen und unregelmäßigen Abständen gepflegt werden.

Daraus errechnen sich für Biomassen aus Holz ein theoretisches Ertragspotential von ca. **2.246,50 t** Frischmasse und Energiemengen von ca. **2.673,34 MWh_{el}**, sowie ca. **3.819,05 MWh_{th}** pro Jahr.

Für die Halmgüter resultiert ein theoretischer Nutzen von ca. **4.043,70 t** FM, sowie ein Energieertrag von ca. **616,19 MWh_{el}** und ca. **880,27 MWh_{th}**.

Die Einschränkungen für die Ackerrandstreifen sind nicht unbedingt die Materialqualität. Diese ist zwischen mäßig und gut zu bewerten, je nachdem was an Schadstoffen von den angrenzenden Äckern eingetragen wird. Vielmehr stellt die räumliche Verteilung und die damit verbundenen Besitzstrukturen eine Herausforderung für die Akquirierung des Materials dar. Es bedarf demnach Gespräche mit vielen Privatbesitzern oder Landwirtschaftsunternehmen, da die Flächen meist klein und dafür sehr weit gestreut sind.

3.2.2 Naturschutzgebiete

Die höchste Schutzkategorie von Naturräumen im Saale-Holzland-Kreis sind die Naturschutzgebiete mit einer Fläche von ca. 2.513,90 ha (Vgl. Abbildung 22). Daneben gibt es noch weitere Schutzkategorien, wie z.B. Vogelschutz- oder Landschaftsschutzgebiete, die

¹⁴ Gehölzfläche ca. 288,40 ha; Fläche der Sträucher und Büsche ca. 160,90 ha

sich allerdings entweder auf eine bestimmte Tier- oder Pflanzenart konzentrieren oder nur einen geringen Schutzstatus aufweisen. Deshalb werden diese Areale nicht gesondert betrachtet und gehen mit in die übrigen Quellen von Landschaftspflegematerialien ein. Die Naturschutzgebiete haben bei der Pflege eine besondere Stellung, denn sie sind weitestgehend von intensiven Pflegearbeiten ausgeschlossen. Dennoch werden gelegentlich Maßnahmen zur Sicherung von Biotopen oder zur gefahrlosen Begehung von Wanderwegen notwendig. Wenn dies geschieht, fallen meist sehr hohe Mengen an Landschaftspflegematerial an.

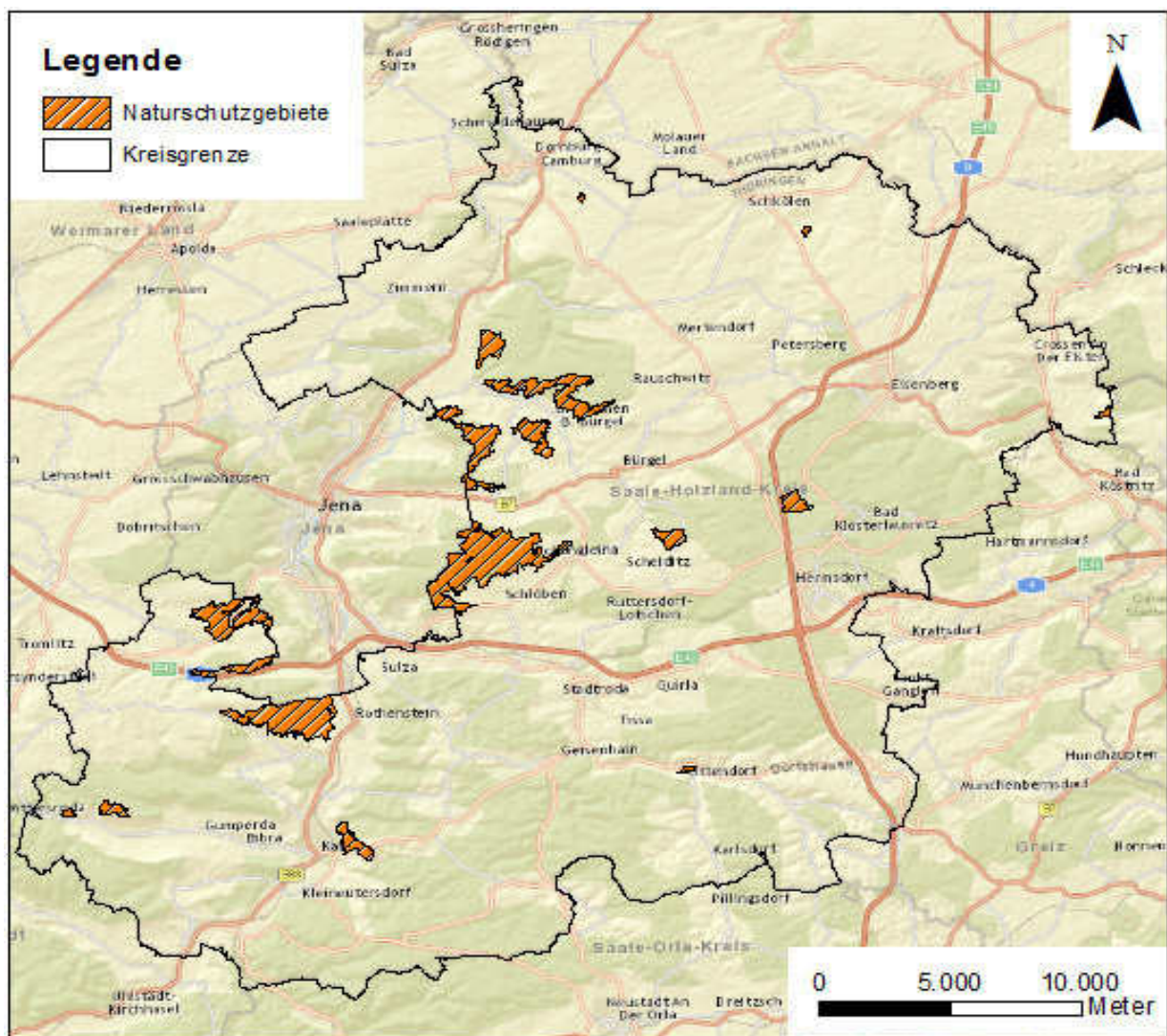


ABBILDUNG 22: VERTEILUNG DER NATURSCHUTZGEBIETE IM SAALE-HOLZLAND-KREIS.

Es wird davon ausgegangen, dass etwa pro Jahr und Hektar 5,0 t holzige Frischmasse und zwischen 3,0 t und 23 t halmgutartiger Trockenmasse (= 9,0 t bis 69,0 t FM) zur Verfügung

stehen (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 138 F.). Da sich die Schutzgebiete im Saale-Holzland-Kreis überwiegend auf Waldflächen, in der die Krautschicht nur sehr rudimentär vorhanden ist und auf geschützte Magertrockenrasenflächen konzentrieren, wird der geringste Ertragswert für die Halmgüter angenommen.

Insgesamt errechnen sich für die holzartigen Biomassen ein Potential von etwa **12.569,50 t/ha** und ein Energiegehalt von ca. **14.957,71 MWh_{el}**, als auch ca. **21.368,15 MWh_{th}**.

Bei den Halmgütern sind es rund **22.625,10 t/ha** an Potentialmasse und ca. **3.447,68 MWh_{el}**, sowie ca. **4.925,25 MWh_{th}**.

Die Einschränkungen bestehen auch hier ähnlich wie bei den Ackerrandstreifen darin, dass das Material räumlich weit verteilt ist. Jedoch gibt es größere und weit weniger Einzelflächen auf denen das Material anfällt. Zudem liegt die Pflege nur in der Hand der Unteren Naturschutzbehörde, die dem Kreis unterstellt ist. Damit wären auch nur Absprachen mit einem Ansprechpartner nötig, um das Material bereitzustellen.

3.2.3 Grünland

Das Grünland ist eine landwirtschaftliche Fläche, auf der gezielt Gras- als auch krautige Vegetationsarten angebaut und durch Beweidung oder Mähen genutzt werden. Unter dem Begriff Grünland lassen sich eine Vielzahl von Flächen einordnen, je nachdem unter welchen Gesichtspunkten differenziert wird. So zählen eigentlich auch Plantageformen, wie z.B. Obst-, Streuobst- oder Weinanbauflächen unter das Grünland, die aber im „Basis-DLM“ und deshalb auch in dieser Arbeit gesondert betrachtet werden. Es verbleiben demnach lediglich alle Grünlandtypen, die nur halmgutartige Biomassen liefern. Für die Auswertung der theoretischen Potentiale hat sich zudem als geeignet herausgestellt, dass die Grünlandkategorisierung nach Nutzungsintensität vorgenommen werden sollte. Denn diese gibt vereinfacht Auskunft über das Nutzungsziel, als auch über die Spanne der Ertragsmengen und -qualitäten.

Das Intensivgrünland erfährt den höchsten Ertragsgrad und ist vorrangig als Futtergrünland für Nutztiere gedacht. Die Vielfalt an Vegetationsarten auf diesen Flächen ist sehr begrenzt, da nur bestimmte Pflanzen gleichzeitig hohe Ertragsmengen und gute Futterqualitäten liefern. Ohne weiteres sind Ertragserwartungen zwischen rund 8,0 t und 12,0 t an

Trockenmasse (= 24,0 t bis 36,0 t Frischmasse) pro Hektar (VGL. GRÖBLINGHOFF ET AL. 2004, S.4) bei vier bis sechs Schuren¹⁵ möglich. Für die energetische Nutzung sind die Flächen ebenfalls interessant, da die Pflanzen ähnlich entscheidende Qualitätsanforderungen (z.B. hohe Eiweißgehalte) für die Verfütterung wie für die energetische Nutzung erfüllen müssen.

Das Extensivgrünland zeichnet sich durch seine geringe Bewirtschaftung und hohe Artenvielfalt aus. Es unterliegt, im Gegensatz zum Intensivgrünland, einer verminderten Düngung und wird nur ein bis drei Mal im Jahr gemäht oder beweidet. Die Pflanzen weisen dadurch allerdings nur eine mittlere bis gute Futterqualität auf. Die Erträge sind bei ca. 5,0 t bis 7,0 t TM (= 15,0 t bis 21,0 t FM) pro Hektar (VGL. GRÖBLINGHOFF ET AL. 2004, S.4) einzuordnen.

Biotopgrünländer sind alle übrigen Grünlandflächen, die aufgrund der schlechten Standortverhältnisse nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden. Es weist die höchste Artenvielfalt aller Grünländer auf, wird nicht gedüngt und steht meist unter Naturschutz. Die Ertragswerte mit ca. 3,0 t TM (= 9,0 t FM) sind mit Vorsicht zu betrachten, da sie nur anfallen, wenn die Wiesen einmal im Jahr gemäht werden würden.

Vor dem Hintergrund der InVeKoS-Daten¹⁶ kann eine genaue Differenzierung der Flächen erfolgen und somit eine aussagekräftige Vorhersage über die theoretischen Potentialmengen getroffen werden. Jedoch stellt diese Untersuchung allein einen Analyseaufwand dar, der allein einer Masterarbeit gerecht wird und konnte deshalb nur generalisiert betrachtet werden.

Die vereinfachte Betrachtung erfolgte über den Datensatz des „Basis-DLM“. Hier werden Grünlandflächen ausgegeben, die allerdings nicht differenziert werden. Insgesamt beläuft sich die Grünlandfläche auf rund 11.064,00 ha. Es wurde nun davon ausgegangen, dass sich das Grünland je zur Hälfte aus Intensiv- und Extensivgrünland zusammensetzt. Zudem wurden Grünflächen, welche sich mit dem Naturschutzgebiet überschneiden als Biotopgrünland betrachtet und aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen, da das Potential der Naturschutzgebiete bereits ermittelt wurde. Anschließend erfolgte die

¹⁵ Die Schur: Wird in der Landwirtschaft als Begriff für das Mähen von Wiesen verwendet.

¹⁶ InVeKoS steht für das „Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem“ der EU zur Durchsetzung einer einheitlichen Agrarpolitik in den Mitgliedsstaaten. Es beinhaltet einen stets aktuellen GIS-Datensatz, der detailgetreu alle landwirtschaftlichen Parzellen mit den darauf aktuell befindlichen Fruchtfolgen identifiziert.

Berechnung der durchschnittlichen Erträge aus der Intensiv- und Extensivgrünlandbewirtschaftung. Es verbleiben für das Intensivgrünland 30,0 t FM pro Hektar und für das Extensivgrünland 11,5 t FM pro Hektar im Jahr. Als Mittelwert ergeben sich also insgesamt 21,5 t FM pro Hektar im Jahr.

Daraus resultiert ein theoretisches Potential von ca. **237.876,00 t** Frischmasse und es können ca. **36.248,21 MWh** Strom, sowie ca. **51.783,16 MWh** Wärme gewonnen werden.

Die Bereitstellung dieser Materialmengen aber ist durch die Nutzungskonkurrenz stark eingeschränkt. Denn zunächst sollte das Material unter Berücksichtigung einer kaskadischen Nutzung für seinen Hauptbestimmungszweck verwendet werden, bevor es zur Energiegewinnung genutzt wird. Das Intensivgrünland dient wie bereits erwähnt hauptsächlich als Futter für Nutztiere, während das Extensivgrünland als Einstreu oder Heu fungiert. Es müsste also der Tierbestand und dessen Verbrauchsmenge an Futter- und Einstreumaterial im Kreis zu den ermittelten Potentialen aus den InVeKoS-Daten gegengerechnet werden. Nur dann wäre eine quantitative Aussage mit hoher Genauigkeit möglich. Bei der Akquirierung der Grünlandsubstrate stellt weniger die Materialqualität ein Hindernis dar, sondern eher die Vielzahl an Privatbesitzern.

3.2.4 Plantagen

Anbei wird untersucht, ob der Verschnitt auf Plantagen eine ergiebige und leicht erschließbare Rohstoffquelle für die energetische Umsetzung sein könnte. Es sollten ursprünglich die vier häufigsten Plantagearten (Hopfen-, Obst-, Streuobst- und Weinanbau) in der Saale-Holzland-Region genauer betrachtet werden, jedoch liegt für die Rebflächen des Weinbaus kein Datensatz im „Basis-DLM“ vor (Vgl. Abbildung 23).

Deswegen verbleibt ohne den Rebenanbau eine Gesamtfläche von rund 580,60 ha, auf der theoretisch holzige Biomassefrischmengen von etwa **3.433,92 t**, sowie Energiegehalte von ca. **4.086,36 MWh_{el}** und ca. **5.837,66 MWh_{th}** jährlich erwartet werden können.

Die halmgutartigen Biomassen betragen rund **3.483,60 t** FM und haben einen Energiegehalt von ca. **530,84 MWh_{el}**, als auch **758,34 MWh_{th}**.

Einschränkungen bei der Nutzbarmachung gibt es nicht vorrangig in der Materialqualität, die zwischen mittelmäßig und gut einzustufen wäre, sondern eher bei der Besitzstruktur und der

räumlichen Verteilung. Wie auf Abbildung 23 zu erkennen ist, sind vor allem die Streuobstwiesen sehr gleichmäßig im Kreisgebiet verteilt. Zudem muss man mit den zahlreichen Besitzern der Plantagen ins Gespräch kommen, bevor die Materialien geborgen werden könnten.

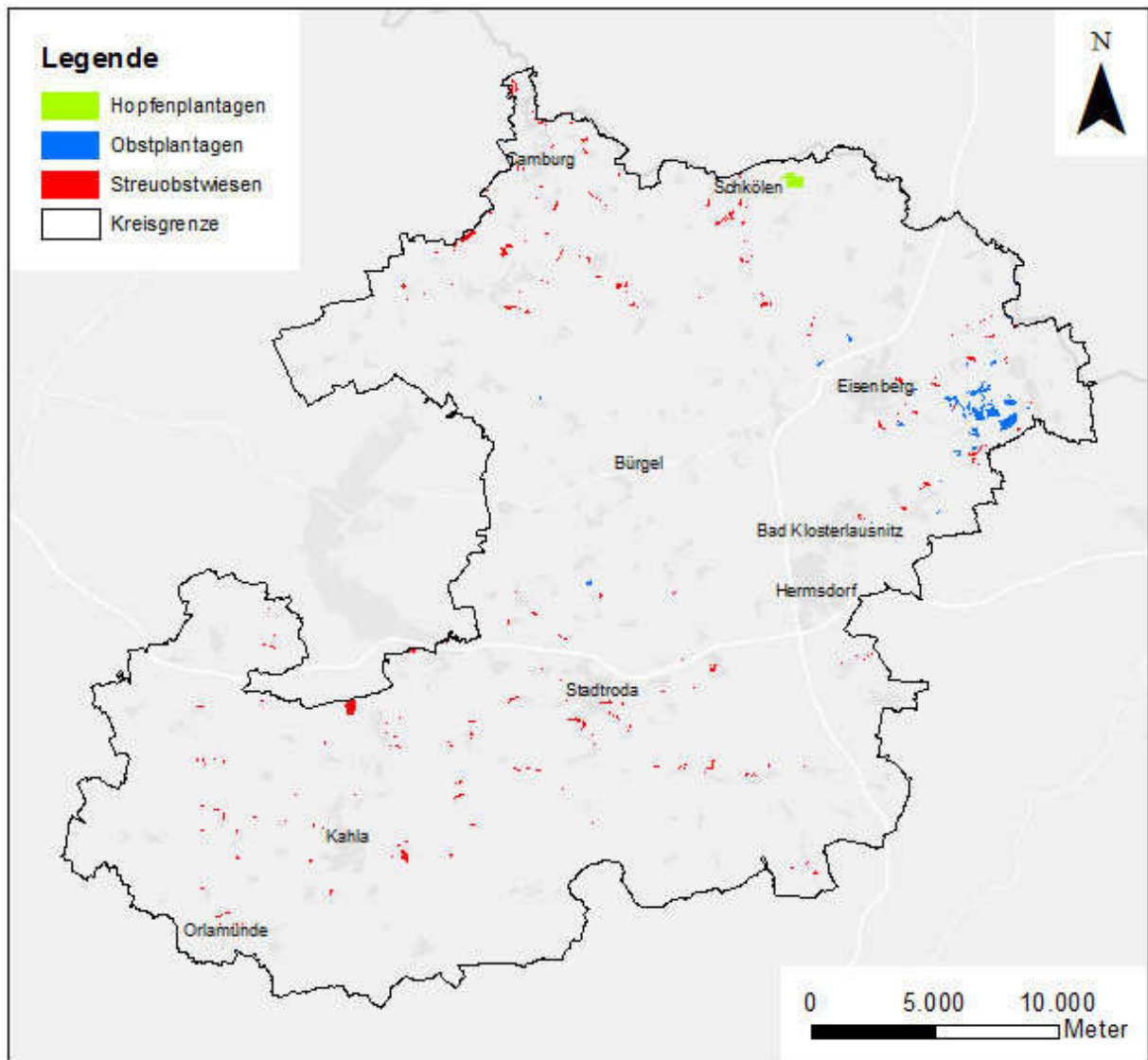


ABBILDUNG 23: ÜBERSICHT DER PLANTAGEN IM SAALE-HOLZLAND-KREIS.

3.2.4.1 Hopfenanbau

Der Hopfenanbau nimmt im Saale-Holzland-Kreis eine Fläche von etwa 36,20 ha ein. Zur Berechnung des theoretischen Potentials holzartiger Biomasse wurde der Durchschnittswert (8,1 t FM / ha) von intensiver (12,0 t FM / ha) und extensiver (4,2 t FM / ha) Anbaunutzung

genutzt. Die halmgutartigen Biomassen wurden mit 6,0 t FM / ha berechnet (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 139).

Zusammen resultiert ein theoretisches Potential an holzartiger Frischmasse von rund **293,22 t** pro Hektar im Jahr, was mit einem Energiegehalt von ca. **348,93 MWh_{el}** und ca. **498,47 MWh_{th}** einhergeht.

Die Halmgüter haben eine Potentialmenge von etwa **217,20 t** FM / ha und einen Energieertrag von rund **33,10 MWh_{el}** bzw. ca. **47,28 MWh_{th}**.

3.2.4.2 Obstplantagen

Im Saale-Holzland-Kreis wird auf etwa 167,50 ha Obst auf Plantagen angebaut. Im Gegensatz zu den Streuobstwiesen erfolgt hier eine intensivere Bewirtschaftung. Erkennungsmerkmale dafür sind Bäume relativ gleichen Alters mit geringen Abständen zueinander. Als Erträge werden in der Literatur etwa 12,0 t FM / ha für Holzmaterial und 21,5 t FM / ha für halmgutartiges Landschaftspflegematerial angegeben (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 139).

Damit stehen rund **2.010,00 t** FM, sowie ein Energieertrag von ca. **2.391,90 MWh_{el}** und ca. **3.417,00 MWh_{th}** für holzige Biomasse zur Verfügung.

Die Gesamtmenge für Halmgut beläuft sich lediglich auf ca. 1.005,00 t FM im Jahr. Nach entsprechender Umwandlung sind dies verstromt ca. **153,14 MWh** und ca. **218,78 MWh** an Wärme.

3.2.4.3 Streuobstwiesen

Die Streuobstwiesen stellen mit einer Gesamtfläche von etwa 376,90 ha die größte „Plantagenform“ dar. Im Grunde gehören die Streuobstwiesen nicht zur Kategorie der Plantagen, da sie nur sehr extensiv bewirtschaftet werden. Dementsprechend fallen auch die Erträge pro Hektar in der Literatur für diese Nutzungsform eher gering aus. Im Durchschnitt erbringen die Obstwiesen ca. 3,0 t an holzartiger und 6,0 t an halmgutartiger Frischmasse (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 139).

Es folgt daraus ein theoretisches Holzpotential von etwa **1.130,70 t** FM im Jahr. Bei anschließender Verstromung ergibt sich ein Energiegehalt von ca. **1.345,53 MWh**. Zugleich würde ca. **1.922,19 MWh** an Wärme bereitstehen.



Das Halmgutpotential beläuft sich jährlich auf rund **2.261,40 t FM**. Daraus lassen sich eine Strommenge von ca. **344,60 MWh** und eine Wärmemenge von ca. **492,28 MWh** gewinnen.

3.2.5 Fazit

Es resultiert, aus den Einzelbetrachtungen der Unterkapitel für die Landschaftspflegematerialien aus Freien Landschaften, ein theoretisches Gesamtpotential holzgutartiger Biomasse von ca. **18.251 t** Frischmasse im Jahr. Daraus ergibt sich ein Energiegehalt von ca. **21.717 MWh_{el}**, sowie ca. **31.025 MWh_{th}** (Vgl. Tabelle 4).

Die Halmgüter erreichen ein theoretisches Potential von ca. **268.029 t FM** im Jahr, wobei das Potential für die Berechnungen der Grünlandflächen detaillierter untersucht werden muss, um aussagekräftige Zahlen zu erhalten. Deshalb besitzen auch die ermittelten Ergebnisse des Energiegehaltes in Höhe von ca. **40.843 MWh_{el}** und etwa **58.346 MWh_{th}** nur eine eingeschränkte Gültigkeit (Vgl. Tabelle 5).



TABELLE 4: ERGEBNISÜBERSICHT HOLZ AUS FREIEN LANDSCHAFTEN.

Holz aus Freien Landschaften					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
					
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Ackerrandstreifen	-	2.247	-	2.673	3.819
Naturschutzgebiete	-	12.570	-	14.958	21.368
Plantagen	-	3.434	-	4.086	5.838
GESAMT (Landschaft)	18.251 t FM			21.717	31.025

Das mit Abstand höchste Mengenpotential bei den Freien Landschaften bietet das Grünland. Die Menge an Halmgütern von diesen Arealen ist mehr als zehnmal so hoch wie die der nachfolgenden Naturschutzgebietsflächen. Jedoch konnten die anfallenden Substratmengen

im Rahmen dieser Arbeit nur sehr generalisiert bestimmt werden und es muss an dieser Stelle bei Bedarf eine genauere Untersuchung erfolgen. Dennoch fällt auf, dass die Energieinhalte der gewaltigen Rohstoffmengen des Grünlandes (ca. 36.000 MWh_{el}; ca. 52.000 MWh_{th}) nur etwa doppelt so hoch sind wie die der Naturschutzgebiete (ca. 18.500 MWh_{el}; ca. 26.000 MWh_{th}). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Grünländer nur halmgutartige Biomassen bereitstellen können und diese Substrate wesentlich geringere Energiedichten gegenüber Holzgütern haben. Ähnliches, wenn auch nicht so drastisch wie bei den Landschaftspflegematerialien vom Grünland und aus Naturschutzgebieten, ist auch bei den nachfolgenden Substraten von Plantagen und Ackerrändern zu beobachten. Die Plantagen können mehr holziges Material liefern, was sich bei der energetischen Verwertung positiv auswirkt.

TABELLE 5: ERGEBNISÜBERSICHT HALMGUT AUS FREIEN LANDSCHAFTEN.

Halmgüter aus Freien Landschaften					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
					
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh_{el}]	[MWh_{th}]
Ackerrandstreifen	-	4.044	-	616	880
Naturschutzgebiete	-	22.625	-	3.448	4.925
Grünland	-	237.876	-	36.248	51.783
Plantagen	-	3.484	-	531	758
GESAMT (Landschaft)	268.029 t FM			40.843	58.346

Insgesamt kann das konvertierte Material von Grünländern rund 7 % des Strombedarfs decken. Es folgen die Naturschutzgebiete mit etwa 3,7 %, die Plantagen mit ca. 0,9 % und schließlich die Ackerrandstreifen mit ca. 0,7 %. Die gleiche Reihenfolge, nur mit geringeren

Bedarfsdeckungen liegt bei der Wärmemenge vor (ca. 3,5 % Grünland; 1,7 % Naturschutzgebiete; 0,4 % Plantagen; 0,3 % Ackerrandstreifen).

Die Bergungen der Materialien aus freien Landschaften sind überwiegend sehr schwierig, da die Substratquellen aus kleinen weit verstreuten Einzelflächen bestehen und die Besitzverhältnisse ebenfalls sehr kleinstrukturiert sind. Die einzige Ausnahme bilden die Naturschutzgebiete im Landkreis. Für die Pflege dieser Flächen ist nur die „Untere Naturschutzbehörde“ zuständig. Zudem konzentrieren sich die größeren Einzelflächen um die Stadt Jena und könnten dementsprechend dort zentral angeliefert werden. Die Qualität des Materials aus allen Freien Landschaften ist für Landschaftspflegematerial meist als gut zu bewerten (Vgl. Tabelle 4 und Tabelle 5).

3.3 Landschaftspflegematerial öffentlicher Anlagen

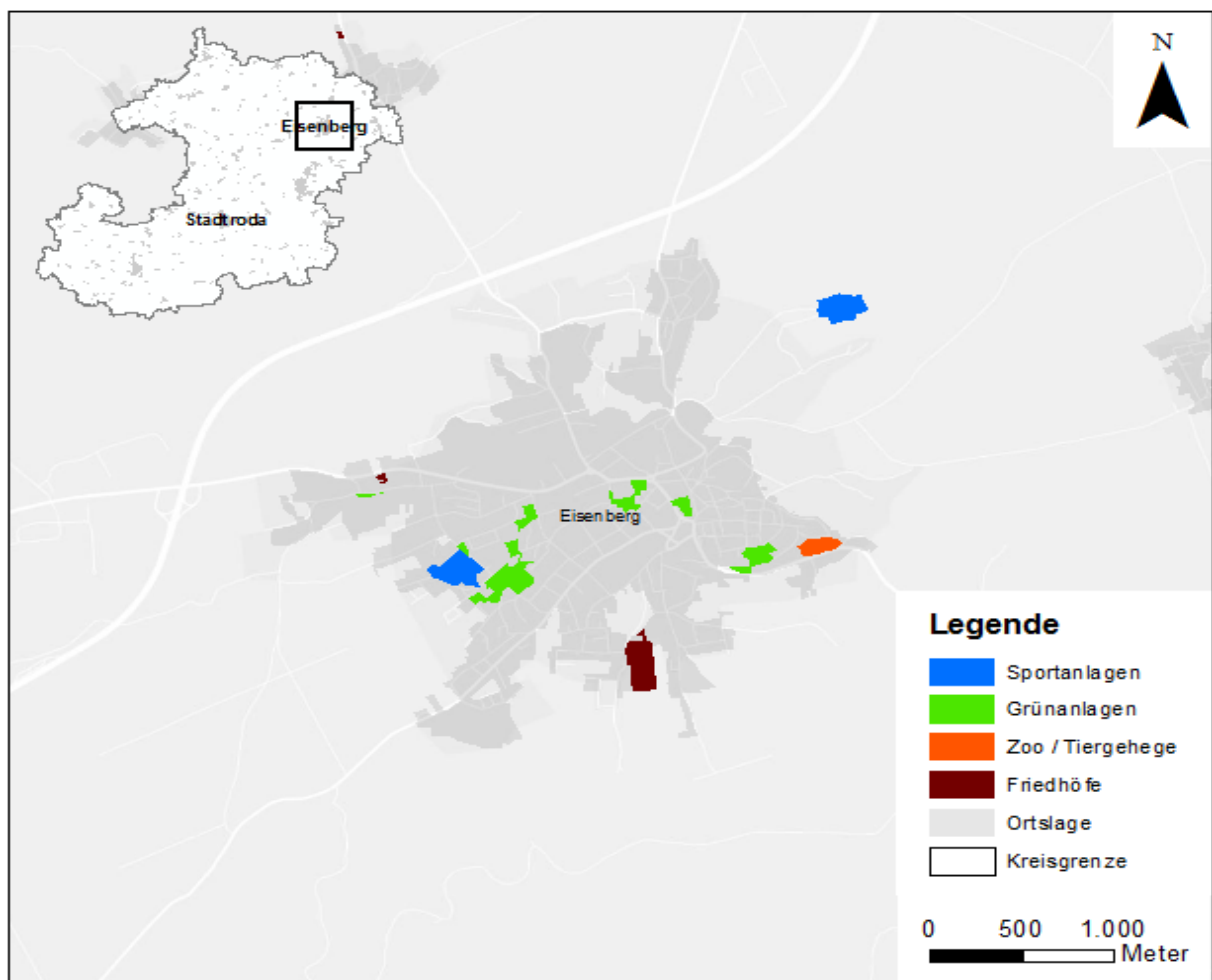


ABBILDUNG 24: ÜBERBLICK ZU ÖFFENTLICHEN ANLAGEN IN EISENBERG UND UMGEBUNG.

Zu den öffentlichen Arealen zählen Sport-, Park- und Grünanlagen, sowie Zoos, Tiergärten und Friedhöfe (Vgl. Abbildung 24). Die Flächen sind der jeweiligen Kommune unterstellt und werden von dieser oder einer beauftragten Firma in regelmäßigen Abständen für den Spielbetrieb, die Zugänglichkeit oder Ästhetik gepflegt.

Alle Anlagen haben im Saale-Holzland-Kreis zusammen etwa eine Fläche von 201,20 ha. Pro Hektar fällt im Schnitt jährlich etwa 4,40 t (auf Friedhöfen sogar 8,75 t) holzige Frischmasse an (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 139). Der in der Fachliteratur angenommene Wert von 20,00 t TM, also 60,00 t FM, für Halmgüter (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 156) erschien viel zu hoch angesetzt und wurde für alle öffentlichen Anlagen auf die Mahdmengen der Grünländer (21,50 t FM) reduziert.

3.3.1 Sportanlagen

Zu den Sportanlagen zählen nur nicht überdachte Sportstätten (z.B. Fußball-, Tennis-, Golfplätze), die auch Biomassen bereitstellen können.

Das holzige Material beläuft sich dabei im Jahr auf etwa **495,00 t** FM. Der Energiegehalt beträgt jährlich ca. **589,05 MWh_{el}**, sowie **841,50 MWh_{th}**.

Zusätzlich stehen halmgutartige Landschaftspflegematerialien von rund 2.418,75 t mit einem Energiegehalt von ca. **368,58 MWh_{el}** und ca. **526,54 MWh_{th}** zur Verfügung.

3.3.2 Park- und Grünanlagen

Lediglich etwa 41,20 ha Fläche nehmen die gesamten Park- und Grünanlagen in der gesamten Region ein. Zurückzuführen ist die geringe Anlagenfläche auf die ländliche Struktur des Saale-Holzland-Kreises mit seinen wenigen Kleinstädten. Damit entfallen größere Park- oder Grünanlagen, wie sie meist in größeren Städten vorzufinden sind.

Insgesamt ergibt sich deshalb nur ein Holzpotential von rund **181,28 t** FM pro Jahr. Die daraus verstromte Energiemenge beträgt ca. **215,72 MWh**, während sich die Wärmeenergiemenge auf ca. **308,18 MWh** beläuft.

Halmgüter liefern jährlich ca. **885,80 t** an Landschaftspflegematerial mit einem Energiegehalt von etwa **134,98 MWh_{el}** und **192,83 MWh_{th}**.

3.3.3 Zoos und Tiergärten

Es gibt im Saale-Holzland-Kreis nur den Eisenberger Tiergarten, der sich auf einer Fläche von nur rund 1,80 Hektar erstreckt.

Der Verschnitt des holzigen Materials könnte mit rund **7,92 t** im Jahr an Frischmasse veranschlagt werden, was einen Energiegehalt von ca. **9,42 MWh_{el}** und ca. **13,46 MWh_{th}** zur Folge hätte.

Das halmgutartige Landschaftspflegematerial ergibt jährlich eine theoretische Menge von ca. **38,70 t** FM. Nach entsprechender Umwandlung wären das im Jahr rund **5,90 MWh_{el}** und etwa **8,42 MWh_{th}**.

3.3.4 Friedhöfe

Da fast jedes Dorf seinen eigenen Friedhof besitzt ist die Gesamtfläche aller Friedhöfe im Kreis mit etwa 45,70 ha knapp größer als die aller Park- und Grünanlagen.

Aufgrund der höheren Materialerträge pro Hektar, liefern die Friedhöfe insgesamt eine theoretische Holzpotentialmenge pro Jahr von ca. **399,88 t** mit einer Strommenge von etwa **475,85 MWh** und einer Wärmemenge von ca. **679,79 MWh**.

Die halmgutartigen Materialien erreichen ein theoretisches Potential von knapp **982,55 t** im Jahr. Daraus schlussfolgert sich eine verstromte Energiemenge von ca. **149,72 MWh** und eine Wärmemenge von ca. **213,89 MWh**.

3.3.5 Fazit

Für das Holzgut aus öffentlichen Anlagen geht ein theoretisches Potential von rund **1.084 t** FM und eine Energiemenge von ca. **1.290 MWh_{el}**, als auch **1.843 MWh_{th}** im Jahr hervor (Vgl. Tabelle 6).

Die halmgutartigen Biomassen liefern jährlich etwa **4.327 t** an Frischmasse und ca. **660 MWh** an Strom, sowie ca. **942 MWh** an Wärme (Vgl. Tabelle 7).

Die Bergung des Materials öffentlicher Flächen, unterliegt vor allem durch die Pflegevergaben der Kommunen an private Dienstleister erheblichen Einschränkungen. So geht das Material in den Eigentum der Fremdfirmen über. Deshalb wäre bei einer Nutzung des Ast- und Grünschnittes zunächst der Weg über die Kommunen hin zu den einzelnen

Landschaftspflegefirmen zu suchen. Auch bei der räumlichen Verteilung muss darauf geachtet werden, dass es sich überwiegend um viele kleinere Splitterflächen handelt, die relativ homogen über das Kreisgebiet verstreut sind. Einzige Ausnahme bildet hier der Tiergarten in Eisenberg, der von den Angestellten vor Ort selbst gereinigt wird und deshalb das Substrat leicht zu akquirieren wäre. Die mengenmäßig größte Landschaftspflegematerialfraktion liefern die Sportanlagen, danach folgen die Friedhöfe sowie die Park- und Grünanlagen. Das geringste Aufkommen an Biomasse bietet der Tiergarten. Die Qualitäten der Biomassen sind auf allen Flächen als gut einzuschätzen, da sie kaum einer Verschmutzung unterliegen bzw. diese vor dem Verschnitt herausgelesen wird (Vgl. Tabelle 6 und Tabelle 7). Aufgrund der relativ geringen Mengen im Gegensatz zu den meist weiten Abholwegen, muss ein entsprechendes Logistikkonzept gefunden werden, um diese Substrate für energetische Zwecke nutzen zu können (→ Kapitel „4.2 Schlussfolgerungen / Handlungsempfehlungen“).

TABELLE 6: ERGEBNISÜBERSICHT HOLZ AUS ÖFFENTLICHEN ANLAGEN.





Holz aus öffentlichen Anlagen					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
					
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Sportanlagen	-	495	-	589	842
Park- & Grünanlagen	-	181	-	216	308
Zoos und Tiergärten	-	8	-	9	13
Friedhöfe	-	400	-	476	678
GESAMT (Anlagen)	1.084 t FM			1.290	1.841

TABELLE 7: ERGEBNISÜBERSICHT HALMGUT AUS ÖFFENTLICHEN ANLAGEN.

Halmgüter aus öffentlichen Anlagen					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
	 sehr hoch hoch mittel gering sehr gering			 sehr schlecht schlecht mittel gut sehr gut	
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Sportanlagen	-	2.419	-	369	527
Park- & Grünanlagen	-	886	-	135	193
Zoos und Tiergärten	-	39	-	6	8
Friedhöfe	-	983	-	150	214
GESAMT (Anlagen)	4.327 t FM			660	942

3.4 Landschaftspflegematerial sonstiger Flächen

Unter der Kategorie „Landschaftsmaterial sonstiger Flächen“ werden alle Potentialflächen verstanden, die nicht in das Schema eingeordnet werden konnten. Dazu gehören die Baumschulen und die privaten Kleingartenanlagen im Landkreis (Vgl. Abbildung 25).

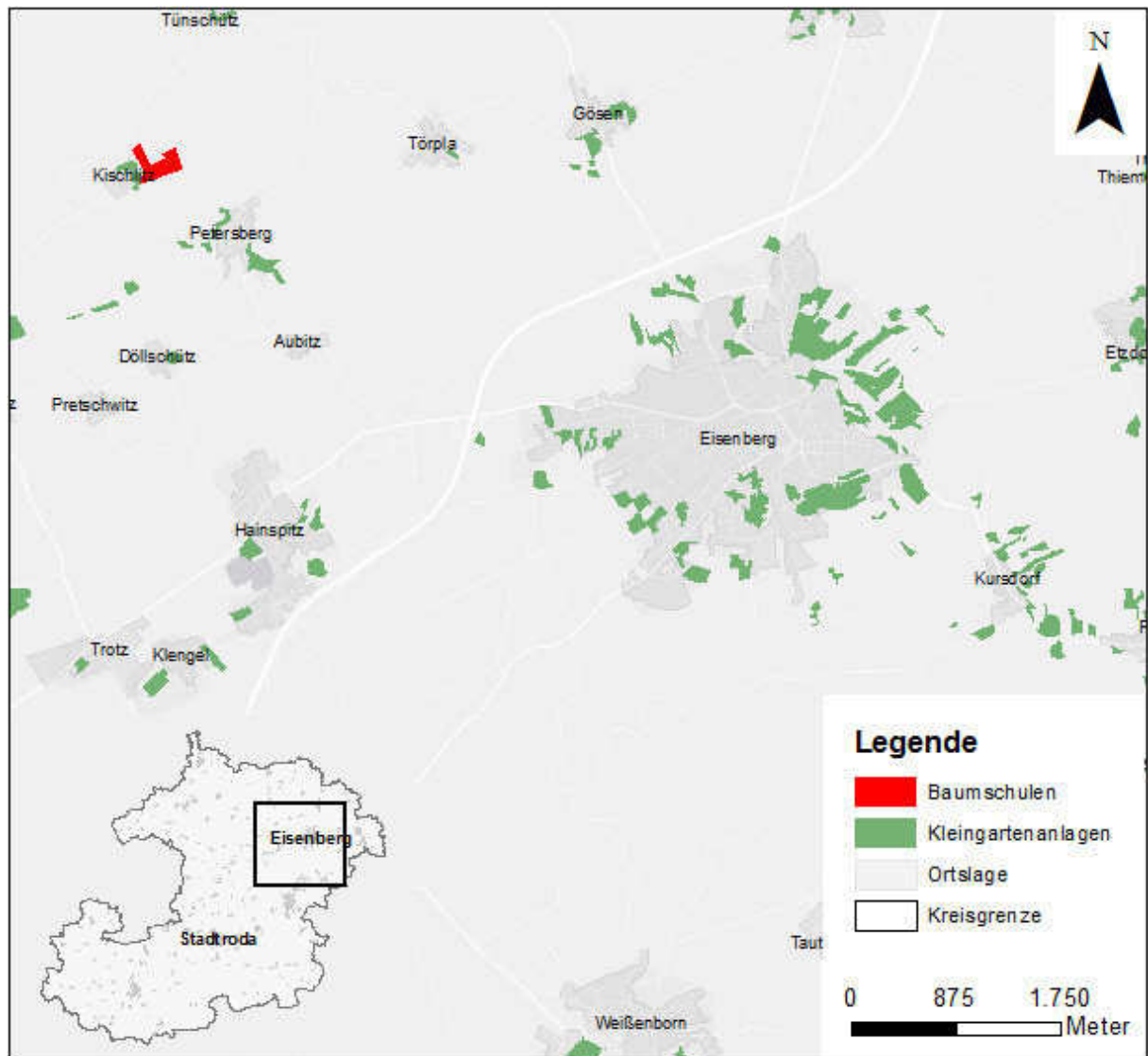


ABBILDUNG 25: BEISPIEL FÜR BAUMSCHULEN UND KLEINGÄRTEN.

3.4.1 Baumschulen

Im gesamten Landkreis existieren auf einer Fläche von etwa 44,50 ha Baumschulen. Das Potential holziger Biomasse pro Hektar wurde zur Näherung als Mittelwert von extensivem und intensivem Obstbau (8,10 t FM / Jahr) angenommen, da in der Literatur keine Angaben

getätigt wurden. Der Hektarertrag für Halmgüter wurde auf 6,00 t FM im Jahr, wie bei den Plantagen, geschätzt.

Es ergibt sich somit ein theoretisches Mengenpotential holzartiger Biomasse von ca. **360,45 t** FM, aus denen ca. **428,94 MWh** verstromt werden kann und dabei ca. **612,77 MWh** Wärme anfallen.

Die halmgutartigen Landschaftspflegematerialien von Baumschulen liefern ca. **267,00 t** FM mit einem Energiegehalt von knapp **40,69 MWh_{el}** und rund **58,12 MWh_{th}**.

Das Material vom Verschnitt der Pflanzen in Baumschulen unterliegt nur wenigen Einschränkungen. Größtenteils wird die Materialqualität gut und der Aufwand bei der Rohstoffakquise mäßig sein. Zwar befinden sich die Baumschulen in Privatbesitz, jedoch existieren nur wenige Flächen, was auch auf wenige Besitzer schließen lässt. Fraglich bleibt eher, ob die Baumschulen den Verschnitt wirklich zur Verfügung stellen würden oder doch selber kompostieren und wieder auf ihre Flächen auftragen.

3.4.2 Gartenland / Private Gärten

Die Abbildung 25 gibt eine Übersicht über die kleinräumige Struktur von Kleingartenanlagen am Beispiel von Eisenberg und der näheren Umgebung. Wenn zusätzlich die kleinen Gärten an Häusern berücksichtigt werden, wird es sehr schwer eine Menge abzuschätzen. Deshalb wird in der Fachliteratur eine ungefähre Jahrespotentialangabe in Kilogramm Frischmasse pro Einwohner angegeben. Für die gesamte Gartenschnittbiomasse sind das 43,00 kg pro Einwohner an Trockenmasse, wovon 14,00 kg allein der Grünschnitt hat (VGL. KALTSCHMITT 2009, S. 156). Daraus ergeben sich zwei Schlüsse. Zum ersten, dass die 14,00 kg Trockenmasse etwa 42,00 kg halmgutartiger Frischmasse entsprechen und zum zweiten, dass die übrigen 29,00 kg_{atro}¹⁷ holzgutartiges Material sind, was bei einem Wassergehalt von 30 % etwa einem Gesamtgewicht von ca. 40,00 kg entspricht.

Nun wurden die 40,00 kg Holzmasse pro Einwohner mit den 85.843 Bürgern des Landkreises multipliziert. Als theoretisches Potential steht folglich etwa **3.434,72 t** Frischmasse zur Verfügung, in der ein Energiegehalt von ca. **4.086,13 MWh_{el}**, als auch rund **5.837,32 MWh_{th}** gebunden ist. Aus der Gesamtfläche aller Kleingärten und dem nun ermittelten

¹⁷ Atro = „Absolut trocken“ = Holz, welches kein Wasser mehr enthält = Trockenmasse

Gesamtpotential konnte berechnet werden, dass jährlich eine holzartige Materialmenge von etwa 2,45 t pro Hektar anfallen.

Die halmgutartigen Materialien belaufen sich auf ca. **3.605,41 t** FM pro Jahr. Der Energiegehalt beträgt nach entsprechender Konversion ca. **549,40 MWh_{el}** und **784,86 MWh_{th}**. Auch hier konnte aus der Gesamtfläche der Kleingärten und der Potentialmenge die Materialmenge pro Hektar berechnet werden. So sind es ca. 2,57 t.



Das Landschaftspflegematerial aus Gärten unterliegt jedoch einigen Einschränkungen. Die Materialqualität ist als mittelmäßig einzustufen, da die Bandbreite der angebauten Biomasse weit gefächert ist. Die Abbildung 26 zeigt eine Aufnahme vom August 2012 beim Abfallverwertungsunternehmen GEMES im Saale-Holzland-Kreis und verdeutlicht die heterogene Struktur des Materials.

ABBILDUNG 26: BIOMASSE AUS PRIVATEN GÄRTEN.

Bei der Akquirierung dieser Substrate steht man vor der Herausforderung, dass die Besitzverhältnisse der

Gärten in privater Hand liegen und deshalb extrem viele Ansprechpartner vorzufinden sind, die man nur über entsprechende Öffentlichkeitsarbeit (z.B. Zeitung, Internet, Fernsehen) informieren könnte.

3.4.3 Fazit

Die sonstigen Flächen, bestehend aus Baumschulen und privaten Gartenland, können Materialmengenpotentiale von rund **3.794 t** an holziger Frischmasse im Jahr bereitstellen, aus der ca. **4.515 MWh** elektrische und etwa **6.450 MWh** thermische Energie gewonnen werden kann (Vgl. Tabelle 8).

Das Halmgut beläuft sich auf rund **3.872 t** FM im Jahr, was einem Energiegehalt von ca. **590 MWh_{el}** und **843 MWh_{th}** entspricht (Vgl. Tabelle 9).

Der Bergungsaufwand erscheint vor allem bei den privaten Gärten beinahe unmöglich, da das Eigentum sehr kleinstrukturiert ist und die Einzelflächen mit ihrer geringen Größe kaum lohnenswerte Materialmengen bieten. Dennoch kann es gelingen die anfallenden Substrate mit überschaubarem Aufwand zu akquirieren, indem Ast- und Grünschnittsammelplätze in der Nähe der Gärten angelegt werden und die Privatpersonen ihr Material dort kostenlos anliefern können. Demnach braucht eine Abholung des Verwerterers der Substrate nur noch an wenigen Plätzen im Landkreis erfolgen.

Das Material der Baumschulen könnte relativ einfach geborgen werden, jedoch besteht die Annahme, dass diese größtenteils das holzige und halmgutartige Substrat selbst wieder aufbereiten und verwerten. Insgesamt könnte bei vollständiger Materialnutzung rund 1 % des Gesamtstrombedarfs des Kreises allein durch die Substrate aus Gärten gedeckt werden. Für die Baumschulen beträgt der energetische Deckungsgrad im Strombereich gerade einmal 0,1 %. Die Materialqualität wird dagegen bei den Baumschulen wegen der vorwiegenden Monokultur als gut eingeschätzt, während das wahrscheinlich sehr heterogene Material aus den privaten Gärten eher durchschnittliche Materialqualitäten besitzen wird.

TABELLE 8: ERGEBNISÜBERSICHT HOLZ VON SONSTIGEN FLÄCHEN.





Holz aus sonstigen Flächen					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
					
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Baumschulen	-	360	-	429	613
Private Gärten	-	-	3.434	4.086	5.837
GESAMT (Sonstige)	3.794 t FM			4.515	6.450

TABELLE 9: ERGEBNISÜBERSICHT HALMGUT VON SONSTIGEN FLÄCHEN.

Halmgut aus sonstigen Flächen					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
	 sehr hoch hoch mittel gering sehr gering			 sehr schlecht schlecht mittel gut sehr gut	
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Baumschulen	-	267	-	41	58
Private Gärten	-	-	3.605	549	785
GESAMT (Sonstige)	3.872 t FM			590	843

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die eingehend aus dem vorstehenden Kapitel errechneten theoretischen Potentialmengen und Energiegehalte, sowie die aus den Einschränkungen zu schlussfolgernden Bergungsschwierigkeiten und Materialqualitäten, werden nun in den Tabellen 10 und 11 zusammengefasst. Zur besseren Übersicht wurden einzelne Objektarten bestimmten Obergruppen zugeordnet. Für eine differenziertere Darstellung wird an dieser Stelle auf die Anhänge 5 bis 8 verwiesen.

Bei den Bewertungen der Materialqualitäten muss dennoch beachtet werden, dass die Hölzer oder Grünschnitte aus der Landschaftspflege gegenüber Energiepflanzen eher mittelmäßige Materialeigenschaften aufweisen. Der Grund dafür ist, dass die Landschaftspflegematerialien nicht primär zur energetischen Verwertung angepflanzt werden und deswegen auch keine intensive Bewirtschaftung stattfindet. Deswegen soll unter der Materialqualität mehr der zusätzliche Verschmutzungsgrad des Landschaftspflegematerials verstanden werden, der z.B. durch die Abgase von Kraftwagen, das Absetzen von Abwässern oder die Schmutzaufnahme beim Ernten entsteht. Das heißt, eine gute Materialqualität entspricht einem geringen Verschmutzungsgrad mit Fremdstoffen



und umgekehrt. Die Bewertung des Bergungsaufwandes hängt hauptsächlich von den Eigentumsverhältnissen und / oder von der klein- bzw. großräumlichen Verteilung des Materials ab. Für die Bewertung der Materialqualität und des Bergungsaufwandes in den beiden folgenden Tabellen, bilden die Spalten „Qualitätsmängel“ und „Eigentumsverhältnisse“ aus den Anhängen 7 und 8 die Grundlage.

Die Tabelle 10 beinhaltet die Landschaftspflegehölzer im Saale-Holzland-Kreis, die insgesamt eine theoretische Potentialmenge von ca. **28.238 t** FM bis ca. **28.922 t** FM im Jahr bieten. Die Gruppe mit den höchsten Frischmassenmengen stellen die „Freien Landschaften“ mit rund **18.251 t** dar, insbesondere die Naturschutzgebiete mit allein etwa **12.570 t**. Weitere nennenswerte Potentiale bieten die Gewässer (ca. **4.015 t**), privaten Gärten (ca. **3.434 t**) Plantagen (ca. **3.434 t**) und Ackerrandstreifen (ca. **2.247 t**).

Die voraussichtlich am leichtesten zu bergenden Landschaftspflegehölzer sind die des Flugplatzes Schöngleina, der Naturschutzgebiete im Landkreis und des Tiergartens in Eisenberg. Eventuell kann man hierzu auch die Hölzer an Autobahnen zählen. Grund dafür sind die recht klaren Eigentums- und Pflegeverhältnisse. Denn mit der Autobahnmeisterei existiert nur ein Ansprechpartner, der über das Sammeln und die Verwertung des Holzes entscheiden kann. Die Bahntrassen würden theoretisch auch einen geringen Bergungsaufwand darstellen, jedoch kann aus dem Telefoninterview geschlossen werden, dass seitens der Deutschen Bahn kein Interesse an einem derartigen Projekt besteht. Allein aus diesen Materialquellen (unter Ausschluss der Bahntrassen) könnten so zusammen rund 47 % des gesamten theoretischen Holzpotentials erschlossen werden. Mit einer geeigneten Logistikstruktur könnte jedoch die Bergungsquote durch Erschließung weiterer Substratquellen enorm gesteigert werden (→ Kapitel „4.2 Schlussfolgerungen / Handlungsempfehlungen“).

Von den meisten Landschaftspflegeholzquellen kann das Material unbedenklich der Verbrennung beigemischt werden. Hier stellt neben dem Bergungsaufwand einzig und allein der allgemein gültige hohe Sortieraufwand des Holzes eine Nutzenbarriere dar. Bei der Verbrennungsbeimischung von Straßenhölzern sollte allerdings auf die hohen Schwermetallkonzentrationen geachtet werden, da das entstehende Rauchgas eines erhöhten Filteraufwandes bedarf. Gleiches gilt in schwächerer Form für holzige Substrate von Schienen und Gewässern.

TABELLE 10: POTENTIALMENGEN & ENERGIEERTRÄGE LANDSCHAFTSPFLEGEHÖLZER.



Landschaftspflegeholz					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
	 sehr hoch hoch mittel gering sehr gering			 sehr schlecht schlecht mittel gut sehr gut	
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Straßen	1.020	608	-	723 - 1.214	1.033 - 1.734
Schienen	219	482	-	261 - 574	373 - 820
Gewässer	-	4.015	-	4.778	6.826
Fahrradwege	29	20	-	23 - 35	34 - 49
Flugplatz	-	247	-	294	420
GESAMT (Verkehr)	von 5.109 t FM bis 5.793 t FM			6.079 - 6.895	8.686 - 9.849
Ackerrandstreifen	-	2.247	-	2.673	3.819
Naturschutzgebiete	-	12.570	-	14.958	21.368
Plantagen	-	3.434	-	4.086	5.838
GESAMT (Landschaft)	18.251 t FM			21.717	31.025
Sportanlagen	-	495	-	589	842
Park- & Grünanlagen	-	181	-	216	308
Zoos und Tiergärten	-	8	-	9	13
Friedhöfe	-	400	-	476	678
GESAMT (Anlagen)	1.084 t FM			1.290	1.841
Baumschulen	-	360	-	429	613
Private Gärten	-	-	3.434	4.086	5.837
GESAMT (Sonstige)	3.794 t FM			4.515	6.450
SUMME	von 28.238 t FM bis 28.922 t FM			von 33.601 MWh_{el} bis 34.417 MWh_{el}	von 48.002 MWh_{th} bis 49.165 MWh_{th}

Die Tabelle 11 widmet sich den halmgutartigen Landschaftspflegematerialien. Im gesamten Saale-Holzland-Kreis wird eine theoretische Potentialmenge von ca. **288.324 t** FM bis ca. **289.197 t** FM im Jahr erwartet. Auch hier stellt das höchste Frischmassepotential die „Freien Landschaften“ mit allein rund **268.029 t** dar. Im Gegensatz zu den Landschaftspflegehölzern sind es beim Halmgut vorrangig die Grünländer mit ca. **237.876 t**, die den größten Anteil an den Frischmassenmengen liefern. Es muss dabei unbedingt beachtet werden, dass die Zahlen auf Basis der gesamten Grünlandfläche des Saale-Holzland-Kreises berechnet wurden. Dem muss eine Betrachtung des Tierbestandes im Landkreis und dessen Verbrauch an Grünfütter ebenso entgegengestellt werden, wie eine differenziertere Potentialbewertung der unterschiedlichen Grünlandtypen, als es in dieser Arbeit erfolgen konnte. Weitere hohe Potentialmengen an halmgutartigem Material liefern die Naturschutzgebiete (ca. **22.625 t**), Gewässer (ca. **7.227 t**), Ackerrandstreifen (ca. **4.044 t**) und private Gärten (ca. **3.605 t**).

Voraussichtlich sind die Halmgüter des Flugplatzes, der Naturschutzgebiete und des Tiergartens am einfachsten zu bergen. Eventuell sind auch hier, ähnlich wie bei den Landschaftspflegehölzern, durch die recht klaren Eigentums- und Pflegeverhältnisse die Halmgüter an Autobahnen zu zählen. Insgesamt (unter Ausschluss des Grünlandes) kann so allein rund 46 % der kumulierten theoretischen Gesamtfrischmasse an Halmgütern geborgen werden. Auch bei den halmgutartigen Landschaftspflegematerialien kann diese Quote durch eine entsprechende Logistikstruktur entscheidend gesteigert werden (→ Kapitel „4.2 Schlussfolgerungen / Handlungsempfehlungen“). Die Bahntrassen scheitern durch das mangelnde Verwertungsinteresse aus.

Vor dem Hintergrund der allgemeinen Stoffheterogenität des Grünschnittes aus der Landschaftspflege, kann das Substrat im Grunde unbedenklich einer Trockenfermentation zugeführt werden. Einzig bei den Grünschnitten von Straßen sollte man aufgrund der hohen Schwermetallkonzentrationen vorsichtig bei der Konversion sein. Ein geringeres Risiko besteht in dieser Hinsicht auch bei Halmgütern von Schienen, Gewässern oder Gärten. Es können sich sowohl leichte Schwermetallbelastungen, als auch zusätzliche Fremdmaterialien (wie z.B. Plastiktüten) im Ausgangsmaterial befinden.

TABELLE 11: POTENTIALMENGEN & ENERGIEERTRÄGE LANDSCHAFTSPFLEGEHALMGUT.

Halmgüter aus der Landschaftspflege					
Objekte	Bergungsaufwand			Materialqualität	
	 sehr hoch hoch mittel gering sehr gering			 sehr schlecht schlecht mittel gut sehr gut	
	Theoretische Potentialmenge			Energiegehalt	
	(km) [t FM]	(ha) [t FM]	(EW) [t FM]	[MWh _{el}]	[MWh _{th}]
Straßen	2.978	2.144	-	327 - 454	467 - 648
Schienen	-	1.447	-	221	315
Gewässer	-	7.227	-	1.101	1.573
Fahrradwege	109	70	-	11 - 17	15 - 24
Flugplatz	-	1.208	-	184	263
GESAMT (Verkehr)	von 12.096 t FM bis 12.969 t FM			1.844 - 1.977	2.633 – 2.823
Ackerrandstreifen	-	4.044	-	616	880
Naturschutzgebiete	-	22.625	-	3.448	4.925
Grünland	-	237.876	-	36.248	51.783
Plantagen	-	3.484	-	531	758
GESAMT (Landschaft)	268.029 t FM			40.843	58.346
Sportanlagen	-	2.419	-	369	527
Park- & Grünanlagen	-	886	-	135	193
Zoos und Tiergärten	-	39	-	6	8
Friedhöfe	-	983	-	150	214
GESAMT (Anlagen)	4.327 t FM			660	942
Baumschulen	-	267	-	41	58
Private Gärten	-	-	3.605	549	785
GESAMT (Sonstige)	3.872 t FM			590	843
SUMME	von 288.324 t FM bis 289.197 t FM			von 43.937 MWh_{el} bis 44.070 MWh_{el}	von 62.764 MWh_{th} bis 62.954 MWh_{th}

Damit konnte in diesem Kapitel auch abschließend die **dritte Leitfrage** beantwortet werden, wie die Bergungswahrscheinlichkeit und Substratqualität der einzelnen Materialquellen einzuschätzen ist und welche deshalb bei der Akquise priorisiert werden sollten.

4 Diskussionsteil

4.1 Einordnung und Bewertung der Ergebnisse

Welches theoretische Rohstoffpotential sich im Saale-Holzland-Kreis aus Landschaftspflegematerialien verschiedener Substratquellen in einem Jahr für bioenergetische Zwecke bietet, konnte bereits durch das vorstehende Kapitel beantwortet werden. Jedoch erfolgte bislang nur am Rande eine Einordnung der Ergebnisse, um die **erste Leitfrage** vollständig zu beantworten. Dafür muss beachtet werden, ob die theoretisch anfallenden Materialmengen überhaupt von den Bioenergieanlagen im Kreis unter Kapazitäts Gesichtspunkten verwertet werden könnten und wenn ja, welchen Anteil diese an der Gesamtmasse aller verarbeiteten Substrate haben.

Um zu ermitteln, ob die Mengen an holzigem Material vielleicht für eine Verwertung zu hoch sind, benötigt man die derzeitigen Ausgangsmaterialgewichte der Holzheiz(kraft)werke. Aus einem Foliensatz der „Bioenergieregion Jena-Saale-Holzland“ (VGL. WINKELMANN 2008, S. 2 FF.) konnten folgende Daten entnommen werden:

- Hermsdorf → ca. 21.000 t_{lutro} Holzhackschnitzel
- Schkölen → ca. 88.000 t FM/a Waldrestholz ≈ 61.000 t_{lutro} Holzhackschnitzel
- Silbitz → unbekannt

Durch die Angaben in Schkölen kann vereinfacht gerechnet werden $88.000 \text{ t} / 61.000 \text{ t} \approx 1,44$. Daraus folgt, für das Heizkraftwerk in Hermsdorf, dass ca. 30.000 t FM/a¹⁸ Waldfrischholz anfielen. Da die Megawattstunden pro Jahr für das Holzheizkraftwerk in Silbitz etwa denen von Schkölen identisch sind, wird vereinfacht angenommen, dass auch etwa 88.000 t FM pro Jahr verfeuert werden. Insgesamt ergibt das für die drei Kraftwerke eine jährliche Substratmenge von 206.000 t FM an Waldrestholz. Das Waldrestholz kann ungefähr dem Landschaftspflegeholz in seinem Feuchtegehalt und Heizwert gleichgesetzt werden. Das heißt, dass die durchschnittlich rund 28.500 t Holzgüter aus der Landschaftspflege ohne weiteres verbraucht werden könnten, da sie gerade einmal rund 14 % der heutigen Ausgangssubstratmenge darstellen. Unter anderem könnten so womöglich die erwähnten Holzimporte der Kraftwerke gedrosselt werden.

¹⁸ Berechnung: $21.000 \text{ t FM} * 1,44 \approx 30.240 \text{ t FM}$

Für die Halmgüter aus der Landschaftspflege können die Daten über die Biogasanlagen aus dem Kapitel 2.1.2 nicht als Referenz zur Einordnung und Bewertung dienen, da es zur Zeit keine Trockenfermentationsanlagen im Saale-Holzland-Kreis gibt (Stand: 2012) und ein solches Verfahren bei der Ergebnisberechnung unterstellt wurde. Dies geschah allerdings nicht grundlos, da in naher Zukunft eine solche Anlage im Untersuchungsgebiet entstehen soll. Die Größenklasse soll dabei der Trockenfermentationsanlage der Entsorgungsfirma GEMES GmbH in Unterwellenborn (bei Saalfeld) entsprechen. Hier können jährlich etwa 18.250 t pro Jahr an Substraten konvertiert werden. Würde man also die noch unsicheren Angaben über die Grünländer vorerst herauslassen, bliebe dennoch jährlich eine theoretische Materialmenge von ca. 51.000 t FM zur Verwertung. Dieses Potential könnte fast drei solcher Anlagen mit Ausgangssubstraten versorgen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass nur ein Teil der anfallenden Halmgüter genutzt werden kann.

Für die Beantwortung der **zweiten Leitfrage**, welchen Anteil die daraus gewonnenen Energiemengen am Gesamtenergieverbrauch des Landkreises haben muss zunächst der Gesamtstrom- und Gesamtwärmeverbrauch der Untersuchungsregion herangezogen werden. Wie eingehend im Kapitel 2.1.2 zur Energiestruktur erwähnt, hatte die Saale-Holzland-Region im Jahr 2011 einen Gesamtstromverbrauch von ca. **497,3 GWh**, wovon allein die Bioenergie rund 172,7 GWh lieferte. Insgesamt könnte aus dem Landschaftspflegematerial im Durchschnitt eine Strommenge von ca. **78 GWh** pro Jahr gewonnen werden, die rund **16 %** des Gesamtenergieverbrauches in der Region decken würde. Unter der Annahme, dass die geleisteten Strommengen der Bioenergie, bei einer vollständigen energetischen Nutzung des theoretischen Landschaftspflegepotentials, bestehen bleiben könnten, würde dies eine Anhebung der gelieferten Energiemenge von ca. 172,7 GWh auf etwa 250,7 GWh zur Folge haben. Dann könnte der Bioenergiesektor rund 50 % des Gesamtenergieverbrauches abdecken.

Wie bereits erwähnt, können im Gegensatz zu den holzigen Materialien auch in Zukunft nur ein Bruchteil der Halmgüter genutzt werden. Zudem liefern die holzigen Substrate bei gleicher Gewichtsmenge einen höheren Energiegehalt als die Halmgüter. Bei Holzgütern liegt

der Energieinhalt mit rund $1,2 \text{ MWh}_{\text{el}} / \text{t}$ bzw. $1,7 \text{ MWh}_{\text{th}} / \text{t}$ ¹⁹, wesentlich höher als bei den Halmgütern, mit nur etwa $0,15 \text{ MWh}_{\text{el}} / \text{t}$ bzw. $0,22 \text{ MWh}_{\text{th}} / \text{t}$ ²⁰. Andererseits kann durch die Holzgutakquirierung der bereits angesprochene Holzimport der drei großen Holzheizkraftwerke im Landkreis gemindert werden und so zusätzliche Emissionen durch weite Transportwege vermieden, sowie die Stoff- und Kapitalströme für das Holz im Landkreis gebunden werden.

Deshalb sollen nun besonders die holzgutartigen Landschaftspflegematerialien betrachtet werden. Die Landschaftspflegehölzer allein können allein etwa **34 GWh_{el}** liefern, was ungefähr einem Anteil von ca. **7 %** an der heutigen verbrauchten Strommenge entspricht.

Der Gesamtwärmebedarf lag in der Region 2011 bei **1.554,12 GWh**, wovon die Bioenergie rund 636,4 GWh bereitstellen konnte. Die theoretische Gesamtwärmemenge aus allen Landschaftspflegematerialien beträgt im Durchschnitt ca. **111 GWh**, was einen Anteil am Gesamtwärmebedarf von nur rund **7 %** darstellt. Doch auch hier eignen sich zur Akquise aus den oben angegebenen Gründen vorrangig die Landschaftspflegehölzer. Die Landschaftspflegehölzer könnten allein etwa **48,5 GWh** an thermischer Energie liefern. Das entspricht einem Anteil von knapp **3 %** am Gesamtenergieverbrauch.

4.2 Schlussfolgerungen / Handlungsempfehlungen

Bisher wurde nur darauf verwiesen, wie hoch die Mengen der Landschaftspflegematerialien theoretisch sein könnten, welche Energiepotentiale sich aus diesen ergeben würden und welche von ihnen am leichtesten zu akquirieren wären. Beim letzten Punkt stellte sich bereits heraus, dass es gelingen muss einen möglichst hohen Anteil der Mengenpotentiale verschiedener Substratquellen zu erschließen, da sich nur so nennenswerte Beträge an Energiemengen ergeben und letztlich auch der Akquirierungsaufwand zumindest kostendeckend sein könnte. Dem Ansatz einer optimalen Logistikkette widmet sich nun allein dieses Kapitel und soll damit die **vierte Leitfrage**, wie ein möglichst hoher Anteil des theoretischen Potentials mobilisiert werden kann, beantworten.

¹⁹ Berechnung: elektrisch: $34.000 \text{ MWh} / 28.500 \text{ t}$; thermisch: $48.500 \text{ MWh} / 28.500 \text{ t}$ (Vgl. Tabelle 10)

²⁰ Berechnung: elektrisch: $44.000 \text{ MWh} / 288.750 \text{ t}$; thermisch: $62.850 \text{ MWh} / 288.750 \text{ t}$ (Vgl. Tabelle 11)

Unabhängig davon welches Landschaftspflegegut bei der Akquise priorisiert wird, sind die größten Herausforderungen die Bergung und der Transport des Materials. Beide sind von der individuellen Situation und der Rechtslage vor Ort des Materialanfalls abhängig und können nicht nur von einem Akteur allein bewältigt werden. Deshalb könnte man nun den Standpunkt vertreten, dass nur die in der Ergebniszusammenfassung genannten Quellen genutzt werden, bei denen eine relativ leichte Akquirierung des Materials möglich ist (Flugplatz, Naturschutzgebiete und Tiergarten). Der Nachteil wäre aber, dass so nur ein Bruchteil der insgesamt errechneten Biomassen genutzt werden könnte. Deshalb muss eine Variante gefunden werden, die möglichst viele Rohstoffquellen mit in die Betrachtung einbezieht.

Eine Lösung wäre ein Logistikkonzept über neu zu etablierende Annahmehöfe für Landschaftspflegematerial mit der Beteiligung wichtiger Akteure im Landkreis. Es könnten somit private Gärten, Landschaftspflegefirmen, Kommunen oder andere Landschaftspflegequellen mit Kleineigentumsstrukturen erschlossen werden. Dafür müsste zumindest die Anlieferung der Materialien unentgeltlich möglich sein. Zurzeit ist aber nicht einmal eine kostenlose Materialabgabe auf den Höfen der Verwerter selbst möglich. Desweiteren dürften die Wege vom Ort des Materialanfalls zu den Wertstoffhöfen nicht zu weit sein (Vgl. Abbildung 27).

Wenn all diese Voraussetzungen erfüllt sind, müsste eine kreisgesetzliche Änderung erfolgen, die ein ganzjähriges Verbrennungsverbot vorsieht, damit die Bürger ihren Ast- und Grünschnitt anliefern müssen. Vor dem Hintergrund, dass sich einige angelieferte Biomassen, aufgrund schlechter Materialqualitäten oder zu hohen Anlieferungsmengen (bei den Halmgütern), nicht für eine energetische Nutzung eignen, wäre es vorstellbar, dass sogar ein zusätzlicher Bonus, außer der kostenlosen Entsorgung selbst, für den Anlieferer erzielt werden könnte. So würden zunächst alle Substrate maschinell sortiert und zerkleinert werden und anschließend das voraussichtlich für eine energetische Verwertung in zu hohen Mengen anfallende Halmgut den Gartenbesitzern als guter Dünger für ihre Gärten zur Verfügung stehen. Die für energetische Zwecke geeigneten Substrate, könnten nach dem Zerkleinern an die regionalen BMH(K)W oder zukünftigen Trockenfermentationsanlagen geliefert werden, die dafür einen etwas unter dem marktüblichen Materialpreis zahlen müssten. Im Gegenzug dafür sollten die Endabnehmer der Landschaftspflegematerialien ihre

Sortier- und Zerkleinerungsmaschinen (die sich schon heute in ihrem Besitz befinden) periodisch auf den Wertstoffhöfen einsetzen. Die Maschinen würden dann einmal in der Woche an einem Wertstoffhof die Materialien behandeln und anschließend gleich das aufbereitete Substrat mit zum BMH(K)W oder zur Biogasanlage abtransportieren. Die Öffnungszeiten der Wertstoffhöfe wären auf zweimal pro Woche beschränkt. Alle Biomassehöfe könnten ganztägig am Samstag und jeder an einem unterschiedlichen Werktag zwischen 16.00 und 19.00 Uhr zur Anlieferung geöffnet haben.

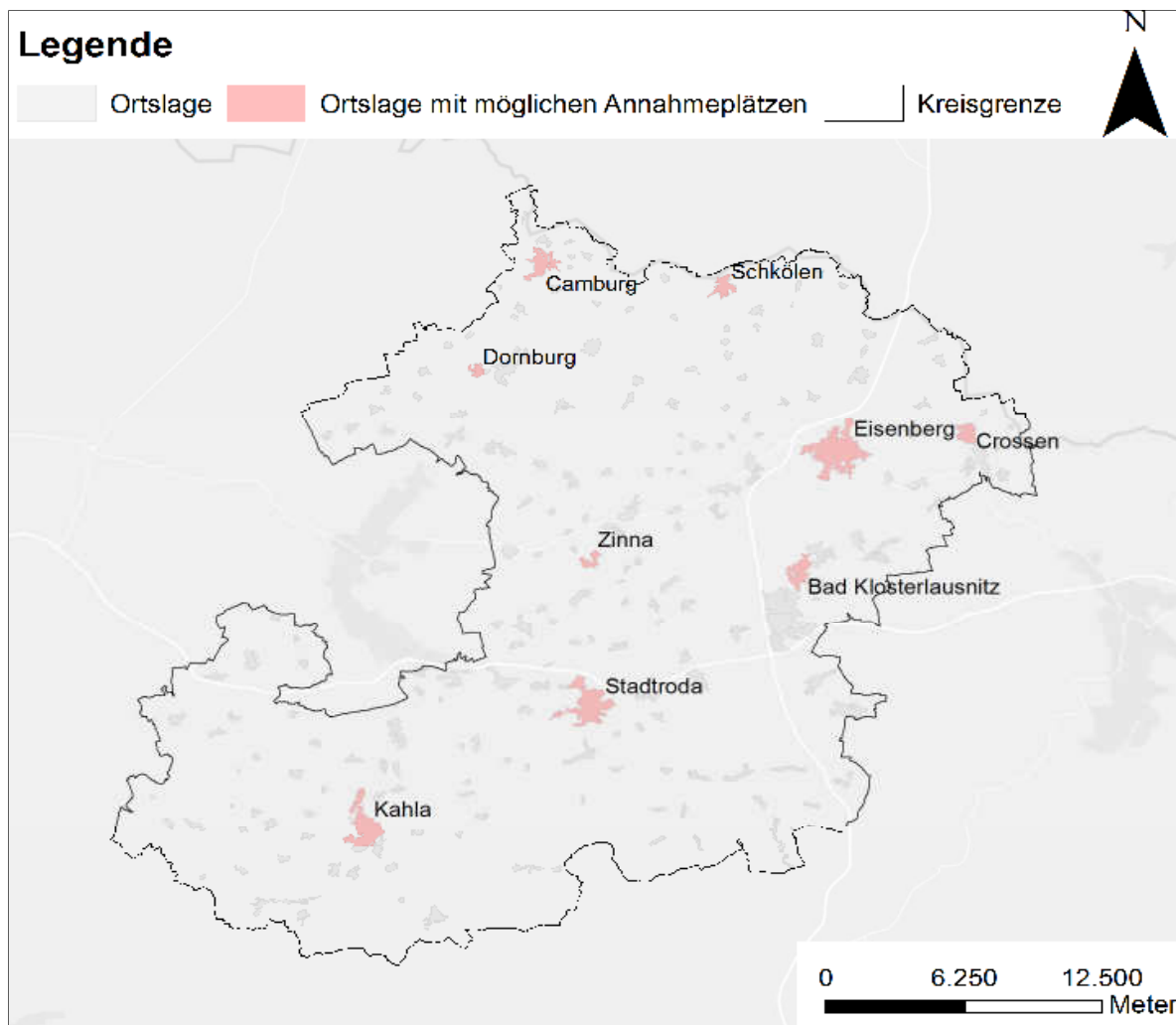


ABBILDUNG 27: MÖGLICHE VARIANTE VON ORTSCHAFTEN MIT ANNAHMEHÖFEN.

Damit diese Variante aber funktioniert, müssen aber zahlreiche Faktoren²¹ erfüllt sein. Zunächst benötigt man geeignete Plätze für eine Materialanlieferung, die sich am besten in Ortschaften befinden, die Versorgungszentren für die umliegenden Dörfer darstellen. Denn

²¹ Keine Gewähr auf Vollständigkeit, da es sich nur um eine Auswahl von Faktoren handelt.

dies stellt sicher, dass private Personen öfter, z.B. für Einkäufe oder Arztbesuche, in die Zentren fahren und dies mit einer Materialanlieferung verbinden. Desweiteren haben in den zentralen Orten auch meist die jeweiligen Kommunen und andere Landschaftspflegedienstleister dort ihren Hauptsitz und könnten am Ende eines jeden Arbeitstages das Material entweder gleich anliefern oder es bis zur nächsten Öffnung der Biomassehöfe in der Nähe zwischenlagern.

Die Plätze der Wertstoffhöfe selbst müssen allerdings auch einige Kriterien erfüllen. Zum Schutz vor Einbrüchen und zur rechtlichen Absicherung wäre eine Einzäunung ratsam. Die Sammelplätze dürfen zudem nicht zu weit weg von Wohnsiedlungen sein, damit eine gewisse Selbstkontrolle der Plätze durch die Bürger einhergeht und die Transportwege für die Anlieferer nicht zu weit werden. Dennoch sollten sich die Plätze nicht in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Wohnanlagen befinden, da eventuelle Lärmgrenzen bei der Anlieferung und Sortierung überschritten werden könnten. Viel entscheidender wäre allerdings, dass die Wertstoffhöfe eine geschlossene Bodenversiegelung aufweisen (z.B. Beton), damit keine Sickerwässer abfließen und mit dem Grundwasser in Lösung treten können. Denn immerhin sind vereinzelt gefährliche Schadstoffe in diesen Materialien gebunden, die sich bei Niederschlägen auswaschen. Damit auch Anlagen ohne Bodenversiegelung für einen Anlieferungsstandort in Frage kommen würden, könnte mit dichten Containern Abhilfe geschaffen werden, wenn das angelieferte Material direkt in diese abgeladen wird. Damit eine ordnungsgemäße Sortierung erfolgen kann und auch keine anderen Fremdstoffe auf die Biomassehöfe gelangen, muss entsprechend Personal zur Verfügung stehen, dass die Anlieferung während der Öffnungszeiten überwacht. Dieses Personal müsste dementsprechend von der jeweiligen Kommune gestellt und von den Verwertern und dem Abfallwirtschaftsbetrieb (AWB) finanziert werden. Der AWB könnte z.B. mit etwa 80 % die entstehenden Personalkosten übernehmen, die er über eine geringe Anhebung der Abfallgebühr (ca. 20 Cent) einholt. Die übrigen Kosten von 20 % entfallen auf die Verwerter.

Bei der Sammlung und Lagerung der Materialien darf außerdem nicht gegen das Kreislaufwirtschaftsgesetz oder das Bundesimmissionsschutzgesetz verstoßen werden. Genauere Regelungen müssen im Vorfeld abgesteckt und die Plätze dementsprechend

angepasst werden. Verstöße gegen diese Gesetze werden mit hohen Bußgeldern belegt und können zur sofortigen Schließung der Biomassehöfe führen.

Die Finanzierung des Materialtransportes von den Biomassehöfen zu den entsprechenden Verwertern, einschließlich der anfallenden Personalkosten, kann zu je 50 % vom AWB und dem jeweiligen Verwerter geleistet werden.

Die Antwort auf die letzte Leitfrage wäre damit beantwortet, dass keine bestimmte Materialquelle, sondern vielmehr ein möglichst hoher Anteil der theoretischen Rohstoffmengen aller Substratquellen geborgen werden sollte. Für die energetische Verwertung kommt dann im Laufe der Mobilisierung der Substrate vor allem das holzgutartige Landschaftspflegematerial zum Einsatz. Denn nur über die Masse kann beim Landschaftspflegematerial eine lohnenswerte Verwertung stattfinden. Um jedoch an präzisen Stellen zum Logistiksystem genauere Einschätzungen geben zu können sind aufbauende Forschungsarbeiten nötig, die nicht im Rahmen dieser Masterarbeit realisierbar waren.

4.3 Ausblick / Weiterer Forschungsbedarf

Damit das theoretische Rohstoffpotential bei Bedarf noch genauer bestimmt werden kann, müssten die Grünländer detaillierter untersucht werden. Denn die hier ermittelten Ergebnisse erscheinen aufgrund der Nutzungskonkurrenz mit der Tierhaltung zu hoch. Die übrigen in dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse müssten durch die Praxis verifiziert werden, um abschließend über die Qualität der generalisierten zahlengrundlagen aus der Fachliteratur für eine solche kleinräumigere Analyse urteilen zu können. Eine Möglichkeit der Verifizierung besteht vielleicht durch die zukünftige Etablierung der Biomassehöfe. Hier könnten dann genauer Erhebungen erfolgen, die auf weiter Handlungsempfehlungen schließen lassen würden. Desweiteren bedarf das beschriebene Grobgerüst des Logistiksystems selbst einer genaueren Analyse. Es treten hier viele Reibungspunkte auf, die intensiver betrachtet und Schlussfolgerungen gezogen werden müssten.

5 Zusammenfassung

Die energetische Nutzung des Landschaftspflegematerials im Saale-Holzland-Kreis bietet zahlreiche Vorteile für die regionalen Akteure der Bioenergiebranche. Ein positiver Effekt besteht darin, dass keine Flächenkonkurrenzen der Substrate aus der Landschaftspflege mit den Anbauflächen für Nahrungsmittelpflanzen bestehen. Außerdem konnte gezeigt werden, dass die theoretischen holzartigen Landschaftspflegepotentiale zu einer Importminderung der Holzgüter für die regionalen Biomasseheiz(kraft)werke beitragen können, da sie allein rund 14 % der heutigen Ausgangssubstratmenge dieser Anlagen darstellen. Zudem könnte sich die zukünftig entstehende Biogasanlage allein mit den Halmgütern aus der Landschaftspflege versorgen.

Allerdings zeigten sich auch einige Herausforderungen bezüglich der heterogenen Materialzusammensetzung und der überwiegend sehr kleinräumig strukturierten sowie diffus über den Landkreis verteilten Materialquellen der Landschaftspflegesubstrate. Denn damit verbunden ist ein erhöhter Kostenaufwand für die Bergung, Sortierung und Aufbereitung der Rohstoffe. Außerdem stellte sich heraus, dass einige Substrate, z.B. von Straßenrändern stark befahrener Verkehrsstrassen, mit gefährlichen Schadstoffen belastet sind, die im Nachgang der energetischen Verwertung einen erhöhten Filteraufwand nach sich ziehen.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen und gleichzeitig einen hohen Anteil der ermittelten theoretischen Substratmengen zu erschließen, bedarf es eines angepassten Logistikkonzeptes über lokale Annahmestellen für Landschaftspflegegüter. Gemeinsam mit der Beteiligung wichtiger Akteure im Kommunal- und Verwertungsbereich kann eine effektive Variante für die energetische Nutzung des Landschaftspflegematerials gefunden werden.

Literaturverzeichnis

ADV – ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (HRSG.) (2010): *Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS):* <http://www.adv-online.de/icc/extdeu/broker.jsp?uMen=ab9708a8-6975-7011-3bbc-251ec0023010>; München, eingesehen am 02.10.2012.

ADV – ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (HRSG.) (2010): *Objektartenkatalog des ATKIS „Basis-DLM“ für Thüringen:* http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start?dst_oar=1004&inf_sprache=deu&c1=1&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=TH; München, eingesehen vom 01.10.2012 bis 01.02.2013.

ARETZ, A. UND HIRSCHL, B. (2007): *Biomassepotentiale in Deutschland – Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden;* Dendrom-Diskussionspapier Nr. 1, Eberswalde.

BASF PFLANZENSCHUTZ DEUTSCHLAND (HRSG.) (2012): *Ackerrandstreifen:* http://www.agrar.basf.de/agroportal/de/de/infothek_/infothek_lexikon/glossary_detail_20382.html; Limburg-erhof, eingesehen am 12.12.2012.

BBSR – BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (HRSG.) (2011): *Laufende Raumbbeobachtung – Raumabgrenzungen:* http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_1067638/BBSR/DE/Raumbbeobachtung/Raumabgrenzungen/Kreistypen4__2011/kreistypen.html, Bonn, eingesehen am 14.01.2013.

BAUMANN, A.; OPPERMAN, R. UND ERDMANSKI-SASSE, W. (2007): *BIOENERGIE? – ABER NATÜRLICH! Nachwachsende Rohstoffe aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes;* Heft 12, Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum, Deutscher Verband für Landschaftspflege (DVL) e.V. und Naturschutzbund NABU (Hrsg.), Arnsbach / Berlin.

BROZIO, S. UND HEMPP, S. (2011): *Potenzialanalyse von Landschaftspflegematerial in der Bioenergieregion Mecklenburgische Seenplatte;* In: Konferenz „Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial“ in Berlin, Eberswalde.

DBFZ – DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM GMBH (HRSG.) (2011): *Fokusheft Landschaftspflege, Programmbegleitung des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“*; Leipzig.

DLF GMBH (2012): *Wissenswertes: <http://www.dlf-waldpflege.de/energie-holz/wissenswertes/>*; Schollbrunn, eingesehen am 26.10.2012.

EDBJ (2012): *Verkehrslandeplatz Jena-Schöngleina: <http://www.edbj.de/>*; Schöngleina, eingesehen am 12.12.2012.

EDLER, A.; MEISSNER, E.; REETZ, B/SCHAUP, P. (1998): *Trocknung von Biomasse mit hohem Grünanteil ohne Fremdenergie*; Schriftenreihe der Energieforschungsgemeinschaft im Verband der E-Werke Österreichs, Institut für Wärmetechnik, TU Graz.

EGGERSMANN ANLAGENBAU SMARTFERM GMBH (2012): *Aus Biomasse Energie gewinnen*; Marienfeld.

FNR – FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (HRSG.) (2005): *Basisdaten Biogas Deutschland: http://wiki.istanbullisesi.net/images/9/96/Basisdaten_Biogas.pdf*; eingesehen am 15.12.2012.

FNR – FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (HRSG.) (2012A): *Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/pressegrafiken/schema-einer-landwirtschaftlichen-biogasanlage.html>*; eingesehen am 11.10.2012.

FNR – FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (HRSG.) (2012B): *Gärbiologie: <http://www.biogasportal.info/biogas-gewinnung/gaerbiologie/>*; eingesehen am 12.10.2012.

GLOBALMAGAZIN (HRSG.) (2012): *Bioenergie oder Lebensmittel: <http://globalmagazin.com/themen/klima/richtlinien-fuer-den-anbau-von-bioenergie-pflanzen/>*; eingesehen am 25.10.2012.

GRÖBLINGHOFF, F.-F. UND LÜTKE ENTRUP, N. (2004): *Erzeugung von Biomasse vom Grünland und im Ackerbau: http://www.biogas-infoboard.de/pdf/Erzeugung_v_Biomasse_v_Gr%FCnland.pdf*; Soest, eingesehen am 23.11.2012.

HECK, P.; HOFFMANN, D. UND WERN, B. (2004A): *Abschlussbericht – Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz*; IfaS – Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (Hrsg.), Birkenfeld.

HECK, P.; HOFFMANN, D. UND WERN, B. (2004B): *Abschlussbericht zur Analyse von Biomassepotenzialen der Naturlandstiftung Saar und der Ökoflächenmanagement gGmbH*; IfaS – Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (Hrsg.), Birkenfeld.

HECK, P.; GEBHARD, R.; SPEISER, I. UND WERN, B. (2005): *Abschlussbericht - einer Akteurs- und Potenzialanalyse zur Ermittlung der vorhandenen Biomasse als Grundlage einer Strategie zur Nutzung von Bioenergie im Westerwaldkreis, Schwerpunkt „Leader + Gebiet“ unter besonderer Berücksichtigung der Eignung des Industriegebietes „Hahner Stock“ als Biomasse*; Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (Hrsg.), Birkenfeld.

JURIS GMBH – JURISTISCHES INFORMATIONSSYSTEM FÜR DIE BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (HRSG.) (2009): ThürWG – Thüringer Wassergesetz: landesrecht.thueringen.de/jportal/?quelle=jlink&query=WasG+TH&psml=bsthueprod.psml&max=true&aiz=true, Erfurt, eingesehen am 18.12.2012.

KALTSCHMITT, M. UND HARTMANN, H. (2001): *Energie aus Biomasse*. Springer-Verlag, Berlin.

KALTSCHMITT, M.; MERTEN, D.; FRÖHLICH, N. UND NILL, M. (2003): *Energiegewinnung aus Biomasse; Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 „Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit“*, Springer-Verlag, Berlin / Heidelberg.

KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H. UND HOFBAUER, H. (HRSG.) (2009): *Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren*; 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg.

LFULG – LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (HRSG.) (2012): *Potential biogener Abfälle im Freistaat Sachsen*; Schriftenreihe: Heft 10/2012, Dresden.

ÖKO-INSTITUT (HRSG.) (2012): *Teller oder Tank? Bei nachhaltiger Biomasse geht es um mehr*: <http://www.energiewende.de/index.php?id=31>; eingesehen am 26.10.2012.

OLDENBURG, S. (2011): *Die Verwertung von Gras- und Rasenschnitt von der Quelle bis zum Biogas und Gärprodukt*: <http://berbion.de/file.php/Block-2-1-S.-Oldenburg.pdf-2011-09-08>;

Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft / Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg, eingesehen am 11.10.2012.

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:* http://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Tagungen/5.4_Brozio.pdf; Berlin, eingesehen am 19.11.2012.

RAG – REGIONALE AKTIONSGRUPPE SAALE-HOLZLAND E.V. (HRSG.) (2012): Regionales Entwicklungskonzept 2.0 – Bioenergieregion Jena-Saale-Holzland; Nickelsdorf.

RAUSSEN, T.; KERN, M; KOJ, U.; WAGNER, J.; HOFMANN, H.; TURK, T. UND EINZMANN, U. (2009): *Biomassepotenzialstudie Hessen – Stand und Perspektiven der energetischen Biomassenutzung in Hessen;* Materialband, Witzenhausen.

SAALE-HOLZLAND-KREIS (HRSG.) (2012): *Lage:* <http://www.saaleholzlandkreis.de/index.php?id=46>, Eisenberg; eingesehen am 15.10.2012

SLA – STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT (HRSG.) (2011): *Bevölkerungsdichte:* <http://www.statistik.sachsen-anhalt.de/apps/StrukturKompass/indikator/zeitreihe/14>; Halle (Saale), eingesehen am 20.01.2013.

THINK – THÜRINGER INSTITUT FÜR NACHHALTIGKEIT UND KLIMASCHUTZ GMBH (HRSG.) (2011): *Entwurf – Energiekonzept und Wertschöpfung durch den Ausbau erneuerbarer Energien für den Saale-Holzland-Kreis inkl. Der Stadt Bad Köstritz und der Gemeinen Caaschwitz und Hartmannsdorf;* Jena.

THRÄN, D. UND PFEIFFER, D. (HRSG.) (2012): *Methodenhandbuch – Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte: Methoden zur Bestimmung von Technologiekenwerten, Gestehungskosten und Klimagaseffekten von Vorhaben im Rahmen des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“;* Heft 4, Version 3, Schriftenreihe des BMU- Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Leipzig.

TLL – THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (HRSG.) (2012): *InVeKoS-Datensatz;* Jena.

TLS – THÜRINGER LANDESAMT FÜR STATISTIK (HRSG.) (2012A): *Landkreis: Saale-Holzland-Kreis:* <http://www.tls.thueringen.de/datenbank/kreisblatt.asp?krs=74>; Erfurt, eingesehen am 15.10.2012.

TLS – THÜRINGER LANDESAMT FÜR STATISTIK (HRSG.) (2012B): *Landkreis: Saale-Holzland-Kreis: Bevölkerung:* <http://www.tls.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?auswahl=krs&namekurz=Saale-Holzland-Kreis&nr=74&Aevas2=Aevas2&vonbis=&TabEvas=12&TabelleID=&anzahlH1=-3&daten=jahr&evas2=12&evas2=>; Erfurt, eingesehen am 15.10.2012.

TLS – THÜRINGER LANDESAMT FÜR STATISTIK (HRSG.) (2012c): *Landkreis: Saale-Holzland-Kreis: Bodenfläche:* <http://www.tls.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?auswahl=krs&namekurz=Saale-Holzland-Kreis&nr=74&Aevas2=Aevas2&vonbis=&TabEvas=&TabelleID=&anzahlH1=-1&daten=jahr&evas2=33&evas2=>; Erfurt, eingesehen am 15.10.2012.

TLU – THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT (HRSG.) (1997): *Gewässergüte Saale-Holzland-Kreis;* Abt. 5, Jena.

TLUG – THÜRINGER LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2012): *Geographie:* http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/shk/index.html; Jena, eingesehen am 05.11.2012.

TLVERMGEO – LANDESVERMESSUNGSAMT THÜRINGEN (HRSG.) (2010): *ATKIS – Basis-DLM Thüringen;* Erfurt.

TLZ – THÜRINGER LANDESZEITUNG (HRSG.) (2010): *Wer hält Radwege in Ordnung?* Zeitung vom 08.04.2010: <http://eichsfeld.tlz.de/web/lokal/leben/detail/-/specific/Wer-haelt-Radwege-in-Ordnung-1219823030>; eingesehen am 20.01.2013.

WINKELMANN, T. (2008): *Biomasseheizanlagen;* Bioenergieregion Jena-Saale-Holzland (Hrsg.), Nickelsdorf.

Anhang

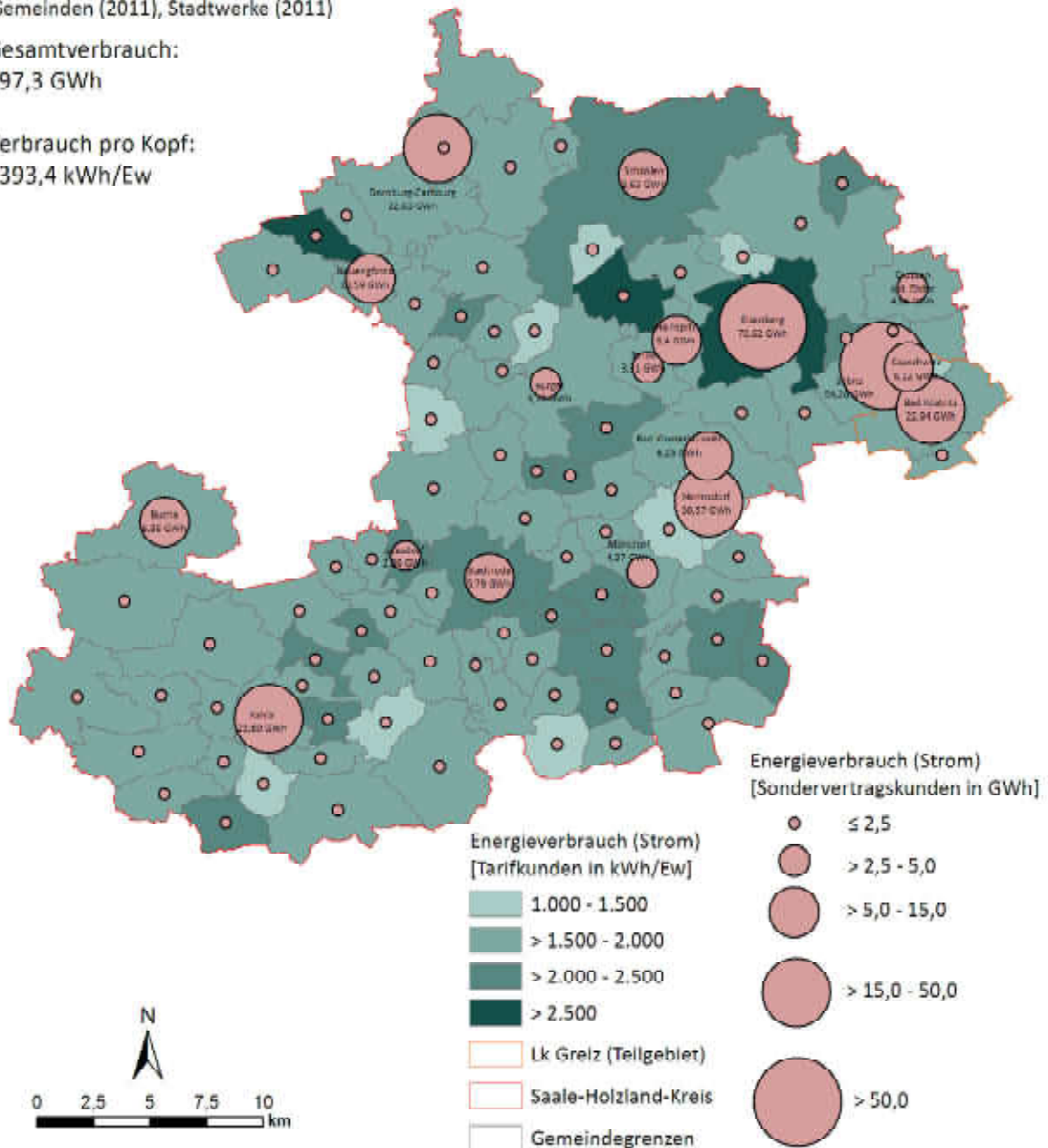
ANHANG 1: Gesamtstromverbrauch in der Saale-Holzland-Region

Strom

Daten:
Energieversorger (2011),
Gemeinden (2011), Stadtwerke (2011)

Gesamtverbrauch:
497,3 GWh

Verbrauch pro Kopf:
5393,4 kWh/Ew



Quelle: THINK 2011, S. 10

ANHANG 2: Gesamtwärmeverbrauch in der Saale-Holzland-Region

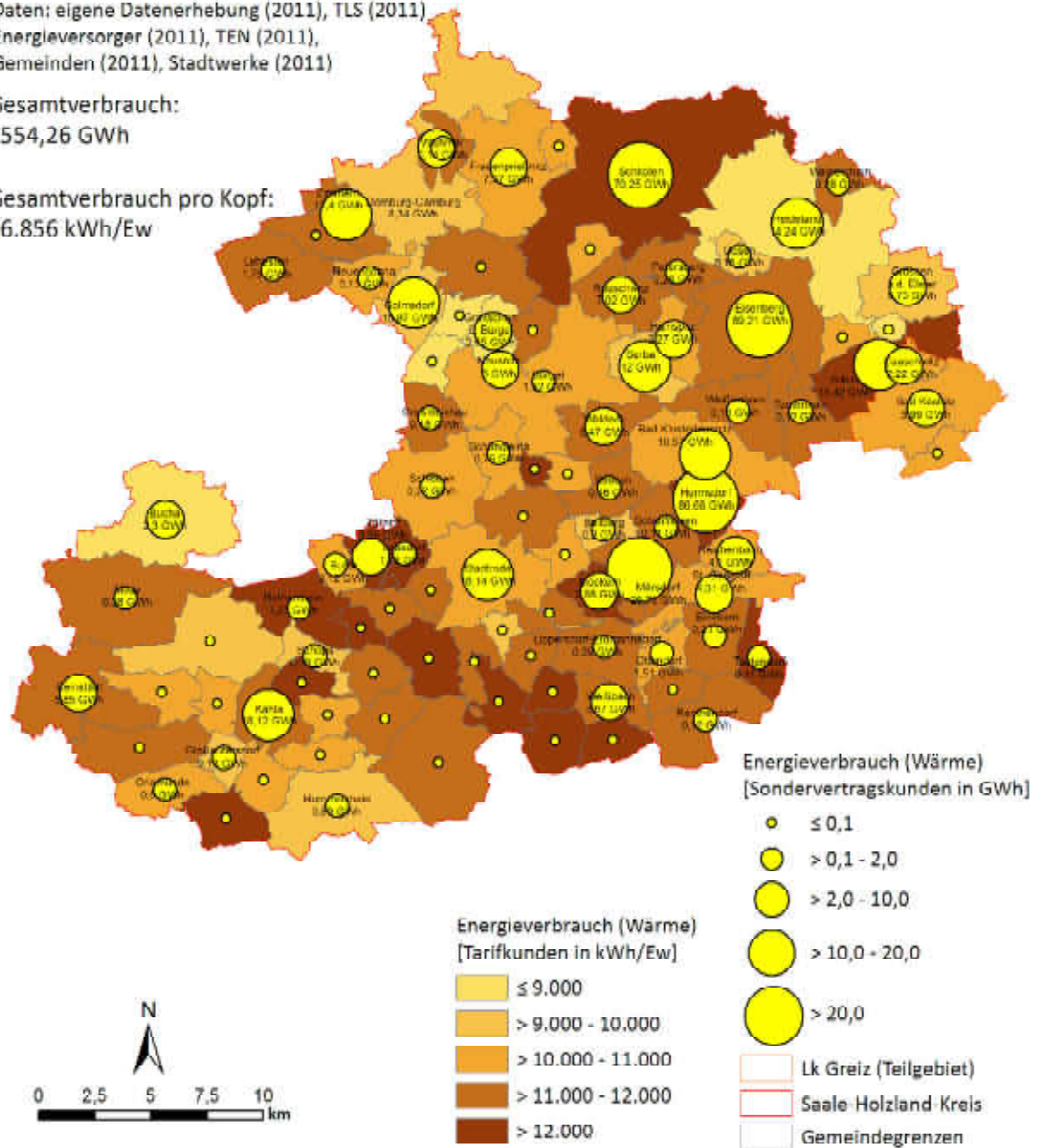
Wärme - gesamt

(inkl. Erdgas, Fernwärme, Bioenergie, Heizöl,
Solarthermie, Geothermie, private Einzelfeuerung)

Daten: eigene Datenerhebung (2011), TLS (2011)
Energieversorger (2011), TEN (2011),
Gemeinden (2011), Stadtwerke (2011)

Gesamtverbrauch:
1554,26 GWh

Gesamtverbrauch pro Kopf:
16.856 kWh/Ew



Quelle: THINK 2011, S. 17

ANHANG 3: Alle Verschneidungen im ArcGIS

- a) Autobahnen
 - Linienshape mit Brückenkörper
- b) Autobahnauffahrten
 - Linienshape mit Brückenkörper
 - Grünfläche mit Grünfläche Autobahnauffahrt
 - Grünfläche mit Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßengesamtfläche
 - Fahrbahn mit Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßenfahrbahn
- c) Bundesstraßen
 - Linienshape mit Brückenkörper
 - Linienshape mit Brücken
 - Linienshape mit Tunneln
 - Linienshape mit Ortslage
 - Fahrbahn mit Landes-, Kreis- und Gemeindestraßenfahrbahn
 - Grünstreifen mit Fahrbahn Autobahnauffahrt, sowie Landes-, Kreis- und Gemeindestraßenfahrbahn
- d) Landesstraßen
 - Linienshape mit Brückenkörper
 - Linienshape mit Brücken
 - Linienshape mit Tunneln
 - Linienshape mit Ortslage
 - Grünstreifen mit Gesamtfläche Bundesstraße
 - Fahrbahn mit Kreis- und Gemeindestraßenfahrbahn
 - Grünstreifen mit Fahrbahn Autobahnauffahrt, sowie Kreis- und Gemeindestraßenfahrbahn
- e) Kreisstraßen
 - Linienshape mit Brückenkörper
 - Linienshape mit Brücken
 - Linienshape mit Tunneln
 - Linienshape mit Ortslage
 - Grünstreifen mit Gesamtfläche Bundes- und Landesstraße
 - Fahrbahn mit Gemeindestraßenfahrbahn
 - Grünstreifen mit Fahrbahn Autobahnauffahrt, sowie Gemeindestraßenfahrbahn
- f) Gemeindestraßen
 - Linienshape mit Brückenkörper
 - Linienshape mit Brücken
 - Linienshape mit Tunneln
 - Linienshape mit Ortslage
 - Grünstreifen mit Gesamtfläche Bundes-, Landes-, Kreisstraße
 - Fahrbahn mit Gemeindestraßenfahrbahn

- Grünstreifen mit Fahrbahn Autobahnauffahrt
- g) Schienen
 - Linienshape mit Brückenkörpern
 - Linienshape mit Brücken
 - Linienshape mit Tunneln
 - Linienshape NICHT mit Ortslagen, da die Randstreifen meist gewährt werden
- h) Grünland
 - Verschneidung mit Schienen
 - Verschneidung mit allen Straßen
 - Verschneidung mit NSG
 - Kleingewässergrünstreifen 2. Ordnung
 - Kleingewässergrünstreifen 1. Ordnung
 - Flächengewässergrünstreifen 2. Ordnung → Flächengewässer selbst ist schon ursprünglich mit Grünland verschnitten
 - Flächengewässergrünstreifen 1. Ordnung → Flächengewässer selbst ist schon ursprünglich mit Grünland verschnitten
 - Sonstige Flächengewässergrünstreifen außerorts → Flächengewässer selbst ist schon ursprünglich mit Grünland verschnitten
 - Sonstige Flächengewässergrünstreifen innerorts → da auch Objekte als innerorts erfasst, die sich 5m um die Ortslage befinden
- i) Gehölze
 - Verschneidung mit Ortslage
 - Verschneidung mit Gesamtfläche aller Straßen
 - Verschneidung mit Gesamtfläche aller Gewässer
 - Verschneidung mit Gesamtfläche mit Schienen
- j) Sträucher / Büsche
 - Verschneidung mit Ortslage
 - Verschneidung mit Gesamtfläche aller Straßen
 - Verschneidung mit Gesamtfläche aller Gewässer
 - Verschneidung mit Gesamtfläche mit Schienen

ANHANG 4: Materialien

Zum Aufbau und Methodik dieser Arbeit wurden hauptsächlich die drei folgenden Quellen genutzt:

- **THRÄN, D. UND PFEIFFER, D. (HRSG.) (2012):** *Methodenhandbuch – Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte: Methoden zur Bestimmung von Technologiekenwerten, Gestehungskosten und Klimagaseffekten von Vorhaben im Rahmen des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“*; Heft 4, Version 3, Schriftenreihe des BMU- Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Leipzig.
- **KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H. UND HOFBAUER, H. (HRSG.) (2009):** *Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren*; 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg.
- **ADV – ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (HRSG.) (2010):** *Objektartenkatalog des ATKIS „Basis-DLM“ für Thüringen*: http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start?dst_oar=1004&inf_sprache=deu&c1=1&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=TH; München, eingesehen vom 01.10.2012 bis 01.02.2013.

Die Analyse erfolgte teils durch örtliche Messungen, Expertengespräche und Vorträge. Jedoch hauptsächlich mit der Hilfe folgender Literatur und Datensätze:

- **TLVERMGEO – LANDESVERMESSUNGSAMT THÜRINGEN (HRSG.) (2010):** *ATKIS – Basis-DLM Thüringen*; Erfurt.
- **KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H. UND HOFBAUER, H. (HRSG.) (2009):** *Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren*; 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg.
- **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*: http://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Tagungen/5.4_Brozio.pdf; Berlin, eingesehen am 19.11.2012.

Neben den üblichen Softwareprogrammen **Microsoft Word 2007**, zum Verfassen dieser Arbeit und **Microsoft Excel**, zur Auswertung von quantitativen Daten, erfolgte die Datenanalyse vorrangig mit der Software **ArcGIS 10** der Firma ESRI.

Anhang 5: Berechnungen des theoretischen Potentials und des Energiegehaltes für Landschaftspflegehölzer.

Einheiten	Landschaftspflegeobjekte				Theoretische Potentialkalkulation										Verwertungsannahmen und -kalkulation										
	Quelle	Länge [km]	Pufferabstände [m]			Fläche [ha]	Menge pro km [t FM* / a]			Gesamtmenge (nach FM) [t FM]	Menge pro ha [t FM* / a]			Gesamtmenge (nach EW) [t FM]	Menge pro Einwohner [t FM* / a]	Einwohner SHK	Unterstellter Wassergehalt nach Lufttrocknung [%]	Unterstellter Heizwert bei 30 % Wassergehalt [MWh / t]	Gesamtenergiegehalt elektrisch nach Konversion (35 % Wirkungsgrad) [MWhel]			Gesamtenergiegehalt thermisch nach Konversion (50 % Wirkungsgrad) [MWhth]			
			Eigene Berechnung mit ArcGIS	Pierr 2011	§ 78 ThürWG		Eigenes Ermessen	Eigene Berechnung mit ArcGIS	Kaltschnitt 2009		LFLUG Sachsen 2012	Eigenes Ermessen	Kaltschnitt 2009						Pierr 2011	Eigenes Ermessen	Kaltschnitt 2009	Thüringer Landesamt für Statistik 2011	von		bis
LANDSCHAFTSPFLEGEHOLZ	Trassen- und Verkehrsanlagen	Straßen	Autobahn + Autobahnauffahrten	61,00	7,00		37,00	3,50		213,50		3,40		125,80			30	3,4	149,70		254,07	213,86		362,95	
			Bundesstraße	35,20	3,00		10,50	1,50		52,80		3,40		35,70			30	3,4	42,48		62,83	60,69		89,76	
			Landesstraße	192,90	3,00		57,60	1,50		289,35		3,40		195,84			30	3,4	233,05		344,33	332,93		491,90	
			Kreisstraße	187,30	2,00		37,30	1,50		280,95		3,40		126,82			30	3,4	150,92		334,33	215,59		477,62	
			Gemeindestraße	183,60		2,00	36,30	1,00		183,60		3,40		123,42			30	3,4	146,87		218,48	209,81		312,12	
			Straße Gesamt	660,00			178,70			1.020,20				607,58			30	3,4	723,02		1.214,04	1.032,89		1.734,34	
		Schiene	62,70			120,60		3,50		219,45		4,00		482,40			30	3,4	261,15		574,06	373,07		820,08	
		Gewässer	Kleingewässer	1. Ordnung		10,00		2,70					5,00		13,50			30	3,4		16,07				22,95
				2. Ordnung		5,00		653,80					5,00		3.269,00			30	3,4		3.890,11				5.557,30
			Flächengewässer	1. Ordnung		10,00		82,60					5,00		413,00			30	3,4		491,47				702,10
				2. Ordnung		5,00		12,10					5,00		60,50			30	3,4		72,00				102,85
			Sonstige Flächengewässer (z.B. Teiche, Tümpel, Weiher)	Innerorts			2,50		5,10				5,00		25,50			30	3,4		30,35				43,35
				Außerorts			5,00		46,70				5,00		233,50			30	3,4		277,87				396,95
		Gewässer Gesamt						803,00						4.015,00			30	3,4		4.777,85				6.825,50	
	Fahradwege	29,00			2,00		5,80		1,00	29,00		3,40		19,72			30	3,4	23,47		34,51	33,52		49,30	
	Flugplätze						56,20					4,40		247,28			30	3,4		294,26				420,38	
	GESAMT Trassen (t FM = von X t bis X t)						1.164,30		VON	5.109,03		BIS	5.793,88			30	3,4		6.079,75		6.894,72	8.685,35		9.849,60	
	Freie Landschaften	Ackerrandstreifen (Gehölze, Sträucher und Büsche)					449,30					5,00	5,00	2.246,50			30	3,4		2.673,34				3.819,05	
		Naturschutzgebiete					2.513,90					5,00		12.569,50			30	3,4		14.957,71				21.368,15	
		Plantagen	Hopfenanbau					36,20					8,10		293,22			30	3,4		348,93				498,47
			Obstplantagen					167,50					12,00		2.010,00			30	3,4		2.391,90				3.417,00
		Streuobstwiesen					376,90					3,00		1.130,70			30	3,4		1.345,53				1.922,19	
		Rebflächen					k.A.					3,00	k.A.	k.A.			30	3,4		k.A.				k.A.	
		Plantagen Gesamt						580,60						3.433,92			30	3,4		4.086,36				5.837,66	
	GESAMT Landschaften						3.543,80						18.249,92			30	3,4		21.717,40				31.024,86		
	Öffentliche Anlagen	Sportanlagen (z.B. Fußballplätze)					112,50					4,40		495,00			30	3,4		589,05				841,50	
		Park- & Grünanlagen					41,20					4,40		181,28			30	3,4		215,72				308,18	
Zoos / Tiergärten						1,80					4,40		7,92			30	3,4		9,42				13,46		
Friedhöfe						45,70					8,75		399,88			30	3,4		475,85				679,79		
GESAMT Öffentlich						201,20							1.084,08			30	3,4		1.290,05				1.842,93		
Sonstige	Baumschulen					44,50					8,10		360,45			30	3,4		428,94				612,77		
	Private Gärten					1.404,00					2,45		3.433,72	0,040	85.843	3.433,72	30	3,4		4.086,13				5.837,32	
GESAMT Sonstiges												3.794,17			30	3,4		4.515,06				6.450,09			
Gesamt-ergebnisse						Minimum [t FM]					Maximum [t FM]							Minimum [MWhel]		Maximum [MWhel]	Minimum [MWhth]		Maximum [MWhth]		
						28.237,20					28.922,05							30	3,4	33.602,26		34.417,23	48.003,23		49.167,48

* Iutro (30 % Wassergehalt)

Anhang 7: Einschränkungen und Zuständigkeiten bei der Nutzung von Landschaftspflegehölzern.

Landschaftspflegeobjekt		Material-qualität	Qualitätsmängel	Zuständigkeit			
Halmgüter aus der Landschaftspflege	Straßen	Autobahn + Autobahnauffahrten		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Autobahnmeisterei	
		Bundesstraße		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Straßenmeisterei / Fremdundunternehmen	
		Landesstraße		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Straßenmeisterei / Fremdundunternehmen	
		Kreisstraße		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Straßenmeisterei / Fremdundunternehmen	
		Gemeindestraße		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Fremdundunternehmen / Kommune	
		Straße Gesamt		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)		
	Trassen- und Verkehrsanlagen	Schienen		o	eventuelle Schadstoffbelastung durch Räderabrieb oder durch Diesellokomotiven	Deutsche Bahn	
		Gewässer	Kleingewässer	1. Ordnung	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Landesamt für Umwelt und Geologie
				2. Ordnung	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Kommune / Fremdundunternehmen / Privatbesitz
		Flächengewässer		1. Ordnung	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Landesamt für Umwelt und Geologie
				2. Ordnung	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Kommune / Fremdundunternehmen / Privatbesitz
		Sonstige Flächengewässer (z.B. Teiche, Tümpel, Weiher)		Innerorts	-	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Kommune / Stadt / Fremdundunternehmen / Privatbesitz
				Außerorts	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Kommune / Stadt / Fremdundunternehmen / Privatbesitz
		Gewässer Gesamt		o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)		
		Fahrradwege		+	eventuelle Schadstoffbelastungen mit Schwermetallen durch in der Nähe befindliche Straßen, Verunreinigungen können auftreten	Straßenmeisterei / Kommune / Stadt / Fremdundunternehmen	
		Flugplätze		+	eventuelle Schadstoffbelastung (durch Motorflugzeuge)	Flugplatzbetreiber	
	Freie Landschaften	Ackerrandstreifen (Gehölze, Sträucher und Büsche)		+	eventuelle Schadstoffbelastung (durch Sickerwässer angrenzender Äcker)	Privatbesitzer / Landwirtschaftsgenossenschaften bzw. -unternehmen	
		Naturschutzgebiete		+		Untere Naturschutzbehörde (Kreis)	
		Plantagen	Hopfenanbau	+		Privatbesitzer	
			Obstplantagen	+		Privatbesitzer	
Streuobstwiesen		+		Privatbesitzer			
Rebflächen		o		Privatbesitzer			
Öffentliche Anlagen	Sportanlagen (z.B. Fußballplätze)		+		Kommune / Stadt		
	Park- & Grünanlagen		+		Kommune / Stadt		
	Zoos / Tiergärten		+		Kommune / Stadt		
	Friedhöfe		+		Kommune / Stadt		
Sonstige	Baumschulen		+		Privatbesitzer		
	Private Gärten		o		Privatbesitzer		
SUMME		o bis +	Sehr gute Materialqualität kann nicht erreicht werden da für alle Landschaftspflegehölzern folgende Mängel gelten: 1. Heterogenes Material, 2. Holz mit geringem Heizwert, 3. hoher Aschegehalt bei Verbrennung	Sehr differenzierte Zuständigkeiten, je nach Landschaftspflegeobjekt			

Anhang 8: Einschränkungen und Zuständigkeiten bei der Nutzung von halmgutartigen Landschaftspflegematerialien.

		Landschaftspflegeobjekt	Material-qualität	Qualitätsmängel	Zuständigkeit			
Halmgüter aus der Landschaftspflege	Trassen- und Verkehrsanlagen	Straßen						
		Autobahn + Autobahnauffahrten		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Autobahnmeisterei		
		Bundesstraße		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Straßenmeisterei / Fremdunternehmen		
		Landesstraße		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Straßenmeisterei / Fremdunternehmen		
		Kreisstraße		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Straßenmeisterei / Fremdunternehmen		
		Gemeindestraße		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Fremdunternehmen / Kommune		
		Straße Gesamt		-	Schadstoffbelastungen (meist mit Schwermetallen, wie Blei, durchsetzt), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)			
		Schienen		o	eventuelle Schadstoffbelastung durch Räderabrieb oder durch Diesellokomotiven	Deutsche Bahn		
		Gewässer						
		Kleingewässer						
				1. Ordnung	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Landesamt für Umwelt und Geologie	
				2. Ordnung	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Kommune / Fremdunternehmen / Privatbesitz	
		Flächengewässer						
				1. Ordnung	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Landesamt für Umwelt und Geologie	
			2. Ordnung	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Kommune / Fremdunternehmen / Privatbesitz		
	Sonstige Flächengewässer (z.B. Teiche, Tümpel, Weiher)							
			Innerorts	-	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Kommune / Stadt / Fremdunternehmen / Privatbesitz		
			Außerorts	o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)	Kommune / Stadt / Fremdunternehmen / Privatbesitz		
	Gewässer Gesamt			o	eventuelle Schadstoffbelastung (je nach Gewässerbelastung), Verunreinigungen (z.B. Plastikmüll)			
	Fahrradwege			o	eventuelle Schadstoffbelastungen mit Schwermetallen durch in der Nähe befindliche Straßen, Verunreinigungen können auftreten	Straßenmeisterei / Kommune / Stadt / Fremdunternehmen		
	Flugplätze			+	eventuelle Schadstoffbelastung (durch Motorflugzeuge)	Flugplatzbetreiber		
	Freie Landschaften		Ackerrandstreifen (Gehölze, Sträucher und Büsche)		+	eventuelle Schadstoffbelastung (durch Sickerwasser angrenzender Äcker)	Privatbesitzer / Landwirtschaftsgenossenschaften bzw. -unternehmen	
			Naturschutzgebiete		+		Untere Naturschutzbehörde (Kreis)	
			Grünland			+ bis ++	sehr gute Materialqualität für Biogasanlagen auf Intensivgrünlandflächen, mäßige bis gute Qualität für Biogas- oder Verbrennungsanlagen auf Extensivgrünlandflächen	Privatbesitzer
			Plantagen					
			Hopfenanbau			+		Privatbesitzer
			Obstplantagen			+		Privatbesitzer
Streubstwiesen				+		Privatbesitzer		
Rebflächen			o		Privatbesitzer			
Öffentliche Anlagen		Sportanlagen (z.B. Fußballplätze)		+		Kommune / Stadt		
		Park- & Grünanlagen		+		Kommune / Stadt		
		Zoos / Tiergärten		+		Kommune / Stadt		
		Friedhöfe		+		Kommune / Stadt		
Sonstige		Baumschulen		+		Privatbesitzer		
		Private Gärten		o		Privatbesitzer		
		SUMME		o bis +	Sehr gute Materialqualität kann nicht erreicht werden da für alle Landschaftspflegematerialien folgende Mängel gelten: 1. Heterogenes Material, 2. Unbehandeltes Material liefert relativ geringe Biogaserträge	Sehr differenzierte Zuständigkeiten, je nach Landschaftspflegeobjekt		