Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung: Investition in Ihre Zukunft / Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj: Investice do vaší budoucnosti

Regio

Verein zur Förderung von Biomasse und nachwachsenden Rohstoffen Freiberg e.V.

Energie mit Zukunft.
Umwelt und Verantwortung.

Abschlussbericht

Studie

Regionale Wertschöpfung durch Bioenergie – Handlungs- und Projektansätze in der Euroregion Erzgebirge

---

Auftraggeber (AG): Verein zur Förderung von Biomasse und nachwachsenden Rohstoffen Freiberg e.V.
Ziel3-Projekt „RekultA“
Hauptstraße 150
09599 Freiberg

Auftragnehmer (AN): DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Karl-Heine-Straße 109/111
D-04229 Leipzig

Projektleiter des AN: Dipl.-Wi.-Ing. Ronny Erler
Tel.: (+49) 03731-4195328
Fax: (+49) 03731-4195309
E-Mail: ronny.erler@dbi-gut.de

Freiberg, 30.08.2013

ReKultA

Ziel 3 | Cíl 3
Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
2007-2013. www.ziel3-cil3.eu

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **4**

Tabellenverzeichnis **7**

Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis **9**

1. Einleitung **11**

2. Definition und Analyse der Wertschöpfungskette **13**

2.1. Halmgutartige Biomasse 13

2.2. Dendromasse 15

2.2.1. Begriffserklärung 15

2.2.2. Wertschöpfungskette Energieholz 15

2.3. Abfälle 16

3. Ermittlung des Biomasse- und Verwertungspotentials auf deutscher Seite der Euroregion Erzgebirge **19**

3.1. Halmgutartige Biomasse 19

3.1.1. Mais 19

3.1.2. Getreide 21

3.1.3. Erntereste 28

3.1.4. Summenpotential 31

3.2. Dendromasse 33

3.2.1. Aufgabenstellung und Zielsetzung 33

3.2.2. Charakterisierung des Waldes in der Projektregion 33

3.2.3. Abschätzung des Energieholzpotentials im Wald 35

3.2.4. Abschätzung des Energieholzpotentials vom Acker 38

3.2.5. Abschätzung des Energieholzpotentials in der offenen Landschaft 42

3.2.6. Gesamtpotential an Energieholz in der Projektregion 44

3.3. Abfälle 46

3.4. Gesamtpotential 51

4. Akteuranalyse auf deutscher Seite der Euroregion Erzgebirge **53**

4.1. Rohstoffproduzenten halmgutartiger Biomasse, Biogasanlagenbetreiber und Wärmeabnehmer 53

4.1.1. Rohstoffproduzenten/ Agrarbetriebe 53

4.1.2. Biogasanlagenbetreiber 54

4.1.3. Wärmeabnehmer 55

4.2. Akteure im Bereich Dendromasse 57

4.2.1. Aufgabenstellung und Zielsetzung 57

4.2.2. Methodik 58

4.2.3. Akteuranalyse – Waldbesitzende Kommunen 58

4.2.4. Akteuranalyse – Dienstleistungsunternehmen 59

4.3. Akteure im Abfallbereich 61

4.3.1. Bio- und Grünabfälle 62
4.3.2. Klärschlamm 62
4.4. Die größten Energienachfrager der Industrie und öffentlichen Hand (Landkreisverwaltung/ Kommune) 64
5. Konzept- und Projektansätze zur Verwertung von Biomasse durch regionale und grenzüberschreitende Wertschöpfungsketten 68
5.1. Wärmenutzung von Biogasanlagen – Kommune 68
5.2. Wärmenutzung von Biogasanlagen – Industrie 71
5.3. Integration von Dendromasse 74
5.4. Abfallbereich 76
5.4.1. Allgemeine Konzept- und Projektansätze 76
5.4.2. Konkrete Konzept- und Projektansätze 77
5.4.2.1. Vorbemerkung 77
5.4.2.2. Stoffstromsplitting und energieeffiziente Nutzung von Bioabfällen am Beispiel der Kompostierungsanlage Schächer 78
5.4.2.3. Einbeziehung einer Kompostanlage der Fa. Becker in das Konzept „Nahwärme Burkersdorf“ 79
6. Schlussfolgerung 81
Literaturverzeichnis 86

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wertschöpfungskette halmgutartiger Biomasse 13

Abbildung 2: Wertschöpfungskette Energieholz (Hackschnitzel) 16

Abbildung 3: schematische Darstellung der Wertschöpfungsketten für Bio- und Grünabfälle 17

Abbildung 4: schematische Darstellung der Wertschöpfungsketten für Klärschlamm 18

Abbildung 5: Entwicklung der deutschlandweiten Silomaisanbaufläche und der gesamtdeutschen Tierzahlen (Rind, Schwein, Geflügel) von 2000 bis 2010 nach [DMK 2011] 19

Abbildung 6: Theoretisches (links) und technisches (=wirtschaftliches/ nachhaltiges) (rechts) Biomethanpotential aus Mais in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene) 20

Abbildung 7: Cadmiumbelastung des Oberbodens in Kombination mit Weizenanbaugebieten (Gemeindeebene) 22

Abbildung 8: Wirtschaftliches Biomethanpotential von Weizen (links), Triticale (Mitte) und Mais (rechts) aufgrund der Cadmiumbelastung in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene) 24

Abbildung 9: Wirtschaftliches Biomethanpotential von Weizen (links), Triticale (Mitte) und Mais (rechts) aufgrund der Bleibelastung in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene) 25

Abbildung 10: Wirtschaftliches Biomethanpotential von Weizen (links), Triticale (Mitte) und Mais (rechts) aufgrund der Arsenbelastung in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene) 25

Abbildung 11: Bleibelastung des Oberbodens in Kombination mit Weizenanbaugebieten (Gemeindeebene) 26

Abbildung 12: Vergleich des Energiemaispotentials mit dem Maispotential der Schwermetallbelastung 27

Abbildung 13: Theoretisches, technisches und wirtschaftliches (von links nach rechts) Biomethanpotential von Ernteresten in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene) 31

Abbildung 14: Theoretisches, technisches und wirtschaftliches (von links nach rechts) Biomethanpotential halmgutartiger Biomasse in Nm³ CH_4/ha unter Berücksichtigung der Schwermetallbelastung 32

Abbildung 15: Waldeigentumsverteilung in der Projektregion 34

Abbildung 16: Baumartenverteilung in der Projektregion 34

Abbildung 17: Besitzstruktur im Privatwald der Projektregion 35

Abbildung 18: Energieholzaufkommen im Wald 36

Abbildung 19: Wirtschaftliches Potential von Waldrestholz in kWh/ha (Gemeindeebene) 38

Abbildung 20: Beerntung einer Kurzumtriebsplantage (KUP) 39

Abbildung 21: jährliche Ertragsleistung der Pappel auf Ackerflächen in der Projektregion in t_{atro}/ha 40

Abbildung 22: Wirtschaftliches Potential von Kurzumtriebsplantagen (KUP) in kWh/ha (Gemeindeebene) 41

Abbildung 23: Wirtschaftliches Potential in der offenen Landschaft in kWh/ha (Gemeindeebene) 44

Abbildung 24: Wirtschaftliches Gesamtpotential von Energieholz in kWh/ha (Gemeindeebene) 46

Abbildung 25: Wirtschaftliches Potential für Bioabfälle (kommunal - links, gewerblich - rechts) 49

Abbildung 26: Wirtschaftliche Potentiale für Grünabfälle/ -schnitt (kommunal - links, gewerblich - rechts) 50

Abbildung 27: Wirtschaftliche Potentiale für Klärschlamm (links) und Summenpotential aus Bioabfall, Grünabfälle/ -schnitt und Klärschlamm (rechts) 50

Abbildung 28: theoretisches, technisches und wirtschaftliches (von links nach rechts) Gesamtpotential aus halmgutartiger Biomasse, Dendomasse und kommunalen Abfällen auf Gemeindeebene ... 51

Abbildung 29: Standorte von Agrargenossenschaften des Untersuchungsgebietes 53

Abbildung 30: Boxplot der elektrischen Nennleistung der Biogasanlagen des Untersuchungsgebietes 54

Abbildung 31: Biogasanlagenstandorte in Verbindung mit Agrargenossenschaften des Untersuchungsgebietes 55

Abbildung 32: Wärmepotentialkarte des Untersuchungsgebietes 56

Abbildung 33: TOP 100 der Wärmeverbraucher des Untersuchungsgebietes... 57

Abbildung 34: Anteil der Entsorgungswege in der direkten Klärschlammentsorgung aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen in Sachsen 2006 bis 2011 [STL SN 2011b] 63

Abbildung 35: Endenergieverbrauch im Jahr 2010 [SMWA/SMUL 2013] 64

Abbildung 36: Energieintensive Industrien nach Umsatzanteil in Deutschland (2010) [DESTATIS 2013] 65

Abbildung 37: Reduzierung des spezifischen Endenergieverbrauchs in der energieintensiven Industrie (1990=100%/Strom ist primärenergetisch mit 10,434 MJ/kWh bewertet) [RWI 2009] 66

Abbildung 38: Interesse einzelner Gemeinden an Biomasseprojekten .....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Abbildung 39: Energiebilanz Sachsen [SMWA/SMUL 2013] 73

Abbildung 40: Vorschlag zur Initiierung eines Projektprogramms „Energieoffensive Mittelsachsen 2020“ 74

Abbildung 41: Detailinformation zur Solarinitiative München [SIM 2013] 74

Abbildung 42: Prinzipielle Verfahrenswege zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen nach [KERN 2012] 78

Abbildung 43: Gesamt-Biomassepotential von halmgutartiger Biomasse, Dendromasse und kommunalen Abfällen in kWh/ha und Biogasanlagen in Abhängigkeit der elektrischen Leistung mit Kennzeichnung aller Biomasse-interessierten Kommunen 85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Quantitative Ziele und Orientierungen der Bundesregierung [SMWA/SMUL 2013] 11

Tabelle 2: Nahrungs- und Futtermittelgrenzwerte für Weizen, Triticale und Mais [EG 1881/2006], [EG 32/2002], [LABO 2012] 23

Tabelle 3: Methangaserträge der Getreidearten [BMV 2012] 23

Tabelle 4: Potential der schwermetallbelasteten halmgutartigen Biomasse 24

Tabelle 5: Korn-zu-Stroh/ -Blatt-Verhältnisse unterschiedlicher Erntereste [LEIBLE 2003], [LWK 2011], [KALTSCHMITT 2009] 28

Tabelle 6: Methangaserträge der verschiedenen Erntereste 28

Tabelle 7: theoretischer Ernterestmenge im Untersuchungsgebiet 29

Tabelle 8: technisch nutzbare Erntereste im Untersuchungsgebiet 29

Tabelle 9: Potentiale der Erntereste im Untersuchungsgebiet RekultA 30

Tabelle 10: Zusammenfassung Biomethanerzeugungspotential halmgutartiger Biomasse unter Berücksichtigung der Schwermetallbelastung ... 32

Tabelle 11: Energieholzpotential (Waldrestholz) in der Projektregion 37

Tabelle 12: Energieholzpotential (KUP) in der Projektregion 41

Tabelle 13: Energieholzpotential (Flurgehölz) in der Projektregion 43

Tabelle 14: Energetisches Gesamtpotential aus Energieholz in der Projektregion 45

Tabelle 15: Zusammenstellung der Quellen für die Abschätzung der Potentialmengen 47

Tabelle 16: Verwertungspotentiale für Bio- und Grünabfälle sowie Klärschlamm im RekultA-Gebiet, Abschätzung auf Grundlage verschiedener Quellen, Stand: März 2013 48

Tabelle 17: Gesamtpotential aus halmgutartiger Biomasse, Dendomasse und kommunalen Abfällen des RekultA-Gebietes 52

Tabelle 18: Kommunen mit Waldbesitz ab 100 ha in der Projektregion..**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 19: Forstdienstleistungsunternehmen in der Projektregion .....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 20: Landwirtschaftliche Dienstleistungsunternehmen in der Projektregion ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 21: Baum- und Landschaftspflegeunternehmen in der Projektregion ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 22: Transportunternehmen in der Projektregion.....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 23: Entsorgungsunternehmen, Sammlung und Transport von Bioabfällen (Biotonne), RekultA-Gebiet, 2013...**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 24: Entsorgungsunternehmen, Verwertung von Bio- und Grünabfällen, RekultA-Gebiet, 2013, nach [UBA 2012b]**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 25: Entsorgungsunternehmen, Verwertung von Bio- und Grünabfällen, RekultA-Gebiet, 2013, nach [ABENSA 2010]....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 26: Abwasserzweckverbände mit Einzugsgebieten und Kläranlagen, RekultA-Gebiet, 2012 [SMUL 2013] und Internetinformationen der Abwasserzweckverbände ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 27: Klärschlammbehandlungsanlagen im RekultA-Gebiet [ABENSA 2010] ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 28: Akteuranalyse – Papiergewerbe und Erzeugung von NE-Metallen [IHK MSN 2013] ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 29: An der Thematik interessierte Kommunen .....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 30: Auswertung der Befragung der Kommunen und Landkreisverwaltungen ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 31: Charakterisierung Kommune Priorität 1 69

Tabelle 32: Akteure der Potentialbereitstellung für halmgutartige Biomasse in Bobritzsch ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 33: bestehende Biogasanlagen in Bobritzsch [BMFG 2013] 71

Tabelle 34: Konzept-/Projektansatz Schächer, Conradsdorf 79

Tabelle 35: Konzept-/Projektansatz Becker, Burkersdorf 79

Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
ANA	Altkreis Annaberg (bis 01.08.2008)
As	Arsen
BHKW	Blockheizkraftwerk
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Cd	Cadmium
CH_4	Methan
EE	erneuerbare Energie
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Fa.	Firma
FG	Altkreis Freiberg (bis 01.08.2008)
fm	Festmeter
FM	Frischmasse
kg	Kilogramm
KUP	Kurzumtriebsplantage
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWh	Kilowattstunden
ggf.	gegebenenfalls
GPS	Ganzpflanzensilage
GWh	Gigawattstunden
h	Stunde
ha	Hektar
i. d. R.	in der Regel
LK	Landkreis
MEK	Altkreis Mittlerer Erzgebirgskreis (bis 01.08.2008)
MWh	Megawattstunden
Mio.	Million
NE-Metall	Nicht-Eisen-Metall
Nm^3	Normkubikmeter

o. g.	oben genannt(en)
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
OT	Ortsteil
Pb	Blei
rd.	rund
sog.	sogenannte(n)
STL	Altkreis Stollberg (bis 01.08.2008)
t_{atro}	Atrotonne; Tonne absolut trocken
Tsd.	Tausend
u. a.	unter anderem
u. a. m.	und andere(s) mehr
usw.	und so weiter
u. U.	unter Umständen
vgl.	man vergleiche
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

1. Einleitung

Im Zuge der aktuell diskutierten Energiewende steht die Erweiterung der Nutzung erneuerbare Energien zunehmend im Mittelpunkt. Das Bewusstsein für den individuellen Energieverbrauch und dessen Deckung wächst in weiten Teilen der Bevölkerung. Die klimapolitischen Vorgaben setzen anspruchsvolle Ziele für die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Erweiterung erneuerbarer Energien (EE). Tabelle 1 gibt hierfür einen Überblick.

Tabelle 1: Quantitative Ziele und Orientierungen der Bundesregierung [SMWA/SMUL 2013]

	2008/ (1990)*)	**2020**	**2050**
Primärenergieverbrauch	100 %	80 %	50 %
Stromverbrauch	100 %	90 %	75 %
Treibhausgasemission*)	100 %	60 %	20 bis 5 %
Anteil EE am Endenergieverbrauch (brutto)	9,5 %	18 %	60 %
Anteil EE am Stromverbrauch (brutto)	14,5 %	35 %	80 %

*) Das Bezugsjahr 1990 gilt für die Treibhausgasemission

Die klimapolitische Zielerreichung ist nur durch Umsetzung einer Vielzahl regionaler Projekte möglich. Während der Anteil erneuerbarer Energie am Stromverbrauch deutlich von Wind und Solarenergie geprägt ist, spielt besonders im Bereich Wärmenutzung und somit u. a. am Endenergieverbrauch die Biomassenutzung eine bedeutende Rolle.

Das sächsisch-tschechische Ziel 3-Projekt „RekultA“ hat das Ziel, grenzüberschreitende regionale Biomasse-Wertschöpfungsketten zur nachhaltigen Nutzung schwermetallbelasteter landwirtschaftlicher Flächen in der Region Freiberg und den Bergbaufolgelandschaften um Chomutov zu entwickeln. RekultA steht hierbei für die „Rekultivierung großflächig schwermetallbelasteter Areale und Bergbaufolgelandschaften der Euroregion Erzgebirge durch standortangepasste Anbausysteme nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Verwertung“. Das Vorhaben liefert damit auch einen Betrag zur regionalen wirtschaftlichen Entwicklung und zur Umsetzung der Energiewende „vor Ort“.

Der vorliegende Bericht ordnet sich in das Projekt mittels der Ermittlung des Biomassepotentials sowie einer Akteuranalyse ein. Ziel ist es, in der Region potentielle Projekte zu generieren bzw. identifizieren und deren Rahmenbedingungen zu definieren. Perspektivisch ist auf Grundlage dieser Studie die Kontaktaufnahme durchzuführen und im Idealfall Interessensbekundungen einzuholen.

In den folgenden Kapiteln werden die Möglichkeiten zum Aufbau neuer, regionaler Wertschöpfungsketten mit geschlossenen Stoffkreisläufen untersucht. Diese Möglichkeiten werden im ersten Schritt anhand einer Potentialermittlung für

verschiedenartige Biomasse ermittelt. Die betrachteten Substrate gliedern sich in folgende Gruppen:

- halmgutartige Biomasse
- Dendromasse
- organische Abfälle

Die Potentialbestimmung erfolgt stufenweise. Hierzu wird anhand des theoretischen Aufkommens der Biomasse das theoretische Potential bestimmt. Aufgrund technischer und wirtschaftlicher Restriktionen reduziert sich das theoretische Maximum auf das technische bzw. wirtschaftliche Potential. Einen besonderen Schwerpunkt bildet die Betrachtung schwermetallbelasteter Biomasse, welche für eine energetische Nutzung prädestiniert ist.

Das Aufzeigen von Nutzungsmöglichkeiten der ausgewiesenen Potentiale bildet einen weiteren Untersuchungsschwerpunkt. Die Analyse verschiedener Akteure aus unterschiedlichen Bereichen soll innovative Projektansätze zur energetischen Nutzung von Biomasse generieren. Diese Akteure können u.a. Kommunen, öffentliche Einrichtungen sowie private Träger sein.

Die Untersuchungsregion umfasst das deutsche Gebiet der Euroregion Erzgebirge. Im Konkreten werden die vor der Kreisgebietsreform 2008 selbstständigen Landkreise Freiberg, Mittlerer Erzgebirgskreis, Annaberg und Stollberg betrachtet (RekultA-Gebiet). Der Altkreis Freiberg ist dem jetzigen Landkreis Mittelsachsen zuzuordnen. Die anderen drei Altkreise gehören nunmehr dem Landkreis Erzgebirgskreis an.

2. Definition und Analyse der Wertschöpfungskette

2.1. Halmgutartige Biomasse

Halmgutartige Biomasse kann in vielfältiger Weise genutzt werden. Die Wertschöpfung kann hierbei in drei teilweise konkurrierenden Pfaden erfolgen:

- Nutzung als Futtermittel/ Nahrungsindustrie
- Humusneubildung
- energetische Nutzung (Fermentation, Verbrennung, Kraftstoffproduktion)

Innerhalb dieser Studie wird eine klare Hierarchie der einzelnen Nutzungspfade postuliert. Die Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie die Humusneubildung auf den Ackerflächen hat stets Vorrang vor einer energetischen Nutzung. Die gesamte Wertschöpfung erfolgt dabei wiederum in drei aufeinander aufbauenden Schritten (Abbildung 1):

- Ernte
- Logistik/ Transport
- Verwendung/ Nutzung

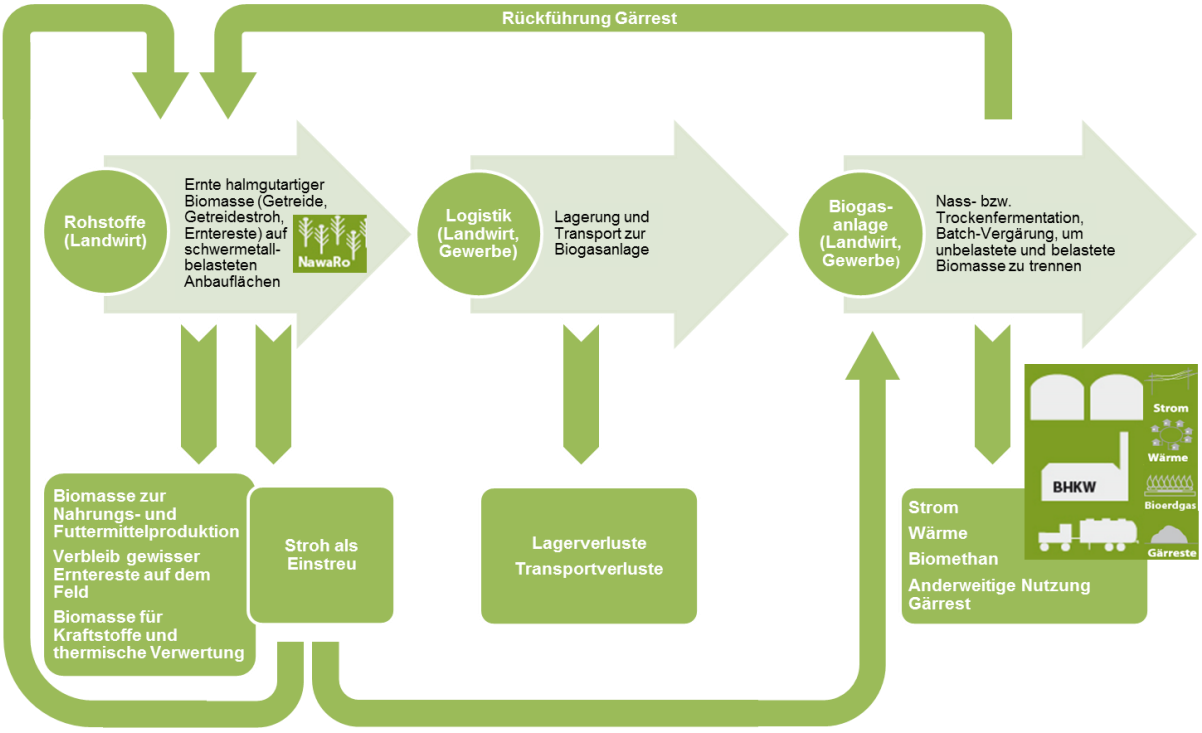


Abbildung 1: Wertschöpfungskette halmgutartiger Biomasse

Die Wertschöpfung beginnt mit der Ernte der Rohstoffe. Dies ist neben dem Getreide auch das dazugehörige Stroh. Der Landwirt belässt hierbei eine bestimmte Ernterestmenge auf dem Acker, um eine stabile Humusbilanz aufrecht zu erhalten. Für das Getreidekorn samt dem zugehörigen Stroh sind verschiedenste Nutzungsmöglichkeiten denkbar. Für das Korn erzielt der Landwirt bei einer Verwendung als Nahrungsmittel den höchsten Preis. Weiterhin wird die Biomasse üblicherweise als Futtermittel in der Viehzucht genutzt. Das Getreidestroh wird zum Teil als Einstreu in Ställen verwendet. Die Pflanzen, die auf schwermetallbelasteten Ackerflächen angebaut werden, können Schwermetalle wie Arsen, Blei oder Cadmium enthalten. Bei Überschreitung definierter Grenzwerte ist die Verwendung als Nahrungs- oder Futtermittel nicht mehr zulässig. In diesem Fall eröffnet sich dem Landwirt eine weitere Möglichkeit, die Biomasse wirtschaftlich zu nutzen. Als Energierohstoff kann die Biomasse beispielsweise zur Herstellung von Biogas verwendet werden. Als Alternative dazu bestehen auch Möglichkeiten, die Biomasse zur energetischen Verwertung oder Herstellung für Biokraftstoffe zu verwenden. Ebenso ist dies sowohl mit dem nicht als Einstreu benötigten Strohanteil als auch der Einstreumenge in Verbindung mit tierischen Exkrementen möglich. Eine andere Nutzungsmöglichkeit des Festmistes ist die Ausbringung auf die Ackerflächen als Dünger. Jedoch ist hierbei festzuhalten, dass Gärprodukte des Fermentationsprozesses bessere Düngeeigenschaften aufweisen als Festmist.

Der zweite Schritt der Wertschöpfung beschreibt Transport und Lagerung der Biomasse. Dabei entstehen technisch bedingte Verluste, die bis zu 12 % betragen können.

Der abschließende Schritt der Wertschöpfung halmgutartiger Biomasse ist die Verwertung. Am Beispiel der Biogasproduktion ist dies die Fermentation. Das entstehende Biogas wird aktuell in den meisten Anlagen mittels Kraft-Wärme-Kopplung (Blockheizkraftwerke) in elektrische und thermische Energie umgewandelt. Hohe Gesamtnutzungsgrade ergeben sich, wenn die bei der Verstromung anfallende Wärme weitestgehend genutzt werden kann. Bei vielen aktuellen Biogasanlagen ist jedoch der Wärmenutzungsgrad sehr gering. Hier gilt es, neue Wertschöpfungspfade in Form von Nahwärmenetzen bzw. Biogasnetzen zu eröffnen. Eine weitere Nutzung des erzeugten Biogases besteht in der Aufarbeitung zu Biomethan und der Einspeisung in das öffentliche Erdgasnetz. Hierbei kann die bestehende Gasinfrastruktur zur Verteilung und Anwendung des Gases analog zum konventionellen Erdgas genutzt werden. Für einen wirtschaftlichen Betrieb sind hierbei jedoch Mindestvolumenströme von ca. 500 Nm^3/h notwendig.

Das entstehende Gärprodukt kann in zweierlei Hinsicht verwendet werden. Einerseits kann es als hochwertiger Dünger auf den Acker zurückgebracht werden. Andererseits kommt im Hinblick auf den immer bedeutenderen Umweltschutz auch eine sogenannte Phytoremediation in Betracht. Darunter versteht man sie Sanierung kontaminierten Bodens mit Hilfe von Pflanzen. Das in der Landwirtschaft übliche Verfahren ist hierbei die Phytoextraktion, bei der sich die Schadstoffe direkt in der Biomasse anreichern. Wird das später entstandene Gärprodukt nicht auf das Feld zurückgebracht sondern als Sondermüll entsorgt, kann die Bodenkonzentration einzelner Kontaminanten stetig gesenkt werden. Ein weiterer Ansatz beschreibt die Gewinnung spezieller Rohstoffe aus belasteter

Biomasse. Allerdings besteht hinsichtlich der Rohstoffgewinnung im Bereich der Extraktionsmöglichkeiten noch erheblicher Forschungsbedarf. Die Phytoremediation gewinnt dennoch immer weiter an Bedeutung, da hier trotz einer langen Prozessdauer die Kosten für eine Rekultivierung gering gehalten werden können.

2.2. Dendromasse

2.2.1. Begriffserklärung

Der Begriff Dendromasse umfasst streng genommen die gesamte holzige Biomasse von der Wurzel eines Baumes, über dessen Stamm bis hin zum kleinsten Zweig. Das Holz bzw. die Dendromasse kann sowohl stofflich (Säge- und Papierindustrie) als auch energetisch verwertet werden. Die Art der Verwertung hängt von den Eigentümerzielen sowie den Vorgaben der verarbeitenden Industrie bzgl. Dimension und Qualität ab.

In zahlreichen Publikationen, die sich mit dem Thema der Energiegewinnung aus Biomasse befassen, wird der Begriff Dendromasse gleichgesetzt mit holziger Biomasse, die aufgrund ihrer geringen Dimension (schwaches Ast- und Kronenmaterial) oder qualitätsmindernder Faktoren, wie z. B. Stammfäule, keiner höherwertigen stofflichen Verwertung (Möbel- und Hausbau etc.) zugeführt werden kann und deshalb vorwiegend in Bioenergie-Anlagen zur Erzeugung von Wärme, Strom und Kraftstoff zum Einsatz kommt. Die in solchen Energieerzeugungsanlagen verwertete Dendromasse wird dann auch als Energieholz bezeichnet.

Nachfolgend wird im Sinne einer eindeutigen begrifflichen Zuordnung ausschließlich die Bezeichnung Energieholz für holzige Biomasse zur Wärmeerzeugung im Sinne dieser Studie verwendet.

2.2.2. Wertschöpfungskette Energieholz

Unter dem Begriff der Wertschöpfungskette versteht man im Allgemeinen eine Anhäufung bzw. Abfolge von Tätigkeiten und Prozessen, die im direkten Zusammenhang mit der Herstellung und Wertsteigerung eines Produktes oder einer Dienstleistung erbracht werden.

In Abbildung 2 sind die einzelnen Prozesse der Wertschöpfungskette Energieholz – von der Rohstofferzeugung durch den Waldbesitzer oder Landwirt, über die erforderlichen logistischen Zwischenschritte, hin zur Verwertung in einer Bioenergie-Anlage – am Beispiel des Energieholzproduktes Hackschnitzel dargestellt.

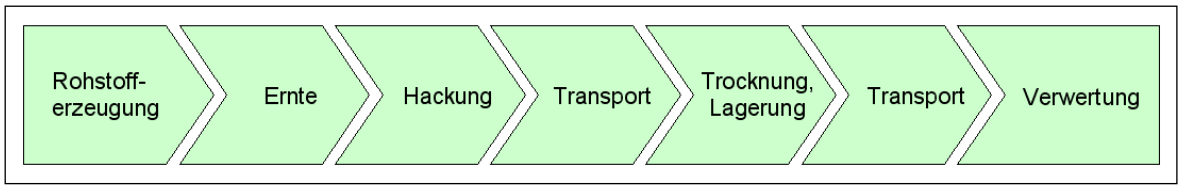


Abbildung 2: Wertschöpfungskette Energieholz (Hackschnitzel)

Eine kommunale Wertschöpfungskette auf Basis von Holzhackschnitzeln aus dem Wald könnte z. B. wie folgt gestaltet sein:

Eine waldbesitzende Stadt oder Gemeinde verwendet je nach nachhaltig realisierbarer Menge Holz aus dem eigenen Wald zur Wärmeversorgung eines kommunalen Einzelobjektes (Schule, Turnhalle, Kindertagesstätte etc.), welches sich nicht sinnvoll in bestehende Wärmenetze integrieren lässt (Insellösung). Durch die Einbindung regional ansässiger Dienstleistungsunternehmen in die Logistikkette werden die Transportwege kurz gehalten und einzelne Teilprozesse der Brennstoffbereitstellung (Hackung, Transport, etc.) können effizient gestaltet werden.

2.3. Abfälle

Bio- und Grünabfälle fallen sowohl im kommunalen Bereich (private Haushalte) als auch in Gewerbe und Industrie an. Grünabfälle fallen beispielsweise auch bei Landschaftspflegemaßnahmen oder auf Friedhöfen an, die in der Regel in kommunaler Regie durchgeführt bzw. betrieben werden; die Abfälle gelten aber als Abfälle aus Gewerbe und Industrie (andere Herkunftsbereiche).

Mit der Herkunft der Abfälle sind die Zuständigkeiten bzgl. Bewirtschaftung der Abfälle geregelt. Für die Bio- und Grünabfälle aus Haushaltungen sind die Landkreise als öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (örE) verantwortlich. Wenn die örE keine separaten Erfassungs- und Entsorgungssysteme vorsehen, können private Entsorger diese Aufgabe übernehmen und ihre Leistungen den Bürgern direkt anbieten (Vorgehensweise beispielsweise im LK Mittelsachsen). Abfallerzeuger aus Gewerbe und Industrie sind für die Entsorgung ihrer Abfälle grundsätzlich selbst zuständig und können sich privater Dritter bedienen.

Die prinzipiell möglichen Entsorgungswege für Bio- und Grünabfälle richten sich eher nach den Abfalleigenschaften, weniger nach der Herkunft.

Klärschlämme entstehen bei der Behandlung von Abwässern. Der hier zu betrachtende kommunale Klärschlamm fällt bei der Klärung kommunaler Abwässer an. Die Behandlung kommunaler Abwässer und die Entsorgung der entsprechenden Klärschlämme obliegen den Abwasserverbänden, die sich regional gebildet haben.

Die nachfolgenden Abbildungen stellen Wertschöpfungsketten schematisch für die Abfälle und für den kommunalen Klärschlamm vom Anfall bis zur Verwertung dar. Die entsprechenden Akteure werden im Kapitel 4.3 vorgestellt.

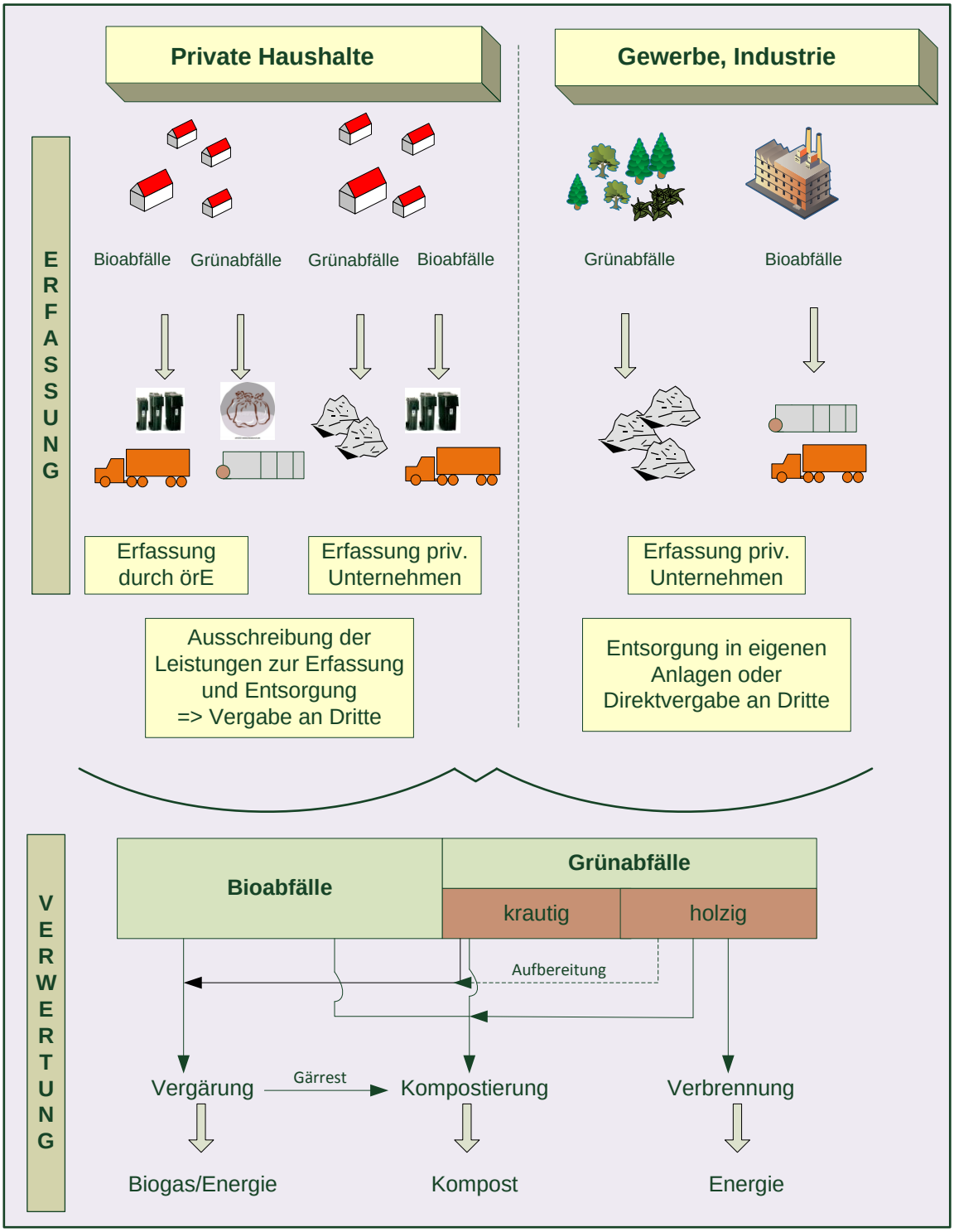


Abbildung 3: **schematische Darstellung der Wertschöpfungsketten für Bio- und Grünabfälle**

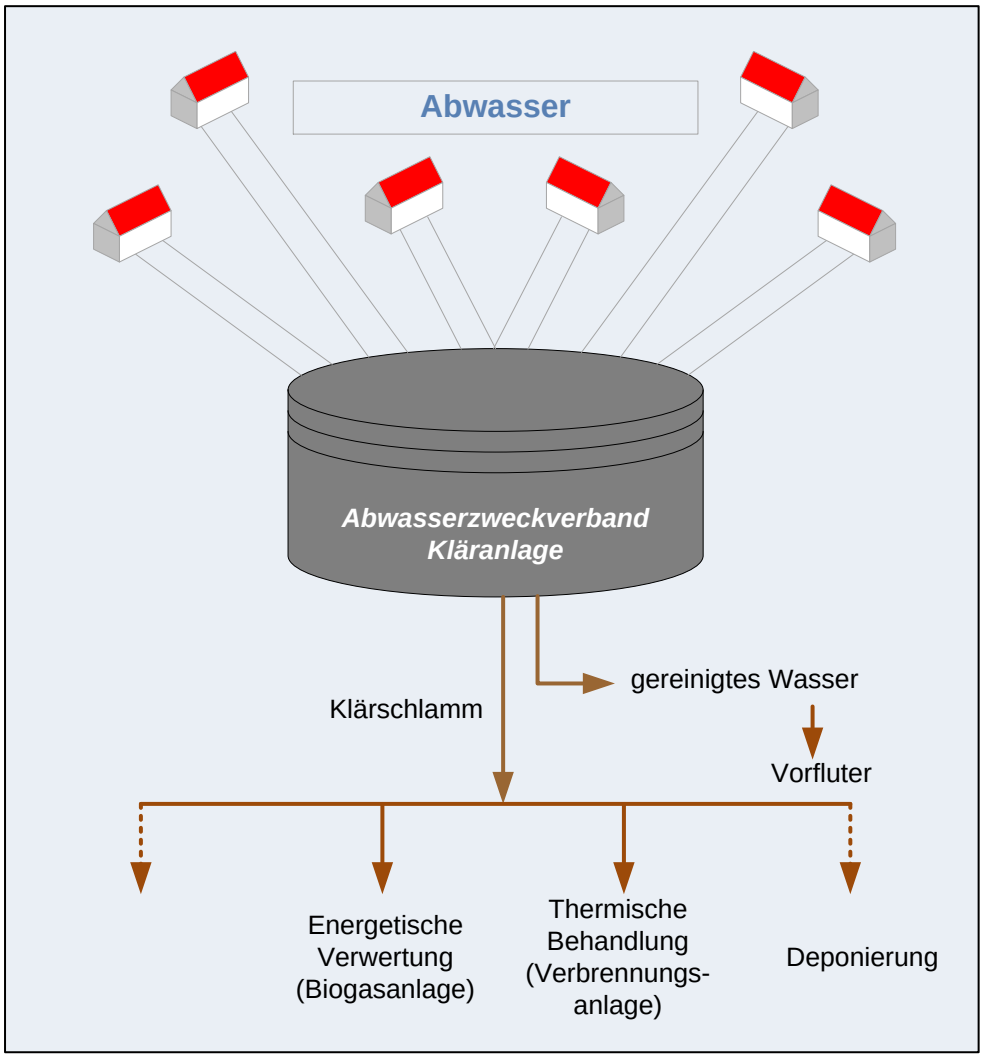


Abbildung 4: schematische Darstellung der Wertschöpfungsketten für Klärschlamm

3. Ermittlung des Biomasse- und Verwertungspotentials auf deutscher Seite der Euroregion Erzgebirge

3.1. Halmgutartige Biomasse

Zu den in dieser Studie betrachteten halmgutartigen Biomassen gehören Getreidestroh, Rapsstroh, Kartoffel- und Rübenblatt sowie Maissilage und das Erntegut von Weizen und Triticale. Speziell für die Getreidekörner erfolgt die Potentialermittlung unter der Prämisse einer möglichen Schwermetallbelastung. Hierbei werden die Elemente Cadmium, Blei und Arsen im Detail betrachtet.

3.1.1. Mais

Mais stellt das aktuelle Haupteinsatzsubstrat in Biogasanlagen dar. Die Ursache liegt in pflanzenbaulichen und technologischen Vorteilen. Diese sind beispielsweise hohe Masse- und Gaserträge, bewährtes Anbauverfahren sowie gute Silierbarkeit und Vergärbarkeit. In folgender Abbildung ist die Entwicklung der Maisanbaufläche und zum Vergleich die Entwicklung der Tierzahlen in Deutschland von 2000 bis 2010 dargestellt. Zu erkennen ist dabei, dass insbesondere nach der Novellierung des EEG im Jahr 2004 und der daraus resultierenden Biogasanlagenzunahme ein starker Flächenzuwachs erfolgte.

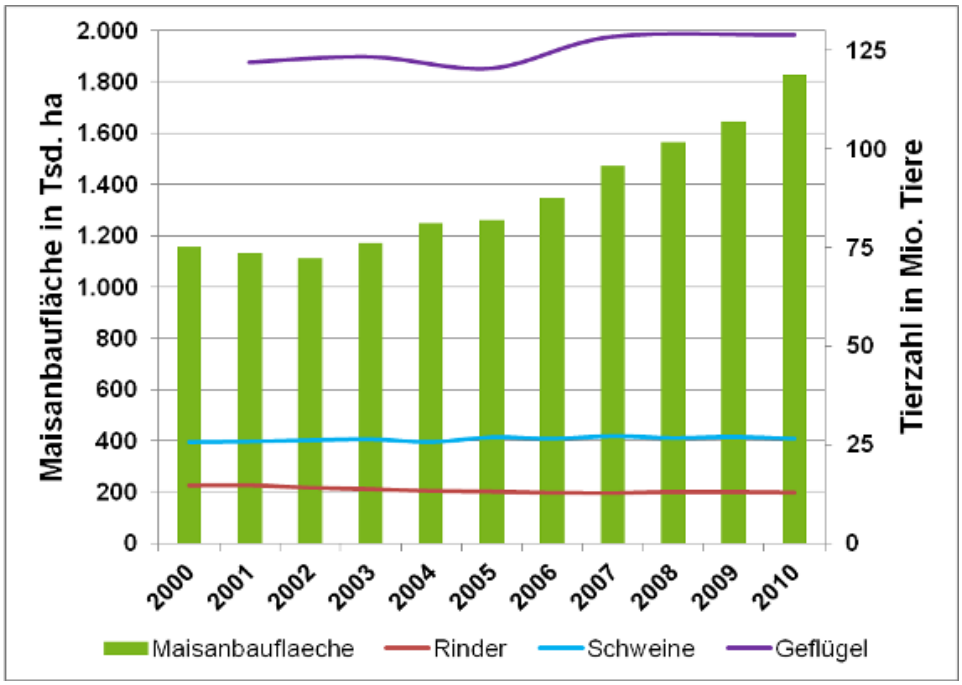


Abbildung 5: **Entwicklung der deutschlandweiten Silomaisanbaufläche und der gesamtdeutschen Tierzahlen (Rind, Schwein, Geflügel) von 2000 bis 2010 nach [DMK 2011]**

Wie aus oben stehender Abbildung ersichtlich, wurde ab 2004 zunehmend Mais angebaut. Die Anzahl der Tiere, welche Mais als Futtermittel erhalten (Schweine, Rinder), blieb jedoch relativ konstant bzw. war rückläufig. Der Grund für den Anstieg der Maisanbaufläche ist dabei insbesondere im starken Zubau von Biogasanlagen zu sehen, zumal sich die Anbauflächen für Körnermais gemäß [DMK 2011] (Nutzung teilweise in der Futtermittel- und hauptsächlich in der Lebensmittelindustrie) seit 2004 auf einem gleichmäßigen Niveau belaufen. Die Entwicklung des Körnermaisanbaus deckt sich mit den Aussagen zu den Tierzahlen, sodass der Zuwachs an Silomais klar dem Energiemais zugeordnet werden kann und in die weiteren Betrachtungen einfließt.

Für die Potentialermittlung des Energiemais werden die Anbauflächen je Landkreis aus [STB 2010] herangezogen. In den Landkreisen Mittelsachsen und Erzgebirgskreis ergibt sich somit in Summe eine Anbaufläche für Energiemais etwa 1.550 Hektar (Jahr 2010). Darauf aufbauend bestimmt der landkreisbezogene durchschnittliche Ertrag an Silomais in t/ha (Berechnung aus den Zahlen von 1999 bis 2011 [STB 2010], deutschlandweit 434 dt/ha, Durchschnitt im Untersuchungsgebiet 350 dt/ha) die Erntemenge an Silomais. Aus Mais können gemäß [BMV 2012] 106 Nm³ CH_4/t_{FM} erzielt werden. Das theoretische Potential für das Untersuchungsgebiet entspricht somit ca. 4,2 Mio. Nm³ Biomethan bzw. 42 Mio. kWh pro Jahr. Unter Beachtung von 12 % Lagerverlusten [KTBL EP 2006], die sich aus Trockenmasseverlusten (6 %), Randverlusten (5 %) und Entnahmeverlusten (1 %) zusammensetzen, ergibt sich das technische Potential. In Summe entspricht dies 3,7 Mio. Nm³ Biomethan bzw. 37 Mio. kWh pro Jahr.

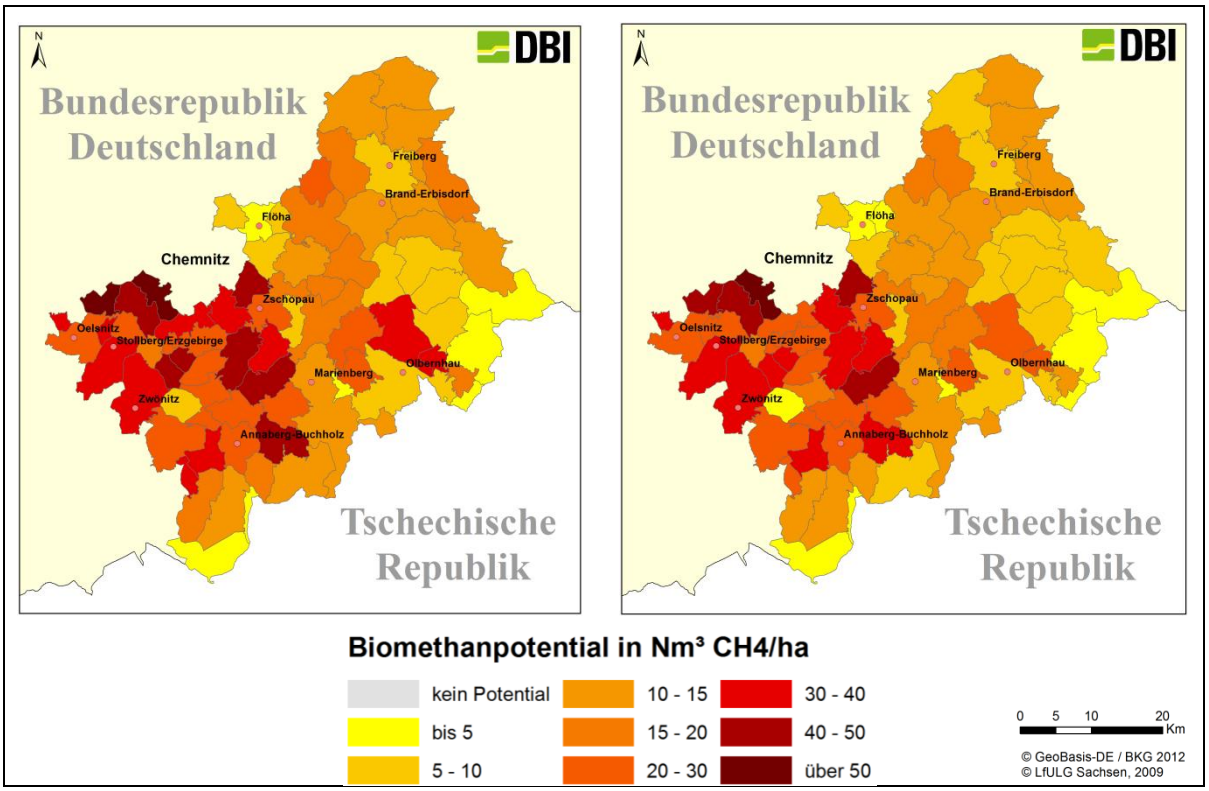


Abbildung 6: **Theoretisches (links) und technisches (=wirtschaftliches/ nachhaltiges) (rechts) Biomethanpotential aus Mais in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene)**

Deutschlandweite Untersuchungen haben gezeigt, dass bei der Berücksichtigung boden- und wasserseitiger Nachhaltigkeitsfaktoren Regionen identifiziert werden können, in denen kein nachhaltiger Maisanbau erfolgt. Innerhalb des in dieser Studie untersuchten Gebietes treten keine dieser Regionen auf. Demzufolge entspricht das technische dem wirtschaftlichen Maispotential. Abbildung 6 fasst das ermittelte Maispotential zusammen.

3.1.2. Getreide

Das innerhalb dieser Studie betrachtete Biomethanerzeugungspotential aus Getreide (Korn) beschränkt sich auf schwermetallbelastete Biomasse, da davon ausgegangen wird, dass unbelastetes Substrat die Wertschöpfungskette der Futter- bzw. Nahrungsmittelproduktion verfolgt. Für eine Ermittlung der Biogaspotentiale auf schwermetallbelasteten Ackerflächen wird der Einfluss der Schwermetalle Arsen, Blei und Cadmium auf die Getreidearten Weizen, Triticale und Silomais untersucht. Abbildung 7 zeigt an einem Beispiel (Weizenanbau/ Cadmiumbelastung) die Ausgangslage der Betrachtungen. Die zu untersuchende Getreideart, wird laut Erntestatistik nicht in jeder Gemeinde angebaut, sodass beispielsweise für Freiberg trotz hoher Cadmiumbelastung kein Potential den Weizenanbau betreffend ausgewiesen werden kann.

Die Besonderheit des Untersuchungsgebietes dieser Studie liegt in der Schwermetallbelastung der Böden. Besonders die ehemaligen Bergbauregionen um Freiberg und Ehrenfriedersdorf sowie die Flussauen wie um Flöha weisen erhöhte Konzentrationen von Cadmium, Arsen und Blei im Boden auf. Des Weiteren zeigt besonders Cadmium eine hohe Pflanzenaffinität.

Allen Ackerflächen im Untersuchungsgebiet werden die jeweiligen Schwermetallbelastungen, die Bodenfruchtbarkeit und Gemeinde zugeordnet. Es folgen Berechnungen des theoretischen Übergangs der Schwermetalle in das Pflanzenkorn anhand von Regressionsgleichungen, die durch Untersuchungen der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft bestimmt wurden. Anhand dieser Informationen kann abgeschätzt werden, wie hoch die potentielle Belastung der betreffenden Biomasse ist.

Um das theoretische Biomethanpotential aus belasteter Biomasse jeder einzelnen Ackerfläche bestimmen zu können, wird ein spezifischer Hektarertrag anhand der Bodenfruchtbarkeit, die sich in drei Kategorien unterteilt, ermittelt. Durch die Kenntnis von Anbauflächen der einzelnen Substrate in jeder Gemeinde, die das Statistische Landesamt Kamenz veröffentlicht, werden die absoluten Frischmasseerträge berechnet. Über die spezifischen Methangaserträge bestimmt sich eine theoretische Methangasausbeute jeder einzelnen Ackerfläche [BMV 2012].

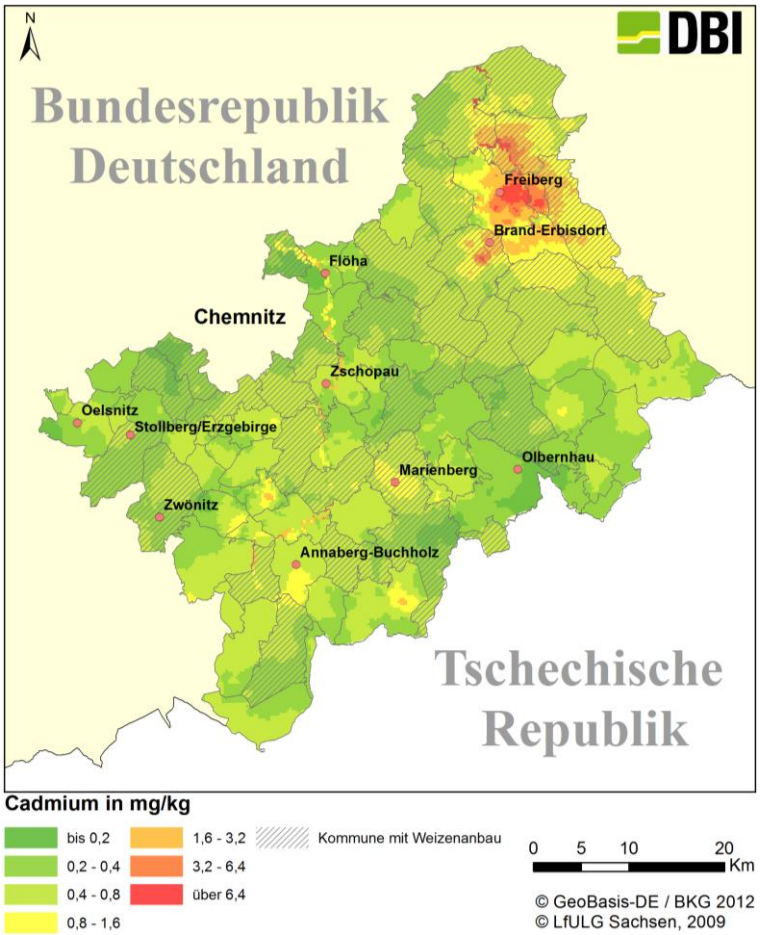


Abbildung 7: Cadmiumbelastung des Oberbodens in Kombination mit Weizenanbaugebieten (Gemeindeebene)

Für die folgende Bestimmung der Methangaspotentiale des Getreidekorns unter Berücksichtigung der Schwermetallbelastung ist es notwendig, geltende Grenzwerte der einzelnen Schwermetalle für die Verwendung als Nahrungs- oder Futtermittel zu betrachten. Diese werden von der Europäischen Kommission unter anderem in [EG 1881/2006] und [EG 32/2002] geregelt. Werden diese Grenzwerte überschritten, darf das Korn nicht zur Nahrungs- oder Futtermittelverwertung genutzt werden und es generiert sich ein Wertschöpfungspfad für die energetische Nutzung in Form von Biogas. Bei einer Überschreitung des Nahrungsmittelgrenzwertes besteht die Wahl, das Korn unter anderem als Futtermittel zu verwenden oder es einer energetischen Nutzung zuzuführen.

Tabelle 2: Nahrungs- und Futtermittelgrenzwerte für Weizen, Triticale und Mais [EG 1881/2006], [EG 32/2002], [LABO 2012]

Schwermetall	Getreideart	Grenzwert	
		Nahrungsmittel in mg/kg_{FM}	Futtermittel in mg/kg_{FM}
Cadmium	Weizen	0,2	1
	Triticale	0,1	
	Mais	0,1	
Blei	Weizen	0,2	10
	Triticale		
	Mais		
Arsen	Weizen	0,2	2
	Triticale		
	Mais		

Wenn allerdings auch der Futtermittelgrenzwert überschritten sein sollte, besteht die Möglichkeit einer uneingeschränkten Nutzung zur Herstellung von Biogas.

Tabelle 3: Methangaserträge der Getreidearten [BMV 2012]

Getreideart	Methanertrag in Nm^3 CH_4 pro kg Frischmasse
Weizenkorn	320
Triticalekorn	320
Silomais (GPS)	106

Die so berechneten Methangaspotentiale stellen einen Maximalwert der Nutzung aufgrund der Erntestatistiken dar. Um praxisbezogene Aussagen treffen zu können, sind weitere technische und wirtschaftliche Einschränkungen wie Lagerverluste, Rohstoffpreise und aktuelle EEG-Vergütung zu berücksichtigen.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Substraten dieser Studie zu vereinfachen, werden die Potentiale auf Gemeindeebene dargestellt. Im Fall der halmgutartigen Biomasse bedeutet dies, dass die Potentiale der Ackerflächen pro Gemeinde zusammengefasst werden. Tabelle 4 fasst die berechneten Gesamtpotentiale für die verschiedenen Varianten für das Untersuchungsgebiet zusammen.

Die wirtschaftlichen Potentiale der drei betrachteten Getreidearten (Weizen, Triticale und Mais) sind in Abbildung 8 bis Abbildung 10 dargestellt. Hierbei fällt unter anderem auf, dass die Stadt Freiberg trotz hoher Belastungen mit Schwermetallen scheinbar keine Potentiale aufweist. Diese Erscheinung entsteht durch die ausschließliche Betrachtung der Getreidesorten Weizen, Triticale und

Mais, für die keine Anbauflächen im Stadtgebiet Freiberg in der Statistik 2010 ausgewiesen sind.

Tabelle 4: Potential der schwermetallbelasteten halmgutartigen Biomasse

Schwer-metall	Getreide-art	Theoretisches Potential		Technisches Potential		Wirtschaftliches Potential	
		Tsd. Nm³ CH_4/a	GWh/a	Tsd. Nm³ CH_4/a	GWh/a	Tsd. Nm³ CH_4/a	MWh/a
Cd	Weizen	430	4,25	400	3,93	340	3,42
	Triticale	360	3,60	340	3,33	290	2,90
	Mais	780	7,76	690	6,83	500	4,99
Pb	Weizen	21.590	214,63	19.970	198,53	17.380	172,72
	Triticale	480	4,74	440	4,38	380	3,81
	Mais	11.340	112,71	9.980	99,19	7.280	72,41
As	Weizen	80	0,77	70	0,72	60	0,62
	Triticale	410	4,04	380	3,74	330	3,25
	Mais	1.070	10,68	950	9,40	690	6,86

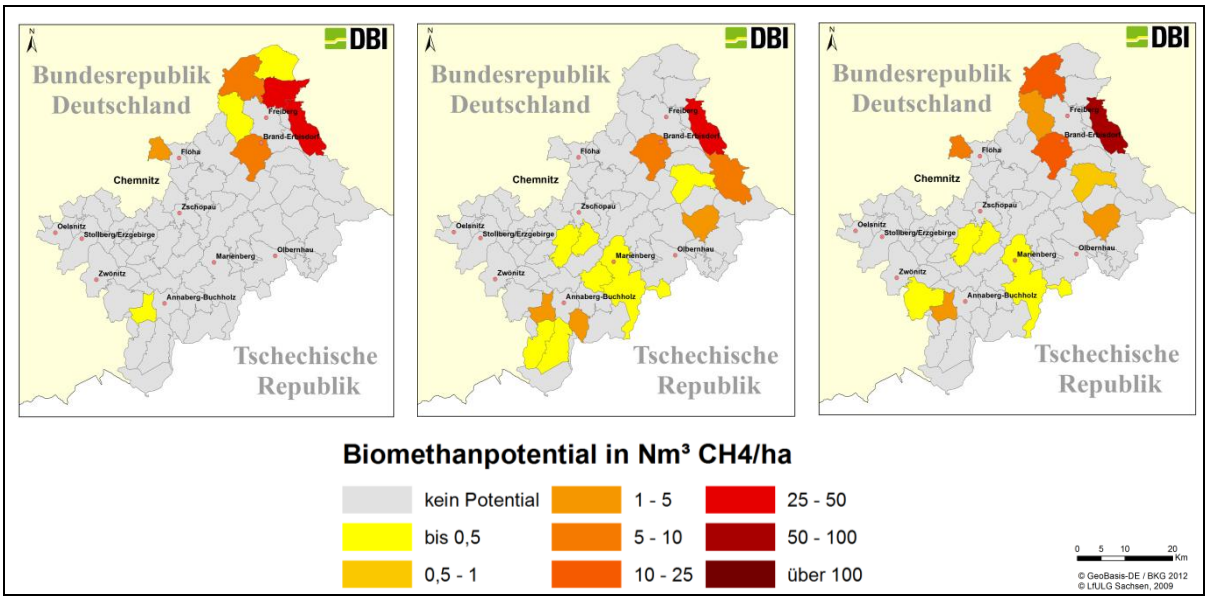


Abbildung 8: Wirtschaftliches Biomethanpotential von Weizen (links), Triticale (Mitte) und Mais (rechts) aufgrund der Cadmiumbelastung in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene)

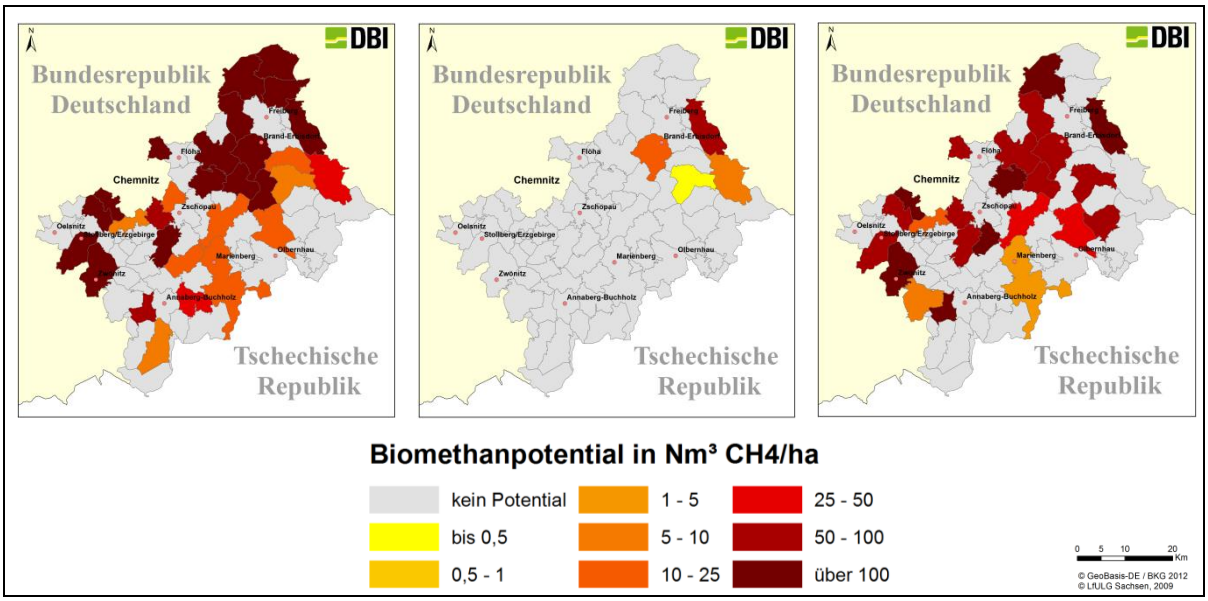


Abbildung 9: **Wirtschaftliches Biomethanpotential von Weizen (links), Triticale (Mitte) und Mais (rechts) aufgrund der Bleibelastung in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene)**

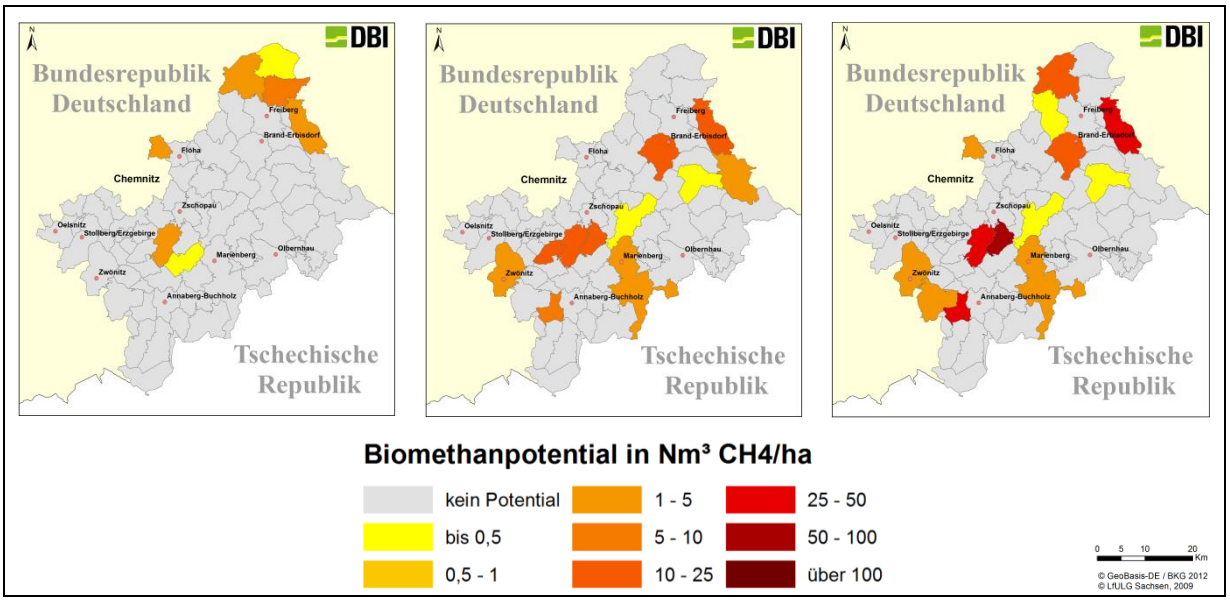


Abbildung 10: **Wirtschaftliches Biomethanpotential von Weizen (links), Triticale (Mitte) und Mais (rechts) aufgrund der Arsenbelastung in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene)**

Die Untersuchungen auf Basis der Blei und Arsenbelastung weisen besonders hohe Werte auf. Hierbei ist auf die Regressionsgleichungen und die Eingangsdaten der Bodenbelastung zu verweisen. Aufgrund der Individualität jeder einzelnen Pflanze, der Unterschiede in der Bodenbeschaffenheit sowie einer inhomogenen Konzentration der Schwermetalle im Boden haben die ausgewiesenen Regressionsgleichungen nur geringe Bestimmtheitsgrade. Diese reichen von 8 bis 95 % [LFULG 2012a], [SLFL 2006]. Ein hohes Maß an Unschärfe besitzen die Gleichungen für Blei und Arsen, welche den Übergang des

Schwermetalls vom Boden in die Pflanze beschreiben. Ein weiteres Fehlerpotential bergen die Bodenbelastungen in sich. Diese sind nur in Wertekategorien vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zu erhalten. Für die durchgeführte Analyse wird jeweils der Mittelwert jeder Kategorie verwendet. Dadurch können unbelastete oder wenig belastete Flächen in der Analyse durchaus Werte erhalten, welche die Realität nicht widerspiegeln.

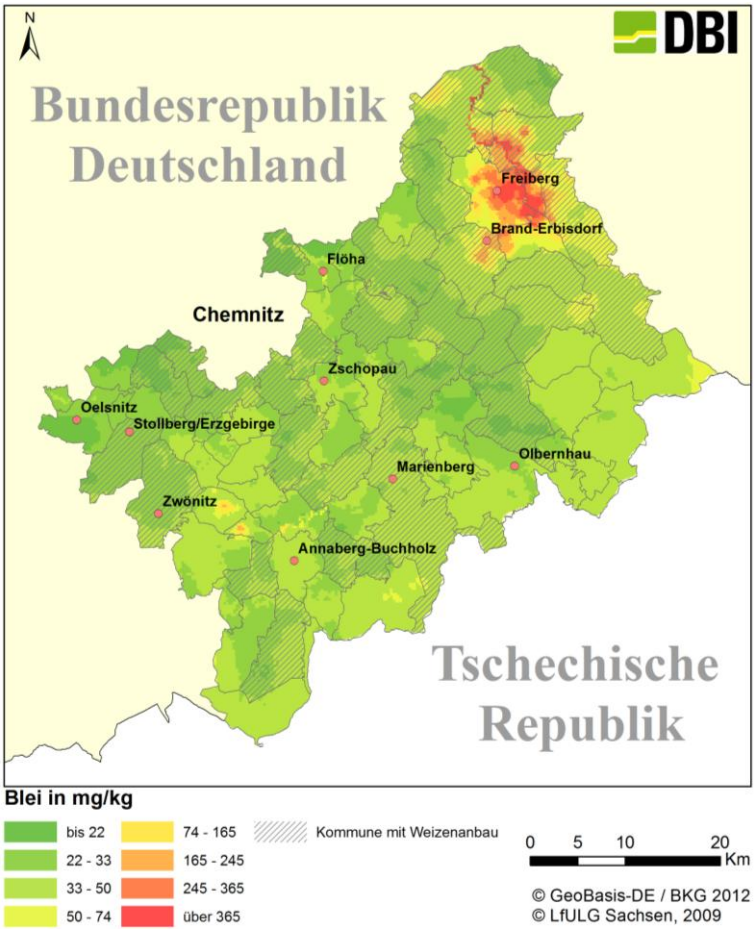


Abbildung 11: Bleibelastung des Oberbodens in Kombination mit Weizenanbaugebieten (Gemeindeebene)

Grundsätzlich lässt sich festhalten. dass Pflanzen Blei und Arsen im Allgemeinen (deutlich) schlechter aufnehmen als Cadmium. Aus diesem Grund werden in der Praxis auch am häufigsten zuerst die Grenzwerte für Cadmium überschritten. Das hat zu Folge, dass obwohl die Blei- oder Arsenkonzentrationen noch unkritisch sind, die Pflanzen z.B. für eine Nahrungsmittelverwendung nicht geeignet sind, da der Cadmiumgrenzwert überschritten wurde. Die nachfolgenden Potentialbetrachtungen wird deshalb besonders auch die Cadmiumbelastung fokussiert.

Da in Kapitel 3.1.1 bereits das Biomethanpotential von Mais jedoch ohne Berücksichtigung der Schwermetallbelastung bestimmt wurde, liegt es nahe, dieses mit dem Potential aufgrund der Schwermetall-/ bzw. Cadmiumbelastung (s. oben) zu vergleichen.

Für den Vergleich der Maispotentiale im Untersuchungsgebiet ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 12). Es existieren genau drei Gemeinden, welche ein zusätzliches Potential aufgrund der Cadmiumbelastung am Beispiel Mais aufweisen:

- Bobritzsch
- Brand-Erbisdorf
- Großschirma

In diesen drei Gemeinden ist der Anteil von schwermetallbelasteten Mais im Verhältnis zum Gesamtmaisanbau am höchsten. Das hier aufgezeigte zusätzliche Maispotential ist in einer separaten Untersuchung zu prüfen und ggf. durch bereits bestehende oder zukünftige Wertschöpfungspfade zu nutzen.

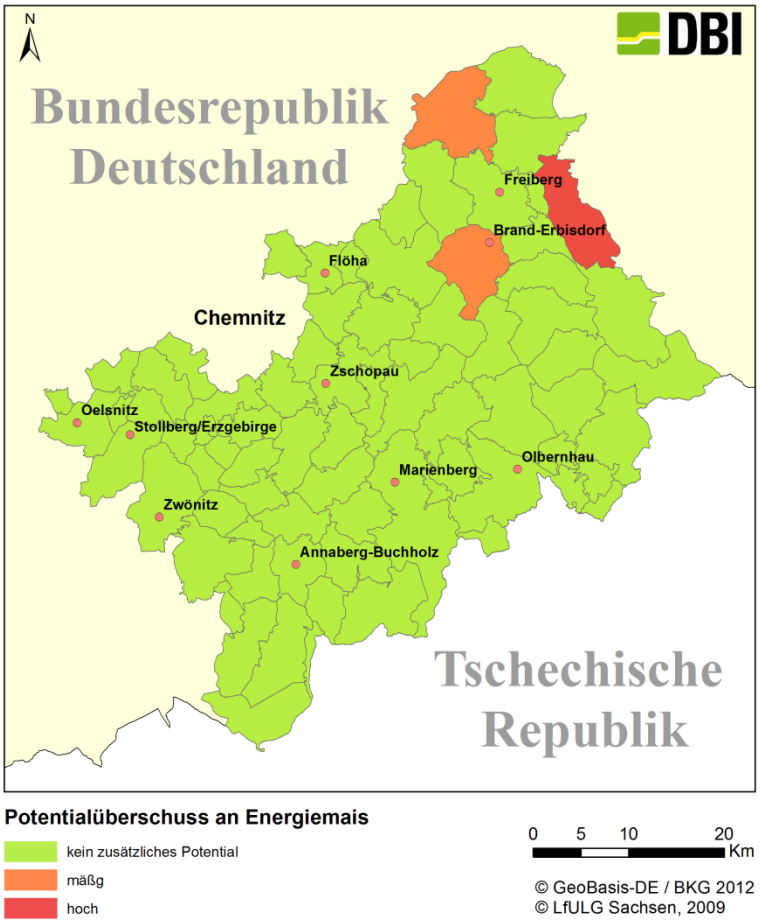


Abbildung 12: Vergleich des Energiemaispotentials mit dem Maispotential der Schwermetallbelastung

3.1.3. Erntereste

Der Begriff Erntereste beschreibt innerhalb dieser Studie Getreide- und Rapsstroh sowie Kartoffel- und Rübenblatt. Für die Berechnung des Biomethanpotentials werden die durchschnittlichen Feldfruchterträge mit den Anbauflächen je Feldfruchtart auf Landkreisebene verrechnet. Aus dem Ertrag der Feldfrüchte je Landkreis erfolgt anschließend über den spezifischen Ernterestanfall pro Feldfrucht (Korn-zu-Stroh-Verhältnis, Tabelle 5) die landkreisspezifische Ermittlung der Mengen an Ernteresten.

Tabelle 5: Korn-zu-Stroh/ -Blatt-Verhältnisse unterschiedlicher Erntereste [LEIBLE 2003], [LWK 2011], [KALTSCHMITT 2009]

Getreide-/ Fruchtart	Korn-zu-Stroh/ -Blatt-Verhältnis
Weizen	1:0,9
Roggen	1:1,4
Wintergerste	1:1,0
Sommergerste	1:1,1
Hafer	1:1,2
Triticale	1:1,4
Kartoffel	1:0,15
Rübe	1:0,6

Eine Einordnung in eine Fruchtbarkeitsklasse und Aufteilung auf die vorhandenen Ackerflächen ergibt, nach weiterer Verrechnung mit dem Methangasertrag (Tabelle 6), das theoretische Biogaserzeugungspotential in Nm³ je ha Ackerfläche.

Tabelle 6: Methangaserträge der verschiedenen Erntereste

Ernterest	Methangasertrag in $Nm^3\ CH_4/t_{FM}$	Quelle
Stroh	161	[BMV 2012]
Kartoffelblatt	30	[LFL 2004]
Rübenblatt	31	[KWS 2011]

Anhand dieses methodischen Vorgehens ist es möglich, standortgenau (Ackerfläche) die jeweiligen Substratmengen zu bestimmen. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Substraten dieser Studie zu vereinfachen, werden jedoch die Potentiale auf Gemeindeebene hochgerechnet. Im Fall der halmgutartigen Biomasse bedeutet dies, dass die Potentiale der Ackerflächen pro Gemeinde zusammengefasst werden.

In folgender Tabelle ist der Anfall der jeweiligen Erntereste pro Alt-Landkreis zu finden. Im gesamten Untersuchungsgebiet findet kein Anbau von Rüben statt. Daher erfolgen keine weiteren Betrachtungen für dieses Substrat.

Tabelle 7: theoretischer Ernterestmenge im Untersuchungsgebiet

Altkreis	Getreidestroh [t_{FM}/a]	Rapsstroh [t_{FM}/a]	Kartoffelblatt [t_{FM}/a]	Rübenblatt [t_{FM}/a]
ANA	17.000	8.000	300	0
FG	128.000	90.000	1.700	0
MEK	39.000	18.000	500	0
STL	34.000	19.000	1.200	0
RekultA-Gebiet	**218.000**	**135.000**	**3.700**	**0**

Das theoretische Gesamtpotential der Erntereste beträgt 48,0 Mio. Nm³ CH_4/ a bzw. 479 GWh/a.

Die Ermittlung des technischen Getreidestrohpotentials erfolgt nach der dynamischen Humuseinheiten-Methode (HE-Methode). In dieser Methode werden, im Gegensatz zu den anderen Methoden, Standortfaktoren exakter einbezogen und differenziertere Unterscheidungen zwischen verschiedenen humusmehrenden Feldfrüchten vorgenommen. Das sich daraus ergebende Humusreproduktionspotential ist geringer als bei anderen Methoden (z. B. obere und untere Bedarfswerte des Verbands deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA)). Mehr Erntereste müssen somit auf dem Feld zur Humusneubildung verbleiben (Nachhaltigkeit der Bodennutzung). Zur Information: Das Getreidestrohpotential liegt bei der HE-Methode bei 70 kg/t, hingegen bei der VDLUFA-Methode bei 100 kg/t [ZELLER 2011, DBFZ 2011]. Zur Ermittlung des technischen Potentials von Rapsstroh und Kartoffelblatt wird die Annahme getroffen, dass 65 % bzw. 10 % der anfallenden Menge geborgen werden können [KALTSCHMITT 2009]. Das theoretische Potential der Erntereste beträgt 10,8 Mio. Nm³ CH_4/a bzw. 108 GWh/a. In folgender Tabelle ist das technische Potential pro Alt-Landkreis aufgelistet.

Tabelle 8: technisch nutzbare Erntereste im Untersuchungsgebiet

Altkreis	Getreidestroh [t_{FM}/a]	Rapsstroh [t_{FM}/a]	Kartoffelblatt [t_{FM}/a]
ANA	1.000	5.000	30
FG	8.000	59.000	170
MEK	2.000	12.000	50
STL	2.000	12.000	120
RekultA-Gebiet	**13.000**	**88.000**	**370**

Zur Berechnung des wirtschaftlichen Potentials werden der Marktpreis (für Stroh durchschnittlich bei 28 €/t [LWK NS 2011]; Kartoffelblatt kostenfrei), der sich daraus ergebende spezifische MGE-Preis, die EEG-Vergütung und der oTS-Gehalt berücksichtigt. Vor dem Hintergrund der Bezugskosten ist Stroh ein günstiges Einsatzsubstrat für Biogasanlagen. Bei der Stroh-Potentialermittlung ist zudem der Einstreubedarf in Tierställen zu berücksichtigen. Für Rinder werden im Durchschnitt 1,5 kg Stroh pro Tier und Tag als Einstreu benötigt. In Schweineställen werden durchschnittlich 0,5 kg Stroh pro Tier und Tag genutzt. In Geflügelställen beträgt die Einstreumenge pro Tier und Tag 0,02 kg [SCHOLZ 2001]. Der entstehende Mist findet dabei vielerorts auch als Gärsubstrat für Biogasanlagen Verwendung. Des Weiteren ist zu beachten, dass Stroh energetisch genutzt wird. Neben Kleinfeuerungsanlagen erfolgt auch in Heizwerken (Nah-, Fernwärme) und (Heiz-)Kraftwerke eine energetische Nutzung von Stroh [THRÄN 2008].

Stroh kann als Biogasanlagensubstrat zum Einsatz kommen, jedoch bereitet die Vergärung von Stroh aufgrund des hohen Lignin-Gehaltes aktuell große Probleme. Nur einige wenige (Versuchs-)Biogasanlagen nutzen deshalb Stroh als Einsatzsubstrat (Stand Frühjahr 2013). Der aktuell mögliche Nutzungsgrad für Stroh als Biogasanlagensubstrat liegt in Anlehnung an Aussagen von [KRIEG 2012], [THRÄN 2008], [ZELLER 2011] und [TLL 2012] demnach deutschlandweit derzeit bei ca. 1 %.

Die wirtschaftliche Betrachtung des Kartoffelblatts erfolgt unter den Annahmen, dass es kostenfrei zur Verfügung steht und keine weitere Aufbereitung des Substrates für den Einsatz in Biogasanlagen notwendig ist. Somit ist die technisch nutzbare Menge gleich der wirtschaftlichen. In Summe ergibt sich ein wirtschaftliches Potential aus Ernteresten von 2,8 Mio. Nm³ CH_4/a bzw. 28 GWh/a.

Eine zusammenfassende Übersicht der Potentiale für Erntereste im Untersuchungsgebiet gibt Tabelle 9. Das resultierende wirtschaftliche Potential entspricht dem Energieverbrauch von etwa 1.100 Haushalten á 25.000 kWh/a. Abbildung 13 stellt die benannten Potentiale für das Untersuchungsgebiet dar.

Tabelle 9: Potentiale der Erntereste im Untersuchungsgebiet RekultA

Einheit	Theoretisches Potential	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential
t_{FM}/a	356.700	101.200	26.200
Nm³ CH_4/a	48.000.000	10.800.000	2.800.000
kWh/a	479.000.000	108.000.000	28.000.000

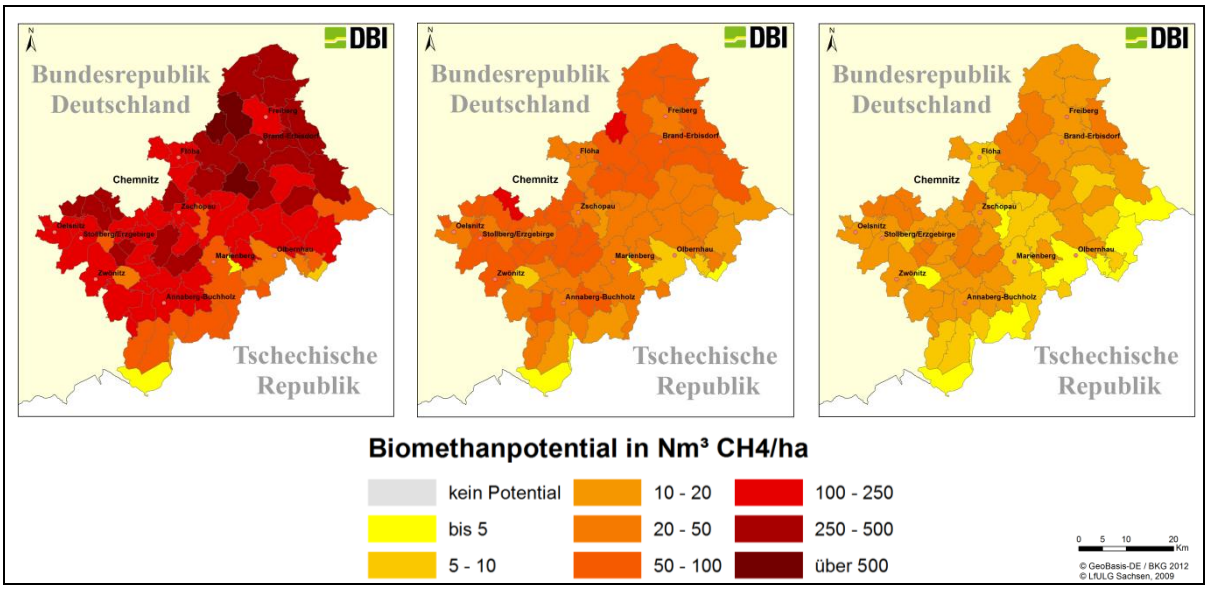


Abbildung 13: Theoretisches, technisches und wirtschaftliches (von links nach rechts) Biomethanpotential von Ernteresten in Nm³ CH_4/ha (Gemeindeebene)

3.1.4. Summenpotential

Fasst man die Biomethanpotentiale aus den Kapiteln 3.1.1 bis 3.1.3 zusammen, erhält man das Gesamtpotential halmgutartiger Biomasse für das Untersuchungsgebiet. Hierbei werden folgende Annahmen getroffen:

- Getreidepotential unter Berücksichtigung der Cadmiumbelastung
- speziell das Maispotential wird analog Kapitel 3.1.1 verwendet

Tabelle 10 fasst die Potentiale zusammen. Hierbei wird deutlich, welchen starken Einfluss Erntereste für das theoretische Potential besitzen. Aufgrund der Restriktionen wie Humusneubildung und Futterbedarf sowie verschiedener Methangaserträge ist für die wirtschaftliche Nutzung Mais mit einem Anteil am wirtschaftlichen Potential von über 50 % am bedeutsamsten.

Tabelle 10: Zusammenfassung Biomethanerzeugungspotential halmgutartiger Biomasse unter Berücksichtigung der Schwermetallbelastung

Substrat	Einheit	Theoretisches Potential	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential
Mais	Tsd. Nm³ CH_4/a	4.240	3.730	3.730
	GWh	42	37	37
Weizen	Tsd. Nm³ CH_4/a	430	400	340
	GWh	4	4	3
Triticale	Tsd. Nm³ CH_4/a	360	340	290
	GWh	4	3	3
Erntereste	Tsd. Nm³ CH_4/a	48.010	10.830	2.770
	GWh	477	108	28
SUMME	Tsd. Nm³ CH_4/a	53.040	15.300	7.130
	GWh	527	152	71

Das Gesamtpotential halmgutartiger Biomasse wird in Abbildung 14 für das Untersuchungsgebiet dargestellt. Hierbei heben sich Regionen im Altkreis Annaberg und Stollberg sowie Gemeinden westlich von Freiberg aufgrund hoher Potentiale ab. Im Gegenzug weisen die Erzgebirgsgemeinden aufgrund schlechterer klimatischer Bedingungen und einer verhältnismäßig kleineren Ackerfläche ein geringeres Potential auf. In den Erzgebirgsregionen dominieren große Waldgebiete das Landschaftsbild, welches sich auf das Potential der Dendromasse auswirkt (s. Kapitel 3.2).

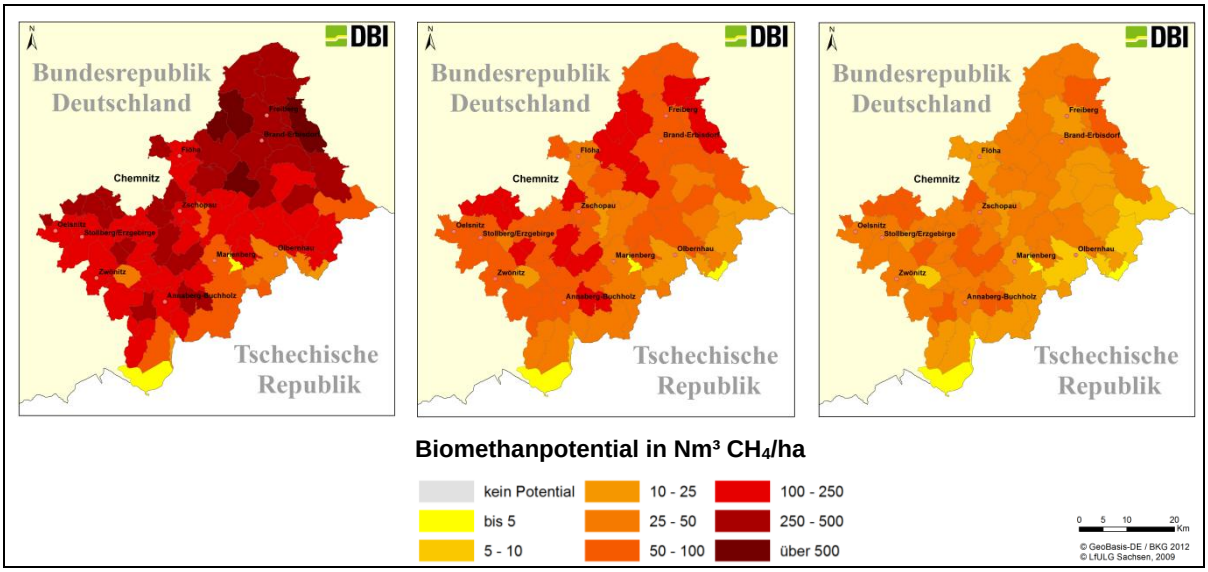


Abbildung 14: Theoretisches, technisches und wirtschaftliches (von links nach rechts) Biomethanpotential halmgutartiger Biomasse in Nm³ CH_4/ha unter Berücksichtigung der Schwermetallbelastung

3.2. Dendromasse

3.2.1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Rahmen der vorliegenden Studie soll eine Abschätzung des Energieholzpotentials auf Gemeindeebene für den deutschen Teil der Euroregion Erzgebirge durchgeführt werden. Dabei werden folgende drei Aufkommensbereiche für Energieholz berücksichtigt:

(1) Wald (Waldrestholz)

(2) Acker (Kurzumtriebsplantagen)

(3) Offene Landschaft (Flurgehölz aus Baum- und Landschaftspflege).

Ziel dieser Potentialabschätzung ist es, weitestgehend unerschlossene Energieholzmengen zu quantifizieren und in der Region zu verorten, um daraus Ansatzpunkte für Wertschöpfungsketten in den Kommunen ableiten zu können. Dabei sollte nach den nachfolgend definierten Potentialarten unterschieden werden:

- Das theoretische Energieholzpotential umfasst das in einer gegebenen Region innerhalb eines bestimmten Zeitraums theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot.
- Das technische Energieholzpotential umfasst den Teil des theoretischen Energieholzpotentials, der unter Berücksichtigung technischer Restriktionen, struktureller und ökologischer Begrenzungen sowie gesetzlicher Vorgaben nutzbar ist.
- Das wirtschaftliche Energieholzpotential wird als der Teil des technischen Energieholzpotentials definiert, der unter den geltenden Rahmenbedingungen wirtschaftlich erschlossen werden kann.

Die Potentialabschätzung beschränkt sich auf die Quantifizierung der für die Hackschnitzelbereitstellung verfügbaren Energieholzmenge, da der Fokus der Studie auf kommunalen Wertschöpfungsketten liegt und hier erfahrungsgemäß Heizanlagen zur Verwertung von Hackgut zur Verwendung kommen.

Es wird festgestellt, dass eine scharfe Abgrenzung der einzelnen Potentialarten auf Gemeindeebene mit langfristiger Gültigkeit aufgrund der sich rasch ändernden Marktpreise, Aufarbeitungskosten, Technologien zur Ernte und Aufarbeitung etc. nicht möglich ist. Die Potentiale sind daher im konkreten Einzelfall, z. B. für eine waldbesitzende Kommune, noch einmal detailliert zu prüfen.

3.2.2. Charakterisierung des Waldes in der Projektregion

Mit einem Anteil von 55 % (rd. 53.930 ha) an der Gesamtwaldfläche (98.060 ha) in der Projektregion ist der Landeswald die am stärksten vertretene Waldbesitzart, gefolgt vom Privatwald, der etwa ein Drittel (rd. 29.420 ha) der Gesamtwaldfläche

einnimmt (vgl. Abbildung 15). Der Kommunalwaldanteil liegt mit 11 % (10.790 ha) über dem sächsischen Durchschnitt von 8 %.

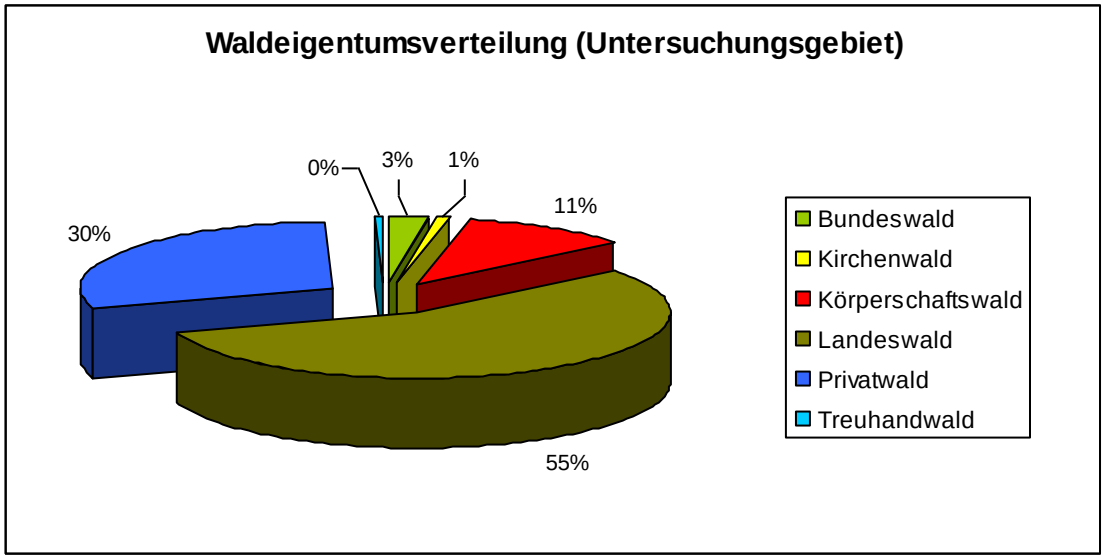


Abbildung 15: Waldeigentumsverteilung in der Projektregion

Die Fichte ist mit einem Anteil von 72 % an der Baumartenzusammensetzung die dominierende Baumart in der Projektregion. Die übrigen Baumarten, wie Kiefer, Lärche, Eiche und Buche, sind mit Anteilen von 2 ... 6 % etwa gleich stark vertreten (vgl. Abbildung 16).

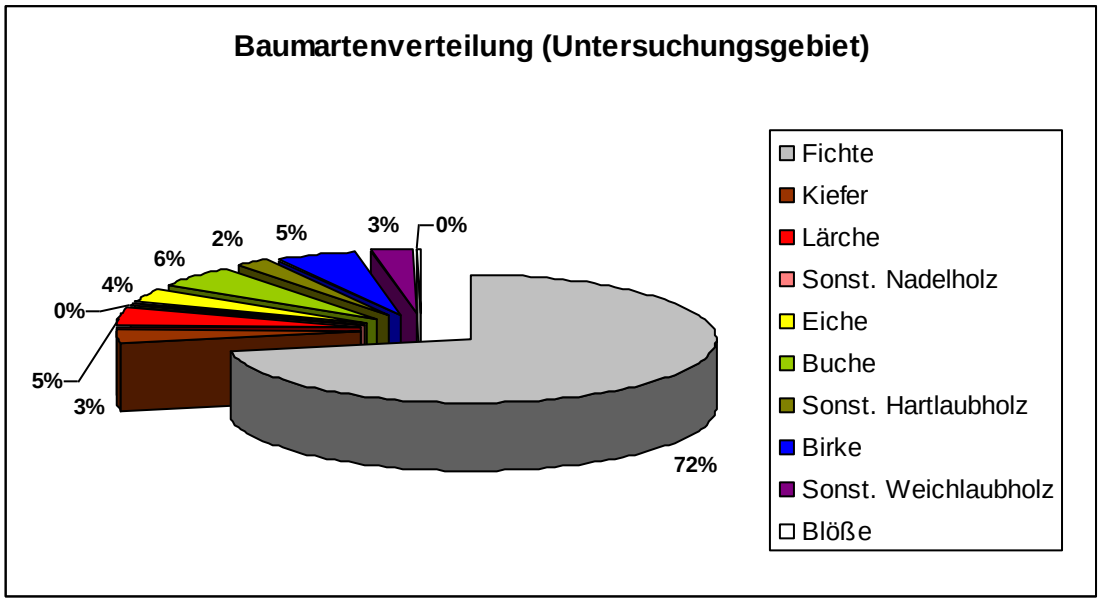


Abbildung 16: Baumartenverteilung in der Projektregion

Der Privatwald in der Projektregion ist, wie in anderen Regionen Sachsens auch, durch eine besonders kleinteilige Struktur gekennzeichnet. Wie in Abbildung 17 ersichtlich, liegt der Besitzschwerpunkt im Privatwald der Projektregion bei einer Größe unter 5 ha. Die meist ungünstige Flächengestalt, Besitzzersplitterung und unzureichende Walderschließung bei einer solch kleinteiligen Besitzstruktur wirkt sich nachteilig auf die Holzmobilisierung und damit auch auf das zu erschließende Energieholzpotential aus.

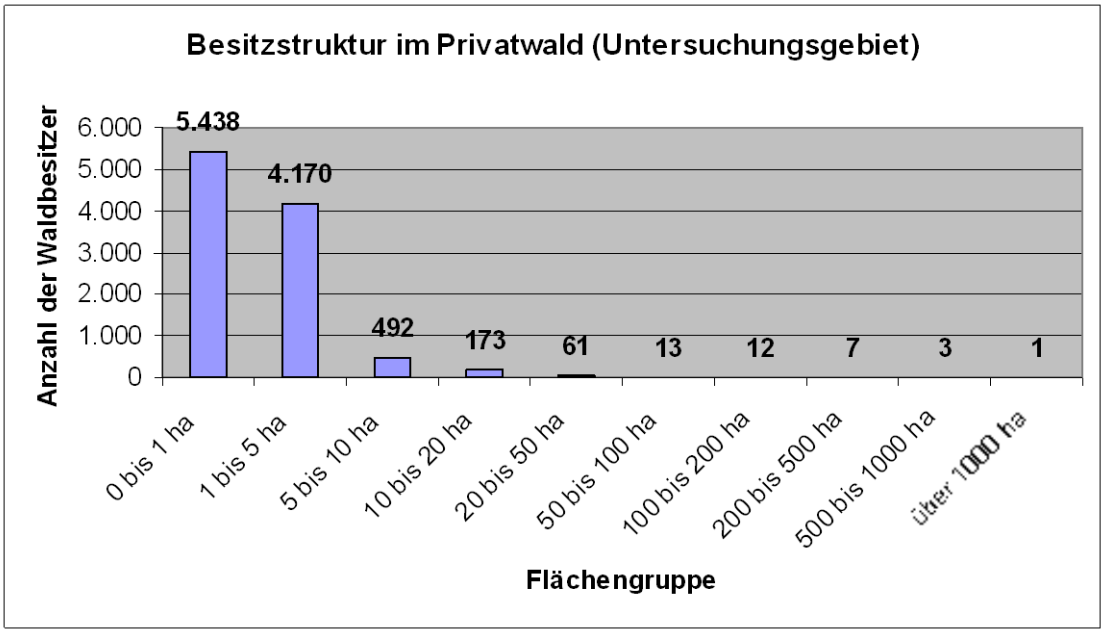


Abbildung 17: Besitzstruktur im Privatwald der Projektregion

3.2.3. Abschätzung des Energieholzpotentials im Wald

Um Nutzungskonkurrenzen zwischen stofflicher und energetischer Verwertung der Dendromasse aus dem Wald auszuschließen, wurde im Rahmen dieser Studie ausschließlich das Waldrestholz als Potential für die Holzhackschnitzelbereitstellung zur energetischen Verwertung angesehen.

Als Waldrestholz werden die nicht stofflich verwertbaren Rückstände der Holzernte bezeichnet. Der Begriff umfasst also sowohl stärker dimensioniertes Material wie z. B. rotfaule Stammstücke der Fichte (Rollen) im Derbholzbereich (Durchmesser > 7 cm mit Rinde) also auch Ast- und Kronenmaterial geringerer Dimension im Nichtderbholzbereich (Durchmesser < 7 cm mit Rinde).

Zwar ist bei entsprechendem marktwirtschaftlichem Anreiz auch die Verwendung höherwertiger Sortimente (Industrieholz) zum Zwecke der Energieerzeugung denkbar, jedoch wurde der stofflichen Nutzung an dieser Stelle Vorrang eingeräumt (vgl. Abbildung 18).

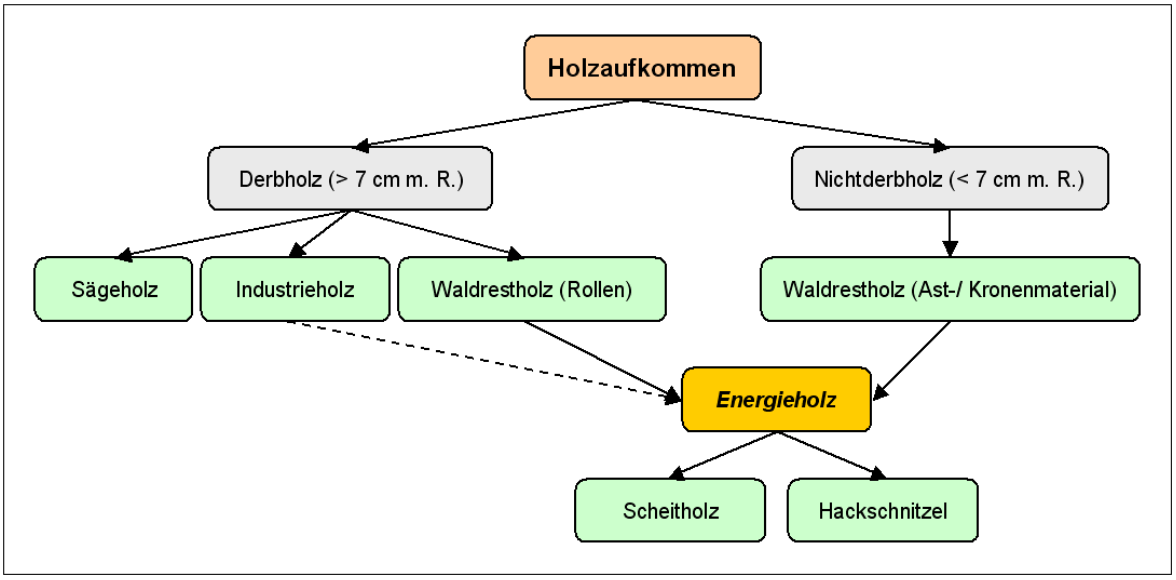


Abbildung 18: Energieholzaufkommen im Wald

Der Potentialabschätzung liegen folgende Annahmen zugrunde:

(1) Der Hiebsatz über alle Waldeigentumsarten beträgt 4,0 fm ha^{-1} a^{-1}.

(2) 10 % der eingeschlagenen Derbholzmenge werden energetisch genutzt, davon entfallen 8 % auf Scheitholz und 2 % auf Hackschnitzel.

(3) Je geernteten Festmeter Derbholz fallen 0,08 fm Ast- und Kronenmaterial (Nichtderbholz) an.

(4) Im Landeswald findet aus Gründen der Bodenschonung und des Nährstoffentzuges keine Nutzung von Nichtderbholz statt.

(5) Im Kleinprivatwald von 0 ... 5 ha (12 % des Privatwaldes) findet vorwiegend Brennholzselbstwerbung statt. Dieses Energieholzpotential steht für andere Kreisläufe im Sinne dieser Studie nicht zur Verfügung.

(6) 3 % der Gesamtwaldfläche befinden sich im außerregelmäßigen Betrieb. Diese Flächen bieten kein Potential.

(7) In Naturschutzgebieten findet keine Waldrestholznutzung statt.

(8) Die Waldrestholznutzung ist aufgrund steiler Hanglagen sowie der Entfernung zu Abfuhrwegen auf 25 % der Waldfläche unwirtschaftlich.

Für die gesamte Projektregion ergibt sich folgendes Potential (vgl. Tabelle 11):

Tabelle 11: Energieholzpotential (Waldrestholz) in der Projektregion

Altkreis	Theoretisches Potential		Technisches Potential		Wirtschaftliches Potential	
	fm a^{-1}	kWh a^{-1}	fm a^{-1}	kWh a^{-1}	fm a^{-1}	kWh a^{-1}
ANA	7.872	15.514.924	2.754	5.428.778	2.066	4.071.583
FG	8.509	16.771.633	2.996	5.905.026	2.247	4.428.770
MEK	9.906	19.523.938	3.641	7.176.404	2.731	5.382.303
STL	2.447	4.823.431	1.545	3.045.046	1.159	2.283.785
SUMME	**28.734**	**56.633.926**	**10.936**	**21.555.254**	**8.202**	**16.166.441**

Der überwiegende Teil des aus dem Privat- und Landeswald gewonnenen Energieholzes wird in Form von Scheitholz in privaten Haushalten verwertet. Diese Mengen stehen für andere Kreisläufe nicht mehr zur Verfügung.

Das wirtschaftliche Energieholzpotential aus dem Wald beträgt insgesamt rd. 8.000 fm bzw. 16.000 MWh jährlich. Die Potentiale in den einzelnen Kommunen der Projektregion sind in Abbildung 19 grafisch dargestellt.

Inwieweit das Energieholzpotential für regionale Wertschöpfungsketten erschließbar ist, hängt vor allem von Faktoren wie der Konzentration des Anfalls an Waldrestholz, der Erschließung des Waldes, der Befahrbarkeit der Bestände sowie der örtlich verfügbaren Technik und Transportentfernung zum Verbraucher u. a. m. ab und ist daher im Einzelfall genauer zu untersuchen. Dabei ist auch der Aspekt des Nährstoffentzuges, insbesondere bei armen Böden, zu prüfen. Ggf. sind Flächen von der Waldrestholznutzung auszuschließen.

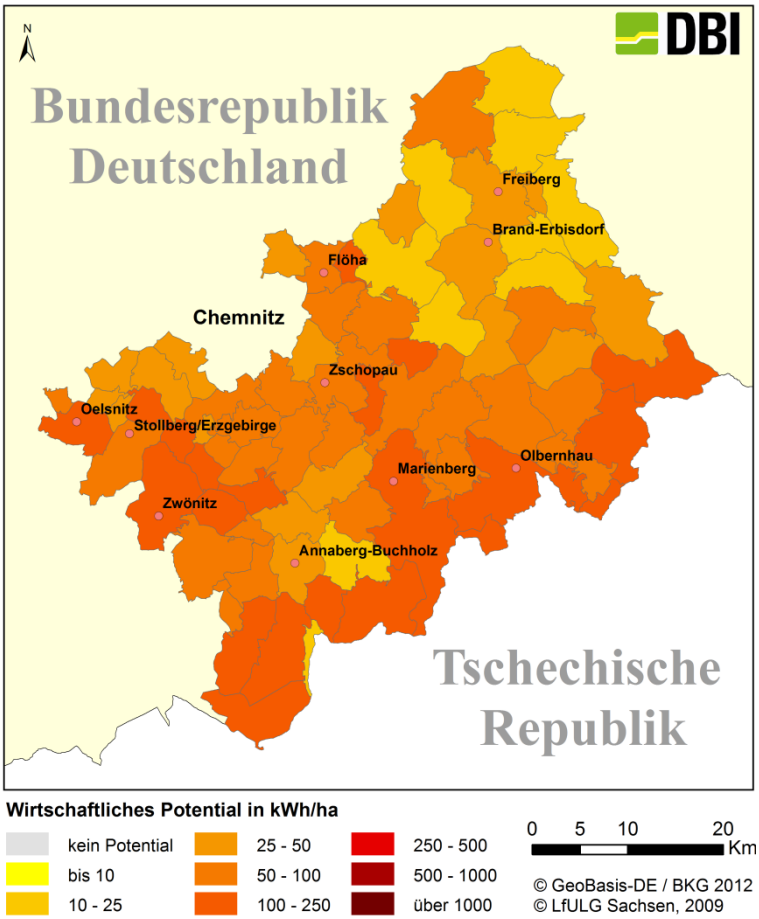


Abbildung 19: Wirtschaftliches Potential von Waldrestholz in kWh/ha (Gemeindeebene)

3.2.4. Abschätzung des Energieholzpotentials vom Acker

Neben der klassischen Energieholzgewinnung im Wald stellt auch die Energieholzerzeugung in sog. Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Flächen ein nicht unerhebliches Energiepotential dar (vgl. Abbildung 27).

Abbildung 20: Beerntung einer Kurzumtriebsplantage (KUP)

Hierbei werden mittels schnellwüchsiger, stockausschlagsfähiger Baumarten wie Pappel und Weide in kurzen Umtriebszeiten (Zeitraum zwischen Anlage und erster Beerntung bzw. Intervall aller darauffolgenden Beerntungen) von 3 ... 4 Jahren Hackschnitzel zur Energieerzeugung gewonnen.

Nach gegenwärtiger Rechtslage ist aufgrund des Dauergrünlanderhaltungsgebotes im Freistaat Sachsen lediglich die Anlage von KUP auf Ackerflächen möglich. Die Potentialabschätzung wurde daher ausschließlich für landwirtschaftliche Nutzflächen mit Status „Ackerland“ vorgenommen.

Die Abschätzung des Energieholzpotentials vom Acker basiert im Wesentlichen auf den Ergebnissen der Studie „Natur- und bodenschutzgerechte Nutzung von Biomasse-Dauerkulturen“ [LfULG 2009]. Das in der Studie ausgewiesene standorttypische Ertragspotential für Pappel auf Ackerstandorten bildet die Grundlage der vorliegenden Potentialabschätzung.

Das standorttypische Ertragspotential hängt von Faktoren wie der Ackerwertzahl, der nutzbarer Feldkapazität sowie Temperatur und Niederschlagsmenge ab. Aufgrund der geografischen Situation liegt das durchschnittliche Ertragspotential in der Projektregion bei etwa 6 ... 10 t_{atro} ha^{-1} a^{-1} (vgl. Abbildung 21).

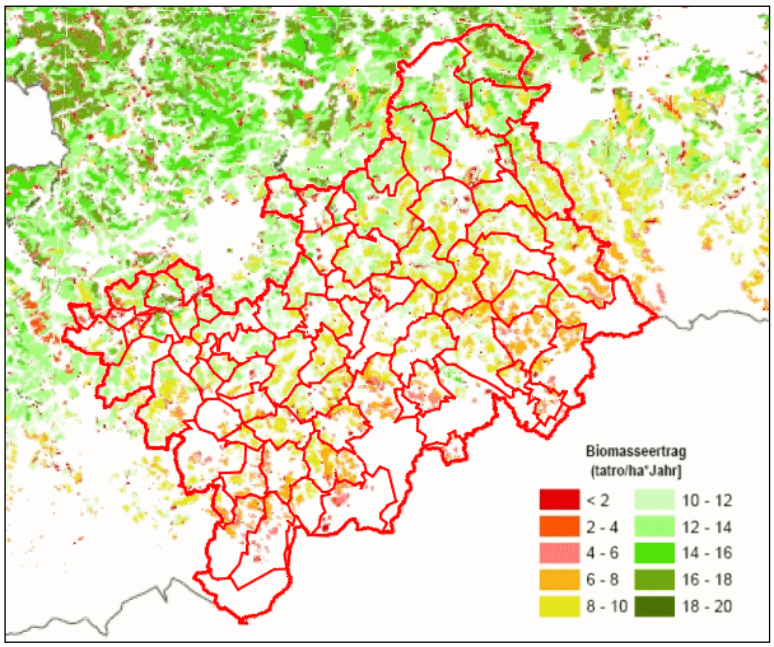


Abbildung 21: jährliche Ertragsleistung der Pappel auf Ackerflächen in der Projektregion in t_{atro}/ha

Wie in der o. g. Studie auch, beschränkt sich die Potentialabschätzung auf die Baumart Pappel. Die Landwirtschaftsfläche in den einzelnen Kommunen wurde dem Statistischen Bericht „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung im Freistaat Sachsen“ [STL SN 2011a] entnommen.

Der Potentialabschätzung liegen folgende Annahmen zugrunde:

(1) 80 % der Ackerfläche werden vorrangig für Nahrungs- und Futtermittelanbau, 20 % für den Energiepflanzenanbau genutzt

(2) Von der Gesamtackerfläche werden 15 % für den Anbau einjähriger Energiepflanzen (Raps, Mais) genutzt, dementsprechend stehen lediglich 5 % der Ackerfläche für den Anbau von KUP zur Verfügung.

(3) Im Hinblick auf das Bewirtschaftungsziel (hohe Dendromasseproduktion in kurzer Zeit) erfolgt kein Anbau bei einem durchschnittlichen Gesamtzuwachs (durchschnittliche Ertragsleistung über den gesamten Bewirtschaftungszeitraum) von weniger als 8 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}.

(4) Die Ernteverluste belaufen sich auf 6 %, die Trocknungsverluste auf 4 %.

(5) KUP sind gegenwärtigen ab einem durchschnittlichen Gesamtzuwachs (dGZ) von 10 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}und einem Hackschnitzelpreis von 120 € $tatro^{-1}$ konkurrenzfähig zu einer konventionellen Marktfruchtfolge.

(6) Auf etwa 20 % der potentiell geeigneten Ackerflächen ist der Anbau von KUP aufgrund Flächengröße und Gemengelage (Kleinst- und Splitterflächen) unwirtschaftlich.

Für die gesamte Projektregion ergibt sich folgendes Potential (vgl. Tabelle 12):

Tabelle 12: Energieholzpotential (KUP) in der Projektregion

Altkreis	Theoretisches Potential		Technisches Potential		Wirtschaftliches Potential	
	t_{atro} a^{-1}	kWh a^{-1}	t_{atro} a^{-1}	kWh a^{-1}	t_{atro} a^{-1}	kWh a^{-1}
ANA	2.419	12.095.550	2.177	10.885.995	153	765.000
FG	17.753	88.765.250	15.978	79.888.725	9.713	48.566.376
MEK	4.686	23.431.100	4.218	21.087.990	564	2.822.400
STL	3.755	18.774.850	3.379	16.897.365	1.022	5.108.400
SUMME	**28.613**	**143.066.750**	**25.752**	**128.760.075**	**11.452**	**57.262.176**

Das wirtschaftliche Energieholzpotential aus KUP beträgt insgesamt rd. 11.500 t_{atro} bzw. 57.000 MWh jährlich. Die Potentiale in den einzelnen Kommunen der Projektregion sind in Abbildung 22 grafisch dargestellt.

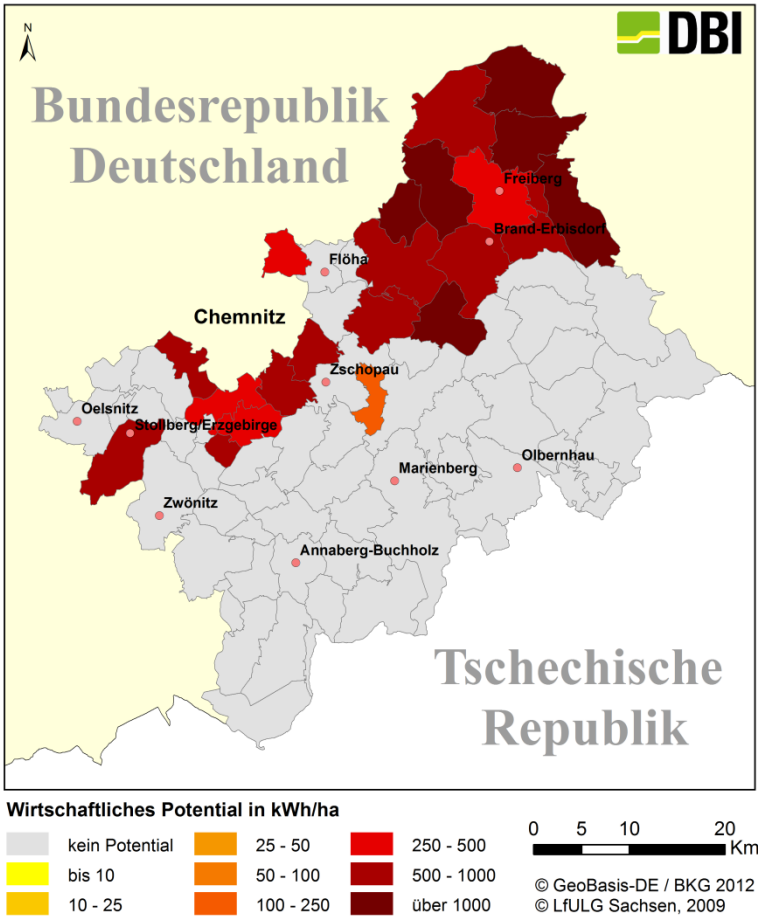


Abbildung 22: Wirtschaftliches Potential von Kurzumtriebsplantagen (KUP) in kWh/ha (Gemeindeebene)

Erfahrungsgemäß sind Landwirte gegenüber Kurzumtriebsplantagen eher skeptisch eingestellt. Wesentliche Gründe dafür sind die lange Flächenbindung von 20 ... 25 Jahren, vergleichsweise hohe Anlagekosten von ca. 2.600 € ha^{-1} sowie ein unregelmäßiger Zahlungsfluss (Einnahmen aus Hackschnitzelverkauf).

Um die Hemmungen seitens der Landwirte abzubauen und so das vorhandene Potential auch nutzbar machen zu können, sind entsprechende Geschäftsmodelle erforderlich, die genau diese Punkte berücksichtigen. So könnte bspw. durch eine Beteiligung des Energieholzverwerters an den Anlagekosten oder die jährliche Zahlung von Abschlägen auf den zu erwartenden Ertrag im Erntejahr ein Anreiz für Landwirte zur Anlage von KUP geschaffen werden.

Bedingt durch die natürliche geogene Ausgangssituation (oberflächennahe Erzvorkommen) einerseits und den 800-jährigen Erzbergbau einschließlich der Aufbereitung und Verhüttung der Erze andererseits, existieren in der Region um Freiberg auf großflächig zusammenhängenden Arealen Schwermetallanreicherungen im Oberboden. Der weitaus größte Teil der Schadstoffe verteilte sich in der Vergangenheit über die Schornsteine der Hüttenbetriebe, so dass sich für die Freiberger Region, insbesondere die in Hauptwindrichtung gelegenen Gebiete bis in den Grenzbereich des Landkreises Sächsische Schweiz – Osterzgebirge, stark erhöhte Belastungen an Blei, Cadmium und Arsen ergeben. In der Projektregion sind davon vor allem die Gemeinden Halsbrücke, Bobritzsch, Hilbersdorf sowie Weißenborn betroffen (vgl. Kapitel 3.1).

Die Nutzung kontaminierter Böden als landwirtschaftliche Produktionsfläche zum Anbau von Lebens- und Futtermitteln ist unter der Maßgabe der Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte für Kontaminanten in Lebens- und Futtermitteln z. T. stark erschwert. Der Eintrag von Schadstoffen wie Arsen, Cadmium und Blei in die Nahrungskette kann dazu führen, dass die belasteten Gebiete für eine herkömmliche landwirtschaftliche Produktion zukünftig nur eingeschränkt nutzbar sind. Eine alternative Flächennutzung wie etwa die Energieholzproduktion im Kurzumtrieb stellt damit vor allem eine Chance für die betroffenen Landwirtschaftsbetriebe in den o. g. Gemeinden der Projektregion dar.

Die Ertragsleistung einer KUP hängt vom jeweiligen Standort und der Sortenwahl ab. Eine einzelbetriebliche Prüfung des realisierbaren Potentials ist daher unerlässlich.

3.2.5. Abschätzung des Energieholzpotentials in der offenen Landschaft

Einen dritten Aufkommensbereich für Energieholz stellt neben Wald und Acker bzw. Kurzumtriebsplantagen die offene Landschaft dar. Hier fällt sog. Flurgehölz bspw. beim Rückschnitt von Feldgehölzstreifen, der Gewässerrandfreimachung von Ufergehölzen oder der Straßenbaumpflege an.

Die Abschätzung des Energieholzpotentials in der offenen Landschaft stützt sich im Wesentlichen auf die Ergebnisse der Studie „Natur- und bodenschutzgerechte Nutzung von Biomasse-Dauerkulturen“ [LfULG 2009]. Hierfür wurden die für die

damaligen Landkreise ermittelten theoretischen Potentiale auf das Territorium der jeweiligen Städte und Gemeinden der Projektregion heruntergebrochen.

Der Potentialabschätzung liegen weiterhin folgende Annahmen zugrunde:

(1) Nach eigenen Schätzungen sind 5 % des theoretisch realisierbaren Potentials aufgrund der Geländeverhältnisse technisch nicht mobilisierbar.

(2) Weiterhin ist nach eigenen Schätzungen der überwiegende Teil des technischen Potentials (2/3) aus Gründen der Wirtschaftlichkeit (hoher Bergungsaufwandes und damit verbundene Personal-, Technik- und Transportkosten) nicht mobilisierbar.

Für die gesamte Projektregion ergibt sich folgendes Potential (vgl. Tabelle 13):

Tabelle 13: Energieholzpotential (Flurgehölz) in der Projektregion

Altkreis	Theoretisches Potential		Technisches Potential		Wirtschaftl. Potential	
	t_{atro} a^{-1}	kWh a^{-1}	t_{atro} a^{-1}	kWh a^{-1}	t_{atro} a^{-1}	kWh a^{-1}
ANA	3.273	6.451.083	3.109	6.128.529	1.026	2.022.415
FG	6.545	12.900.195	6.218	12.255.185	2.052	4.044.211
MEK	4.186	8.250.606	3.977	7.838.076	1.312	2.586.565
STL	1.845	3.636.495	1.753	3.454.670	578	1.140.041
SUMME	**15.849**	**31.238.379**	**15.057**	**29.676.460**	**4.969**	**9.793.232**

Das wirtschaftliche Energieholzpotential aus der offenen Landschaft beträgt insgesamt rd. 5.000 t_{atro} bzw. 10.000 MWh jährlich. Die Potentiale in den einzelnen Kommunen der Projektregion sind in Abbildung 23 grafisch dargestellt.

Flurgehölz stellt ein nicht unerhebliches Energiepotential in der Region dar. Allerdings ist die Erschließung dieses Potentials problematisch, denn der oft verstreute Anfall dieser Gehölze in kleineren Mengen macht eine gut abgestimmte Logistik zwingend erforderlich, um diese Ressource kostendeckend nutzen zu können. Damit ein effizientes Arbeiten des mitunter sehr kostenintensiven Hackers gewährleistet wird, müssen die verstreut anfallenden Mengen punktuell oder linienartig vorkonzentriert werden. Des Weiteren wäre die Einrichtung von Sammelstellen für privaten Baum- und Heckenschnitt erstrebenswert, um auch dieses, wenngleich geringe Energieholzpotential, wirtschaftlich sinnvoll nutzen zu können.

Problematisch bei der energetischen Nutzung von Flurgehölz ist jedoch der u. U. hohe Grün- und Feinanteil im Hackgut. Die Aufbereitung des Materials ist mit zusätzlichen Kosten verbunden. Inwieweit die Nutzung dieses Potentials wirtschaftlich sinnvoll ist, muss im Einzelfall geprüft werden.

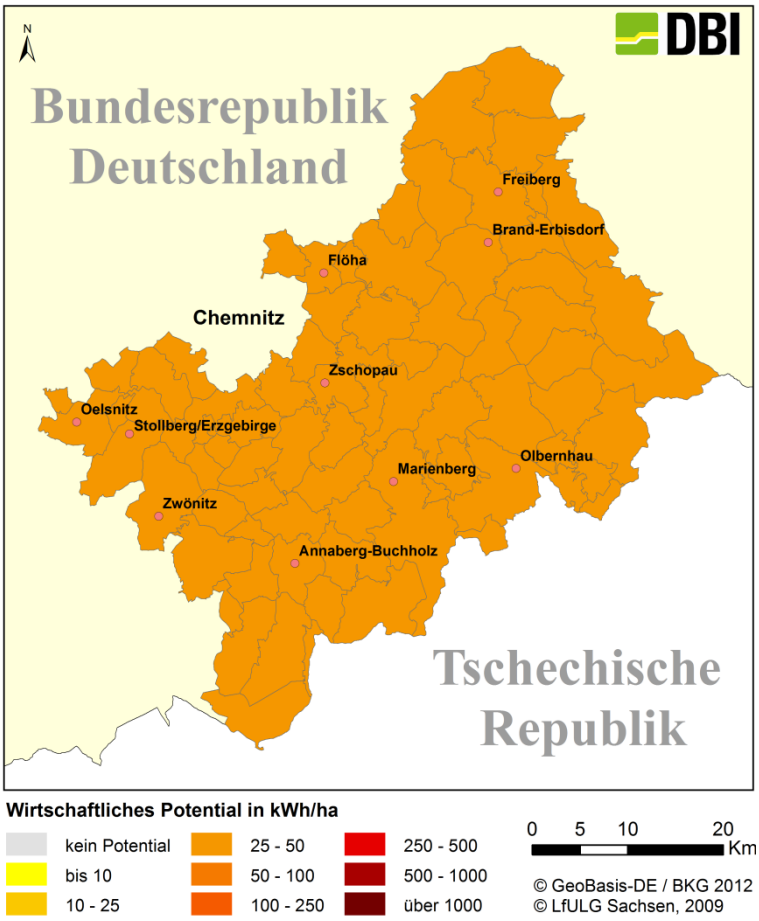


Abbildung 23: Wirtschaftliches Potential in der offenen Landschaft in kWh/ha (Gemeindeebene)

3.2.6. Gesamtpotential an Energieholz in der Projektregion

Das Gesamtenergiepotential in der Projektregion setzt sich zusammen aus den Potentialen der drei Aufkommensbereiche für Energieholz – Wald, Acker und offene Landschaft – die unter Punkt 3.2.1 bis 3.2.4 im Einzelnen ausführlich beschrieben sind.

Für die Projektregion ergibt sich das in Tabelle 14 dargestellte energetische Gesamtpotential aus Energieholz (Wald, KUP und offene Landschaft):

Tabelle 14: Energetisches Gesamtpotential aus Energieholz in der Projektregion

Altkreis	Theoretisches Potential	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential
	MWh a^{-1}	MWh a^{-1}	MWh a^{-1}
ANA	34.062	22.443	6.859
FG	118.437	98.049	57.039
MEK	51.206	36.102	10.791
STL	27.235	23.397	8.532
SUMME	**230.939**	**179.992**	**83.222**

Das unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich erschließbare energetische Potential aus Energieholz (Holzhackschnitzel) beläuft sich in der Projektregion auf jährlich rd. 83.000 MWh. Diese Energiemenge genügt, um rd. 4.000 Einfamilienhäuser[1] mit Wärme zu versorgen.

Die Potentialabschätzung wurde durchgeführt, um einen Überblick über die verfügbaren energetischen Potentiale auf Gemeindeebene zu erhalten und so prädestinierte Ansatzpunkte für regionale Wertschöpfungsketten identifizieren zu können. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass das ermittelte energetische Potential auf Gemeindeebene, egal ob aus Energieholz oder anderen biogenen Energieträgern, nicht dem Potential entspricht, über das die jeweilige Kommune tatsächlich selbst verfügen kann. Beispielsweise ist es möglich, dass sich der Kommunalwald einer Stadt oder Gemeinde nicht oder nur partiell auf deren Territorium befindet. Das Potential, über das diese waldbesitzende Kommune dann tatsächlich verfügt, wäre nach vorliegender Potentialabschätzung entsprechend einer anderen Kommune zugerechnet worden. Das für eine regionale Wertschöpfungskette real zur Verfügung stehende energetische Potential ist daher im Einzelfall zu prüfen.

[1] bei einem durchschnittlichen Energiebedarf eines 150 m² großen Hauses von 21 MWh jährlich

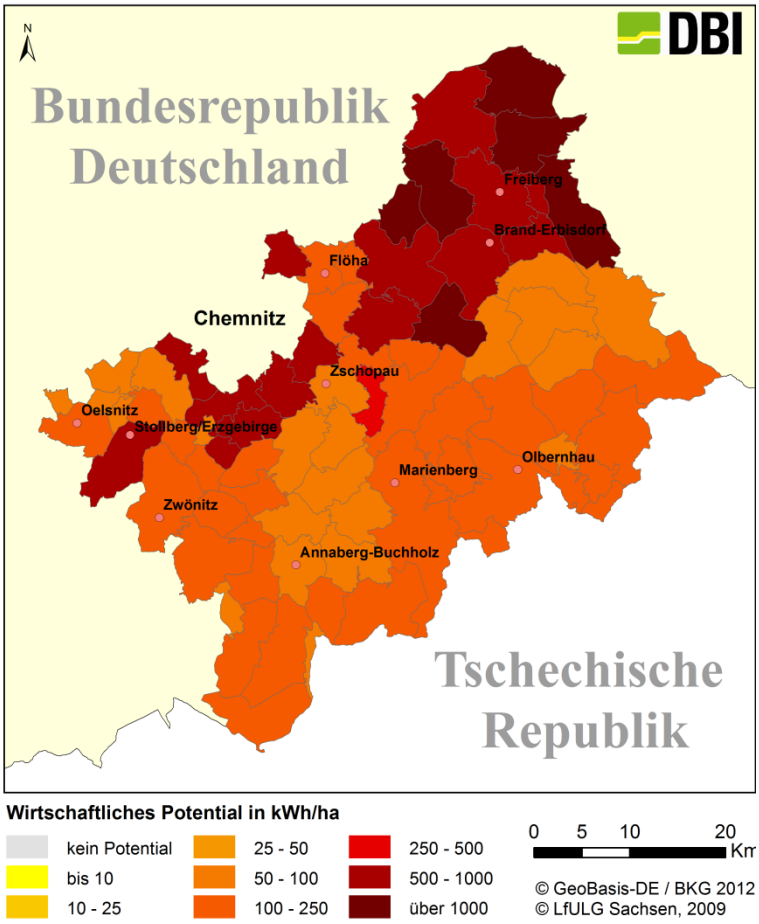


Abbildung 24: **Wirtschaftliches Gesamtpotential von Energieholz in kWh/ha (Gemeindeebene)**

3.3. Abfälle

Zur Ermittlung der theoretischen, technischen und wirtschaftlichen Potentiale für die Bio- und Grünabfälle sowie für kommunalen Klärschlamm müssen verschiedene Quellen ausgewertet werden. Statistisch erfasst werden in der Regel Abfall- und Klärschlammmengen, die in Regie öffentlicher Träger tatsächlich entsorgt werden. Über private Unternehmen entsorgte Abfallmengen sind beispielsweise in der jährlichen Abfallbilanz für den Freistaat Sachsen nicht oder nur teilweise enthalten.

In Tabelle 15 sind die verwendeten Quellen – aufgeschlüsselt nach Abfallarten und Potentialarten – zusammengestellt:

Tabelle 15: Zusammenstellung der Quellen für die Abschätzung der Potentialmengen

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Bioabfall</th><th colspan="2">Grünabfall</th><th>Klärschlamm</th></tr>
<tr><td>Potential</td><td>kommunal</td><td>gewerblich</td><td>kommunal</td><td>Gewerblich</td><td>Kommunal</td></tr>
<tr><td>theoretisch</td><td rowspan="2">Potential-studie Sachsen</td><td rowspan="3">Potential-studie Sachsen-Anhalt</td><td colspan="2" rowspan="2">Potentialstudie Sachsen</td><td rowspan="2">Klärschlammkonzept Sachsen</td></tr>
<tr><td>technisch</td></tr>
<tr><td>wirtschaftlich</td><td>Siedlungs-abfallbilanz Sachsen 2011</td><td colspan="2">Siedlungsabfallbilanz Sachsen 2011</td><td>Klärschlammbilanz Sachsen 2011</td></tr>
</table>

Potentialstudie Sachsen: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): Potential biogener Abfälle im Freistaat Sachsen, Schriftenreihe, Heft 10/2012 (einschl. Anlagen) [LFULG 2012b]

Potentialstudie Sachsen-Anhalt: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Biomassepotentialstudie Sachsen-Anhalt, Kurzbericht November 2012, Magdeburg, 2012 [MLU ST 2012]

Klärschlammkonzept Sachsen: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Langfriststrategie zur Klärschlammentsorgung aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen im Freistaat Sachsen - Aktualisierung 2005-2015; Materialien zur Abfallwirtschaft, Dresden, Dez. 2006 [LFULG 2006]

Klärschlammbilanz Sachsen 2011: Statistisches Landesamt Freistaat Sachsen: Statistischer Bericht – Entsorgung von Klärschlamm aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen im Freistaat Sachsen, 2011, Q/9 – j/11 [STL SN 2011b]

Siedlungsabfallbilanz Sachsen 2011: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): Siedlungsabfallbilanz 2011, Dresden Nov. 2012 [LFULG 2012c]

In den Quellen sind die Mengendaten nicht nach den für diese Studie vorgegebenen politischen Grenzen angegeben, sondern für andere territoriale Einheiten. Die Mengendaten werden dann über Einwohnergleichwerte für die Betrachtungsgebiete hochgerechnet, wobei die folgenden Einwohnerwerte für die RekultA-Studie festgelegt werden (Stand: 2009):

Altkreis Freiberg:	138.817 EW
Altkreis Mittlerer Erzgebirgskreis:	85.503 EW
Altkreis Annaberg:	75.806 EW
Altkreis Stollberg:	85.003 EW
Summe:	**385.129 EW (RekultA-Gebiet)**

Tabelle 16 enthält die ermittelten Potentiale als einwohnerspezifische und absolute Jahresmengen sowie als Jahresenergiemenge. Für die Berechnung der Energiemengen werden folgende Heizwerte zu Grunde gelegt:

Bioabfall:	583 kWh/Mg [LFULG 2012b]
Grünabfall:	1.944 kWh/Mg [LFULG 2012b]
Klärschlamm:	2.917 kWh/Mg [UBA 2012a]

Tabelle 16: Verwertungspotentiale für Bio- und Grünabfälle sowie Klärschlamm im RekultA-Gebiet, Abschätzung auf Grundlage verschiedener Quellen, Stand: März 2013

in der Euroregion Erzgebirge		kommunal			gewerblich			kommunal			gewerblich			kommunal		
	EW_2009	Küchenabfall, Haushalt/Kleingewerbe			Küchenabfall, Gewerbe u. Industrie			Grün, Haushalt			Grün, Gewerbe/Flächen/ Verkehr					
		kg/(E*a)	Mg/a	kWh/a	kg/(E*a)	Mg/a	kWh/a	kg/(E*a)	Mg/a	kWh/a	kg/(E*a)	Mg/a	kWh/a	kg/(E*a) TM	Mg/a TM	kWh/a TM
Theoretisches Potenzial																
Summe LK FG	138.817	68	9.468	5.519.595	163	22.596	13.173.307	169	23.491	45.666.852	280	38.806	75.438.955	19	2.690	7.845.503
Summe LK MEK	85.503	68	5.831	3.399.751	163	13.918	8.113.972	203	17.372	33.771.314	244	20.835	40.502.973	23	1.945	5.674.129
Summe LK ANA	75.806	68	5.170	3.014.262	163	12.339	7.193.756	156	11.818	22.973.808	222	16.804	32.667.410	23	1.725	5.030.619
Summe LK STL	85.003	68	5.797	3.379.931	163	13.836	8.066.523	143	12.174	23.665.430	214	18.163	35.308.747	23	1.934	5.640.948
Summe Euroregion	**385.129**	**68**	**26.267**	**15.313.540**	**163**	**62.689**	**36.547.558**	**168**	**64.855**	**126.077.405**	**246**	**94.608**	**183.918.084**	**22**	**8.293**	**24.191.198**
Technisches Potenzial																
Summe LK FG	138.817	29	4.026	2.346.979	138	19.197	11.192.131	102	14.095	27.400.111	215	29.874	58.074.534	18	2.526	7.369.711
Summe LK MEK	85.503	29	2.480	1.445.599	138	11.825	6.893.686	122	10.423	20.262.789	154	13.185	25.631.955	16	1.325	3.865.890
Summe LK ANA	75.806	29	2.198	1.281.652	138	10.483	6.111.864	94	7.091	13.784.285	132	9.997	19.434.603	16	1.175	3.427.455
Summe LK STL	85.003	29	2.465	1.437.146	138	11.755	6.853.373	86	7.304	14.199.258	128	10.922	21.231.409	16	1.318	3.843.283
Summe Euroregion	**385.129**	**29**	**11.169**	**6.511.376**	**138**	**53.261**	**31.051.054**	**101**	**38.913**	**75.646.443**	**166**	**63.978**	**124.372.501**	**16**	**6.344**	**18.506.339**
Wirtschaftliches Potenzial																
Summe LK FG	138.817	2	271	195.907	138	19.197	11.192.131	5	694	1.349.301	0	0	0	18	2.526	7.369.711
Summe LK MEK	85.503	0	0	0	138	11.825	6.893.686	63	5.387	10.471.723	3	268	520.599	16	1.325	3.865.890
Summe LK ANA	75.806	19	1.454	1.049.469	138	10.483	6.111.864	63	4.776	9.284.112	3	237	461.558	16	1.175	3.427.455
Summe LK STL	85.003	0	0	0	138	11.755	6.853.373	63	5.355	10.410.487	3	266	517.555	16	1.318	3.843.283
Summe Euroregion	**385.129**	**4**	**1.725**	**1.245.376**	**138**	**53.261**	**31.051.054**	**42**	**16.212**	**31.515.625**	**2**	**771**	**1.499.712**	**16**	**6.344**	**18.506.339**

In Summe ergibt sich für die Euroregion Erzgebirge aus der Verwertung von Bio- und Grünabfällen sowie Klärschlamm ein **theoretisches Energiepotential von ca. 386.000 MWh/a**. Nach den vorliegenden Abschätzungen reduziert sich das **technische Potential auf ca. 256.000 MWh/a** und das **wirtschaftliche Potential auf ca. 84.000 MWh/a**.

Die wirtschaftlichen Potentiale sind in den nachfolgenden Grafiken dargestellt – zunächst für Bio- und Grünabfälle jeweils getrennt nach Herkunftsbereichen sowie für Klärschlamm und dann in Summe für alle betrachteten Abfälle.

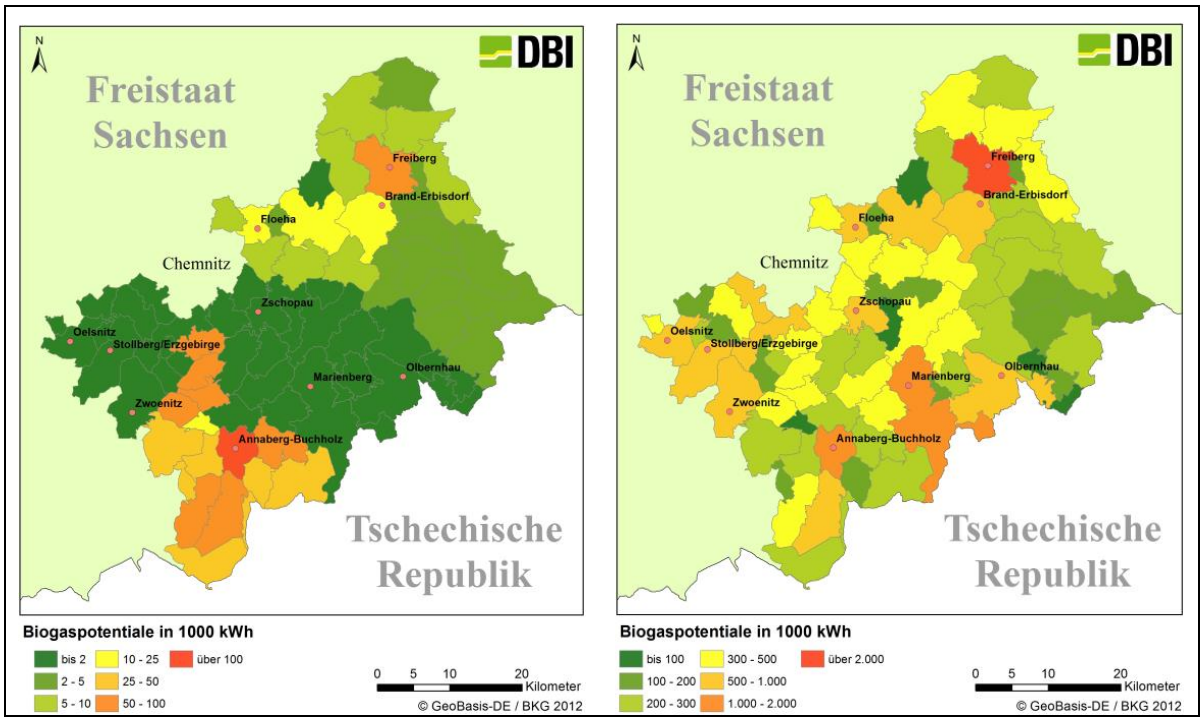


Abbildung 25: Wirtschaftliches Potential für Bioabfälle (kommunal - links, gewerblich - rechts)

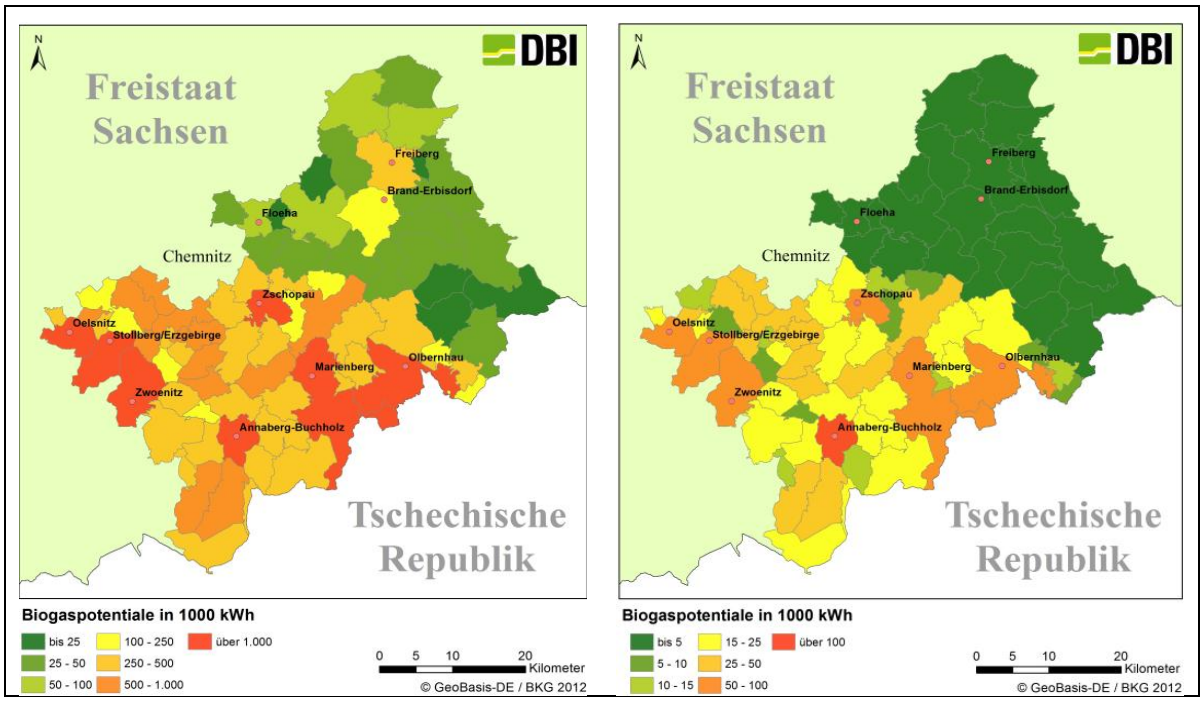


Abbildung 26: Wirtschaftliche Potentiale für Grünabfälle/ -schnitt (kommunal - links, gewerblich - rechts)

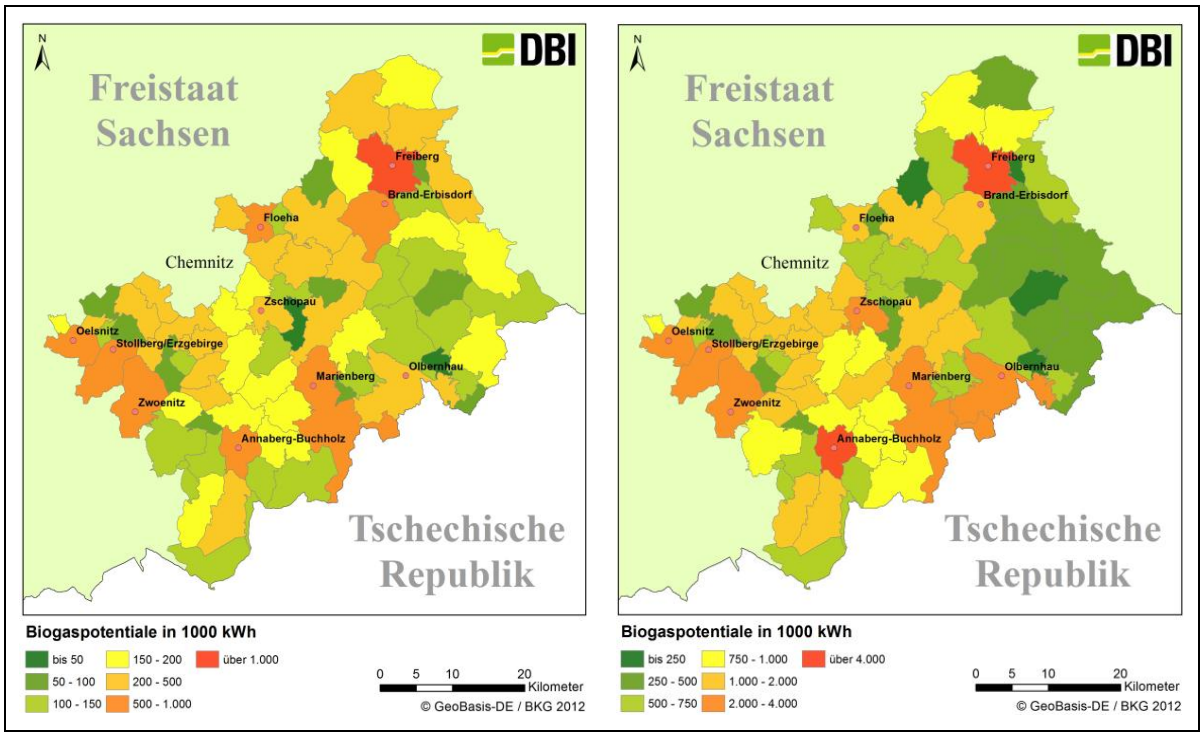


Abbildung 27: Wirtschaftliche Potentiale für Klärschlamm (links) und Summenpotential aus Bioabfall, Grünabfälle/ -schnitt und Klärschlamm (rechts)

3.4. Gesamtpotential

Das in den Kapiteln 3.1 bis 3.3 ermittelte Biogaserzeugungspotential der Sektoren halmgutartige Biomasse, Dendromasse und Abfallwirtschaft wird im Folgenden zusammengefasst. Die Summation der einzelnen Potentiale gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der Biogasproduktion im Untersuchungsgebiet.

In Abbildung 7 ist deutlich zu sehen, dass von den theoretisch zur Verfügung stehenden Mengen nur ein geringer Teil technisch bzw. wirtschaftlich nutzbar ist. Ursache sind substratspezifische Einschränkungen und Hindernisse, welche in den vorangegangenen Kapiteln erläutert sind. Das Gesamtpotential weist ein starkes Nord-Süd-Gefälle innerhalb des Untersuchungsgebietes auf. Dies liegt vor allem in der topografischen Prägung des Gebietes begründet. Die Mittelgebirgsregion im Süden weist schlechtere klimatische Bedingungen für das Wachstum halmgutartiger Biomasse auf. Des Weiteren hat das Potential aus Kurzumtriebsplantagen (KUP), welches vor allem im Norden des Untersuchungsgebiets vorliegt, stärkeren Einfluss auf das Gesamtpotential als die großen Waldgebiete im Süden.

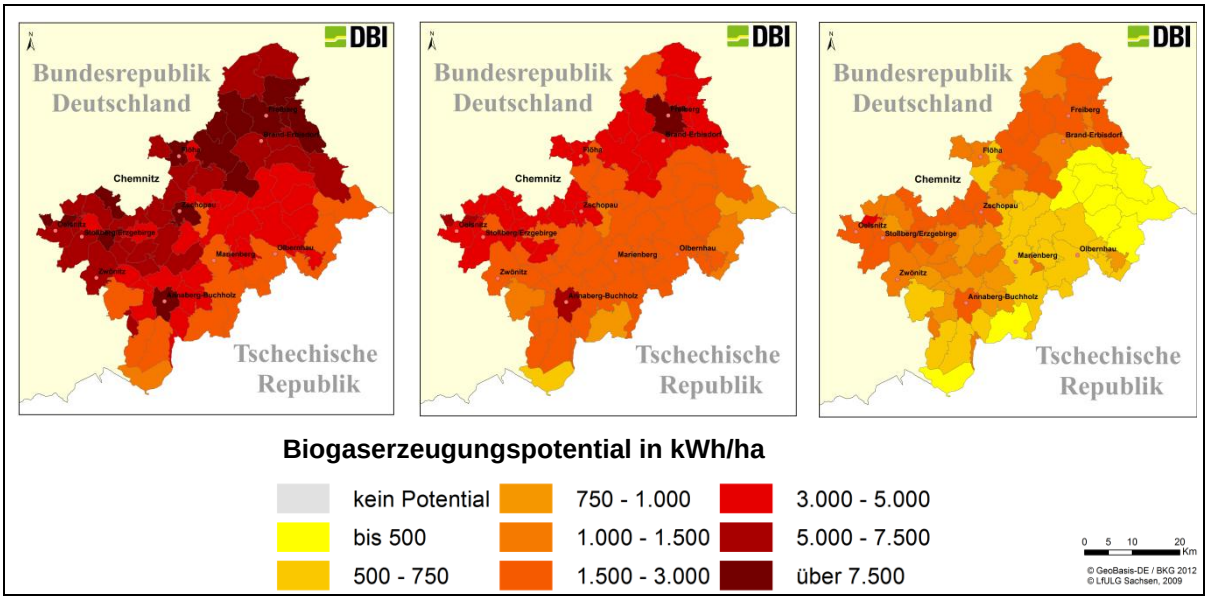


Abbildung 28: **theoretisches, technisches und wirtschaftliches (von links nach rechts) Gesamtpotential aus halmgutartiger Biomasse, Dendomasse und kommunalen Abfällen auf Gemeindeebene**

Tabelle 17 zeigt die Zusammensetzung des Gesamtpotentials. Das wirtschaftliche Gesamtpotential des Untersuchungsgebietes von etwa 238 GWh entspricht dem Wärmebedarf von ca. 9.500 Haushalten á 25.000 kWh/a. Die drei betrachteten Substratgruppen weisen annähernd ein gleichgroßes Potential auf, sodass ihr prozentualer Anteil am Gesamtpotential jeweils zwischen 30 und 35 % beträgt.

Tabelle 17: Gesamtpotential aus halmgutartiger Biomasse, Dendomasse und kommunalen Abfällen des RekultA-Gebietes

Substrat	Einheit	Theoretisches Potential	Technisches Potential	Wirtschaftliches Potential
Halmgutartige Biomasse	Tsd. Nm³ CH_4/a	53.040	15.300	7.130
	GWh	527	152	71
Dendromasse	Tsd. Nm³ CH_4/a	23.230	18.110	8.370
	GWh	231	180	83
Abfälle	Tsd. Nm³ CH_4/a	38.840	25.760	8.430
	GWh	386	256	84
GESAMT	Tsd. Nm³ CH_4/a	115.120	59.170	23.940
	GWh	1.144	588	238

Die im Kapitel 3 ermittelten Potentiale geben Hinweise darauf, in welchen Regionen des Untersuchungsgebietes zukünftige Projekte in Bezug auf Bioenergie möglich sind. Neben der Verfügbarkeit von Substrat sind des Weiteren potentielle Akteure für die Projektumsetzung von Bedeutung. In Kapitel 4 werden die Akteure der einzelnen Bereiche explizit betrachtet. Die Zusammenführung von Potential und Akteuren für die Beschreibung potentieller Projekte findet sich in Kapitel 5 wieder.

4. Akteuranalyse auf deutscher Seite der Euroregion Erzgebirge

4.1. Rohstoffproduzenten halmgutartiger Biomasse, Biogasanlagenbetreiber und Wärmeabnehmer

4.1.1. Rohstoffproduzenten/ Agrarbetriebe

Die wichtigsten Rohstoffproduzenten halmgutartiger Biomasse sind innerhalb dieser Studie Agrarbetriebe. Aufgrund der historischen Entwicklung in der ehemaligen DDR existieren noch heute große Agrargenossenschaften, welche die Acker- und Grünlandflächen meist einer aber auch mehrerer Gemeinden bewirtschaften. Nichtsdestotrotz existieren auch kleinere Privatunternehmen im landwirtschaftlichen Bereich, welche jedoch aufgrund ihrer Größe (bewirtschaftete Fläche, Anzahl der Tiere, etc.) nicht in die folgenden Betrachtungen eingehen.

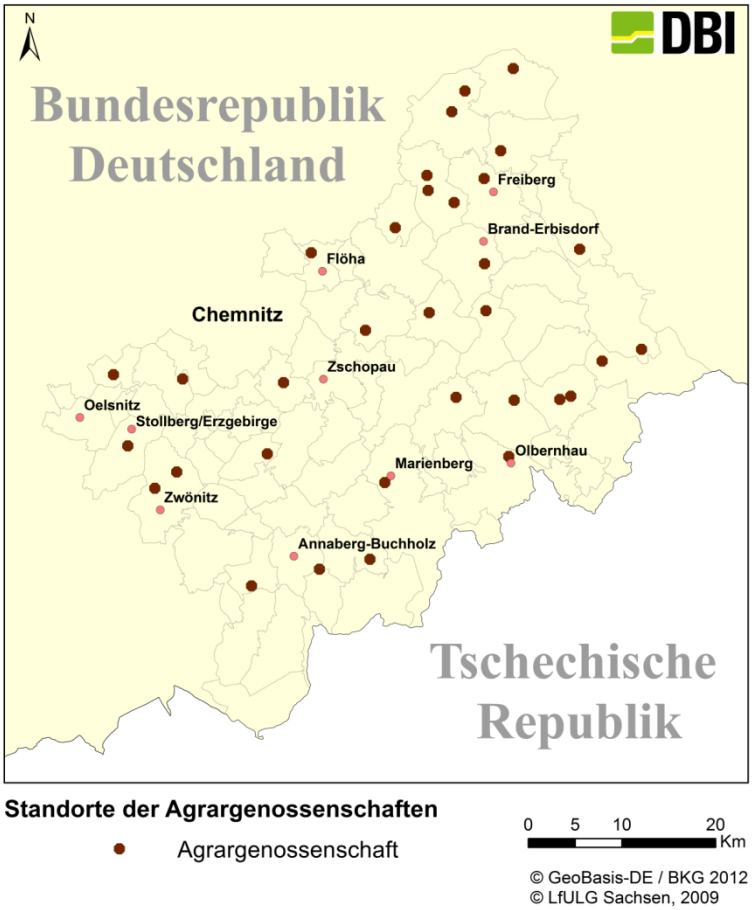


Abbildung 29: Standorte von Agrargenossenschaften des Untersuchungsgebietes

Insgesamt gehen 34 Agrargenossenschaften in diese Studie ein. Diese verteilen sich gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet, wie in Abbildung 29 zu sehen ist. Neben den Firmennamen und –sitzen liegen auch Kontaktdaten der Ansprechpartner (Genossenschaftsvorstände) vor, sodass bei Generierung neuer Ideen bzw. Projekte die Kontaktaufnahme problemlos möglich ist.

4.1.2. Biogasanlagenbetreiber

Innerhalb des Untersuchungsgebietes konnten 29 Biogasanlagen standortgenau recherchiert werden. Neben den exakten Standortdaten sind weiterhin die jeweilige elektrische Nennleistung sowie der Betreiber bekannt.

Die statistische Auswertung der elektrischen Nennleistungen im Untersuchungsgebiet zeigt, dass der Großteil der Anlagen zwischen 220 und 350 kW_{el} installiert hat. Der Medianwert beträgt 250 kW_{el}. Trotz dieser relativ kleinen Anlagen existieren ebenso größere (Abbildung 30). Der Maximalwert beträgt 626 kW installierte elektrische Leistung. Diese Anlage steht in Rechenberg-Bienenmühle, Ortsteil Clausnitz im südlichen Mittelsachsen an der tschechischen Grenze.

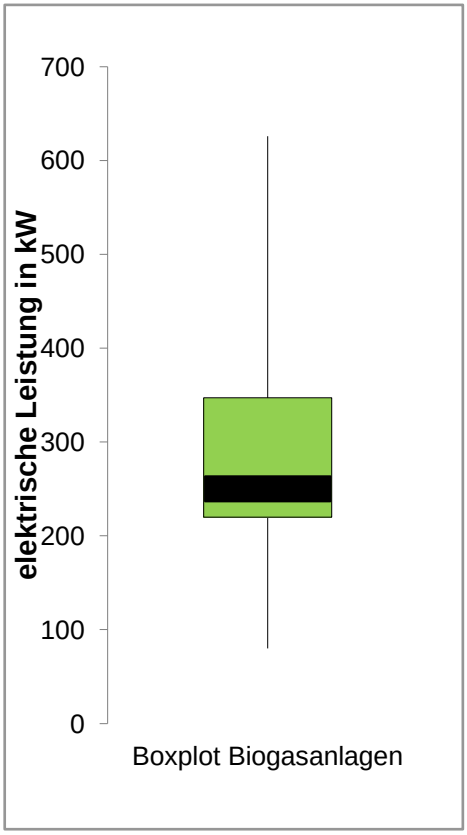


Abbildung 30: Boxplot der elektrischen Nennleistung der Biogasanlagen des Untersuchungsgebietes

Der Großteil der Biogasanlagen wird von Agrargenossenschaften betreiben. Abbildung 31 zeigt einige Zusammenhänge. Deutlich wird, dass im Osten des Untersuchungsgebietes deutlich leistungsstärkere Anlagen stehen als im restlichen Teil. Besonders im westlichen Raum von Brand-Erbisdorf ist eine höhere Baudichte wahrzunehmen.

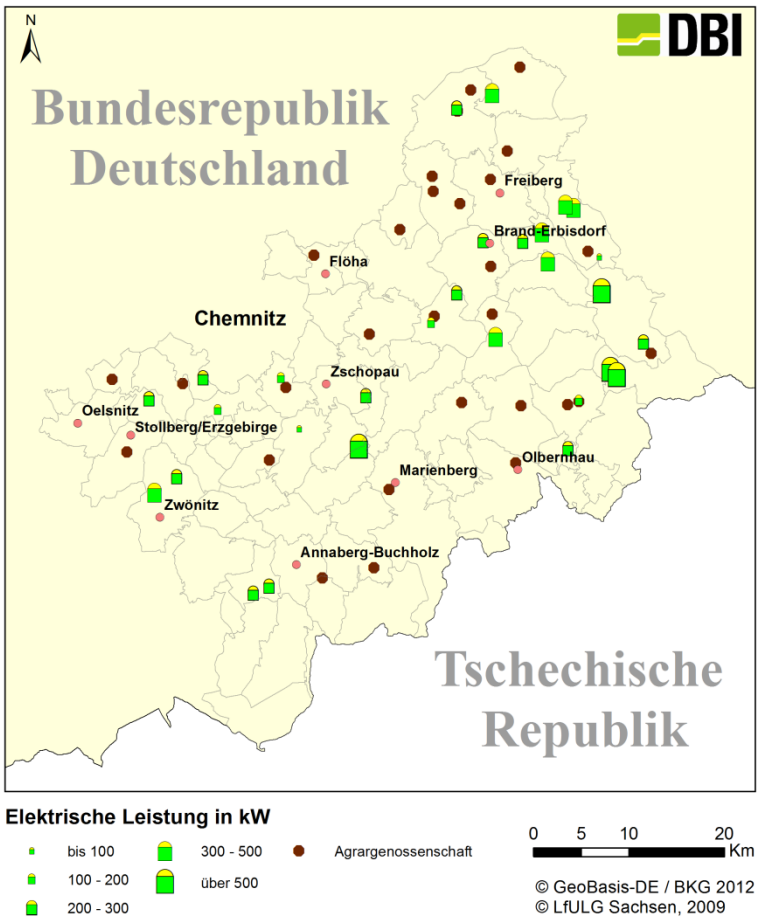


Abbildung 31: Biogasanlagenstandorte in Verbindung mit Agrargenossenschaften des Untersuchungsgebietes

4.1.3. Wärmeabnehmer

Der Erzeugung von Biogas schließt sich in der Wertschöpfungskette die Nutzung dieses Energieträgers an. Hierfür eignet sich aus energetische sich besonders die Kraft-Wärme-Kopplung in Form eines Blockheizkraftwerkes, welches Strom und Wärme generiert. Der anfallende Strom kann in das öffentliche Netz eingespeist werden, wobei ein Teil der Wärme für den Fermentationsprozess benötigt wird. Um den Gesamtwirkungsgrad zu erhöhen und die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu verbessern, ist eine sinnvolle Wärmenutzung erstrebenswert.

Hierzu sind Kenntnisse über die Wärmeverbrauchsstruktur der näheren Umgebung der jeweiligen Biogasanlage notwendig. Aus diesem Grund erfolgt in diesem Kapitel eine Wärmebedarfsanalyse des Untersuchungsgebietes. Hierzu werden sowohl private, kommunale, gewerbliche aber auch industrielle Wärmeabnehmer berücksichtigt. Das Ergebnis ist in Abbildung 32 dargestellt. Es fällt auf, dass aufgrund fehlender Gebäudedaten, die Orte (Wärmebedarf anhand der Einwohnerzahl), modelliert als Kreise in den ländlichen Regionen, dominieren. Dennoch sind besondere Zentren des Wärmeverbrauchs identifizierbar, so beispielsweise im Raum Freiberg, Stollberg und Annaberg-Buchholz.

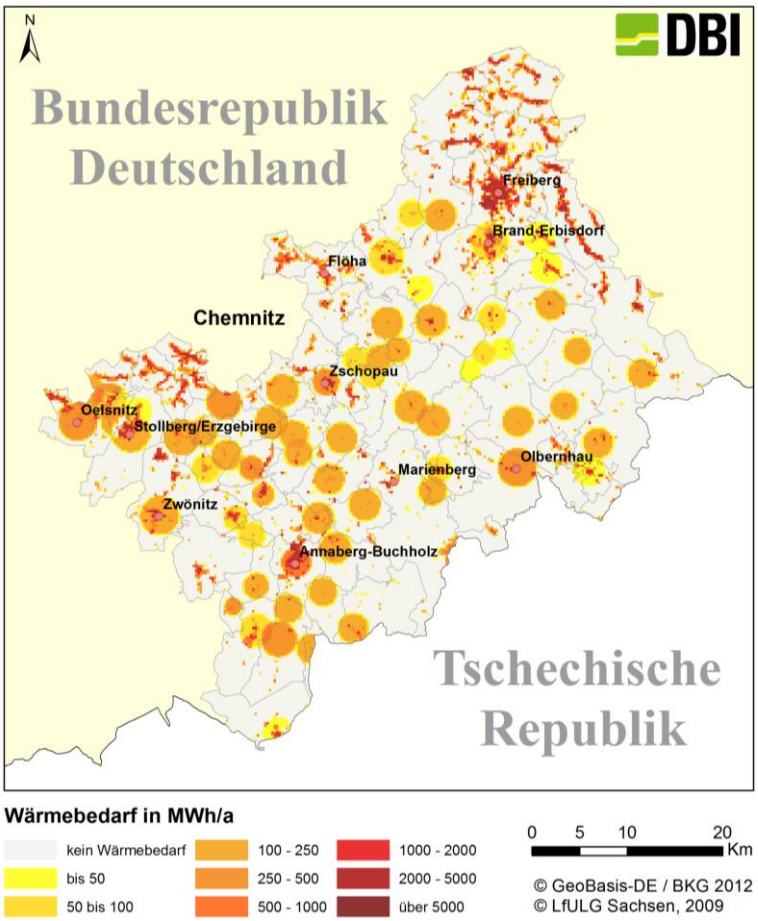


Abbildung 32: Wärmepotentialkarte des Untersuchungsgebietes

Um Projektansätze zu generieren, sind besonders verbrauchsintensive Abnehmer von Interesse. Aus diesem Grund zeigt Abbildung 33 die TOP 100 Wärmeverbraucher (größte Wärmeverbraucher) des Untersuchungsgebietes. Diese konzentrieren sich in den größeren Städten, wobei die großen Wärmeverbraucher dennoch weiträumig verteilt sind.

Abbildung 33: TOP 100 der Wärmeverbraucher des Untersuchungsgebietes

4.2. Akteure im Bereich Dendromasse

4.2.1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Für den erfolgreichen Aufbau und die dauerhafte Etablierung regionaler Wertschöpfungsketten ist vor allem eine optimal koordinierte Logistikkette notwendig. Nur so können die erforderlichen Teilprozesse der Energieträgerbereitstellung effizient und damit wirtschaftlich gestaltet werden. Als Bindeglied zwischen Erzeuger und Verwerter von Energieholz sind daher die entsprechenden Dienstleister – Holzernte- und Transportunternehmen, Forstunternehmen mit Hacker usw. – von herausragender Bedeutung. Deshalb ist eine Analyse der Akteure vor Ort im Vorfeld der Initiierung von Wertschöpfungsketten unumgänglich.

Im Rahmen der vorliegenden Studie sollte daher eine Akteuranalyse für RekultA-Gebiet durchgeführt werden. Im Fokus der Analyse standen die folgenden Akteure:

(1) Waldbesitzende Kommunen

(2) Dienstleistungsunternehmen aus den Bereichen

a. Forstwirtschaft

b. Landwirtschaft

c. Baum- und Landschaftspflege inkl. Transport und Trocknung.

Ziel dieser Akteuranalyse war es, die Möglichkeiten zum Aufbau von Logistikketten für die Energieholzbereitstellung aufzuzeigen. Dazu sollte auch eine Bewertung der jeweiligen Akteure hinsichtlich deren Relevanz vorgenommen werden.

4.2.2. Methodik

Die Akteuranalyse erfolgte in zwei Arbeitsschritten:

(1) Recherche und Datenbankerstellung

Zunächst wurden die Kontaktdaten (Anschrift, Telefonnummer etc.) aller relevanten Unternehmen der verschiedenen Branchen mittels Internetrecherche und Recherche in Fachzeitschriften erfasst und ohne Anspruch auf Vollständigkeit in Datenbanken (Excel) zusammengetragen.

(2) Telefonbefragung und Datenbankergänzung

Nachfolgend wurden die erfassten Unternehmen mehrheitlich telefonisch Kontaktiert und zu Punkten wie dem Dienstleistungsangebot, technischer Ausstattung, Betätigung auf dem Feld der Energieholzbereitstellung etc. befragt. Die gewonnen Informationen wurden in die Datenbanken eingepflegt.

4.2.3. Akteuranalyse – Waldbesitzende Kommunen

Nahezu jede der 77 Kommunen in der Projektregion besitzt Wald in mehr oder minder großem Umfang. Eine vollständige Auflistung zum Kommunalwaldbesitz war aus datenschutzrechtlichen Gründen im Rahmen dieser Studie zwar nicht möglich, jedoch konnten auf Basis eigener Recherche Daten zu etwa der Hälfte der Kommunen zusammengetragen werden.

Entsprechend der recherchierten Daten variiert die Größe des Kommunalwaldbesitzes von 0,3 ha bis ca. 1.250 ha. Im Hinblick auf das Ziel einer Etablierung von vollständig oder zumindest teilweise holzbasierten Wertschöpfungsketten in den Kommunen der Projektregion werden unter dem Gesichtspunkt einer nachhaltigen Rohstoffversorgung nachfolgend lediglich die

Städte und Gemeinden benannt, die voraussichtlich über ein hinreichend großes Energieholzpotential im eigenen Wald verfügen. Hierbei scheint eine Mindestgröße von 100 ha angemessen.

Die Kommunen mit einem Waldbesitz von mind. 100 ha fallen damit in die engere Auswahl bei der Ausweisung möglicher Ansatzpunkte für holzbasierte Wertschöpfungsketten. Da diese 10 Kommunen bereits etwa die Hälfte der gesamten Kommunalwaldfläche in der Projektregion einnehmen (vgl. Punkt 3.2.2), kann davon ausgegangen werden, dass auf die übrigen 67 Kommunen weniger als 100 ha je Kommune entfallen (durchschnittlich etwa ca. 80 ha). Angesichts dieser Tatsache ist es unerheblich, dass aus Gründen des Datenschutzes für etwa die Hälfte der Kommunen keine Informationen zum Waldbesitz zusammengetragen werden konnten.

4.2.4. Akteuranalyse – Dienstleistungsunternehmen

Die Akteuranalyse für den Bereich der Dienstleistungsunternehmen brachte folgende Ergebnisse:

<u>Forstwirtschaft</u>

In der Projektregion wurden insgesamt 34 Forstdienstleistungsunternehmen identifiziert. Unter den drei analysierten Branchen ist die Forstwirtschaft damit die am stärksten vertretene.

Das Dienstleistungsspektrum reicht vom motormanuellen Holzeinschlag und der Holzrückung mit Pferd bis hin zur hochtechnisierten Holzernte mit Harvester und Forwarder. Drei der erfassten Forstunternehmen sind reine Speditionsunternehmen.

Nach Prüfung des Dienstleistungsangebots bzw. der technologischen Ausstattung der Unternehmen, werden folgende Forstdienstleister als besonders relevant für etwaige Logistikketten zur Bereitstellung von Energieholz erachtet: Tabelle 19 wurde entfernt, aufgrund sensibler Daten.

Die Kriterien nach denen die in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** benannten Forstunternehmen ausgewählt wurden sind:

(1) Dienstleistungsangebot

(2) Betätigung im Energieholzsektor.

Selbstverständlich sind an geeigneter Stelle auch andere, nicht in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** benannte Unternehmen, in die Bereitstellungskette einzubinden. Jedoch ist aus Gründen der Effizienz und des Organisationsaufwandes ein Dienstleister, der möglichst viele der erforderlichen Arbeitsschritte erledigt, einer Vielzahl von beteiligten Unternehmen vorzuziehen.

Wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ersichtlich, können alle Teilprozesse einer Bereitstellungskette für Waldhackschnitzel – Holzeinschlag, Rückung und Hackung – von Forstdienstleistungsunternehmen aus der Projektregion durchgeführt werden. Bei Anschaffung eines „Großhackers“ durch ein Lohnunternehmen, wäre voraussichtlich sogar die notwendige Technik

zur Erzeugung qualitativ hochwertigen Hackguts verfügbar. Ob die kleineren Hacker mit Einzug bis 18 cm in der Lage sind, Hackgut mit der erforderlichen Qualität (keine Überlängen, Feinanteil) zur Verwertung in störanfälligeren Heizanlagen, wie sie im kommunalen Bereich häufig zur Anwendung kommen, zu erzeugen, ist zu prüfen.

Landwirtschaft

In der Projektregion wurden insgesamt 9 landwirtschaftliche Dienstleistungsunternehmen identifiziert. Es ist jedoch davon auszugehen, dass nahezu jeder Landwirtschaftsbetrieb in irgendeiner Form Dienstleistungen, z. B. Schüttguttransporte, erbringt. Erfasst sind hier lediglich die Unternehmen, die in Fachzeitschriften oder dem Internet explizit als Dienstleistungsunternehmen beworben werden.

Das Leistungsangebot der erfassten Landwirtschaftsunternehmen beschränkt sich nach vorliegenden Informationen im Wesentlichen auf Transportdienstleistungen. Zwei dieser Unternehmen bieten jedoch auch die Hackung von Holz in Lohnarbeit an.

Der Transport des Hackguts vom Wald oder Feld ist ein wichtiger Arbeitsschritt in der Logistikkette. Da, wie bereits erwähnt, jedoch davon ausgegangen werden kann, dass die Mehrzahl der Landwirtschaftsunternehmen Transportdienstleistungen erbringt, werden nachfolgend lediglich die Unternehmen mit Hacker als besonders relevant für etwaige Bereitstellungsketten benannt (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**: Tabelle wurde entfernt, aufgrund von sensiblen Daten).

Trotz der Tatsache, dass z. T. bereits Kurzumtriebsplantagen in der Projektregion bewirtschaftete werden, gibt es kein landwirtschaftliches Dienstleistungsunternehmen vor Ort, das die erforderlichen Spezialmaschinen zur Anlage und Ernte von KUP vorhält. Angesichts des gegenwärtig eher geringen Flächenumfangs an KUP, wäre die Anschaffung der teuren Geräte wegen fehlender Auslastung jedoch auch unrentabel. Sollte sich die Zahl der Kurzumtriebsplantagen in der Projektregion in den kommenden Jahren erhöhen, werden vermutlich auch die hiesigen landwirtschaftlichen Dienstleister dieses Betätigungsfeld für sich erschließen. In der Zwischenzeit besteht die Möglichkeit, auf ein Dienstleistungsunternehmen mit Sitz im Landkreis Meißen, welches über die entsprechenden Pflanz- und Erntemaschinen verfügt, zurückzugreifen.

Wie bei den Forstdienstleistern auch, wäre zu prüfen, ob die beiden Hacker mit Einzug bis 21 cm zur Erzeugung von Hackgut der erforderlichen Qualität geeignet sind und die Unternehmen ggf. in Bereitstellungsketten für Energieholz aus dem Wald oder der offenen Landschaft eingebunden werden können.

Baum- und Landschaftspflege

In der Projektregion wurden insgesamt 14 Baum- bzw. Landschaftspflegeunternehmen identifiziert, davon 9 mit Hacker.

Folgende Unternehmen werden davon als besonders relevant für etwaige Logistikketten zur Bereitstellung von Energieholz erachtet (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**: entfernt, aufgrund sensibler Daten).

Die erfassten Baum- bzw. Landschaftspflegeunternehmen sind über die gesamte Projektregion verteilt. Dadurch ist es theoretisch möglich, vergleichsweise kurze Anfahrtswege bei der Bereitstellung von Energieholz aus der offenen Landschaft zu realisieren. Die Einbindung von Baum- bzw. Landschaftspflegeunternehmen in Bereitstellungsketten für Waldhackschnitzel ist bei Fehlen eines Forstdienstleisters mit Hacker vor Ort auch denkbar. Im Hinblick auf die Qualität des erzeugten Hackguts wäre auch hier dessen Verwertbarkeit in Kleinanlagen zu prüfen.

Transport

In der Projektregion wurden insgesamt 8 Containerunternehmen identifiziert, die mit Blick auf den Hackguttransport in die Bereitstellungsketten eingebunden werden könnten.

Da keines dieser Unternehmen sich durch ein besonderes Leistungsangebot hervortut, werden nachfolgend beispielhaft vier der Unternehmen mit Sitz in je einem der vier Altkreise der Projektregion benannt (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**: wurde entfernt, aufgrund sensibler Daten).

Zusammengenommen mit den zahlenmäßig überwiegenden landwirtschaftlichen Dienstleistungsunternehmen ist Zahl der Transportunternehmen in der Region vergleichsweise hoch. Der Hackguttransport stellt folglich die geringste Herausforderung innerhalb der Bereitstellungskette für Energieholz dar.

Trocknung

Neben der energiezufuhrfreien Trocknung von Hackschnitzeln unter Ausnutzung der Eigenerwärmung des Hackguts infolge biologischer Prozesse, besteht auch die Möglichkeit einer Trocknung mittels Abwärme aus Biogasanlagen. Gegenüber der Trocknung durch Eigenerwärmung hat die Trocknung unter Zuhilfenahme von Abwärme aus Biogasanlagen folgende Vorteile:

(1) schnellere Trocknung des Hackguts

(2) geringere Trocknungsverluste.

Zudem kann über die Nutzung freier Abwärmekontingente für die Holztrocknung ein zusätzlicher finanzieller Nutzen für die Landwirtschaftsbetriebe bzw. Biogasanlagenbetreiber und damit auch eine größere Wertschöpfung für die Region generiert werden.

In der Projektregion werden gegenwärtig 29 Biogasanlagen betrieben, die als potentielle Trocknungsstandorte in Frage kommen (vgl. Kapitel 4.1.2). Auf eine Auflistung aller Standorte wird an dieser Stelle verzichtet. Es ist zu prüfen, welche dieser Anlagen über freie Abwärmekontingente verfügt und ob sich die entsprechenden Standorte sinnvoll in Wertschöpfungsketten einbinden lassen.

4.3. Akteure im Abfallbereich

Die Akteure für die Bewirtschaftung der hier interessierenden Abfälle werden im Kapitel 2.3 bereits allgemein benannt. Die nachfolgenden Ausführungen und

Übersichten dienen der Untersetzung und der Benennung konkreter Marktteilnehmer für die Entsorgung von Bio- und Grünabfällen aus privaten Haushalten und von kommunalen Klärschlämmen (Tabelle 23 wurde entfernt, aufgrund sensibler Daten)

4.3.1. Bio- und Grünabfälle

Im RekultA-Gebiet stellen formal die beiden Landkreise (LK) Mittelsachsen und Erzgebirgskreis die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) dar, wobei die abfallwirtschaftlichen Aufgaben jeweils an dritte Institutionen übertragen werden.

Im Falle der EKM handelt es sich um ein landkreiseigenes Unternehmen des LK Mittelsachsen. Der ZAS stellt einen Zweckverband dar, dem der LK Erzgebirgskreis als Mitglied angehört. Sowohl die EKM als auch der ZAS bedienen sich zur Umsetzung von Entsorgungsleistungen Dritter – private Entsorgungsunternehmen, die in der Regel im Ergebnis EU-weiter Ausschreibungen vertraglich gebunden werden.

Unabhängig davon, ob die Erfassung von Bio- und Grünabfälle über ein kommunales (von den örE initiiertes System) oder über Aktivitäten Privater erfolgt, werden demzufolge Bio- und Grünabfälle größtenteils durch private Entsorgungsunternehmen gesammelt, transportiert und schließlich auch verwertet. Bei der Erfassung von Grünabfällen spielen Wertstoffhöfe bzw. Grünabfallannahmestellen eine Rolle, die teilweise kommunal betrieben werden. Die Wertstoffhöfe bzw. Grünabfallannahmestellen werden hier nicht gesondert aufgeführt (siehe Internet-Informationen EKM und ZAS). Einschlägige, im RekultA-Gebiet tätige Logistikunternehmen insbesondere zur Erfassung von Bioabfällen (Biotonne) und Unternehmen zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen werden in den nachfolgenden Tabellen benannt, ohne dass die Auflistungen den Anspruch auf Vollständigkeit erheben (Tabelle 24 und 25 entfernt, aufgrund sensibler Daten).

4.3.2. Klärschlamm

Zur Behandlung von Abwässern hat sich im Freistaat Sachsen ein flächendeckendes System von Abwasserzweckverbänden und Kläranlagen etabliert. In Tabelle 5 sind die für das RekultA-Gebiet relevanten Zweckverbände mit ihren Einzugsgebieten und den Kläranlagen benannt, wobei nur größere, von den Verbänden betriebene Anlagen aufgelistet sind. Neben diesen Anlagen existieren noch weitere, insbesondere kleinere und Kleinstkläranlagen[2] (Tabelle 26 entfernt, aufgrund sensibler Daten).

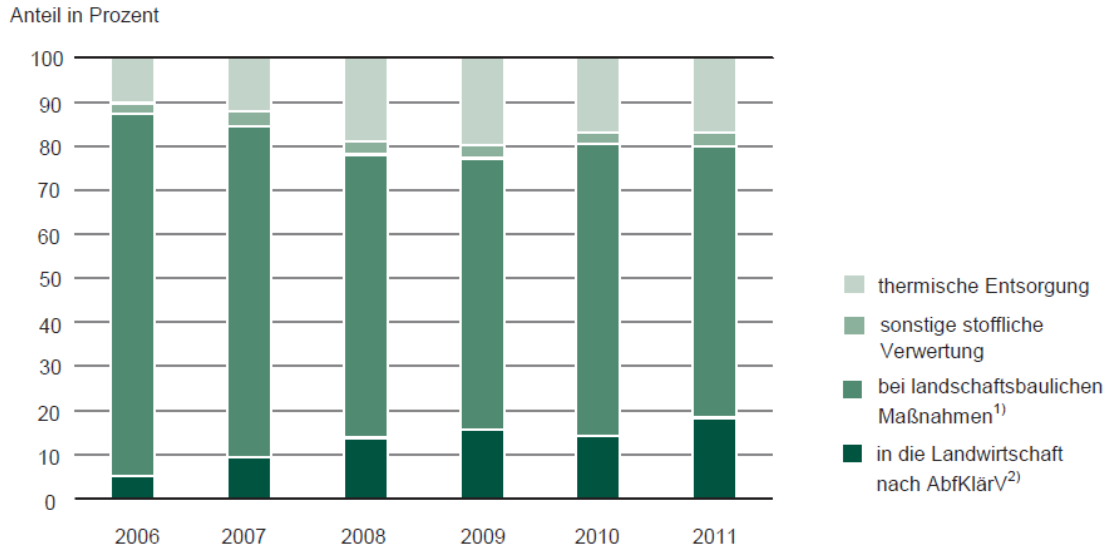
[2] In Sachsen sind derzeit etwa 700 kommunale Kläranlagen in Betrieb [SMUL 2013]

Einige Entsorgungswege für kommunale Klärschlämme werden bereits in Abbildung 4 benannt. Im bereits zitierten [SMUL 2013] werden folgende Entsorgungswege angegeben (Stand 2011):

- stoffliche Verwertung
  - Landwirtschaft (16 %)
  - Kompostierung (28 %)
  - Rekultivierung, Landschaftsbau (1 %)
  - Sonstige stoffliche Verwertung (z. B. Sekundärrohstoffdünger) (3 %)
- thermische Behandlung (13 %)
- Zwischenlagerung (5 %)
- Export in andere Bundesländer (34%).

Konkrete Anlagen werden im Lagebericht nicht benannt.

Das Statistische Landesamt Sachsen veröffentlichte ebenfalls Daten zur Klärschlammentsorgung (Abbildung 34), wobei sich die Angaben in Abbildung 34 auf direkt entsorgte Mengen beziehen (also ohne Zwischenlagerung) und kompostierte Mengen in den Anteile „von landschaftsbaulichen Maßnahmen“ enthalten sind. Konkrete Anlagen werden auch in [STL SN 2011b] nicht angegeben.



1) z. B. Kompostierung, Rekultivierung
2) Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), die zuletzt durch Artikel 9 der Verordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1504) geändert worden ist.

Abbildung 34: Anteil der Entsorgungswege in der direkten Klärschlammentsorgung aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen in Sachsen 2006 bis 2011 [STL SN 2011b]

Im sächsischen Anlagenkataster „Abensa“ [ABENSA 2010] lassen sich für den Direktionsbezirk Chemnitz 36 Betriebsstätten nachweisen, die sich mit Klärschlamm beschäftigen – davon sind 10 Anlagen dem RekultA-Gebiet zuzuordnen, wobei wahrscheinlich nur 7 Anlagen Klärschlämme behandeln (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**: wurde wegen sensiblen Daten entfernt).

4.4. Die größten Energienachfrager der Industrie und öffentlichen Hand (Landkreisverwaltung/ Kommune)

Bei der Betrachtung des Endenergieverbrauchs in Sachsen wird deutlich, dass neben dem Bereich Haushalt und Verkehr die Industrie einen erheblichen Anteil aufweist (vgl. Abbildung 35). Im Folgenden wird speziell die Industrie bzw. das verarbeitende Gewerbe in der Euroregion Erzgebirge im Hinblick auf deren Potential als Abnehmer von Energie aus Biomasse untersucht. Dies erfolgt im Zusammenhang mit der öffentlichen Hand (Landkreisverwaltung/Kommune), die insbesondere über Liegenschaften (insbes. öffentliche Gebäude) mit Energiebedarf verfügt. Dies bezieht sich auch mittelbar auf von Kommunen entwickelte bzw. betriebene Gewerbegebiete, die – wenn frühzeitig geplant – mitunter ein hohes Potential für integrative Lösungen zur Wärme- und künftig sicher auch Stromversorgung aufweisen. Hier bieten sich Ansatzpunkte für die gleichzeitige Versorgung von Industrieunternehmen, Wohnungen und öffentlichen Einrichtungen.

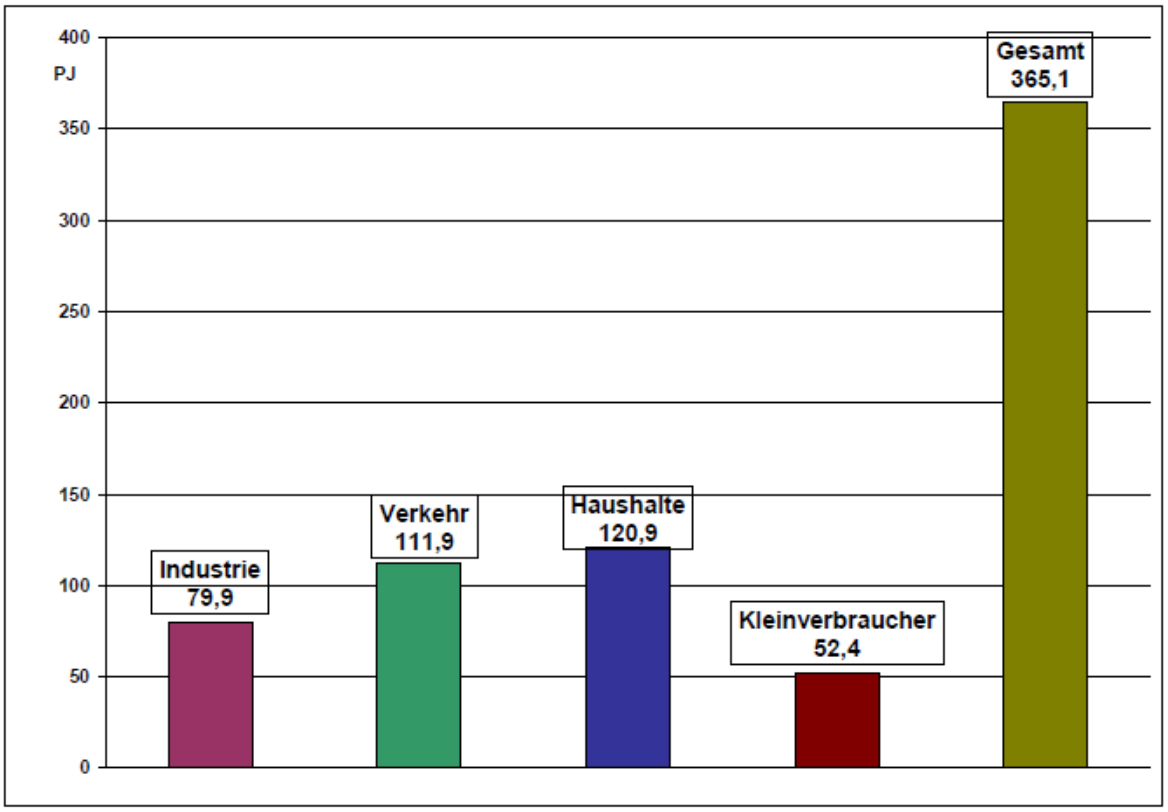


Abbildung 35: Endenergieverbrauch im Jahr 2010 [SMWA/SMUL 2013]

Im Hinblick auf das Herangehen an die Industrie empfiehlt sich zunächst eine Betrachtung der Energieintensität einzelner Branchen. Dadurch kann später eine Priorisierung bei Ansprache einzelner Unternehmen als konkrete Adressaten in der Euroregion Erzgebirge bzw. einer davon abgeleiteten Gebietskulisse erfolgen. Als besonders energieintensiv gelten die folgenden Industriebereiche:

- Chemie
- Stahl
- NE-Metalle
- Papier
- Glas
- Baustoffe

Aus der Abbildung 36 geht dabei hervor, dass die Bereiche Chemie, Stahl und NE-Metalle aus der Perspektive des Umsatzanteils die größte wirtschaftliche Bedeutung haben. Dadurch wird auch deutlich, dass der Industriestandort Deutschland untrennbar mit der Thematik „Energieverbrauch“ verbunden ist, woraus sich nicht zuletzt für die Politik – sowohl auf Bundes- als auch auf Regionalebene – eine besondere Verantwortung im Hinblick auf Versorgungssicherheit und Kosten (Stichwort „verlässliche Rahmenbedingungen“) ableitet. Trotz eines im Vergleich zum Jahr 1990 zurückgegangenen Endenergieverbrauchs (vgl. Abbildung 37) besteht an dieser Stelle noch Optimierungspotential, dass bei der Entwicklung von Umsetzungsprojekten im

Sinne ggf. sinkender Energiebedarf insbesondere bei Wärmemengenberechnungen zu berücksichtigen ist.

Dieser Gedanke wird bei den weiter unten vorgeschlagenen Umsetzungsprojekten wieder aufgegriffen.

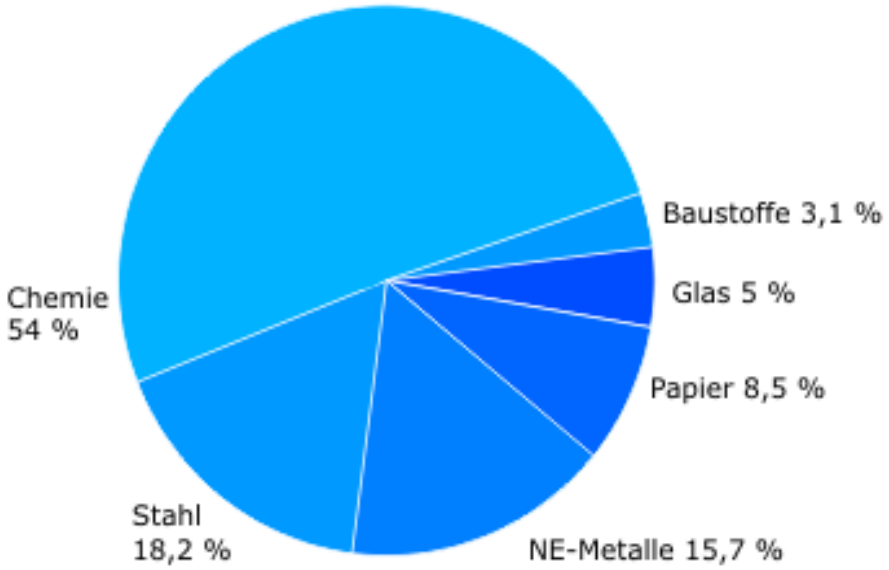


Abbildung 36: Energieintensive Industrien nach Umsatzanteil in Deutschland (2010) [DESTATIS 2013]

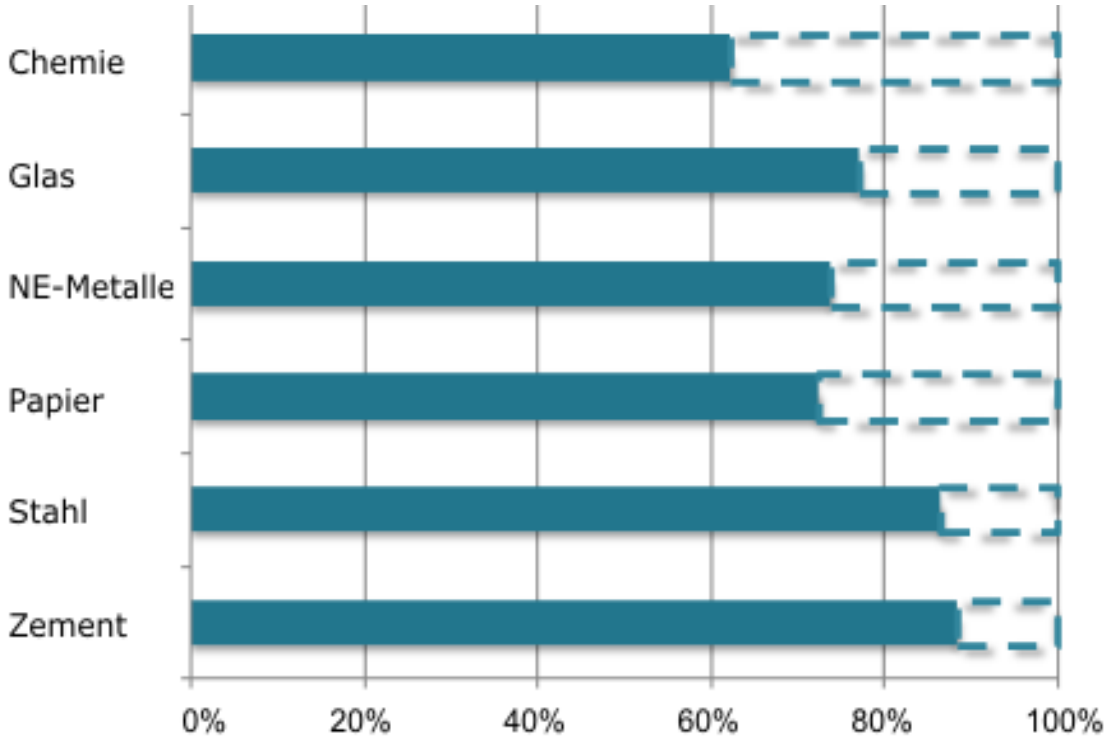


Abbildung 37: Reduzierung des spezifischen Endenergieverbrauchs in der energieintensiven Industrie (1990=100%/Strom ist primärenergetisch mit 10,434 MJ/kWh bewertet) [RWI 2009]

In der engeren Fokussierung auf den Untersuchungsraum „Euroregion Erzgebirge“ ist zu beachten, dass die Wirtschaftsstruktur weniger durch die beiden hochenergieintensiven Bereich Chemie und Stahl geprägt ist, andererseits spielen die Bereiche insbesondere der „NE-Metalle“ und auch punktuell „Papier“ in der Region eine Rolle. In der Papierproduktion sind insbesondere Vorprodukte, Antriebe für Maschinen und Pumpen für Prozesswasser für den hohen Energieverbrauch verantwortlich (spezifischer Stromverbrauch von 700 kWh pro Tonne Papier). Gleichzeitig entsteht prozessbedingt eine erhebliche Menge an Abwärme (Tabelle 28 wegen sensibler Daten entfernt).

Bei Durchführung einer Akteuranalyse für den Landkreis Mittelsachsen, der weite Teile der Euroregion Erzgebirge in dem hier betrachteten Zuschnitt (Basisjahr 2008) erfasst, lassen sich 259 Unternehmen mit 20 und mehr Mitarbeitern als zugehörig zum verarbeitenden Gewerbe ermitteln. Darunter befinden sich zahlreiche Unternehmen aus den Bereichen Papier und NE-Metalle. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** führt diese mit Unternehmensbezeichnung und Standort aus. Wirtschaftszweigbedingt ist dabei der ebenfalls sehr energieintensive Bereich des Freiberger „Halbleiter-Clusters“ nicht enthalten. Diese sich insbesondere am Standort „Gewerbegebiet Süd“ befindende Struktur bildet für sich allein genommen einen später bei der Projektumsetzung anzusprechenden Akteur.

Zur Bedarfsanalyse im Bereich der öffentlichen Hand erfolgt die Identifikation der Akteure durch eine Befragung relevanter Kommunen der Landkreise Mittelsachsen und Erzgebirgskreis. Dazu wurde ein Fragebogen entwickelt, der wesentliche Aspekte, kurz und prägnant dargestellt, beinhaltet. Neben einer Bedarfsanalyse der Gemeindeeinrichtungen an sich erfolgt dabei auch eine Abfrage der Situation in gewerblich und industriell genutzten Gebieten der jeweiligen Kommune. Folgende Fakten werden abgefragt:

1. Name der Institution/Behörde
2. Anzahl Beschäftigte 31.12.2012
3. Jährlicher Wärmebedarf in kWh
4. Wie wird der Wärmebedarf gedeckt? (Auswahlmöglichkeiten)
5. Aussagen zu den vorhandenen Wärme-/ Energieanlagen: Alter, geplante Investitionen
6. Gibt es Biogasanlagenbetreiber in Ihrer Gemeinde? Wenn ja, welche?
7. Größte industrielle Energieabnehmer in der Gemeinde
8. Wie ist der Auslastungsgrad der Gewerbegebiete?
9. Sind neue Gewerbeansiedlungen geplant?
10. Wurde bereits ein kommunales Energiekonzept entwickelt?

Im Ergebnis geben von den angeschriebenen 77 Kommunen und 2 Landkreisverwaltungen insgesamt 9 Interesse an. Insgesamt bekunden weitere 9 Kommunen und eine Landkreisverwaltung offiziell, dass kein Interesse vorhanden ist; von 60 liegt generell keine Rückantwort vor (Tabelle 29 und Abbildung 38 wurden wegen sensibler Daten entfernt).

Die von den in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgelisteten Gemeinden erhaltenen Daten sind in einem nächsten Schritt tabellarisch erfasst und statistisch ausgewertet worden. Mit Hilfe einer Auswertematrix konnte eine Priorisierung erfolgen und Potentiale in den Gemeinden ermittelt werden.

Die größte Energienachfrage gibt es im Bereich der größeren Städte, da hier mehr Gewerbefläche vorhanden und größere Industrien/ Gewerbe angesiedelt sind. Das gilt vor allem für den Freiberger Raum.

Zahlreiche Gewerbegebiete sind nach wie vor nicht vollständig ausgelastet, so dass hier das Potential einer Neuansiedlung durchaus gegeben ist, wodurch der Energiebedarf perspektivisch steigen kann.

Schwierig gestaltet es sich, konkrete Zahlen zum Energiebedarf zu erhalten. In der Regel sind in den Gemeinden keine Kapazitäten oder Kompetenzen vorhanden, um konkrete Aussagen dazu zu treffen.

Interessant ist weiterhin die Tatsache, dass viele Wärmeanlagen bereits 6 - 15 Jahre und älter sind, so dass bereits einige Gemeinden an Modernisierungen der Heizanlagen denken müssen bzw. sollten. Die dominierenden Energieträger sind nach wie vor Erdgas und Öl.

5. Konzept- und Projektansätze zur Verwertung von Biomasse durch regionale und grenzüberschreitende Wertschöpfungsketten

5.1. Wärmenutzung von Biogasanlagen – Kommune

Bei der Verstromung des erzeugten Biogases entsteht mittels Kraft-Wärme-Kopplung (z. B. BHKW) neben elektrischer auch thermische Energie. Derzeit erfolgt zum Großteil die Einspeisung des elektrischen Stroms in das öffentliche Netz und die anfallende Wärme wird nur teilweise sinnvoll genutzt. Diese Nutzung besteht meist in Form der Fermenterbeheizung und der Bereitstellung von Raumwärme bzw. Warmwasser für die Gebäude in Besitz des Anlagenbetreibers. Der Großteil der anfallenden Wärme wird jedoch über Notkühler an die Umgebung abgegeben. Dies ist sowohl energetisch als auch ökologisch und ökonomisch nicht sinnvoll. Mit Hilfe eines Wärmekonzeptes kann der Gesamtwirkungsgrad der Anlage erhöht und die Wirtschaftlichkeit gesteigert werden. Besonders vor dem Hintergrund einer zukünftig geringeren Vergütung des eingespeisten Stroms nach EEG sind alternative Einnahmequellen für die Betreiber von Interesse.

Für die in Kapitel 4.4 genannten Kommunen erfolgt basierend auf den übermittelten Daten eine Priorisierung, in welchen Kommunen zeitnah ein verstärktes Interesse für eine Wärmenutzung durch Biogasanlagen entstehen könnte. Eine Rolle spielen dabei folgende Indikatoren:

- Größe und Auslastungsgrad der Gewerbegebiete
- Art der angesiedelten Industrien
- Alter der aktuellen Wärmeanlagen
- landwirtschaftliche Umfeldnutzung und vorhandene Landwirtschafts-betriebe

Anhand dieser Indikatoren ergibt sich eine Prioritätenliste, die in der nachfolgenden **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** im Ampelsystem dargestellt ist (Tabelle 30 wurde aufgrund sensibler Daten entfernt).

Priorität 1 (grün): Die Gewerbegebiete sind meist nicht voll ausgelastet, so dass Neuansiedlungen stattfinden werden. Außerdem sind i. d. R. größere Industrieunternehmen vorhanden, die einen entsprechenden Wärmebedarf besitzen. Oft sind die Wärmeanlagen bereits älter, so dass eine Modernisierung zeitnah zu planen ist.

Fazit: Diese Gemeinden sollten generell, aufbauend auf den Erkenntnissen der Studie, angesprochen werden, ob Interesse an einer Beratung besteht. Tabelle 18 vergleicht das in dieser Studie bestimmte Biogaspotential aus halmgutartiger Biomasse und kommunalen Abfällen mit dem Wärmebedarf aus Kapitel 4.1.3. Hierbei ist der abgeschätzte Wärmebedarf nicht direkt mit dem Biogaspotential vergleichbar, da bei der Umwandlung von Biogas in Wärme (z. B. mittels BHKW) u.a. Verluste auftreten. Ebenso wird ein Teil der chemisch gebundenen Energie in elektrische Energie umgewandelt. Der thermische Wirkungsgrad gibt an, wie viel von der Ausgangsenergie in Wärme umgewandelt werden kann. Er beträgt für BHKWs ca. 40 – 50 %. Nichtsdestotrotz können besonders die kleineren Gemeinden ihren Wärmebedarf theoretisch durch Biogas zum Großteil decken. Unberücksichtigt bleiben bei dieser Betrachtung gemeindeübergreifende Effekte.

Tabelle 18: Charakterisierung Kommune Priorität 1

Kommune	Biogas-anlage im Ort	Wärmebedarf in Mio. kWh/a	wirtschaftliches Biogaspotential halmgutartiger Biomasse und kommunaler Abfälle in Mio. kWh/a
Gemeinde Sehmatal	-	1,6	2,6
Stadt Freiberg	-	71,7	6,9
Gemeinde Weißenborn	2	2,4	1,1
Gemeinde Amtsberg	1	1,5	2,2

Priorität 2 (gelb): Hier gibt es nur einige wenige größere Energieabnehmer, jedoch sind trotzdem Investitionen geplant. Zum Teil ist noch kein Energiekonzept vorhanden, wobei vereinzelt Kompetenz vorhanden wäre.

Fazit: Eine Anfrage zu einem Informationsgespräch sollte erfolgen, jedoch ist zu vermuten, dass nicht überall Interesse und Potential besteht.

- Gemeinde Lichtenberg
- Gemeinde Drebach
- Gemeinde Leubsdorf
- Gemeinde Bobritzsch/Hilbersdorf

Priorität 3 (rot): In diesen Kommunen ist kein Interesse an weiterführenden Beratungen zu vermuten bzw. vorhanden, da eine hohe eigene Kompetenz besteht bzw. eingekauft worden ist. Es ist bekannt, dass eigene Biogasanlagen bestehen, die in der Region ausgelastet sind. Lokal sind die Wärmeanlagen erst in den letzten 5 Jahren entstanden.

- Stadtverwaltung Frauenstein
- Gemeinde Burkhardtsdorf
- Stadt Großschirma
- Gemeinde Eppendorf
- Stadt Ehrenfriedersdorf
- Stadt Flöha
- Gemeinde Borstendorf
- Stadt Oberwiesenthal
- Stadt Elterlein
- Stadt Augustusburg

Die Priorität 3 besagt nicht zwingend, dass in diesen Kommunen keine Projekte umgesetzt werden können. Das Beispiel Frauenstein mit seinem Ortsteil Burkersdorf zeigt deutlich, wie auch in diesen Kommunen interessante Projekte entstehen (s. Kapitel 5.4.2.3). Besonders aus abfallwirtschaftlicher Sicht, durch die mögliche Einbindung der Kompostanlage der Fa. Becker, birgt dieses Vorhaben für die Region innovative und nachhaltige Strukturen in sich.

Es ergeben sich insgesamt 4 Projektansätze der Priorität 1, die prinzipiell weiterzuverfolgen sind.

1. Gemeinde Sehmatal
2. Stadt Freiberg
3. Gemeinde Weißenborn
4. Gemeinde Amtsberg

Die zu diesen Kommunen bekannten Daten können der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** entnommen werden. Aufbauend auf diesem Kenntnisstand sind vertiefende Gespräche mit den Verantwortlichen der Gemeinden zu führen. Eine exakte Bestimmung des zukünftigen Wärmebedarfs war im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Unabhängig davon ist erfahrungsgemäß ein direkter Kontakt und ein vertiefendes Gespräch sinnvoller als die Analyse über Datenabfragen.

Nachdem die Akteure sowohl angebots- als auch nachfrageseitig identifiziert wurden, sollten diese entsprechend der räumlichen Distanzen besser vernetzt werden. Insbesondere die wirtschaftliche Tragfähigkeit der jeweilig erzeugten Biomasse ist hierbei zu berücksichtigen.

Aufgrund der Schwermetallbelastung sind zusätzlich Substrate in den folgenden Gemeinden vorhanden:

- Gemeinde Bobritzsch
- Stadt Brand-Erbisdorf
- Stadt Großschirma

Eine Schnittmenge zwischen dem Angebot von Biomasse und der Interessenslagen der Kommunen liegt aufgrund der positiven Rückmeldung sowie der umliegenden drei Biogasanlagen auch bei der Gemeinde Bobritzsch-Hilbersdorf (Priorität 2) vor.

Das Biogaserzeugungspotential aus halmgutartiger Biomasse beträgt für die Gemeinde ca. 5 Mio. kWh/a. Die Hauptakteure für die Bereitstellung dieses Potentials sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

zusammengefasst. Weiterhin liegt ein Potential aus Abfällen von ca. 860.000 kWh/a für die Biogaserzeugung vor. Dieses hohe Potential wird teilweise durch die drei bestehenden Biogasanlagen bereits genutzt (vgl. Tabelle 19). Die hierbei anfallende Wärme wird vorrangig zur Deckung des betriebseigenen Bedarfs genutzt. Eine weitere Nutzung in Form einer Wärmeversorgung externer Kunden (privat, gewerblich, kommunal) ist anhand der vorhanden Restwärme, des Wärmebedarfs und des jeweiligen Interesses zu prüfen. (Tabelle 32 wurde aufgrund sensibler Daten entfernt).

Möglicher Wärmeabnehmer kann neben den Privathaushalten und kommunalen Gebäuden (Rathaus, 4 Kindertagesstätten, 5 Schulen, …), auch „Eichhorns Süßmost- und Fruchtweinkelterei“ in Niederbobritzsch sein. Insgesamt kann der Gemeinde ein jährlicher Wärmebedarf von ca. 260 Mio. kWh zugewiesen werden.

Tabelle 19: bestehende Biogasanlagen in Bobritzsch [BMFG 2013]

Standort Biogasanlage	Betreiber	el. Nenn-leistung in kW	Wärme-nutzung
Oberbobritzsch (Schweinestall)	Agrargenossenschaft “Bobritzschtal” Oberbobritzsch e.G.	100	Eigenbedarf auch im Sommer
Oberbobritzsch (Rinderstall)	Agrargenossenschaft “Bobritzschtal” Oberbobritzsch e.G.	300	Eigenbedarf
Nieder-bobritzsch	Agrar-Technik GmbH Niederbobritzsch	340	Eigenbedarf, Getreide-trocknung

5.2. Wärmenutzung von Biogasanlagen – Industrie

Für die zielgerichtete Nutzung von Biogasanlagen als Lieferant von Energie sowohl für bestehende Industrieunternehmen als auch zur künftigen Versorgungen von noch anzusiedelnden Unternehmen bieten sich in der Euroregion Erzgebirge zahlreiche Anknüpfungspunkte. Exemplarisch und besonders für den schwermetallbelasteten Bereich der Region in und um Freiberg werden die folgenden drei Vorhaben zur unmittelbaren Umsetzung vorgeschlagen:

Projekt 01 : DBI Power

- Ort: 09599 Freiberg, Halsbrücker Straße, DBI-Technologiepark
- Projekttyp: Neuentwicklung im Bestand

- Hauptadressaten: Gewerbe & Privat

Projekt 02 : PAMA-Park

- Ort: 09599 Freiberg, Frauensteiner Straße, ehem. PAMA-Gelände
- Projekttyp: Neuentwicklung
- Hauptadressaten: Industrie (Neuansiedlung)

Projekt 03 : Nahwärmeversorgung Bahnhofssiedlung Klingenberg (NWBK)

- Ort: 01774 Klingenberg, Gewerbepark GPK (Phase-1)
- Projekttyp: Neuentwicklung im Bestand
- Hauptadressaten: Industrie & Kommune (Wohnungen/Schulgebäude)

Das Projekt 03 „NWBK“ ist geografisch nicht direkt im Betrachtungsgebiet der Euroregion Erzgebirge angesiedelt, bietet jedoch das Potential, Biomassen in die energetische Verwertung einzubeziehen, die von Betrieben bereitgestellt werden, die sich am Ostrand der Euroregion Erzgebirge unmittelbar angrenzend befinden (insbesondere Agrar Technik GmbH/ Landwirtschaftsbetrieb Wild in Bobritzsch-Hilbersdorf für halmgutartige Biomasse). Bei allen drei genannten Projekten ist auch der kombinierte bzw. alternative Betrieb von Holzhackschnitzelanlagen prüfbar.

Neben dieser Nutzung von halmgutartiger Biomasse für die Erzeugung von Strom und Wärme soll auch an dieser Stelle erwähnt werden, dass an mindestens einem Standort in der Euroregion Erzgebirge das Potential existiert, die Entwicklung eines Industriestandortes mit der sog. stofflichen Nutzung von Biomasse zu verbinden. An dieser Stelle sei der Standort „Gewerbegebiet Niederschöna“ genannt, der sich unmittelbar angrenzend an die Bundesstraße B173 direkt gegenüber der Agrargenossenschaft Niederschöna erstreckt. Für diesen Standort wird vorgeschlagen, den Bau von Anlagen zur Erzeugung von chemischen Grundstoffen aus Biomasse zu nutzen, die für sich selbst als „Produkt“ vermarktet werden können. Die hierbei auch im Zuge der Energiewende intensivierte Forschung und Entwicklung bietet dazu zunehmend technologische Lösungen, die insbesondere vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit unbedingt zu begutachtende Chancenprofile aufweisen. Das in Kapitel 3.1 ermittelte Biomassepotential eröffnet in jedem Fall eine tiefgründige Untersuchung dieses Verwertungsansatzes.

Für die konkrete Umsetzung dieser drei bzw. vier Projektvorhaben als auch weiterer regionaler Projekte, für die die Akteuranalyse in Kapitel 4 zahlreiche Anknüpfungspunkte liefert, ist in der Regel ein initiatives Zusammenwirken öffentlicher (insbesondere Genehmigungsbehörden) und privater (Agrarunternehmen, Industrieunternehmen, kommunale Energieverbraucher) nötig, um die mitunter komplexen Vorbereitungsarbeiten durchführen zu können. So verfügt die öffentliche Hand über Informationen, die für die Projektplanung unabdingbar sind, gleichzeitig müssen die dann in der Regel vordergründig privaten Partner vertraulich Auskunft über deren Bedarfe und technologischen Gegebenheiten in den Prozess „einspeisen“. Es bietet sich hier an, über die Schaffung eines regionalen Projektträgers bestehend aus öffentlichen und privaten Partnern für den nötigen Zusammenhalt und notwendigen Anstoß zu

sorgen. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn im Rahmen eines auf die Unterstützung der Energiewende fokussierten Projektprogramms ein signifikanter und vor allem messbarer Fortschritt bei der Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien erreicht werden soll. Laut den eingangs zu dieser Studie angeführten Zielen der Bundesregierung (s. Tabelle 1) soll der Anteil der Erneuerbaren Energien bis 2020 von ca. 9,5 % im Jahr 2008 auf ca. 18,0 % im Jahre 2020 steigen. Diese Verdopplung des Anteils erscheint auch grundsätzlich in Sachsen erreichbar. In dem ebenfalls eingangs zitierten Energie und Klimaprogramm 2012 der Sächsischen Staatsregierung wird der Anteil Erneuerbarer Energien in Sachsen mit 47,5 PJ bei einem Gesamtendenergieverbrauch von 635,6 PJ angegeben. Dies entspricht einem Anteil von ca. 7,5 % (vgl. Abbildung 40).

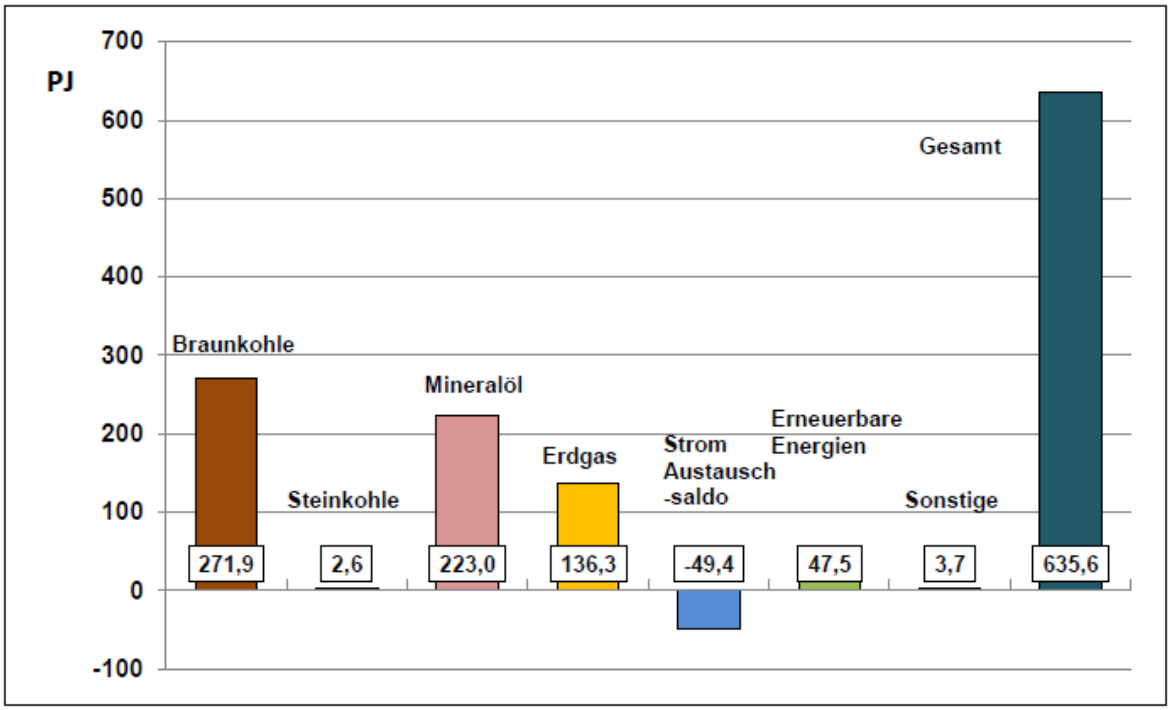


Abbildung 38: Energiebilanz Sachsen [SMWA/SMUL 2013]

Es ist somit denkbar, speziell zur Umsetzung dieses Ziels in der Region Euroregion Erzgebirge ein Projektprogramm umzusetzen, dass aufbauend auf den vorhandenen Strukturen der Energieversorgung und -nutzung einen klaren Weg – „heruntergebrochen“ auf einzelne Projekte – aufzeigt. Mit z. B. einer Bezeichnung „Energieoffensive Mittelsachsen 2020“ könnte ein Projektprogramm aufgelegt werden, das getragen von einer öffentlich-privaten Struktur, im Zeitraum 2014 bis 2020 die definierten Einzelprojekte vorbereitet und im Sinne eines Projektträgers mit relevanten Fachunternehmen umsetzt.

Energie - Offensive
Mittelsachsen 2020

Abbildung 39: Vorschlag zur Initiierung eines Projektprogramms „Energieoffensive Mittelsachsen 2020“

Für die Strukturierung des Programms und insbesondere der Trägerorganisation kann auf Erfahrungen „andernorts“ zurückgegriffen werden. Ein vielbeachtetes Beispiel ist die sog. Solarinitiative München, deren erklärtes Ziel die Steigerung des Anteils von Solarstrom in der Stadtregion München ist (Abbildung 40).

Die Solarinitiative München: Eine Initiative der Landeshauptstadt München

München hat konkrete Ziele im Klimaschutz: bis 2015 sollen alle Privathaushalte, bis 2025 dann alle weiteren Haushalte und Unternehmen nur noch mit Ökostrom versorgt werden. Sind diese beiden Eckpfeiler erreicht, ist München die erste deutsche Großstadt, die ihren Strom ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen bezieht.

Es gilt nun, die identifizierten erneuerbaren Potenziale in und um München konsequent zu nutzen. Dabei hat die Solarkraft im urbanen Raum das größte Potenzial hat.

Um dieses zu aktivieren, wurde die Solarinitiative München 2010 auf Initiative des Münchner Stadtrates ins Leben gerufen. Sie ist allerdings keine städtische Behörde, sondern ein privatwirtschaftlich organisiertes Unternehmen mit der Rechtsform einer GmbH & Co. KG. Die Gesellschafter der Komplementärin, der Solariniative München Verwaltungsgesellschaft mbH sind die Landeshauptstadt München, die Stadtwerke München und die BayWa AG.

Kommanditisten der Solarinitiative München GmbH & Co. KG sind neben den drei Hauptgesellschaftern, die beiden Münchner Immobilienunternehmen Südhausbau und die Inka Group.

Oberbürgermeister Christian Ude ist Schirmherr der Solarinitiative München, die seit Dezember 2010 unter der Leitung von Dr. Harald Will operiert.

Als am Markt agierendes Unternehmen bietet die Solarinitiative München Privatpersonen genauso wie Unternehmen Beratungs- und Planungsdienstleistungen an. Hierbei ist eine besondere Stärke, dass die Solarinitiative München als unabhängiger Berater mit expliziten Kenntnissen über stadtplanerische und baurechtliche Vorgaben als Vermittler und Moderator zwischen Verwaltung und Bauherr fungieren kann.

Solarinitiative München

Abbildung 40: Detailinformation zur Solarinitiative München [SIM 2013]

5.3. Integration von Dendromasse

Nach Abgleich der Ergebnisse der Potentialanalyse (vgl. Punkt 3.2) sowie der Akteuranalyse (vgl. Punkt 4.2), werden die folgenden Ansatzpunkte für Wertschöpfungsketten am geeignetsten für die Integration von Dendromasse erachtet:

(1) Stadt Stollberg

Die Stadt Stollberg verfügt mit ihren 260 ha Kommunalwald über ein Energieholzpotential, das nach vorläufigen Schätzungen zur nachhaltigen Versorgung einer kommunalen Liegenschaft in der Größenordnung einer Kindertagesstätte ausreichen sollte.

Zudem erlauben die standörtlichen Voraussetzungen auf dem Territorium der Stadt Stollberg einen wirtschaftlich sinnvollen Anbau von KUP zur Energieholzproduktion. Dieses Potential könnte in Ergänzung zum vorhandenen Waldrestholzpotential bereits zur Wärmeversorgung mehrerer Objekte genutzt werden.

Auch das wirtschaftliche Energiepotential aus der offenen Landschaft mit in Summe 167 MWh a^{-1} könnte hier einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgung liefern.

Es befinden sich auch zwei Dienstleister mit Hacker vor Ort, die in eine Bereitstellungskette für Hackschnitzel aus dem Wald und der offenen Landschaft eingebunden werden könnten.

(2) Stadt Scheibenberg

Die Stadt Scheibenberg verfügt ebenso wie die Stadt Stollberg mit ihren 260 ha Kommunalwald über ein Energieholzpotential, das nach vorläufigen Schätzungen zur nachhaltigen Versorgung einer kommunalen Liegenschaft wie einer Kindertagesstätte oder ähnlich dimensionierten Objekten ausreichen sollte.

Die standörtlichen Voraussetzungen erlauben hier allerdings keinen wirtschaftlich sinnvollen Anbau von KUP. Zudem ist das wirtschaftliche Energiepotential aus der offenen Landschaft mit in Summe 42 MWh a^{-1} vergleichsweise gering.

Es befindet sich eine Vielzahl von Dienstleistern mit Hacker vor Ort, die in eine regionale Wertschöpfungskette basierend auf Waldhackschnitzeln eingebunden werden könnten.

Die nahegelegenen Kommunen Annaberg-Buchholz, Geyer sowie Zwönitz mit OT Hormersdorf könnten ebenfalls von einer solchen Entwicklung in der Region profitieren.

(3) Gemeinde Bobritzsch

Die Gemeinde Bobritzsch mit ihren 100 ha Kommunalwald und 100 ha Landwirtschaftsfläche erfüllt beste Voraussetzungen für die kombinierte Energieholzgewinnung aus dem Wald und vom Acker.

Die standörtlichen Voraussetzungen erlauben den wirtschaftlich sinnvollen Anbau von KUP in Größenordnungen, die zur Versorgung eines kommunalen Nahwärmenetzes ausreichen würden. Auf dem Territorium der Gemeinde finden sich zudem Schwermetallbelastungen im Oberboden, die eine Energieholzproduktion in Kurzumtriebsplantagen als Alternative zur

konventionellen Nahrungs- und Futtermittelerzeugung sinnvoll erscheinen lassen.

Mit 220 MWh a^{-1} steht der Gemeinde zusätzlich ein nicht unerhebliches wirtschaftliches Energiepotential aus der offenen Landschaft zur Verfügung.

Die Einbindung eines regionalen Unternehmens in eine Logistikkette zur Bereitstellung von Hackschnitzeln aus dem Wald sowie der offenen Landschaft würde sich hier anbieten. Zudem befindet sich mit dem Dienstleistungsunternehmen für KUP mit Sitz im Landkreis Meißen ein Unternehmen, welches über die erforderlichen Spezialmaschinen für Anlage und Beerntung von Kurzumtriebsplantagen verfügt, in unmittelbarer Nähe der Gemeinde.

5.4. Abfallbereich

5.4.1. Allgemeine Konzept- und Projektansätze

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz [KrWG 2012] schreibt u. a. vor, Bioabfälle[3] ab 01.01.2015 getrennt zu sammeln, soweit dies zur Erfüllung der Verwertungspflichten sowie anderer Verpflichten und Vorgaben gemäß KrWG erforderlich ist. Bzgl. Verwertung legt das Gesetz fest, dass die Verwertungsmaßnahme Vorrang hat, die den Schutz von Mensch und Umwelt am besten gewährleistet. Es ist – unter Beachtung von Umwelt- und anderen Kriterien – die hochwertigste Verwertungsmaßnahme auszuwählen.

Vor dem Hintergrund der (neuen) gesetzlichen Rahmenbedingungen ergeben sich für die örE und die Betreiber von Bioabfallverwertungsanlagen als wesentliche Marktteilnehmer aus dem Bereich der Bioabfallbewirtschaftung folgende allgemeine Aufgabenstellungen:

örE:

- Ist-Stand-Betrachtungen bzgl. der Bioabfallerfassung und –verwertung
- Prüfung bzgl. der Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen
- ggf. konzeptionelle Überarbeitung des Systems der Bioabfallbewirtschaftung
- ggf. Anpassung des Systems/ Umsetzung neuer Systeme

Anlagenbetreiber:

[3] Der Begriff der Bioabfälle wird im KrWG breiter gefasst. Die Bioabfälle umfassen die hier betrachteten Küchen- und Grünabfälle, wobei das Gesetz hierfür andere Begrifflichkeiten verwendet (Garten- und Parkabfälle, Landschaftspflegeabfälle, Nahrungs- und Küchenabfälle) und „Abfälle aus sonstigen Herkunftsbereichen …“.

- Überprüfung ihrer Anlagen bzgl. Effizienz und Hochwertigkeit ihrer Verfahren im Sinne des Gesetzgebers
- Ableitung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung
- ggf. Umstellung des Behandlungskonzeptes (bspw. durch Errichtung einer Vergärungsanlage als Vorschaltanlage vor der Kompostierung

Für die Marktteilnehmer aus dem Bereich der Bewirtschaftung von Klärschlämmen ergeben sich aus dem KrWG ebenfalls allgemeine Vorgaben bzw. Aufgaben. Allerdings wird der Wille des Gesetzgebers hier noch nicht so deutlich. Es bleibt abzuwarten, ob durch Novellierungen der Klärschlammverordnung oder durch Schaffung weiterer gesetzlicher Rahmenbedingungen richtungsweisende Regelungen vorgegeben werden. Derzeit scheint es so, dass zukünftig der Schwerpunkt auf Klärschlammverwertungsverfahren mit Nutzung/ Rückgewinnung der im Klärschlamm enthaltenen Phosphorverbindungen gelegt wird. Auf die Ableitung spezieller Projektansätze für die Klärschlammverwertung wird nachfolgend verzichtet. Hierzu sollten die Ergebnisse der sachsenweiten und der regionalen Konzepte zur Klärschlammverwertung, die derzeit erarbeitet werden, abgewartet werden. Unter Umständen ergeben sich daraus Projektideen auch für die RekultA-Region.

5.4.2. Konkrete Konzept- und Projektansätze

5.4.2.1. Vorbemerkung

Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger sind für die Bewirtschaftung von Abfällen aus Haushalten und aus anderen Herkunftsbereichen (soweit die Abfallbesitzer aus Gewerbe und Industrie ihre Abfälle zur Beseitigung überlassen wollen) zuständig und bedienen sich zur Umsetzung der Aufgaben oft privater Entsorger als Dienstleister. Diese Pflichten und die Vorgehensweise zu deren Erfüllung wurden bereits beschrieben. Es wurde ebenfalls ausgeführt, dass die Dienstleister durch (in der Regel) EU-weite Ausschreibungen ermittelt werden. Im Ergebnis der Ausschreibungen erhalten die Entsorger den Zuschlag, die das wirtschaftlichste Angebot unterbreitet haben. Die örE können demzufolge nicht frei über ihre Vertragspartner oder über Anlagenstandorte bestimmen.

Die Einflussnahme auf die Wahl des Verwertungsverfahrens (zur Umsetzung der Pflicht einer möglichst hochwertigen Verwertung) ist ebenfalls begrenzt. Bei (verfahrens-) offenen Ausschreibungen bleibt die Einflussnahme darauf beschränkt, bei der Angebotsauswahl nichtmonetäre Aspekte, wie Klimarelevanz der Verwertungsmaßnahme oder Ressourceneffizienz der Verwertung, als Kriterium bei der Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots zuzulassen.

Das heißt also: örE können auf die Lenkung ihrer Abfallströme nur bedingt Einfluss nehmen, wenn sie sich Dritter bedienen. Das heißt auch, dass das Anliegen des RekultA-Projektes, nämlich Mengenströme zu dirigieren, um (maximale) „regionale Wertschöpfung durch Bioenergie“ zu generieren, über örE kaum erreicht werden kann. Die örE spielen zur Umsetzung der Projektziele

trotzdem eine wichtige Rolle, weil sie durch Gestaltung und Umsetzung der Systeme zur Erfassung von Küchen- und Grünabfälle direkt die für die Verwertung verfügbaren Mengen bestimmen (wirtschaftliche Potentiale). Die Entwicklungen hierzu im RekultA-Gebiet bzw. bei den zuständigen örE sollten deshalb weiter beobachtet werden: Fortführung/ Anpassung/ Neugestaltung der Systeme zur Bioabfallerfassung, Mengenentwicklungen, Änderungen bzgl. Stoffströme/ Verwertungswege usw.

Die nachfolgenden Projektansätze beziehen sich auf zwei konkrete Anlagenstandorte, an denen bisher Bioabfälle kompostiert werden. Grundlage für die Auswahl dieser Standorte bilden:

- Zugehörigkeit zum RekultA-Gebiet,
- bestimmte Vor-Ort-Kenntnisse und
- Kenntnisse zu vorhandenen Vorüberlegungen zur Umsetzung RekultA-konformer Ideen.

5.4.2.2. Stoffstromsplitting und energieeffiziente Nutzung von Bioabfällen am Beispiel der Kompostierungsanlage Schächer

Die Fa. Schächer Recycling und Erdenwerk betreibt am Standort Conradsdorf, Gemeinde Halsbrücke eine Kompostierungsanlage mit einer Anlagenleistung von ca. 5 t/h. Es werden insbesondere Grünabfälle verarbeitet, wobei die Abfälle sowohl aus Haushalten als auch aus Gewerbe und Industrie stammen. Die Annahme der Abfälle erfolgt auf privatwirtschaftlicher Basis.

Mit einer Auftrennung der Grünabfälle bzw. Getrennthaltung bestimmter Fraktionen könnte dann deren gezielte energie- und stoffeffiziente Verwertung entsprechend nachfolgender Übersicht erfolgen.

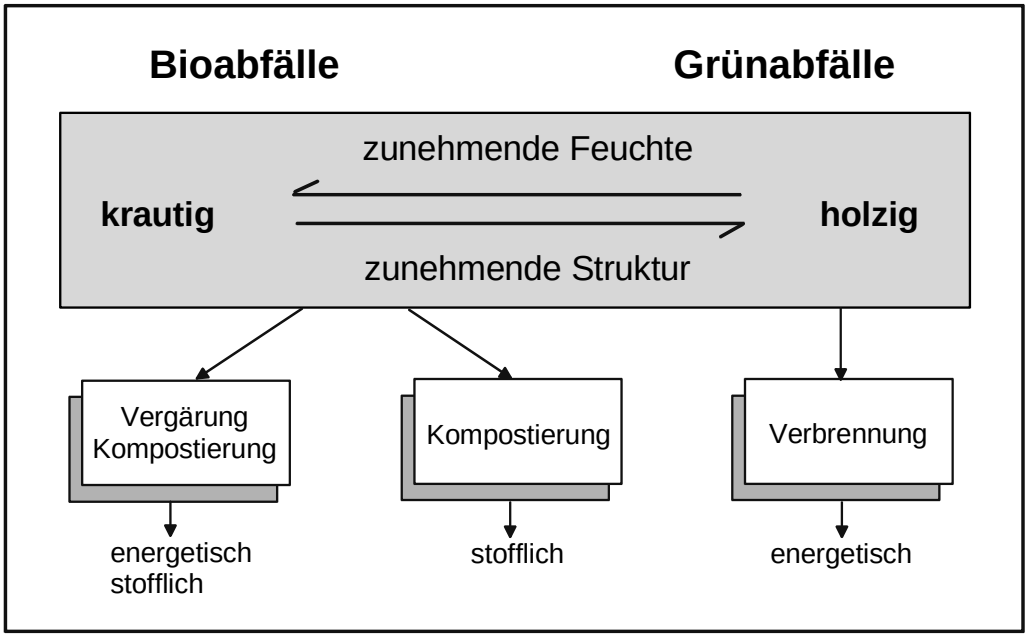


Abbildung 41: Prinzipielle Verfahrenswege zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen nach [KERN 2012]

Die Umsetzung eines entsprechenden Verwertungskonzeptes könnte zudem zu einer Klimaentlastung führen.

Tabelle 20: Konzept-/Projektansatz Schächer, Conradsdorf

Anlage:	Kompostierungsanlage
Firma:	Schächer Recycling und Erdenwerk
Ist-Stand:	Betrieb einer Kompostierungsanlage vorzugsweise für Grünabfälle
Projektziel:	Aufsplittung bzw. Getrennthaltung von Bioabfällen und energie- und stoffeffiziente Verwertung der Fraktionen
Partner:	Anlagenbetreiber, Biomasseverein, RekultA-Projekt, Behörden, Fördermittelgeber, Ingenieurbüros, Gutachter
Maßnahmen:	- Bestandaufnahme (Abfallmengen, -eigenschaften, ökologische Auswirkungen, Wirtschaftlichkeit) - Erarbeitung von Stoffsplittung- und Verwertungsmodellen ausgehend von derzeitigen Mengen und unter Beachtung neuer, zusätzlicher Abfälle (Mengen, ökologische Auswirkungen, Wirtschaftlichkeit) - Standortspezifische Betrachtungen (Platzverhältnisse, Auswahl technischer Verfahren, Verfahrensumstellungen, Genehmigungssituation, Vermarktungsmöglichkeiten für Komposte, Holz, Energie) - Planungen, Erlangung BImSchG-Genehmigung, Umsetzung

5.4.2.3. Einbeziehung einer Kompostanlage der Fa. Becker in das Konzept „Nahwärme Burkersdorf“

In Burkersdorf, einem Ortsteil von Frauenstein, wurde vom dort ansässigen Ortsverein ein Vorhaben zur nachhaltigen, klimafreundlichen und kostengünstigen Versorgung mit Wärme für alle Bewohner initiiert – „Nahwärme Burkersdorf“. Bisher erzeugen zwei Biogasanlagen, die landwirtschaftliche Reststoffe und Nebenprodukte verarbeiten, Wärme, die zukünftig über ein Nahwärmenetz an die Nutzer im Ort verteilt werden soll.

Die Fa. Becker Umweltdienste GmbH betreibt am Standort eine Kompostierungsanlage, vorzugsweise für Grünabfälle, mit relativ geringer Durchsatzleistung. Diese Anlage müsste ihr Annahmespektrum um gut vergärbare Bioabfälle (ggf. Klärschlamm) erweitern, die Kapazität durch Erhöhung der Inputmengen ausbauen und den Behandlungsprozess um eine Vergärungsstufe vor der Kompostierung ergänzen. Die Stoffströme wären dann entsprechend der vorgegangenen Abbildung zu führen. Eine erweiterte und ertüchtigte Anlage könnte dann in das Nahwärmekonzept Burkersdorf eingebunden werden.

Tabelle 21: Konzept-/Projektansatz Becker, Burkersdorf

Gesamtkonzept:	**Nahwärme Burkersdorf, Einbindung der Kompostierungsanlage Becker nach Erweiterung durch eine Vergärungsstufe**
Träger des Konzepts:	Burkersdorfer Ortsverein e. V., Frauensteiner Straße 103, 09623 Frauenstein, ST Burkersdorf
Anlage:	Kompostierungsanlage
Firma:	Becker Umweltdienste GmbH
Ist-Stand:	Betrieb einer Kompostierungsanlage vorzugsweise für Grünabfälle
Projektziel:	Erweiterung und Ertüchtigung der Anlage durch Erweiterung des Inputspektrums durch vergärbare Bioabfälle, Erhöhung der Behandlungskapazität und Errichtung einer Vergärungsstufe als Vorschaltanlage für die Kompostierung, Integration der erweiterten, ertüchtigten Anlage in das Konzept Nahwärmenetz Burkersdorf
Partner:	Anlagenbetreiber, Ortsverein Burkersdorf/ Partner, Biomasseverein, RekultA-Projekt, Behörden, Fördermittelgeber, Ing.-büros, Gutachter
Maßnahmen:	- Abstimmung beteiligter Partner, Klärung der Fortschritte zur Umsetzung der Nahwärme-Konzeption - ggf. Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Einbindung der Becker-Anlage in das Konzept - Erarbeitung eines Standortkonzeptes für die Vergärungs- und Kompostierungsanlage (Mengen, Platzverhältnisse, Auswahl technischer Verfahren, Verfahrensumstellungen, Wirtschaftlichkeit, Genehmigungssituation, Vermarktungsmöglichkeiten für Komposte und Holz, ökologische Auswirkungen) - Planungen, Erlangung BImSchG-Genehmigung, Umsetzung

6. Schlussfolgerung

Energetische Verwertung von NawaRo und Abfällen für öffentliche Einrichtungen und Industrie

In den Landkreisen Mittelsachsen und Erzgebirge besteht seitens der Kommune sowie in den kommunal entwickelten Gewerbestandorten durchaus ein Potential, nachwachsende Rohstoffe energetisch zur Biogasherstellung zu verwerten. Eine Energieabnahme vor allem in Form von Wärme ist dabei sowohl in kommunalen Einrichtungen (Gemeindehäuser, Schulen etc.) als auch durch Industrie und Gewerbe möglich. Besonders in Gewerbegebieten, die z.T. noch nicht voll ausgelastet sind, wäre eine Diskussion zur Nutzung regenerativer Energien für bereits angesiedelte Unternehmen aber auch für perspektivische Neuansiedlungen möglich. Hinzu kommt, dass einige bereits bestehende Energieanlagen, wobei Erdöl- und Erdgasanlagen nach wie vor dominieren, bereits mehr als 10-15 Jahre alt sind, so dass in näherer Zukunft eine Modernisierung der Wärmeanlagen zu erwarten ist. Dementsprechend bieten sich sehr gute Chancen, die Wärmeerzeugung auf regenerative Energien aus NawaRo umzustellen.

Aus der Befragung der Kommunen wurden Gemeinden mit verstärktem Interesse und Potential ermittelt. Diese Gemeinden sollten aufbauend auf die vorliegende Studie direkt angesprochen werden, um die bestehenden Projektansätze weiter zu entwickeln.

Weiterhin sollte mit Gemeinden Kontakt aufgenommen werden, um zunächst die Themenstellung zu konkretisieren. In diesen Gemeinden kann durchaus ein Interesse vorhanden sein, jedoch ist die Informationsdichte noch zu gering. Vor allem die Gemeinde Bobritzsch/Hilbersdorf ist dabei von Bedeutung, da es hier sowohl bereits bestehende Biogasanlagen als auch Flächenpotentiale für halmgutartige und holzartige Biomasse gibt. Außerdem liegen in diesem Bereich erhöhte Schwermetallkonzentrationen vor, so dass hier Synergieeffekte vor allem für die Landwirte und Flächeneigentümer in Bezug auf alternative Flächennutzungen möglich sind.

Speziell im Hinblick auf eine Ansprache von Industrieunternehmen liefert die Studie allein schon aus der Betrachtung der beiden Branchen „Papier“ und NE-Metalle zahlreiche Hinweise auf Standorte mit einem hohen spezifischen Bedarf sowohl an Prozess- und Raumwärmeenergie. Besondere Chancen bieten sich auch bei der gezielten Entwicklung von Gewerbestandorten (z.B. Projekt-02 „PAMA-Park“/Abschnitt 5.2) durch Einbindung – versorgungssicherer – Bioenergie, die über langfristige Lieferverträge implementiert werden kann. Da die Komplexität dieser Vorhaben – insbesondere bei der integrativen Nutzung von Bioenergie in Gewerbestandorten in der Regel sehr hoch ist und zahlreiche Planungsleistungen erfordert, empfiehlt sich die Schaffung eines jeweils regional fokussierten Projektträgers, der als „Vorentwickler“ gezielt öffentliche und private Interessen „austariert“ und zusammenführt. So wird bspw. die Begründung einer „Energieoffensive Mittelsachsen 2020“ vorgeschlagen, die diese Funktion – auch im Hinblick auf das Erreichen direkter Klimaziele – für eine definierte Region übernehmen könnte.

Im Folgenden werden die Potentiale der Bereiche halmgutartiger Biomasse, Dendromasse und kommunaler Abfälle zusammengefasst.

Wertschöpfung im Bereich halmgutartiger Biomasse

Insgesamt kann innerhalb des Untersuchungsgebietes ein wirtschaftliches Potential aus halmgutartiger Biomasse von ca. 71.000 MWh/a ausgewiesen werden. Dieses setzt sich mit über 90 % zum Großteil aus Maissilage und Ernteresten zusammen. Der restliche Anteil wird durch Getreidekorn wie Weizen und Triticale abgedeckt.

Besonders die Betrachtung schwermetallbelasteter Biomasse stand im Fokus der Untersuchungen. Ausgangspunkt sind Bodenbelastungen von Cadmium, Blei und Arsen, welche vor allem im Freiberger Raum hohe Konzentrationen aufweisen. Die Modellierung der Schwermetallaufnahme durch die Pflanze stellte sich hierbei als besonders schwierig heraus. Einerseits liegt dies in der Datenausgangslage begründet, andererseits ist der Prozess der Schwermetallaufnahme von verschiedensten Rahmenbedingungen abhängig und nicht zuletzt, der Individualität jeder Pflanze geschuldet, bei jeder Pflanze/ Pflanzenart verschieden. Aus diesem Grund sind die angewandten Korrelationsgleichungen mit einem geringen Bestimmtheitsmaß versehen. Nichtsdestotrotz zeigt das Ergebnis, dass es in Regionen mit hoher Bodenbelastung u. U. zur Überschreitung von Nahrungs-/ bzw. Futtermittelgrenzwerten kommen kann. In der Praxis ist hierbei auf die Erfahrung der Landwirte zurückzugreifen, welche anhand langjähriger stetiger Erntekontrollen Ergebnisse für die individuellen Ackerflächen nachweisen können.

Weisen die Erntemengen hohe Schwermetallbelastungen auf, so muss dies keine wirtschaftlichen Nachteile für den Landwirt bedeuten. Diese Studie zeigt deutlich, dass der Einsatz belasteter Erntemengen in Biogasanlagen eine sinnvolle Alternative darstellt und sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile generieren kann.

Wertschöpfung im Bereich Dendromasse

Mit insgesamt rd. 83.000 MWh a^{-1} ist in der Projektregion ein vergleichsweise großes energetisches Potential aus Energieholz vorhanden. Den weitaus größten Teil davon stellt das Energiepotential vom Acker (rd. 57.000 MWh a^{-1}), gefolgt vom Energiepotential im Wald (rd. 16.000 MWh a^{-1}) und dem aus der offenen Landschaft (rd. 10.000 MWh a^{-1}).

Angesichts der nach wie vor skeptischen Einstellung vieler Landwirte gegenüber Kurzumtriebsplantagen, scheint es jedoch fraglich, ob trotz vorsichtiger Einschätzung des Energieholzpotentials vom Acker unter Berücksichtigung aller Hemmnisse für den Ausbau von KUP je ein solches Potential in der Region realisiert werden kann. Mit Hilfe entsprechender Geschäftsmodelle könnten jedoch einzelne Landwirtschaftsbetriebe gewillt sein, einer Kooperation mit Kommunen als langfristigen Abnehmern zuzustimmen.

Gegenüber dem erst zu generierenden Energieholzpotential vom Acker sind die Potentiale aus Wald und offener Landschaft ohnehin bereits vorhanden und müssen lediglich durch entsprechende Mobilisierungsstrategien nutzbar gemacht werden. Daher kann die Integration des Rohstoffs Dendromasse in regionale

energetische Wertschöpfungsketten insbesondere bei den waldbesitzenden Kommunen der Projektregion als realisierbar erachtet werden.

Die zur Bereitstellung von Holzhackschnitzeln aus dem Wald, der offenen Landschaft oder vom Acker erforderlichen Dienstleistungsunternehmen sind nahezu flächendeckend in der Projektregion selbst bzw. in deren näherem Umfeld vertreten. Die Voraussetzungen zum Aufbau effizienter Logistikketten in verschiedenen Teilen der Projektregion sind damit erfüllt.

Unter diesen positiven Rahmenbedingungen konnten im Ergebnis der Potential- und Akteuranalyse drei prädestinierte Ansatzpunkte für dendromassebasierte Wertschöpfungsketten in der Projektregion ausgewiesen werden. Aufbauend auf diesen Informationen können nun die jeweiligen Kommunen kontaktiert und ggf. geeignete Objekte für die entsprechenden Vorhaben identifiziert werden.

Wertschöpfung im Bereich kommunaler Abfälle

Die Wertschöpfungsketten für die hier betrachteten Abfälle sind sehr vielschichtig. Das zeigt sich schon daran, dass viele Beteiligte in unterschiedlichen Beziehungen zueinander zusammenarbeiten müssen. Dadurch ergeben sich viele Fallkonstellationen sowie unterschiedliche und z. T. sehr komplexe Systeme der Abfallbewirtschaftung. Öffentliche Einrichtungen (örE bei den Bioabfällen, Gemeinden bzw. Zweckverbände bei den Klärschlämmen) sind für die ordnungsgemäße, gesetzeskonforme Erfassung und Entsorgung zuständig. Sie verfügen damit über Abfallmengen, ohne dass sie über diese frei verfügen können, zumindest wenn sich die öffentlichen Einrichtungen für die Entsorgung der Abfälle Dritter bedienen. In diesem Fall werden die beauftragten Dritten und damit der Standort für die Behandlungsanlage und ggf. auch das Behandlungsverfahren durch den Verlauf und das Ergebnis der (in der Regel) EU-weiten Ausschreibung bestimmt. Die öffentlichen Einrichtungen spielen demzufolge als „Abfallquelle“ eine wichtige Rolle – auch für das hier bearbeitete Projekt. Durch ihre Konzeptionen zur Abfallerfassung und –verwertung und deren Umsetzung bestimmen die öffentlichen Einrichtungen über Art und Menge der anfallenden Abfälle. Allerdings ist die Einflussnahme auf die Stoffströme im Sinne des RekultA-Projektes begrenzt. Deshalb werden die Abfallbehandlungsanlagen als potentielle Zentren zur Umsetzung der RekultA-Zielstellung „Regionale Wertschöpfung durch Bioenergie“ angesehen.

Bei der Ermittlung der Küchen- und Grünabfall- sowie Klärschlammpotentiale hat sich ergeben:

- dass die Mengendaten nur teilweise und nicht in der für die Studie erforderlichen Form (bezogen auf das RekultA-Gebiet) vorliegen,
- dass deshalb oftmals Potentialabschätzungen über einwohnerspezifische Daten und Hochrechnung mit Einwohnerzahlen für die Betrachtungsgebiete vorgenommen werden müssen,
- dass sehr hohe theoretische Potentiale ermittelt werden konnten und
- dass aber die technischen und insbesondere die wirtschaftlichen Potentiale und damit die nutzbaren Potentiale offenbar sehr viel geringer sind.

Die sehr geringen wirtschaftlichen Potentiale insbesondere bei den Küchenabfällen ergeben sich vor allem dadurch, dass im größten Teil des RekultA-Gebietes keine kommunale und damit keine flächendeckende

Bioabfallerfassung (Biotonne) erfolgt. Es bleibt abzuwarten, ob sich die Situation ändert, wenn die örE die sich aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz ergebenden Pflichten zur Getrennthaltung von Abfällen umsetzen und ggf. flächendeckende Bioabfallerfassungen mittels Biotonnen einführen. Dann könnten sich die erfassten Küchenabfallmengen, aber auch die Grünabfallmengen – also die wirtschaftlichen Potentiale – wesentlich erhöhen.

Die in Folge der Abwasserbehandlung anfallenden Klärschlämme werden in der Regel in Regie der zuständigen Gemeinden bzw. der Zweckverbände entsorgt. Derzeit werden sachsenweite und regionale Konzepte zur Klärschlammentsorgung erarbeitet. Es bleibt abzuwarten, ob sich im Ergebnis dieser konzeptionellen Arbeiten Projektansätze für die Wertschöpfung durch Bioenergie aus Klärschlamm für das RekultA-Gebiet ergeben.

Für die Bioabfälle ergeben sich prinzipiell überall dort Projektansätze zur regionalen Wertschöpfung, wo Anlagen zur Behandlung von Bioabfällen betrieben werden. Der allgemeine Ansatz besteht in der Effektivierung bestehender Anlagen oder in deren Ausbau (Erhöhung der Kapazitäten, Erweiterung des Inputspektrums, Änderungen in den Verfahren und im Prozessablauf). Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen des RekultA-Vorhabens zwei Projektansätze vorgeschlagen:

- Stoffstromsplitting und energieeffiziente Nutzung von Bioabfällen am Beispiel der Kompostierungsanlage Schächer, Halsbrücke (OT Conradsdorf)
- Einbeziehung einer Kompostanlage der Fa. Becker in das Konzept „Nahwärme Burkersdorf“

Abschließend ist festzuhalten, dass im RekultA-Gebiet ein flächendeckendes Biomassepotential basierend auf verschiedenen Substraten vorliegt. Dieses Potential findet derzeit teilweise eine Nutzung in Form von Fermentation in Biogasanlagen, Klärgasanlagen und energetischer Nutzung von Dendromasse. Die Betrachtung schwermetallbelasteter Gebiete zeigt, dass infolge der Belastung u. U. zusätzliches Potential zur Verfügung stehen kann. Die Kombination mit entsprechenden Wärmeverbrauchern bzw. Kommunen, welche Interesse an der Thematik bekundet haben, ist in Abbildung 42 dargestellt. In diesem Zusammenhang finden sich verschiedene Projektansätze in dieser Studie wieder. Besonders heben sich hierbei der Freiberger und Zschopauer Raum ab. In diesen Gebieten ist auf Basis dieser Studie vorrangig eine Projektakquise zu betrieben.

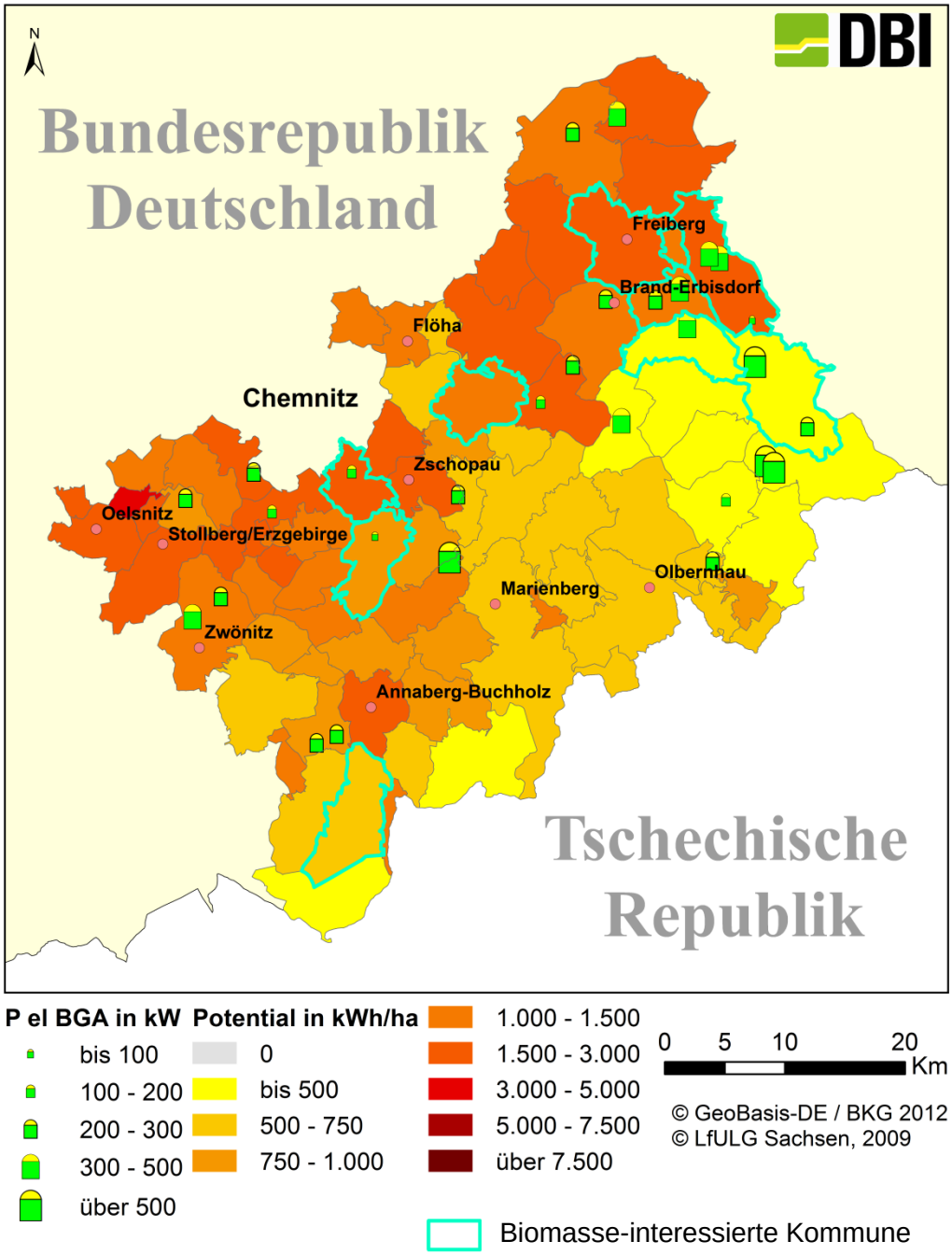


Abbildung 42: **Gesamt-Biomassepotential von halmgutartiger Biomasse, Dendromasse und kommunalen Abfällen in kWh/ha und Biogasanlagen in Abhängigkeit der elektrischen Leistung mit Kennzeichnung aller Biomasse-interessierten Kommunen**

Literaturverzeichnis

[ABENSA 2010] Entsorgungsanlagenkataster ABENSA V. 2.1/2008 (Stand: Juli 2010): Einfache Suche. URL: www.abensa.de

[BMFG 2013] Verein zur Förderung von Biomasse und nachwachsender Rohstoffe Freiberg e.V.: Biogasanlagen in Mittelsachsen. URL: http://www.biomasse-freiberg.de/anlagen/biogasanlagen.html (Stand: 21.08.2013)

[BMV 2012] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (21.06.2001): Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung bzw. BiomasseV), letzte Änderung: 24.02.2012

[DBFZ 2011] DBFZ Deutschen Biomasse Forschungszentrum gemeinnützige GmbH (2011): Strohpotentiale der Bundesländer und Landkreise in Deutschland; http://strohpotentiale.dbfz.de/index.html (abgerufen am 02.12.2011)

[DESTATIS 2013] Energieintensive Industrien nach Umsatzanteil in Deutschland, URL: www.destatis.de

[DMK 2011] Deutsches Maiskomitee (2011): Silomaisanbaufläche in Deutschland im mehrjährigen Vergleich

[EG 32/2002] Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 07. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tiernahrung

[EG 1881/2006] Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln

[IHK MSN 2013] Unternehmen im Kammerbezirk Mittelsachsen 2012, unveröffentlichtes Dokument

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

[KERN 2012] Kern, M.: Bioabfallvergärung – eine Alternative zur biologischen Abfallbehandlung, Vortrag zum 14. GGSC-Infoseminar „Erfahrungsaustausch Kommunale Abfallwirtschaft“, 31.05.-01.06.2012, Berlin

[KRIEG 2012] Krieg, R. (2012): Energie aus Stroh – technische Herausforderungen diskutiert. Ausgabe Nr. 14/12 04.04.2012 http://www.aid.de/presse/archiv.php?mode=beitrag&id=5725 (abgerufen am 04.04.2012)

[KRWG 2012] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBI. I S. 212), das durch § 44 Absatz 4 des Gesetzes vom 22.05.2013 (BGBI. I S. 1324) geändert worden ist. In Kraft seit dem 01.06.2012.

[KTBL EP 2006] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2006): Energiepflanzen. Darmstadt

[KWS 2011] KWS Saat AG (2011): Biogas aus Zuckerrüben. Potentiale und Praxiserfahrungen. Informationsblatt

[LABO 2012] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) (16.05.2012): Leitfaden – Arsentransfer aus Böden in Nahrungs- und Futterpflanzen – Gefahrenbeurteilung und Maßnahmen. Vorhaben B 1.10: Arsentransfer aus belasteten Böden in Nahrungs- und Futterpflanzen Gefördert durch das Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden, Abfall, Teil Boden

[LEIBLE 2003] Leible, A.; Arlt, B.; Fürniß, B.; Kälber, S.; Kappler, G.; Lange, S.; Nieke, E.; Rösch, C.; Wintzer, D. (2003): Energie aus biogenen Rest-und Abfallstoffen. Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

[LFL 2004] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004): Biogasausbeuten verschiedener Substrate.(http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225/?sel_list=20%2Cb&strsearch=&pos=left, abgerufen am 19.01.2012)

[LFULG 2006] Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Langfriststrategie zur Klärschlammentsorgung aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen im Freistaat Sachsen - Aktualisierung 2005-2015; Materialien zur Abfallwirtschaft, Dresden, Dez. 2006

[LFULG 2009] Feger, K.-H.; Petzold, R.; Schmidt, P. A.; Glaser, T.; Schroiff, A.; Döring, N.; Feldwisch, N.; Friedrich, C.; Peters, W.; Schmelter, H.: Natur- und bodenschutzgerechte Nutzung von Biomasse-Dauerkulturen. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2009

[LFULG 2012a] Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Heft 23/2012): Untersuchungen zur Bestimmung der Pflanzenverfügbarkeit von Arsen und Cadmium für den Anbau von Winterweizen

[LFULG 2012b] Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Heft 10/2012): Potential biogener Abfälle im Freistaat Sachsen (einschl. Anlagen)

[LFULG 2012c] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): Siedlungsabfallbilanz 2011, Dresden Nov. 2012

[LWK 2011] Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2011): Richtsätze zur Ermittlung von Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen. Informationsblatt

[LWK NS 2011] Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2011): Strohpreisrechner. Excel-Tool

[MLU ST 2012] Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Biomassepotentialstudie Sachsen-Anhalt, Kurzbericht November 2012, Magdeburg, 2012

[RWI 2009]: Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2009, URL: http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/PB_CO2-Monitoring-2009.pdf

[SCHOLZ 2001] Scholz, V. (2001): Stand und Perspektiven der Biogasgewinnung in Brandenburg. In: Tagungsdokumentation Perspektiven der Kraft-Wärme-Kopplung

[SIM 2013] Solarinitiative München GmbH & Co. KG (2013): Entstehung – Die Solarinitiative München: eine Initiative der Landeshauptstadt München. URL: http://www.solarinitiative-muenchen.de/ueber-uns/entstehung/

[SLFL 2006] Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Heft 2/2006): Landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung auf schadstoffbelasteten Flächen im Freistaat Sachsen Pilotprojekt ‚Auenböden der vereinigten Mulde‘

[SMUL 2013] Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2013): Lagebericht 2012 zur kommunalen Abwasserbeseitigung und zur Klärschlammentsorgung im Freistaat Sachsen, April 2013. URL: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDEQFjAA&url=https%3A%2F%2Fpublikationen.sachsen.de%2Fbdb%2Fartikel%2F10765&ei=q5oUUsqEEOjb4QTzuYGwDg&usg=AFQjCNGj3LoNS64EfrmuNRda9NQTX5SrUA&bvm=bv.50952593,d.bGE

[SMWA/SMUL 2013] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2013): Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012. Dresden, 08.03.2013. URL: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Energie-_und_Klimaprogramm_Sachsen_2012.pdf

[STB 2010] Statistisches Bundesamt (2010): Hektarerträge ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte

[STL SN 2011a] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung im Freistaat Sachsen 2010, 2011

[STL SN 2011b] Statistisches Landesamt Freistaat Sachsen: Statistischer Bericht – Entsorgung von Klärschlamm aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen im Freistaat Sachsen, 2011, Q/9 – j/11

[THRÄN 2008] Thrän, D; Junold, M. (2008): Energetische Nutzung von Stroh in Europa – Rahmenbedingungen, Potentiale und Entwicklungen. Vortrag

[TLL 2012] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2012): Vergärung von Stroh – Stand und Perspektiven. Beitrag zur 2. Internationalen Strohtagung Berlin

[UBA 2012a] Umweltbundesamt (Hrsg.): Klärschlammentsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Dessau-Roßlau, 01.06.2012. URL: http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=umweltbundesamt%20kl%C3%A4rschlammentsorgung%20in%20der%20brd%2001.06.2012&source=web&cd=1&ved=0CDgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.umweltdaten.de%2Fpublikationen%2Ffpdf-l%2F4280.pdf&ei=wh0TUuvBNoLctAa314GwCA&usg=AFQjCNEJFyUeexzU6S0Ufj5Q-pBYGh3CUg&bvm=bv.50952593,d.Yms&cad=rja (Stand: 20.08.2013)

[UBA 2012b] Umweltbundesamt (Hrsg.) (Juni 2012): Handbuch Bioabfallbehandlung - Erfassung des Anlagenbestands Bioabfallbehandlung, UBA-Texte 54/2012. Dessau-Roßlau, November 2012. URL: http://www.uba.de/uba-info-medien/4324.html (Stand 21.08.2013)

[ZELLER 2011] Zeller, V.; Weiser, C.; Henneberg, K.; Reinicke, F.; Schaubach, K.; Thrän, D.; Vetter, A.; Wagner, B. (2011): Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. Leipzig