



Effiziente Bioenergie für Regionen

Ergebnisse der technisch-ökonomischen Begleitforschung zur
Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2012–2015

– Schlussbericht –

Autoren:

Sebastian Bohnet, Falko Haak, Daniela Thrän,
Torsten Schmidt-Baum

IMPRESSUM

Herausgeber:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Telefon: +49 (0)341 2434-112
Fax: +49 (0)341 2434-133
info@dbfz.de

Förderung:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen
Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Geschäftsführung:

Prof. Dr. mont. Michael Nelles
(Wissenschaftlicher Geschäftsführer)
Daniel Mayer
(Administrativer Geschäftsführer)

DBFZ Report Nr. 29

Effiziente Bioenergie für Regionen - Ergebnisse der tech-
nisch-ökonomischen Begleitforschung zur Fördermaßnahme
Bioenergie-Regionen 2012-2015
Leipzig: DBFZ, 2017
ISSN: 2197-4632 (Online)
ISSN: 2190-7943 (Print)
ISBN: 978-3-946629-13-9

Bilder:

DBFZ, Stefanie Bader (Karte)

Copyright:

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Broschüre darf
ohne die schriftliche Genehmigung des Herausgebers
vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot
fällt insbesondere auch die gewerbliche Vervielfältigung per
Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die
Vervielfältigung auf CD-ROM.

Datum der Veröffentlichung:

21. August 2017

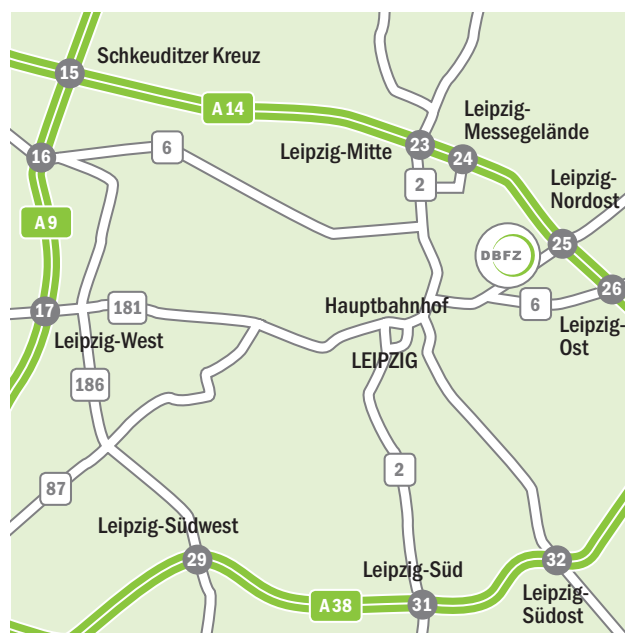
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese
Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter
der Adresse www.dnb.de abrufbar.

ANFAHRT

Mit dem Zug: Ankunft Leipzig Hauptbahnhof; Straßenbahn
Linie 3/3E (Richtung Taucha/Sommerfeld) bis Haltestelle
Bautzner Straße; Straße überqueren, Parkplatz rechts liegen
lassen, geradeaus durch das Eingangstor Nr. 116, nach ca.
100 m links, der Eingang zum DBFZ befindet sich nach weite-
ren 60 m auf der linken Seite.

Mit dem Auto: Über die Autobahn A 14; Abfahrt Leipzig Nord-
Ost, Taucha; Richtung Leipzig; Richtung Zentrum, Innenstadt;
nach bft Tankstelle befindet sich das DBFZ auf der linken
Seite (siehe „... mit dem Zug“).

Mit der Straßenbahn: Linie 3/3E (Richtung Taucha/Sommer-
feld); Haltestelle Bautzner Straße (siehe „... mit dem Zug“).





Effiziente Bioenergie für Regionen

Ergebnisse der technisch-ökonomischen Begleitforschung zur Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2012-2015

Sebastian Bohnet

Falko Haak

Daniela Thrän

Torsten Schmidt-Baum

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116
04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112
Fax: +49 (0)341 2434-133

www.dbfz.de
info@dbfz.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Zuwendungsgeber	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. OT Gülzow Hofplatz 1 18276 Gülzow-Prüzen
Ansprechpartner:	DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH Torgauer Straße 116 04347 Leipzig Tel.: +49 (0)341 2434-112 Fax: +49 (0)341 2434-133 E-Mail: info@dbfz.de Internet: www.dbfz.de Dipl.-Geogr. Sebastian Bohnet Tel.: +49 (0)341 2434-525 E-Mail: sebastian.bohnet@dbfz.de M.Sc. Falko Haak Tel.: +49 (0)341 2434-581 E-Mail: falko.haak@dbfz.de Dr.-Ing. Torsten Schmidt-Baum Tel.: +49 (0)341 2434-597 E-Mail: torsten.schmidt-baum@dbfz.de
In Kooperation mit:	Prof. Dr.-Ing. Daniela Thraen Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ E-Mail: daniela.thraen@dbfz.de E-Mail: daniela.thraen@ufz.de
Weitere Projektbearbeiter:	Philipp Adler, Karina Bloche-Daub, André Brosowski, Viola Elsenhans, Georgia Erdmann, Eva Nebel, Kitty Stecher, Sissy Hartig
Erstelldatum:	30.06.2016
Projektnummer DBFZ:	3330016
Förderkennzeichen FNR:	22020412
Gesamtseitenzahl + Anlagen:	195



Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	VI
1 Zusammenfassende Erkenntnisse aus 6 Jahren Bioenergie-Regionen und weiterführender Forschungsbedarf	1
2 Hintergrund: Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen	8
2.1 Ziele und Gegenstand der Fördermaßnahme	8
2.2 Ziele und Vorgehen der technisch-ökonomischen Begleitforschung des DBFZ	9
2.3 Die 21 Bioenergie-Regionen im Kurzporträt	11
3 Modul I: Darstellung der Bioenergiesituation	17
3.1 Technische Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen	17
3.1.1 Ausgangsbedingungen und Vorgehensweise der Potenzialerhebung.....	18
3.1.2 Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen	22
3.1.3 Die Bedeutung der Biomassepotenziale im regionalen Kontext“	29
3.2 Bioenergieentwicklung	30
3.2.1 Herausforderung: regionale Datenerhebung.....	30
3.2.2 Konzept und Nutzung des Indikatortools	31
3.2.3 Entwicklung der Bioenergieerzeugung in den Bioenergie-Regionen	33
3.2.4 Evaluierung des Indikatortools	41
3.2.5 Fazit zur (Erfassung der) Bioenergieentwicklung in den Regionen	43
3.3 Analyse von Stoffströmen der Bioenergieerzeugung.....	44
3.3.1 Vorgehensweise und Annahmen	44
3.3.2 Bioenergieerzeugung und damit verbundene Stoffströme in BER	49
3.3.3 Zwischenfazit zu biogenen Stoffströmen der Bioenergieerzeugung	57
4 Modul II: Ausgewählte Aspekte der Biomassenutzung in Bioenergie-Regionen	59
4.1 Effizienz von Stoffströmen	61
4.1.1 Vom Stoffstrommanagement zur Stoffstromeffizienz.....	61
4.1.2 Entwicklung einer Methode zur Bewertung der Effizienz von Stoffströmen.....	66
4.1.3 Ergebnisse der durchgeführten Fallstudien.....	73
4.1.4 Bewertung der Methodik	77
4.1.5 Zwischenfazit zur Relevanz der Effizienz von Stoffströmen für die Regionen und Anlagenbetreiber	80
4.2 Die „Wärmewende“ in den Bioenergie-Regionen	81
4.2.1 Wärmeprojekte in den Bioenergie-Regionen	82
4.2.2 Wärmenetze in ländlichen Räumen: Segen oder Fluch?	90
4.2.3 Wärmenutzung an Bestandsbiogasanlagen: Fördernde & Hemmende Faktoren	101
4.3 Einsatz alternativer Rohstoffe für die Bioenergienutzung	118
4.3.1 Hintergrund und Methoden	119
4.3.2 Projekte mit ungenutzten Biomassen / innovativen Substraten	121
4.3.3 Zentrale Probleme und Lösungsansätze bei der Etablierung alternativer Bioenergierohstoffe	126

4.4	Effiziente Etablierung von holzigem Landschaftspflegematerial als Energieträger	129
4.4.1	Ausgangssituation in den Bioenergie-Regionen	129
4.4.2	Vorgehensweise und verwendete Daten	130
4.4.3	Voraussetzungen für die energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial und Ansätze zur Effizienzsteigerung	132
4.4.4	Fazit	139
4.5	Ehrenamtliche Multiplikatoren für Bioenergie	141
4.5.1	Fragestellungen der Begleitforschung	142
4.5.2	Die Projekte mit ehrenamtlichen Multiplikatoren	142
4.5.3	Übertragbare Empfehlungen zur Etablierung von Multiplikatoren	146
	Abbildungsverzeichnis	148
	Tabellenverzeichnis	154
	Literatur- und Referenzverzeichnis	155
A 1	Datenblätter zur Berechnung technischer Bioenergiepotenziale	163
A 2	Das Basisszenario zur Berechnung der Bioenergiepotenziale von Energiepflanzen auf Ackerflächen	164
A 3	Entwicklung von Anzahl und installierter elektrischer Leistung der Biogasanlagen in den Bioenergie-Regionen 2007/08 – 2014	165
A 4	Entwicklung von Anzahl und installierter thermischen Leistung der Biomasseheizwerke in den Bioenergie-Regionen 2007/08 – 2014	167
A 5	Entwicklung von Anzahl und installierter elektrischer Leistung der Biomasseheizkraftwerken in den Bioenergie-Regionen 2007/08 – 2014	169
A 6	Gesamte Energiebereitstellung aus Biomasse im Jahr 2014	171
A 7	Berechnungsverfahren der Indikatoren der Stoffstromeffizienz	172
A 8	Ergebnisse der Fallstudien zur Effizienz von Stoffströmen	178
A 9	Das EXCEL-Modell der Effizienz von Stoffströmen (Auszug)	179
A 10	Fragen zur biogenen Wärmenutzung an die Regionalmanagements im Rahmen der 1. regionalen Zwischenberichterstattung im Frühjahr 2013.	181
A 11	Interviewleitfaden Abwärmenutzung Bestandsbiogasanlagen	183
A 12	Übersicht über die verfügbaren Leitfäden zum Thema Nahwärmenutzung und Wärmenutzung an Biogasanlagen	186
A 13	Erfolgskontrollbericht	187
A 13.1	Beitrag der technisch-ökonomischen Begleitforschung zu den förderpolitischen Zielen	187
A 13.2	Fortschreibung des Verwertungsplans	190
A 13.2.1	Wissenschaftliche Anschlussfähigkeiten nach Projektende	190
A 13.2.2	Verwendungsoptionen für mögliche Nutzer	191
A 13.3	Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung	191

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BER	Bioenergie-Region
BGA	Biogasanlagen
BGAA	Biogasaufbereitungsanlage
CO ₂ äq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
HKW	Heizkraftwerk
HW	Heizwerk
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
LPM	Landschaftspflegematerial
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
ORC	Organic Rankine Cycle
REK	Regionales Entwicklungskonzept
TJ	Terra-Joule (entspricht 278.000 kWh)

1 Zusammenfassende Erkenntnisse aus 6 Jahren Bioenergie-Regionen und weiterführender Forschungsbedarf

Der vorliegende Endbericht beschreibt die in der 2. Förderphase des Wettbewerbs Bioenergie-Regionen erzielten Ergebnisse der technisch-ökonomischen Begleitforschung. Der Fokus der technisch-ökonomischen Begleitforschung lag auf der Aktualisierung und Weiterentwicklung der bereits in der ersten Förderphase erarbeiteten Ansätze zum Monitoring der Bioenergienutzung in den Bioenergie-Regionen (Modul I). Er wurde erweitert um eine neue Methode, die eine Effizienzbestimmung von biomassebasierten Wertschöpfungsketten und damit die Weiterentwicklung der regionalen Bioenergienutzung unterstützt. Dabei lag der Fokus insbesondere auf der Anwendbarkeit der einzelnen Methoden. Hierdurch und durch verschiedene praxisnahe Workshops in den Regionen sowie themenbezogenen Publikationen wurde der Erfahrungsaustausch zwischen beteiligten Akteuren und der interessierten Öffentlichkeit gefördert.

Letztlich wurden durch Auswertung von Fallbeispielen, Interviews und Literaturanalysen für die regionalen Akteure praktische Empfehlungen für prioritäre Handlungsfelder erarbeitet. Hierzu zählen beispielsweise der Einsatz bisher weniger bzw. ungenutzter Substrate sowie für eine verbesserte Nutzung der in den Biogasanlagen anfallenden Abwärme (Modul II).

Nachfolgend sind die abgeleiteten Erkenntnisse der Begleitforschung themenspezifisch zusammengefasst. Der sich daraus ergebende weitere Forschungsbedarf wird entsprechend dargelegt.

Ausgangssituationen und Biomassepotenziale

Die 21 Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase deckten knapp 12 % der Bundesfläche ab und wiesen sehr heterogene Ausgangsbedingungen auf, aus denen eine unterschiedliche Zielsetzung und eine hohe Projektvielfalt resultierten. Dies betrifft nicht nur die Flächengröße und damit den räumlichen Zuständigkeitsbereich der Regionalmanagements, sondern auch das Verhältnis von forst- und landwirtschaftlicher Flächennutzung. Die Forst- und Landwirtschaft in den Regionen stellt hierbei eine der entscheidenden Voraussetzungen für die Projektvielfalt in den Regionen dar. Während in Nordfriesland Nord 84 % der Gesamtfläche landwirtschaftlich genutzt ist, besteht das Achenal zu 65 % aus forstwirtschaftlicher Fläche (siehe Abbildung 3 in Kapitel 2.3). Darüber hinaus liegen teilweise sehr unterschiedliche regionalwirtschaftliche Aspekte vor, die sich etwa in der Arbeitslosigkeit oder dem Anteil des Primärsektors an der Wirtschaft widerspiegeln.

Diese unterschiedlichen naturräumlichen Ausgangsbedingungen manifestieren sich auch in der Höhe und Zusammensetzung der technischen Bioenergiepotenziale. Die Beschaffenheit des gesamten **Bioenergiepotenzials ist maßgeblich durch land- und forstwirtschaftliche Biomassen geprägt**, worunter vor allem Resthölzer, Anbaubiomasse sowie tierische Exkrememente fallen. Demgegenüber nehmen Abfälle und Reststoffe im Durchschnitt lediglich einen potenziellen energetischen Anteil von 10 % ein (siehe Abbildung 11 in Kap. 3.1.2). Regionen, die eine hohe Einwohnerzahl aufweisen, wie etwa Oberberg-Rhein-Erft oder Hohenlohe-Odenwald-Tauber, haben dagegen einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Reststoffpotenzial am Gesamtpotenzial. Die Region Oberberg-RheinErft erreicht hierbei ein Maximum, wobei 36 % des gesamten technischen Bioenergiepotenzials auf Reststoffe und Abfälle zurückgeht (siehe Abbildung 8 in Kap. 3.1.2).

Legt man modellhaft eine Konversionsanlage mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 37 % sowie einen mittleren Haushaltsstrombedarf von 2.500 kWh zugrunde, so **könnten in den meisten Regionen allein die Bioenergiepotenziale aus der Forstwirtschaft den gesamten regionalen Haushaltsstrombedarf decken**. Im Gegensatz dazu ermöglicht die Verwertung der kommunalen Rest- und Abfallstoffe, welche zuletzt verstärkt im Visier der öffentlichen Debatte standen, nur eine marginale Deckung dieses Bedarfs. Im Mittel könnten Bioabfälle, Grünschnitt und weitere Rest- und Abfallstoffe bei einer vollständigen energetischen Inwertsetzung nur 25 % des regionalen Stromverbrauchs decken (siehe Abbildung 10 in Kap 3.1.2). Sehr deutlich wird eine negative Korrelation zwischen dem potenziellen Versorgungsgrad der regionalen Bevölkerung mit Energie und der Bevölkerungsdichte. Gründe liegen einerseits in der steigenden Energienachfrage, aber auch in einem sinkenden Potenzial aus dem land- und forstwirtschaftlichen Sektor.

Zusammenfassend zeigt sich, dass der regionale Energieverbrauch zumindest anteilig durch das Bioenergiepotenzial der jeweiligen Regionen gedeckt werden könnte. Die Ergebnisse machen jedoch auch deutlich, dass dies nur bis etwa an die Hälfte des Gesamtstrombedarfs heranreicht. Damit wird klar, dass eine alleinige Versorgung mit Energie aus Biomasse nicht möglich ist.

Monitoring der Bioenergieentwicklung

Die Zahl der Bioenergieanlagen in den Bioenergie-Regionen ist im Förderzeitraum stetig gestiegen. Dies betrifft insbesondere und beinahe konstant in allen Regionen die Zahl der Biogasanlagen. In dieser Entwicklung unterscheiden sich die Bioenergie-Regionen nicht sonderlich von den Entwicklungen auf gesamtdeutscher Ebene. Aufgrund der identischen, anlagenbezogenen finanziellen Förderanreize verwundert dies nicht.

Unterschiede zeigen sich vielmehr bei der „qualitativen“ Bioenergieentwicklung in den Bioenergie-Regionen, die aufgrund der Netzwerkarbeit der Managements angestoßen werden konnte. Dies manifestiert sich zum Beispiel in der Zahl an umgesetzten Bioenergiedörfern (etwa in den Regionen Hohenlohe-Odenwald-Tauber oder dem Wendland) oder anderer biogener Wärmeprojekte. Diese Netzwerkarbeit kann nur schwer durch ein auf quantitative Indikatoren ausgelegtes Monitoring erfasst werden. Das Indikatortool versucht diesen Spagat durch die Erfassung sowohl von „harten“ Kennzahlen der Bioenergieanlagenentwicklung als auch von weiteren „weichen“ Faktoren wie Besucherzahlen und Anschlussnehmer an Wärmenetzen..

Insgesamt muss wie bereits am Ende der ersten Förderphase festgestellt werden, dass die Bereitstellung von Daten zur Beschreibung der regionalen Bioenergieentwicklung – insbesondere im Bereich der biogenen Wärmenutzung – weiterhin problematisch bleibt. Dies gründet darauf, dass bestimmte Informationen nicht auf regionaler Ebene verfügbar sind oder die regionalen Akteure keinen Zugang dazu haben. Als zusätzliche Herausforderung bei der Arbeit mit statistischen Daten erwies sich die Tatsache, dass nicht alle Regionen landkreisscharfe Regionszuschnitte gewählt hatten und so Angaben, die nur auf Landkreisebene verfügbar sind, auf einzelne Kommunen heruntergebrochen werden mussten, wodurch Ungenauigkeiten entstehen.

Bei der Entwicklung von Instrumenten zur Darstellung und Evaluierung der regionalen Bioenergieentwicklung geht die Begleitforschung davon aus, dass die regionalen Akteure selbst die besten Kenntnisse über den Anlagenpark in ihrer Region haben. Die umfangreiche Validierung des Indikatortools zeigte, dass trotz dieser Voraussetzung für verschiedene Regionen nicht nur plausible Werte angegeben wur-

den. Eine einheitliche, übergeordnete und regelmäßige Datenerhebung wäre nicht nur für die Arbeit der Begleitforschung, sondern auch für die Regionen eine enorme Erleichterung. Da neben den Bioenergie-Regionen auch weitere Projektregionen bzw. Landkreise im Zuge der Umsetzung der Energiewende (etwa im Kontext regionaler Klimaschutzkonzepte oder dem European Energy Award) auf regionspezifische Daten angewiesen sind, würde hierdurch ein weitreichender Nutzen entstehen. Die Umsetzung eines solchen Vorhabens könnte z.B. durch die Zusammenfassung und Bereitstellung der Daten aus den unterschiedlichen Monitoringvorhaben zur Umsetzung des EEG und EEWärmeG erfolgen. Auf eine solche Metadatenbank könnten andere Anwendungen wie etwa das Indikatortool zur Darstellung der Bioenergieentwicklung oder der Online Wertschöpfungsrechner¹ zugreifen. Das spezifische Wissen der Regionalmanagements (etwa „Welche Biogasanlage hat warum keine Wärmenutzung?“) könnte diese statistischen Daten ergänzen.

Das Indikatortool bleibt zunächst interessierten Nutzern erhalten. Eine Weiterentwicklung (ggf. unter Nutzung statistischer Daten) etwa zur Darstellung der regionalen Bioökonomieentwicklung wäre denkbar, wenn ein konkreter Nutzerkreis erhalten bleibt, bzw. hinzugewonnen werden kann.

Darüber hinaus wird empfohlen, bei der zukünftigen Ausgestaltung von Fördermaßnahmen darauf zu achten, dass Projektregionen möglichst landkreisscharf abgebildet werden, um Daten aus öffentlichen Statistiken anwenden zu können. Zudem kann durch eine frühe und einheitliche Kommunikation der Regionsbezeichnungen und -abgrenzungen Mehraufwand bei der Begleitung und Evaluierung der Projektregionen vermieden werden.

Die Bilanzierung der Festbrennstoffe ist mit großen Unsicherheiten verbunden, da von den Anlagenbetreibern keine verbindlichen Nutzungsnachweise zu erbringen sind. Verlässliche Datengrundlagen zur Nutzung von biogenen Festbrennstoffen in Heiz(kraft)werken und Kleinfeuerungsanlagen sind aber für eine Abschätzung der Verfügbarkeit von Brennstoffen bei weiteren Planungen wie bspw. von Biomasseheiz(kraft)werken unerlässlich. Zudem erlauben gesicherte Informationen auch den Nachweis einer nachhaltigen Nutzung von Biomasse, was in Hinblick auf die immer stärker für diese Thematik sensibilisierte Bevölkerung für die Schaffung der notwendigen Akzeptanz vorteilhaft ist. Ein Beispiel bietet der Entwurf eines Gesetzes zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig – Holstein (Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein – EWKG). Dieser zielt u.a. darauf ab, Energieunternehmen und öffentliche Stellen, insbesondere bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger zu verpflichten, den Gemeinden für die Erstellung von Wärme- und Kälteplänen auf Anforderung Informationen wie z.B. zur Leistung und zu den Brennstoffen der bestehenden Anlagen zu geben.

Effizienz von Stoffströmen bewerten

Die Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen bot die Gelegenheit, in den Regionen das Thema „Effizienz“ stärker in den Vordergrund zu rücken. Mit vielseitigen Projekten haben sich die Bioenergie-Regionen somit individuell und teilweise sehr intensiv mit der effizienten Nutzung von Bioenergie auseinandergesetzt. Die Begleitforschung hat in diesem Kontext eine umfassende und standardisierte Methodik ent-

¹ Der Online Wertschöpfungsrechner wurde im Zuge der Begleitforschung durch das Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) entwickelt und durch die Regionen ebenfalls angewandt.

wickelt, mit der es möglich ist, verschiedene Bioenergie-Stoffströme hinsichtlich ihrer Effizienz zu vergleichen.

Die sogenannte Stoffstromeffizienz führt hierbei bereits bestehende Effizienzansätze wie Klimateffizienz oder Energieeffizienz zusammen. Anhand von insgesamt 12 Indikatoren können nun Stoffströme aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Perspektive bewertet werden, indem unter anderem Daten zu Ressourceneinsatz, Energieeinsatz, Energieabsatz, Personalaufwand, Kosten und zum Flächenbedarf einbezogen werden (siehe Abbildung 38 und Abbildung 39 in Kapitel 4.1.2).

Die Methodik fand im Rahmen der Begleitforschung an vier Fallstudien Anwendung. Zwischen den beiden untersuchten Heizkraftwerken und den zwei Biogasanlagen zeigten sich markante Charakteristika einerseits zwischen den Technologien aber auch zwischen den einzelnen Fallstudien einer Technologie. Beispielsweise sind Stoffströme der untersuchten Heizkraftwerke grundsätzlich von einer höheren ökologischen Effizienz geprägt als die untersuchten Biogasanlagen. Gleichzeitig weisen die Stoffströme größerer Anlagen sowohl bei Biogasanlagen und Heizwerken eine höhere ökonomische Effizienz auf.

Die beste Gesamtbewertung unter den vier Fallstudien erhielt ein Hackschnitzel-Heizkraftwerk mit 82 % der Zielwerte (siehe Abbildung 45 in Kapitel 4.1.3). Im Vergleich zum zweiten analysierten Heizkraftwerk erzielte dieser Stoffstrom im sozialen Bereich die höheren Werte. Unter den beiden Biogas-Stoffströmen erzielte der Stoffstrom die höhere Stoffstromeffizienz, der vor allem aufgrund des Einsatzes von Reststoffen im ökologischen Bereich sehr gut abschneidet.

Die Fallstudien haben gezeigt, dass die Indikatoren die Situation des Stoffstroms angemessen abbilden. Damit ist die Methodik geeignet, Stoffströme ganzheitlich und objektiv darzustellen. Dies erleichtert eine transparente Diskussion zur Effizienz der Energieerzeugung aus verschiedenen Blickwinkeln. Mit dem Bewertungsansatz besteht zudem die Möglichkeit, Flächeneffizienz, Energieeffizienz, Klimateffizienz und weitere Effizienzansätze in einer Methode zu verarbeiten. Im Gegensatz zu einem bisher üblichen Vergleich von Produktivitätsausprägungen, dienen identifizierte Zielwerte dazu, die Bewertung durchzuführen. Mit dem relativen Abstand zwischen Messwert und Zielwert wird gleichzeitig klar, wo Ansatzpunkte für Effizienzsteigerungen liegen.

Durch den Neuheitswert des Verfahrens besteht jedoch weiterhin ein Entwicklungsbedarf hinsichtlich mehrerer Aspekte. Zum einen sollten zukünftig weitere Anlagenkonzepte wie die Biokraftstoffproduktion abbildbar sein. Zum anderen sind die ökonomischen Indikatoren weiterzuentwickeln, da die Sensibilität einiger Betriebsdaten dazu führte, dass einzelne Kennwerte nicht zur Verfügung gestellt werden konnten. Schließlich ist zu prüfen, ob die energetische Allokation beibehalten, oder ein anderes Allokationsverfahren gewählt werden sollte. Als möglichen nächsten Schritt könnte die Methodik in einer Testregion umfassend Anwendung finden und Grundlagen für einen öffentlichen Diskurs bezüglich der Effizienz der Bioenergie liefern. In diesem Zusammenhang wäre zu ermitteln, welche Indikatoren für die regionalen Akteure die höchste Relevanz entfalten. Es ist darauf hinzuwirken, die Indikatoren zur Versachlichung der Diskussion über die Stoffströme der Bioenergie zu nutzen.

Die Wärmewende in Bioenergie-Regionen

Die Regionalmanagements waren auch in der zweiten Förderphase intensiv mit der Initiierung von Wärmeprojekten engagiert und versuchten Wärmeangebot und -nachfrage zusammenzuführen (siehe Abbildung 48 in Kapitel 4.2.1). Dies wurde jedoch z.B. durch fehlendes Wissen oder Interesse seitens der relevanten Akteure erschwert. Ein weiteres Hemmnis ist in der fehlenden oder zu geringen Wirtschaftlichkeit von biogenen Wärmeprojekten zu finden. Als ein Ansatz, solche Schwierigkeiten zu überwinden, nutzten die Regionalmanagements vor allem gezielte Aufklärungsarbeit und reizten ihre Möglichkeiten zur Unterstützung im Umsetzungsprozess aus (siehe Abbildung 51 und Abbildung 52 in Kapitel 4.2.1). Auch wurden Best-Practice-Beispiele vorgestellt bzw. besichtigt, um erfolgreiche Konzepte besser etablieren zu können. Diese Netzwerkarbeit stellte sich als Schlüssel für erfolgreiche Projekte heraus. Zwar liegen in nahezu allen Regionen bereits Erfahrungen mit Bioenergie in Wärmenetzen vor, Technologien wie ORC-Anlagen oder Satelliten-BHKW sind jedoch immer noch Nischenthemen, welche eine intensive Kommunikationsarbeit erfordern.

Wärmenetze sind die am häufigsten diskutierten Wärmenutzungskonzepte in den Regionen. Die Analyse der Begleitforschung bringt sowohl Chancen als auch Herausforderungen zum Vorschein. Als flexibles, technologieoffenes System bergen Wärmenetze die Chance, dass verschiedenste erneuerbare Energien und Abwärmequellen genutzt werden können. Sie sind dementsprechend in gewissem Maße von der Bioenergie unabhängig sofern sich Förderkonditionen ändern oder beispielsweise Biogasabwärme nicht weiter zur Verfügung steht. Die Herausforderung besteht jedoch darin, den Anforderungen eines sinkenden spezifischen Wärmeverbrauchs gerecht zu werden. Insbesondere im ländlichen Raum kann Modernisierung des Gebäudebestandes oder ein Bevölkerungsrückgang den Betrieb von Wärmenetzen erschweren. Als wirtschaftliche Werte für Wärmebelegungsdichten sollten Zahlen zwischen 500 kWh/m²a² und 1.500 kWh/m²a² diskutiert werden. Hier besteht weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf um einerseits hinsichtlich der Technologieentwicklung weitere Effizienzgewinne realisieren zu können und andererseits in großem Umfang Anschlussnehmer in das Netz zu integrieren. Insbesondere bezüglich des Effizienzbegriffes und der Kommunikation einer effizienten Ressourcennutzung besteht weiterer Bedarf für Harmonisierung und Information. In diese Debatte sollte die Frage der absehbar auslaufenden EEG-Vergütung bei Biogasanlagen integriert werden. Da die Wärmebereitstellung selbst sehr flexibel gestaltet werden kann, ist die Rolle der Bioenergie in zukünftigen Wärmenetzen zu diskutieren. Insbesondere mit der Einbindung von Solarthermie sind Möglichkeiten gegeben, den Einsatz von Biomasse bedarfsgerechter und effizienter zu gestalten. Über den Umfang der netzgebundenen Wärmeversorgung auf Basis von Biomasse und Solarenergie können weitere Forschungsarbeiten Klarheit schaffen. Dabei sollten auch technische Fragestellungen zur Art der Energieeinspeisung (zentral - dezentral) und der Speicherung (saisonal - kurzfristig) Berücksichtigung finden.

Weitere Bioenergiethemen

Die Begleitforschung bearbeitete neben den Schwerpunkten Bioenergieentwicklung, Stoffstromeffizienz und Wärmewende zusätzlich weitere Themen, die in den Regionen eine hohe Relevanz entfalteten. Hierunter fielen die Punkte:

- der Einsatz alternativer Rohstoffe für die Bioenergienutzung,
- die effiziente Etablierung von holzigen Landschaftspflegematerial als Energieträger und
- ehrenamtliche Multiplikatoren für die Bioenergie.

Ähnlich der Projekte zur Wärmewende lagen die Herausforderungen bei der **Etablierung alternativer Rohstoffe** in den fehlenden Erfahrungen, neuen Routinen und der Wirtschaftlichkeit bislang ungenutzter Einsatzstoffe. Auch fehlende Strukturen sowie unklare rechtliche Rahmenbedingungen führen zur Skepsis gegenüber neuen Kulturen oder Energieträgern (siehe Kap 4.3.3). Die Regionalmanagements forcierten daher überwiegend Projekte, in denen alternative Rohstoffe mit hoher Vorbildwirkung getestet oder bereits umfänglich zum Einsatz kamen. Dies betraf sowohl innovative Einsatzstoffe mit positiven Effekten für die Umwelt als auch bislang ungenutzte Reststoffe. Begleitet von umfangreichen Informationsangeboten und einem transparenten Dialog mit betroffenen Akteursgruppen zeichnet sich bei drei Rohstoffen ein Heraustreten aus dem Nischendasein ab. Zu den Biomassen gehören die durchwachsene Silphie, als Dauerkultur für Biogasanlagen, sowie die Nutzung von Kurzumtriebsplantagen zur Holzproduktion auf Ackerflächen. Aus dem Abfallbereich sind dies Wegebegleitgrün und Grünabfall Reststoffe, deren Sammlung und Verwertung nur geringe Änderungen im Stoffstrom verursacht.

Hinsichtlich der Nutzung alternativer Rohstoffe ist festzustellen, dass sich die Regionen eine individuelle Kombination an Kompetenzen im Bereich ungenutzter / innovativer Bioenergierohstoffe aufgebaut haben. Hierzu zählt auch das Landschaftspflegematerial. Grundsätzlich ist es empfehlenswert, den Wissenstransfer weiter voran zu treiben und seitens der Wissensträger Dienstleistungen in diesem Bereich anzubieten. Eine transparente und überzeugende Öffentlichkeitsarbeit sollte erfolgreiche Verfahren und Pilotversuche begleiten, sodass vielversprechende Ansätze bekannt werden und zum Nachahmen anregen. Hierfür erscheint eine koordinierende Stelle auf regionaler Ebene angemessen. Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der innovativen Substrate zum einen auf der technologischen Seite und zum anderen als Entscheidungsgrundlage zur regionalen Einbindung in die Landnutzungssysteme. Ersteres umfasst technische, wirtschaftliche und ökologische Grundlagen, die dabei helfen, innovativen Verfahren und Methoden technische und wirtschaftliche Sicherheit zu verschaffen. Unter den betrachteten Biomassen betrifft das zum Beispiel die weitere Züchtung von Energiepflanzen (z.B. Wildpflanzen; Zweifruchtanbau) oder eine Optimierung der Aufbereitungsmethoden von Reststoffen (z.B. Homogenisierung von Mischbrennstoffen). Beim Landschaftspflegematerial müssen weiterhin Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie die Kosten zwischen Naturschutz und Rohstoffgewinnung aufgeteilt werden können, sodass die Gewinnschwelle von 13 € pro Schüttraummeter Holzhackschnitzel zur Kostendeckung ausreicht. Zum zweiten sind weiterhin Forschungstätigkeiten gefragt, die das Engagement regionaler Strukturen mit wissenschaftlichen Untersuchungen, Machbarkeitsstudien und Handlungsempfehlungen begleiten. Hierzu gehören zum Beispiel Potenzial- und Logistikanalysen für dezentral anfallende Biomassen unterschiedlichster Akteure und Bereitstellungsketten.

Weiterhin sehr intensiv thematisierten die Bioenergie-Regionen **holzartiges Landschaftspflegematerial** für die Erzeugung von Bioenergie. Logistische, organisatorische und wirtschaftliche Herausforderungen gehen hierbei auf eine oftmals heterogene Eigentümerstruktur kleiner, zerstreut liegender und schwer zu bewirtschaftender Flächen zurück. Die Begleitforschung machte mit der Erhebung des regionalen Expertenwissens maßgebliche Optimierungsansätze zur Gewinnung von Energieträgern aus holzartigem Landschaftspflegematerial zugänglich und schuf die Grundlagen für den Know-How-Transfer auch über die Regionsgrenzen hinaus. Die Regionen erkannten die Synergie zwischen Naturschutz und Energiebereitstellung, wenn die Nutzung des Landschaftspflegematerials dabei hilft, die Pflegekosten (anteilig) zu decken. Dies wird vor allem durch ein effizientes Management pflegerelevanter Biotope und Landschaftselemente begünstigt. Um das Landschaftspflegematerial bei der Durchführung von Pflegemaßnahmen erschließen zu können, muss jedoch bereits die Pflege auf die Rohstoffgewinnung ausgerichtet sein. Als relevante Kostentreiber dabei nannten die Akteure die Personalkosten sowie die Kosten des

Organisationsaufwandes. Die durchgeführten Projekte zum Thema zeigten hierzu Möglichkeiten von Einsparungen auf.

Fünf Bioenergie-Regionen wendeten eine außergewöhnliche Strategie zur Entwicklung der Bioenergie an. Sie bildeten Freiwillige zu **ehrenamtlichen Bioenergie-Multiplikatoren** weiter, die anschließend in ihrem Wirkungskreis Informationen zu Bioenergie weitergeben sollten. Die technisch-ökonomische Begleitforschung analysierte diese Maßnahmen und leitete die potenzielle Wirkung auf die Bioenergieentwicklung ab. In den Regionen konnten zwischen 10 und 100 Personen für die jeweilige Maßnahme gewonnen werden. Die Ergebnisse machen deutlich, dass die engagiertesten Multiplikatoren im Anschluss an ihre Weiterbildung bis zu 30 Gespräche pro Jahr führen. Insgesamt resultierte jedes zweite Gespräch zu einer Handlung oder Investition im Energiebereich. Mit der Analyse der Projektansätze sowie der regionalen Erfahrungen konnten schließlich Aufgaben des Projektmanagements sowie notwendige Ausbildungsinhalte herausgearbeitet werden. Diese dienen wiederum als Vorbild für potenzielle Nachahmer.

Im Rahmen der regionalen Untersuchungen konnten einzelne Erfolge identifiziert und teilweise auch quantifiziert werden. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass der Einsatz von Bioenergie nicht von weiteren erneuerbaren Energien oder dem Themenfeld der Energieeinsparung zu trennen ist. In weiterführenden Analysen sollten die tatsächlichen technischen Wirkungen bzw. die Höhe der Investitionen, die auf die Beratung von ehrenamtlichen Multiplikatoren zurückgeht, untersucht werden. Weitere Erhebungen sollte eine repräsentative Bandbreite sowohl an Multiplikatoren, als auch an angesprochenen Bürgern einbeziehen. Somit könnte schließlich ein messbarer Einfluss der Multiplikatoren auf die Bioenergieentwicklung abgeleitet werden.

2 Hintergrund: Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen

2.1 Ziele und Gegenstand der Fördermaßnahme

Im Rahmen des bundesdeutschen Wettbewerbs „Bioenergie-Regionen“ förderte das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) von 2009 bis 2012 insgesamt 25 Bioenergie-Regionen. In diesen Modellregionen sollten u.a. regionale Netzwerke ausgebaut werden, mit dem Ziel alle relevanten Akteure – vom Landwirt über Anlagenbetreiber bis hin zu Mitarbeitern der öffentlichen Verwaltung – einzubinden und die vorhandenen Bioenergiepotenziale vor Ort effizient zu nutzen. Seit Sommer 2012 erhielten 21 Regionen eine dreijährige Folgeförderung, bei der folgenden Themenschwerpunkten eine besonders wichtige Rolle zukam:

- Steigerung der regionalen Wertschöpfung,
- Verstetigung der bisherigen Arbeiten und Strukturen,
- Wissenstransfer innerhalb der Region und darüber hinaus und
- Effizienz der Stoffströme (vgl. FNR 2016).

Alle Regionen suchten sich außerdem eine Partnerregion (Zwillingsregion), mit der eine vertiefende Zusammenarbeit und ein Erfahrungsaustausch stattfinden sollte (Übersicht der Bioenergie-Regionen und der zugeordneten Partnerregionen siehe Karte 1). Jede Region wurde durch ein Regionalmanagement vertreten, welches Projekte und Maßnahmen im Sinne des zu Beginn erarbeiteten regionalen Entwicklungskonzeptes koordinierte und umsetzte. Gefördert wurden keine Investitionen. Die Regionen bekamen jedoch finanzielle Unterstützung für:

- „Die Einrichtung von Netzbüros oder Regionalmanagements,
- Maßnahmen zum Aufbau von Netzwerk- und Kooperationsstrukturen,
- Maßnahmen im Bereich Öffentlichkeitsarbeit,
- Maßnahmen zur Beteiligung von Akteuren und zur Stärkung des Ehrenamtes (z. B. Veranstaltungen, Workshops, moderierte Treffen),
- Maßnahmen zur Kooperation mit anderen Projekten, Regionen, Netzwerken, Hochschulen etc.,
- Maßnahmen zur Weitergabe von Wissen (Know-How Transfer) und zur Qualifizierung der Akteure und
- Studien, Konzepte, Evaluierungen“ (FNR 2016):

Wie bereits in der ersten Förderphase, war das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) auch in der zweiten Periode mit der technisch-ökonomischen Begleitforschung betraut (zu den Inhalten und Zielen dieser Begleitforschung siehe Kapitel 2.2). Darüber hinaus wurden Begleitforschungsvorhaben zu politisch-gesellschaftlichen sowie ökonomischen Fragestellungen durchgeführt. Die unterschiedlichen Arbeitsbereiche wurden durch verschiedene wissenschaftliche und private Einrichtungen bearbeitet (siehe Tabelle 1).

Um die einzelnen Forschungsvorhaben aufeinander abzustimmen, erfolgten mehrere Abstimmungstreffen und Telefonkonferenzen mit der Geschäftsstelle bei der FNR. Darüber hinaus wurden Zwischenergebnisse auf Workshops den regionalen Vertretern vorgestellt.

Tabelle 1: Übersicht über Trägerschaft und Inhalte der verschiedenen Begleitforschungsvorhaben im Rahmen der zweiten Förderphase Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung

Technisch-ökonomische Begleitforschung	Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ)
<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung der Bioenergiesituation in den Regionen • Effizienz der Stoff- und Nutzungsströme 	
Politisch-gesellschaftliche Begleitforschung	nova-Institut GmbH und SPRINT – wissenschaftliche Politikberatung PartG
<ul style="list-style-type: none"> • Regionale Netzwerke und Prozesse, • Wissenstransfer. 	
Ökonomische Begleitforschung	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (IÖW)
<ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte in drei ausgewählten Bioenergie-Regionen 	

2.2 Ziele und Vorgehen der technisch-ökonomischen Begleitforschung des DBFZ

In Anbetracht der inhaltlichen Schwerpunktsetzung des Fördermittelgebers (siehe Kapitel 2.1) und unter Berücksichtigung der regionsspezifischen Inhalte der überarbeiteten regionalen Entwicklungskonzepte (REK) wurden aufbauend auf den bisherigen Forschungsarbeiten die nachfolgend skizzierten Ziele der technisch-ökonomischen Begleitforschung durch das DBFZ entwickelt:

- Analyse und übergreifende Einordnung der Effekte der Fördermaßnahme,
- Weiterentwicklung der bereits vorgelegten Ansätze zum Monitoring, so dass sie auch nach der Verstetigungsphase genutzt werden können,
- Aufzeigen konkreter, leicht anwendbarer Ansätze zur Effizienzbestimmung und Herleitung von Optimierungspotenzialen für ausgewählte, im regionalen Kontext relevante Fragestellungen,
- Erarbeitung von praxistauglichen Handlungsansätzen für eine verbesserte Wärmenutzung von Biogasanlagen,
- Weitergabe von praktischen Handlungsempfehlungen für den Einsatz bisher weniger bzw. ungenutzter Substrate an regionale Akteure,
- Unterstützung der Kompetenzentwicklung in den Regionen durch praxisadaptierte Workshops.

Zur Erreichung der genannten Ziele, wurden die Forschungsarbeiten in zwei Module gegliedert und in Arbeitspaketen konkretisiert (siehe Abbildung 1). An dieser Gliederung orientiert sich auch der Aufbau dieses Berichtes.

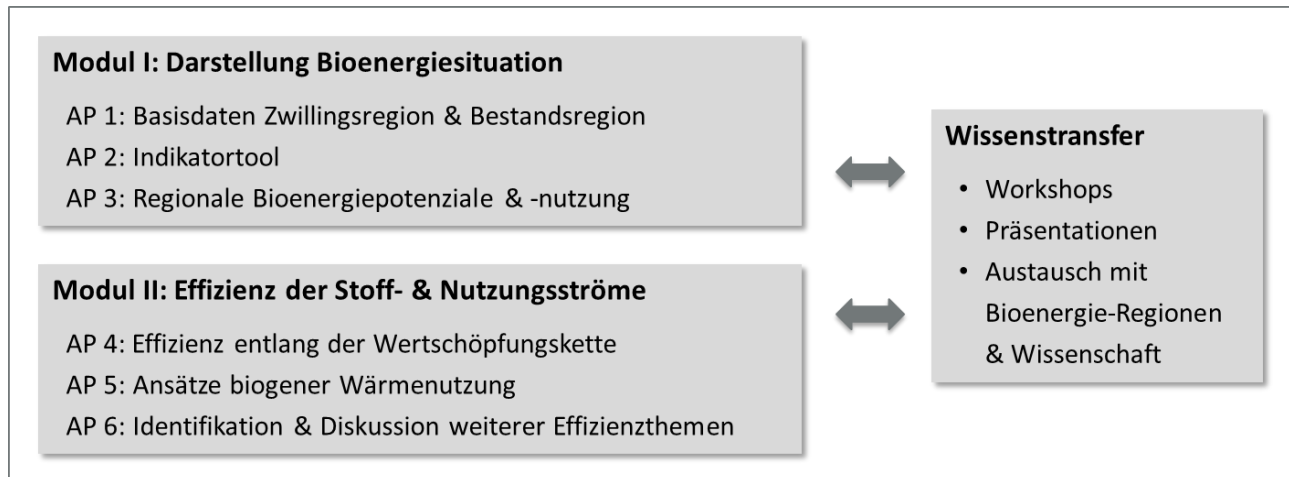


Abbildung 1: Gliederung und Inhalte des Arbeitsprogramms der technisch-ökonomischen Begleitforschung in der zweiten Förderphase.

In **Modul I** wird zunächst die Bioenergiesituation und -entwicklung in den Bioenergie-Regionen erfasst und dargestellt. Um eine einheitliche Datenbasis zur Charakterisierung aller Bioenergie-Regionen sowie für die gewählten Zwillingsregionen zu erhalten, wurden hierbei im Rahmen von **AP 1** regionale Basisdaten mit Hilfe einer Sekundärdatenrecherche erhoben. Die Daten wurden den jeweiligen Regionen, den weiteren Begleitforschungsvorhaben sowie der FNR zur Verfügung gestellt (siehe Kapitel 2.3).

Bereits in der ersten Förderphase wurde durch das DBFZ ein Indikatorrechner entwickelt, mit dem die regionale Bioenergieentwicklung dokumentiert und evaluiert werden kann. Die Regionen wendeten dieses Online-Tool im Rahmen ihrer jährlichen Berichtslegung in der zweiten Phase an. Durch das DBFZ erfolgte in **AP 2** die Betreuung und Weiterentwicklung des Tools sowie eine jährliche Datenauswertung (siehe u.a. Kapitel 3.2).

Aufbauend auf den bisherigen Beschreibungen der Bioenergienutzung in den Regionen wurde im Rahmen von **AP 3** eine Gegenüberstellung von Potenzialen und tatsächlicher Nutzung regionaler Biomasse vorgenommen (Kapitel 3.3). Vor dem Hintergrund der erweiterten Zahl an zu betrachtenden Regionen war hierzu zunächst eine einheitliche Erfassung und Darstellung der (technischen) Biomassepotenziale notwendig (Kapitel 3.1). Um die tatsächliche Nutzung der regionalen Biomasse zu erfassen, wurden am Ende der zweiten Förderphase die regionalen Stoffströme erfasst und den Biomassepotenzialen gegenübergestellt. Ergänzt wurde dieses Arbeitspaket durch die Analyse von Maßnahmen zum Einsatz bislang noch nicht genutzter Biomassen in den Regionen. Hierzu wurde ein Erfahrungsaustausch der regionalen Akteure organisiert und eine Einordnung der Maßnahmen vor dem Hintergrund der ermittelten Biomassepotenziale vorgenommen (Kapitel 4.3.2).

Neben diesen übergeordneten Fragestellungen umfasste das Begleitforschungsvorhaben in **Modul II** auch die Bearbeitung weiterführender Fragestellungen mit besonderem Fokus auf dem Förderschwerpunkt einer effizienten Nutzung der vorhandenen Biomasseressourcen. Im Rahmen von **AP 4** wurde eine Methodik entwickelt um den bisweilen sehr abstrakten Begriff der „Effizienz der Stoffströme“ zu operationalisieren und für regionale Fragestellungen anwendbar zu machen. Ziel des zu entwickelnden Ansatzes war es verschiedene Aspekte von Effizienz entlang einer gesamten Bioenergie-

Wertschöpfungskette zu erfassen und zu bewerten. Diese Methode wurde für verschiedene Wertschöpfungsketten in Fallstudien angewendet und validiert (siehe Kapitel 4.1).

Da viele Regionen in der zweiten Förderphase einen stärkeren Fokus auf die biogene Wärmeerzeugung legten, sollte dies im Rahmen von **AP 5** näher betrachtet werden (siehe Kapitel 4.2). Zunächst wurden die Konzepte und Maßnahmen der Bioenergie-Regionen im Bereich der Wärmeerzeugung und -nutzung analysiert (Kapitel 4.2.1). Darüber hinaus wurden Problemen und Hemmnissen sowie der Umgang mit diesen erfasst. Da in vielen Regionen die Errichtung von Nahwärmenetzen auf Basis von Bioenergie im Fokus stand, wurde dies in Kapitel 4.2.2 noch einmal gesondert herausgearbeitet. Dies diente dazu, das Wissen der Regionen zu erfassen, aufzubereiten und im Sinne eines Wissenstransfers anderen Regionen zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus standen fördernde und hemmende Faktoren bei der Abwärmenutzung von Bestandsbiogasanlagen im Fokus. Anhand von einzelnen Fallbeispielen sollte nachvollzogen werden, mit welchen Problemen Akteure bei der Projektumsetzung konfrontiert werden und wie sie mit ihnen umgingen (siehe Kapitel 4.2.3).

Schließlich sollten die Regionen im Rahmen von **AP 6** bei der Umsetzung und Etablierung weiterer, nicht-technischer Effizienzthemen durch das DBFZ unterstützt werden. Diese Arbeiten erfolgten vor dem Hintergrund, dass in den Regionen ein teilweise sehr unterschiedliches Verständnis des Effizienzbegriffes vorhanden war. Nach Analyse der REK und in Abstimmung mit der Geschäftsstelle wurde somit erstens der Einsatz von Landschaftspflegematerial in den Regionen evaluiert, diskutiert und die Erfahrungen für einen weiterführenden Wissenstransfer aufbereitet (Kapitel 4.4). Weiterer Untersuchungsgegenstand war in dem Zusammenhang der Einsatz von ehrenamtlichen Multiplikatoren auf einer niederschweligen Ebene zur Stärkung der Bioenergieentwicklung (Kapitel 4.5).

Besonderes Anliegen der technisch-ökonomischen Begleitforschung war es in den Dialog mit den Regionalmanagements zu treten und von dem praktischen Erfahrungsschatz der regionalen Akteure zu lernen. Wie bereits erwähnt, nahm der Wissenstransfer auch bei diesem Begleitforschungsvorhaben eine wichtige Rolle ein. Daher wurde versucht, gewonnenes Wissen nicht nur in Fachpublikationen zu dokumentieren, sondern auch zeitnah in praxisnahen Veröffentlichungen bereit zu stellen, um damit die Bioenergie-Regionen und die interessierte Öffentlichkeit zu adressieren. Dies erfolgte in zahlreichen Dokumentationen und Veröffentlichungen, die über die Projektwebseite der FNR www.bioenergieregionen.de und des DBFZ www.dbfz.de/bioenergieregionen verfügbar sind. Ergebnisse dieser Veröffentlichungen flossen ebenfalls in die Erstellung dieses Berichtes ein.

2.3 Die 21 Bioenergie-Regionen im Kurzporträt

Um die Ergebnisse der technisch-ökonomischen Begleitforschung besser einordnen zu können, sollen die Bioenergie-Regionen nachfolgend knapp charakterisiert werden. Dies geht auf die Grunddatenerhebung (AP 1) zurück und bezieht sich i.d.R. auf Daten aus dem Jahr 2011.

Zu Beginn der zweiten Förderphase wurden alle Regionen in ihren Grenzen erfasst, sodass Informationen zu allen Gemeinden und Kreisen bzw. Kreisfreien Städten in Bioenergie-Regionen zur Verfügung standen. Als besondere Herausforderungen stellte sich zum einen die Tatsache heraus, dass der Zugschnitt einiger Regionen nur Teile von einzelnen Landkreisen abdeckt. Dies erschwerte das Arbeiten mit statistischen Daten auf Landkreisebene. Zum anderen führte die Abgrenzung der Partnerregionen in zwei Fällen zu räumlichen Überschneidungen mit anderen (Partner-)Regionen. Dies ist bei der Region

Hohenlohe-Odenwald-Tauber sowie der Partnerregion Bayreuths der Fall. Alle Parameter wurden über eine Sekundärdatenrecherche erhoben. Als Quellen dienten hauptsächlich die Daten der statistischen Ämter des Bundes und der Länder (GENESIS-Online). Da einige Parameter nur auf Ebene der Landkreise zur Verfügung stehen, musste für Bioenergie-Regionen, die sich nicht an Landkreisgrenzen orientieren, eine Projektion der verfügbaren statistischen Daten auf die genaue Regionsabgrenzung vorgenommen werden (z.B. über das Verhältnis der statistischen Werte des Gesamtlandkreises anhand von gemeindegrenzen scharfen Einwohnerzahlen zu der Gebietseinheit der Bioenergie-Region). Flächendaten stammen aus dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) und wurden im GIS entsprechend des räumlichen Zuschnitts der Regionen zusammengefasst. Jedoch entsprechen diese ATKIS-Daten nicht den Angaben aus der öffentlichen Statistik, sodass es hier zu Abweichungen kommt.

Einen Überblick über die **Verteilung der Bioenergie-Regionen** der ersten und zweiten Förderphase mitsamt den jeweiligen Partnerregionen gibt die nachfolgende Karte 1. Grau hinterlegt sind dabei vier Bioenergie-Regionen, die nur bis 2012 über die Fördermaßnahme gefördert wurden.

Die Heterogenität der Regionen spiegelt sich auch in ihrer Größe wider. So reicht die Spanne der **Regionsfläche** von 550.000 ha in der Mecklenburgischen Seenplatte bis zu 11.000 ha in der Stadt Ludwigsfelde (siehe Abbildung 2). Im Durchschnitt umfasst eine Bioenergie-Region ca. 220.000 ha und besteht aus 1-2 Landkreisen. Zusammen bedecken die 21 Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase knapp 12 % der Gesamtfläche Deutschlands. Rechnet man die Partnerregionen mit ein, so sind es beinahe 27 %.

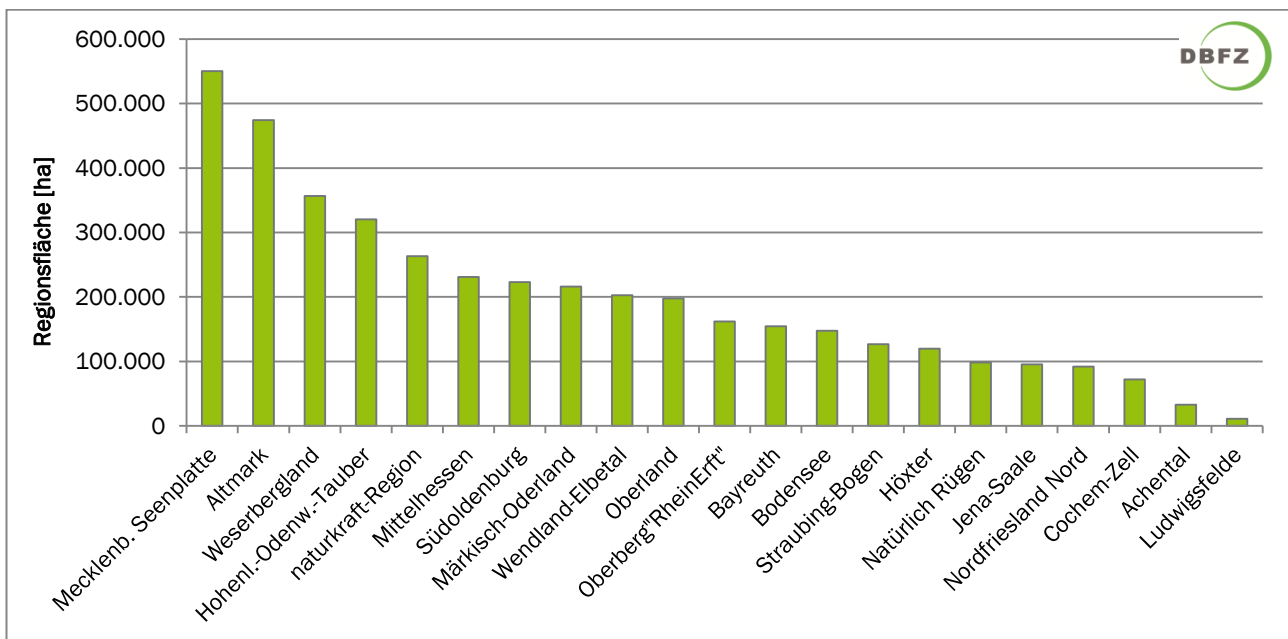
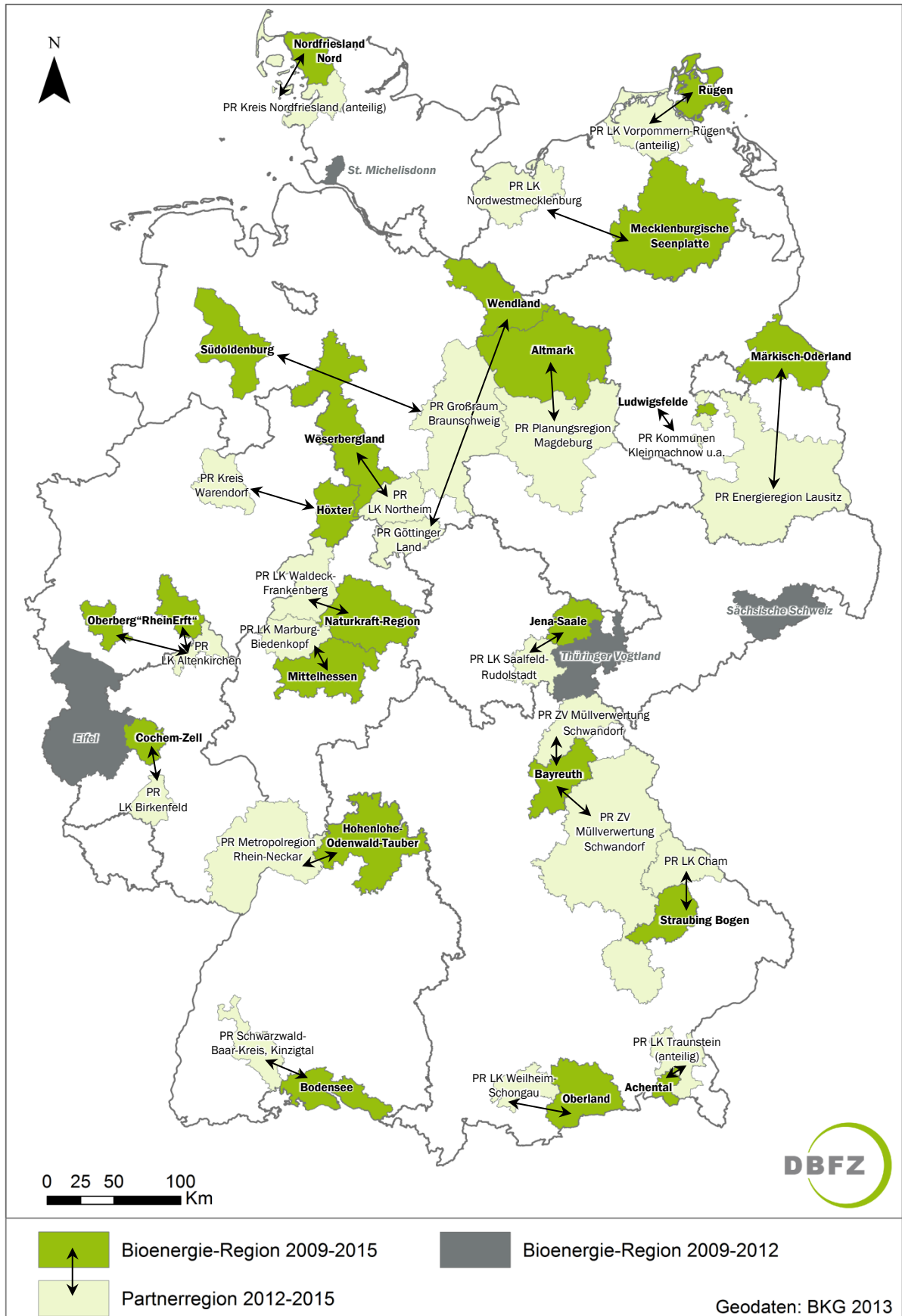


Abbildung 2: Gesamtfläche der Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase im Vergleich (Datenstand: 2011). Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: GENESIS-Online, ATKIS.



Karte 1: Übersicht über die Bioenergie-Regionen der ersten und zweiten Förderphase inkl. Partnerregionen

Unterschiedliche Ausgangsbedingungen herrschen auch bei der naturräumlichen Ausstattung der Regionen: Überwiegend dominiert der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen gegenüber jenen aus der Forstwirtschaft (siehe Abbildung 3). Lediglich in den Regionen Bayreuth, Cochem-Zell, Oberland und Achental übersteigt der Anteil der forstwirtschaftlichen Flächen den Anteil der Landwirtschaftlichen. Als eindeutige „Agrarregionen“ lassen sich hingegen Nordfriesland Nord und Süddoldenburg charakterisieren.

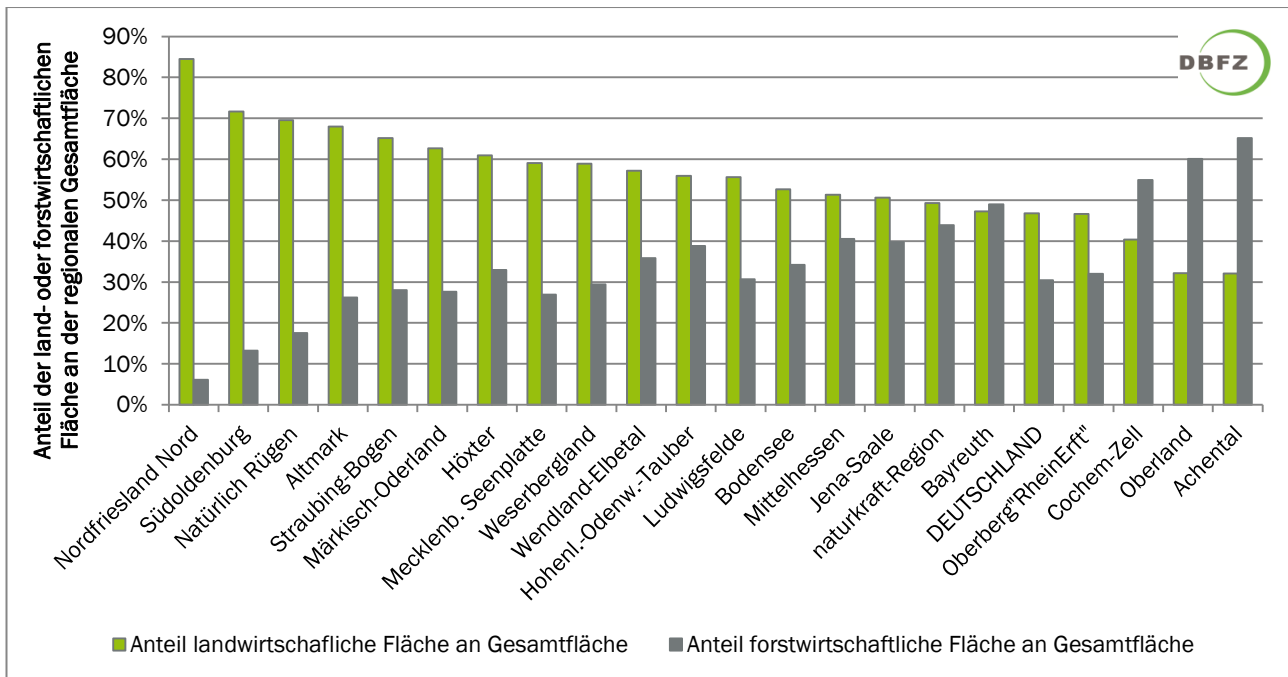


Abbildung 3: Anteil der landwirtschaftlichen (Acker Dauergrünland und Dauerkulturen) und forstwirtschaftlichen Flächen an der jeweiligen Gesamtfläche der Bioenergie-Regionen und in Gesamtdeutschland (Datenstand: 2011). Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: GENESIS-Online, ATKIS.

Neben der flächenhaften Ausdehnung lassen sich die Bioenergie-Regionen auch anhand ihrer **Einwohnerzahlen** charakterisieren. Bei dieser Betrachtung ist die Region Oberberg - RheinErft mit knapp 750.000 Einwohnern die größte und Ludwigsfelde mit ca. 24.000 Einwohnern die kleinste Bioenergie-Region. Insgesamt wohnen in den 21 Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase ca. 5 Mio. Menschen, was im Jahr 2011 mehr als 6 % der deutschen Gesamtbevölkerung entsprach. Rechnet man die Partnerregionen mit ein, erreichte die Fördermaßnahme sogar 17 % der deutschen Bevölkerung oder 13,5 Mio. Menschen (vgl. Statistisches Bundesamt 2013).

Bezieht man die Einwohner auf die Regionsflächen, so gibt die **Bevölkerungsdichte** Auskunft über Konzentrationsprozesse in den Regionen. In Abbildung 4 ist die Bevölkerungsdichte für die einzelnen Bioenergie-Regionen dargestellt. Lediglich die Regionen Oberberg - RheinErft und Bodensee weisen hier eine höhere Bevölkerungsdichte als der bundesdeutsche Durchschnitt (ca. 225 Einwohner je km² im Jahr 2011) auf. Die überwiegende Zahl der anderen Bioenergie-Regionen liegt im ländlich geprägten Raum. Dies zeigt sich auch bei der Betrachtung der **siedlungsstrukturellen Regionstypen** (Agglomerationsräume, verstärkte Räume, ländliche Räume, periphere Räume), nach denen die Lage der Regionen anhand der Bevölkerungsdichte eingeteilt werden kann (vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung 2013).

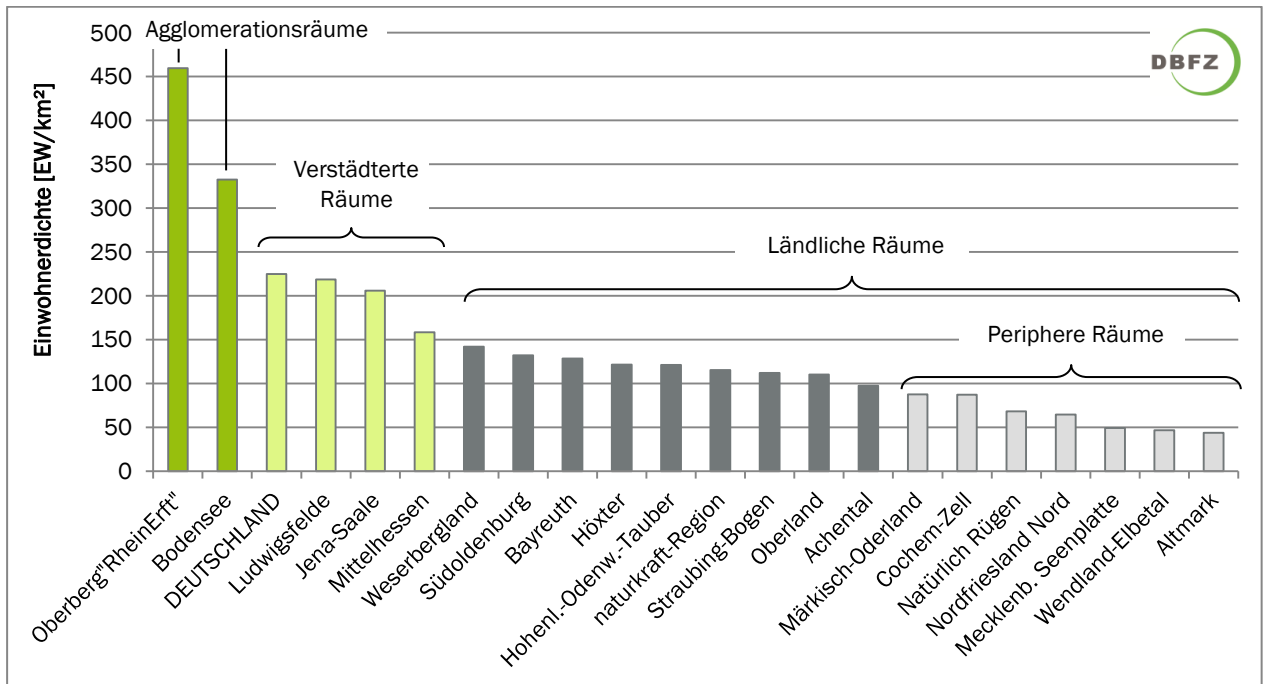


Abbildung 4: Einwohnerdichte und Raumkategorien in den Bioenergie-Regionen und Gesamtdeutschland. Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: Einwohnerdichte: GENESIS-Online, ATKIS (Datenstand: 2011); Raumkategorien: Siedlungsstrukturelle Regionstypen der laufenden Raumbeobachtung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Sieben Bioenergie-Regionen liegen sogar in ländlich-peripheren Räumen² mit einer Einwohnerdichte unterhalb von 150 Einwohnern je km².

Auch in Bezug auf **regionalwirtschaftliche Aspekte** bilden die Bioenergie-Regionen die große Vielfalt unterschiedlich geprägter Räume in Deutschland ab. Dies zeigt sich insbesondere bei der Betrachtung von Arbeitslosigkeit und Einkommen. In Abbildung 5 sind die Bioenergie-Regionen, geordnet nach der Arbeitslosenquote, dargestellt.

² Die Siedlungsstrukturellen Regionstypen des BBSR weisen diese Räume als „Ländliche Räume geringerer Dichte“ aus.

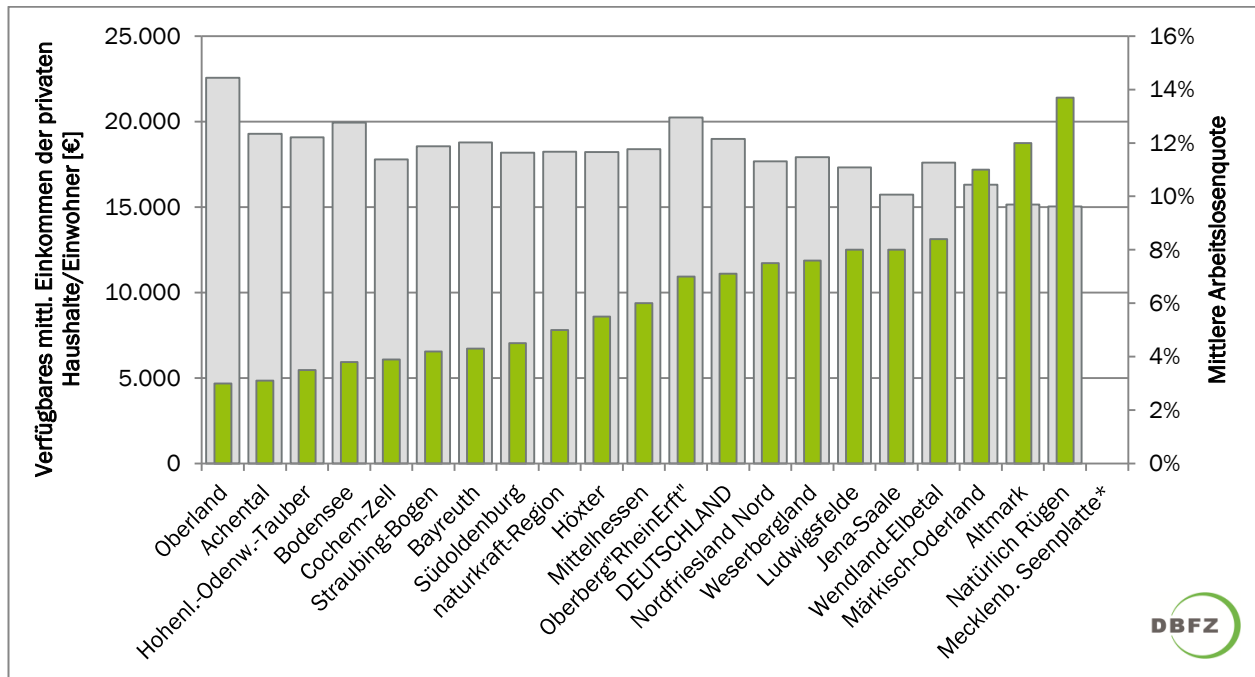


Abbildung 5: Verfügbares mittleres Einkommen der privaten Haushalte je Einwohner und mittlere Arbeitslosenquote in den Bioenergie-Regionen und Gesamtdeutschland (Datenstand: 2011).

* für die Mecklenburger Seenplatte liegen keine Daten vor.

Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: GENESIS-Online.

Die Regionen in den „neuen Bundesländern“ weisen hier überdurchschnittlich hohe Arbeitslosenquoten mit bis zu 14 % im Jahr 2011 (vgl. Statistisches Bundesamt 2013) auf. Zugleich sind dies auch die Regionen mit dem geringsten verfügbaren mittleren Einkommen pro Kopf. Ein genau gegensätzliches Verhältnis zeigt sich hingegen in den süddeutschen Regionen: Hier findet sich die geringste Arbeitslosigkeit und das größte verfügbare Einkommen aller Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase.

3 Modul I: Darstellung der Bioenergiesituation

Bedingt durch die technischen Entwicklungen, vor allem aber mit Inkrafttreten des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) entwickelte sich in Deutschland die Nutzung von Bioenergie (vgl. DBFZ 2012). Um hier konkrete Aussagen über die Entwicklung der Bioenergie in einer Region treffen zu können und daraus Ableitungen und Empfehlungen für die zukünftige Entwicklung geben zu können, führte das DBFZ bereits in der ersten Förderphase Bioenergie-Regionen ein Monitoring der Entwicklung des Anlagenbestands auf regionaler Ebene durch (vgl. Bohnet u. a. 2013). Dabei wurden sowohl Indikatoren zum Monitoring der Bioenergieentwicklung auf regionaler Ebene ermittelt, als auch eine Reihe von Erhebungen auf Ebene der Bioenergieanlagen durchgeführt. Dieses Zusammenspiel einer übergreifenden (Top-Down-)Analyse sowie (Bottom-Up-)Einzelerhebungen an Bioenergieanlagen führte zu ersten Datenreihen und Bilanzen zur Energieerzeugung aus Biomasse. Diese galt es in der zweiten Förderphase fortzuschreiben. Die Erhebung der Energie- und Stoffströme an Bioenergieanlagen erfolgte dafür mit einer weiter systematisierten und verstetigten Datenerfassung.

Die in Kapitel 2.3 vorgestellten räumlichen und wirtschaftlichen Ausgangsbedingungen in den Bioenergie-Regionen bestimmen dabei entscheidend die jeweilige Nutzung von Bioenergie. Vor allem die Ausstattung der Regionen mit land- und forstwirtschaftlicher Produktionsfläche ist für die Gewinnung von biogenen Primärenergieträgern von zentraler Bedeutung. Zusätzlich geht von der Verarbeitung biogener Ressourcen, der Tierhaltung und den Siedlungstätigkeiten ein Einfluss auf die Bandbreite möglicher Bioenergienutzungen aus. All dies beeinflusst die Höhe des Bioenergiepotenzials einer Region.

Wie bereits erwähnt, galt es im Rahmen der technisch-ökonomischen Begleitforschung hierfür, eine vergleichbare Datengrundlage für alle Bioenergie-Region und ihre Partnerregionen zu schaffen, die die genannten Ausgangsbedingungen berücksichtigt. Diese Analyse der technischen Bioenergiepotenziale in den Bioenergie-Regionen stellt somit die Grundlage für eine Einordnung der Bioenergiesituation dar.

Mit den so gewonnenen Daten ist es schließlich möglich, die Entwicklung der Bioenergieerzeugung in den Regionen über einen Zeitraum von sechs Jahren zu evaluieren und dabei die technischen Potenziale der tatsächlichen Nutzung regionaler Biomasse gegenüberzustellen. In den nachfolgenden Kapiteln ist dargestellt, wie sich die Bioenergiepotenziale auf regionaler Ebene zusammensetzen (Kapitel 3.1), wie stark sie schon genutzt werden (Kapitel 3.2) und welchen Beitrag dies zur Energieversorgung in den Regionen leistet (Kapitel 3.3).

3.1 Technische Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen

Charakteristischerweise fallen die meisten Biomassefraktionen räumlich stark verteilt an. Die Heterogenität der Rohstoffe geht außerdem einher mit einer Vielzahl von Akteuren und Nutzungspfaden. Die Folge ist ein fehlender Überblick zum Umfang der regionalen biogenen Stoffströme, die für die Energiegewinnung in Frage kommen oder bereits genutzt werden.

Eine wesentliche Grundlage für die nachhaltige energetische Nutzung biogener Ressourcen ist jedoch die Kenntnis der Bioenergiepotenziale. Diese Information zur theoretischen und technischen Verfügbarkeit von Bioenergieträgern spielt für politische Entscheidungen eine maßgebliche Rolle. Die Politik kann auf dieser Basis eine steuernde Wirkung im Bereich Bioenergie entfalten. Die Kenntnis von Bioenergiepotenzialen einerseits und den politischen sowie wirtschaftlichen Rahmenbedingungen andererseits

rerseits stellt schließlich die Voraussetzung zur Einschätzung und Lenkung zukünftiger Entwicklungen der energetischen Nutzung von Biomasse dar. Die Begleitforschung hat daher als Arbeitspaket 3.1 die technischen Bioenergiepotenziale auf regionaler Ebene bestimmt.

3.1.1 Ausgangsbedingungen und Vorgehensweise der Potenzialerhebung

In einigen Bioenergie-Regionen lagen zu Beginn der zweiten Förderphase bereits **Biomassepotenzialstudien** vor (siehe Barth und Berens 2011; Fiedler u. a. 2005; Krismann u. a. 2010; Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2011, 2013; Piorr u. a. 2010). Diese Studien sind durch eine ungleiche Datenbasis sowie unterschiedliche Methoden gekennzeichnet und beschränkten sich teilweise nur auf ausgewählte Biomassefraktionen. Hierzu zählen z. B. Unterschiede im zeitlichen und räumlichen Bezug sowie in den Datengrundlagen einschließlich deren Aktualität. Darüber hinaus sind konkrete Quellen, Grundlagenwerte und Annahmen dieser Studien oftmals nicht ausreichend dokumentiert, um die Ergebnisse wissenschaftlich weiterzuverwenden. Eine Vereinheitlichung oder ein Vergleich der Biomassepotenziale auf Basis dieser Grundlagen ist damit für den Projektansatz Bioenergie-Regionen nicht möglich.

Vor diesem Hintergrund umfasste die Bestimmung der Biomassepotenziale als wichtigsten Zielanspruch, die transparente Berechnung und Illustration der regionalen Potenziale. Darüber hinaus sollten folgende **Ziele** verfolgt werden:

- Berücksichtigung der relevanten Biomassen mit ausreichender Datenlage,
- Verwendung aktueller Datengrundlagen (2010-2015),
- Transparenter dokumentierter und übertragbarer Ansatz für ganz Deutschland,
- Möglichst hohe regionale Auflösung der Ergebnisse und
- Standardisierte Datenprodukte für alle Regionen.

3.1.1.1 Vorgehensweise und Annahmen der Potenzialerhebung

In **zwei Workshops** konnte die Vorgehensweise mit den regionalen Vertretern und weiteren Experten abgestimmt und Details zur Datenverarbeitung diskutiert werden. Dies erlaubte es, die Anforderungen an die Potenzialanalyse aus regionaler Perspektive zu berücksichtigen und den Regionen die weiteren Verwendungsmöglichkeiten der Ergebnisse näher zu bringen. Dieser intensive Austausch zwischen den regionalen Projektmanagements und der Begleitforschung erfolgte während der gesamten Bearbeitungsphase.

Um sowohl die individuelle regionale Landnutzung zur berücksichtigen, als auch die Vergleichbarkeit zwischen den Regionen sicherzustellen, erfolgte eine standardisierte Berechnung aller ausgewählten Biomassen für jede Region. Eine Übersicht der analysierten Biomassefraktionen enthält Abbildung 6.

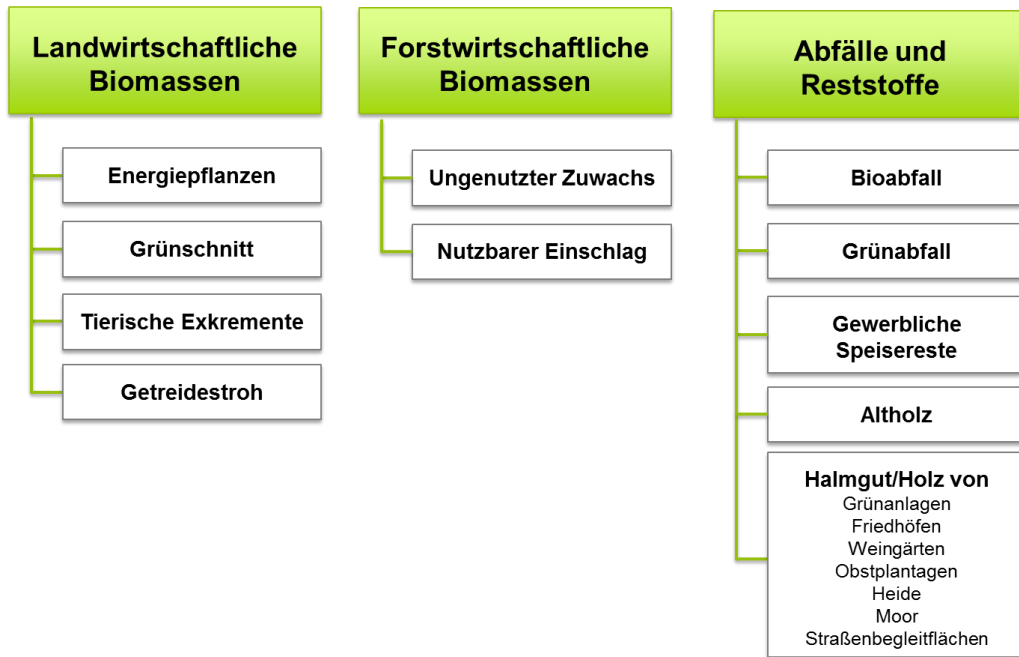


Abbildung 6: Übersicht über die im Rahmen der technisch-ökonomischen Begleitforschung betrachteten Biomassefraktionen

Die Quantifizierung der technischen Biomassepotenziale erfolgte auf Basis der regionalen Bedingungen und der bekannten Restriktionen. Die verwendeten Datengrundlagen stammen aus folgenden Quellen³:

- **Statistiken:** z.B. Statistiken zum Viehbesatz; statistisches pro-Kopf-Aufkommen von Reststoffen
- **Amtliche Geodaten:** z.B. administrative Grenzen; geotopographische Daten Deutschlands (ATKIS Basis-DLM)
- **Literaturwerte:** z.B. Biomasseerträge; Methanerträge; Heizwerte
- **Annahmen:** z.B. Bergungsrate; Wassergehalt; Pflegebreiten von Straßenbegleitflächen

Für jede Biomasse wurde ein mehrstufiges, biomassespezifisches Berechnungsverfahren zusammengestellt, für welche die jeweiligen Datenquellen herangezogen wurden. Dieses Vorgehen ist beispielhaft für die Fraktion Bioabfall in Abbildung 7 dargestellt. Die Umsetzung der Methodik und die konkrete Berechnung der Ergebnisse erfolgte schließlich per Tabellenkalkulation in Microsoft EXCEL.

³ Die berücksichtigten Parameter und herangezogenen Quellen sind für jede einzelne Biomasse dem Anhang A 1 zu entnehmen.

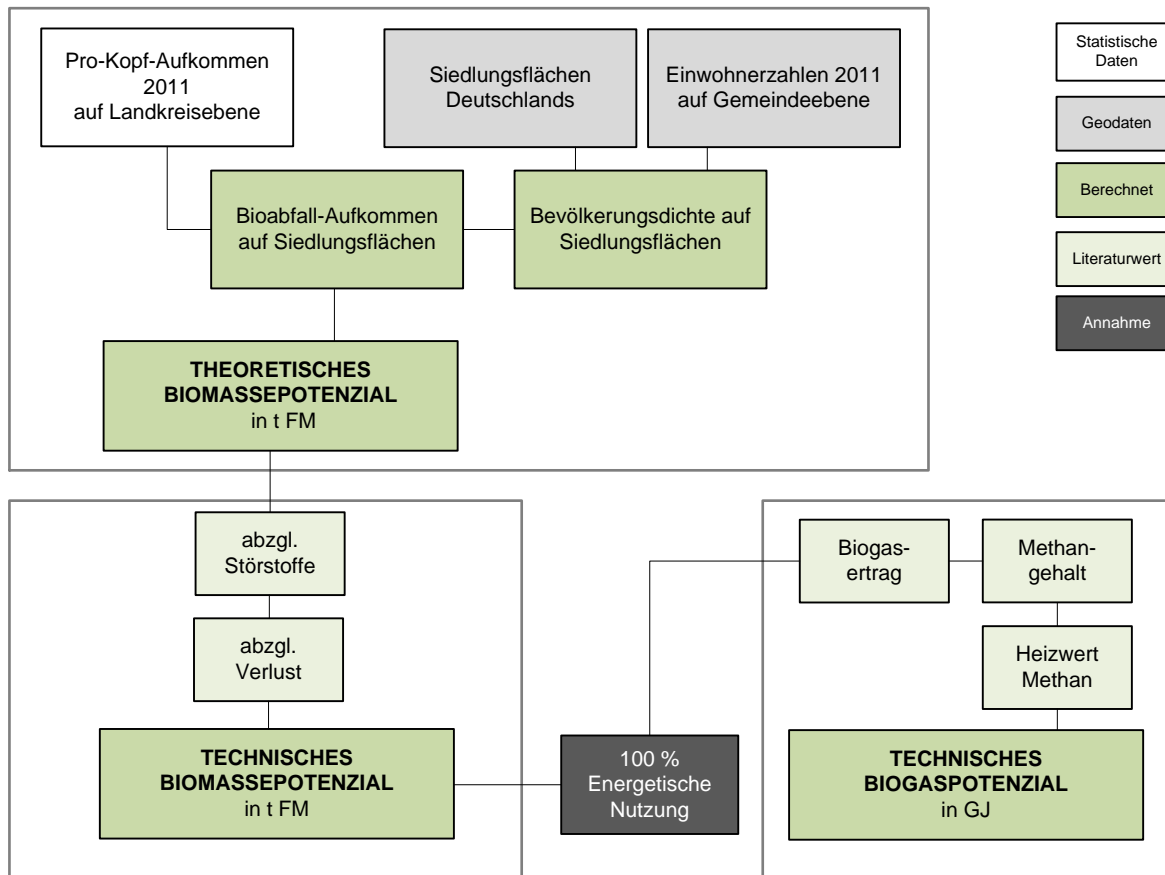


Abbildung 7: Dreistufiges Berechnungsschema am Beispiel der Biomassefraktion Bioabfall (eigene Darstellung)

Zunächst erfolgte für jede Biomassefraktion die Erhebung des **theoretischen Biomassepotenzials** in der Bioenergie-Region. Hierbei handelt es sich um das theoretisch vorhandene physikalische Biomasseangebot, z.B. die Gesamtmenge von tierischen Exkrementen eines Jahres in der jeweiligen Region. Da dies jedoch aufgrund bestimmter Restriktionen nur in Teilen technisch tatsächlich erschlossen werden kann, erfolgte auf einer zweiten Stufe die Herleitung des **technischen Biomassepotenzials**. Hierbei sind bereits technisch bedingte Einschränkungen wie die Bergerate bei der Aufnahme von Biomasse und zusätzlich strukturelle und ökologische Begrenzungen wie auch gesetzliche Vorgaben als „unüberwindbare Einschränkungen“ berücksichtigt (vgl. Daniela Thrän u. a. 2010: S. 28). Schließlich dienten Annahmen zur anteiligen energetischen Nutzung sowie die rohstoffspezifischen Energieerträge zur Berechnung des **technischen Bioenergiepotenzials** der betrachteten Biomassefraktion.

Eine Besonderheit ergibt sich bei der Ermittlung des Potenzials für den Anbau und die Nutzung von Energiepflanzen. Da sich ändernde Rahmenbedingungen im Agrarmarkt sowie bei der Bioenergieförderung kurzfristig die energetische Nutzung von Ackerkulturen als Energiepflanzen beeinflussen können, wurde das Energiepflanzenpotenzial mit einem eigens entwickelten Rechentool ermittelt. Hervorzuheben ist dabei die Möglichkeit, regional spezifische Annahmen für die Ackerflächennutzung zu treffen. Auf Basis der statistischen Ackerfläche sowie mehrerer variabler Parameter berechnet dieser das Energiepflanzenpotenzial einer Untersuchungsregion. Die Potenzialberechnung von Energiepflanzen erfolgte durch die Begleitforschung unter Annahme eines einheitlichen „Basisszenario“ für alle Bioenergie-Regionen (siehe Anhang A 2). In diesem Szenario wurden die Parameter: „Veränderung der Ackerflä-

che“, „Veränderungen der Erträge“ und der „Anteil der energetischen Nutzung“ als Rahmenbedingungen des technischen Biomassepotenzials definiert.

Für jede der betrachteten Biomassen wurde ein separates Datenblatt erstellt, welches die Grundlageninformationen sowie die konkrete Vorgehensweise zur angewandten Methodik beinhalten (siehe Anhang A 1). Inbegriffen sind ebenfalls eine kurze Beschreibung der Biomasse sowie die schematische Darstellung der Berechnung mit den dabei berücksichtigten Parametern (vgl. Abbildung 7). Diese Dokumentation ermöglicht gleichzeitig eine Interpretation der Ergebnisse.

3.1.1.2 Datenaufbereitung für die weitere Nutzung in den Bioenergie-Regionen

Alle 21 Bioenergie-Regionen sowie deren jeweilige Partnerregionen der zweiten Förderphase erhielten ein umfassendes Datenpaket zu ihren individuellen Bioenergiepotenzialen. Dies kann für regionale Konzepte und Handlungsempfehlungen sowie politische Entscheidungen Verwendung finden. Ein Datenpaket steht beispielhaft auf der Projektwebseite der Begleitforschung⁴ als Download zur Verfügung und beinhaltet:

- Datenblätter mit Grundlageninformationen zur angewandten Methodik für alle betrachteten siebzehn Biomassen,
- Datentabellen mit den Einzelergebnissen auf Kommunal-, Landkreis- und Regionsebene,
- Das EXCEL-Tool zur individuellen Berechnung von Szenarien der Energiepflanzenpotenziale (Energiepflanzenrechner),
- Biomassespezifische digitale Karten (GeoPDFs) als kartographische Darstellung der Ergebnisse auf regionaler Ebene,
- Vektordaten für Computerprogramme (GIS-Shapes) für eine eigenständige, weiterführende Datenverarbeitung durch die Bioenergie-Regionen und
- Eine ausführliche Datenbeschreibung samt Anleitung zu Verwendungsmöglichkeiten der Ergebnisse.

Mit dem als EXCEL-Tool ausgeführten Energiepflanzenrechner ist es den Regionen darüber hinaus möglich, weitere Szenarien zu definieren und dementsprechend individuelle, regionale Potenzialberechnungen für Energiepflanzen von Ackerflächen durchzuführen. Der Rechner bietet hierzu die Möglichkeit, einzelne Parameter, die einen Einfluss auf das Energiepflanzenpotenzial haben, zu variieren.

⁴ Online unter: <https://www.dbfz.de/bioenergieregionen>

3.1.2 Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen

3.1.2.1 Regionsspezifische Ergebnisse technischer Bioenergiepotenziale

In Kapitel 2.3 wurde verdeutlicht, dass die Bioenergie-Regionen teils stark unterschiedliche Ausgangsbedingungen hinsichtlich ihrer Landnutzung aufweisen. Dies beeinflusst maßgeblich die Zusammensetzung und Höhe der Biomassepotenziale sowie den damit erreichbaren Anteil an der regionalen Energieversorgung. Abbildung 8 enthält für jede Bioenergie-Region die absolute Höhe technischer Bioenergiepotenziale aus land- und forstwirtschaftlichen Biomassen sowie aus Abfällen und Reststoffen (zur Zusammensetzung siehe Abbildung 6). Das Gesamtpotenzial korreliert dabei unmittelbar mit der Flächengröße. Mit Abstand besteht demensprechend das höchste Bioenergiepotenzial in der größten Region Mecklenburgische Seenplatte und das niedrigste Potenzial in der kleinsten Region Ludwigsfelde.

Im Mittel besteht in einer Bioenergie-Region ein technisches Bioenergiepotenzial in Höhe von 6.700 TJ. Abbildung 8 verdeutlicht darüber hinaus die individuelle Zusammensetzung der Biomassefraktionen in den Regionen. Im Durchschnitt setzt sich das Gesamtpotenzial in etwa zu gleichen Teilen aus land- und

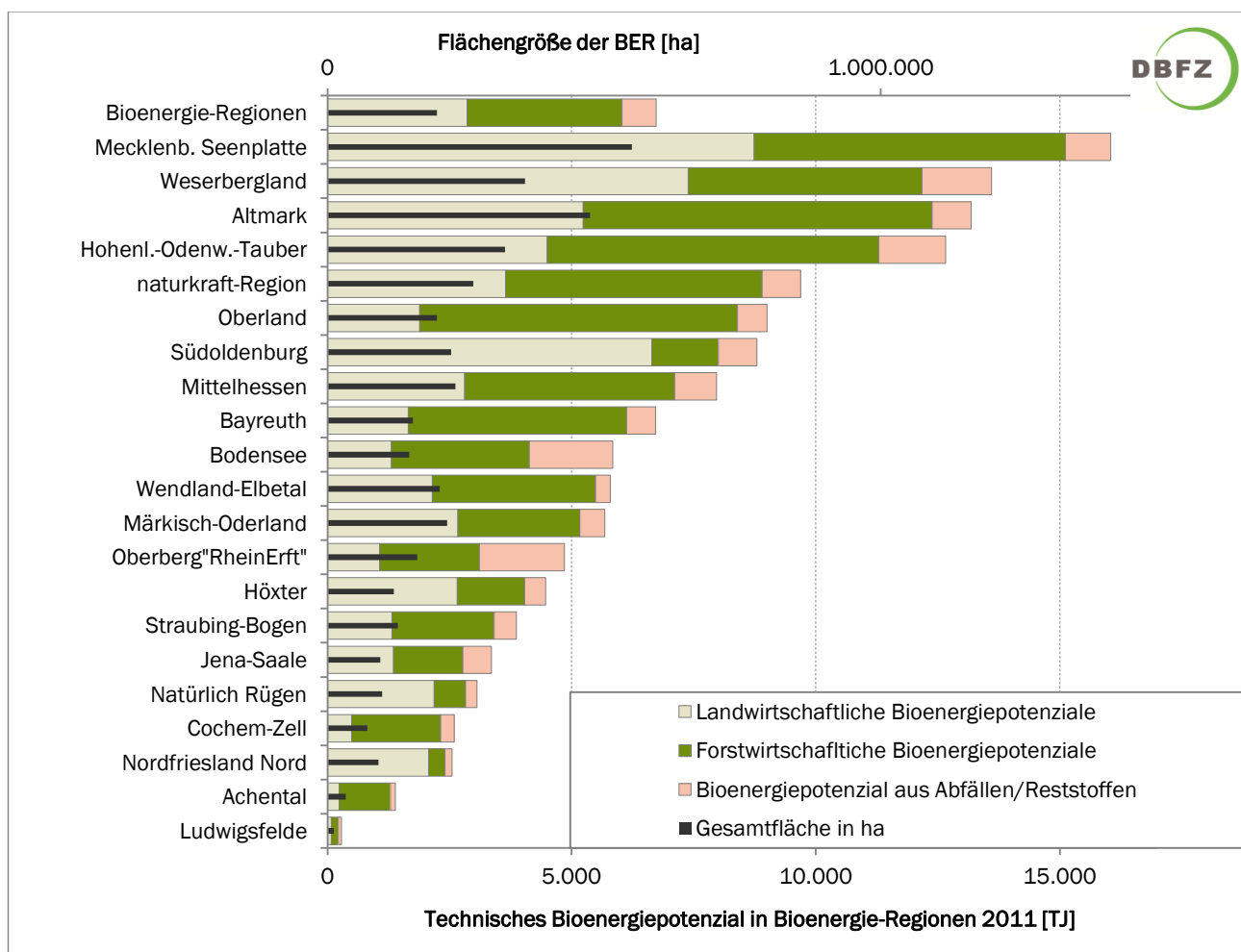


Abbildung 8: Technische Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen sowie Flächengrößen der Regionen. Bezugsjahr 2011. Eigene Darstellung DBFZ

forstwirtschaftlichen Biomassen (je 45 %) und 10 % aus Abfällen/Reststoffen zusammen. Entsprechend der regionalen Ausstattung an Waldfläche bzw. landwirtschaftlicher Nutzfläche sowie weiterer Rahmenbedingungen, ergeben sich in jeder Region andere Verhältnisse zwischen den einzelnen Biomassefraktionen.

Deutlich wird dies zum Beispiel in den walddreichen Regionen Bayreuth, Oberland oder Cochem Zell mit einem im Vergleich zum Durchschnitt deutlich höheren Potenzialanteil aus forstwirtschaftlichen Biomassen. Im Gegensatz dazu speist sich das Gesamtpotenzial in den landwirtschaftlich geprägten Regionen Nordfriesland oder Süddoldenburg zum Großteil aus landwirtschaftlichen Biomassen. Regionen, die eine hohe Einwohnerzahl aufweisen, wie etwa Oberberg-Rhein-Erft oder Hohenlohe-Odenwald-Tauber haben darüber hinaus einen überdurchschnittlich hohen Anteil Reststoffpotenzial am Gesamtpotenzial. Neben den hier beispielhaft aufgeführten Zusammenhängen, beeinflussen zahlreiche weitere regionale Eigenheiten die Höhe und die Zusammensetzung der regionalen Bioenergiepotenziale. Hierzu zählen unter anderem die Ausdehnung von Naturschutzgebieten, landwirtschaftliche Erträge oder das Existieren von Bioabfallsammlungen in den untersuchten Kommunen oder Landkreisen.

Um die Regionen miteinander vergleichen zu können, dient die regionale Gesamtfläche als Bezugswert für das jeweilige Gesamtpotenzial. Dieses spezifische Bioenergiepotenzial variiert zwischen 26 bis 46 GJ pro ha und liegt im Mittel bei 35 GJ/ha (siehe Abbildung 9). Jeweils zehn Regionen liegen unter bzw. über diesem mittleren spezifischen Potenzial. Die Potenziale sind demzufolge recht gleichmäßig gestreut. Deutlich wird jedoch erneut, dass die Zusammensetzung der einzelnen Biomassefraktionen stark von den regionalen Ausgangsbedingungen bestimmt wird (vgl. Kapitel 2.3).

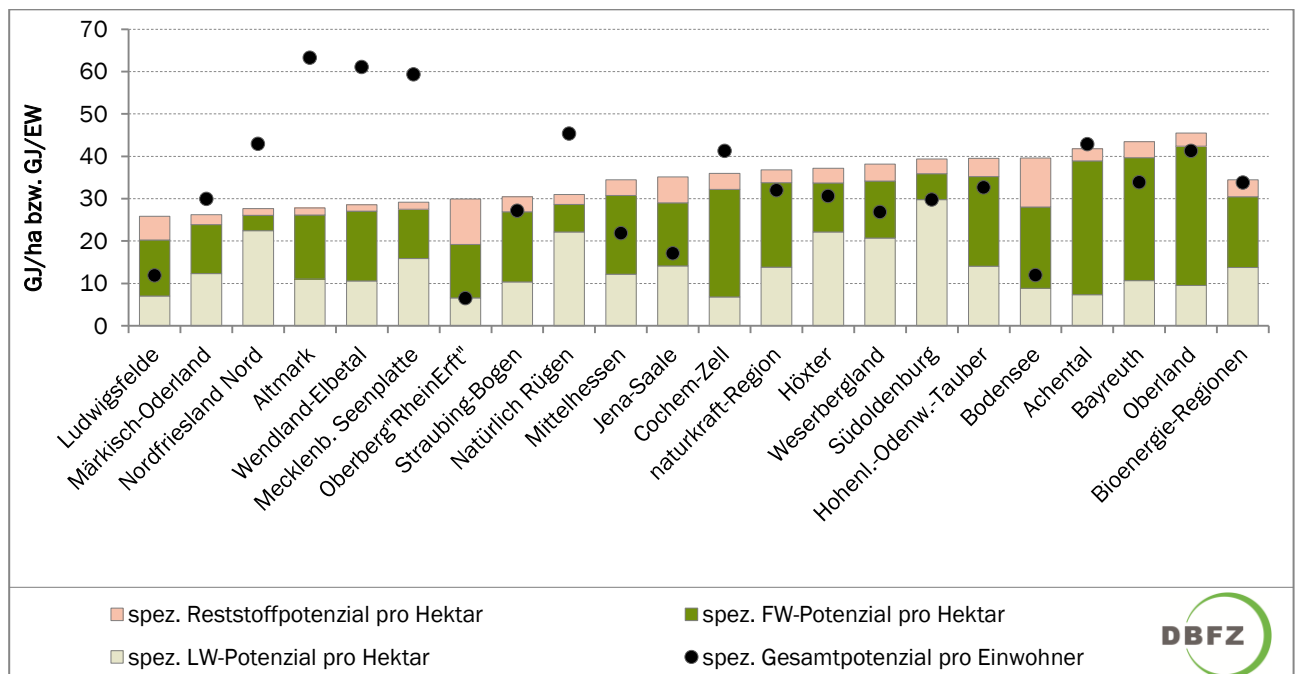


Abbildung 9: Spezifische technische Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen. Datenbasis: Bezugsjahr 2010, regionale Gesamtflächengröße; regionale Einwohnerzahlen

Eine weitere Möglichkeit, die regionalen Bioenergiepotenziale ins Verhältnis zu setzen, besteht durch das Heranziehen der Einwohnerzahl je Region. Da Gesamtpotenzial und Einwohnerzahl nicht miteinander

der korrelieren, wird hier auf eine gesonderte Abbildung verzichtet. Vielmehr enthält Abbildung 9 auch das jeweilige spezifische Gesamtpotenzial pro Einwohner zur zusätzlichen Einordnung der Potenzialhöhe. Verstädterte Regionen (z.B. Ludwigsfelde, Oberberg-RheinErft) weisen hierbei das niedrigste spezifische Potenzial auf.

Die Höhe des technischen Potenzials kann zur besseren Veranschaulichung auf den Strombedarf der Haushalte in der jeweiligen Region bezogen werden. Unter Annahme eines Strombedarfs von 2.500 Kilowattstunden pro Haushalt und einer Biomassekonversion mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 37 % (z.B. Holzvergaser-BHKW / Biogas-BHKW) ergibt sich die potenzielle Versorgung des regionalen Haushaltsstrombedarfs. Die Region Mecklenburgische Seenplatte könnte demnach durch Verwertung ihrer technischen Biomassepotenziale potenziell über 650.000 Haushalte mit Strom versorgen. Im Mittel aller Bioenergie-Regionen liegt dieser Wert bei ca. 275.000 Haushalten.

Für die Gegenüberstellung der potenziellen Eigenversorgung mit Bioenergie dient die spezifische potenzielle Deckung des Strombedarfs privater Haushalte in den Regionen (siehe Abbildung 10). Nahezu alle Regionen könnten mindestens 100 % ihres Haushaltsstrombedarfs über die Verwertung der technischen Bioenergiepotenziale decken. Allein Oberberg-RheinErft könnte aufgrund der hohen absoluten Bevölkerungszahl nur etwa 60 % der Haushalte versorgen. Sechzehn Regionen könnten hingegen sogar mehr als das Zweifache ihrer Bevölkerung mit Strom versorgen. Zwischen der potenziellen anteiligen Deckung des Haushaltsstrombedarf und der Bevölkerungsdichte besteht dabei ein direkter Zusammenhang. Das heißt, je höher die Bevölkerungsdichte ist, umso niedriger fällt die potenzielle Energieversorgung mit Bioenergie aus.

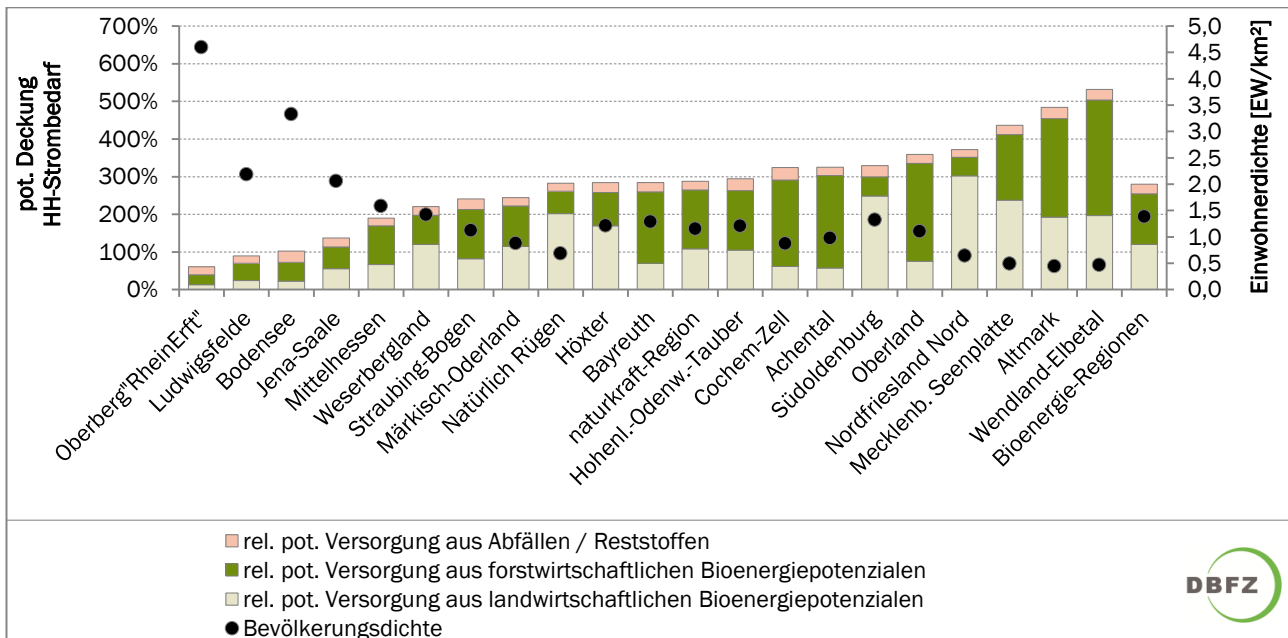


Abbildung 10: Potenzielle anteilige Deckung des Haushaltsstrombedarfs in Bioenergie-Regionen. Datengrundlagen: Bezugsjahr: 2011, Strombedarf pro Haushalt (HH): 2.500 kWh, elektrischer Umwandlungswirkungsgrad: 37 %. Eigene Darstellung DBFZ

3.1.2.2 Zusammensetzung der Bioenergiepotenziale

Die folgende Abbildung 11 zeigt die durchschnittliche Zusammensetzung der Biomassepotenziale unterteilt in die betrachteten Fraktionen. Dies ist für alle Bioenergie-Regionen als Durchschnitt übergeordnet dargestellt und kann wie bereits erwähnt, in den einzelnen Regionen abweichend ausfallen. Die Abbildung 8 erlaubt hierfür eine ergänzende Orientierung.

Vom technischen Gesamtpotenzial nimmt das forstwirtschaftliche Bioenergiepotenzial mit im Durchschnitt 47 % den größten Stellenwert ein. Hierunter zählen das Holz aus Einschlag sowie der ungenutzte Zuwachs. Die holzartige Biomasse, welche beim Holzeinschlag als Reststoff anfällt bzw. als Energieholz geerntet wird, macht hierbei den überwiegenden Anteil aus und umfasst etwa ein Drittel des Gesamtpotenzials.

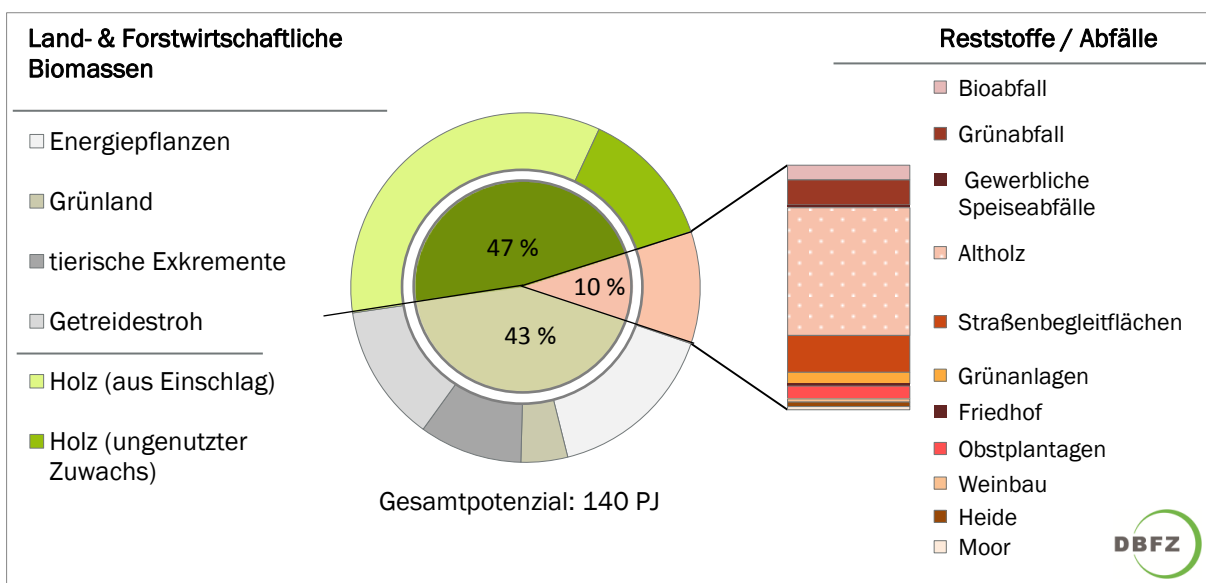


Abbildung 11: Durchschnittliche Zusammensetzung technischer Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlage: Biogas- und Brennstoffpotenziale aus 21 Regionen, Bezugsjahr: 2011.

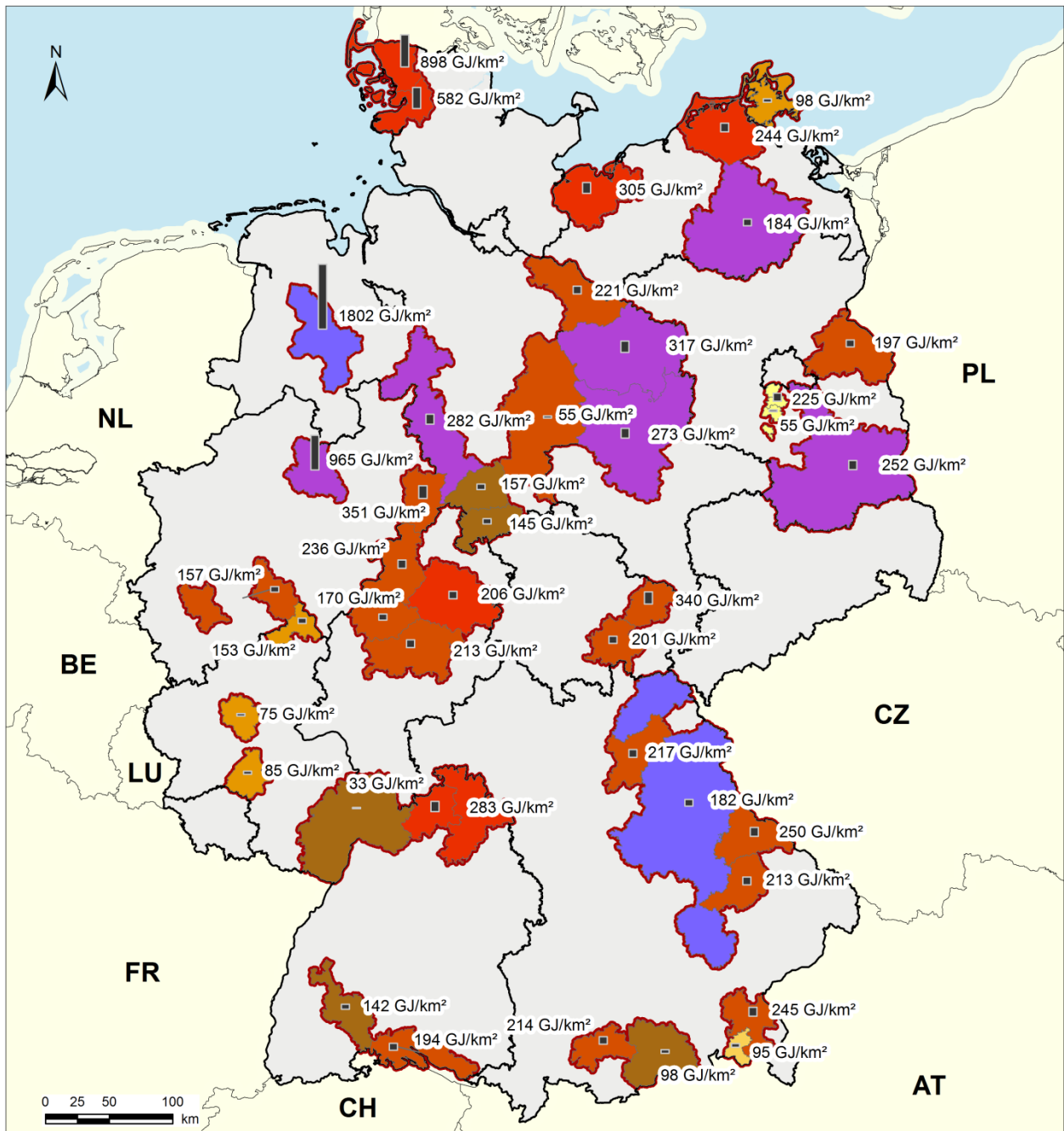
Mit 43 % fällt im Mittel das landwirtschaftliche Bioenergiepotenzial auf nahezu gleichem Niveau aus, wie das forstwirtschaftliche Potenzial. Die Biomassefraktionen aus der Landwirtschaft sind jedoch vielfältiger zusammengesetzt. Als Reststoffe zählen hierunter die tierischen Exkremamente und das Getreidestroh, welche knapp über die Hälfte des Bioenergiepotenzials aus der Landwirtschaft ausmachen. Als Anbaubiomasse zählen hingegen Grünland und Energiepflanzen, welche gezielt für die energetische Nutzung geerntet werden. Hierbei hat Grünland eine geringere Bedeutung.

Die übrigen 10 % des technischen Gesamtpotenzials entfallen auf Abfälle und Reststoffe, die bei sonstigen Landnutzungen anfallen oder direkt auf die Bevölkerungszahl zurückzuführen sind. Letztere sind Bio- und Grünabfall sowie gewerbliche Speiseabfälle und Altholz. Unter „sonstige Landnutzungen“ fallen Biomassen aus der Straßenunterhaltung sowie von weiteren Flächen menschlicher Nutzungen (Grünanlagen, Weinbau etc.) oder der Landschaftspflege (Heide, Moor).

Unter allen Reststoffen / Abfällen macht das Altholzaufkommen den höchsten Anteil aus. Daneben fällt Straßenbegleitgrün oder auch kommunaler bzw. privater Grünabfall ins Gewicht. Weiteren Biomassen, wie Bioabfall und Grünschnitt aus Grünanlagen oder aus der Landschaftspflege, kommt nur eine geringere Bedeutung zu.

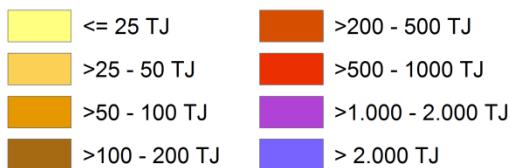
Die regionale Verteilung der technischen Bioenergiepotenziale ist exemplarisch an den beiden Beispielen „tierische Exkrememente“ und „Bioabfall“ anhand Karte 2 und Karte 3 dargestellt. Diese beiden Karten enthalten die Ergebnisse sowohl für die Bioenergie-Region als auch für ihre Partnerregionen. Der Anfall von Gülle und Mist ist unmittelbar an den Tierbesatz gekoppelt. Regionen mit einer hohen Viehdichte weisen somit ein entsprechend umfangreiches Bioenergiepotenzial in diesem Bereich auf. Das Aufkommen von Bioabfällen hängt wiederum unmittelbar mit der Bevölkerungsanzahl sowie einem entsprechenden Sammelsystem zusammen. Regionen mit hoher Bevölkerungsdichte weisen dementsprechend auch das höchste spezifische Bioabfallpotenzial auf.

Die beiden Karten machen deutlich, dass das technische Bioenergiepotenzial aus Exkrementen mehr als zehnmals so hoch ist wie das aus Bioabfällen. Diese Ergebnisse werden dabei am stärksten vom statistischen Abfallaufkommen der Einwohnerzahl auf kommunaler Ebene einerseits und von den Tierzahlen andererseits beeinflusst. Beide Biomassen sind dabei Beispiele für regionale Ressourcen, welche bereits in regionalen Stoffströmen eingebettet und genutzt sein können. Nach Brosowski u. a. (2015) sind dabei Siedlungsabfälle aufgrund der in Deutschland geltenden Entsorgungs- und Verwertungspflicht bereits weitestgehend in einer stofflichen bzw. energetischen Nutzung. 2011 wurde deutschlandweit jedoch hingegen nur 1 % des Bioabfalls einer energetischen Nutzungskaskade zugeführt, bevor sie zu Kompost verarbeitet, und somit stofflich genutzt wurden (ebd.). Auf Seiten der tierischen Exkrememente besteht sogar ein noch höheres Potenzial, da 2013 nur etwa 34 % dieser Exkrememente in Biogasanlagen Verwendung fanden, bevor sie in Form von Wirtschaftsdüngern stofflich ausgebracht wurden. Mit den vorgelegten technischen Bioenergiepotenzialen der Bioenergie-Regionen ist es nun möglich, die technischen Potenziale verschiedenster Biomassen auf regionaler Ebene greifbar zu machen und der tatsächlichen Nutzung gegenüberzustellen.

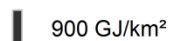


Karte 2 Technisches Biogaspotenzial aus tierischen Exkrementen in Bioenergie-Regionen und ihren Partnerregionen

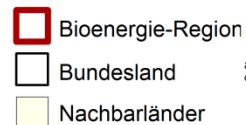
Technisches Gesamtpotenzial pro Region (unter Berücksichtigung von Restriktionen wie Bergungsrate, energetisch nutzbarer Anteil etc.)



Spezifisches Potenzial (GJ pro km² Regionsfläche)



Grenzen



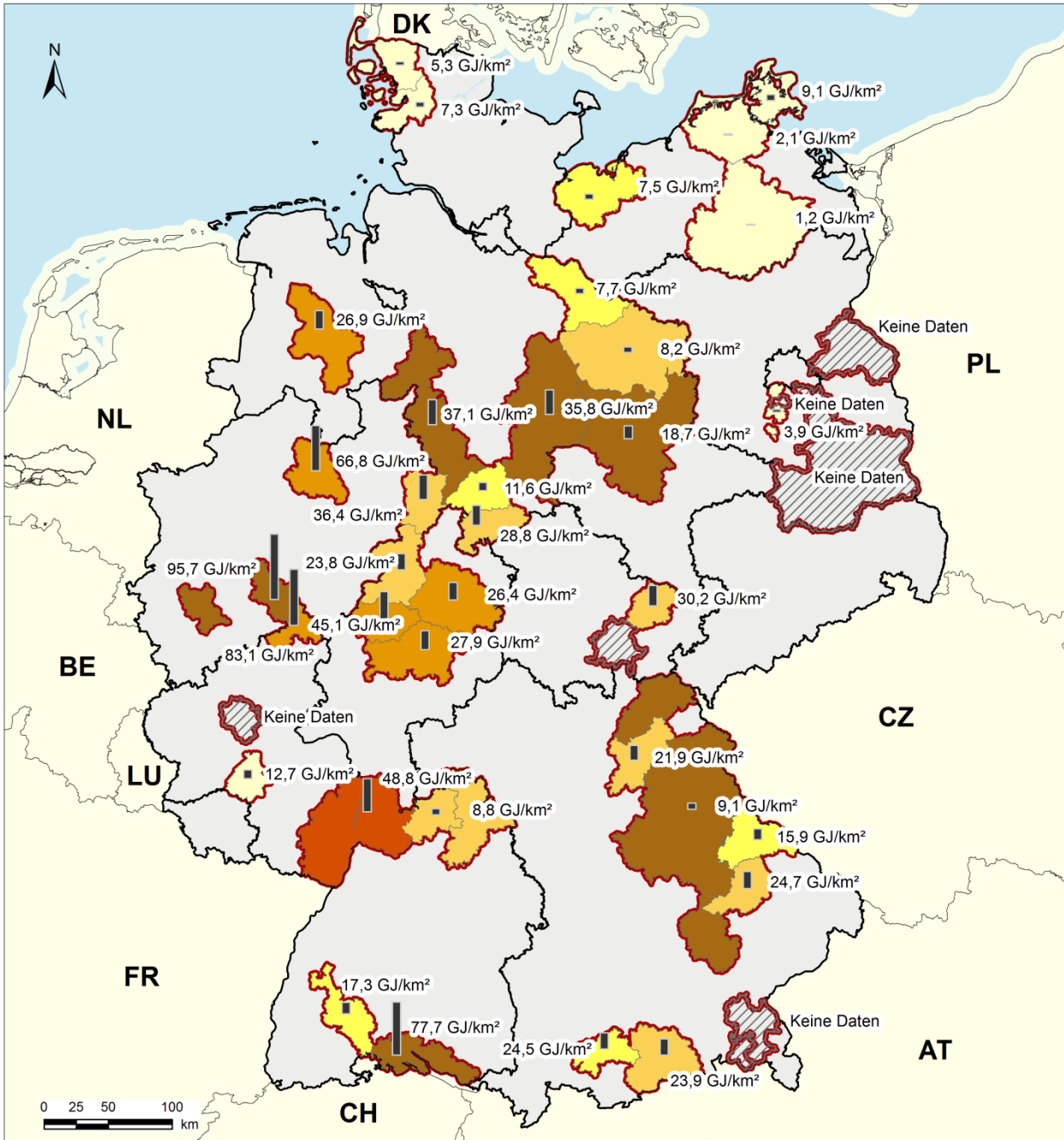
Gefördert durch:



Datengrundlagen:
 DBFZ 2013: Projektergebnisse "Bioenergie-Regionen 2.0"
 Geodaten: BKG 2011: ATKIS BasisDLM 2011 - Waldflächen, Autobahnen, Bundes-/Landes-/Kreisstraßen; BKG 2013: VG-250, GfK 2008: Städtenamen, Seen, Flüsse | Regionsgrenzen nach REK der Regionen



© Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH, 03/2016



Karte 3 Technisches Biogaspotenzial aus Bioabfällen in Bioenergie-Regionen und ihren Partnerregionen



Technisches Gesamtpotenzial pro Region (unter Berücksichtigung von Restriktionen wie Bergungsrate, energetisch nutzbarer Anteil etc.)

Spezifisches Potenzial (GJ pro km² Regionsfläche)

Grenzen

Gefördert durch:

- Keine Daten
- ≤ 10 TJ
- > 10 - 25 TJ
- > 25 - 50 TJ
- > 50 - 100 TJ
- > 100 - 200 TJ
- > 200 TJ

48 GJ/km²

- Bioenergie-Region
- Bundesland
- Nachbarländer

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Datengrundlagen:
DBFZ 2013: Projektergebnisse "Bioenergie-Regionen 2.0"
Geodaten: BKG 2011; ATKIS BasisDLM 2011 - Waldflächen, Autobahnen, Bundes-/Landes-/Kreisstraßen; BKG 2013: VG-250, GfK 2008: Städtenamen, Seen, Flüsse | Regionsgrenzen nach REK der Regionen

© Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH, 03/2016



3.1.3 Die Bedeutung der Biomassepotenziale im regionalen Kontext

Die umfassende Erhebung von technischen Bioenergiepotenzialen konkretisiert die Bandbreite möglicher Einsatzstoffe für Bioenergieanlagen auf regionaler Ebene. Sowohl Abbildung 8, als auch Karte 2 und Karte 3 verdeutlichen dabei die räumlich sehr unterschiedliche Verteilung der technischen Biomassepotenziale (siehe auch Kapitel 2.3). Die in Abbildung 11 gezeigte Zusammensetzung des Gesamtpotenzials verdeutlicht darüber hinaus, dass einzelne Fraktionen eine dominierende Stellung einnehmen. Dies betrifft vor allem das Restholzpotenzial bei der Holzernte sowie Energiepflanzen und Getreidestroh. Angemerkt sei an dieser Stelle, dass für das Basisszenario des Energiepflanzenpotenzials die Anteile der energetischen Nutzung anhand der für Deutschland gemittelten Werte je Feldfrucht berechnet wurden. Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2013 ca. 17,5 % der Gesamtackerfläche mit Feldfrüchten bewirtschaftet, die abschließend energetisch genutzt wurden (FNR 2013). In Bioenergie-Regionen wurde mit dem Basis-Szenario für das Jahr 2013 ein Flächenanteil von 15,3 % angenommen.

Zwar macht die Gruppe der Rest- und Abfallstoffe in Summe etwa 10% des Gesamtpotenzials aus. Dies setzt sich jedoch aus Biomassen mit teils unterschiedlichsten Eigenschaften und Verwertungswegen zusammen. So kommen beispielsweise die typischen kommunalen Biomassen aus Bio- und Grünabfall sowie von Grünanlagen auf nur jeweils ein Prozent des Gesamtpotenzials. Diese Rohstoffe sind außerdem besonders heterogen zusammengesetzt und fallen i.d.R. kleinteilig oder in kleinen Mengen an.

Zur verständlichen Visualisierung der Potenzialhöhe, wurden die Ergebnisse umgerechnet und als Anzahl der mit Strom zu versorgenden Haushalte dargestellt. Dabei wird deutlich, dass eine Nutzung des regionalen Gesamtpotenzials aus den analysierten Biomassen prinzipiell weit mehr, als nur den Haushaltsstrombedarf decken könnte (im Mittel 280 % der Haushalte). Stellt man stattdessen den Gesamtstromverbrauch der Region gegenüber, so erreicht die potenzielle Deckung noch knapp die Hälfte des regionalen Stromverbrauchs. Dieses exemplarische Rechenbeispiel verdeutlicht somit die Begrenztheit der Biomasseaufkommens für die Versorgung des regionalen Energiebedarfs.

Die Eigenschaften der halmgutartigen, holzigen oder pumpfähigen Biomassen bedingen darüber hinaus die jeweils möglichen Verwertungswege. Bei der Interpretation der technischen Bioenergiepotenziale ist stets zu berücksichtigen, dass für die Energiebereitstellung letztendlich eine große Bandbreite an Konversionsanlagen in Frage kommt und hierfür auch nur ein Teil des technischen Bioenergiepotenzials wirtschaftlich erschließbar ist. Die vorliegenden Daten bieten somit für weiterführende Detailanalysen auf regionaler Ebene eine orientierende Basis. Die mit den Regionen eng abgestimmte Vorgehensweise sowie die angepassten Datenprodukte sichern hierfür eine praxisnahe Ergebnisdarstellung und liefern Möglichkeiten zu weiterführenden Analysen durch die Akteure vor Ort.

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse geben damit auf lokaler beziehungsweise regionaler Ebene einen guten Überblick zum Anfall und der Zusammensetzung einer großen Bandbreite an Biomassefraktionen. Die Analyse quantifiziert die angesprochene Heterogenität des Biomasseanfalls und erlaubt somit angepasste Nutzungsstrategien in den Regionen zu entwickeln. Dies kann in der Folge zur Beurteilung der Nachhaltigkeit bestehender Nutzungspfade dienen. Mit Daten zur tatsächlichen Nutzung dieser Biomassen können diese Potenziale schließlich ins Verhältnis gesetzt werden. Somit ist eine Einschätzung der tatsächlich noch verfügbaren, ungenutzten Potenziale möglich. Voraussetzung hierfür sind Daten zum Anlagenbestand und Kenntnisse der einzelnen Stoffströme in den Bioenergie-Regionen.

Liegen sowohl Daten zu Biomassepotenzialen als auch zum aktuellen Nutzungsstand vor, können darüber hinaus bestehende Stoffströme optimiert und ungenutzte Biomassen gegebenenfalls höherwertig verwertet werden.

Das folgende Kapitel führt die Entwicklung der Nutzung von Bioenergie über die Förderlaufzeit zusammen, bevor in Kapitel 3.3 schließlich die Gegenüberstellung der technischen Bioenergiepotenziale mit dem aktuellen Nutzungsstand erfolgt.

3.2 Bioenergieentwicklung

Im nachfolgenden Kapitel werden die wesentlichen methodischen und inhaltlichen Erkenntnisse zur Darstellung der Bioenergieentwicklung in den Bioenergie-Regionen dargestellt. Dies basiert im Wesentlichen auf Daten des Indikatortools zur Darstellung der regionalen Bioenergieentwicklung. Im Rahmen dieses Berichtes werden nur ausgewählte Ergebnisse dargestellt, tieferführende Ausführungen können den gesonderten Auswertungen der Indikatortool-daten für die Jahre 2011 und 2012 entnommen werden, die den Regionen sowie dem Fördermittelgeber zur Verfügung gestellt wurden.

3.2.1 Herausforderung: regionale Datenerhebung

Die Darstellung der Bioenergiesituation und -entwicklung beschäftigte die Bioenergie-Regionen bereits bei der Antragsstellung zur Fördermaßnahme in der ersten Förderperiode. Manche Projektregionen konnten auf langjährige eigene Datenbestände zurückgreifen, andere beauftragten externe Auftragnehmer damit, Biomassepotenziale zu erheben und den Anlagenpark zu charakterisieren. Ein weiterer Ansatzpunkt war das Heranziehen übergeordneter Statistikportale.

Die Fortschreibung der Daten zur Bioenergieentwicklung und damit auch eine Evaluierung der regionalen Tätigkeiten stellte auch für die Begleitforschung bereits in der ersten Förderphase einen wichtigen Arbeitsschwerpunkt dar. Hierbei ging es nicht nur um die Frage, was in den Regionen hinsichtlich des Anlagenbestandes passiert, sondern auch wie man die Entwicklung der Bioenergienutzung messen und zugleich auch ökonomische und organisatorische Faktoren berücksichtigen kann. Diese Frage bewegte sich stets in einem Spannungsfeld zwischen den Anforderungen und Möglichkeiten zur Datenbeschaffung in den Regionen und einem übergeordneten wissenschaftlichen Erkenntnisinteresse. In der ersten Förderphase wurden durch die technisch-ökonomische Begleitforschung in drei Jahren umfangreiche Stoffstromerhebungen auf Ebene der Bioenergieanlagen durchgeführt. Diese Primärdatenerhebungen gestalteten sich sehr aufwendig. Da sich die Erhebung auf Anlagen aus dem Akteursnetzwerk der jeweiligen Regionalmanagements und nicht den gesamten Anlagenpark bezog, konnten die erhobenen Daten teilweise nur unzureichend auf die sehr unterschiedlich strukturierten Regionszuschnitte hochgerechnet werden. Zudem stellte sich im Erhebungsverlauf eine deutliche Befragungsmüdigkeit bei den Teilnehmenden ein. Trotz aller Schwierigkeiten, hat sich gezeigt, dass eine solche Erhebung auf Einzelanlagenebene qualitativ sehr hochwertige Datensätze liefert, die für die Berechnung von regionsspezifischen Stoff- und Energieströmen unerlässlich sind. Neben diesen sehr umfangreichen Stoffstromerhebungen, erfolgte zudem die Erarbeitung von regional zu erhebenden Indikatoren, welche die

Bioenergieentwicklung in den Regionen widerspiegeln. Hierdurch konnten auch Synergieeffekte mit den parallel stattfindenden Datenfortschreibungen der Regionalmanagements genutzt werden. Zum Ende der ersten Förderperiode wurde das so entwickelte Indikatortool in Form einer online verfügbaren Datenbank mit Eingabe- und Ausgabeformularen zur Verfügung gestellt. Die Datenerfassung erfolgte daraufhin in der zweiten Förderphase durch die Regionalmanagements unter Zuhilfenahme des Tools auf der Ebene des aggregierten regionalen Anlagenparks selbst. Zudem konnten die regionalen Akteure jederzeit selbst Auswertungen ihrer Datensätze durchführen. Das DBFZ wertete diese Daten jährlich für alle Regionen aus. Durch einheitliche Definitionen und Indikatoren können so Vergleiche hinsichtlich der regionalen Bioenergieentwicklung gezogen werden.

3.2.2 Konzept und Nutzung des Indikatortools

Das Indikatortool ist im Wesentlichen in zwei Ebenen gegliedert. Zum einen sind regionale Bezugswerte, welche für eine Spezifizierung der Bioenergie-Indikatoren herangezogen werden, anzugeben. Zum anderen werden Indikatoren erfasst, die eine Abbildung der regionalen Bioenergiesituation ermöglichen. Diese Indikatoren sind drei Kategorien sowie diversen Unterkategorien zugeordnet. Der schematische Aufbau des Indikatortools ist in Abbildung 12 dargestellt.

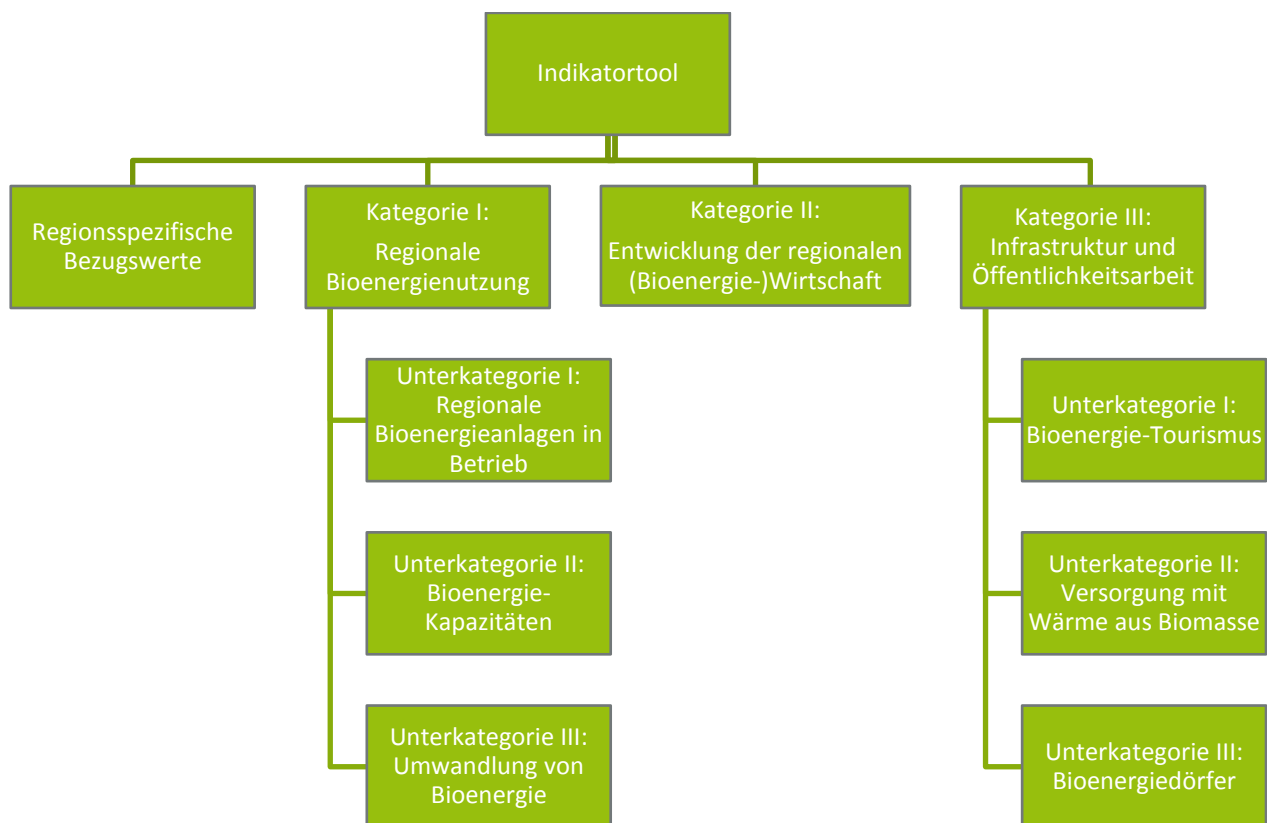


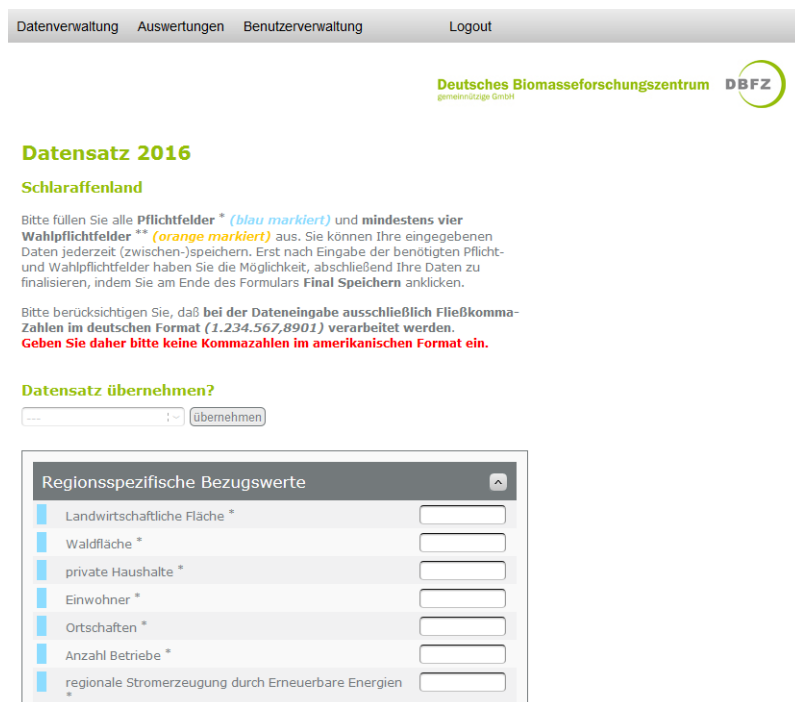
Abbildung 12: Schematischer Aufbau des Indikatortools Bioenergie-Regionen.

Insgesamt wurden 50 Indikatoren definiert, über welche die regionale Bioenergieentwicklung beschrieben werden kann. Hierbei wurden nicht nur „harte Fakten“ wie die regionale Bioenergienutzung oder die Entwicklung der regionalen (Bioenergie-)Wirtschaft betrachtet, sondern auch auf „weiche Faktoren“ wie Infrastruktur und Öffentlichkeitsarbeit eingegangen. Um eine Vergleichbarkeit der Regionen unter-

einander zu gewährleisten, sind zudem neun regionsspezifische Bezugswerte (Angaben zu Flächen, Einwohner etc.) anzugeben.

Um den Aufwand der Datenerhebung für die einzelnen Regionen einzuschränken und dennoch eine Auswertung der Indikatoren zu ermöglichen, wurden die einzelnen Indikatoren in 14 Pflicht-, 11 Wahlpflicht- und 16 freiwillige Indikatoren unterteilt. Dabei ist die Eingabe aller Pflichtindikatoren sowie von vier Wahlpflichtindikatoren⁵ notwendig. Die Ermittlung der verbleibenden sieben Wahlpflichtindikatoren und der freiwilligen Indikatoren ist den Regionen freigestellt.

Das dem Tool zugrunde liegende Indikatorensystem wurde zunächst auf Excel-Basis entwickelt und in vier Regionen getestet. Anschließend wurde es in eine webbasierte Anwendung überführt, zu der jede Region einen individuellen Zugang erhielt (beispielhafte Abbildung aus dem Tool siehe Abbildung 13).



Datenverwaltung Auswertungen Benutzerverwaltung Logout

Deutsches Biomasseforschungszentrum **DBFZ**
gemeinnützige GmbH

Datensatz 2016

Scharaffeland

Bitte füllen Sie alle **Pflichtfelder** * (blau markiert) und **mindestens vier Wahlpflichtfelder** ** (orange markiert) aus. Sie können Ihre eingegebenen Daten jederzeit (zwischen-)speichern. Erst nach Eingabe der benötigten Pflicht- und Wahlpflichtfelder haben Sie die Möglichkeit, abschließend Ihre Daten zu finalisieren, indem Sie am Ende des Formulars **Final Speichern** anklicken.

Bitte berücksichtigen Sie, daß bei der Dateneingabe ausschließlich Fließkommazahlen im deutschen Format (1.234.567,8901) verarbeitet werden.
Geben Sie daher bitte keine Kommazahlen im amerikanischen Format ein.

Datensatz übernehmen?

--- :--> übernehmen

Regionsspezifische Bezugswerte	
Landwirtschaftliche Fläche *	<input type="text"/>
Waldfläche *	<input type="text"/>
private Haushalte *	<input type="text"/>
Einwohner *	<input type="text"/>
Ortschaften *	<input type="text"/>
Anzahl Betriebe *	<input type="text"/>
regionale Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien *	<input type="text"/>

Abbildung 13: Screenshot der Dateneingabemaske des Indikatortools Bioenergie-Regionen

Nach zeitlichen Verzögerungen durch die Überarbeitung des Tools wurde dieses im Juli 2014 offiziell freigeschaltet. Die Indikatoren wurden dann durch die Regionalmanagements im Zuge der jährlichen Berichtspflichten ermittelt und in die Web-Anwendung eingepflegt (Bioenergie-Regionen verpflichtend; Zwillingsregionen freiwillig). Im Rahmen der regionalen Berichtslegung im Juni 2013 wurde zunächst mit einem Datensatz für das Jahr 2011 begonnen. Im Jahr 2014 pflegten die Regionalmanagements

⁵ Dabei können die Regionen unter den insgesamt 11 Wahlpflichtindikatoren auswählen. Diese 11 Wahlpflichtindikatoren sind über (fast) alle Unterkategorien verteilt, so dass je nach regionaler Schwerpunktsetzung bzw. Datenverfügbarkeit jede Region wählen kann welche vier Indikatoren sie angeben möchte.

dann einen Datensatz für 2012 und entsprechend im Jahr 2015 für das Bezugsjahr 2013 ein. Darüber hinaus wurden die Regionen gebeten, weitere Datensätze für die Jahre 2008-2010 anzulegen.

Nach der Dateneingabe seitens der Regionalmanagements erfolgte eine Plausibilitätskontrolle der Daten durch das DBFZ. Hierbei konnten zahlreiche fehlerhafte Daten identifiziert werden. Für den Datensatz 2012 betraf dies zum Beispiel allein 102 Rückfragen, verteilt über alle Regionen. Die Anzahl der nachzufragenden Daten schwankte von einem bis zehn unplausiblen Werten je Region. Nicht alle erwiesen sich als fehlerhaft. Oftmals kamen teils erhebliche Schwankungen der Werte im Vergleich zu Vorjahresdaten durch veränderte Datenquellen in den Regionen zu Stande. Eine häufige Fehlerursache waren zudem Verwechslungen bei Maßeinheiten.

Um Fehler zu reduzieren und die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen, wurde den Regionalmanagements bereits vor der ersten Nutzung ein 29-seitiger Benutzerleitfaden zur Verfügung gestellt. Hierin wurde nicht nur die Benutzeroberfläche des Tools erläutert, sondern auch alle Indikatoren mit Hinweisen zur Datenbeschaffung vorgestellt.

Nach der ersten Nutzung durch die Regionalmanagements wurde im Winter 2013/14 eine Nutzerevaluierung durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde das Tool in der ersten Jahreshälfte 2014 technisch und inhaltlich optimiert. Eine zweite Nutzerbefragung fand nach der dritten Dateneingabe im Sommer 2015 statt. Die Ergebnisse sind in Abschnitt 3.2.4 dargestellt.

3.2.3 Entwicklung der Bioenergieerzeugung in den Bioenergie-Regionen

Nachfolgend wird auf die Anzahl der Bioenergieanlagen sowie die in diesen Anlagen installierten Kapazitäten zur Energieerzeugung eingegangen. Dabei werden sowohl absolute Zahlen diskutiert, als auch auf relative Bezüge eingegangen. Letzt genannte Darstellungsweise berücksichtigt etwa die unterschiedlichen Regionsgrößen durch den Bezug auf beispielsweise die landwirtschaftlich genutzte Fläche und ermöglicht so einen besseren Vergleich zwischen den Regionen. Wie bereits erwähnt wurden unterschiedliche Erhebungsmethoden in den einzelnen Regionen angewendet. Diese sind in der folgenden Abbildung 14, Abbildung 16 und Abbildung 18 farblich unterschiedlich dargestellt. Es zeigen sich teils erhebliche Wertsprünge, die nicht auf regionale Entwicklungen, sondern auf die unterschiedlichen Erhebungsmethoden zurück zu führen ist. Da das Indikatortool als das zentrale Instrument zur Darstellung der Bioenergieentwicklung in den Bioenergie-Regionen angelegt war, beschränkt sich die folgende Ergebnisdarstellung auf diese Werte. Dadurch wird auch die Vergleichbarkeit mit den Datenauswertungen für die Jahre 2011 und 2012 gewährleistet. Der Vollständigkeit halber wurden an dieser Stelle jedoch alle verfügbaren Jahresscheiben dargestellt. Die Ordnung der Regionen erfolgte absteigend nach der durchschnittlichen Anzahl an Anlagen.

3.2.3.1 Entwicklung der Anlagenzahl

Insgesamt waren 2013 in allen Bioenergie-Regionen 964 **Biogasanlagen** installiert. Dies entspricht knapp 13 % aller in Deutschland installierten Anlagen. In Abbildung 14 ist die Entwicklung der Anzahl an Biogasanlagen für den Zeitraum 2007 bis 2014 dargestellt. Diese findet sich zudem in Anhang A 3 noch einmal in tabellarischer Form. Die meisten Biogasanlagen waren im Jahr 2013 in Süddoldenburg

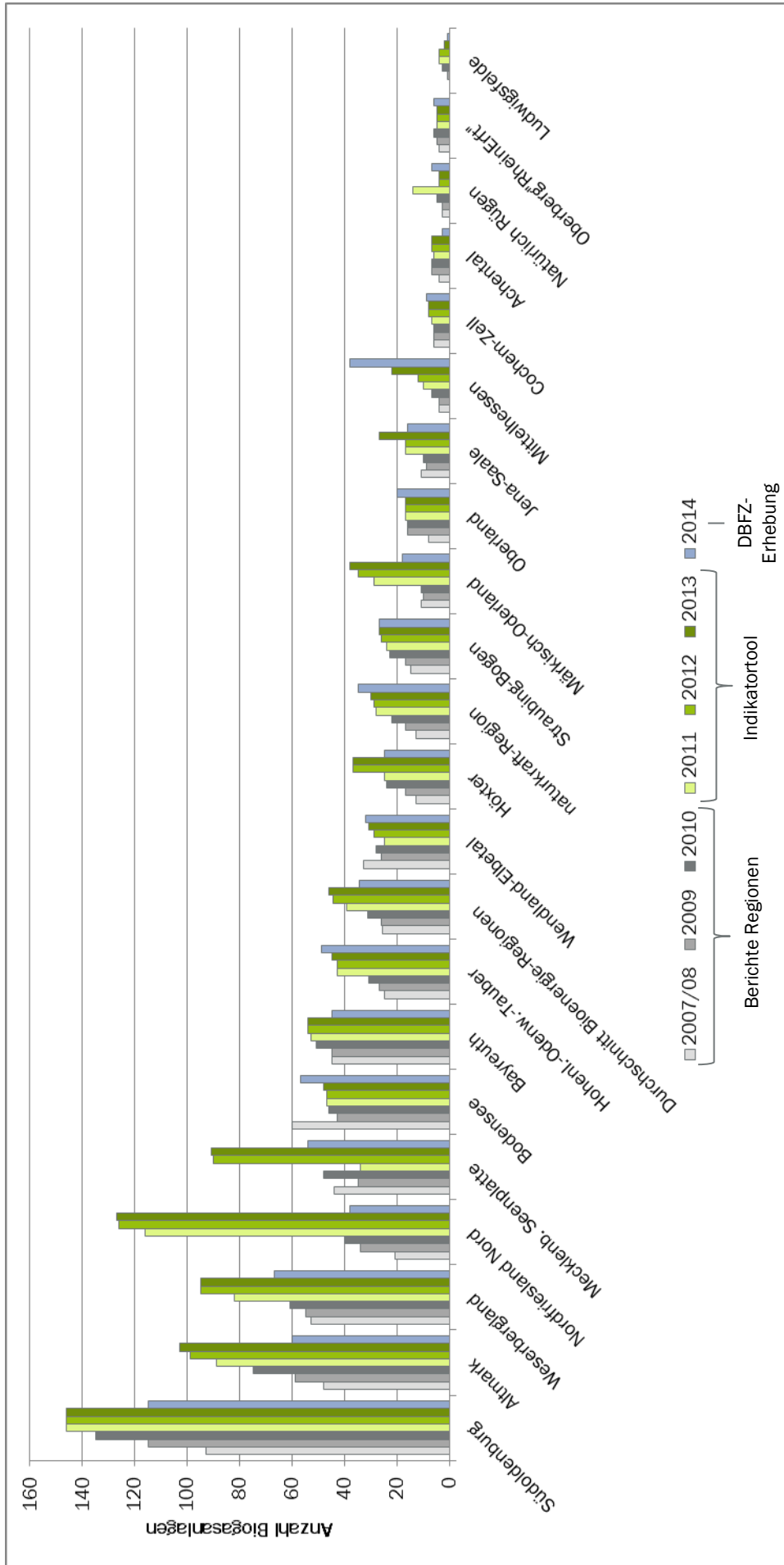


Abbildung 14: Entwicklung der Anzahl an Biogasanlagen in den Bioenergie-Regionen von 2007/08 bis 2014. Eigene Darstellung. Datengrundlage: 2007/08: REK der Bioenergie-Regionen 1. Förderphase; 2009-10: regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen; 2011-13: Indikatortool; 2014: Anlagenbestand Basis DBFZ & HW-Erhebung 2015

(146) und in Nordfriesland Nord (127), am wenigsten in den flächenmäßig relativ kleinen Regionen Ludwigsfelde (2) und auf Rügen (4) installiert. Abgesehen von diesen beiden Regionen konnte die Zahl der installierten Biogasanlagen in allen Bioenergie-Regionen im Zeitraum von 2011-2013 kontinuierlich gesteigert werden, bzw. blieb konstant.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich auch, wenn der spezifische Biogasanlagenbestand betrachtet wird (siehe Abbildung 15). Hier wird auch deutlich, dass die Bioenergie-Regionen in Bezug auf diesen „spezifischen Anlagenbesatz“ in etwa im deutschen Durchschnitt liegen. Waren 2013 in den Bioenergie-Regionen im Durchschnitt 0,040 Biogasanlagen je km² landwirtschaftlicher Fläche installiert, so waren es außerhalb der Projektregionen 0,045. Allerdings gibt es einzelne Regionen wie etwa Südoldenburg oder Nordfriesland Nord, wo der Besatz an Biogasanlagen deutlich höher ist.

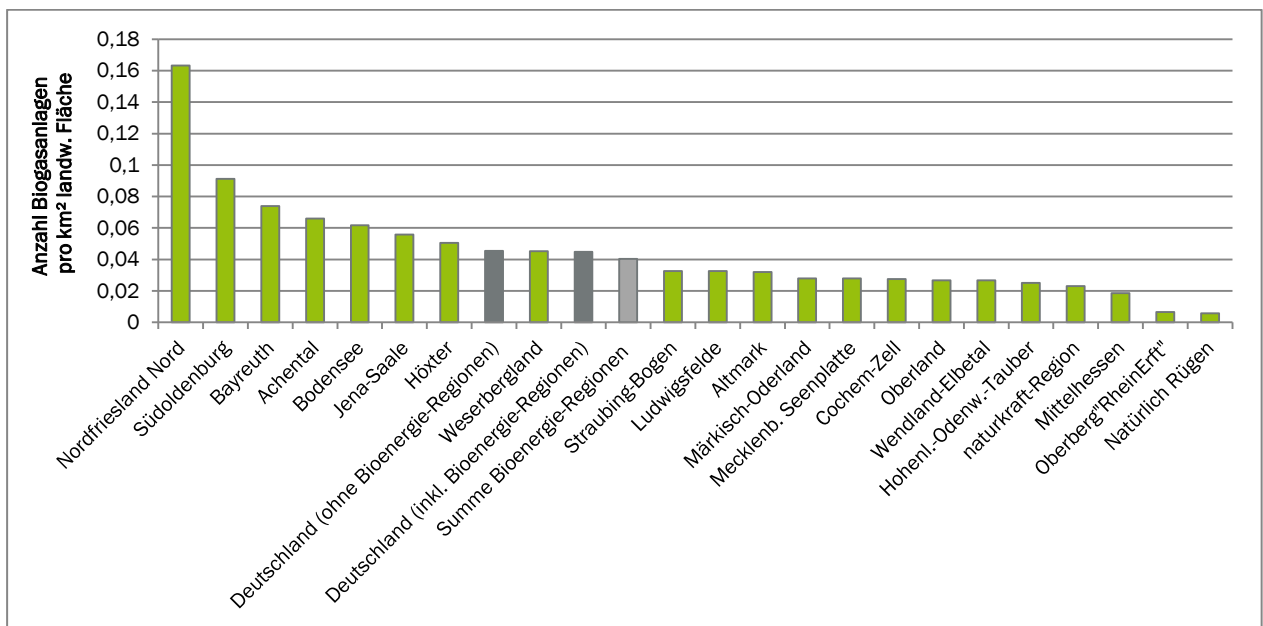


Abbildung 15: Anzahl der Biogasanlagen (2013) pro km² landwirtschaftliche Fläche (2011). Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlagen: Bezugsfläche: Grunddatenerhebung; Anzahl Biogasanlagen: Indikatortool Bioenergie-Regionen.

Der Bestand an **Biomasseheizkraftwerken** in den Bioenergie-Regionen stellt sich differenziert dar: Im Jahr 2013 gab es laut den Angaben im Indikatortool insgesamt 86 Anlagen in den Regionen. Bei Deutschlandweit 268 installierten Anlagen wäre das ein Anteil von 32 %. Dies erscheint jedoch als zu hoch und lässt die Vermutung zu, dass der Anlagenbegriff in den Regionen weiterhin unterschiedlich interpretiert wird. Laut den Angaben der Regionalmanagements waren die meisten Biomasseheizkraftwerke in Südoldenburg (19), Höxter (12) und Hohenlohe-Odenwald-Tauber (11) installiert. Demgegenüber gibt es sieben Regionen mit jeweils einer und fünf Regionen mit keiner Anlage (siehe Abbildung 16). Der Bestand dieser, meistens sehr leistungsstarken, Anlagen blieb über die Jahre relativ konstant. Lediglich in Nordfriesland nahm die Anzahl von einer Anlage im Jahr 2012 auf sechs im darauf folgenden sprunghaft zu. Auch für diesen Anlagentyp findet sich eine vollständige Übersicht zu Anlagenzahl und -leistung in Anhang A 5.

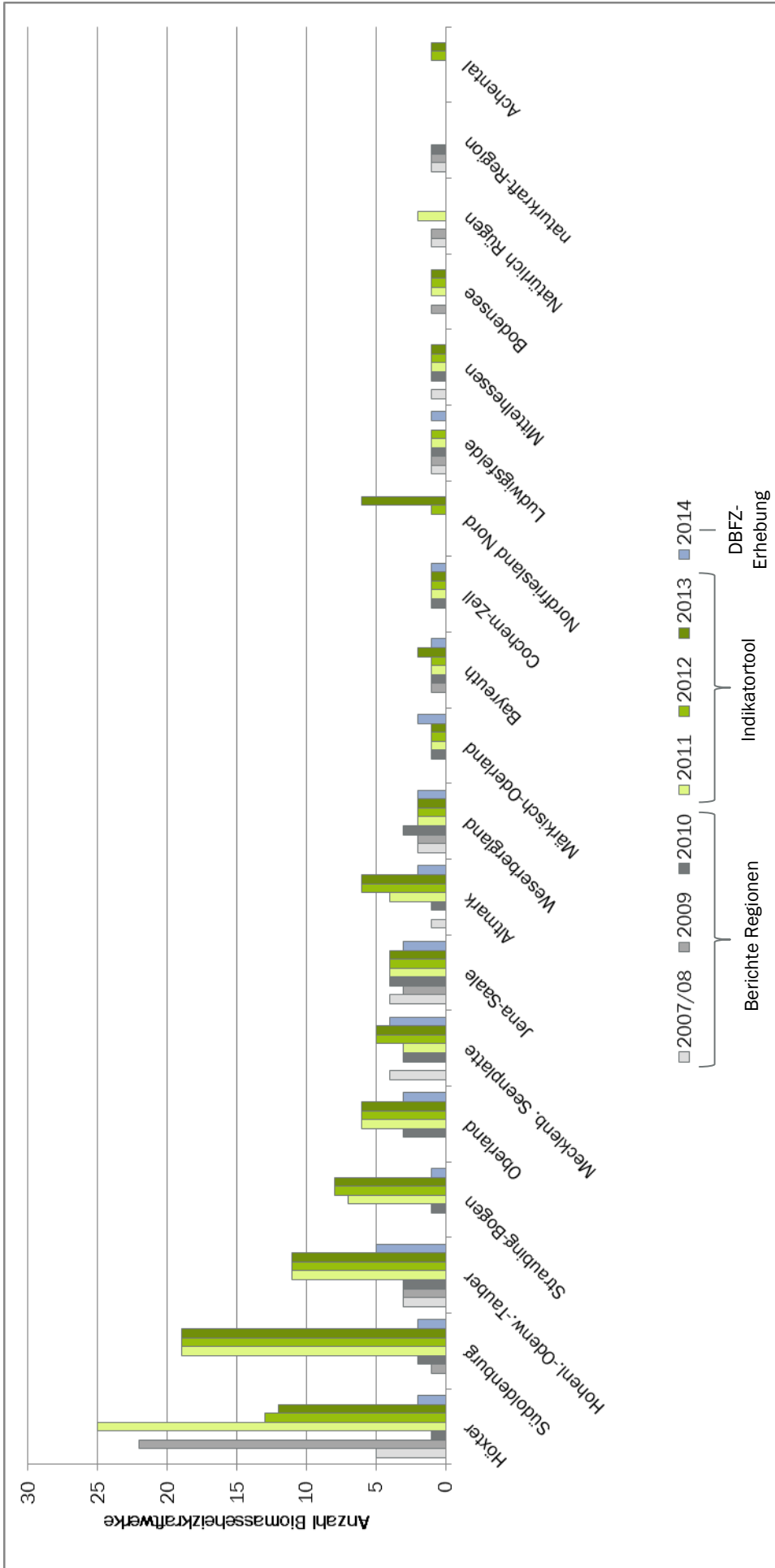


Abbildung 16: Entwicklung der Anzahl an Biomasseheizkraftwerken in den Bioenergie-Regionen von 2007/08 bis 2014. Eigene Darstellung. Datengrundlage: 2007/08: REK der Bioenergie-Regionen 1. Förderphase; 2009-10: regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen; 2011-13: Indikatortool; 2014: Anlagenbestand Basis DBFZ & HW-Erhebung 2015

Die in Abbildung 17 dargestellten spezifischen Werte des Biomasseheizkraftwerkebestandes verdeutlichen das differenzierte Bild des Anlagenparks in den Bioenergie-Regionen: In den Regionen Nordfriesland Nord und Südoldenburg gibt es bezogen auf die forstwirtschaftliche Fläche die meisten Heizkraftwerke. Anzumerken ist jedoch, dass diese beiden Regionen auch über einen, im Vergleich zu den anderen Regionen, sehr geringen Anteil an forstwirtschaftlicher Fläche verfügen, wodurch wenige Anlagen bereits stark ins Gewicht fallen können (siehe Kapitel 2.3). Im Durchschnitt liegen die Bioenergie-Regionen bei dieser spezifischen Betrachtung mit 0,006 Heizkraftwerken je km² forstwirtschaftlicher Fläche über dem Durchschnitt der übrigen Landesfläche (0,002 Heizkraftwerke je km² landwirtschaftliche Fläche).

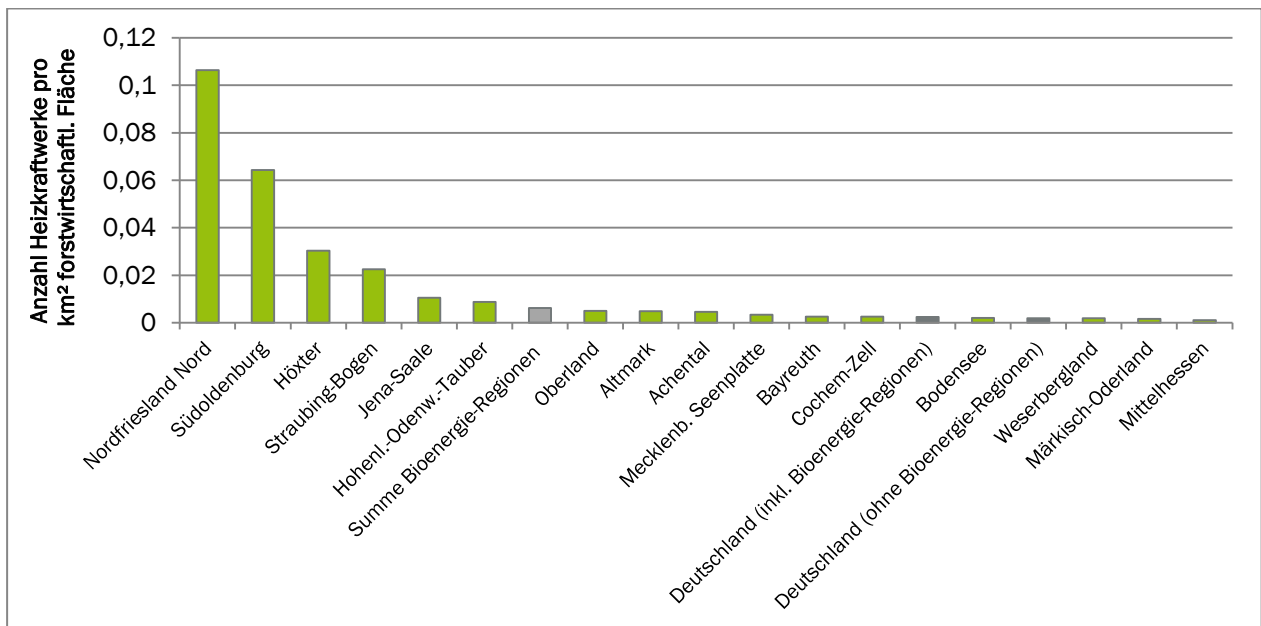


Abbildung 17: Anzahl der Biomasseheizkraftwerke (2013) pro km² forstwirtschaftliche Fläche (2011). Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlagen: Bezugsfläche: Grunddatenerhebung; Anzahl Heizkraftwerke: Indikatorool Bioenergie-Regionen.

Angaben zum Bestand an **Biomasseheizwerken** sind i.d.R. mit großen Unsicherheiten belastet. Dies liegt daran, dass – anders als bei Anlagen, die nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz vergütet werden – kein regelmäßiges, übergeordnetes Monitoring stattfindet. Die Qualität der angeführten Heizwerkdaten hängt daher stark von den regional verfügbaren und zugänglichen Daten ab. Zudem sind keine verlässlichen Daten für Gesamtdeutschland vorhanden. Aus Abbildung 18 geht hervor, dass 2013 mit 41 Anlagen die meisten Heizwerke in der naturkraft-Region, gefolgt von dem waldreichen Oberland mit 35 Anlagen, installiert waren. Durchschnittlich gab es in diesem Jahr je Region 15 Heizwerke⁶. Eine detailliertere, tabellarische Aufstellung zur Anzahl und thermischer Leistung der Heizwerke in den Regionen findet sich in Anhang A 4. Ein eindeutiger Entwicklungstrend lässt sich den Daten nicht entnehmen.

⁶ Die Region Südoldenburg mit 140 Heizwerken wurde aufgrund des im Vergleich mit den anderen Regionen sehr hohen und daher unplausibel erscheinenden Wertes nicht in die Betrachtung eingeschlossen.

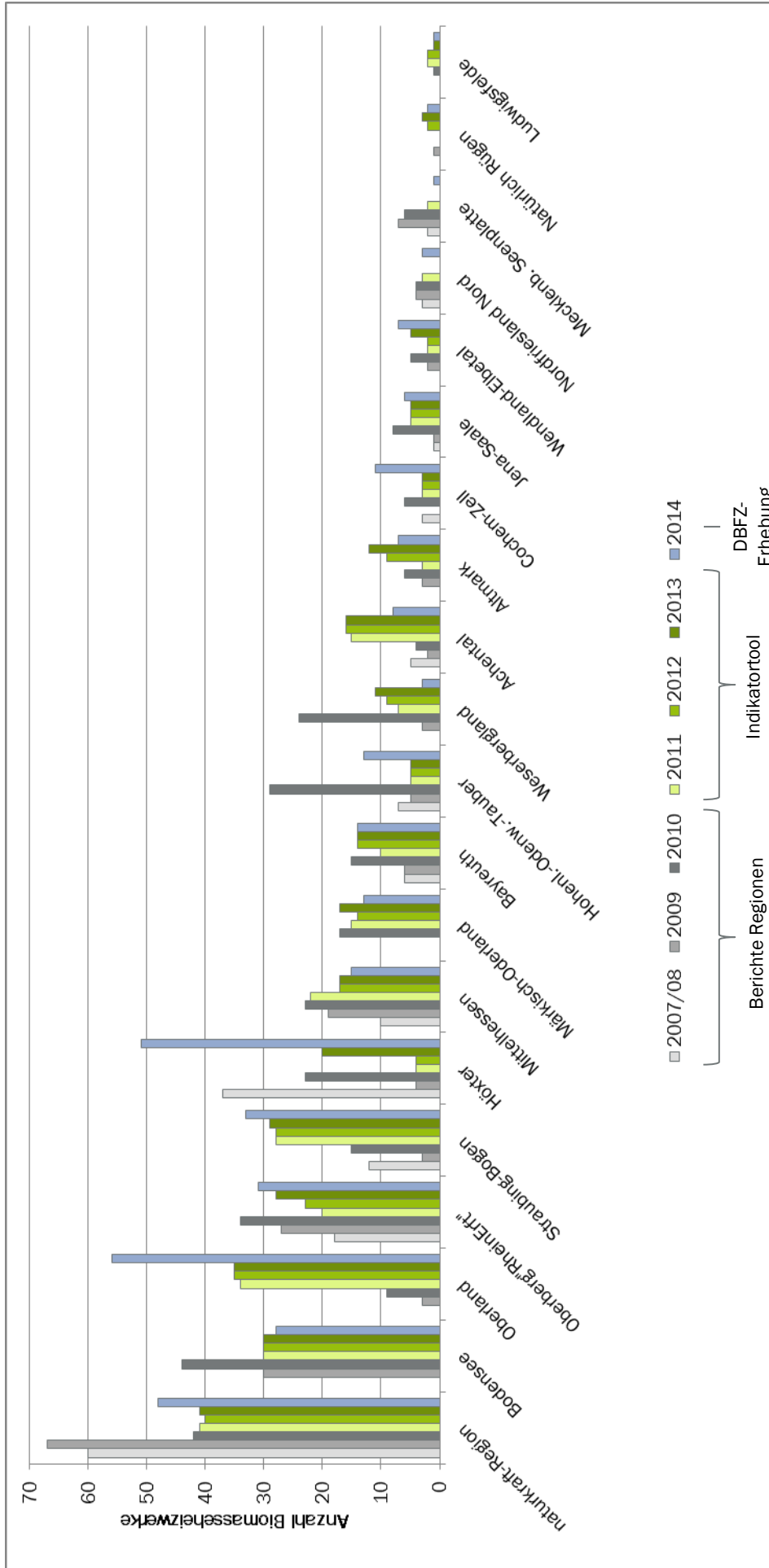


Abbildung 18: Entwicklung der Anzahl an Biomasseheizwerken in den Bioenergie-Regionen von 2007/08 bis 2014. Eigene Darstellung. Datengrundlage: 2007/08: REK der Bioenergie-Regionen 1. Förderphase; 2009-10: regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen; 2011-13: Indikatortool; 2014: Anlagenbestand Basis DBFZ & HW-Erhebung 2015

Bezogen auf die regionale forstwirtschaftliche Fläche zeigt sich, dass insbesondere in den waldreichen süddeutschen Regionen Straubing-Bogen und im Achantal die Dichte an Heizwerken mit 0,82 und 0,74 Anlagen je km² forstwirtschaftliche Fläche besonders hoch ist (siehe Abbildung 19). Im Durchschnitt gibt es 0,21 Biomasseheizwerke je km² forstwirtschaftliche Fläche und Bioenergie-Region.

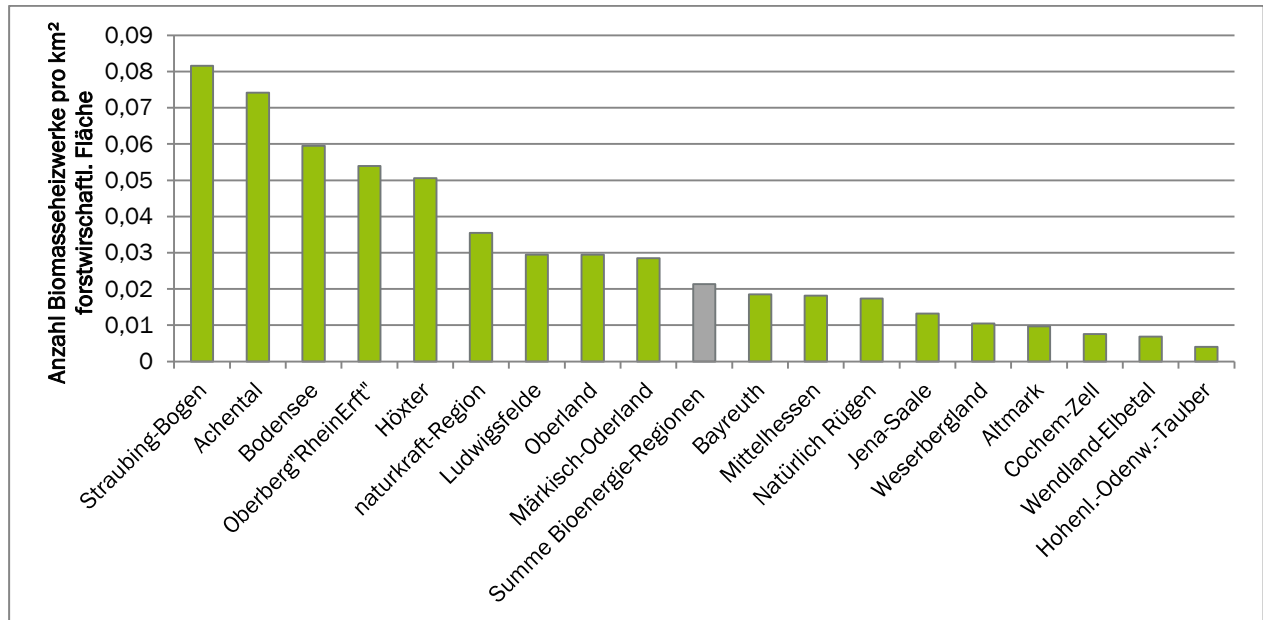


Abbildung 19: Anzahl der Biomasseheizwerke (2013) pro km² forstwirtschaftliche Fläche (2011). Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlagen: Bezugsfläche: Grunddatenerhebung; Anzahl Heizwerke: Indikatorool Bioenergie-Regionen.

3.2.3.2 Entwicklung der Anlagenleistung

Die Betrachtung der Leistung der Bioenergieanlagen in den Bioenergie-Regionen ermöglicht ein – im Vergleich zu der Anzahl der Anlagen – differenzierteres Bild der Intensität der Nutzung in den Regionen. Hierzu wurden die absoluten Werte der installierten Leistung in den tabellarischen Übersichten der Anhänge A 3 - A 5 für die unterschiedlichen Technologien aufgelistet. Eine Übersicht über die spezifischen Werte ist Abbildung 20 zu entnehmen.

Für **Biogasanlagen** bestätigt sich bei der Betrachtung der installierten elektrischen Leistung je km² Agrarfläche das Bild, was sich bereits bei der Anzahl der Anlagen eröffnete: Die größten spezifischen Kapazitäten sind in den Agrarregionen Nordfriesland (0,06 MW_{el} je km² landwirtschaftliche Fläche) und Süddoldenburg (0,05 MW_{el} je km² landwirtschaftliche Fläche) installiert. Der Durchschnitt aller Bioenergie-Regionen liegt hier bei 0,020 MW_{el} je km² landwirtschaftliche Fläche und damit gering über dem Durchschnitt der übrigen Regionen in Deutschland (0,019).

Abgesehen von Rügen und Ludwigsfelde konnte die installierte Leistung der Biogasanlagen in allen Regionen im Zeitraum von 2011 bis 2013 teils erheblich ausgebaut werden: Durchschnittlich wurde die Leistung der Biogasanlagen in einer Bioenergie-Region um 20 % gesteigert. In den übrigen Regionen Deutschlands erfolgte im gleichen Zeitraum lediglich eine Steigerung um 13 %. In besonderem Maße erfolgte hier ein Leistungszubau in der Mecklenburgischen Seenplatte (122 %), Nordfriesland und Mittelhessen (jeweils um 75 %).

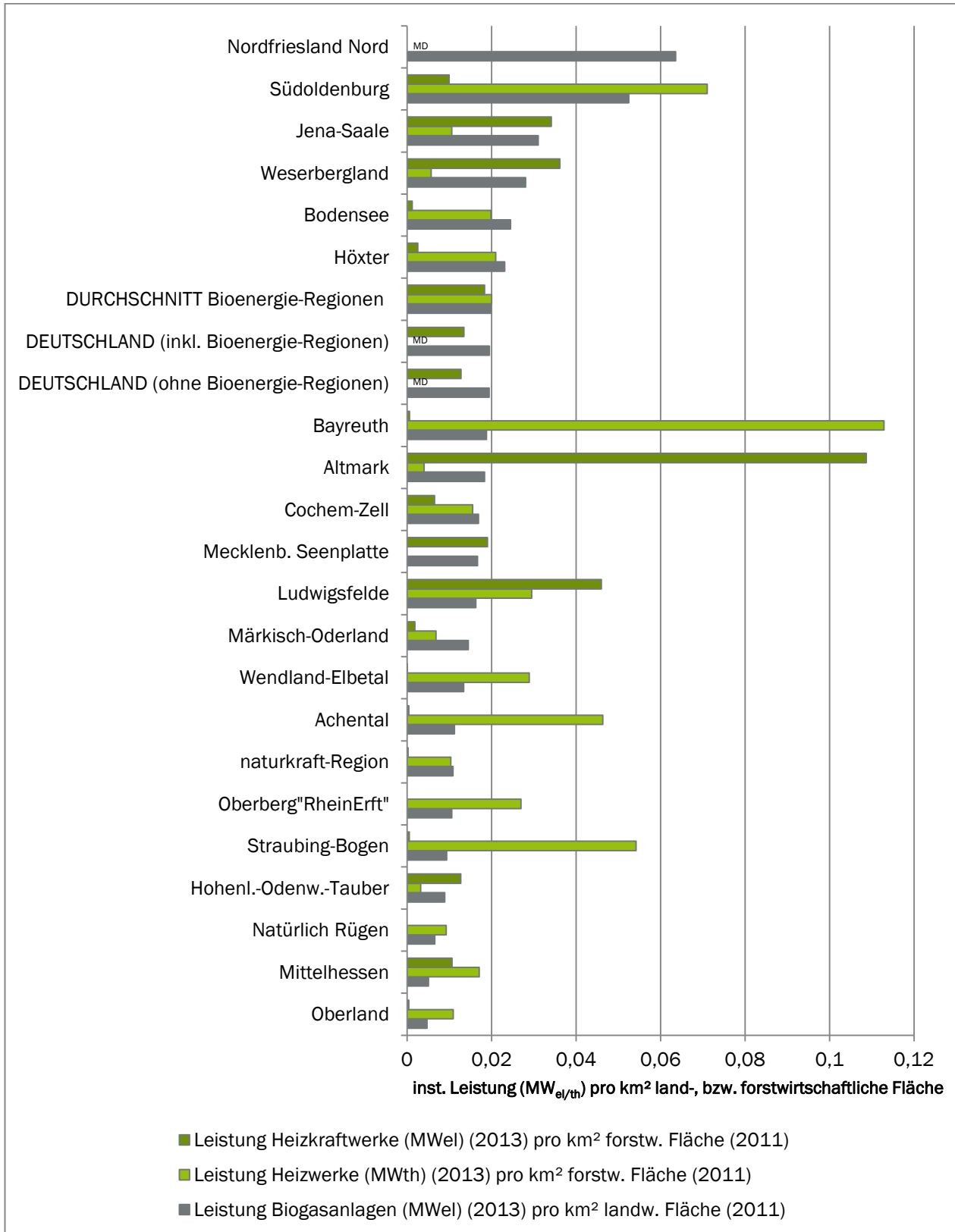


Abbildung 20: Installierte elektrische bzw. thermische Leistung von Biogasanlagen, Heizwerken und Heizkraftwerken (2013) je regionale land- bzw. forstwirtschaftliche Fläche (2011) in den Bioenergie-Regionen, sortiert nach Biogasanlagen. Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlage Indikatortool und Grunddatenerhebung Bioenergie-Regionen.

Im Bereich der installierten Leistung von **Biomasseheizkraftwerken** nimmt die Altmark eine Sonderrolle ein. Hier ist eine besonders große Anlage installiert, die etwa 40 % der gesamten Leistung der Heizkraftwerke aller Bioenergie-Regionen ausmacht. Weitere Regionen mit erheblichen Kapazitäten durch Heizkraftwerke im Jahr 2013 sind Süddoldenburg (79 MW_{el}), Weserbergland (35 MW_{el}), oder die Mecklenburgische Seenplatte (30 MW_{el}). In anderen Regionen spielen Heizkraftwerke hinsichtlich der Energieerzeugungskapazität hingegen eine eher untergeordnete Rolle, wie in Bayreuth (0,5 MW_{el}), am Bodensee (0,4 MW_{el}) oder in Straubing-Bogen (0,3 MW_{el}). Der Zubau der installierten elektrischen Leistung der Heizkraftwerke in den Bioenergie-Regionen zwischen 2011 und 2013 lag mit 12 % deutlich über dem des übrigen Bundesgebietes (1 %). Dies ist insbesondere auf eine Kapazitätssteigerung in der Altmark von 100 MW_{el} im Jahr 2011 auf 135 MW_{el} im darauf folgenden Jahr zurück zu führen.

Auch bei der Betrachtung der spezifischen Leistung der Heizkraftwerke sticht die Altmark mit 0,1 MW_{el} je km² forstwirtschaftliche Fläche deutlich gegenüber dem Durchschnitt der Bioenergie-Regionen (0,021 MW_{el} je km² forstwirtschaftliche Fläche) hervor.

Die durchschnittlich in den Bioenergie-Regionen installierte spezifische thermische Leistung von **Biomasseheizwerken** lag 2013 bei 0,02 MW_{th} je km² forstwirtschaftlicher Fläche. Acht Regionen liegen über diesen Durchschnitt. Dies trifft insbesondere für die Regionen Bayreuth (0,11 MW_{th} je km² forstwirtschaftliche Fläche) und Süddoldenburg (0,07 MW_{th} je km² forstwirtschaftliche Fläche) zu. In elf Regionen ist die spezifische installierte Leistung der Heizwerke geringer. Die geringsten spezifischen Leistungen sind in der Altmark (0,004 MW_{th} je km² forstwirtschaftliche Fläche) und in der Region Hohenlohe-Odenwald-Tauber (0,00, MW_{th} je km² forstwirtschaftliche Fläche) installiert. Vergleiche zum Deutschlanddurchschnitt sind aufgrund fehlender Daten nicht möglich.

Der Leistungszubau bei Heizwerken betrug zwischen 2011 und 2013 im Durchschnitt 13 %. In einzelnen Regionen, wie Ludwigsfelde oder Nordfriesland versechsfachte sich die Leistung. Eine Reduktion der installierten thermischen Leistung von Heizwerken fand in fünf Regionen statt.

3.2.4 Evaluierung des Indikatortools

Im Rahmen der regionalen Endberichterstattung wurden die Regionalmanagements der 21 Bioenergie-Regionen im Frühjahr/Sommer 2015 gebeten, vier standardisierte Fragen zur Benutzung des Indikatortools zu beantworten. Die Antworten auf die überwiegend geschlossenen Fragen wurden mit Antworten aus einer Zwischenevaluierung des Tools Ende 2013 (nach der ersten Benutzung) verglichen. An dieser Befragung nahmen 11 Regionalmanagements teil.

Wie in Abbildung 21 dargestellt, fällt die Bewertung des Tools sehr unterschiedlich aus. Zwar hat sich die Beurteilung im Laufe der Benutzung leicht verbessert, dennoch fällt die Gesamtbewertung weiterhin „befriedigend“ aus.

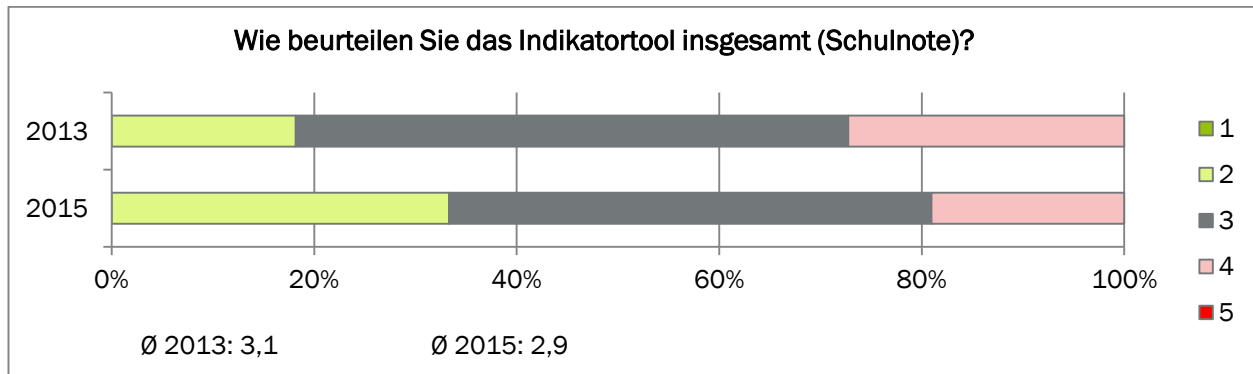


Abbildung 21: Gesamtbeurteilung des Indikatortools. Schriftliche Nutzerbefragungen in den Jahren 2013 (N = 11) und 2015 (N = 21).

Deutlicher verbessert hat sich die Zustimmung zu den Möglichkeiten der Darstellung der Bioenergieentwicklung durch das Tool (siehe Abbildung 22): Nach dreimaliger Nutzung stimmten mehr als die Hälfte der Nutzer völlig oder überwiegend zu, dass es das Tool ermöglicht, die regionale Bioenergieentwicklung anschaulich darzustellen. Nur für drei Befragte traf dies „wenig zu“.

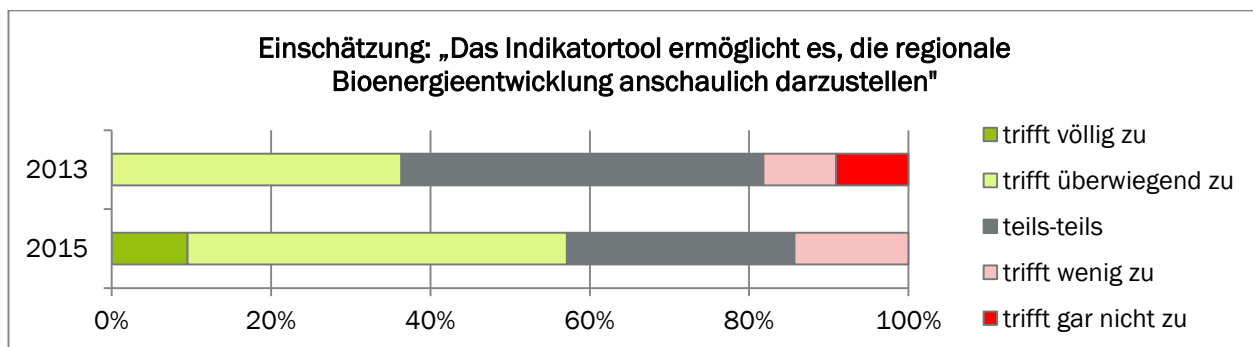


Abbildung 22: Einschätzung der Darstellungsmöglichkeiten des Indikatortools. Schriftliche Nutzerbefragungen in den Jahren 2013 (N = 11) und 2015 (N = 21).

Weiterhin uneinig sind sich die Nutzer darin, ob das Tool die Datenhaltung vereinfacht (siehe Abbildung 23). Hier halten sich zustimmende und ablehnende Aussagen die Waage.

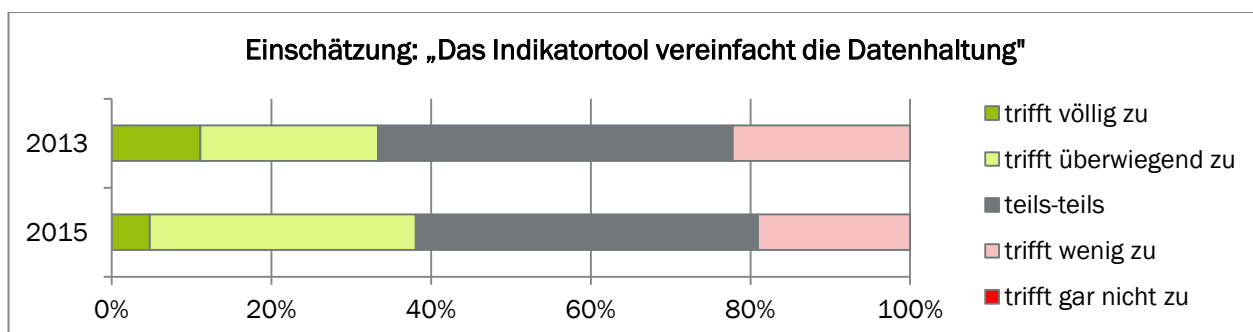


Abbildung 23: Einschätzung der vereinfachenden Datenhaltung durch das Indikatortool. Schriftliche Nutzerbefragungen in den Jahren 2013 (N = 9) und 2015 (N = 21).

Bei der Abschlussbefragung im Jahr 2015 konnten die Nutzer darüber hinaus in offenen Antworten den Nutzen des Tools weiter charakterisieren. Positiv wurde insbesondere bewertet, dass

- eine Auswertung der regionalen Entwicklung über mehrere Jahre möglich ist (8)⁷,
- das Tool die Daten anschaulich darstellt, was eine gute Kommunikationsgrundlage sein kann (5),
- es Hilfestellungen für Datenerhebung gibt (5) und
- überregionale Vergleiche möglich sind (3)

Negativ angemerkt wurden insbesondere der hohe Arbeitsaufwand (7), der insbesondere mit der Datenerhebung verbunden ist.

Trotz dieser sehr differenzierten Einschätzungen, sprachen sich 76 % der Nutzer für den Fortbestand des Tools nach Auslaufen der Fördermaßnahme aus. Allerdings würden nur die Hälfte der Befragten das Tool auch tatsächlich weiter nutzen wollen.

3.2.5 Fazit zur (Erfassung der) Bioenergieentwicklung in den Regionen

Bezogen auf den Anlagenbestand wurde deutlich, dass die Anzahl und die installierte Leistung der Bioenergieanlagen in den Bioenergie-Regionen im Durchschnitt der Entwicklung des gesamtdeutschen Gebietes entspricht. Da die Fördermaßnahme keine zusätzlichen finanziellen Anreize setzte, und auch die rechtlichen Rahmenbedingungen in den Projektregionen identisch zu denen in Gesamtdeutschland sind, lassen sich hier keine besonderen Effekte identifizieren.

Weitere wesentliche Erkenntnisse gibt die vergleichende Auswertung der spezifischen Indikatoren einzelner Regionen. Hierdurch lassen sich individuelle Entwicklungsprofile erstellen, die durch die Regionalmanagements in den Kontext ihrer regionalen Entwicklungskonzepte und Handlungsmaßnahmen gestellt werden sollten. Dabei ergeben sich regionale Fragestellungen, wie: Welche Herausforderungen entstehen, wenn in einer Agrarregion wie Nordfriesland Nord die installierte Leistung der Biogasanlagen in Bezug auf die verfügbare landwirtschaftliche Fläche weiter steigt? Welchen Einfluss hat der Zubau (oder Wegfall) von Großanlagen auf die Bioenergieentwicklung einer Region? In welchem Umfang können die installierten Bioenergiekapazitäten durch Biomasseressourcen aus der eigenen Region versorgt werden?⁸ Das Indikatortool und die dreimalige Eingabe durch die Regionalmanagements erfasst hierzu nicht nur die entsprechenden Daten, sondern liefert auch Vergleichsmöglichkeiten zu anderen Regionen um – im Sinne eines Benchmarkings – die eigene regionale Entwicklung einordnen und steuern zu können.

Mit der Entwicklung und Anwendung des Indikatortools konnte erstmals eine einheitliche Methode zur Darstellung der regionalen Bioenergieentwicklung etabliert werden. Die einheitlichen Anforderungen an

⁷ Anwohnerhäufigkeit in Klammer

⁸ Siehe hierzu auch Abschnitt 3.3

die Erhebung der Daten sowie standardisierte Auswertungs- und Vergleichsmöglichkeiten - insbesondere für und durch die Nutzer in den Regionen – sind positive Effekte des Tools.

Andererseits wurde mehrfach der teilweise erhebliche Aufwand für die Datenerfassung in den Regionen bemängelt. Auf Seiten der Begleitforschung war insbesondere die Datenkontrolle und -korrektur sehr aufwendig. Trotz einheitlicher Definitionen der zu erhebenden Indikatoren, wurden teilweise sehr unterschiedliche Daten in den Regionen herangezogen. Dies lag oftmals an der jeweils verfügbaren und zugänglichen Datenlage.

Eine alternative Herangehensweise zur Datenerfassung durch die Regionen selbst, wäre eine stärker übergeordnete Datenbereitstellung – z.B. durch die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (A-GEE-Stat). In diesem Sinne könnten Daten durch eine zentrale Stelle (zumindest für bestimmte Indikatoren) in das Tool eingepflegt werden. Hierdurch ließe sich der Aufwand für die Regionen verringern und Fehler könnten reduziert werden. Dieses Vorgehen würde jedoch das regional verfügbare Wissen über die Anlagen ausblenden, was den Nutzen des Tools und seiner Ergebnisse für die Regionalmanagements schmälern könnte. Außerdem ist die deutschlandweite Datenverfügbarkeit (insbesondere im Bereich der biogenen Wärmeerzeugung) weiterhin sehr lückenhaft – insbesondere auf regionaler Ebene (siehe Rönsch u. a. 2015).

Das Indikatortool wird für die bisherigen Nutzer nach Auslaufen der Förderung zumindest für das Jahr 2016 weiter bestehen, um eine Fortführung des Monitorings der regionalen Bioenergieentwicklung zu ermöglichen.

3.3 Analyse von Stoffströmen der Bioenergieerzeugung

3.3.1 Vorgehensweise und Annahmen

Um Aussagen zu den regionalen Stoffströmen zur Bioenergieerzeugung treffen zu können, erfolgt zunächst die Analyse der gesamten Strom- und Wärmebereitstellung aus Biomasse. Die Kraftstoffproduktion und -nutzung aus biogenen Rohstoffen ist aufgrund der regionsübergreifenden Marktstruktur nicht inbegriffen. Die Methodik zur Erfassung der Stoff- und Energieströme der Bioenergie ist weitgehend entwickelt (siehe Bohnet u. a. 2013). Die Auswertung von Stoffströmen fand in der ersten Förderphase netzwerkbezogen, also für einen nicht repräsentativen Teil des regionalen Anlagenparks, statt. Zur Sicherstellung der Datenbasis des gesamten Anlagenparks im Bezugsjahr 2014 erfolgte in der zweiten Förderphase eine angepasste Erhebung und Datenauswertung.

Die Stromerzeugung aller EEG-Anlagen kann den Bewegungsdaten aus (Bundesnetzagentur 2014) entnommen werden. Annahmen zur Wärmeerzeugung aus diesen Anlagen sowie zum Rohstoffeinsatz basieren auf Ergebnissen der Betreiberbefragung im Rahmen des EEG-Monitoring des DBFZ (Scheftelowitz u. a. 2015). Für Heizwerke erfolgte eine gesonderte Erhebung in Bioenergie-Regionen, bei welcher die Energieerzeugung und der Rohstoffeinsatz des Jahres 2014 ermittelt wurden. Für Kleinfeuerungsanlagen konnten die Energieerzeugung und der Rohstoffeinsatz auf Basis der Gesamtanzahl nur überschlägig hochgerechnet werden.

Auf Basis der ermittelten bzw. berechneten Energieerzeugung aus Biomasse sowie den Befragungsergebnissen zum Rohstoffeinsatz erfolgt schließlich die Herleitung der Stoffströme. Für Bioenergieanlagen, für die keine Informationen zu Anlagenparametern und Rohstoffeinsatz vorlagen, wurde der entsprechende regionale Mittelwert angenommen. Die folgenden Tabellen (Tabelle 2,

Tabelle 3,

Tabelle 4) enthalten wesentliche Annahmen und Informationen zu den Quellen, die als Berechnungsgrundlage der Stoffstromanalyse dienen.

Tabelle 2: Berechnungsgrundlagen der Stoffstromanalyse. Kennwerte nach Anlagentypen

FNR 2012b	Wert	Quelle
Biogasanlagen		
Spezifische Wärmeauskoppelung je kWh _{el}	0,45 kW _{th}	Scheftelowitz 2015
Zündöleinsatz in Zündstrahlmotoren	7 % des Primärenergieeinsatzes in BHKW	KTBL 2009a
Heizkraftwerke		
Spezifische Wärmeauskoppelung je kWh _{el}	0,44 kW _{th}	Scheftelowitz 2015
Mittlerer Wirkungsgrad	80 %	Eigene Annahme
Pflanzenöl-BHKW		
Spezifische Wärmeauskoppelung je kWh _{el}	0,90 kW _{th}	Scheftelowitz 2015
Auspressgrad Rapsöl aus Rapssaat	Dezentrale Ölmühle: 336 kg / t	FNR 2014 , S.17
Biomethan-BHKW		
Spezifische Wärmeauskoppelung je kWh _{el}	0,96 kW _{th}	Scheftelowitz 2015
Heizwerke		
Mittlere Leistung	417,3 kW _{th}	Regionsdaten
Anteil am Wärmeabsatz	Wärme aus Grundlast: 84,8 % Wärme aus Spitzenlast: 15,2 %	Angaben der Betreiber
Verluste	Wärmeverlust Wärmenetz: 18 %	Betreiberbefragung 1. Förderperiode
Wirkungsgrad des Biomassekessels	0,72 – 0,93 Mittelwert: 0,9	Betreiberbefragung 1. Förderperiode, FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. 2012
Kleinfeuerungsanlagen		
Mittlerer Holzeinsatz	3,1 Srm	3N-Kompetenzzentrum und Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V.

		2015 S. 11
Mittlerer Wirkungsgrad	90 %	FNR 2012b, S. 26
Energiegehalt Scheitholz	1.350 kWh/Srm	3N-Kompetenzzentrum und Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2015, S. 11

Tabelle 3: Berechnungsgrundlagen der Stoffstromanalyse. BHKW-spezifische Kennwerte

Leistungsklasse	Kennwert, Quelle	Leistungsklasse	Kennwert
Pflanzenöl-BHKW		Biogas-BHKW	
Anteil Rapsöl am Primärenergieeinsatz		Elektrischer Wirkungsgrad	
1-10 kW	100%	< 5,01 kW:	26 %
>10-150 kW	56%	< 143,5 kW:	34 %
>150-500 kW	5%	< 319,5 kW:	35 %
>500kW	21%	< 732,5 kW:	38 %
Mittelwert	15%	< 1748,01 kW:	41 %
		> 1748 kW:	43 %
Quelle: Scheffelowitz u. a. 2015, S. 119		Quelle: Bohnet u. a. 2013, S. 31 nach ASUE 2011	
Elektrischer Wirkungsgrad		Methan-BHKW	
<11kW	31%	Mittelwert	38%
<150,1 kW	34%	Quelle: ASUE 2011	
<500,1 kW	40 %		
>500 kW	42 %		
Mittelwert	39 %		
Quelle: Auswertung Betreiberbefragung 2015, DBFZ, angelehnt an ASUE 2011, S.10			

Tabelle 4: Berechnungsgrundlagen der Stoffstromanalyse. Biomassekulturen. Quellen: Betreiberbefragung DBFZ 2015; Statistisches Bundesamt, 2014

Region	Substratmix in Biogasanlagen	
	Energieanteil Exkrememente	Energieanteil Anbaubiomasse
Achtental	11,27%	88,74%
Altmark	18,35%	81,65%
Bayreuth	3,35%	96,65%
Bodensee	9,06%	90,94%
Cochem-Zell	11,93%	88,07%
Hohenl.-Odenw.-Tauber	5,42%	94,58%
Höxter	11,89%	88,11%
Jena-Saale	26,91%	73,09%
Ludwigsfelde	11,27%	88,74%
Märkisch-Oderland	0,00%	100,00%
Mecklenb. Seenplatte	18,81%	80,11%
Mittelhessen	19,54%	80,47%
naturkraft-Region	18,16%	81,84%
Natürlich Rügen	11,27%	88,74%
Nordfriesland Nord	4,09%	95,91%
Oberberg"RheinErft"	0,00%	100,00%
Oberland	18,27%	81,73%
Straubing-Bogen	18,30%	81,70%
Südoldenburg	3,90%	96,02%
Wendland-Elbetal	0,51%	99,49%
Weserbergland	16,29%	83,71%

Für Stoffströme der **Biogasanlagen** sind substratspezifische Verluste zwischen Ernte und Substrateinsatz entsprechend KTBL 2009a berücksichtigt. Für die Berechnung des regionalen Flächenbedarfs konnte auf regional typische Erträge gemäß Statistisches Bundesamt, 2014 zurückgegriffen werden. Die Energiegehalte der geernteten Biomassen sowie deren Methanertrag ist KTBL 2009b entnommen.

Grundsätzlich besteht kein zwingender bilanzieller Zusammenhang der Energieerzeugung in **Biome-
than-BHKW** und dem Rohstoffeinsatz, da die Biogasaufbereitungsanlagen (BGAA) auch außerhalb der Region liegen können. Daher wurde für die Stoffstromanalyse bei den in den jeweiligen Regionen identifizierten Biomethan-BHKW lediglich die Energieerzeugung und bei den BGAA nur der Rohstoffeinsatz berücksichtigt.

Unter Zuarbeit der Regionalmanager erfolgte eine Auflistung aller **Heizwerke über 100 kW Leistung**. An der Betreiberbefragung mit Bezugsjahr 2014 nahmen 63 Betreiber, wobei für 50 % der Anlagen exakte Leistungsdaten ermittelt werden konnten (siehe Kapitel 3.2.3.1). Anhand dieser Datengrundlage wurden mittlere Betriebskennndaten abgeleitet, mit denen Datenlücken der übrigen Anlagen gefüllt werden konnten. Auf diese Weise wurden für Anlagen mit fehlenden Daten eine durchschnittliche Leistung von 413 kWth, 2.200 h Vollbenutzungsstunden und ein Primärenergiebedarf von 1.021 MWh Primärenergiebedarf berechnet.

Die größte Bedeutung unter den **Kleinf Feuerungsanlagen** haben die Scheitholzkessel bzw. Kamine RWI/forsa 2015 S.55 und 3N-Kompetenzzentrum und Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2015, S.11). Da die Verteilung der Feuerungsanlagen nicht bekannt ist, kann modellhaft eine Stückholzfeuerung mit 10 kW Leistung (Wirkungsgrad: 90%) und 3,1 Srm Holzeinsatz (1.350 kWh/Srm) angenommen werden, um den Rohstoffbedarf und Energieerzeugung der Kleinf Feuerungsanlagen abzuschätzen (N3, S. 11.).

Die Berechnungsmethodik der technischen Biomassepotenziale (vgl. Kapitel 3.1) lässt für einige Bioenergieanlagen bzw. Stoffströme eine Gegenüberstellung zwischen Biomassepotenzial und der regionalen Biomassenutzung für das Jahr 2014 zu. Die Region wird hierbei als Bilanzraum verstanden, bei der Importe und Exporte nicht berücksichtigt werden. Für die Gegenüberstellung dient jeweils der ermittelte Rohstoffeinsatz in GJ als auch das berechnete technische Bioenergiepotenzial in GJ. Für Ackerkulturen erfolgt die Gegenüberstellung in Hektar Anbaufläche und bei Bioabfällen in Tonnen Frischmasse.

3.3.2 Bioenergieerzeugung und damit verbundene Stoffströme in BER

Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse

Die folgende Abbildung 24 zeigt die summierte Energiebereitstellung aus allen strom- bzw. wärmeerzeugenden Biomasseanlagen in den Regionen. Die nach Anlagentyp aufgeschlüsselten Werte enthält der Anhang A 6. Entsprechend des regionalen Anlagenbestands (siehe Kapitel 3.2) variiert auch die Energiemenge je Region. Biogasanlagen und Heizkraftwerke dominieren hierbei die Gesamterzeugung. Biogene Wärme macht in allen Regionen etwa 30 % der Energiebereitstellung aus, da insbesondere diese beiden Anlagentypen einen niedrigen KWK-Stromanteil aufweisen (vgl. Kapitel 3.3.1).

Im Mittel wird in einer Bioenergie-Region 240.000 MWh Strom und 110.000 MWh Wärme aus Biomasse bereitgestellt. Dabei stechen die Regionen Altmark, Südoldenburg und Weserbergland mit insgesamt über 1 Mio. MWh erzeugter Bioenergie hervor. Die Altmark und das Weserbergland gehören zu den größten unter den Bioenergie-Regionen, während sich Südoldenburg durch eine sehr hohe Zahl an Biogasanlagen hervorhebt. Als größte Bioenergie-Region folgt die Mecklenburgische Seenplatte an vierter Stelle. Analog hierzu verfügen die kleinen Bioenergie-Regionen über wenige Anlagen mit entsprechend niedriger Gesamtenergieerzeugung. Mit einer ebenfalls sehr niedrigen biogenen Gesamtenergieerzeugung fällt die Bioenergie-Region Oberberg/RheinErft auf, für welche im Anlagenregister nur 10 Datensätze eingetragen sind (Bundesnetzagentur 2014).

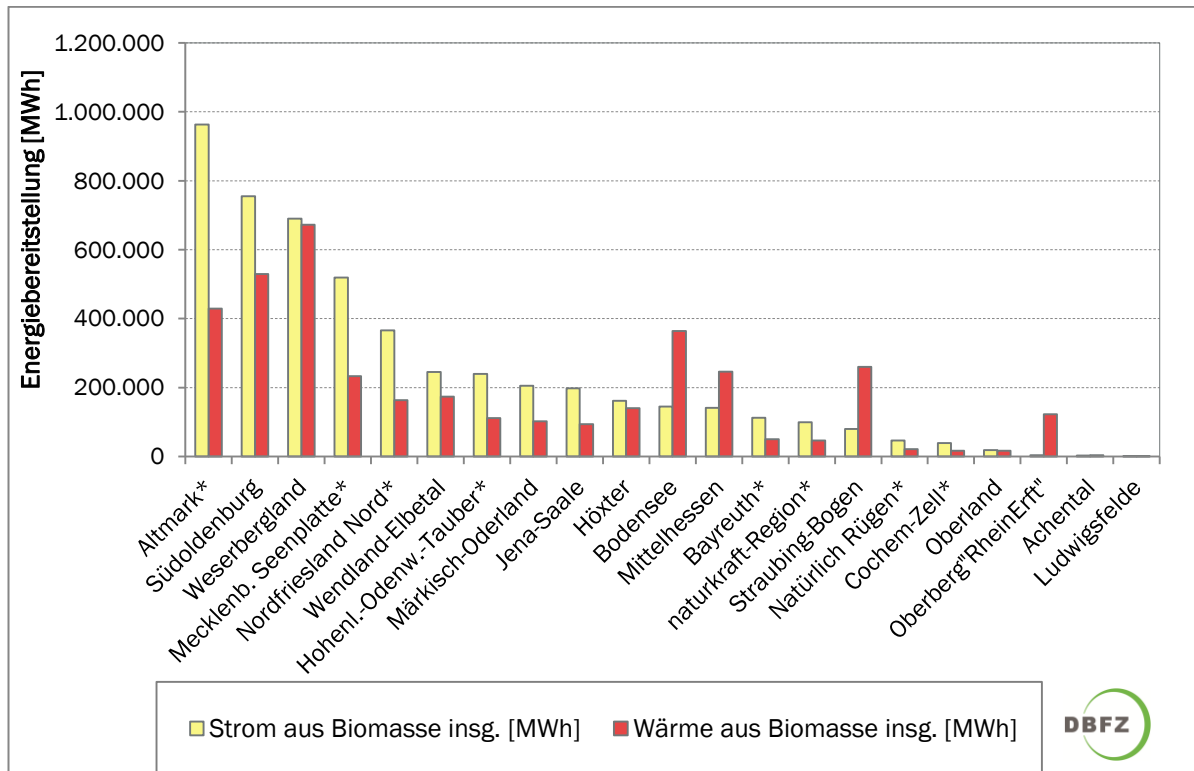


Abbildung 24: Energiebereitstellung durch Biomasseanlagen in Bioenergie-Regionen 2014. (Biogasanlagen, Heiz(-kraft)werke, Holzvergaser, Pflanzenöl-BHKW, Biomethan-BHKW, Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen) * ohne Wärme aus Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen
 Datengrundlage: Bundesnetzagentur 2014 und Scheftelowitz u. a. 2015, BKG 2011

Potenzial und Nutzung von Ackerfläche für Energiemais

Die Höhe der Bioenergiepotenziale für Ackerkulturen ist in Kapitel 3.1 dargestellt. Das Basisszenario orientiert sich dabei am mittleren energetisch genutzten Anteil der einzelnen Kulturen in Deutschland. Die so ermittelten regionalen Potenziale umfassen ebenfalls Kulturen zur Erzeugung von Biokraftstoffen, während die Stoffstromanalyse diesen Nutzungspfad nicht berücksichtigt. Daher erfolgt zunächst eine Gegenüberstellung der Potenzialhöhe und Nutzung von Mais als bedeutendste Energiepflanze zum Einsatz in Biogasanlagen. Die Abbildung 25 zeigt für jede Bioenergie-Region, wie viel Ackerfläche anteilig mit Mais bestellt werden könnte und die durch Biogasanlagen bilanziell benötigten Maisanbauflächen im Jahr 2014.

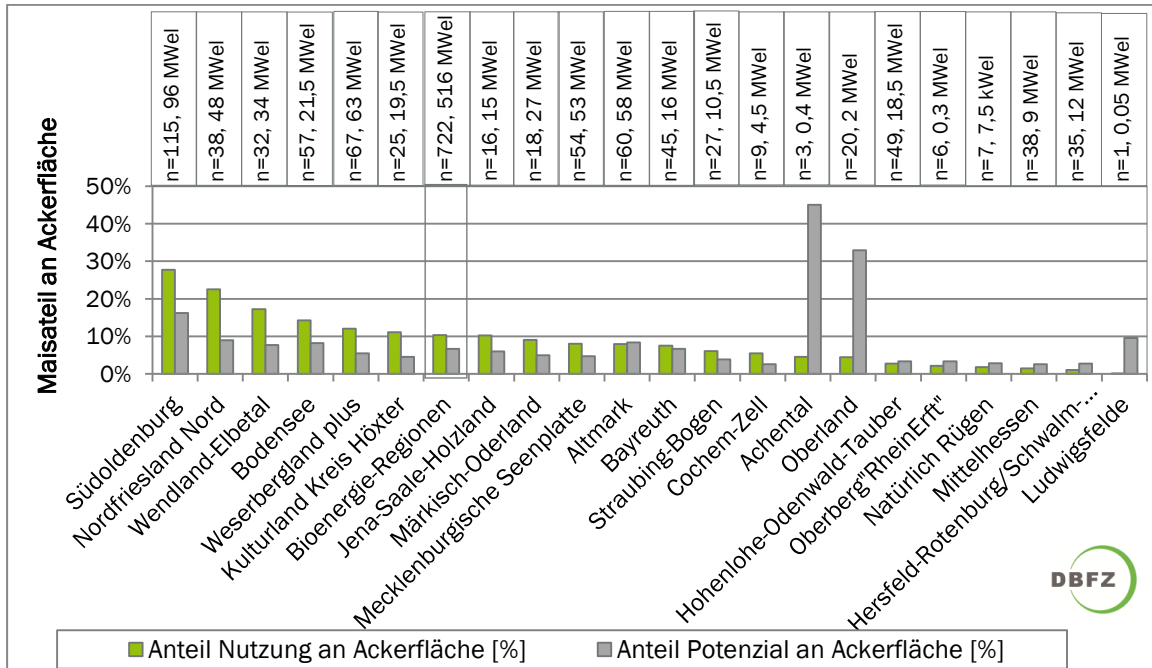


Abbildung 25: Anteile von Energiemais an der Ackerfläche je Region im Jahr 2014. Nutzung (linker Balken) und Potenzial (rechter Balken). Datengrundlage: Basisszenario Energiepflanzenrechner; und Scheftelowitz u. a. 2015, BKG 2011

Den intensivsten Flächenbedarf für Maisanbau haben die drei Regionen Nordfriesland, Südoldenburg und Wendland. Hier liegt der Maisanbau ohnehin auf einem hohen Niveau, weshalb der potenzielle Anteil von Energiemais an der Ackerfläche mitunter 16 % erreicht. Diese drei und weitere acht Regionen übersteigen mit ihrer energetischen Nutzung von Mais das angenommene Potenzial des Basisszenarios. Das bedeutet, dass hier der energetisch genutzte Anteil am Maisanbau höher ausfällt als im deutschen Mittel. Insbesondere bei den Regionen, in denen die Biogaserzeugung einen Maisbedarf von über 15% der regionalen Ackerfläche beansprucht, ist es sehr wahrscheinlich, dass Importe einen gewissen Umfang einnehmen. Darüber hinaus fallen ebenfalls die beiden bayerischen Regionen am Alpenrand auf. Sie haben einen sehr hohen Maisanteil in der Fruchtfolge, wovon jedoch nur ein geringer Anteil für den Einsatz in Biogasanlagen vorgesehen ist. Hier liegt demzufolge die tatsächlich genutzte Ackerfläche zum Energiemaisanbau wesentlich unter dem Potenzial.

Potenzial und Nutzung für Pflanzenöl in PöI-BHKW

Die Bedeutung des Stoffstroms Pflanzenöl für PöI-BHKW ist im Gegensatz zur Treibstoffherstellung aus Pflanzenöl vernachlässigbar. Bei einem mittleren Anteil von 43% der gesamten Rapsanbaufläche zur energetischen Nutzung ergibt sich in den Bioenergie-Regionen ein Potenzial von insgesamt etwa 91.000 ha (inklusive Treibstoffproduktion). Statistisch erfasst sind im Jahr 2014 105 PöI-BHKW in Bioenergie-Regionen mit einer installierten elektrischen Leistung von 12 MW_{el}. Als Rohstoff wird neben Rapsöl vor allem Palmöl verwendet. Berücksichtigend, dass je nach Anlagengröße ein spezifischer Rapsölanteil angesetzt werden muss (vgl. Kapitel 3.3.1), so ergibt sich ein Gesamtflächenbedarf des Rapsanbaus für PöI-BHKW im Jahr 2014 von 660 ha.

Die mit Abstand aktivste Region der stationären Pflanzenölnutzung ist Südoldenburg, in der die für 2014 erfassten Pöl-BHKW einen Rapsflächenbedarf von etwa 400 Hektar ausmachen. Das Potenzial für die energetische Nutzung (inklusive Treibstoffproduktion) liegt hier bei fast 900 ha. Daraus wird ersichtlich, dass in den übrigen BER das Energiepotenzial aus Wintereraps in die Kraftstoffproduktion einfließt. Hierfür konnte jedoch keine regionsspezifische Auswertung erfolgen.

Nutzung von Ackerfläche und Grünland für den Anbau von Biogassubstraten

Anhand der Stamm- und Bewegungsdaten von Biogasanlagen sowie der für jede Region ermittelten Substratzusammensetzung lässt sich rekonstruieren, in welchem Umfang Acker- und Grünlandflächen zum Anbau von Biogassubstraten benötigt werden. Die Abbildung 26 zeigt diesen Flächenbedarf für jede Bioenergie-Region auf und stellt ihn der regionalen Gesamtfläche von Acker und Grünland gegenüber.

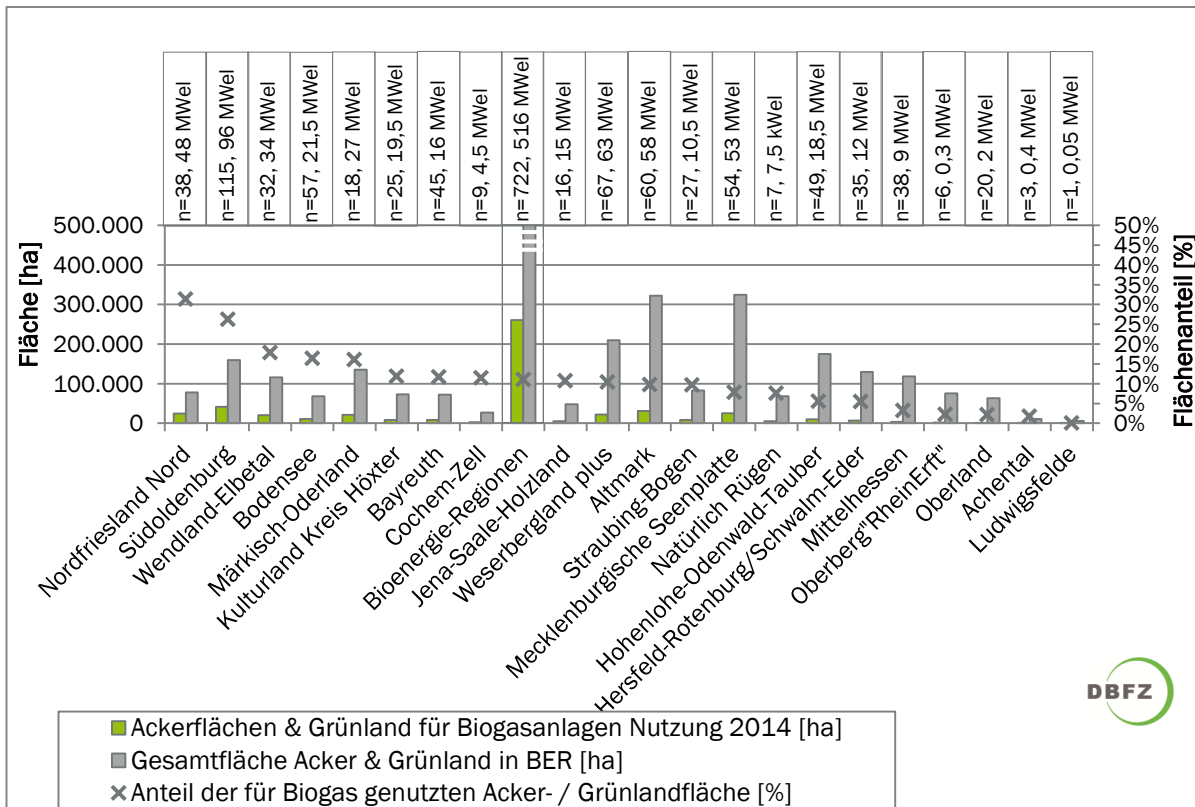


Abbildung 26: Anteil der Ackerkulturen und Grünland zur Energieerzeugung in Biogasanlagen am regionalen Gesamtflächenbestand im Jahr 2014. Linker Balken: Benötigte Acker- und Grünlandfläche, Rechter Balken: Gesamte Acker- und Grünlandfläche je Region. Datengrundlage: Bundesnetzagentur 2014 und Scheffelowitz u. a. 2015, BKG 2011

Erneut weisen Nordfriesland Nord, Südoldenburg und Wendland den höchsten Flächenbedarf auf. In Nordfriesland Nord wäre die Nutzung von insgesamt fast einem Drittel der gesamten Acker- und Grünlandfläche nötig, um die Biogasanlagen dieser Bioenergie-Region mit Energiepflanzen zu versorgen. Die meisten Bioenergie-Regionen beanspruchen dagegen zwischen 6 und 16 % der regionalen Acker- und Grünlandfläche. Im Mittel entspricht der Energiepflanzeneinsatz einem Flächenbedarf in Höhe von 11 % der gesamten Acker- und Grünlandfläche.

Potenzial und Nutzung von Exkrementen

Die Abbildung 27 zeigt das technische Bioenergiepotenzial aus tierischen Exkrementen in Bioenergie-Regionen sowie den Anteil, welcher bereits zur Energieerzeugung in Biogasanlagen Einsatz findet. Die Nutzung ergibt sich dabei aus dem energetischen Anteil von Exkrementen gemäß der regionalen Substratzusammensetzung aus der Stoffstromanalyse.

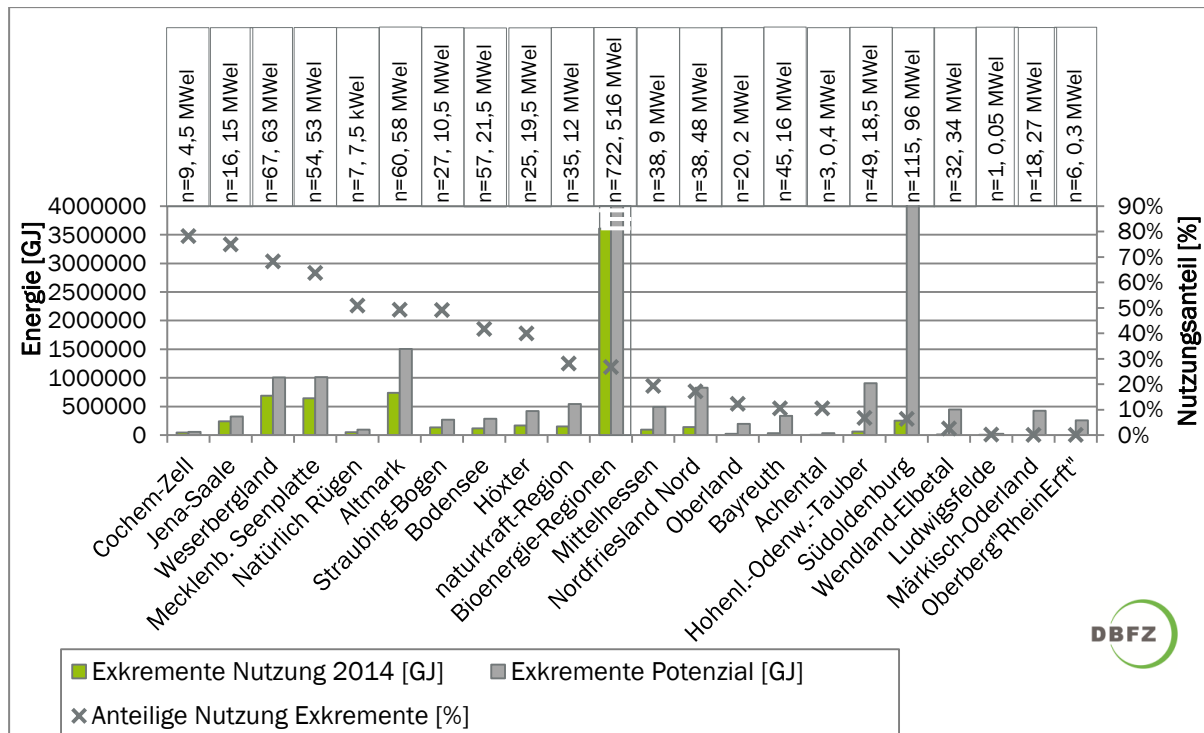


Abbildung 27: Anteil der Ackerkulturen und Grünland zur Energieerzeugung in Biogasanlagen am regionalen Gesamtflächenbestand im Jahr 2014. Linker Balken: Benötigte Acker- und Grünlandfläche, Rechter Balken: Gesamte Acker- und Grünlandfläche je Region. Datengrundlage: Basisszenario Energiepflanzenrechner; Bundesnetzagentur 2014 und Scheftelowitz u. a. 2015

Die höchste Nutzungsquote der tierischen Exkrementen haben die Regionen Cochem-Zell, Jena-Saale und das Weserbergland, welche etwa 70-80 % ihres Bioenergiepotenzials aus Exkrementen ausschöpfen. Während das mittlere Potenzial bei 640.000 GJ liegt, erreicht allein die Region Süddoldenburg den mit Abstand höchsten Wert mit über 4 Mio. GJ. Der energetische Anteil von Exkrementen macht in den Biogasanlagen Süddoldenburgs nach Angaben der Betreiber jedoch nur 4 % aus. Trotz der vielen Anlagen erreicht die Region daher nur eine Nutzung von 6 % ihres Potenzials. Im Mittel werden 27 % des Energiepotenzials von Exkrementen in den Biogasanlagen der Bioenergie-Regionen genutzt.

Potenzial und Nutzung von Bioabfällen

In 11 von 21 Bioenergie-Regionen gab es 2014 Bioabfallanlagen mit einer Vergärungsstufe (siehe Abbildung 28). In den übrigen Regionen ist daher davon auszugehen, dass 0% des Bioabfalls energetisch genutzt wird, bevor er kompostiert wird.

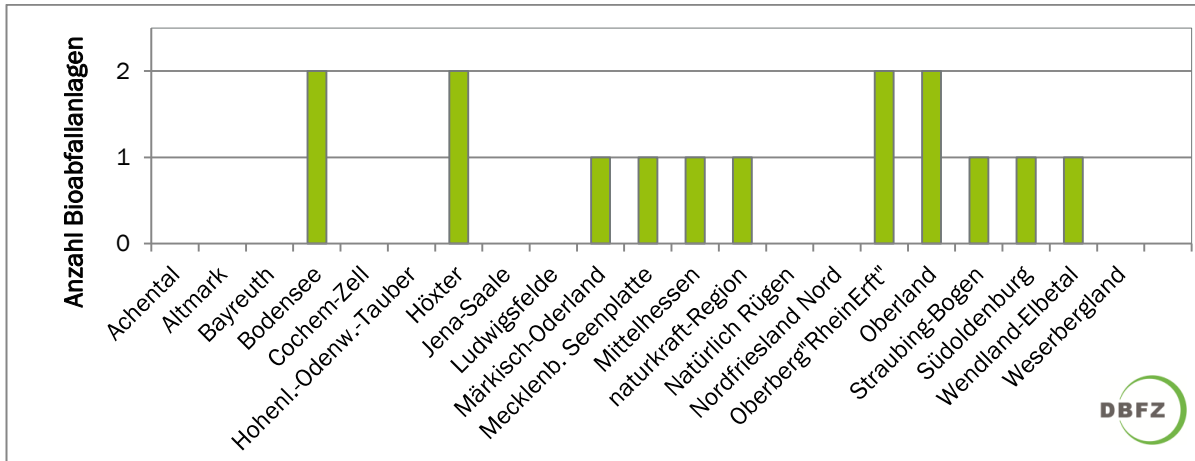


Abbildung 28: Anzahl von Bioabfallanlagen je Bioenergie-Region. Datengrundlage: DBFZ

Die Regionen Achental, Ludwigsfelde, Märkisch-Oderland und Cochem-Zell verfügten im Jahr 2011 noch nicht über eine Sammlung von Bioabfällen mit brauner Tonne, weswegen hier das Potenzial jeweils 0 GJ beträgt. In allen anderen Regionen wurde das technische Bioabfallpotenzial über das spezifische Pro-Kopf-Aufkommen privater Haushalte berechnet. Die Höhe der Nutzung ist wegen dem Schutz von Betriebsdaten der Einzelanlagen nicht regionensspezifisch ausweisbar.

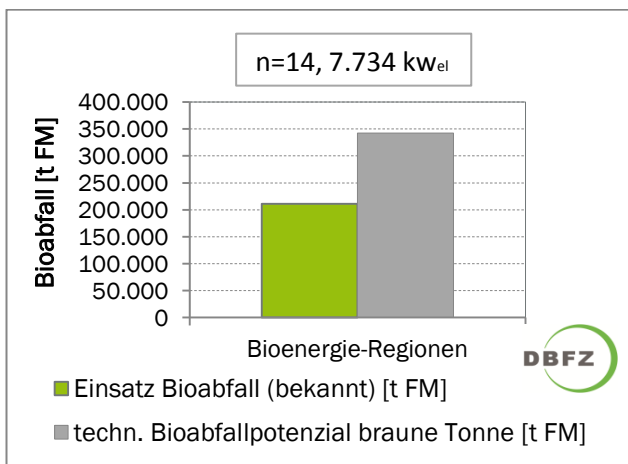


Abbildung 29: Einsatz und Potenzialhöhe von Bioabfällen in Bioenergie-Regionen 2014. Datengrundlage: DBFZ, Statistische Landesämter 2011

Abbildung 29 zeigt das technische Potenzial von Bioabfall aller Bioenergie-Regionen auf, in denen private Bioabfälle gesammelt werden. Märkisch-Oderland ist deshalb hier herausgenommen, obwohl eine Abfallanlage in Betrieb ist. Es ist anzunehmen, dass diese gegebenenfalls Bioabfälle aus dem Großraum Berlin nutzt. Den knapp 350.000 Tonnen Bioabfall von Privathaushalten stehen 200.000 Tonnen Rohstoffeinsatz in den 14 erfassten Bioenergieanlagen gegenüber. Unbekannt ist dabei die exakte Zusammensetzung des Rohstoffeinsatzes in den jeweiligen Anlagen. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass ebenfalls Bioabfälle gewerblicher und sonstiger Herkunft zum Einsatz kommen. Aus diesem Grund ist keine Schlussfolgerung möglich, welcher Anteil der privaten Bioabfälle tatsächlich energetisch genutzt wird.

Holznutzung

Zur Berechnung der in den einzelnen Regionen verfügbaren technischen Holzpotentiale wurden regionsspezifisch jeweils die forstwirtschaftlichen Biomassepotentiale (Einschlag + ungenutzter Zuwachs) sowie die auf Straßenbegleitflächen, Grünflächen, Friedhöfen, Obstplantagen, Weinbau, Heide- und Moorenflächen vorhandenen Potentiale addiert. Den Potentialen werden in Abbildung 30 jeweils der aus verfügbaren Daten herzuleitende Primärenergiebedarf Heizwerke, Holzheizkraftwerke und Kleinfeuerungsanlagen in Summe gegenübergestellt.

Als Berechnungsgrundlage dienten Auswertungen von HKW-Betreiberbefragungen in den Bioenergie-Regionen, die in den Jahren 2013-2016 durchgeführt wurden sowie gesonderte Recherchen zum Brennstoffeinsatz der Biomasseheiz(kraft)werke.

Bei der Berechnung des in Primärenergie [GJ] dargestellten Holzbedarfes der Biomasseanlagen wurden nur der Einsatz von Waldholz sowie des im Rahmen der Landschaftspflege anfallenden Holzes berücksichtigt. Wie aus der Abbildung 31 ersichtlich, stammen 52% der eingesetzten Brennstoffe in den HKW aus diesen Quellen. Für einen Massenanteil von 16% des Brennstoffes waren keine Informationen bezüglich seiner Beschaffenheit oder Herkunft verfügbar.

In mehreren Regionen waren einzelne Heizwerke/Heizkraftwerke marktdominierend. Eine gesonderte Darstellung des Primärenergiebedarfs dieser Biomasseanlagen musste aus datenschutzrechtlichen Gründen unterbleiben.

Der Berechnung des Primärenergieeinsatzes in Kleinfeuerungsanlagen beruht auf den von den Regionalmanagern 2012 und 2013 in das Indikatortool eingepflegten Anlagenzahlen in Kombination mit den Ergebnissen einer vom 3N-Kompetenzzentrum in Niedersachsen durchgeführten Verbrauchsdatenerhebung von Holzfeuerungen. Diese zeigten, dass der durchschnittliche Holzverbrauch von Holzfeuerungen im Leistungsbereich 7-10 kW 3,1 t/a beträgt (3N-Kompetenzzentrum und Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2015). In 8 von 21 Regionen wurden von den Regionalmanagern wegen fehlender Daten keine Angaben zum Kleinfeuerungsanlagenbestand gemacht. Aufgrund der noch vorhandenen großen Datenlücken ist eine gesicherte Aussage zu den noch ausschöpfbaren Holzpotentialen nicht möglich.

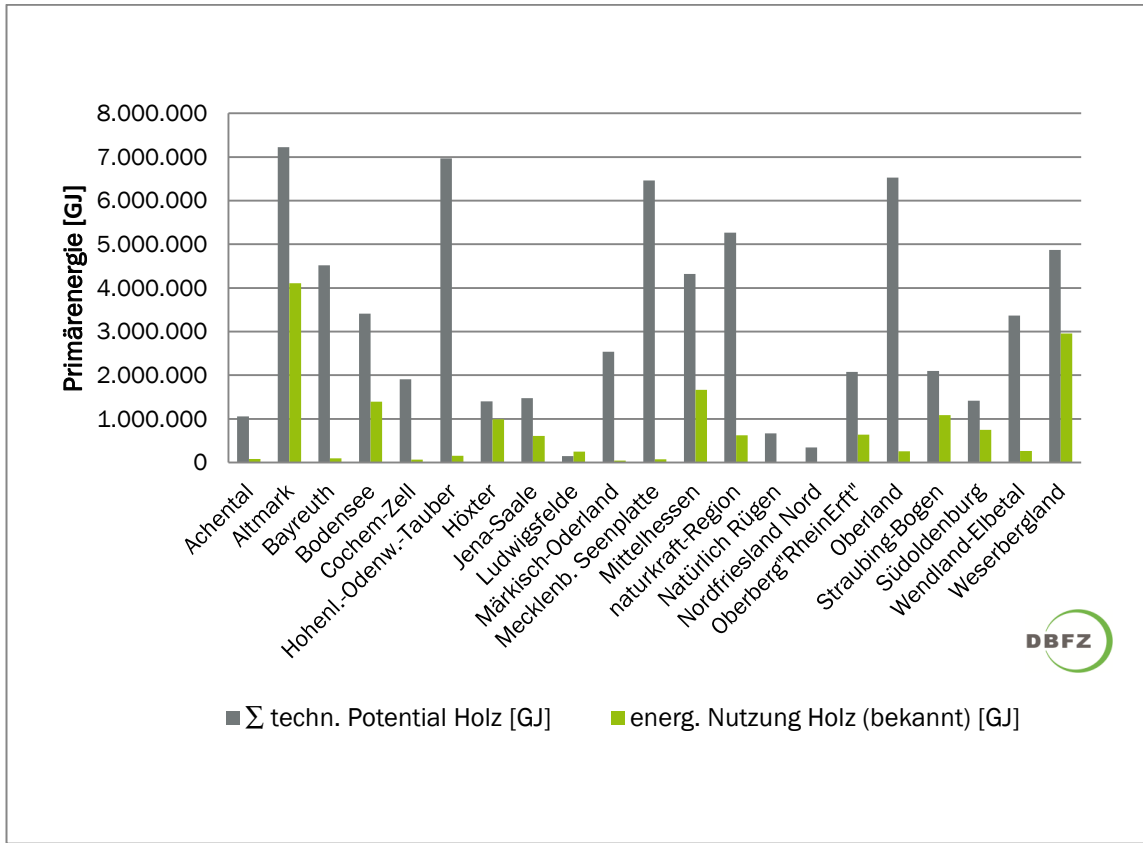


Abbildung 30: Einsatz und Potentialhöhe von Holz in den Bioenergie-Regionen, Datengrundlage Biomasseheizkraftdatenbank DBFZ, Ergebnisse aus Befragungen der Regionalmanager

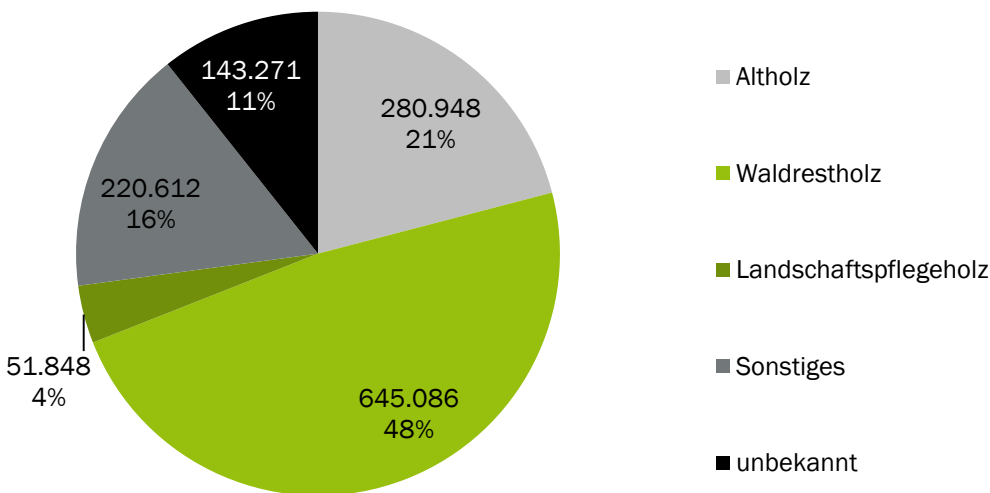


Abbildung 31: Eingesetzte Brennstoffe in den Bioenergie-Regionen, Datengrundlagen: Biomasseheizkraftdatenbank DBFZ, Ergebnisse aus Befragungen der Regionalmanager, 3N-Kompetenzzentrum und Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2015

3.3.3 Zwischenfazit zu biogenen Stoffströmen der Bioenergieerzeugung

Bioenergieerzeugung und regionaler Energieverbrauch

Die Analyse der Bioenergiebereitstellung in den Bioenergie-Regionen macht deutlich, dass durchaus ein bedeutender Anteil des regionalen Energieverbrauchs mit Biomasse bereitgestellt werden kann. In fast allen Regionen erreicht die Bioenergie im Bereich Strom eine höhere Deckung (Abbildung 32). Dies liegt zum einen daran, dass zumeist der Wärmebedarf höher als der Strombedarf ausfällt und gleichzeitig wesentlich mehr Strom erzeugt wird, als Wärme (siehe Abbildung 24). Besonders sticht dabei die Region Nordfriesland Nord hervor, wo mehr als das Doppelte des regionalen Strombedarfs in Bioenergieanlagen erzeugt wird. Ebenfalls fällt die Altmark auf, deren Biogas- und Heizkraftwerke nahezu so viel Energie erzeugen, wie in der Region verbraucht wird. Im Mittel erreichen die Bioenergie-Regionen eine anteilige Deckung des Strombedarfs von etwa 20 % (ohne Nordfriesland Nord) und des Wärmebedarfs von etwa 11 %.

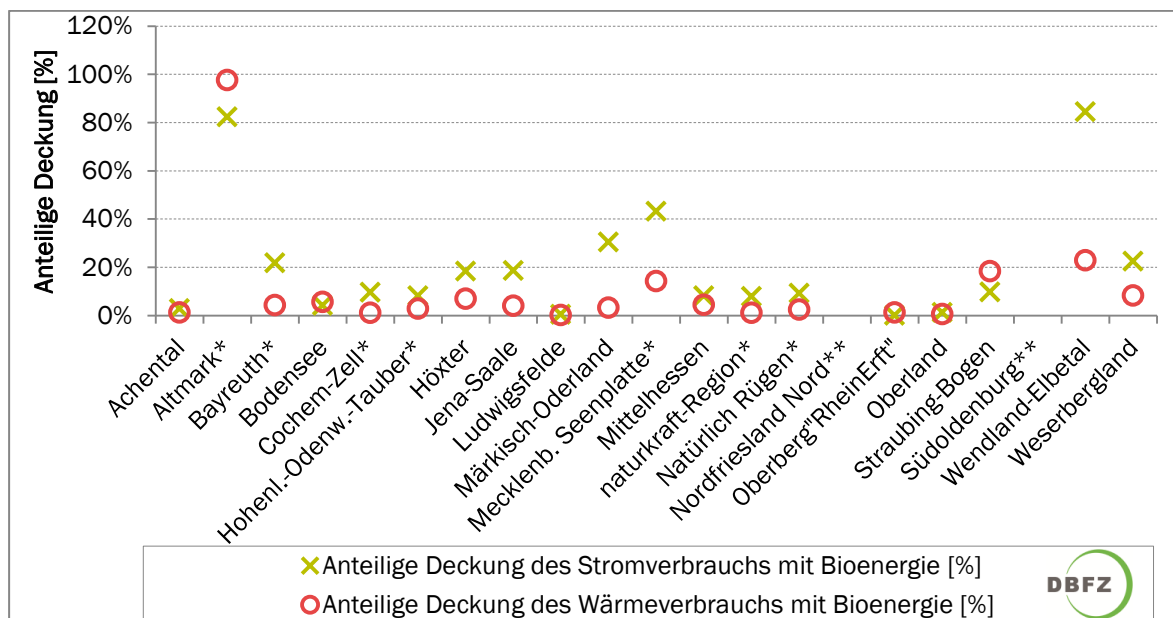


Abbildung 32: Anteil der Bioenergie am Gesamtenergieverbrauch in Bioenergie-Regionen 2014. * ohne Wärme aus Biomasse-Kleinf Feuerungsanlagen, ** Südoldenburg: keine Daten zum Energieverbrauch; Nordfriesland Nord: Stromdeckung 250 %, keine Daten zum Wärmeverbrauch. Datengrundlage: Indikatortool; Energie- und Stoffstromanalysen DBFZ

Umfang der Stoffströme

Im Rahmen der Stoffstromanalysen erfolgte eine anlagentypspezifische und rohstoffspezifische Untersuchung der Stoffströme von Bioenergieanlagen. Damit konnte erstmals ein Zusammenhang zwischen der Bioenergieerzeugung und der damit verbundenen Rohstoff- bzw. Flächennutzung für alle Bioenergie-Regionen hergestellt werden, wobei unterschiedliche regionale Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Die Ergebnisse lassen vor allem Rückschlüsse auf die landwirtschaftliche Flächennutzung zu, da für Biogasanlagen und Pflanzenöl-BHKW vergleichsweise umfangreiche Daten zur Verfügung stehen.

So konnte festgestellt werden, dass der Energiepflanzeneinsatz für Biogasanlagen im Jahr 2014 im Mittel einen Flächenbedarf von 11 % der gesamten Acker- und Grünlandfläche einnahm. Der Anbau von Raps und Energieholz für den Einsatz in Bioenergieanlagen fiel dagegen unbedeutend aus. Durchschnittlich fließen in Deutschland über 40 % der Rapsernte in die Kraftstoffproduktion ein (FNR 2013). In Bioenergie-Regionen entspricht dies einem mittleren Anteil von 4,5 % an der Ackerfläche. Zieht man diesen Wert in den Flächenbedarf mit ein, so ist von einem Flächenbedarf von etwa 15 % der Ackerfläche zur Bioenergienutzung auszugehen. Der Energiepflanzenrechner berechnet ein Potenzial in Höhe von 15,3 % (Basisszenario).

Sowohl im Bereich landwirtschaftlicher Reststoffe als auch hinsichtlich der Bioabfälle bestehen noch umfassende ungenutzte Potenziale. Nur ein Teil der Bioenergie-Regionen verfügt überhaupt über Bioabfallanlagen. Die Bilanzierung der Festbrennstoffe ist mit der höchsten Unsicherheit verbunden, da hier sowohl von Heizkraftwerken, als auch von Kleinf Feuerungsanlagen nur einzelne Informationen vorliegen. Verlässliche Datengrundlagen sind jedoch für Abschätzung der Verfügbarkeit von Brennstoffen bei weiteren Planungen von Biomasseheizkraftwerken unerlässlich. Zudem erlauben gesicherte Informationen auch den Nachweis einer nachhaltigen Nutzung von Biomasse, was in Hinblick auf eine Akzeptanzsteigerung vorteilhaft wäre.

Datenqualität

Die für die Stoffstromanalyse verwendeten Daten basieren schwerpunktmäßig auf Betreiberbefragungen und EEG-Anlagendaten der Bundesnetzagentur. Zusätzliche regionale Spezifika wie z.B. der Substratmix für Biogasanlagen ermöglicht es, den regionalen Charakter der Bioenergieanlagen zu berücksichtigen. Allerdings ist zu beachten, dass eine Hochrechnung oftmals auf kleinen Stichproben basiert. Ob dies den regionalen Anlagenbestand besser repräsentiert, als die sonst übliche Annahme des deutschen Mittels, ist jedoch unklar.

Die Stoffstromanalyse stellt ausschließlich den Rohstoff- und Flächenbedarf der Energieanlagen zusammen, die mit der ermittelten Energieerzeugung zusammenhängen. Ein Rückschluss auf die Herkunft dieser Einsatzstoffe ist nicht möglich. Die Bilanzierung erfolgt stattdessen mit klaren Regionsgrenzen, bei der die theoretische Versorgung aus der eigenen Region angenommen wird. Die Ergebnisse machen deutlich, welchen Umfang die Biomassenutzung in der jeweiligen Region entfalten würde. Die überregionalen bis hin zu globalen Zusammenhänge können dabei nicht abgebildet werden. Durch den Fokus auf die Region wird dennoch der Nutzungsdruck auf die Landschaft insgesamt deutlich, da überregionale Stoffströme ihrerseits ebenfalls einen entsprechende Nutzungskonkurrenz verursachen. Bei der Interpretation der Ergebnisse sind daher mögliche Verzerrungen zu berücksichtigen, da wechselseitige Beziehungen sowohl zwischen der Rohstoffbereitstellung als auch bei der Energieversorgung zwischen den Regionen und ihrer Umgebung bestehen. Schließlich sei auf die bereits genannten Unsicherheiten bei der Nutzung des Indikatortools (Kapitel 3.2.4) sowie auf die Diskrepanz zwischen statistischen Flächendaten der Landwirtschaft und der in der Landnutzung erfassten grenzscharfen Flächen (Kapitel 3.1.1.1) hingewiesen.

4 Modul II: Ausgewählte Aspekte der Biomassenutzung in Bioenergie-Regionen

Vor dem Beginn der 2. Förderphase haben die Regionen ihre regionalen Entwicklungskonzepte (REK) entsprechend den neuen Arbeitsschwerpunkten (vgl. Geschäftsstelle Bioenergie-Regionen 2011) fortgeschrieben und hierbei regionale Ziele und Maßnahmen für die zweite Förderphase benannt (Vgl. Kapitel 2.1). Zur Unterstützung des Wissenstransfers zwischen den Regionen sowie für die Bereitstellung von Informationen für die Öffentlichkeit dient eine **Datenbank auf der Webseite der Fördermaßnahme**⁹. Diese enthält alle Projekte der Bioenergie-Regionen mitsamt einer kurzen Projektbeschreibung, einem Ansprechpartner und diverser Projektkategorien. Durch die Zuordnung jedes Projektes: erstens zur betroffenen Wertschöpfungskette, zweitens zur Ebene des Stoffstroms und zu weiteren Kategorien, ist es möglich die thematischen Schwerpunkte in den Regionen zu erfassen. Die folgenden Abbildungen geben einen Überblick, worauf die Bioenergie-Regionen von 2012 bis 2015 ihren Fokus setzten.

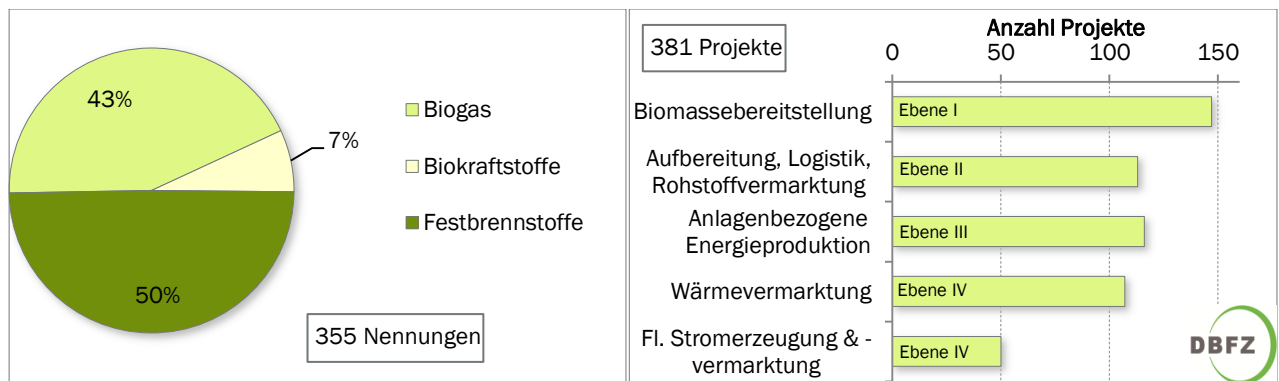


Abbildung 33: Zuordnung der Projekte der Förderphase 2012-2015 zu den wichtigsten Wertschöpfungsketten (links) und der Ebenen des Stoffstroms, auf denen die Projekte ansetzen (rechts). Mehrfachnennung möglich.
Datengrundlage: Projektdatenbank Bioenergie-Regionen, online (Stand: 22.02.2016)

Wie sich bereits in der ersten Förderphase abzeichnete, spielt die Wertschöpfungskette „Biokraftstoffe“ nur eine untergeordnete Rolle. Neun Regionen haben hier jedoch jeweils mindestens ein Projekt zur Nutzung von biogenen Treibstoffen durchgeführt. Sowohl Projekte zum Thema Biogas als auch Festbrennstoffe dominierten stattdessen die regionalen Aktivitäten (Abbildung 33).

Den für die Bereitstellung von Bioenergie notwendigen Stoffstrom kann man in vier Ebenen unterteilen. Die erste umfasst die Biomassebereitstellung, woran die Erzeugung von Energieträgern mit Ebene II anschließt. Die Bioenergieanlage steht für Ebene III, auf die schließlich die Energievermarktung folgt (Ebene IV). Die Regionen widmeten sich allen Ebenen mit zahlreichen Projekten. Mit fast 150 Vorhaben steht dabei die Biomassebereitstellung an erster Stelle. Bei der Energievermarktung dominieren Projekte rund um das Thema Wärme. Die bedarfsgerechte Stromerzeugung (u.U. auch Speicherung) ist immer noch Gegenstand von 50 Projekten, also etwa zwei pro Region (Abbildung 33).

⁹ Online unter: <http://www.bioenergie-regionen.de>

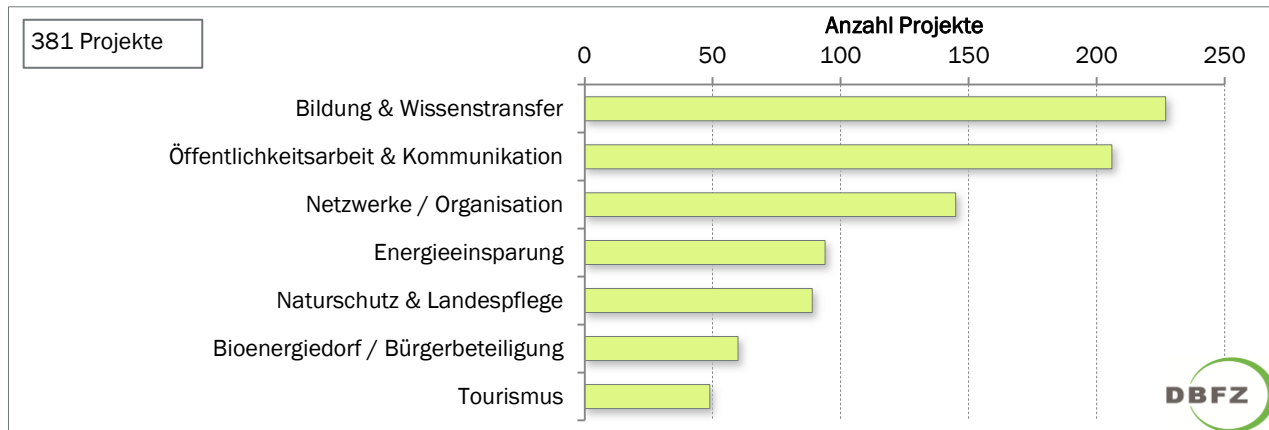


Abbildung 34: Zuordnung der Projekte der Förderphase 2012-2015 zu weiteren Kategorien. Mehrfachzuordnungen möglich. Datengrundlage: Projektdatenbank Bioenergie-Regionen, online (Stand: 22.02.2016)

Die meisten der 381 regionalen Projekte haben entsprechend der Förderschwerpunkte ihren Fokus im Bereich Bildung / Wissenstransfer und / oder bei der Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation (siehe Abbildung 34). Außerdem lassen sich darüber hinaus weitere Themen identifizieren, die für den Erfahrungsaustausch mit anderen Regionen besonders relevant sein können. Hierzu zählt beispielsweise die Verbindung von Bioenergie und Tourismus oder Bioenergie und Naturschutz. Die Projektdatenbank beinhaltet hierzu verschiedenste Projektansätze, welche durch Interessierte adaptiert werden können.

Die folgenden Kapitel widmen sich ausgewählten Aspekten der Biomassennutzung in Bioenergie-Regionen. Ein Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten fiel hierbei auf einen neuen Bewertungsansatz zur Effizienz von Stoffströmen (Stoffstromeffizienz). Kapitel 4.1 behandelt diesen Bewertungsansatz und stellt erste Ergebnisse aus Fallstudien vor, die bereits mit dieser Methodik bewertet werden konnten. Ebenfalls große Relevanz im Forschungskonzept erfuhr das Thema der Wärmegewinnung aus Bioenergie. Hierzu sind im Kapitel 4.2 drei zentrale Aspekte zusammengefasst. Weiterhin erlaubte es das Forschungsdesign der technisch-ökonomischen Begleitforschung zwei zusätzliche Themen herauszugreifen und wissenschaftlich zu untersuchen, die nicht in jeder Region eine Rolle spielten. Hierbei wurden die Themen „Einsatz alternativer Rohstoffe“ (Kapitel 4.3), „effiziente Etablierung von Landschaftspflegematerial“ (Kapitel 4.4) und „ehrenamtliche Multiplikatoren für Bioenergie“ (Kapitel 4.5) vertieft analysiert und daraus Erkenntnisse zur Regionalentwicklung mit Bioenergie abgeleitet.

4.1 Effizienz von Stoffströmen

Im Mittelpunkt der Effizienzmaßnahmen in den Bioenergie-Regionen standen die Bioenergieanlagen, durch welche die eigentliche Energiewandlung stattfindet. Daneben wurden aber auch die vor- und nachgelagerten Prozesse thematisiert. So reichten die Aktivitäten von Maßnahmen zur Anpassung der Rohstoffproduktion bis hin zum Ausbau des Energieabsatzes (Abbildung 35). Die Regionen gingen aber auch Projekte an, die den gesamten Stoffstrom von Biomasseanbau bis zum Endenergieeinsatz betreffen.

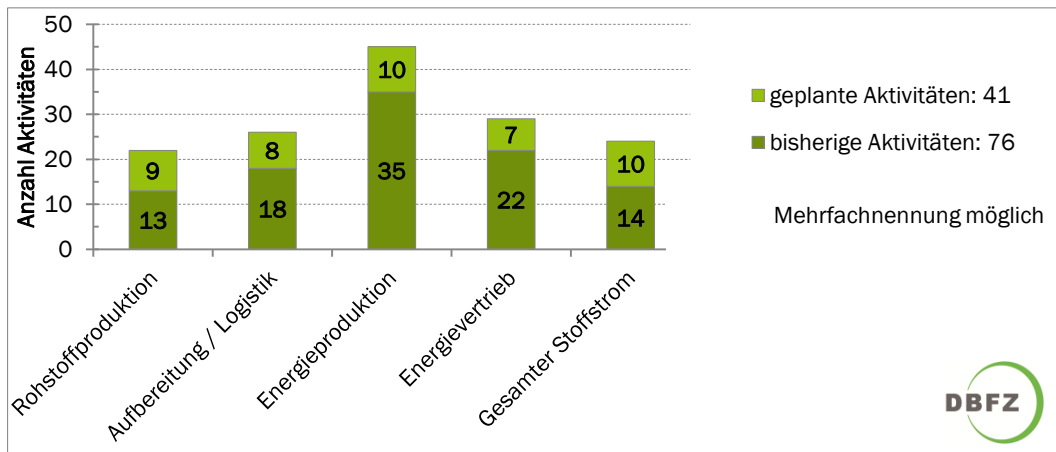


Abbildung 35: Anzahl bisheriger und geplanter Aktivitäten zur Erhöhung der Stoffstromeffizienz in Bioenergie-Regionen nach dem ersten Projektjahr der zweiten Förderphase. Datengrundlage: Regionale Zwischenberichte 2013

Die Analyse hat ebenfalls gezeigt, dass das Begriffsverständnis in den Regionen sehr unterschiedlich ist. Die Regionen nutzen den Begriff Effizienz individuell und unterscheiden im Wortgebrauch häufig nicht zwischen verschiedenen Effizienzansätzen. Anhand eines Stoffstroms können außerdem mehrere Effizienz Aspekte thematisiert werden. Im Rahmen der technisch-ökonomischen Begleitforschung wurde daher im Zuge des Arbeitspaket 4 (AP 4) eine neue wissenschaftliche Methode entwickelt, die auf Seiten der Regionalmanagements die Diskussion der Effizienz von Stoffströmen erleichtert und dazu beiträgt, den unscharfen Gebrauch verschiedener Effizienzbegriffe zu vereinfachen. Diese wird im Folgenden vorgestellt.

4.1.1 Vom Stoffstrommanagement zur Stoffstromeffizienz

4.1.1.1 Hintergrund des Stoffstrommanagement

Seit 1994 bestehen in Deutschland Leitbilder einer „neuen Stoffpolitik“ (Deutschland / Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ 1994). Die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages konkretisierte damit das Konzept des „sustainable development“, welches mit dem Brundlandt-Report bekannt wurde. Durch eine solche mit Bewertungs- und Managementansätzen untermauerte Stoffpolitik sollte Einfluss auf Art und Umfang der Stoffbereitstellung, der Stoffnutzung sowie der Abfallbehandlung genommen werden (Buneß 1997). Damit war das lebenszyklusorientierte

Management von Stoffströmen entwickelt, das den Fokus auf eine ressourcenschonende Wirtschaftsweise legt.

Stoffströme werden genutzt, um Produktionsprozesse samt ihrer vor- und nachgelagerten Bestandteilen darstellen zu können. Ein Stoffstrom ist gekennzeichnet durch Materialbewegungen, die bei der Gewinnung, Verarbeitung, Produktion, Verbrauch und Verwertung von Roh-, Hilfs-, und Betriebsstoffen anfallen. Zentrale Elemente ergeben sich dabei durch Energieerzeugung und -verbrauch sowie durch die Herstellung von Produkten und Abfällen (Seidenberger u. a. 2009).

Im Bereich der Bioenergieerzeugung können ausgehend von der Nachfrage nach beispielsweise Strom, Wärme oder Kraftstoffen die Stoff- und Energieflüsse um das Konversionssystem „bottom-up“ modelliert werden. Das bedeutet, die Stoffe und Energien der Kalkulation entsprechen den Bedingungen der betrachteten Konversionsanlage. Mit Hilfe der Stoffstromanalyse kann somit der vollständige Einsatz von Ressourcen sowie das Emissions- und Abfallaufkommen ermittelt werden, die mit der Erzeugung des Energieprodukts einer bestimmten Anlage zusammen hängen.

Das Steuern der Stoffströme wird **Stoffstrommanagement** genannt. Es wird darunter *„das Zielorientierte, verantwortliche, ganzheitliche und effiziente Beeinflussen von Stoffsystemen verstanden, wobei die Zielvorgaben aus dem ökologischen und dem ökonomischen Bereich kommen, unter Berücksichtigung von sozialen Aspekten.“* (Enquete 1994 in Weber-Blaschke 2009).

Vorteil des Stoffstrommanagements im Gegensatz zu End-of-Pipe-Strategien¹⁰ ist die produktionsintegrierte Anpassung der Prozesse und die Optimierung des Produktlebenszyklus durch Zusammenarbeit mit anderen Akteuren. Das heißt, die Maßnahmen setzen input-, verfahrens- oder outputseitig auf den Ebenen der Prozesskette an, was eine erhöhte Ressourcen- und Energieproduktivität gewährleistet sowie Emissionen bereits vor ihrer Entstehung vermeidet (Walther 2010: S. 19). Das Stoffstrommanagement kann somit im Bereich der betrieblichen Effizienzverbesserung angewandt werden, indem kontinuierliche Prozessabläufe und die damit verbundenen Kosten analysiert werden. Ein typisches Beispiel ist die verfahrensseitige Optimierung des Verhältnisses zwischen Hauptprodukt und Nebenprodukt, um die Ressourceneffizienz zu steigern.

Mit der **Strategie einer nachhaltigen Entwicklung** (vgl. Die Bundesregierung 2002) folgte auf das Stoffstrommanagement aufbauend ein ganzheitlicher Ansatz, der zunehmend ökologische und soziale Zielsetzungen berücksichtigt (Walther 2010: S. 51). Neben dem Fokus auf Ressourcen im Produktionsprozess, gewannen weitere Rahmenbedingungen wie die Umweltverschmutzung oder Unfallvorsorge verstärkt an Bedeutung. Für die Bioenergie bedeutet diese Strategie, eine effiziente und umweltschonende Energiebereitstellung mit möglichst geringen Mehrkosten gegenüber fossilen Energieträgern. Die Energiegewinnung aus Holz und landwirtschaftlichen Roh- und Reststoffen schien hierfür ideal geeignet zu sein.

Der Forschungs- und Technologierat Bioökonomie (Berlin) (2012: S. 20) stellte jedoch im Jahr 2012 fest, dass die bisher im Fokus der deutschen Bioenergiepolitik stehenden Bioenergie-Linien (wie Bio-

¹⁰ End-of-Pipe-Strategien betrachten nicht den Produktionsprozess selbst, sondern nachgeschaltete Effekte oder allein die Verwertung des Outputs.

kraftstoffe oder Biogas aus Mais) relativ hohe CO₂-Vermeidungskosten aufweisen. Der Beirat empfahl, sich auf solche Energielinien zu konzentrieren, bei denen sich Klimaschutzziele mit geringeren Vermeidungskosten erreichen lassen. Hierfür führte er die Biogaserzeugung auf Güllebasis, möglichst mit Kraftwärmekopplung (KWK), die kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis von Hackschnitzeln (aus Waldrestholz oder Kurzumtriebsplantagen) und die Mitverbrennung von Hackschnitzeln bzw. Stroh in bestehenden Großkraftwerken an. Damit wird deutlich, dass die ausgewiesene Effizienz (hier Klimavermeidungskosten) nicht von Konversionstechnologien allein, sondern von der gesamten Kette eines Stoffstroms abhängt.

4.1.1.2 Effizienz im Zusammenhang mit Produktivität & Effektivität

Effizienz wird umgangssprachlich oft als Synonym für **Produktivität** verwendet. Während Produktivität das Verhältnis von Output und Input beschreibt, drückt die Effizienz aus, ob dieses Verhältnis einer festgelegten Referenz oder einem anvisiertem Ziel entspricht (Kreimeier 2012: S. 16). Bei dem Begriff **Effektivität** stellt sich hingegen lediglich die Frage, ob eine Menge an Output oder ein Ziel erreicht wird, unbeachtet vom benötigten Input (Pehnt 2010: S. 2). Damit erhalten Effizienzaussagen stets einen beurteilenden Charakter, da sie aus einer Ist-Produktivität und einer Referenz-Produktivität (Sollwert) gebildet werden. Die Berechnung der Effizienz orientiert sich damit zum einen am anvisierten Ziel, aber auch am ungünstigsten Wert, den das Input-Output-Verhältnis einnehmen kann.

Das **Hinzuziehen von Zielwerten** ist immer sinnvoll, wenn aufgezeigt werden soll, wie weit die gemessene Produktivität von einem festgelegten Ziel entfernt ist (siehe Abbildung 36). Die Effizienz wird infolgedessen als relativer Abstand angegeben, der damit die wertende Information enthält. Dadurch wird schnell ersichtlich, wo und in welchem Umfang Effizienzsteigerungen tatsächlich möglich sind.

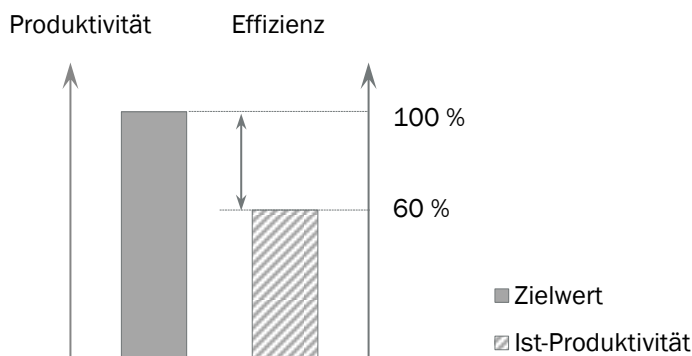


Abbildung 36: Vergleich von Produktivitätswerten. Kreimeier 2012: S. 17.

Die Abbildung 36 zeigt schematisch den Unterschied zwischen Produktivität und Effizienz. Für beide Werte gelten sowohl die primäre als auch die sekundäre Achse. Auf der linken Achse kann man den absoluten Messwert ablesen. Die rechte Achse zeigt die relative Effizienz an.

4.1.1.3 Nutzung effizienzanzeigender Indikatoren in der Literatur

Bei der Bewertung von Prozessen der Energieerzeugung ist in der Regel die nutzbare Endenergie als Output heranzuziehen. Diesem können verschiedene Input-Größen gegenübergestellt werden. Je nach betrachtetem Input, haben sich entsprechende Effizienzbegriffe ausgeprägt:

Flächeneffizienz:	Typisch bei allen Kriterien zur Darstellung der Flächeneffizienz ist die Bilanzierung auf ein Kalenderjahr. Alle ausgewiesenen Größen sind damit Jahreswerte, da der Biomasseertrag unmittelbar von der Vegetationsperiode abhängt. Die Produktionsfläche wird hierbei stets als Input (Aufwand) bilanziert, während der Energieertrag bzw. die Emissionen auf der Output- respektive Nutzenseite steht (Eckner und Vetter 2013; Igelspacher 2006; Stubinitzky 2009; Zimmer und Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut 2008).
Energieeffizienz:	Anwendung findet dieses Verhältnis insbesondere auf der Ebene der Energieumwandlung, bei der in der Regel unter Energieeffizienz der Wirkungs- bzw. Nutzungsgrad der Umwandlung verstanden wird (Irrek u. a. 2008; König 2010). Die Energieeffizienz ist darüber hinaus für alle Prozesse nutzbar, bei denen Energie als Input aufgewendet werden muss, wie beim Output von Leistungen, Dienstleistungen oder Waren (Pehnt 2010: S. 2). So können Stoffströme ebenfalls über energetische Kennzahlen vergleichbar gemacht werden (Effenberger u. a. 2009; Walther 2010).
Ressourceneffizienz:	Als Ressourceneffizienz beschreibt Walther (2010: S. 10) die Strategie, „mit gleichem Ressourceneinsatz mehr materielle Güter [...] bzw. mit geringeren Ressourcenaufwand den gleichen materiellen Wohlstand zu erzeugen.“ Der Fokus auf den Ressourceneinsatz soll dabei vor allem Einsparpotenziale in der Produktion aufdecken (Schmidt 2009: S. 147ff), um eingesetzte Ressourcen, wie Schmierstoffe, Kühlmittel, Energie und Rohmaterialien bei konstanter Ausbringungsmenge zu vermindern (Kreimeier 2012: S. 7). Auch Kosten können als finanzielle Ressourcen herangezogen werden.
Ökoeffizienz:	Bei der Ökoeffizienz wird eine ökonomische Outputgröße zu einer mit dem Prozess zusammenhängenden ökologischen Inputgröße (als Umwelteinfluss) ins Verhältnis gesetzt (Baumgartner und Biedermann 2009). Hierbei wird der Aufwandsbegriff erweitert und als Input knappe Güter der Umwelt definiert, wie etwa der Verbrauch an Lebensraum, sauberer Luft, sauberem Wasser usw. (Schmidt 2009: S. 146). Damit zählen auch Emissionen oder Abfall als Formen der Umweltbelastung als ökologische Inputgröße, obgleich sie eigentlich als Output im Prozess anfallen (Engel u. a. 2009). Unter den Begriff der Ökoeffizienz fallen auch die Ansätze zur Bewertung des Umweltzustandes und der Biodiversität (Gaillard und Daniel 2003; Rode und Kanning 2010; Urban 2011: S. 72ff).
Klimaeffizienz:	Die Erkenntnisse zum anthropogen bedingten Klimawandel (vgl. IPCC 2006) haben dazu geführt dazu, dass man vor allem bei der Energieerzeugung den Treibhausgas-Ausstoß bewertet (Schneider und Pehnt 2010: S. 108ff). Die Klimafolgen sind umso niedriger, je stärker das Ergebnis die CO _{2äq} -Emissionen von einem fossilen Referenzwert unterschreitet (Stubinitzky 2009; Zimmer und Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut 2008). Als Bewertungsgrundlage gibt man stets den Emissionsoutput pro Energieoutput an (Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) u. a. 2011; König 2010: S. 44; Neeft 2015).
Soziale Effizienz:	Soziale Indikatoren werden insbesondere von bzw. bei großen, global operierenden Unternehmen angewendet, wobei grundlegende Sozialstandards erfasst werden. Dazu gehören neben Gesundheit & Sicherheit sowie Arbeitszeit unter anderem auch Kinderarbeit, Organisationsfreiheit oder Diskriminierung (Baumgartner und Biedermann 2009; Walther 2010: S. 63f). Viele dieser Aspekte sind wenig für rechnerische Verfahren geeignet, so-

dass Indikatoren der sozialen Effizienz oft verbal argumentativ bewertet werden (vgl. Lambertz 2010).

Wirtschaftlichkeit Unter Umständen dienen auch Gestehungskosten der Energiebereitstellung zur Effizienzbewertung (Bayerische Akademie der Wissenschaften u. a. 2007; Igelspacher 2006; Stubinitzky 2009). Für die Bewertung zieht man die kumulierten Kosten des Stoffstroms heran, und stellt sie dem Energieoutput gegenüber.

Weil für die Effizienzansätze unterschiedliche Produktivitäten definiert sind, ergeben sich auch verschiedene Ansätze zur Effizienzsteigerung. Die maximale Produktivität hängt dabei davon ab, wie das Verhältnis von Input und Output ausfällt. Somit liegt die theoretische maximale Produktivität zwischen null und unendlich. Diese Unterschiede sind für die verbreitetsten Effizienzansätze in Tabelle 5 gegenübergestellt.

Tabelle 5: Unterschiedliche Effizienzbegriffe am Beispiel einer Bioenergieanlage. Eigene Darstellung nach Baumgartner und Biedermann 2009; Kreimeier 2012; Peht 2010; Schneider und Peht 2010; Zimmer und Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut 2008

Effizienzansatz	Flächen-effizienz	Energieeffizienz	Ressourcen-effizienz	Ökoeffizienz	Klimaeffizienz
Definition Produktivität	$\frac{\text{Energieoutput}}{\text{Fläche}}$	$\frac{\text{Energieoutput}}{\text{Energieinput}}$	$\frac{\text{Energieoutput}}{\text{Ressourceninput}}$	$\frac{\text{Energieoutput}}{\text{Natürl. Ressource}}$	$\frac{\text{Emissionsoutput}}{\text{Energieoutput}}$
Anwendungs-beispiel	Rohstoffbereitstellung von landwirtschaftlichen Flächen	Verbrennung von Holz zur Wärmebereitstellung	Energieträger aus Waldrestholz gewinnen	Wasserverbrauch für den Kühlkreislauf eines Motors	Methanentweichung an Blockheizkraftwerken
Effizienzsteigerung durch ...	Höheren Ertrag in der Fläche	Größerer Energieoutput	Inputseitig geringere Verluste	Weniger Verbrauch natürlicher Ressourcen	Weniger Emissionen
Maximale Produktivität	∞	1	!Div0	!Div0	0

4.1.1.4 Die Stoffstromeffizienz in Form einer ganzheitlichen, integrierten Bewertung

Die Literaturrecherche zeigt, dass bei der Effizienzbetrachtung nur in Einzelfällen Zielwerte herangezogen werden. Stattdessen findet meistens ein Vergleich der unterschiedlichen Produktivität, also effizienzanzeigender Indikatoren, von alternativen Systemen statt. Damit werden absolute Unterschiede zwischen den Alternativen ohne bewertende Dimension deutlich.

Sollen **mehrere Inputs für ein Produkt** bilanziert werden, ist es naheliegend, das Produkt als funktionelle Einheit zu definieren. Eine funktionelle Einheit wird bei Bilanzierungsansätzen, wie beispielsweise der Ökobilanzierung benutzt, um „einen Bezug zu schaffen, auf den die Input- und Outputflüsse bezogen werden“ (ISO 14040). Nach Witte und Geusen (2012) kann man mit dem Verhältnis von Aufwand zu Nutzen, also dem Kehrwert der Produktivität, mehrere Input-Größen auf die funktionelle Einheit beziehen.

Einige Forschungsarbeiten ziehen für die Bewertung von Bioenergie-Linien bereits mehrere Effizienzanzeigende Indikatoren heran (u.a. König 2010; Stubinitzky 2009). Diese bewerten vor allem Indikatoren der ökonomischen (wie Gestehungskosten, Ressourcen) und ökologischen (wie Flächen, Treibhausgase) Dimension. Eine ganzheitliche Bewertung umfasst zusätzlich die soziale Dimension. Das sogenannte Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit¹¹ wurde bereits für Bewertungsansätze bei Bioenergieanlagen zugrunde gelegt (BASF SE 2012; Dürr 2011; Zech u. a. 2012). Eine ganzheitliche Bewertung von Bioenergiestoffströmen, bei der ökonomische, ökologische und soziale Inputs auf den Energieoutput als funktionelle Einheit bezogen werden, ist bislang jedoch nicht etabliert.

Der Ansatz zur Stoffstromeffizienz schließt diese Lücke, indem er die Effizienzansätze mit ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive zu einem integrierten Bewertungsansatz verschmilzt. Als Grundlage dient hierfür ein gesamter Bioenergie-Nutzungspfad von der Rohstoffbereitstellung bis zur Energieverwendung. Die funktionelle Einheit der effizienzanzeigenden Indikatoren ist hierbei der Energieoutput. Während sich die bisherigen Managementansätze nur Teilaspekten bzw. einzelnen Säulen der Nachhaltigkeit widmeten, besteht bei der Stoffstromeffizienz das Ziel, das betrachtete System gleichermaßen hinsichtlich Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft analysieren und bewerten zu können.

4.1.2 Entwicklung einer Methode zur Bewertung der Effizienz von Stoffströmen

4.1.2.1 Ziel des Methodenentwicklung

Das Ziel des Forschungsansatzes besteht darin, eine wissenschaftliche Methodik zur **sachlichen Bewertung der Effizienz von Stoffströmen** zu entwickeln. Die Zielgruppe der Bewertungsergebnisse liegt dabei einerseits bei regionalen Schlüsselakteuren wie z.B. Regionalmanagern oder Energieberatern. Diese sollen durch die Ergebnisse in die Lage versetzt werden, die Debatte um die Nutzung und Effizienz von Bioenergie zu versachlichen. Andererseits sind die Akteure des Stoffstroms selbst Zielgruppe der Ergebnisse, da sie über die potenzielle Effizienzsteigerung ihres jeweiligen Anlagenkonzeptes bestimmen. Alles in allem soll die Methodik zukünftig auch dabei helfen, eine ganzheitliche und sachliche Diskussion zur Effizienz verschiedener Bioenergie-Stoffströme zu führen.

Bestandteil des Forschungsansatzes ist es außerdem, die wissenschaftliche Methode in einem praxisnahen Modell umzusetzen und an Fallbeispielen zu erproben. Über eine Evaluation ist schließlich die Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis herauszuarbeiten. Mit vier praktischen Anwendungsfällen aus Bioenergie-Regionen kann außerdem dazu beigetragen werden, das Effizienzverständnis weiter zu entwickeln bzw. zu schärfen. Abschließend findet eine Evaluation und Sensitivitätsanalyse statt, um die Anwendbarkeit und Aussagekraft des Ansatzes zu bewerten.

¹¹ Abgrenzung Nachhaltigkeits- und Effizienzbewertung: die Nachhaltigkeitsbewertung basiert auf der Aufnahmefähigkeit (Puffervermögen) der Umwelt sowie der Ressourcenverfügbarkeit (Regenerationsvermögen) der Natur. Auf dessen Grundlage werden Emissionen bzw. Entnahmen bewertet. Die Effizienzbewertung stellt dagegen ein Verhältnis zwischen Input und Output dar und berücksichtigt Umwelt- und Naturkapazitäten nicht.

4.1.2.2 Systemgrenzen und Bilanzraum des Bewertungsverfahrens

Die Komplexität eines integrierten, multikriteriellen Bewertungsansatzes führt dazu, dass die Berechnung der Stoffstromeffizienz auf konkrete Sachverhalte reduziert werden muss. Dies erfolgt über die Definition der Systemgrenzen und des Bilanzraumes des Bewertungsverfahrens. Der Bilanzraum ergibt sich dabei durch den funktionalen Betrachtungsgegenstand, also den vier Ebenen des Stoffstroms von der Herstellung der Rohstoffe bis hin zur Abgabe von Bioenergie durch **eine konkreten Bioenergieanlage** (siehe Abbildung 37). Die Effizienz eines Nutzungspfades sollte dabei unter Zuhilfenahme von Indikatoren mit jeweils ökonomischen, ökologischen oder sozialem Fokus auf allen vier Ebenen bewertet werden.

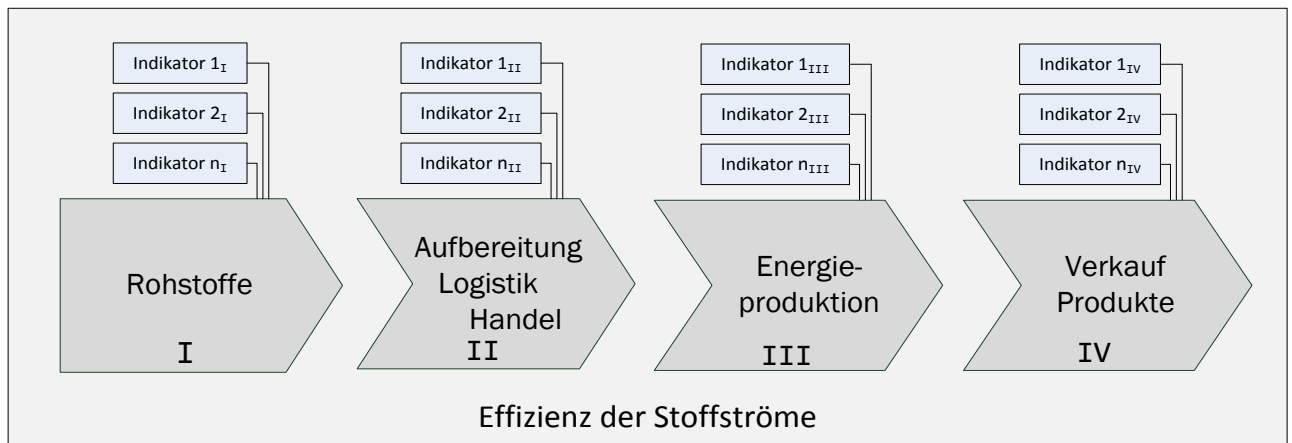


Abbildung 37: Bilanzraum und Ansatzpunkte der Indikatoren auf allen vier Ebenen zur Bewertung der Effizienz von Stoffströmen. Eigene Darstellung.

Die Systemgrenzen umfassen nicht nur Energie- und Stoffströme, wie das bei reinen Stoffstromanalysen der Fall ist, sondern auch weitere Bilanzierungsfaktoren wie z.B. Arbeitszeit, Kosten oder Emissionen des zu betrachtenden Stoffstroms einer Bioenergieanlage (siehe Abbildung 38). Für die Analyse von Input- und Outputströmen dienen die betrieblichen Grenzen der jeweiligen Anlage samt ihrer Vorketten und der Energieverteilung zum Endkunden. Für die Bilanzierung wird stets ein Kalenderjahr als zeitliche Bezugsbasis zugrunde gelegt.

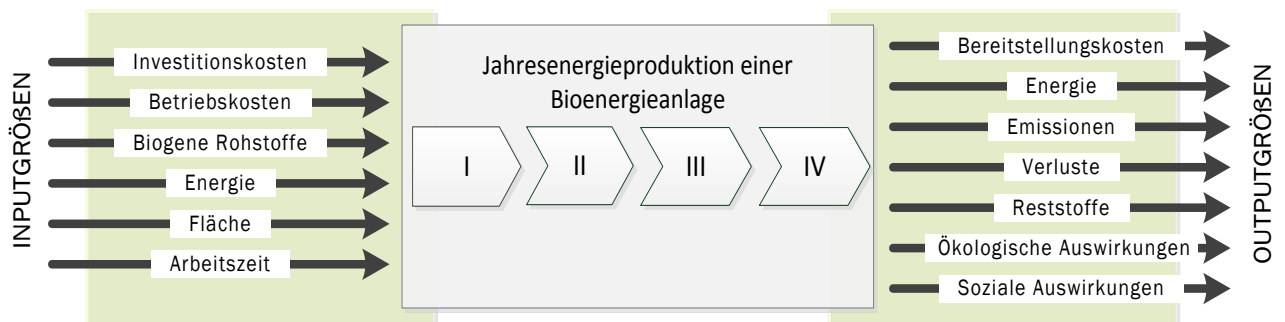


Abbildung 38: Input- und Outputgrößen, die innerhalb der Systemgrenzen der Stoffstromeffizienz liegen. Eigene Darstellung.

Für die Vergleichbarkeit der Effizienz mehrerer Stoffströme ist es schließlich notwendig, dass ein einheitlicher Bezug als funktionelle Einheit festgelegt wird, da mehrere Wirkungen eines Produktes neben-

einander dargestellt werden sollen (vgl. Kapitel 4.1.1). Um den vielschichtigen Bewertungsansatz mit mehreren Ebenen und zahlreichen Indikatoren möglichst nachvollziehbar zu gestalten und außerdem verschiedene Stoffströme miteinander vergleichen zu können, werden die Indikatoren bei mehreren Produkten (z.B. Strom und Wärme) mittels energetischer Allokation berechnet¹². Der Nutzen des Stoffstroms stellt dementsprechend stellvertretend für die Energieerzeugung eine Kilowattstunde Energie dar, bei der alle Energieformen gleichwertig enthalten sind.

4.1.2.3 Indikatoren zur Bestimmung der Stoffstromeffizienz

Das wissenschaftliche Modell soll den Untersuchungsgegenstand angemessen abbilden. Das bedeutet, dass die Indikatoren zur Bewertung der Stoffstromeffizienz dem zu bewertenden System und den Bewertungszielen angepasst sein müssen (Urban 2011: S. 28). Hierzu führte eine ausgedehnte Literaturrecherche bezüglich der vorgestellten Effizienzansätze (siehe Kapitel 4.1.1.3) zu einer umfangreichen Liste, bereits verwendeter Indikatoren. Entsprechend des festgelegten Bilanzraums und der Systemgrenzen sowie der Anforderungen an einen ganzheitlichen Ansatz eignen sich jedoch zahlreiche bereits etablierte Indikatoren nur bedingt. Jeder zu wählende Indikator sollte repräsentativ für die Beschreibung bestimmter Zustände oder Wirkungsweisen eines gesamten Systems sein, dabei auf eine eindimensionale Fragestellung abzielen und gleichzeitig dessen Messbarkeit vereinfachen (Lambertz 2010: S. 48). Weiterhin muss jeder Indikator zu einer Dimension eindeutig zuzuordnen sein und verlässliche sowie reproduzierbare Ergebnisse auf Basis verfügbarer Daten erlauben. Die recherchierten Indikatoren wurden nach diesen Kriterien bewertet. Soweit möglich wurden anschließend bestehende Indikatoren aus der Literatur übernommen, angepasst oder entsprechend hergeleitet. Das Indikatorenset enthält schließlich insgesamt zwölf Indikatoren, welche sich gleichmäßig auf die Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales verteilen (siehe Abbildung 39). Maßgeblich basieren diese auf König (2010), Zech u. a. (2012), Effenberger u. a. (2009), Igelspacher (2006), Kreimeier 2012 und Stubinitzky (2009).

Ökonomie	Ökologie	Soziales
Anlagenauslastung	THG-Emissionen	Regionalität
Gestehungskosten	Flächenbedarf	Beschäftigung
Kostenstabilität	Extensive Bewirtschaftung &	Partizipationsniveau
Energieintensität	Kaskadennutzung	Potenzielle Störung

Abbildung 39: Das Indikatorenset zur Ermittlung der Stoffstromeffizienz für die Dimensionen Ökonomie, Ökologie, Soziales.

¹² Die Wirkungen der Bioenergieerzeugung (wie z.B. Flächenbedarf) können mit einem Allokationsverfahren auf die Produkte (z.B. Strom und Wärme) aufgeteilt werden (Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) u. a. 2011; Igelspacher 2006: S. 19ff). Die energetische Allokation weist jedem Produkt die gleiche Wertigkeit pro Energieeinheit zu, sodass die spezifische Wirkung aller Produkte (z.B. Flächenbedarf pro kWh Strom oder Wärme) gleich hoch ausfällt. Die exergetische Allokation weist dem Produkt Strom die Wertigkeit 1 und dem Produkt Wärme entsprechend seiner im Vergleich geringerer Arbeitsfähigkeit die Wertigkeit von etwa 0,17 zu. Die vorliegende Arbeit nutzt die energetische Allokation.

Nachfolgend sind die Indikatoren einzeln aufgeführt und die verwendeten Parameter für die Operationalisierung aufgelistet. Weitere Hintergründe und Berechnungsvorschriften enthält Anhang A 7.

Anlagenauslastung:	<p>Der Indikator „Anlagenauslastung“ gibt an, wie nah die Anlage an ihre Jahreskapazität heranreicht. Die Wirtschaftlichkeit einer Bioenergieanlage hängt im Wesentlichen von der Anlagenauslastung ab (Karl 2012: S. 361). Beim Betrieb der Anlage verteilen sich die spezifischen Investitionskosten auf den Energieoutput. Durch den Skaleneffekt reduziert dabei eine steigende Produktionsmenge - also eine höhere Anlagenauslastung - die spezifischen Fixkosten. Ziel bei der Anlagenplanung ist es daher, kostengünstige Anlagen mit möglichst hoher Auslastung kontinuierlich einzusetzen und An- und Abfahrvorgänge zu vermeiden (Karl 2012: S. 315).</p>
Gestehungskosten:	<p>Parameter: Volllaststunden; Produktionsleistung; Maximale Jahreskapazität</p> <p>Dieser Indikator gibt an, wie hoch die spezifischen Kosten pro bereitgestellter Kilowattstunde Energie ausfallen. Die VDI Richtlinie 2067 gibt vor, wie die Wirtschaftlichkeit von Anlagen zur Wärmeversorgung sowie mit KWK berechnet wird. Die spezifischen Energieerzeugungskosten werden hierbei in kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundene sowie sonstige Kosten aufgeteilt (nach Karl 2012: S. 357). Die Berechnung für den gesamten Stoffstrom beinhaltet damit alle Kosten, die entlang der Kette für die Energieproduktion anfallen. Über den Indikator „Gestehungskosten“ wird somit die ökonomische Effizienz des Stoffstromes abgebildet.</p> <p>Parameter: Investitionskosten; Verbrauchskosten; betriebsgebundene und sonstige Kosten; Investitionen mit Zinssatz und Abschreibungsdauer</p>
Kostenstabilität:	<p>Im volatilen Energiemarkt kommt der Stabilität von Kosten eine besondere Bedeutung zu, da dies dazu beitragen kann, Kostenrisiken auf Seiten der Endverbraucher zu verringern. Dies betrifft insbesondere die Wärmeversorgung, die stets über den regionalen Markt gehandelt wird. Dieser Indikator erlaubt eine Aussage über die Entwicklung der Gestehungskosten bei sich ändernden Kostenkonstellationen und hat somit eine zeitliche Komponente. Der Indikator „Kostenstabilität“ sagt demzufolge aus, wie sensibel die Gestehungskosten auf Änderungen einzelner Kosten reagieren.</p> <p>Parameter: Rohstoffkosten; Kosten für Zusatzenergie</p>
Energieintensität:	<p>Die „Energieintensität“ sagt aus, wie stark der Energieeinsatz den Energieoutput übersteigt und bildet damit den Aspekt der Energieeffizienz ab. Damit wird deutlich, wie hoch der Mehraufwand für die Bereitstellung von Bioenergie ausfällt bzw. wie hoch die energetischen Verluste sind. Konversionsverluste sowie aufzuwendende externe Zusatzenergie erhöhen die Energieintensität und haben damit einen erheblichen Einfluss auf die Energiebilanz des Stoffstromes. Aus Perspektive der Nachfrageseite zieht man hierbei das Verhältnis Aufwand zu Nutzen heran (Irrek u. a. 2008). Eine Steigerung der Effizienz bedeutet dabei, weniger Energie für dasselbe Maß an Nutzen zu verbrauchen. Der Indikator ist angelehnt an Effenberger u. a. (2009) und Irrek u. a. (2008).</p> <p>Parameter: Stoffgebundener Energieinhalt; Zusatzenergiebedarf</p>
THG-Emissionen:	<p>Dieser Indikator erfasst den Beitrag des Stoffstroms zur Treibhauswirkung. Der Ausstoß von Treibhausgasen wirkt zwar ortsunspezifisch und zeitlich sehr unkonkret. Die langfristigen Wirkungen sind im globalen Maßstab jedoch unbestritten (IPCC 2006). Damit repräsentiert er die Klimateffizienz des Stoffstroms. Die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen erfolgt nach Neeft (2015).</p> <p>Parameter: Emittierte Menge von CO₂-Äquivalenten</p>

Flächenbedarf: Über den Indikator „Flächenbedarf“ wird ersichtlich, welcher Flächenumfang für die Erzeugung von Bioenergie beansprucht wird. Hierüber sind Aspekte der Flächeneffizienz sowie der Kaskadennutzung abbildbar. Dabei werden sowohl Flächen herangezogen, die die Energieanlagen und weitere Einrichtungen einnehmen als auch die für die Produktion der Biomasse benötigt werden. Der Indikator ist angelehnt an König (2010).

Parameter: Beanspruchte Fläche durch Rohstoffanbau; Beanspruchte Fläche durch Bauwerke und Anlagenbestandteile

Extensive Bewirtschaftung: Dieser Indikator gibt an, wie hoch der Flächenanteil unter extensiver Bewirtschaftung an der gesamten Rohstoffproduktionsfläche ist. Dies umfasst die Bewirtschaftung mit positiven Umwelteffekten nach Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2008); Frieder u. a. (2009). Damit bildet der Indikator die Intensität der Landbewirtschaftung ab und wird dementsprechend nur auf Ebene I – Biomasseproduktion erhoben.

Parameter: Extensiv bewirtschaftete Fläche

Kaskadennutzung: Mit diesem Indikator wird abgebildet, welcher energetische Anteil aus Biomassen im Rahmen einer Kaskadennutzung gewonnen wird. Eine Kaskadennutzung liegt dann vor, wenn die energetisch zu verwertende Biomasse vorher mindestens einer weiteren (stofflichen) Nutzungsebene diente (Abfall) oder wenn die Biomasse bei der Herstellung eines stofflich genutzten Produktes als Nebenprodukt anfällt (Reststoff) (Arnold u. a. 2009). Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verwendung von Rest- und Abfallstoffen im Vergleich zur Verwendung von Anbaubiomasse umweltentlastend wirkt (siehe hierzu Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) u. a. 2011: S. 87).

Parameter: Mengen und Brennwerte der zugeführten Anbaubiomassen und Reststoffe / Nebenprodukte

Regionalität: Der Indikator Regionalität bildet ab, in welchem räumlichen Zusammenhang die Rohstoffbereitstellung, die Aufbereitung und Lagerung sowie schließlich der Endenergieverbrauch mit der Konversionsanlage steht. Daher werden auf den Stoffstromebenen die Lage der jeweiligen Prozesse und ihre räumliche Beziehung im Kontext zum Anlagenstandort betrachtet (siehe Abbildung 40).

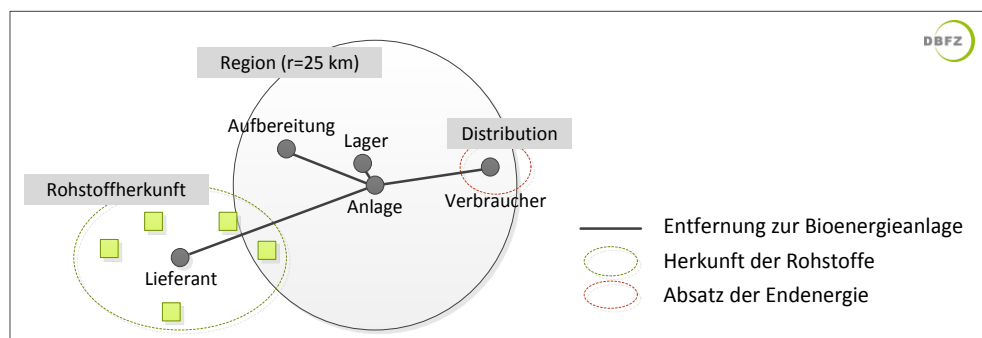


Abbildung 40: Räumlicher Zusammenhang von Rohstoffbereitstellung, Aufbereitung und Lagerung sowie der Endenergieverbraucher mit der Konversionsanlage, Schema. Eigene Darstellung

Gleichwohl dieser Indikator auch ökonomische Aspekte repräsentiert, spielt er wegen der Bedeutung für die regionale¹³ Kreislaufwirtschaft eine große soziale Rolle. Man kann davon ausgehen, dass Regionalität von Prozessabläufen auch Bildungs- und Beschäftigungsmöglichkeiten für Anwohner schafft und somit zum gesellschaftlichen Gleichgewicht beiträgt (Öko-Institut e.V. 2007).

Parameter: Entfernung zur Bioenergieanlage in Kilometer

Beschäftigung: Über den Indikator „Beschäftigung“ wird abgebildet, welche (Brutto-)Beschäftigungseffekte durch den Stoffstrom induziert werden. Sowohl der Biomasseanbau als auch dessen Weiterverarbeitung und schließlich der Betrieb von Bioenergieanlagen geschehen unter Personaleinsatz. Der damit verbundene Erhalt und die Schaffung von Arbeitsplätzen trägt zum Sicherheitsempfinden der Bevölkerung bei, indem ihr Einkommen gesichert wird (Dürr 2011).

Parameter: Beschäftigtes Personal in Stunden

Partizipationsniveau: Dieser Indikator gibt an, wie stark die regionale Bevölkerung bzw. die Energieverbraucher in Planung und Betrieb der Energiebereitstellung involviert sind (angelehnt an Wright u. a. 2007). Partizipation ist daher gesellschaftlich bedeutsam, weil sie zum Aufbau von sozialem Kapital führen kann und soziales Vertrauen und Akzeptanz verstärkt. Partizipativ ausgelegte Vorhaben zielen darauf ab, örtliche Interessen zu berücksichtigen und Win-Win-Situation zu unterstützen. In dem Fall, wo die örtlichen Anwohner auch finanziell an der Energieproduktion beteiligt sind, hat dies sogar Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung.

Parameter: Partizipationsniveau in 9 Stufen

Potenzielle Störung: Mit der potenziellen Störung wird bewertet, in welchem Umfang negative Wirkungen seitens des Stoffstroms auf die Bevölkerung ausgehen können. Generell können Nutzungen störend wirken, „die der bestehenden städtebaulichen Ordnung eines bestimmten Gebiets widersprechen und aus diesem Grund von den Gebietsbewohnern als Fremdkörper wahrgenommen werden“ (Biermann 2014: S. 157). Darunter fallen im Kontext von Bioenergieanlagen Emissionen, also Lärm sowie Gerüche und andere Luftverunreinigungen, als auch visuelle Beeinträchtigungen (vgl. Biermann 2014: S. 159f). Als störende Wirkungen sind Verkehrslärm und visuelle Änderungen des gewohnten Landschaftsbildes berücksichtigt.

Parameter: Ästhetische Bewertung der Kulturen auf Ebene I (nach Briegel u. a. 2009); Anzahl Transportfahrten; Größe der Bioenergieanlage; technischer Aufwand der Energieverteilung

¹³ In der Literatur herrscht keine Einigkeit über die räumliche Ausdehnung des Begriffes „regional“. Während z.B. Dobers und Opitz 2007 für regionale Logistikstrukturen unter anderem eine mittlere Transportentfernung von 20 km annehmen, beziehen Schulze u. a. 2012 zur Bewertung von Standorten für Biomassehöfe einen Umkreis von 15 km (Biomassebereitstellung und -aufbereitung) bzw. von 30 km (Distribution) in die Untersuchungen ein. Die durchschnittliche Flächengröße der Bioenergie-Regionen von 1.976 km² (vgl. Grunddatenerhebung AP 1) repräsentiert modellhaft eine Kreisfläche mit einem Radius von 25,08 km. Das Selbstverständnis der Regionen berücksichtigend kann damit eine Transportentfernung bis zu 25 km als „in der Region liegend“ angenommen werden. Überschreitet ein Stoff- oder Energietransport diese Distanz, so wird dies als über-regionaler – importierter - Stoffstrom betrachtet.

4.1.2.4 Normierung und Aggregation

Für die Ermittlung der Effizienz von Stoffströmen wird das Vorgehen von Kreimeier (2012) mit dem von Witte und Geusen (2012) kombiniert (siehe Kapitel 4.1.1). Anstelle der Ist-Produktivität (Nutzen / Aufwand) wird also die Intensität (Aufwand / Nutzen) für die Indikatoren berechnet. Diese Berechnung der Intensität ist detailliert in Anhang A 7 dargestellt. Die anschließende Berechnung der Effizienz erfolgt unter Berücksichtigung des ungünstigsten Wertes, den die Intensität annehmen kann sowie dessen Zielwert (siehe ebenfalls Anhang A 7). Dies ermöglicht auch für Indikatoren mit Minimierungsziel eine lineare Abbildung der Effizienzergebnisse (siehe Abbildung 41).

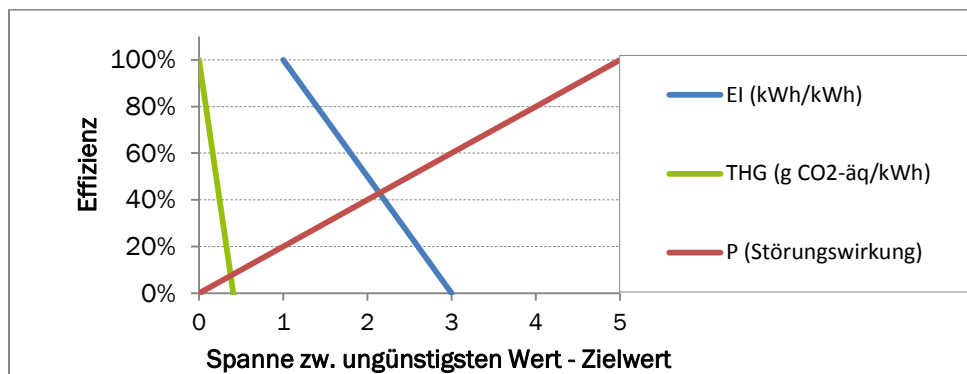


Abbildung 41: Lineare Abbildung der Indikator-Effizienz am Beispiel dreier Indikatoren: Energieintensität – EI, THG-Emissionen – THG, Partizipationsniveau – P. Eigene Darstellung DBFZ.

Abbildung 41 verdeutlicht, dass ein Minimierungsziel stets zu einem negativen Anstieg führt, wie es am Beispiel der THG-Emissionen deutlich wird: dieser Indikator erreicht volle Effizienz, wenn keine Treibhausgase entstehen, der ungünstigste Wert liegt bei 0,406 kg CO₂-Äq pro Kilowattstunde, was dem fossilen Referenzwert entspricht.

Nach der Berechnung der Indikatorwerte und der Effizienzwerte, liegt für jeden der 12 Indikatoren ein normierter Effizienzwert vor. Diese können anschließend aggregiert werden, um die Stoffstromeffizienz zu berechnen. Die Ergebnisse können dafür entweder zu mehreren Zahlen (Low Level Aggregation) oder zu einer einzigen Zahl (High Level Aggregation) aggregiert werden (Weber-Blaschke 2009: S. 131). Als High Level Aggregation wird die Stoffstromeffizienz als Mittelwert aus allen 12 Indikatoren gebildet.

Vorteile der High Level Aggregation sind die unmittelbare Vergleichbarkeit mehrerer Stoffströme sowie die Möglichkeit, Zeitreihen zu bilden (Engel u. a. 2009: S. 30). Nachteil ist jedoch, dass Informationen zu möglichen Optimierungspotenzial verloren gehen, da hoch aggregierte Kennzahlen keine Hinweise darauf geben, wie z.B. Umweltleistungen verbessert werden können (ebd. S. 28). Bei der Effizienz von Stoffströmen werden daher alle Einzelergebnisse ausgewiesen und beide Aggregationsstufen durchgeführt und zur Diskussion gestellt.

4.1.3 Ergebnisse der durchgeführten Fallstudien

Für eine erstmalige Anwendung der Methodik dienten vier Fallstudien zu Stoffströmen aus Bioenergie-Regionen für eine umfassende Prüfung der Funktionsweise und Anwendbarkeit von Methodik und Rechenmodell. Als Fallstudien konnten Betreiber von je zwei Biogasanlagen und Heizkraftwerken gewonnen werden (siehe Tabelle 6). Diese stellten die Informationen aller vier Ebenen ihrer Stoffströme für die Begleitforschung zur Verfügung. Aufgrund des Schutzes von Betriebsdaten erfolgt die Diskussion der Ergebnisse anonym und ohne Angabe eines Anlagenstandortes. In die Durchführung der Fallstudien waren jeweils ausschließlich Firmenmitarbeiter der Bioenergieanlagen involviert.

Biogasanlage 1 ist durch einen Anteil von Mais als energetischen Inputstoff in Höhe von ca. 83 % gekennzeichnet, setzt aber darüber hinaus ebenfalls Zwischenfrüchte und tierische Exkremente ein. Biogasanlage 2 setzt nur Gülle und ausgesondertes Getreidekorn ein, wobei letzteres 35 % des Energieeinsatzes ausmacht. Die Energiewandlung geschieht an beiden Biogasanlagen per Blockheizkraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung. Die untersuchten Heizkraftwerke nutzen jeweils ausschließlich Waldrestholz in Form von Hackschnitzeln. Heizkraftwerk 1 setzt eine ORC-Einheit zur Stromgewinnung ein. Das wesentlich größere Kraftwerk 2 ist stattdessen mit einer Dampfturbine ausgestattet.

Tabelle 6: Charakteristika der vier Fallstudien zur Effizienz von Stoffströmen.

Fallstudie	Installierte Leistung	Einsatzstoffe
BGA 1	0,700 MW _{el}	Maissilage, Hähnchenmist, Rindermist, Grünroggen, Zuckerrüben
BGA 2	0,265 MW _{el}	Getreidekorn, Rindergülle, Schweinegülle
HKW 1	0,295 MW _{el} + 1,675 MW _{th}	Holz hackschnitzel (Waldrestholz)
HKW 2	5,360 MW _{el} + 18,3 MW _{th}	Holz hackschnitzel (Waldrestholz)

Die Datenerhebung erfolgte mit einem gesonderten Erhebungsbogen, auf dem getrennt nach den Ebenen des Stoffstroms alle benötigten Werte einzutragen waren. Als Bezugsjahr diente das Jahr 2014. Diese Daten wurden anschließend in das Excel-basierte Modell übertragen, in dem dann die Berechnung der Ergebnisse stattfand (siehe hierzu Anhang A 9). Für jede Fallstudie wurde dabei einheitlich die in Kapitel 4.1.2 erläuterte Methodik angewendet. Durch die ebenfalls einheitlich zugrunde gelegten Zielwerte sind damit alle vier Fallstudien miteinander vergleichbar. Dem Anhang A 8 sind die einzelnen Ergebnisse für die Fallstudien zu entnehmen. Die folgenden Grafiken veranschaulichen diese Ergebnisse.

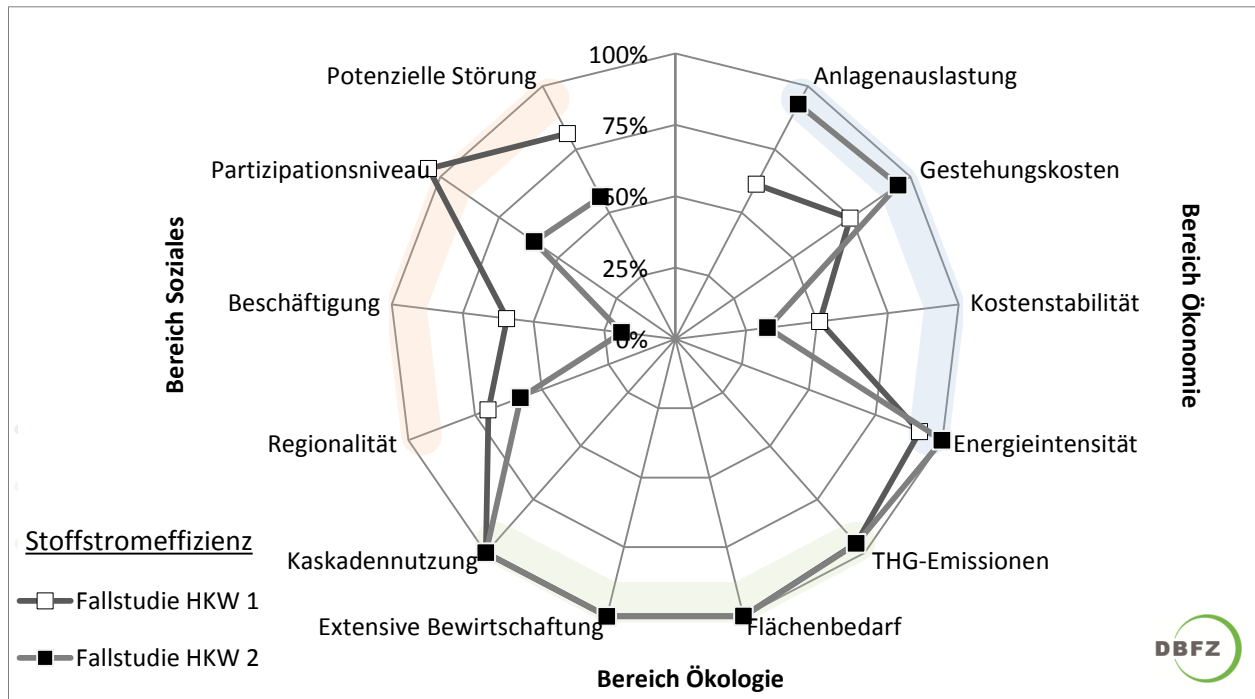


Abbildung 42: Ergebnisdiagramm der 12 Indikatoren zur Effizienz von Stoffströmen zweier Heizkraftwerke im Jahr 2014 im Vergleich. Eigene Darstellung

Abbildung 42 macht die unterschiedlichen Effizienzwerte für die beiden Stoffströme der analysierten Heizkraftwerke deutlich. Beide HKW weisen eine durchgängig sehr hohe Effizienz bei den Indikatoren im Bereich Ökologie auf. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass durch den Einsatz von Waldrestholz kein Rohstoffanbau explizit für die Kraftwerke nötig ist. In der Folge erreichen die Indikatoren „Flächenbedarf“, „extensive Bewirtschaftung“ und „Kaskadennutzung“ 100 %. Die THG-Emissionen sind sehr niedrig und setzen sich nur aus Emissionen des Zusatzenergieaufwandes sowie des Kraftwerksbetriebs zusammen.

Sowohl im Bereich Ökonomie als auch im Bereich Soziales werden hingegen starke Unterschiede zwischen den beiden Fallstudien deutlich. Während HKW 2 vor allem bei der Auslastung, den Kosten und der Energieintensität eine sehr hohe Effizienz erreicht, punktet HKW 1 mit besseren Werten bei allen Indikatoren im sozialen Bereich. Dies kommt durch den verschiedenen Anlagencharakter zustande. HKW 2 ist eine Großanlage, die durch den Skaleneffekt sowie den Fokus auf den Grundlastbetrieb eine hohe Auslastung und niedrigen Kosten je kWh erreicht. Der Anteil von Kapital- und Betriebskosten sind hier sehr gering, weswegen diese Anlage auch eine niedrigere Kostenstabilität gegenüber Preisschwankungen auf Seiten des Rohstoffeinkaufs oder der Zusatzenergie aufweist. Während HKW 2 einen Großteil der Rohstoffe überregional bezieht, ist HKW 1 hingegen sehr regional orientiert. Gleichzeitig ist je erzeugter kWh bei HKW 1 auch deutlich mehr Personal pro erzeugter kWh beschäftigt. Bei diesem Stoffstrom partizipiert außerdem die Bevölkerung sehr umfassend an Entscheidungen zum Betrieb der Anlage, weswegen sie den Zielwert zum Partizipationsniveau übererfüllt. Der geringeren Anlagengröße geschuldet, und aufgrund der geringeren Anzahl an Transportfahrten erreicht HKW 1 außerdem einen besseren Wert bei der potenziellen Störung.

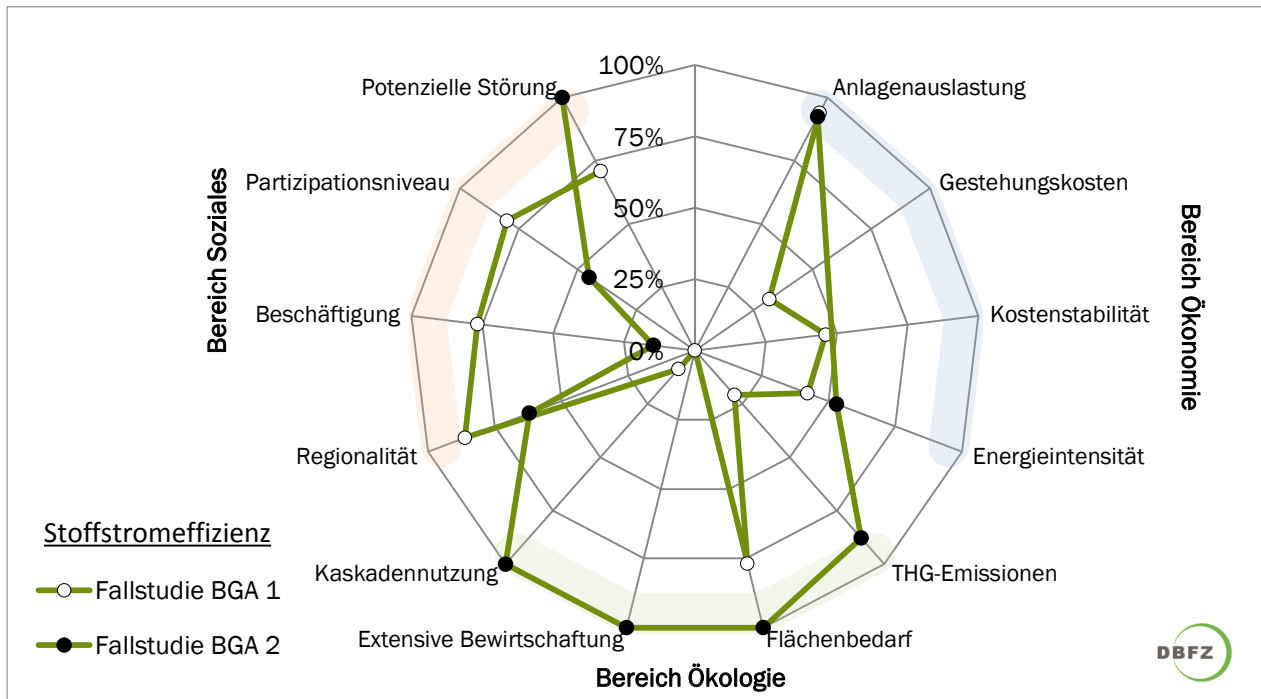


Abbildung 43: Ergebnisdiagramm der 12 Indikatoren zur Effizienz von Stoffströmen zweier Biogasanlagen im Jahr 2014 im Vergleich. Eigene Darstellung

Abbildung 43 zeigt die Effizienzwerte für die Stoffströme der beiden analysierten Biogasanlagen. Durch die unterschiedliche Anlagengrößen sowie die andersartigen Anlagenkonzepte weisen beide Stoffströme gänzlich andere Werte in allen drei Bereichen der Effizienzbewertung auf. Nur die Anlagenauslastung ist bei beiden Anlagen auf einem gleich hohen Niveau.

Die Stärken des Stoffstroms von BGA 1 liegen klar im sozialen Bereich. Alle Indikatoren erreichen hier einen Wert um 75 % oder höher. Dieser Stoffstrom ist sowohl regional ausgerichtet, hat eine hohe Beschäftigung zur Folge und bezieht die Bevölkerung in einem angemessenen Umfang ein. Allein die Effizienz der potenziellen Störung liegt niedriger als die des zweiten Biogasstoffstroms. BGA 2 erreicht hierbei den Zielwert, da diese als kleine Gülleanlage gut in die Landschaft integriert ist und kaum Transporte verursacht. Dies hat jedoch auch zur Folge, dass bei diesem Stoffstrom die Bevölkerung kaum eine Rolle spielt und nahezu keine Beschäftigungseffekte entstehen.

Der Stoffstrom von BGA 2 kann stattdessen im Bereich Ökologie stark punkten. Weil diese Anlage ausschließlich tierische Exkremate sowie Rückstände der Nahrungsmittelproduktion im Sinne einer Kaskadennutzung einsetzt, ist kein Energiepflanzenanbau nötig. Dementsprechend werden bei den „Indikatoren Flächenbedarf“, „extensive Bewirtschaftung“ und „Kaskadennutzung“ die Zielwerte zu 100 % erreicht. Der niedrige Anteil von Reststoffen im Stoffstrom von BGA 1 sowie die Tatsache, dass die Anbaubiomasse konventionell bereitgestellt wird, führen im Gegensatz dazu zu sehr niedrigen Effizienzwerten.

Auch bezüglich der Effizienz des Indikators „THG-Emissionen“ reichen die beiden Biogas-Fallstudien weit auseinander. Beide Anlagen weisen einerseits ein offenes Gärrestlager auf, was die THG-Bilanz stark beeinflusst. Während jedoch der Rohstoffanbau auf Ebene I für BGA 1 eine zusätzliche Emis-

onsquelle darstellt, können für BGA 2 umfangreiche Gutschriften aufgrund der Gülleverwertung angerechnet werden. Darüber hinaus kann die komplette Wärme der Gülleanlage abgesetzt werden, sodass dies zusätzlich die spezifischen Emissionen minimiert. Zur Kostenzusammensetzung konnte bei der Fallstudie von BGA 2 keine Auskunft erfolgen, weswegen im Bereich Ökonomie kein Vergleich möglich ist.

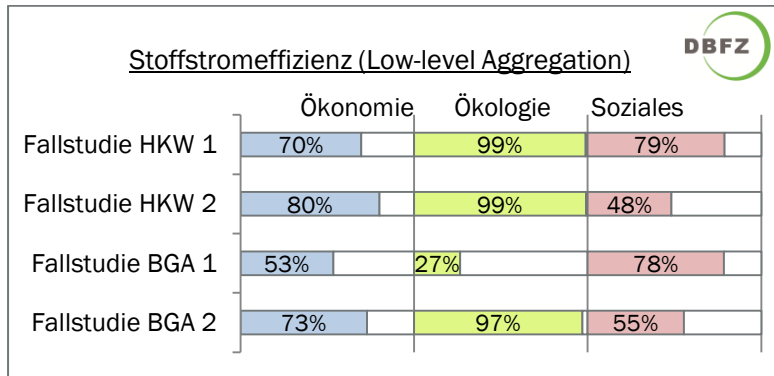


Abbildung 44: Ergebnisse der Effizienz von Stoffströmen als low-level Aggregation für die Bereiche Ökonomie, Ökologie und Soziales. Eigene Darstellung.

Die low-level Aggregation macht auf einen Blick ersichtlich, in welchen Bereichen die untersuchten Stoffströme ihre Stärken haben (siehe Abbildung 44). Dabei sind bei den Fallstudien keine markanten Unterschiede zwischen den beiden Technologiepfaden auszumachen. Sowohl Stoffströme von Heizkraftwerken als auch von Biogasanlagen können eine sehr hohe Effizienz in allen drei Bereichen erreichen. Es hat sich gezeigt, dass eine hohe ökonomische Effizienz dabei weder eine hohe soziale Effizienz noch ökologische Effizienz ausschließt. Allerdings weisen die beiden Fallstudien mit der höchsten Effizienz im Bereich Ökonomie auch die niedrigste Effizienz im Bereich Soziales auf. Hierbei ist sowohl eine Biogasanlage als auch ein Heizkraftwerk vertreten.

Aggregiert man alle 12 Indikatoren der drei Bereiche, erhält man die Stoffstromeffizienz als eine zusammenfassende Zahl. Hierbei erreicht der Stoffstrom von HKW 1 mit insgesamt 82 % den höchsten Wert (siehe Abbildung 45). Das bedeutet, dieser Stoffstrom erreicht im Mittel die gesetzten Zielwerte zu 82 %. Mit 53 % erzielt der Stoffstrom von BGA 2 zwar den niedrigsten Wert im Vergleich, aber auch hier sind einzelne besonders effiziente Indikatoren auszumachen, wie die bisherige Analyse gezeigt hat.

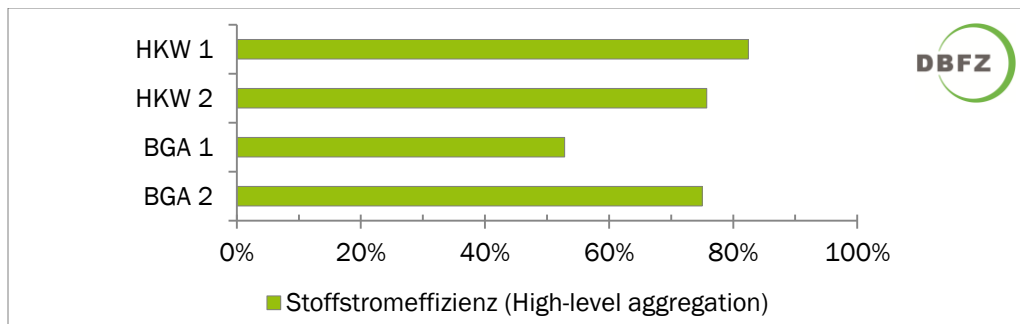


Abbildung 45: Endergebnisse der Effizienz von Stoffströmen als high-level Aggregation. Eigene Darstellung.

Im Anschluss an die Berechnung der Stoffstromeffizienz erfolgte eine erste Evaluation der Methodik durch die Anlagenbetreiber. Hierbei antworteten zwei zentrale Ansprechpartner von Stoffströmen auf Fragen der Begleitforschung zum Datenaufwand, der Anwenderfreundlichkeit sowie zur Aussagekraft der Ergebnisse. Die übrigen Akteure standen hierfür nicht zur Verfügung.

Bei der Evaluation hat sich herausgestellt, dass ein Großteil der benötigten Kennwerte den Betreibern als „Betriebsdaten“ bereits vorliegen. Im Einzelfall kam es jedoch auch vor, dass einem Befragten bis zu 30 % der Daten nicht vorlag. Daher ist es entscheidend, die Personen auf den einzelnen Ebenen des Stoffstroms anzusprechen, welche einen entsprechenden Zugang zu den benötigten Werten besitzen. Ein befragter Akteur sieht hierbei die Aufgabe beim Anlagenbetreiber, die benötigten Daten entlang des gesamten Stoffstroms zuzuarbeiten. Als Zeitaufwand für die Fallstudie wurde zwei Stunden angegeben.

Im Verlauf der Bearbeitung, wie auch bei der Evaluation kristallisierten sich einzelne Kennwerte als kritisch heraus bzw. wollten von den Befragten nicht preisgegeben werden. Dies betraf in erster Linie den Zusatzenergieaufwand sowie die Kostenzusammensetzung der Bioenergieanlagen. Bei einer öffentlichen Diskussion konkreter Bioenergieanlagen könnte die Preisgabe dieser Werte die Teilnahmebereitschaft der Akteure des Stoffstroms mindern.

Der Datenerhebungsaufwand wird - in Anbetracht der erhofften Resultate (Versachlichung, sachliche Diskussion) - insgesamt als angemessen bewertet. Die befragten Akteure sind außerdem der Meinung, dass die Ergebnisse in der Praxis für eine Versachlichung und sachliche Diskussion über die Stoffströme der Bioenergie genutzt werden können. Die Form der Ergebnisdarstellung wird als Diskussionsgrundlage als ebenfalls geeignet empfunden. Ein Anlagenbetreiber gab außerdem an, dass die Ergebnisse der Effizienzbewertung auch zu Optimierungen motivieren könnten.

In allen vier Fallstudien kam ein Fragebogen zur Datenerhebung zum Einsatz, welcher ausschließlich die Felder zur Dateneingabe enthält. Das EXCEL-Modell fand für keine der Fallstudien zur Datenerhebung Anwendung. Die Komplexität der Methodik sowie die zahlreichen Eingabe- und Berechnungsfelder mit Hinweisen und Literaturwerten sei für die Datenlieferanten zu unübersichtlich und der Aufwand einer Einarbeitung zu hoch.

4.1.4 Bewertung der Methodik

Ziel des Forschungsansatzes war es, mit der Methodik „Effizienz von Stoffströmen“ einen gesamten Bioenergie-Nutzungspfad aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Perspektive standardisiert bewerten zu können. Mit dem vorgestellten Bewertungsansatz sowie der vier durchgeführten Fallstudien konnte dies praxisnah erprobt werden. Die Ergebnisse ermöglichen eine sachliche Diskussion der Effizienz aus verschiedenen Blickwinkeln.

Die Ergebnisse der Fallstudien von Heizkraftwerken und Biogasanlagen machen die Unterschiede zwischen einzelnen Technologien deutlich. Merkmal der betrachteten Heizkraftwerke ist beispielsweise eine grundsätzlich sehr hohe ökologische Effizienz, da kein Rohstoffanbau nötig ist. Die untersuchten Biogasanlagen erreichen hier insbesondere bei den Indikatoren „Kaskadennutzung“ und „extensive Bewirtschaftung“ niedrige Werte, da ein Großteil des stoffgebundenen Energieinputs zumeist aus konventionell angebauten Energiepflanzen stammt. Zweitens zeigen sich ebenfalls deutlich die Unterschie-

de zwischen Stoffströmen der gleichen Technologie. Dies ermöglicht einen unmittelbaren Vergleich der Vorzüge einzelner Stoffströme. So ist z.B. eine hohe Beschäftigung je kWh aus sozialer Perspektive sehr positiv einzuschätzen, hat jedoch ggf. höhere Gestehungskosten je kWh zur Folge. Dieser Zusammenhang geht sehr gut aus den HKW-Fallstudien hervor.

Mit der Methode lässt sich ermitteln, wo Stärken und Schwächen bei der Effizienz der Stoffströme liegen. Dies wird einerseits über die jeweiligen Indikatorwerte als auch an den aggregierten Werten deutlich, da dies unmittelbar einen Rückschluss auf das Erreichen der Zielwerte erlaubt. Dabei stehen die in der Literatur bereits häufig verwendeten Effizienzansätze Klimaeffizienz, ökologische Effizienz, Energieeffizienz, Ressourceneffizienz und soziale Effizienz im Fokus. Entsprechend ihrer jeweiligen Zielstellung beeinflussen sich einige der Indikatoren jedoch auch negativ. Diese Zusammenhänge, vor allem zwischen den Bereichen Ökologie und Soziales, fehlen in einer rein ökonomischen Bewertung und werden durch den ganzheitlichen Bewertungsansatz für Bioenergiestoffströme nun greifbar.

Durch die Nutzung der jährlichen Gesamtenergieerzeugung als funktionelle Einheit, hängen die Ergebnisse mehrerer Indikatoren nicht nur vom eigentlichen Messwert, sondern auch vom Energieoutput auf Ebene IV ab. Dies verdeutlicht die **Sensitivitätsanalyse** am Beispiel der Fallstudie von BGA 1. Hierfür wurde der Kennwert „Wärmenutzung“ variiert und die übrigen Stoffstromdaten von BGA 1 übernommen. Abbildung 46 zeigt auf, wie sich die Ergebnisse verändern, wenn einerseits 0 % und andererseits 100 % der Wärme genutzt würde. Auf die Änderung der Wärmenutzung reagieren vier Indikatoren sensitiv. Würde keine Wärmeauskopplung stattfinden, so hätte dies eine Verringerung der Effizienz der „Energieintensität“ und der „THG-Emissionen“ auf 0 zur Folge. Dies bedeutet, dass dann einerseits der spezifische Energieaufwand pro erzeugter kWh bei über 3 kWh sein würden und ebenfalls die THG-Emissionen über denen der fossilen Referenz lägen. Weniger stark, aber ebenfalls verringern würde sich die Effizienz des Indikators „Flächenbedarf“, da dann die gleiche beanspruchte Fläche weniger Energieoutput gegenübersteht. Im Bereich Soziales zeigt sich eine steigende Effizienz des Indikators „Beschäftigung“, wenn weniger Wärme abgesetzt wird, weil so dem gleichen Personalaufwand weniger Energieoutput gegenübersteht.

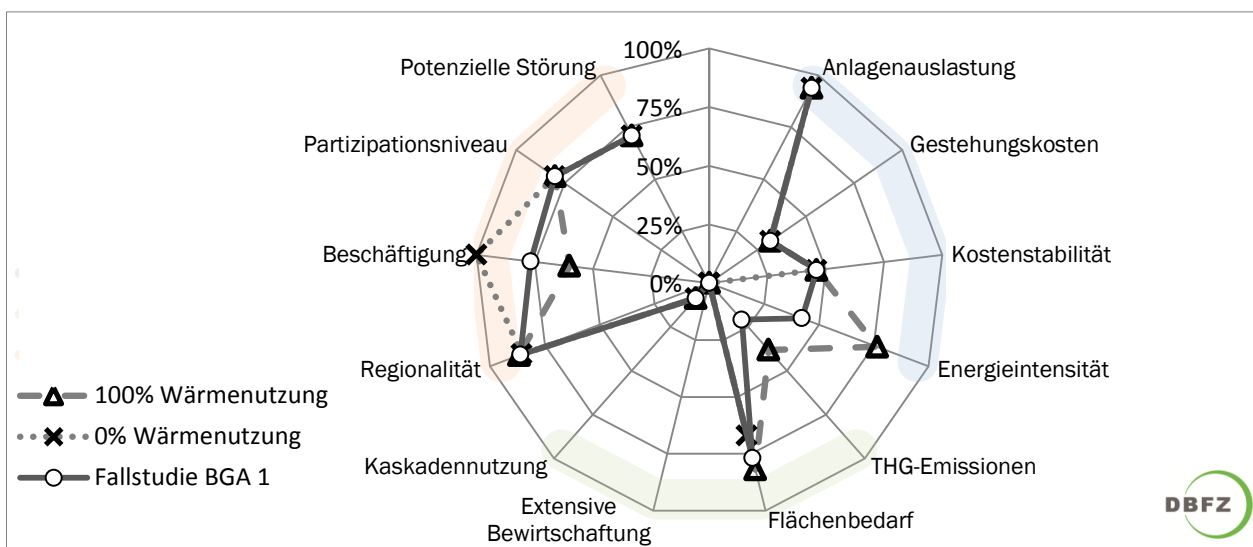


Abbildung 46: Sensitivitätsanalyse der Effizienz von Stoffströmen am Beispiel der Fallstudie von BGA 1. Variation der Wärmenutzung.

Alles in allem zeigt die Sensitivitätsanalyse, dass allein durch eine Optimierung des Wärmeabsatzes im Anlagenbetrieb drei Indikatoren bessere Ergebnisse erzielen würden (siehe Abbildung 46). Die Effizienz eines Indikators würde jedoch sinken. Am stärksten reagiert dabei der Indikator „Energieintensität“. Darüber hinaus wirkt sich auch die Variation anderer Faktoren auf mehrere Indikatoren aus. Insbesondere der Rohstoffanbau für Biogasanlagen hat dabei einen weitreichenden Einfluss auf nahezu alle Indikatoren.

Die Komplexität des Bewertungsverfahrens verdeutlicht ebenfalls die Herausforderung einer vollständigen Datenbasis sowie einer guten Datenqualität. Zwar liegen für einige Prozessschritte auch Literaturwerte vor, welche bei Datenlücken stellvertretend herangezogen werden können (wie etwa zu Zeit- und Energieaufwand der Pflanzenproduktion). Jedoch sind stets stoffstromspezifische Daten vorzuziehen. Die Ergebnisse der Fallstudien beruhen teilweise auf **Schätzungen der Befragten oder Annahmen** der Begleitforschung und sind damit zunächst als Orientierungswerte zu verstehen.

Es hat sich gezeigt, dass die Anlagenbetreiber als Datenlieferanten übersichtliche und einfach strukturierte Fragebögen vorziehen. Die Möglichkeit, unmittelbar das EXCEL-Modell zur Datenerhebung zu verwenden, wurde nicht angenommen, obwohl hier zahlreiche Hinweise und Literaturwerte integriert sind, sowie die Möglichkeit besteht, sich die Ergebnisse sofort anzeigen zu lassen.

Das EXCEL-Modell zur Berechnung der Indikatorwerte kann aktuell für Stoffströme von Heizwerken, Heizkraftwerken und Biogasanlagen genutzt werden. Es beinhaltet die Datenblätter zur Eingabe aller benötigten Informationen, die Zielwerte sowie die Beschreibung und Berechnung aller Indikatoren. Als Zusammenfassung sind darin ebenfalls alle Ergebnisse sowie die Diagramme dargestellt (siehe hierzu Anhang A 9). Um für weitere Technologien die Stoffstromeffizienz zu berechnen, ist es nötig, das Modell dahingehend weiterzuentwickeln. Ebenfalls ist es empfehlenswert, weitere Biomassen und Aufbereitungsverfahren mitsamt Literaturwerten einzufügen, um den Nutzern die Möglichkeit zu geben, ggf. eigene Annahmen zu treffen.

Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, einzelne Indikatoren weiterzuentwickeln. Beispielsweise haben beim Indikator THG-Emissionen die Gutschriften (Verwertung tierischer Exkremente) oder die mit dem Zusatzenergieaufwand verbundenen Emissionen einen großen Einfluss auf das Endergebnis. Das Verfahren der THG-Bilanzierung befindet sich in einem fortwährenden Entwicklungsprozess, was entsprechend bei der Weiterentwicklung des Indikators Berücksichtigung finden sollte. Auch wird aktuell das Zündöl in BHKW als Zusatzenergie gewertet, wobei es ebenfalls als stoffgebundener Energieeinsatz zugerechnet werden könnte.

Mit den Indikatoren sollten ebenfalls die Zielwerte und Referenzen weiteren Prüfungen unterworfen werden. Nicht nur für die THG-Bilanz des fossilen Referenzsystems kann mit der Zeit Anpassungsbedarf entstehen, auch weitere Mindest- und Zielwerte – etwa für „Partizipationsniveau“ oder „extensive Nutzung“ – könnten mit fortschreitenden Anwendungserfahrungen anzupassen sein.

Letztlich ist eine breit angelegte Anwendung in der Praxis mit entsprechend hoher Fallzahl empfehlenswert, um weitere Rückschlüsse hinsichtlich Optimierungs- und Anpassungsmöglichkeiten der Methodik zur Bewertung der Stoffstromeffizienz zu ermitteln. Der derzeitige Entwicklungsstand erlaubt dies bereits für die Stoffströme von Biogasanlagen und Heizkraftwerken.

4.1.5 Zwischenfazit zur Relevanz der Effizienz von Stoffströmen für die Regionen und Anlagenbetreiber

In Zukunft könnte die Methodik bei Entscheidungsverfahren oder bei Diskussionen zur Vorzüglichkeit verschiedener Bioenergietechnologien Einsatz finden. Ein solcher Vergleich kann in zweierlei Hinsicht erfolgen:

- Vergleich der Effizienz von Stoffströmen gleicher Technologien (z.B. Heizkraftwerk A mit Heizkraftwerk B)
- Vergleich der Effizienz von Stoffströmen verschiedener Technologien (z.B. Heizkraftwerk mit Biogasanlage)

Mit dem standardisierten Modell ist es möglich, eine umfassende Bewertung eines regionalen Anlagenbestandes durchzuführen, um somit effiziente wie auch optimierungswürdige Stoffströme zu identifizieren. Zwar ist mit den Ergebnissen keine Optimierung von Produktionszuständen wie Betriebstemperatur oder Stromverbrauch möglich, die Indikatoren dienen aber als Ansatzpunkte für die Effizienzsteigerung des jeweiligen Anlagenkonzeptes insgesamt. Insbesondere die beiden BGA-Fallstudien haben nochmals deutlich gemacht, dass eine Verwertung von Reststoffen bei maximaler Ausnutzung der Kraft-Wärme-Kopplung eine sehr hohe Effizienz im ökologischen Bereich aufweisen kann. Dies verdeutlicht die vom Forschungs- und Technologierat Bioökonomie (Berlin) 2012) geforderte Beachtung der Bioenergie-Linien mit hoher Bedeutung für den Klimaschutz (vgl. Kapitel 4.1.1).

Aus den Einzelergebnissen können schließlich Handlungsempfehlungen für eine Effizienzsteigerung einzelner Indikatoren abgeleitet werden. Zu beachten ist, dass die Kenntnis der Indikatordefinitionen aber auch der Mindest- und Zielwerte Voraussetzung für eine sachliche Diskussion und weiterführende Handlungsempfehlungen ist. Zur Optimierung einzelner Effizienzwerte kommen dabei verschiedene Optionen in Frage, wie das Beispiel „Flächenbedarf“ verdeutlicht. Als funktionelle Einheit hat der Gesamtenergieoutput einen maßgeblichen Einfluss, so dass eine Steigerung der Kraft-Wärme-Kopplung positiv auf den Flächenbedarf je kWh wirkt. Hinzu kommt ein möglichst geringer Platzbedarf für Rohstofflager und die Bioenergieanlage selbst. Bei einer Fallstudie war die Anlage an einem bestehenden Gebäudekomplex so gut integriert, dass keine zusätzlichen Zuwegungen nötig wurden. Insbesondere bei Bioenergieanlagen, für die Energiepflanzen angebaut werden, sinkt die Effizienz des Flächenbedarfs rasch ab. Gegensteuern kann man über die Nutzung von Zwischenfrüchten sowie einen möglichst hohen Anteil von Abfall- und Reststoffen. Das Beispiel des Flächenbedarfs verdeutlicht nochmals die Komplexität der Stoffströme sowie die vielseitigen Perspektiven, mit denen man sich bei einer Bewertung nähern kann.

Zusammenfassend ermöglicht die neu entwickelte Bewertungsmethode eine Versachlichung der Debatte um die Nutzung und Effizienz von Bioenergie. Mit Hilfe der 12 Indikatoren kann somit regionalen Schlüsselakteure wie z.B. Regionalmanagements oder Energieberater ein Instrument an die Hand gegeben werden, welches sie bei einer Diskussion zur Effizienz verschiedener Bioenergie-Stoffströme unterstützt. Die Effizienz von Stoffströmen stellt damit ein umfassendes Werkzeug dar, welches neue Handlungs- und Argumentationsgrundlagen für die Bioenergie liefern kann.

4.2 Die „Wärmewende“ in den Bioenergie-Regionen

Bereits bei der Erstellung der regionalen Entwicklungskonzepte für die zweite Förderphase legten viele Regionen Schwerpunkte im Bereich der biogenen Wärmeerzeugung und -nutzung. Dies fügt sich in die Zielstellung des Fördermittelgebers ein, Stoff- (und Energie-)ströme effizienter zu gestalten. Vor diesem Hintergrund wurden Fragestellungen der „Wärmewende in den Bioenergie-Regionen“ auch in den Arbeitsplan der technisch-ökonomischen Begleitforschung integriert. Hierbei lassen sich thematisch drei Teilbereiche unterscheiden:

1. Wärmeprojekte in den Bioenergie-Regionen

Das Thema war Bestandteil des AP 5.1 und wird in Abschnitt 4.2.1 näher dargestellt. Hierbei stellten sich folgende Teilfragen:

- Welche Wärmeprojekte wurden in den Regionen umgesetzt?
- Welche Herausforderungen gab es bei der Umsetzung und wie wurde damit umgegangen?
- Welche Ansätze & Notwendigkeiten lassen sich aus diesen Erfahrungen ableiten?

2. Wärmenetze in ländlichen Räumen: Segen oder Fluch?

Projekte mit Wärmenetzen (etwa im Kontext von Bioenergiedörfern) stellten bei der Analyse der Wärmeprojekte der Bioenergie-Regionen in AP 5.1 einen deutlichen Schwerpunkt dar. Aus diesem Grund wurden sie beim 16. Workshop der Bioenergie-Regionen am 14. und 15. Oktober 2014 in Bayreuth unter dem Titel „Wärmenetze für die Wärmewende“ ausführlich thematisiert. Im Zuge des Workshops wurden folgende Fragestellungen vertiefend diskutiert:

- Welche Chancen und Risiken bringt der Einsatz von Wärmenetzen in Ländlichen Räumen mit sich?
- Welche Rolle spielen Wärmespeicher in Wärmenetzen?
- Wie können Wärmenetzprojekte initiiert und begleitet werden?
- Wie können Wärmeabnehmer aus Industrie und Gewerbe in Wärmenetze integriert werden?

3. Wärmenutzung an Bestandsbiogasanlagen

Vor dem Hintergrund einer weiterhin hohen Anzahl an Biogasanlagen ohne externe Wärmenutzung, wurden innerhalb von AP 5.2 folgende Fragestellungen anhand von Fallstudien und Expertengesprächen untersucht:

- Welche fördernden und hemmenden Faktoren beeinflussen die Abwärmenutzung von Biogasanlagen?
- Wie passen (gesetzliche) Rahmen- und Investitionsbedingungen mit den Entwicklungsgeschichten einzelner Fallbeispiele zusammen?
- Wie kann zukünftig mehr Wärme von Biogasanlagen genutzt werden?

4.2.1 Wärmeprojekte in den Bioenergie-Regionen

4.2.1.1 Hintergrund und Zielsetzung

Wie bereits erwähnt, bildeten Konzepte zur biogenen Wärmenutzung einen Schwerpunkt in vielen REKs der 2. Förderphase. Bereits in der 1. Förderphase gab es in vielen Regionen Projekte zu diesem Thema. In den Regionen ähneln sich viele Problemstellungen und Vorhaben. Neben dem Ziel, diese inhaltlich zu erfassen, sollte daran angelehnt ein Erfahrungsaustausch im Sinne einer effizienten Nutzung des regionalen Wissens moderiert werden (vgl. Kapitel 2.2).

4.2.1.2 Methodisches Vorgehen

Um die Projekte im Bereich der Wärmenutzung zu erfassen, wurden die REKs der 2. Förderphase analysiert und ausgewertet. Dies erfolgte über eine Auswertung der Projektdatenbank zur Fördermaßnahme¹⁴. Darüber hinaus wurden die 21 Regionalmanagements gebeten, im Rahmen ihrer 1. regionalen Zwischenberichterstattung an die FNR, drei Fragen bezüglich der Wärmeprojekte in ihren Regionen zu beantworten (die Fragen sind Anhang A 10 zu entnehmen). Über die Auswertung dieser Fragen konnten vorhandene und geplante Wärmeprojekte identifiziert und quantifiziert werden. Dabei erfolgten auch die Erfassung von Problemen und Hemmnissen, die bei der Umsetzung der Projekte auftraten und der Umgang der Regionalmanagements mit diesen. Die Antworten auf die offenen Fragen wurden zusammengefasst und kategorisiert. Hierzu wurden Unterkategorien gebildet. Die Häufigkeiten der Nennungen in der Unterkategorie wurden jeweils zum Verhältnis aller Nennungen der Unterkategorie dargestellt. Dies dient dazu, inhaltliche Schwerpunkte der jeweiligen Unterkategorie abzubilden. Da überall Mehrfachnennungen möglich waren, ergibt sich so eine differenziertere Darstellung.

4.2.1.3 Ausgestaltung der Wärmeprojekte in den Regionen

Insgesamt wurden in den REKs der 2. Förderphase 315 Projekte identifiziert und in einer Projektdatenbank hinterlegt. Hiervon behandeln 76 Projekte den Schwerpunkt „biogene Wärmenutzung und -produktion“. Eine Verteilung der Projekte auf die Bioenergie-Regionen ist Abbildung 47 zu entnehmen.

¹⁴ Diese Projektdatenbank wurde in Zusammenarbeit mit der FNR erarbeitet und auf der Homepage www.bioenergie-regionen.de den Regionalmanagements und der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Siehe hierzu auch AP 6 in Kapitel 4.

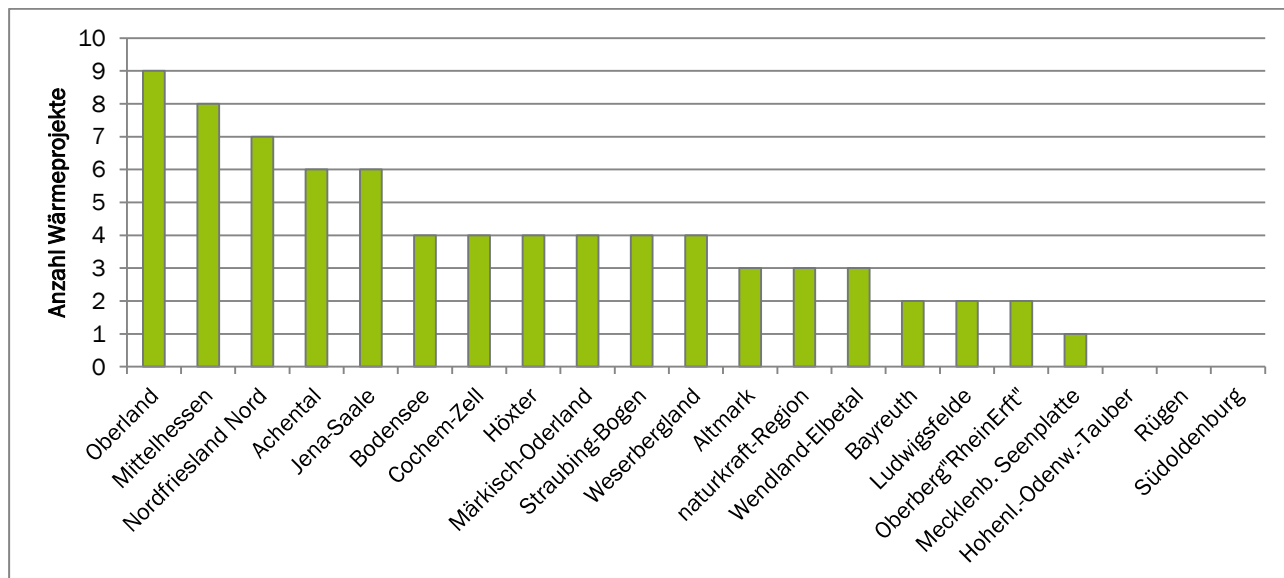


Abbildung 47: Anzahl der in den RECs der 2. Förderphase identifizierten Wärmeprojekte nach Regionen. Datengrundlage: Projektdatenbank Bioenergie-Regionen, Stand: 01.02.2014

Eine detailliertere Beschreibung der Wärmeprojekte ist den nachfolgenden Auswertungen der Befragung im Rahmen der 1. regionalen Zwischenberichterstattung zu entnehmen. Hierzu bleibt anzumerken, dass die Anzahl und Verteilung der Projekte mit der Anzahl der Projekte in Abbildung 47 als Auszug aus den RECs nicht deckungsgleich sein muss. Tabelle 7 ordnet zunächst vorhandene und geplante Wärmenutzungskonzepte verschiedenen Technologien zu.

Tabelle 7: Vorhandene und in der 2. Förderphase geplante Wärmenutzungskonzepte nach Anlagentypen in den Bioenergie-Regionen. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen möglich.

	bereits vorhanden				Nutzung geplant			
	BGA	HW	HKW	Summe	BGA	HW	HKW	Summe
Wärmenetz	18	16	0	34	12	12	3	27
Trocknung	13	5	0	18	8	2	0	10
Biogasleitung/Satelliten BHKW	13	0	0	13	9	1	0	10
Holzbe- und -verarbeitung	5	8	0	13	1	3	1	5
Gewächshausbeheizung	7	3	0	10	2	0	1	3
ORC-Anlage	3	1	0	4	4	0	1	5
spez. Gewerbe & Industrie	3	0	0	3	1	0	0	1
Aquakulturen	2	0	0	2	4	0	0	4

	bereits vorhanden				Nutzung geplant			
	BGA	HW	HKW	Summe	BGA	HW	HKW	Summe
Latentwärmespeicher	1	0	0	1	2	0	0	2
Schwimmbadbeheizung	1	0	0	1	0	0	0	0
Spargelfeld	1	0	0	1	0	0	0	0
Kälteerzeugung	0	1	0	1	3	0	1	4
Einbindung Solarthermie	0	1	0	1	0	0	0	0
Algenproduktion	0	0	0	0	1	0	0	1
Energieautarkes Klärwerk	0	0	0	0	0	0	1	1

Es zeigt sich deutlich, dass die Errichtung von Wärmenetzen mit Abstand die häufigste Maßnahme im Bereich der biogenen Wärmenutzung ist. Es folgen Projekte zur Trocknung (von Brennstoffen) und die Errichtung von Biogasleitungen und/oder Satelliten-BHKW. In der zweiten Förderphase war zudem vorgesehen, verstärkt Anlagen zu errichten bzw. umzurüsten, die das Prinzip des Organic Rankine Cycle (ORC) verwenden. Hierdurch kann die vorhandene Abwärme nachverstromt werden. Auch der Beheizung von Aquakulturen und die Kälteerzeugung mittels Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung wurde eine größere Bedeutung zugesprochen.

Nachfolgend soll dargestellt werden, welche inhaltlichen Schwerpunkte sich die Regionen im Bereich der Wärmenutzung gesetzt hatten, welche Probleme/Hemmnisse bei der Projektumsetzung auftraten und wie sie damit umgingen. Bei der Befragung sollten sich die Regionen auf maximal drei Projekte je Region konzentrieren, sodass insgesamt 51 Projekte¹⁵ in die Auswertung einfließen. Die Antworten wurden zu thematisch verwandten Unterkategorien zusammengefasst, die jeweils in einer Grafik abgebildet und erläutert werden.

Bei der Betrachtung der grundlegenden Charakterisierung der Projekte zeigt sich, dass 47 % der in Abbildung 48 betrachteten Projekte in den Bereich der Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit fallen und so einen wesentlichen Bestandteil der Aktivitäten des Regionalmanagements in diesem Bereich ausmachen. Hierzu gehören in Abstufung der Häufigkeit (Einzel-)Gespräche mit relevanten Akteuren in der Region, Maßnahmen der übergeordneten, also nicht projektspezifischen Öffentlichkeitsarbeit sowie konkrete Überzeugungsarbeit.

32 % (45 der insgesamt 142 Nennungen) der in Abbildung 48 dargestellten Maßnahmen fallen in den Bereich der Initiierung von Projekten. Dies umfasst am Häufigsten das Zusammenführen von Angebot und Nachfrage, den konkreten Anschub von Projekten sowie die Interessensabfrage bei Anwohnern bezüglich ihrer Bereitschaft, sich an ein mögliches Nahwärmenetz anschließen zu lassen. Darüber

¹⁵ Im Folgenden können jedem Projekt mehrere Charakterisierungen zugeordnet werden.

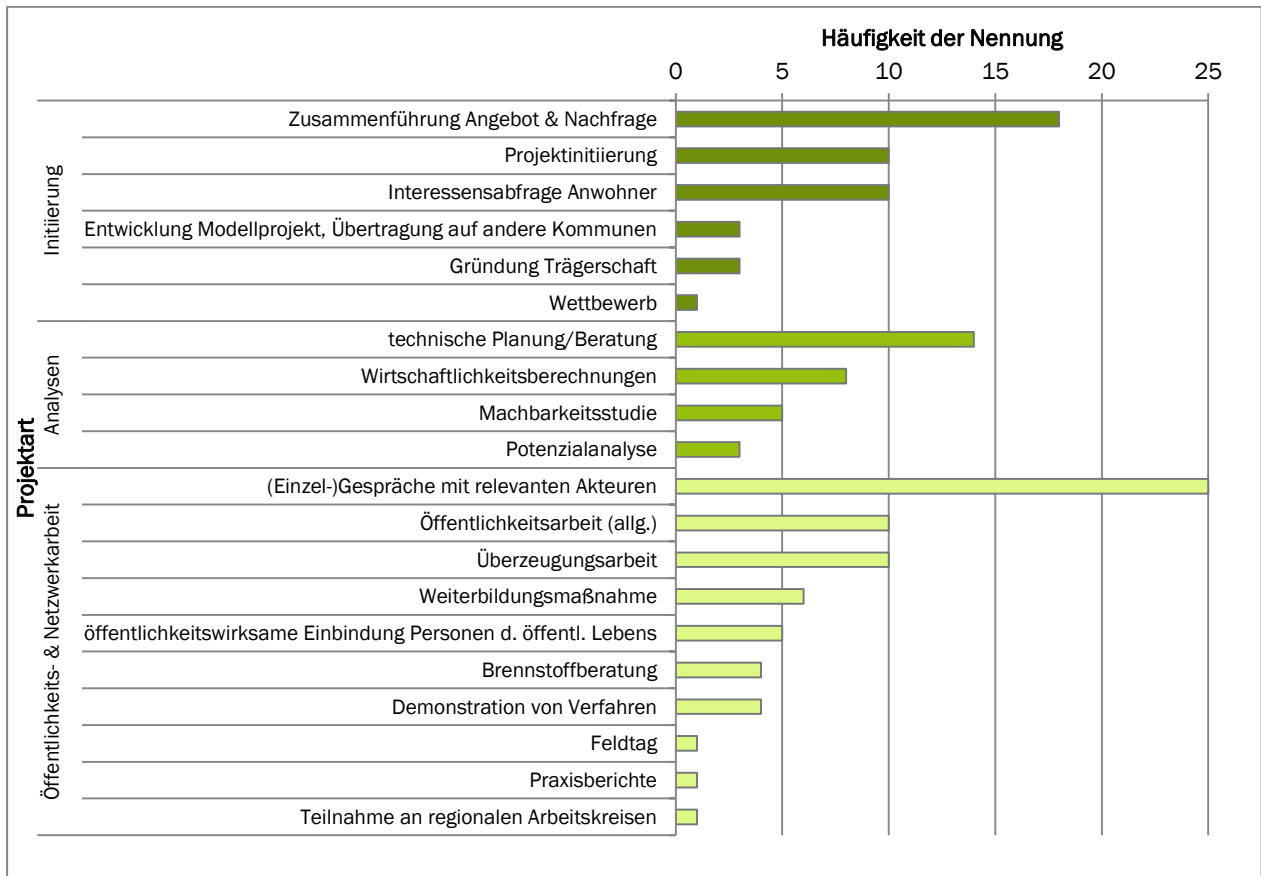


Abbildung 48: **Grundlegende Charakterisierung** der Projekte im Bereich der biogenen Wärmenutzung in den Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 142 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.

hinaus gibt es noch Maßnahmen, die unter dem Begriff der Analysen (21 % der Projekte in der Unterkategorie „grundlegende Charakterisierung der Projekte“) zusammengefasst werden können. Hierzu zählen die technische Beratung oder Planung, Wirtschaftlichkeitsberechnungen oder auch Machbarkeitsstudien.

In einer nächsten Unterkategorie wurden die Maßnahmen hinsichtlich der zur Verwendung kommenden Technik dargestellt (siehe Abbildung 49). Die Maßnahmen lassen sich dabei nach Aufbereitung, Energieerzeugung und Energieverteilung untergliedern.

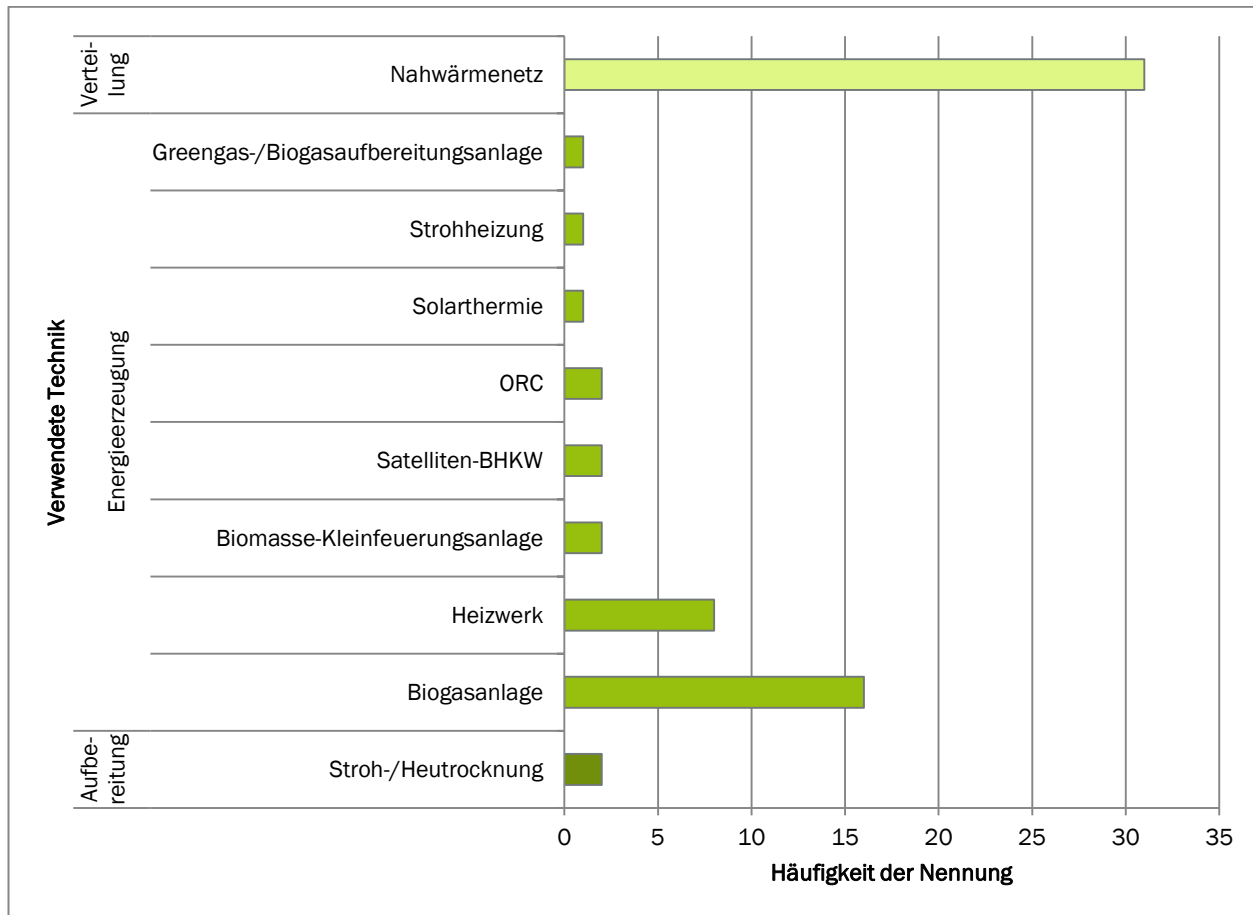


Abbildung 49: Einordnung der Projekte im Bereich der biogenen Wärmenutzung in den Bioenergie-Regionen hinsichtlich der **verwendeten Technik**. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 65 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.

Die meisten Nennungen innerhalb dieser Unterkategorie entfielen mit 49 % auf den Bereich der Energieerzeugung, in dem vor allem Biogasanlagen und Heizwerke im Betrachtungsfokus der Regionen stehen. Ebenso bedeutend ist der Bereich der Energieverteilung mittels Nahwärmenetzen (31 Nennungen). Bezogen auf die Gesamtzahl der ausgewerteten Projekte (51) wird noch einmal deutlich, welcher hohe Stellenwert den Nahwärmenetzen im Kontext der biogenen Wärmenutzung in den Bioenergie-Regionen zugesprochen wird (61 % aller Projekte beschäftigen sich damit). Dies korrespondiert auch mit der ermittelten Schwerpunktsetzung in den REKs (siehe oben).

In einer weiteren Unterkategorie wurden die Akteursgruppen herausgestellt, die durch die Maßnahmen der Regionalmanagements im Bereich der Wärmenutzung angesprochen werden (siehe Abbildung 50). Hierbei wurde nach privaten Akteuren und Akteuren der öffentlichen Hand unterschieden.

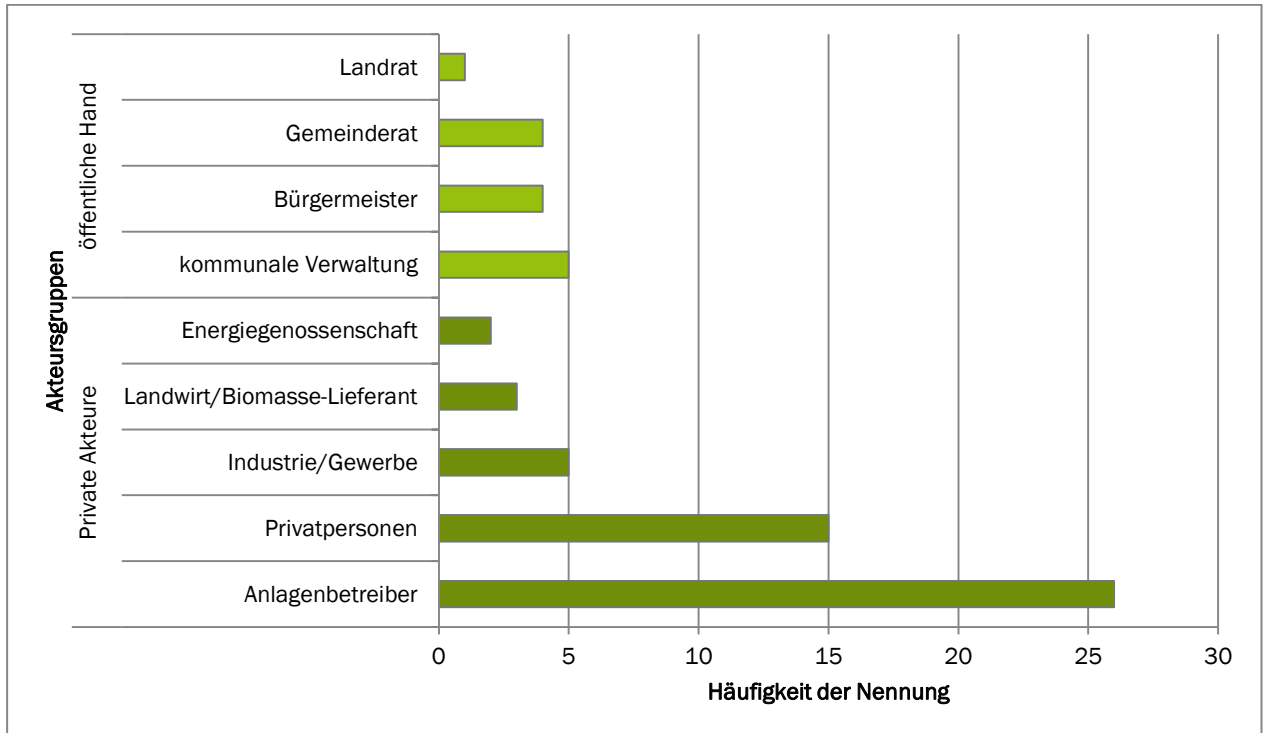


Abbildung 50: **Akteursgruppen**, die bei den Projekten im Bereich der biogenen Wärmenutzung in den Bioenergie-Regionen involviert sind. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 65 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.

Private Akteure stehen mit 78 % der Nennungen innerhalb dieser Unterkategorie deutlich häufiger im Fokus als jene der öffentlichen Hand (22 %). Bei erstgenannten konzentrieren sich die Maßnahmen im Wesentlichen auf Anlagenbetreiber und Privatpersonen. Im Bereich der öffentlichen Hand ist keine eindeutige Abstufung zu erkennen.

Weiterhin wurden die Regionalmanagements zu Problemen und Hemmnissen, die bei der Umsetzung der angeführten Wärmeprojekte in den Bioenergie-Regionen auftraten befragt und gebeten zu erläutern, wie sie mit diesen Problemen umgehen. In der nachstehenden Abbildung 51 sind zunächst die Probleme und Hemmnisse kategorisiert und dargestellt.

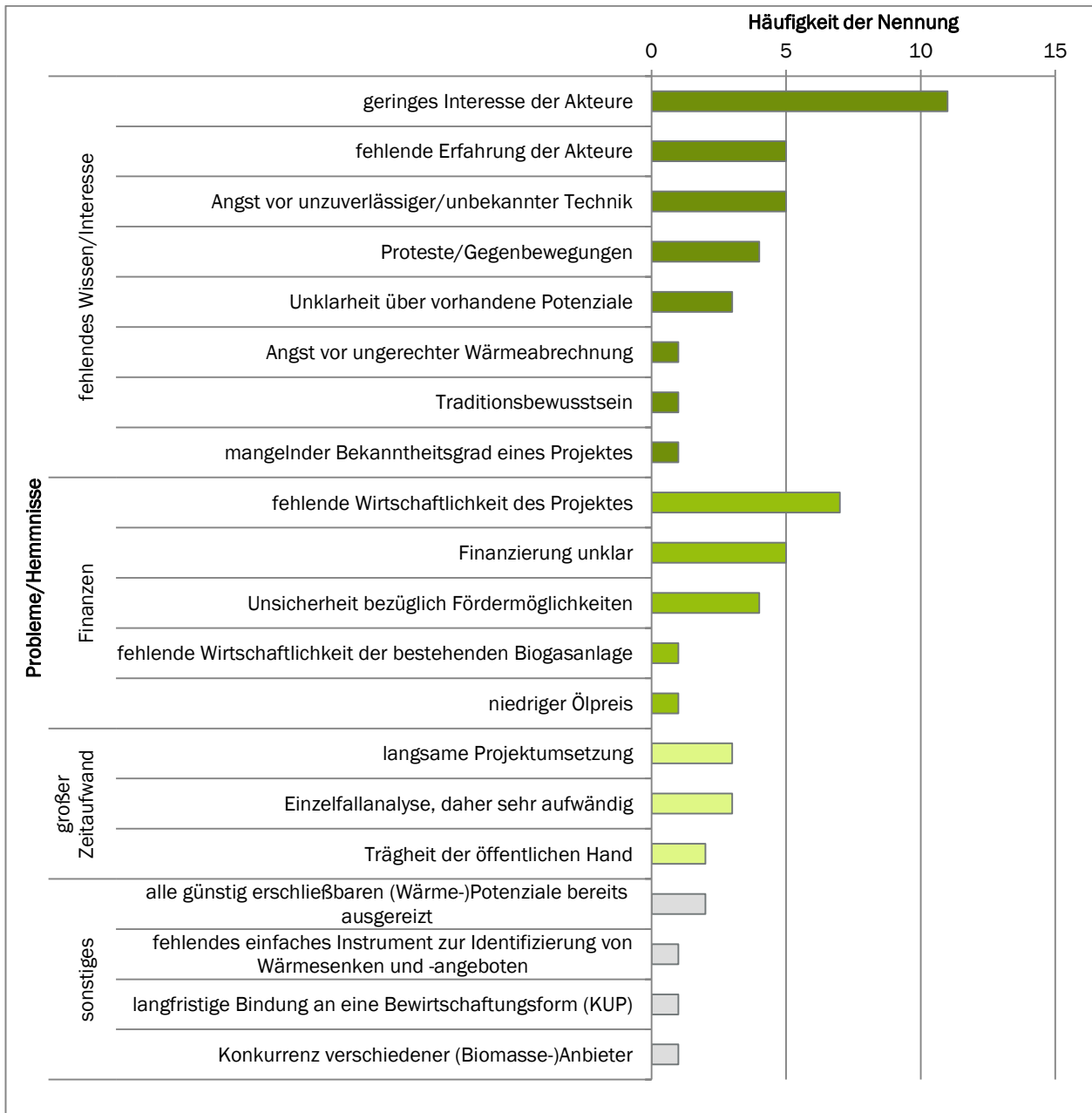


Abbildung 51: **Probleme und Hemmnisse** bei der Umsetzung von Wärmeprojekten in den Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 62 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.

Die häufigsten Probleme traten im Bereich des fehlenden Wissens bzw. Interesses der jeweiligen Akteure auf. Hier finden sich 50 % der in dieser Unterkategorie angegebenen Nennungen wieder. Dabei ist an erster Stelle und mit Abstand das geringe Interesse der Akteure zu nennen. Danach folgt die fehlende Erfahrung der Akteure und Angst vor unzuverlässiger bzw. unbekannter Technik, wie etwa beim Anschluss an ein Nahwärmenetz. Neben dem fehlenden Wissen bzw. Interesse liegen weitere Hemmnisse im Bereich der Finanzen zu der sich 29 % der Nennungen dieser Unterkategorie zuordnen lassen. Hier wird am Häufigsten die fehlende Wirtschaftlichkeit eines Projektes angeführt. Weitere Ursachen sind unklare Finanzierungsmöglichkeiten bzw. Unsicherheiten bei bestehenden Fördermöglichkeiten. Acht

Nennungen (13 % innerhalb dieser Unterkategorie) stellen auch den großen Zeitaufwand, der für die Projektumsetzung notwendig ist, als Problem dar.

Aufbauend auf den skizzierten Problemfeldern gaben die befragten Regionalmanagements auch an, welche Maßnahmen zur Lösung dieser Hemmnisse angewendet werden. Eine Übersicht über diese Unterkategorie bietet Abbildung 52.

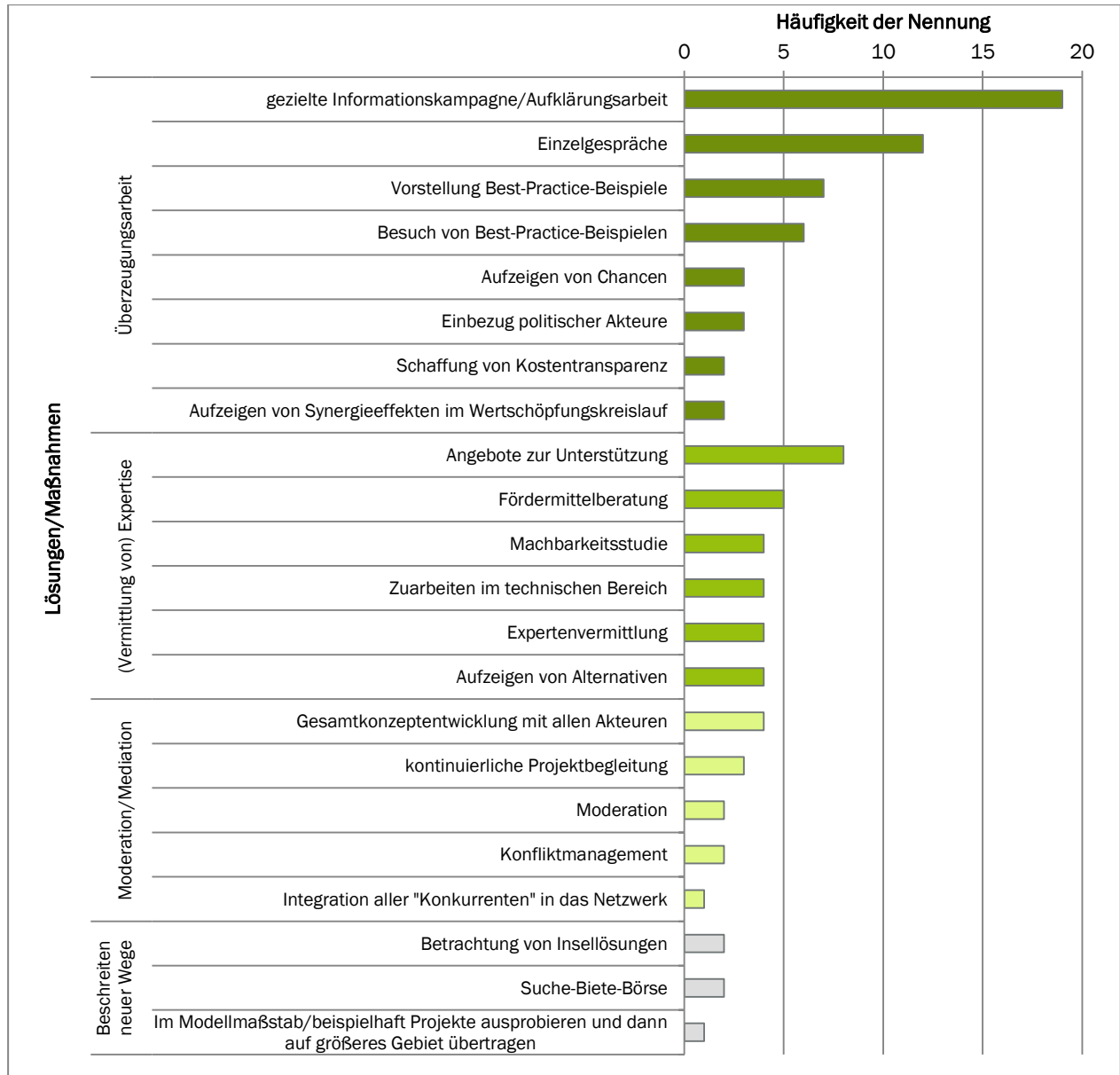


Abbildung 52: **Lösungen und Maßnahmen zur Überwindung von Hemmnissen** bei der Umsetzung von Wärmeprojekten in den Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 100 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.

Mehr als die Hälfte der Lösungsansätze (54 % der Nennungen innerhalb dieser Unterkategorie) lassen sich unter dem Begriff der „Überzeugungsarbeit“ subsumieren. Hier werden insbesondere gezielte Informationskampagnen und Aufklärungsarbeit durchgeführt. Auch Einzelgespräche mit bestimmten Akt-

euren wurden häufig genannt. Weiterhin bewährt haben sich die Vorstellung oder der Besuch von Best-Practice-Beispielen, um Akteure (hier meistens Anwohner) von der Idee einer biomassebasierten Wärmeversorgung zu überzeugen. Die Vermittlung von oder das Einbringen eigener Expertise ist ein weiterer Ansatz um Hemmnisse zu überwinden (29 % der Nennungen dieser Unterkategorie). Hier spielen allgemeine Angebote zur Unterstützung aber auch konkrete Fördermittelberatung eine Rolle. In einigen Fällen (12 % der Nennungen) war es auch notwendig, Methoden der Moderation bzw. Mediation anzubieten, um eine Lösung herbeiführen zu können. Hieraus ergab sich dann zum Beispiel die Gesamtkonzeptentwicklung mit allen beteiligten Akteuren oder eine kontinuierliche Projektbegleitung durch das Regionalmanagement.

4.2.1.4 Netzwerkarbeit als Schlüssel für erfolgreiche Wärmeprojekte

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die vorstehend ausgewerteten Maßnahmen, Probleme und Lösungswege im Bereich der biomassebasierten Wärmenutzung den Schwerpunkt der Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen (Netzwerkarbeit durch das Regionalmanagement) widerspiegeln. Bei einem großen Teil der Ansätze handelt es sich um Maßnahmen, die im Rahmen von Öffentlichkeits- & Netzwerkarbeit anzusiedeln sind. Hierbei führen die Regionalmanagements oft Einzelgespräche oder leisten allgemeine Öffentlichkeits- bzw. Überzeugungsarbeit. Sie führen in der Rolle eines Vermittlers Wärmeangebot und -nachfrage zusammen und stoßen so Projekte an, die ohne sie ggf. nicht initiiert worden wären. Dies betrifft in der Regel Anlagenbetreiber und (potenzielle) private Wärmekunden. Probleme bei der Umsetzung der Projekte bestehen seitens der Akteure oft im geringen Interesse an der Projektidee bzw. wenig Erfahrung oder sogar Angst vor unzuverlässiger oder unbekannter Technik. Die Regionalmanagements begegnen diesen Problemen mit gezielten Informationskampagnen bzw. Aufklärungsarbeit. Auch werden Best-Practice-Beispiele vorgestellt bzw. Besuche dieser organisiert. Weiterhin zeigt sich, dass sich Projekte zu einem bestimmten Zeitpunkt als nicht wirtschaftlich darstellen oder ein entsprechendes Finanzierungskonzept fehlt. Hier greift die Fördermittelberatung oder die direkte Unterstützung bei der Planung der Projekte seitens der Regionalmanagements bzw. die Vermittlung von Experten. Inhaltlich geht es in den Projekten überwiegend um die Errichtung von Nahwärmenetzen – teils in Kombination mit der Projektidee „Bioenergiedorf“. Hierbei soll oft noch ungenutzte Abwärme von Biogasanlagen verwendet werden.

4.2.2 Wärmenetze in ländlichen Räumen: Segen oder Fluch?

4.2.2.1 Warum stehen Wärmenetze im besonderen Fokus der Bioenergie-Regionen?

Bereits in Abschnitt 4.2.1.3 wurde deutlich, dass der Initiierung und Begleitung von Wärmenetzprojekten innerhalb der zweiten Förderphase in vielen Bioenergie-Regionen eine besondere Rolle zugesprochen wurde (siehe z.B. Abbildung 49). Dies spiegelt sich auch in der Anzahl der Bioenergiedörfer (Abbildung 53) und Nahwärmenetze (siehe Abbildung 54) in den Regionen wider. In beiden Bereichen konnten in vielen Regionen über den Verlauf der Förderung Zuwächse erzielt werden.

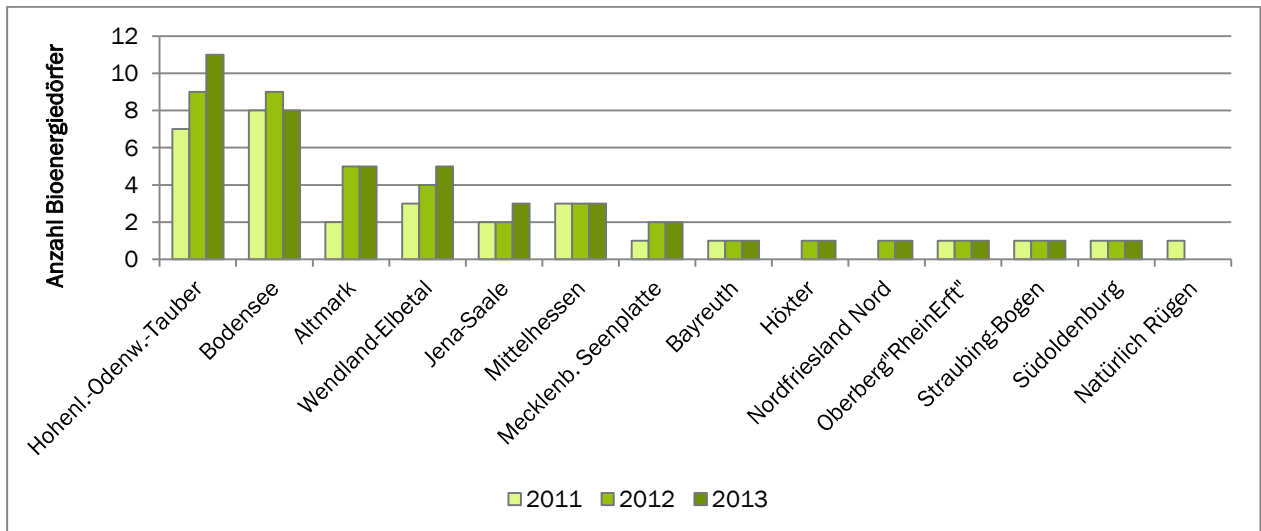


Abbildung 53: Anzahl der Bioenergiedörfer 2011-2013 in den Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase. Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: Indikatortool Bioenergie-Regionen.

„Bioenergiedörfer“ stellen meist komplexe Projektvorhaben dar, bei der unter Einbindung der Bevölkerung Nahwärmenetzkonzepte innerhalb eines Ortes umgesetzt werden. Von der ersten Idee bis zur Umsetzung können dabei mehrere Jahre vergehen. Hierbei treten die beiden baden-württembergischen Regionen Hohenlohe-Odenwald-Tauber und Bodensee besonders in Erscheinung, da für beide die Umsetzung von Bioenergiedorf-Projekten ein wichtiger Bestandteil ihrer regionalen Strategie darstellte.

Jedes Bioenergiedorf verfügt über (mindestens) ein Nahwärmenetz. Demgegenüber erfolgt die Definition von „Nahwärmenetz“ in anderen Kontexten durchaus freier bzw. wird kleinteiliger verstanden, indem auch die Versorgung von betriebseigenen Gebäuden über ein „Wärmenetz“ erfolgt.

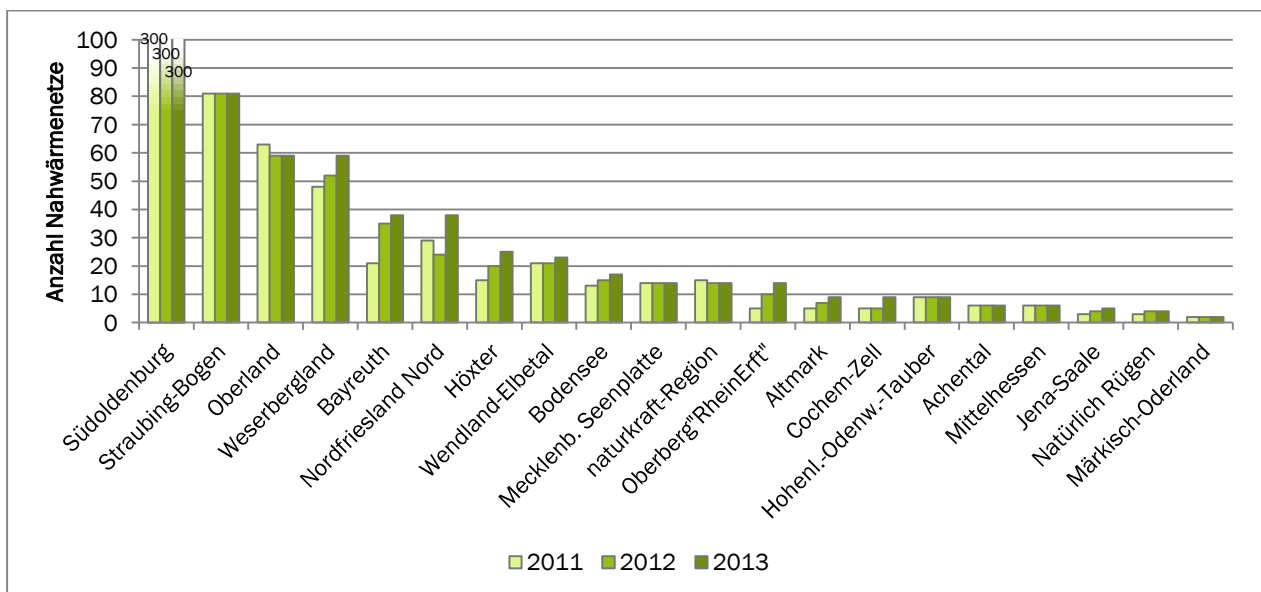


Abbildung 54: Entwicklung der Anzahl an Nahwärmenetzen mit Bioenergie von 2011-2013 in den Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase. Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: Indikatortool Bioenergie-Regionen.

Vor diesem Hintergrund sollten die in den Regionen so zahlreich vorhandenen Erfahrungen bei der Begleitung und Umsetzung von Nahwärmeprojekten und Bioenergiedörfern in ländlichen Räumen im Rahmen von AP 5.1 gebündelt, diskutiert und aufbereitet werden. Hierzu wurde ein zweitägiger Workshop der Bioenergie-Regionen genutzt. Zudem wurde das Thema Wärmewende zusätzlich in Treffen einer Wissensgemeinschaft¹⁶ zum Thema Wärme, bei denen Wärmenetze eine zentrale Rolle spielten, fokussiert.

4.2.2.2 Workshopkonzept

Neben teilnehmenden Beobachtungen bei verschiedenen Treffen der Wissensgemeinschaft Wärme wurde durch die technisch-ökonomische Begleitforschung ein Workshop der Bioenergie-Regionen am 14. & 15. Oktober 2014 in Bayreuth unter dem Titel „Wärmenetze für die Wärmewende“ inhaltlich ausgerichtet¹⁷. Neben dem Informationsaustausch zwischen den Akteuren der Bioenergie-Regionen und der Begleitforschung, sollten auf dem Workshop Antworten zu folgenden Fragen gefunden werden:

- Wo werden aktuelle und zukünftige Handlungsfelder im Bereich der bioenergiebasierten Wärmeversorgung gesehen?
- Welches Wissen ist hierzu in den Bioenergie-Regionen bereits vorhanden, wo wird weiteres Wissen benötigt?
- In welchen Bereichen sind die regionalen Akteure auf (externe) Unterstützung (finanziell, Wissen) angewiesen?

Hierzu fand ein moderiertes „Streitgespräch“ zu den Vor- und Nachteilen von (Nah-)Wärmenetzen zwischen zwei Vertretern von Landesenergieagenturen statt. Danach konnten folgende Themen in Arbeitsgruppen vertieft werden, zu denen jeweils ein Experte ein Inputreferat hielt:

- Wärmespeicher in Wärmenetzen,
- Initiierung & Begleitung von Nahwärmeprojekten,
- Biogene Wärmenutzung in Industrie/Gewerbe und
- Abwärmenutzung bei Bestandsbiogasanlagen.

Die Diskussion zielte dabei jeweils darauf ab, heutige Stärken und Schwächen sowie zukünftige Chancen und Risiken des jeweiligen Themenfeldes zu beleuchten.

¹⁶ Wissensgemeinschaften sind Kleingruppen, die von Seiten der politisch-gesellschaftlichen Begleitforschung organisiert und moderiert wurden (für weitere Informationen siehe: <http://www.bioenergie-regionen.de/downloadbereich/wissensgemeinschaften/>).

Die „Wissensgemeinschaft Wärme“ setzte sich aus den Netzwerkmanagements von sechs benachbarten Bio-energie-Regionen zusammen und traf sich insgesamt sieben Mal, wobei die letzten drei als moderierte Wissensgemeinschaft stattfanden.

¹⁷ Organisiert und finanziert wurde der Workshop durch die Geschäftsstelle der Fördermaßnahme bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) in Zusammenarbeit mit der Bioenergie-Region Bayreuth.

Die Ergebnisse wurden seitens DBFZ aufbereitet und in einer Workshopzusammenfassung den Regionen und der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt¹⁸.

4.2.2.3 Ergebnisse des Workshops „Wärmenetze für die Wärmewende“

Im Rahmen des „Streitgesprächs“ zwischen Helmut Böhnisch, KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH und Falk von Klopotek, hessenENERGIE Gesellschaft für rationelle Energienutzung mbH wurden folgende Chancen und Herausforderungen bei der Umsetzung von Wärmenetzprojekten herausgearbeitet:

Chancen:

- Nahwärmenetze sind ein flexibles, technologieoffenes System für die Wärmenutzung. Neben Bioenergie können weitere erneuerbare Energien (z. B. Solarthermie) oder industrielle/gewerbliche Abwärme in das System eingebunden werden.
- Es bestehen Möglichkeiten, durch die Energieerzeugung im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess Strom und Wärme (und ggf. zusätzlich über Power-to-heat) flexibel miteinander zu kombinieren.
- Insbesondere die Einbindung von Solarthermieanlagen in Nahwärmenetze wird als vielversprechende Alternative erachtet. Diese könnten anstelle von Biogasanlagen zur Erzeugung der Grundlastwärme in ein System eingebunden werden.
- Nahwärmenetze können als „Strategie für viele“ gesehen werden. Durch die Errichtung können relativ schnell viele alte Heizungsanlagen ersetzt werden. Zudem tragen Nahwärmeprojekte dazu bei, dass sich Privatpersonen aktiver mit Fragen der Energieversorgung auseinandersetzen.

Herausforderungen:

- Nahwärmeprojekte weisen in einigen Fällen Netzverluste von 30-40 % auf. Dies erscheint als nicht effizient.
- Um eine ausreichend hohe Anschlussdichte und damit verbunden geringe Leitungsverluste zu erreichen, ist eine qualitativ hochwertige und umfangreiche Planung sowie Umsetzung des Vorhabens zu gewährleisten.
- Einige Nahwärmenetze wurden zu groß dimensioniert, weil die Wärmeabnahme (durch Planer und/oder durch Anschlussnehmer) zu hoch eingeschätzt wurde. Zur Ermittlung des Wärmebedarfs bestehen unterschiedliche Methoden und Berechnungswege, die unterschiedliche Ergebnisse liefern.
- Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklung des Gebäudebestandes:
 - Der aktuelle und aber auch der zukünftige Wärmebedarf der Gebäude, welche versorgt werden, hat entscheidende Bedeutung auf den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen.
 - Bei Planungen müssen zukünftige Reduzierungen des Wärmebedarfs durch Gebäudemodernisierung mit betrachtet werden.

¹⁸ Die Zusammenfassung und alle Vorträge des Workshops sind auf der Homepage der Fördermaßnahme verfügbar: <http://www.bioenergie-regionen.de/downloadbereich/veranstaltungen/workshop-14-15102014/>

Darüber hinaus stellte sich die Frage, wie sich der Wärmepreis (Grund- und Arbeitspreis) realistisch und attraktiv gestalten lassen könnte. Die Preisgestaltung bewegt sich im Spannungsfeld zwischen der ökonomischen Notwendigkeit auf der einen Seite und der Attraktivität für potenzielle Anschlussnehmer, bei denen der Preis mit fossilen Energien konkurriert, auf der anderen Seite. Hierbei spielten mögliche Grenzwerte für die effiziente Nutzung eines Nahwärmenetzes eine wichtige Rolle. Diskutiert wurden Wärmebelegungsichten zwischen 500 kWh/m/a und 1.500 kWh/m/a. Die Effizienzfrage sollte sich nicht nur auf die Wärmeverteilung, also das Wärmenetz beschränken, sondern auch die Energieerzeugungsanlagen mit einschließen. Eine solche Grundlage, um umfassender über die Effizienz von Nahwärmenetzen diskutieren zu können, sollte Gegenstand weiterer Forschungsvorhaben und Diskussionen mit Praktikern sein.

Die Diskussion zeigte, dass die Errichtung von Nahwärmenetzen eine mittel- bis langfristige Strategie sein kann, die Wärmeerzeugung in ländlichen Räumen auf erneuerbare Energien umzustellen. Da es sich dabei vor Ort um einen Gruppenprozess mit vielen Beteiligten handelt, können im Rahmen einer Maßnahme viele alte fossile Wärmeanlagen ausgetauscht werden, wobei die Bürger dazu animiert werden über Fragen der Energieversorgung nachzudenken. Zentrales Kriterium für die Bewertung von Nahwärmenetzen und ihre Zukunftsfähigkeit ist ihre Effizienz. Hierbei besteht jedoch noch kein Konsens über die Art und Weise der Bewertung sowie Kenngrößen eines effizienten Wärmekonzeptes. Grundsätzlich sollten zentrale Wärmeversorgungskonzepte aus ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten dann in Erwägung gezogen werden, wenn der Effizienzvorteil eines zentralen Konzeptes die Nachteile zusätzlicher Netzverluste gegenüber einer dezentralen Lösung übersteigen¹⁹.

Nachfolgend werden die in den Arbeitsgruppen diskutierten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von Nahwärmenetzen unter unterschiedlichen Blickwinkeln wiedergegeben. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Abwärmenutzung bei Bestandsbiogasanlagen“ fließen aus inhaltlichen Überlegungen in die Ausführungen von Abschnitt 4.2.3 ein.

Initiierung & Begleitung von Nahwärmeprojekten

In der Arbeitsgruppe wurden heutige Stärken und Schwächen sowie zukünftige Chancen und Risiken von Nahwärmenetzen herausgearbeitet:

Heutige Stärken:

- Bestehende Ansätze und Erfahrungen der Initiierung von Wärmenetzen sind auf andere Regionen übertragbar.
- Der Wärmebedarf (für Heizen und Warmwasser) macht 60 % des Gesamtenergiebedarfes eines privaten Haushaltes aus (PKW: 32 %; Strom: 8 %), weswegen durch Wärmenetze eine große „Hebelwirkung“ erzielt werden kann.

¹⁹ Einen Sonderfall stellen hierbei Konzepte mit Nutzung der Abwärme von (Bestands-)Biogasanlagen dar, da für die Bereitstellung der Wärme andere Kostenbetrachtungen angesetzt werden müssen.

- Es handelt sich um einen kollektiven Prozess, der zu Bewusstseinsänderungen bei der Bevölkerung hinsichtlich ihres Umgangs mit Energie führen und Identität stiften kann.
- Die Errichtung von Nahwärmenetzen kann Initialzündung für weitere Projekte bspw. im Bereich der Energieeinsparung vor Ort sein.
- Nahwärmeprojekte können die Akzeptanz für erneuerbare Energien und die Erzeugung von Bioenergie im Speziellen erhöhen.
- Eine zentral gelegene Wärmeerzeugungsanlage wirkt sich positiv auf die Auslegung/Länge des Wärmenetzes aus und kann zur Sichtbarmachung der Energiewende beitragen.
- Bei der Umsetzung mit ortsansässigen Unternehmen und durch den längerfristigen Bedarf zur Bereitstellung von Biomasse entstehen positive Effekte für die regionale Wertschöpfung.
- Der Ort mit seinem Nahwärmekonzept wird attraktiv für interessierte Besuchergruppen und fördert so den Tourismus in der Region sowie das regionale „Selbstbewusstsein“.
- Durch Einkaufsgemeinschaften (z.B. Hackschnitzel) zur Versorgung von mehreren Wärmenetzbetreibern kann die Rohstoffbeschaffung erleichtert werden und Skalenvorteile können entstehen.

Heutige Schwächen:

- Die Errichtung eines Nahwärmenetzes erzeugt hohe Investitionskosten.
- Im Sommer besteht eine gegenüber dem Winter geringere Wärmenachfrage. Unter Umständen entsteht ein nicht nutzbarer Wärmeüberschuss.
- Bei den Anschlussnehmern bestehen Befürchtungen bezüglich des Verlustes der Eigenkontrolle über die Wärmeversorgung ihrer Immobilie.
- Die Wärmebelegungsichte des Netzes ist zu gering, wodurch es ineffizient wird.
- Die Wirtschaftlichkeit kann durch Veränderungen in der Wärmeabnehmerstruktur oder steigende Rohstoffpreise gefährdet werden.
- Projektinitiierung, Planung und Betrieb bedeuten einen hohen Arbeitsaufwand, der oft ehrenamtlich geleistet werden muss.
- Unter Umständen reicht das vor Ort bestehende Biomassepotenzial nicht aus, um die Anlagen zu betreiben. Dies kann sich auch während des Betriebs der Anlagen durch Markteintritt weiterer Biomasse-Abnehmer ergeben.
- Auf den Akteuren lastet (je nach gewählter Rechts- und Betreiberform) das finanzielle Risiko eines Fehlschlages.

zukünftige Chancen:

- Das Vorhandensein eines Nahwärmenetzes mit günstigen Wärmepreisen schafft Standortvorteile im ländlichen Raum (für Bevölkerung und ggf. Unternehmen).
- Durch den Ersatz alter, fossiler, dezentraler Wärmeerzeugungsanlagen verbessert sich die Effizienz der örtlichen Wärmeversorgung.
- Es existiert eine Vielfalt möglicher Betreiberstrukturen von Wärmenetzen (z.B. Genossenschaften, Stadtwerke, GbR, GmbH&Co KG) die in Zukunft genutzt werden kann.
- Die Bedeutung einer sicheren und kostengünstigen Energieversorgung als Teil der Daseinsvorsorge wird in Zukunft insbesondere in strukturschwachen ländlichen Räumen zunehmen.

- In Zukunft können neben der Bioenergie verstärkt alternative erneuerbare Wärmequellen wie bspw. Solarthermie genutzt werden.

zukünftige Risiken:

- Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels (natürlicher Bevölkerungsverlust und Abwanderung) fallen Wärmeabnehmer weg, die das Projekt unwirtschaftlich werden lassen.
- Unsichere rechtliche Rahmen- und Förderbedingungen erschweren die langfristige Planbarkeit von Wärmenetzen (u.a. Auslaufen von EEG-Zahlungen bei Biogasanlagen).

Wärmenetze stellen aus Sicht der Teilnehmer auch im ländlichen Raum vom Grundsatz her einen praktikablen Weg dar, um den Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung zu erhöhen. Darüber hinaus leisten sie einen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung und können das Gemeinschaftsgefühl in den Dörfern stärken und Bewusstseinsänderungen im Hinblick auf den Umgang mit Energie unterstützen. Die wirtschaftliche Tragfähigkeit eines konkreten Wärmenetzes hängt von vielen Faktoren ab (Anschlussgrad, Wärmedichte, Eigenleistungen, Gewinnerwartungen, Rohstoffpreise etc.) und muss jeweils sorgfältig geprüft werden.

Wärmespeicher in Wärmenetzen

In der Diskussion wurden Speichertechnologien für Wärmenetze im Allgemeinen besprochen. Dabei haben sich die Teilnehmer auf den Anwendungsbereich dezentraler Speicher fokussiert.

Heutige Stärken:

- Gesamtwärmeverluste in einem dezentralen Pufferspeicher-System mit Sommerschaltung sind 40 % niedriger als in einem Standard-System ohne Sommerschaltung.
- Technische Komponenten für Nahwärmenetze sind Stand der Technik (Regler, Ventile, Steuerung).
- Dezentrale Speicher erhöhen die Zukunftsfähigkeit des Versorgungssystems, da diese individuell mit anderen Wärmequellen kombiniert werden können (wie z.B. Solarthermie).
- Dezentrale Speicher verringern den Bedarf von Spitzenlast und Redundanz und sichern Grundlast sowie den gleichmäßigen Betrieb der versorgenden Anlage. Da Teillastfahrten seltener sind, sinkt die Betriebszeit insgesamt.
- Reserven beim Endkunden durch dezentrale Speicher erhöhen vermeintlich dessen Versorgungssicherheit und wirken so positiv auf die Anschlussbereitschaft.

Heutige Schwächen:

- Finanzielle Einsparungen durch den Einsatz dezentraler Speicher sind marginal: Einsparungen des kleineren Rohrquerschnitts werden durch Mehrkosten der Speicher ausgeglichen. Ein Zentraler kleinerer Pufferspeicher ist dennoch notwendig, da ein Holzkessel eine gewisse Anlaufzeit benötigt.

- Die Planung des Netzes mit dezentralen Speichern ist durch die Sensorik (z. B. zur Regelung der Speicherladezustände und Abstimmung auf das Verbrauchsverhalten der Haushalte aufwendig.
- Erfahrungen mit dezentralen Speichern in Wärmenetzen sind wenig verbreitet.
- Jeder Anschlussnehmer muss einen Pufferspeicher haben.
- Heterogenes Verbrauchsverhalten verringert Möglichkeiten zur phasenweisen Beschickung der Hauptleitung.

zukünftige Chancen:

- Wärmeversorgung mit entsprechendem Speicher ist dank zeitlicher Entkoppelung von Erzeugung und Verbrauch flexibel zu gestalten (z.B. mit Power-to-heat).
- Langzeitspeicher, die saisonale Schwankungen ausgleichen sind derzeit teuer und kaum verbreitet. Zukünftig könnten sie jedoch an Bedeutung gewinnen.
- Der technologische Fortschritt sollte die Einbindung von Speichern und Fragen der Steuerung aufgrund von fallenden Kosten erleichtern.
- Die zentrale Einbindung von Solarthermie im Sommer kann dazu führen, dass besonders Mikronetze im Sommer an Effizienz gewinnen und die Anlagenlaufzeit weiter verringert wird.

zukünftige Risiken:

- Unklare politische Rahmenbedingungen hemmen Investitionen in langfristige Versorgungskonzepte
- Durch Modernisierungen im Gebäudebestand wird es immer schwieriger, den tatsächlichen zukünftigen Energiebedarf zu kalkulieren.
- Derzeit noch sehr günstige Abwärmenutzungsmöglichkeiten aus KWK könnte bei Auslaufen alter EEG-Förderungen entfallen
- Einige Speicher erscheinen auch zukünftig wenig rentabel: z.B. verlustreiche Erdspondenspeicher

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es im Bereich der Speichertechnologien zukünftig weitere Entwicklungen und Erfahrungen geben wird. Der Trend zur bedarfsgerechten Energieproduktion und integrierten Energieversorgung mit verschiedenen erneuerbaren Quellen erfordert eine intelligente Vernetzung und Steuerung der einzelnen Komponenten. Mit der Einbindung von spezialisierten Ingenieurbüros können wirtschaftliche Wärmenetze mit dezentralen Speichern geplant werden, die gleichzeitig eine hohe Energieeffizienz als auch eine optimale Versorgungssicherheit aufweisen.

Biogene Wärmenutzung in Industrie/Gewerbe

In der Diskussion wurden zunächst Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen privaten/öffentlichen Wärmeabnehmern und Wärmeabnehmern aus Industrie/Gewerbe herausgearbeitet:

Gemeinsamkeiten mit privaten/öffentlichen Wärmeabnehmern

- In der Bioenergie-Region Weserbergland plus kamen die Impulse für Wärmenetze in der Industrie/Gewerbe aus dem gleichen Arbeitskreis Bioenergie, in denen auch Anregungen für andere Projekte entstanden.
- Die Motivation der Akteure speist sich in erster Linie aus finanziellen Gründen (Rendite). Klimaschutzaspekte sind dem nachgeordnet.
- Vorbilder und erfolgreiche Konkurrenten fördern die Bereitschaft für Wärmeprojekte.
- Neue Anlagen orientieren sich bei der Standortwahl an der Lage möglicher Wärmesenken.

Unterschiede zu privaten/öffentlichen Wärmeabnehmern

- Die Versorgung von Gewerbe/Industrie ist eher interessant für neue Bioenergieanlagen, da die Wärmeversorgung diverse Anforderungen mit sich bringt.
- Bei gewerblichen Kunden überwiegt die unmittelbare Nachbarschaft von Versorger und Abnehmer, Netze für Wohngebiete sind tendenziell länger und verzweigter.
- bei der Versorgung mit Prozesswärme sind höhere Temperaturen notwendig.
- In Industrie- und Gewerbebetrieben ist man mit komplett anderen Entscheidungsstrukturen konfrontiert, was entsprechend Einfluss auf die Ansprache der potenziellen Wärmeabnehmer hat.
- Prinzipiell besteht seitens Industrie/Gewerbe großes Interesse an Effizienzsteigerungen und alternativen Versorgungsmöglichkeiten, weil der Wärmeverbrauch oftmals ein großer Kostentreiber ist.
- Betriebe haben, insbesondere wenn sie Prozesswärme abnehmen, eine ganzjährige und kontinuierliche Wärmeabnahme.

zukünftige Chancen:

- Für gewerbliche Kunden könnten standardisierte Hackschnitzelmodule entwickelt werden, die Pauschalangebote ermöglichen.
- Das Geschäftsfeld Energieeffizienz ist insgesamt weiterhin lukrativ.
- Insbesondere mittlere Unternehmensgrößen können für Wärme aus Biomasse in Frage kommen und stellen so eine große Zielgruppe dar.
- Professionelle Berater sind für das Energiemanagement notwendig. Das Regionalmanagement vermittelt und stellt Kontakte her.

zukünftige Risiken:

- Energieversorger machen Dumping-Angebote für Großkunden
- Große Rohstoffmengen für den industriellen Bedarf sind oftmals nicht verfügbar
- Teils ist erhebliches Fachwissen von Industrie- bzw. Fertigungsprozessen notwendig, um den Geschäftsleitungen auf Augenhöhe begegnen zu können

Im Ergebnis zeigte sich, dass ein Regionalmanagement die Rolle übernehmen kann, die regionalen Gewerbe- und Industriebetriebe anzusprechen, um mögliche Ideen alternativer Versorgung aufzeigen. Zuverlässigkeit und Versorgungssicherheit haben oberste Priorität, während gleichzeitig wirtschaftliche Argumente weit vor ökologischen überzeugen. Konkrete Umsetzungskonzepte rechnen die Unternehmen anschließend selbst oder mit Hilfe professioneller Ingenieure. Wegen teils hoher Anforderungen an

die Leistung (Kälte, Wärme, Dampf) bzw. günstiger Angebote konventioneller Versorger, kommen nur eine überschaubare Anzahl mittlerer Betriebe für biogene Wärmenetze in Frage. Die Umsetzungsbereitschaft wirtschaftlicher Konzepte ist hier aber grundsätzlich hoch.

Als Zukunftsstrategien wurden folgende Optionen festgehalten:

- Das Regionalmanagement kann als Initiator für anschließende vertiefende Betrachtung fungieren,
- Ein Zugangspunkt kann die gezielte Suche nach Wärmesenken bei Gewerbe/Industrie für bestehende Bioenergieanlagen sein,
- Gewerbe kann in der Nähe einer bestehenden Anlage angesiedelt werden,
- Neue Geschäftsmodelle wie z.B. Aquakulturen können sich in Kombination mit z.B. Biogasanlagen entwickeln,
- Zuerst sollte der Energiebedarf eines Betriebes ermittelt werden, bevor der weiterhin bestehende Bedarf mit einer optimalen Kombination verschiedener erneuerbarer Energien gedeckt werden sollte. Die Nutzung von Bioenergie stellt dabei nur eine von vielen Optionen dar.
- Professionelle (Energie-)Berater für Gewerbebetriebe setzen beim Bedarf an und nicht beim Biomasseangebot

4.2.2.4 Diskussion der Workshopergebnisse

Vor- und Nachteile sowie die Zukunftsfähigkeit von (Nah-)wärmenetzen stellten den inhaltlichen Kern des Workshops dar. Aus den Beiträgen und Diskussionen der Plenumsphase und den Ergebnissen aus den Arbeitsgruppen lassen sich drei Themenfelder identifizieren, in denen die Rolle von „Wärmenetzen für die Wärmewende“ abschließend dargestellt wird:

- Effizienzbetrachtungen,
- Technologiebetrachtungen und
- Umsetzbarkeit von Wärmenetzen

Effizienzbetrachtungen

Die Debatte um Nahwärmenetze ist geprägt durch einzelne Projektbeispiele, bei denen teils große Netzverluste auftreten und so die Frage nach einem effizienten Umgang mit Ressourcen aufgeworfen wird. Um effiziente Nahwärmenetze zu errichten, ist eine realistische Betrachtung des zukünftigen Wärmebedarfs von Gebäuden (inklusive der Berücksichtigung einer möglichen Reduktion ihres Energiebedarfs) unumgänglich. Neben Möglichkeiten der schwankenden Wärmeabnahme ist zudem ein möglicher Preisanstieg der biogenen Rohstoffe bei der Projektausgestaltung zu berücksichtigen. Beide Größen sind jedoch nicht einfach zu bestimmen. Neben der Notwendigkeit einer weiteren übergeordneten Diskussion um die Etablierung von Effizienz- und Qualitätsstandards bei Nahwärmeprojekten, ist auf Projektebene eine transparente und realistische Planung und Umsetzung der Wärmekonzepte einzufordern. Bei der Bewertung der Effizienz von Nahwärmeprojekten ist der Umfang des Ersatzes alter,

ineffizienter Anlagen zu berücksichtigen. Darüber hinaus kann eine intelligente Wärmepreisgestaltung dazu beitragen, auch nach dem Anschluss eines Haushaltes an ein Nahwärmenetz, weiterhin Anreize zur Reduktion der Energienachfrage zu setzen.

Technologiebetrachtungen

Im Bereich der technischen Komponenten einer leitungsgebundenen Nahwärmeversorgung spielen Speicher eine wichtige Rolle. Sie dienen der zunehmenden Entkopplung von Energieerzeugung und -nutzung. Alle Wärmenetze verfügen über einen Wärmespeicher. Dieser ist meistens zentral am Ort der Wärmeerzeugung installiert. Neuerdings gibt es auch Systeme mit dezentralen Speichern an den Orten des Wärmeverbrauchs. Hierdurch kann das System weiter flexibilisiert werden. Es ist zu erwarten, dass sich durch die Umwandlung von Strom in Wärme (Power-to-Heat) zukünftig weitere Möglichkeiten der flexiblen Wärmeversorgung etablieren werden.

Eines flexiblen Gesamtkonzeptes bedarf es auch, um den variierenden Wärmebedarf im Sommer- und Winterhalbjahr möglichst effizient zu decken. Hier ist eine Kombination mit anderen Wärmeabnehmern sinnvoll. Lediglich bei der Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie liegt ein mehr oder weniger kontinuierlicher Bedarf vor.

Die leitungsgebundene Wärmeversorgung sollte als technologieoffenes Konzept diskutiert werden. Mit dem abzusehenden Auslaufen der EEG-Förderung für erste KWK-Anlagen, fällt eine preiswerte Wärmequelle weg. Zukünftig gilt es also nicht nur Bioenergie, sondern auch weitere Erneuerbare Energien in einem integrierten Konzept zu betrachten. Besonders große Chancen werden hierbei der Solarthermie zugeschrieben, die Grundlastwärme bereitstellen kann.

Umsetzbarkeit von Wärmenetzen

Der Aufwand für die Planung und Umsetzung von Nahwärmeprojekten ist nicht zu unterschätzen. Es ist daher wichtig, dass dieser Prozess von erfahrenen und professionellen Beratern begleitet wird. Dies beinhaltet auch, die Bevölkerung zu informieren und einzubinden. Der Wärmepreisgestaltung kommt eine weitere Schlüsselrolle im erfolgreichen Umsetzungsprozess zu: der Preis muss die tatsächlichen Kosten des Projektes (langfristig) abbilden und gleichzeitig mit einer fossilen Wärmeerzeugung als Alternative konkurrieren können. Gleichzeitig sollten Anreize zur Durchführung von Effizienzmaßnahmen (z. B. Wärmedämmung) nicht verloren gehen. Zwar liegen in finanziellen Vorteilen wesentliche Motivationsgründe für die Umsetzung solcher Projekte, es sind jedoch – neben den Effekten zur Reduktion von Treibhausgasemissionen – auch weitere positive Effekte zu beobachten. Da es sich bei der Errichtung von Wärmenetzen um ein kollektives Vorgehen handelt, können hierdurch weitere soziale Prozesse vor Ort angestoßen und ein weiterführender Zugang zum Themenfeld der Energieversorgung geebnet werden. Mit der Investition in eine (kostengünstige) Wärmeinfrastruktur wird der Ort für die Einwohner und durch die ggf. innovative Projektausgestaltung auch für Besucher attraktiver. Schließlich können die Erfahrungen bei der Errichtung und dem Betrieb eines Nahwärmenetzes auf andere Orte und Regionen übertragen werden. Nach dem Schneeballprinzip motivieren gute Beispiele interessierte Akteure aus anderen Kommunen zur Nachahmung.

Während des Workshops wurde über (Nah-)Wärmenetze auf verschiedenen Ebenen diskutiert. Unter anderem ging es im Detail darum, wann Projekte effizient sind und wie man dies messen kann. Ähnlich gestaltete es sich mit Fragen nach der Wirtschaftlichkeit der Projekte. Darüber hinaus wurden auch grundsätzliche Fragen erörtert, die die Bedeutung von Wärmenetzen als „Strategie für viele“ gegenüber von Einzelmaßnahmen in jedem Gebäude herausstellen. Hierin wird noch einmal deutlich, dass die Errichtung von (gut geplanten und effizienten) Wärmenetzen auch auf strategischer Ebene in Projektregionen eine wichtige Rolle spielen kann. Lassen sich hierdurch doch gleichfalls Themen wie der effiziente Einsatz von Ressourcen oder Bewusstseinsbildung für einen verantwortungsvolleren Umgang mit Energie im Zuge einer ganzheitlich gedachten Energiewende transportieren.

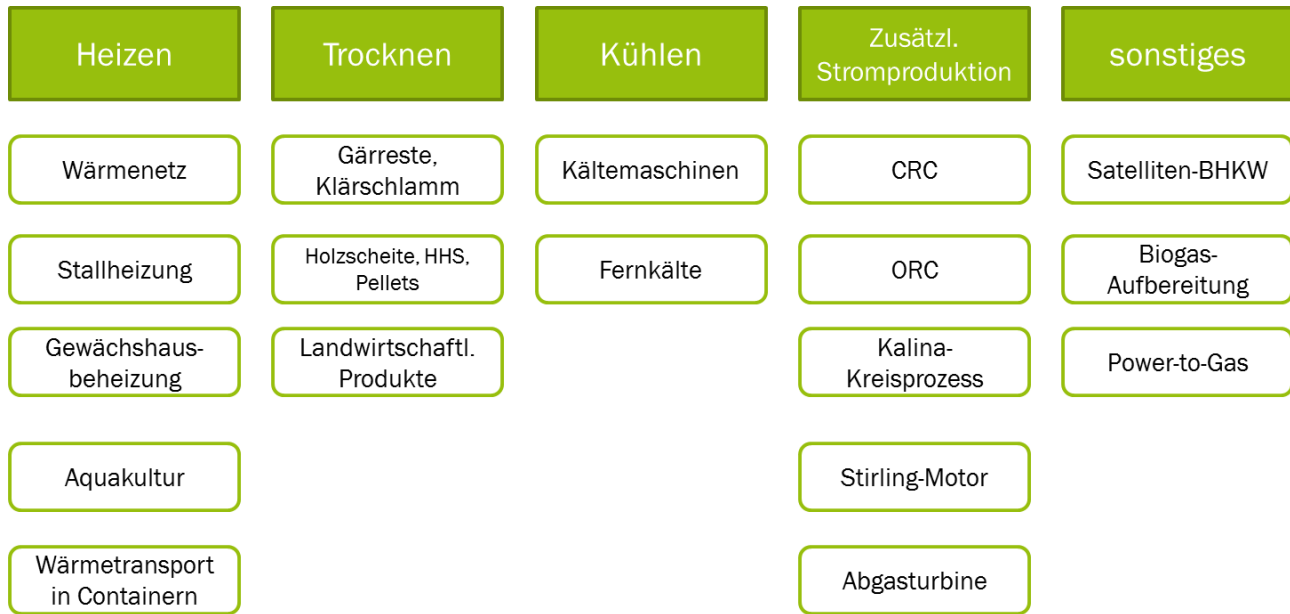
4.2.3 Wärmenutzung an Bestandsbiogasanlagen: Fördernde & Hemmende Faktoren

4.2.3.1 Ausgangslage der Wärmenutzung an Biogasanlagen und Ziele der Untersuchung²⁰

Die bisherigen Untersuchungen konzentrierten sich auf übergeordnete Wärmeprojekte in den Bioenergie-Regionen. Im Folgenden wird nun der Fokus auf Möglichkeiten zur Nutzung von Wärme aus Biogasanlagen gelegt. Bei der Verstromung von Biogas in Blockheizkraftwerken fällt ein Abwärmestrom an, welcher zunächst für die Beheizung der Biogasfermenter verwendet wird. Nach Scheftelowitz u. a. (2014: S. 24) braucht der Fermenter hierzu zwischen 57 % (Kleinstanlagen) und 17 % (Großanlagen) der Wärme. Die übrige Wärme wird immer noch häufig an die Umgebungsluft abgegeben, wobei sie im Sinne einer maximalen Ausnutzung der Kraft-Wärme-Kopplung auch für weitere Abnehmer zur Verfügung stünde.

Die externe Nutzung der an Biogasanlagen produzierten Wärme²⁰ kann dabei vielerlei Gestalt haben. Grundsätzlich lassen sich nach Rutz u.a. (2012) die Kategorien Heizen und Trocknen unterscheiden. Darüber hinaus kann die entstehende Wärme in zusätzlichen Strom gewandelt werden. Auch Alternativen bzw. Ergänzungen zur Strom- und Wärmeproduktion in einem BHKW, wie etwa die Biogasaufbereitung, lassen sich in Betracht ziehen. Eine Übersicht über die unterschiedlichen Abwärmekonzepte gibt Abbildung 55.

²⁰ Unter „externer Wärmenutzung“ wird die Verwendung jener Wärme des Blockheizkraftwerkes (BHKW) verstanden, die nach Abzug des Eigenwärmebedarfs der Biogasanlage für eine weitere Verwendung zur Verfügung steht.



21

Abbildung 55: Übersicht über Abwärmekonzepte an Biogasanlagen. Eigene Darstellung nach Rutz u. a. 2012

Insgesamt gibt es in Deutschland noch zahlreiche Biogasanlagen ohne eine externe Nutzung der erzeugten Wärme. Scheffelowitz u.a. (2014: S. 22ff.) errechneten, basierend auf der im Jahr 2013 durch Biogasanlagen erzeugten Strommenge, eine für die deutschen Anlagen theoretisch verfügbare externe Wärmemenge von 30,1 TWh_{th} (siehe auch Abbildung 56). Zieht man davon die bereits durchschnittlich extern bereitgestellte Wärmemenge von 10,9 TWh_{th} ab, so bleibt ein (rechnerisches) Wärmepotenzial von 19,2 TWh_{th}. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass knapp 2/3 der theoretisch an Biogasanlagen verfügbaren Wärme bislang noch nicht genutzt wird.

Dieses Potenzial erkannten auch die Bioenergie-Regionen und setzten es entsprechend auf die lokalen Agenden. Im Rahmen der Stoffstromerhebungen, die das DBFZ seitens der technisch-ökonomischen Begleitforschung bereits in der 1. Förderphase durchgeführt hatte, wurden auch Modifikationen an bestehenden Biogasanlagen in den Bioenergie-Regionen erfasst. Dabei zeigte sich, dass an vielen Anlagen Maßnahmen zur Steigerung der Wärmeausnutzung durchgeführt wurden. Dies ist ein wichtiges Handlungsfeld zur Effizienzsteigerung an Bestandsanlagen (vgl. Bohnet u. a. 2015: S. 81ff.) (für weiterführende Informationen zu den Wärmeprojekten in den Bioenergie-Regionen siehe Abschnitt 4.2.1.3).

²⁴ CRC – Clausius Rankine Cycle: ähnlich wie im ORC-Prozess wird hier Dampf erzeugt, jedoch Wasser als Übertragungsmedium genutzt

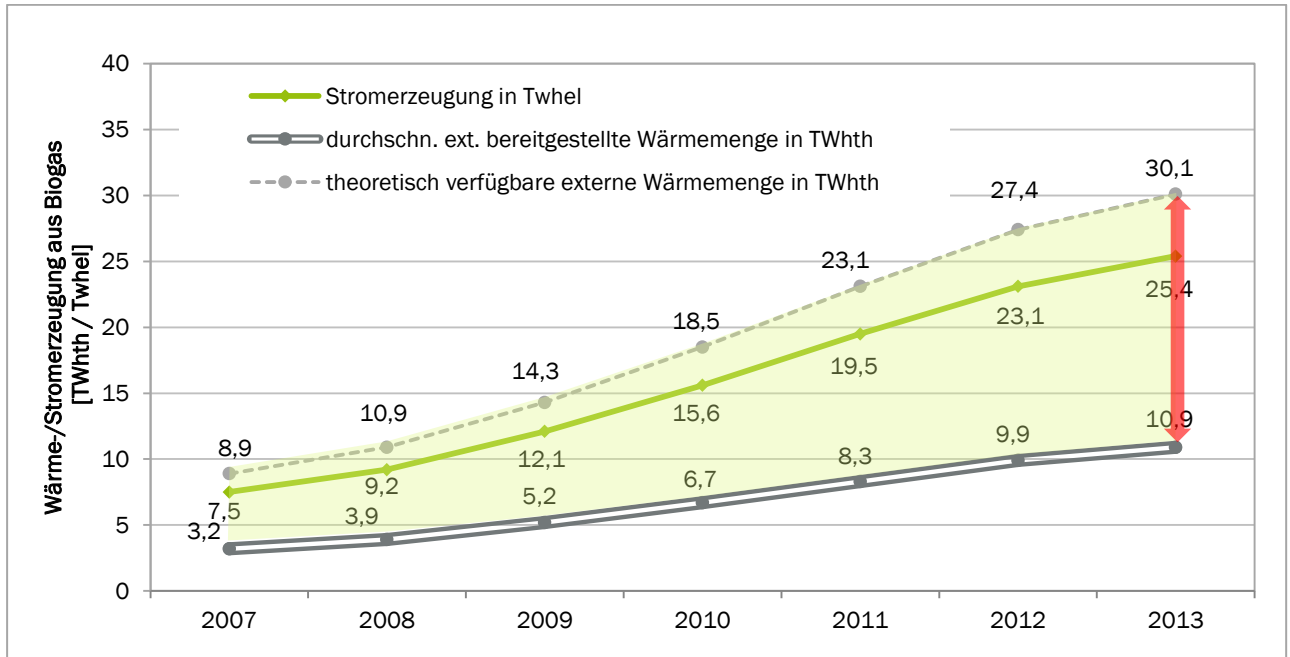


Abbildung 56: Entwicklung der verfügbaren und extern genutzten Wärmemengen aus der Verstromung von Biogas (ohne Biomethan) Datengrundlage: DBFZ, Stand: 05/2014. Verändert nach Scheffelowitz u. a. 2014: S. 23.

In Abbildung 57 ist der Anteil der Biogasanlagen in den Bioenergie-Regionen dargestellt, die gemessen an der Gesamtzahl an Biogasanlagen über keine Abwärmenutzung verfügen. Hier wird deutlich, dass in mehreren Regionen der Anteil der Anlagen ohne Wärmenutzung gesenkt werden konnte – etwa in Jena-Saale-Holzland, am Bodensee, Mittelhessen, Märkisch-Oderland oder in der Mecklenburgischen Seenplatte.

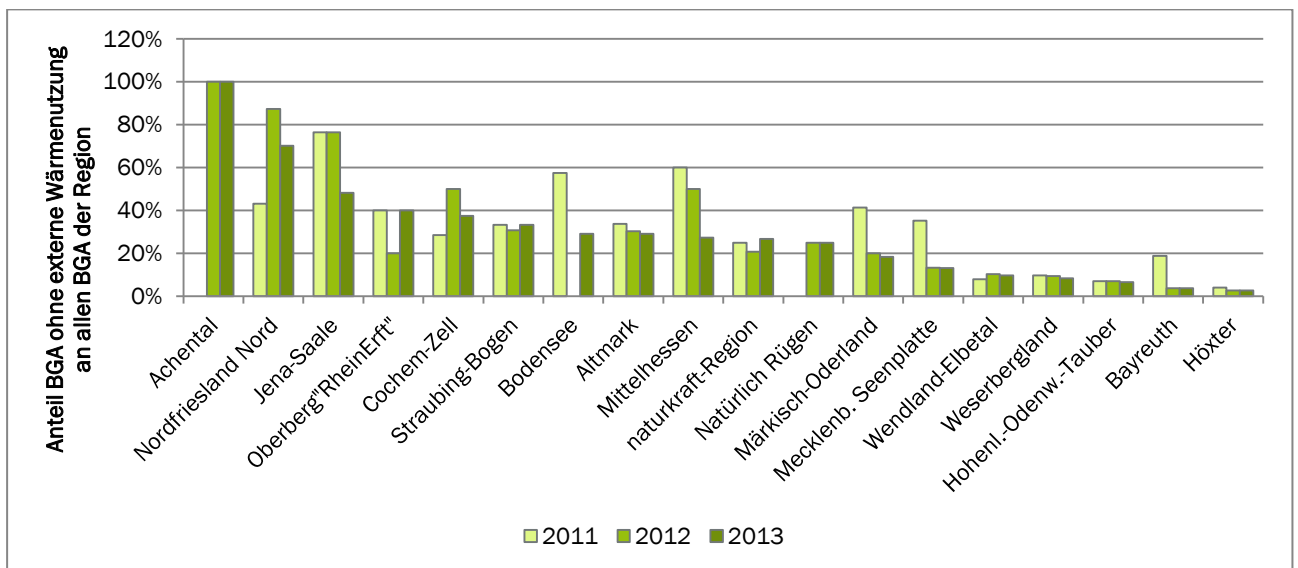


Abbildung 57: Anteil der Biogasanlagen (BGA) ohne externe Wärmenutzung an allen Biogasanlagen der jeweiligen Region 2011-2013 in den Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase. Eigene Darstellung; Datengrundlage: Indikatorool Bioenergie-Regionen.

Die Herausforderung, Wärmeangebot und Wärmenachfrage vor Ort zusammen zu führen (siehe Kapitel 4.2.1 und 4.2.2) stellt sich vor allem auf Seiten der Netzwerkmanagements. Darüber hinaus sollte in AP 5.2 der technisch-ökonomischen Begleitforschung untersucht werden, welche grundsätzlichen Faktoren die Abwärmenutzung an Biogasanlagen beeinflussen (vgl. Kapitel 2.2). Ziel war es hierbei, fördernde und hemmende Faktoren bei der Umsetzung von Abwärmenutzungskonzepten an bestehenden Biogasanlagen zu identifizieren und zu systematisieren. Dabei sollte Praxiswissen generiert werden, welches anschließend dazu beitragen soll, weitere Wärmepotenziale an bestehenden Biogasanlagen in Wert setzen zu können. Die Bioenergie-Regionen eignen sich für diese Betrachtung besonders gut: zum einen wurden zahlreiche Projekte zur Erhöhung der Wärmenutzung durchgeführt und zum anderen bestehen langjährige Netzwerkpartnerschaften zwischen dem Regionalmanagement und den Anlagenbetreibern, die eine vertrauensvolle Auseinandersetzung mit den Akteuren vor Ort ermöglichen .

4.2.3.2 Vorgehensweise zur Erhebung fördernder und hemmender Faktoren

Um die fördernden und hemmenden Faktoren bei der Abwärmenutzung von Biogasanlagen erschließen zu können, kam ein Methodenmix zur Anwendung. Hierbei war es ein Anliegen, verschiedene Perspektiven zu erfassen , da sich die Umsetzung der Wärmeprojekte nicht nur an förderpolitischen Leitlinien orientiert, sondern, so die These, auch von lokalen (räumlichen) Gegebenheiten und Akteurskonstellationen abhängt. Das methodische Vorgehen wird nachfolgend näher beschrieben und ist in Abbildung 58 schematisch dargestellt.

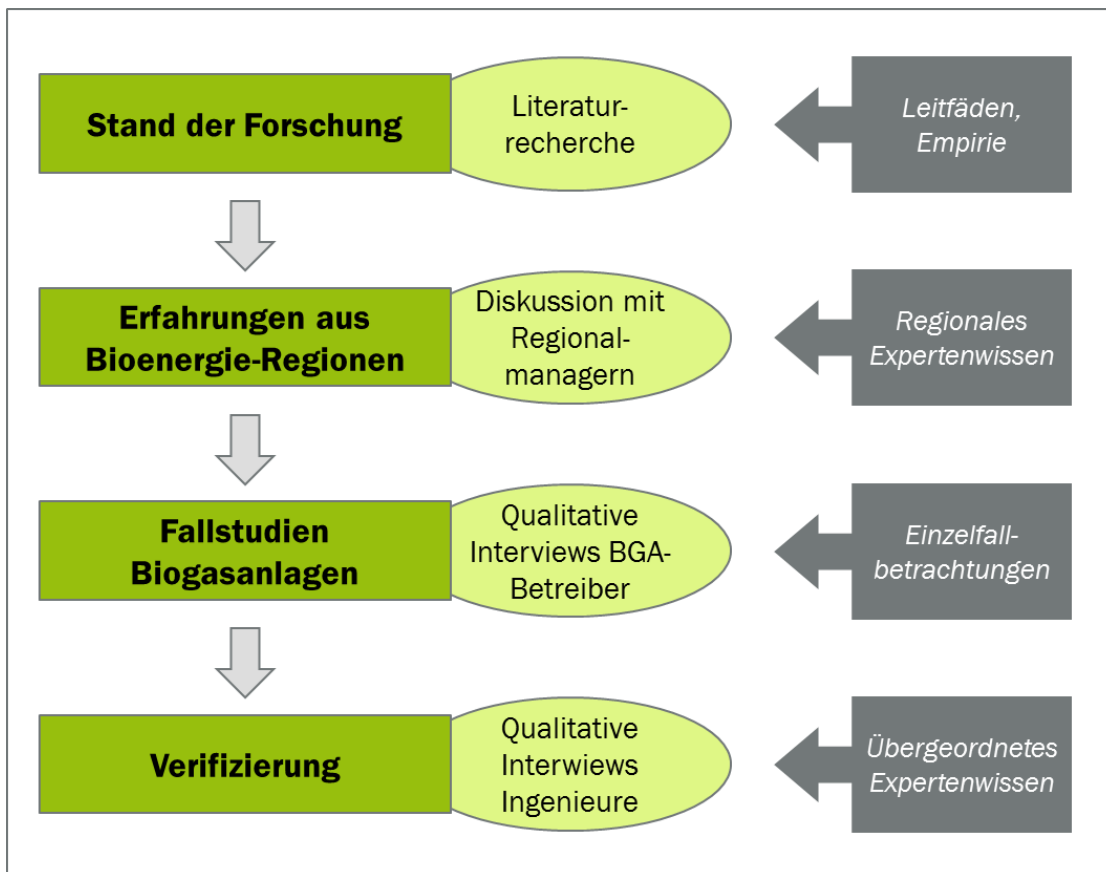


Abbildung 58: Methodisches Vorgehen AP 5.2: Arbeitsschritte, methodische Zugänge, Perspektiven.

Literaturbasiert wurden zunächst Möglichkeiten der Abwärmenutzung an Biogasanlagen herausgearbeitet und kategorisiert. Zudem erfolgte eine Analyse von bestehenden, meist handlungsorientierten Publikationen und Ratgebern in diesem Themenfeld (siehe hierzu u.a. Bayerisches Landesamt für Umwelt 2008; Böhnisch u. a. 2006; Deffner 2010; Heck u. a. 2014; Ruppert u. a. 2010; Rutz u. a. 2012; Schröder 2007; Schulz u. a. 2007).

In einem nächsten Schritt wurden im Rahmen einer Arbeitsgruppe beim 16. Workshop der Bioenergie-Regionen²² fördernde und hemmende Faktoren bei der Abwärmenutzung von Bestandsbiogasanlagen sowie Nutzungskonzepte für Wärmeüberschüsse im Sommer mit Vertretern aus ca. acht Bioenergie-Regionen zusammen getragen und diskutiert. Hierbei flossen die Erfahrungen aus der praktischen Netzwerkarbeit der Teilnehmenden ein.

Aufbauend auf der Literaturrecherche und dem regionalen Expertenwissen wurden fördernde und hemmende Faktoren bei der Abwärmenutzung an Biogasanlagen abgeleitet. Diese wurden als Kern der Untersuchung anhand von Fallstudien vertieft diskutiert und sollten im weiteren Verlauf der Untersuchung verifiziert werden. Hierzu dienten qualitative Interviews in Einzelfallbetrachtungen aus der Praxis. Hierzu wurde ein Interviewleitfaden erarbeitet (siehe Anhang A 11), mit dessen Hilfe ausgewählte Biogasanlagenbetreiber konkret zu Rahmenbedingungen bei der Umsetzung ihres Projektes befragt wurden. Dieser Leitfaden wurde so (teil-)strukturiert, dass er sich für eine telefonische, qualitative Befragung eignete und dabei sowohl die aufgestellten Hypothesen behandelte, als auch Raum für zusätzliche Informationen von Seiten des Interviewten ließ.

Schwerpunktmäßig orientiert sich die Befragung im Rahmen der Fallstudien an folgenden Aspekten:

- Welche räumlichen Ausgangsbedingungen herrschen im Umfeld der Biogasanlage?
- Wie gestaltet sich das Geschäftsmodell zur Wärmevermarktung?
- Welche Technologien standen für die nachträgliche Wärmenutzung zur Auswahl und welche Gründe führten zur getroffenen Entscheidung?
- Welche wirtschaftlichen und (förder-)politischen Faktoren beeinflussten die Umsetzbarkeit der Abwärmenutzung?
- Gab es Vorbehalte bei der Bevölkerung?
- Welche (förder-)politischen Rahmenbedingungen beeinflussten die Umsetzbarkeit?
- Wie wird sich die Wärmenutzung nach Auslaufen der EEG-Vergütung für die Anlage gestalten?

Bei der Auswahl der zu betrachtenden Fälle sollte eine möglichst große Bandbreite an alternativen Handlungsoptionen zur Wärmenutzung berücksichtigt werden. Dazu zählen beispielsweise:

- Öffentliche Nahwärmenetze
- Nahwärmeversorgung einzelner Liegenschaften
- Trocknungssysteme (wie Holz, Getreide u.a.)
- Gewerbliche / Industrielle Nutzung
- Nutzung im eigenen landwirtschaftlichen Betrieb

²² 16. Workshop Bioenergie-Regionen „Wärmenetze für die Wärmewende“ am 14. und 15.10.2014 in Bayreuth.

Um dies gewährleisten zu können, wurden sowohl die geplanten Wärmeprojekte der Regionen in den REKs als auch in der Projektdatenbank²³ analysiert. Regionen, die hier mit einer überdurchschnittlich hohen Anzahl an Projekten aufwiesen, wurden um Kontaktvermittlung zu Biogasanlagenbetreibern gebeten. Aus 18 Kontakten wurden 10 Anlagen ausgewählt und kontaktiert, woraus sich wiederum 4 Fallstudien ergaben (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Übersicht Fallstudien Abwärmenutzung Biogasanlagen (AP 5.2)

Lfd.-Nr.	Ort	Bioenergie-Region	Wärmenutzung	Interviewdatum
1	38486 Klötze OT Kunrau	Altmark	Wärmenetz, öffentliche Anschlussnehmer	17.12.2015
2	25899 Niebüll OT Uhlebüll	Nordfriesland Nord	Satelitten-BHKW	05.01.2016
3	25821 Bordelum OT Dörpum	Nordfriesland Nord	Wärmenetz & Satelliten-BHKW	26.01.2016
4	84082 Laberweinting OT Hofkirchen	Straubing-Bogen	Wärmeversorgung Industrie	23.02.2016

Geprägt durch die Kooperationsbereitschaft der Regionalmanagements und angefragten Anlagenbetreiber mussten hinsichtlich der Verteilung der untersuchten Fälle auf unterschiedliche Bioenergie-Regionen und Wärmenutzungskonzepte Kompromisse eingegangen werden.

Die Interviews wurden telefonisch durchgeführt²⁴ und per Audioaufnahme dokumentiert. Im direkten Anschluss an die Gespräche wurden in einem Postskriptum subjektive Eindrücke zum Gespräch vermerkt (siehe hierzu auch Anhang A 11). Die Transkription der Gespräche erfolgte selektiv entsprechend der im Gesprächsleitfaden vorgesehenen Fragenkomplexe. Es wurden sinngemäße Auszüge transkribiert. Nur in Einzelfällen wurden direkte Zitate übernommen, um fördernde oder hemmende Faktoren innerhalb der Fallbeispiele belegen zu können.

Im Rahmen der Auswertung wurden zunächst alle Fallbeispiele separat dargestellt. Durch das „Nacherzählen“ der Entstehung der Abwärmenutzung soll es auch dem Leser ermöglicht werden, Wissen über Wirkungszusammenhänge anhand einzelner Beispiele in ihrem jeweiligen örtlichen Kontext zu erlangen. In einem weiteren Schritt wurden die Ergebnisse der Interviews entsprechend der Themenkomplexe des Interviewleitfadens zusammengefasst.

Es folgten zwei Experteninterviews bei denen diese Ergebnisse noch einmal eingeordnet bzw. verifiziert wurden. Die Expertenauswahl erfolgte nach dem Schneeballprinzip, in dem im Rahmen der durchge-

²³ Auf www.bioenergie-regionen.de

²⁴ Fallstudie Nr. 5 ergab sich über einen Kontakt im Rahmen eines Promotionsvorhabens am DBFZ, sodass teilweise Ergebnisse eines Vor-Ort-Gesprächs verwendet werden konnten. Ergänzend wurde auch in diesem Fall noch ein telefonisches Interview geführt.

fürten Interviews bzw. durch Kontakte der Regionalmanagements Kontakte genannt wurden (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Übersicht Expertengespräche zur Abwärmenutzung an Biogasanlagen (AP 5.2)

Name	Institution	Aufgabenfelder	Interviewdatum
Dipl. Ing. (FH) Jan Postel	Deutsches Biomasseforschungszentrum Leipzig, Bereich Biochemische Konversion	U.a. technisch-ökonomische Bewertung des BHKW-Einsatzes und der Nutzung von Abwärme durch innovative Energiegewinnungssysteme	17.03.2016
Dr. Ralf Winterberg	CORDES + WINTERBERG GbR, Biederitz	U.a. Beratung und Planung von Wärmeprojekten mit Bioenergie	18.03.2016

4.2.3.3 Erkenntnisse zur Nutzung von Biogas-Abwärme in Bioenergie-Regionen

Die Ergebnisdarstellung orientiert sich an den verschiedenen Schritten der Untersuchung: zunächst werden die Ergebnisse der Literaturrecherche dargestellt, dann die Erfahrungen der Regionalmanagements. In einem knappen Zwischenfazit werden beide Teile zusammengefasst, da sie als Grundlage für die Fallstudien dienen. Diese werden anschließend behandelt: Zunächst werden alle Fälle vorgestellt und die Entstehungsgeschichte der Abwärmenutzung auf Grundlage der Interviews „nacherzählt“. Im Anschluss folgt eine Abstraktion der Ergebnisse.

Literaturrecherche

Die durchgeführte Literaturrecherche verdeutlichte, die Vielzahl an Veröffentlichungen im Kontext der Wärmenutzung an Biogasanlagen und insbesondere zum Thema Wärmenutzung über Wärmenetze. Diese fokussieren jedoch meist auf die Errichtung von Nahwärmenetzen (z. B. im Kontext von Bioenergiedörfern) und arbeiten im Sinne einer Motivation für lokale Akteure i.d.R. die Erfolgsfaktoren heraus. Eine Übersicht der Leitfäden und Forschungsberichte mitsamt den behandelten Schwerpunkten ist Anhang A 12 zu entnehmen und soll zur weiterführenden Information motivieren. Da hemmende Faktoren in der Diskussion bislang stark unterrepräsentiert waren, diese aber für das Verständnis der vielerorts unzureichenden Wärmenutzung an Biogasanlagen sehr wichtig sind, wurde darauf im Verlauf der Untersuchung ein besonderes Augenmerk gelegt.

Hemmende Faktoren bei der Abwärmenutzung wurden explizit lediglich bei Böhnisch u. a. (2006) im Rahmen einer empirischen Untersuchung bei Nahwärmenetzen untersucht. Mit dem Ziel, weitere Nahwärmeprojekte umsetzen zu können, war ein Bestandteil der Untersuchung, durch die Befragung von 14 Ingenieurbüros in Baden-Württemberg und Bayern mit Expertise zu Nahwärmenetzen und BHKW-Konzepten hemmende Faktoren bei der Umsetzung von Nahwärmeprojekten zu identifizieren. Die Befragung erfolgte mithilfe strukturierter Leitfadeninterviews im Februar 2006. In Abbildung 59 sind die Ergebnisse der Befragung grafisch aufbereitet und dargestellt worden.

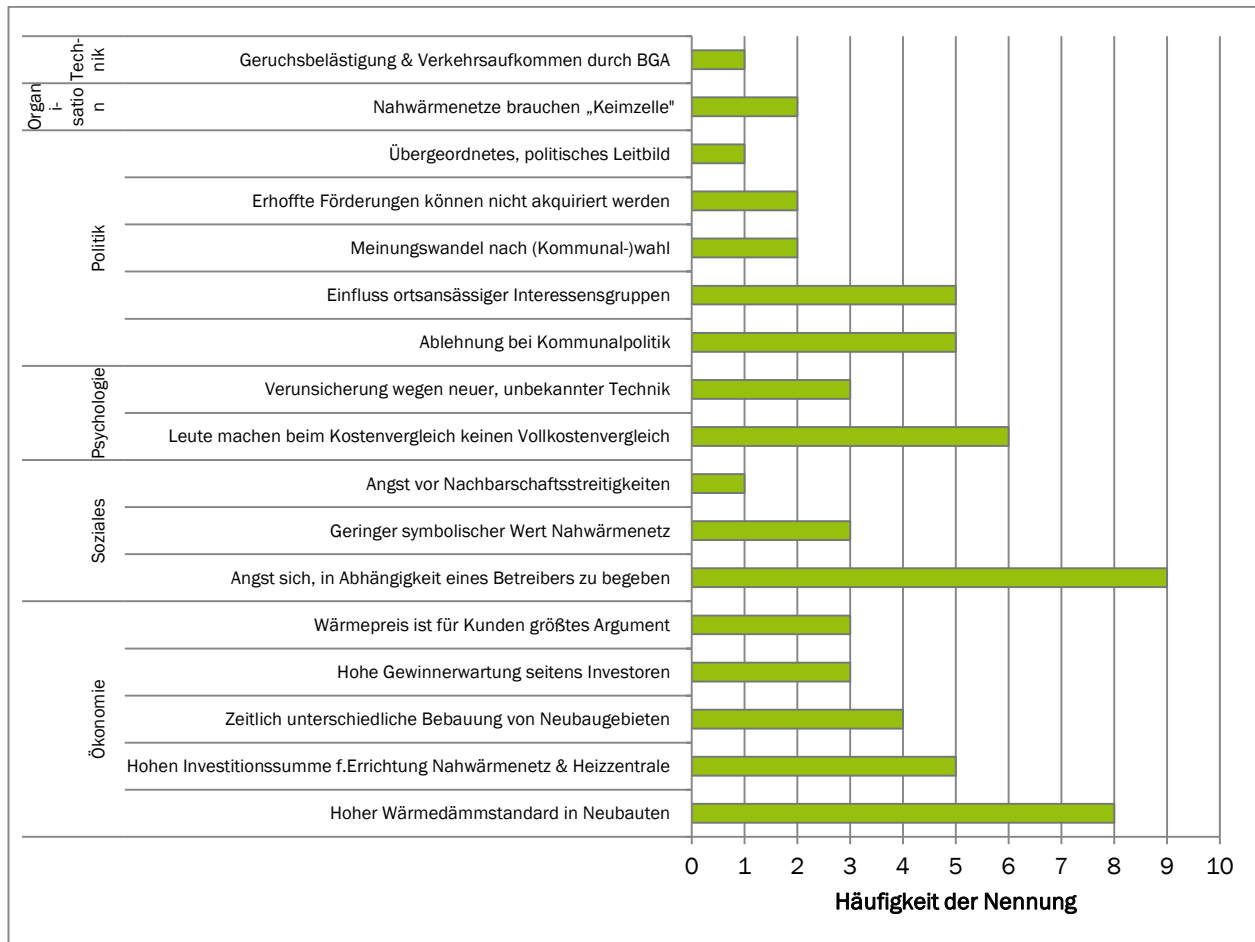


Abbildung 59: Ergebnisse der Hemmnisanalyse bei Ingenieurbüros zur Umsetzung von Nahwärmeprojekten. Leitfadenterviews bei 14 Ingenieurbüros im Februar 2006. Eigene Darstellung nach Böhnisch u. a. 2006: S. 95–100).

Am häufigsten wurde hier die Angst der potenziellen Wärmeabnehmer vor der Abhängigkeit von einem einzelnen Betreiber genannt. Daraus lässt sich ableiten, dass Vertrauen zwischen den Akteuren eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von (Nah-)Wärmeprojekten spielt. Darüber hinaus wurden vor allem ökonomische Aspekte genannt. Hier deuten die hohen Investitionssummen und der bereits hohe Wärmedämmstandard in Neubauten als weitere Hemmnisse darauf hin, wie wichtig es ist, die Entscheidungen im konkreten Fall und vor dem Hintergrund räumlicher Gegebenheiten (Bebauungsdichten, Gebäudenzustand, bisherige Wärmeversorgung, Lage der Biogasanlage) zu bewerten. Unter „psychologischen“ Gesichtspunkten wurde angeführt, dass die Anwohner beim Kostenvergleich keine Vollkostenrechnung anstellen, sprich ein fehlendes, langfristiges Denken bemängelt wird. Zusammen mit den politischen Hemmnissen „Ablehnung bei der Kommunalpolitik“ und „Einfluss ortsansässiger Interessensgruppen“ (etwa Eigeninteressen einflussreicher Personen oder Unternehmen) (vgl. Böhnisch u. a. 2006: S. 97) wird deutlich, dass Ansatzpunkte für klare und objektive Kommunikation sowie Beteiligung verschiedenster Akteursgruppen gegeben sind.

Erfahrungen der Regionalmanagements der Bioenergie-Regionen

Als Grundproblem für die bislang unzureichende Nutzung der Abwärme einer Bestandsbiogasanlage sehen die Regionalmanagements der Bioenergie-Regionen die Unrentabilität der dafür notwendigen Investition auf Seiten des Anlagenbetreibers. Um dennoch eine nachträgliche Nutzung der Wärme zu etablieren, wurden während des Workshops folgende Faktoren herausgearbeitet:

Hemmende Faktoren:

- Der Standort einer Biogasanlage (in der Regel im Außenbereich) ist zu weit von möglichen Wärmesenken entfernt.
- Die Anlage befindet sich in einem Alter, bei dem im Hinblick auf das Auslaufen der EEG-Vergütungen der Zeithorizont für zusätzliche Investitionen als zu gering eingeschätzt wird.
- Die sich häufig verändernden politischen Rahmenbedingungen (insbesondere EEG) verunsichern die Anlagenbetreiber und hemmen damit weitere Investitionen an der Anlage.
- Der Betrieb einer Biogasanlage stellt für viele Anlagenbetreiber (in der Landwirtschaft) kein Kerngeschäft dar, sodass sie wenig Kapazität für die Weiterentwicklung ihrer Anlagenkonzepte aufbringen können.
- Ein niedriger Ölpreis lässt Investitionen unrentabel erscheinen, da bei den Anlagenbetreibern oft ein kurzfristiges Denken vorherrscht.

Fördernde Faktoren:

- Eine Abwärmenutzung (z. B. in Form eines Nahwärmenetzes) fördert die Akzeptanz der Biogasproduktion bei der Bevölkerung vor Ort und kann dazu beitragen eventuell bestehende Konfliktpotenziale abzubauen.
- Eine Auslagerung des BHKW an den Ort der Wärmesenken ist z.B. in Form eines Satelliten-BHKW mit Rohbiogasleitung möglich. Hierfür bestehen jedoch derzeit zu geringe Förderanreize.
- Die Errichtung eines Nahwärmenetzes kann zusammen mit anderen Infrastrukturmaßnahmen erfolgen (z. B. Verlegung Breitbandnetz), um so die Kosten zu senken.
- Eine Nachverstromung der anfallenden Wärme kann am Ort der Anlage eine Nutzung darstellen. Allerdings sind auch hierfür Investitionen notwendig.

Darüber hinaus wurden Konzepte diskutiert, die insbesondere den **Wärmeüberschuss im Sommer nutzen** können:

- Trocknung von z. B. Holzhackschnitzeln: stellt sich i.d.R. jedoch nur bei kurzen Transportdistanzen wirtschaftlich dar.
- Beheizung eines Freibades: Räumliche Nähe muss gegeben sein.
- Erzeugung weiterer Produkte: Tomatenzucht, Erzeugung „regionaler Südfrüchte“, Shrimps-Farm. Hierbei wird jedoch i.d.R. eine zusätzliche Nutzung von Wärme induziert, die ggf. nicht alleine durch die Abwärmenutzung der Biogasanlage gedeckt werden kann. Auch müssen Wärmeerzeugungskonzepte für die Zeit nach Auslaufen der EEG-Förderung bereits berücksichtigt werden.

- Darüber hinaus kann eine flexible Fahrweise der Anlage sinnvoll sein, sodass sie im Sommer verstärkt wärmegeführt läuft und so effizienter auf vorhandene Wärmenachfrage reagiert werden kann.

In der Diskussion zeigte sich, dass technisch eine Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten bekannt und erprobt sind. Aufgrund der Standorte der Anlagen, Unsicherheiten bezüglich politischer Rahmenbedingungen, kurzer Planungshorizonte und fehlender finanzieller Anreize ist jedoch abzusehen, dass auch zukünftig nur ein geringer Teil dieses Potenzials noch in Wert gesetzt werden kann.

Zwischenfazit

Aus den ausgewerteten Studien und Erfahrungen der Regionalmanagements können folgende Handlungs- bzw. Problemfelder für die erfolgreiche Umsetzung von Wärmeprojekten abgeleitet werden:

1. Wichtig sind der **Standort der Biogasanlage** und die in räumlicher Nähe befindlichen potenziellen Wärmeabnehmer, um eine kostengünstige und ökologisch sinnvolle Wärmenutzung zu ermöglichen.
2. Ebenfalls von großer Relevanz sind Fragen der **Risikoverteilung**: Wer investiert in welche technischen Komponenten des Gesamtkonzepts? Wer betreibt sie? Für welchen Zeitraum können Verträge abgeschlossen werden? Was passiert nach Auslaufen der EEG-Vergütung?
3. Um das unternehmerische Risiko zu reduzieren, können **Förderanreize** gesetzt und eine **Bündelung von Infrastrukturmaßnahmen** angestrebt werden.
4. Da verschiedene Akteursgruppen (Anlagenbetreiber/Landwirte, ortsansässige Bürger, öffentliche Hand etc.), welche unterschiedliche Interessen verfolgen beteiligt sind, ist das **gegenseitige Vertrauen** ein wichtiger Bestandteil bei der Ausgestaltung lokaler Wärmelösungen.
5. Aus 2. und 4. ergibt sich, dass eine **funktionierende Kommunikation** zwischen den Akteuren für eine erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens elementar ist und dazu beitragen kann, Vorbehalte abzubauen.

Fallbeispiele erfolgreicher Nutzungskonzepte von Biogas-Abwärme

Nachfolgend werden zunächst die Fallbeispiele näher charakterisiert und die unterschiedlichen Entstehungsgeschichten zur Abwärmenutzung wiedergegeben.

Fallbeispiel 1: Biogasanlage in Kunrau, (Altmark) mit Wärmenetz (öffentliche Anschlussnehmer)

Anlagenstandort:	38486 Klötze OT Kunrau		
Inbetriebnahme:	12/2005	Wärmenutzung seit:	09/2014
Elektrische Leistung:	520 kW _{el}	Thermische Leistung:	unbekannt
Gesprächspartner:	Herr Dr. Strube (Anlagenbetreiber – nicht gleichzeitig Anlagenbesitzer)		

Seit Inbetriebnahme der Biogasanlage werden eine betriebseigene Milchviehanlage sowie Sozialgebäude mit Abwärme versorgt. Ebenfalls seit Errichtung der Anlage gab es Pläne, eine etwa 700 m von der Anlage entfernt gelegene Grundschule mit Wärme zu versorgen. Hierzu unterbreitete der Besitzer der Anlage der öffentlichen Hand ein Versorgungsangebot, welches jedoch von Seiten der öffentlichen Hand nicht unterstützt wurde. Der Besitzer zog das Angebot zurück, weil von der öffentlichen Hand Planungsunsicherheiten hinsichtlich der weiteren Nutzung des zu versorgenden Gebäudes bestanden. Auch der Betreiber der Anlage machte im weiteren Verlauf der Schule ein Angebot zur Wärmeversorgung. Doch auch hieraus ergab sich keine Wärmeversorgung, da die öffentliche Hand keine Laufzeit für die Versorgung aufgrund sinkender Schülerzahlen garantieren konnte/wollte und so eine Investition in ein Nahwärmenetz für den Betreiber zu unsicher gewesen wäre. Zudem wurde diskutiert, wie hoch der Wärmebedarf der Schule (mit vielen leer stehenden Räumen) tatsächlich sei und ob die Abwärme der Biogasanlage dies decken könne. Nach weiteren Verhandlungen zwischen den Akteuren und der sich bietenden Möglichkeit, einer 70-prozentigen Förderung für die Errichtung des Wärmenetzes durch die öffentliche Hand, wurde neun Jahre nach der Errichtung der Biogasanlage eine Entscheidung zum Bau der Wärmeleitung getroffen. Die öffentliche Hand tätigte die Investition, nachdem der Fortbestand der Schule auf mindestens zehn Jahre gesichert werden konnte. Der Wärmeverkauf erfolgt ab der Biogasanlage. Eine eventuelle Notversorgung stellt die öffentliche Hand selbst sicher, indem die alte Heizung der Schule erhalten wird. Die Wärmeversorgung der Grundschule wurde öffentlichkeitswirksam in Betrieb genommen.

Neben der Schule befinden sich in der Umgebung der Biogasanlage (ca. 800 m Entfernung) noch Wohnblöcke und eine Badeanstalt – ebenfalls in Besitz der öffentlichen Hand. Auch hier gab es bezüglich einer möglichen Wärmeversorgung Gespräche zwischen den Beteiligten, doch selbst nach der erfolgreich realisierten Versorgung der Schule, konnte keine Einigung über Wärmelieferungen erzielt werden. Die örtliche Bevölkerung stand immer hinter dem Vorhaben der Abwärmenutzung und würde auch die Schwimmbadbeheizung befürworten. Als Argument gegen diese Versorgungslösung für das Schwimmbad führt die Kommune Unsicherheiten hinsichtlich des wirtschaftlichen Weiterbetriebes des Bades an. .

Fallbeispiel 2: Biogasanlage in Niebüll, (Nordfriesland Nord) mit Satelliten-BHKW

Anlagenstandort:	25899 Niebüll OT Uhlebüll		
Inbetriebnahme:	2009	Wärmenutzung seit:	2009
Elektrische Leistung:	5x 250 kW _{el} (4x als Satellit)	Thermische Leistung:	5x280 kW _{th}
Gesprächspartner:	Bernhard Vogel (Biogasbearbeiter der Firma iTerra/Niebüll, die die Geschäftsführung der Biogasanlage übernimmt)		

Auf der Grundlage langjähriger Zusammenarbeit der Stadtwerke Niebüll GmbH und der iTerra GmbH entstand die Idee, eine Biogasanlage zu errichten, die über Satelliten-BHKW Gebäude im Niebüller Stadtgebiet mit Wärme versorgen können. Im Jahr 2009 ging die Biogasanlage in Uhlebüll (etwa 2 km nördlich des Stadtkerns von Niebüll gelegen) ans Netz, die von der Uhlebüll Biogas GmbH & Co. KG errichtet wurde. Diese schloss mit Inbetriebnahme der Anlage einen Vertrag mit den Stadtwerken Niebüll sowie der EON Hanse AG über die Lieferung von Rohbiogas ab, um drei innerstädtische BHKW (Standorte „Schwimmbad“ und „Wohngebiet Mühlenstraße“ der Stadtwerke sowie Standort „Kranken-

haus“ für die EON Hanse AG) über eine Rohbiogasleitung zu beliefern (Investitionen durch die Stadtwerke Niebüll – Verkauf des Rohbiogases ab Biogasanlage). Im Falle von Störungen oder Wartungsarbeiten an der Biogasanlage können die Satelliten-BHKW auf Erdgas umgestellt werden. Neben den innerstädtischen Satelliten-BHKW wird das Biogas in einem BHKW am Standort der Biogasanlage und in einem 1,3 km von der Anlage entfernten BHKW zur Beheizung eines Schweinestalles genutzt. Auch wenn alle BHKW-Standorte im Rahmen eines Gesamtkonzeptes vor Errichtung der Biogasanlage vorgesehen waren, gingen nicht alle BHKW der Stadtwerke zeitgleich mit der Biogasanlage im Jahr 2009 in Betrieb. Aufgrund von Verzögerungen im Genehmigungs- und Planungsprozess wurde das BHKW am Schwimmbad erst 2010 an die Rohbiogasleitung angeschlossen. Die Versorgung des Wohngebietes erfolgte in einem weiteren Ausbauschnitt. Dieses BHKW wird im Sommer aufgrund des geringen Wärmebedarfes für drei Monate abgestellt, um in diesem Zeitraum den Substrateinsatz in der Biogasanlage zu reduzieren. Der Wärmebedarf der Wohnhäuser wird dann über ein kleines Erdgas-BHKW gedeckt. Unabhängig von dem Konzept zur Wärmeversorgung im Stadtgebiet, wurde Ende 2015 zusätzlich ein BHKW zur flexiblen Stromeinspeisung im Rahmen der Direktvermarktung am Standort der Biogasanlage errichtet.

Als alternatives Versorgungskonzept wurde im Vorfeld neben der Errichtung einer Biogasleitung der Bau einer Fernwärmeleitung durch externe Berater geprüft und für eine Laufzeit von 25 Jahren durchkalkuliert. Gegen die Variante „Fernwärmeleitung“ sprachen eine Verlustleistung von 13 Watt je Meter Fernwärmeleitung und die deutlich geringeren Material- und Herstellungskosten der Rohbiogasleitung (etwa 1/3 der Kosten der Fernwärmeleitung). Durch dieses Wärmekonzept konnten im Vergleich zur bisher fossilen Wärmeversorgung günstigere Wärmepreise angeboten werden. Den Stadtwerken Niebüll ermöglichte es zudem, „echten Ökostrom“ anbieten zu können.

Fallbeispiel 3: Biogasanlage in Dörpum, (Nordfriesland Nord) mit Wärmenetz & Satelliten-BHKW

Anlagenstandort:	25821 Bordelum, OT Dörpum		
Inbetriebnahme:	2008	Wärmenutzung seit:	2008
Elektrische Leistung:	1.125 kW _{el}	Thermische Leistung:	1.230 kW _{th}
Gesprächspartner:	Rüdiger Schmidt, Geschäftsführer & Betriebsleiter		

Die Idee, eine Biogasanlage zu errichten, entstand 2006 in einer Runde aus Landwirten aus Dörpum. Bei der weiteren Konkretisierung des Vorhabens, wurde die Errichtung eines Wärmenetzes von Anfang an mitgedacht und nach außen kommuniziert. Es gründete sich eine Gesellschaft aus acht ortsansässigen Landwirten, die nicht nur die Biogasanlage errichteten und betreiben, sondern in der Folge auch die Investitionen in das Wärmenetz, eine Rohbiogasleitung und einen heizölbasierten „Notkessel“ mit einer Leistung von 800 kW_{th} tätigten. Die Realisierung des Gesamtprojektes erfolgte in mehreren Bauabschnitten: Im Jahr 2008 wurde die Biogasanlage mit zunächst 625 kW_{el} in Betrieb genommen. Im gleichen Jahr wurde auch das Wärmenetz mit zunächst 43 Anschlussnehmern eingeweiht. Mit der Planung dieses Netzes wurde einem Planungsbüro beauftragt, welches auf Basis der geplanten Anlagenleistung und eines Ortsplans eine Vorplanung für den Verlauf der Wärmetrasse anfertigte. Alle Anwohner entlang der potenziellen Trasse wurden zu einer Informationsveranstaltung eingeladen, bei der die Bauabsichten für Biogasanlage und Wärmenetz sowie der kalkulierte Wärmepreis (etwa 25 % unterhalb des Öl-

preisniveaus) vorgestellt wurden. Nach Bedenkzeit und erneuten Treffen wurden Verträge abgeschlossen und gebaut. Nach der ersten Wärmeabrechnung kamen weitere Anwohner auf die Betreibergesellschaft zu und wollten sich an das Wärmenetz anschließen lassen. Das Planungsbüro entschied daraufhin, welche Gebiete bzw. Wohneinheiten bei gleicher Leistung des BHKW der Biogasanlage noch angeschlossen werden können. Nach dieser Erweiterung bestand weiterhin Interesse von Anwohnern, sich an das Wärmenetz anzuschließen. Dies konnte jedoch nicht aufgrund der beschränkten Leistung der Biogasanlage erfolgen, weshalb man sich für den Bau einer weiteren Anlage entschied. Diese ging 2010 mit zunächst einem BHKW (250 kW_{el} und Option auf Erweiterung für ein zusätzliches BHKW) in Betrieb. Mit dem ebenfalls erweiterten Nahwärmenetz konnte eine Anschlussquote von >85 % bei den Haushalten in Dörpum (überwiegend Einfamilienhäuser, zusätzlich ein landwirtschaftlicher Betrieb mit Schweinehaltung) erzielt werden. Da damit das Wärmepotenzial im Ort ausgeschöpft, die Leistung der zweiten Biogasanlage aber noch nicht gänzlich genutzt wurde, konnten zusätzlich noch Wärmekunden im Industriegebiet in Bredstedt (3 km Entfernung zur Biogasanlage) mittels Rohbiogasleitung und Satelliten-BHKW und eines Wärmenetzes vor Ort versorgt werden.

Die Wärmenutzungsmöglichkeiten waren in diesem Fall Treiber für die (Weiter-)Entwicklung der Biogasanlage. Umgekehrt machte ein transparentes Wärmepreismodell den Anschluss an das Wärmenetz für die Anwohner attraktiv: Die Umbaumaßnahmen zum Anschluss an das Wärmenetz wurden zu einem „Festpreis“ in Höhe von 1.500 € für die Anschlussnehmer durch die Anlagenbetreiber angeboten. Die alten Heizanlagen wurden entsorgt. Der Wärmepreis setzt sich aus einer Grundgebühr und einem Arbeitspreis zusammen, der jedes Jahr auf Grundlage einer Berechnungsformel aus aktuellen Gas-, Strom-, Fernwärme-, Heizöl- und Pelletpreisen errechnet wird. Dadurch ist er objektiv nachvollziehbar und bietet den Anwohnern Kalkulations- und Planungssicherheiten.

Fallbeispiel 4: Biogasanlage in Hofkirchen, (Straubing-Bogen) mit Wärmeversorgung Betonwerk

Anlagenstandort:	84082 Laberweinting, OT Hofkirchen		
Inbetriebnahme:	8/2006	Wärmenutzung seit:	2006
Elektrische Leistung:	550 kW _{el}	Thermische Leistung:	450 kW _{th}
Gesprächspartner:	Eduard Meindl, Geschäftsführer & Besitzer (Meigas GmbH & Co. KG)		

Im Zuge betrieblicher Umstrukturierungsmaßnahmen im eigenen landwirtschaftlichen Betrieb, entschloss sich Herr Meindl zum Bau der Biogasanlage im Jahr 2006. Mit dieser Entscheidung einher gingen Überlegungen zur Verwendung der entstehenden Wärme. Hierfür bot sich das in unmittelbarer Nachbarschaft zum landwirtschaftlichen Betrieb liegende Betonwerk (100 m Luftlinie) an, da hier für Trockenkammern ein ganzjähriger 24-Stunden-Wärmebedarf von 48 °C besteht. Dieser Bedarf ist aufgrund von Produktionsspitzen im Sommer noch einmal höher als im Winter. Die Investition in das 300 Meter lange Wärmenetz erfolgte gleichzeitig mit der Errichtung der Biogasanlage und ebenfalls durch die Meigas GmbH & Co. KG. Die Wärmeübergabe findet am Betonwerk statt und ist vertraglich auf 20 Jahre festgesetzt worden. Die alten Heizkessel des Werkes auf Heizölbasis blieben für eventuelle Störfälle erhalten.

Als Alternative zur Versorgung des Betonwerkes gab es in der Planungsphase Überlegungen, ein benachbartes Wohngebiet mit Wärme zu versorgen. Dagegen sprach jedoch, dass der Wärmebedarf der

meist gut gedämmten Häuser (insbesondere im Sommer) gering war, zudem bereits viele Solarthermieanlagen vorhanden waren und die Investitionen in ein entsprechend großes Nahwärmenetz nicht darstellbar gewesen wären

Im Projektverlauf wurde die Leistung der Biogasanlage erweitert und ein Satelliten-BHKW (250 kW_{el}) am Betonwerk installiert, welches über eine Rohbiogasleitung versorgt wird. Dieses liefert zusätzlich zum Wärmenetz thermische Energie für die Prozesse im Werk und ist aufgrund von nicht-vorhandenen Leitungsverlusten ein Zugewinn an Effizienz.

Im Umfeld der Biogasanlage wurde darüber hinaus ein neues Wohngebiet erschlossen. Es gab Überlegungen auch dieses über ein Nahwärmenetz zu versorgen. Zur Realisierung kam es jedoch nicht, da dies die Kapazitäten der Anlage überstiegen hätte und zudem wirtschaftliche Bedenken im Raum standen.

Fallbeispiel 5: Biogasanlage mit Beheizung eines Spargelfeldes²⁵

Anlagenstandort:	Plätz (Altmark)		
Inbetriebnahme:	2006	Wärmenutzung seit:	2007
Elektrische Leistung:	550 kW	Thermische Leistung:	unbekannt
Gesprächspartner:	Landwirt mit Spargelanbau		

Dieses Fallbeispiel unterscheidet sich nicht nur hinsichtlich des Wärmekonzeptes von den bisher vorgestellten, sondern auch durch den interviewten Akteur. Es konnte lediglich der Betreiber des Spargelhofes, nicht jedoch der Biogasanlage befragt werden.

Nach Inbetriebnahme der Biogasanlage ging der Biogasanlagenbetreiber auf den Betreiber des Spargelhofes zu und fragte, ob dieser Interesse an Wärmelieferungen habe. Der Betreiber des Spargelhofes schaute sich daraufhin Konzepte in den Niederlanden an und man wurde sich einig: Der Biogasanlagenbetreiber verlegte eine Wärmeleitung bis an das Feld, die Heizschlangen im Feld wurden durch den Spargelbetrieb eingebracht. Auf diesem Wege können knapp fünf der insgesamt 70 ha Spargelanbaufläche mit der Abwärme der Biogasanlage beheizt werden. Vorteil dieser Beheizung ist eine Verlängerung der Erntephase – die Spargelernte kann mindestens einen Monat früher beginnen – sowie höhere Erträge. Als Resultat steht ein höherer Gewinn durch einen größeren Ernteanteil sowie die Bindung von Kunden, insbesondere durch frühzeitiges Angebot an Spargel im Vergleich zu anderen regionalen Spargelproduzenten.

Als mögliche Alternative zur Beheizung des Feldes stand die Vergasung von Holzhackschnitzeln zur Debatte. Insgesamt durfte das Konzept zur Beheizung jedoch nicht zu aufwendig werden, da seitens der Verbraucher nur eine geringe zusätzliche Zahlungsbereitschaft für frühe Spargellieferungen bestehen.

²⁵ Da durch den Interviewpartner keine Rückmeldung zur Freigabe der schriftlichen Zusammenfassung des Interviews erfolgte, wurde das Fallbeispiel anonymisiert dargestellt.

Ob bzw. wie das Konzept nach Auslaufen der EEG-Förderung weiterverfolgt werden wird, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gesagt werden.

4.2.3.4 Schlussfolgerungen zur erfolgreichen Umsetzung von Abwärmekonzepten an Biogasanlagen

Die Diskussion der vielschichtigen Untersuchungen soll sich zunächst an den fünf, im Zwischenfazit definierten, Handlungs- bzw. Problemfeldern orientieren, bevor weitere fördernde Faktoren aufgezeigt und eingeordnet werden.

Standort der Biogasanlage

Der Standort der Biogasanlage bzw. die Nähe zu potenziellen Wärmeabnehmern stellt zweifelsohne die wichtigste Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Wärmenutzung dar. In vier der fünf untersuchten Fallstudien gab es bereits vor Errichtung der Biogasanlage Überlegungen zur Umsetzung von Wärmekonzepten. Dies stellt sicher den Idealfall dar. Aber auch für Standorte von Biogasanlagen, an denen ein Wärmenetz nicht darstellbar ist, könnte sich z. B. die Errichtung von Rohbiogasleitungen mit Satelliten-BHKW lohnen – im untersuchten Fall in Niebüll konnten dies mit etwa 1/8 bis 1/9 der Kosten eines Wärmenetzes realisiert werden.

Transportable Wärmespeicher wurden von den befragten Experten kritisch diskutiert: zum einen handelt es sich um komplexe, wenig erprobte Technik, die nur in Einzelfällen genutzt wird. Außerdem müssen auch für diese Nutzungsvariante, die zwar die räumlichen Ausgangsbedingungen relativiert, Wärmeabnehmer gefunden werden. Die Trocknung von landwirtschaftlichen Produkten wurde in einzelnen Fallbeispielen geprüft, dann jedoch aufgrund eines ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses nicht weiter verfolgt.

Wärmenetze beziehungsweise der Einsatz von Satelliten-BHKW scheinen die „sinnvollste“ Lösung für viele Biogasanlagen zu sein. Allerdings wurden diese Projekte im Rahmen der Begleitforschung überrepräsentiert untersucht: so wurden weder Projekte mit Trocknungsanlagen noch Biogasanlagen ohne eine Wärmenutzung betrachtet. Der besondere Fokus auf Nahwärmenetze ergab sich aus dem Fokus vieler Regionen explizit in diesem Bereich tätig zu werden (siehe auch Abschnitt 4.2.2).

Risikoverteilung bei der Abwärmenutzung an Biogasanlagen und Förderanreize

Insbesondere in den Fallstudien wurde noch einmal deutlich, wie wichtig es ist, dass sich alle beteiligten Akteure über mögliche Risiken bei der Umsetzung des Wärmekonzeptes informieren und diese zur Zufriedenheit aller verteilen (und entsprechend einpreisen). Hiermit ist zunächst die Frage verbunden, wer in welche technischen Komponenten bzw. in notwendige Infrastruktur investiert und diese dann betreibt. In diesem Zuge muss auch ausgehandelt werden, welche Garantien vom Investoren gemacht werden müssen. Dies äußert sich zum einen in dem Preis (bzw. Preismodell mit Grund- und Arbeits-

preis) für die Wärmelieferung und zum anderen in der Langfristigkeit der Lieferverträge. Verschiedene mögliche Varianten der Risikoverteilung aus Sicht des Betreibers der Biogasanlage sind in Abbildung 60 dargestellt: das geringste Risiko geht der Anlagenbetreiber ein, wenn er die Wärme bzw. das Rohbiogas ab seiner Biogasanlage verkauft. Investitionen und Risiko steigen, wenn auch die Komponenten zur Verteilung der Wärme bzw. des Rohbiogases gebaut und betrieben werden. Eine zusätzliche Komponente stellt die Bereitstellung von Redundanzkapazitäten dar, falls die Biogasanlage ausfällt oder gewartet werden muss. Je nach Risikobereitschaft des Anlagenbetreibers müssen der/die Wärmeabnehmer eigene Investitionen tätigen oder weitere Akteure hinzugezogen werden. „Vermittler“ zwischen diesen Bereitschaften, Risiko zu übernehmen, ist der Wärmepreis bzw. die zu erwirtschaftende Rendite einzelner Akteure.

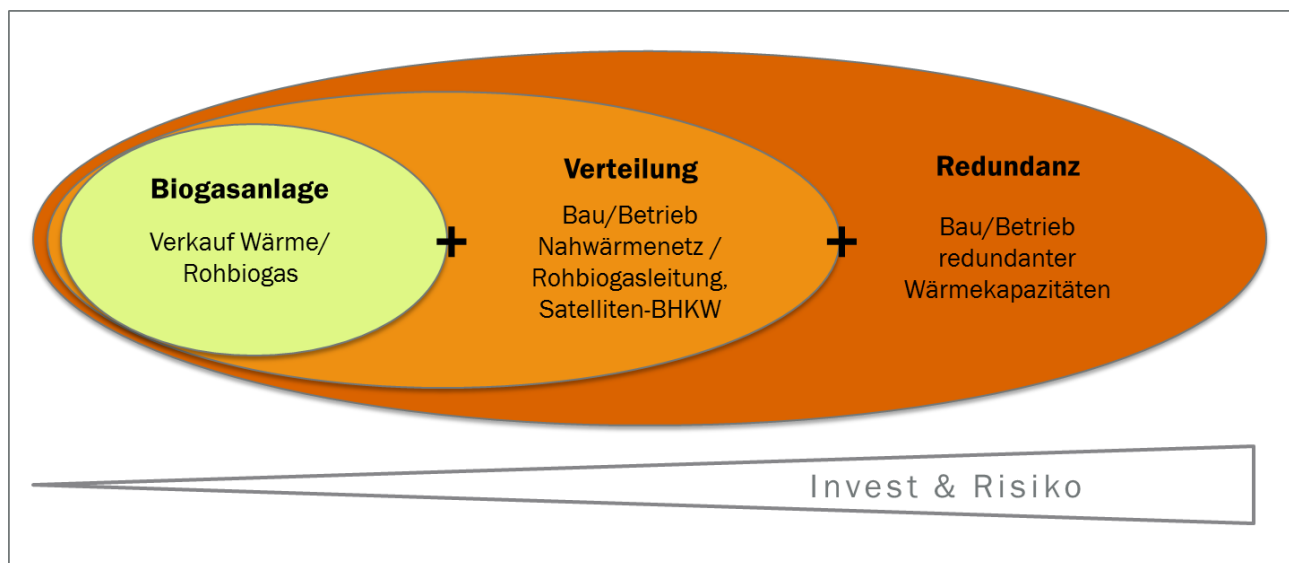


Abbildung 60 Modellhafte Darstellung verschiedener Varianten zur Risikoverteilung bei der Abwärmenutzung an Biogasanlagen aus Sicht eines Biogasanlagenbetreibers. Eigene Darstellung DBFZ.

In den untersuchten Fallbeispielen wurden hierzu ganz unterschiedliche Varianten gewählt: in einem Fall erfolgte der Wärmeverkauf ab dem BHKW am Standort der Biogasanlage. Die öffentliche Hand investierte in ein Nahwärmenetz und hält mit der alten Ölheizung auch Redundanzkapazitäten vor. Dies stellte ein Kompromiss für alle Akteure dar, der durch umfangreiche finanzielle Fördermöglichkeiten für das Wärmenetz ermöglicht wurde. In einem anderen Fall erfolgte der Verkauf von Rohbiogas ebenfalls direkt ab der Biogasanlage. Alle weiteren Investitionen erfolgten jedoch durch die örtlichen Stadtwerke. So konnten in einer starken Partnerschaft und in enger gemeinschaftlicher Planung für beide Akteursgruppen Vorteile herausgearbeitet werden. Ein „Rundum-sorglos-Paket“ bei dem der Biogasanlagenbetreiber auch in alle Netze investierte, Hausübergabestationen subventionierte und eine redundante Versorgung gewährleistete, wurde in einem anderen Beispiel realisiert. Aber auch eine gleichmäßigere Risikoverteilung ließ sich in einem anderen Fall erkennen: Der Wärmeverkauf erfolgte durch den Biogasanlagenbetreiber am Ort der Wärmenutzung (inkl. Investition in das Wärmenetz), die Redundanz wird durch den Wärmeabnehmer vorgehalten.

Um das unternehmerische Risiko insgesamt zu reduzieren, wurden durch alle befragten Akteure Fördergelder in Anspruch genommen. Dies umfasste neben dem KWK-Bonus im Rahmen des EEG auch Zuschüsse für den Bau des Wärmenetzes durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

Vertrauensbildung zwischen den Akteuren

„Stellen Sie sich vor: Alle sitzen unterm Weihnachtsbaum und plötzlich fällt die Biogasanlage aus!“ – so beschrieb einer der interviewten Biogasanlagenbetreiber die Herausforderung, das Vertrauen der Wärmekunden nicht zu enttäuschen und unterstrich, dass eine Gewährleistung einer Wärmeversorgung nicht nur mit Vertrauen sondern auch mit Verantwortung zu tun habe. Die Angst, sich in die Abhängigkeit eines Wärmeversorgers zu begeben, wurde in der Studie von Böhnisch u.a. (2004) als ein am häufigsten genanntes Hemmnis angeführt.

Vertrauensbildend hingegen stellte sich in den Fallstudien zum Beispiel heraus, bereits vor dem Bau der Biogasanlage verschiedene Varianten der Wärmeversorgung vorzustellen und zu diskutieren, um so objektiv und mit allen Beteiligten zu guten Lösungen zu kommen. Auch ein transparentes Preismodell und langfristige Verträge können dazu beitragen, gegenseitiges Vertrauen und „klare Spielregeln“ aufzubauen.

Funktionierende Kommunikation als Grundlage für erfolgreiche Wärmeprojekte

In den Fallbeispielen wurde deutlich, wie wichtig eine funktionierende Kommunikation zwischen allen Beteiligten ist. So zeigte sich, dass sich die Umsetzung einer Wärmelösung über Jahre hinauszögern kann, wenn Akteure nicht miteinander kommunizieren. Umgekehrt wurden anderswo prämierte Vorzeigeprojekte realisiert, wo die Schlüsselakteure von Beginn an eng zusammen gearbeitet haben und auch während des Betriebes „ihr Wärmemodell“ in die Öffentlichkeit tragen und Besuchergruppen präsentieren.

In den abschließenden Expertendiskussionen wurde jedoch auch noch einmal deutlich, dass ein gestaffeltes Vorgehen bei der Umsetzung (zunächst Errichtung Biogasanlage, dann Wärmenetz) ebenfalls sinnvoll sein kann: Die i.d.R. sehr zeitaufwendigen Diskussionen um ein Wärmenetz inkl. Vertragsabschlüssen und Genehmigungsplanung können sich über mehrere Jahre ziehen. Biogasanlagenbetreiber wollten ihre Anlage jedoch meist zeitnah errichten, um von speziellen Regelungen der entsprechenden Version des EEG zu profitieren.

Neben der Kommunikation kann das Besichtigen und „Erleben“ von bereits umgesetzten Wärmeprojekten Akteure von der Machbarkeit einer Projektidee überzeugen und inspirieren. In einem konkreten Fall war dies eine Fahrt in den österreichischen Ort Güssing, in dem bereits zahlreiche erfolgreiche EE-Projekte umgesetzt wurden. Nicht zuletzt sollte auch zwischen den Anlagenbetreibern ein Austausch ermöglicht werden, um Erfahrungen, Sorgen und Ideen zu teilen.

Weitere Einschätzungen zu fördernden Faktoren für umfangreichere Wärmenutzung an Biogasanlagen

Neben den bereits erwähnten Aspekten wurden alle Interviewpartner gefragt, was dazu beitragen würde, insgesamt mehr Abwärme zu nutzen. Hier wurde mehrfach der Bedarf einer weiteren Risikoredukti-

on seitens des Staates genannt, indem z.B. die Errichtung von Nahwärmenetzen umfangreicher gefördert werden würden. Auch ein Modell, bei dem Biogasanlagen mit Wärmenetz bei Stromüberschüssen im Netz nicht Zwangsabgeschaltet werden müssen, wurde erwähnt und wird in Teilen Schleswig-Holsteins bereits praktiziert. Weiterhin besteht der Wunsch, insgesamt mehr Planungssicherheit zu haben, was durch ein „stabileres EEG“ mit weniger häufigen Anpassungen gewährleistet werden könnte.

Die Risikoreduktion könnte aber auch im lokalen Kontext wirken: Ein größerer Abnehmermix bei den Anschlussnehmern im Wärmenetz (z.B. mind. ein Großabnehmer) könnte aus Anbietersicht eine kontinuierliche, planbare Wärmeabnahme gewährleisten.

Abschließende Einordnung der Untersuchung zur Abwärmenutzung an Biogasanlagen

Bei allen herausgearbeiteten fördernden und hemmenden Faktoren zur Abwärmenutzung an Biogasanlagen darf nicht außer Acht gelassen werden, dass i.d.R. die Wirtschaftlichkeit über die Umsetzung von Projekten entscheidet. Diese muss gegeben sein. Alle weiteren „weichen Faktoren“ tragen jedoch zusätzlich zum Gelingen eines Projektes bei oder können es auch scheitern lassen. Bei den erfolgreich umgesetzten Projekten, die im Rahmen der Fallstudien untersucht wurden, stellte sich insbesondere eine gute Vernetzung der Akteure vor Ort bereits vor dem Bau der Anlage heraus. Auch ist es sehr hilfreich, einen (finanziellen) Mehrwert für alle Beteiligten zu schaffen und dies auch zu kommunizieren. Für die investierenden Akteure ist dies die Rendite, für die an ein Wärmenetz angeschlossenen Bürger ein niedriger Wärmepreis. Hier lassen sich Brücken zu den Aktivitäten der Regionalmanagements der Bioenergie-Regionen schlagen (siehe Kapitel 4.2.1), die vielerorts kommunikative Aufgaben übernehmen und die Akteure vor Ort zusammen führten.

Da im Rahmen dieser Fallstudien nur realisierte Wärmeprojekte umgesetzt wurden, sei noch einmal daran erinnert, dass neben den finanziellen Aspekten bei der Errichtung von Wärmenetzen auch Überlegungen zur Effizienz eine Rolle spielen sollten (siehe Kapitel 4.2.2), um einen schonenden und langfristigen Umgang mit den vorhandenen Ressourcen zu gewährleisten.

In den untersuchten Projekten stellten sich die netzgebundenen Lösungen zur Wärmenutzung als diejenigen dar, denen eine längerfristige Zukunft zugesprochen wurde, wohingegen Trocknungskonzepte eher als kurzfristige Zwischenlösungen gesehen wurden, die eng an die Existenz und Förderung der Biogasanlage gekoppelt sind.

4.3 Einsatz alternativer Rohstoffe für die Bioenergienutzung

In den fortgeschriebenen Regionalen Entwicklungskonzepten (REK) der Bioenergie-Regionen nahmen Projekte zum Einsatz alternativer Rohstoffe zum Betrieb von Bioenergieanlagen in zahlreichen Regio-

nen einen besonderen Stellenwert ein²⁶. Einerseits sollten bislang nicht verwertete Biomassen durch effizientes Stoffstrommanagement einer energischen Verwertung zugeführt und somit Lücken im Sinne der Kreislaufwirtschaft geschlossen werden. Andererseits führte der Nutzungsdruck der Landwirtschaft zu einer stärkeren Diskussion der Argumente von Ökologie und Naturschutz. Die Fördermaßnahme ermöglichte es, daraufhin punktuell Bewirtschaftungsweisen zu verändern. Eine Motivation bestand dabei, Alternativen zum großflächigen Anbau von Energiepflanzen, wie z. B. Mais, zu finden und somit dem Akzeptanzverlust der Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen entgegenzuwirken.

Als Bestandteil der technisch-ökonomischen Begleitforschung diente in diesem Kontext das Arbeitspaket 3.1 dazu, die rohstoffspezifische Projektvielfalt der Bioenergie-Regionen sowie deren Erfahrungen im Bereich ungenutzter / innovativer Rohstoffe abzubilden. Ergänzt mit gezielten Literaturhinweisen und praxisnahen Handlungsempfehlungen konnte damit der Zugang zu Wissen sowie die Vernetzung innerhalb der Bioenergie-Regionen stark erleichtert werden. Die umfassenden Ergebnisse samt einer Übersicht vorhandener Wissensträger zu den wichtigsten alternativen Biomassen enthält die separate Veröffentlichung von 2015 (siehe hierzu Haak u. a. 2015). Der vorliegende Bericht greift die wesentlichen Erkenntnisse und Schlussfolgerungen dieser Arbeit auf.

4.3.1 Hintergrund und Methoden

4.3.1.1 Kennzeichen alternativer Rohstoffe

Alternative Bioenergierohstoffe sind gekennzeichnet durch einen niedrigen Bekanntheitsgrad als Energieträger, besondere logistische Herausforderungen bei der Bereitstellung oder hohe technische Anforderungen an die Verwertung (siehe Tabelle 10). Diese drei Eigenschaften führen zu einer bisher nur geringen energetischen Nutzung, weswegen hierbei gleichzeitig nur wenige Erfahrungen vorliegen. Bei nachwachsenden Rohstoffen sind außerdem die zurückliegenden Anstrengungen zur Sortenzüchtung sowie die bislang niedrige Anbaufläche in Deutschland ein Hinweis auf den Neuheitsgrad des Bioenergierohstoffs.

Neben den typischen Bioenergierohstoffen wie Waldrestholz, tierische Exkremente oder Gras- und Ganzpflanzensilage kommt damit auch „neuartigen“, d.h. noch wenig in der Praxis erprobten Rohstoffen verstärkte Aufmerksamkeit zu. Dazu zählt z.B. der Anbau von Energiekräutern und -gräsern (FNR 2012a) aber auch „mehrjährige Energiepflanzen-Exoten“ mit „noch relativ wenig Erfahrung hinsichtlich Ertragsverhalten, Nährstoffbedarf, Pflanzenschutzmaßnahmen und Anbauverfahren“ (Eder 2012: S. 76f). Darüber hinaus geraten auch biogene Abfälle und Nebenprodukte, die bisher vor allem stofflich

Tabelle 10: Kennzeichnende Eigenschaften alternativer Bioenergierohstoffe. Eigene Darstellung

Kennzeichen alternativer Bioenergierohstoffe

²⁶ Unter alternative Bioenergierohstoffe fallen bestehende, aber bislang ungenutzte Rohstoffe sowie neuartige, innovative Rohstoffe, welche bislang unbekannt waren. Die vorliegende Arbeit verwendet dies synonym mit dem Begriff ungenutzter / innovativer Rohstoffe.

Kennzeichen alternativer Bioenergierohstoffe

Bekanntheitsgrad als Energieträger	Niedrig
Komplexität der Bereitstellung	Hoch
Technische Anforderungen an die Verwertung	Hoch
NAWARO: Züchtungshistorie auf Energieausbeute	Kurz
NAWARO: Derzeitige Anbaufläche	Gering

verwertet bzw. entsorgt wurden, verstärkt in den Fokus als Rohstoff zur Energieerzeugung. Seit 2011/12 entstanden so bis 2015 25 neue Bioabfallvergärungsanlagen. In solchen Anlagen können anteilig auch bislang nicht genutzte alternative Rohstoffe eingebracht werden.

Die Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen bot in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, neue Energieträger auf regionaler Ebene zu thematisieren und Initiativen beim Einsatz innovativer Rohstoffe zu unterstützen. Wegen der fehlenden langjährigen Expertise können die Akteure in den Projekten auf Probleme bei der Rohstoffbereitstellung und -verarbeitung stoßen, die gegebenenfalls bereits in anderen Bioenergie-Regionen gelöst wurden. Welche konkreten Projekte zur Nutzung von solchen Nischenrohstoffen bestehen (und wo diese zu finden sind), war jedoch zunächst nicht ausreichend bekannt. Die Begleitforschung hat hier zum Themenfeld ungenutzte Biomassen / Einsatz innovativer Substrate somit dazu beigetragen, entsprechende Erfahrungen zur Verfügung zu stellen.

4.3.1.2 Forschungsansatz

Die **übergeordneten Ziele** des Arbeitspakets 3.3 bestanden erstens darin, die Projektvielfalt mit den jeweiligen Erfahrungen der Regionen zu erfassen und somit den regionalen Wissensträgern einen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen. Daneben sollte der Vergleich zwischen Projektanzahl und regionaler Potenzialhöhe Erkenntnisse liefern, ob die Regionalmanagements verstärkt in den Bereichen aktiv sind, in denen das größte technische Bioenergiepotenzial zu erwarten ist.

Basis der Arbeit ist dementsprechend eine **Literaturanalyse und Recherche bestehender Erfahrungen** mit alternativen Bioenergierohstoffen in den Bioenergie-Regionen. Hierzu standen die Berichte und Projektergebnisse aus den Regionen zur Verfügung. Daneben dienten **zwei Workshops** dazu, die bestehenden Erfahrungen der Regionen zu identifizieren und für andere Akteure verfügbar zu machen. Gelegenheiten zur Vernetzung, zum Wissenstransfer und zum Sammeln von Erfahrungen erhielten die Regionalmanagements somit sowohl beim 11. Workshop mit dem Thema „Reststoffe und Landschaftspflegematerial“ (März 2013 in Hardehausen - Warburg) als auch beim 13. Workshop Bioenergie-Regionen „Probleme und Lösungsansätze bei der Etablierung alternativer Bioenergierohstoffe“ (September 2013 in Nienburg, Weser).

Die Gegenüberstellung und Bewertung von Maßnahmen zur Nutzung innovativer Rohstoffe mit dem jeweils ausgewiesenen technischen Bioenergiepotenzial wurde schließlich unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Biomassepotenzialanalyse durchgeführt (vgl. AP 3.1 in Kapitel 3.1). Die Anzahl und Beschreibung der Projekte mit alternativen Rohstoffen, konnte dafür der Projektdatenbank der Fördermaßnahme entnommen werden (vgl. Kapitel 4). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten,

dass die Projektdatenbank nur die Schwerpunktthemen enthält, mit denen sich die Regionen im Rahmen des regionalen Entwicklungskonzepts für die Förderung qualifiziert haben. Dabei blieben unter Umständen weitere Maßnahmen unbetrachtet, die außerhalb des Tätigkeitsfeldes der Regionalmanagements in Bioenergie-Regionen stattfanden. Die Ergebnisse lassen demzufolge nur Schlussfolgerungen hinsichtlich der **Thematisierung bislang ungenutzter Reststoffe insbesondere durch das Regionalmanagement** zu. Dabei erfolgt eine rein quantitative Gegenüberstellung, welche den qualitativen Aspekt der konkreten Maßnahmen nicht berücksichtigt.

4.3.2 Projekte mit ungenutzten Biomassen / innovativen Substraten

Grundsätzlich können hinsichtlich der Nutzungsmotive bei den alternativen Bioenergierohstoffen zwei Gruppen unterschieden werden. In der **ersten Gruppe** lassen sich solche Rohstoffe zusammenfassen, die aus vorwiegend ökologischen Gründen (Naturschutz, Landschaftsbild etc.) als Bioenergierohstoff thematisiert werden (Gruppe A). Charakteristisch ist hierbei, dass diese als **Alternative für bisher genutzte Materialien oder Substrate** gewonnen bzw. angebaut werden. Es findet demnach überwiegend eine Änderung der bestehenden Flächenbewirtschaftung statt, um die alternativen Rohstoffe zu produzieren. Als eingängiges Beispiel können Wildpflanzenmischungen angeführt werden, die für die Biogas-erzeugung als Alternative zu Maispflanzen eingesetzt werden und damit einen Beitrag zu Umwelt- und Naturschutz sowie zur Auflockerung des Landschaftsbildes leisten.

In der **zweiten Gruppe** befinden sich alternative Bioenergierohstoffe, welche bislang schon in Stoffströmen der Landwirtschaft, Nahrungsmittelverarbeitung oder Landschaftspflege vorkommen, jedoch **(noch) nicht energetisch genutzt** werden (Gruppe B). Hier ist die Motivation zur Etablierung dieser Rohstoffe das Erschließen ungenutzter Ressourcen. Die energetische Nutzung erweitert im besten Fall die Nutzungskaskade und wertet damit einen ohnehin anfallenden Rohstoff bzw. Reststoff auf. Als Beispiel sei hier die Aufbereitung von landwirtschaftlichen Reststoffen zu Mischpellets und deren energetische Verwertung genannt. Eine Übersicht zur Themenvielfalt in den Bioenergie-Regionen hinsichtlich alternativer Rohstoffe enthält Abbildung 61.

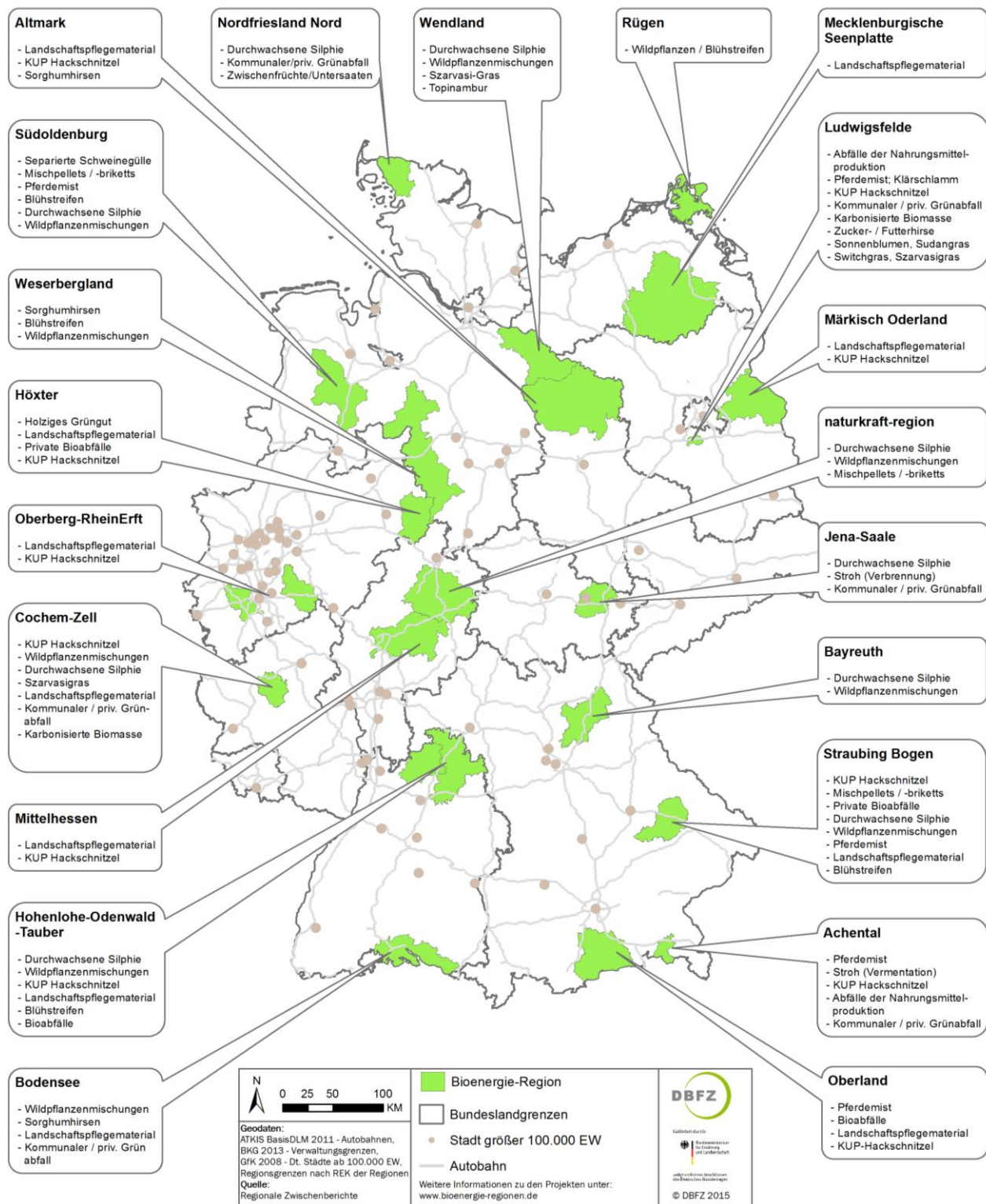


Abbildung 61: Erfahrungen mit alternativen Rohstoffen in Bioenergie-Regionen. Aufgeführt ist eine Auswahl von Biomassen, zu denen bereits bedeutende Wissensträger in den Regionen vorhanden sind. Datengrundlage: Regionale Zwischenberichte 2013; Projektdatenbank der Fördermaßnahme, online; Workshops in Bioenergie-Regionen

4.3.2.1 Themenkonjunktur alternativer Rohstoffe mit Schwerpunkt Naturschutz / Ökologie in den Regionen

Im Zuge der regionalen Zwischenberichterstattung zur Fördermaßnahme gaben die Regionalmanagements im Jahr 2013 an, welche alternativen Biomassen in ihren Regionen bereits genutzt werden und für welche eine Nutzung geplant ist. Der Rohstoff wird thematisiert, sobald er entweder bereits genutzt oder dessen Nutzung geplant ist.

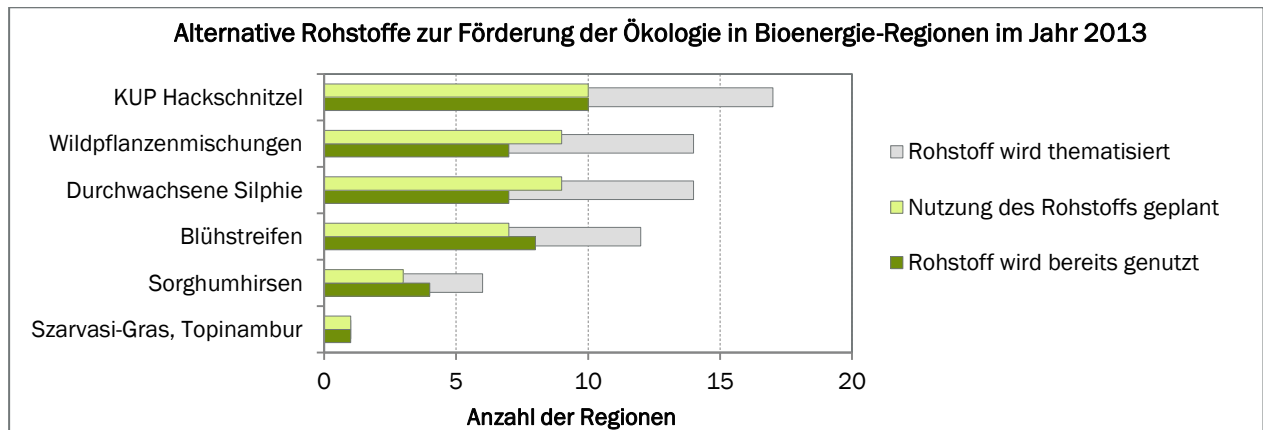


Abbildung 62: Alternative Rohstoffe der Gruppe A (Ökologisch motivierter Anbau) in Bioenergie-Regionen. Angaben des Regionalmanagements. „thematisiert“: Rohstoff bereits genutzt oder dessen Nutzung geplant
 Datengrundlage: Regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen im Jahr 2013.

17 der 21 Bioenergie-Regionen thematisieren den Anbau von Kurzumtriebsplantagen, um damit Holzhackschnitzel zu produzieren (siehe Abbildung 62). Zehn Regionen haben hier bereits Erfahrungen mit der Nutzung machen können. Ebenfalls von hoher Relevanz sind Wildpflanzenmischungen und die durchwachsene Silphie als Dauerkulturen für die Biogaserzeugung. Blühstreifen werden in über zehn Regionen thematisiert, können aber nicht zur Energieerzeugung geerntet werden, da sonst die Fördergrundlage entfällt.

4.3.2.2 Themenkonjunktur zur Nutzung alternativer Rohstoffe von bestehenden Stoffströmen in den Regionen

Auch für bislang nicht genutzte Rohstoffe, welche aber in einer Nutzungskaskade energetisch verwertbar wären, machten die Regionalmanagements im regionalen Zwischenbericht 2013 Angaben zur bisherigen und geplanten Nutzung. Dies betrifft Reststoffe und Abfälle bzw. Nebenprodukte (siehe Abbildung 63).

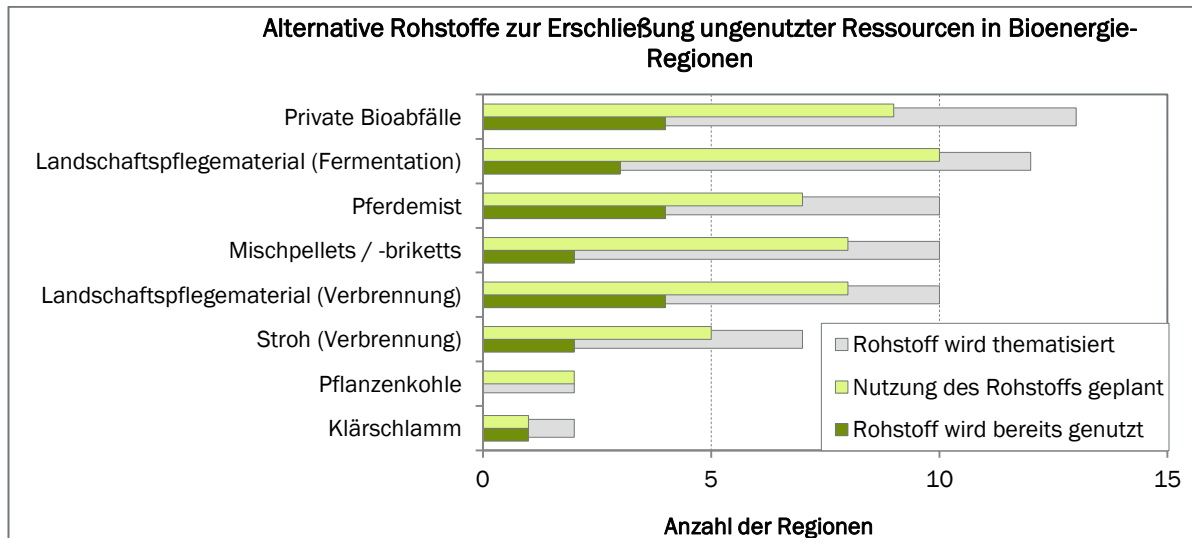


Abbildung 63: Alternative Rohstoffe der Gruppe B (Erschließen ungenutzter Ressourcen) in Bioenergie-Regionen. Angaben des Regionalmanagements. „thematisiert“: Rohstoff bereits genutzt oder dessen Nutzung geplant
 Datengrundlage: Regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen im Jahr 2013.

Am häufigsten thematisierten die Regionen private Bioabfälle für eine mögliche Energiegewinnung aus Reststoffen. Hier hatten zu Beginn der zweiten Förderphase jedoch nur vier Regionen bereits Erfahrungen sammeln können, während es geplant war in weiteren neun Regionen diesen Rohstoff ebenfalls energetisch zu verwerten. Auch Landschaftspflegematerial, Pferdemist und weitere Biomassen wurden bereits vereinzelt in Biogasanlagen oder in der Verbrennung genutzt. Im Gegensatz zu den Rohstoffen der Gruppe A) sind es aber deutlich weniger Regionen, die bereits Erfahrungen aufweisen konnten, als solche, die eine Nutzung planten. Dadurch zeichnete sich hierbei ein erhöhter Bedarf an Wissensaustausch ab. Über die genannten alternativen Rohstoffe der Abbildung 63 hinaus, gab es weitere Biomassen, welche jedoch absolute Nischenthemen in einzelnen Regionen darstellten. Dazu gehört zum Beispiel die energetische Nutzung von Rapsstroh, Holz unter Hochspannungsleitungen, Biomasse aus Solarparks oder von Feuchtgrünland.

4.3.2.3 Vergleich der Potenzialhöhe mit der Maßnahmenanzahl ausgewählter Biomassen in den Bioenergie-Regionen

Es ist davon auszugehen, dass sich auf Basis der unterschiedlichen Ausgangssituationen der einzelnen Regionen eine individuelle regionale Themenvielfalt ausbildet. Mit dem Vergleich der Potenzialhöhe mit der Maßnahmenanzahl ausgewählter Biomassen sollte gezeigt werden, ob dies auch bei alternativen Rohstoffen der Fall ist. Hierfür wurden ausgewählte Biomassen der Gruppe B (Bioabfall /Speiseabfälle, Landschaftspflegematerial und Wegebegleitgrün, Grünabfall und Stroh) näher betrachtet, da für die Biomassen der Gruppe A) keine technischen Biomassepotenzial gegenübergestellt werden können. Die Maßnahmenanzahl entspricht der Anzahl an Projekten, die die regionalen Entwicklungskonzepte (REK) zu diesen Biomassen enthalten. Für die Bewertung der Höhe des Potenzials dienen die mit Strom aus dem jeweiligen Reststoff zu versorgenden Haushalte in der entsprechenden Region (vgl. Kapitel 3.1).

Es zeigte sich, dass die technischen Potenziale alternativer Biomassen grundsätzlich nur einen marginalen Anteil des Strombedarfs der Haushalte in den Regionen decken könnten. Von den betrachteten Rohstoffen birgt nur Stroh das Potenzial, eine größere Bedeutung zur Stromversorgung zu erlangen (siehe folgende Tabelle 11). Zum Vergleich: die Nutzung der forstwirtschaftlichen Biomasse könnte unter den getroffenen Annahmen im Durchschnitt den gesamten Haushaltsstrombedarf decken. Innerhalb der Regionen gibt es jedoch bei allen betrachteten Biomassen große Unterschiede bezüglich der Höhe der potenziellen Abdeckung.

Tabelle 11: Zusammenfassende Gegenüberstellung der Potenziale und der Maßnahmenanzahl für ausgewählte alternative Biomassen in allen 21 Bioenergie-Regionen.

Datengrundlagen: Projektdatenbank zum Vorhaben Bioenergie-Regionen (online), Stand: Februar 2014; Technisch-ökonomische Begleitforschung zur Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2.0: Arbeitspaket 3.1

Rohstoff	Durchschnittliche potenzielle Deckung des HH-Strombedarfs [%]	Anzahl Regionen, die Maßnahmen zum genannten Rohstoff umsetzen	Gesamtzahl Maßnahmen in den REK (alle Regionen)
Bioabfall /Speiseabfälle	1 %	4	4
Landschaftspflegematerial und Wegebegleitgrün	1 %	17	27
Grünabfall	3 %	7	11
Stroh	44 %	6	8
Forstwirtschaftliche Biomasse	135 %	13	30

Die Gegenüberstellungen haben gezeigt, dass die Höhe des Rohstoffpotenzials keinen Einfluss auf die regionale Themenvielfalt alternativer Rohstoffe hat. Wenngleich für Stroh – abgesehen von forstlicher Biomasse - das höchste durchschnittliche Potenzial besteht, haben nur sechs Regionen hierzu Maßnahmen im REK aufgeführt. Im Gegensatz dazu beinhalten fast alle 21 REK Maßnahmen zur energetischen Nutzung von Landschaftspflegematerial und Wegebegleitgrün, obwohl die Potenziale wesentlich niedriger ausfallen. Es ist jedoch zu bedenken, dass ein regional sehr geringer potenzieller Versorgungsgrad aus einem Reststoff dennoch Maßnahmen zur energetischen Nutzung erlaubt, sofern der Reststoffanfall eine lokale Relevanz entfaltet beziehungsweise mit weiteren Biomassen regional gebündelt werden kann.

Zu berücksichtigen ist, dass die Maßnahmenanzahl noch keinen Rückschluss auf den Umfang und die Auswirkung der Maßnahmen in der jeweiligen Region erlaubt. Die Befragung der Regionen aus dem Jahr 2013 macht darüber hinaus deutlich, dass neben den Maßnahmen im REK oftmals zusätzliches regionales Engagement zu den betrachteten Biomassen besteht, welches nicht in die Untersuchung einbezogen werden konnte. Der Vergleich zeigt dennoch auf, dass die regionale Themenkonjunktur stärker von Einflüssen, wie etwa ein konkretes Entsorgungsproblem oder von engagierten Einzelpersonen abzuhängen scheint.

4.3.3 Zentrale Probleme und Lösungsansätze bei der Etablierung alternativer Bioenergierohstoffe

Insgesamt lässt sich ein starkes Engagement der Bioenergie-Regionen im Bereich ungenutzter / innovativer Bioenergierohstoffe feststellen. Es finden sich zahlreiche Beispiele, wo Rohstoffe bereits in energetische Nutzungen integriert sind. Eine (verstärkte) Nutzung wurde darüber hinaus für weitere Rohstoffe in der Fördermaßnahme von 2012-2015 angestrebt. Dies betraf sowohl Rohstoffe mit ökologischen Vorteilen, als auch ungenutzte Ressourcen. Die regionalen Initiativen können nun auf einen entsprechenden Erfahrungsschatz zurückgreifen. Die identifizierten Wissensträger und die umfassende Gegenüberstellung von spezifischen Herausforderungen und Lösungsansätzen sind Bestandteil des Berichts von Haak u. a. (2015)²⁷.

4.3.3.1 Probleme und Lösungsansätze bei der Etablierung alternativer Bioenergie-Rohstoffe

Bei der Analyse der Erfahrungen zu alternativen Bioenergierohstoffen kristallisierten sich Probleme und Lösungsansätze heraus, die auf mehrere oder alle Rohstoffe zutreffen:

Probleme bei der Etablierung alternativer Bioenergie-Rohstoffe:

- **Fehlende Erfahrungen** oder fehlende Technologien führen auf der Umsetzungsebene zu geringem Anreiz bis hin zu Vorbehalten gegenüber neuen Kulturen und Methoden
- **Änderungen von Routinen bzw. Gewohnheiten** bei der Rohstoffbereitstellung sind nicht einfach herbei zu führen und benötigen Zeit
- **Wirtschaftlichkeit** ist nicht durchweg belegt, Erträge und Umsätze sind schwer planbar bis unbekannt
- **Öffentlichkeitsarbeit** ist nicht durch Landwirt bzw. engagierten Akteur leistbar
- **Fehlende (regionale) Strukturen** wie Partnerschaften, Netzwerke, Angebot & Nachfrage
- **Rechtliche Rahmenbedingungen**, Fördermöglichkeiten, geltende Vorschriften **sind unbekannt**,
- **Große Investitionen** z.B. für Zertifizierungsprozess oder Aufbereitungstechnik, erfordern Fremdkapital, was u.U. eine Hürde darstellt

Lösungsansätze für eine Etablierung alternativer Bioenergie-Rohstoffe

- **Information & Dialog:** Interessengruppen einbeziehen, transparent kommunizieren und ggf. einen runden Tisch einberufen schafft öffentliche Akzeptanz und streut Erfahrungen
- **Vorbildwirkung** geht von positiven Versuchen oder Pilotvorhaben aus und ermutigt dazu, diese nachzuahmen
- **Beratungsleistungen** können durch Wissensträger, Regionalmanagement und organisiertem KnowHow-Transfer zielgerichtet vermittelt werden
- **Öffentlichkeitsarbeit** kann von Regionalmanagement, Genossenschaft, Verein oder Verband übernommen werden

²⁷ Online unter: www.dbfz.de/bioenergieregionen

Neben den hier aufgezählten Punkten sind Akteure häufig zusätzlich mit individuellen Herausforderungen konfrontiert, deren Lösung besonderes Engagement erfordern kann. Allerdings zeichnen sich bei einigen Rohstoffen Fortschritte bei ihrer Etablierung ab, indem sich praktikable Ansätze immer weiter verbreiten und ein Durchbruch aus der Nische zu erwarten ist.

Dazu zählen:

- **Durchwachsene Silphie** ...da Bauern kontinuierlich weitere Flächen anlegen, die Erträge nah an Mais heranreichen und parallel dazu intensive Forschungstätigkeiten stattfinden
- **Wegebegleitgrün & Grünabfall** ...weil das Sammeln mit weiteren Stoffströmen kombiniert werden kann und vergleichsweise geringen (finanziellen) Aufwand verursacht.
- **Kurzumtriebsplantagen** ...da Techniken inzwischen erprobt sind und Züchtungen fortschreiten, sodass sich profitable Konzepte ausbreiten.

Problematisch erscheinen weiterhin Mischbrennstoffe, da hier den Akteuren durch die rechtlichen Rahmenbedingungen ein großer Aufwand abverlangt wird. Auch die Anlagentechnik und deren Zulassung gestalten sich im Vergleich zu Normbrennstoffen wesentlich aufwendiger. Insbesondere die Vorgaben der Immissionsschutzverordnungen sowie die Schwierigkeit, Gemische aus Nischenrohstoffen mit heterogenen Eigenschaften zu standardisieren, erschwert die Nutzung dieser Festbrennstoffe. Perspektivisch sind alternative Ansätze denkbar, um beliebige Biomassen zu karbonisieren und auf diese Weise homogene Sekundärbrennstoffe zu gewinnen.

4.3.3.2 Fazit und Einschätzung der Ergebnisse im Kontext der Fördermaßnahme

Ziel des Arbeitspaketes 3.3 war es, einen Erfahrungsaustausch der regionalen Akteure zu ungenutzten / innovativen Bioenergierohstoffen zu organisieren und die praktischen Maßnahmen in den Regionen vor dem Hintergrund technischer Biomassepotenziale einzuordnen. Sowohl die Workshops als auch die Zusammenstellung alternativer Bioenergierohstoffe inklusive einer Übersicht vorhandener Wissensträger stellen eine Basis für den Wissensaustausch und die Vernetzung in diesem Bereich dar (vgl. Haak u. a. 2015). Die Bioenergie-Regionen sind Modellregionen in Deutschland, sodass sich diese Erkenntnisse grundsätzlich auch auf andere Regionen übertragen lassen.

Durch die gezielte Analyse von Rohstoffangebot und Maßnahmenvielfalt sowie durch die Analyse bereits vorliegender regionaler Erfahrungen, ergibt sich ein **umfassendes Bild zur Themenkonjunktur ungenutzter / innovativer Bioenergierohstoffe** in den Bioenergie-Regionen. Ohne eine Verortung der – auf unterschiedliche Regionen verteilten – Erfahrungen und Wissensträger war es bislang für Interessierte schwierig, gezielt Kontakt zu Best Practice-Beispielen aufzunehmen. Die Erkenntnisse bieten die Möglichkeit zum Wissenstransfer zwischen den Bioenergie-Regionen, aber auch zu weiteren interessierten Akteuren. Dadurch sollte es möglich sein, die Etablierung alternativer Rohstoffe zu beschleunigen oder zumindest seitens eines Regionalmanagements zu unterstützen. Die Auseinandersetzung mit den technischen Biomassepotenzialen erlaubt es den Regionen auch, diese zukünftig als Rahmenbedingungen zusätzlich zu den regional variierenden Hintergründen anzuführen.

In der Gruppe A) – Rohstoffe mit Schwerpunkt Naturschutz / Ökologie – spielt KUP sowie die durchwachsene Silphie und Wildpflanzenmischungen die größte Rolle (siehe Kapitel 4.3.2). Weitere nachwachsende Rohstoffe wie Miscanthus oder Hirse werden höchstens vereinzelt thematisiert. Unter den untersuchten Biomassen der Gruppe B) – Rohstoffe mit Schwerpunkt Erschließen von bestehenden Stoffströmen – gibt es in den REK die meisten Maßnahmen zu Bioabfällen sowie zu den Reststoffen Landschaftspflegematerial, Wegebegleitgrün und Grünabfall. Vor allem die letzten drei Typen sind außerdem in ihrer Weiterverarbeitung sehr ähnlich und können gegebenenfalls in einem Stoffstrom gebündelt werden. Die Verarbeitung von Reststoffen zu Biokohle und andere Möglichkeiten der erweiterten Kaskadennutzung haben sich jedoch noch nicht weiter etabliert. Hier gilt es die erkannten Probleme abzubauen und Lösungsansätze sowie innovative Ansätze weiterzuentwickeln.

Im Rahmen des Fördervorhabens haben zahlreiche Bioenergie-Regionen Potenzialuntersuchungen durchgeführt. Durch die Begleitforschung des DBFZ konnten Potenziale für alle Regionen und zahlreiche Bioenergierohstoffe miteinander verglichen werden. Damit war es erstmals möglich, die Themensetzung der Regionen mit den Potenzialhöhen in Verbindung zu bringen. Ein Zusammenhang zwischen Höhe des Potenzials und der Anzahl der Maßnahmen wurde dabei jedoch nicht festgestellt. Etwaige Vermutungen, dass die Bioenergie-Regionen in den Bereichen stärker engagiert sind, wo sie theoretisch das größte Biomasseangebot haben, können damit nicht bestätigt werden.

4.3.3.3 Handlungsbedarf in den Regionen und weitergehender Forschungsbedarf

Es ist festzustellen, dass sich die Regionen eine individuelle Kombination an Kompetenzen im Bereich ungenutzter / innovativer Bioenergierohstoffe aufgebaut haben (siehe hierzu Abbildung 61). Auf Grundlage der vorliegenden Arbeit ist es empfehlenswert, den Wissenstransfer weiter voran zu treiben und seitens der Wissensträger Dienstleistungen in diesem Bereich anzubieten. Dabei ist zu einigen Energieträgern bereits spezifisches Wissen vorhanden, welches auch in entsprechenden Ausbildungs- oder Hochschulbereichen integriert werden kann.

Die Ansatzpunkte zur Etablierung alternativer Rohstoffe lassen sich in vier Bereiche untergliedern:

- die konzeptionelle Planung,
- die praktische Umsetzung vom Anbau bis zur energetischen Verwertung,
- die Öffentlichkeitsarbeit sowie
- Administratives zu Fördermitteln, Genehmigungen und weiteren rechtlichen Belagen.

Vor allem eine transparente und überzeugende Öffentlichkeitsarbeit sollte erfolgreiche Verfahren und Pilotversuche begleiten, sodass vielversprechende Ansätze bekannt werden und zum Nachahmen anregen. Hierfür erscheint eine koordinierende Stelle auf regionaler Ebene angemessen. Die positiven Erfahrungen mit den Leistungen der koordinierenden Regionalmanagements als Anlaufstelle für interessierte Akteure und für den individuellen Dialog führten in zahlreichen Bioenergie-Regionen vielfach zur Verstärkung dieser Strategie.

Konzepte zur Erweiterung oder Modernisierung von Abfallanlagen sollten die energetische Verwertung verschiedener Reststoffe und Abfälle berücksichtigen. Dies ermöglicht es, unterschiedliche kaskadenfähige Reststoffe zu bündeln und spezifische Kosten der Energiegewinnung aus diesen Materialien zu senken.

Zahlreiche Maßnahmen zur Etablierung alternativer Bioenergierohstoffe finden mit kleinflächigen Anbauversuchen bzw. mit geringfügigen Änderungen bestehender Stoffströme statt. Selbst solche Maßnahmen sollten fachlich begleitet werden, um negative Erfahrungen zu vermeiden. Insbesondere kleine Experimente ohne professionelle Begleitung bergen die Gefahr, nur geringe Erträge zu liefern oder als Misserfolg zu enden. Vereinzelt Beispiele sind hier bei KUP (verfehlte Beikrautregulierung) und Wildpflanzenmischungen (Umbruch nach dem ersten Jahr) bekannt. Daher sollten die in der Fördermaßnahme gesammelten Erfahrungen dazu dienen, Probleme zu umgehen und erfahrene Akteure in Projekte von Beginn an einzubinden.

4.4 Effiziente Etablierung von holzigem Landschaftspflegematerial als Energieträger

Einer der am häufigsten in den Bioenergie-Regionen thematisierten alternativen Rohstoffe für die Gewinnung von Bioenergie ist Landschaftspflegematerial (vgl. Abbildung 63). Die bei der Landschaftspflege anfallende Biomasse wird als Landschaftspflegematerial, kurz „LPM“, bezeichnet und umfasst „[...] alle Materialien, die bei Maßnahmen anfallen, die vorrangig und überwiegend den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes dienen und nicht gezielt angebaut wurden. [...]“ (BiomasseV 2012, Anlage 3) Grünschnitt aus der privaten und öffentlichen Garten- und Parkpflege sowie Straßenbegleitholz sind damit kein Landschaftspflegematerial.

Die Bioenergie-Regionen zeigten im Verlauf der gesamten Projektlaufzeit an der energetischen Nutzung von Landschaftspflegematerial besonderes Interesse. Wie bereits in Kapitel 4.3 erwähnt, lagen jedoch nur vereinzelt Erfahrungen bei der energetischen Nutzung dieser Reststoffe vor. Gegenüber der technisch-ökonomischen Begleitforschung wurde daher der Bedarf an weiteren Informationen sowie übertragbaren Handlungsansätzen einer effizienten Etablierung von Landschaftspflegematerial kundgetan.

Als Bestandteil des Moduls II „Effizienz der Stoff- und Nutzungsströme“ konnte somit eine umfassende Analyse zu dieser bislang wenig genutzten Biomasse durchgeführt werden. Am Beispiel Gehölzpflege und Heckenmanagement diente hierbei das Arbeitspaket 6.2 dazu, die Projektansätze in allen Bioenergie-Regionen zu untersuchen und Empfehlungen für die energetische Nutzung von holzigem Landschaftspflegematerial auszuarbeiten. Die ausführlichen Ergebnisse sind in einer separaten Veröffentlichung (Haak 2015) einzusehen. Nachfolgend sind daraus die wesentlichen Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zusammengefasst.



Landschaftspflegematerial und Grünschnitt am Kompostplatz. Foto: DBFZ

4.4.1 Ausgangssituation in den Bioenergie-Regionen

Die Landschaftspflege ist gekennzeichnet durch logistische, organisatorische und wirtschaftlichen Herausforderungen, die auf eine oftmals heterogene Eigentümerstruktur kleiner, zerstreut liegender und schwer zu bewirtschaftender Flächen zurückgehen (Naturschutzstiftung David 2014: S. 280; Peters

u. a. 2014: S. 103). Finanzierungslücken der öffentlich getragenen Pflege von Biotopen und Landschaftselementen führen zusätzlich zu einem Defizit bei der Erfüllung der Anforderungen des Biotop- und Artenschutzes (vgl. Grunewald u. a. 2013: S. 21ff). Aus diesen Gründen werden besondere Anforderungen an die Organisation und an die Logistikkette bei der Pflegedurchführung, Biomassebereitstellung und die anschließende Nutzung der anfallenden holzigen Biomasse gestellt.

Die Bioenergie-Regionen initiierten ihrerseits verschiedenste Maßnahmen, um Energie aus holzigem Landschaftspflegematerial zu gewinnen. Eine Übersicht der Projektvielfalt enthält Abbildung 64.

Im Rahmen der Begleitforschung sollten die Erfahrungen der energetischen Nutzung von Landschaftspflegematerial in Bioenergie-Regionen erfasst und für Regionen zur Verfügung gestellt werden, die die (weitere) Nutzung dieses Rohstoffs planen. Zentrale Fragestellungen zielten hierbei auf Kostentreiber und Einsparmöglichkeiten sowie auf praxisnahe Optimierungsansätze der Bereitstellung von holzigem Landschaftspflegematerial als Energieträger ab.

4.4.2 Vorgehensweise und verwendete Daten

Da die Regionen ihre Erfahrungen bei der Etablierung von Landschaftspflegematerial nur bedingt dokumentierten, erfolgte zunächst eine gezielte **Recherche nach Forschungsprojekten und Fachliteratur** zum Thema der energetischen Nutzung von holzigem Landschaftspflegematerial. Mit der Literaturrecherche ist der aktuelle Stand des Wissens zu Bereitstellung, Logistik und energetischen Verwertungsmöglichkeiten des betrachteten Materials zusammengefasst und dient somit auch als Grundlage für die Einordnung der Projekte in den Bioenergie-Regionen.

Für die **Übersicht der Projektansätze** in den Regionen diente erneut eine Analyse der Projektdatenbank der Fördermaßnahme. Hier flossen alle Projekte ein, die gemäß ihrem inhaltlichen Schwerpunkt der Kategorie „Naturschutz / Landschaftspflege“ zuzuordnen waren und sich mit holzigem Landschaftspflegematerial beschäftigen. Diese Projekte stellten gleichzeitig die Basis dar, um die entsprechenden Erfahrungen aus den Bioenergie-Regionen zusammen zu tragen.

Zur Erhebung dieser Erfahrungen diente eine **Expertenbefragung** unter Praktikern aus den Bioenergie-Regionen. Die Expertenauswahl richtete sich dabei nach dem fachlichen Kontext der Personen und nach einem unmittelbaren Bezug zu organisatorischen Aspekten von Landschaftspflegearbeiten bzw. zur praktischen Durchführung dieser. Insgesamt 14 Experten aus 9 Regionen konnten unter Zuarbeit der Regionalmanagements identifiziert und angesprochen werden. Beteiligt waren darunter sechs Dienstleister für Landschaftspflegeaufgaben, drei Behördenmitarbeiter, je eine Person der Bereiche Landschaftspflegeverband, Klimaschutz und Regionalmanagement, als auch zwei Anlagenbetreiber, die LPM einsetzen. Die Datenerhebung erfolgte schließlich internetgestützt (per Web-Survey) mit einem standardisierten Fragebogen mit überwiegend geschlossenen Fragen.

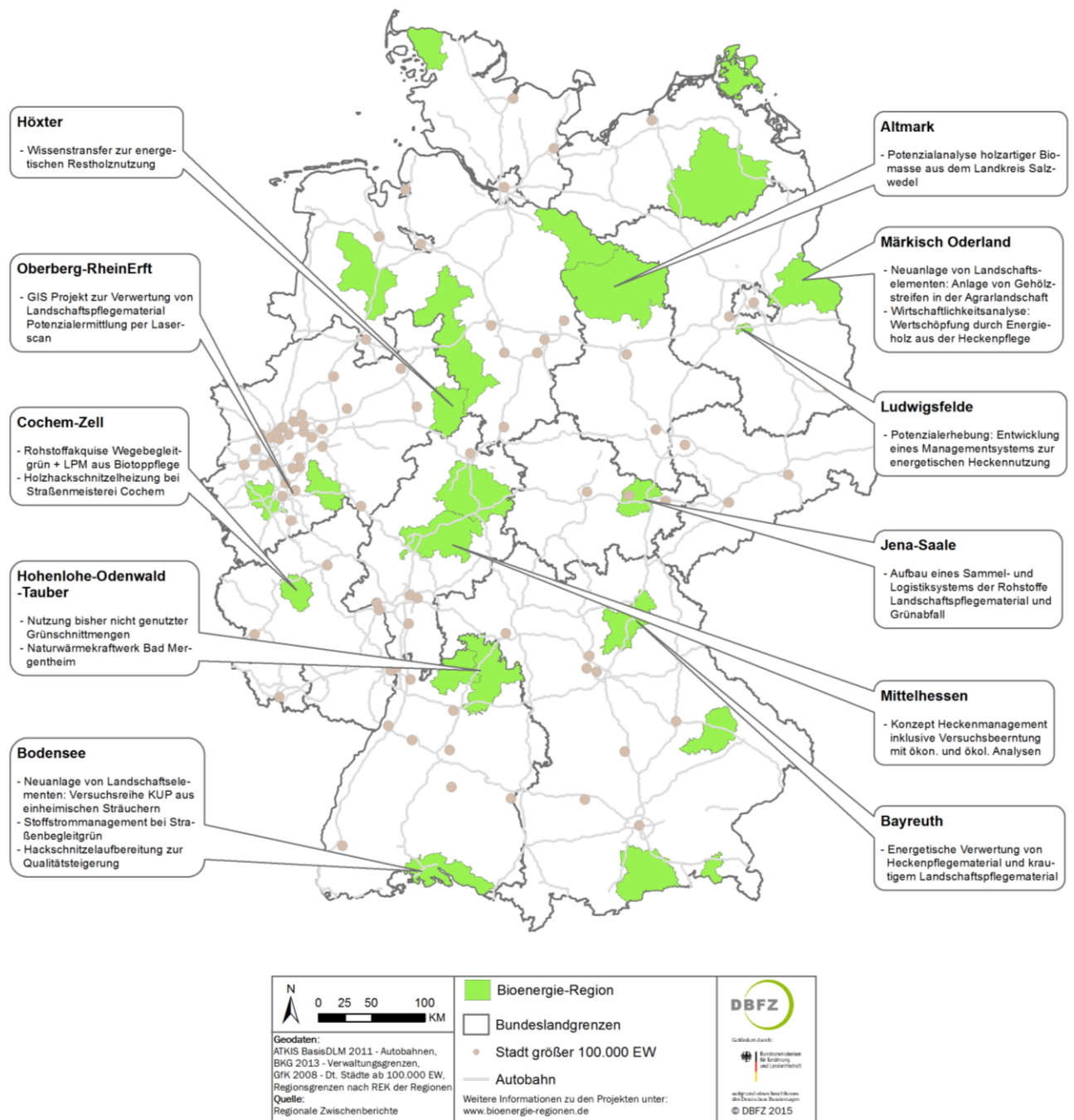
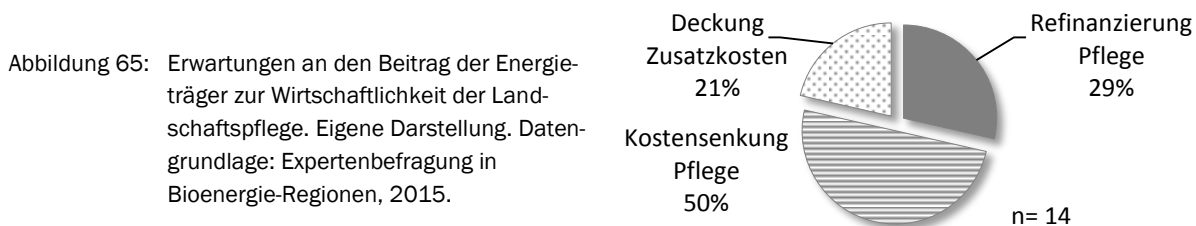


Abbildung 64: Energieprojekte mit holzigem Landschaftspflegematerial (LPM) in Bioenergie-Regionen, Förderphase 2012-2015.

4.4.3 Voraussetzungen für die energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial und Ansätze zur Effizienzsteigerung

Die Gewinnung von Festbrennstoffen aus holzigem Landschaftspflegematerial ermöglicht potenziell eine Synergie zwischen Naturschutz und Klimaschutz. Ob Pflegemaßnahmen durchgeführt werden, hängt jedoch von der Finanzausstattung der Träger der Landschaftspflege ab. Die folgende Abbildung zeigt, welchen Beitrag die Energieholzgewinnung nach Meinung der Experten dabei leisten soll.



Fast ein Drittel der befragten Experten sehen es als Voraussetzung an, dass die Erlöse der Energieträger die Pflegedurchführung komplett decken. Im Gegensatz dazu erwartet jeder zweite Befragte zumindest eine anteilige Deckung der Kosten für die naturschutzfachlich notwendige Pflege. Nur etwa 20 % halten die verstärkte energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial auch dann für möglich, wenn die Energieträger nur die Zusatzkosten der für Transport und Aufbereitung des Landschaftspflegematerials decken.

In praktischen Untersuchungen wurde bereits analysiert, welchen Beitrag die Energieträger tatsächlich leisten können. Der größte Kostenpunkt entfällt dabei auf die personalintensive Planung und Durchführung einer fachgerechten Pflege (siehe auch Abbildung 67). In Abhängigkeit vom Standort und dessen individuellen Besonderheiten kann der Deckungsbeitrag zwar massiv variieren, im Mittel lassen sich aber mindestens die Aufwendungen für Erfassen, Hacken und Transport decken (vgl. Hefter u. a. 2009; Naturschutzstiftung David 2014: S. 293). Oft ist außerdem eine Senkung der Pflegekosten möglich. Auch wenn ein beträchtlicher Teil der Experten eine Refinanzierung der gesamten Pflege erwartet, ist dies nur in Ausnahmefällen erreichbar. Die nachfolgenden Abschnitte enthalten die aus der Untersuchung resultierenden Ansätze zur Effizienzsteigerung. Die detaillierten Ergebnisse der Expertenbefragung sind Haak 2015) zu entnehmen.

4.4.3.1 Effizientes Management pflegerelevanter Biotop- und Landschaftselemente

Die Erfahrungen aus den Bioenergie-Regionen sowie weitere Studien und Berichte verdeutlichen die hohe Bedeutung von organisatorischen Aspekten, wenn Energieträger aus holzigem Landschaftspflegematerial erschlossen werden sollen. Dies betrifft organisatorische Voraussetzungen der Vorbereitung, Planung und Konzipierung der Pflegearbeiten sowie der anschließenden Verwertung des Erntegutes. Zusammenfassend können folgende Empfehlungen die Bereitstellung der Energieträger von vornherein positiv beeinflussen:

- Fokus auf Biotop- mit guten Voraussetzungen für holzige Energieträger setzen
- Konzentration auf Biotop- , die bereits gepflegt werden
- Kostentreiber identifizieren und Art und Umfang der Pflegemaßnahmen daran anpassen

- **Integration der energetischen Nutzung des Landschaftspflegematerials in die Pflege- und Entwicklungspläne**
- **Organisation vereinheitlichen und Festlegungen treffen**
- **Kommunikation durch einen „Kümmerer“**
- **Einsatz einer Managementsoftware**

Die Bereitstellung von Festbrennstoffen sollte zielgerichtet von Biotopen erfolgen, die gute Voraussetzungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Holzqualität erwarten lassen. Am geeignetsten haben sich dabei Pionierwälder, Gehölzsukzessionen und Hecken herausgestellt. Bei der (Erst-)Pflege ermöglicht ein an die hohe Gehölzdeckung angepasster Maschineneinsatz vergleichsweise hohe Biomasseerträge. Biotope, deren Gehölze episodisch gepflegt werden müssen, weisen darüber hinaus regelmäßig wiederkehrende und planbare Biomasseerträge auf. Bei Biotopen, deren Pflege z.B. bereits über Naturschutzgelder finanziell abgesichert ist, ist die höchste Wirtschaftlichkeit zu erwarten. Gleichzeitig sehen die Experten aus den Bioenergie-Regionen bei der Nutzung von Landschaftspflegematerial von solchen bereits gepflegten Flächen die positivste Wirkung auf den Naturhaushalt, sodass man sich zunächst auf diese konzentrieren sollte.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Personalkosten der Pflege einen entscheidenden Kostenpunkt für die Wirtschaftlichkeit der Pflegemaßnahme darstellen. Die Beschaffenheit der Fläche hat hierbei einen immensen Einfluss auf den Personaleinsatz. Die stärksten Kostentreiber sind eine verstreute Lage der Pflegeflächen, die Beschaffenheit der Flächen (Hangneigung, Hindernisse), die eingeschränkte Befahrbarkeit (erschwert Einsatz von Großtechnik) und geringe Biomasseerträge.

Somit sollte geprüft werden, ob die Nutzung des Landschaftspflegematerials im gegebenen naturschutzfachlichen Rahmen auch durch angepasste Pflege- und Entwicklungspläne (PEP) gesteuert werden kann. Zu den möglichen Anpassungen zählt beispielsweise der Ansatz, Pflegeintervalle auszudehnen, um stärkeres Holz gewinnen zu können. Ebenfalls kann so die Biotopgestaltung hinsichtlich des Maschineneinsatzes dahingehend angepasst werden, dass eine effiziente Bewirtschaftung sichergestellt wird. Außerdem sollten die Ausschreibungen von Pflegemaßnahmen die Nutzung des Holzes entsprechend berücksichtigen und Erträge zur Gegenfinanzierung einplanen.

Letztlich kommt es auf die Biotoptypen und Entwicklungsziele an, um zu entscheiden, welche Anpassungen für die Bioenergienutzung geeignet sind. In enger Abstimmung mit den Naturschutzbehörden bzw. -verbänden sollten daher Anpassungsvorschläge diskutiert und festgelegt werden, um zukünftig bei der Pflege höherwertiges Landschaftspflegematerial zu gewinnen. Aus Sicht der befragten Experten wirkt sich eine Anpassung der Pflege im Sinne der Holznutzung nicht negativ auf den Naturhaushalt aus.

Die Pflegeflächen sind gewöhnlich in eine vielseitig genutzte Kulturlandschaft eingebettet. Neben der Berücksichtigung des Naturschutzwertes der Fläche kann es demnach notwendig sein, die Beteiligung einer Vielzahl von Akteuren mit unter Umständen gegensätzlichen Interessen zu organisieren. In der Befragung gaben 50 % der Experten an, dass die Vorbereitung und Organisation der Landschaftspflegemaßnahmen genauso wichtig sei, wie dessen Wirtschaftlichkeit. Wichtige langfristige Festlegungen betreffen darüber hinaus die Eigentumsfrage des Erntegutes sowie die Betretungserlaubnis von Grundstücken. Dabei kann es zielführend sein, einen „Kümmerer“ als neutrale, koordinierende Stelle auf regionaler Ebene einzusetzen, welcher Einvernehmen zwischen den Interessenträgern herstellt. In Bio-

energie-Regionen konnten solche Tätigkeiten unter anderem vom Regionalmanagement getragen werden.

Da der Verwaltungs- und Organisationsaufwand der Landschaftspflege (also das Pflegemanagement) einen der stärksten Kostentreiber darstellt, sollten die Träger der Landschaftspflege außerdem den Einsatz von Managementtools zur Kostensenkung prüfen. Der Funktionsumfang solcher Tools erstreckt sich von der Darstellung naturschutzfachlicher Hintergrundinformationen bis hin zur kompletten Planung und dem Controlling von Pflegeeinsätzen. Positive Erfahrungen konnten diesbezüglich die Bioenergie-Region Mittelhessen sowie die Partnerregion von Höxter (Warendorf) im Bereich Heckenmanagement sammeln.

4.4.3.2 Effizientes Erschließen von holzigem Landschaftspflegematerial bei der Pflegedurchführung

Bereits die Pflegedurchführung beeinflusst maßgeblich die Vermarktungschancen der späteren Energieträger. Die folgende Abbildung 66 zeigt auf, wovon nach Einschätzung der Experten die Brennstoffqualität und der Verkaufswert am stärksten abhängen. Entlang der Bereitstellungskette lassen sich einige zentrale Erkenntnisse und Handlungsansätze für den Bereich der praktischen Landschaftspflege zusammenfassen:

- **Erhöhung der Biomasseerträge**
- **Qualität der Energieträger schon auf Ebene der Rohstoffbereitstellung anvisieren**
- **Angepasster Maschineneinsatz bei der Pflegedurchführung**
- **Wirtschaftlichkeit der Pflege als Voraussetzung der Maßnahmendurchführung**

Die Expertenbefragung verdeutlichte, dass unter den pflegebezogenen Kostensenkungsansätzen die Erhöhung der Biomasseerträge durch eine angepasste Ernte am sinnvollsten eingeschätzt wird. Hinzu kommt, dass sich der Entzug der Biomasse bei den meisten Biotopen positiv auf die Nährstoffsituation auswirkt. Dabei hängen die weiteren Einsatzmöglichkeiten des holzigen Landschaftspflegematerials am meisten von der Artenzusammensetzung und Altersstruktur der Gehölze ab (siehe Abbildung 66). Ältere und durchwachsene Bestände mit hohem Stammholzanteil sind hier für Holzhackschnitzel höherer Qualitätsklassen geeignet. Die Möglichkeit, das Landschaftspflegematerial schon vor dem Zerkleinern nach den anvisierten Sortimenten zu trennen, sollte daher, soweit möglich, ausgenutzt werden (Raussen und Wagner 2015: S. 28).

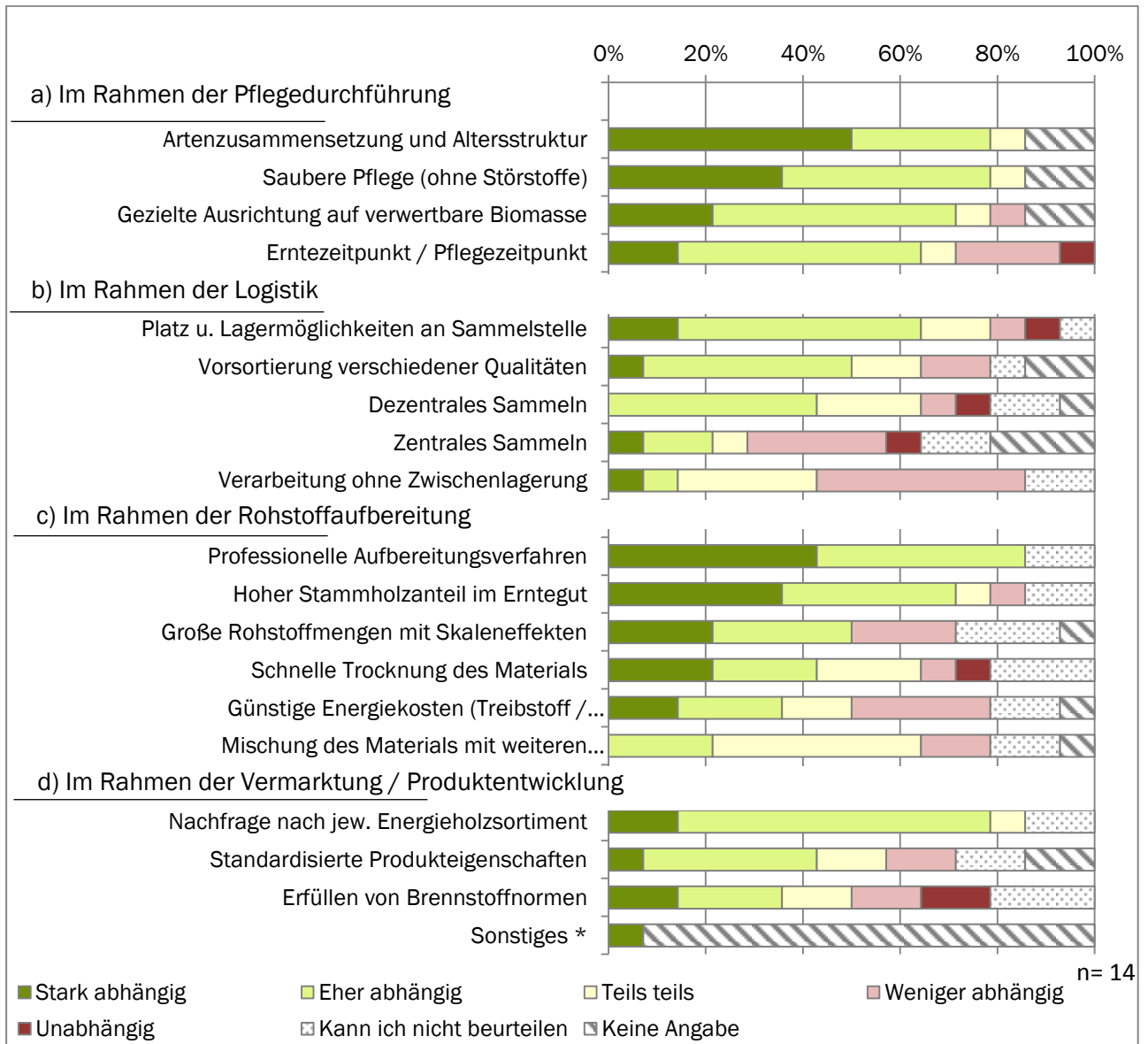


Abbildung 66: Abhängigkeit der Brennstoffqualität und des Verkaufswertes bei Festbrennstoffen aus der Landschaftspflege entlang des Produktionsprozesses (a-d). Sortiert nach durchschnittlicher Bewertung. * Wassergehalt bei Verkauf, Entfernung von Marktteilnehmern, Konkurrenz anderer Rohstoffe, Vergütungshöhe der Energie. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Expertenbefragung in Bioenergie-Regionen, 2015.

Ein großer Anteil der Experten sieht auch in einer gezielten **Ausrichtung der Pflege** auf (energetisch) verwertbare Biomasse ein Potenzial bezüglich Qualitätssteigerungen. Bei Hecken zum Beispiel sollte das erste auf den Stock setzen spätestens nach zehn Jahren erfolgen. Die Umtriebszeit kann jedoch später auch auf 15 Jahre ausgedehnt werden, um die spezifischen Kosten zu senken (Reif und Achtziger 2001: S. 10). Damit verbunden ist ebenso die gewünschte Steigerung des Biomasseertrags.

Für eine kosteneffiziente Umsetzung, sollte eine **möglichst hohe Mechanisierung** bei der Durchführung der Pflegearbeiten angestrebt werden. Damit Investitions- und Unterhaltskosten möglichst gering ausfallen, macht es Sinn, den Einsatz von gemieteten Maschinen, die externe Vergabe der Leistungen und die Erweiterung des Flächenpools für eine höhere Maschinenauslastung in Betracht zu ziehen. Die Arbeitsverfahren sollten sich in jedem Fall an den lokalen Standortbedingungen der Pflegeflächen ausrichten. Je nach Hangneigung, Befahrbarkeit / Erschließung, Stückmasse, Flächengröße und Sensibilität des Ökosystems ist das geeignetste Ernteverfahren zu identifizieren (vgl. KTBL 2006; Naturschutzstiftung David 2014: S. 286). In Bioenergie-Regionen konnten hierzu auch Erntemaschinen erfolgreich an die örtlichen Gegebenheiten angepasst und so die Ernte optimiert werden.



Angepasste Erntemaschine mit Hacker. Foto: DBFZ

Bei der Frage nach der **Wirtschaftlichkeit von Energieträgern aus Landschaftspflegematerial** sind zwei Situationen zu unterscheiden: Die erste betrifft Landschaftselemente, die zwar pflegerelevant sind, bislang jedoch nicht gepflegt werden. Soll hier eine Pflege samt Bereitstellung des Holzes eingerichtet werden, so sind sowohl die kompletten Pflegekosten, als auch die Kosten für Bergung und Aufbereitung des Materials durch die Erlöse zu erwirtschaften. Aufzuschlagen wäre außerdem der Organisationsaufwand. Könnten die Energieträger dies nicht decken und ist keine Co-Finanzierung möglich, verbleiben entsprechende Landschaftselemente ungepflegt.

Die zweite Situation betrifft Flächen, deren Pflege bereits über öffentliche Mittel gesichert ist, das Material jedoch nicht weiterverwendet wird. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Energieträgern dieser Flächen fließen entsprechend nur die zusätzlichen Aufwendungen für Bergung, Aufbereitung und Transport ein.

Die folgende Abbildung 67 greift Ergebnisse aus verschiedenen Studien auf und stellt spezifische Kosten sowie potenzielle Erlöse für Hackgut aus der Landschaftspflege dar. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die ermittelten Gesamtkosten bei verschiedenen Biotopen und Arbeitsverfahren in fast allen Fällen den Erlös von 13 € pro Schüttraummeter (srm) für gehacktes Landschaftspflegeholz übersteigen. Die Pflegekosten (grün) machen hierbei oftmals mehr als 50 % der Gesamtkosten aus. Deutlich wird jedoch auch, dass im Durchschnitt die Zusatzkosten des Hackens, Aufbereitens und Transports (grau) über den aktuellen Hackschnitzelpreis abgedeckt werden können. Die Frage nach der ökonomischen Effizienz ist somit immer auch eine Frage, ob nur die Zusatzkosten oder die Gesamtkosten gedeckt werden müssen.

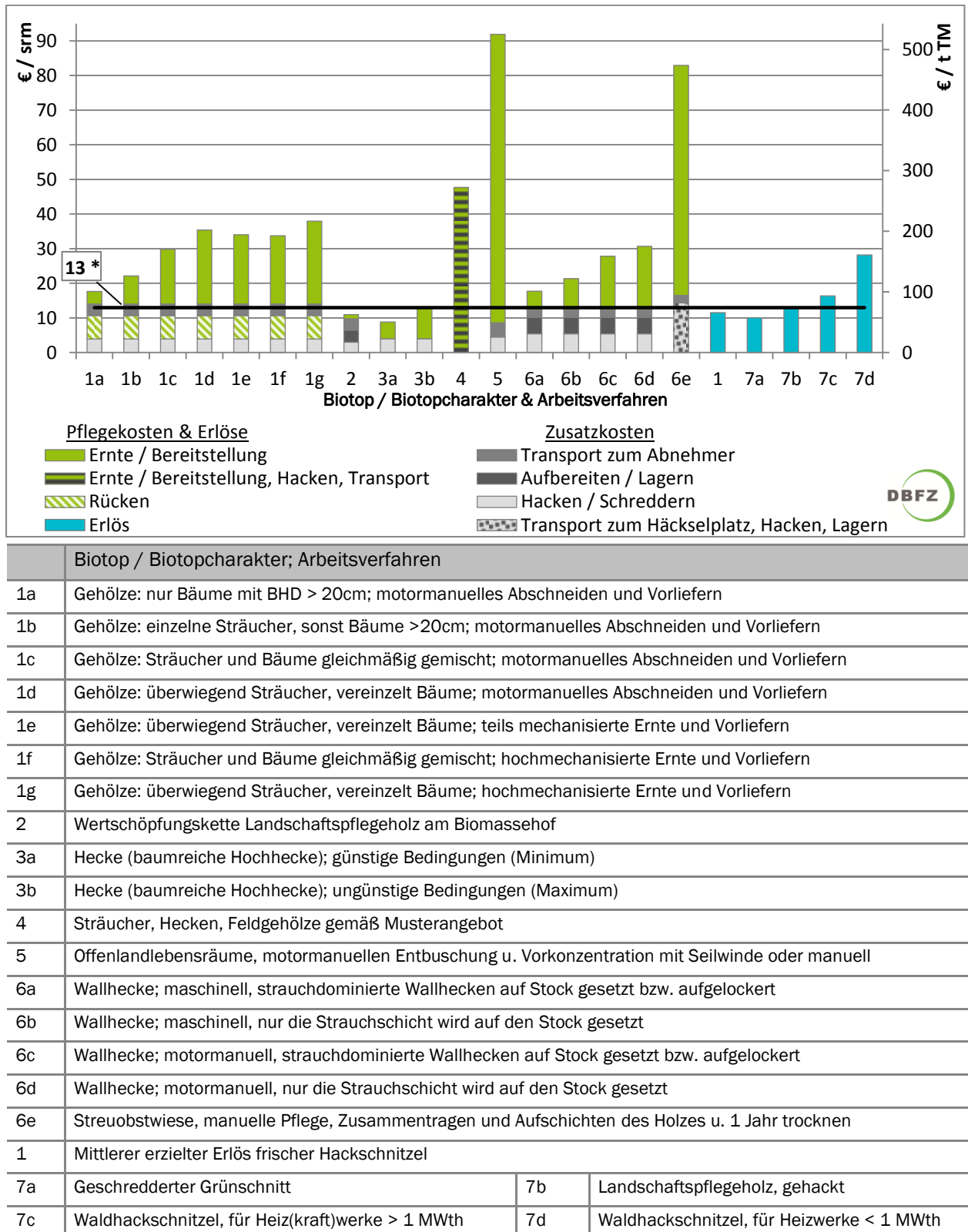


Abbildung 67: Spezifische Kosten für Pflege (grün) und Zusatzkosten (grau) von Energieträgern aus Landschaftspflegematerial verschiedener Biotope sowie deren potenzielle Erlöse (blau). Inklusive 19% MwSt.

* Als Gewinnschwelle 2015 sind 13 €/srm markiert.

Datengrundlagen: [1] Naturschutzstiftung David 2014, [2] BEM Biomasse Energie Maschinenring GmbH 2012, [3] Bioenergie-Region Mittelhessen 2014, [4] IFaS 2004, [5] Hefter u. a. 2009, [6] Wiegmann u. a. 2007, [7] EUWID Neue Energien 2015

Die Praxisversuche belegen, dass die Erlöse der Energieträger im Mittel neben den Zusatzkosten auch die Kosten der Pflege anteilig gegenfinanzieren können (Hefter u. a. 2009; Naturschutzstiftung David 2014: S. 293). Dies ist z.B. dort der Fall, wo das Landschaftspflegematerial von der Maßnahmenfläche beräumt werden muss, aber auch in Fällen, wo größere Mengen Stammholz anfallen. Gut geeignete Biotope, wie baumreiche Hochhecken können vielerorts bereits die komplette Pflege finanziell abdecken.

Bislang ungenutzte Biotope können ohne den Einsatz von Fördermitteln jedoch nur gepflegt werden, wenn die Erlöse der Energieträger die Pflege komplett refinanzieren. Empfehlenswert ist es hierbei, ertragreiche Standorte mit ungünstigen Standorten als gemeinsames Los in einer Maßnahme zu kombinieren, um Ertragsunterschiede abzpuffern. Erneut stellt sich der Einsatz eines Pflegemanagements zur Planung und für ein Controlling der Landschaftspflege als zielführend heraus.

4.4.3.3 Holziges Landschaftspflegematerial effizient zu Energieträgern aufwerten

Die Ergebnisse der Expertenbefragung machen eine starke Abhängigkeit der Brennstoffqualität und des Verkaufswertes von professionellen Aufbereitungsmethoden deutlich. Denn die Preisgestaltung orientiert sich an definierten Parametern wie Wassergehalt, Stückigkeit, Feinanteil und Aschegehalt. Soweit ein Zugang zum jeweiligen Marktsegment möglich ist und regional ausreichende Mengen zusammenkommen, sollte im Rahmen der Rohstoffaufbereitung daher ein möglichst hoher Anteil an hochwertigen Energieträgern produziert werden. Dabei sind vor allem folgende Aspekte relevant:

- **Biomasseströme gezielt bündeln**
- **Selektieren generiert hochpreisiges Scheitholz und Hackgut**
- **Aufbereitung und Normierung führt zu standardisierten Energieträgern**
- **Energieträger je nach Einsatzbereich vermarkten**

Wenn keine geeigneten Aufbereitungs- oder Lagerkapazitäten zur Verfügung stehen, sollte das Material frisch an entsprechende Abnehmer mit breiter Produkttoleranz veräußert werden. Als Abnehmer kommen dabei auch Firmen in Frage, die sich auf die Aufbereitung von Biomasse spezialisiert haben (z.B. Biomassehöfe).

Wenn eine weitere Aufbereitung des holzigen Landschaftspflegematerials geplant ist, kann es insbesondere bei vielen Pflegeeinsätzen erforderlich sein, das Material zunächst zu sammeln. Da selbst bei der Lagerung ab 100 Tonnen nicht gefährlicher Abfallstoffe eine Genehmigung nach Bundesemissionsschutzgesetz erforderlich ist (4. BImSchV Anhang 1 Nr. 8.12.2), ist bei verstreut liegenden Pflegeflächen eine **dezentrale Sammlung** zu empfehlen. Die Aufbereitung sollte dann unter Ausnutzung von Skaleneffekten zentral erfolgen, um eine möglichst hohe Bandbreite an Energieträgern erzeugen zu können.



Trocknung von Landschaftspflegematerial als Vollholz. Foto: DBFZ

Da im Rahmen der Landschaftspflege zumeist dünnes Astwerk und Sträucher anfallen, ist davon auszugehen, dass der größte anfallende Massenstrom **Schreddergut mit niedrigen Erlösen** ist (vgl. BEM Biomasse Energie Maschinenring GmbH 2012: S. 82). Wie bereits angedeutet, kann jedoch eine Selektion und Vorsortierung durchgeführt werden, um den Verkaufswert zu erhöhen (Dobers und Opitz 2007: S. 24; Raussen und Wagner 2015: S. 28). Es empfiehlt sich daher insbesondere bei der motormanuellen Ernte Stämme und starke Äste von minderwertigen Hölzern zu trennen. Später kann diese Fraktion die höchsten Erlöse erzielen.

Die wesentlichen Aufbereitungsschritte nach der Zerkleinerung sind das Trocknen und die Separation. Prinzipiell sollte zuerst (vor)getrocknet werden, da sich Feinanteile anschließend leichter abscheiden lassen. Sofern das Material nicht vor dem Hacken trocken konnte (Vollholzlagerung), sollte das Hackgut zunächst ein bis drei Monate gesammelt werden und dabei biologisch trocken (vgl. BEM Biomasse Energie Maschinenring GmbH 2012: S. 71). Dafür hat sich die Wärmeentwicklung der beginnenden Rotte im ungesieberten und zu Mieten aufgeschichteten Material als praxistauglich erwiesen. Bei der anschließenden Separation der Fraktionen kommt Siebtechnik zum Einsatz, die die gewünschten Produktsegmente voneinander trennt. Die Produkte müssen schließlich auf ein lagerbeständiges Niveau getrocknet werden.



Schredder. Foto: DBFZ

Diese Aufbereitungsverfahren sehen fast alle Experten in den Bioenergie-Regionen als wichtig bei der Gewinnung von Festbrennstoffen aus der Landschaftspflege an. Bei effizienter Durchführung der konzentriert stattfindenden Aufbereitung werden deren Mehrkosten durch den höheren Erlös überkompensiert (vgl. BEM Biomasse Energie Maschinenring GmbH 2012; Naturschutzstiftung David 2014: S. 296). In der Folge können dem Markt standardisierte Energieträger angeboten werden.

Ergebnis der Aufbereitung sind mehrere Fraktionen, wobei der Feinanteil als Kompost oder Mulch verwertet wird. Die Energieträger sollten daneben als Produkte getrennt nach Partikelgröße und Wassergehalt vorliegen. Gleichwohl die befragten Experten das Erfüllen von Brennstoffnormen als Einfluss auf den Verkaufswert sehr uneinheitlich bewerten, ist die Normierung nach DIN EN ISO 17225 zu empfehlen. Insbesondere bei hochpreisigen Produkten spielt das Erfüllen definierter Eigenschaftsklassen die wichtigste Rolle für die Abnehmer. Kleinere Hackschnitzelheizungen (15-200 kW) sind außerdem überwiegend auf relativ trockene Feinhackschnitzel ausgelegt, während größere Anlagen entsprechend auch grobe Hackschnitzel mit niedrigeren Qualitäten annehmen (vgl. FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. 2012: S. 16). Schreddergut aus der Landschaftspflege kommt hingegen überwiegend für die Co-Feuerung in Heizkraftwerken in Frage.

4.4.4 Fazit

Das Arbeitspaket 6.2 zeigt auf, dass es bereits erfolgreiche Ansätze gibt, Festbrennstoffe aus Landschaftspflegematerial bereitzustellen. Die Wirtschaftlichkeit ist am ehesten gegeben, wenn öffentliche Mittel die Pflegekosten decken. Die Erlöse des Hackschnitzelverkaufs decken im Durchschnitt mindes-

tens die damit verbundenen zusätzlichen Aufwendungen für Rücken, Hacken und Transport ab, oft ergibt sich sogar ein kleiner Überschuss. Es gibt jedoch auch pflegebedürftige Landschaftselemente, die sich ganz ohne Fördermittel pflegen und „beernten“ lassen. Dies ist z.B. bei ertragreichen und maschinell zu bewirtschaftenden Hecken oder Pionierwäldern der Fall. Die Wirkungen auf den Naturhaushalt werden dabei von den Experten selbst bei einer Anpassung der Pflege nicht negativ eingeschätzt.

Die Qualität der Brennstoffe und somit der Verkaufswert hängt am stärksten von der Artenzusammensetzung, dem Stammholzanteil und einer professionellen (maschinellen) Pflege sowie der anschließenden Aufbereitung ab. Ziel sollte es sein, Produkte nach definierten (genormten) Eigenschaftsklassen zu produzieren und so entsprechend zu vermarkten.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Personalkosten für die arbeitsintensive Pflege und für das Einsammeln der Biomasse hohe Kosten verursachen. Änderungen am strukturellen Charakter der Pflegeflächen, wie Befahrbarkeit oder Hindernisse, werden jedoch verstärkt abgelehnt, obwohl sich diese als eindeutige Kostentreiber herausstellten. Stattdessen sehen die Experten Ansätze zur Kostensenkung bei der ebenfalls personalintensiven Planung und Organisation der Pflegeeinsätze. Außerdem bestünden noch Optimierungsmöglichkeiten beim Personal- und Maschineneinsatz während der Pflege. Dabei werden einfache Maschinen vor Spezialmaschinen bevorzugt, wobei eine hohe Flächenleistung eine entscheidende Rolle spielt.

Dem Management der Landschaftspflege kommt für die Etablierung der holzigen Energieträger eine entscheidende Bedeutung zu. Die Hälfte der Befragten empfindet dies als genauso wichtig, wie die

Wirtschaftlichkeit. Die weitere Vermarktung von Produkten und die Vernetzung von Akteuren nehmen hier den höchsten Stellenwert ein. Eine sinnvolle Option zur Effizienzsteigerung besteht laut der befragten Experten im Einsatz einer Managementsoftware. Diese kann die bestehenden Umweltinformationssysteme ergänzen und die Träger der Landschaftspflege so bei der Maßnahmenplanung, der Durchführung und der späteren Kontrolle unterstützen. Abbildung 68 enthält einen Ausschnitt des synergis WebOffice, das als Umweltinformationssystem im Freistaat Sachsen genutzt wird. Hierbei ist eine Anzeige von Biotopen möglich, es enthält jedoch keine weiterführenden Daten bezüglich Pflege- und Entwicklungsplanung.

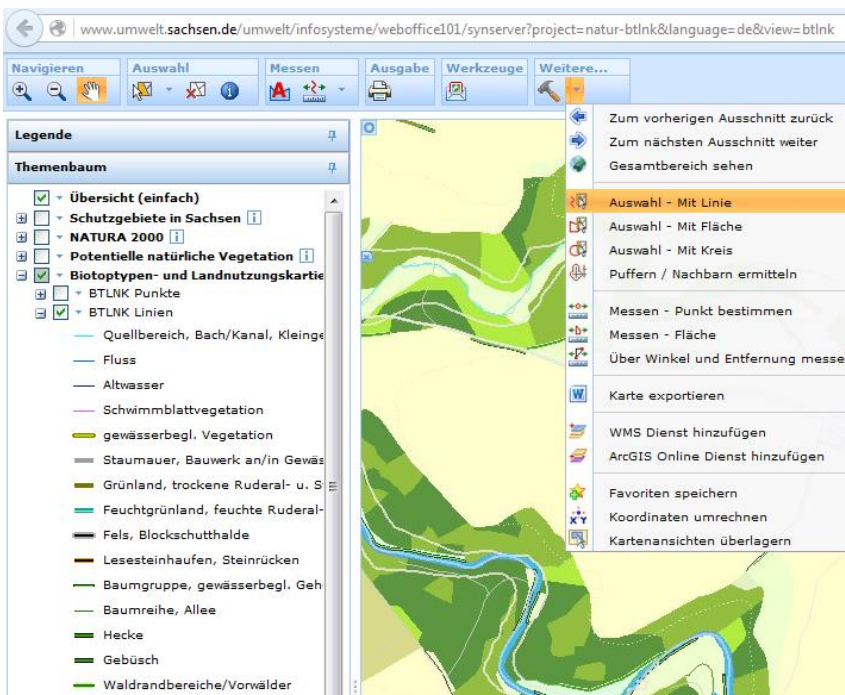


Abbildung 68: Webbasiertes Umweltinformationssystem im Freistaat Sachsen (Bildschirmfoto). Quelle: LfULG 2015

terführenden Daten bezüglich Pflege- und Entwicklungsplanung.

Eine Herausforderung liegt letztlich darin, den Naturschutz und die Nutzung der Biomasse aufeinander abzustimmen, sodass daraus Synergieeffekte hervorgehen. So können Fördermittel und Erlöse aus der

Produktvermarktung für eine Etablierung von Landschaftspflegematerial kombiniert werden. Seitens des Naturschutzes besteht gegebenenfalls die Befürchtung, dass damit eine Intensivierung mit negativen Folgen für die Schutzgüter einsetzt. Hier ist unter Umständen Überzeugungsarbeit sowie der Verweis auf bestehende Untersuchungen nötig. Zu betonen ist auch, dass die Pflege im Sinne des Naturschutzes und zum Erhalt der Kulturlandschaft nötig ist und die Gewinnung von Festbrennstoffen zum Abbau des Pflegestaus sowie zur Mitfinanzierung der Naturschutzaufgaben beitragen kann.

Im Rahmen der zweiten Förderperiode des Modellvorhabens Bioenergie-Regionen thematisierten mindestens 14 der 21 Bioenergie-Regionen holziges Landschaftspflegematerial. Die Inhalte reichen von Potenzialanalysen bis zur Verwertung der Energieträger und legen oftmals den Fokus auf nicht-technische Themen wie da Management oder den Naturschutz. Die vorgelegten Ergebnisse machen das regional gesammelte Wissen zugänglich und tragen über die Darstellung der Projekte und Erfahrungen zum Wissenstransfer bei.

Auch wenn die Antworten der Experten bestimmte Tendenzen abbilden, so muss berücksichtigt werden, dass es immer auf die Situation und die bestehenden Strukturen im Umfeld der Experten ankommt, welche Kostensenkungsansätze greifen. Mit den hier zusammengetragenen Erfahrungen und Empfehlungen können jedoch einzelne Ansatzpunkte angegangen werden, um holziges Landschaftspflegematerial effizienter einer energetischen Nutzung zuzuführen. Damit liefert die Arbeit übertragbare Ansätze, um Synergien zwischen Bioenergie und Naturschutz zu schaffen.

4.5 Ehrenamtliche Multiplikatoren für Bioenergie

Unter den insgesamt über 300 Projekten der zweiten Förderphase befanden sich zahlreiche Maßnahmen, bei denen Fachleute aber auch fachfremde Personen für Bioenergiethemen eingebunden wurden. Damit wollten die Regionen das Thema Bioenergie insgesamt weiter in die Mitte der Gesellschaft rücken und den konkreten Wissenstransfer sowohl innerhalb der Region, als auch mit der Partnerregion anschieben. Damit entsprachen sie einem der wichtigsten Ziele der Fördermaßnahme.

Fünf Bioenergie-Regionen verfolgten dabei den Ansatz, Freiwillige zu ehrenamtlichen Bioenergie-Multiplikatoren weiterzubilden. Mit der gezielten Ausbildung und der daran anschließenden, längerfristigen ehrenamtliche Tätigkeit, hebt sich dieser Ansatz von den übrigen Maßnahmen des Wissenstransfers ab. Da ehrenamtliche Multiplikatoren für Bioenergie potenziell einen Einfluss auf die Investitionsentscheidungen von z.B. Hausbesitzern ausüben können, stellt sich die Frage, ob dies auch die Bioenergieentwicklung in diesen Bioenergie-Regionen beeinflusste.

Mit dem Arbeitspaket 6.2 untersuchte daher die technisch-ökonomische Begleitforschung die Ansätze dieser nicht-technischen Maßnahmen sowie deren Einfluss auf die Biomassenutzung. Dies ergänzt das Monitoring der Bioenergieentwicklung unter Kapitel 3.2. Damit sollte außerdem die Grundlage für den Wissenstransfer mit etwaigen Nachahmern auch außerhalb von Bioenergie-Regionen geschaffen werden. Eine umfassende Beschreibung der regionalen Besonderheiten enthält die separate Veröffentlichung von Haak (2016). Im Folgenden sind die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

4.5.1 Fragestellungen der Begleitforschung

Für die Untersuchung der Wirkungen von Bioenergie-Multiplikatoren auf die Bioenergieentwicklung der Regionen diente eine Analyse der ermittelten Projektansätze aus den fünf Bioenergie-Regionen, die diesen Ansatz verfolgen. Hierfür konnten zuerst schriftliche Quellen zum Thema aus den jeweiligen Regionen recherchiert und ausgewertet werden. Des Weiteren erfolgte eine mündliche Befragung, bei der involvierte Personen hinsichtlich erreichter Erfolge interviewt wurden. Solche Personen sind die Projektmanager der Regionen, die Ausbildungs- bzw. Weiterbildungsträger sowie die Multiplikatoren selbst. Zentrale Fragestellungen zur Ermittlung der Wirkungen auf die Bioenergieentwicklung waren dabei:

- Welche Ansätze zur Arbeit mit ehrenamtlichen Multiplikatoren gibt es? Was unterscheidet sie?
- Welche Wirkung haben die ehrenamtlichen Multiplikatoren auf die Bioenergienutzung?
- Was zeichnet ehrenamtliche Multiplikatoren aus und welche Faktoren sind für ein Projektmanagement und die Ausbildung relevant?

Insgesamt beteiligten sich neun Personen an der telefonischen Erhebung zur Motivation, Umsetzung und zu den Wirkungen des jeweiligen Projekts. In den Gesprächen dienten strukturierte Leitfäden dazu, die qualitative Erhebung der Statements und Aussagen hinsichtlich der Fragestellungen sicherzustellen. Alle Interviews wurden telefonisch geführt. Basierend auf der Datenanalyse sowie den Interviews galt es zunächst, die Wirkungen durch ehrenamtliche Multiplikatoren zu beschreiben und abschließend Ansatzpunkte für die Übertragung des Multiplikatorgedankens auf andere Regionen herauszuarbeiten.

4.5.2 Die Projekte mit ehrenamtlichen Multiplikatoren

4.5.2.1 Vergleichende Gegenüberstellung der regionalen Ansätze

In fünf der 21 Bioenergie-Regionen wurden Freiwillige zu ehrenamtliche Multiplikatoren ausgebildet, um zur Regionalentwicklung mit Bioenergie beizutragen. Als übergeordnete Strategie nannten die Regionalmanagements vor allem Beiträge zum Klimaschutz und Energieeinsparung. Nur die Region Hohenlohe-Odenwald-Tauber (im Folgenden abgekürzt H-O-T) verfolgte eine andere Strategie: im Vordergrund stand hier die öffentliche Wahrnehmung der Aktivitäten und Botschaften dieser Bioenergie-Region. Vor Beginn der Maßnahme erhofften sich die Regionalmanagements vor allem für die Bevölkerung einen einfachen Zugang zu Wissen über lokale Ansprechpartner.

Als Hintergrund, weshalb gerade Ehrenamtliche eingebunden werden sollten, nannten die Regionalmanagements Gründe vom persönlichen Vertrauensverhältnis bis zum faktischen Bedarf nach Informationen auf niederschwelliger Ebene. Hinzu kam (wie in Straubing-Bogen), dass die Multiplikatoren außerhalb des Leistungsbereiches kommerzieller Berater aktiv werden. Einer Überschneidung von Zuständigkeiten mit etwa Energieberatern werde somit vorgebeugt. Die folgende Abbildung 69 zeigt, welche Bioenergie-Regionen Projekte mit Multiplikatoren durchführten und was die jeweiligen Projekte maßgeblich kennzeichnet.

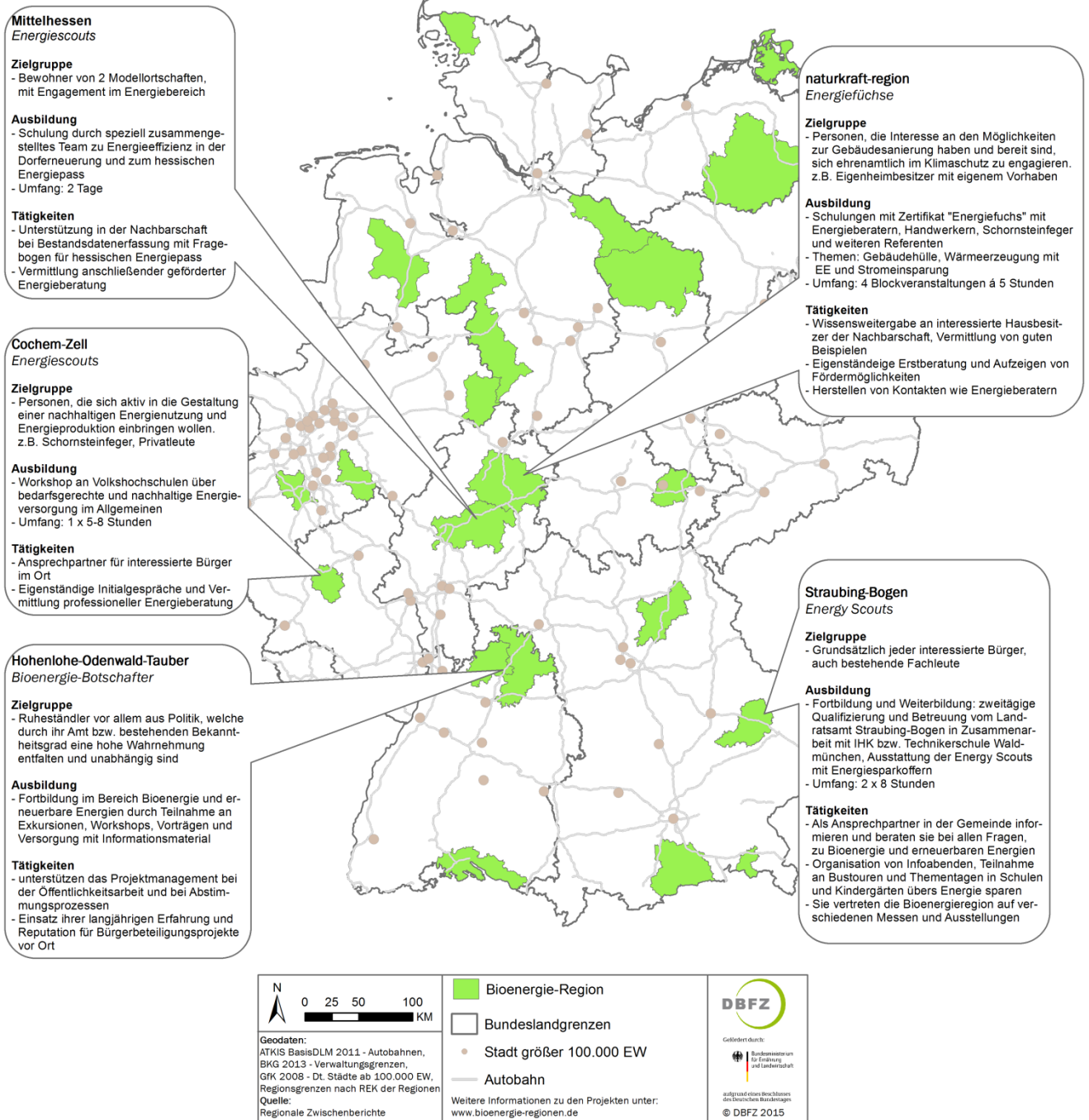


Abbildung 69: Projekte mit ehrenamtlichen Multiplikatoren in Bioenergie-Regionen, Förderphase 2012-2015. Eigene Darstellung. Quellen: BIOENERGIE-REGION Hohenlohe-Odenwald-Tauber GmbH 2015; Bioenergie-Region Mittelhessen 2015; Buhse 2010; Landkreis Straubing-Bogen 2015; unser-klima-cochem-zell e.V. 2013

Die regionalen Konzepte zur Einbindung ehrenamtlicher Multiplikatoren für die Bioenergie sind gekennzeichnet durch eine überwiegend verschulte Ausbildung der teilnehmenden Ehrenamtlichen. Die Zielgruppe umschloss in erster Linie interessierte Laien aus den Ortschaften, wobei Personen mit fachlichem Hintergrund jedoch nicht ausgeschlossen wurden. Allein in der Bioenergie-Region H-O-T wurden ausschließlich pensionierte Amts- und Würdenträger als Bioenergie-Botschafter einbezogen, um der Bioenergie ein (bekanntes) Gesicht zu verleihen. Die Ausbildung umfasste allgemeine Energiethemen

sowie gezielt technisches Wissen (etwa zur Haustechnik) und Spezialwissen zu Bioenergie. Je nach Region nahm dies mindestens einen halben Tag und bis zu zwei vollen Ausbildungstagen ein (siehe Abbildung 69).

Alle ehrenamtlichen Multiplikatoren sollten anschließend in ihrem Ort als Ansprechpartner für interessierte Bürgerinnen und Bürger zur Verfügung stehen. Die an die Ausbildung anschließenden Tätigkeiten beinhalteten jedoch auch die personelle Unterstützung des Projektmanagements etwa bei der Öffentlichkeitsarbeit. Die höchste Verantwortung trugen dabei Multiplikatoren in Straubing-Bogen, welche selbstständig Infoabende organisierten und durchführten. Außerdem ist dies die einzige Region, wo die Ehrenamtlichen einen Fokus auf die Bioenergie bei ihren Beratungen legen sollen.

4.5.2.2 Die Wirkungen der ehrenamtlichen Multiplikatoren in ihren Regionen

Die Untersuchung der fünf Projekte zum Einsatz von Multiplikatoren ergab, dass keine der Maßnahmen seitens des Projektmanagements bezüglich weiterführender Wirkungen evaluiert wurde. Die Effekte der Multiplikatoren-Projekte lassen sich damit nur anhand der Anzahl der Multiplikatoren in den jeweiligen Regionen und deren Aktivität in der Nachbarschaft messen. Eine auffallend große Anzahl von Multiplikatoren wurde dabei in der naturkraft-region etabliert. Nach Angaben des Regionalmanagements sind hier zum Ende der Projektlaufzeit von 100 anfänglich ausgebildeten Personen noch 50 % aktiv gewesen. Die Abbildung 70 verdeutlicht die bereits während der ersten Förderphase erreichte regionale Verteilung dieser „Energiefüchse“. In den übrigen Regionen konnten dagegen mindestens 10 bis 20 Personen gewonnen werden (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Anzahl der ehrenamtlichen Multiplikatoren am Ende der Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen im Jahr 2015
 Datengrundlagen: Befragung der Regionalmanagements in 5 Bioenergie-Regionen; Technisch-ökonomische Begleitforschung zur Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2.0: Arbeitspaket 6.1

Cochem-Zell	Hohenl.-Odenw.-Tauber	Mittelhessen	naturkraft-region	Straubing-Bogen
12-15	9 in Bioenergie-Region + 9 in Partnerregion	20 in zwei Kommunen	ca. 100, davon 50 aktiv	38 in Bioenergie-Region + 19 in Partnerregion



Abbildung 70: Verteilung von Multiplikatoren in der gesamten Bioenergie-Region naturkraft-region. Quelle: Buhse 2010.

Im Rahmen der Untersuchung konnten auch mehrere Multiplikatoren aus der Region Straubing-Bogen befragt werden, die durch das Regionalmanagement als „sehr aktiv“ und „auskunftsfreudig“ beschrieben wurden. Die befragten Multiplikatoren schätzten, im Mittel jeweils **etwa 30 Gespräche pro Jahr** zu führen. Der Anteil, wie häufig dabei der Einsatz von Bioenergie besprochen wurde, liegt dabei zwischen 15 und 100 %, wobei das Mittel deutlich unter 50 % liegen dürfte. Wissen zum Thema Energieeinsparung ist dagegen wesentlich häufiger gefragt. Etwa 20 bis 30 % der Termine führten schließlich zur Vermittlung einer anschließenden professionellen Energieberatung.

Die befragten Multiplikatoren gaben an, dass **jedes zweite Gespräch auch zu einer Handlung oder Investition** führe. Rechnet man diese Angaben überschlägig am Beispiel der Region Straubing-Bogen hoch, so führen die 57 Multiplikatoren potenziell zu insgesamt 855 direkten Maßnahmen in den Haushalten und zu 342 weiterführenden Energieberatungen. Welchen Anteil dabei auf die Energieversorgung mit Bioenergie entfällt, kann schwer abgeschätzt werden. Zumeist seien es jedoch **Sanierungsmaßnahmen** im Gebäudebereich. Ein Multiplikator gab an, dass sogar jede vierte Beratung zu einem Heizungswechsel hin zu Bioenergie führe. Beispielhaft sei hier der Wechsel von Heizöl zu einem Holzpellet- oder Scheitholzkessel zu nennen. Der Großteil an Maßnahmen entfällt insgesamt jedoch auf **Stromeinsparungsmaßnahmen**, etwa beim Kühlen oder der Beleuchtung sowie Sanierungsmaßnahmen von Dach, Fenstern etc. oder auch zum Einbau von Solarkollektoren.

Die Erfolgsquote zur Umsetzung von investiven Maßnahmen im Bereich Bioenergie sei nach Angaben der Multiplikatoren von einem Mix an Rahmenbedingungen abhängig: Dazu zählen die Bürger/Hausbesitzer selbst und das persönliche Engagement des Multiplikators, aber auch die öffentlichen Fördermittel. Auch die zentrale Strategie und Öffentlichkeitsarbeit des Managements gekoppelt mit (politischen) Vorbildern spielt eine Rolle für die Befragten.

Da weder die Multiplikatoren, noch das Management eine Evaluation der Aktivitäten auf persönlicher Ebene durchführten, ist eine Schätzung von ausgelösten Investitionen nicht möglich. Die Regionalmanagements nannten stattdessen ausgewählte Beispiele als Erfolge der Multiplikatoren. Zu nennen ist beispielsweise die Begleitung der Gründung eines Bioenergiedorfes in der Region H-O-T sowie über 100 ausgestellte Energiepässe in den beiden Modellkommunen in Mittelhessen (bei 250 Haushalten).

4.5.3 Übertragbare Empfehlungen zur Etablierung von Multiplikatoren

Die befragten Multiplikatoren sehen eine Herausforderung darin, den Stand des Wissens stets aktuell zu halten und die Initiative am Leben zu erhalten. Wenngleich die Multiplikatoren durch eine hohe Bereitschaft gekennzeichnet sind, sich neues Wissen anzueignen, braucht es eine Plattform zur Weiterbildung und für den Erfahrungsaustausch in der Region. Die Multiplikatoren wünschen sich hierzu eine Veranstaltung alle 3 bis 6 Monate. Dies könnte vom Projektmanagement oder von Seiten der Ausbildungsstelle koordiniert und moderiert werden. Auch betonten einige Projektmanagements die Bedeutung der kontinuierlichen Motivation und Weiterbildung der Multiplikatoren. Die Multiplikatoren seien Erfolgsfaktoren, welche einerseits ehrenamtlich gefordert aber gleichzeitig auch gefördert werden müssen. Nicht zuletzt liegt es beim Projektmanagement, die Leistungen der Multiplikatoren öffentlich bekannt zu machen und für politischen Rückhalt beispielsweise im Gemeinderat zu sorgen. Daher können die Aufgaben des Projektmanagements für eine erfolgreiche Arbeit mit Bioenergie-Multiplikatoren wie folgt zusammengefasst werden:

Aufgaben des Projektmanagements:

- Anwerbung neuer Multiplikatoren
- Definition der Tätigkeiten der Multiplikatoren – Abgrenzung zu gewerblichen Akteuren
- Fähigkeiten von Multiplikatoren öffentlich bekannt machen
- Kontinuierliche Weiterbildungen bestehender Multiplikatoren
- Plattform zum Erfahrungsaustausch untereinander (z.B. alle 3-6 Monate)

Es hat sich gezeigt, dass die Gespräche der Multiplikatoren über die Bioenergie hinausgehen und im gesamten Spektrum erneuerbarer Energien und der Energieeinsparung liegen. Sollen Multiplikatoren selbstständig Gespräche initiieren, so bedarf es außerdem eines konkreten Handlungsauftrages sowie der Kenntnis darüber, wie man in der Nachbarschaft Botschaften platzieren kann. Somit sollte die Ausbildung der Multiplikatoren mindestens folgende Punkte enthalten:

Ausbildungsinhalte für ehrenamtliche Multiplikatoren:

- Gesamte Bandbreite erneuerbarer Energien zur Wärmegewinnung
- Energieeinsparung und Haustechnik (Kühlgeräte, Heizungspumpen etc.)
- Sanierung von z.B. Wänden, Dach und Fenstern
- Fördermittel in den Bereichen Energieerzeugung, Sanierung und energieeffizienter Neubau
- Handlungsauftrag und Methoden zur Ansprache und Aktivierung der Bürger

Der Einfluss ehrenamtlicher Multiplikatoren auf eine verstärkte Nutzung von Bioenergie hängt zusammenfassend von den folgenden vier Voraussetzungen oder Faktoren ab:

- Ausbildung / Grundwissen zum Thema Bioenergie,
- Öffentliche Wahrnehmung als Wissensträger,
- Persönliche Initiative des Multiplikators
- Fokus der Aktivitäten auf Bioenergie.

Es muss jedoch betont werden, dass eventuell getätigte **Investitionen in Bioenergie** neben der Information der Multiplikatoren zusätzlich stark von wirtschaftlichen Faktoren abhängen. Einerseits besteht eine Konkurrenz mit anderen erneuerbaren Energien (und nicht zuletzt fossilen Energien) und andererseits muss eine Investitionsbereitschaft bei den Bürgern auch vorhanden sein. Die Multiplikatoren betonen daher den Bedarf an Fördermitteln für Bioenergie, um hier ebenfalls Argumente vorlegen zu können.

Aus Perspektive der Regionalmanagements können **die Haupterfolge der Multiplikatoren für Bioenergie** wie folgt charakterisiert werden: Erstens sei die Bioenergie als eine Form erneuerbarer Energien im Bewusstsein der Gesellschaft verankert worden. Dies wird zum Beispiel in der Region H-O-T deutlich, wo die Bekanntheit der Bioenergie-Region insgesamt stark gesteigert und über die Multiplikatoren auch Entscheidungsträger schneller gewonnen werden konnten. Zweitens wurde der Zugang zu fachspezifischen Informationen auf einer niederschweligen Ebene stark erleichtert. Mit der hohen Anzahl von neu ausgestellten Energiepässen für Hausbesitzer konnte in Mittelhessen erreicht werden, dass sich ein Großteil der Einwohner beider Modellkommunen mit dem Energiebedarf ihrer Gebäude und diesbezüglichen Handlungsoptionen auseinandersetzen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gliederung und Inhalte des Arbeitsprogramms der technisch-ökonomischen Begleitforschung in der zweiten Förderphase.	10
Abbildung 2:	Gesamtfläche der Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase im Vergleich (Datenstand: 2011). Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: GENESIS-Online, ATKIS.....	12
Abbildung 3:	Anteil der landwirtschaftlichen (Acker Dauergrünland und Dauerkulturen) und forstwirtschaftlichen Flächen an der jeweiligen Gesamtfläche der Bioenergie-Regionen und in Gesamtdeutschland (Datenstand: 2011). Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: GENESIS-Online, ATKIS.....	14
Abbildung 4:	Einwohnerdichte und Raumkategorien in den Bioenergie-Regionen und Gesamtdeutschland. Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: Einwohnerdichte: GENESIS-Online, ATKIS (Datenstand: 2011); Raumkategorien: Siedlungsstrukturelle Regionstypen der laufenden Raumbearbeitung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).	15
Abbildung 5:	Verfügbares mittleres Einkommen der privaten Haushalte je Einwohner und mittlere Arbeitslosenquote in den Bioenergie-Regionen und Gesamtdeutschland (Datenstand: 2011). * für die Mecklenburger Seenplatte liegen keine Daten vor. Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: GENESIS-Online.....	16
Abbildung 6:	Übersicht über die im Rahmen der technisch-ökonomischen Begleitforschung betrachteten Biomassefraktionen.....	19
Abbildung 7:	Dreistufiges Berechnungsschema am Beispiel der Biomassefraktion Bioabfall (eigene Darstellung)	20
Abbildung 8:	Technische Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen sowie Flächengrößen der Regionen. Bezugsjahr 2011. Eigene Darstellung DBFZ	22
Abbildung 9:	Spezifische technische Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen. Datenbasis: Bezugsjahr 2010, regionale Gesamtflächengröße; regionale Einwohnerzahlen	23
Abbildung 10:	Potenzielle anteilige Deckung des Haushaltsstrombedarfs in Bioenergie-Regionen. Datengrundlagen: Bezugsjahr: 2011, Strombedarf pro Haushalt (HH): 2.500 kWh, elektrischer Umwandlungswirkungsgrad: 37 %. Eigene Darstellung DBFZ.....	24
Abbildung 11:	Durchschnittliche Zusammensetzung technischer Bioenergiepotenziale in Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlage: Biogas- und Brennstoffpotenziale aus 21 Regionen, Bezugsjahr: 2011.....	25
Abbildung 12:	Schematischer Aufbau des Indikatortools Bioenergie-Regionen.	31
Abbildung 13:	Screenshot der Dateneingabemaske des Indikatortools Bioenergie-Regionen.....	32
Abbildung 14:	Entwicklung der Anzahl an Biogasanlagen in den Bioenergie-Regionen von 2007/08 bis 2014. Eigene Darstellung. Datengrundlage: 2007/08: REK der Bioenergie-Regionen 1. Förderphase; 2009-10: regionale Zwischenberichte der	

	Bioenergie-Regionen; 2011-13: Indikatortool; 2014: Anlagenbestand Basis DBFZ & HW-Erhebung 2015	34
Abbildung 15:	Anzahl der Biogasanlagen (2013) pro km ² landwirtschaftliche Fläche (2011). Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlagen: Bezugsfläche: Grunddatenerhebung; Anzahl Biogasanlagen: Indikatortool Bioenergie-Regionen.	35
Abbildung 16:	Entwicklung der Anzahl an Biomasseheizkraftwerken in den Bioenergie-Regionen von 2007/08 bis 2014. Eigene Darstellung. Datengrundlage: 2007/08: REK der Bioenergie-Regionen 1. Förderphase; 2009-10: regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen; 2011-13: Indikatortool; 2014: Anlagenbestand Basis DBFZ & HW-Erhebung 2015	36
Abbildung 17:	Anzahl der Biomasseheizkraftwerke (2013) pro km ² forstwirtschaftliche Fläche (2011). Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlagen: Bezugsfläche: Grunddatenerhebung; Anzahl Heizkraftwerke: Indikatortool Bioenergie-Regionen.	37
Abbildung 18:	Entwicklung der Anzahl an Biomasseheizwerken in den Bioenergie-Regionen von 2007/08 bis 2014. Eigene Darstellung. Datengrundlage: 2007/08: REK der Bioenergie-Regionen 1. Förderphase; 2009-10: regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen; 2011-13: Indikatortool; 2014: Anlagenbestand Basis DBFZ & HW-Erhebung 2015	38
Abbildung 19:	Anzahl der Biomasseheizwerke (2013) pro km ² forstwirtschaftliche Fläche (2011). Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlagen: Bezugsfläche: Grunddatenerhebung; Anzahl Heizwerke: Indikatortool Bioenergie-Regionen.	39
Abbildung 20:	Installierte elektrische bzw. thermische Leistung von Biogasanlagen, Heizwerken und Heizkraftwerken (2013) je regionale land- bzw. forstwirtschaftliche Fläche (2011) in den Bioenergie-Regionen, sortiert nach Biogasanlagen. Eigene Darstellung DBFZ. Datengrundlage Indikatortool und Grunddatenerhebung Bioenergie-Regionen.	40
Abbildung 21:	Gesamtbeurteilung des Indikatortools. Schriftliche Nutzerbefragungen in den Jahren 2013 (N = 11) und 2015 (N = 21).....	42
Abbildung 22:	Einschätzung der Darstellungsmöglichkeiten des Indikatortools. Schriftliche Nutzerbefragungen in den Jahren 2013 (N = 11) und 2015 (N = 21).....	42
Abbildung 23:	Einschätzung der vereinfachenden Datenhaltung durch das Indikatortool. Schriftliche Nutzerbefragungen in den Jahren 2013 (N = 9) und 2015 (N = 21).	42
Abbildung 24:	Energiebereitstellung durch Biomasseanlagen in Bioenergie-Regionen 2014. (Biogasanlagen, Heiz(-kraft)werke, Holzvergaser, Pflanzenöl-BHKW, Biomethan-BHKW, Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen) * ohne Wärme aus Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen Datengrundlage: Bundesnetzagentur 2014 und Scheftelowitz u. a. 2015, BKG 2011	50
Abbildung 25:	Anteile von Energiemais an der Ackerfläche je Region im Jahr 2014. Nutzung (linker Balken) und Potenzial (rechter Balken). Datengrundlage: Basisszenario Energiepflanzenrechner; und Scheftelowitz u. a. 2015, BKG 2011.....	51
Abbildung 26:	Anteil der Ackerkulturen und Grünland zur Energieerzeugung in Biogasanlagen am regionalen Gesamtflächenbestand im Jahr 2014. Linker Balken: Benötigte Acker- und Grünlandfläche, Rechter Balken: Gesamte Acker- und	

	Grünlandfläche je Region. Datengrundlage: Bundesnetzagentur 2014 und Scheftelowitz u. a. 2015, BKG 2011.....	52
Abbildung 27:	Anteil der Ackerkulturen und Grünland zur Energieerzeugung in Biogasanlagen am regionalen Gesamtflächenbestand im Jahr 2014. Linker Balken: Benötigte Acker- und Grünlandfläche, Rechter Balken: Gesamte Acker- und Grünlandfläche je Region. Datengrundlage: Basisszenario Energiepflanzenrechner; Bundesnetzagentur 2014 und Scheftelowitz u. a. 2015.....	53
Abbildung 28:	Anzahl von Bioabfallanlagen je Bioenergie-Region. Datengrundlage: DBFZ	54
Abbildung 29:	Einsatz und Potenzialhöhe von Bioabfällen in Bioenergie-Regionen 2014. Datengrundlage: DBFZ, Statistische Landesämter 2011	54
Abbildung 30:	Einsatz und Potentialhöhe von Holz in den Bioenergie-Regionen, Datengrundlage Biomasseheizkraftdatenbank DBFZ, Ergebnisse aus Befragungen der Regionalmanager.....	56
Abbildung 31:	Eingesetzte Brennstoffe in den Bioenergie-Regionen, Datengrundlagen: Biomasseheizkraftdatenbank DBFZ, Ergebnisse aus Befragungen der Regionalmanager, 3N-Kompetenzzentrum und Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2015.....	56
Abbildung 32:	Anteil der Bioenergie am Gesamtenergieverbrauch in Bioenergie-Regionen 2014. * ohne Wärme aus Biomasse-Kleinf Feuerungsanlagen, ** Süddoldenburg: keine Daten zum Energieverbrauch; Nordfriesland Nord: Stromdeckung 250 %, keine Daten zum Wärmeverbrauch. Datengrundlage: Indikatortool; Energie- und Stoffstromanalysen DBFZ	57
Abbildung 33:	Zuordnung der Projekte der Förderphase 2012-2015 zu den wichtigsten Wertschöpfungsketten (links) und der Ebenen des Stoffstroms, auf denen die Projekte ansetzen (rechts). Mehrfachnennung möglich. Datengrundlage: Projektdatenbank Bioenergie-Regionen, online (Stand: 22.02.2016)	59
Abbildung 34:	Zuordnung der Projekte der Förderphase 2012-2015 zu weiteren Kategorien. Mehrfachzuordnungen möglich. Datengrundlage: Projektdatenbank Bioenergie-Regionen, online (Stand: 22.02.2016)	60
Abbildung 35:	Anzahl bisheriger und geplanter Aktivitäten zur Erhöhung der Stoffstromeffizienz in Bioenergie-Regionen nach dem ersten Projektjahr der zweiten Förderphase. Datengrundlage: Regionale Zwischenberichte 2013.....	61
Abbildung 36:	Vergleich von Produktivitätswerten. Kreimeier 2012: S. 17.	63
Abbildung 37:	Bilanzraum und Ansatzpunkte der Indikatoren auf allen vier Ebenen zur Bewertung der Effizienz von Stoffströmen. Eigene Darstellung.	67
Abbildung 38:	Input- und Outputgrößen, die innerhalb der Systemgrenzen der Stoffstromeffizienz liegen. Eigene Darstellung.	67
Abbildung 39:	Das Indikatorenset zur Ermittlung der Stoffstromeffizienz für die Dimensionen Ökonomie, Ökologie, Soziales.....	68
Abbildung 40:	Räumlicher Zusammenhang von Rohstoffbereitstellung, Aufbereitung und Lagerung sowie der Endenergieverbraucher mit der Konversionsanlage, Schema. Eigene Darstellung.....	70

Abbildung 41:	Lineare Abbildung der Indikator-Effizienz am Beispiel dreier Indikatoren: Energieintensität – EI, THG-Emissionen – THG, Partizipationsniveau – P. Eigene Darstellung DBFZ.....	72
Abbildung 42:	Ergebnisdiagramm der 12 Indikatoren zur Effizienz von Stoffströmen zweier Heizkraftwerke im Jahr 2014 im Vergleich. Eigene Darstellung.....	74
Abbildung 43:	Ergebnisdiagramm der 12 Indikatoren zur Effizienz von Stoffströmen zweier Biogasanlagen im Jahr 2014 im Vergleich. Eigene Darstellung	75
Abbildung 44:	Ergebnisse der Effizienz von Stoffströmen als low-level Aggregation für die Bereiche Ökonomie, Ökologie und Soziales. Eigene Darstellung.....	76
Abbildung 45:	Endergebnisse der Effizienz von Stoffströmen als high-level Aggregation. Eigene Darstellung.....	76
Abbildung 46:	Sensitivitätsanalyse der Effizienz von Stoffströmen am Beispiel der Fallstudie von BGA 1. Variation der Wärmenutzung.....	78
Abbildung 47:	Anzahl der in den REKs der 2. Förderphase identifizierten Wärmeprojekte nach Regionen. Datengrundlage: Projektdatenbank Bioenergie-Regionen, Stand: 01.02.2014	83
Abbildung 48:	Grundlegende Charakterisierung der Projekte im Bereich der biogenen Wärmenutzung in den Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 142 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.....	85
Abbildung 49:	Einordnung der Projekte im Bereich der biogenen Wärmenutzung in den Bioenergie-Regionen hinsichtlich der verwendeten Technik . Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 65 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.....	86
Abbildung 50:	Akteursgruppen , die bei den Projekten im Bereich der biogenen Wärmenutzung in den Bioenergie-Regionen involviert sind. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 65 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.....	87
Abbildung 51:	Probleme und Hemmnisse bei der Umsetzung von Wärmeprojekten in den Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 62 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.	88
Abbildung 52:	Lösungen und Maßnahmen zur Überwindung von Hemmnissen bei der Umsetzung von Wärmeprojekten in den Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen je Projekt möglich. 100 Nennungen in dieser Unterkategorie bei insgesamt 51 ausgewerteten Projekten.....	89
Abbildung 53:	Anzahl der Bioenergiedörfer 2011-2013 in den Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase. Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: Indikatortool Bioenergie-Regionen.	91

Abbildung 54:	Entwicklung der Anzahl an Nahwärmenetzen mit Bioenergie von 2011-2013 in den Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase. Eigene Darstellung DBFZ; Datengrundlage: Indikatortool Bioenergie-Regionen.	91
Abbildung 54:	Übersicht über Abwärmekonzepte an Biogasanlagen. Eigene Darstellung nach Rutz u. a. 2012.....	102
Abbildung 55:	Entwicklung der verfügbaren und extern genutzten Wärmemengen aus der Verstromung von Biogas (ohne Biomethan) Datengrundlage: DBFZ, Stand: 05/2014. Verändert nach Scheftelowitz u. a. 2014: S. 23.....	103
Abbildung 56:	Anteil der Biogasanlagen (BGA) ohne externe Wärmenutzung an allen Biogasanlagen der jeweiligen Region 2011-2013 in den Bioenergie-Regionen der zweiten Förderphase. Eigene Darstellung; Datengrundlage: Indikatortool Bioenergie-Regionen.	103
Abbildung 57:	Methodisches Vorgehen AP 5.2: Arbeitsschritte, methodische Zugänge, Perspektiven.	104
Abbildung 58:	Ergebnisse der Hemmnisanalyse bei Ingenieurbüros zur Umsetzung von Nahwärmeprojekten. Leitfadenterviews bei 14 Ingenieurbüros im Februar 2006. Eigene Darstellung nach Böhnisch u. a. 2006: S. 95–100).	108
Abbildung 59	Modellhafte Darstellung verschiedener Varianten zur Risikoverteilung bei der Abwärmekonzepte an Biogasanlagen aus Sicht eines Biogasanlagenbetreibers. Eigene Darstellung DBFZ.....	116
Abbildung 60:	Erfahrungen mit alternativen Rohstoffen in Bioenergie-Regionen. Aufgeführt ist eine Auswahl von Biomassen, zu denen bereits bedeutende Wissensträger in den Regionen vorhanden sind. Datengrundlage: Regionale Zwischenberichte 2013; Projektdatenbank der Fördermaßnahme, online; Workshops in Bioenergie-Regionen	122
Abbildung 61:	Alternative Rohstoffe der Gruppe A (Ökologisch motivierter Anbau) in Bioenergie-Regionen. Angaben des Regionalmanagements. „thematisiert“: Rohstoff bereits genutzt oder dessen Nutzung geplant Datengrundlage: Regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen im Jahr 2013.	123
Abbildung 62:	Alternative Rohstoffe der Gruppe B (Erschließen ungenutzter Ressourcen) in Bioenergie-Regionen. Angaben des Regionalmanagements. „thematisiert“: Rohstoff bereits genutzt oder dessen Nutzung geplant Datengrundlage: Regionale Zwischenberichte der Bioenergie-Regionen im Jahr 2013.	124
Abbildung 63:	Energieprojekte mit holzigem Landschaftspflegematerial (LPM) in Bioenergie-Regionen, Förderphase 2012-2015.	131
Abbildung 64:	Erwartungen an den Beitrag der Energieträger zur Wirtschaftlichkeit der Landschaftspflege. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Expertenbefragung in Bioenergie-Regionen, 2015.	132
Abbildung 65:	Abhängigkeit der Brennstoffqualität und des Verkaufswertes bei Festbrennstoffen aus der Landschaftspflege entlang des Produktionsprozesses (a-d). Sortiert nach durchschnittlicher Bewertung. * Wassergehalt bei Verkauf, Entfernung von Marktteilnehmern, Konkurrenz anderer Rohstoffe, Vergütungshöhe der Energie. Eigene Darstellung. Datengrundlage: Expertenbefragung in Bioenergie-Regionen, 2015.	135

Abbildung 66:	Spezifische Kosten für Pflege (grün) und Zusatzkosten (grau) von Energieträgern aus Landschaftspflegematerial verschiedener Biotope sowie deren potenzielle Erlöse (blau). Inklusive 19% MwSt. * Als Gewinnschwelle 2015 sind 13 €/srm markiert. Datengrundlagen: [1] Naturschutzstiftung David 2014, [2] BEM Biomasse Energie Maschinenring GmbH 2012, [3] Bioenergie-Region Mittelhessen 2014, [4] IFaS 2004, [5] Hefter u. a. 2009, [6] Wiegmann u. a. 2007, [7] EUWID Neue Energien 2015	137
Abbildung 67:	Webbasiertes Umweltinformationssystem im Freistaat Sachsen (Bildschirmfoto). Quelle: LfULG 2015	140
Abbildung 68:	Projekte mit ehrenamtlichen Multiplikatoren in Bioenergie-Regionen, Förderphase 2012-2015. Eigene Darstellung. Quellen: BIOENERGIE-REGION Hohenlohe-Odenwald-Tauber GmbH 2015; Bioenergie-Region Mittelhessen 2015; Buhse 2010; Landkreis Straubing-Bogen 2015; unser-klima-cochem-zell e.V. 2013	143
Abbildung 69:	Verteilung von Multiplikatoren in der gesamten Bioenergie-Region naturkraft-region. Quelle: Buhse 2010.	145

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über Trägerschaft und Inhalte der verschiedenen Begleitforschungsvorhaben im Rahmen der zweiten Förderphase Bioenergie-Regionen. Eigene Darstellung.....	9
Tabelle 2:	Berechnungsgrundlagen der Stoffstromanalyse. Kennwerte nach Anlagentypen	46
Tabelle 3:	Berechnungsgrundlagen der Stoffstromanalyse. BHKW-spezifische Kennwerte	47
Tabelle 4:	Berechnungsgrundlagen der Stoffstromanalyse. Biomassekulturen. Quellen: Betreiberbefragung DBFZ 2015; Statistisches Bundesamt, 2014	48
Tabelle 5:	Unterschiedliche Effizienzbegriffe am Beispiel einer Bioenergieanlage. Eigene Darstellung nach Baumgartner und Biedermann 2009; Kreimeier 2012; Pehnt 2010; Schneider und Pehnt 2010; Zimmer und Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut 2008	65
Tabelle 6:	Charakteristika der vier Fallstudien zur Effizienz von Stoffströmen.	73
Tabelle 7:	Vorhandene und in der 2. Förderphase geplante Wärmenutzungskonzepte nach Anlagentypen in den Bioenergie-Regionen. Datengrundlage: Befragung im Rahmen des 1. regionalen Zwischenberichts (5/2013). Mehrfachnennungen möglich.	83
Tabelle 8:	Übersicht Fallstudien Abwärmenutzung Biogasanlagen (AP 5.2)	106
Tabelle 9:	Übersicht Expertengespräche zur Abwärmenutzung an Biogasanlagen (AP 5.2)	107
Tabelle 10:	Kennzeichnende Eigenschaften alternativer Bioenergierohstoffe. Eigene Darstellung.....	119
Tabelle 11:	Zusammenfassende Gegenüberstellung der Potenziale und der Maßnahmenanzahl für ausgewählte alternative Biomassen in allen 21 Bioenergie-Regionen. Datengrundlagen: Projektdatenbank zum Vorhaben Bioenergie-Regionen (online), Stand: Februar 2014; Technisch-ökonomische Begleitforschung zur Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2.0: Arbeitspaket 3.1.....	125
Tabelle 12:	Anzahl der ehrenamtlichen Multiplikatoren am Ende der Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen im Jahr 2015 Datengrundlagen: Befragung der Regionalmanagements in 5 Bioenergie-Regionen; Technisch-ökonomische Begleitforschung zur Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2.0: Arbeitspaket 6.1.....	144
Tabelle 13:	Das Schema zur ebenenspezifischen Berechnung des Indikators Potenzielle Störung Briegel u. a. 2009: S. 30; Kabasci u. a. 2012.....	177

Literatur- und Referenzverzeichnis

- 3N-Kompetenzzentrum; Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2015): Verbrauchsdatenerhebung Holzfeuerungen Niedersachsen für holzbefeuerte Anlagen im Geltungsbereich der 1. BImSchV.
- Arnold, K.; von Geibler, J.; Bienge, K.; Stachura, C.; Borbonus, S.; Kristof, K. (2009): Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen: Ein Konzept zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Landnutzung. Wuppertal Papers Nr. 180. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Wuppertal. Wuppertal Papers.
- ASUE (2011): BHKW-Kenndaten 2011. Berlin.
- Barth, S.; Berens, S. (2011): Biomassepotential von Grünlandflächen für die energetische Nutzung im Kreis Höxter. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Paderborn.
- BASF SE (Hrsg.) (2012): AgBalance Technical Background Paper. Limburgerhof.
- Baumgartner, R.J.; Biedermann, H. (2009): Öko-Effizienz als Beitrag zur Nachhaltigkeit? In: Öko-Effizienz: Konzepte, Anwendungen und Best Practices. S. 9–25. Hampp, Mering. München; Mering. ISBN 3-86618-329-1.
- Bayerische Akademie der Wissenschaften; Kommission für Ökologie; Rundgespräch, F., G. (Hrsg.) (2007): Energie aus Biomasse: ökonomische und ökologische Bewertung: Rundgespräch am 19. März 2007 in München. Verlag Dr. Friedrich Pfeil. München. ISBN 978-3-89937-078-2.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2008): Umweltwirkungen eines zunehmenden Energiepflanzenanbaus. In: Schriftenreihe. Bd. 11–2008. ISSN 1611-4159.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2008): Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen. LfU. Augsburg. ISBN 978-3-936385-24-3.
- BEM Biomasse Energie Maschinenring GmbH (2012): Umsetzung des Konzeptes zur Verbesserung der Logistik und Konfektionierung von holzartigen Biomasserohstoffen. Endbericht. BEM Biomasse Energie Maschinenring GmbH. Brakel.
- Biermann, B. (2014): Bioenergie und Planungsrecht: der Einfluss des Planungsrechts auf die Nutzung der Bioenergie unter besonderer Berücksichtigung der umweltrelevanten Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus. Erich Schmidt. Berlin. ISBN 978-3-503-15648-1.
- BIOENERGIE-REGION Hohenlohe-Odenwald-Tauber GmbH (2015): Bioenergie-Botschafter. Abgerufen am 05.01.2016 von <http://www.bioenergie-region-hot.de/ueber-uns/bioenergie-botschafter.html>
- Bioenergie-Region Mittelhessen (Hrsg.) (2014): Heckenprojekt: Ergebniskurzdarstellung des Demonstrations- und Pflegeschnitts in Lautertal Eichenrod.
- (2015): Energieeffizienz in der Dorferneuerung. Unveröffentlichtes Strategiepapier.
- BKG, B. für K. und G. (2011): ATKIS - Amtliches Topographisches Kartographisches Informationssystem.

- Bohnet, S.; Haak, F.; Gawor, M.; Thrän, D. (2013): Technisch-ökonomische Begleitforschung des Bundeswettbewerbes „Bioenergie-Regionen“. Endbericht. Deutsches BiomasseForschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ). Leipzig.
- (2015): Technisch-ökonomische Begleitforschung des Bundeswettbewerbes „Bioenergie-Regionen“. Endbericht Fördermaßnahme 2009-2012. DBFZ-Report Nr. 23. DBFZ. Leipzig.
- Böhnisch, H. (2004): Grüne Nahwärme im Gebäudebestand. In:
- Böhnisch, H.; Deuschle, J.; Nast, M.; Pfenning, U. (2006): Nahwärmeversorgung und Erneuerbare Energien im Gebäudebestand - Initiierung von Pilotprojekten in Baden-Württemberg, Hemmnisanalyse und Untersuchung der Einsatzbereiche. Endbericht. ZSW, SOWI, DLR. Stuttgart.
- Briegel, R.; Junge, X.; Lindemann-Matthies, P.; Schüpbach, B.; Walter, T. (2009): Ästhetische Bewertung landwirtschaftlicher Kulturen durch die Bevölkerung. ART. Ettenhausen. ISBN 978-3-905733-12-9.
- Brosowski, A.; Adler, P.; Erdmann, G.; Stinner, W.; Thrän, D.; Mantau, U.; Blanke, C.; Mahro, B.; Hering, T.; Reinholdt, G. (2015): Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen - Status Quo in Deutschland. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hrsg.): ISBN ISBN 978-3-942147-29-3.
- Buhse, B. (2010): Wissenstransfer durch Energiefüchse und Seniortrainer. Vortrag gehalten: Bioenergie-Regionen Chancen für ländliche Räume. Am 27.10.2010 in Berlin.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2013): Laufende Raumbeobachtung - Raumabgrenzungen. Siedlungsstrukturelle Regionstypen. Abgerufen am 08.03.2013 von http://www.bbsr.bund.de/cIn_032/nn_1067318/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/SiedlungsstrukturelleGebietstypen/Regionstypen/regionstypen.html%20
- Bundesnetzagentur (2014): Stamm- und Bewegungsdaten.
- Buneß, A. (1997): Stoffströme. In: Stoffstromanalyse und -bewertung. S. 1–32. Osnabrück.
- Daniela Thrän; Elmar Fischer; Uwe Fritsche; Klaus Hennenberg; Katja Öhmichen; Diana Pfeiffer; Rals Schmersahl; Torsten Schröder; Vanessa Zeller; Martin Zeymer (2010): Methodenhandbuch Methoden zur stoffstromorientierten Beurteilung für Vorhaben im Rahmen des BMU-Förderprogramms.
- DBFZ (2012): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse.
- Deffner, I. (2010): Erfolgsfaktoren bei der Umsetzung von Bioenergie-Nahwärmenetzen. Bachelorarbeit. Universität Bayreuth. Bayreuth.
- Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ); Lehrstuhl für Energiewirtschaft Universität Duisburg-Essen; Biogasrat e.V. (2011): Optimierung der marktnahen Förderung von Biogas/Biomethan unter Berücksichtigung der Umwelt- und Klimabilanz, Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit.
- Deutschland / Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (1994): Die Industriegesellschaft gestalten: Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen; Bericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt - Bewertungskriterien und Perspektiven für Umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ des 12. Deutschen Bundestages. Economica-Verl. Bonn. ISBN 3-87081-364-4.
- Die Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland: unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. Berlin.

- Dobers, K.; Opitz, S. (2007): BioLogio Entwicklung und Ausbau regionaler Logistikstrukturen für Holzbrennstoffe. Endbericht. Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML Bereich Logistik, Verkehr und Umwelt. Dortmund. Entwicklung und Ausbau regionaler Logistikstrukturen zur Förderung der nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse in Deutschland.
- Dötsch, C.; Taschenberger, J.; Schönberg, I. (1998): Leitfaden Nahwärme. Fraunhofer-IRB-Verl. Stuttgart. ISBN 3-8167-5186-5.
- Dürr, M. (2011): Bioenergie und Nachhaltigkeit: Ein Bewertungsmodell für Bioenergieprojekte unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit. 1., Aufl. Diplomica Verlag. Hamburg. ISBN 3-8428-5982-1.
- Eckner, J.; Vetter, A. (2013): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die Produktion von Energiepflanzen (EVA). In: Symposium Energiepflanzen 2013. ISBN 978-3-942147-15-6.
- Eder, B. (2012): Biogas-Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. 5. Vollständ. überarb. ökobuch. ISBN 3-936896-60-7.
- Effenberger, M.; Bachmaier, H.; Lehner, A.; Gronauer, A. (2009): Energetische Effizienz landwirtschaftlicher Biogasanlagen. In: Biogas: dezentral erzeugen, regional profitieren, international gewinnen: 18. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V. mit großer Biogasfachmesse und Lehrfahrt ; 3. bis 5. Februar 2009, Messegelände Hannover. S. 113–120. Fachverband Biogas. Freising. ISBN 978-3-9812089-0-0.
- Engel, B.; Walther, G.; Spengler, T. (2009): Bewertung und Steuerung betrieblicher Öko-Effizienz. In: Öko-Effizienz: Konzepte, Anwendungen und Best Practices. S. 26–42. Hampp, Mering. München; Mering. ISBN 3-86618-329-1.
- EUWID Neue Energien (2015): Preise für Waldhackschnitzel und Landschaftspflegeholz sinken weiter. In: 35.2015. S. 15.
- Fiedler, M.; Epp, C.; Pigaht, M. (2005): Neue Energien für Achenal und Leukental - Potentialabschätzung und Leitvision für eine Musterregion für die Nutzung lokaler Energiequellen im ländlichen Raum. WIP - Renewable Energies, Ökomodell Achenal e.V. München, Schleching.
- FNR (Hrsg.) (2012a): Energiepflanzen für Biogasanlagen - Sachsen. 1. Selbstverlag. Gülzow.
- (2012b): Marktübersicht Scheitholzvergaser-/Kombikessel. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). Gülzow.
 - (2013): Basisdaten Bioenergie Deutschland. 10. Aufl. Selbstverlag. Gülzow.
 - (2014): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014. Eigenverlag.
 - (2016): Förderung - Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen. Abgerufen am 19.02.2016 von <http://www.bioenergie-regionen.de/foerdermassnahme/foerderung/>
- FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.) (2012): Hackschnitzelheizungen Marktübersicht. 4., aktualisierte Auflage. Gülzow.
- Forschungs- und Technologierat Bioökonomie (Berlin) (2012): Nachhaltige Nutzung von Bioenergie: Empfehlungen des BioÖkonomieRats. Forschungs- und Technologierat Bioökonomie (BÖR). Berlin. ISBN 978-3-942044-58-5.

- Frieder, T.; Denzel, K.; Hartmann, E.; Luick, R.; Schmoock, K. (2009): Kurzfassungen der Agrarumwelt- und Naturschutzprogramme. Nr. 253. Bundesamt für Naturschutz. Bonn. BfN-Skripten.
- Friehe, J.; Schattauer, A.; Weiland, P. (2013): Beschreibung ausgewählter Substrate. In: Leitfaden Biogas. S. 68–76. FNR. Gülzow.
- Gaillard, G.; Daniel, O. (2003): Agrar-Umweltindikatoren: Machbarkeitsstudie für die Umsetzung in der Schweiz. FAL. Zürich. ISBN 3-905608-69-3.
- Geschäftsstelle Bioenergie-Regionen (2011): Hinweise zur Förderung von Folgeprojekten in den Bioenergie-Regionen 2012 -2015.
- Grunewald, K.; Syrbe, R.-U.; Bastian, O.; Mannsfeld, K.; Posselt, S.; Slobodda, S. (2013): Bilanzierung der Landschaftspflege in Sachsen - Bilanzierung von ausgewählten Leistungen und Anforderungen der Landschaftspflege in Sachsen aus landesweiter Sicht. Elektronische Ressource. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Dresden.
- Haak, F. (2015): Effizientes Erschließen von Landschaftspflegematerial in Bioenergie-Regionen - Das Beispiel Gehölzpflege und Heckenmanagement. Bericht zum Arbeitspaket 6.2 der technisch-ökonomischen Begleitforschung zur Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2.0. DBFZ. Leipzig, Online: <https://www.dbfz.de/bioenergieregionen>.
- (2016): Ehrenamtliche Multiplikatoren für Bioenergie. Bericht zum Arbeitspaket 6.1 der technisch-ökonomischen Begleitforschung zur Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2.0. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH. Leipzig, Online: <https://www.dbfz.de/bioenergieregionen>.
- Haak, F.; Bohnet, S.; Hartig, S. (2015): Ungenutzte Biomassen / Einsatz innovativer Substrate in Bioenergie-Regionen 2012-2015. Bericht zum Arbeitspaket 3.3 der technisch-ökonomischen Begleitforschung zur Fördermaßnahme Bioenergie-Regionen 2.0. DBFZ. Leipzig, Online: <https://www.dbfz.de/bioenergieregionen>.
- Hanke, T.; Schüle, R.; Pietzner, K. (2007): Netzgebundene Wärmeversorgung - Anregungen für Kommunen und andere Akteure. Leitfaden Nr. 19/2007. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Climate Change.
- Heck, P.; Anton, T.; Böhmer, J.; Huwig, P.; Meisberger, J.; Menze, S.; Pietz, C.; Reis, A.; Schierz, S.; Synwoldt, C.; Wagener, F.; Wangert, S. (2014): Bioenergiedörfer. Leitfaden für eine praxisnahe Umsetzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): 1. Auflage. Neubrück, Güstrow, Gülzow-Prützen.
- Hefter, I.; Mann, S.; Naumann, H.; Runge, K.; Thomas, A.; Böhmer, J.; Köhler, R.; Oßwald, D.; Wern, B.; Jäger, U. (2009): Etablierung eines beispielhaften regionalen Energiekreislaufes mit Biomasse aus der Landschaftspflege im Naturpark Unteres Saaletal unter besonderer Berücksichtigung einer GIS-gestützten Abschätzung des langfristig zur Verfügung stehenden Biomassepotenzials. Abschlussbericht. Hochschule Anhalt. Bernburg, Birkenfeld.
- Hoffstede, U.; Kerzendorf, J.; Klopotek, F. von (2006): Nahwärme: Ratgeber zur Planung und Errichtung von Nahwärmenetzen. Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz. ISBN 978-3-89274-249-4.
- IFaS (2004): Analyse von Biomassepotenzialen der Naturlandstiftung Saar und der Ökoflächenmanagement gGmbH. IFaS. Birkenfeld.

- Igelspacher, R. (2006): Methode zur integrierten Bewertung von Prozessketten am Beispiel der Ethanolherzeugung aus Biomasse. E und M, Energie-und-Management-Verl.-Ges. Herrsching.
- IPCC (Hrsg.) (2006): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use.
- Irrek, W.; Thomas, S.; Böhler, S.; Spitzner, M. (2008): Definition Energieeffizienz.
- Kabasci, S.; Ehrenstein, U.; Strauch, S.; Schweizer-Ries, P.; Hildebrand, J. (2012): Imageanalyse und Imagewandel der Biogastechnologie unter Einbeziehung sozialwissenschaftlicher und technologischer Aspekte. Abschlussbericht.
- Karl, J. (2012): Dezentrale Energiesysteme: Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt. Oldenbourg. München. ISBN 3-486-70885-6.
- Kirchmeyr, F.; Anzengruber, G. (2008): Leitfaden zur Wärmenutzung bei Biogasanlagen. Leitfaden. ARGE Kompost und Biogas Österreich. Linz.
- König, A. (2010): Ganzheitliche Analyse und Bewertung der energetischen Biomassenutzung Techno-ökonomische und ökologische Analyse konkurrierender energetischer Nutzungspfade für Biomasse im Energiesystem Deutschland bis zum Jahr 2030. Suedwestdeutscher Verlag fuer Hochschulschriften. Saarbrücken. ISBN 978-3-8381-1211-4.
- Kreimeier, D. (2012): Ressourcenorientierte Bewertung und Optimierung von Prozessketten: [Verbundprojekt im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)]. VDMA-Verl. Frankfurt am Main. ISBN 978-3-8163-0627-6.
- Krismann, A.; Premke-Kraus, M.; Gärtner, M. (2010): Bioenergiepotenzial der Stadt Radolfzell 2007 - 2015. Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Singen. Singen.
- KTBL (Hrsg.) (2006): Landschaftspflege 2005: Daten zur Kalkulation von Arbeitszeit und Maschinenkosten. 5., überarb. Aufl. KTBL. Darmstadt. ISBN 978-3-7843-2180-6.
- (2009a): Faustzahlen Biogas. 2., Auflage. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. ISBN 3-941583-28-X.
- KTBL, K. für T. und B. in der L. (2009b): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14. Aufl. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. ISBN 978-3939371912.
- Lambertz, M. (2010): Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der sozialen Nachhaltigkeitsdimension von Bürogebäuden. VDI-Verl. Düsseldorf.
- Landkreis Straubing-Bogen (2015): Bioenergie-Region Straubing-Bogen - Energy-Scouts. Abgerufen am 18.01.2016 von <http://www.bioenergie.straubing-bogen.de/index.asp?NAVIID={04343384-51E4-47A4-AA32-2BE9C946B142}>
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2011): Potenzialstudie für Biomasse in der BioenergieRegion Weserbergland plus. Hannover.
- (2013): Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2012/2013. Oldenburg.
- Naturschutzstiftung David (2014): Energieholz und Biodiversität – Die Nutzung von Energieholz als Ansatz zur Erhaltung und Entwicklung national bedeutsamer Lebensräume. Endbericht. Naturschutzstiftung David. Erfurt.

- Neeft, J. (2015): Biograce II Vereinheitlichte Treibhausgasberechnung bei Stromerzeugung, Heizung und Kühlung aus Biomasse, Online: <http://biograce.net/biograce2/>.
- o. A. (o. J.): Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung - BiomasseV) vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), geändert durch V v. 9.8.2005 (BGBl. I S. 2419).
- Öko-Institut e.V. (2007): Prosa – Product Sustainability Assessment Leitfaden. Leitfaden. Freiburg.
- Pehnt, M. (Hrsg.) (2010): Energieeffizienz: Ein Lehr- und Handbuch. 1st Edition. 2nd Printing. 2010. Springer. Heidelberg. ISBN 3-642-14250-8.
- Peters, W.; Schicketanz, S.; Kinast, P.; Plöchl, M. (2014): Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg - Potenzialermittlung und Möglichkeiten der energetischen Verwertung. Bosch & Partner GmbH, BioenergieBeratungBornim GmbH. Berlin.
- Pierr, H.-P.; Brozio, S.; Hahs, M.; Hempp, S.; Schleier, C.; Schneider, G.; Schulz, F.; Zeidler, M. (2010): Potenzialbestimmung Bioenergie in der Bioenergieregion Mecklenburgische Seenplatte. Hochschule für nachhaltige Entwicklung (HNE) Eberswalde (FH). Eberswalde.
- Rausen, T.; Wagner, J. (2015): Erarbeitung einer umsetzungsorientierten Konzeption für die energetische Verwertung holzartiger Biomasse aus dem Aufgabengebiet des Altmarkkreises Salzwedel. Witzhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH. Witzhausen.
- Reif, A.; Achtziger, R. (2001): Gebüsche, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze. In: Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege: Kompendium zu Schutz und Entwicklung von Lebensräumen und Landschaften. ecomed. Landsberg am Lech. ISBN 978-3-609-72760-8.
- Rode, M.; Kanning, H. (Hrsg. . (2010): Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade. ibidem-Verlag. Stuttgart.
- Rönsch, C.; Sauter, P.; Bienert, K.; Schmidt-Baum, T.; Thrän, D. (2015): Biomasse zur Wärmeerzeugung – Methoden zur Quantifizierung des Brennstoffeinsatzes. Nelles, M. (Hrsg.): DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH. Leipzig. ISBN ISSN 2197-4632 (Online).
- Ruppert, H.; Eigner-Thiel, S.; Girschner, W.; Karpenstein-Machan, M.; Roland, F.; Ruwisch, V.; Sauer, B.; Schmuck, P. (2010): Wege zum Bioenergiedorf - Leitfaden für eine eigenständige Wärme- und Stromversorgung auf Basis von Biomasse im ländlichen Raum. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): 3. Aufl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Gülzow. ISBN 3-9803927-3-2.
- Rutz, D.; Mergner, R.; Janssen, R. (2012): Nachhaltige Wärmenutzung von Biogasanlagen. Ein Handbuch. WIP Renewable Energies (Hrsg.): München. ISBN 978-3-936338-30-0.
- RWI/forsa (2015): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2011-2013.
- Scheftelowitz, M. (2015): Prognose zur Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse im Rahmen des EEG, September 2015.
- Scheftelowitz, M.; Daniel-Gromke, J.; Rensberg, N.; Denysenko, V.; Hillebrand, K.; Naumann, K.; Ziegler, D.; Witt, J. (2014): Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse). Zwischenbericht Juni 2014. Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ). Leipzig.
- Scheftelowitz, M.; Rensberg, N.; Denysenko, V.; Daniel-Gromke, J.; Stinner, W.; Hillebrand, K.; Naumann, K.; Peetz, D.; Hennig, C.; Thrän, D.; Beil, M.; Kasten, J.; Vogel, L. (2015): Stromerzeugung aus Bio-

- masse (Vorhaben Ila Biomasse). Zwischenbericht Mai 2015. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH. Leipzig, Germany.
- Schmidt, M. (2009): Ressourceneffizientes Produzieren in Betrieben. In: Öko-Effizienz: Konzepte, Anwendungen und Best Practices. S. 145–159. Hampp, Mering. München; Mering. ISBN 3-86618-329-1.
- Schneider, J.; Pehnt, M. (2010): Effizienzsteigerung in konventionellen Kraftwerken. In: Energieeffizienz: Ein Lehr- und Handbuch. S. 87–116. 1st Edition. 2nd Printing. 2010. Springer. Heidelberg. ISBN 3-642-14250-8.
- Schröder, D. (2007): Wärmenetze an Biogasanlagen. Ein Leitfaden. Energiemanagementagentur emma e.V. Lüchow.
- Schulz, W.; Heitmann, S.; Hartmann, D.; Manske, S.; Peters Erjawetz, S.; Risse, S.; Rübiger, N.; Schlüter, M.; Jahn, K.; Ehlers, B.; Havran, T.; Schnober, M. (2007): Leitfaden: Verwertung von Wärmeüberschüssen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Bremer Energie Institut (Hrsg.): Bremen.
- Schulze, M.; Siegemund, S.; Hahs, M. (2012): belo-net Energieholzlogistik in Nord-Ost-Brandenburg. Standortbestimmung: Ansätze zur Bewertung von Standorten für Biomassehöfe in einer Region. Vortrag gehalten: Fachveranstaltung: Biomassehof – eine Chance zur effizienten Nutzung und Verwendung von Holz aus unserer Region? Am 11.01.2012 in Lüchow.
- Seidenberger, T.; Offermann, R.; Thrän, D. (2009): Technisch-ökonomische Begleitforschung des Bundeswettbewerbes „Bioenergie-Regionen“. 1. Bericht. Deutsches BiomasseForschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ). Leipzig.
- Statistische Landesämter (2011): Abfallbilanzen der Bundesländer. Statistische Landesämter.
- Statistisches Bundesamt (2013): Statistisches Bundesamt Deutschland - GENESIS-Online. Abgerufen am 08.03.2013 von <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon>
- Statistisches Bundesamt, (2014): Hektarerträge ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte - Jahressumme - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte.
- Stubinitzky, A. (2009): Ökoeffizienzanalyse technischer Pfade für die regenerative Bereitstellung von Wasserstoff als Kraftstoff. VDI-Verl. Düsseldorf. ISBN 978-3-18-358806-0.
- unser-klima-cochem-zell e.V. (2013): Energiesparen für jedermann - Vortragsreihe in der Kreisvolkshochschule Cochem 2013.
- Urban, B. (2011): Methode zur Bewertung der Biodiversität in Ökobilanzen am Beispiel biogener Kraftstoffe: Aussagemöglichkeiten und -grenzen für Ökobilanzen auf Bundesebene auf der Basis vorhandener Daten. Cuvillier. Göttingen. ISBN 978-3-86955-697-0.
- Walther, G. (2010): Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke: überbetriebliche Planung und Steuerung von Stoffströmen entlang des Produktlebenszyklus. Gabler. Wiesbaden.
- Weber-Blaschke, G. (2009): Stoffstrommanagement als Instrument nachhaltiger Bewirtschaftung von natürlichen und technischen Systemen: ein kritischer Vergleich anhand ausgewählter Beispiele. Attenkofer. Straubing.

- Wiegmann, K.; Heintzmann, A.; Peters, W.; Scheuermann, A.; Seidenberger, T.; Thoss, C. (2007): Bioenergie und Naturschutz: Sind Synergien durch die Energienutzung von Landschaftspflegereesten möglich? Öko-Institut e.V. Darmstadt.
- Witte, K.W.; Geusen, K.-T. (2012): Ressourceneffizienzmonitoring - Voraussetzung für nachhaltige Verbrauchskostensenkungen. In: Ressourcenorientierte Bewertung und Optimierung von Prozessketten. S. 52–85. Frankfurt am Main. ISBN 978-3-8163-0627-6.
- Wright, M.; Block, M.; Unger, H. von (2007): Stufen der Partizipation in der Gesundheitsförderung. Ein Modell zur Beurteilung von Beteiligung. In: Info-Dienst für Gesundheitsförderung. S. 4–5.
- Zech, D.; Jenssen, T.; Eltrop, L. (2012): Nachhaltigkeitsbewertung von Technologien zur Wärmebereitstellung in Wohngebäuden. In: Nachhaltige Nutzung von Wärmeenergie. S. 7–30. Springer Vieweg. ISBN 978-3-8348-1864-5.
- Zimmer, Y.; Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut (2008): Klima- und energiepolitische Analyse ausgewählter Bioenergie-Linien. VTI. Braunschweig. ISBN 978-3-86576-043-2.

A 1 Datenblätter zur Berechnung technischer Bioenergiepotenziale

Alle Datenblätter samt Datenbeschreibung und Literaturangaben sind online verfügbar unter www.dbfz.de/bioenergieregionen. Beispielhaft ist das Datenblatt für Bioabfall dargestellt.

Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Seite 1 von 2

Datenblatt
Bioabfall
Stand 03/2014

Beschreibung

Zeitbezug 2011	Räumlicher Bezug Deutschland	Räumliche Qualität km ²
--------------------------	--	--

Beschreibung der Biomasse
Bioabfälle privater Haushalte aus der braunen Tonne

Art der Potenzials
Technisches Biogaspotenzial

Berücksichtigte Parameter

Datenbasis

- Pro-Kopf-Aufkommen 2011 auf Landkreisebene [1]
- Einwohnerzahlen auf Gemeindeebene 2011 [2]
- Siedlungsflächen Deutschland 2011 [3]
- Bevölkerungsdichte pro km² [berechnet]

Berücksichtigte Restriktionen

Störstoffe.....	1 Gewichts-% in Gemeinden [4]
	10 Gewichts-% in Städten [4]
Verlust.....	1 Gewichts-% [4]
Verwertung.....	100 % [Annahme]
Biogasertrag.....	120 m ³ /t FM [5]
Methangehalt.....	.60 % [5]
Heizwert Methan.....	35,89 MJ/m ³ [6]

Interpretation der Daten
Die Ergebnisse beschreiben das technische Biogaspotenzial unter der Annahme, dass das gesamte gesammelte Aufkommen aus 2011 einer biochemischen Konversion zugeführt werden würde.

Technisches Biogaspotenzial von Bioabfall in GJ/km²

0 > 50 - 100 > 100 - 200 > 200 - 500 > 500 - 1.000 > 1.000 - 2.500 > 2.500 - 5.000 > 5.000 - 10.000

© Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH, 08/2013

Schematische Darstellung der Berechnung

```

graph TD
    A[Pro-Kopf-Aufkommen 2011 auf Landkreisebene] --> B[Bioabfall-Aufkommen auf Siedlungsflächen]
    C[Siedlungsflächen Deutschlands] --> B
    D[Einwohnerzahlen 2011 auf Gemeindeebene] --> E[Bevölkerungsdichte auf Siedlungsflächen]
    B --> F[THEORETISCHES BIOMASSEPOTENZIAL in t FM]
    E --> F
    F --> G[abzgl. Störstoffe]
    G --> H[abzgl. Verlust]
    H --> I[TECHNISCHES BIOMASSEPOTENZIAL in t FM]
    I --> J[100% Energetische Nutzung]
    K[Biogasertrag] --> L[Methangehalt]
    L --> M[Heizwert Methan]
    J --> N[TECHNISCHES BIOGASPOTENZIAL in GJ]
    M --> N
    
```

Statistische Daten

Geodaten

Berechnet

Literaturwert

Annahme

A 2 Das Basisszenario zur Berechnung der Bioenergiepotenziale von Energiepflanzen auf Ackerflächen

Zu- oder Abnahme der Ackerfläche		
Jährliche Flächenveränderung auf Basis 2010 (mit Zinseszins) [%]	+0,00023882	
Jahr des Szenarios	2011	
Anteil der energetischen Nutzung an Gesamtackerfläche [%]	Zu- oder Abnahme der Erträge [%/a]	
Winterweizen	3,00%	0,89%
Roggen (einschließlich Wintermenggetreide)	18,00%	1,82%
Gerste gesamt	6,00%	0,91%
Triticale	6,00%	1,14%
Hafer	0,00%	1,37%
Körnermais (CCM)	6,00%	1,36%
Pflanzen zur Grünernte	10,00%	0,23%
Silomais	46,00%	1,36%
Zuckerrüben	16,00%	1,04%
Kartoffeln	0,00%	1,16%
Winterraps	43,00%	1,65%
für alle Fruchtarten (Durchschnitt)	15,77%	1,05%
Annahmen zur Effizienz der Bioenergieanlage(n)		
Wirkungsgrad, el.	0,37	
Wirkungsgrad, th.	0,45	
Annahmen zum Jahresenergiebedarf pro Haushalt (HH)		
Strombedarf pro Jahr	2.500 kWh _{el}	
Wärmebedarf pro Jahr	10.000 kWh _{th}	

A 3 Entwicklung von Anzahl und installierter elektrischer Leistung der Biogasanlagen in den Bioenergie-Regionen 2007/08 – 2014

Region		2007/08	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Achtental	Anz.	4	7	7	6	7	7	3
	kW _{el}	400	2.500	2.500	952	1.000	1.189	MD
Altmark	Anz.	48	59	75	89	99	103	60
	kW _{el}	24.500	29.583	35.047	51.000	55.000	59.000	MD
Bayreuth	Anz.	45	45	51	53	54	54	45
	kW _{el}	8.400	MD	11.000	12.150	12.835	13.704	MD
Bodensee	Anz.	60	43	46	47	47	48	57
	kW _{el}	13.000	11.975	13.761	18.041	18.400	19.000	MD
Cochem-Zell	Anz.	6	6	6	7	8	8	9
	kW _{el}	2.800	1.640	1.640	3.340	4.240	4.915	MD
Hohenl.-Odenw.-Tauber	Anz.	25	27	31	43	43	45	49
	kW _{el}	6.900	7.971	9.779	14.885	15.225	16.000	MD
Höxter	Anz.	13	17	24	25	37	37	25
	kW _{el}	6.000	MD	11.100	10.668	16.300	16.875	MD
Jena-Saale	Anz.	11	9	10	17	17	27	16
	kW _{el}	6.500	MD	7.500	9.230	9.000	15.000	MD
Ludwigsfelde	Anz.	MD	1	3	4	4	2	1
	kW _{el}	MD	536	1.600	26.467	26.467	1.000	MD
Märkisch-Oderland	Anz.	11	10	11	29	35	38	18
	kW _{el}	MD	5.079	5.079	16.200	22.000	19.600	MD
Mecklenb. Seenplatte	Anz.	44	35	48	34	90	91	54
	kW _{el}	MD	16.985	27.443	24.393	51.000	54.218	MD
Mittelhessen	Anz.	4	4	7	10	12	22	38
	kW _{el}	200	MD	1.860	3.424	3.000	6.000	MD
naturkraft-Region	Anz.	13	17	22	28	29	30	35
	kW _{el}	3.100	MD	9.580	11.124	12.000	14.120	MD
Natürlich Rügen	Anz.	3	3	5	14	4	4	7
	kW _{el}	2.800	2.536	3.328	5.000	4.500	4.501	MD
Nordfriesland Nord	Anz.	21	34	40	116	126	127	38
	kW _{el}	10.200	12.000	15.600	28.217	46.096	49.455	MD

Region		2007/08	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Oberberg"RheinErft"	Anz.	4	5	6	5	5	5	6
	kW _{el}	MD	1.550	1.550	7.432	7.782	8.000	MD
Oberland	Anz.	8	16	16	17	17	17	20
	kW _{el}	MD	2.900	2.900	2.435	3.000	3.000	MD
Straubing-Bogen	Anz.	15	17	23	24	26	27	27
	kW _{el}	MD	MD	7.126	7.327	7.657	7.732	MD
Südoldenburg	Anz.	93	115	135	146	146	146	115
	kW _{el}	MD	MD	70.000	83.858	84.000	84.000	MD
Wendland-Elbetal	Anz.	33	26	28	25	29	31	32
	kW _{el}	MD	14.106	13.493	12.322	15.000	15.498	MD
Weserbergland	Anz.	53	55	61	82	95	95	67
	kW _{el}	43.500	29.408	32.608	45.510	59.000	59.000	MD
Deutschland (inkl. Bioenergie-Regionen)	Anz.	3.750	4.900	5.900	7.200	7.366	7.477	7.703
	kW _{el}	1.232.000	1.850.000	2.300.000	2.850.000	3.200.000	3.254.900	3.464.300
Deutschland (ohne Bioenergie-Regionen)	Anz.	3.236	4.349	5.245	6.379	6.436	6.513	6.981
	kW _{el}	1.103.700	1.711.231	2.015.506	2.456.025	2.726.498	2.783.093	MD
Summe Bioenergie-Regionen	Anz.	514	551	655	821	930	964	722
	kW _{el}	128.300	138.769	284.494	393.975	473.502	471.807	MD
Durchschnitt Bioenergie-Regionen	Anz.	26	26	31	39	44	46	34
	kW _{el}	9.869	9.912	13.547	18.761	22.548	22.467	MD

Quellen: 2007/08 – 2010: Berichte der Regionen; 2011 – 2013: Indikatortool; 2014: DBFZ-Erhebung

A 4 Entwicklung von Anzahl und installierter thermischer Leistung der Biomasseheizwerke in den Bioenergie-Regionen 2007/08 – 2014

Region		2007/08	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Achtental	Anz.	5	2	4	15	16	16	8
	kW _{th}	1.500	6.000	4.000	9.875	10.000	10.000	MD
Altmark	Anz.	MD	3	6	3	9	12	7
	kW _{th}	MD	1.300	2.000	3.000	5.000	5.000	MD
Bayreuth	Anz.	6	6	15	10	14	14	14
	kW _{th}	4.500	4.450	8.590	75.000	80.000	85.400	MD
Bodensee	Anz.	MD	30	44	30	30	30	28
	kW _{th}	20.000	12.500	23.250	25.000	10.000	10.000	MD
Cochem-Zell	Anz.	3	MD	6	3	3	3	11
	kW _{th}	1.700	MD	7.010	6.124	6.140	6.140	MD
Hohenl.-Odenw.-Tauber	Anz.	7	5	29	5	5	5	13
	kW _{th}	2.200	1.800	10.530	4.400	4.400	4.000	MD
Höxter	Anz.	37	4	23	4	4	20	51
	kW _{th}	MD	10.500	45.730	5.000	5.000	8.300	MD
Jena-Saale	Anz.	1	1	8	5	5	5	6
	kW _{th}	MD	1.700	8.770	3.500	4.000	4.000	MD
Ludwigsfelde	Anz.	0	MD	1	2	2	1	1
	kW _{th}	0	MD	MD	150	0	1.000	MD
Märkisch-Oderland	Anz.	MD	MD	17	15	14	17	13
	kW _{th}	MD	MD	3.577	4.500	2.000	4.100	MD
Mecklenb. Seenplatte	Anz.	2	7	6	2	0	0	1
	kW _{th}	MD	MD	15.320	0	0	0	MD
Mittelhessen	Anz.	10	19	23	22	17	17	15
	kW _{th}	6.400	9.500	17.210	27.100	16.000	16.000	MD
naturkraft-Region	Anz.	60	67	42	41	40	41	48
	kW _{th}	13.200	14.500	13.986	13.646	12.000	11.961	MD
Natürlich Rügen	Anz.	MD	1	MD	0	2	3	2
	kW _{th}	MD	600	MD	550	1.600	1.600	MD
Nordfriesland Nord	Anz.	3	4	4	3	MD	MD	3
	kW _{th}	2.100	MD	2.100	2.100	10.522	12.483	MD

Region		2007/08	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Oberberg"RheinErft"	Anz.	18	27	34	20	23	28	31
	kW _{th}	14.100	8.900	11.200	9.765	12.490	14.000	MD
Oberland	Anz.	MD	3	9	34	35	35	56
	kW _{th}	MD	MD	5.020	9.918	13.000	13.000	MD
Straubing-Bogen	Anz.	12	3	15	28	28	29	33
	kW _{th}	MD	6.500	10.420	19.269	19.000	19.269	MD
Südoldenburg	Anz.	MD	1	22	140	140	140	0
	kW _{th}	MD	100	6.480	21.000	21.000	21.000	MD
Wendland-Elbetal	Anz.	MD	2	5	2	2	5	7
	kW _{th}	MD	100	6.480	21.000	21.000	21.000	MD
Weserbergland	Anz.	MD	3	24	7	9	11	3
	kW _{th}	MD	1.580	10.324	4.200	5.000	6.000	MD
Deutschland (inkl. Bioenergie-Regionen)	Anz.	201	280	311	435	540	640	MD
	kW _{th}	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
Deutschland (ohne Bioenergie-Regionen)	Anz.	37	92	-26	44	142	208	MD
	kW _{th}	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
Summe Bioenergie-Regionen	Anz.	164	188	337	391	398	432	351
	kW _{th}	65.700	80.030	211.997	265.097	258.152	274.253	MD
Durchschnitt Bioenergie-Regionen	Anz.	12,6	10,4	16,9	18,6	19,9	21,6	16,7
	kW _{th}	6.570	5.335	11.158	12.624	12.293	13.060	MD

Quellen: 2007/08 – 2010: Berichte der Regionen; 2011 – 2013: Indikatortool; 2014: DBFZ-Erhebung

A 5 Entwicklung von Anzahl und installierter elektrischer Leistung der Biomasseheizkraftwerken in den Bioenergie-Regionen 2007/08 – 2014

Region		2007/08	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Achtental	Anz.	0	0	0	0	1	1	0
	kW _{el}	0	0	0	0	0	MD	80
Altmark	Anz.	1	MD	1	4	6	6	2
	kW _{el}	0	MD	100.000	100.000	135.000	135.000	135.000
Bayreuth	Anz.	MD	1	1	1	1	2	1
	kW _{el}	9.400	1.860	320	320	320	480	450
Bodensee	Anz.	0	1	0	1	1	1	0
	kW _{el}	0	MD	0	270	0	420	600
Cochem-Zell	Anz.	MD	MD	1	1	1	1	1
	kW _{el}	MD	MD	2.500	2.580	2.580	2.580	2.580
Hohenl.-Odenw.-Tauber	Anz.	3	3	3	11	11	11	5
	kW _{el}	15.300	15.000	7.970	15.250	15.250	15.000	15.800
Höxter	Anz.	5	22	1	25	13	12	2
	kW _{el}	MD	MD	5.200	5.203	3.950	5.400	1.000
Jena-Saale	Anz.	4	3	4	4	4	4	3
	kW _{el}	18.400	17.760	23.500	13.290	13.000	19.000	12.940
Ludwigsfelde	Anz.	1	1	1	1	1	0	1
	kW _{el}	MD	1.520	1.500	10.000	10.000	MD	1.558
Märkisch-Oderland	Anz.	MD	MD	1	1	1	1	2
	kW _{el}	1.500	MD	800	800	1.000	1.100	1.100
Mecklenb. Seenplatte	Anz.	4	MD	3	3	5	5	4
	kW _{el}	MD	MD	23.100	23.100	30.000	29.626	28.156
Mittelhessen	Anz.	1	MD	1	1	1	1	0
	kW _{el}	MD	MD	9.800	10.000	10.000	10.000	9.980
naturkraft-Region	Anz.	1	1	1	0	0	0	0
	kW _{el}	MD	250	250	0	0	0	250
Natürlich Rügen	Anz.	1	1	0	2	0	0	0
	kW _{el}	MD	MD	0	1.624	0	1.600	0
Nordfriesland Nord	Anz.	0	0	0	0	1	6	0
	kW _{el}	0	0	0	0	MD	MD	0
Oberberg"RheinErft"	Anz.	0	0	0	0	0	0	0

Region		2007/08	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	kW _{el}	0	0	0	0	0	0	0
Oberland	Anz.	MD	MD	3	6	6	6	3
	kW _{el}	MD	MD	1.960	3.204	1.000	1.000	441
Straubing-Bogen	Anz.	MD	MD	1	7	8	8	1
	kW _{el}	MD	MD	0	333	333	333	180
Südoldenburg	Anz.	MD	1	2	19	19	19	2
	kW _{el}	MD	MD	7.070	79.449	79.000	79.000	2.940
Wendland-Elbetal	Anz.	MD	MD	0	0	0	0	0
	kW _{el}	MD	MD	0	0	0	0	3
Weserbergland	Anz.	2	2	3	2	2	2	2
	kW _{el}	MD	MD	38.500	35.000	35.000	35.000	38.000
Deutschland (inkl. Bioenergie-Regionen)	Anz.	196	230	245	259	266	268	274
	kW _{el}	1.239.000	1.347.000	1.372.000	1.399.000	1.415.000	1.440.000	1.465.000
Deutschland (ohne Bioenergie-Regionen)	Anz.	173	194	218	170	184	182	245
	kW _{el}	1.194.400	1.310.610	1.149.530	1.098.577	1.078.567	1.104.461	1.213.942
Summe Bioenergie-Regionen	Anz.	23	36	27	89	82	86	29
	kW _{el}	44.600	36.390	222.470	300.423	336.433	335.539	251.058
Durchschnitt Bioenergie-Regionen	Anz.	1,6	2,8	1,3	4,2	3,9	4,1	1,4
	kW _{el}	4.956	4.549	10.594	14.306	16.021	18.641	11.955

Quellen: 2007/08 – 2010: Berichte der Regionen; 2011 – 2013: Indikatortool; 2014: DBFZ-Erhebung

A 7 Berechnungsverfahren der Indikatoren der Stoffstromeffizienz

Indikator	Berechnung der Intensität	Berechnung der Effizienz
1 Anlagenauslastung		
<p>Die Anlagenauslastung wird bei der Strom- & Wärmeerzeugung (KWK-Anlagen und Heizwerke) aus der installierten Nettoleistung sowie der erzeugten Strom- bzw. Wärmemenge berechnet Karl 2012: S. 134.</p>		
	$AA = \frac{z}{k_a} \quad \text{bei } z = \frac{W_a}{P}$ <p>mit AA Anlagenauslastung z Volllaststunden [h/a] k_a Maximale Jahreskapazität [h/a] W_a Strom- bzw. Wärmeerzeugung [MWh/a] P installierte Nettoleistung [MW]</p>	$Effizienz_{AA} = AA$ <p>mit ungünstigster Wert 0 Zielwert 1</p>
2 Gestehungskosten		
<p>Die Berechnung der Kosten lehnt sich an Karl 2012: S. 354ff an. Die ermittelten ebenenspezifischen Kosten werden auf den Jahresenergieoutput ($Q_{a,i}$) der betrachteten Ebene bezogen. Einheit: €cent/kWh</p>		
	$GK = \frac{gk}{Q_{a,4}}$ <p>mit GK Indikator Gestehungskosten gk Gesamtkosten [Eurocent / a] $Q_{a,4}$ Jahresenergieoutput Ebene IV in [kWh/a]</p>	$Effizienz_{GK} = -0,046 * GK + 1,186$ <p>mit ungünstigster Wert 25,5 Zielwert 4</p>
3 Kostenstabilität		
<p>Die Berechnung erfolgt, indem der Anteil der Rohstoff und Energiekosten an den Gestehungskosten ermittelt wird. Alternativ kann auch der prozentuale Anteil von Rohstoff- und Zusatzenergiekosten an den Gesamtkosten herangezogen werden. Einheit: %</p>		
	$KS = \left(\frac{\sum_{i=1}^4 (K_{V,R,i} + K_{V,Z,i})}{Q_{a,4}} \cdot 100 \frac{ct}{\text{€}} \right) : GK$ <p>oder $KS = \frac{K_{V,R}(\%) + K_{V,Z}(\%)}{100\%}$</p> <p>mit KS Indikator Kostenstabilität i Ebenenindex (I – IV) $K_{V,R}$ Verbrauchskosten, Rohstoffkosten in [€/a] $K_{V,Z}$ Verbrauchskosten, Zusatzenergie in [€/a] $Q_{a,4}$ Jahresenergieoutput Ebene IV in [kWh/a]</p>	$Effizienz_{KS} = -1,05 * KS + 1,05$ <p>mit ungünstigster Wert 100% Zielwert 5%</p>

Indikator	Berechnung der Intensität	Berechnung der Effizienz
4	Energieintensität	
	Als Basis der Berechnung der Energieintensität dient der spezifische Energieverbrauch nach Igelspacher 2006: S. 7; Karl 2012: S. 27, wobei zusätzlich der Energieoutput abgezogen wird, bevor die Bilanzierung zum Energieoutput erfolgt. So wird nur der Energie-Mehraufwand pro erzeugter kWh ausgewiesen. Fallen Nebenprodukte an, so wird dessen Energiegehalt dem Zusatzenergieaufwand abgezogen. Verluste werden nicht gesondert verrechnet, da sie in der Differenz zwischen SEI und $Q_{a,4}$ enthalten sind. Einheit: kWh / kWh	
	$EI = \frac{SEI_1 + \sum_{i=1}^4(ZEA_i) - Q_{a,4}}{Q_{a,4}}$ mit EI Indikator Energieintensität i Ebenenindex (I - IV) SEI Stoffgebundener Energieinhalt in [kWh/a] ZEA Zusatzenergieaufwand in [kWh/a] $Q_{a,4}$ Jahresenergieoutput Ebene IV in [kWh/a]	$Effizienz_{EI} = -0,5 * EI + 1,5$ mit ungünstigster Wert 3 Zielwert 1
5	THG-Emissionen	
	Für die Berechnung des Indikators werden alle emittierten THG-Äquivalente zum Jahresenergieoutput bilanziert. Die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen erfolgt separat mit dem öffentlich zugänglichen Berechnungstool BIOGRACE II nach Neef (2015) und berücksichtigt dabei auch Gutschriften für die Verwertung von tierischen Exkrementen gemäß Friehe u. a. (2013). Einheit: kg CO ₂ -Äq. / kWh	
	$GWP = \frac{\sum_{i=1}^4(E_{GWP,i})}{Q_{a,4}}$ mit GWP Indikator Treibhausgas-Emissionen i Ebenenindex (I - IV) E_{GWP} Emittierte Gesamtmenge von CO ₂ -Äquivalenten in [kg CO ₂ -äq/a] $Q_{a,4}$ Jahresenergieoutput Ebene IV in [kWh/a]	$Effizienz_{GWP} = -2,46 * GWP + 1$ mit ungünstigster Wert 0,406 Zielwert 0
6	Flächenbedarf	
	Als Flächenbedarf werden sowohl Flächen herangezogen, die die Energieanlagen und weitere Einrichtungen einnehmen als auch die für die Produktion der Biomasse benötigt werden. Die Summe wird entsprechend zum Jahresenergieoutput bilanziert. Beim Einsatz von Abfällen und Reststoffen wird der entsprechende Flächenbedarf dem Hauptprodukt zugeschlagen, sodass für diese Biomassen ein Flächenbedarf von „0“ angenommen werden kann. Bei landwirtschaftlichen Flächen wird bei Hauptfruchtstellung der Biomasse die komplette Fläche angerechnet und bei Neben- oder Zwischenfruchtstellung der Biomasse die halbe Fläche angerechnet. Einheit: m ² / kWh	

Indikator	Berechnung der Intensität	Berechnung der Effizienz
	$FB = \frac{\sum_{i=1}^4 A_{o,i}}{Q_{a,4}}$ <p>mit FB Indikator Flächenbedarf i Ebenenindex (I - IV) A_o Beanspruchte Gesamtfläche pro Jahr [m²/a] $Q_{a,4}$ Jahresenergieoutput auf Ebene IV [kWh/a]</p>	$Effizienz_{FB} = -0,76 * FB + 1$ <p>mit ungünstigster Wert 1,32 Zielwert 0</p>
7	Extensive Bewirtschaftung	
	<p>Der Umfang der extensiv bewirtschafteten Fläche wird anhand der unten stehenden Positivliste mit Bewirtschaftungsformen bestimmt, bei denen angenommen werden kann, dass sie positive Umwelteffekte aufweisen. Als Bezugswert wird der auch beim Indikator „Flächenbedarf“ verwendete Wert „beanspruchte Gesamtfläche“ – hier ausschließlich Flächen der Ebene I - herangezogen. Wird auf Ebene I keine Fläche beansprucht, erhält dieser Indikator 100%.</p> <p>Positivliste zur Bilanzierung des Flächenanteils unter extensiver Bewirtschaftung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendung von Agrarumwelt- und Naturschutzmaßnahmen auf der bewirtschafteten Fläche <u>Hintergrund:</u> Fördermaßnahmen der Bundesländer in den Bereichen Agrarumwelt- und Naturschutz, die über die VO (EG) Nr. 1698/2005 kofinanziert werden Frieder u. a. 2009 • Produktion von Biomasse mittels Dauerkulturen <u>Hintergrund:</u> günstige Wirkung für die Bodenstruktur, Erosionsrisiko deutlich geringer, weniger Stoffverlagerungen Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2008 <p>Einheit: m² / m²</p>	
	$EB = \frac{A_e}{A_{o,1}}$ <p>mit EB Indikator Extensive Flächenbewirtschaftung A_e Extensiv bewirtschaftete Fläche [m²/a] $A_{o,1}$ Beanspruchte Gesamtfläche Ebene I [m²/a]</p>	$Effizienz_{EB} = 10 * EB$ <p>mit ungünstigster Wert 0% Zielwert 10%</p>
8	Kaskadennutzung	
	<p>Bei der Berechnung des Indikators werden <u>nur die einbezogenen Rohstoffe auf der Ebene I - Biomasseproduktion</u> betrachtet. Dabei wird der Beitrag der durch Kaskadennutzung zugeführten Energie am gesamten regenerativen Energieinput ermittelt.</p>	
	$KK = \frac{SEI_{r,1}}{SEI_{b,1} + SEI_{r,1}}$ <p>mit KK Indikator Kaskadennutzung in % SEI_r Stoffgebundener Energieeinsatz von Reststoffen, Nebenprodukten Ebene I [kWh/a] SEI_b Stoffgebundener Energieeinsatz von Anbau-biomasse auf Ebene I [kWh/a]</p>	$Effizienz_{KK} = KK$ <p>mit ungünstigster Wert 0% Zielwert 100%</p>

Indikator	Berechnung der Intensität	Berechnung der Effizienz
9	Regionalität	
	Für die Berechnung der Regionalität wird der regionale Anteil des Energieoutputs ins Verhältnis zum Jahresenergieoutput gesetzt. Dabei wird auf den Stoffstromebenen die jeweilige Entfernung zur Bioenergieanlage betrachtet, weshalb die Ebene III nicht abgebildet werden kann. Einheit: %	
	$R = \frac{\sum_{i=1}^4(Q_{reg,i})}{\sum_{i=1}^4(Q_{a,i})}$ mit R Indikator Regionalität i Ebenenindex (I - IV) Q_{reg} regionaler Anteil am Energieoutput [kWh/a] Q_a Jahresenergieoutput [kWh / a]	$Effizienz_R = R$ mit ungünstigster Wert 0% Zielwert 100%
10	Beschäftigung	
	Für die Berechnung des Indikators werden direkte Beschäftigungseffekte über die Arbeitsstunden des Personals eines Jahres ermittelt vgl. BASF SE 2012 und zur Energieproduktion ins Verhältnis gesetzt. Einheit: h / kWh	
	$B = \frac{\sum_{i=1}^4 t_i}{Q_{a,4}}$ mit B Indikator Beschäftigung i Ebenenindex (I - IV) t eingesetztes Personal [h / a] $Q_{a,4}$ Jahresenergieoutput Ebene IV [kWh / a]	$Effizienz_B = 842 * B$ mit ungünstigster Wert 0 Zielwert 0,00119
11	Partizipationsniveau	
	Die Beurteilung des Indikators findet für die ebenenspezifische Berechnung anhand der neunstufigen Skala entsprechend der folgenden Tabelle statt. Die Zielgruppe stellt in dem Fall die mit Bioenergie versorgten Endkunden sowie die ortsansässigen Bürger dar. Besteht eine Stoffstromebene aus mehreren Modulen, so wird jeweils das höchste Partizipationsniveau gewertet. Für den gesamten Stoffstrom wird der Mittelwert aus allen Ebenen berechnet.	

Indikator	Berechnung der Intensität	Berechnung der Effizienz
	<p>Die Partizipationsniveaus bei der Effizienz von Stoffströmen nach Wright u. a. 2007:</p> <p><u>9 Selbstorganisation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Verantwortung für eine Maßnahme oder ein Projekt liegt komplett in den Händen der Bürger <p><u>8 Entscheidungsmacht</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Alle wesentlichen Aspekte werden von den Bürgern selbst bestimmt - Partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten <p><u>7 Teilweise Entscheidungskompetenz</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Entscheidungskompetenz ist auf bestimmte Aspekte beschränkt <p><u>6 Mitbestimmung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Bürger haben ein Mitspracherecht <p><u>5 Einbeziehung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Entscheidungsträger lassen sich von (ausgewählten Personen aus) dem Bürgertum beraten <p><u>4 Anhörung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Entscheidungsträger interessieren sich für die Sichtweise der Bürger <p><u>3 Information</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Vorgehen der Entscheidungsträger wird erklärt und begründet <p><u>2 Anweisung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Lage der Bürger wird wahrgenommen - Die Meinung der Bürger wird nicht berücksichtigt <p><u>1 Instrumentalisierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Belange der Bürger spielen keine Rolle - Entscheidungen werden außerhalb des Bürgertums getroffen 	
	$P = \frac{\sum_{i=1}^4 P_i}{4}$ <p>mit P Indikator Partizipationsniveau i Ebenenindex (I – IV)</p>	$Effizienz_p = 0,2 * P$ <p>mit ungünstigster Wert 0 Zielwert 5</p>
12	Potenzielle Störung	
	<p>Wegen der stark individuell geprägten Sensitivität gegenüber Lärm und Landnutzungsänderungen, wird von einer stoffstromspezifischen Datenerhebung vor Ort abgesehen. Mit dem folgenden Bewertungsschema kann die potenzielle Störung stattdessen von Grunddaten des Stoffstroms abgeleitet werden. Aufgrund der andersartigen Prozesse und der damit verbundenen potenziellen Störung auf den einzelnen Ebenen, unterscheiden sich die Berechnungsansätze auf jeder Ebene</p>	
	$S = \frac{\sum_{i=1}^4 S_i}{4}$ <p>mit S Indikator potenzielle Störung i Ebenenindex (I – IV)</p>	$Effizienz_s = -0,25 * S + 1,25$ <p>mit ungünstigster Wert 0 Zielwert 5</p>

Tabelle 13: Das Schema zur ebenenspezifischen Berechnung des Indikators Potenzielle Störung Briegel u. a. 2009: S. 30; Kabasci u. a. 2012

Poten- zielle Störung s_M	Ebene I Bewertung der Kulturen nach Briegel u. a. 2009*	Ebene II Bewertung der Transport- anzahl***	Ebene III Bewertung der Anlagen- größe (Abstufung nach DBFZ)	Ebene IV Bewertung des Distribu- tionsaufwandes (eigene Darstellung)
1 sehr niedrig	Roh- und Reststoffe aus Kaskaden	Summe aller Fahrzeuge <= 3,1 pro Tag	Integrierte Anlage <= 150 kW _{el}	Bauwerke wie Tankstel- len, Umspannwerke: 1 Pts
2 niedrig	KUP-Streifen Zwischenfrüchte, bunt Grünland, extensiv	<= 4,2	Kleinanlage <= 0,5 MW _{el}	Sichtbare Rohrleitun- gen: 1 Pts
3 mittel	Grünland, intensiv; Win- tergetreide GPS; Zucker- rübe; Raps	<= 5,3	Mittelanlage <= 1 MW _{el}	Distribution per LKW/Zug: 2 Pts
4 hoch	Zwischenfrüchte, grün Mais (herabgestuft**)	<= 10,7	Großanlage <= 2 MW _{el}	Freileitungen Nieder- & Mittelspannung: 2 Pts
5 sehr hoch	KUP-Fläche	> 10,7	Industrieanlage > 2 MW _{el}	Hochspannungsleitung: 4 Pts
Berech- nung Indikator	$S_1 = \frac{1}{\dot{m}_a} \cdot \sum_{j=1}^n (\dot{m}_{M,j} \cdot s_{M,j})$	$S_2 = s_{M,II}$	$S_3 = s_{M,III}$	$S_4 = \sum P_{t_s}$

* Umrechnung Skalenwerte ‚Gefallen‘- ‚Potenzielle Störung‘: <3 - sehr hoch; 3-3,6 - hoch; 3,7-4,3 - mittel; 4,4-5 - niedrig; >5 s. niedrig

** Mais hat die Bewertung 4,1 (gefällt mir weder noch) und wäre demnach potenzielle Störung Stufe 3 mittel. Wegen der seit 2009 stark gesunkenen Akzeptanz (in Deutschland) wurde dennoch hier die Stufe 4 - hoch gewählt

*** Berücksichtigt Transporte von Einsatzstoffen und von Gärresten. Anzahl angelehnt an Anlagengröße (Ebene III), siehe Anhang x

mit	S_i	Störungswirkung auf Ebene i
	j	Modulindex
	M, I – III	Modul innerhalb der jeweiligen Ebene
	\dot{m}_a	Jahresrohstoffmenge aller Module
	\dot{m}_M	Rohstoffmenge im Modul
	s_M	Störungswirkung des Moduls
	P_{t_s}	Störungspunkte

A 8 Ergebnisse der Fallstudien zur Effizienz von Stoffströmen

Zielwert			Fallstudie HKW 1		Fallstudie HKW 2		Fallstudie BGA 1		Fallstudie BGA 2	
	Indikator	Effizienz	Indikator	Effizienz	Indikator	Effizienz	Indikator	Effizienz	Indikator	Effizienz
Bereich Ökonomie				70%		80%		53%		#DIV/0!
Anlagenauslastung	AA	1	0,61	61%	0,93	93%	0,94	94%		
Gestehungskosten	GK	4	9,5	74%	5,1	95%	18,7	32%		
Kostenstabilität	KS	5%	52%	51%	69%	33%	56%	46%		
Energieintensität	EI	1	1,17	92%	0,62	100%	2,16	42%		
Bereich Ökologie				99%		99%		27%		#DIV/0!
THG-Emissionen	GWf	0	0,018	96%	0,018	96%	0,321	21%		
Flächenbedarf	FB	0	0,00	100%	0,00	100%	0,31	77%		
Extensive										
Bewirtschaftung	EB	10%	-	100%	-	100%	0%	0%		
Kaskadennutzung	KK	100%	100%	100%	100%	100%	9%	9%		
Bereich Soziales				79%		48%		78%		#DIV/0!
Regionalität	R	100%	70%	70%	58%	58%	86%	86%		
Beschäftigung	B	0,0012	0,0007	59%	0,0002	19%	0,0009	77%		
Partizipationsniveau	P	5	5	105%	3	60%	4	80%		
Potenzielle Störung	S	1	1,75	81%	2,75	56%	2,16	71%		
Gesamteffizienz (high level aggregation)				82%		76%		53%		#DIV/0!

A 9 Das EXCEL-Modell der Effizienz von Stoffströmen (Auszug)

Effizienz von Stoffströmen der Bioenergie - Ein indikatorgestützter Bewertungsansatz zur ökonomischen, ökologischen und sozialen Evaluation von Wertschöpfungsketten

Titel

1. Beschreibung des Stoffstroms

Administrative Informationen

Ausfüllende Person(en) Ebene I Ebene II Ebene III Ebene IV

Effizienzmaßnahmen Geben Sie hier an, inwiefern sie bereits die Effizienz des Stoffstroms verbessert haben (optional)

2. Eingabe der Stoffstromdaten

Füllen Sie die Stoffstromdaten auf Ebene I - Rohstoffproduktion aus. OK

Füllen Sie die Stoffstromdaten auf Ebene II - Aufbereitung aus. OK

Füllen Sie die Stoffstromdaten auf Ebene III - Konversionsanlage aus. OK

Füllen Sie die Stoffstromdaten auf Ebene IV - Energiedistribution aus. OK

3. Zusammenfassung der Ergebnisse für Stoffstrom

		ist-Produktivität (Indikatorwert)	Zielwert	Effizienz
Gesamtwert				53%
Bereich Ökonomie				53%
Anlagenauslastung	AA	0,94	1	94%
Gestehungskosten	GK	18,7	4,0	32%
Kostenstabilität	KS	56%	5%	46%
Energieintensität	EI	2,16	1	42%
Bereich Ökologie				27%
THG-Emissionen	GWP	0,321	0	21%
Flächenbedarf	FB	0,31	0,00	77%
Extensive Bewirtschaftung	EB	0%	10%	0%
Kaskadennutzung	KK	9%	100%	9%
Bereich Soziales				78%
Regionalität	R	86%	100%	86%
Beschäftigung	B	0,0009	0,001188	77%
Partizipationsniveau	P	4,00	5,00	80%
Potenzielle Störung	S	2,16	1,00	71%

■ High-level aggregation

0% 20% 40% 60% 80% 100%

Ergebnisse Hochladen und online vergleichen

— Bereich Ökonomie
— Bereich Ökologie
— Bereich Soziales
—○— Beispiel 1
—●— Indikatorwerte 2

—○— low level aggregation

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	Ebene III: Konversionsanlage		Summe Ebene III			Modul: Biogasanlage				
3										
4										
5	Bilanzdaten	Einheit		Hinweise			Messwert		Literaturwert	
6										
7										
8										
9										
10										
11	STOFFSTRÖME									
12	Rohstofftyp 1						Maissilage			
13	eingesetzte Rohstoffmenge [Masse]	t/a			Hinweis		9860		11159	
14	Brennwert eingesetzte Rohstoffmenge [Masse]	kWh/t			Hinweis		1782,15		1782,1468	
15	Rohstoffkosten, netto	€/t								
16	Abbaurrate bei Verwertung [Masse]	%					29%			
17	Abbau des Energiegehaltes (oTM)	%					86%			
18										
19	Rohstofftyp 2						GPS-Getreide			
20	eingesetzte Rohstoffmenge	t/a					626		927	
21	Brennwert eingesetzte Rohstoffmenge	kWh/t					1785,844		1785,8442	
22	Rohstoffkosten, netto	€/t								
23	Abbaurrate bei Verwertung	%					27%			
24	Abbau des Energiegehaltes (oTM)	%					82%			
25										
26	Rohstofftyp 3						Mist			
27	eingesetzte Rohstoffmenge	t/a					347		347	
28	Brennwert eingesetzte Rohstoffmenge	kWh/t					1234,2		1234,181	
29	Rohstoffkosten, netto	€/t								
30	Abbaurrate bei Verwertung	%					12%			
31	Abbau des Energiegehaltes (oTM)	%					58%			
32										
33	Rohstofftyp 4						Hähnchenmist			
34	eingesetzte Rohstoffmenge	t/a					844		844	
35	Brennwert eingesetzte Rohstoffmenge	kWh/t					1941,9		1941,8856	
36	Rohstoffkosten, netto	€/t								
37	Abbaurrate bei Verwertung	%					24%			
38	Abbau des Energiegehaltes (oTM)	%					80%			
39										
40	Rohstofftyp 5						Futterrübe			
41	eingesetzte Rohstoffmenge	t/a					326		326	
42	Brennwert eingesetzte Rohstoffmenge	kWh/t					770,5743		770,5743	
43	Rohstoffkosten, netto	€/t								
44	Abbaurrate bei Verwertung	%					13%			
45	Abbau des Energiegehaltes (oTM)	%					93%			
46										
47	Rohstoffeinsatz gesamt	t/a	12.003							
48	Rückstände (Gärrest / Asche)	t/a	9522		Hinweis					
49	Biogas: Ist das Gärrestlager abgedeckt?	Ja/Nein					Nein	BGII		
50	Rückstände Energiegehalt (Gärrest / Asche)	kWh/a	3.134.964		Hinweis					
51	Stoffgebundener Energieinhalt	kWh/a	21.008.376							
52	Energieertrag Biogas, Brennwert	kWh/a	15.905.479		Hinweis		52054294,7	BG II, MJ Biogas		
53										
54	ENERGIESTRÖME									
55	erzeugte Menge Energie [Gas]	m³/a	0		Hinweis		0			
56	Brennwert erzeugte Rohstoffmenge [Gas]	kWh/m³	0				0			
57	erzeugte Menge Energie [Strom]	kWh/a	5.764.000		Hinweis		5.764.000		5.494.620	
58	erzeugte Menge Energie [Wärme]	kWh/a	6.093.450		Hinweis		6.093.450		5.639.215	
59	erzeugte Menge Energie [Treibstoff]	l/a					0			
60	Brennwert erzeugte Treibstoffmenge	kWh/l					0			
61										
62	Jahresenergieoutput	kWh/a	11.857.450				11.857.450			
63										
64										
65	Auslastung									
66	Installierte Nettoleistung	MW			Hinweis		0,7			
67	Wirkungsgrad elektrisch	%			Hinweis		38%	BGII		
68	Wirkungsgrad thermisch	%			Hinweis		39%	BGII		
69	Strom- und/bzw. Wärmeerzeugung	MWh			Hinweis		5764			
70										
71	Kraftstofferzeugung Maximale Jahreskapazität	t/a			Hinweis					
72	erzeugte Menge Treibstoff (Produktionsleistung)	t					0,0			
73										
74	Volllaststunden / Produktionsleistung		8231		Hinweis		8231		8234	
75	Maximale Jahreskapazität		8760				8760			
76										

A 10 Fragen zur biogenen Wärmenutzung an die Regionalmanagements im Rahmen der 1. regionalen Zwischenberichterstattung im Frühjahr 2013.

Frage: Welche Wärmenutzungskonzepte gibt es bereits in Ihrer Region? Welche sollen im Rahmen der 2. Förderphase etabliert werden?

Bitte kreuzen Sie die vorhandenen und/oder geplanten Projekte/Konzepte an.

Bezeichnung	bereits vorhanden			geplant		
	Biogasanlage	Heizwerk	Heizkraftwerk	Biogasanlage	Heizwerk	Heizkraftwerk
Wärmenetz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trocknung (z.B. von Hackschnitzeln)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holzbe- und -verarbeitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewächshausbeheizung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aquakulturen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Latentwärmespeicher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kälteerzeugung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ORC-Anlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biogasleitung/Satelliten-BHKW*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

* kein Wärmenutzungskonzept im engeren Sinne; dient jedoch zur effizienteren Nutzung der Wärme

Frage: Welche Schwerpunkte haben Sie im Berichtszeitraum bezüglich der biogenen Wärmenutzung gesetzt?

Bitte nennen Sie nach Möglichkeit drei Projekte und erläutern diese kurz in Stichpunkten.

Projekt	Bezeichnung	Stichpunktartige Kurzbeschreibung
Bsp.	Nahwärmenetz Beispielhausen	<ul style="list-style-type: none"> • Gespräche mit BGA-Betreiber zur Wärmenutzung • Planungen zur Errichtung Holzhackschnitzelheizwerk • Interessensabfrage Anwohner
1		•
2		•
3		•

Frage: Wo lagen/liegen aus Ihrer Sicht Probleme und Hemmnisse bei der Umsetzung dieser Projekte und wie sind Sie damit umgegangen?

Bitte nehmen Sie Bezug zu den Projekten aus Frage 2.2 und erläutern Sie kurz in Stichpunkten

Projekt	Probleme/Hemmnisse	Umgang/Lösung
Bsp.	<ul style="list-style-type: none"> • Bislang zu geringes Interesse an Anschluss an Wärmenetz 	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsarbeit durch Regionalmanagement • Fahrt in Bioenergiedorf
1		•
2		•
3		•

A 11 Interviewleitfaden Abwärmenutzung Bestandsbiogasanlagen

Interview Nr.	Datum:	Uhrzeit:
Ort:	Interviewer:	Transkript am:
Ablageort Audiodatei:		
Art des Interviews:	Telefonisch: <input type="checkbox"/>	Face-to-Face: <input type="checkbox"/>
InterviewpartnerIn:		
Einrichtung:		
Abwärmenutzungskonzept:		
Anlagenstandort:		
Bioenergie-Region:		

I. Einführung

1. Darf **Gespräch aufgezeichnet** und Projekt & Ansprechpartner namentlich in **Veröffentlichungen** genannt werden?
2. Informationen zur **eigenen Person** und zum Projekt (Organisations-/Gesellschaftsform BGA & Wärmeversorgung)
3. Wie ist man auf den Gesprächspartner **aufmerksam geworden**
4. **Fragen zur Person:** Aufgabenbereich, seit wann in der Tätigkeit

II. Grundlegende Fragen

1. **Inbetriebnahmejahr** der Anlage: _____
2. **Elektrische** Leistung der BGA [kW]: _____
3. **Thermische** Leistung der BGA [kW]: _____
4. Produzierte jährliche **Wärmemenge** [kWh]: _____
5. **Eigenwärmebedarf** der BGA [kWh]: _____

6. Wieviel Wärme wird **extern genutzt** [kWh]: _____
7. **Seit wann** nutzen Sie die produzierte **Abwärme**? _____
8. Wie gestaltet sich das **Geschäftsmodell** (wer betreibt Anlage, wer Wärmenutzung,...)?

III. Fragen zur Entstehungsgeschichte der Abwärmenutzung

1. Was waren die **Gründe** für die Installation eines Abwärmenutzungskonzeptes?
2. Wie **entstand** Abwärmenutzungskonzept?
3. **Wieso** haben Sie sich für **diese Art der Abwärmenutzung** entschieden? Welche **Alternativen** hätte es gegeben?
4. Hat sich durch die Abwärmenutzung ganz allgemein etwas im **Anlagenbetrieb geändert**?
5. Welche **räumlichen Ausgangsbedingungen** herrschten im kommunalen Umfeld der Bestandsanlage? (z.B. Dichte und Verteilung der Bebauung etc.)
6. Welche **technischen Gegebenheiten** herrschten auf der Seite **potenzieller Wärmeabnehmer**? (z.B. voraussichtlicher Wärmebedarf; derzeitige Wärmeversorgung)
7. Welche **technischen Gegebenheiten** herrschten auf der Seite der **Bestandsanlage**? (z.B. spezifischer Eigenwärmebedarf)

IV. Fragen zu fördernden und hemmenden Faktoren (im konkreten Projekt)

1. Welche **wirtschaftlichen Faktoren** beeinflussten die Umsetzbarkeit der Abwärmenutzung?
2. Welche (**förder-**)**politischen Rahmenbedingungen** beeinflussten die Umsetzbarkeit der Abwärmenutzung?
3. Welche Faktoren verhinderten bestimmte **technische Alternativen**?
4. Gab es **Vorbehalte bei der Bevölkerung** (involviert/nicht-involviert)? Wenn ja, welche?
5. weitere **hemmende Faktoren** bei Abwärmenutzung
6. weitere **fördernde Faktoren** bei Abwärmenutzung

V. Ausblick & Abschluss

1. Wie geht es nach Auslaufen der EEG-Vergütung weiter?
2. Würden Sie **erneut diesen Weg** zur Abwärmenutzung beschreiten (Auswahl Technologie, Vorgehen)?
3. Weiterhin gibt es viele Biogasanlagen ohne Abwärmenutzung. Was würde helfen, diese ungenutzte Wärme in Wert setzen zu können (**Wunsch**)?
4. Gibt es jemanden aus dem Umfeld des Projektes/der Abwärmenutzung, den wir zu diesem Thema **noch befragen** sollten?

VI. Postskriptum

Eindrücke zur Person & Gesprächssituation							
	-3					+3	
schnell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	langsam
offen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	verschlossen
redselig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einsilbig
freundlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unfreundlich
emotional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	förmlich
locker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	steif
vertraut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	misstrauisch
lernend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	belehrend
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	distanziert
unwissend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kompetent
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kritisch
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorsichtig
gleichberechtigt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	autoritär
Inhaltliche Anmerkungen							
To-do							

A 12 Übersicht über die verfügbaren Leitfäden zum Thema Nahwärmenutzung und Wärmenutzung an Biogasanlagen

Autoren	Jahr	Titel	Herausgeber/ Auftraggeber	Schwerpunkte
Dötsch u. a.	1998	Leitfaden Nahwärme.	Fraunhofer UM-SICHT	Beschreibung von Wärmeerzeugungs- und -verteilungstechnologien. BGA-Abwärme spielte noch keine Rolle
Hoffstede u.a.	2006	Nahwärme: Ratgeber zur Planung und Errichtung von Nahwärmenetzen	Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz	Technische Konzepte; Bertreiberkonzepte; rechtliche Aspekte, ökonomische und ökologische Bewertung
Schröder	2007	Wärmenetze an Biogasanlagen. Ein Leitfaden	Region Aktiv Wendland/Elbtal	Bertreiberkonzepte; Finanzierung; rechtliche Aspekte; Gewächshausanlagen.
Schulz u.a.	2007	Leitfaden: Verwertung von Wärmeüberschüssen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen.	Bremer Energie Institut / FNR	Bewertung von prinzipiell wirtschaftlich durchführbaren Optionen der Abwärmenutzung
Hanke u. a.	2007	Netzgebundene Wärmeversorgung - Anregungen für Kommunen und andere Akteure	UBA	Chancen von Wärmenetzen für Kommunen vor dem Hintergrund der Erreichung der Klimaschutzziele
EU-Consult GmbH in Kooperation mit bifa Umweltinstitut	2008	Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen.	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Schwerpunkt auf Abwärmenutzung von Industrie und Gewerbe
Kirchmeyr und Anzengruber	2008	Leitfaden zur Wärmenutzung bei Biogasanlagen	ARGE Kompost und Biogas Österreich	Darstellung der Wärmenutzungsoptionen Nah-/Fernwärmenetz, Energieholz-trocknung, Getreidetrocknung.
Ruppert u.a.	2010	Wege zum Bioenergiedorf - Leitfaden für eine eigenständige Wärme- und Stromversorgung auf Basis von Biomasse im ländlichen Raum	FNR	Bioenergiedörfer
Rutz u. a.	2012	Nachhaltige Wärmenutzung von Biogasanlagen. Ein Handbuch	Region Aktiv Wendland/Elbtal	Überblick über verschiedene technische Möglichkeiten zur Abwärmenutzung an Biogasanlagen; Bertreiberkonzepte; Finanzierung; rechtliche Aspekte.
Heck u.a.	2014	Bioenergiedörfer. Leitfaden für eine praxisnahe Umsetzung	FNR	Bioenergiedörfer

A 13 Erfolgskontrollbericht

A 13.1 Beitrag der technisch-ökonomischen Begleitforschung zu den förderpolitischen Zielen

Wie bereits in der ersten Förderphase, war das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) auch in der zweiten Periode mit der technisch-ökonomischen Begleitforschung betraut. Der Fokus der technisch-ökonomischen Begleitforschung lag auf der Aktualisierung und Weiterentwicklung der bereits in der ersten Förderphase erarbeiteten Ansätze zum Monitoring der Bioenergienutzung und -entwicklung sowie in der Entwicklung einer Methodik zur ganzheitlichen Effizienzbewertung von Stoffströmen in den Bioenergie-Regionen. Weitere Aufgabe der technisch-ökonomischen Begleitforschung war es, die rohstoffspezifische Projektvielfalt der Bioenergie-Regionen sowie deren Erfahrungen im Bereich ungenutzter / innovativer Rohstoffe abzubilden und daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten.

In Anbetracht der inhaltlichen Schwerpunktsetzung des Fördermittelgebers und unter Berücksichtigung der regionsspezifischen Inhalte der überarbeiteten regionalen Entwicklungskonzepte (REK) wurden aufbauend auf den bisherigen Forschungsarbeiten die nachfolgend skizzierten Ziele der technisch-ökonomischen Begleitforschung durch das DBFZ entwickelt:

- Analyse und übergreifende Einordnung der Effekte der Fördermaßnahme,
- Weiterentwicklung der bereits vorgelegten Ansätze zum Monitoring, so dass sie auch nach der Verstetigungsphase genutzt werden können,
- Aufzeigen konkreter, leicht anwendbarer Ansätze zur Effizienzbestimmung und Herleitung von Optimierungspotenzialen für ausgewählte, im regionalen Kontext relevante Fragestellungen,
- Erarbeitung von praxistauglichen Handlungsansätzen für eine verbesserte Wärmenutzung von Biogasanlagen,
- Weitergabe von praktischen Handlungsempfehlungen für den Einsatz bisher weniger bzw. ungenutzter Substrate an regionale Akteure,
- Unterstützung der Kompetenzentwicklung in den Regionen durch praxisadaptierte Workshops.

Die Ziele der technisch-ökonomischen Begleitforschung wurden durch die Erstellung folgender Produkte realisiert:

Indikatortool zur einheitlichen Erfassung der Bioenergieentwicklung

Im Rahmen der technisch-ökonomischen Begleitforschung wurde durch das DBFZ ein Indikatortool erstellt. Über 60 Indikatoren helfen, die Bioenergieentwicklung in Ihrer Region zu dokumentieren und zu evaluieren. Nach erfolgreicher Dateneingabe haben die Regionalentwickler verschiedene Möglichkeiten sich die Entwicklungen in Ihrer Region auswerten zu lassen. Auch der Vergleich der einzelnen Indikatoren mit bundesdeutschen Durchschnittswerten ist möglich. Auf Grundlage dieser Daten konnte das DBFZ die Entwicklung der Bioenergie-Anlagen in den Regionen bezogen auf die jeweilig landwirtschaftlich bzw. forstwirtschaftlich genutzten Flächen darstellen.

Mit der Entwicklung und Anwendung des Indikatortools konnte erstmals eine einheitliche Methode zur Darstellung der regionalen Bioenergieentwicklung etabliert werden. Die einheitlichen Anforderungen an die Erhebung der Daten sowie standardisierte Auswertungs- und Vergleichsmöglichkeiten - insbesondere für und durch die Nutzer in den Regionen - sind positive Effekte des Tools.

Andererseits wurde mehrfach der teilweise erhebliche Aufwand für die Datenerfassung in den Regionen bemängelt. Auf Seiten der Begleitforschung war insbesondere die Datenkontrolle und -korrektur sehr aufwendig. Trotz einheitlicher Definitionen der zu erhebenden Indikatoren, wurden teilweise sehr unterschiedliche Daten in den Regionen herangezogen. Dies lag oftmals an der jeweils verfügbaren und zugänglichen Datenlage.

Technische Biomassepotenziale in Bioenergie-Regionen

Zur Bestimmung der technischen Biomassepotenziale in den einzelnen Bioenergie-Regionen und ihrer Partnerregionen wurde durch das DBFZ in enger Abstimmung mit den regionalen Akteuren eine einheitliche und vor allem transparente Methodik entwickelt und in allen Bioenergie-Regionen samt ihrer Partnerregionen das technische Potenzial für bisher 14 Biomassequellen ermittelt. Die Erhebungsergebnisse wurden den Regionalmanagern in Form von Datenblättern mit grundlegenden Berechnungsparametern und einer übersichtlichen Darstellung des Berechnungsweges überreicht. Darüber hinaus wurden GeoPDFs zur Verfügung gestellt, die eine übersichtliche Visualisierung der Ergebnisse auch ohne GIS ermöglichen und eine Einschätzung der räumlichen Schwerpunkte in der Region ermöglichen. Eine Anpassung des Erscheinungsbildes ist möglich und erlaubt eine auf die Nutzeranforderungen optimal abgestimmte Verwendung der Ergebnisse.

Monitoring der Bioenergieentwicklung

Die Zahl der Bioenergieanlagen in den Bioenergie-Regionen ist im Förderzeitraum stetig gestiegen. Dies betrifft insbesondere und beinahe konstant in allen Regionen die Zahl der Biogasanlagen. In dieser Entwicklung unterscheiden sich die Bioenergie-Regionen nicht sonderlich von den Entwicklungen auf gesamtdeutscher Ebene. Aufgrund der identischen, anlagenbezogenen finanziellen Förderanreize verwundert dies nicht. Unterschiede zeigen sich vielmehr bei der „qualitativen“ Bioenergieentwicklung in den Bioenergie-Regionen. Bei einem großen Teil der Ansätze handelt es sich um Maßnahmen, die im Rahmen von Öffentlichkeits- & Netzwerkarbeit anzusiedeln sind. Hierbei führen die Regionalmanagements oft Einzelgespräche oder leisten allgemeine Öffentlichkeits- bzw. Überzeugungsarbeit. Sie führten in der Rolle eines Vermittlers Wärmeangebot und -nachfrage zusammen und stießen so Projekte an, die ohne sie ggf. nicht initiiert worden wären. Dies betraf in der Regel Anlagenbetreiber und (potenzielle) private Wärmekunden. Probleme bei der Umsetzung der Projekte bestanden seitens der Akteure oft im geringen Interesse an der Projektidee bzw. wenig Erfahrung oder sogar Angst vor unzuverlässiger oder unbekannter Technik. Die Regionalmanagements begegneten diesen Problemen mit gezielten Informationskampagnen bzw. Aufklärungsarbeit. Auch wurden Best-Practice-Beispiele vorgestellt bzw. Besuche dieser organisiert. Weiterhin zeigt sich, dass sich Projekte zu einem bestimmten Zeitpunkt als nicht wirtschaftlich darstellen oder ein entsprechendes Finanzierungskonzept fehlt. Hier griff die Fördermittelberatung oder die direkte Unterstützung bei der Planung der Projekte seitens der Regionalmanagements bzw. die Vermittlung von Experten. Inhaltlich ging es in den Projekten überwiegend um die Errichtung von Nahwärmenetzen - teils in Kombination mit der Projektidee „Bioenergie-dorf“. Hierbei soll oft noch ungenutzte Abwärme von Biogasanlagen verwendet werden.

Effizienzbewertung von Stoffströmen

Es wurde eine standardisierte Methodik erarbeitet, die eine Effizienzbewertung verschiedener Bioenergie-Stoffströme ermöglicht und die für die Regionalentwicklung verantwortlichen Akteure unterstützt, die zu ihren regionalen Entwicklungszielen am besten passende Konzepte zu identifizieren. Unterschiede zum generellen Entwicklungen auf Bundesebene zeigen sich bei der „qualitativen“ Bioenergieentwicklung in den Bioenergie-Regionen, die aufgrund der Netzwerkarbeit der Managements angestoßen werden konnte. Dies manifestiert sich zum Beispiel in der Zahl an umgesetzten Bioenergie-dörfern (etwa in den Regionen Hohenlohe-Odenwald-Tauber oder dem Wendland) oder anderer biogener Wärmeprojekte.

Die entwickelte Methodik zur Bewertung der Stoffstromeffizienz ermöglicht es, anhand von insgesamt 12 Indikatoren Stoffströme aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Perspektive zu bewerten, indem unter anderem Daten zu Ressourceneinsatz, Energieeinsatz, Energieabsatz, Personalaufwand, Kosten und zum Flächenbedarf einbezogen werden. Die Methodik fand im Rahmen der Begleitforschung an 4 Fallstudien Anwendung. Zwischen den beiden untersuchten Heizkraftwerken und den zwei Biogasanlagen zeigten sich markante Charakteristika einerseits zwischen den Technologien aber auch zwischen den einzelnen Fallstudien einer Technologie. Beispielsweise sind Stoffströme der untersuchten Heizkraftwerke grundsätzlich von einer höheren ökologischen Effizienz geprägt, als die Biogasanlagen. Gleichzeitig weisen die Stoffströme größerer Anlagen eine höhere ökonomische Effizienz auf.

Die im Rahmen der technisch-ökonomischen Begleitforschung durchgeführten Fallstudien haben gezeigt, dass die Indikatoren die Situation des Stoffstroms angemessen abbilden.

Ungenutzte Biomassen / Einsatz innovativer Substrate in Bioenergie-Regionen 2012-2015

Die Analyseergebnisse bezüglich der ungenutzte Biomassen und zum Einsatz innovativer Substrate in Bioenergie-Regionen 2012-2015 wurden in einem Bericht zusammengefasst. Insgesamt sind die Bioenergie-Regionen im Bereich ungenutzter / innovativer Bioenergieerohstoffe stark engagiert. Zahlreiche Rohstoffe sind bereits in energetische Nutzungen integriert. Der Bericht enthält eine Übersicht, mit welchen Biomassen die Regionen schon Erfahrungen gesammelt haben. Darüber hinaus zeigt der Bericht auf, wie hoch das Potenzial für ausgewählte alternative Rohstoffe ausfällt und inwiefern die Regionen hierzu Aktivitäten durchgeführt haben. Der ebenfalls in diesem Zusammenhang erstellte Bericht „Effizientes Erschließen von Landschaftspflegematerial in Bioenergie-Regionen - Das Beispiel Gehölzpflege und Heckenmanagement“ enthält zahlreiche Empfehlungen, um holziges Landschaftspflegematerial effizienter einer energetischen Nutzung zuzuführen. Hierbei konnten vor allem Kostentreiber und Kostensenkungsansätze sowie Managementstrategien herausgearbeitet werden. Die technisch-ökonomische Begleitforschung des DBFZ macht so das in den Regionen vorhandene Wissen zugänglich und bietet eine Basis für den Know-How-Transfer.

A 13.2 Fortschreibung des Verwertungsplans

A 13.2.1 Wissenschaftliche Anschlussfähigkeiten nach Projektende

Eine alternative Herangehensweise zur Datenerfassung durch die Regionen selbst, wäre eine stärker übergeordnete Datenbereitstellung – z.B. durch die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (A-GEE-Stat). In diesem Sinne könnten Daten durch eine zentrale Stelle (zumindest für bestimmte Indikatoren) in das Tool eingepflegt werden. Hierdurch ließe sich der Aufwand für die Regionen verringern und Fehler könnten reduziert werden. Dieses Vorgehen würde jedoch das regional verfügbare Wissen über die Anlagen ausblenden, was den Nutzen des Tools und seiner Ergebnisse für die Regionalmanagements schmälern könnte. Außerdem ist die deutschlandweite Datenverfügbarkeit (insbesondere im Bereich der biogenen Wärmeerzeugung) weiterhin sehr lückenhaft – insbesondere auf regionaler Ebene (siehe Rönsch u. a. 2015).

Das Indikatortool wird für die bisherigen Nutzer nach Auslaufen der Förderung zumindest für das Jahr 2016 weiter bestehen, um eine Fortführung des Monitorings der regionalen Bioenergieentwicklung zu ermöglichen.

Die Methodik zur einheitlichen und transparenten Erfassung der technischen Biomassepotentiale kann auf weitere Regionen übertragen werden und bietet eine gute Ausgangsbasis für weitere Projekte. So wurde die Methodik u.a. in der vom DBFZ erstellten umfangreichen Meta-Studie zu Rest- und Abfallstoffen (FKZ 22020114) angewandt.

Die Methodik zur Effizienzbewertung ist geeignet, Stoffströme ganzheitlich und objektiv darzustellen. Dies erleichtert eine transparente Diskussion zur Effizienz der Energieerzeugung aus verschiedenen Blickwinkeln. Mit dem Bewertungsansatz besteht zudem die Möglichkeit, Flächeneffizienz, Energieeffizienz, Klimateffizienz und weitere Effizienzansätze in einer Methode zu verarbeiten. Im Gegensatz zu einem bisher üblichen Vergleich von Produktivitätsausprägungen, dienen identifizierte Zielwerte dazu, die Bewertung durchzuführen. Mit dem relativen Abstand zwischen Messwert und Zielwert wird gleichzeitig klar, wo Ansatzpunkte für Effizienzsteigerungen liegen.

Durch den Neuheitswert des Verfahrens besteht jedoch weiterhin ein Entwicklungsbedarf hinsichtlich mehrerer Aspekte. Zum einen sollten zukünftig weitere Anlagenkonzepte wie die Biokraftstoffproduktion abbildbar sein. Andererseits sind die ökonomischen Indikatoren weiterzuentwickeln, da die Sensibilität einiger Betriebsdaten dazu führte, dass einzelne Kennwerte nicht zur Verfügung gestellt werden konnten. Schließlich ist zu prüfen, ob die energetische Allokation beibehalten, oder ein anderes Allokationsverfahren gewählt werden sollte. Als möglichen nächsten Schritt könnte die Methodik in einer Testregion umfassend Anwendung finden und Grundlagen für einen öffentlichen Diskurs bezüglich der Effizienz der Bioenergie liefern. In diesem Zusammenhang wäre zu ermitteln, welche Indikatoren für die regionalen Akteure die höchste Relevanz entfalten. Es ist darauf hinzuwirken, die Indikatoren zur Versachlichung der Diskussion über die Stoffströme der Bioenergie zu nutzen.

Im Rahmen der regionalen Untersuchungen konnten einzelne Erfolge identifiziert und teilweise auch quantifiziert werden. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass der Einsatz von Bioenergie nicht von weite-

ren erneuerbaren Energien oder dem Themenfeld der Energieeinsparung zu trennen ist. In weiterführenden Analysen sollten die tatsächlichen technischen Wirkungen bzw. die Höhe der Investitionen, die auf die Beratung von ehrenamtlichen Multiplikatoren zurückgeht, untersucht werden. Weitere Erhebungen sollte eine repräsentative Bandbreite sowohl an Multiplikatoren, als auch an angesprochenen Bürgern einbeziehen. Somit könnte schließlich ein messbarer Einfluss der Multiplikatoren auf die Bioenergieentwicklung abgeleitet werden.

A 13.2.2 Verwendungsoptionen für mögliche Nutzer

Das Indikatortool wird für die bisherigen Nutzer nach Auslaufen der Förderung zumindest für das Jahr 2016 weiter bestehen, um eine Fortführung des Monitorings der regionalen Bioenergieentwicklung zu ermöglichen. Aufgrund notwendiger Wartungs- und Aktualisierungsarbeiten und fehlender Finanzierungsmöglichkeiten kann eine darüber hinausgehende Bereitstellung nicht garantiert werden.

Datenblätter und GEO-PDFs die die Ergebnisse der Potenzialstudie in den Bioenergie-Regionen zusammenfassen, werden auf der DBFZ-Webseite <https://www.dbfz.de/forschung/referenzprojekte/bioenergieregionen.html> der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Die Berechnungsmethodik ist darin veranschaulicht und kann von weiteren Forschungsinstituten verwendet werden.

Die Methodik zur Effizienzbewertung ist ein erster Ansatz zur ganzheitlichenganzheitlich und objektiven Bewertung von Stoffströmen und kann für weitergehende Forschungsarbeiten als Arbeitsgrundlage verwendet werden.

A 13.3 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Die Ausgaben- und Zeitplanung wurde im Projektverlauf in Abstimmung mit dem Projektträger angepasst (siehe Bescheid vom 04.03.2013, zuletzt geändert am 16.11.2015).

Vom Projektträger war die Bitte geäußert worden, den Abschlussberichtes - abweichend von der Mustervorlage - in eine zur Veröffentlichung geeigneten Form zu verfassen. Durch das zwischenzeitliche Ausscheiden der Projektbearbeiter wurde die Fertigstellung erschwert und verzögert.

PUBLIKATIONEN

Bisher erschienene Reports:

DBFZ Report Nr. 28 Potenziale zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von Biogasanlagen - Energetische Effizienz von Repoweringmaßnahmen

DBFZ Report Nr. 27 Neuartiger emissionsarmer Kaminofen (DBU-NEKO)

DBFZ Report Nr. 26 Bewertung technischer und wirtschaftlicher Entwicklungspotenziale künftiger und bestehender Biomasse-zu-Methan-Konversionsprozesse - Dissertationsschrift

DBFZ Report Nr. 25 Nachrüstlösung zum katalytischen Abbau von gasförmigen organischen Emissionen aus Kaminöfen

DBFZ Report Nr. 24 Biomasse zur Wärmeerzeugung - Methoden zur Quantifizierung des Brennstoffeinsatzes

DBFZ Report Nr. 23 Technisch-ökonomische Begleitforschung des Bundeswettbewerbes „Bioenergie-Regionen“

DBFZ Report Nr. 22 Die Biokraftstoffproduktion in Deutschland - Stand der Technik und Optimierungsansätze

DBFZ Report Nr. 21 Entwicklung der Förderung der Stromerzeugung aus Biomasse im Rahmen des EEG

DBFZ Report Nr. 20 KlimaCH4 - Klimateffekte von Biomethan

DBFZ Report Nr. 19 Hy-NOW - Evaluierung der Verfahren und Technologien für die Bereitstellung von Wasserstoff auf Basis von Biomasse

DBFZ Report Nr. 18 Kleintechnische Biomassevergasung - Option für eine nachhaltige und dezentrale Energieversorgung

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

DBFZ Report Nr. 16 Algae biorefinery - material and energy use of algae

DBFZ Report Nr. 15 Politics and Economics of Ethanol and Biodiesel Production and Consumption in Brazil

DBFZ Report Nr. 14 Holzpelletbereitstellung für Kleinfeuerungsanlagen

DBFZ Report Nr. 13 Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung

DBFZ Report Nr. 12 Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse

DBFZ Report Nr. 11 Monitoring Biokraftstoffsektor

DBFZ Report Nr. 10 Ermittlung des Verbrauchs biogener Festbrennstoffe im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor) - Endbericht

DBFZ Report Nr. 9 Analyse und Bewertung ausgewählter zukünftiger Biokraftstoffoptionen auf der Basis fester Biomasse

DBFZ Report Nr. 8 - Kompakt - Sammelband

DBFZ Report Nr. 7 Final Report - Global and Regional Spatial Distribution of Biomass Potentials - Status quo and options for specification -

DBFZ Report Nr. 6 Katalytisch unterstützte Minderung von Emissionen aus Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen

DBFZ Report Nr. 5 Optimierung und Bewertung von Anlagen zur Erzeugung von Methan, Strom und Wärme aus biogenen Festbrennstoffen

DBFZ Report Nr. 4 Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung

DBFZ Report Nr. 3 Feinstaubminderung im Betrieb von Scheitholzkaminöfen unter Berücksichtigung der toxikologischen Relevanz

DBFZ Report Nr. 2 Methodische Vorgehensweise zur Standortidentifikation und Planung der Biomassebereitstellung für Konversionsanlagen am Beispiel von Bio-SNG-Produktionsanlagen

DBFZ Report Nr. 1 Bewertung und Minderung von Feinstaubemissionen aus häuslichen Holzfeuerungsanlagen

Weitere Informationen und Downloads unter:
www.dbfz.de/web/referenzen-publikationen

**DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

Fax: +49 (0)341 2434-133

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de