



Biomasse-Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar

Titelbilder

obere Reihe, von links nach rechts: LianeM © www.fotolia.de, © IfaS, Stefan Thiermayer © www.fotolia.de

untere Reihe, von links nach rechts: Claudia Paulussen © www.fotolia.de, © IfaS, Ulrich Müller © www.fotolia.de

Biomasse-Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar



Herausgeber

Verband Region Rhein-Neckar

Körperschaft des öffentlichen Rechts
P 7, 20-21
68161 Mannheim

Postanschrift:
Postfach 10 26 36
68026 Mannheim



Bearbeitung

ifeu.Institut Heidelberg

Wilckenstraße 3
69120 Heidelberg

Geschäftsführung

Markus Duscha & Jürgen Giegrich

Projektbeteiligte

Florian Knappe
Rouven Boganski
Regine Vogt



IfaS, Birkenfeld

Campusallee/Gebäude 9926
Postfach 1380
55761 Birkenfeld

Geschäftsführung

Peter Heck

Projektbeteiligte

Michael Müller
Manuel Schaubt
Jörg Böhmer
Karsten Wilhelm



1 Einleitung/Zielsetzung	1
2 Potenzialabschätzung	1
2.1 Verbleibende Biomasse-Potenziale	2
2.1.1 Biomassen aus Land- und Forstwirtschaft	2
2.1.2 Abfallbiomassen	4
2.1.3 Fazit	8
2.2 Räumliche Zuordnung der identifizierten Potenziale	9
2.2.1 Landwirtschaftliche Biomassen	9
2.2.1.1 Technische Potenziale	9
2.2.1.2 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale	10
2.2.2 Forstwirtschaftliche Biomassen	11
2.2.2.1 Technische Potenziale	11
2.2.2.2 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale	11
2.2.3 Potenzialübersicht für Land- und Forstwirtschaft	12
2.2.4 Abfallbiomassen	12
2.2.5 Fazit	13
3 Impulse zur Biomassenutzung	15
3.1 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept A	16
3.1.1 Technische Lösungen	18
3.1.2 Ökologische Bewertung	19
3.1.3 Ökonomische Bewertung	19
3.1.4 Empfehlung	20
3.2 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept B	21
3.2.1 Technische Lösungen	23
3.2.2 Ökologische Bewertung	24
3.2.3 Ökonomische Bewertung	25
3.2.4 Empfehlung	25
3.3 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept C	26
3.3.1 Technische Lösungen	27
3.3.2 Ökologische Bewertung	28
3.3.3 Ökonomische Bewertung	29
3.3.4 Empfehlung	29
3.4 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept D	30
3.4.1 Technische Lösungen	31
3.4.2 Ökologische Bewertung	31
3.4.3 Ökonomische Bewertung	32
3.4.4 Empfehlung	33
3.5 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept E	35
3.5.1 Technische Lösungen	36
3.5.2 Ökologische Bewertung	37
3.5.3 Ökonomische Bewertung	37
3.5.4 Empfehlung	38

3.6	Impuls zur Biomassenutzung – Konzept F	39
3.6.1	Technische Lösungen	41
3.6.2	Ökologische Bewertung	42
3.6.3	Ökonomische Bewertung	43
3.6.4	Empfehlung	45
4	Ausblick	47
5	Literaturverzeichnis	49
5.1	Monographien und Sammelwerke	49
5.2	Internetquellen	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aufkommen von Wirtschaftsdünger	2
Tabelle 2:	Faktoren für GV- und RGV-Einheiten	3
Tabelle 3:	Biomasse-Potenziale aus dem Bereich Bioabfälle aus Haushalten	6
Tabelle 4:	Biomasse-Potenziale aus dem Bereich Grünabfälle	6
Tabelle 5:	Zusätzlich mobilisierbare Potenziale in Relation zu technischen Potenzialen aus den Bereichen Land- und Forstwirtschaft	10
Tabelle 6:	Anlagenkennzahlen bzgl. des Konzepts A	19
Tabelle 7:	Anlagenkennzahlen bzgl. des Konzepts B	24
Tabelle 8:	Waldholz-Potenziale in der Umgebung der Stadt Buchen (Odenwald)	30
Tabelle 9:	Anlagenkennzahlen der Varianten 1-A bis 1-F bzgl. des Konzepts D	32
Tabelle 10:	Finanzielle Kennzahlen der Varianten 1-A bis 1-F bzgl. des Konzepts D	33
Tabelle 11:	Gülle-Potenziale (Wald-Michelbach) bzgl. des Konzepts E	36
Tabelle 12:	Anlagenkennzahlen bzgl. des Konzepts E	36
Tabelle 13:	Eigenschaften der Polderstandorte in der MRN	40
Tabelle 14:	Holz- und Primärenergiepotenziale aus dem Anbau von Hohertrags-Weiden in gesteuerten Polderflächen	42
Tabelle 15:	Holz- und Primärenergiepotenziale aus dem Anbau autoch- thoner Weidenherkünfte in ungesteuerten Polderflächen	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Umweltbezogene Veränderungen im Falle einer separaten Bioabfallsammlung	5
Abbildung 2:	Zusätzlich mobilisierbare Potenziale aus den Bereichen Land- und Forstwirtschaft	12
Abbildung 3:	Darstellung der Schwerpunktgebiete bzgl. der Konzepte A bis F	15
Abbildung 4:	Darstellung der Stoffströme bzgl. des Konzepts A	16
Abbildung 5:	Darstellung der Biomasse-Logistik bzgl. des Konzepts A	18
Abbildung 6:	Abbildung des Treibhauseffekts bzgl. der Optionen für Konzept A	19
Abbildung 7:	Darstellung der Stoffströme bzgl. des Konzepts B	21
Abbildung 8:	Darstellung der Biomasse-Logistik bzgl. des Konzepts B	23
Abbildung 9:	Darstellung des Treibhauseffekts bzgl. der Optionen für Konzept B	24
Abbildung 10:	Darstellung des kumulierten fossilen Energieaufwands und der Versauerung bzgl. des Konzepts C	29
Abbildung 11:	Schematische Darstellung der Entwicklung des Geldmittel- einsatzes bzgl. der Landschaftspflege durch Weidenutzung	30
Abbildung 12:	Darstellung des Treibhauseffekts und der Versauerung bzgl. des Konzepts D	32
Abbildung 13:	Entwicklung der Wärmekosten für Variante 1 über einen Zeitraum von 20 Jahren	34
Abbildung 14:	Darstellung des Treibhauseffekts bzgl. des Konzepts E	37
Abbildung 15:	Ein- und Auslassbauwerk am Polder „Insel Flotzgrün“	39
Abbildung 16:	Darstellung des Treibhauseffekts und der Versauerung bzgl. des Konzepts E	42
Abbildung 17:	Kumulierte Gewinnbeiträge im Agrarholz- und Weizenanbau unter Marktbedingungen	44
Abbildung 18:	Kumulierte Gewinnbeiträge im Agrarholz- und Weizenanbau bei Kofinanzierung des extensiven Agrarholzanbaus	44

Abkürzungen

Akh	Arbeitskraftstunden
Äq.	Äquivalente
atro	absolut trocken
A.- & E.	Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen
BH	Brennholz
BM	Biomasse
DGL	Dauergrünland
dt	Dezitonne
EDW	Einwohnerdurchschnittswerte
Efm	Erntefestmeter
Holz-HKW	Holz-Heizkraftwerk
GML	Gesellschaft für mobile Lösungen mbH, Warendorf
GV	Großvieheinheit (500 kg Lebendgewicht)
ISO	International Organization for Standardization
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KUF	Kurzumtriebsfläche(n)
kW_{el}	Kilowatt elektrische Leistung
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW_p	Kilowatt peak (Maximale Leistung)
kW_{th}	Kilowatt thermische Leistung
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
lutro	lufttrocken
MAP	Marktanreizprogramm
MRN	Metropolregion Rhein-Neckar
MW	Megawatt
NaWaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NH	Nichtaufgearbeitetes Holz (Kronenderbholz)
Nm^3	Normkubikmeter
PCDD/PCDF	Polychlorierte Dibenzodioxine bzw. Dibenzofurane
PJ	Peta-Joule (1 PJ = 10^{15} J)
RGV	Raufutterfressende Großvieheinheit
RLP	Rheinland-Pfalz
Srm/Sm^3	Schüttraummeter
TIH	Thermisch induzierte Hydrolyse
TM	Trockenmasse
Vfm	Vorratsfestmeter; daraus ergeben sich nach Abzug von baumartspezifischen Rinden- und Holzernteverlusten Erntefestmeter (Efm)

Umrechnungstabelle der Energieeinheiten

1 Watt	= W	= 0,001 kW	
1 Kilowatt	= kW	= 1 kW	
1 Megawatt	= MW	= 1 000 kW	
1 Kilowatt-Stunde	= kWh	= 1 kWh	= 3 600 kJ
1 Megawatt-Stunde	= MWh	= 1 000 kWh	= 3 600 000 kJ
1 Joule	= J	= 0,001 kJ	= 1 Ws
1 Kilojoule	= kJ	= 1 kJ	= 0,000278 kWh
1 Megajoule	= MJ	= 1 000 kJ	= 0,278 kWh
1 Gigajoule	= GJ	= 1 000 000 kJ	= 278 kWh
1 Terajoule	= TJ	= 1 000 000 000 kJ	= 278.000 kWh
1 Petajoule	= PJ	= 1 000 000 000 000 kJ	= 278.000.000 kWh

Grundlage der kartografischen Darstellungen auf den Seiten 15, 18 und 23 ist die „Karte der Gemeinden in der Metropolregion Rhein-Neckar“ von Philip Schäfer, die unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation veröffentlicht wurde.

Hinweise zur vorliegenden Schrift

Für Personen, die ein weiterführendes Interesse an den Inhalten der vorliegenden Schrift haben, ist voraussichtlich ab Anfang Oktober 2010 eine Langversion mit umfangreichen Detailinformationen und zusätzlichen Anschauungsmaterial online erhältlich.

Dieser Bericht ist keine fachtechnische Planungsleistung, sondern dient als Entscheidungsgrundlage für weitere Projektabläufe. Bei einer positiven Entscheidung bezüglich der Umsetzung muss ein Ingenieurbüro die Detailplanung übernehmen.

1 Einleitung/Zielsetzung

Angesichts der Klimaänderung und der Begrenztheit fossiler und atomarer Energieträger wächst die Bedeutung erneuerbarer Energien. Neben Solar- und Windenergie und anderen erneuerbaren Energieträgern hat auch die Biomasse sowie ihre möglichst effiziente Nutzung eine große Bedeutung.

Dabei handelt es sich nicht nur um Anbaubiomasse, d.h. landwirtschaftlich produzierte Biomassen zur energetischen Nutzung. Besonders interessant sind aus Sicht des Umwelt- und Klimaschutzes gerade auch biogene Reststoffe, d.h. Bio- und Grünabfälle unterschiedlichster Herkunft, die in einigen Fällen derzeit weder stofflich noch energetisch effizient genutzt werden. Abfallbiomassen fallen als Rückstände in der Forst- und Landwirtschaft aber auch in der klassischen Abfallwirtschaft zur Entsorgung an. Dem Gewinn, der sich aus ihrer energetischen Nutzung ziehen lässt, steht rechnerisch kein Herstellungsaufwand gegenüber.

Im Auftrag des Verbandes Region Rhein-Neckar wurden zunächst die Biomassen recherchiert, welche derzeit noch nicht angemessen genutzt werden. Für diese wurden weitere Nutzungspotenziale postuliert und aus ökologischer, technischer und ökonomischer Sicht bewertet. Abschließend wurden beispielhaft für einige Biomassen konkrete Lösungsstrategien zur Erschließung und Nutzung entwickelt, die als Impuls dienen sollen.

2 Potenzialabschätzung

In einigen Branchen von Industrie und Gewerbe fallen Biomassen als Reststoffe oder Nebenprodukte an. Der Kenntnisstand zu Menge und Verbleib in der Region Rhein-Neckar ist jedoch gering. Aus Abfallstatistiken lassen sich keine hinreichenden Informationen ableiten. In Zusammenarbeit mit der IHK sowie der Handwerkskammer wurden die Betriebe befragt und gebeten, Biomassenreststoffe zu benennen, für die alternative Entsorgungsmöglichkeiten gesucht werden. Die Resonanz war sehr gering. Da derartige Reststoffe seit vielen Jahren meist in großen Massenströmen und immer gleicher Zusammensetzung anfallen, konnten sich Verwertungswege etablieren, die sich in aller Regel nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch als sinnfälliger erweisen.

Bei weiteren Abfallbiomassen zeigten sich dagegen noch deutliche Potenziale (siehe Kapitel 2.1). Bioabfälle aus Haushalten und kommunale Grünabfälle werden in weiten Bereichen der Metropolregion noch nicht adäquat genutzt. Wie die Abfrage aller kommunalen Kläranlagen ergab, werden Rechengut und kommunale Klärschlämme auch aus Sicht der Betreiber selbst noch nicht immer optimal entsorgt.

Die Abschätzung der land- und forstwirtschaftlichen Biomasse-Potenziale erfolgte über die Auswertung entsprechender Statistiken. Anbau- und Erntestatistiken wurden auf Ebene der einzelnen Gemeinden bzw. Verbandsgemeinden ausgewertet. Forstwirtschaftliche Potenziale wurden auch über gezielte Abfragen erhoben.

Es ist nahe liegend, nicht die gesamte landwirtschaftliche Fläche als potenzielle Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe zu sehen. Zunächst ist klar, dass landwirtschaftliche Flächen vorrangig der Produktion von Nahrungsmitteln und Futtermitteln dienen müssen. Aus Gründen des Natur- und Artenschutzes ist zudem auf eine Vielfalt zu achten, d.h. eine Vielfalt an Anbaufrüchten und damit auch eine entsprechende Biodiversität bzw. eine Vielfalt an Lebensräumen für Tiere und Pflanzen. Auch sollte ein weiterer Umbruch von Grünland zu Ackerland nicht mehr möglich sein. Dies fördert als Nebeneffekt auch eine landschaftliche Vielfalt, ein interes-

santes Landschaftsbild und damit auch die Erholungseignung landwirtschaftlicher Flächen. Für den zukünftigen Anbau von nachwachsenden Rohstoffen wurden nur diejenigen landwirtschaftlichen Flächen diskutiert, die als Getreide- oder Zuckerrübenanbauflächen ansonsten zukünftig aus der Produktion genommen würden.

Neben der Potenzialerhebung ist für das Konzept der Logistik und der Verwertungsanlage der Jahresgang der Biomassenströme und deren Lagerfähigkeit zu untersuchen. Dies war nicht Gegenstand der Untersuchung.

2.1 Verbleibende Biomasse-Potenziale

Bei der Potenzialbetrachtung wird unterschieden zwischen Biomassen aus der Land- und Forstwirtschaft und Abfallbiomassen.

2.1.1 Biomassen aus Land- und Forstwirtschaft

Wirtschaftsdünger und hier insbesondere Rinder- und Schweinegülle sowie Festmist aus der Pferdehaltung fallen in großen Massen an und werden bislang kaum energetisch genutzt. Nur in Ausnahmefällen erfolgt bereits die Vergärung der Gülle. Für die energetische Nutzung von Festmist haben sich bislang noch keine technischen Lösungen etablieren können. Die aufgeführten Potenziale sind folglich die Gesamtmengen, die sich aus den Statistiken zur Viehhaltung ableiten lassen. Da die Pferdehaltung auch außerhalb landwirtschaftlicher Betriebe erfolgt, liegen keine entsprechenden Statistiken vor. Die Bestandszahl und damit das Festmistaufkommen mussten abgeschätzt werden.

Der spezifische Energieinhalt von Wirtschaftsdünger ist gering. Gülle bestehen zu etwa 95% aus Wasser. Trotzdem sollten auch diese Biomassen genutzt werden, allerdings dezentral, d.h. bei möglichst geringen Transportentfernungen. Vergorene Gülle weisen als Nebeneffekt deutlich geringere (Geruchs-) Emissionen bei der Ausbringung auf den Ackerflächen auf.

Für den Einsatz in Biogasanlagen sind zahlreiche NawaRo geeignet. In aller Regel wird hierfür jedoch **Silomais** produziert. Für die Abschätzung der zusätzlichen Silomaismengen, die in Biogasanlagen zur Energieerzeugung eingesetzt werden können, wurde folgendermaßen vorgegangen.

Im ersten Schritt wurde pauschal davon ausgegangen, dass zukünftig etwa 10% der derzeitigen Getreide- und Zuckerrübenanbauflächen nicht mehr für die Lebensmittel- und Futtermittelproduktion benötigt werden. Sie stehen damit potenziell für den Anbau von Bioenergieträgern wie bspw. Silomais für Biogasanlagen zur Verfügung. Dieses Flächenpotenzial von 10% der bisherigen Getreide- und Zuckerrübenflächen wurde pauschal für alle Gemarkungen in der Metropolregion angesetzt.

Im zweiten Schritt wurde für jede Gemarkung darauf geachtet, dass die im ersten Schritt so postulierte Erweiterung der Maisanbauflächen deren Gesamtanteil nicht auf über 20% anwachsen lässt. Für die Region wird demnach unterstellt, dass der Anteil Mais an den Ackerflächen nicht über 20% liegen darf (Fruchtwechsel, Dreifelderwirtschaft). Dadurch soll eine nachhaltige, umweltverträgliche Landwirtschaft gewährleistet sein.

Für die somit für jede Gebietskörperschaft ermittelten möglichen Anbauflächen für Biogassubstrate (Silomais), die sich demnach auf maximal 10% der bisherigen Anbauflächen für Getreide und Zuckerrüben belaufen, wurden mittlere Ertragszahlen

Tabelle 1:
Aufkommen von Wirtschaftsdünger

Art des Wirtschaftsdüngers	Spez. tägl. Aufkommen in kg/GV	Stalltage
Pferdekot	29	215
Hühnerkot	48	365
Rindergülle	46	215
Schweinegülle	37,5	365

umgelegt und die potenziellen Erträge hochgerechnet. Dieses methodische Vorgehen zur Potenzialabschätzung wurde durch Gespräche mit Sachkundigen auf regionaler Ebene abgestützt.

Die landwirtschaftliche Produktion des Energieträgers Silomais ist mit einigem ökologischen und finanziellen Aufwand verbunden. Aus energetischer Sicht bzw. unter dem Aspekt Treibhauseffekt ist die Gesamtbilanz jedoch positiv, d.h. der Gesamtnutzen liegt deutlich über dem Aufwand.

Auch für **Kurzumtriebsgehölze** lassen sich Biomassepotenziale postulieren. Es handelt sich um geeignete Hölzer (Weiden, Pappel), die in 2- bis 5-jährigen Abständen über Holz-Vollernter (Harvester) geerntet und in Form von Holzhackschnitzeln vermarktet werden können. Die aufgezeigten Massen ergeben sich aus den stillgelegten landwirtschaftlichen Flächen bei konservativen Ertragszahlen (8 t TM/ha), wobei für die Flächenzahlen in Rücksprache mit Sachkundigen auf regionaler Ebene zur Berücksichtigung ungünstiger topographischer Situationen sowie Belange des Natur- und Landschaftsschutzes Flächenabschläge von 50% vorgenommen wurden.

Die Nutzung von KUF-Hölzern ist im Falle positiver Anbaubedingungen ökonomisch sinnvoll. Bislang stehen ihr jedoch bspw. technische Hemmnisse (Erntetechnik) entgegen. Ökologisch ist ein Anbau der Hölzer auf geeigneten Flächen dann sinnvoll, wenn auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verzichtet wird.

Aus den Erntestatistiken zu **Getreide** sowie den Kennzahlen zum spezifischen Strohaufkommen (Korn-Stroh-Verhältnis von durchschnittlich 1:1) lassen sich Stroh-mengen abschätzen. Stroh wird nicht zuletzt in der Pferdehaltung als Einstreu genutzt oder im Erdbeeranbau verwendet. Um die Vitalität der Ackerböden und eine ausreichende Humusreproduktion sicher zu stellen, sollte Stroh jedoch vorzugsweise auf den abgeernteten Flächen verbleiben. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass nicht mehr als 10% des Strohaufkommens für eine Energieerzeugung zur Verfügung stehen können.

Die energetische Nutzung von **Stroh** ist bei angemessenem logistischem Aufwand ebenfalls ökonomisch sinnvoll. Bislang stehen dieser Nutzung jedoch technische Probleme entgegen. Hemmnisse ergeben sich aus den hohen Anforderungen an die Feuerungstechnik sowie die Abgasreinigung. Aus ökologischer Sicht ist eine energetische Nutzung von Überschuss-Stroh ebenfalls sinnvoll, die Einhaltung hoher Emissionsstandards vorausgesetzt

Dauergrünland dient der Fütterung von Rindern und Pferden. Deren Raufutterbedarf wird über Mähwiesen bereitgestellt oder über die Beweidung der Flächen gedeckt. Stellt man den Ertrag aus den Dauergrünlandflächen bei mittlerer Ertragsleistung dem Raufutterbedarf gegenüber, der sich aus den Bestandszahlen an v. a. Pferden und Rindern ableiten lässt, so ergibt sich rechnerisch ein Biomasseaufkommen, das einer energetischen Nutzung zur Verfügung gestellt werden könnte. Da keine genauen Informationen über den Pferdebesatz vorliegen, ist diese Abschätzung mit einigen Unsicherheiten verbunden.

Gerade in den Mittelgebirgslagen besteht ein fließender Übergang zur Landschaftspflege. Die ehemals vielen kleinen landwirtschaftlichen Betriebe wurden zum Großteil aufgegeben. Es gibt weite Landstriche, in denen keine landwirtschaftlichen Betriebe mehr existieren, das Grünland zum Erhalt des Landschaftsbildes oder zur Sicherung wertvoller Lebensräume für Tiere und Pflanzen jedoch gemäht werden muss. Nicht selten werden diese Flächen bislang gemulcht, d.h. das Mähgut bleibt auf den Wiesenflächen liegen.

Tabelle 2:
Faktoren für GV- und RGV-Einheiten

Viehart	GV-Faktor		RGV/GV-Verhältnis		RGV-Faktor
Pferde	1,1	x	0,5	=	0,55
Schaf	0,1	x	0,7	=	0,07
Huhn	0,0034	x	0	=	0
Rind	1	x	1	=	1
Schwein	0,14	x	0,2	=	0,028

Der Aufwand, diese Biomassen zu bergen, ist vergleichsweise hoch. In Relation zu dem nicht sehr hohen energetischen Potenzial ist aus ökologischer und ökonomischer Sicht auf die jeweiligen örtlichen Randbedingungen (Transportentfernungen) zu achten.

Resthölzer, die bei der Pflege von Obstgehölzen, Reben, Rändern von Verkehrswegen als Rückstände anfallen, weisen eine vergleichsweise hohe Energiedichte auf und sind daher aus ökologischer und ökonomischer Sicht grundsätzlich gut zur energetischen Nutzung geeignet.

Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Schnitt- und Rodungshölzer jedoch bereits heute weitgehend energetisch genutzt werden oder zur Humusversorgung der Böden auf den Flächen verbleiben. Es lassen sich demnach keine nennenswerten zusätzlichen Potenziale beziffern.

Beim **Waldholz** entspricht das technische Potenzial der nachhaltigen Nutzung in der Forstwirtschaft. Hier wurden Daten bezüglich der Nutzung der einzelnen Holzarten (z. B. Eiche, Buche, Fichte, Kiefer) und Holzsorten (z. B. Stammholz, Industrieholz, Brennholz) bei den zuständigen Forstbehörden erfragt.

Auf der Grundlage eines Gespräches mit dem Leiter des Holzmarktservices Landesforsten Rheinland-Pfalz wurde das zusätzliche Brennholz-Potenzial aus dem Forst für die gesamte Metropolregion abgeleitet. Danach sollte sich das Brennholzaufkommen noch um 30% steigern lassen. Bei einem derzeit durchschnittlichen Brennholzanteil von etwa 18% der Nutzung bedeutet dies ein zusätzliches Aufkommen von 5,4%.

Kronenderbholz wird nicht aufgearbeitet und derzeit noch kaum energetisch genutzt. Da neben dem Stockmaterial jedoch immer ein Teil des Kronenderbholzes zur Humusbildung, Nährstoffversorgung und aus ökologischen Gründen im Wald verbleiben sollte, wurde das Potenzial mit maximal 40% des Gesamtaufkommens angesetzt. Das Aufkommen liegt demnach bei 5,2% des Nutzholzaufkommens.

2.1.2 Abfallbiomassen

Unter den Abfallbiomassen sind die **Bioabfälle aus Haushalten** sehr bedeutend. Diese Bioabfälle fallen als Küchen- und Gartenabfälle an und werden entweder über eine Biotonne getrennt als Wertstoff erfasst oder verbleiben in der Restmülltonne und werden zusammen mit dem Restabfall in einer Müllverbrennungsanlage (MVA) entsorgt. Bioabfall hat einen geringen Heizwert. Über eine thermische Behandlung in einer Müllverbrennungsanlage kann daher nur in geringem Umfang Energie im Überschuss erzeugt und vermarktet werden.

Bioabfälle haben eine Vielzahl an Eigenschaften, die über eine getrennte Sammlung und Verwertung unter Berücksichtigung der Jahresganglinie und der Lagerfähigkeit genutzt werden können. Bioabfall enthält Pflanzennährstoffe sowie organische Masse, die zur Humusbildung beiträgt. Wird der Kompost zu bspw. Blumenerden weiterverarbeitet, so tritt er in Konkurrenz zu Torfprodukten und trägt damit zum Schutz der Moore bei. Damit werden nicht nur wertvolle Lebensräume für Tiere und Pflanzen erhalten, die Substitution von Torf trägt auch positiv zum Klimaschutz bei. Diese Komposte lassen sich sowohl aerob (d.h. über eine Kompostierung) als auch anaerob (d.h. in Verbindung mit einer Biogaserzeugung) herstellen.

Ziel muss es daher sein, die Bioabfälle in Form einer Kaskade zu nutzen, d.h. das energetische Potenzial über die Biogaserzeugung und das stoffliche Potenzial über

die sich an die Vergärung anschließende Komposterzeugung. Wird dieses Verwertungssystem in dieser Form optimiert und das Biogas mit hohen Wirkungsgraden genutzt, hat eine getrennte Erfassung über die Biotonne deutliche Vorteile gegenüber einem Verbleib des Materials in der Restmülltonne.

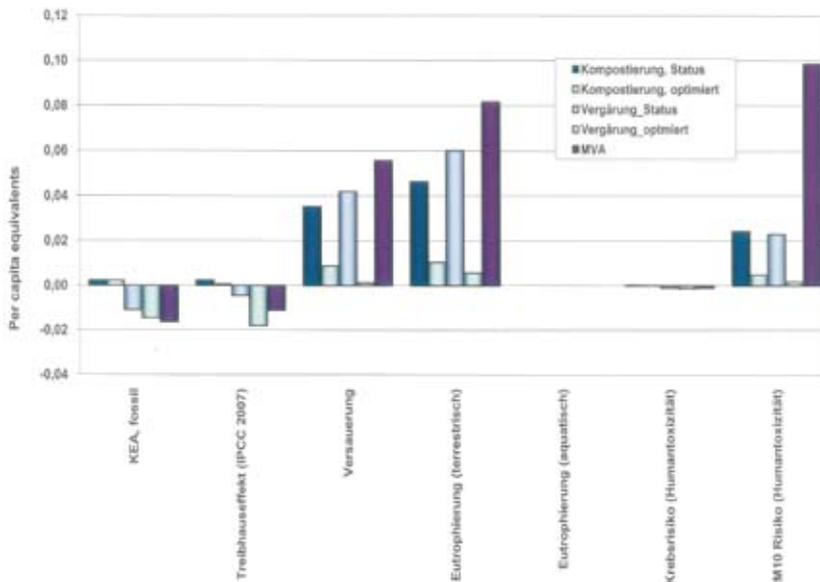


Abbildung 1:
Umweltbezogene Veränderungen im Falle
einer separaten Bioabfallsammlung

In den in Rheinland-Pfalz gelegenen Kreisen und Städten der Metropolregion ist eine derartige Kaskadennutzung konkret in der Planung. So soll die bestehende Kompostierungsanlage bei Germersheim um eine Biogaserzeugung erweitert werden und zukünftig die Bioabfälle aus den Kreisen Germersheim und Südliche Weinstraße sowie aus der Stadt Landau aufnehmen. Auch die Bioabfallbehandlung aus dem Gebiet der GML Abfallwirtschaftsgesellschaft Ludwigshafen soll in diese Richtung optimiert werden. Zudem soll das Kompostwerk in Grünstadt um eine Biogaserzeugung erweitert werden.

Linksrheinisch sind gemäß den derzeitigen Anlagenplanungen für die Nutzung der Bioabfälle aus Haushalten keine weiteren Potenziale festzustellen. Die Bioabfälle sollen zukünftig energetisch optimal genutzt werden. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass sich das Bioabfallaufkommen teilweise deutlich steigern ließe, den abfallpolitischen Willen der Entsorgungsgesellschaften vorausgesetzt. Dies gilt insbesondere für den Rhein-Pfalz-Kreis, aber auch für die Landkreise Südliche Weinstraße und Germersheim. Die Städte Neustadt an der Weinstraße und Frankenthal haben sogar bislang keine Bioabfalltonne.

Wird die Situation in der Metropolregion analysiert, zeigen sich von Kreis zu Kreis bzw. Stadt zu Stadt sehr deutliche Unterschiede. Auch strukturell eher vergleichbare Städte und Kreise weisen derzeit ein deutlich unterschiedliches Bioabfallaufkommen auf. Den abfallpolitischen Willen vorausgesetzt, müssten sich die Bioabfallmengen unter ähnlichen Randbedingungen jedoch weitgehend gleichen.

Rechtsrheinisch sind mit Ausnahme des Neckar-Odenwald-Kreises, der gesonderte Pläne zur energetischen Nutzung der Biomasse verfolgt, bislang keine konkreten Pläne zur optimierten Nutzung der Bioabfälle aus Haushalten bekannt. Gerade im Rhein-Neckar-Kreis sollte sich das Aufkommen deutlich steigern lassen. Angesetzt wurde das Aufkommen, das vor Umstellung des Sammelsystems vor Jahren bereits erreicht war. Die so postulierten Bioabfallmengen rechtsrheinisch stellen demnach das zusätzliche Potenzial für diese Bioabfallmasse dar.

Tabelle 3:
 Biomasse-Potenziale aus dem
 Bereich Bioabfälle aus Haushalten

Stadt-/Landkreis	Bioabfallaufkommen-Status		Bioabfallpotenzial		Differenz t/a
	t/a	kg/(E*a)	t/a	kg/(E*a)	
Kreis Bergstraße	31.300	119	31.700	120	400
Rhein-Neckar-Kreis	5.100	10,0	35.600	66,5	30.500
Heidelberg	8.500	59,0	11.600	80,0	3.100
Mannheim	9.600	31,0	9.600	31,0	0

Diese Umstellung der Bioabfallbehandlung auf ein optimiertes Verwertungskonzept ist nicht zuletzt durch Anreize über die Vergütung der erzeugten Energie gegenüber dem Status Quo auch wirtschaftlich interessant. Die zu erwartenden Erträge liegen tendenziell höher als die zu erwartenden Kosten und dies insbesondere dann, wenn auf eine teilweise vorhandene Infrastruktur (bspw. Kompostierungsanlage) zurückgegriffen werden kann.

Garten- bzw. Grünabfälle fallen bei der Pflege von Grünanlagen an. Es handelt sich um die privaten Hausgärten, die Grünanlagen um größere Wohneinheiten (Geschosswohnungsbau), aber auch öffentliche Parkanlagen, Friedhöfe, Spielplätze, Sport- und Freizeitanlagen, Begleitgrün an Verkehrswegen bis hin zu Kleingartenanlagen. Der Bewuchs bzw. die Art der Bepflanzung dieser Flächen ist unterschiedlich, ebenso der Grad der Grünflächenpflege. Nur ein (kleinerer) Teil der kommunalen Grünabfälle wird zur Verwertung an abfallwirtschaftliche Einrichtungen übergeben und in den entsprechenden Statistiken erfasst. Die exakte Bezifferung des derzeitigen Biomasseaufkommens ist deshalb kaum möglich. Auch die flächendeckende Abfrage bei den Kommunen konnte hier keine Abhilfe schaffen.

Um diese Biomassen für eine Nutzung zu mobilisieren, bedarf es unterschiedlicher Strategien. Fallen die Biomassen bei der Pflege öffentlicher Grünanlagen an, wird die Pflegemaßnahme entweder durch Einrichtungen der öffentlichen Hand selbst durchgeführt oder zumindest an Dritte vergeben. Der Umgang mit den anfallenden Biomassen lässt sich hierbei unmittelbar vorgeben und regeln. Grünabfälle privater Herkunft lassen sich dann besonders erfolgreich erfassen, wenn ein möglichst flächendeckendes System an Sammelplätzen existiert, die sich mit auch in den Abendstunden und an Wochenenden liegenden Öffnungszeiten und Annahmepreisen entsprechend attraktiv darstellen.

Tabelle 4:
 Biomasse-Potenziale aus dem
 Bereich Grünabfälle

Stadt-/Landkreis	Grünabfallaufkommen-Status		Kurzfristig verfügbares Potenzial			
	E/km ² -Gruppe	E/km ²	t/a	kg/(E*a)	t/a	kg/(E*a)
Neckar-Odenwald-Kreis	0 bis < 350	132	27.700	186	27.700	186
Kreis Südliche Weinstraße		172	9.100	83	9.100	83
Kreis Bad Dürkheim		228	9.500	71	9.500	71
Kreis Germersheim		272	5.900	47	8.800	70
Kreis Bergstraße		367	14.300	54	18.500	70
Rhein-Pfalz-Kreis	350 bis < 700	489	12.900	86	12.900	86
Neustadt an der Weinstraße		499	11.700	217	11.700	217
Rhein-Neckar-Kreis		504	2.800	5	37.500	70
Landau		519	2.900	67	3.000	70
Worms		757	5.700	69	5.700	69
Frankenthal	700 bis < 1.400	1.076	6.100	129	6.100	129
Speyer		1.190	1.100	22	1.100	22
Heidelberg		1.335	7.800	54	8.700	60
Ludwigshafen		2.108	8.800	54	8.800	54
Mannheim		2.137	6.600	21	6.600	21
	> 1.400					

Aus diesen Überlegungen heraus und auf dem Hintergrund der Analyse der in den Abfallstatistiken erfassten Grünabfallmengen lassen sich erhebliche grasartige Potenziale beziffern, die einer hochwertigen Verwertung zugeführt werden sollten.

Von diesem Aufkommen an Grünabfällen lassen sich in Abhängigkeit der Abfallcharakteristik etwa 25% als holzig und damit geeignet für eine Holzhackschnitzelherstellung beschreiben, 25% als krautig und damit geeignet für Vergärungsanlagen sowie 50% als Feinkorn, das auch weiterhin aerob zu Kompost verarbeitet werden sollte. Dies setzt ein entsprechendes Stoffstrommanagement voraus.

Gerade die holzigen Grünabfallanteile dürften bereits heute in großem Umfang energetisch genutzt werden. Eine Nutzung des krautigen Anteils über Vergärungsanlagen dagegen erfolgt noch nicht. Welche Anteile des genannten Grünabfallaufkommens bereits heute über Kompostierungsanlagen verwertet werden, ist nicht genau bekannt. Viele der Grünabfallkompostierungsanlagen werden durch private Dritte betrieben, deren Durchsatzmengen nicht in den Abfallstatistiken enthalten sind. In vielen Fällen werden die gesammelten und in der Statistik erfassten Grünabfälle jedoch nur gehäckselt und ohne weitere Behandlung auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht.

Das Potenzial, das zukünftig zusätzlich für eine optimierte Verwertung zur Verfügung steht, lässt sich demnach nicht genau beziffern.

Das Aufkommen an **Rechengut** und **kommunalen Klärschlämmen**, deren derzeitiger Verbleib sowie Überlegungen zur zukünftigen Entsorgung wurden über eine flächendeckende Abfrage bei allen kommunalen Kläranlagen erhoben.

Die derzeitige Entsorgungssituation von kommunalen Klärschlämmen unterscheidet sich je nach Bundesland deutlich. Während in Baden-Württemberg in den meisten Fällen eine thermische Behandlung der Schlämme erfolgt und Ausnahmen nur bei kleinen dezentralen Kläranlagen bestehen, erfolgt die Entsorgung in Hessen vor allem über eine Verwertung im Landschaftsbau und in Rheinland-Pfalz in vielen Fällen über die Landwirtschaft. Viele dieser Kläranlagen haben ein grundsätzliches Interesse an Entsorgungsalternativen rückgemeldet.

Aus ökologischer Sicht sind diese Entsorgungsalternativen unterschiedlich zu bewerten. Bei einer landwirtschaftlichen Verwertung werden die im Schlamm enthaltenen Pflanzennährstoffe als Düngemittel eingesetzt. Besonders bedeutend ist dabei der vergleichsweise hohe Anteil an Phosphor. Klärschlämme sind jedoch die festen Rückstände einer Abwasserreinigung. Sie enthalten entsprechend hohe Gehalte an anorganischen und organischen Schadstoffen, die über den Einsatz als Düngemittel ebenfalls auf den Ackerböden ausgebracht werden. Es gibt daher einen seit einigen Jahren deutlich zu erkennenden Trend zu einer thermischen Behandlung von kommunalen Klärschlämmen.

Hierfür bieten sich grundsätzlich zwei Entsorgungsalternativen an: Die Monoverbrennung von Klärschlämmen (bspw. Anlage der BASF) oder die Mitverbrennung vor allem in Kraftwerken. Letzteres ist in der Regel etwas kostengünstiger. Die Emissionsstandards von Kraftwerken sind jedoch tendenziell niedriger als von Klärschlammverbrennungsanlagen, was zu höheren Luftschadstofffrachten führt. Besonders zu beachten ist hier die Freisetzung von Quecksilber. Eine Monoverbrennung hat zudem den Vorteil, prinzipiell gerade den Pflanzennährstoff Phosphor aus der Verbrennungsrückgewinnung zu können. Da Phosphor eine knappe Ressource darstellt, kann dies zukünftig bedeutend werden. Bislang stehen einer Rückgewinnung noch technische Schwierigkeiten, vor allem jedoch hohe Kosten entgegen.

Da bei der Klärschlamm Entsorgung weniger die Frage der energetischen Nutzung im Vordergrund steht und die Schlämme auch kaum einen Energieüberschuss aufweisen, werden diese Biomassen bei der Diskussion zukünftiger Entsorgungslösungen im Rahmen des Projektes nicht mehr aufgegriffen.

Auch Rechengut entsorgen einige Kläranlagen stofflich, d.h. über Kompostierungsanlagen. Rechengut ist nur in Anteilen biogen. Im Wesentlichen handelt es sich um Siedlungsabfälle, die bewusst oder ungewollt über den Abwasserpfad entsorgt wurden und damit an Kläranlagen dem Abwasser entnommen werden müssen. Angesichts dieser Zusammensetzung sollte eine klassische Entsorgung über Müllverbrennungsanlagen erfolgen.

Die Entsorgung von Rechengut wird im Rahmen des Projektes bei der Diskussion von Entsorgungslösungen ebenfalls nicht mehr aufgegriffen.

2.1.3 Fazit

Als Potenziale lassen sich aus dem Bereich der Abfallbiomassen

- Bioabfälle aus Haushalten und
- kommunale Grünabfälle

benennen. Für diese Biomassen besteht die Möglichkeit zur deutlichen Steigerung der Erfassungsquoten, d.h. der getrennt gesammelten Mengen, sowie ein deutliches Potenzial zur Optimierung der Entsorgungslösungen aus Sicht des Umwelt- und Ressourcenschutzes.

Aus dem weiten Bereich der in der Landwirtschaft anfallenden Reststoffe lassen sich für folgende Biomassen relevante Potenziale benennen:

- Stroh
- Festmist
- Gülle

Die Analyse der Flächen-Potenziale zeigt, dass für

- Niederwald im Kurzumtrieb und
- Silomais als Biogassubstrat

nennenswerte Biomasse-Potenziale bestehen, ohne dass mit ihrem Anbau eine nachhaltige Flächenbewirtschaftung gefährdet würde.

Auch im Bereich der Forstwirtschaft dürften noch zusätzliche Holzmengen für eine energetische Nutzung zur Verfügung stehen. Es handelt sich um

- Kronenderbholz und
- Brennholz.

2.2 Räumliche Zuordnung der identifizierten Potenziale

Die Biomasse-Potenziale sind in der Region Rhein-Neckar naturgemäß nicht einheitlich verteilt. In diesem Kapitel werden die Aufkommensschwerpunkte der landwirtschaftlichen Biomassen, forstwirtschaftlichen Biomassen und Abfallbiomassen aufgezeigt.

2.2.1 Landwirtschaftliche Biomassen

2.2.1.1 Technische Potenziale

Die größten absoluten zusätzlich mobilisierbaren Potenziale für **Silomais** liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 500.000 t) und im Rhein-Neckar-Kreis (rund 420.000 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) ergeben sich die größten technischen Potenziale in der Stadt Ludwigshafen mit ca. 14,3 t/ha LF und der Stadt Frankenthal mit ca. 14,2 t/ha LF. Im Vergleich dazu verfügt der Rhein-Neckar-Kreis über ca. 10,9 t/ha LF und der Neckar-Odenwald-Kreis über ca. 10,7 t/ha LF.

Die räumliche Verteilung der größten technischen Potenziale für **Stroh** ist ähnlich, beschrieben sind immer die größeren Ackerbauregionen im Untersuchungsgebiet. Die größten absoluten technischen Potenziale für Stroh liegen ebenfalls im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 150.000 t) und im Rhein-Neckar-Kreis (rund 105.000 t). Auch in Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergeben sich die größten technischen Potenziale im Neckar-Odenwald-Kreis mit ca. 3,2 t/ha LF, gefolgt von der Stadt Mannheim mit ca. 2,9 t/ha. Im Vergleich dazu verfügt der Rhein-Neckar-Kreis über ca. 2,7 t/ha LF.

Die größten absoluten technischen Potenziale für **Dauergrünland** liegen ebenso im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 355.000 t) und im Landkreis Bergstraße (rund 325.000 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergeben sich im Landkreis Bergstraße mit ca. 13,7 t/ha LF die mit Abstand größten technischen Potenziale, gefolgt vom Neckar-Odenwald-Kreis mit ca. 7,6 t/ha LF. An dritter Stelle liegt der Rhein-Neckar-Kreis mit ca. 6 t/ha LF. Alle weiteren Landkreise und Städte verfügen über Potenziale zwischen 0,6 und 4,2 t/ha LF.

In aller Regel handelt es sich um Mittelgebirgslagen, aus denen sich die Landwirtschaft insgesamt und/oder die Grünlandbewirtschaftung in größerem Umfang zurückgezogen haben.

Die größten absoluten technischen Potenziale für **Niederwald im Kurzumtrieb** liegen abermals im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 35.000 t) und im Rhein-Neckar-Kreis (rund 30.000 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergeben sich in der Stadt Frankenthal und Stadt Mannheim mit jeweils rund 1 t/ha LF die größten technischen Potenziale.

Die mit Abstand größten absoluten technischen Potenziale für **Rinder-** (440.000 t/a) **und Schweinegülle** (85.000 t/a) liegen im Neckar-Odenwald-Kreis, gefolgt vom Landkreis Bergstraße mit rund 260.000 t Rindergülle und dem Rhein-Neckar-Kreis mit rund 230.000 t Rindergülle und 60.000 t/a Schweinegülle. In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergibt sich im Landkreis Bergstraße mit ca. 10,9 t/ha LF das größte technische Potenzial für Rindergülle. Der Neckar-Odenwald-Kreis folgt mit ca. 9,3 t/ha LF und weist auch die größten relativen Potenziale für Schweinegülle (ca. 1,8 t/ha LF) auf. Der Rhein-Neckar-Kreis folgt mit ca. 1,6 t/ha LF.

Im landwirtschaftlichen Bereich wurde zwischen dem technischen und zusätzlich mobilisierbaren Potenzial unterschieden. Das technische Potenzial ist jener Teil eines gegebenen theoretischen Potenzials, welcher unter Berücksichtigung gegebener, primär technischer, aber auch „unüberwindbarer“ ökologischer, struktureller und rechtlicher sowie administrativer Restriktionen nutzbar ist. Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial wird in dieser Untersuchung als Potenzial verstanden, welches im technischen Potenzial enthalten ist, aber, z. B. aufgrund noch ausstehender struktureller Veränderungen, noch keine Nutzung erfährt.

Die größten absoluten technischen Potenziale für **Pferdemist** liegen im Rhein-Neckar-Kreis (rund 29.000 t), im Landkreis Bergstraße (rund 23.000 t) und im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 20.000 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergibt sich in der Stadt Speyer mit ca. 1,7 t/ha LF das mit Abstand größte technische Potenzial. Der Landkreis Bergstraße folgt mit ca. 1 t/ha LF, während der Rhein-Neckar-Kreis noch ca. 0,8 t/ha LF aufweist. Im Vergleich dazu verfügt der Neckar-Odenwald-Kreis über ca. 0,4 t/ha LF.

Die mit Abstand größten absoluten technischen Potenziale für **Hühnerkot** liegen im Rhein-Neckar-Kreis (rund 9.500 t), gefolgt vom Neckar-Odenwald-Kreis (rund 3.500 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergibt sich in der Stadt Heidelberg mit ca. 0,3 t/ha LF das größte technische Potenzial.

2.2.1.2 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale

Die zusätzlich mobilisierbaren Potenziale stehen mit Ausnahme der Biomassearten Silomais und Dauergrünland in linearer Abhängigkeit zum technischen Potenzial und können daher als gleich bleibender Anteil an diesem ausgedrückt werden. Die qualitativen Ergebnisse für die zusätzlich mobilisierbaren Potenziale sind daher, bis auf die beiden Ausnahmen, identisch mit den technischen Potenzialen.

Die Ergebnisse für zusätzlich mobilisierbare Potenziale von landwirtschaftlichen Biomassen, welche zur Akquisition für Biomasse-Projekte (siehe Konzepte A bis F) in Frage kommen, sind im Folgenden aufgeführt. Es sind jeweils die Massen der drei Verwaltungseinheiten mit den höchsten BM-Potenzialen innerhalb ausgesuchter potenzialträchtiger Landkreise genannt.

Tabelle 5:
Zusätzlich mobilisierbare Potenziale in Relation zu technischen Potenzialen aus den Bereichen Land- und Forstwirtschaft

Art	BM-Typ	in % vom technischen Potenzial
Anbaubiomasse	Silomais	0 bis 22,7
	Stroh	10,0
	Dauergrünland	0 bis 100
	KUF	50,0
Viehhaltung	Pferdekot	58,9
	Hühnerkot	100,0
	Rindergülle	53,0
	Schweinegülle	96,0
Obstanlagen	Schnittgut	60,0
	Mähgut	100,0
	Rodungsmaterial	7,1
Rebanlagen	Rodungsmaterial	0,0
Forstwirtschaft	Waldholz (BH & NH)	10,6

Silomais

- Neckar-Odenwald-Kreis
v. a. Hardheim (10.300 t/a), Adelsheim (5.600 t/a), Rosenberg (5.300 t/a)
- Rhein-Neckar-Kreis
v. a. Sinsheim (12.700 t/a), Helmstadt-Bargen (4.800 t/a), Heddesheim (2.900 t/a)
- Kreis Bergstraße
v. a. Lampertheim (6.100 t/a), Biblis (5.500 t/a), Bensheim (3.200 t/a)

Stroh

- Neckar-Odenwald-Kreis
v. a. Buchen (2.000 t/a), Hardheim (1.600 t/a), Walldürn (1.400 t/a)
- Rhein-Neckar-Kreis
v. a. Sinsheim (2.500 t/a), Helmstadt-Bargen (700 t/a), Waibstadt (400 t/a)
- Kreis Bergstraße
v. a. Biblis (700 t/a), Lampertheim (700 t/a), Bensheim (400 t/a)

Dauergrünland (DGL)

- Kreis Bergstraße
v. a. Rimbach (11.300 t/a), Lautertal (7.700 t/a), Birkenau (7.500 t/a)
- Kreis Südliche Weinstraße
v. a. VG Bad Bergzabern (13.000 t/a), VG Edenkoben (7.800 t/a), VG Annweiler am Trifels (7.100 t/a)

- Kreis Bad Dürkheim
 - v. a. VG Grünstadt Land (11.300 t/a), Haßloch (5.400 t/a), VG Lambrecht (5.200 t/a)
- Neckar-Odenwald-Kreis
 - v. a. Rosenberg (5.700 t/a), Haßmersheim (500 t/a), Binau (100 t/a)

Kurzumtriebsflächen (KUF)

- Rhein-Neckar-Kreis
 - v. a. Sinsheim (302 ha), St. Leon-Rot (118 ha), Helmstadt-Bargen (114 ha)
- Neckar-Odenwald-Kreis
 - v. a. Buchen (377 ha), Hardheim (286 ha), Walldürn (263 ha)

Gülle (Rinder & Schweine)

- Rhein-Neckar-Kreis
 - v. a. Sinsheim (33.700 t/a), Weinheim (25.700 t/a), Wiesloch (10.500 t/a)
- Neckar-Odenwald-Kreis
 - v. a. Hardheim (34.500 t/a), Mudau (34.200 t/a), Buchen (32.700 t/a)
- Kreis Bergstraße
 - v. a. Wald-Michelbach (18.900 t/a), Fürth (14.500 t/a), Bensheim (13.700 t/a)

2.2.2 Forstwirtschaftliche Biomassen

2.2.2.1 Technische Potenziale

Die größten absoluten technischen Potenziale für Waldholz liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 230.000 t). An zweiter Stelle steht der Rhein-Neckar-Kreis (rund 165.000 t).

Relativ gesehen ergibt sich für die ersten beiden Positionen dieselbe Konstellation wie bei der absoluten Rangfolge. An erster Stelle steht der Neckar-Odenwald-Kreis mit 2,1 t/ha. An zweiter Stelle steht mit 1,6 t/ha der Rhein-Neckar-Kreis. Die Stadt Ludwigshafen folgt mit etwa 1,5 t/ha, die Landkreise Bergstraße, Bad Dürkheim und Germersheim mit jeweils etwa 1,4 t/ha.

2.2.2.2 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale

Die größten absoluten zusätzlich mobilisierbaren Potenziale liegen mit ca. 0,22 t/a (rund 24.500 t/a) im Neckar-Odenwald-Kreis. An zweiter Position steht der Rhein-Neckar-Kreis mit 0,17 t/ha (rund 17.500 t/a). Der Landkreis Bergstraße folgt an dritter Stelle mit ca. 0,14 t/a (rund 10.500 t).

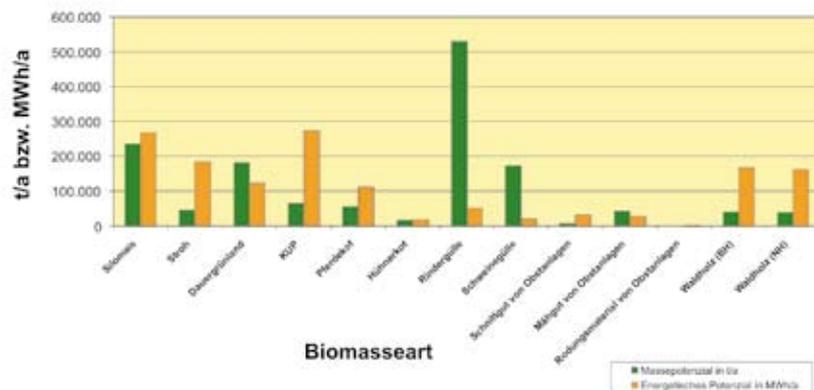
Die Potenziale des Neckar-Odenwald-Kreises befinden sich hauptsächlich im westlichen und nördlichen Teil des Landkreises. Die waldreichen Gebiete grenzen im Westen an den Rhein-Neckar-Kreis (Baden-Württemberg) und Odenwald-Kreis (Hessen), im Norden an den Landkreis Miltenberg (Bayern) und im Osten an den Main-Tauber-Kreis. Die südliche Grenze von Ost nach West verläuft über die Orte Hardheim, Walldürn, Buchen, Limbach, Elztal, Neckarzimmern, Obrigheim und Neunkirchen.

Die Potenziale des Rhein-Neckar-Kreises liegen ebenfalls vor allem im nördlichen Teil, welcher im Westen an die Stadt Mannheim, im Norden und Osten an den Landkreis Bergstraße und im Süden an die Stadt Heidelberg angrenzt. Außerdem ist der Raum rund um Eberbach, welcher ebenfalls im Norden des Landkreises liegt, als Schwerpunktregion zu nennen. Beide Regionen werden nur durch den südlichsten Zipfel des Landes Hessen getrennt.

2.2.3 Potenzialübersicht für Land- und Forstwirtschaft

Die nachfolgende Abbildung zeigt zusammenfassend alle zusätzlich mobilisierbaren Potenziale aus der Land- und Forstwirtschaft im Überblick.

Abbildung 2:
 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale aus den
 Bereichen Land- und Forstwirtschaft



Wie zu erkennen ist, stellt die Gülle das massereichste Potenzial dar, welches aber nur verhältnismäßig wenig Energie liefert. Jedoch kann durch Güllebehandlung große Geruchsbelastung entstehen, falls Gülle, welche zur landwirtschaftlichen Düngung bestimmt sind, zuerst in Biogasanlagen verwertet werden.

2.2.4 Abfallbiomassen

Die Verwertung von **Bioabfällen aus Haushalten** steht im linksrheinischen Teil der Metropolregion vor einem Umbruch. Hier sind die Planungen am weitesten in Richtung Kaskadennutzung vorangeschritten. Auch wenn hier teilweise noch deutliche Steigerungen der Sammelerfolge möglich sind,

- v. a. Neustadt an der Weinstraße (4.700 t/a), Frankenthal (3.100 t/a), Rhein-Pfalz-Kreis (8.400 t/a), Kreis Germersheim (2.500 t/a)

so ist mit den Planungen in Germersheim und Grünstadt zukünftig eine hochwertige Verwertung gesichert. Es sollte darauf geachtet werden, inwieweit die technische Optimierung des Verwertungskonzeptes nicht verbunden werden könnte mit einer Ausdehnung der Bioabfalleffassung.

Die eigentlichen Potenziale im Sinne der Projektaufgabenstellung liegen in der rechtsrheinischen Teilregion der Metropolregion. Zu nennen sind hier vor allem:

- Rhein-Neckar-Kreis
 Erweiterung der Bioabfallsammlung um 29.900 t/a und Nutzung von dann 35.600 t/a auch zur Biogaserzeugung

- Heidelberg
Erweiterung der Bioabfallsammlung um 3.100 t/a und Nutzung der dann 11.600 t/a auch zur Biogaserzeugung
- Kreis Bergstraße
Erweiterung der Bioabfallsammlung um 400 t/a und Verlagerung der Bioabfallverwertung nach ausschließlich innerhalb der Metropolregion sowie Nutzung der dann 31.700 t/a auch zur Biogaserzeugung
- Mannheim
Nutzung der 9.600 t/a auch zur Biogaserzeugung

Über Aufkommen und Verbleib der **kommunalen Grünabfälle** liegen keine sonderlich belastbaren Informationen vor. Potenziale lassen sich entsprechend schwierig quantifizieren.

Die größten Anstrengungen zur Steigerung der Erfassungsmengen sind sicherlich im Rhein-Neckar-Kreis zu erwarten. Selbst wenn man die bestehenden Kapazitäten der Kompostierungsanlagen berücksichtigt, ergeben sich Differenzmengen, die im fünfstelligen Bereich liegen. Weitere derartige Potenziale müssten vor allem noch in der Südpfalz und im Kreis Bergstraße gegeben sein.

Eine Steigerung der Erfassungsmengen ist deshalb vor allem möglich im

- Rhein-Neckar-Kreis (ca. 15.000 t/a)
- Kreis Germersheim (ca. 2.900 t/a)
- Kreis Bergstraße (4.200 t/a)

und am relevantesten in den Siedlungsschwerpunkten dieser Gebietskörperschaften.

Eine Optimierung der Verwertung ist vor allem in den Teilregionen notwendig, in denen die erfassten Grünabfallmengen gehäckselt und dann ohne weitere Behandlungsschritte auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden. Dies gilt vor allem für:

- Neckar-Odenwald-Kreis
- tlw. Rhein-Neckar-Kreis.

Für die linksrheinischen Körperschaften konnte der Verbleib nicht immer nachgezeichnet werden. Möglicherweise sind auch hierunter einige Gebietskörperschaften, in denen kommunale Grünabfälle teilweise nur direkt auf Ackerflächen ausgebracht werden.

2.2.5 Fazit

Als Fazit lassen sich nicht unerhebliche Biomasse-Potenziale erkennen, die sich räumlich aber deutlich eingrenzen lassen.

Gerade bei den landwirtschaftlichen Biomassen handelt es sich um die Ackerbauregionen in den Kreisen Neckar-Odenwald, Rhein-Neckar und Bergstraße. In diesen Regionen liegen auch die großen Siedlungsschwerpunkte der Metropolregion und damit auch das Aufkommen an Abfallbiomassen, die gerade rechtsrheinisch (und damit in den genannten Kreisen) noch nicht optimal genutzt werden.

Betrachtet man die forstwirtschaftlichen Biomasse-Potenziale, so werden auch hier diese Kreise benannt. Das Aufkommen liegt hier aber vor allem in den Mittelge-

birgslagen mit den entsprechend hohen Waldanteilen. Dieses Biomasseaufkommen korreliert räumlich stark mit den Biomassen aus Grünflächen bzw. aus der Landschaftspflege und damit aus dem Bestreben, einen Teil der Flur offen zu halten.

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass gerade im linksrheinischen Teilgebiet der Metropolregion nur noch kleine ungenutzte Potenziale bestehen. Dies liegt zum einen daran, dass aufgrund der Agrarstruktur landwirtschaftliche Biomassen eine geringere Bedeutung haben. Es ist aber auch darauf zurück zu führen, dass Biomasse-Stoffstrommanagement und damit die Mobilisierung und Nutzung der Biomasse-Potenziale in Rheinland-Pfalz auf eine längere Tradition zurückgreifen kann.

3 Impulse zur Biomassenutzung

Auf Basis der so gewonnenen Kenntnisse über die Potenziale der einzelnen Biomassen sowie ihrer räumlichen Verteilung lassen sich nun Lösungsansätze beschreiben, die Impulse zur Verbesserung der bestehenden Situation geben sollen. Derartige Impulse sind vielfach denkbar und können eine Vielzahl von Biomassen und Regionen einbeziehen.

Die nachfolgend genannten Konzepte und Kooperationen sind daher nur beispielhaft zu verstehen. Es gibt immer zahlreiche weitere Möglichkeiten, auf ähnliche Weise, aber in anderen Teilregionen vergleichbare Impulse zu setzen. Die bei der Realisierung zu berücksichtigenden vergaberechtlichen Vorgaben wurden im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet. Die Vergabe von Entsorgungsdienstleistungen, also auch die Vergabe der Behandlung von Bio- und Grünabfall, unterliegt dem Vergaberecht und ist demnach auszuschreiben. Ob dies bei Kooperationen von Gebietskörperschaften über entsprechende Rechtsformen ebenfalls gilt, ist zu prüfen.

Mit den Lösungsansätzen sollten zudem auch die Biomassen aufgegriffen werden, für die sich bislang noch keine hochwertigen Verwertungswege etablieren konnten. Es machte bspw. keinen Sinn, einen Impuls für eine weitere landwirtschaftliche Biogasanlage zu setzen, die vorrangig auf Anbaubiomasse, d.h. bspw. Silomais, zurückgreift. Im Fokus standen eher Biomassen, für deren Nutzung nicht auf Konzepte zurückgegriffen werden kann, die aus ökologischer und vor allem ökonomischer Sicht so vorteilhaft sind, dass sie quasi aus den Markterfordernissen heraus als Selbstläufer entwickelt und umgesetzt werden.

Letztendlich sollten die Impulse möglichst in allen Teilregionen der Metropolregion ansetzen und sich damit nicht nur auf den rechtsrheinischen Raum konzentrieren, auch wenn hier die größten Potenziale ermittelt werden konnten.



Abbildung 3:
Darstellung der Schwerpunktgebiete
bezüglich der Konzepte A bis F

Die Konzepte A und B zielen vor allem auf die Bioabfälle aus Haushalten ab und beziehen in die Nutzungskonzepte die kommunalen Grünabfälle aus den regionalen Einzugsbereichen mit ein. Um eine für eine ambitionierte technische Lösung ausreichende Durchsatzleistung zu erhalten, sind hierfür Kooperationen zwischen Heidelberg und dem Rhein-Neckar-Kreis (Konzept A) bzw. Mannheim und dem Kreis Bergstraße (Konzept B) beispielhaft angedacht.

Konzept C widmet sich der Frage der Mobilisierung von Biomassen aus der Landschaftspflege in peripheren Mittelgebirgslagen. Die Problemstellungen sind sowohl im Odenwald als auch im Pfälzer Wald anzutreffen. Gewählt wurde ein linksrheinischer Impuls. Neben dem Landschaftspflegegut steht hier auch die Einbeziehung weiterer Biomassen wie kommunale Grünabfälle, gewerbliche Biomassen sowie Waldrestholz in der Diskussion.

Konzept D versucht einen Impuls für ein Wärmeversorgungskonzept auf Basis Waldrestholz, kommunale holzartige Grünabfälle sowie Holz aus Niederwald im Kurzumtrieb zu setzen. Ausgewählt wurde hierfür der Neckar-Odenwald-Kreis und hier nach einer Abfrage der Interessenslage der einzelnen Kommunen die Stadt Buchen.

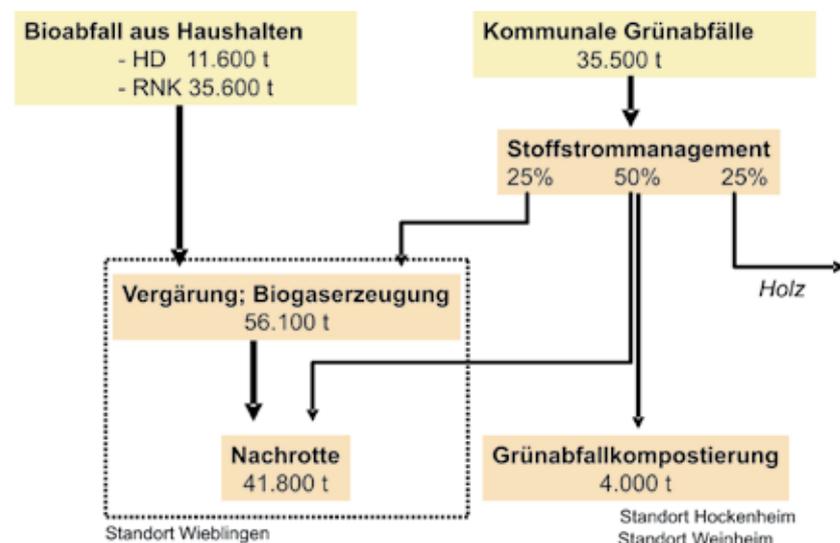
Die dezentrale Nutzung von Gülle in Kleinbiogasanlagen hat sich bislang nur im kleinen Umfang durchsetzen können. Mit Konzept E soll hierfür in einer entsprechend viehstarken Teilregion ein Impuls gesetzt werden. Hierfür wurde, in Abstimmung mit der Kreisverwaltung, Wald-Michelbach im Kreis Bergstraße gewählt mit einigen Milchviehbetrieben und bestehenden Vorüberlegungen vor Ort. In diese Nutzungskonzepte sind immer auch Anbaubiomasen als Co-Substrat eingebunden.

Konzept F widmet sich der Nutzung von Polderflächen entlang des Rheins für die Bereitstellung von Energiehölzern aus Kurzumtriebsflächen. Ziel ist die Ausarbeitung eines Konzepts, das diese Niederwaldwirtschaft verbindet mit Erfordernissen zur Ausweisung von Ausgleichs- und Entwicklungsflächen.

3.1 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept A

Das Konzept untersucht beispielhaft eine umfassende Nutzung der Bioabfälle aus Haushalten und der kommunalen Grünabfälle aus der Stadt Heidelberg sowie dem Rhein-Neckar-Kreis. Gleichermaßen sind andere Kooperationen der rechtsrheinischen Partner der Metropolregion, wie z.B. Kreis Bergstraße oder Stadt Mannheim, denkbar. Es zielt auf die gemeinsame Verwertung der Biomassen in einer zentralen, im Siedlungsschwerpunkt der Rheinebene gelegenen Anlage ab.

Abbildung 4:
Darstellung der Stoffströme
bezüglich des Konzepts A



Hinweis: Bei den kommunalen Grünabfällen wurden lediglich die Potenziale aus der Rheinebene betrachtet, daraus ergeben sich Abweichungen zwischen der genannten und in Tabelle 4 gezeigten Mengen.

In der Stadt Heidelberg gibt es seit vielen Jahren flächendeckend eine Biotonne. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Erfassungsmengen

nur noch wenig steigern lassen. Im Rhein-Neckar-Kreis dagegen ist die Biotonne auf freiwilliger Basis eingeführt, mit recht geringem Erfolg. Hier sind deutliche Steigerungsraten möglich. Die mobilisierbaren Bioabfallmengen sollten mindestens das Niveau erreichen, das bei Umstellung weg von den Mehrkammertonnen bereits erreicht wurde.

Bei der derzeitigen Sammlung der kommunalen Grünabfälle zeigt sich ein ähnliches Bild. Während Grünabfälle in Heidelberg über ein Netz an Sammelplätzen erfasst und zu Kompost verarbeitet werden, erfolgt die Sammlung im Rhein-Neckar-Kreis uneinheitlich. Durch die Abfallentsorgungsgesellschaft AVR werden Grünabfälle auf Abruf ab Grundstücksgrenze gesammelt. Außerdem dienen eigene Entsorgungsanlagen als Annahmestellen. Das Gros der Grünabfallerfassung erfolgt jedoch über Häckselplätze in der Verantwortung der einzelnen Gemeinden oder über private Kompostierungsanlagen. In vielen Fällen werden die Grünabfälle nur gehäckselt und ohne weitere Behandlung auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Im Rhein-Neckar-Kreis dürften sich demnach gegenüber heute deutlich größere Grünabfallmengen für eine hochwertige Verwertung mobilisieren lassen.

Grünabfälle sind je nach Jahreszeit ganz unterschiedlich zusammengesetzt. Grünabfälle können Grasschnitt, aber auch Astholz sein. Das holzige Material eignet sich eher zur Hackschnitzelherstellung und Energieerzeugung. Nur wenige Grünabfälle sind als Substrat für die Biogaserzeugung geeignet. Im Mittel lassen sich etwa 50% der Grünabfälle (Feinkorn) nur über klassische Grünabfallkompostierungsanlagen zu hochwertigen Komposten verarbeiten.

Dies erfordert eine Auftrennung der Grünabfälle nach den unterschiedlichen Verwertungswegen, und zwar möglichst dort, wo auch die Kompostierung durchgeführt wird. Es wird vorgeschlagen, hierfür auf die vorhandene Anlagenstruktur zurück zu greifen (Kompostierungsanlagen in Hockenheim und Weinheim). Aufgrund der großen Transportdistanzen sollten Grünabfälle aus dem Kraichgau auch weiterhin möglichst dort verwertet werden, bspw. über die Kompostierungsanlagen in Bammental und Zuzenhausen und das neue Biomasseheizkraftwerk in Sinsheim. Für die übrigen holzigen Grünabfälle bietet sich eine energetische Verwertung im neuen Biomasseheizwerk in Heidelberg an.

Das zentrale Element einer zukünftigen optimierten Verwertung von Bioabfällen aus Haushalten (und in Anteilen kommunalen Grünabfällen) ist eine Vergärungsanlage zur Biogaserzeugung. In der Studie wurden bereits bestehende Standorte in einer Erstbetrachtung geprüft. Die vergleichsweise am besten geeigneten Standorte sind in folgender Präferenz:

1. Kompostierungsanlage in Heidelberg-Wieblingen
2. Entsorgungszentrum REL in Ladenburg

Diese beiden Standorte liegen günstig zum Siedlungsschwerpunkt und sind gut energetisch eingebunden. In Wieblingen bietet sich eine Einspeisung in das Erdgasnetz an, in Ladenburg eine Nutzung über Kraft-Wärme-Kopplung im benachbarten Industriegebiet, da hier ein entsprechender ganzjähriger Wärmebedarf bestehen dürfte. Am Standort Wieblingen könnte zudem in großem Umfang auf eine vorhandene Anlagenstruktur (vor allem für die Nachrotte) zurückgegriffen werden.

Alle anderen untersuchten Standorte in der Rheinebene zwischen Weinheim im Norden und Wiesloch im Süden sind weniger gut geeignet.

Das Konzept bezieht die bestehenden privaten Kompostierungsanlagen mit ein. An den Standorten Hockenheim und Weinheim („K“) erfolgt eine Sammlung der Grün-

Abbildung 5:
 Darstellung der Biomasse-Logistik
 bezüglich des Konzepts A



abfallmassen aus den umliegenden Gemeinden, eine Stoffstrombewirtschaftung und ein Umschlag und Weitertransport nur des vergärbaren Anteils zur zentralen Vergärungsanlage in Heidelberg oder Ladenburg. Auch am AEZ Wiesloch erfolgt eine Stoffstrombewirtschaftung. Von hier aus wird jedoch auch der zur Kompostierung vorgesehene Massenstrom nach Heidelberg weitergereicht.

Die Bioabfälle aus Haushalten werden sämtlich an der zentralen Vergärungsanlage angeliefert.

3.1.1 Technische Lösungen

Die zentralen Bausteine des Verwertungskonzeptes sind die Vergärung der Biomassen und das Konzept der Nutzung des erzeugten Biogases. Angesichts der Verwertungseigenschaften der Biomassen und der Randbedingungen an den Standorten werden verschiedene Lösungsansätze diskutiert und bewertet.

Mit wachsendem Anteil kommunaler Grünabfälle und zunehmender Sammlung von Gartenabfällen über die Biotonne haben die Biomassen im Substrat eine wachsende Bedeutung, die sich nicht einfach und in großen Anteilen zu Biogas umsetzen lassen. Neben einer konventionellen Vergärungsanlage wurde daher auch untersucht, inwieweit eine vorgeschaltete Vorbehandlung mittels thermisch induzierter Hydrolyse (TIH) aus ökologischer und ökonomischer Sicht vorteilhaft sein kann.

Am Standort Wieblingen ist eine optimale Nutzung des erzeugten Biogases vor Ort nicht möglich, da keine Wärmeabnehmer vorhanden sind. Für die energetische Nutzung des Biogases werden daher Lösungen diskutiert, die eine Aufbereitung zu Erdgasqualität und eine Einspeisung in das Erdgasnetz vorsehen. Das Gas wird an einer anderen Stelle dem Gasnetz entnommen, an der eine Kraft-Wärme-Kopplung mit hohen energetischen Wirkungsgraden möglich ist. Das Gas wird demnach zu einem idealen Abnehmer auf die Reise geschickt.

Ein derartiges Nutzungskonzept ist auch am Standort Ladenburg möglich. In Nachbarschaft zum diesem Standort befindet sich ein Industriegebiet, in dem Branchen angesiedelt sind, die einen kontinuierlichen Wärmebedarf haben könnten. Unklar ist, inwieweit die Abwärme aus einem Biogas-BHKW den dortigen Anforderungen entspricht. Ein Nutzungskonzept des Biogases könnte sein, im Industriegebiet ein Biogas-Blockheizkraftwerk zu errichten, das mit Biogas aus der Vergärungsanlage versorgt wird. Konservativ wird ein thermischer Wirkungsgrad von 43% unterstellt. Möglich wären aber auch Raten von bis zu 80%.

Die diskutierten Lösungen sind demnach:

- A ist: derzeitige Situation der Biomassenutzung
- A Pot 01: konventionelle Vergärung, Biogasnutzung im BHKW mit Ox-Kat
- A Pot 02: TIH + Vergärung, Biogasnutzung im BHKW mit Ox-Kat
- A Pot 03: TIH + Vergärung, Aufbereitung und Einspeisung in Erdgasnetz, Nutzung in einem Erdgas-BHKW mit vollständiger Wärmenutzung

Die nächste Tabelle zeigt neben dem thermischen Wirkungsgrad weitere konzeptzugehörige Anlagenkennzahlen.

Parameter	Einheit	Kenndaten -	
		konventionelle Vergärung	Vergärung mit vorgeschalteter TIH
Biogasertrag	m ³ /t FS	121,9	131,3
Methangehalt Biogas	Vol%	58,6	58,6
BHKW elektr. Leistung	kW _{el}	2 x 1.130	2 x 1.260
Betriebsstunden	h/a	8.000	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40	40
Wirkungsgrad thermisch	%	43	43
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	16	18
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	15	38

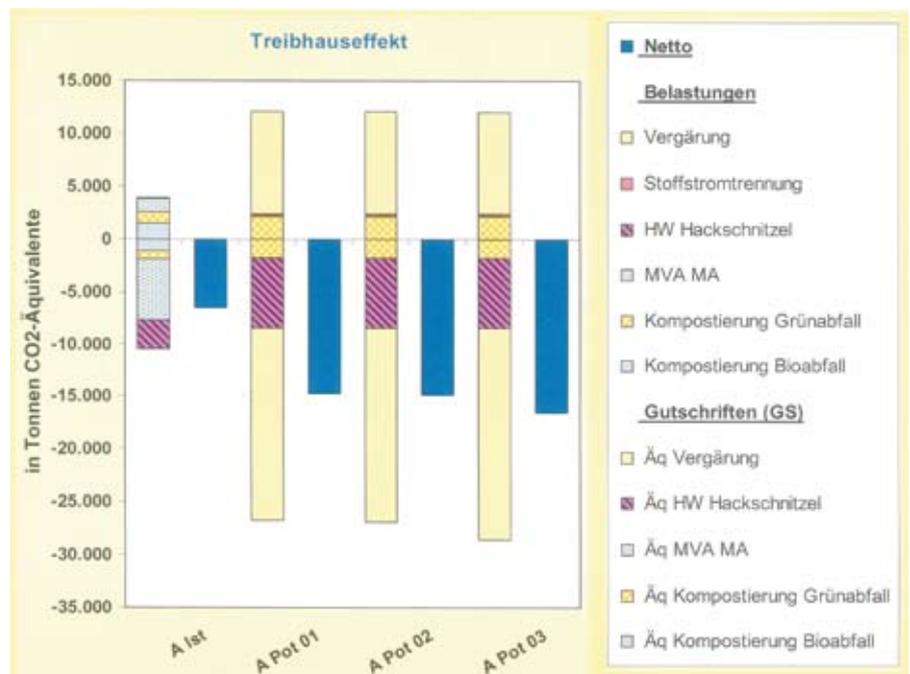
Tabelle 6:
Anlagenkennzahlen bzgl. des Konzepts A

3.1.2 Ökologische Bewertung

Die drei Potenzialszenarien zeigen keine großen Unterschiede im Ergebnis. Die Vergärung mit TIH zeigt ein geringfügig höheres Nettoergebnis. Dies belegt, dass der Nutzen aus der höheren Gasausbeute die dafür erforderlichen höheren Energieaufwendungen mehr als aufwiegt, allerdings nur in geringem Umfang. Aber der Vorteil ist so gering, dass aus ökologischer Sicht keine Bevorzugung zu empfehlen ist. Angesichts der noch unsicheren Datenlage ist jedoch unklar, inwieweit der immanente Vorteil dieses Verfahrensansatzes ausreichend gewürdigt ist.

Ein größerer Unterschied ergibt sich unter den diskutierten Varianten aus dem unterschiedlichen Umgang mit dem erzeugten Biogas. Besonders vorteilhaft stellt sich die Lösung dar, die eine Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und Nutzung in einem BHKW vorsieht, wobei die erzeugte Wärme vollständig genutzt werden kann. Die zusätzliche Wärmenutzung bewirkt hier das günstigere Abschneiden im Nettoergebnis. Ist eine vollständige Wärmenutzung vor Ort nicht möglich, rentiert sich demnach der Aufwand der Aufbereitung zu Biomethan und Einspeisung in das Erdgasnetz, allerdings nur dann, wenn an einem anderen Standort ein ganzjähriger Wärmeabnehmer existiert.

Abbildung 6:
Abbildung des Treibhauseffekts bezüglich der Optionen für Konzept A



3.1.3 Ökonomische Bewertung

Für die ökonomische Bewertung wurden die Investitions-, Substrat-, Energieeigenbedarfs-, Wartungs- und Instandhaltungs- sowie Personal- und Verwaltungssachkosten über eine Laufzeit von 10 Jahren (Biogasanlagen) bzw. 20 Jahren (HHS-Heizanlagen) mit den entstehenden Umsätzen verrechnet und auf ihre ökonomischen Auswirkungen hin betrachtet.

Der Renditevergleich der drei diskutierten Varianten zeigt eine klare Präferenz. Die Optionen 1 und 2 sind eindeutig dazu in der Lage, einen positiven Deckungsbeitrag zu erzielen, wobei die erweiterte Lösung mit thermisch induzierter Hydrolyse und Biogaserzeugung am besten abschneidet. Option 3 schneidet v. a. aufgrund der hohen Kosten für die Gasaufbereitung und Einspeisung in das Gasnetz und auch den damit verbundenen Umsatzverlusten für höhere Eigenbedarfe am schlechtesten ab.

3.1.4 Empfehlung

Wie die ökologische Bewertung zeigte, sind eine Ausweitung der Bioabfallerrfassung und eine umfassende Nutzung der kommunalen Grünabfälle sinnvoll.

Dies bedeutet vor allem für den Rhein-Neckar-Kreis eine Optimierung der abfallwirtschaftlichen Praxis. Mit einer Novellierung der Abfallsatzung müsste eine getrennte Erfassung des Biomülls aus Haushalten verpflichtend und schrittweise über entsprechende Gebührenerreize und Öffentlichkeitsarbeit möglichst flächendeckend eingeführt werden.

Die kommunalen Grünabfälle werden im Kreis in großem Umfang über die Kommunen erfasst und entsorgt. Es befinden sich einige Kompostierungsanlagen im Kreis, die nicht von der Abfallentsorgungsgesellschaft des Kreises, sondern durch private Dritte betrieben werden. In manchen Fällen erfolgt bislang auch nur eine Zerkleinerung und Entsorgung auf landwirtschaftlichen Flächen. Die Grünabfallerrfassung muss nach dem vorliegenden Konzept deutlich ausgeweitet und systematisiert werden und ein gezieltes Stoffstrommanagement umfassen. So lassen sich die Anteile gewinnen, die sich energetisch sinnvoll als Hackschnitzel oder über Vergärungsanlagen nutzen lassen. Der Hauptmassenstrom wird auch danach weiterhin aerob zu Kompost verarbeitet werden. Das mit dem Steckbrief vorgestellte Nutzungskonzept sieht daher eine Einbeziehung der bestehenden Kompostierungsanlagen vor.

Aufgrund der geographischen Lage bietet sich zur energetischen Nutzung der Bioabfälle aus Haushalten und der kommunalen Grünabfälle eine Kooperation zwischen der Stadt Heidelberg und dem Rhein-Neckar-Kreis an. Nur für die kommunalen Grünabfälle, die in den im Kraichgau gelegenen Gemeinden zur Verwertung anfallen, sollte aufgrund der hohen Transportentfernungen eine eigenständige Verwertungslösung gesucht werden.

Mit der Kooperation zwischen Heidelberg und dem Rhein-Neckar-Kreis werden Massenströme erreicht, die auch höhere Investitionskosten bspw. zur energetischen Nutzung des Biogases ermöglichen.

Unter den bestehenden Abfallbehandlungsstandorten sind die Standorte Kompostierungsanlage in Heidelberg-Wieblingen und Entsorgungszentrum REL in Ladenburg vergleichsweise am günstigsten.

Eine Präferenz unter diesen Standorten ergibt sich aus ökologischer Sicht vor allem in den Möglichkeiten zur energetischen Einbindung.

Am günstigsten wäre eine direkte Nutzung des erzeugten Biogases in einem BHKW an einem Standort, der eine hohe Wärmeabnahmerate versprechen würde. Dies ist am Standort Wieblingen wohl nicht möglich, möglicherweise aber durch die benachbarten Industriebetriebe im Industriegebiet Ladenburgs. Hier könnte in großem Umfang Bedarf an Wärme bestehen.

Wenn eine optimierte Nutzung der Überschusswärme (80%) gegeben ist, wäre gerade aus ökologischer Sicht der Standort Ladenburg vorteilhaft. Ist eine umfassende Nutzung der Überschusswärme nicht möglich, sollte eine Aufbereitung zu Erdgas erfolgen, verbunden mit einer Nutzung über Kraft-Wärme-Kopplung an einem anderen energetisch gut eingebundenen Standort. Dieses Konzept ist an beiden Standorten möglich, mit Präferenz für den Standort Wieblingen, die sich aus ökonomischer Sicht ergibt. Hier ist eine Weiternutzung der Rottehallen zur Nachrotte der Gärrückstände sowie anderer Gebäude und Anlagen möglich.

3.2 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept B

Das Konzept sieht eine umfassende Nutzung der Bioabfälle aus Haushalten sowie der kommunalen Grünabfälle aus der Stadt Mannheim sowie dem Kreis Bergstraße vor. Gleichmaßen sind andere Kooperationen der rechtsrheinischen Partner der Metropolregion, wie z.B. Rhein-Neckar-Kreis oder Stadt Heidelberg, denkbar. Es zielt auf die gemeinsame Verwertung der Biomassen in einer zentralen, im Siedlungsschwerpunkt in der Rheinebene gelegenen Anlage ab.

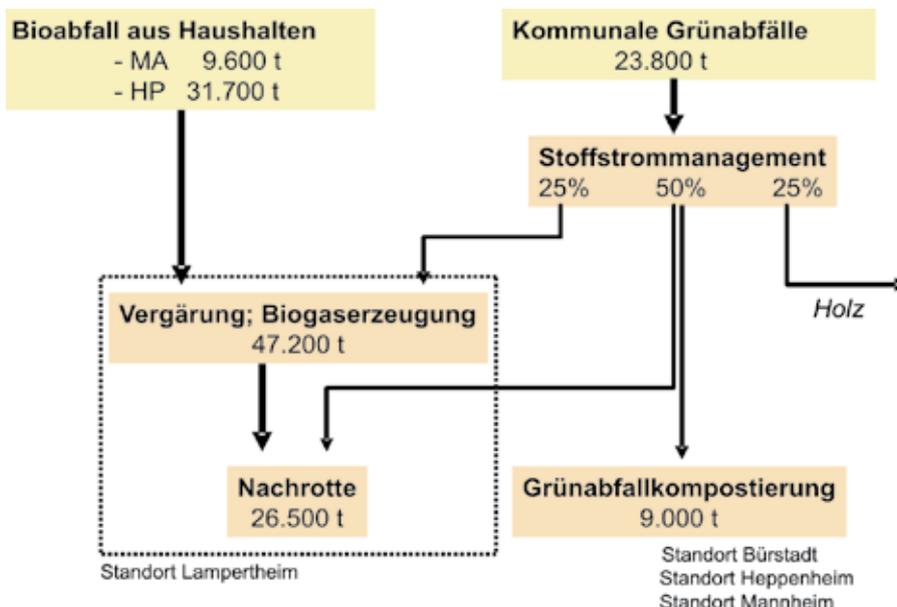


Abbildung 7:
Darstellung der Stoffströme
bezüglich des Konzepts B

Hinweis: Bei den kommunalen Grünabfällen wurden lediglich die Potenziale aus der Rheinebene betrachtet, daraus ergeben sich Abweichungen zwischen der genannten und in Tabelle 4 gezeigten Mengen.

Sowohl im Kreis Bergstraße als auch in der Stadt Mannheim gibt es seit vielen Jahren eine getrennte Erfassung von Bioabfällen über die Biotonne. In Rücksprache mit den Entsorgungsgesellschaften kann von keinen weiteren Mengensteigerungen ausgegangen werden.

Auch bei der Sammlung kommunaler Grünabfälle wurde in den beiden Gebietskörperschaften ein guter Status erreicht. Im Kreis Bergstraße haben sich eine Vielzahl kleiner Grünabfallkompostierungsanlagen etabliert, die möglichst in ein Nutzungskonzept eingebunden werden sollten, bspw. zum Stoffstrommanagement. Aufgrund der großen Transportdistanzen wird auf eine Einbeziehung der Grünabfälle aus dem südlichen Kreisgebiet (Hirschhorn, Neckarsteinach) sowie den im Odenwald gelegenen Ortschaften verzichtet.

Grünabfälle sind je nach Jahreszeit ganz unterschiedlich zusammengesetzt. Grünabfälle können Grasschnitt, aber auch Astholz sein. Das holzige Material eignet sich eher zur Hackschnitzelherstellung und Energieerzeugung. Nur wenige Grünabfälle sind als Substrat für die Biogaserzeugung geeignet. Im Mittel lassen sich etwa 50%

der Grünabfälle (Feinkorn) nur über klassische Grünabfallkompostierungsanlagen zu hochwertigen Komposten verarbeiten.

Das zentrale Element einer zukünftigen optimierten Verwertung von Bioabfällen aus Haushalten (und in Anteilen kommunalen Grünabfällen) ist eine Vergärungsanlage zur Biogaserzeugung. Die vergleichsweise am besten geeigneten Standorte sind in folgender Präferenz:

1. Kompostierungsanlage in Lampertheim
2. Deponie Hüttenfeld
3. Kläranlage Mannheim-Scharhof

Der Schwerpunkt des Bioabfallaufkommens liegt eher im Kreis Bergstraße. Die Anbindung der Standorte an das Straßennetz ist in allen Fällen gut und ohne Ortsdurchfahrten realisierbar.

Auf allen drei Standorten lässt sich das erzeugte Biogas vergleichsweise gut energetisch nutzen bzw. in ein Gasnetz einspeisen. Vorteilhaft ist eine direkte Nutzung des Biogases über Kraft-Wärme-Kopplung mit möglichst hohem Nutzungsgrad für die anfallende Überschusswärme. Dies scheint am ehesten im Falle des Kompostwerkes Lampertheim gegeben zu sein. Hier dürften die benachbarten Industriebetriebe einen Wärmebedarf haben. Beim Standort Hüttenfeld wäre dies vor allem durch die mittelbare Nachbarschaft der Tierkörperbeseitigungsanstalt gegeben.

Am Standort Scharhof besteht keine erkennbare Möglichkeit der externen Nutzung von Überschusswärme. Denkbar sind eine Aufbereitung des Biogases zu Erdgasqualität und eine Einspeisung in das Erdgasnetz. Entsprechende Netze liegen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Standort.

Die Nutzungsmöglichkeiten der Gärrückstände bzw. der daraus erzeugten Komposte sind an den Standorten unterschiedlich.

Das mit dem Standort Kläranlage Scharhof verbundene technische Konzept sieht eine Vergasung der Gärrückstände vor. Es verbleiben demnach keine Gärrückstände für eine landwirtschaftliche Verwertung. Die landwirtschaftliche Situation für den Standort Lampertheim weist einen ausreichenden Einzugsbereich für die Ausbringung der Gärrückstände auf landwirtschaftlichen Flächen als Düngemittel auf. Im Umfeld des Standorts Deponie Hüttenfeld werden Sonderkulturen (bspw. Spargel) angebaut mit einem im Vergleich zu Feldfrucht erhöhten Bedarf an Humusträgern. Für diesen Standort dürften sich daher am ehesten Absatzmöglichkeiten für die kompostierten Gärrückstände im direkten Standortumfeld ergeben.

Die Standortgrößen sind unterschiedlich. Vergleichsweise entspannt zeigt sich die Situation auf der Deponie Hüttenfeld. Der Standort verfügt über große Flächenreserven sowie als alter Deponiestandort über eine ausreichend große Distanz zu immisionsempfindlichen Gebieten, d.h. zur Ortslage Hüttenfeld. Die Bedingungen am Standort Kompostwerk Lampertheim sind bedeutend schwieriger. Der Standort liegt vergleichsweise nahe zur Ortslage Lampertheim, allerdings in unmittelbarer Nachbarschaft zu einer Kläranlage. Durch Rückgriff auf benachbarte gewerbliche Flächen dürfte er sich auf eine ausreichende Größe bringen lassen. Vorteilhaft ist, auf vorhandene Einrichtungen insbesondere zur Nachkompostierung zurückgreifen zu können.

Alle anderen im Stadtgebiet Mannheim und im Kreis Bergstraße in der Rheinebene untersuchten und diskutierten Standorte weisen eine deutlich geringere Eignung auf. Das Nutzungskonzept sieht eine dezentrale Sammlung der Grünabfälle und Aufbe-

reitung vor. Bei diesen Punkten handelt es sich um Kompostierungsanlagen. In Mannheim ist dies die Anlage auf der Friesenheimer Insel, in Heppenheim die vom Zweckverband betriebene Anlage sowie die Kompostierungsanlage im Stadtgebiet Bürstadt. An diesen Standorten erfolgen die Abtrennung der holzigen und vergärbaren Teilfraktionen und die Grünabfallkompostierung des verbleibenden Hauptmassenstroms (50%). Die Bioabfälle aus der Biotonne werden ohne weitere Aufbereitungsschritte direkt zur Vergärungsanlage geliefert.



Tabelle 8:
Darstellung der Biomasse-Logistik
bezüglich des Konzeptes B

3.2.1 Technische Lösungen

Die zentralen Bausteine des energetischen Verwertungskonzeptes sind die Vergärung der Biomassen und das Konzept der Nutzung des erzeugten Biogases. Angesichts der Verwertungseigenschaften der Biomassen und der Randbedingungen an den Standorten werden verschiedene Lösungsansätze diskutiert und bewertet.

Mit wachsendem Anteil kommunaler Grünabfälle und zunehmender Sammlung von Gartenabfällen über die Biotonne haben die Biomassen im Substrat eine wachsende Bedeutung, die sich nicht einfach und in großen Anteilen zu Biogas umsetzen lassen. Neben einer konventionellen Vergärungsanlage wurde daher auch untersucht, inwieweit eine vorgeschaltete Vorbehandlung mittels thermisch induzierter Hydrolyse (TIH) aus ökologischer und ökonomischer Sicht vorteilhaft sein kann.

Am Standort Scharhof ist eine optimale Nutzung des erzeugten Biogases vor Ort nicht möglich, da keine Wärmeabnehmer vorhanden sind. Für die energetische Nutzung des Biogases werden daher Lösungen diskutiert, die eine Aufbereitung zu Erdgasqualität und eine Einspeisung in das Erdgasnetz vorsehen. Das Gas wird an einer anderen Stelle dem Gasnetz entnommen, an der eine Kraftwärmekopplung mit hohen energetischen Wirkungsgraden möglich ist. Das Gas wird demnach zu einem idealen Abnehmer auf die Reise geschickt.

Ein derartiges Nutzungskonzept ist auch an den anderen Standorten möglich. In Lampertheim befinden sich Industriebetriebe in Nachbarschaft, die einen Wärmebedarf aufweisen dürften. Dies würde über ein kleines Biogasnetz möglich sein. Außerdem gibt es im Stadtgebiet Lampertheim ein Nahwärmenetz. In Hüttenfeld zeigt sich die Situation etwas schwieriger. In relativer Nähe befinden sich mit REFOOD und SÜPRO jedoch zwei Betriebe, die ebenfalls an einer Energieversorgung durch die Biogasanlage interessiert sein könnten.

Der Standort Scharhof weist eine Besonderheit auf. Auf diesem Standort der zentralen Kläranlage der Stadt Mannheim soll die Behandlung der Klärschlämme durch eine Vergasungsanlage optimiert werden. Sollte eine Bioabfallvergärungsanlage auf diesem Standort errichtet werden, wäre diese Nachbehandlung auch für die Gärückstände vorgesehen. Mit der Vergasung wird der noch in den Gärückständen enthaltene Kohlenstoff in Energie umgesetzt. Eine stoffliche Verwertung der Gärückstände entfällt.

Die diskutierten Lösungen sind demnach:

- B ist: derzeitige Situation der Biomassenutzung
- B Pot 01: konventionelle Vergärung, Biogasnutzung im BHKW mit Ox-Kat; optimierte Wärmenutzung (80%)
- B Pot 02: TIH + Vergärung, Biogasnutzung im BHKW mit Ox-Kat; optimierte Wärmenutzung (80%)
- B Pot 03: TIH + Vergärung, Deckung des Wärmebedarfs aus der Überschusswärme aus Klärgasnutzung, Aufbereitung des Biogas und Einspeisung in Erdgasnetz, Nutzung in einem Erdgas-BHKW mit vollständiger Wärmenutzung; Vergasung des Gärrückstandes und Nutzung des Synthesegases zur Deckung des Wärmeeigenbedarfes für die Gärresttrocknung

Die nächste Tabelle zeigt neben dem thermischen Wirkungsgrad weitere konzeptzugehörige Anlagenkennzahlen.

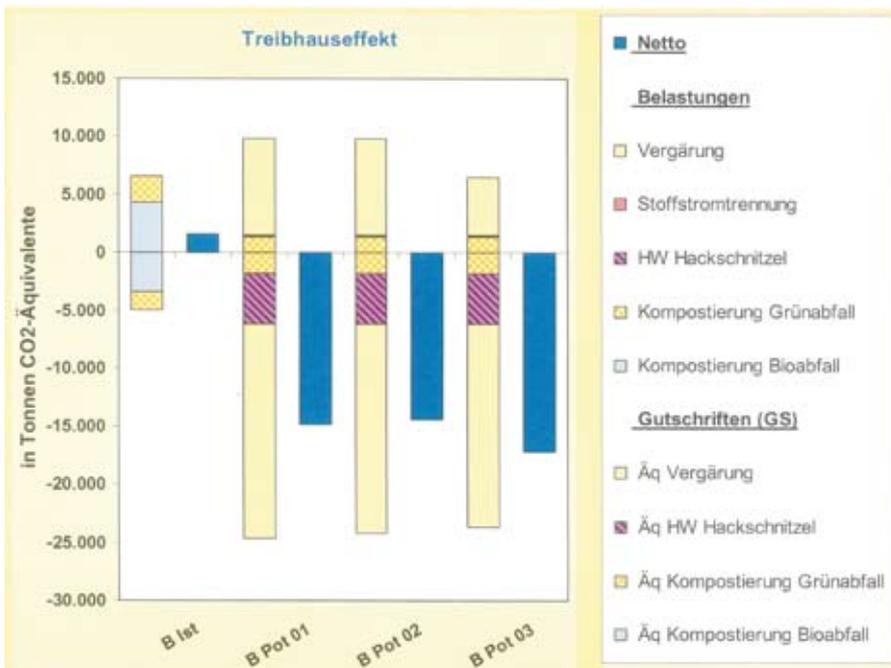
Tabelle 7:
 Anlagenkennzahlen
 bezüglich des Konzepts B

Parameter	Einheit	Kenndaten - konventionelle Vergärung	Kenndaten - Vergärung mit vorgeschalteter TIH
Biogasertrag	m³/t FS	125,1	134,8
Methangehalt Biogas	Vol%	58,6	58,6
BHKW elektr. Leistung	kWel	2 x 1.020	2 x 1,040
Betriebsstunden	h/a	8.000	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40	40
Wirkungsgrad thermisch	%	43	43
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	16	17,7
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	15	37,7

3.2.2 Ökologische Bewertung

In allen diskutierten Wirkungskategorien zeigt sich eine deutliche Verbesserung durch die Potenzialszenarien gegenüber der Ist-Situation. Aus Nettobelastungen werden in den Kategorien Treibhauseffekt und kumulierter Energieaufwand (KEA)

Abbildung 9:
 Darstellung des Treibhauseffekts bezüglich der
 Optionen für Konzept B



fossil Nettoentlastungen, und in der Kategorie Versauerung kommt es zu einer deutlichen Verminderung der Nettobelastung. Dargestellt sind beispielhaft die Ergebnisse für den Treibhauseffekt.

Im Vergleich mit den drei Potenzialszenarien zeigen die beiden Varianten mit Vergärung und Nutzung des Biogases im BHKW keine großen Unterschiede. Das Verfahren TIH + Vergärung (Pot 02) weist gegenüber dem herkömmlichen Verfahren (Pot 01) etwas schlechtere Ergebnisse auf. Hier macht sich die optimale Energienutzung für die Standardlösung bemerkbar, nach der 80% der Überschusswärme genutzt werden können. Dies verschafft dem herkömmlichen Verfahren einen kleinen Vorsprung, da die TIH einen größeren Teil der Wärme als Eigenbedarf benötigt, welche

dann nicht mehr für eine externe Nutzung zur Verfügung steht. Im vorliegenden Vergleich reicht die durch die TIH erzielbare höhere Gasausbeute nicht aus, um den erhöhten Energiebedarf gegenüber einer durchschnittlichen Vergärung auszugleichen.

Der dritte untersuchte Fall („B Pot 03“) zeigt gegenüber den übrigen Pot-Varianten Vor- und Nachteile auf. Verschiedene Ursachen sind hierfür verantwortlich. Die mit der Vergasung etwas höhere erzeugte Energiemenge wiegt die entgangenen Gutschriften einer stofflichen Nutzung der Gärrückstände mehr als auf, da diese Verwertung neben den positiven Effekten auch mit bspw. Methan-Emissionen verbunden sein kann, die sich negativ auf das Ergebnis niederschlagen. Unter dem Gesichtspunkt Versauerung ist dies nicht möglich. Der entgangene Nutzen ist bedeutender als die Vorteile einer Gärrestvergasung.

Mit den hier für eine ökologische Bewertung angesetzten Umweltwirkungskategorien lassen sich die Auswirkungen einer Kompostanwendung auf Böden nicht beschreiben.

3.2.3 Ökonomische Bewertung

Der Renditevergleich der drei diskutierten Varianten zeigt eine Präferenz, welche qualitativ, jedoch nicht quantitativ mit jener aus dem Konzept A zu vergleichen ist. Die Optionen 1 und 2 sind eindeutig dazu in der Lage, einen positiven Deckungsbeitrag zu erzielen, wobei die erweiterte Lösung mit TIH und Biogaserzeugung am besten abschneidet.

Option 3 schneidet erneut v. a. aufgrund der Kosten für die Gasaufbereitung und Einspeisung in das Gasnetz und den damit verbundenen hohen Umsatzverlusten für die Eigenbedarfe am schlechtesten ab. Jedoch liegt das quantitative Ergebnis aufgrund der besseren Wärmenutzung der Option 3 (100%) im Gegensatz zu den Optionen 1 und 2 (80%) näher an Option 1 und 2, als dies beim Konzept A der Fall ist.

3.2.4 Empfehlung

Mit diesem Steckbrief ist keine grundsätzliche Umstellung der Bioabfallerrfassung aus Haushalten verbunden. Auch für kommunale Grünabfälle sieht das vorgelegte Konzept keine Umstellung der derzeitigen Praxis der Erfassung vor. Wohl aber in der Nutzung. Die Grünabfälle werden bislang überwiegend aerob und über (sehr) kleine Anlagen zu Kompost verarbeitet.

Die Grünabfallerrfassung muss nach dem vorliegenden Konzept systematisiert werden und ein gezieltes Stoffstrommanagement umfassen. So lassen sich die Anteile gewinnen, die sich energetisch sinnvoll als Hackschnitzel oder über Vergärungsanlagen nutzen lassen. Der Hauptmassenstrom wird auch danach weiterhin aerob zu Kompost verarbeitet werden. Das mit dem Steckbrief vorgestellte Nutzungskonzept sieht daher eine Einbeziehung einiger der bestehenden Kompostierungsanlagen vor. Bioabfälle aus Haushalten sollten in Form einer Kaskadennutzung auch energetisch zur Biogaserzeugung genutzt werden.

Mit der vorgeschlagenen Kooperation zwischen Mannheim und dem Kreis Bergstraße werden Massenströme erreicht, die auch höhere Investitionskosten bspw. zur energetischen Nutzung des Biogases ermöglichen. Die vorgeschlagene Kooperation bedeutet auch, dass die aus dem Kreis Bergstraße stammenden Bioabfälle aus Haushalten wieder vollständig in der Region verwertet werden können.

Unter den bestehenden Abfallbehandlungsstandorten sind die Standorte Kompostierungsanlage in Lampertheim, die Deponie Lampertheim-Hüttenfeld sowie die zentrale Kläranlage der Stadt Mannheim in Scharhof am günstigsten.

Die Präferenz liegt eindeutig dann beim Standort Lampertheim Kompostwerk, wenn es gelingt, die Überschusswärme bspw. über die benachbarten Industriebetriebe aus der Chemie und Metallverarbeitung in einem sehr großen Umfang zu nutzen. Dann sollte auf eine Aufbereitung zu Erdgasqualität verzichtet werden. Sinnvoll wäre dann ein Mikrogasnetz zu den Industriebetrieben und dort eine Nutzung des Biogases über Kraft-Wärme-Kopplung. Dies ist sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht vorteilhaft. Am Standort Kompostwerk ließen sich zudem die Rottehalle und andere Einrichtungen weiter nutzen. Die energetische Einbindung am Standort Hüttenfeld ist wahrscheinlich schwieriger, die Verwertungsanlage müsste zudem gänzlich neu errichtet werden.

Der Standort Kläranlage Mannheim-Scharhof ist mit einem speziellen technischen Nutzungskonzept verbunden. Das erzeugte Biogas würde zu Erdgasqualität aufbereitet und eingespeist, die verbleibenden Gärrückstände getrocknet und anschließend vergast. Eine stoffliche Nutzung unterbliebe. Wie die ökologische Beurteilung zeigt, kann dieses Konzept vorteilhaft sein. Dies allerdings nur durch vermiedene Emissionen und den damit verbundenen rechnerischen Schaden. Die vergleichsweise negative Beurteilung der alternativen Optionen beruht allerdings auf strittigen Emissionsfaktoren für Nachrotte und stoffliche Verwertung, nicht auf einem höheren Nutzen.

3.3 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept C

Mit diesem Konzept soll ein Impuls zur Nutzung von Biomassen aus der Landschaftspflege gegeben werden. Unter vielen Optionen wurde hierfür die Verbandsgemeinde Lambrecht ausgesucht.

Die Verbandsgemeinde Lambrecht im Kreis Bad Dürkheim besteht aus zahlreichen Ortsgemeinden, die sich wiederum in aller Regel ebenfalls aus mehreren Ortsteilen mit sehr geringen Einwohnerzahlen zusammensetzen. Die Verbandsgemeinde liegt im Naturpark Pfälzer Wald, die große Gemarkung besteht fast ausschließlich aus großen geschlossenen Waldflächen.

Die ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen sind in vielen Bereichen mittlerweile stark verbuscht und teilweise als solche auch nicht mehr zu erkennen. Dies gilt insbesondere für die meist in Terrassen angelegten ehemaligen Ackerbauflächen. Etwas günstiger zeigt sich die Situation vor allem in Iggelbach, Esthal und mit Abstrichen in Elmstein, sowie grundsätzlich in den Tallagen.

Ein Gespräch mit dem Ortsbürgermeister von Elmstein zeigte ein hohes Interesse am Thema Landschaftspflege und auch eine entsprechende Bereitschaft, sich zu engagieren, bei allerdings sehr beschränkten finanziellen Mitteln. Angedacht ist nicht nur die Erhaltung der letzten verbliebenen offenen Flächen, sondern sogar möglichst eine schrittweise Rückgewinnung der ehemals offenen Hänge. Auch in der Bürgerschaft ist das Thema Erhalt der Landschaft „angekommen“. In Elmstein hat sich vor einigen Jahren im Rahmen der lokalen Agenda unter anderem eine Arbeitsgruppe zum Thema Landschaftspflege gegründet. Weitere private Initiativen bestehen in Iggelbach und Esthal mit Landschaftspflegevereinen, die auch bereits recht erfolgreich in der Rückgewinnung und Pflege von Flächen tätig sind.

Die Maßnahmen zur Landschaftspflege werden aus verschiedenen Töpfen und über verschiedene Stellen beauftragt. Nach allen Gesprächen wird die bisherige Förde-

rung als nicht zielführend angesehen. Sie erfolgt tendenziell nicht aufeinander abgestimmt und ist mit einem erheblichen Antrags- und Kontrollaufwand verbunden. Die jährliche Vergabe bzw. Mittelzusage erfolgt in aller Regel zu spät, so dass die Landschaftspflegemaßnahmen nicht immer zeitgerecht durchgeführt werden können.

Einige wenige Flächen werden über Koppeln mit Rindern, Schafen und Pferden beweidet. An einigen Stellen zogen bis vor kurzem Wanderschäfer durch. Die Landschaftspflege erfolgt ansonsten eher klassisch über die Mahd. Nach Auskunft der Verbandsgemeinde wird das Mähgut nicht von der Fläche abgefahren. Es wird meist in Schwaden gemäht und liegen gelassen. Der Mähzeitpunkt im Winter sowie der Verzicht auf ein Mulchen, d.h. ein Zerschlagen der Halme, führt zu einem sehr stark verzögerten Abbau der Biomasse, so dass die Wiesen zunehmend verfilzen und der Aufwuchs stark unterdrückt wird. Zudem verarmt eine derartige Wiese stark, die Artenvielfalt geht stark zurück.

Neben den Biomassen aus der Landschaftspflege stehen nur in kleinem Umfang kommunale Grünabfälle zur Verfügung. Die ehemals starke industrielle Prägung der Verbandsgemeinde (Sägewerke, Parketherstellung, Papierherstellung) ist weitgehend verloren gegangen. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass in den verbliebenen Betrieben Reststoffe einem energetischen Biomassenutzungskonzept zugeführt werden können.

3.3.1 Technische Lösungen

Angesichts des geringen Massenaufkommens und fehlender Ko-Substrate kommt eine Biogaserzeugung nicht in Frage. Der Grünlandaufwuchs muss daher als Brennstoff genutzt werden.

Die Nutzung des Brennstoffs in einem zentralen Blockheizkraftwerk ist in Lambrecht nicht möglich bzw. erscheint nicht sinnvoll. In der Verbandsgemeinde besteht eine flächendeckende Gasversorgung in alle Ortsgemeinden hinein mit einer großen Versorgungsdichte. Der Aufbau eines Nahwärmenetzes in Konkurrenz zu Gas wäre nur dann sinnvoll, wenn neue Baugebiete versorgt werden müssen. Die Ausweisung neuer Baugebiete ist in dieser peripher gelegenen Verbandsgemeinde jedoch eher nicht zu erwarten.

Die Biomasse müsste daher in eine Form gebracht werden, die sie lagerfähig sowie auch für kleinere Abnahmemengen vermarktbar macht. Dies wäre mit Heupellets oder Mischpellets möglich. Auch die landwirtschaftliche Produktion der Biomasse ist keineswegs ideal möglich. Obwohl nur eine Mahd pro Jahr angenommen wird, ist eine Erhaltungsdüngung notwendig. Die Böden sind aus Sandstein entwickelt und sehr nährstoffarm. Um den Massenertrag zu sichern, muss eine Aushagerung der Böden vermieden werden. Neben der Düngung sind für eine Wiesenbewirtschaftung klassisch mehrere Arbeitsgänge notwendig: Grünland abschleppen, Wiese walzen, Mähen, Zetten, Heu wenden, Heu schwaden und verladen.

Trotz extensiver Nutzung ist die landwirtschaftliche Produktion mit einem nicht unerheblichen Aufwand und Kosten verbunden.

Problematisch sind zudem die Geländeverhältnisse. Die Hanggrundstücke sind alle auf Terrassen angelegt, die ehemals per Hand bewirtschaftet wurden und damit sehr klein und nicht für schwerere Maschinen geeignet sind. Die Bergung des Heus muss daher lose erfolgen, und zwar über kleine wendige Hangtraktoren, wie sie in den Alpen üblich sind. Diese Maschinen verbinden die Vorteile eines Einsatzes in stark hangigen Bereichen, aufgrund ihrer Wendigkeit der Einsetzbarkeit auch in klei-

nen Schlägen (Terrassen) sowie aufgrund des geringen Gewichts und breiter Bereifung auch auf nassen und tiefgründigen Böden (Tallagen).

Das lose aufgenommene Heu muss gelagert werden. Der spezifische Raumbedarf liegt bei 16 m³ pro Tonne Heu. Für die Überlegungen hier wird unterstellt, dass auf alte abgeschriebene Lagerkapazitäten der ehemals landwirtschaftlichen Betriebe zurückgegriffen werden kann. Da das Heu vergleichsweise zügig zu Pellets verarbeitet wird und nicht über lange Zeiträume lose gelagert werden muss, ist eventuell auch eine zeitlich begrenzte, einfache Abdeckung mittels Planen möglich.

Zur Pelletherstellung darf das Material nur noch eine geringe Restfeuchte besitzen. Die Anforderungen liegen bei 13% und entsprechen damit der Restfeuchte von Heu. Trotzdem sind in der Landwirtschaft Trocknungsanlagen selbst für Heu verbreitet, insbesondere in den Regionen, die mit hohen Niederschlägen und relativen Luftfeuchten rechnen müssen. Dies dürfte auch für den Pfälzer Wald zutreffen.

Die Herstellung des Produktes umfasst mehrere Schritte. Vor der Pelletierung muss das Material von Störstoffen (Steine, Erde etc.) befreit und zerkleinert werden. Hierfür gibt es Spezialbetriebe mit entsprechender technischer Ausrüstung und Durchsatzleistung. Bei der Pelletproduktion ist zu beachten, dass die Brennstoffeigenschaften des Ausgangsmaterials sehr heterogen sind. Der Verarbeiter muss sich maschinell und mental (motiviertes Personal) auf diese Situation und die sehr breiten Brennstoffeigenschaften einstellen. Das Maschinensystem vor der eigentlichen Pelletpresse ist für den Erfolg und die Qualität der Pellets entscheidend.

Angesichts der vergleichsweise kleinen Mengen müsste für die Heunutzung aus Elmstein und Esthal eine angepasste Lösung gefunden werden. So gibt es kleine manuelle Pelletieranlagen aus der Landwirtschaft mit allerdings sehr kleinen Stundenleistungen und damit hohen Personalkosten. Denkbar wäre auch eine größere Lösung vor Ort und im Verbund. So scheint das Werk in Elmstein-Helmbach Holz-Hackschnitzel und damit feste Biobrennstoffe zu produzieren. In Verbindung mit den Sägewerken und eventuell auch in der Aufbereitung von Schwachholz aus dem Forst bzw. Waldrestholz könnte sich hier eine größere Pelletieranlage samt vorgeschalteter Aufbereitung lohnen.

Heu ist im Vergleich zu Holz kein unproblematischer Brennstoff. So weist Heu einen 10-fach höheren Gehalt an Stickstoff, Chlor und Kalium auf. Besonders problematisch ist der aus dem Kaliumgehalt resultierende niedrige Ascheerweichungspunkt. Anbackungen und Ablagerungen im Feuerraum, am Rost und an den Wärmetauscherflächen können die Folge sein.

3.3.2 Ökologische Bewertung

Bei der Betrachtung der Ergebnisse aus der ökologischen Bewertung zeigt sich, dass der geschilderte Aufwand in keinem vernünftigen Verhältnis zum Nutzen steht. Der Aufwand der Brennstoffherzeugung, vor allem die problematischen Transporte über vergleichsweise große Entfernungen bei geringer spezifischer Zuladung führen zu Belastungen.

Selbst die Energiebilanz (KEA fossil) ist nur ausgeglichen. Die Klimabilanz ist negativ. Die Bewertung nach der Umweltwirkungskategorie Versauerung zeigt, dass die gerade mit den Transporten und der Biomasseproduktion verbundenen Emissionen deutlich den ökologischen Nutzen des Brennstoffeinsatzes übersteigen.

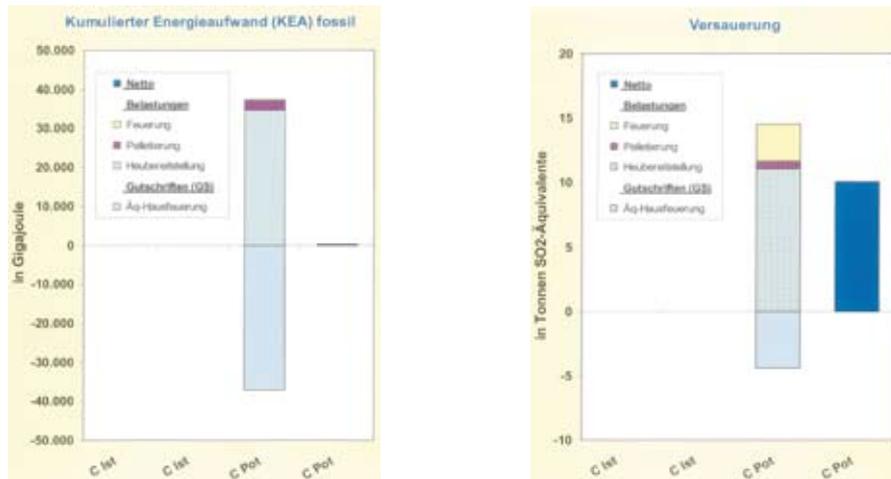


Abbildung 10:
Darstellung des kumulierten fossilen
Energieaufwands und der Versauerung
bezüglich des Konzepts C

3.3.3 Ökonomische Bewertung

Auch aus ökonomischer Sicht ist dieses Konzept nicht kostendeckend. Die Unterdeckung liegt mindestens bei 100 €/ha bis 270 €/ha, ohne Berücksichtigung der Verwaltungs-, sowie logistischer Personal- und Sachkosten beim Vertrieb und vor allem den Kosten für die Logistik der Biomasse von der Fläche zur Pelletierungsanlage.

3.3.4 Empfehlung

In allen Fällen dürfte der Zuschussbedarf zumindest teilweise aus Landesmitteln gedeckt werden können. Nach den Förderungsgrundsätzen der Landespflege (vgl. MUFV 1999) bspw. ist das Offenhalten nicht mehr bewirtschafteter Flächen (Ziffer 5.2.4.5) als Zuwendung an Kommunen sowie Naturparkträger möglich, falls die Offenhaltung aus landschaftspflegerischen Gründen erforderlich ist (§9 LPfIG) und die zur Offenhaltung vorgesehenen Flächen in Landschaftsrahmenplänen ausgewiesen oder in Flächennutzungs- oder Bebauungsplänen dargestellt oder festgesetzt worden bzw. in landespflegerischen Fachplanungen enthalten sind.

Sollte die im Rahmen der Studie erfolgte Biomasse-Potenzialschätzung den tatsächlichen Verhältnissen vor Ort entsprechen und demnach kein weiteres Waldrestholz zur energetischen Nutzung und damit zur Brennstoffherzeugung mobilisiert werden können, bietet sich unter den diskutierten Handlungsalternativen sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht tendenziell eine Weidenutzung an.

Wird eine Weidenutzung umgesetzt, ist es sicherlich aus Sicht des Natur- und Artenschutzes, aber auch aus Sicht des Tourismus zielführend, die Weidehaltung auf alten Haustierrassen aufzubauen. Zu überlegen wäre, ob sich auf diesen extensiven Standorten nicht ein „Genreservat“ für alte Nutzierrassen anlegen ließe, eventuell in Koordination mit Tierschutzverbänden bzw. der Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen GEH (www.g-e-h.de).

Fördermaßnahmen für gefährdete Nutzierrassen werden auch in Deutschland gemäß der sog. ELER - Verordnung (EU - Verordnung Nr. 1698/2005 des Rates vom 20. September 2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums) umgesetzt. Die Bundesländer sind in diesem Rahmen für Formulierung und Umsetzung verantwortlich.

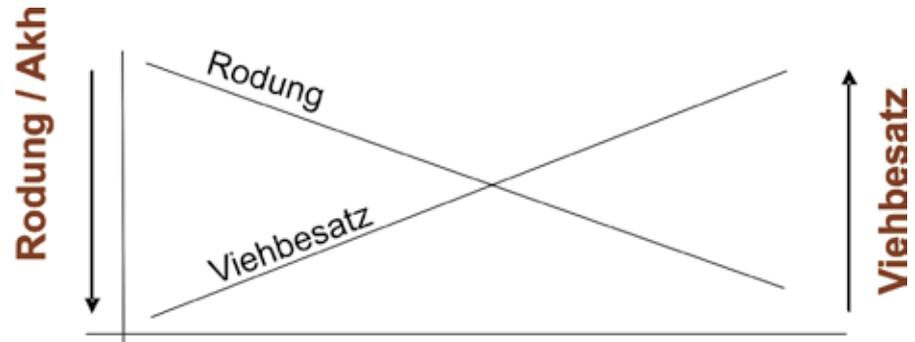
In diesem Zusammenhang wäre das zuständige Ministerium in Mainz anzusprechen:
<http://www.mwvllw.rlp.de/Landwirtschaft/Tiergenetische-Ressourcen/>

Die Idee einer Landschaftspflege mittels Weidenutzung ist hierbei, einen fixen, für die Landschaftspflege zur Verfügung stehenden Betrag auszuloben. Über die Jahre

verlagert sich dabei der Anteil an den Kosten, der für die Urbarmachung der zukünftigen Weideflächen eingesetzt werden muss hin zu dem Anteil, der in die Tierhaltung investiert werden kann.

In den ersten Jahren liegt der Schwerpunkt eindeutig auf der Rodung und Räumung der Flächen, durchaus in Unterstützung durch die bestehenden Bürgerschaftsinitiativen sowie geringfügig Beschäftigte. Der Viehbestand entwickelt sich aus einer einstelligen Kopfzahl.

Abbildung 11:
 Schematische Darstellung
 der Entwicklung des Geldmitteleinsatzes
 bzgl. der Landschaftspflege durch Weidenutzung



Zielzustand ist eine große Herde, die mit entsprechendem Fraßdruck die Flächen frei halten kann. Der verbleibende Aufwand für den übrigen Arbeitsteil „Rodung“ ergibt sich vor allem aus der regelmäßigen Mahd der Weiden, durchaus in mehrjährigen Abständen.

3.4 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept D

Das Projekt beinhaltet verschiedene Varianten einer zentralen Wärmeversorgung von öffentlichen Gebäuden der Stadt Buchen im Neckar-Odenwald-Kreis mittels einer Holzfeuerung und einem Nahwärmenetz. Dieses Vorhaben gründet auf einer Initiative der Stadt Buchen, die eine neue Festhalle plant und wo verschiedene Heizanlagen in den nächsten Jahren einen Erneuerungsbedarf haben. Somit könnten viele Synergieeffekte genutzt und umgesetzt werden.

Die folgenden Berichtsteile gliedern sich in eine Potenzialanalyse bezüglich der verfügbaren Holzpotenziale und einen Vergleich von zwei Varianten.

Tabelle 8: Waldholz-Potenziale in der Umgebung der Stadt Buchen (Odenwald)

Biomassepotenziale	Einheit	Fichte	Tanne	Douglasie	Kiefer	Lärche	Buche	Eiche	Anderes Laubh. ¹	Anderes Laubh. ²
Waldfläche	[ha]	672	40	207	513	92	938	502	72	89
Zuwachs	[m ³ /ha*a]	12,2	10,9	15,3	7,1	8,3	7,7	5,8	7,3	7
Nutzbarer Zuwachs	[m ³ /ha*a]	8,5	7,6	10,7	5,0	5,8	5,4	4,1	5,1	4,9
Bereits in Nutzung	[m ³ /ha*a]	8,2	6,9	3,4	3	3,5	6,1	3,4	2,4	1,4
Theoretisches Potenzial	[m ³ /ha*a]	0,3	0,7	7,3	2,0	2,3	0,0	0,7	2,7	3,5
Theoretisches Potenzial	[t/a (w15)] ³	228	29	1.513	1.011	213	0	331	263	312
Theoretisches Potenzial	[MWh/a (w15)]	464	57	3.334	2.227	542	0	949	753	892
Σ Theoretisches Potenzial	[MWh/a (w15)]			6.624				2.594		
Σ Theoretisches Potenzial ⁴	[MWh/a (w15)]			1.325						

¹ hohe Umtriebszeit (z. B. Bergahorn & Esche)

² niedrige Umtriebszeit (z. B. Sandbirke & Vogelkirsche)

³ Umrechnungen nach Lohmann (2001), S. 34 ff.

⁴ Annahme: Es ist nur 20% des Nadelholzes für HHS verfügbar

Über die Anlagenkennwerte und die physikalischen Holzeigenschaften ergibt sich für das Beheizen der genannten Gebäude ein Jahresbedarf an Holzhackschnitzeln von etwa 1.600 Srm bzw. rund 1.070 MWh.

Die ermittelten Brennstoffkosten (Holzhackschnitzel ohne Rohstoffkosten) betragen 17,25 €/Srm. Für die weiteren Untersuchungen wird ein Brennstoffpreis von rund 17,00 €/Srm angesetzt. Dieser niedrige Preis beinhaltet die Aufbereitung und setzt voraus, dass die benötigte Rohstoffmenge ab Stock unentgeltlich zur Verfügung steht.

3.4.1 Technische Lösungen

Die folgenden Untersuchungsvarianten berücksichtigen keine Warmwasserbereitung für den täglichen Bedarf.

Variante 1: Holzheizung mit einem Nahwärmenetz im Ortskern von Buchen

Die Variante 1 untersucht die Wirtschaftlichkeit einer Wärmeversorgung mit Holzhackschnitzeln und einem Nahwärmenetz im Ortskern von Buchen und gliedert sich in sechs Szenarien. In den untersuchten Szenarien wurde eine Holzfeuerungsanlage als Grundlast berechnet. Für die Abdeckung der Spitzenlast ist ein Gaskessel in die Berechnungen eingeflossen. Die Investitionskosten für die Heizanlage wurden mit Hilfe einer Kostenfunktion (vgl. Holzabsatzfond 2009, S. 128) berechnet, diese beinhalten Holzkessel, Brennstofftransport, hydraulische und elektrische Einbindung sowie Planungskosten. Grundlage der Investitionskosten für das Nahwärmenetz war der Leitfaden Nahwärme (vgl. Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-, und Energietechnik 1998, UMSICHT Band 6).

Variante 2: Wärmeversorgung vom Holzheizkraftwerk Buchen

Die Variante 2 untersucht die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung vom bestehenden Holzheizkraftwerk Buchen zu verschiedenen öffentlichen Gebäuden in der Stadt Buchen und gliedert sich in zwei Szenarien.

Referenzvariante

Die Referenz bildet eine konventionelle Energieversorgung. Hierfür wird ein Gebäude (Rathaus) herangezogen und eine Erneuerung der Gasheizung analysiert, um einen Vergleich mit einem fossilen Energieträger darzustellen.

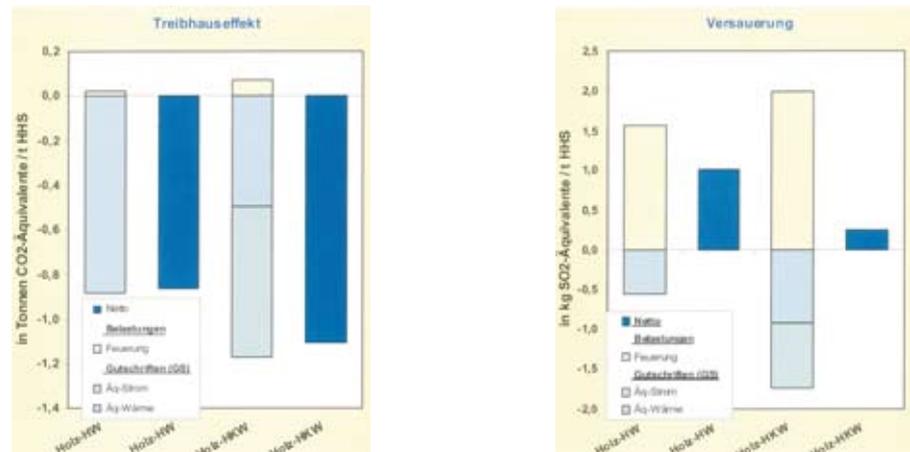
3.4.2 Ökologische Bewertung

Aus ökologischer Sicht sehr nahe liegend ist es, die am Standort Holzheiz-Kraftwerk Buchen anfallende Wärme in ein Nahwärmenetz einzuspeisen und zur Versorgung privater und öffentlicher Gebäude zu nutzen. Es handelt sich um Wärme, die bei der Stromerzeugung zwangsläufig als Überschusswärme anfällt und bislang ungenutzt in die Atmosphäre geleitet wird. Dem Nutzen einer Einspeisung in ein Nahwärmenetz (Verdrängen fossiler Energieträger mit den damit verbundenen Umweltfolgen) stünde kein Aufwand/Schaden gegenüber.

Davon unabhängig ist es aus Sicht der Biomasse Holz immer sinnvoll, den Energieinhalt, d.h. das Potenzial dieses Brennstoffes, möglichst optimal zu nutzen. Dies besteht aus ökologischer Sicht in einer Kraft-Wärme-Kopplung, d.h. einer Kopplung aus Strom- und Wärmeproduktion.

Die für die Stadt Buchen diskutierte Option, das Holz zur reinen Wärmeerzeugung zu nutzen, stellt aus ökologischer Sicht und aus Sicht des Potenzials der Biomasse

Abbildung 12:
 Darstellung des Treibhauseffekts
 und der Versauerung bzgl. des Konzepts D



Holz die weniger geeignete Variante dar. Gegenüber einer fossilen Wärmebereitstellung wäre aber auch diese Variante ökologisch gesehen vorteilhaft.

3.4.3 Ökonomische Bewertung

Variante 1

Die Berechnungen der untersuchten Varianten beinhalten öffentliche Gebäude, deren Vollbenutzungsstunden zwischen 700 und 1500 h/a (je nach Art nach Nutzung) liegen (vgl. Kubessa, 1998). Eine weitere Grundlage bilden die Verbrauchsdaten der Gebäude, die mittels eines Fragebogens erhoben wurden.

Für die Berechnung der Kesselleistung werden die Jahresverbrauchsmengen an Brennstoff herangezogen, und den bestehenden Heizanlagen wird ein Jahreswirkungsgrad von 80% zugrunde gelegt. Die Analyse dieser Daten ergibt die in der nächsten Tabelle dargestellten Kesselleistungen und Brennstoffbedarfe der Szenarien.

Tabelle 9: Anlagenkennzahlen der Varianten 1-A bis 1-F bezüglich des Konzepts D

Untersuchte Varianten 1A bis 1E	benötigte Kesselleistung [kW]	Grundlast 50%	Spitzenlast 50%	Nutzenergiebedarf + Verluste HÜ u. Netz [kWh/a]	Endenergiebedarf neu [kWh/a]	Brennstoffbedarf Holz [SRM]	Brennstoff Gas [kWh/a]
Variante 1-A HZ Halle Stadt Buchen, Kirche, Halle	852	426	426	1.200.755	1.334.172	1.525	266.834
Variante 1-B HZ Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	852	426	426	1.222.860	1.358.734	1.553	271.747
Variante 1-C HZ Halle nur Stadt Buchen	546	273	273	697.736	775.262	886	155.052
Variante 1-D Rathaus Bauamt	331	165	165	535.631	595.145	680	119.029
Variante 1-E Stadt Buchen u. Kirche	632	316	316	1.038.650	1.154.055	1.319	230.811
Variante 1-F Frankenlandhalle	244	49	195	162.105	180.117	18	90.058
Referenz Gasheizung Rathaus Buchen	280						493.272

Ausgehend von dieser Datenanalyse wurde der Investitionsbedarf für die Varianten berechnet. Die Nettoinvestitionssumme ist abhängig von den Szenarien und reicht je nach Untersuchungsszenario von 75.500 bis 650.000 € (Referenz Gasheizung 36.500 €). Diese Investitionen beinhalten Förderungen nach dem Marktanzreizprogramm (MAP) des BMU und beziehen sich auf die Holzkesselanlage und das Wärmenetz. Für die jährlichen Aufwendungen bezüglich des Fremdkapitals wurde ein Zinssatz von 3,5% bestimmt. Der ermäßigte Zinssatz resultiert aus einer Fördermaßnahme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) für Kommunen.

Diese Daten werden methodisch nach der VDI 2667 ausgewertet und in einen Wärmepreis überführt. Die Berechnung des Wärmepreises dient der Vergleichbarkeit der Szenarien. Die folgende Tabelle zeigt die ermittelten Wärmepreise.

Untersuchte Varianten 1A bis 1E	Nutzenergiebedarf [kWh/a]	Wärmeerzeugungskosten netto [€/a]	Wärmepreis netto [€/kWh]	Wärmepreis brutto [€/kWh]
Variante 1-A HZ Halle Stadt Buchen, Kirche, Halle	1.022.311	98.119	0,096	0,114
Variante 1-B HZ Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	1.022.311	106.163	0,104	0,124
Variante 1-C HZ Halle nur Stadt Buchen	601.787	69.527	0,116	0,137
Variante 1-D Rathaus Bauamt	447.787	56.690	0,127	0,151
Variante 1-E Stadt Buchen u. Kirche	868.311	87.703	0,101	0,120
Variante 1-F Frankenlandhalle	154.000	24.708	0,160	0,191
Referenz Gasheizung Rathaus Buchen	394.618	29.532	0,075	0,089

Tabelle 10:
Finanzielle Kennzahlen der Varianten 1-A bis 1-F bezüglich des Konzepts D

Variante 2

Die Berechnungen der untersuchten Szenarien der Variante 2 beinhalten verschiedene öffentliche Gebäude in Buchen, welche über das Biomasseheizkraftwerk mit Wärme versorgt werden könnten. Die Kennwerte und Verbrauchsdaten sind mittels eines Fragebogens erhoben worden. Bezüglich der Vollbenutzungsstunden gelten die gleichen Grundlagen wie in der Variante 1.

Ausgehend von der Datenanalyse wurde der Investitionsbedarf für die zwei Szenarien berechnet. Die Grundlage der berücksichtigten Förderungen bildet das MAP des BMU und bezieht sich auf das Nahwärmenetz und Hausübergabestationen. Die Investitionssumme ist abhängig von der Dimensionierung und der Trassenlänge. Die Wiederherstellung des Straßenbelages ist in den Varianten nur ab der Ortsgrenze berücksichtigt worden. Die Berechnungen beinhalten eine Anbindung an die Gebäude mit einer Leitungslänge von ca. 10 m. Des Weiteren wurden zwei Durchpresungen der Nahwärmeleitung unter der Bahn (mit 33.000 €) berücksichtigt. Das Netz besitzt bei der Variante 2-A eine Länge von ca. 4.600 m und hat ein Investitionsvolumen von rund 1,86 Mio. €. Die Variante 2-B ist etwa 3.700 m lang und besitzt eine Investitionssumme von rund 1,33 Mio. €. Die Investitionsrechnung berücksichtigt einen Zinssatz von 3,5%. Für das benötigte Fremdkapital ist eine Fördermaßnahme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) für Kommunen berücksichtigt worden.

Der dargestellte Wärmepreis der Variante 2 wurde methodisch nach der VDI 2667 durchgeführt. Da zum heutigen Zeitpunkt kein definierter Wärmepreis vom Anlagenbetreiber vorliegt, bezieht sich der dargestellte Wärmepreis nur auf die Investitionskosten und die Betriebskosten der einzelnen Varianten. Somit ergab die Analyse einen Netto-Wärmepreis für die Variante 2-A von 7,5 Cent/kWh und für die Variante 2-B von 14 Cent/kWh.

3.4.4 Empfehlung

Variante 1

Die Analyse ergab einen verhältnismäßig hohen Wärmepreis pro kWh im Vergleich mit einer Sanierung der Gasheizung. Dieses Ergebnis resultiert aus den niedrigen Vollbenutzungsstunden und einem sehr hohen Gleichzeitigkeitsfaktor, der je nach Variante von 90% bis 100% reicht. Dadurch ist eine hohe Kesselleistung mit entsprechend hohen Investitionskosten erforderlich.

Zudem wird deutlich, dass die Variante mit der Heizzentrale in der geplanten Frankenlandhalle und der Anbindung an die kirchlichen Gebäude (1-A HZ Halle Stadt Buchen, Kirche und Halle) die günstigste Variante im Bereich der erneuerbaren Energien ist. Das Resultat ergibt sich aus den niedrigen Investitionskosten bezüglich des Heizraumes und dem höchsten Wärmebedarf der Varianten. Des Weiteren bietet die

Kirche einen antizyklischen Wärmebedarf (Wärmebedarf in der Regel außerhalb der Öffnungszeiten der anliegenden öffentlichen Gebäude), dies beeinflusst den Gleichzeitigkeitsfaktor und verringert somit die zu installierende Kesselleistung.

Die Referenz einer sanierten Gasheizung im Vergleich mit den hier aufgeführten Varianten ist zum heutigen Zeitpunkt (d.h., das Ergebnis berücksichtigt noch keine Preissteigerungsrate für die nächsten Jahre) die günstigste Alternative.

Dass es neben dem Ziel, eine Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern zu erzielen, auch unter ökonomischen Gesichtspunkten anstrebenswert ist, erneuerbare Energieträger bei der Wärmebereitstellung einzusetzen, verdeutlicht die Sensitivitätsanalyse. Bezüglich der Preisentwicklung für die untersuchten Szenarien wurden folgende Voraussetzungen festgelegt:

- Steigerungsrate Holz 3%
- Steigerungsrate Strom 6%
- Inflation 2%

Für die Referenzvariante Gas sind zwei Preissteigerungsraten zur Darstellung einer Sensitivitätsanalyse herangezogen worden.

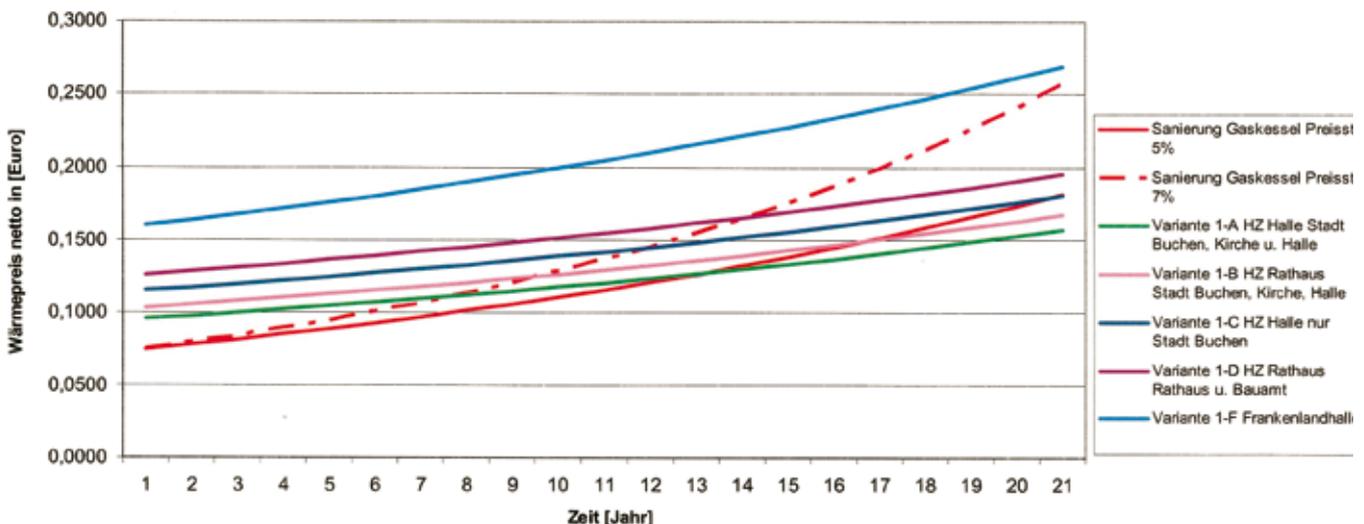
- Steigerungsrate 5%; resultiert aus Angaben der Stadtwerke Buchen.
- Steigerungsrate 7%; resultiert aus Angaben des Statistischen Bundesamtes und ist ein Preisindex für Privathaushalte im Zeitraum von 2005-2009.

Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um eine tendenzielle Entwicklung des Gaspreises darzustellen. Zudem unterliegt die Sensitivitätsanalyse sehr vielen unsicheren Faktoren und sollte unter diesen Gesichtspunkten nur als ein mögliches Entwicklungsszenario angesehen werden.

Die nächste Abbildung zeigt eine günstige Preisentwicklungskurve der Variante 1-A HZ Halle (grüne Linie). Hier wird ersichtlich, dass eine Versorgung mit Holz bereits ab dem achten Betriebsjahr eine wirtschaftliche Variante ist. Bezogen auf eine Laufzeit von 20 Jahren ist somit davon auszugehen, dass diese Variante 1-A eine ökonomisch sinnvolle Alternative zu der Referenzvariante Gas darstellt.

Abbildung 13:
 Entwicklung der Wärmekosten
 für Variante 1 über einen Zeitraum von 20 Jahren

Sensitivitätsanalyse der Variante inkl. Förderung MAP



Variante 2

Bei den vorliegenden Gegebenheiten ist die Variante 2-B konkurrenzfähig mit der Referenz konventionellen Gasversorgung. Das Ergebnis zeigt deutlich, dass für die Umsetzung eines derartigen Wärmekonzeptes genügend Verbraucher vorhanden sein müssen. Bei der Betrachtungsweise der städtischen Liegenschaften (vergleiche Gebäude Variante 1-A) ist der Wärmepreis um nahezu 100% auf 14 Cent/kWh netto gestiegen. Aus diesem Grund kann das Szenario (geringe Anschlussdichte) nicht als wirtschaftlich sinnvolle Variante beurteilt werden.

3.5 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept E

Die diesem Impuls zugrunde liegende Idee ist eine schwerpunktmäßige Verwertung von (Rinder-)Gülle (mindestens 30 Masse-Prozent), welche in großen Milchviehbetrieben (> 100 Stück Milchvieh) in der Gemeinde Wald-Michelbach anfällt. Hierzu bietet sich aufgrund der hohen maximal möglichen Vergütung eine kleine Biogasanlage bis 150 kW an.

In Wald-Michelbach sind ideale Voraussetzungen gegeben, da hier vergleichsweise nah beieinander liegend mehrere Milchviehbetriebe existieren. Die Einbeziehung aller landwirtschaftlichen Betriebe führt zu einer Güllemindestmenge, die Investitionen in Vergärungsanlagen erleichtert. Diese zentrale Anlage ist möglich, da sich die Transportdistanzen zwischen den Betrieben und der Biogasanlage auf wenige Kilometer begrenzen. In jüngerer Vergangenheit sind in Deutschland wegen der problematischen Erlössituation zahlreiche Milchviehbetriebe aufgegeben worden. Sind mehrere Betriebe in derartige Entscheidungen eingebunden, sind die durch die langen Amortisationszeiten bestehenden Investitionsrisiken geringer.

In Wald-Michelbach werden zudem Energie-Konzepte diskutiert, die darauf hoffen lassen, dass eine derartige Vergärungsanlage mit hohen Wirkungsgraden betrieben werden könnte. Derzeit wird die Notwendigkeit diskutiert, Holzhackschnitzel zur Optimierung der Lagerfähigkeit und zur Steigerung des Heizwertes zu trocknen. Hierfür ließe sich auch Überschusswärme aus einem Biogas-BHKW einsetzen. Außerdem wird im Ort die Errichtung eines Nahwärmenetzes diskutiert, in das diese Überschusswärme eingespeist werden könnte.

Die Vergärung der Gülle bedeutet zudem eine deutliche Minderung an Emissionen bei der Ausbringung auf den landwirtschaftlichen Flächen. Vergorene Gülle hat gegenüber frischer Gülle ein deutlich geringeres Emissions-Potenzial. Dies betrifft auch die Freisetzung von Gerüchen.

Die Vergärung von Gülle ist auf Ko-Substrate angewiesen. Für eine energetische Nutzung sollten vor allem Biomassen eingesetzt werden, deren Anbau nicht in Konkurrenz zur Lebensmittel- oder Futtermittelproduktion steht. Dies würde im vorliegenden Fall auf Grünland zutreffen. Die Anbauflächen befinden sich auf steilen, schlecht bewirtschaftbaren Hanglagen. Aus wirtschaftlichen Gründen und aufgrund der technischen Herausforderung einer Vergärung von grasartigem faserreichen Material in einer einfachen landwirtschaftlichen Vergärungsanlage wird dieses potenzielle Substrat für das hier vorliegende Konzept ausgeklammert.

Anbaubiomassen wie Silomais sind im Standortumfeld vorhanden, werden jedoch hauptsächlich für die Fütterung der Viehbestände benötigt und können daher nur begrenzt zur Energieerzeugung verwendet werden. Silomais kann daher nur als Ko-Substrat zur Gülle als Hauptsubstrat dienen.

Die potenziell wirtschaftlichste Variante wäre der Bau eines BHKW in direkter Nähe zum Standort des Holzhackschnitzelheizwerks, welches auf dem ehemaligen Gelände der Coronet GmbH & Co. KG. errichtet werden soll. Dieser Standort bietet sowohl die Option einer Nutzung der Überschusswärme zur Hackschnitzeltrocknung als auch die Möglichkeit zur Einspeisung in das Nahwärmenetz. Im Falle einer Nahwärme-netzeinspeisung könnte zudem die direkte Einspeisung der Wärme über die bereits vorhandene Regeltechnik, wie z. B. geplante hydraulische Weichen, erfolgen. Inwieweit auch die Vergärungsanlage an dieser Stelle problemlos betrieben werden könnte, müsste geprüft werden. Problematisch wären mögliche Geruchsemissionen wegen der unmittelbaren Nachbarschaft zur Ortslage. Möglicherweise sollte die Vergärungsanlage an anderer Stelle aufgestellt werden, verbunden mit dem BHKW durch eine Biogasleitung.

Alle weiteren untersuchten möglichen Standorte einer Vergärungsanlage, insbesondere direkt bei den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieben, sind deutlich weniger vorteilhaft. Die energetische Einbindung dieser Standorte ist nicht gegeben.

3.5.1 Technische Lösung

Die insgesamt in Wald-Michelbach potenziell verfügbare Güllemenge aller sechs Milchviehbetriebe verteilt sich wie in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 12:
Anlagenkennzahlen bzgl. des Konzepts E

Landwirte	Einheiten	Viehbestand nach Alter und GV				Gesamt
		Rinder (> 2 Jahre)	Rinder (1-2 Jahre)	Kälber (> 2 Jahre)	Mastbullen	
Milchviehbetrieb (Standort A)	Anzahl	144	43	49	2	238
	Menge in GV	144	30,7	14,7	1,7	191
	Güllemenge in m ³					2.567
Milchviehbetrieb (Standort B)	Anzahl	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	0
	Menge in GV	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	0
	Güllemenge in m ³					2.500/4.000
Milchviehbetrieb (Standort C)	Anzahl	126	39	54	0	219
	Menge in GV	126	27,3	16,2	0	170
	Güllemenge in m ³					2.700
Milchviehbetrieb F	Anzahl	85	40	40	35	200
	Menge in GV	85	28	12	29,8	155
	Güllemenge in m ³					2.700
Milchviehbetrieb G	Anzahl	210	50	60	0	320
	Menge in GV	210	35	18	0	263
	Güllemenge in m ³					3.250
Milchviehbetrieb H	Anzahl	70	50	30	0	150
	Menge in GV	70	35	9	0	114
	Güllemenge in m ³					1.725
Güllemenge in m³ (Summe)						15.442/16.942

Tabelle 11:
Gülle-Potenziale (Wald-Michelbach)
bzgl. des Konzepts E

Parameter	Einheit	Rechenwert
Biogasertrag	m ³ /t FS	30,66
Methangehalt Biogas	Vol%	54,8
BHKW elektr. Leistung	kW _{el}	123
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	36,2
Wirkungsgrad thermisch	%	48,8
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	10
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	20

Für die Option zum Status Quo wird angenommen, dass mindestens 15.000 t/a Gülle als Input-Substrat für eine Biogasanlage zur Disposition stehen. Zusätzlich können etwa 20 bis 25 Hektar an Fläche für den Anbau von Silomais (ca. 1.000 t/a) akquiriert werden. Dieser ist bei der geplanten Nassvergärung als Strukturmaterial für Mikroorganismen von Vorteil. Insgesamt kann eine Anlagenleistung von ca. 120 kW realisiert werden (vgl. KTBL 2009, letzter Zugriff in 2010-03-11).

3.5.2 Ökologische Bewertung

Die ökologische Bewertung umfasst die Betrachtung der möglichen Nutzung, v. a. der bislang nicht energetisch genutzten Gülle. Zusätzlich wird Mais als Ko-Substrat eingesetzt. Es werden folgende Szenarien betrachtet:

- E Ist: Ist-Zustand: Lagerung und Ausbringung unvergorener Gülle
- E Pot: Vergärung der Gülle zusätzlich mit Silomais, Nutzung Biogas im HKW, Vermarktung der Überschusswärme in Konkurrenz zu Wärmeerzeugung auf Heizölbasis

Im Szenarienvergleich zeigen sich über alle diskutierten Umweltwirkungskategorien Treibhauseffekt, kumulierter Energieaufwand (KEA) fossil und Versauerung eine deutliche Verbesserung durch die Güllevergärung gegenüber dem Status Quo.

Beim Treibhauseffekt ergibt sich eine Ergebnisumkehr, d.h. durch die Güllevergärung wird ein positiver Beitrag zum Klimaschutz erreicht. Die Lagerung der unvergorenen Gülle erfolgt in der Regel in offenen Lagern, wobei signifikante Mengen an Methan entweichen. Diese Emissionen werden durch die Vergärung der Gülle zu einem Großteil vermieden. Methanemissionen fallen zwar auch beim Vorlager der Gülle sowie aus dem Gärrestlager an, aber in deutlich geringerem Umfang als dies bei der Rohgülle der Fall ist. Hinzu kommen die Erfolge aus den Energiegutschriften. Zu 20% sind diese auf die anteilige Wärmenutzung zurückzuführen, 80% resultieren aus der Stromgutschrift.

Bei der Umweltwirkungskategorie Versauerung wird durch die Güllennutzung gegenüber dem Status Quo eine leichte Verbesserung erreicht, wobei beide Optionen im Saldo zu Belastungen führen. Diese resultieren aus den Emissionen an Ammoniak, die bei der Lagerung oder der Ausbringung der Rohgülle bzw. des Gärrestes auftreten. Der Gärrest hat zwar einen höheren prozentualen Ammoniumgehalt und damit ein höheres Potenzial für Ammoniakemissionen, allerdings sind die absoluten N-Gehalte trotz anteiligem Silomais niedriger.

3.5.3 Ökonomische Bewertung

Grundsätzlich ist, neben der Biogasanlage selbst, die Anbindung zu einem Nahwärmenetz ein wesentlicher Kostenaspekt. Hier ist vor allem die Länge der Rohrleitungsstrecke entscheidend. Außerdem sollte in der Nähe des Anlagenstandortes auch bereits eine Trafo-Station (Umspannwerk) zur Stromeinspeisung vorhanden sein, da der Neubau einer solchen Anlage erhebliche Investitionskostensteigerungen zur Folge hätte.

Beim Vergleich der Wärmenutzungsvarianten mit Holz Trocknungsanlage oder Einspeisung in ein Nahwärmenetz wird deutlich, dass die Investitionen in die Trocknungsanlage ungefähr den durchschnittlichen Kosten für eine 230 m lange Nahwärmenetzanbindung (ohne Wiederherstellung des Straßenbelags) entsprechen. Die Investition in eine Nahwärmenetzanbindung von z. B. 350 m Länge verursacht im vor-

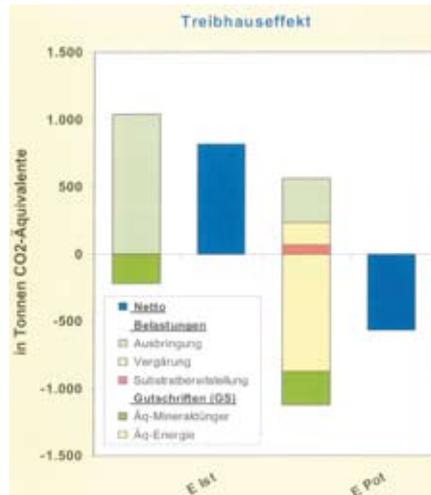


Abbildung 14:
Darstellung des Treibhauseffekts
bzgl. des Konzepts E

liegenden Fall daher etwa 1,5-fach höhere Kosten als die Investition in eine Holz-trocknungsanlage. Im Regelfall ist der höhere mögliche Umsatz/a jedoch den gerin-geren Investitionskosten vorzuziehen, da im Falle einer direkten Strom einspeisung auch der KWK-Bonus (2,94 €-Cent/kWh in 2011) erreicht werden kann, welcher für die Holztrocknung entfällt.

Für die ökonomische Bewertung wurden die Investitions-, Substrat-, Energieeigen-bedarfs-, Wartungs- und Instandhaltung- sowie Personal- und Verwaltungssach-kosten über eine Laufzeit von 10 Jahren mit den entstehenden Umsätzen verrech-net und auf ihre ökonomischen Auswirkungen hin betrachtet. Insgesamt stehen dem Umsatz, welcher zwischen 22% und 25% p. a. des Finanzierungsbedarfs be-rechnet wurde, Kosten zwischen 22% und 23,5% p. a. vom Finanzierungsbedarf entgegen. Die Spanne für das Ergebnis v. St. liegt damit zwischen minus 1,5% und plus 3% p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Unter Verwendung dieser Annahmen kann sich ein positives Ergebnis von durch-schnittlich bis zu ca. 33.000 €/a vor Steuern ergeben. Bei Eigenfinanzierung könnte die Kapitalrendite bei bis zu 5,5% p. a. über eine Laufzeit von 10 Jahren liegen.

Das Ergebnis ist vor allem vom Anteil der verkauften Wärme und dem Wärmenut-zungskonzept abhängig. Die Gewährung des KWK-Bonus hat hierbei eine entschei-dende Rolle. Außerdem würde sich die Kapitalrendite ebenfalls verringern, falls die Nahwärmenetzanbindung länger wird oder die Wiederherstellung des Straßenbe-lags mit einbezogen werden muss. Die Vergütung für die elektrische Einspeisung ist bereits in einem hohen Maße vom Substrat-Mix bestimmt (hier 55 Energie-% Gülle und 45 Energie-% Maissilage) und damit nur durch die Erlangung des Formaldehyd-bonus in gewissem Maße steigerbar.

3.5.4 Empfehlung

Da bei der Holztrocknung nur ein geringer Teil des Energie-Inputs für die Heizwert-steigerung zur Verfügung steht, muss vergleichsweise viel Primärenergie aufgewen-det werden. Die Menge des zur Verfügung stehenden Biogases von z. B. einem ha Mais (ca. 43,5 t/a; 4.940 m³ Methan; 49,4 MWh Primärenergie) würde im Falle des genannten Trocknungskonzepts nur dazu ausreichen um rund 3,8 t Holz (entspricht einer Menge von rund 4,8 Fm frischem Fichten- oder 3,5 Fm frischen Rotbuchen-holz) auf einen Restwassergehalt von w15 zu trocknen. Der Heizwertzugewinn läge dabei bei ca. 6,5 MWh, während das aus dem Mais gewonnene Biogas einem Heiz-wert von etwa 49,4 MWh entspricht.

Zusätzlich bedürfte es auch noch der Miteinbeziehung des Wirkungsgrads der HHS-Feuerung. Dieser liegt in modernen Anlagen bei etwa 92% und würde die zusätz-liche Wärme, welche in ein angeschlossenes Nahwärmenetz eingespeist werden kann, von den genannten 6,5 MWh auf 6 MWh (12% vom Primärenergieträger) re-duzieren. Bei angenommenen Nahwärmenetzverlusten von 5% bis 15% ergibt sich damit ein endgültiger Wärme-Gesamtwirkungsgrad zwischen 10% und 11,5%.

Im vorliegenden Fall ist das Ergebnis durch den hohen thermischen Wirkungsgrad von 48,8% des verwendeten BHKW noch relativ hoch. Sollten leistungsfähigere BHKW mit höherem elektrischem bzw. niedrigerem thermischem Wirkungsgrad verwendet werden, so sinkt die gesamt nutzbare Wärmewirkung unter 10% des Pri-märenergieeinsatzes.

Bei einer direkten Nahwärmenetzeinspeisung könnte dahingegen ein Wärmewir-kungsgrad von über 30% erzielt werden. Hier müssen dem thermischen Wirkungs-

grad des BHKW (6_{th} 48,8%) lediglich der Wärmeeigenbedarf (20%) und Nahwärmenetzverluste (15%) als effizienzmindernende Faktoren in Rechnung gestellt werden.

In Anbetracht der erheblich geringeren energetischen Effizienz der Holz Trocknung, welche sich direkt im Umsatz widerspiegeln kann, sollte demnach die Einspeisung in das Nahwärmenetz bevorzugt werden.

Ökonomisch gesehen bietet das Projekt dann eine hohe Aussicht auf eine positive Kapitalrendite, auch wenn diese gering ausfallen kann. Zusätzlich stellen sich auch aus ökologischer Sicht Verbesserungen gegenüber dem Ist-Zustand ein. Außerdem ist auch eine Verbesserung der Umweltsituation durch eine Verringerung der Geruchsbelästigung zu erwarten. Deswegen wird die Durchführung des Projekts empfohlen.

3.6 Impuls zur Biomassenutzung – Konzept F

Mit diesem Konzept soll ein Impuls zur Nutzung von Polderflächen für den Anbau von kurzumtriebigem Agrarholz, häufig auch Kurzumtriebsflächen (KUF) genannt, gesetzt werden.

Die Erzeugung von Holz auf Ackerflächen kann im Sinne eines Mehrnutzungskonzeptes zur Erreichung verschiedener Ziele dienen. Der Agrarholzanbau kann in Abhängigkeit vom Standort als besonders nachhaltige, extensive Erzeugung von Biomasse gelten. Der Beitrag zum Klimaschutz durch die Nutzung von Holz aus KUF in dezentralen Heiz(kraft)werken ist im direkten Vergleich mit anderen Bioenergienutzungspfaden in der Regel besonders klimaeffizient (vgl. WBA 2007, SRU 2007 und 2009).

Eine besonders sinnvolle Option stellt die Nutzung von Polderflächen dar. Für diese Flächen, die häufig als Vorranggebiete für den Naturschutz, insbesondere für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen dienen, kann über eine Teilnutzung mit Agrarholz eine Extensivierung bei gleichzeitigem Erhalt der Produktivität erreicht werden. Damit wird auch zu einer Verringerung von Flächenverlusten für die Landwirtschaft beigetragen, die Agrarstruktur wird berücksichtigt (vgl. auch Prüfauftrag neues BNatSchG).



Mit Niederwald im Kurzumtrieb (auch: Kurzumtriebsflächen) werden i. d. R. Kulturen bezeichnet, die aus ein bis drei verschiedenen Hochleistungssorten aufgebaut werden. In Deutschland sind dies v. a. Pappeln und weniger häufig Weiden (Strauchweiden).

Abbildung 15:
Ein- und Auslassbauwerk am Polder „Insel Flotzgrün“
Bild: SGD Süd RLP

Der Agrarholzanbau in Polderflächen kann somit im Sinne eines Mehrnutzungskonzeptes verschiedene Leistungen für die Rohstoffversorgung und den abiotischen und biotischen Ressourcenschutz sowie über eine Steigerung der Vielfalt in der Flächennutzung auch für den Erholungswert der Poldergebiete vereinen.

Folgende Hochwasserrückhaltungen und ungesteuerte Polder gibt es in der Metropolregion: Worms „Bürgerweide“, Worms „Mittlerer Busch“, Mannheim „Kirsch-

gartshausen“, Brühl/Otterstadt „Kollerinsel“, Speyer „Im Kirchengrün“, Römerberg-Mechtersheim „Insel Flotzgrün“, Germersheim Sondernheim „Im Willig“ und Wörth/Jockgrim. Die jeweiligen Standorte unterscheiden sich im Hinblick auf Größe, bisherige und aktuelle Nutzung, Stand der wasserbaulichen Maßnahmen und ggf. Flurordnungsverfahren sowie ihrer jeweiligen Nähe zu potenziellen Rohstoffsenken.

Bei den gesteuerten Polderflächen handelt es sich um vollständig eingedeichte Bereiche, die im Bedarfsfall über Ein- und Auslassbauwerke geflutet werden können, um Hochwasserspitzen zu kappen. Eine Flutung dieser Flächen findet in der Regel nur bei Jahrhundert-Hochwässern statt, die im statistischen Mittel alle 20-25 Jahre eintreten. Im Falle einer geregelten Flutung werden Landnutzer in gesteuerten Poldern vom Land entschädigt. In der Regel wird auf den Flächen auch nach dem Polderbau die landwirtschaftliche Nutzung fortgeführt, zudem werden große Teile für den Kiesabbau nutzbar gemacht (vgl. Wierig 2010).

Die ungesteuerten Polderflächen sind durch die Rückverlegung von Deichen nicht vor Überflutungen geschützt und werden je nach Höhenlage und Pegel bei jedem Rheinhochwasser überflutet. Für diese Flächen gibt es keine Entschädigungsregelungen, so dass dort prinzipiell zunächst eine Verschlechterung der Bewirtschaftungsbedingungen stattfindet. Auch auf diesen Flächen wird bislang zum Teil weiterhin eine landwirtschaftliche Nutzung praktiziert, wobei sich auch einzelne Poldergebiete (Standort Wörth/Jockgrim) in Flurneuordnungsverfahren befinden. Über die Flurbereinigung wird hier die Überführung in Vorrangflächen für Ausgleich & Ersatz angestrebt, indem Flächeneigentümer und -bewirtschafter von den Kommunen über den Flächentausch mit Flächen im hochwassergeschützten Bereich entschädigt werden.

Tabelle 13: Eigenschaften der Polderstandorte in der MRN

Standort	Polder		Flächen		Aktuelle Nutzung/Planung	Nutzungsalternativen Bioenergie	Distanz zum Standort Speyer
	Status	Umfang	davon Acker				
Bürgerweide	ungesteuert	68 ha	<10 ha		Naherholung, Extensivgrünland, Auwald	Grünland für Biogas	45 km
Mittlerer Busch	ungesteuert	65 ha	50 ha		A. & E.-Maßnahmen, landwirtschaftliche Nutzung	Ext. Anbausysteme (Als A. & E.)	48 km
Kirschgartshausen	ungesteuert	53 ha	k. A.		Extensivgrünland, Auwald	Grünland für Biogas	48 km
Kollerinsel	gesteuert	235 ha	40 ha		Ackerbau, Grünland	Ext. Anbausysteme	7 km
Im Kirchengrün	ungesteuert	22 ha	0 ha		Extensivgrünland, Sukzession	Grünland für Biogas	1 km
Insel Flotzgrün	gesteuert	165 ha	150 ha		Landw. Nutzung, aktuell überwiegend Stilllegung	Ext. Anbausysteme	22 km
Im Willig	ungesteuert	12 ha	0 ha		Extensive landw. Nutzung als A. & E.-Maßnahmen	Grünland für Biogas	26 km
Jockgrim	ungesteuert	145 ha	80 ha		Landw. Nutzung als A. & E.-Maßnahmen Wald	Ext. Anbausysteme (Als A. & E.)	39 km
Jockgrim	gesteuert	275 ha	210 ha		Landw. Nutzung, langfristig flächendeckend zur Auskiesungorgesehen	–	39 km

Zugleich liegen für einzelne Standorte bereits vollständige Beplanungen mit Kompensationsmaßnahmen oder Landschafts-Entwicklungsplanungen vor, die Vorgaben zur künftigen Entwicklung enthalten (vgl. Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd 2010). Potenziell geeignete Standorte, die in die weitere Potenzialbetrachtung einfließen, sind in der vorhergehenden Tabelle grün hervorgehoben.

Der Ansatz einer Kombination aus Leistungssorten mit autochthonen Pflanzen, der aktuell im ELKE-Projekt (www.landnutzungsstrategie.de) verfolgt wird, kann sowohl im Rahmen von Großvorhaben (sogenannte naturschutzrechtliche Eingriffsregelung), als auch im kommunalen Rahmen (sogenannte baurechtliche Eingriffsregelung) verfolgt werden. Besonders geeignet hierfür sind analog zur jeweiligen Entwicklung der einzelnen Standorte die ungesteuerten Polder, in denen bislang keine Beplanung vorliegt. Dies ist nach gegenwärtigem Kenntnisstand in Worms „Mittlerer Busch“ und Wörth/Jockgrim der Fall. Mögliche Großprojekte, die einen entsprechenden Bedarf an Kompensationsflächen und -maßnahmen erwarten lassen, sind der geplante Bau einer Rheinbrücke bei Wörth, der 3-streifige Ausbau der Bundesautobahn 61 oder der Bau der Bienwald-Autobahn in Richtung Strasbourg.

ELKE = Entwicklung extensiver Landnutzungskonzepte für die Produktion nachwachsender Rohstoffe als mögliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Bundesverbundforschungsprojekt unter der Leitung des IfaS, im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), gefördert über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)

3.6.1 Technische Lösungen

Die Etablierung einer Agrarholzerzeugung in Polderflächen kann prinzipiell über verschiedene Wege erfolgen.

Mit einer besonderen Vielfalt (mehrere Baumarten, ggf. in Kombination mit anderen Ackerkulturen und Grünland) ausgestattet, kommen extensive Anbausysteme als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in Betracht (vgl. Wagener et al. 2008). Für den Agrarholzanbau als Kompensationsmaßnahme werden vorrangig Ackerflächen in ungesteuerten Poldern, die noch nicht für Kompensationsmaßnahmen verplant sind, diskutiert, sofern in absehbarer Zeit und in räumlichem Bezug zu den Flächen Großprojekte oder kommunale Eingriffe vorhanden sind.

Zielführend kann hier die Etablierung eines extensiven, vielfältigen Agrarholzanbaus zur Energiegewinnung, basierend auf mittleren Umtriebszeiten und dem Einsatz verschiedener Weidenherkünfte sein. So können Leistungssorten kombiniert mit autochthonem Pflanzmaterial hier die erwünschte Vielfalt mit einer angestrebten Wirtschaftlichkeit verbinden.

Auf Ackerflächen in gesteuerten Polderflächen und weiteren Flächen hinter dem Deich, die noch nicht für anderweitige Nutzungen (z. B. Kiesabbau) verplant sind, kann der Agrarholzanbau unter den gegebenen Bedingungen an den Agrarmärkten künftig als ergänzende Kultur für den gegenwärtigen Anbau dienen. Die Auswahl von Baumarten und Sorten für diesen Anbau unter Marktbedingungen wird sich jedoch im Unterschied zu einem extensiven Anbau als Kompensationsmaßnahme an der Leistungsfähigkeit orientieren. Hier können ertragsstarke Sorten, vor allem Hochleistungsklone von Pappel und Weide, in Abhängigkeit von der Wasserversorgung ihr volles Ertragspotenzial ausspielen, so dass sie für den Anbau auf gesteuerten Polderflächen (Brühl/Otterstadt „Kollerinsel“, Römerberg-Mechtersheim „Insel Flotzgrün“) wie auch „hinter dem Deich“ in Frage kommen.

Eine konservativ sichere Abschätzung der Potenziale, die sich aus den skizzierten Handlungsoptionen für die Polderflächen ableiten lassen, ist in den folgenden Tabellen dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass für die Potenzialberechnungen von einem Flächenanteil von jeweils 50% der Gesamtackerflächen in den Poldern für den Agrarholzanbau ausgegangen wurde.

Unberücksichtigt bei dieser Überlegung bleibt der Agrarholzanbau außerhalb der Polderflächen. So können über die gezielte Förderung des Anbaus durch weiterführende Informationsveranstaltungen, eine stärkere Vernetzung der Akteure vor Ort (z. B. zur Bündelung der Erntelogistik) und die Schaffung von Absatzwegen (z. B. den Aufbau kommunaler Hackschnitzel-Heizanlagen zur Nahwärmeversorgung) weitere Potenziale erschlossen werden.

Tabelle 14:
Holz- und Primärenergiepotenziale aus dem Anbau von Hohertrags-Weiden in gesteuerten Polderflächen

Standort	Fläche	Zuwachs (w15)	Gesamtertrag	Heizwert pro t	Gesamtheizwert
Kollerinsel	20 ha	15,0 t/a FM	300,0 t/a FM	4 MWh	1.200 MWh/a
Insel Flotzgrün	75 ha	15,0 t/a FM	1.125,0 t/a FM	4 MWh	4.500 MWh/a

Tabelle 15:
Holz- und Primärenergiepotenziale aus dem Anbau autochthoner Weidenherkünfte in ungesteuerten Polderflächen

Standort	Fläche	Zuwachs (w15)	Gesamtertrag	Heizwert pro t	Gesamtheizwert
Mittlerer Busch	25 ha	7,5 t/a FM	187,5 t/a FM	4 MWh	750 MWh/a
Jockgrim	40 ha	7,5 t/a FM	300,0 t/a FM	4 MWh	1.200 MWh/a

Auch für die Verwertung von Hackschnitzeln aus dem Agrarholzanbau kommen verschiedene Modelle in Betracht. Zum einen kann das Material vom Flächenbewirtschafter selbst zur Beheizung eigener oder von ihm betriebener Heizanlagen verwendet werden. Dieser Verwertungsweg beinhaltet die Chance, die regional in der Kulturlandschaft tätigen Betriebe in den Anlagenbetrieb und die damit verbundene Wertschöpfung einzubinden.

Zum anderen kommt das Material für eine Verwertung in mittleren bis größeren Heiz(kraft)werken in Frage. Derzeit gibt es Planungen für ein Heizkraftwerk am Abfallwirtschaftshof Nonnenwühl der Stadtwerke Speyer, welcher für die logistische Einordnung der Potenziale herangezogen wurde.

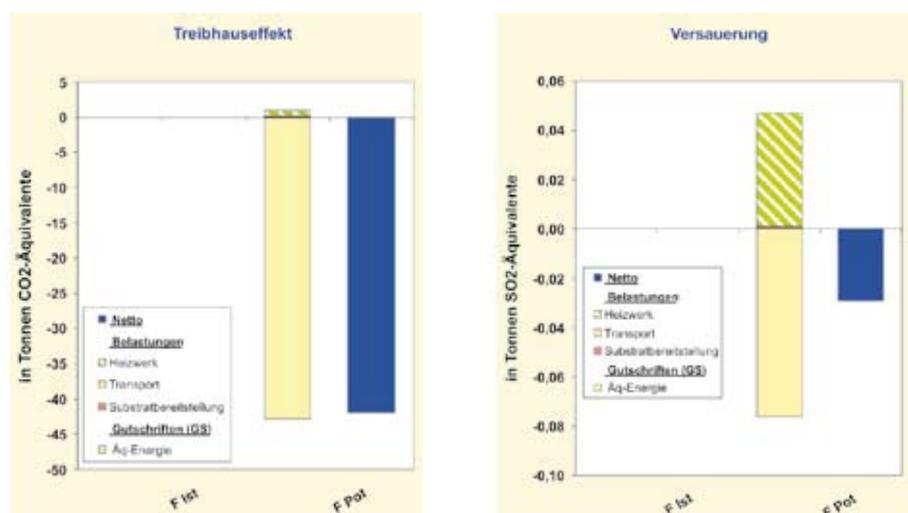
Die zentralen Randbedingungen und Annahmen zur technischen Lösung sind im Rahmen der ökonomischen Bewertung beschrieben.

3.6.2 Ökologische Bewertung

Für die Diskussion der Biomasse-Potenziale in der Metropolregion Rhein-Neckar und die Aufstellung von Lösungsstrategien bzw. Impulskonzepte wurde immer unterstellt, dass keine Flächenkonkurrenz zur Erzeugung von Nahrungs- oder Futtermittelproduktion erfolgt. Entsprechend zieht die ökologische Bewertung des Nutzungskonzeptes Niederwald als Kurzumtrieb als Referenz eine aus der landwirtschaftlichen Produktion genommene Fläche heran. Demnach werden folgende Varianten bilanziert:

- F Ist: Ist-Zustand: Aus der Produktion genommene Agrarfläche
- F Pot: Produktion von KUF und Einsatz der Holz hackschnitzel in einem Holzheizwerk

Abbildung 16:
 Darstellung des Treibhauseffekts und der Versauerung
 bzgl. des Konzepts E



Wie aus den Ergebnissen für die beiden exemplarisch ausgesuchten Wirkungskategorien zu ersehen ist, sind die Produktion von KUF und die energetische Nutzung der Holzhackschnitzel vorteilhaft. Wie immer bei Holzfeuerungsanlagen sind die Emissionsstandards zu beachten.

3.6.3 Ökonomische Bewertung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Agrarholzanbau in Polderflächen werden nachfolgend exemplarisch für den „Extensiv-Anbau“ autochthoner Weidenherkünfte im 4-jährigen Umtrieb auf ungesteuerten Polderflächen (Variante WeiAut) und den Anbau von Hochleistungsklonen der Weide im 2-jährigen Umtrieb (Variante WeiHoc) im Vergleich mit dem Weizenanbau in einer Vollkostenrechnung dargestellt.

Die Kostenkalkulationen basieren auf Maschinenkostensätzen des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL 2006).

Bei den Anlagekosten wird für WeiHoc von 1.770 €/ha und bei WeiAut von 2.140 €/ha ausgegangen. Die Kostenunterschiede erklären sich durch Unterschiede beim Pflanzgut, der Pflanzdichte und bei der Unkrautbekämpfung. Während die Stecklinge der Hochleistungssorten zum marktüblichen Preis zugekauft werden können (es wurden 0,12 €/Stück veranschlagt), muss im Fall der autochthonen Herkünfte eine eigene Pflanzgutgewinnung am Standort vorgenommen werden, daher wurden hier 0,20 €/Stück angesetzt. Die Pflanzdichte variiert aufgrund der jeweiligen Umtriebszeiten zwischen 10.000 Stück/ha für die Hohertragsvariante und 8.000 Stück/ha für die regionalen Herkünfte. Im Ergebnis kostet damit das Pflanzgut für „WeiHoc“ 1.200 €/ha, während bei „WeiAut“ 1.600 €/ha anfallen. Gelingt es, eine kostengünstige Pflanzgutgewinnung für autochthones Material zu realisieren, können für diese Variante deutliche Kosteneinsparungen erzielt werden.

Für Flächenvorbereitung und Pflanzung werden in beiden Varianten Arbeitserledigungskosten von insgesamt 470 €/ha angesetzt. Unterschiede bestehen bei der Unkrautbekämpfung. Während die Hohertragsanlage mit einer chemischen Unkrautbekämpfung bei 72 €/ha liegt, fallen für die mechanische Unkrautkontrolle in der Extensivanlage insgesamt Kosten von 96 €/ha an.

Die Ernte erfolgt bei „WeiHoc“ alle zwei Jahre mit praxisüblicher Feldhäckslertechnik unter Einsatz eines speziellen Erntevorsatzes. Die Kosten für das bereits von der Firma Claas entwickelte und erprobte Verfahren, das großflächig vor allem in Weidenplantagen in Schweden eingesetzt wird, liegen nach KTBL bei 374 €/ha. Für „WeiAut“ wird der Einsatz eines Mähhackers im Anbau an einen landwirtschaftlichen Schlepper alle vier Jahre kalkuliert. Die Kosten für dieses Verfahren, das sich derzeit bei verschiedenen Herstellern noch in der Erprobungsphase befindet, liegen nach Schätzungen des KTBL bei 381 €/ha.

Als Zuwachs wurden exemplarisch 7,5 t Frischmasse pro Jahr für autochthone Weiden bzw. 15 t Frischmasse pro Jahr für Hohertragsweiden angesetzt, so dass bei der zwei- bzw. vier-jährlichen Ernte jeweils ein Ernteertrag von 30 t anfällt.

Zur Berechnung der Leistungen der Anbausysteme wurden aktuelle Marktpreise angesetzt. Für Holzhackschnitzel wurde ein Preis von 60 €/t Frischmasse bei 30% Wassergehalt angesetzt, der aufgrund der geringeren Qualität der Agrarholz-Rohstoffe einen Preisabschlag von 25% gegenüber gängigen Preisen für Waldhackschnitzel (vgl. Carmen e.V. 2010) enthält. Für die Vergleichskultur Winterweizen wurde ein Preis von 140 €/t angesetzt, der ca. 20% über dem derzeitigen Preisniveau ein Mittel der letzten drei Jahre abbildet (vgl. Landwirtschaftskammer Rheinland-

Pfalz 2010). Bei allen Varianten wurde eine einheitliche Betriebsprämie von 150 €/ha angesetzt.

Abbildung 17 zeigt die langfristige Entwicklung der Wirtschaftlichkeit der verglichenen Anbausysteme in Form von kumulierten Gewinnbeiträgen. Die Kurven zeigen, dass der Anbau von Weizen unter den aktuellen Marktbedingungen kaum kostendeckend betrieben werden kann, wobei der Agrarholzanbau in beiden Varianten ohne eine zusätzliche Unterstützung noch wesentlich schlechter abschneidet. Kommt hingegen wie in Abbildung 18 für die Variante „WeiAut“ dargestellt, eine zusätzliche Prämie für Kompensationsleistungen von 200 €/ha hinzu, kann dieser Anbau wirtschaftlich bessere Ergebnisse als der Weizenanbau bringen.

Abbildung 17:
 Kumulierte Gewinnbeiträge im Agrarholz- und Weizenanbau unter Marktbedingungen

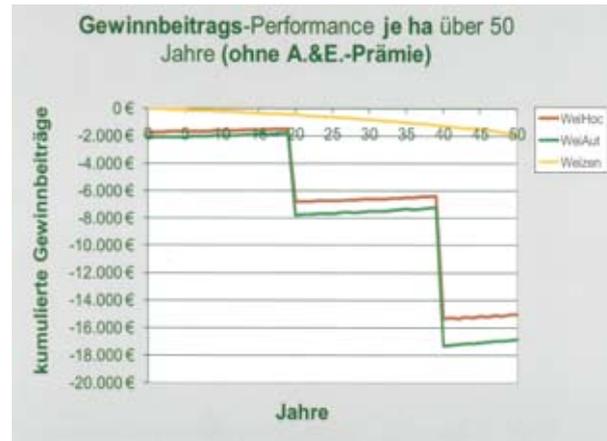
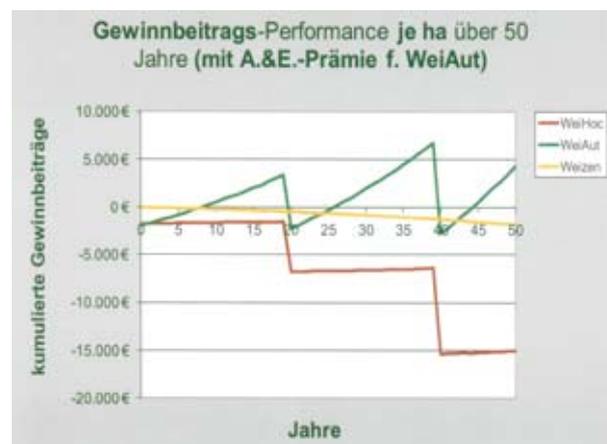


Abbildung 18:
 Kumulierte Gewinnbeiträge im Agrarholz- und Weizenanbau bei Kofinanzierung des extensiven Agrarholzanbaus



Insgesamt muss im Kontext der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen darauf hingewiesen werden, dass die Kalkulationsdaten des KTBL im Vergleich mit Praxisdaten in der Regel im oberen Kostenbereich liegen, so dass im Praxisanbau vor Ort in der Regel für alle Kulturen bessere Resultate zu erwarten sind. Für welche Form der Verwertung die erzeugten Hackschnitzel und den getroffenen Preisannahmen geeignet sind, ist im regionalen Kontext zu klären, so dass die erwähnte zentrale Verwertung in einem Heizkraftwerk bei Speyer lediglich exemplarischen Charakter hat. Andere Verwertungsoptionen stellen die Eigennutzung der Hackschnitzel im landwirtschaftlichen Betrieb und die Lieferung bzw. der Betrieb von kleineren und mittleren Heizanlagen z. B. zur Versorgung kommunaler Liegenschaften oder Nahwärmenetze dar.

3.6.4 Empfehlung

Der Anbau in Polderflächen stellt aufgrund der periodischen Überflutung eine besondere Herausforderung dar. Hier besteht zunächst noch Diskussionsbedarf hinsicht-

lich der Überstauungstoleranz der einsetzbaren Gehölze (Arten, Sorten, Herkünfte), insbesondere in den langfristig und häufig überfluteten Bereichen der Polder. Gerade an dieser Stelle macht der Einsatz angepasster heimischer Hölzer aus dem unmittelbaren Überschwemmungsbereich des Rheins besonderen Sinn (Weichholzaue: Weidengebüsche wie z. B. *Salix viminalis*). Erste Erfahrungswerte werden derzeit unter anderem in Niedersachsen mit Weiden-Agrarholzanbau in Auen gewonnen. Planungen existieren auch für den Oberrhein. Zu Auen(wäldern) und Bäumen existieren nach Bronstert (2004) Versuchsflächen bei Freiburg und an der Elbe.

Für eine Anerkennung extensiver Anbausysteme mit Agrarholz als Kompensationsmaßnahmen im Sinne der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung sollten frühzeitig Gespräche mit den i. d. R. zuständigen Unteren Naturschutzbehörden geführt werden. Eine Anbindung an bestehende Pilotprojekte (Wagener et al. 2008) erscheint hierzu sinnvoll.

Um die Potenziale für die Metropolregion Rhein-Neckar zu erschließen, müssen die Akteure vor Ort stärker vernetzt, Erntetechnik und Logistik idealerweise zentral (z.B. über Maschinenringe) organisiert und Absatzwege geschaffen werden. Über die Errichtung kommunaler Konversionsanlagen und deren Versorgung auf Basis von Agrarholz können bei einer entsprechenden Vertragsgestaltung für beide Seiten vorteilhafte Partnerschaften entstehen.

4 Ausblick

Die Untersuchung zeigt, dass in vielen Bereichen Biomasse schon umfassend und effektiv genutzt wird. Es wurden Verwertungskonzepte entwickelt, die auch im Sinne des Klimaschutzes eine effiziente Nutzung bedeuten.

Wie die Untersuchung aber auch zeigt, gibt es noch zahlreiche Biomassen, für die sinnvolle Lösungen gefunden werden müssen. Diese fehlen derzeit oftmals für folgende Biomassen:

- Bioabfall aus Haushalten
- kommunale Grünabfälle
- Landschaftspflegegut
- Gülle/Wirtschaftsdünger
- Holz aus Kurzumtriebsflächen

Vor allem für diese Biomassen wurden mit dem Projekt beispielhaft Lösungsstrategien aufgezeigt, die als Impuls für die weitere Diskussion und Umsetzung von Nutzungskonzepten dienen sollen.

Auf Basis der Erkenntnisse wären auch zahlreiche weitere Impulse denkbar gewesen. Die Impulse hätten auf einige wenige weitere Biomassen ausgedehnt werden können. Vor allem wären auch zahlreiche andere Ortschaften oder Regionen denkbar gewesen, um Lösungsstrategien für die Biomassenutzung exemplarisch zu entwickeln und aufzuzeigen.

Für eine optimierte Nutzung der Bioabfälle aus Haushalten bedarf es eines entsprechenden abfallpolitischen Willens auf Ebene der entsorgungspflichtigen Körperschaften (Kreise und kreisfreie Städte) bzw. einer Abstimmung auf Ebene der Bundesländer als obersten Abfallbehörden (Kooperation über die Grenzen von Bundesländern hinweg).

Bei allen anderen diskutierten Biomassen sind vor allem lokale und regionale Akteure angesprochen. Die im Rahmen des Projektes entwickelten Konzepte / Impulse zeigen eindrücklich, wie schwierig es ist, für diese ökologisch sinnige und ökonomisch tragfähige Lösungen zu finden. Dies wird nur möglich sein, wenn sich lokale Akteure mit der entsprechenden Kenntnis der spezifischen Möglichkeiten und Schwierigkeiten vor Ort darum bemühen und Lösungen gesucht werden, die durchaus mehrere Biomassen einschließen können und die verschiedensten Akteursgruppen und damit auch Interessenlagen einbeziehen.

Von Lösungsmodellen müssen alle Akteursgruppen (bspw. Biomasseerzeuger bzw. -entsorger, Anlagenbetreiber, Energieversorger) gleichermaßen profitieren.

Bei der Entwicklung bzw. Realisierung von Projekten zur energetischen Verwertung vorhandener regionaler Biomassepotenziale ist wichtig zu beachten, dass der Ausbau der Biomasse nachhaltig erfolgt. Hierzu gehört beispielsweise der Einsatz von Energiepflanzen und anderen Substraten mit vorteilhafter Ökobilanz oder die Beachtung von Biodiversität und Artenschutz. Zugleich muss der Ausbau der Biomassenutzung im Einklang mit den Anforderungen der Nahrungsmittelproduktion erfolgen. Dementsprechend sollte eine Einschränkung der Nahrungsmittelproduktion zugunsten der Energieproduktion vermieden werden, in dem etwa ein Diskussionsprozess über die Flächennutzung innerhalb der einzelnen Regionen in Gang gesetzt wird oder zunächst ungenutzte Flächen und Potenziale mobilisiert werden.

5 Literaturverzeichnis

5.1 Monographien und Sammelwerke

ATV: Merkblatt ATV-DVWK M 369. Infrastrukturabfälle: Abfälle aus der Reinigung von Kanälen, Sinkkästen und Regenbecken – Abfälle aus der Abwasserbehandlung, Hennef 2003.

Bach: Eigenes Heizkraftwerk für die Fabrik. In: Energie pflanzen III/2008, S. 44-45.
BASF: Umwelt, Gesundheit, Sicherheit. Umweltbericht 2008 Standort Ludwigshafen, Ludwigshafen 2009.

Bendix: Auch minderwertige Rohstoffe geben Gas. Biomasse aktuell in Erneuerbare Energien, Mai 2008, S. 66-68.

Bronstert A. (Hrsg.): Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder – Schlussbericht zum BMBF-Projekt im Rahmen des Vorhabens „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“. In: Brandenburgische Umwelt Berichte 15. Universitätsverlag, Potsdam 2004.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Biogas und Umwelt. Ein Überblick, Bonn 2008.

Bunk; Maurer: Holzenergie für Kommunen. Ein Leitfaden für Initiatoren, 3. überarbeitete Auflage 2006, Holzabsatzfonds – Anstalt des öffentlichen Rechts, Bonn 2006.

Cuhls et al.: Methan-, Ammoniak- und Lachgasemissionen aus der Kompostierung und Vergärung - Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung. In: K. Wiemer, M. Kern: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung III, stofflich – energetisch. Neues aus Forschung und Praxis, Witzenhausen-Institut 2008, S. 471-489.

DLR RLP: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Verwertung von Kellereiabfällen, o.J.

DüV : Verordnung über die Anwendung von Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DüV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I Nr. 7 vom 05.03.2007 S. 222), Anlage 1.

Deutscher Verband für Landschaftspflege (DVL): Landschaft vermarkten - Leitfaden für eine naturverträgliche Regionalentwicklung, Ansbach 2006 (= DVL Schriftenreihe: Landschaft als Lebensraum, Heft 10)

Deutscher Verband für Landschaftspflege (DVL): Naturschutz mit Landwirten – was Sie bei Agrarumweltprogrammen und Cross Compliance beachten müssen, Ansbach 2007.

Deutscher Verband für Landschaftspflege (DVL): Wege zur Finanzierung von Natura 2000. Gute Beispiele, wie Europa die biologische Vielfalt voranbringt, Ansbach 2008 (= DVL-Schriftenreihe: Landschaft als Lebensraum, Heft 15).

Eder, Barbara; Schulz, Heinz: Biogas Praxis. Grundlagen - Planung - Beispiele - Wirtschaftlichkeit, 1. Auflage, Staufen 1996, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage 2006, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg 2006.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom 21. Juli 2004 (BGBl. I S. 1918), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. November 2006 (BGBl. I S. 2550).

Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften (EEG), 2008.

EUWID Sinkendes Altholzaufkommen gefährdet Versorgung von Biomassekraftwerken. BAV: Durch Mengentrückgang fehlen 1,5 Mio. Tonnen Altholz jährlich, 2009

Fendel et al.: REMONDIS Assets & Services GmbH & Co.KG: Praktische Erfahrungen in der Vergärung von biogenen Abfallstoffen. In: Biomasse aus Abfällen. Gibt es ein optimales Stoffstrommanagement?. Tagungsband zur Tagung am 11. Feb. 2009 der Stadtwerke Düsseldorf AG in Düsseldorf, LANUV-Fachbericht 18, 2009, S. 31-44.

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, 4. unveränderte Auflage 2007, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow 2007.

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR): Heizen mit Getreide und Halmgut, Gülzow 2007.

Gewitra: Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen, UFO-Plan FKZ 206 33 326, Februar 2009.

Heck et al.: Biomassemasterplan für die Landeshauptstadt Mainz Wirtschaftsförderung durch eine Strategie zur energetischen Nutzung von Biomasse. Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld 2008.

Heck, P.; Wagener, F.; Böhmer, J.; Cornelius, R.; Gebhard, R.; Scherwaß, R.; Krechel, R.; Michler, H.-P.: Endbericht zur vorbereitenden Studie (Phase I): Analyse der Möglichkeiten zur Etablierung einer extensiven Landnutzungsstrategie auf der Grundlage einer Flexibilisierung des Kompensationsinstrumentariums der Eingriffsregelung. Birkenfeld 2008.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG): Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2007, Wiesbaden 2008.

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement Birkenfeld (IfaS): Studie zur Untersuchung alternativer Verwertungsmöglichkeiten von Grünschnitt in Rheinland-Pfalz, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Birkenfeld 2007.

IFEU & Öko-Institut: Stoffstrommanagement von Bioabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 205 33 313, Juni 2006.

IFEU: Untersuchung zur Umweltverträglichkeit von Systemen zur Verwertung von biologisch-organischen Abfällen. Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (AZ 08848), Dezember 2001.

Kaltschmitt: Status-Quo und Potenziale der energetischen Biomassenutzung in Deutschland – Wozu sollen welche Biomassepotenziale genutzt werden, Strom, Wärme, Kraftstoffe? Vortrag in: Tagungsband des Perspektivforums des BBE und FNR „Ausbau der Bioenergie – im Einklang mit dem Natur- und Umweltschutz? Eine Standortbestimmung“, Berlin, 10. Februar 2004.

Kaltschmitt et al.: Energiegewinnung aus Biomasse. Externe Expertise für das WB-GU-Hauptgutachten 2003 „Welt im Wandel: Energiewende und Nachhaltigkeit“, Berlin/Heidelberg 2002.

Kaltschmitt; Hartmann; Hofbauer: Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren, 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 2009.

Kaltschmitt; Thrän: Biomasse für Strom, Wärme und Kraftstoff. Was kann die Land- und Forstwirtschaft bereitstellen? in: ufop Jahresbericht 2003

Kaltschmitt; Vogel: Biogene Kraftstoffe in Europa – Stand und Perspektiven; Vortrag auf dem 55. Berg- und Hüttenmännischer Tag, Freiberg, Juni 2004.

Kern et al.: Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz, Studie des Witzenhausen-Instituts im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Witzenhausen 2008 (FKZ 3707 33 304).

Knappe et al.: Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Erschienen in UBA, Texte 04/07 ISSN 1862-4804, Umweltbundesamt, Dessau 2007.

KTBL: Datensammlung Obstbau-Betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kalkulationsdaten, Darmstadt 2002.

KTBL: Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Darmstadt 2005

KTBL: Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07, KTBL, Darmstadt, 20. Auflage, 2006.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL (Hrsg.): Energiepflanzen. Darmstadt 2006.

LWF: Merkblatt 12. Der Energieinhalt von Holz und seine Bewertung. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Weihenstephan 2007

Maier; Vetter: Erträge und Zusammensetzung von Kurzumtriebs-Gehölzen (Weide, Pappel, Blauglockenbaum). Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung, Müllheim o.J.

Mantau: Holzrohstoffbilanz für Deutschland – Bestandsaufnahme 2002 -, in Holz-Zentralblatt Nr. 76, S. 1026-1028, 2004.

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz (MUFV): Kreislaufwirtschaftsland Rheinland-Pfalz, Mainz 2008.

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz (MUFV): Landesabfallbilanz Rheinland-Pfalz 2007, Mainz 2008.

Münch: Positionspapier - Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland, IFEU Heidelberg, 2008.

Nitsch et al.: Schlüsseltechnologie regenerative Energien. Teilbericht im Rahmen des HGF-Projektes „global zukunftsfähige Entwicklung - Perspektiven für Deutschland“ Studie des DLR-Institutes Stuttgart und Forschungszentrum Karlsruhe, Stuttgart/ Karlsruhe 2001.

Prochnow et al.: Biogasausbeuten aus Landschaftspflegeaufwuchs im Jahresverlauf. Vortrag im Rahmen der Biomassetagung auf Schloss Criewen, 01.06.2005.

Prochnow et al.: Biomethanisierung von Landschaftspflegeaufwuchs. Jahresverlauf der Biogaserträge, in Naturschutz und Landschaftsplanung 39 (1), 2007, S. 19-24.

Reeg et al.: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Weinheim 2009.

Rijkswaterstaat Oost-Nederland (Hrsg.): Raum für Fluss, Natur und Menschen: Nachhaltige Überflutungsräume am Rhein. Arnhem 2008.

Rösch et al.: Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung?, Studie des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse im Forschungszentrum Karlsruhe, gefördert durch das Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum (MLR) Baden-Württemberg, Karlsruhe 2007.

Rösch, et al.: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS): Forschungszentrum Karlsruhe: Perspektiven einer nachhaltigen Grünlandnutzung zur Energieerzeugung. Im Auftrag MLR und Akademie Ländlicher Raum, Karlsruhe 2004.

Sachverständigenrat für Umweltfragen, SRU: Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin 2007.

Sachverständigenrat für Umweltfragen, SRU: Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Umweltgutachten. Berlin 2008.

Scholwin et al.: Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, Studie des Institutes für Energetik und Umwelt Leipzig in Kooperation mit Fichtner Stuttgart, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena und Stefan Klinski Berlin, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Leipzig 2007.

Schulz: Fa. Locom Karlsruhe, persönliche Mitteilung Februar 2010.

StaLa BW: Statistik für Landkreise 2007 – Rhein-Neckar-Kreis, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart 2010.

StaLa BW: Regionaldaten zur Landwirtschaft: Hektarerträge der Feldfrüchte 2003-2007 für den Rhein-Neckar-Kreis. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. <http://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft>, Stand September 2008.

StaLa BW: Statistische Berichte Baden-Württemberg. Verkehr in Baden-Württemberg. Artikel 3568 07001, 2008.

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL): Das Jenaer Strohheizwerk. 1. Internationale Fachtagung – Strohenergie 2008, S. 3.-4. Jena April 2008.

Umweltbundesamt (UBA): Bewertung in Ökobilanzen. Interner Bericht des Arbeitskreises Bewertung in Ökobilanzen im Umweltbundesamt, Berlin, 2000.

Uhlig; Wüst: Landschaftspflegekonzept Gemeinde Elmstein – Gebiet Mordkammer, Kleines Studienprojekt im Lehr- und Forschungsgebiet Landschafts- und Freiraumentwicklung der TU Kaiserslautern, Wintersemester 2007/2008, März 2008.

Umweltministerium Baden-Württemberg (UM BW): Abfallbilanz 2007. Zahlen, Daten, Fakten, Stuttgart 2008.

vdp, VHI: Position der Zellstoff-, Papier- und Holzwerkstoffindustrie zur Nutzung des Rohstoffes Holz, September 2006.

Wetzel: Energetische Nutzung holzartiger Biomasse aus dem Heidelberger Stadtwald in Holzfeuerungsanlagen – Potenziale, Gewinnung, Verwertung und Umwelteffekte. Universität Potsdam-Institut für Geoökologie. Hambrücken 2006.

Wiegmann et al.: Bioenergie und Naturschutz: Sind Synergien durch die Energienutzung von Landschaftspflegereesten möglich?, Studie des Öko-Instituts Freiburg, in Kooperation mit Institut für Energetik Leipzig, Dr. Wolfgang Peters, Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. Ansbach, alw Arbeitsgruppe Land & Wasser Beedenbostel, Darmstadt 2006.

Wiese: Energetische, exergetische und ökonomische Evaluierung der thermochemischen Vergasung zur Stromerzeugung aus Biomasse. Doktorarbeit an der TU Hamburg-Harburg 2007.

Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, WBA: Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik. s.l. 2007.

Zeller: Holzige Biomasse aus der Landschaftspflege und der Forstwirtschaft zur energetischen Nutzung. Vortrag auf der 7. Biomasse-Tagung Rheinland-Pfalz am 08./09. November 2007 im Umwelt-Campus Birkenfeld 2007.

5.1 Internetquellen

IBS - Ingenieurbüro für Haustechnik Schreiner (2010): Brennstoffe. Brennstoffdaten und Infos für Biomasse,
URL: http://energieberatung.ibs-hlk.de/planbio_brennst.htm, letzter Zugriff am 11.03.2010.

KTBL (2005): Großvieheinheiten (GV)-Schlüssel (1 GV=500 kg Tierlebensmasse).
URL: <http://ktbl-alt.avenit.de/recht/gv-schlüssel.htm>, letzter Zugriff am 11.03.2010.

KTBL (2010). Kalkulationsdaten. Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas, Über die Substrate zu den Biogasanlagen,
URL: <http://daten.ktbl.de/biogas/startseite.do?zustandReq=1&selectedAction=substrate#start>, letzter Zugriff am 11.03.2010.

Regierungspräsidium Freiburg (2010): Integriertes Rheinprogramm (IRP).
URL: <http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1188090/index.html>, letzter Zugriff am 25.02.2010.

Struktur- und Genehmigungsdirektion (SGD) Süd (2010): Hochwasserschutz. Downloads Detailinformationen zu Hochwasserrückhaltungen und Deichrückverlegungen.
URL: <http://www.sgdsued.rlp.de/icc/Internet/nav/9cc/9cc70962-1723-1911-2b26-38822700266c.htm>, letzter Zugriff am 25.02.2010.

Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V., C.A.R.M.E.N. e.V. (2010): Energie – Preisentwicklung bei Hackschnitzeln.
URL: <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnipreise.html>,
letzter Zugriff am 25.02.2010.

Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz (2010): Markt- und Preisberichterstattung – Getreide und Öfrüchte.
URL: <http://www.lwk-rlp.de/layouts/marktstatistik/>, letzter Zugriff am 25.02.2010.

Pilz (2009): Strohpellet – eine Einkommensquelle für die Landwirtschaft?, Vortrag auf dem 6. Mitteldeutschen Bioenergetag: Biofestbrennstoff aktuell, Leipzig April 2009;
http://www.smul.sachsen.de/landwirtschaft/download/Pilz_24042009_komprimiert.pdf

Riedel (2009): Kostenlose Humuszufuhr in Rebflächen?, Information des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg,
download (http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1048303_11/humus.pdf), letzter Zugriff am 15.07.2009.

Energiesysteme der Zukunft (2010): Biogas Netzeinspeisung. Betriebskosten,
<http://www.biogas-netzeinspeisung.at/technische-planung/biogasgestehung/betriebskosten.html>, letzter Zugriff am 11.01.2010.

**Schriftenreihe des Verbandes
Region Rhein-Neckar**

Heft 8, August 2010

Herausgeber:

Verband Region Rhein-Neckar
Körperschaft des öffentlichen Rechts
P 7, 20-21
68161 Mannheim

info@vrrn.de

www.verband-region-rhein-neckar.de

Bearbeitung:

Institut für Energie- und Umwelt-
forschung Heidelberg GmbH (ifeu),
Institut für angewandtes
Stoffstrommanagement (IfaS)

Koordination:

Axel Finger (VRRN)

Auftraggeber:

Entsorgungs-AG Darmstadt,
Großkraftwerk Mannheim AG,
Metropolregion Rhein-Neckar GmbH,
MVV Energie AG,
Pfalzwerke AG,
Stadtwerke Speyer GmbH,
Verband Region Rhein-Neckar

Unter Mitarbeit von:

Abfallverwertungsgesellschaft des
Rhein-Neckar-Kreises mbH (AVR),
Abfallwirtschaftsgesellschaft des
Neckar-Odenwald-Kreises mbH (AWN),
Kreis Bergstraße, Stadt Heidelberg,
Stadt Viernheim, Struktur- und
Genehmigungsdirektion Süd

Layout:

Angelika Richter, Manuel Schaubt

V.i.S.d.P.:

Leitender Direktor Christoph Trinemeier

Druck:

Druckerei Adolf Schwörer, Mannheim

Auflage:

600