



# Biomasse-Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar

- Langfassung -

**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

- Langfassung -



*Metropolregion  
Rhein-Neckar*

Der Verband

## Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Hintergrund – Aufgabenstellung	1
2	Potenzialanalyse	2
2.1	Bioabfall aus Haushalten	3
2.1.1	Status Quo für Mengen und Verbleib	3
2.1.2	Potenzial für Bioabfälle aus Haushalten	8
2.2	Grün- und Gartenabfälle	15
2.2.1	Status Quo für Mengen und Verbleib	16
2.2.2	Ökologisch / Technisches Potenzial	20
2.2.3	Kurzfristig verfügbares Potenzial	25
2.3	Biomassen aus dem Unterhalt von Verkehrswegen	26
2.3.1	Ökologisch / technisches Potenzial für Biomassen aus der Unterhaltung von Verkehrswegen	29
2.4	Bioabfälle industrieller und gewerblicher Herkunft	30
2.4.1	Status Quo für Mengen und Verbleib	31
2.4.2	Ökologisch / Technisches Potenzial	41
2.5	Entsorgung von kommunalen Klärschlämmen und Rechengut	41
2.5.1	Status Quo für Mengen und Verbleib	41
2.5.2	Ökologisch / technisches Potenzial	45
2.6	Biomassen aus der Forstwirtschaft	45
2.6.1	Waldholz (Brennholz & Kronenderbholz)	46
2.6.2	Ökologisch / technisches Potenzial – Waldholz	47
2.6.3	Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Waldholz	47
2.7	Biomassen aus der Landwirtschaft – Zur Biogaserzeugung geeignete Kulturen	47
2.7.1	Silomais	48
2.7.2	Dauergrünland	50
2.8	Biomassen aus der Landwirtschaft – Zur Holzhackschnitzelerzeugung geeignete Kulturen (KUF)	52
2.8.1	Ökologisch / technisches Potenzial – KUF	52
2.8.2	Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – KUF	52
2.9	Biorestmassen aus der Bewirtschaftung von Flächen – Ernterückstände (Getreide- und Rapsstroh)	53
2.9.1	Ökologisch / technisches Potenzial – Stroh	53
2.9.2	Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Stroh	54
2.10	Biomassen aus Obst- und Rebanlagen	54
2.10.1	Schnitt- und Rodungsgut (holzartig)	54
2.10.2	Mähgut aus Obst- und Rebanlagen (grasartig)	56
2.11	Biorestmassen aus der Viehhaltung	57
2.11.1	Rindergülle	57
2.11.2	Schweinegülle	58
2.11.3	Geflügeltrockenkot	59
2.11.4	Pferdekot	61

2.12	Bezifferung des Biomasse-Potenzials aus der Land- und Forstwirtschaft – Zusammenfassung	62
3	Entwicklung von Verwertungsalternativen	66
3.1	Trester aus der Traubenmostherstellung	68
3.1.1	Option der Rückführung auf Weinbauflächen	68
3.1.2	Option der energetischen Nutzung als Brennstoff	69
3.1.3	Ökologische Bewertung	70
3.1.4	Ökonomische und technische Betrachtung	72
3.1.5	Fazit	73
3.2	Kommunale Klärschlämme	73
3.3	Rechengut aus kommunalen Kläranlagen	76
3.4	Bioabfälle aus Haushalten	78
3.5	Grünabfälle krautig	90
3.5.1	Ökologische Bewertung	93
3.5.2	Ökonomische und technische Betrachtung	96
3.6	Krautiges Landschaftspflegematerial	100
3.6.1	Option: Verbleib auf der Fläche	100
3.6.2	Option: Bergung und energetische Nutzung über Feuerungsanlage	101
3.6.3	Option: Intensivierung – Steigerung des Flächenertrages	102
3.6.4	Ökologische Bewertung	102
3.6.5	Ökonomische und technische Betrachtung	103
3.7	Holzige Grünabfälle / Waldrestholz	105
3.7.1	Ökologische Bewertung	106
3.7.2	Ökonomisch-technische Betrachtung	108
3.8	Gülle	113
3.8.1	Ökologische Bewertung	113
3.8.2	Ökonomische Bewertung	115
3.9	Pferdemist	117
3.9.1	Ökologische Bewertung	118
3.9.2	Ökonomische und technische Betrachtung	119
3.10	Anbaubiomasse – Silomais	122
3.10.1	Ökologische Bewertung	122
3.10.2	Ökonomische und technische Betrachtung	123
3.11	Anbaubiomasse aus Kurzumtriebsplantagen	125
3.11.1	Ökologische Bewertung	125
3.11.2	Ökonomisch / technische Bewertung	126
3.12	Verwertungsoptionen für Biomasserückstände im Ackerbau – Nutzung von Getreidestroh	128
3.12.1	Ökologische Bewertung	130
3.12.2	Ökonomisch / technische Bewertung	131
3.13	Fazit: Möglichkeiten des Stoffstrommanagements	133
4	Impulse zur Biomassenutzung	134
4.1	Impulsprojekt A – Bioabfall aus Haushalten	134
4.1.1	Standortfrage	134
4.1.2	Biomassenangebot	144
4.1.3	Grobes Logistikkonzept	147
4.1.4	Verwertungskonzept	154



4.1.5	Bewertung	157
4.1.6	Fazit	185
4.2	Impulsprojekt B – Bioabfälle aus Haushalten	187
4.2.1	Standortfrage	187
4.2.2	Biomasseangebot	200
4.2.3	Grobes Logistikkonzept	202
4.2.4	Verwertungskonzept	207
4.2.5	Bewertung	211
4.2.6	Fazit	239
4.3	Impulsprojekt C – Verwertung von Landschaftspflegegut	241
4.3.1	Hintergrund	241
4.3.2	Biomasseangebot	244
4.3.3	Verwertungskonzept	246
4.3.4	Bewertung	253
4.4	Impulsprojekt D – Nutzung von Holzhackschnitzeln	260
4.4.1	Potenzialanalyse Buchen	260
4.4.2	Beschreibung der Varianten	264
4.4.3	Ökonomische Bewertung	268
4.4.4	Ökologische Bewertung der Varianten 1 und 2	278
4.4.5	Zusammenfassung	282
4.5	Impulsprojekt E – Verwertung von Gülle	284
4.5.1	Standortbetrachtung für eine Biogasanlage	284
4.5.2	Biomasseangebot	292
4.5.3	Technisches Konzept	295
4.5.4	Ökologische Bewertung	297
4.5.5	Ökonomische Bewertung	300
4.5.6	Fazit	312
4.6	Impulsprojekt F – Nutzung der Polderflächen für Kurzumtriebs- plantagen	314
4.6.1	Ausgangslage	314
4.6.2	Standorte	317
4.6.3	Potenziale und Handlungsoptionen	319
4.6.4	Wirtschaftlichkeit	322
4.6.5	Ausblick	325
	Literaturverzeichnis	327
	Anhang I	334
	Bioabfallgebühren	334

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1	Standorte zur Komposterzeugung (Bio- und Grünabfall) im Untersuchungsraum	6
Abb. 2-2	Klärschlammaufkommen und Entsorgungswege	42
Abb. 3-1	Schematische Darstellung der Stoffstromanalyse und vergleichenden ökologischen Bewertung für zwei Nutzungsoptionen	67
Abb. 3-2	Vergleich der Optionen für Traubetrestler - Treibhauseffekt	71
Abb. 3-3	Vergleich der Optionen für Traubetrestler - Treibhauseffekt	71
Abb. 3-4	Vergleich der Optionen für Bioabfall aus Haushalten - Treibhauseffekt	81
Abb. 3-5	Vergleich der Optionen für Bioabfall aus Haushalten – Versauerung	82
Abb. 3-6	Übersicht über die Ergebnisse (netto) – normiert pro Einwohner	83
Abb. 3-7	Vergleich der Optionen für Grünabfall (krautig) – Treibhauseffekt	94
Abb. 3-8	Vergleich der Optionen für Grünabfall (krautig) – Versauerung	95
Abb. 3-9	Übersicht über die Ergebnisse (netto) – normiert pro Einwohner	96
Abb. 3-10	Nutzung von Landschaftspflegematerial – Treibhauseffekt	103
Abb. 3-11	Nutzung von Landschaftspflegematerial – Versauerung	103
Abb. 3-12	Übersicht über die Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für holzige Grünabfälle aus ökologischer Sicht	106
Abb. 3-13	Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für holzige Grünabfälle - Treibhauseffekt	107
Abb. 3-14	Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für holzige Grünabfälle - Versauerungspotenzial	108
Abb. 3-15	Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Gülle - Treibhauseffekt	114
Abb. 3-16	Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Gülle - Versauerungspotenzial	115
Abb. 3-17	Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Pferdemist – Versauerungspotenzial	119
Abb. 3-18	Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Pferdemist - Treibhauseffekt	119
Abb. 3-19	Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Silomais - Treibhauseffekt	122
Abb. 3-20	Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Silomais - Versauerungspotenzial	123
Abb. 3-21	Ergebnisse der Bewertung von Nutzungsoptionen für Hölzer aus Kurzumtrieb - Treibhauseffekt	125
Abb. 3-22	Ergebnisse der Bewertung von Nutzungsoptionen für Hölzer aus Kurzumtrieb - Versauerungspotenzial	126
Abb. 3-23	Schematische Darstellung eines Strohheizwerkes mit „Zigarrenbrandtechnik“	129

Abb. 3-24	Ökologische Bewertung der Strohnutzung in einem kleinen Heizwerk „Zigarrenbrandtechnik“ – Übersicht über alle Wirkungskategorien	130
Abb. 4-1	geprüfter Standort Kompostierungsanlage Weinheim	136
Abb. 4-2	Geprüfter Standort Umladestation Hirschberg	137
Abb. 4-3	geprüfter Standort Umladestation Bauschutt- und Recyclingzentrum Ladenburg	138
Abb. 4-4	Geprüfter Standort Kompostwerk Wieblingen	139
Abb. 4-5	Geprüfter Standort ehemalige Deponie Heidelberg-Feilheck	140
Abb. 4-6	Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Hockenheim	141
Abb. 4-7	Geprüfter Standort Abfallentsorgungszentrum Wiesloch	142
Abb. 4-8	Geprüfter Standort Bauschuttdeponie Wiesloch	143
Abb. 4-9	Geprüfter Standort Abfallumladeanlage Ketsch	144
Abb. 4-10	Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung - Treibhauseffekt	162
Abb. 4-11	Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung - kumulierter Energiebedarf (KEA) fossil	162
Abb. 4-12	Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung - Versauerung	163
Abb. 4-13	Personalkosten von Biogasanlagen in Abhängigkeit von der Biogaserzeugung	167
Abb. 4-14	Geprüfter Standort Abfallwirtschaftszentrum Heppenheim	189
Abb. 4-15	Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Lorsch	190
Abb. 4-16	Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Bürstadt	191
Abb. 4-17	Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Viernheim	191
Abb. 4-18	Geprüfter Standort Kompostwerk Lampertheim	193
Abb. 4-19	Geprüfter Standort ehemalige Deponie Lampertheim-Hüttenfeld	194
Abb. 4-20	Geprüfter Standort zentrale Kläranlage Mannheim-Scharhof	195
Abb. 4-21	Geprüfter Standort Erdenwerk Mannheim-Sandhofen	196
Abb. 4-22	Geprüfter Standort Deponie Friesenheimer Insel	197
Abb. 4-23	Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Friesenheimer Insel	198
Abb. 4-24	Ergebnisse Treibhauseffekt	217
Abb. 4-25	Ergebnisse kumulierter Energiebedarf (KEA) fossil	218
Abb. 4-26	Ergebnisse Versauerung	219
Abb. 4-27	Personalkosten von Biogasanlagen in Abhängigkeit von der Biogaserzeugung	222
Abb. 4-28	Konzept der schrittweisen Urbarmachung und Weidenutzung	253
Abb. 4-29	Ergebnisse Kumulierter Energieaufwand	254
Abb. 4-30	Ergebnisse Treibhauseffekt	255
Abb. 4-31	Ergebnisse Versauerung	256
Abb. 4-32	Nahwärmenetz Buchen	265
Abb. 4-33	Nahwärmenetz vom Holzheizkraftwerk Buchen an die öffentlichen Gebäude	267
Abb. 4-34	Wärmepreise der Varianten in €/kWh, von Szenario 1	271
Abb. 4-35	Sensitivitätsanalyse von Szenario 1	272
Abb. 4-36	Sensitivitätsanalyse mit den Förderungen für die Stadt Buchen	274
Abb. 4-37	Sensitivitätsanalyse Von Szenario 2	278
Abb. 4-38	Einsatz von Holzhackschnitzeln - Treibhauseffekt	281



Abb. 4-39	Einsatz von Holzhackschnitzeln - Versauerungspotenzial	281
Abb. 4-40	Wärmepreise im Vergleich	283
Abb. 4-41	Standort A	286
Abb. 4-42	Standort B	287
Abb. 4-43	Standort C	288
Abb. 4-44	Standort D	289
Abb. 4-45	Standort E	290
Abb. 4-46	Alle potenziellen Standorte und das geplante Nahwärmenetz	291
Abb. 4-47	Standortsübersicht für weitere Milchviehbetriebe	292
Abb. 4-48	Ergebnisse Treibhauseffekt	298
Abb. 4-49	Ergebnisse kumulierter Energiebedarf (KEA) fossil	299
Abb. 4-50	Ergebnisse Versauerung	299
Abb. 4-51	Holztrocknung der Fa. Neuero	303
Abb. 4-52	Personalkosten in Abhängigkeit von der Anlagenleistung	304
Abb. 4-53	Deichrückverlegung Kirschgartshausen. Bilder: SDF-Partnerschaft	315
Abb. 4-54	Pappelplantage am Standort Kandel. Bilder: IfaS	316
Abb. 82	Polderstandorte in der Metropolregion Rhein-Neckar. Blau = Polder; Rot = potenzieller Anlagenstandort in Speyer	317
Abb. 4-56	Ein- und Auslassbauwerk am Polder „Insel Flotzgrün“. Bild: SGD Süd RLP	318
Abb. 4-57	Kumulierte Gewinnbeiträge im Agrarholz- und Weizenanbau unter Marktbedingungen	324
Abb. 4-58	Kumulierte Gewinnbeiträge im Agrarholz- und Weizenanbau bei Kofinanzierung des extensiven Agrarholzanbaus	324
Abb. 0-1	Beispiel für Bioabfallgebühren in Städten	336
Abb. 0-2	Beispiel für Bioabfallgebühren in Landkreisen	337

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1	Bio- und Grünabfallaufkommen in den einzelnen Entsorgungspflichtigen Körperschaften (Stand 2008)	4
Tabelle 2-2	Bioabfallkompostierungsanlagen	7
Tabelle 2-3	Technisch / ökologisches Bioabfallpotenzial der einzelnen Gebietskörperschaften in konservativer Abschätzung	9
Tabelle 2-4	Verfügbares Bioabfallpotenzial der einzelnen Gebietskörperschaften (untere Bandbreite)	14
Tabelle 2-5	Grünabfallkompostierungsanlagen	19
Tabelle 2-6	Abschätzung des Anteils am Aufkommen der Grün- und Gartenabfälle aus der Pflege öffentlicher Grünanlagen – Status Quo	21
Tabelle 2-7	Grün- und Gartenabfälle aus der Pflege öffentlicher Grünanlagen - Potenziale	22
Tabelle 2-8	Grün- und Gartenabfälle nicht-öffentlicher Herkunft	24
Tabelle 2-9	Kurzfristig verfügbares Potenzial an Grün- und Gartenabfällen	25
Tabelle 2-10	Straßennetz im Untersuchungsraum	28
Tabelle 2-11	Betriebe und Beschäftigte nach Wirtschaftsabteilungen [Stat. Landesämter 2009]	32
Tabelle 2-12	Aufkommen an Rückständen in der Kellereiwirtschaft [Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück 2009]	35
Tabelle 2-13	Sägewerke in der Metropolregion	37
Tabelle 2-14	Bei den Abfallentsorgern auflaufendes Altholzaufkommen	39
Tabelle 2-15	Über die Abfallentsorger erhobene weitere, gewerbliche Altholzmengen	40
Tabelle 2-16	Aufkommen an kommunalen Klärschlämmen und Entsorgungswege	43
Tabelle 2-17	Aufkommen an Rechengut aus kommunalen Kläranlagen und deren Verbleib	44
Tabelle 2-18	Ansprechpartner aus dem Bereich Forstwirtschaft	46
Tabelle 2-19	Energetische Kennwerte für Waldholz [Vgl. LWF 2007, S. 2]	46
Tabelle 2-20	Ansprechpartner aus dem Bereich Landwirtschaft	48
Tabelle 2-21	Energetische Kennwerte für Silomais [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]	48
Tabelle 2-22	Energetische Kennwerte für Dauergrünland [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]	50
Tabelle 2-23:	Großvieh- und Raufutterfressende Großvieheinheiten für Viehhaltung in der Landwirtschaft [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]	51
Tabelle 2-24	Energetische Kennwerte für Niederwald im Kurzumtrieb [Vgl. Kaltschmitt et al. 2009, S. 360]	52
Tabelle 2-25	Energetische Kennwerte für Stroh [Vgl. Kaltschmitt et al. 2009, S. 360 & KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]	53
Tabelle 2-26	Energetische Kennwerte für Obst- und Rebschnitt [LWF 2007, S. 2]	54
Tabelle 2-27	Energetische Kennwerte für Mähgut [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]	56

Tabelle 2-28 Energetische Kennwerte für Rindergülle [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]	57
Tabelle 2-29 Energetische Kennwerte für Schweinegülle [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]	58
Tabelle 2-30 Energetische Kennwerte für Geflügeltrockenkot [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]	59
Tabelle 2-31 Energetische Werte für Pferdekot [Vgl. IBS – Ingenieurbüro für Haustechnik Schreiner, letzter Zugriff am 11.03.2010]	61
Tabelle 2-32 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale in Relation zu ökologisch / technischen Potenzialen aus Forst-und Landwirtschaft.	62
Tabelle 2-33 Technische Potenziale	63
Tabelle 2-34 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale	64
Tabelle 2-35 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale in Relation zu ökologisch/technischen Potenzialen	65
Tabelle 3-1 Kenndaten für Trester aus dem Weinbau [Riedel . o.J.]	69
Tabelle 3-2 Brennstoffeigenschaften von Pellets aus Traubentrester	70
Tabelle 3-3 Zusammensetzung von Rechengut [Stadtwerke Speyer 2009]	77
Tabelle 3-4 Kostenvergleich Kompostierung	84
Tabelle 3-5 Kostenvergleich Vergärung	85
Tabelle 3-6 Kostenvergleich Vergärung - Müllverbrennung	85
Tabelle 3-7 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Bioabfall-Vergärungsanlage bei 20 % Überschusswärmeveräußerung	87
Tabelle 3-8 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Bioabfall-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung	89
Tabelle 3-9 Energieausbeuten für Grünschnitt [Wiegmann 2006]	92
Tabelle 3-10 Kostenbetrachtung Kompostierung – Verbleib auf der Fläche	96
Tabelle 3-11 Kostenbetrachtung konventionelle und optimierte Vergärung	97
Tabelle 3-12 Kostenbetrachtung Vergärung - Müllverbrennung	98
Tabelle 3-13 Anlagenparameter und Erträge einer 500 kW-Grünabfall-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung	99
Tabelle 3-14 Inhaltsstoffe und verbrennungsspezifische Stoffeigenschaften von Grünlandaufwuchs im Vergleich zu Stroh und Holz [Rösch et al. 2007]	101
Tabelle 3-15 Anlagenparameter und Erträge einer 500 kW-Landschaftspflegematerial-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung	104
Tabelle 3-16 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Holz hackschnitzel-Feuerungsanlage (schwarze HHS)	110
Tabelle 3-17 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Holz hackschnitzel-Feuerungsanlage (weiße HHS)	112
Tabelle 3-18 Kenndaten der Güllevergärungsanlage	113
Tabelle 3-19 Anlagenparameter und Erträge einer 60 kW-Gülle-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung	116
Tabelle 3-20 Kenndaten der NawaRo Trockenvergärungsanlage	118
Tabelle 3-21 Anlagenparameter und Erträge einer 150 kW-Pferdemist-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung	121
Tabelle 3-22 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Silomais-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung	124
Tabelle 3-23 Anlagenparameter und Erträge einer 60 kW-Gülle-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung	127

Tabelle 3-24 Inhaltstoffe Stroh [ifeu / igw 2008]	129
Tabelle 3-25 Kenndaten Heizwerk Stroh	130
Tabelle 3-26 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Stroh- Feuerungsanlage	132
Tabelle 4-1 Potenzial kommunale Grünabfälle nach Behandlungseignung	146
Tabelle 4-2 Option 1: Vergärungsanlage in Ladenburg	151
Tabelle 4-3 Option 2: Vergärungsanlage in Wieblingen	152
Tabelle 4-4 Option 3: Vergärungsanlage in Feilheck	153
Tabelle 4-5 Überblick Ist Situation und Option	157
Tabelle 4-6 Kenndaten Vergärungssubstrate	158
Tabelle 4-7 Kenndaten durchschnittliche Vergärungsanlage – Biogasnutzung BHKW	158
Tabelle 4-8 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biogasnutzung BHKW	159
Tabelle 4-9 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Aufbereitung zu Biomethan	159
Tabelle 4-10 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biogas-BHKW für Eigenbedarf	160
Tabelle 4-11 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biomethan-BHKW	160
Tabelle 4-12 Kenndaten Heizwerk schwarze Hackschnitzel	160
Tabelle 4-13 Tilgungsplan (nachsüssig) für eine konventionelle Vergärungsanlage	166
Tabelle 4-14 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung konventioneller Vergärungstechnik	169
Tabelle 4-15 Tilgungsplan (nachsüssig) für eine Vergärungsanlage mit TIH	172
Tabelle 4-16 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung der thermisch induzierten Hydrolyse	174
Tabelle 4-17 Zinstilgungsplan für eine Vergärungsanlage mit TIH und Gasaufbereitung und Einspeisung	176
Tabelle 4-18 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung der thermisch induzierten Hydrolyse sowie Gasaufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz	178
Tabelle 4-19 Zinstilgungsplan für die betrachtete HHS-Heizanlage	180
Tabelle 4-20 Wartungs- und Instandhaltungskosten [FNR 2007a, S. 262]	181
Tabelle 4-21 Ein- und Auszahlungen für ein HHS-HW über 20 Jahre	182
Tabelle 4-22 Kommunale Grünabfälle - Stoffströme	201
Tabelle 4-23 Option 1: Vergärungsanlage in Hüttenfeld	204
Tabelle 4-24 Option 2: Vergärungsanlage in Lampertheim	205
Tabelle 4-25 Option 3: Vergärungsanlage in Scharhof	206
Tabelle 4-26 Überblick Ist Situation und Option	212
Tabelle 4-27 Kenndaten Vergärungssubstrate	212
Tabelle 4-28 Kenndaten durchschnittliche Vergärungsanlage – Biogasnutzung BHKW	213
Tabelle 4-29 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biogasnutzung BHKW	213
Tabelle 4-30 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Aufbereitung zu Biomethan	214
Tabelle 4-31 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biomethan-BHKWs	215
Tabelle 4-32 Kenndaten Heizwerk schwarze Hackschnitzel	215
Tabelle 4-33 Tilgungsplan (nachsüssig) für eine konventionelle Vergärungsanlage	221

Tabelle 4-34 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung konventioneller Vergärungstechnik	224
Tabelle 4-35 Tilgungsplan (nachsüssig) für eine Vergärungsanlage mit TIH	226
Tabelle 4-36 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung der thermisch induzierten Hydrolyse	228
Tabelle 4-37 Zinstilgungsplan für eine Vergärungsanlage mit TIH und Gasaufbereitung und Einspeisung	230
Tabelle 4-38 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung der thermisch induzierten Hydrolyse sowie Gasaufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz	232
Tabelle 4-39 Zinstilgungsplan für die betrachtete HHS-Heizanlage	235
Tabelle 4-40 Wartungs- und Instandhaltungskosten (FNR 2007a, S. 262.)	236
Tabelle 4-41 Ein- und Auszahlungen für ein HHS-HW über 20 Jahre	237
Tabelle 4-42 Gliederung der Verbandsgemeinde Lambrecht	242
Tabelle 4-43 Biomassen für eine energetische Nutzung	245
Tabelle 4-44 Landwirtschaftliche Produktion von Heu	247
Tabelle 4-45 Inhaltsstoffe und verbrennungsspezifische Eigenschaften von Grünlandaufwuchs [Rösch et al., 2007]	250
Tabelle 4-46 Herstellererklärungen Emissionswerte PASSAT Biokessel	251
Tabelle 4-47 Kenndaten Pelletfeuerung	251
Tabelle 4-48 Kostenabschätzung Heupellet-Produktion	257
Tabelle 4-49 Holzpotenziale Buchen	261
Tabelle 4-50 Kennwerte der Hackschnitzelerzeugung (alle €-Beträge verstehen sich als Lohnkosten inkl. USt.)	262
Tabelle 4-51 Berechnung der Srm	263
Tabelle 4-52 Berechnung der Kosten pro Srm inkl. USt.	263
Tabelle 4-53 Liste der Gebäude und deren Vollbenutzungsstunden	268
Tabelle 4-54 Darstellung der Kesselleistungen und Brennstoffbedarf der Varianten, von Szenario 1	268
Tabelle 4-55 Darstellung der Investitionskosten der einzelnen Varianten, von Szenario 1	269
Tabelle 4-56 Darstellung der jährlichen Wärmeerzeugungskosten der Varianten, von Szenario 1	269
Tabelle 4-57 Darstellung der Wärmepreise der Varianten, von Szenario 1	270
Tabelle 4-58 Preissteigerungsraten der Sensitivitätsanalyse	271
Tabelle 4-59 Fördersätze, Angabe Stadt Buchen	273
Tabelle 4-60 Investitionsförderung, Angabe Stadt Buchen	273
Tabelle 4-61 Wärmepreisberechnung mit dem Bezug auf die Förderung der Stadt Buchen	274
Tabelle 4-62 Liste der Gebäude mit den Kennwerten	275
Tabelle 4-63 Darstellung des Energiebedarfs von Szenario 2	276
Tabelle 4-64 Darstellung der Investitionskosten von Szenario 2	276
Tabelle 4-65 Darstellung der jährlichen Wärmeerzeugungskosten von Szenario 2	277
Tabelle 4-66 Darstellung der Wärmepreise der Variante 2	277
Tabelle 4-67 Überblick über das Rindergülle-Potenzial	293
Tabelle 4-68 Angenommene Futteraufnahme von Rindern (> 2 Jahre)	294
Tabelle 4-69 Ist Situation und Option	295
Tabelle 4-70 Kenndaten Vergärungssubstrate	295



Tabelle 4-71 Kenndaten Vergärungsanlage	296
Tabelle 4-72 Zinstilgungsplan für die Vergärungsanlage inkl. BHKW	302
Tabelle 4-73 Kosten für die Anlieferungsentschädigung der Landwirte	309
Tabelle 4-74 Ein- und Auszahlungsübersicht über 20 Jahre	311
Tabelle 4-75 Eigenschaften der Polderstandorte in der Metropolregion Rhein-Neckar	318
Tabelle 4-76 Holz- und Primärenergiepotenziale aus dem Anbau von Hohertrags-Weiden in gesteuerten Polderflächen	320
Tabelle 4-77 Holz- und Primärenergiepotenziale aus dem Anbau autochthoner Weidenherkünfte in ungesteuerten Polderflächen	320

## Abkürzungsverzeichnis / Glossar

Äq.	Äquivalente
AKh	Arbeitskraftstunden
atro	absolut trocken
BH	Brennholz
dt	Dezitonne
EDW	Einwohnerdurchschnittswerte
Efm	Erntefestmeter, daraus ergeben sich Vorratsfestmeter nach Abzug von baumartspezifischen Rindenverlusten und Verlusten bei der Holzernte
el	elektrisch
Fm	Festmeter
GV	Großvieheinheit
ha	Hektar (100 m x 100 m)
HHS	Holzhackschnitzel
ISO	International Organization for Standardization
KEA	Kumulierter Energieaufwand
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KUF	Kurzumtriebsflächen
KUP	Kurzumtriebsplantage
LF	Landwirtschaftliche Fläche
lutro	lufttrocken
MBA	Mechanisch-Biologische Restabfallebehandlung
MRN	Metropolregion Rhein-Neckar
MW	Megawatt
NH	Nicht aufgearbeitetes Holz
Nm <sup>3</sup>	Normkubikmeter
PCDD/PCDF	Polychlorierte Dibenzodioxine bzw. Dibenzofurane
PJ	Peta-Joule (1 PJ = 10 <sup>15</sup> J)
RGV	Raufutterfressende Großvieheinheit
srm, sm <sup>3</sup>	Schüttraummeter
SW	Sommerweizen
th	thermisch

TIH	thermisch induzierte Hydrolyse
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
WW	Winterweizen

## 1 Hintergrund – Aufgabenstellung

Angesichts der Klimaänderung und der Begrenztheit fossiler Energieträger wächst die Bedeutung erneuerbarer Energieträger. Neben Solar- und Windenergie und anderen erneuerbaren Energieträgern hat auch die Biomasse und 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 der klassischen Abfallwirtschaft zur Entsorgung an. Dem Gewinn, der sich aus ihrer energetischen Nutzung ziehen lässt, steht bei der Entsorgung von Abfallbiomassen kein Aufwand für eine Biomasseproduktion entgegen.

Im Auftrag des Verbands Region Rhein-Neckar wurden zunächst die Biomassen recherchiert, die derzeit noch nicht angemessen, d.h. im Sinne der Zielstellung des Projektes, genutzt werden. Für diese Biomassen 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 für Biomassekonzepte dienen sollen.

Das Projekt ist in drei Phasen gegliedert, die sich auch in der Gliederung des Berichts niederschlagen.

- ✚ Erhebung der Biomassepotenziale
- ✚ Raumanalyse für eine Biomassenutzung
- ✚ Entwicklung beispielhafter Lösungsvorschläge für Erschließungs- und Nutzungskonzepte

Die inhaltliche Verantwortung für die Potenzialabschätzung der land- und forstwirtschaftlichen Biomasse, die ökonomische Bewertung sowie die Impulse D, E und F liegt bei IfaS-Institut Birkenfeld. Die übrigen Projektteile wurden in inhaltlicher Verantwortung des IFEU-Instituts erstellt.

## 2 Potenzialanalyse

Die verwendete Methodik zur Herleitung der Biomasse-Potenziale unterscheidet sich innerhalb der einzelnen Kategorien und selbst zwischen den einzelnen Biomassen. Im folgenden Textteil sind deswegen alle zur Herleitung der Potenziale notwendigen Annahmen nach Biomasseart aufgeführt. Die Analyse beschränkte sich auf die Herleitung des technischen und des zusätzlich mobilisierbaren Potenzials<sup>1</sup> für die Metropolregion Rhein-Neckar

### **Begriffsdefinitionen [Vgl. Kaltschmitt et al., 2009, S. 10]**

Sämtliche Potenzialbegriffe sind stets orts- und zeitraumabhängig.

**Theoretisches Potenzial** – Das theoretische Potenzial ist allein durch die gegebenen physikalischen Nutzungsgrenzen bestimmt und markiert damit das theoretische Maximum des durch eine Biomasse realisierbaren Beitrags zur Energiebereitstellung. Da das theoretische Potenzial aufgrund verschiedenster Restriktionen nur zu einem kleinen Teil erschlossen werden kann, hat es keine praktische Relevanz.

**Technisches Potenzial** – Das technische Potenzial ist jener Teil des theoretischen Potenzials, welcher unter Berücksichtigung gegebener primär technischer aber auch „unüberwindbarer“ ökologischer, struktureller und rechtlicher sowie administrativer Restriktionen nutzbar ist.

**Wirtschaftliches Potenzial** – Das wirtschaftliche Potenzial ist jener Teil vom technischen Potenzial, welcher auf ökonomisch sinnvolle Weise erschlossen werden kann. Da es verschiedene Möglichkeiten gibt, die Wirtschaftlichkeit einer Option zur Deckung der Energienachfrage zu bestimmen, existieren immer eine Vielzahl an wirtschaftlichen Potenzialen. Wirtschaftliche Potenziale befinden sich außerdem aufgrund ständig verändernder Rahmenbedingungen (z. B. Preisschwankungen, Steueränderungen, Vergütungsänderungen) permanent in Bewegung und können nur für sehr kurze Zeiträume erfasst werden.

**Zusätzlich mobilisierbares Potenzial** – Das wirtschaftliche Potenzial kann i. d. R. nur innerhalb eines langfristigen Zeitraums erschlossen werden, wodurch Anpassungszeiträume in der Erschließung berücksichtigt werden müssen. Außerdem können auch bereits vorhandene vertragliche Bindungen oder mangelhafter Informationsfluss zu Begrenzungen führen.

---

<sup>1</sup> In der Fachliteratur auch erschließbares, ausschöpfbares oder Erwartungs-Potenzial.



## **2.1 Bioabfall aus Haushalten**

### **2.1.1 Status Quo für Mengen und Verbleib**

In den privaten Haushalten fallen Bioabfälle als Küchen- und Speiseabfälle sowie als Gartenabfälle zur Entsorgung an. Wird eine Biotonne angeboten, können erhebliche Anteile der biogenen Küchenabfälle in dieses System überführt und damit die Restabfallentsorgung entlastet werden. Eine Eigenkompostierung von Küchenabfällen ist eher selten.

Ist eine Biotonne vorhanden, werden je nach spezifischem Behältervolumen und Entsorgungsgebühren auch größere Anteile Gartenabfälle über die Biotonne zu einer Verwertung bereitgestellt. Ansonsten gibt es in einigen Gemeinden auch die Möglichkeit, diese Gartenabfälle an Sammelstellen abzugeben, teilweise ergänzt um eine Abholung auf Abruf. Gartenabfälle werden ansonsten auf den Grundstücken entsorgt, als Mulchmaterial oder über den Weg einer Eigenkompostierung. Gerade holzige Abfälle werden gerne auch vor Ort verbrannt.

#### **2.1.1.1 Getrennte Sammlung über die Biotonne**

Für die Gebietskörperschaften liegen Informationen aus den Landesabfallbilanzen der einzelnen Bundesländer vor. Bezugsjahr ist jeweils 2008. In Tabelle 2-1 sind die Mengen aufgelistet, die in den einzelnen Kreisen und kreisfreien Städten über die Biotonne gesammelt werden. Wie man aus der Übersicht erkennen kann, sind die Unterschiede sehr groß. Eine Begründung hierfür sind strukturelle Unterschiede, die man über die Einwohnerdichte ( $E/km^2$ ) im Ansatz zu beschreiben versuchen kann. Weitere Gründe ergeben sich aus dem unterschiedlichen Grad der Einführung des Systems Biotonne und anderen Randbedingungen der Abfall- und Gebührensatzung.

So sind im Neckar-Odenwald-Kreis, Neustadt/W sowie Frankenthal (bislang) keine Biotonnen eingeführt. In den Kreisen und Städten mit Biotonne ist das Aufkommen sehr unterschiedlich. So fallen die beiden Kreise Rhein-Pfalz und Rhein-Neckar mit vergleichsweise sehr geringen Bioabfallmengen pro Einwohner auf. Die in den beiden Kreisen tätigen Abfallentsorgungsgesellschaften haben auf Befragen Anschlussgrade der Haushalte von 16 % bzw. 12 % angegeben. Im Rhein-Neckar-Kreis ist die Biotonne auf freiwilliger Basis eingeführt und wurde durch die Abfall- und Gebührensatzung erst zum Jahreswechsel zu 2009 gegenüber der Restmülltonne deutlich begünstigt. Die

Verbreitung der Biotonne ist seitdem gewachsen, was sich mittelfristig auch im Bioabfallaufkommen niederschlagen müsste.

Tabelle 2-1 Bio- und Grünabfallaufkommen in den einzelnen Entsorgungspflichtigen Körperschaften (Stand 2008)

	E/km <sup>2</sup>	Bioabfall		Grünabfall	
		t/a	kg/(E*a)	t/a	kg/(E*a)
Neckar-Odenwald-Kreis	133		-	27.700	186
Kreis Südliche Weinstraße	172	8.300	75	9.100	83
Kreis Bad Dürkheim	228	15.400	115	9.500	71
Kreis Germersheim	272	9.000	72	5.900	47
Kreis Bergstraße	367	31.300	119	14.300	54
Rhein-Pfalz-Kreis	489	1.900	13	12.900	86
Neustadt/W	499		-	11.700	217
Rhein-Neckar-Kreis	504	5.100	10	2.800	5
Landau	519	4.300	99	2.900	67
Worms	757	6.300	77	5.700	69
Frankenthal	1076		-	6.100	129
Speyer	1190	4.900	97	1.100	22
Heidelberg	1335	8.500	59	7.800	54
Ludwigshafen	2108	9.600	59	8.800	54
Mannheim	2137	9.600	31	6.600	21

Hohe spezifische Bioabfallmengen verzeichnen vor allem die Kreise Bergstraße und Bad Dürkheim, aber auch die Städte Landau und Speyer. Landau und Worms vermelden Anschlussgrade der Haushalte von 70 % bzw. 60 %, die Landkreise Bad Dürkheim und südliche Weinstraße Anschlussgrade der Grundstücke von 85 % bzw. 60 %. Wie der Kreis Bad Dürkheim zeigt, muss ein hoher Anschlussgrad nicht mit einem Anschluss- und Benutzungszwang verbunden sein. D.h. das System Biotonne muss nicht für den einzelnen Haushalt verpflichtend eingeführt sein und kann trotzdem zu einem erheblichen Bioabfallaufkommen führen.

In der Übersicht werden die teilweise großen Potenziale deutlich, die mit der Einführung der Biotonne verbunden wären. Gerade bei fehlender Biotonne befinden sich die Küchen- und Speiseabfälle zwangsläufig in der Restmülltonne. Wird die Biotonne eingeführt, werden diese Mengen in gewissem Umfang aus der Restmülltonne in die Biotonne verlagert. Dies gilt vor allem für die Kreise und Städte mit einer höheren Bevölkerungsdichte. In stark ländlichen Regionen dürften gewisse Teile der Küchenabfälle derzeit nicht in der Restabfalltonne enthalten sein, sondern in den eigenen Grundstücken

zu Kompost verarbeitet werden (Eigenkompostierung). Die Anteile sind aber vergleichsweise gering, wie nachfolgende Überlegungen zeigen.

Der stark ländlich geprägte Neckar-Odenwald-Kreis, der das System Biotonne nicht eingeführt hat, verzeichnet ein Restmüllaufkommen von 125 kg/(E\*a). Weitere sehr ländlich geprägte Landkreise, die die Biotonne nur im Ansatz eingeführt haben, haben ein in etwa vergleichbares Restmüllaufkommen. So haben der Kreis Schwäbisch-Hall 98 kg/(E\*a) Restabfall und 32 kg/(E\*a) Bioabfall und der Alb-Donau-Kreis 95 kg/(E\*a) Restabfall und 10 kg/(E\*a). Im ebenfalls sehr ländlich strukturierten Kreis Freudenstadt, der die Biotonne umfassend eingeführt hat, liegt das Restabfallaufkommen bei 50 kg/(E\*a), über die Biotonne werden 89 kg/(E\*a) einer Verwertung zugeführt.

Das Beispiel Neckar-Odenwald-Kreis und weitere Kreise mit ähnlichen strukturellen Randbedingungen zeigt, dass die Anteile Bioabfall aus privaten Haushalten, die auf den Grundstücken der Haushalte selbst zu Kompost verarbeitet werden, selbst in sehr ländlichen Regionen vergleichsweise gering sein dürften. Fehlt eine Biotonne oder ist sie nicht umfassend und flächendeckend eingeführt, lässt sich der Biomüll (Küchenabfall) demnach auch in sehr ländlichen Regionen in der Restmülltonne wieder finden.

#### **2.1.1.2 Derzeitige Verwertung von Bioabfall aus Haushalten**

Die getrennt gesammelten Bioabfälle werden in unterschiedlichen Anlagen zu Kompost verarbeitet. In allen Anlagen erfolgt dies mittels ausschließlich aerober Prozesse, d.h. mittels einer Kompostierung.

Die Gebietskörperschaften Stadt Heidelberg, Stadt Mannheim sowie der Rhein-Neckar-Kreis kooperieren bereits seit vielen Jahren in der Abfallwirtschaft, ehemals in Form eines Zweckverbandes. Im Rahmen der Aufteilung der Aufgaben und Lasten hat die Stadt Heidelberg die Kompostierung von Bioabfällen übernommen. Dies erfolgt in Heidelberg-Wieblingen in einer Anlage, in der der gesamte Kompostierungsprozess eingehaust erfolgt, mit einer erst vor wenigen Jahren grundlegend ertüchtigten Belüftung und Abluftreinigung. Die Vermarktung der Komposte erfolgt überwiegend als Frischkompost in den Sonderkulturanbau (Weinbau) in der Vorderpfalz. Die Stadt Mannheim sowie der Rhein-Neckar-Kreis sind noch einige Jahre vertraglich an diese Anlage gebunden.

Im Neckar-Odenwald-Kreis hat das Stoffstrommanagement von Biomassen eine hohe

Bedeutung. Nicht zuletzt wegen eines ursprünglich von der Standardlösung Müllverbrennung abweichenden Restabfallentsorgungskonzepts (MBA mit Biogaserzeugung), wurde auf die Einführung der Biotonne verzichtet. Da dieses Konzept mittlerweile aufgegeben werden musste, wird derzeit die Einführung einer Bioenergietonne vorbereitet. Mit dieser Tonne soll die gesamte nasse Fraktion aus dem Hausmüll getrennt von den trockenen Wertstoffen erfasst und behandelt werden. Eine Biotonne ist weiterhin nicht vorgesehen.



Abb. 2-1 Standorte zur Komposterzeugung (Bio- und Grünabfall) im Untersuchungsraum

In Hardheim befindet sich eine Kompostierungsanlage der Firmengruppe A+S aus dem Landkreis Heilbronn, über die auch Bioabfälle aus Haushalten verwertet werden. Diese stammen offensichtlich jedoch aus anderen Landkreisen.

Die Bioabfallerrfassung im Kreis Bergstraße obliegt dem Zweckverband Abfallwirtschaft Kreis Bergstraße (ZAKB). Im Kreis befinden sich einige Kompostierungsanlagen, in der Regel nur für die Kompostierung von Grünabfällen. Bei der Anlage in Lampertheim dagegen handelt es sich um eine vollständig eingehauste Bioabfallkompostierungsanlage. Deren Verwertungs-kapazität liegt deutlich unterhalb des Bioabfallaufkommens des

Kreises Bergstraße. Die Verwertung der Bioabfälle erfolgt deshalb in bedeutendem Umfang auch über außerhalb des Kreises liegende Anlagen.

Tabelle 2-2 Bioabfallkompostierungsanlagen

(Ort)	(Anlage)	(Rottesystem)	Kapazität in t/a
Billigheim- Ingenheim	Bioabfallkompostwerk; Fa. B.E.M.	Rotteboxen (System Herhof)	6.000
Grünstadt	Biokompostwerk; Fa. Veolia	Geschlossene Kom- postierung (System Thyssen Dynacomp)	40.000
Hardheim	Biokompostwerk Bauland; Fa. KWB/ AWN	k.A.	36.000
Heidelberg	Bioabfallkompostwerk Wieblingen; Stadt Heidel- berg	Geschlossene Mieten- kompostierung (Sys- tem Wendelin)	35.000
Lampertheim	Bioabfallkompostanlage; ZAKB	k.A.	12.000
Mutterstadt	Biokompostwerk; Fa. Zel- ler	Boxen-Kompostierung (System Biodegma)	5.000
Westheim	Biokompostwerk; Fa. Remondis	Geschlossene Kom- postierung (System Wendelin)	15.000

Die Entsorgung in der Region Vorderpfalz (Ludwigshafen, Frankenthal, Neustadt / W., Rhein-Pfalz-Kreis, Speyer, Kreis Bad Dürkheim) und der Stadt Worms obliegt der GML aus Ludwigshafen. Durch die GML werden die Bioabfälle in einer zentralen Kompostierungsanlage in Grünstadt behandelt. Da die gesammelten Mengen die verfügbaren Behandlungskapazitäten übersteigen, wird eine Teilmenge (10 %) zur Behandlung an die Fa. Zeller in Mutterstadt übergeben. Die Anlage in Grünstadt wird nicht von der GML selbst, sondern in deren Auftrag von der Fa. VEOLIA betrieben. Die Verträge laufen 2015 aus. Es handelt sich um einen vollständig eingehausten Prozess. Erzeugt wird Frisch- und teilweise Fertigungskompost. Die Abnahme der Komposte erfolgt vor allem in den Sonderkulturen (Weinbau) und der Landwirtschaft der Region. Es laufen Planungen zur Erweiterung der Anlage in Grünstadt um eine Vergärungsstufe.



Die Bio- und Grünabfälle der Südpfalz (Kreis Germersheim, Kreis südliche Weinstraße, Stadt Landau) werden in Anlagen in Westheim und Billigheim-Ingenheim verwertet. Die Verträge mit dem Anlagenbetreiber in Westheim laufen nur noch wenige Jahre. Der Entsorgungsbetrieb Landau und die beiden umliegenden Kreise suchen nach einer gemeinsamen zukünftigen Lösung, die auch eine Biogaserzeugung beinhalten soll. geplant ist eine derartige Anlage am Standort Westheim.

### **2.1.1.3 Derzeitige Entsorgung des Restabfalls**

Die biogenen Abfälle aus den Haushalten, die bislang noch nicht über eine Biotonne getrennt erfasst werden, sind derzeit überwiegend Bestandteil des Restabfalls. Die Restabfallentsorgung erfolgt für alle Kreise über Müllverbrennungsanlagen. Es handelt sich dabei um Anlagen in Pirmasens und Ludwigshafen für die Entsorgung aus Rheinland-Pfalz sowie Darmstadt für Hessen und Mannheim für Baden-Württemberg. Bei allen diesen Anlagen handelt es sich um Müllheizkraftwerke, die anfallende Überschussenergie wird daher nicht nur verstromt, sondern auch in Fernwärmenetze eingespeist.

Die Restabfallentsorgung des Neckar-Odenwald-Kreises befindet sich im Umbruch. Die in Buchen gelegene eigene Entsorgungsanlage wurde wegen technischer Probleme im Jahr 2007 endgültig stillgelegt. Es mussten nach Auskunft der Landesabfallbilanz Baden-Württemberg 2007 sehr schnell Ersatzkapazitäten gefunden werden. Ein Großteil der Abfälle konnte in verschiedenen Anlagen Baden-Württembergs untergebracht werden, weitere Kapazitäten wurden in den neuen Bundesländern, im Saarland sowie in Nordrhein-Westfalen gefunden. Neue langfristige Entsorgungskonzepte werden erst entwickelt.

## **2.1.2 Potenzial für Bioabfälle aus Haushalten**

### **2.1.2.1 Technisch / ökologisches Biomassepotenzial**

Wie aus der Gegenüberstellung des Bioabfallaufkommens in den einzelnen Kreisen und kreisfreien Städten deutlich wird, unterscheidet sich dieses stark. In einigen Fällen ist dies mit Sicherheit darauf zurück zu führen, dass das System Biotonne unterschiedlich intensiv eingeführt wurde. In einigen Fällen sind die derzeitigen Unterschiede im Aufkommen auch auf unterschiedliche strukturelle Randbedingungen zurück zu führen, die nicht nur über insbesondere Einwohnerdichten ( $E/km^2$ ) zu beschreiben sind.

Im Rahmen dieser Studie ist die Ausarbeitung eines abfallwirtschaftlichen Konzepts für die entsorgungspflichtigen Körperschaften nicht möglich. Eine exaktere Prognose bzw. Abschätzung der zu erzielenden Erfolge bedarf jedoch einer Entwicklung eines auf die spezifischen Verhältnisse abgestimmten abfallwirtschaftlichen Systems. Es wurden deshalb einige strukturelle Daten erhoben, die zumindest eine grobe Abschätzung erlauben.

Im Neckar-Odenwald-Kreis existiert bislang keine Biotonne. Es wird unterstellt, dass einige der Bioabfälle nicht über die Restmülltonne entsorgt, sondern auf dem eigenen Grundstück kompostiert werden. Dies kann in der Vielzahl der Weiler eine im Verhältnis zum Aufwand einer getrennten Sammlung sinnvolle Lösung sein. Auch im Neckar-Odenwald-Kreis gibt es jedoch eine Vielzahl von Ortschaften und Städten, in denen eine derartige Lösung nicht Ziel führend oder möglich ist. Es wird eine flächendeckende Einführung der Biotonne zumindest in den größeren Ortschaften angenommen. Bei einem spez. Aufkommen von 80 kg/(E\*a) ergibt sich hieraus ein Bioabfallaufkommen von knapp 12.000 Jahrestonnen.

Der Anschlussgrad der Haushalte in Worms liegt bei 60 %, gesonderte Gebühren für die Biotonne werden nicht erhoben. Die Gebührenerhebung erfolgt nur über die Größe der Restabfalltonne. Die Gebühren sind linear aufgestellt, mit Ausnahme der kleineren Gefäße <120 Liter. Es werden Behältnisse bis zu einer kleinsten Größe von 60 Liter angeboten. Für die getrennte Erfassung von Wertstoffen und damit auch Bioabfällen sind damit gute Randbedingungen gesetzt. Es werden keine weiteren Steigerungen der Bioabfallmengen postuliert.

Tabelle 2-3 Technisch / ökologisches Bioabfallpotenzial der einzelnen Gebietskörperschaften in konservativer Abschätzung

	Bioabfall Status		Bioabfall Potenzial		Differenz
	t/a	kg/(E*a)	Kg/(E*a)	t/a	t/a
Neckar-Odenwald-Kreis		-	80	11.970	11.970
Kreis südliche Weinstraße	8.300	75	80	8.800	180
Kreis Bad Dürkheim	15.400	115	120	16.120	500
Kreis Germersheim	9.000	72	80	10.070	1.290
Kreis Bergstraße	31.300	119	120	31.670	370
Rhein-Pfalz-Kreis	1.900	13	80	11.940	10.020
Neustadt/W		-	80	4.670	4.670
Rhein-Neckar-Kreis	5.100	10	80	42.800	37.720
Landau	4.260	99	100	4.310	50

Worms	6.471	79	80	6.580	110
Frankenthal		-	65	3.060	3060
Speyer	4.900	97	97	4.923	0
Heidelberg	8.500	59	65	9.450	900
Ludwigshafen	9.600	59	65	11.640	1.690
Mannheim	9.600	31	65	20.140	10.540
<b>Summe</b>	<b>115.080</b>			<b>197.122</b>	<b>82.040</b>

Im Kreis Bad Dürkheim sind 85 % der Grundstücke an die Biotonne angeschlossen. Es gibt eine einheitliche Behältergröße von 120 Litern sowohl für Rest- als auch Biomüll. Die Entsorgungsgebühren der Biotonne liegen bei etwas mehr als 50 % der Gebühren für die Restabfallentsorgung. Angesichts der Behältergröße und der Gebührensätze dürften auch Gartenabfälle über dieses System Biotonne erfasst werden. Angesichts dieser Randbedingungen, vor allem aber der erreichten Sammelerfolge, werden keine weiteren größeren Optimierungspotenziale angenommen.

Die Stadt Speyer erzielt über Ihr Bioabfallsammelsystem mit knapp 100 kg/(E\*a) einen vergleichsweise hohen Sammelerfolg. Über das System werden gezielt auch Gartenabfälle aus Privathaushalten zur Verwertung abgezogen. Die strukturellen Rahmenbedingungen sind hinsichtlich der Entsorgungsgebühren wenig ausdifferenziert. Erhoben wird eine Grundgebühr je Haushalt, ohne Differenzierung zwischen den einzelnen Abfallarten. Es werden keine weiteren nennenswerten Optimierungspotenziale gesehen.

Der Kreis Südliche Weinstraße ist ein sehr ländlich strukturierter Kreis mit einigen im Vergleich sehr kleinen Ortschaften. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein gewisser Anteil an Eigenkompostierung realisiert wird, so dass trotz deutlichen Anreizen über das Gebührensystem nur ein Anschlussgrad der Grundstücke an die Biotonne von 60 % erreicht wird. Es werden keine Mengensteigerung angenommen.

Die Stadt Landau hat mit einem Anschlussgrad der Grundstücke von 100 % einen optimalen Stand erreicht. Dies dokumentiert sich auch am Sammelerfolg. Die Biotonne ist in der Restabfallgebühr enthalten, die Gebührensätze sind in Abhängigkeit von der Behältergröße streng linear. Mit 70l- und 90l-Gefäßen für die Restabfallfassung werden Anreize zur Minderung des Restabfallaufkommens gesetzt. Die erreichten Bioabfallmengen werden fortgeschrieben.

Im Rhein-Pfalz-Kreis werden derzeit keine 20 % der Haushalte mit der Biotonne erreicht, nicht in allen Gemeinden wird zudem eine Biotonne angeboten. Auch im Rhein-

Neckar-Kreis ist die Biotonne kaum eingeführt, hier allerdings mit der erst kürzlich erfolgten Umstellung der Gebührenstruktur. Für beide Kreise wurden daher deutliche Mengensteigerungen unterstellt und ein spezifisches Aufkommen von 80 kg/(E\*a) angesetzt. In beiden Fällen wurden diese spezifischen Erfassungsmengen aus einem Vergleich zu anderen Gebietskörperschaften mit ähnlichen strukturellen Gegebenheiten abgeleitet.

Die Städte Mannheim und Ludwigshafen weisen etwa gleiche spezifische Randbedingungen auf, das spezifische Biomüllaufkommen unterscheidet sich allerdings deutlich. Während in Mannheim bislang 31 kg/(E\*a) gesammelt werden, liegt die Erfassungsmenge in Ludwigshafen bei 61 kg/(E\*a) und damit etwa doppelt so hoch. Die Bezifferung des technisch / ökologischen Potenzials für Mannheim orientiert sich an dem in Ludwigshafen erreichten Erfolg. Laut Abfallsatzung wird die Biotonne dort freiwillig angeboten, mit allerdings deutlichen Anreizen über das Gebührensystem.

Die Städte Neustadt/W und Frankenthal kennen keine Biomüllfassung, es wird ein vergleichsweise hohes Aufkommen an Grünabfällen verzeichnet. Die Biotonne dürfte jedoch zur Erfassung der Küchenabfälle auch in diesen beiden Städten sinnvoll sein. Die Prognose zu den Sammelerfolgen orientiert sich an den bereits bestehenden Bioabfallmengen vergleichbarer Gebietskörperschaften und dies für beide Szenarien. Für Frankenthal werden 65 kg/(E\*a) angesetzt, für Neustadt/W 80 kg/(E\*a).

In einer für die Stadt Heidelberg erarbeiteten Studie [IFEU / igw 2008] wurde bereits eine Abschätzung über das zukünftig mögliche Bioabfallaufkommen geleistet. Diese Abschätzung orientiert sich in etwa an den eigenen Erwartungen des Abfallentsorgungsbetriebes, die sich aus einer Umstellung des Behältersystems ergeben, verbunden mit einem höheren spezifischen Behältervolumen. Angesichts der Behältergrößen dürfte der Gartenabfallanteil in der Biotonne derzeit relativ gering sein. Es wird von einer möglichen Steigerung der Bioabfallmengen auf 65 kg/(E\*a) ausgegangen.

Der Kreis Bergstraße weist mit 120 kg/(E\*a) angesichts der siedlungsstrukturellen Gegebenheiten bereits heute ein hohes spezifisches Aufkommen auf. An diesem Aufkommen wird für beide Szenarien festgehalten, ein weiteres Potenzial zur Mengensteigerung wird nicht gesehen.

Generell ist es unter bestimmten Randbedingungen sinnvoll, die Eigenkompostierung zu stützen. In vielen Fällen beruhen allerdings die Angaben der Haushalte zur Befrei-

ung von der Biotonne nicht auf objektiven Gegebenheiten. In mehr als 70 Hausmüllanalysen des Witzenhausen-Institutes konnte gezeigt werden, dass in Gebieten mit einem hohen Anteil an Freistellungen von der Biotonne wegen Eigenkompostierung ein höherer Anteil an Organik in der Restmülltonne nachweisbar ist als in Gebieten mit einer höheren Anschlussquote an die Biotonne. Es ist daher ratsam, die Befreiung von der Biotonne restriktiv zu handhaben und an Bedingungen zu knüpfen (bspw. Nachweis einer ausreichend großen Gartenfläche), die satzungsrechtlichen Forderungen konsequent zu überwachen und zu kontrollieren, so die Bioabfallanteile im Restabfall gering gehalten werden sollen. [Kern 2008]

### **2.1.2.2 Kurzfristig verfügbares Bioabfallpotenzial**

Die getrennte Sammlung von Bioabfällen aus Haushalten ist aus ökologischer Sicht gegenüber einem Verbleib in der Restabfalltonne vor allem dann sinnvoll, wenn der Bioabfall in Form einer Kaskadenlösung genutzt wird. Dies bedeutet eine Vergärung der Bioabfälle zur Biogaserzeugung und eine optimierte Vermarktung der nachkompostierten Vergärungsrückstände, verbunden mit einer Minderung der Emissionen über das gesamte Verwertungssystem.

In den linksrheinischen Gebietskörperschaften existieren konkrete Planungen zur Optimierung der Bioabfallverwertung in diese Richtung. Die Kompostierungsanlagen in Grünstadt und Westheim sollen um eine Vergärungsstufe erweitert werden. Die Kompostierungen sind geschlossen ausgeführt, so dass auch hinsichtlich der Emissionsminderung gute Standards zu erwarten sind. Auch wenn eine Steigerung der Erfassungsmengen nur in den wenigsten Fällen in dem aufgezeigten Umfang (2.1.2.1) nachvollzogen werden wird, sind hiermit die kurzfristig verfügbaren Potenziale bereits erreicht. Im Austausch mit den entsorgungspflichtigen Körperschaften zeigte sich dabei, dass von einigen die postulierten Potenziale in den Erfassungsmengen durchaus geteilt wurden.

Kurzfristig verfügbare Potenziale zur Optimierung der Bioabfallverwertung werden deshalb ausschließlich im rechtsrheinischen Teilgebiet gesehen, in dem bislang keine vergleichbaren Planungen existieren.

Die in Kapitel 2.1.2.1 aufgezeigten technischen Potenziale wurden den einzelnen Gebietskörperschaften bzw. den beauftragten Entsorgern zur Abstimmung vorgelegt. Im Rahmen dieser Studie können keine abfallwirtschaftlichen Konzeptionen für die einzel-

nen Gebietskörperschaften aufgestellt werden, verbunden mit der Analyse der gegebenen Randbedingungen und Restriktionen. Abgefragt wurden daher die Entwicklung der Bioabfallerfassung und der damit verbundenen Mengen, wie sie den jeweiligen derzeitigen abfallwirtschaftlichen Zielsetzungen und Planungen entsprechen. Diese Abfrage erfolgte schriftlich, verbunden teilweise mit ergänzenden Telefonaten.

Nach Einschätzung des Abfallamtes der Stadt Heidelberg kann für die Stadt eine mittelfristige Steigerung des Bioabfallaufkommens bis zu etwa 80 kg/(E\*a) angesetzt werden vorausgesetzt, dass der Mehraufwand in einem vernünftigen Verhältnis zum wirtschaftlichen Erfolg steht.



Tabelle 2-4 Verfügbares Bioabfallpotenzial der einzelnen Gebietskörperschaften (untere Bandbreite)

	Bioabfall Status		Bioabfall Potenzial		Differenz
	t/a	kg/(E*a)	Kg/(E*a)	t/a	t/a
Kreis Bergstraße	31.300	119	120	31.700	400
Rhein-Neckar-Kreis	5.100	10	66,5	35.600	30.500
Heidelberg	8.500	59	80	11.600	3.100
Mannheim	9.600	31	31	9.600	0
<b>Summe</b>					<b>34.000</b>

Die Stadt Mannheim konnte die in Kapitel 2.1.2.1 aufgezeigten Potenziale aus abfallwirtschaftlicher Sicht und auf Basis ihrer spezifischen Erfahrungen nicht teilen. Aufgrund der Bebauungs- und Bevölkerungsstruktur bedarf es danach in Mannheim einer besonderen Sensibilität und einer entsprechend angepassten abfallwirtschaftlichen Verfahrensweise. Um die Kompostqualitäten nicht zu gefährden, soll an der freiwilligen Teilnahme an der Bioabfallerfassung festgehalten werden. Biotonnen sollen zudem tendenziell nur in den Stadtteilen angeboten werden, die über Hausgärten verfügen. Die zwangsweise Einbeziehung der Kernstadt würde nach Einschätzung der Stadt zu Stellplatz- und hygienischen Problemen führen und durch verstärkte Fehlwürfe die Kompostqualität gefährden. Da in den Stadtteilen mit Hausgärten Teilnahmequoten von derzeit tlw. über 80 % bestehen, werden keine weiteren nennenswerten zusätzlichen Potenziale zur Steigerung des Bioabfallaufkommens gesehen.

Der Neckar-Odenwald-Kreis plant die Einführung einer Bioenergietonne. Über sie soll der gesamte Abfall gesammelt werden, der nicht als trockener Wertstoff bereitgestellt werden kann. Es handelt sich um den nassen Abfall, der im Wesentlichen auf den Küchenabfällen aufbaut. Die Biomasse soll über eine Vergärungsanlage energetisch genutzt werden, die Gärrückstände könnten entsprechend aufbereitet auch anschließend in einer Biomasseverbrennung energetisch genutzt werden. Da die angebotenen Behältergrößen mit 60 Litern recht knapp bemessen sind, wird nicht mit einer Verlagerung der Garten- und Grünabfallmengen in dieses System gerechnet.

Der Rhein-Neckar-Kreis hat die Biotonne im Prinzip flächendeckend eingeführt, auf freiwilliger Basis. In Rücksprache mit der Abfallentsorgungsgesellschaft wird ein mittelfristig verfügbares Potenzial an Bioabfall angenommen, das in etwa der Menge entspricht, die im Kreis bereits vor vielen Jahren vor Umstellung des Erfassungssystems

MEKAM<sup>2</sup> erreicht wurde.

In Summe ergibt sich aus diesen Überlegungen folgendes Potenzial:

- ✚ Durch die angesetzte Steigerung in den Sammelquoten wird eine Steigerung des Bioabfallaufkommens um etwa 33.400 Jahrestonnen prognostiziert. Die größten Steigerungen der Erfassungsmengen sind im Rhein-Neckar-Kreis zu erwarten.
- ✚ Aus energetischer Sicht bedeutet dies, dass erstmalig 88.500 Jahrestonnen Bioabfall auch zur Biogasproduktion genutzt werden könnten. Bisher erfolgt rechtsrheinisch nur eine aerobe Kompostproduktion.

## 2.2 Grün- und Gartenabfälle

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 des Biomasseaufkommens wird zur Verwertung an abfallwirtschaftlichen Einrichtungen übergeben und in den entsprechenden Statistiken erfasst. Die exakte Bezifferung des Biomasseaufkommens ist deshalb kaum möglich.

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 durch sie an Dritte vergeben. Der Umgang mit den anfallenden Biomassen lässt sich hierbei von den einzelnen entsorgungspflichtigen Körperschaften unmittelbar vorgeben und vertraglich regeln.

Grünabfälle privater und gewerblicher Herkunft lassen sich dann besonders erfolgreich erfassen, wenn auf eine adäquate Öffentlichkeitsarbeit und entsprechende Anreizsysteme geachtet wird.

---

<sup>2</sup> Mehrkammertonnen; gemeinsame Sammlung von Bioabfall und Restabfall in einer Tonne, getrennt in zwei Behälterkammern

Bei einem Abgleich mit den Grünabfallmengen zeigt sich, dass hohes Bioabfallaufkommen nicht zwangsläufig mit einem geringeren Grünabfallaufkommen verbunden sein muss, auch wenn über eine Biotonne in gewissem Umfang Gartenabfälle erfasst werden. In Tabelle 2-1 sind neben den Bioabfallmengen für die einzelnen Städte und Kreise auch die jeweiligen Grünabfallmengen aufgeführt, die an den Verwertungsanlagen oder Sammelplätzen angeliefert und der Landesabfallstatistik gemeldet werden.

## **2.2.1 Status Quo für Mengen und Verbleib**

### **2.2.1.1 Getrennte Sammlung von Gartenabfällen**

Gartenabfälle weisen im Jahresverlauf eine sehr unterschiedliche Zusammensetzung auf. Strauch- und Baumschnitt und damit holziges Material fällt vor allem zu Jahresbeginn und Jahresende an. Während der eigentlichen Vegetationszeit handelt es sich eher um Rasenschnitt und anderes krautiges Material. Mengenrelevant kann auch der Laubanfall im Herbst sein.

Als Gartenabfall wird derzeit vor allem holziges Material an den Sammelstellen übergeben, da es sich lose oder einfach gebunden transportieren lässt und sich auf Grund der Sperrigkeit und dem langsamen Abbau nur schlecht über eine Biotonne entsorgen oder vor Ort in den Gärten und Grünanlagen belassen lässt. Auch das eher krautige Material sowie Laub fällt in den Grünflächen meist in größeren zeitlichen Abständen und in größeren Mengen an. Die Erfassung von Grünabfall ist daher keine Konkurrenz zum Sammelsystem Biotonne, sondern eine sinnvolle Ergänzung. Beide Systeme zielen auf tendenziell unterschiedliche Biomassen ab.

Grünabfälle werden teilweise mittels Straßensammlungen an den Grundstücken abgeholt. In vielen Orten gibt es jedoch die Möglichkeit, diese Gartenabfälle an zentralen Sammelplätzen bzw. Häckselplätzen anzuliefern, teilweise jahreszeitlich beschränkt auf Herbst und Frühjahr. Zudem besteht immer die Möglichkeit, diese Gartenabfälle direkt an den unterschiedlichen Abfallbehandlungsanlagen anzuliefern.

Die einzelnen Gemeinden in der Metropolregion wurden unter anderem zu Aufkommen und Verbleib von Grünabfällen befragt. Aus vielen Rückmeldungen der Gemeinden wird deutlich, dass nicht das komplette Aufkommen den Abfallentsorgern zur Verwertung übergeben wird bzw. zu Verwertungsanlagen gelangt. Nicht unüblich ist die Praxis, zumindest einen Teil der an Sammelplätzen übergebenen Mengen zu häckseln

und direkt auf landwirtschaftlichen Flächen auszubringen bzw. ausbringen zu lassen. In den in Tabelle 2-1 genannten Mengen sind deshalb tendenziell nur diejenigen Teilmengen erfasst, die bei den jeweils beauftragten Abfallentsorgern übergeben werden.

Zu beachten ist für die Abschätzung des derzeitigen Aufkommens zudem, dass nicht alle in den Statistiken verzeichneten Massen auch als solche erhoben werden. In vielen Fällen erfolgt keine Verwiegung, sondern eine grobe Abschätzung der Volumina (Containergrößen) und daraus abgeleitet über die spezifische Dichte eine Hochrechnung der Massen. Dies kann mit größeren Fehlern behaftet sein und ist auch deswegen zwangsläufig ungenau, da die spezifische Dichte mit Änderung der Gartenabfallzusammensetzung über das Jahr auch deutlich unterschiedlich sein kann. Zum Gewicht tragen zudem neben der Feuchte oftmals die Feinfraktionen bei, die in ihrem Volumen eher unauffällig sind. Die in Tabelle 2-1 genannten Mengen sind deshalb mit gewissen Unsicherheiten verbunden.

Aus der Übersicht werden jedoch trotz dieser Unsicherheiten durch die dokumentierten Mengenunterschiede die großen Potenziale deutlich, die in vielen Teilen der Metropolregion noch mit der Sammlung und Verwertung der Grünabfälle möglich sind.

Ein wichtiger Faktor zum Erfolg ist die Ausgestaltung des Erfassungssystems. Im Neckar-Odenwald-Kreis, für den ein hohes Aufkommen dokumentiert ist, erfolgt die Grünabfallsammlung in Zusammenarbeit mit dem landwirtschaftlichen Maschinenring dezentral in allen Orten und Ortsteilen, angeboten allerdings nur in vergleichsweise kleinen Zeitfenstern. Ergänzt wird dies durch eine zweimalige Abholung am Grundstück (Straßensammlung) sowie die Möglichkeit zur Anlieferung an den Entsorgungsanlagen. Auch in Frankenthal bspw. bestehen diese drei Erfassungssysteme nebeneinander, auch hier mit hohen Sammelerfolgen.

Ein weiterer wichtiger Faktor zur Beeinflussung der Sammelerfolge ist das Gebührensystem. So erheben einige Gebietskörperschaften grundsätzlich Gebühren, andere erlassen diese bei privaten Kleinanlieferungen. In wieder anderen Kommunen bzw. Kreisen ist die Anlieferung, tlw. auch die Abholung der Grünabfälle mit keinen gesonderten Kosten verbunden. Besteht die Möglichkeit, die Garten- und Grünabfälle vor Ort in den privaten Gärten zu belassen und nicht einer Verwertung zu übergeben, wird dies vor allem dann in großem Umfang praktiziert, wenn die Abgabe mit einem größeren logistischen Aufwand (Bringsystem, über größere Transportdistanzen in nur kleinen Zeitfenstern ohne Einbeziehung von Wochenenden und Abendstunden) und vor allem

auch mit Kosten verbunden ist.

Das Grünabfallpotenzial aus privaten Haushalten geht demnach deutlich über die Mengen hinaus, die über die entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften derzeit erfasst und einer Verwertung zugeführt werden. Auch die öffentliche Hand dürfte nur einen Teil der anfallenden Biomassen einer Verwertung übergeben.

#### **2.2.1.2 Verwertung der Gartenabfälle**

Alle in Kapitel 2.1.1.2 genannten Bioabfallkompostierungsanlagen setzen auch Grünabfälle durch. Dies alleine schon, um für eine genügende Belüftung der Mieten ausreichend Strukturmaterial zu haben. Darüber hinaus gibt es reine Grünabfallkompostierungsanlagen.

Die Behandlung der Grünabfälle ist unterschiedlich. Eine Vergärung der Grünabfälle erfolgt nicht. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass bedeutende Grüngutmengen gewerblicher Herkunft auch direkt zu landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen gebracht werden. Werden die Grünabfälle zu Kompost verarbeitet, erfolgt dies aerob. Nicht nur in Rheinland-Pfalz werden teilweise bereits an den Sammelplätzen, teilweise aber auch an den Verwertungsanlagen holzige Biomassen abgetrennt, zu Hackschnitzeln verarbeitet und energetisch genutzt. Gerade bei Grünabfällen gewerblicher Herkunft dürften größere Anteile der Grünabfälle direkt zu Hackschnitzeln verarbeitet und an Holzhändler oder direkt an Verwertungsanlagen vermarktet werden. Gerade aus den Rückmeldungen der Gebietskörperschaften in Rheinland-Pfalz wird deutlich, dass die Grünabfälle bereits heute nicht nur kompostiert (teilweise auch in weiter entfernten Anlagen), sondern auch energetisch über Biomassekraftwerke genutzt werden. Dies gilt auch für den Neckar-Odenwald-Kreis mit seinen Biomassekraftwerken in Buchen und Obrigheim.

Mit der Verwertung über die Grünabfallkompostierungsanlagen lässt sich daher nur ein Teil des Grüngutmassenstroms abbilden. Grüngutkompostierungsanlagen sind vergleichsweise dezentral aufgestellt und haben nicht selten vergleichsweise kleine Durchsatzleistungen. Angesichts der vorhandenen Kapazitäten handelt es sich bei vielen kleinen Anlagen weniger um technische Anlagen im eigentlichen Sinne, sondern um einfache Kompostierplätze mit einfachen Umsetzgeräten. In allen Fällen erfolgt die Kompostierung über Mieten und offen.

Tabelle 2-5 Grünabfallkompostierungsanlagen

(Ort)	(Anlage)	Kapazität in t/a
Bammental	Grünabfallkompostierung; Fa. Kompohum	k.A.
Buchen	Grüngutkompostierung; Fa. KUSS/ AWN	10.000
Bürstadt	Grünabfallkompostierung; ZAKB	1.200
Frankenthal	Grünabfallkompostierung; Fa. Wagner	k.A.
Heppenheim	Grünabfallkompostierung; ZAKB	10.000
Hockenheim	Grünabfallkompostierung; Fa. Wagner	6.000
Ladenburg	Grünabfallkompostierung; Fa. REL	2.000
Lampertheim	Grünabfallkompostierung; ZAKB	1.000
Lorsch	Grünabfallkompostierung; ZAKB	1.000
Mannheim	Grüngutkompostierung Friesenheimer Insel, ABG Mannheim	30.000
Mannheim	k.A.	8.000
Mutterstadt	Grünabfallkompostierung; Fa. Zeller	10.000
Neustadt / W	Grünabfallkompostierung; Fa. Gerst Recycling	10.000
Viernheim	Grünabfallkompostierung; ZAKB	1.500
Weinheim	Grünabfallkompostierung; Verband Grünschnittkompostierung Bergstraße	5.000
Worms	Grünabfallkompostierung; EBW	k.A.
Zuzenhausen	Grünabfallkompostierung; Fa. Becker	700

Nicht alle der Grünabfallkompostierungsanlagen sind Anlagen der öffentlichen Hand und der durch sie beauftragten Entsorger. Im Rhein-Neckar-Kreis werden Grünabfälle vor allem in kleinen privat betriebenen Anlagen zu Kompost verarbeitet. In anderen Gebietskörperschaften wie bspw. dem Kreis Bergstraße oder auch Mannheim befinden sich die Anlagen in öffentlicher Hand.

Einige der Grünabfallkompostierungsanlagen vermarkten einen großen Anteil direkt an private Kunden, in den Landschaftsbau oder haben eigene Erdenerzeugung. Zu vielen Anlagen fehlen aber nicht nur hierzu genauere Angaben.



### **2.2.1.3 Alternative Entsorgung der Grün- und Gartenabfälle**

Viele der Gartenabfälle werden auf dem Grundstück selbst kompostiert, vor allem jedoch ohne Kompostierung direkt auf den Flächen ausgebracht. Sie werden entweder zum Mulchen der Beete eingesetzt, auf Rottehaufen gesetzt oder teilweise auch verbrannt.

Gerade das Mulchen dürfte des Öfteren nicht einem entsprechenden Bedarf der Böden und Pflanzen folgen, sondern eher der einfachen und kostengünstigen Entsorgung der Biomassen dienen. Der Verbleib von Biomassen auf Böden ist wegen der damit verbundenen Nährstoffzufuhr und der Humusreproduktion sinnvoll, sofern sich die Menge am tatsächlichen Bedarf der Böden und Pflanzen orientiert. Dies dürfte oftmals nicht der Fall sein.

Auch Reisighaufen o.ä. haben aus Sicht des Naturschutzes ihre Berechtigung. Rottehaufen können eine wichtige Funktion im Artenschutz haben. Gerade bei holzigen Massen dienen sie als Lebensraum vieler Tierarten. Bei feuchten krautigen Massen dürfte es jedoch bei der Umsetzung der Biomasse nicht nur zur Freisetzung von CO<sub>2</sub> kommen. Klimaschädliche Emissionen sind nicht auszuschließen.

Dies gilt auch für die Verbrennung von Gartenabfällen. Die entstehenden Schwaden sind nicht nur Wasserdampf. Gerade bei feuchtem Material dürften die Verbrennungsbedingungen so ungenügend sein, dass auch organische Schadstoffe (bspw. PAK) enthalten sein dürften.

Derzeit dürften Grünabfälle noch in großen Anteilen auf Flächen verbleiben oder gar dort verbrannt werden. Dies stellt gegenüber einer Erfassung und gezielter Behandlung aus ökologischer Sicht die schlechtere Alternative dar. Für Grünabfälle dürften sich demnach noch einige Biomassepotenziale benennen lassen.

### **2.2.2 Ökologisch / Technisches Potenzial**

Die getrennte Erfassung von Grün- und Gartenabfällen erreicht vor allem die privaten Haushalte. Im Rahmen der Studie für die Stadt Heidelberg [IFEU / igw 2008] sowie auch im Zuge der Erhebung für diese Studie für die Metropolregion Rhein-Neckar zeigte sich, dass an den Sammelstellen für Grünabfälle vor allem private und gewerbliche Anlieferer zum Biomasseaufkommen beitragen.

Landschaftsgärtner werden mit der Neuanlage von öffentlichen Grünflächen beauftragt. Die Pflege der öffentlichen Grünanlagen wird jedoch in der Regel durch eigenes Personal durchgeführt. In Heidelberg wird nur ein Teil der Grünflächenpflege (<20 %) jährlich über Ausschreibungen an Landschaftsgärtner vergeben. Die dort anfallenden Biomassen verbleiben vor Ort (Mähgut, Beetpflege) oder werden von den Firmen selbst entsorgt. Gehölzschnittmaßnahmen werden bis auf Spezialeinsätze (Klettereinsätze) vom Landschaftsamt selbst durchgeführt. In kleineren Kommunen dürfte der Anteil fremd vergebener Pflegemaßnahmen gegen Null gehen, sondern vom Bauhof übernommen werden.

Landschaftsgärtner werden demnach vor allem privat beauftragt, d.h. zur Pflege von Hausgärten, von Grünflächen um Gewerbegebäude oder um Gebäude von Wohnungsbaugesellschaften.

#### Abschätzung des Potenzials aus den öffentlichen Grünanlagen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Kommunen und Abfallentsorger gebeten, die Anteile aus öffentlicher und privater Herkunft am Grünabfallaufkommen abzuschätzen und zu benennen. In Frankenthal und im Neckar-Odenwald-Kreis liegt der Anteil privater Herkunft danach bei etwa 70 %, im Kreis Südliche Weinstraße bei 95 %. Im Rhein-Neckar Kreis werden 100 % benannt, in Mannheim etwa 50 %. Wie man gerade aus den Beispielen Neckar-Odenwald-Kreis und Stadt Frankenthal erkennen kann, sind hohe Grünabfallmengen tendenziell mit entsprechend hohen Anteilen aus der öffentlichen Hand verbunden.

Die relative Größe der öffentlichen Grünanlagen ist in den einzelnen Kommunen teilweise deutlich unterschiedlich und damit auch eine wichtige Beeinflussungsgröße des Grünabfallaufkommens. Auch die Art des Bewuchses und damit der Pflegeaufwand dürften sich in vielen Fällen jedoch deutlich unterscheiden. Die öffentliche Hand wird aus Kostengründen immer bestrebt sein, den Pflegeaufwand ihrer Flächen möglichst gering zu halten und damit auch die anfallenden Biomassen. Das spezifische Grünabfallaufkommen (kg/m<sup>2</sup>) dürfte deshalb deutlich unter dem privater Gärten liegen.

Tabelle 2-6 Abschätzung des Anteils am Aufkommen der Grün- und Gartenabfälle aus der Pflege öffentlicher Grünanlagen – Status Quo

	E/km <sup>2</sup>	Grünabfall		Kommunaler Anteil	
		t/a	kg/(E*a)	%	kg/(E*a)

Neckar-Odenwald-Kreis	132	27.700	186	30 %	55,8
Kreis Südliche Weinstraße	172	9.100	83	5 %	4,15
Kreis Bad Dürkheim	228	9.500	71	5 %	3,55
Kreis Germersheim	272	5.900	47	5 %	2,35
Kreis Bergstraße	367	14.300	54	5 %	2,7
Rhein-Pfalz-Kreis	489	12.900	86	10 %	8,6
Neustadt/W	499	11.700	217	20 %	43,4
Rhein-Neckar-Kreis	504	2.800	5	0 %	-
Landau	519	2.900	67	20 %	13,4
Worms	757	5.700	69	20 %	13,8
Frankenthal	1076	6.100	129	30 %	38,7
Speyer	1190	1.100	22	20 %	4,4
Heidelberg	1335	7.800	54	20 %	10,8
Ludwigshafen	2108	8.800	54	20 %	10,8
Mannheim	2137	6.600	21	50 %	10,5

Die Ableitung der Grünabfallpotenziale aus den wenigen vorliegenden Daten kann nur eine grobe Schätzung sein. In einem ersten Schritt wird für alle Gebietskörperschaften ein öffentlicher Anteil am derzeitigen Grünabfallaufkommen abgeschätzt, der auch Ergebnisse einer Studie zu Grünabfällen für das Umweltministerium Mainz zurückgreift. Danach lag der Anteil in den kreisfreien Städten im Schnitt bei 16 %, in den Landkreisen bei 4 % [IfaS 2007]. Außerdem wurden natürlich die Rückmeldungen der Städte und Kreise berücksichtigt.

Im Rahmen einer umfassenden Untersuchung für Baden-Württemberg [LUBW / IFEU 2009] war es möglich, das Potenzial an Grünabfällen aus der Unterhaltung öffentlicher Grünanlagen zumindest im Ansatz abschätzen zu können. Danach liegt das Aufkommen einer Gemeinde mit etwa 30.000 Einwohnern bei ca. 30 kg/(E\*a) Grünabfälle.

Tabelle 2-7 Grün- und Gartenabfälle aus der Pflege öffentlicher Grünanlagen - Potenziale

	E/km <sup>2</sup>	Grünabfall		Kommunales Aufkommen		Zusätzliches Potenzial	
		t/a	kg/(E*a)	Kennzahl	derzeit	kg/(E*a)	t/a
Neckar-Odenwald-Kreis	132	27.700	186	30	55,8	-	-
Kreis Südliche Weinstraße	172	9.100	83	30	4,15	25,85	2.800

Kreis Bad Dürkheim	228	9.500	71	30	3,55	26,45	3.500
Kreis Germersheim	272	5.900	47	30	2,35	27,65	3.500
Kreis Bergstraße	367	14.300	54	30	2,7	27,3	7.200
Rhein-Pfalz-Kreis	489	12.900	86	30	8,6	21,4	3.200
Neustadt/W	499	11.700	217	30	43,4	-	-
Rhein-Neckar-Kreis	504	2.800	5	30	-	30	16.800
Landau	519	2.900	67	30	13,4	16,6	700
Worms	757	5.700	69	30	13,8	16,2	1.300
Frankenthal	1076	6.100	129	30	38,7	-	-
Speyer	1190	1.100	22	30	4,4	25,6	1.300
Heidelberg	1335	7.800	54	30	10,8	19,2	2.800
Ludwigshafen	2108	8.800	54	30	10,8	19,2	3.100
Mannheim	2137	6.600	21	30	10,5	19,5	6.100
<b>Summe</b>							<b>52.450</b>

Zur Abschätzung des Grünabfall-Potenzials aus der öffentlichen Hand werden über alle Gebietskörperschaften 30 kg/(E\*a) angesetzt. Lagen die für die öffentliche Hand abgeschätzten Mengen über diesem spezifischen Aufkommen, wurde dieses fortgeschrieben. Lagen die für den Status Quo abgeschätzten Mengen darunter, wurden Potenziale bis zu diesem Wert postuliert. In Summe lässt sich daraus ein zusätzliches Potenzial von 52.450 Jahrestonnen ableiten. Ein erheblicher Anteil daran würde aus dem Rhein-Neckar-Kreis kommen.

#### Abschätzung des Potenzials nicht-öffentlicher Herkunft

Für die Ermittlung des Potenzials wurde in einem ersten Schritt zunächst der Anteil des derzeitigen Grünabfallaufkommens abgeschätzt, der aus öffentlichen Flächen stammt. Bereits bei der Status Quo – Aufnahme wurde festgestellt, dass die Höhe des Grünabfallaufkommens relativ wenig durch das Biomüllaufkommen beeinflusst wird. Das Potenzial für Grünabfälle aus privater bzw. nicht-öffentlicher Herkunft wird daher unabhängig der jeweiligen Bioabfallmengen abgeschätzt.

In nicht wenigen Fällen dürften bereits große Teile der oben benannten Mengen an Sammelstellen angeliefert werden. Es erfolgte eine Abfrage der Kommunen des Unter-

suchungsgebietes. Der Rücklauf war nicht groß genug, um daraus die Gesamtmenge im Untersuchungsgebiet ableiten zu können. Aus den meisten Rückmeldungen wurde jedoch deutlich, dass die bei Gemeinden angelieferten Grünabfälle nicht immer den Abfallentsorgern weiter gereicht, sondern gehäckselt bspw. Landwirten zur Verwertung übergeben werden. Darüber hinaus gibt es Senken auf privater Ebene, über die manche Landschaftsgärtner ihre Grünabfälle entsorgen. Nicht selten werden Grünabfälle aus dem gewerblichen Bereich auf den Betriebshöfen der einzelnen Firmen zu Kompost weiter verarbeitet.

Für die vier Strukturtypen, zu denen sich die Städte und Kreise in der Metropolregion zuordnen lassen, wurde ein jeweils aus dem Status Quo abgeleitetes Mindestaufkommen (in kg/E\*a) postuliert. Für alle Gebietskörperschaften, die diese Quoten nach dem derzeitigen Stand nicht erreichen, wurden entsprechende Potenziale aufgezeigt.

Das abgeschätzte Potenzial ist daher nicht konservativ, aber auch nicht zu optimistisch. Wie die Aufstellung zeigt, gibt es immer Gebietskörperschaften, die diese der Prognose zugrunde gelegten Mengen bereits erreichen oder gar deutlich überschreiten. Gerade die Grünabfallmengen im Rhein-Neckar-Kreis werden in großem Umfang an dem Abfallentsorger AVR vorbei einer Verwertung zugeführt. Die Potenzialmenge wurde entsprechend um die Menge korrigiert, die als Durchsatz der im Kreis gelegenen Kompostierungsanlagen bekannt sind. Trotzdem ist im Rhein-Neckar-Kreis das größte Potenzial zur Steigerung der Grünabfälle zu verzeichnen.

Tabelle 2-8 Grün- und Gartenabfälle nicht-öffentlicher Herkunft

	E/km <sup>2</sup>	Grünabfall		Privates Auf-	Potenzial	
		t/a	kg/(E*a)	kommen	kg/(E*a)	t/a
				kg/(E*a)		
Neckar-Odenwald-Kreis	132	27.700	186	130,2		
Kreis Südliche Weinstraße	172	9.100	83	78,9		
Kreis Bad Dürkheim	228	9.500	71	67,4		
Kreis Germersheim	272	5.900	47	44,6	65	2.600
Kreis Bergstraße	367	14.300	54	51,3	65	3.600
Rhein-Pfalz-Kreis	489	12.900	86	77,4		
Neustadt/W	499	11.700	217	173,6		
Rhein-Neckar-	504	2.800	5	(5)	65	17.600

Kreis						
Landau	519	2.900	67	53,6	65	500
Worms	757	5.700	69	55,2		
Frankenthal	1076	6.100	129	90,3		
Speyer	1190	1.100	22	17,6	50	1.600
Heidelberg	1335	7.800	54	43,2	50	1.000
Ludwigshafen	2108	8.800	54	43,2		
Mannheim	2137	6.600	21	10,5	40	9.300
<b>Summe</b>						<b>36.200</b>

### 2.2.3 Kurzfristig verfügbares Potenzial

Die entsorgungspflichtigen Körperschaften bzw. die beauftragten Abfallentsorger wurden im Rahmen der Untersuchung gebeten, die Grünabfallmengen zu benennen, die sie angesichts der bestehenden abfallwirtschaftlichen Konzeption und der geplanten abfallwirtschaftlichen Maßnahmen als sinnvoll und realisierbar erachten.

In den Städten Frankenthal, Mannheim und Speyer sowie in den Kreisen Rhein-Pfalz und Neckar-Odenwald werden keine Potenziale zur Steigerung der Grünabfallmengen gesehen.

Tabelle 2-9 Kurzfristig verfügbares Potenzial an Grün- und Gartenabfällen

	E/km <sup>2</sup>	Grünabfall		Kurzfristig verfügbares Potenzial	
		t/a	kg/(E*a)	kg/(E*a)	t/a
Neckar-Odenwald-Kreis	132	27.700	186	186	27.700
Kreis Südliche Weinstraße	172	9.100	83	83	9.100
Kreis Bad Dürkheim	228	9.500	71	71	9.500
Kreis Germersheim	272	5.900	47	70	8.800
Kreis Bergstraße	367	14.300	54	70	18.500
Rhein-Pfalz-Kreis	489	12.900	86	86	12.900
Neustadt/W	499	11.700	217	217	11.700
Rhein-Neckar-Kreis	504	2.800	5	70	37.500
Landau	519	2.900	67	70	3.000
Worms	757	5.700	69	69	5.700
Frankenthal	1076	6.100	129	129	6.100
Speyer	1190	1.100	22	22	1.100
Heidelberg	1335	7.800	54	60	8.700



Ludwigshafen	2108	8.800	54	54	8.800
Mannheim	2137	6.600	21	21	6.600
<b>Summe</b>		<b>132.900</b>			<b>175.700</b>

Mit dieser Abschätzung wird eine Steigerung des Grünabfallaufkommens, das an Abfallbehandlungsanlagen zur Verwertung angedient wird, um 43.600 Jahrestonnen prognostiziert. Größere Steigerungen im Aufkommen liegen vor allem im Rhein-Neckar-Kreis, nicht unerheblich aus der Umlenkung von Stoffströmen resultierend, die bislang an der Abfallstatistik vorbei verwertet werden.

Von diesem Aufkommen lassen sich in Abhängigkeit der Abfallcharakteristik etwa 25 % als holzig und damit geeignete für eine Hackschnitzelherstellung beschreiben, 25 % als krautig und damit geeignet für Vergärungsanlagen und 50 % als Feinkorn, das auch weiterhin aerob zu Kompost verarbeitet werden sollte [IFEU/IGW 2008]. 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, 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.

### 2.3 Biomassen aus dem Unterhalt von Verkehrswegen

Alle Verkehrswege gerade auch außerhalb von geschlossenen Ortschaften werden von Grünflächen begrenzt. Sie müssen aus optischen Gründen und aus Gründen der Verkehrssicherheit regelmäßig gepflegt werden.

Es gibt in der Metropolregion mit dem Neckar und seinen Kanalabschnitten sowie dem Rhein zwei **Schifffahrtswege**. Zu Aufkommen und Verbleib von Biomassen aus der Pflege der Gewässerrandstreifen sowie zu an den Schleusen anfallenden Schwemm-

guts wurden die zuständigen Wasser- und Schifffahrtsdirektionen befragt. Es erfolgte keine Rückmeldung.

Im Rahmen der Untersuchung für die Stadt Heidelberg [IFEU/IGW 2008] konnten, bezogen auf den damaligen Untersuchungsraum, folgende Angaben ermittelt werden: bis zu 2.000 m<sup>3</sup> Schwemmgut und etwa 800 m<sup>3</sup> Schnittmaterial. Dies wurde hochgerechnet in ein Aufkommen von 600 Jahrestonnen. Schwemmgut fällt an Stauwehren und Schleusen an und damit nur am Neckar. Im Untersuchungsgebiet der Studie für Heidelberg lagen etwa 30 km Streckenlänge des Neckars, im Untersuchungsgebiet Metropolregion befinden sich etwa 80 km Streckenlänge des Neckars und etwa 60 km des Rheins.

Rechnet man mit diesen Kennzahlen hoch, ergibt sich ein Bioabfallmasseaufkommen von etwa 2.500 Jahrestonnen.

Die Pflege des die **Bahnstrecken** begleitenden Grünstreifens beschränkt sich im Wesentlichen auf den Gehölzschnitt. Sie dient der Verkehrssicherheit. Nach einer Erhebung des Witzenhausen-Instituts [Witzenhausen-Institut / igw 2008] für das Land Hessen erfolgen die Schnittmaßnahmen in der Regel in 6m Breite auf beiden Seiten der Bahnstrecken. Außerdem müssen gerade im Bereich von Signalanlagen oder Bahnübergängen Sichtachsen freigehalten werden.

Die Intensität der Pflegemaßnahmen ist daher in bewaldeten Streckenabschnitten am höchsten. Oft erfolgt die Schnittmaßnahme nicht vom Gleisbett aus, so dass gerade in Böschungen und fern von Wirtschaftswegen oder Straßen das anfallende Material nicht abtransportiert werden kann. Die Pflegemaßnahmen erfolgen durch Fremdfirmen, die angesichts der Marktpreise nutzbares Holz aufnehmen und bereits vermarkten.

Nach der für Heidelberg durchgeführten Studie liegt das Biomasseaufkommen bei etwa 30 m<sup>3</sup> pro km Streckenlänge. Dies deckt sich auch weitgehend mit den Aussagen in Kern [2008], bezogen auf das technisch-wirtschaftliche Potenzial. Unterstellt wird ein spez. Gewicht von 0,25 t/m<sup>3</sup>, der Anteil an stärker dimensioniertem Holz (>10cm Durchmesser) liegt häufig bei <5 %. Die Streckenlänge in der Metropolregion beträgt etwa 805 km, so dass das Biomasseaufkommen bei etwa 4.800 Jahrestonnen liegen müsste.

Entlang des **Straßennetzes** werden nicht nur Gebüsch und Bäume in regelmäßigen

Abständen beschnitten. Es erfolgt auch ein Grasschnitt. Die Dichte und Höhe des Grasaufwuchses wird in erster Linie über die Niederschlagsmenge und die zugeführten Nährstoffe (auch Stickoxide aus den Fahrzeugen) beeinflusst. In der Regel erfolgt ein Rückschnitt, es können aber auch bis zu drei Maßnahmen pro Jahr nötig werden. Die Pflegebreite beträgt in der Regel 1 Meter, bei Bundesautobahnen auch 3 Meter. Die anfallenden krautigen Massen können bis zu 7 t / (ha\*a) Trockenmasse betragen, im Mittel können 4 t / (ha\*a) Trockenmasse angenommen werden [Witzenhausern-Institut / igw 2008].

Aus der im Rahmen der Studie durchgeführten Abfrage der zuständigen Behörden liegen zwei Rückmeldungen vor. Danach schwankt das Aufkommen an krautigem Material zwischen 10 m<sup>3</sup> / km Straßenlänge im Neckar-Odenwald-Kreis und 3,3 m<sup>3</sup> / km Straßenlänge im Zuständigkeitsbereich des Landesbetriebes Mobilität Speyer in Rheinland-Pfalz.

Das Straßennetz beträgt im Baden-Württembergischen Teil der Metropolregion etwa 1.900 km, wobei die Gemeindestraßen nicht enthalten sind [Stat. Landesamt 2008]. Zusammen mit den Straßen in Rheinland-Pfalz und Hessen beträgt die Streckenlänge etwa 4.100 km. Es wird vereinfachend unterstellt, dass sich etwa 1/5 der Streckenlänge innerorts befinden [Kern et al. 2008], d.h. 3.300 km außerorts beidseitig von Grünstreifen begleitet werden. Bei einer Pflegebreite von 2,5m über alle Straßentypen und beidseitigen Grünstreifen ergibt sich so eine spezifische Pflegefläche von 0,5 ha pro km Streckenlänge. Kern [2008] berichtet von tendenziell steigenden Pflegebreiten entlang der Straßen und spezifischen Pflegeflächen von 0,8 ha/km für Autobahnen, 0,6 ha/km für Bundesstraßen und 0,4 ha/km für Landes- und Kreisstraßen. Durch reliefbedingte Ausformungen der Randbereiche bei Bundesautobahnen kann die Pflegefläche auch deutlich > 1,5 ha/km ansteigen.

Tabelle 2-10 Straßennetz im Untersuchungsraum

Km Streckenlänge	BAB	Bundesstraßen	Landesstraßen	Kreisstraßen	nur als Summe verfügbar
Heidelberg	11,7	28,5	36,3	32,3	
Mannheim	25,4	45,9	37,3	22,1	
Rhein-Odenwald-Kreis	8,9	128,2	359,4	256,7	
Rhein-Neckar-	86,6	158,6	332,2	334,3	

Kreis					
LBM Speyer					1.500
HSW Bensheim					695

Verknüpft man dies mit dem oben genannten spezifischen Mengen (4 t Trockenmasse / (ha\*a)) und die spezifischen Pflegeflächen (0,5 ha/km), ergeben sich etwa 1.650 ha Pflegefläche und 6.600 Jahrestonnen krautiges Material als Trockenmasse bzw. 22.000 Jahrestonnen Feuchtmasse. Nach Auskunft der beiden Institutionen verbleibt das Material bislang zu 100 % vor Ort.

Daneben fällt holziges Material zur Verwertung an. Dabei handelt es sich um Strauchschnitt aus dem Straßenbegleitgrün bis hin zu Waldbäumen, wenn die Straßen Waldflächen durchschneiden. Die Bandbreite des spezifischen Aufkommens ist groß, die Angaben des Landesbetriebs Mobilität und des Kreises Neckar-Odenwald betragen pro km Straßenlänge 0,3 m<sup>3</sup> bis 3,1 m<sup>3</sup> holziges Material. Die zu pflegende Fläche pro km Straßenlänge kann zwischen 0,3 bis 0,4 ha bei Land- und Kreisstraßen, 0,6 bis 0,8 ha bei Bundesstraßen und 1 bis 2 ha bei Bundesautobahnen betragen. Die Bestandsdichte an Bäumen und Gehölzen ist jedoch deutlich unterschiedlich und damit auch die tatsächliche Pflegefläche. In Anlehnung an die Auswertung der Untersuchung für das Land Hessen [Witzenhausen-Institut / igw 2008] wird angenommen, dass das Aufkommen an holziger Biomasse in etwa 50 % des Aufkommens an krautiger Biomasse, d.h. 2 t/a holzige Biomasse pro Straßenkilometer, beträgt. Dies wäre nach der obigen Abschätzung ein Aufkommen von 11.000 Jahrestonnen.

Im Neckar-Odenwald-Kreis und vor allem im Kreis Bergstraße mit seinem größeren spezifischen Aufkommen (höherer Waldanteil) wird das Material bereits heute überwiegend abgefahren und genutzt, im Zuständigkeitsbereich des Landesbetriebs Mobilität Speyer verbleiben 100 % des tendenziell eher als Strauch- und nicht als Baumschnitt anfallenden Materials vor Ort.

### 2.3.1 Ökologisch / technisches Potenzial für Biomassen aus der Unterhaltung von Verkehrswegen

Aus den obigen Überlegungen ergeben sich folgende Mengen:

-  Schiffahrtswege: 2.500 Jahrestonnen

- ✚ Bahnstrecken: 4.830 Jahrestonnen
- ✚ Straßennetz: 6.600 Jahrestonnen (krautig, TM)  
11.000 Jahrestonnen (holzig)

Es kann davon ausgegangen werden, dass ein deutlicher – nämlich der holzige Anteil – dieser Biomassen schon heute einer Verwertung zugeführt wird. Es wird ein ökologisch/technisches Potenzial von 10.000 Jahrestonnen Frischmasse angesetzt, das als eher krautiges Material potenziell einer Verwertung zugeführt werden könnte.

## **2.4 Bioabfälle industrieller und gewerblicher Herkunft**

Biogene Abfälle fallen zunächst bei der Verarbeitung organischer Rohstoffe pflanzlicher und tierischer Herkunft an. Dies können Produktionsprozesse der Nahrungs- und Genussmittelindustrie sein. Aber auch die Verarbeitung von Holz bspw. in Sägewerken ist hier enthalten. In einem zweiten Schritt werden diese Roh-Produkte nicht selten weiterverarbeitet, bspw. gesägtes Holz in der Möbelindustrie oder Zucker zusammen mit anderen Ausgangsstoffen bspw. bei der Herstellung von Süßwaren. Die biogenen Abfälle sind an dieser Veredelungsstelle meist Produktionsrückstände oder auch Fehlchargen.

Alle diese Produkte werden abschließend über den Handel vermarktet, mit einer entsprechend großen Distributionskette. In allen Logistikgliedern können aufgrund von Havarien oder wegen Überschreiten der Verfallsdaten biogene Abfälle zur Entsorgung anfallen. Nicht selten handelt es sich dann um verpackte Waren, es kann sich aber auch um klassische Marktabfälle handeln.

Am Ende dieser Kette steht der Konsum. Erfolgen die Zubereitung und der Verzehr der Speisen in den privaten Haushalten, gelangen die Küchenabfälle und die Speisereste in die Erfassungssysteme Biotonne oder Restmülltonne. Erfolgen Zubereitung und Verzehr außer Haus, handelt es sich um Speiseabfälle.

## **2.4.1 Status Quo für Mengen und Verbleib**

### **2.4.1.1 Küchen- und Speiseabfälle**

Küchen- und Speiseabfälle weisen einen hohen Wasser- und auch Fettgehalt auf. Sie eignen sich daher besonders für eine Verwertung über Vergärungsanlagen. Gerade in Abhängigkeit vom Fettgehalt kann der spezifische Gasertrag zudem vergleichsweise hoch sein. Über das genaue Aufkommen an Speiseabfällen und deren Verbleib liegen nicht nur für die Metropolregion keine genaueren Informationen vor.

Gerade über die kleineren Betriebe dürfte ein nicht unerheblicher Anteil der gewerblichen Küchenabfälle über die Biotonne erfasst werden. Auf die übrigen Speiseabfälle haben sich Entsorger mit entsprechenden Spezialfahrzeugen und Entsorgungswegen spezialisiert. Die Entsorgung erfolgt gewerblich außerhalb der Entsorgungswege der öffentlich rechtlichen Entsorger. Aufgrund der fehlenden Mengenerfassung durch öffentliche Körperschaften liegen keine statistischen Informationen über das Abfallaufkommen aus dem Bewirtungsgewerbe vor. Die in der Literatur genannten Zahlen zum Aufkommen an Küchen- und Speiseabfällen beruhen auf partiellen Erhebungen, deren Ergebnisse meist über Kennzahlen pro bewirtete Person oder pro Sitzplatz, verknüpft mit der Anzahl der Betriebe, hochgerechnet wurden.

Die Daten zum Aufkommen an Speiseabfällen liegen weit auseinander, wie nicht zuletzt eine Studie für Hessen [Witzenhausen-Institut / igw 2008] aufzeigen konnte. Geht man von einer bundesdeutschen Gesamt-Menge von etwa 1,8 Mio. Jahrestonnen aus, ergibt sich daraus ein spezifisches Aufkommen pro Einwohner und Jahr von 22 kg. Nimmt man dies als Basis, so lässt sich ein Speiseabfallaufkommen von 52.100 Jahrestonnen für die Metropolregion hochrechnen. Legt man ein ebenso plausibles Aufkommen von 600.000 Jahrestonnen für die Bundesrepublik zugrunde, verringert sich das Aufkommen für die Metropolregion auf etwa 17.400 Jahrestonnen. Letzteres würde auch eher mit einer aktuellen Erhebung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg [EUWID 24/2009] übereinstimmen, nach der im gesamten Bundesland im Jahre 2006 etwa 97.000 Jahrestonnen Speiseabfälle zur Entsorgung anfielen.

### **2.4.1.2 Organische Gewerbeabfälle**

In einer von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Arbeit [Vogt et al. 2002] wurde ein Überblick über die verschiedensten biogenen gewerblichen Abfälle und ihre



Entsorgungswege versucht. Dabei zeigt sich die große Vielzahl an organischen Gewerbeabfällen, die bei der Verarbeitung von pflanzlichen und tierischen Ausgangsstoffen vor allem zu Lebens- und Genussmitteln anfallen, sowie nachfolgend auch bei deren Distribution und Vermarktung.

Aus dem verarbeitenden Gewerbe sind vor allem das Ernährungsgewerbe, das Holzgewerbe sowie das Papiergewerbe diejenigen, die in relevanten Mengen biogene Abfallstoffe aufweisen können, nimmt man den Handel und das Dienstleistungsgewerbe (Gastronomie) aus. Nach den groben Daten der Statistischen Landesämter (Tabelle 001-41; Betriebe und Beschäftigte nach Wirtschaftsabteilungen) zeigt sich zum Stichtag 30.09.2007 für die Metropolregion folgendes Bild (Tabelle 2-11). Das Ernährungsgewerbe spielt vor allem in den Kreisen Bergstraße, Bad Dürkheim, Germersheim und Rhein-Pfalz-Kreis eine große Rolle. Das Holzgewerbe ist vor allem im Rhein-Neckar-Kreis und im Neckar-Odenwald-Kreis vertreten, das Papiergewerbe hat nur im Kreis Bergstraße eine größere Relevanz.

Tabelle 2-11 Betriebe und Beschäftigte nach Wirtschaftsabteilungen [Stat. Landesämter 2009]

	<b>Ernährungsgewerbe</b>		<b>Holzgewerbe</b>		<b>Papiergewerbe</b>		<b>Insgesamt</b>	
	Anzahl Betriebe	Anzahl Beschäftigte	Anzahl Betriebe	Anzahl Beschäftigte	Anzahl Betriebe	Anzahl Beschäftigte	Anzahl Betriebe	Anzahl Beschäftigte
Ldkr. Bergstraße	15	1.347	2	-	4	354	147	12.147
Frankenthal	2	-	1	-			22	5.420
Landau	2	-					19	-
Ludwigshafen	5	-					51	40.353
Neustadt/W	3	-			1	-	25	-
Speyer	3	90			1	-	30	4.505
Worms	4	-					42	6.017
Ldkr. Bad Dürkheim	8	840	3	99	6	-	53	4.540
Ldkr. Germersheim	7	386	1	-	3	-	66	16.011
Ldkr. Südliche Weinstraße	14	-	2	-	3	-	54	4.634
Rhein-Pfalz-	12	1.231	3	86			43	2.870

Kreis								
Heidelberg	-	-	2	-	-	-	58	11.453
Mannheim	-	-	1	-	-	-	135	42.288
Neckar- Odenwald- Kreis	-	-	7	206	-	-	138	14.029
Rhein-Neckar- Kreis	-	-	6	280	-	-	288	37.701

In diesen genannten Wirtschaftsabteilungen befinden sich ganz unterschiedliche Gewerbe. Gerade das Ernährungsgewerbe zeigt eine große Vielfalt, angefangen von Mälzereien, Brauereien, Weinkellereien über Molkereien und Käsereien, Zuckerfabriken, Obst- und Gemüseverarbeitungen, die Kaffee- und Süßwarenindustrie, Backwarenindustrie bis hin zu Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetrieben. Die Art der anfallenden biogenen Abfälle, aber auch die zu entsorgenden Mengen sind innerhalb des „Ernährungsgewerbes“ deutlich unterschiedlich.

Aufgrund der schwierigen Datenlage war im Rahmen des Projektes folgendes Vorgehen geplant. In einem ersten Schritt sollten Industrie- und Handelskammern sowie Handwerkskammern konkret Mitgliedsbetriebe aus den einzelnen infrage kommenden Branchen benennen, die in einem zweiten Schritt dann über Fragebögen zur konkreten Situation befragt werden sollten. Dieser Ansatz zeigte sich nach Rücksprache mit den einzelnen zuständigen Stellen und Personen nicht möglich. Zum einen gibt es keine verlässliche Aufgliederung der jeweiligen Mitgliedsunternehmen nach Branchen. In die bestehenden Datenbanken werden zudem nur die Informationen übernommen, die im Handelsregister eingetragen sind und zwar für den Status des Ersteintrages. Der Eintrag muss daher nicht die heutige Situation widerspiegeln. Gerade zum Thema Biomasse gibt es zudem vielfach Befragungen, so dass IHK und Handwerkskammer entschieden, zum Schutz der Mitgliedsunternehmen nicht weitere flächendeckende Umfragen zu unterstützen.

Es wurde daher ein anderes Recherche-Vorgehen gewählt. Es kann auch nach Rücksprache mit diesen Institutionen davon ausgegangen werden, dass angesichts der positiven Randbedingungen auf dem Markt (Nachfrageüberhang nach - energetisch - nutzbarer Biomasse) gerade die größeren Betriebe mit einem höheren Aufkommen an biogenen Reststoffen lukrative Verwertungswege gefunden haben. Mit der gewählten

Rechercheform sollte dieser Sachverhalt überprüft werden.

In die regelmäßig erscheinenden Verbands-Organen dieser beiden Institutionen wurden in der zum Jahreswechsel 2008/2009 erschienenen Ausgabe kleine Artikel aufgenommen, über die auf das Projekt und seine Zielsetzung hingewiesen wurde, versehen mit einem Aufruf, sich dann zu rückzumelden, wenn für die biogenen Reststoffe Interesse an Entsorgungsalternativen oder zur betrieblichen Energieversorgung an einem Bezug von Biomasse Interesse bestünde. Die Reaktion war sehr gering. Es kann also davon ausgegangen werden, dass für diese Biomassen bereits adäquate Entsorgungswege gefunden werden konnten.

Diese Annahme einer bereits weitgehenden und umfassenden Verwertung der anfallenden biogenen Reststoffe wurde auch im Rahmen der Untersuchung für die Stadt Heidelberg [ifeu / igw 2008] sowie des Verbands Region Rhein-Neckar für die Aufstellung des Erneuerbare-Energie-Konzepts bestätigt. Die telefonisch oder schriftlich befragten Unternehmen benannten Entsorgungswege, die weitgehend den Intentionen der vorliegenden Biomasse-Studie entsprechen.

Eine wichtige Branche innerhalb des Ernährungsgewerbes ist mit Sicherheit die Weinkellerei. Nach der Pressemitteilung des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg (Nr. 49/2009 vom 25. Februar 2009) wurden an der Badischen Bergstraße 31.000 Hektoliter, im Kraichgau 100.000 Hektoliter sowie in Tauberfranken 54.000 Hektoliter erreicht. Nur ein Teil dieser Anbaugelände liegt innerhalb der Metropolregion Rhein-Neckar. In Rheinland-Pfalz in den Weinanbaugeländen Südliche Weinstraße sowie Mittelhaardt – Deutsche Weinstraße lag das Ergebnis für 2008 bei 2.390.000 Hektolitern. In Hessen lag der Ertrag an der hessischen Bergstraße bei 37.000 Hektolitern. Wie man anhand der Kenndaten des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum DLR in Rheinland-Pfalz erkennen kann, fallen bei der Herstellung dieser Weinmengen Abfallmassen an, die im Falle des Tresters teilweise weiter veredelt werden, zum überwiegenden Teil jedoch auf den Flächen der Weinbaubetriebe ausgebracht werden. Für die nachfolgende Abschätzung wird vereinfachend davon ausgegangen, dass 50 % der oben genannten Weinproduktion innerhalb des Untersuchungsgebietes erfolgt.

Das spezifische Aufkommen liegt bei 2.000 bis 2.500 kg Trester Frischsubstanz pro 10.000 l Wein bzw. 800 bis 1.000 kg Trockensubstanz. Bezogen auf die Anbaufläche wird das Aufkommen mit 0,8 bis 1,2 t/ha angegeben. [DLR RLP o.J.]

Tabelle 2-12 Aufkommen an Rückständen in der Kellereiwirtschaft [Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück 2009]

organische Kellereiabfälle	Frischsubstanz / 10.000 l Most	Trockensubstanz / 10.000 l Most	Gesamtmenge Untersuchungsraum in t TS
Trester	2000 bis 2500 kg	800 bis 1000 kg	13.000
Mosttrub	300 bis 500 l	25 bis 40 kg	500
Hefe	300 bis 500 l	60 bis 100 kg	1.300

Bei der Bierherstellung fallen vor allem Biertreber zur Verwertung an. Es handelt sich um ein eiweißreiches Produkt, das als anerkanntes Futtermittel in der Viehhaltung eingesetzt wird. Biertreber ist mit 75-80 % die größte Reststofffraktion bei der Bierherstellung. Darüber hinaus fallen noch Hefe-, Heiß- und Kühltrub sowie Malzstaub als Rückstand an.

Bierhefe, aber auch Molke werden für die menschliche Ernährung eingesetzt oder gelangen als Grundstoff in die Kosmetikindustrie. Apfeltrester aus der Fruchtsaftherstellung ist ein wichtiger Ausgangsstoff für die Pektinherstellung. Derartige Rückstände aus der Lebens- und Genussmittelindustrie fallen nur dann als Abfall zur Entsorgung an, wenn sie bspw. wegen Überlagerungsproblemen nicht mehr als hochwertiger Rohstoff genutzt werden können [IFEU / Öko-Institut 2007]. Dies ergab auch die umfassende Recherche zur Erhebung des BiomassePotenzials für die Stadt Heidelberg [IFEU / igw 2008].

Die Verwendung als industrieller Rohstoff oder als Futtermittel ist ökologisch sehr vorteilhaft, wie entsprechende umfassende Ökobilanzen eindrücklich zeigen konnten [Vogt et al. 2002]. Eine derartige Vermarktung ist auch ökonomisch günstiger als eine Entsorgung. Auf dem Entsorgungsmarkt für biogene Abfälle spielen derartige Reststoffe daher vorbehaltlich der Erkenntnisse aus der Befragung keine relevante Rolle.

Im Rahmen dieser Studie kann das tatsächliche Mengenaufkommen an organischen Gewerbeabfällen nicht ermittelt werden. Nach allen Erfahrungen und Kenntnissen dürften diese Abfallmengen für die Aufgabenstellung dieser Untersuchung nicht von großem Interesse sein. Aufgrund der über das Jahr gleich bleibenden Zusammensetzung und Eigenschaften haben sich schon seit vielen Jahren Entsorgungswege erschließen lassen, die nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch sinnige Lösungen darstel-

len. Eine Ausnahme stellen eventuell die Rückstände aus der Weinherstellung dar.

### 2.4.1.3 Altholz

In diesem Abschnitt soll das Holzaufkommen abgeschätzt werden, das bei der Bearbeitung und Verarbeitung von Holz als Nebenprodukt anfällt, sowie das eigentliche Altholz, das insbesondere als Teil des Sperrmülls (v.a. Möbel), als auch aus dem gewerblichen Abfall (bspw. Transportverpackungen) entsorgt werden muss.

Tabelle 2-13 Sägewerke in der Metropolregion

(Kreis)	(Anzahl)	(Stadt / Gemeinde)
Rhein-Neckar-Kreis	4	Dielheim Gaiberg Heddesbach Neckarbischofsheim
Neckar-Odenwald-Kreis	6	Buchen Elztal Hardheim Mudau Ravenstein
Kreis Bergstraße	6	Abtsteinach Grasellenbach Lorsch Viernheim Wald-Michelbach
Kreis Bad-Dürkheim	5	Bad Dürkheim Lambrecht Helmbach Appenthal Weidenthal
Kreis Germersheim	1	Lingenfeld
Kreis Südliche Weinstraße	2	Bad Bergzabern Landau-Land

In der Metropolregion befinden sich einige Sägewerke (Tabelle 2-13). Bei der Be- und

Verarbeitung von Holz fallen so genannte Sägenebenprodukte als Ausgangsmaterialien für Weiterverarbeiter an. Dies sind Rinden, die gerne als Rohstoff in der Erdenindustrie eingesetzt werden sowie Holz-Schnittreste, die entweder stofflich in der Holzwerkstoffindustrie (Herstellung von Span- und Faserplatten) oder energetisch verwertet werden. Auch Säge- und Hobelspäne, die sich nicht stofflich bspw. als Tiereinstreu vermarkten lassen, werden energetisch genutzt.

Nach einer Abschätzung des Zentrums Holzwirtschaft [Mantau 2004] fallen bezogen auf den Input in die Sägewerke 38 % als so genannte Sägenebenprodukte an. Davon werden knapp 15 % betriebsintern verwendet. Die Überschussmengen bilden die Grundlage zur Herstellung von Pellets (36 % der abgegebenen Menge) oder Hackschnitzel (58 %) sowie Schwarten und Spreißel (6 %). Es kann demnach davon ausgegangen werden, dass tendenziell sämtliche anfallende Holzreste bereits heute stofflich oder energetisch genutzt werden. Dies bestätigen auch die Abfragen bei den Sägewerken im Rahmen der Untersuchung für die Stadt Heidelberg [IFEU / igw 2008].

Im Bereich des Handwerks sind Schreinereien und Zimmereibetriebe zu nennen, die in größerem Umfang Holz verarbeiten und damit Schnittreste etc. als Restholz zu entsorgen haben. Eine Befragung der Landesinnung zeigte, dass sowohl auf Kreis- als auch auf Landesebene keine Mitarbeiterzahlen der Schreinereibetriebe erfasst werden und somit keine Angaben zu Betriebsgrößen ableitbar sind. Im Rahmen einer Biomassepotenzialabschätzung für die Stadt Heidelberg [IFEU / igw 2008] wurden in großem Umfang Erhebungen bei den einzelnen Schreinereien durchgeführt. Da die Befragung nahezu flächendeckend erfolgte, kann aus diesen Erkenntnissen auf die gesamte Metropolregion hochgerechnet werden, soweit die Annahme zutrifft, dass Schreinereien sowohl im Untersuchungsraum Heidelberg als auch in der gesamten Metropolregion ähnlich räumlich gleich verteilt existieren. Die Erhebung für Heidelberg ergab ein spezifisches Aufkommen von 5 kg/(E\*a). Bei einer Gesamteinwohnerzahl von knapp 2,4 Mio. ergibt sich folglich ein Aufkommen von etwa 11.800 Jahrestonnen in der Metropolregion. In nahezu allen befragten Betrieben innerhalb und außerhalb der Stadtgrenzen Heidelbergs nutzen die Schreinereien die anfallenden Holzrückstände als innerbetrieblichen Brennstoff.



Tabelle 2-14 Bei den Abfallentsorgern auflaufendes Altholzaufkommen

(Abfallentsorger)	Jahrestonnen	Verwertungsart
AWN Neckar-Odenwald	4.500	energetisch
Abfallwirtschaftsbetrieb Mannheim	8.500	energetisch
AVR Rhein-Neckar	11.220	
Worms	2.920	energetisch
Kreisverwaltung Bad Dürkheim	3.990	energetisch
EWf Frankenthal	650	stofflich
EWL Landau	1.500	energetisch
Entsorgungsbetriebe Speyer	550	energetisch
Eigenbetrieb Rhein-Pfalz-Kreis	2.660	k.A.
Eigenbetrieb Südliche Weinstraße	1.620	energetisch
Germersheim	k.A.	
Neustadt/W	k.A.	
Ludwigshafen	k.A.	
Heidelberg	k.A.	

Darüber hinaus nennt das Zentrum Holzwirtschaft [Mantau 2004] noch 4,35 Mio. m<sup>3</sup> als Industrierestholz. Dabei handelt es sich um das Bruttoaufkommen. Ein nicht unerheblicher Anteil dieser Mengen wird in den Unternehmen (energetisch) selbst genutzt. Der Anteil in der Holzwerkstoffindustrie liegt bei etwa 95 %, so dass über alle Branchen hinweg nur etwa 44 % an Dritte abgegeben werden. Bedeutende Standorte der Holzwerkstoff- und Holzzellstoffindustrie sind in der Metropolregion nicht vorhanden.

Altholz aus den privaten Haushalten als Teil des Sperrmüllaufkommens wird über die von den Kreisen und kreisfreien Städten beauftragten Abfallentsorger erfasst und einer Verwertung zugeführt. Darüber hinaus wird auch Altholz gewerblichen Ursprungs über diese Betriebe erfasst. Gerade bei größeren Mengen dürften aber direkte Entsorgungsverträge zwischen Gewerbebetrieben als Abfallerzeuger und Biomassekraftwerken als Entsorger existieren, die in den nachfolgend genannten Mengen nicht enthalten sind.

Altholz als Teil des Sperrmülls wird ab Grundstücksgrenze entweder zu einem festen Termin oder auf Abruf abgeholt. Heutzutage wird die Altholzfraktion aus dem Sperrmüll gerne separat abgefahren. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Altholz auch an den

Recyclinghöfen der Abfallentsorger anzuliefern. Nach Einschätzung des Bundesverbandes der Altholzaufbereiter und -verwerter erwarten dessen Mitglieder in diesem Jahr ein Aufkommen von 6 bis 7 Mio. Tonnen Altholz [EUWID, 19/2009]. Umgelegt auf die Bevölkerung Deutschlands ergibt sich hieraus ein spezifisches Aufkommen von etwa 75 kg/(E\*a).

Tabelle 2-15 Über die Abfallentsorger erhobene weitere, gewerbliche Altholzmengen

(Abfallentsorger)	Jahrestonnen	Verwertungsart
EWF Frankenthal	590	stofflich
EWL Landau	120	energetisch
Eigenbetrieb Südliche Weinstraße	580	energetisch
NOW	300	
AVR	5.300	

Altholz fällt auch im Baubereich an. Dies gilt einmal in der Bauphase mit bspw. Schalungsbrettern. Altholz fällt aber auch bei Abbruchmaßnahmen an, aus Balkendecken, Dachstuhl und ggf. Fensterrahmen. Über das Aufkommen liegen keine statistischen Informationen vor. Eine Abschätzung kann mit Kennzahlen des dt. Abbruchgewerbes erreicht werden. Danach liegt das spezifische Altholzaufkommen bei 0,008 t/m<sup>3</sup> BRI BruttoRaumInhalt [Lippok / Korth 2007]. Über den jährlichen Gebäudeabgang liegen keine flächendeckenden Informationen vor. Da nach Landesbauordnung in Rheinland-Pfalz Abrissmaßnahmen nicht anzeigepflichtig sind, fehlt die statistische Grundlage für Erhebungen durch das Statistische Landesamt. In den beiden anderen Bundesländern liegen derartige Informationen im Prinzip vor. Altholz als Teil der Abrissmassen fallen entweder ab Baustelle oder spätestens bei den Bauschuttrecyclingfirmen zur Entsorgung an und werden ab dort direkt vermarktet bzw. entsorgt.

## **2.4.2 Ökologisch / Technisches Potenzial**

Mantau [2004] nennt ein Altholzaufkommen in Summe von 6,7 Mio. Jahrestonnen (lutro) für das Jahr 2002, wovon schon damals 76 % energetisch und 21 % über die Holzwerkstoffindustrie verwertet wurden. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass es im Altholzbereich noch nicht im Sinne der Zielsetzung des Projektes genutzte Potenziale gäbe.

Die Konkurrenz zwischen werkstofflicher und energetischer Nutzung des Holzangebotes ist mittlerweile derart, dass von Seiten der Industrieverbände der Holzindustrie der Vorrang der stofflichen Nutzung im Sinne der Kreislaufwirtschaft eingefordert und darauf hingewiesen wird, dass eine energetische Verwertung nur am Ende der Wertschöpfungskette erfolgen soll [vdp / VHI 2006]. Die Vermarktung der Althölzer erfolgt entweder direkt über die verschiedenen Biomasseanlagen oder aber indirekt über die zahlreichen Holzhändler.

Aus dem weiten Feld der industriellen / gewerblichen Biomassen lassen sich nur im Bereich der Weinherstellung mit dem Trester Biomassen benennen, die bislang nicht im Sinne der Aufgabenstellung des Projektes sinnvoll genutzt würden. Es wird von einem Potenzial von 13.000 Jahrestonnen Trockensubstanz ausgegangen.

## **2.5 Entsorgung von kommunalen Klärschlämmen und Rechengut**

### **2.5.1 Status Quo für Mengen und Verbleib**

#### **2.5.1.1 Kommunale Klärschlämme**

Im Untersuchungsgebiet befinden sich zahlreiche kommunale Kläranlagen, über die kommunale Abwässer gereinigt werden. Die Reinigung der kommunalen Abwässer aus den Städten Ludwigshafen und Frankenthal erfolgt über die industrielle Kläranlage der BASF in Ludwigshafen. Die dort anfallenden Klärschlämme werden über die werkseigene Klärschlammverbrennungsanlage entsorgt.

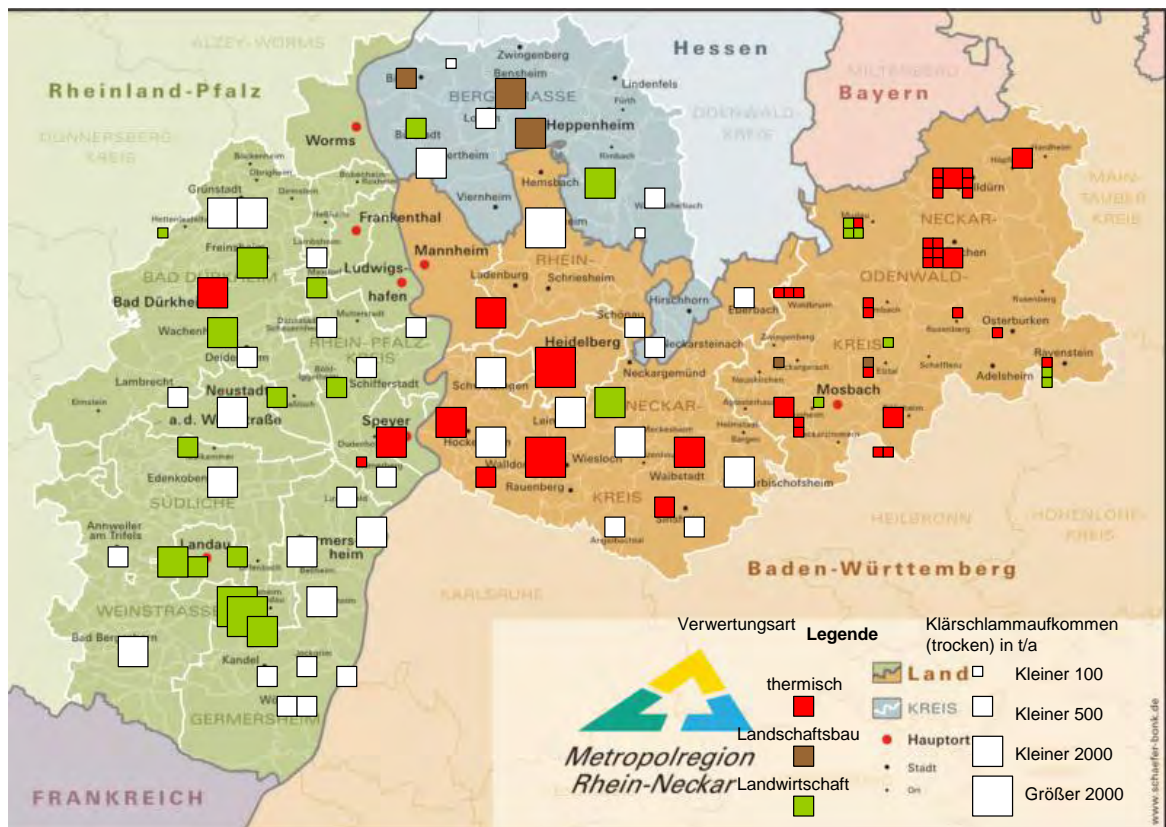


Abb. 2-2 Klärschlammaufkommen und Entsorgungswege

Wie man aus der Abbildung ersehen kann, zeigt sich die Anlagenstruktur über die Metropolregion deutlich unterschiedlich. So dominieren im Neckar-Odenwald-Kreis die kleinen Kläranlagen, während sich bspw. im Rhein-Neckar-Kreis inkl. Heidelberg und Mannheim und im Kreis Bergstraße die großen zentralen Kläranlagen das Bild bestimmen, über die die Abwässer mehrerer Kommunen gemeinsam gereinigt werden. In der Pfalz ist die Struktur der Abwasserentsorgung eher dezentral, mit allerdings einigen größeren zentralen Kläranlagen, wie insbesondere in Ludwigshafen.

Nicht für alle Kläranlagen lagen Informationen zum Klärschlammaufkommen vor. Deren Klärschlammaufkommen wurde über die Anlagengröße (Einwohnerwert) oder die tatsächlichen Einwohnerzahlen der angeschlossenen Gemeinden hochgerechnet. Die Basis für diese Hochrechnung bildeten die Kennzahlen in kg TS/Einwohner, die sich aus den vorhandenen Informationen ableiten ließen. Das spezifische Aufkommen an den Kläranlagen schwankt nicht unerheblich und liegt im Mittel bei 0,017 t/(E\*a) Trockensubstanz.

Tabelle 2-16 Aufkommen an kommunalen Klärschlämmen und Entsorgungswege

(Kreise)	Aufkommen in t TS		
	thermisch	stofflich	unbekannt
Neckar-Odenwald-Kreis	2.437	232	
Rhein-Neckar-Kreis	9.235	7.659	
Heidelberg	4.350		
Mannheim	11.040		
Kreis Bergstraße	427	4.040	1.513
in Rheinland-Pfalz gelegen	4.380	5.000	10.630

Die Gesamtmenge kommunaler Klärschlämme lässt sich auf knapp 61.000 Jahrestonnen Trockensubstanz abschätzen, ohne die Mengen aus Ludwigshafen und Frankenthal, die in der industriellen Kläranlage der Fa. BASF behandelt werden. Der dort anfallende Schlamm wird vor Ort thermisch genutzt, die Überschusswärme wird in ein Fernwärmenetz gespeist, das auch Gebiete außerhalb der BASF versorgt (Stadtteil Ludwigshafen - Pflingstweide).

Soweit aus den vorliegenden Informationen ersichtlich (fehlende Informationen sind in Abb. 2-2 weiß dargestellt), gibt es in der Entsorgung der Klärschlämme einen eindeutigen Ost-West-Gegensatz, resultierend aus den politischen Strategien der jeweiligen Bundesländer. Die thermische Entsorgung kommunaler Klärschlämme entspricht der expliziten politischen Strategie der Landesregierung Baden-Württemberg. In Rheinland-Pfalz bzw. in der Zuständigkeit der SGD Süd wird die Bedeutung des Klärschlammes als Pflanzennährstoffträger betont und eine landwirtschaftliche Verwertung gestützt. In den hessischen Kläranlagen aus dem Untersuchungsgebiet dominiert offensichtlich die Verwertung der Klärschlämme im Landschaftsbau, wahrscheinlich in entfernteren Regionen.

Die Abfrage der Kläranlagenbetreiber ergab, dass gerade die Betriebe, die ihre Klärschlämme derzeit noch landwirtschaftlich entsorgen, grundsätzlich an Entsorgungsalternativen Interesse haben.

### 2.5.1.2 Rechengut

Auch zum Aufkommen an Rechengut lagen nicht für alle Kläranlagen Informationen vor. Nach dem Merkblatt des ATV [ATV 2003] liegt das spezifische Rechengutaufkommen aus Kläranlagen bei 5 bis 15 l/(E\*a). Das Aufkommen ist demnach von Kläranlage zu Kläranlage deutlich unterschiedlich und wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Dies ist zum einen natürlich die Belastung des Abwassers und damit auch teilweise die Frage, inwieweit in den Gemeinden Trenn- oder Mischkanalisation vorliegt. Wesentlich beeinflusst wird das Rechengut-Aufkommen auch von der Auslegung der Rechen bzw. deren Maschenweite sowie der Frage der erfolgten Aufbereitung des Rechengutes an den Kläranlagen (Waschen, Entwässern, Trocknen). Über diese Faktoren wird natürlich nicht nur das Massenaufkommen, sondern auch die Zusammensetzung und Entsorgungseigenschaft des Rechengutes beeinflusst.

Liegen keine Angaben zum Aufkommen an Rechengut an den einzelnen Kläranlagen vor, wird für die Mengenabschätzung ein spezifisches Aufkommen von 0,002 t/(EW\*a) zugrunde gelegt. Der Wassergehalt des Rechenguts wird pauschal mit 70 % angesetzt. Die Gesamtmenge kann damit auf etwa 7.670 Jahrestonnen abgeschätzt werden. Diese Abschätzung ist mit großen Unsicherheiten verbunden.

Tabelle 2-17 Aufkommen an Rechengut aus kommunalen Kläranlagen und deren Verbleib

(Kreise)	Aufkommen in t		
	thermisch	stofflich	unbekannt
Neckar-Odenwald-Kreis			445
Rhein-Neckar-Kreis, Mannheim, Heidelberg	240	433	3.461
Kreis Bergstraße	202	180	272
in Rheinland-Pfalz gelegen	760	329	1.347

Über die Entsorgungswege des Rechenguts liegen kaum Informationen vor. Eine direkte landwirtschaftliche Verwertung ist nicht erlaubt. Manche Kläranlagen entsorgen das Rechengut über Kompostierungsanlagen. Über den Verbleib dieser Komposte liegen

keine Informationen vor, sie dürften in den Landschaftsbau gehen. Eine landwirtschaftliche Verwertung der Komposte ist untersagt.

Je kleiner in Rheinland-Pfalz die Kläranlage ist, desto eher erfolgt die Entsorgung des anfallenden Rechengutes über die klassische Restabfallentsorgung der Gebietskörperschaften. Einige der größeren Kläranlagen entsorgen das Rechengut stofflich. Gerade diese Kläranlagen sind durchaus an Entsorgungsalternativen interessiert, wie die Befragung der Kläranlagenbetreiber im Rahmen der Untersuchung zeigte. Auch in Baden-Württemberg melden die Kläranlagen, die Rechengut zur stofflichen Verwertung übergeben, tendenziell Interesse an Entsorgungsalternativen.

### **2.5.2 Ökologisch / technisches Potenzial**

Als ökologisch / technisches Potenzial im Sinne der Zielsetzung der Untersuchung werden die Mengen an kommunalen Klärschlämmen und Rechengut angesehen, die bislang nicht thermisch behandelt / genutzt werden. Dies umfasst alle Mengen, von denen eine stoffliche Entsorgung bekannt ist, sowie zunächst die Mengen, für die der konkrete Entsorgungsweg unbekannt ist. Dies sind:

- ✚ kommunaler Klärschlamm: 29.100 Jahrestonnen Trockensubstanz

- ✚ Rechengut: 6.500 Jahrestonnen (70 % Wassergehalt)

### **2.6 Biomassen aus der Forstwirtschaft**

Die Grunddaten für Forstwirtschaft wurden in Baden-Württemberg durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, in Hessen durch die Forstämter Beerfelden und Lampertheim und in Rheinland-Pfalz durch Landesforsten RLP zur Verfügung gestellt. Hierzu wurden folgende Personen kontaktiert:



Tabelle 2-18 Ansprechpartner aus dem Bereich Forstwirtschaft

Verwaltungseinheit	Ansprechpartner	Funktion	Festnetznummer
Landkreis Kreis Bergstraße	Herr Moog	Büroleiter (Produktion) im Forstamt Lampertheim	06068/9311-19
Landkreis Kreis Bergstraße	Herr Sasse	Büroleiter (Produktion) im Forstamt Beerfelden	06206/9452-13
Landkreis Neckar-Odenwald-Kreis	Herr Dr. Kändler	Abteilungsleiter Biometrie und Informatik an der	0761/4018-120
Landkreis Rhein-Neckar-Kreis			
Landkreis Bad Dürkheim			
Landkreis Germersheim			
Landkreis Rhein-Pfalz-Kreis			
Landkreis Südliche Weinstraße			
Stadt Frankenthal	Herr Dunkel	Sachgebietsleiter Vertriebscontrolling beim Holzmarktservice von Landesforsten RLP	06321/6799-125
Stadt Landau i. d. Pfalz			
Stadt Ludwigshafen			
Stadt Neustadt a. d. Weinstraße			
Stadt Speyer			
Stadt Worms			

## 2.6.1 Waldholz (Brennholz & Kronenderbholz)

Tabelle 2-19 Energetische Kennwerte für Waldholz [Vgl. LWF 2007, S. 2]

Waldholz	
Trockenmasseanteil	85%
Hi (Brennstoff) bezogen auf TM	5,0 - 5,2 kWh/kg
Hi (Brennstoff) bezogen auf FM	4,15 - 4,32 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	lufttrocken

Beim Waldholz entspricht das technische Potenzial der nachhaltigen Nutzung. 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. Die detailtiefe der Angaben war hier je nach Forstbehörde unterschiedlich und musste deswegen durch Umrechnungen und Verwendung verschiedener physikalischer Einflussfaktoren vergleichbar gemacht werden.

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial wird, aufgrund der guten vorliegenden Detailtiefe, anhand der Daten aus dem rheinland-pfälzischen Forst konstruiert. Hier wird auf eine Aussage des Leiters des Holzmarktservice von Landesforsten RLP, Herr Dr. Heidingsfeld, zurückgegriffen, welcher 2007/2008 ein zusätzlich akquirierbares Potenzial von 30 % im Forstbereich postulierte. Dieser Wert wurde mit den aktuell bekannten Anteilen an Brennholz- (BH) und nicht aufgearbeitetem Holz (NH), auch Kronenderbholz genannt, verrechnet, um einen Prozentwert für das zusätzlich mobilisierbare Potenzial zu erhalten.

Durch den errechneten durchschnittlichen BH-Anteil von rund 18 % der Nutzung [Dunkel 2009, Informationsdatei] ergeben sich etwa 5,4 % als zusätzlich mobilisierbares BH-Potenzial.

Beim NH wurde ähnlich wie beim BH vorgegangen, mit dem Unterschied, dass das NH selbst schon als Potenzial gesehen werden kann. Insgesamt ergeben sich wegen des errechneten durchschnittlichen NH-Anteils an der Nutzung von 10 %, [Dunkel 2009, Informationsdatei] insgesamt 13 % als zusätzliches NH-Potenzial. Da neben dem Stockmaterial jedoch immer ein Teil des Kronenderbholzes zur Humusbildung im Wald verbleiben sollte und die energetische Verwertung in direkter Konkurrenz zur stofflichen Verwertung steht, wurde angenommen, dass höchstens 40 % der NH-Masse für die energetische Verwertung zur Verfügung stehen. Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial beziffert sich daher auf etwa 5,2 % des technischen Potenzials.

### **2.6.2 Ökologisch / technisches Potenzial – Waldholz**

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). Auch in Relation zur Gesamtfläche führen beide Landkreise die Potenzialrangfolge an. Der Neckar-Odenwald-Kreis steht mit ca. 2,1 t/ha an erster Stelle, gefolgt vom Rhein-Neckar-Kreis mit ca. 1,6 t/ha. Der Landkreis Bergstraße (Rang 3 von 15) und die Stadt Ludwigshafen (Rang 4 von 15) folgen mit jeweils 1,4 t/ha. Die Landkreise Bad Dürkheim (Rang 5 von 15) und Germersheim (Rang 6 von 15) verfügen beide über ca. 1,3 t/ha.

### **2.6.3 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Waldholz**

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt, wie bereits beschrieben, 10,6 % (5,4 % BH, 5,2 % NH) vom technischen Potenzial.

## **2.7 Biomassen aus der Landwirtschaft – Zur Biogaserzeugung geeignete Kulturen**

Für alle Biomassen, ausgenommen Waldholz, wurde bei der Potenzialanalyse auf Daten der statistischen Landesämter von Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz zurückgegriffen.

Zur Überprüfung der Datengrundlagen und der Eruiierung der zusätzlich mobilisierbaren Biomassepotenziale wurden außerdem für die folgende regionale Aufteilung vor Ort ansässige Experten hinsichtlich der landwirtschaftlichen Situation in ihrem Umkreis

befragt:

Tabelle 2-20 Ansprechpartner aus dem Bereich Landwirtschaft

Verwaltungseinheit	Ansprechpartner	Funktion	Festnetznummer
Landkreis Kreis Bergstraße	Herr Seeger	Fachbereichsleiter für Landwirtschaft in der Kreisverwaltung des LK Bergstraße	06252/15-5029
Landkreis Neckar-Odenwald-Kreis	Herr Matt i. V. Herr Kohler	Fachgebietsleiter Landwirtschaft in der Kreisverwaltung des N-O-K	06281/5212-1601
Landkreis Rhein-Neckar-Kreis	Herr Dr. Festl	Referatsleiter u. a. für Grundsatzfragen der Landschaftsentwicklung im Landratsamt R-N-K	07261/9466-5379
Landkreis Bad Dürkheim Landkreis Germersheim Landkreis Rhein-Pfalz-Kreis Landkreis Südliche Weinstraße Stadt Frankenthal Stadt Landau i. d. Pfalz Stadt Ludwigshafen Stadt Neustadt a. d. Weinstraße Stadt Speyer Stadt Worms	Frau Andrea Adams	Pressesprecherin & stellv. Hauptgeschäftsführerin des Bauern- und Winzerverband Rheinland-Pfalz Süd e. V.	06131/620554

Die Befragung bezog sich auch auf die in Kapitel 10 aufgeführten Reststroh-Potenziale.

### 2.7.1 Silomais

Tabelle 2-21 Energetische Kennwerte für Silomais [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]

Silomais	
Trockenmasseanteil	35%
Hi (Biogas) bezogen auf TM	3,24 kWh/kg
Hi (Biogas) bezogen auf FM	1,14 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	wachsreif, körnerreich

Um das technische Potenzial für Silomais zu ermitteln, wurde für die gesamte Ackerfläche der MRN eine Dreifelderwirtschaft mit Mais, als in der Fruchtfolge stetig vorhandener Frucht, angesetzt. Der Flächenbedarf für Nutzvieh wurde vollständig bei der Fläche des Dauergrünlands berücksichtigt, dementsprechend wird auch ein volles Drittel der gesamten Ackerfläche der MRN zur Ermittlung des technischen Potenzials angesetzt.

Für die Ermittlung der zusätzlich mobilisierbaren Potenziale an Silomais wurde ein Anbaugrenzwert für Ackerflächen festgehalten, welcher unterhalb des Niveaus der Dreifelderwirtschaft liegt. Damit soll der Tatsache Rechnung getragen werden, dass Silomais nicht in jeder Fruchtfolge vorhanden ist. Während der Untersuchungen wurde festgestellt, dass in Landkreisen mit relativ intensivem Maisanbau der Anteil der dafür genutzten landwirtschaftlichen Fläche meist zwischen 20 und 25 % liegt (Körner- und

Silomais zusammen). Deswegen wurde der Grenzwert für Mais innerhalb einer betrachteten Verwaltungseinheit auf 20 % angesetzt. Erreicht der Maisanbau innerhalb einer Verwaltungseinheit diesen Prozentwert oder liegt sogar darüber, so wird kein zusätzlich mobilisierbares Biomassepotenzial ausgewiesen.

Ansonsten wird das zusätzlich mobilisierbare Biomassepotenzial über Fruchtarten, welche sich, u. a. aufgrund marktwirtschaftlicher Auswirkungen, in der Regression befinden, abgeleitet. Im vorliegenden Fall werden maximal 10 % der Getreide und Zuckerrübenflächen als Fläche für zusätzlich mobilisierbares Potenzial für Silomais angesetzt. Die Festlegung des Prozentwerts geschah im Einvernehmen mit den kontaktierten Experten aus der Landwirtschaft.

Den Silo- und Körnermaisflächen wird demnach nur der Teil des 10 %-Flächenanteils hinzuaddiert, welcher die gesamte Anbaufläche für Mais auf maximal 20 % hebt. Bei einer Überschreitung der 20 Prozentmarke werden Flächenanteile darüber, wie bereits erwähnt, nicht als Potenzial berücksichtigt.

Ausnahmen bilden einige Landkreise und Städte, welche als Gemüseanbauggebiete bekannt sind. Hier wurde angenommen, dass bei vorliegender Reduktion des Getreide- und Zuckerrübenanbaus der Gemüseanbau dem Silomaisanbau grundsätzlich vorzuziehen ist. Dadurch wird verhindert, dass für Sonderkulturen gut geeignete Böden an weniger anspruchsvolle Kulturen verloren gehen. Außerdem ist auch davon auszugehen, dass der Anbau von Gemüse i. d. R. auch aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht gegenüber dem Silomaisanbau zu präferieren ist. Für die folgenden Städte und Landkreise wurde daher, in Absprache mit regionalen Experten, angenommen, dass kein weiteres Potenzial für den Silomaisanbau besteht:

- Landkreis Germersheim
- Rhein-Pfalz-Kreis
- Stadt Frankenthal
- Stadt Ludwigshafen
- Stadt Neustadt

### **2.7.1.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Silomais**

Die größten absoluten technischen Potenziale für Silomais liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 500.000 t) und im Rhein-Neckar-Kreis (rund 420.000 t). In Rela-

tion zur landwirtschaftlich genutzten Fläche 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 (Rang 8 von 15) und der Neckar-Odenwald-Kreis über ca. 10,7 t/ha LF (Rang 9 von 15).

### 2.7.1.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Silomais

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist aufgrund der getroffenen Annahmen nicht linear zum ökologisch/technischen Potenzial und schwankt je nach Anbaugebiet zwischen 0 und rund 23 % in Relation zum ökologisch/technischen Potenzial.

Die mit Abstand größten absoluten zusätzlich mobilisierbaren Potenziale für Silomais liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 100.000 t). Der Rhein-Neckar-Kreis (rund 38.000 t) folgt an zweiter und der Kreis Bergstraße (rund 32.000 t) an dritter Stelle.

In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergeben sich die größten zusätzlich mobilisierbaren Potenziale in den Städten Heidelberg und Worms mit ca. 2,2 t/ha LF. Der Neckar-Odenwald-Kreis folgt mit ca. 2,1 t/ha LF an dritter Position.

Im Vergleich dazu verfügt der Rhein-Neckar-Kreis über ca. 1,0 t/ha LF (Rang 7 von 15) und der Kreis Bergstraße über ca. 1,4 t/ha LF (Rang 4 von 15).

### 2.7.2 Dauergrünland

Tabelle 2-22 Energetische Kennwerte für Dauergrünland [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]

Dauergrünland	
Trockenmasseanteil	25%
Hi (Biogas) bezogen auf TM	2,66 kWh/kg
Hi (Biogas) bezogen auf FM	0,67 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	Silage nass und angewelkt

Zur Ermittlung des Dauergrünlandpotenzials werden im ersten Schritt sämtliche Grünlandflächen aufsummiert, um einen ha-Wert für das technische Potenzial zu erhalten. Um das zusätzlich mobilisierbare Potenzial zu erhalten, wird anschließend der in der Verwaltungseinheit gegenüberstehende Viehbesatz (Pferde, Schafe, Rinder Schweine) in Raufutterfressende Großvieheinheiten (RGV) umgerechnet und vom technischen

Flächenpotenzial abgezogen. Hierzu wird ein Viehbesatz von 2 RGV/ha zugrunde gelegt. Für die Berechnung der GV in RGV werden folgende Umrechnungswerte berücksichtigt:

Tabelle 2-23: Großvieh- und Raufutterfressende Großvieheinheiten für Viehhaltung in der Landwirtschaft [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]

Viehart	GV-Faktor	RGV/GV-Verhältnis	RGV-Faktor
Pferd	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

### 2.7.2.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Dauergrünland

Die größten absoluten technischen Potenziale für Dauergrünland liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 355.000 t). An zweiter Stelle steht der Kreis Bergstraße (rund 325.000 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergeben sich im Kreis 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. Somit wechseln sich beide Kreise an der Spitze der absoluten und relativen Potenziale ab. An dritter Stelle bezüglich des relativen Potenzials steht der Rhein-Neckar-Kreis mit ca. 6 t/ha LF. Alle weiteren Landkreise und Städte verfügen über 0,6 bis 4,2 t/ha LF.

### 2.7.2.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Dauergrünland

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist aufgrund der getroffenen Annahmen ebenfalls nicht linear zum ökologisch/technischen Potenzial und schwankt je nach Anbaugebiet zwischen 0 und rund 100 % in Relation zum ökologisch/technischen Potenzial.

Die größten absoluten zusätzlich mobilisierbaren Potenziale für Dauergrünland liegen im Kreis Bergstraße (rund 55.000 t), gefolgt vom Landkreis Südliche Weinstraße (rund 42.000 t).

In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergeben sich in der Stadt Mannheim mit ca. 3,2 t/ha LF die größten Potenziale, gefolgt von der Stadt Speyer mit ca. 2,7 t/ha LF.

Im Vergleich dazu verfügt der Landkreis Bergstraße über ca. 2,3 t/ha LF (Rang 3 von 15) und der Landkreis Südliche Weinstraße über ca. 1,8 t/ha LF (Rang 5 von 15).

## 2.8 Biomassen aus der Landwirtschaft – Zur Holzhackschnitzelerzeugung geeignete Kulturen (KUF)

Tabelle 2-24 Energetische Kennwerte für Niederwald im Kurzumtrieb [Vgl. Kaltschmitt et al. 2009, S. 360]

Niederwald im Kurzumtrieb	
Trockenmasseanteil	85%
Hi (Brennstoff) bezogen auf TM	5,11 kWh/kg
Hi (Brennstoff) bezogen auf FM	4,24 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	lufttrocken

Für das technische Potenzial wird davon ausgegangen, dass alle stillgelegten Flächen der Verwaltungseinheiten zur Erzeugung in Frage kommen. Es wurde mit einem mittleren Ertrag von 8 t/ha TM (Pappel/Weide) kalkuliert. Dies entspricht etwa 9,4 t/ha bei einem Wassergehalt von 15 % oder etwa 12,3 t/ha bei einem Wassergehalt von 35 %. Der Realertrag könnte ggf. bei bis zu 13 t/ha\*a TM, mit Beregnung sogar bei bis zu 15 t/ha\*a TM liegen [Maier; Vetter o. J., S. 1].

Zur Berechnung des zusätzlich mobilisierbaren Potenzials wurde davon ausgegangen, dass die Hälfte aller stillgelegten Flächen kurz- bis mittelfristig zum Anbau von KUF akquiriert werden können.

### 2.8.1 Ökologisch / technisches Potenzial – KUF

Die größten absoluten technischen Potenziale für Niederwald im Kurzumtrieb liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 35.000 t). Auf Platz zwei ist der 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. Im Vergleich dazu verfügen der Neckar-Odenwald-Kreis und der Rhein-Neckar-Kreis über ca. 0,8 t/ha LF (Rang 7 und 8 von 15).

### 2.8.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – KUF

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt, wie bereits beschrieben, 50 % vom technischen Potenzial.



## 2.9 Biorestmassen aus der Bewirtschaftung von Flächen – Ernterückstände (Getreide- und Rapsstroh)

Tabelle 2-25 Energetische Kennwerte für Stroh [Vgl. Kaltschmitt et al. 2009, S. 360 & KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]

Stroh	
Trockenmasseanteil	86%
Hi (Biogas) bezogen auf TM	4,78 kWh/kg
Hi (Biogas) bezogen auf FM	4,01 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	lufttrocken

Zur Ermittlung des technischen Potenzials wurden die Erträge von Weizen (SW und WW einschl. Dinkel), Roggen, Triticale, Sommergerste, Wintergerste und Hafer über die für Getreide genutzten landwirtschaftlichen Fläche und den jeweiligen Flächenertrag pro ha berechnet und ein durchschnittliches Korn-Stroh-Verhältnis von 1:1 zugrunde gelegt.

Zur Kalkulation des zusätzlich mobilisierbaren Potenzials wurde angenommen, dass 10 % des Materials kurz- bis mittelfristig verfügbar sind. Auch dieser Wert wurde mit den kontaktierten Experten aus der Landwirtschaft besprochen. Die gewählte Größe wird einerseits dem vorhandenen Interesse zur energetischen Verwertung und andererseits den preislichen Restriktionen wie auch den landbaulichen Anforderungen zum Erhalt des Bodenhumusgehalts gerecht.

80 % des anfallenden Strohs können demnach zur Verbesserung der Humusbildung zwischen den Fruchtfolgen auf dem Feld verbleiben und/oder als Einstreu oder Futterzusatz verwendet werden. Bis zu 10 % müssen aufgrund der Schlussfolgerung der Abnahme des Getreideanbaus als ohnehin nicht akquirierbar eingestuft werden.

### 2.9.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Stroh

Die größten absoluten technischen Potenziale für Stroh liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 150.000 t). An Position zwei steht der Kreis Bergstraße (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 (Rang 3 von 15).

## 2.9.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Stroh

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt, wie bereits beschrieben, 10 % vom technischen Potenzial.

## 2.10 Biomassen aus Obst- und Rebanlagen

### 2.10.1 Schnitt- und Rodungsgut (holzartig)

Tabelle 2-26 Energetische Kennwerte für Obst- und Rebschnitt [LWF 2007, S. 2]

Schnittgut (holzartig)	
Trockenmasseanteil	85%
Hi (Brennstoff) bezogen auf TM	5,00 kWh/kg
Hi (Brennstoff) bezogen auf FM	4,15 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	lufttrocken

Für das technische Potenzial für Schnittgut von Obstanlagen wird ein mittlerer jährlicher TM-Ertrag von 6 t/ha zugrunde gelegt und mit der landwirtschaftlich genutzten Fläche für Obstanlagen verrechnet [Vgl. Kaltschmitt et al. 2009, S. 140]. Da das Material lufttrocken bei einem Wassergehalt von 15 % verwertet wird, wird das Ergebnis durch „1-w“ geteilt, um die gesamte Verwertungsmasse zu erhalten.

Das Schnittgut von Rebanlagen wird überwiegend als Mulchmaterial verwendet und wäre außerdem nur unter großem Aufwand zu sammeln [Vgl. Kaltschmitt et al. 2009, S. 141]. Deswegen liegt im Weinbau kein nennenswertes technisches Biomassepotenzial vor.

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial bei Obstschnitt wird über einen Abschlag, welcher wegen der vorliegenden Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Verwertung besteht, errechnet. Im vorliegenden Fall wird angenommen, dass das Verhältnis von stofflich genutztem zu energetisch genutztem Holz bei etwa 2:3 liegt. Daher beträgt der Abschlag hier 40 %. Im Ergebnis stehen 60 % des technischen Potenzials als zusätzlich mobilisierbares Potenzial zur Verfügung.

Für das technische Potenzial von Rodungsmaterial (Oberholz und Wurzelstöcke) von Obstanlagen wird ein Rodungsertrag von 60 t FM /ha an Oberholz, [Vgl. Kaltschmitt et al., S. 140], davon etwa 5 t FM/ha an Wurzelrückständen [Vgl. Heck et al. 2008, S. 25] angesetzt. Die Rodungen finden bei modernen Obstbauanlagen alle 10 bis 15 Jahre

statt [Vgl. Kaltschmitt et al., S. 140]. Wird ein Intervall von 15 Jahren zugrunde gelegt, so ergibt sich ein Potenzial von 4 t FM/ha oder rund 3 t TM/ha, welches mit der landwirtschaftlich genutzten Fläche für Obstanlagen verrechnet wird. Da das Material lufttrocken bei einem Wassergehalt von 15 % verwertet wird, muss das Ergebnis hier ebenfalls durch „1-w“ geteilt werden, um die gesamte Verwertungsmasse zu erhalten.

Rebanlagen werden i. d. R. etwa alle 30 Jahre gerodet, wobei zirka 100 t FM/ha anfallen. Dies entspricht einem jährlichen TM-Ertrag von rund 2,5 t/ha. Rodungsmaterial aus Rebanlagen muss von der Fläche genommen werden und wird deswegen gehäckselt und ebenso wie Rebschnitt größtenteils als Mulchmaterial verwendet. Sofern jedoch kein Bedarf für eine stoffliche Verwertung besteht, kann auch eine energetische Verwertung in Frage kommen [Vgl. Kaltschmitt et al., S. 141].

Für das zusätzlich mobilisierbare Potenzial von Obstanlagen muss beachtet werden, dass das gesamte Oberholz oftmals bereits überwiegend energetisch verwertet wird und so nur der Wurzelrückstand zur Verfügung steht [Vgl. Heck et al. 2008, S. 25]. Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial von Obströdnungsholz liegt daher nur bei etwa 7 % des technischen Potenzials.

#### **2.10.1.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Schnitt- und Rodungsgut aus Obst- und Rebanlagen**

Die mit Abstand größten absoluten technischen Potenziale für Schnittgut und Rodungsmaterial aus Obstanlagen liegen im Landkreis Bad Dürkheim (rund 6.100 t). An zweiter Stelle liegt der Rhein-Neckar-Kreis (rund 4.200 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergibt sich im Landkreis Bad Dürkheim mit ca. 0,35 t/ha LF das mit Abstand größte technische Potenzial. Der Landkreis Südliche Weinstraße liegt mit ca. 0,14 t/ha LF an zweiter Stelle, dicht gefolgt von der Stadt Landau mit ebenfalls ca. 0,14 t/ha und den Städten Heidelberg und Neustadt mit jeweils ca. 0,13 t/ha. Im Vergleich dazu verfügt der Rhein-Neckar-Kreis über ca. 0,11 t/ha LF (Rang 6 von 15).

Die mit Abstand größten absoluten technischen Potenziale für Rodungsmaterial aus Rebanlagen liegen in den Landkreisen Südliche Weinstraße (rund 30.000 t) und Bad Dürkheim (rund 24.000 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergibt sich in der Stadt Landau mit ca. 1,8 t/ha LF das größte Potenzial. Die Stadt Neustadt liegt mit ca. 1,6 t/ha LF an zweiter Stelle. Im Vergleich dazu verfügt der Landkreis Bad Dürkheim über ca. 1,4 t/ha LF (Rang 3 von 15) und der Landkreis Südliche Weinstraße

über ca. 1,3 t/ha LF (Rang 4 von 15).

Bezüglich Rebanlagen wird im vorliegenden Fall davon ausgegangen, dass das Rodungsmaterial seinen Zweck am besten als Bodenverbesserer zur Humusbildung erfüllt. Daher wird auch kein zusätzlich mobilisierbares Potenzial ausgewiesen.

### 2.10.1.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Schnitt- und Rodungsgut aus Obstanlagen

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt rund 67 % – 60 % aus Schnittgut und 7 % aus Rodungsgut – vom technischen Potenzial.

### 2.10.2 Mähgut aus Obst- und Rebanlagen (grasartig)

Tabelle 2-27 Energetische Kennwerte für Mähgut [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]

Mähgut (grasartig)	
Trockenmasseanteil	25%
Hi (Biogas) bezogen auf TM	2,66 kWh/kg
Hi (Biogas) bezogen auf FM	0,67 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	Silage nass und angewelkt

Für das technische Potenzial für Mähgut von Obstanlagen wird ein jährlicher Heuertrag von 7 t/ha zugrunde gelegt [Vgl. Knappe et al 2007, S. 69]. Bei einem Wassergehalt des Heus von etwa 16 % [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11] entspricht dies einem TM-Ertrag von rund 6 t/ha, welcher mit der landwirtschaftlich genutzten Fläche für Obstanlagen verrechnet wird. Da das Material als Grassilage (nass und angewelkt), bei einem Wassergehalt von 75 Prozent verwertet wird, wird auch hier das Ergebnis durch „1-w“ geteilt um die gesamte Verwertungsmasse zu erhalten.

Da Rebanlagen kaum über Unterwuchs verfügen, ist auch beim Mähgut kein nennenswertes technisches Potenzial vorhanden.

Da grundsätzlich keine Konkurrenzsituation zu anderen Verwertungsarten besteht, entspricht das technische Mähgut-Potenzial hier auch dem zusätzlich mobilisierbaren Potenzial.

### 2.10.2.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Mähgut aus Obst- und Rebanlagen

Da die holzartigen und grasartigen Erträge in linearer Abhängigkeit zueinander stehen, ergeben sich für das Mähgut ähnliche qualitative Ergebnisse wie für das Schnittgut.

Die mit Abstand größten absoluten technischen Potenziale für Mähgut aus Obstanlagen liegen im Landkreis Bad Dürkheim (rund 13.500 t). An zweiter Stelle liegt der Rhein-Neckar-Kreis (rund 9.500 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergibt sich im Landkreis Bad Dürkheim mit ca. 0,78 t/ha LF wieder das mit Abstand größte technische Potenzial. Der Landkreis Südliche Weinstraße liegt mit ca. 0,32 t/ha LF an zweiter Stelle, dicht gefolgt von Landau mit ca. 0,31 t/ha und den Städten Heidelberg und Neustadt mit jeweils ca. 0,29 t/ha. Im Vergleich dazu verfügt der Rhein-Neckar-Kreis über ca. 0,24 t/ha LF (Rang 6 von 15).

### 2.10.2.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Mähgut aus Obstanlagen

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt 100 % vom technischen Potenzial.

## 2.11 Biorestmassen aus der Viehhaltung

### 2.11.1 Rindergülle

Tabelle 2-28 Energetische Kennwerte für Rindergülle [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]

Rindergülle	
Trockenmasseanteil	8%
Hi (Biogas) bezogen auf TM	1,23 kWh/kg
Hi (Biogas) bezogen auf FM	0,10 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	FM ohne Einstreu

Das technische Potenzial für Rindergülle wird aus statistischen Besatzzahlen abgeleitet. Anhand eines Rindergülle-Aufkommens von rund 16,7 m<sup>3</sup>/a und GV (Rohdichte: ca. 1,0 t/m<sup>3</sup>; entspricht rund 46 kg/GV täglich) wurde der Ertrag in t/a errechnet. Die Rechnung basiert auf der Grundannahme, dass ein 600 kg schweres Tier etwa 0,055 m<sup>3</sup> Gülle pro Tag erzeugt [Vgl. Eder; Schulz 2006, S. 44].

Für das zusätzlich mobilisierbare Potenzial wird angenommen, dass sich die Rindergül-

le an 215 Tagen (ca. 7 Monate) sammeln lässt. Der Rest ist ebenso wie in der Pferdehaltung durch Koppeltage verloren, da eine Sammlung als zu aufwendig eingestuft wird. Außerdem wird ein Abschlag von 10 % vorgenommen, um Rindergülle-Potenziale, welche sich bereits in Nutzung befinden, zu berücksichtigen [Vgl. Francken-Welz 2008, S. 40].

### 2.11.1.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Rindergülle

Die mit Abstand größten absoluten technischen Potenziale für Rindergülle liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 440.000 t), gefolgt vom Kreis Bergstraße (rund 260.000 t) und dem Rhein-Neckar-Kreis (rund 230.000 t). In Relation zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ergibt sich im Kreis Bergstraße mit ca. 10,9 t/ha LF das größte technische Potenzial. Der Neckar-Odenwald-Kreis folgt mit ca. 9,3 t/ha LF. Im Vergleich dazu verfügt der Rhein-Neckar-Kreis über ca. 5,9 t/ha LF (Rang 4 von 15).

### 2.11.1.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Rindergülle

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt rund 53 % vom technischen Potenzial.

## 2.11.2 Schweinegülle

Tabelle 2-29 Energetische Kennwerte für Schweinegülle [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]

Schweinegülle	
Trockenmasseanteil	6%
Hi (Biogas) bezogen auf TM	1,92 kWh/kg
Hi (Biogas) bezogen auf FM	0,12 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	FM ohne Einstreu

Das technische Potenzial für Schweinegülle wird aus statistischen Besatzzahlen abgeleitet. Anhand eines Schweinegülle-Aufkommens von rund 13,7 m<sup>3</sup>/a und GV (Rohdichte: ca. 1,0 t/m<sup>3</sup>; entspricht rund 37,5 kg/GV täglich) wurde der Ertrag in t/a errechnet. Die Rechnung basiert auf der Grundannahme, dass ein 60 kg schweres Tier etwa 0,0045 m<sup>3</sup> Gülle pro Tag erzeugt [Vgl. Eder; Schulz 2006, S. 44].

Für das zusätzlich mobilisierbare Potenzial wird angenommen, dass sich die Schweinegülle das ganze Jahr über sammeln lässt. Außerdem wird ein Abschlag von 4 % vor-

genommen, um Schweinegülle-Potenziale, welche sich bereits in Nutzung befinden, zu berücksichtigen [Vgl. Francken-Welz 2008, S. 40].

### 2.11.2.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Schweinegülle

Die größten absoluten technischen Potenziale für Schweinegülle liegen im Neckar-Odenwald-Kreis (rund 85.000 t), gefolgt vom Rhein-Neckar-Kreis (rund 60.000 t). Das relative Ergebnis stimmt in diesem Fall mit dem absoluten überein. Der Neckar-Odenwald-Kreis steht mit ca. 1,8 t/ha LF an der Spitze, der Rhein-Neckar-Kreis folgt mit ca. 1,6 t/ha LF. Alle weiteren Städte und Landkreise weisen ein Potenzial von 0,8 t/ha LF oder darunter auf.

### 2.11.2.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Schweinegülle

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt, wie in Unterkapitel 13.4 bereits beschrieben, rund 96 % vom technischen Potenzial

### 2.11.3 Geflügeltrockenkot

Tabelle 2-30 Energetische Kennwerte für Geflügeltrockenkot [Vgl. KTBL 2010, letzter Zugriff in 2010-03-11]

Hühnerkot	
Trockenmasseanteil	45%
Hi (Biogas) bezogen auf TM	2,44 kWh/kg
Hi (Biogas) bezogen auf FM	1,10 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	Trockengut ohne Stroh

Das technische Potenzial für Hühnerkot wird ebenfalls aus statistischen Besatzzahlen abgeleitet. Anhand eines Hühnerkotaufkommens von rund 21,9 m<sup>3</sup>/a und GV (Rohdichte: ca. 0,8 t/m<sup>3</sup>; entspricht rund 48 kg/GV täglich) wird der Ertrag in t/a errechnet. Die Rechnung basiert auf der Grundannahme, dass ein 1,65 kg schweres Tier rund 0,2 l frischen Hühnerkot (ohne Stroh) pro Tag erzeugt [Vgl. Eder; Schulz 2006, S. 44].

Für das zusätzlich mobilisierbare Potenzial wird angenommen, dass sich i. d. R. die gesamte Hühnerkotmenge sammeln lässt. Somit entspricht das technische Potenzial auch dem zusätzlich mobilisierbaren Potenzial.



Hinweis: Bei der gegebenen Ermittlung des Biomassepotenzials ist eine Freilandhaltung ausgeschlossen! Bei Freilandhaltung könnte sich der BM-Ertrag ähnlich reduzieren wie beim Vergleich der Potenziale von Pferdekot. Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial entspräche dann rund 60 % des technisch ökologischen Potenzials.

### 2.11.3.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Geflügeltrockenkot

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. Der Rhein-Neckar-Kreis folgt mit ca. 0,25 t/ha LF. Im Vergleich dazu verfügt der Neckar-Odenwald-Kreis über ca. 0,08 t/ha LF (Rang 5 von 15).

### 2.11.3.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Geflügeltrockenkot

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt 100 % vom technischen Potenzial.

### 2.11.4 Pferdekot

Tabelle 2-31 Energetische Werte für Pferdekot [Vgl. IBS – Ingenieurbüro für Haus-technik Schreiner, letzter Zugriff am 11.03.2010]

Pferdekot	
Trockenmasseanteil	28%
Hi (Biogas) bezogen auf TM	6,89 kWh/kg
Hi (Biogas) bezogen auf FM	2,00 kWh/kg
Beschaffenheit des Materials	ohne Stroh

Das technische Potenzial für Pferdekot wird aus statistischen Besatzzahlen abgeleitet. Anhand eines Pferdekotaufkommens von rund 13,3 m<sup>3</sup>/a und GV (Rohdichte: ca. 0,8 t/m<sup>3</sup>; entspricht rund 29 kg/GV täglich) wird der Ertrag in t/a errechnet. Die Rechnung basiert auf der Grundannahme, dass ein 550 kg schweres Tier etwa 0,04 m<sup>3</sup> Pferdekot (ohne Stroh) pro Tag erzeugt [Vgl. Eder; Schulz 2006, S. 44].

Für das zusätzlich mobilisierbare Potenzial wird angenommen, dass sich die Pferdekotmenge an 215 Tagen (ca. 7 Monate) sammeln lässt. Der Rest ist durch Koppeltage verloren, da eine Sammlung als zu aufwendig eingestuft wird.

#### 2.11.4.1 Ökologisch / technisches Potenzial – Pferdekot

Die größten absoluten technischen Potenziale für Pferdekot liegen im Rhein-Neckar-Kreis (rund 29.000 t), der Kreis Bergstraße (rund 23.000 t) steht an zweiter Stelle und

der Neckar-Odenwald-Kreis (rund 20.000 t) an dritter Stelle. 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 (Rang 3 von 15). Im Vergleich dazu verfügt der Neckar-Odenwald-Kreis über ca. 0,4 t/ha LF (Rang 4 von 15).

#### 2.11.4.2 Zusätzlich mobilisierbares Potenzial – Pferdekot

Das zusätzlich mobilisierbare Potenzial ist direkt linear zum ökologisch/technischen Potenzial und beträgt rund 59 % vom technischen Potenzial.

### 2.12 Bezifferung des Biomasse-Potenzials aus der Land- und Forstwirtschaft – Zusammenfassung

Tabelle 2-32 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale in Relation zu ökologisch / technischen Potenzialen aus Forst- und Landwirtschaft.

Art	BM-Typ	in % vom technischen Potenzial
Anbau-biomasse	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

## Biomasse Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar

**Tabelle 2-33 Technische Potenziale**

Technische Potenziale			BM aus Ackerflächen				BM aus der Viehhaltung				BM aus Obstanlagen			BM aus Rebanlagen	BM aus forstw. gen. Flächen	Summe nach Kreis bzw. Stadt
			Anbau-biomasse (Silomais)	Reststoffe (Stroharten)	Dauer-grünland	Niederwald im Kurzumtrieb	Pferdekot	Hühnerkot	Rindergülle	Schweine-gülle	Schnittgut	Mähgut	Rodungs-material	Rodungs-material	Waldholz (BH & NH)	
Trockenmasseanteil			35%	86%	25%	85%	28%	45%	8%	6%	85%	25%	85%	85%	85%	
Hi (Biogas) bezogen auf TM			3,24	4,78	2,66	5,11	6,89	2,44	1,23	1,92	5,00	2,66	5,00	5,00	5,00 - 5,20	
Hi (Biogas) bezogen auf FM			1,14	4,01	0,67	4,24	2,00	1,10	0,10	0,12	4,15	0,67	4,15	4,15	4,15 - 4,32	
Beschaffenheit des Materials			wachreif, körnerreich	lufttrocken	Silage nass und angeweicht	lufttrocken	ohne Stroh	Trockengut ohne Stroh	FM ohne Einstreu	FM ohne Einstreu	lufttrocken	Silage nass und angeweicht	lufttrocken	lufttrocken	lufttrocken	
Gebietskörperschaft	Gesamtfläche	Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) in 2007	in t/FM*													Summe nach Kreis bzw. Stadt
Rhein-Neckar-Kreis	106.172	38.484	420.283	104.754	230.336	29.567	29.469	9.660	227.132	60.358	2.831	9.420	1.390	1.705	166.786	<b>1.293.691</b>
Neckar-Odenwald-Kreis	112.629	46.854	501.019	151.526	356.832	35.353	20.463	3.683	436.932	83.652	854	2.843	420	29	232.675	<b>1.826.281</b>
Landkreis Bergstraße	71.954	23.682	192.938	38.596	323.296	8.122	22.799	0	257.847	17.710	0	0	0	0	97.985	<b>959.291</b>
Landkreis Bad Dürkheim	59.000	17.388	101.996	23.925	42.688	6.051	5.541	164	6.831	1.709	4.101	13.649	2.015	24.376	77.172	<b>310.218</b>
Landkreis Germersheim	46.326	17.008	214.547	36.560	52.160	13.085	3.997	22	23.628	10.151	932	3.101	458	1.269	62.096	<b>422.005</b>
Rhein-Pfalz-Kreis	30.488	16.420	227.643	23.769	13.568	13.841	829	1.968	6.287	968	522	1.738	257	633	k. A.	<b>292.023</b>
LK Südliche Weinstraße	63.989	22.903	143.357	33.626	70.176	8.228	6.394	50	20.757	713	2.195	7.306	1.078	30.479	68.666	<b>393.025</b>
Stadt Mannheim	14.496	2.756	33.972	7.896	11.616	2.628	660	309	2.006	1.612	0	0	0	0	6.632	<b>67.330</b>
Stadt Heidelberg	10.883	1.838	21.754	4.540	7.360	1.115	262	550	11.796	1.518	162	540	80	153	9.659	<b>59.489</b>
Stadt Frankenthal (Pfalz)	4.376	2.517	35.726	2.926	1.952	2.482	0	0	0	0	0	0	0	0	4	<b>43.090</b>
Stadt Landau (Pfalz)	8.294	2.146	9.840	2.005	2.400	1.035	311	0	0	0	198	658	97	3.933	9.450	<b>29.927</b>
Stadt Ludwigshafen	7.768	1.927	27.506	3.059	1.248	1.765	334	0	0	140	0	0	0	0	10.818	<b>44.871</b>
Stadt Neustadt	11.710	3.327	16.206	4.024	11.904	2.163	415	0	3.944	410	289	963	142	5.193	10.700	<b>56.354</b>
Stadt Speyer	4.258	623	7.826	1.394	2.528	531	1.071	0	0	0	0	0	0	6	2.378	<b>15.734</b>
Stadt Worms	10.877	6.950	68.649	16.921	4.064	3.291	1.855	0	1.320	457	551	1.832	270	7.996	478	<b>107.685</b>
<b>Summe in t FM*</b>			<b>2.023.263</b>	<b>455.522</b>	<b>1.132.128</b>	<b>129.256</b>	<b>94.401</b>	<b>16.407</b>	<b>998.478</b>	<b>179.397</b>	<b>12.635</b>	<b>42.051</b>	<b>6.207</b>	<b>75.771</b>	<b>755.499</b>	<b>5.921.013</b>
<b>Summe in MWh FM*</b>			<b>2.297.780</b>	<b>1.828.322</b>	<b>753.182</b>	<b>548.359</b>	<b>188.801</b>	<b>18.001</b>	<b>98.300</b>	<b>20.666</b>	<b>52.411</b>	<b>27.975</b>	<b>25.746</b>	<b>314.299</b>	<b>3.096.730</b>	<b>9.270.573</b>

\* Hierunter wird die Frischmasse (FM) im Sinne des angegebenen Trockenmasseanteils (TM-Anteil) verstanden.

## Biomasse Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar

**Tabelle 2-34** Zusätzlich mobilisierbare Potenziale

Zusätzlich mobilisierbare Potenziale		BM aus Ackerflächen				BM aus der Viehhaltung				BM aus Obstanlagen			BM aus Rebanlagen	BM aus forstw. gen. Flächen		Summe nach Kreis bzw. Stadt	
		Anbau-biomasse (Silomais)	Reststoffe (Stroharten)	Dauer-grünland	Niederwald im Kurzumtrieb	Pferdekot	Hühnerkot	Rindergülle	Schweine-gülle	Schnittgut	Mähgut	Rodungs-material	Rodungs-material	Waldholz (BH)	Waldholz (NH)		
Trockenmasseanteil		35%	86%	25%	85%	28%	45%	8%	6%	85%	25%	85%	85%	85%	85%	85%	
Hi (Biogas) bezogen auf TM		3,24	4,78	2,66	5,11	6,89	2,44	1,23	1,92	5,00	2,66	5,00	5,00	5,00 - 5,20	5,00 - 5,20		
Hi (Biogas) bezogen auf FM		1,14	4,01	0,67	4,24	2,00	1,10	0,10	0,12	4,15	0,67	4,15	4,15	4,15 - 4,32	4,15 - 4,32		
Beschaffenheit des Materials		wachsreif, körnerreich	lufttrocken	Silage nass und angewelkt	lufttrocken	ohne Stroh	Trockengut ohne Stroh	FM ohne Einstreu	FM ohne Einstreu	lufttrocken	Silage nass und angewelkt	lufttrocken	lufttrocken	lufttrocken	lufttrocken	lufttrocken	
Gebietskörperschaft	Gesamtfläche	Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) in 2007	in t/FM*														
Rhein-Neckar-Kreis	106.172	38.484	37.825	10.475	0	14.783	17.358	9.660	120.411	57.944	1.698	9.420	99	0	9.006	8.673	<b>288.682</b>
Neckar-Odenwald-Kreis	112.629	46.854	98.476	15.153	0	17.676	12.054	3.683	231.634	80.306	512	2.843	30	0	12.564	12.099	<b>474.930</b>
Landkreis Bergstraße	71.954	23.682	32.056	3.860	55.370	4.061	13.430	0	7.521	241	0	0	0	0	5.291	5.095	<b>121.829</b>
Landkreis Bad Dürkheim	59.000	17.388	18.803	2.393	30.740	3.026	3.264	164	3.621	1.640	2.461	13.649	144	0	4.167	4.013	<b>84.071</b>
Landkreis Germersheim	46.326	17.008	0	3.656	23.640	6.542	2.355	22	12.526	9.745	559	3.101	33	0	3.353	3.229	<b>65.533</b>
Rhein-Pfalz-Kreis	30.488	16.420	0	2.377	6.609	6.921	489	1.968	3.333	929	313	1.738	18	0	k. A.	k. A.	<b>24.695</b>
LK Südliche Weinstraße	63.989	22.903	26.582	3.363	41.983	4.114	3.766	50	11.004	684	1.317	7.306	77	0	3.708	3.571	<b>103.954</b>
Stadt Mannheim	14.496	2.756	102	790	8.824	1.314	389	309	1.063	1.547	0	0	0	0	358	345	<b>14.696</b>
Stadt Heidelberg	10.883	1.838	4.040	454	0	557	154	550	6.253	1.457	97	540	6	0	522	502	<b>14.631</b>
Stadt Frankenthal (Pfalz)	4.376	2.517	0	293	1.952	1.241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>3.486</b>
Stadt Landau (Pfalz)	8.294	2.146	1.612	201	1.633	518	183	0	0	0	119	658	7	0	510	491	<b>5.439</b>
Stadt Ludwigshafen	7.768	1.927	0	306	960	882	197	0	0	134	0	0	0	0	584	563	<b>3.063</b>
Stadt Neustadt	11.710	3.327	0	402	7.666	1.082	244	0	2.091	394	174	963	10	0	578	556	<b>13.603</b>
Stadt Speyer	4.258	623	0	139	1.710	265	631	0	0	0	0	0	0	0	128	124	<b>2.874</b>
Stadt Worms	10.877	6.950	15.553	1.692	1.259	1.646	1.093	0	700	439	330	1.832	19	0	26	25	<b>24.589</b>
<b>Summe in t FM*</b>		<b>235.049</b>	<b>45.552</b>	<b>182.345</b>	<b>64.628</b>	<b>55.606</b>	<b>16.407</b>	<b>400.157</b>	<b>155.460</b>	<b>7.581</b>	<b>42.051</b>	<b>443</b>	<b>0</b>	<b>40.797</b>	<b>39.286</b>	<b>1.285.362</b>	
<b>Summe in MWh FM*</b>		<b>266.941</b>	<b>182.832</b>	<b>121.310</b>	<b>274.180</b>	<b>111.212</b>	<b>18.001</b>	<b>39.395</b>	<b>17.909</b>	<b>31.447</b>	<b>27.975</b>	<b>1.839</b>	<b>0</b>	<b>167.223</b>	<b>161.030</b>	<b>1.421.295</b>	

\* Hierunter wird die Frischmasse (FM) im Sinne des angegebenen Trockenmasseanteils (TM-Anteil) verstanden.

Biomasse Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar

Tabelle 2-35 Zusätzlich mobilisierbare Potenziale in Relation zu ökologisch/technischen Potenzialen

Zusätzlich mobilisierbare Potenziale in Relation zu technischen Potenzialen			BM aus Ackerflächen				BM aus der Viehhaltung				BM aus Obstanlagen			BM aus Rebanlagen	BM aus forstw. gen. Flächen
			Anbau-biomasse (Silomais)	Reststoffe (Stroharten)	Dauer-grünland	Niederwald im Kurzumtrieb	Pferdekot	Hühnerkot	Rindergülle	Schweine-gülle	Schnittgut	Mähgut	Rodungs-material	Rodungs-material	Waldholz (BH & NH)
Trockenmasseanteil			35%	86%	25%	85%	28%	45%	8%	6%	85%	25%	85%	85%	85%
Hi (Biogas) bezogen auf TM			3,24	4,78	2,66	5,11	6,89	2,44	1,23	1,92	5,00	2,66	5,00	5,00	5,00 - 5,20
Hi (Biogas) bezogen auf FM			1,14	4,01	0,67	4,24	2,00	1,10	0,10	0,12	4,15	0,67	4,15	4,15	4,15 - 4,32
Beschaffenheit des Materials			wachstreif, körnerreich	lufttrocken	Silage nass und angewelkt	lufttrocken	ohne Stroh	Trockengut ohne Stroh	FM ohne Einstreu	FM ohne Einstreu	lufttrocken	Silage nass und angewelkt	lufttrocken	lufttrocken	lufttrocken
Gebietskörperschaft	Gesamtfläche	Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) in 2007	in t/FM*												
Rhein-Neckar-Kreis	106.172	38.484	9,0%	10,0%	0,0%	50,0%	58,9%	100,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%
Neckar-Odenwald-Kreis	112.629	46.854	19,7%	10,0%	0,0%	50,0%	58,9%	100,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%
Landkreis Bergstraße	71.954	23.682	16,6%	10,0%	17,1%	50,0%	58,9%	0,0%	2,9%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,6%
Landkreis Bad Dürkheim	59.000	17.388	18,4%	10,0%	72,0%	50,0%	58,9%	100,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%
Landkreis Germersheim	46.326	17.008	0,0%	10,0%	45,3%	50,0%	58,9%	100,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%
Rhein-Pfalz-Kreis	30.488	16.420	0,0%	10,0%	48,7%	50,0%	58,9%	100,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	k. A.
LK Südliche Weinstraße	63.989	22.903	18,5%	10,0%	59,8%	50,0%	58,9%	100,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%
Stadt Mannheim	14.496	2.756	0,3%	10,0%	76,0%	50,0%	58,9%	100,0%	53,0%	96,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,6%
Stadt Heidelberg	10.883	1.838	18,6%	10,0%	0,0%	50,0%	58,9%	100,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%
Stadt Frankenthal (Pfalz)	4.376	2.517	0,0%	10,0%	100,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,6%
Stadt Landau (Pfalz)	8.294	2.146	16,4%	10,0%	68,0%	50,0%	58,9%	0,0%	0,0%	0,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%
Stadt Ludwigshafen	7.768	1.927	0,0%	10,0%	76,9%	50,0%	58,9%	0,0%	0,0%	96,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,6%
Stadt Neustadt	11.710	3.327	0,0%	10,0%	64,4%	50,0%	58,9%	0,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%
Stadt Speyer	4.258	623	0,0%	10,0%	67,6%	50,0%	58,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,6%
Stadt Worms	10.877	6.950	22,7%	10,0%	31,0%	50,0%	58,9%	0,0%	53,0%	96,0%	60,0%	100,0%	7,1%	0,0%	10,6%

### **3 Entwicklung von Verwertungsalternativen**

Mit dem vorliegenden Konzept des Biomasse-Stoffstrommanagements soll nicht nur das Potenzial beschrieben werden, das in der zusätzlichen Mobilisierung von Biomassen liegt. Die zusätzlich mobilisierbaren Biomassen sollen aus energetischer und aus Sicht des Ressourcenschutzes möglichst effizient genutzt werden, immer die technische Umsetzbarkeit und die wirtschaftliche Realisierbarkeit beachtet. Um diese Verwertungswege zu ermitteln, werden für die identifizierten Biomassen Verwertungsoptionen benannt und unter den genannten Aspekten zueinander bewertet.

Die in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich beschriebenen Biomassen weisen eine unterschiedliche stoffliche Zusammensetzung und damit auch unterschiedliche Verwertungseigenschaften auf. Die möglichen Optionen einer Verwertung und die damit verbundenen Nutzen (und Schadwirkungen) unterscheiden sich entsprechend. Die aus den Biomasse-Eigenschaften ableitbaren Entsorgungsalternativen werden ökologisch und ökonomisch sowie aus technischer Sicht bewertet.

#### **Methode der ökologischen Bewertung**

Im Rahmen der ökologischen Bewertung werden ganze Verwertungssysteme in ihren Umweltfolgen bilanziert und bewertet. Hierbei muss für jede Biomasse die Frage beantwortet werden, welche der aufgezeigten Nutzungsoptionen angesichts der Eigenschaften der Biomassen, der mit der Verwertung verbundenen negativen Umweltfolgen, vor allem aber auch des damit verbundenen ökologischen Nutzens am besten geeignet ist. Dies erfolgt methodisch auf Basis von Stoffstromanalysen und Ökobilanzen.

Ausgehend von den einzelnen Biomassen und ihrer stofflichen Zusammensetzung bzw. Eigenschaft werden über das gesamte System alle eingesetzten Ressourcen (v.a. Energie) und alle anfallenden Emissionen (bspw. aus dem Transport) aufbilanziert und als potenzielle Umweltwirkungen bewertet. Alle Systeme zielen auf einen Nutzen, hier insbesondere die nutzbare Menge an thermischer und elektrischer Energie. Diese Energiemenge hätte mit Hilfe konventioneller Energieträger bereitgestellt werden müssen. Da auch diese Energieerzeugung mit negativen Umweltauswirkungen verbunden ist, ersetzt die Biomasse-Nutzung die negativen Umweltfolgen konventioneller Energieerzeugung, was in der Bilanzierung und Bewertung entsprechend zu berücksichtigen ist. Bei Anbaubiomasse ist die landwirtschaftliche Erzeugung Teil des zu bilanzierenden Systems und muss als Aufwand in die Waagschale geworfen werden.

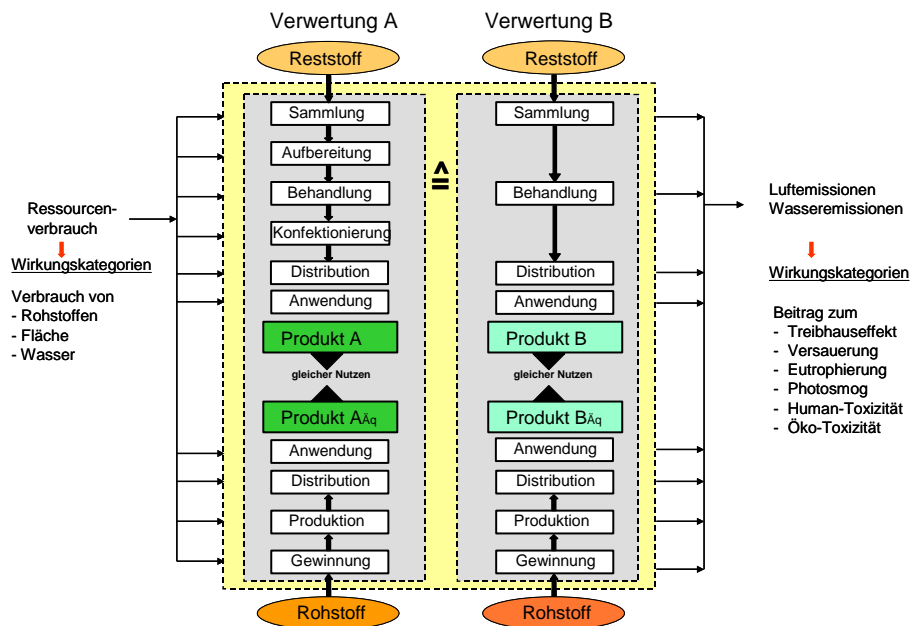


Abb. 3-1 Schematische Darstellung der Stoffstromanalyse und vergleichenden ökologischen Bewertung für zwei Nutzungsoptionen

Die Emission an verschiedenen (Schad)Stoffen hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Umwelt zur Folge. Diese lassen sich in unterschiedlichen Wirkungskategorien beschreiben. Über Äquivalenzfaktoren lassen sich die unterschiedlichen Beiträge verschiedener Emissionen zu den Umweltwirkungskategorien darstellen und quantifizieren. Gerade zur ökologischen Bewertung von Verwertungssystemen und die methodischen Grundlagen kann auf [Vogt et al. 2002] verwiesen werden.

### Methode der ökonomischen und technischen Bewertung

Die ökonomische Bewertung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern versucht hauptsächlich Kosten, welche durch System- und Technikunterschiede entstehen, zu eruieren.

Hinsichtlich der ökonomischen Bewertung wurden Investitions- und Betriebskosten für Energieerzeugungsanlagen, welche ein wesentlicher Bestandteil der Verwertungssystemveränderung sind, in einzelne Kostenblöcke untergliedert und mit entstehenden Umsätzen verrechnet. In Bezug auf die erreichbare Kapitalverzinsung wurden in einigen Beispielen mehrere wirtschaftliche und/oder technische Parameter als Variablen betrachtet, um die Sensitivität des Ergebnisses zu veranschaulichen.

Grundstückskosten wurden als Pachtkosten, welche den Liquiditätsbedarf erhöhen



betrachtet. Außerdem wurde ein Betrag, welcher in Relation zur Investition steht, für die Wiederherstellung des Grundstücks in den Urzustand am Ende der Laufzeit angesetzt. Es sollte jedoch nicht vergessen werden, dass ggf. auch Ausgleichsflächen geschaffen werden müssen, welche hier nicht gesondert berücksichtigt wurden. Grundstücke werden im Kontext der ökonomischen Bewertung (sofern als Eigentum erworben) nicht als Kostenverursacher gesehen, da sie in der Regel eher an Wert gewinnen. Wird davon ausgegangen, dass neue Anlagen vorrangig auf nur gering bewerteten Flächen zu Pachtkosten bis zu 2000 €/ha\*a errichtet werden, so liegen die Grundstückskosten stets bei unter 0,2 % vom Finanzierungsbedarf p. a. und fallen somit relativ gesehen nur gering aus.

Die technische Betrachtung baut weitestgehend auf den vorhandenen Flächen- bzw. Masse-Potenzialen auf und ist den jeweils fokussierten Biomassen angepasst. Von den technischen Parametern der Anlage werden wiederum die wirtschaftlichen Parameter abgeleitet. Im Einzelnen werden auch unterschiedliche Methoden z. B. der Biogasfermentation – Nassfermentation/Trockenfermentation entweder mesophil oder thermophil durch thermisch induzierte Hydrolyse – technisch dargestellt und ökonomisch bewertet.

### **3.1 Trester aus der Traubenmostherstellung**

Die Abschätzung der Potenziale ergab unter dem großen Spektrum der gewerblichen Biomassen mit dem festen Rückstand aus der Traubenmost- bzw. Weinherstellung einen möglichen Stoffstrom, der noch nicht im Sinne der Aufgabenstellung des Projektes umfassend und optimal genutzt wird.

Derzeit stellt die Rückführung der Trester auf die Weinbauflächen die klassische Verwertungsform dar. Die Trester dienen der Düngung der Weinbauflächen bzw. einer Humuszufuhr für die Böden. Eine mögliche Alternative dazu könnte in der Aufbereitung der Trester zu einem Brennstoff und dessen effiziente energetische Nutzung liegen.

#### **3.1.1 Option der Rückführung auf Weinbauflächen**

Rebanbauflächen benötigen eine ausreichende Humusversorgung der Böden sowie eine Nährstoffversorgung der Reben. Große Anbauflächen befinden sich innerhalb der Metropolregion entlang der badischen Bergstraße, angrenzend in den Kraichgau hinein und vor allem in der Südpfalz und der Vorderpfalz entlang der Weinstraße.

Nahe liegend ist es, hierfür zunächst auf die Abfallbiomassen zurück zu greifen, die als Rückstände beim Anbau und der Weiterverarbeitung der Trauben als Rückstände anfallen. Hierzu dient zum einen das Zurücklassen des Rebschnitts [Riedel . o.J.], zum anderen kann aber auch der Trester hierzu Verwendung finden, wie auch vom Staatlichen Weinbauinstitut in Freiburg gefordert. Rebholz-, Laub- und Trester sind jedoch in qualitativer Hinsicht nicht mit den Ernterückständen in der Landwirtschaft oder den Humusbeiträgen von Stallmist, Kompost oder Einsaat von Zwischenbegrünungen (Leguminosen) vergleichbar.

Tabelle 3-1 Kenndaten für Trester aus dem Weinbau [Riedel . o.J.]

Wassergehalt	59 %
organische Substanz	150 kg/m <sup>3</sup> Trester
Stickstoff (N)	3,5 kg/m <sup>3</sup> Trester
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1 kg/m <sup>3</sup> Trester
Kalium (K <sub>2</sub> O)	5,5 kg/m <sup>3</sup> Trester
Magnesium (MgO)	0,4 kg/m <sup>3</sup> Trester

### 3.1.2 Option der energetischen Nutzung als Brennstoff

Traubentrester haben einen Wassergehalt von 41 %. Aufgrund des hohen Wassergehaltes und der Organik ist eine Lagerung nicht möglich, es setzen schnell Faulungsprozesse ein. Für eine energetische Nutzung muss der Traubentrester deshalb zunächst getrocknet und pelletiert werden.

In einer aktuellen Veröffentlichung des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz [MUFV 2008] wird auf ein Forschungsprojekt „Trester als Brennstoff“ verwiesen, das derzeit bei der RLP AgroScience GmbH in Neustadt/W durchgeführt wird. Ziel ist die Entwicklung eines marktfähigen Produkts. Nach dieser Veröffentlichung sollen erste Ergebnisse gezeigt haben, dass die Herstellung des Brennstoffs grundsätzlich möglich ist, die Pellets die DIN-Normen für Holzpellets erfüllen und den Brennwert von Holzpellets oder Braunkohle erreichen.

Tabelle 3-2 Brennstoffeigenschaften von Pellets aus Traubentrester

Wassergehalt	Gew. %	12,9
Bezogen auf die Trockenmasse:		
Heizwert Hu	In MJ/kg	20,8
Kohlenstoff	Gew. %	53,6
Wasserstoff	Gew. %	6,43
Sauerstoff	Gew. %	38,0
Stickstoff	Gew. %	1,89
Schwefel	Gew. %	0,12
Chlor	Gew. %	0,0038
Aschegehalt	Gew. %	3,47

[http://energieberatung.ibs-hlk.de/plangetrej\\_newsabfall.htm](http://energieberatung.ibs-hlk.de/plangetrej_newsabfall.htm)

Für die Bilanzierung der Option mussten Annahmen getroffen werden. So wurde ein Trocknungsaufwand von 176 kWh/t Traubentrester angesetzt, der ausschließlich aus der spezifischen Verdampfungsenthalpie abgeleitet wurde.

Der Kesselwirkungsgrad wurde mit 90 % angenommen, der Eigenbedarf an Strom mit 0,89 % der produzierten Wärmemenge angesetzt. Die abgegebene Wärme liegt demnach bei 3.350 kWh/t Traubentrester.

### 3.1.3 Ökologische Bewertung

Wie man aus der ökologischen Bewertung ersehen kann, kann die energetische Nutzung der Biomasse als Pellet durchaus sinnvoll sein. Aufgrund der vergleichsweise geringen Nährstoffgehalte ist der mit der Substitution von Düngemittel verbundene Nutzen vergleichsweise gering.

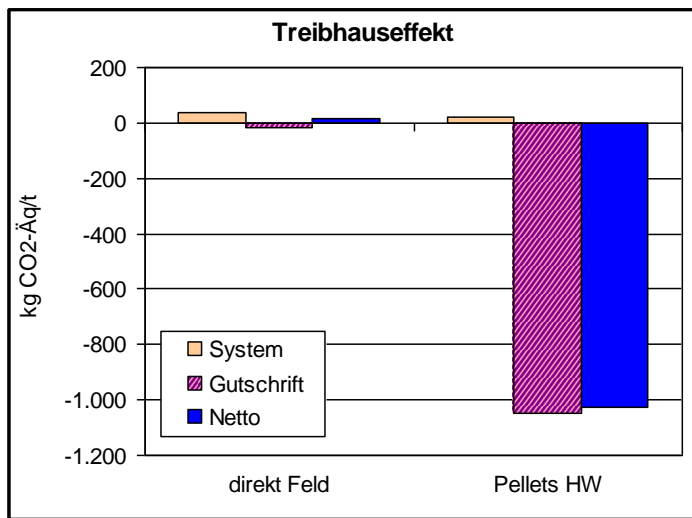


Abb. 3-2 Vergleich der Optionen für Traubentrester - Treibhauseffekt

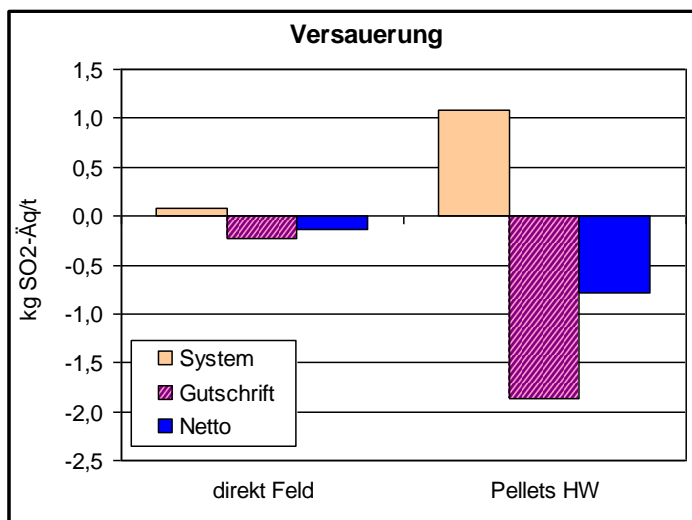


Abb. 3-3 Vergleich der Optionen für Traubentrester - Treibhauseffekt

Der Gehalt an Pflanzennährstoffen ist vergleichsweise gering. Die mit der Ausbringung der Traubentrester verbundene Zielsetzung liegt in der Zufuhr organischer Masse. Die Möglichkeiten, die Böden mit organischer Masse zu versorgen, die eine ausreichende Humusreproduktion sicherstellen sollen, sind gerade in Rheinland-Pfalz beschränkt. Ist ansonsten vielfach eine Begrünung der Weinberge üblich und damit eine weitgehende Bewahrung der Humusgehalte der Böden, wird in Rheinland-Pfalz darauf verzichtet. Die Weinstraße befindet sich im Regenschatten der Hardt. Eine Begrünung der Weinberge verbietet sich daher aufgrund der Wasserkonkurrenz und wird in der Regel auch nicht praktiziert. Unbedeckte Böden, die zudem über das Jahr auch noch bearbeitet werden, verzeichnen eine starke Humuszehrung. Dieses Defizit in der Humusbilanz

muss durch gezielte Gaben organischer Masse ausgeglichen werden.

Nicht von ungefähr sind die Weinbaugebiete in Rheinland-Pfalz entlang der Weinstraße traditionell wichtige Absatzgebiete für die im Rahmen der Bioabfall- und Grünabfallverwertung erzeugten Komposte. Hierbei wird nicht nur auf Komposte aus dem näheren räumlichen Umfeld zurückgegriffen. Das Kompostwerk in Heidelberg setzt seit seinem Bestehen beträchtliche Anteile der erzeugten Komposte in Weinbaubetriebe ab.

Aufgrund der strukturellen landwirtschaftlichen Gegebenheiten mit einer starken Betonung der Sonderkulturen und des Weinbaus stehen weitere typische Humusträger aus der Landwirtschaft kaum zur Verfügung. Dies gilt für Stroh und andere Ernterückstände wie auch Wirtschaftsdünger aus der Viehhaltung. Die Zufuhr von Stallmist ist aufgrund der größeren Distanzen zu Vieh haltenden Betrieben sowie der nur noch selten praktizierten Haltungsform in Tiefstreuställen nicht in größerem Umfang möglich.

Da der Traubenmost vor Ort in den Weinbaubetrieben oder in den genossenschaftlichen Anlagen erzeugt wird, fällt auch der Trester tendenziell in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Weinbauflächen an. Die anfallenden Trester können von den einzelnen Betrieben direkt zu den Anbauflächen zurück gebracht und dort sukzessive ausgebracht werden. Auch wenn die spezifische Humusreproduktionsleistung von Traubentrester nicht vorliegt [BGK 2006], kann davon ausgegangen werden, dass sie etwas niedriger als für Fertigkompost liegt. Um diese analoge Leistung zu erhalten, müssen demnach gegenüber Kompostgaben größere Mengen an Trester ausgebracht werden. Dieses unterschiedliche Massenverhältnis ist aber mit Sicherheit um ein Vielfaches kleiner als das Verhältnis der Transportentfernungen für Komposten und Traubentrestern.

#### **3.1.4 Ökonomische und technische Betrachtung**

Ökonomisch betrachtet kann davon ausgegangen werden, dass die Tresterausbringung gegenüber der Kompost-Ausbringung aus logistischen Gründen die kostengünstigere Variante darstellt. Eine Ausnahme könnte entstehen, wenn Komposte unentgeltlich erworben werden können und durch den Verkauf von Trester nennenswerter Umsatz (Veräußerung als Rohstoff zur Herstellung von Tresterpellets) generiert werden kann.

### 3.1.5 Fazit

Die energetische Nutzung von Traubentrester kann in den Regionen ökologisch sinnvoll sein, in denen auf den Anbauflächen kein Humusdefizit besteht. Dies sind tendenziell die Weinbauregionen in Hessen und Baden-Württemberg.

Die Herstellung von Pellets aus Traubentrester und deren Nutzung als Brennstoff ist allerdings noch nicht technisch ausgereift. Entsprechende Anlagen sind derzeit noch nicht auf dem Markt.

## 3.2 Kommunale Klärschlämme

Für kommunale Klärschlämme existieren unterschiedliche Entsorgungsansätze. Die klassische und in Rheinland-Pfalz noch weit verbreitete Lösung ist der Einsatz ausgefaulter Schlämme in der Landwirtschaft als organischer Dünger. Dem steht die thermische Behandlung gegenüber, mit einer Nutzung der dabei anfallenden Überschussenergie.

Die nahe liegende Alternative der thermischen Klärschlamm Entsorgung ist die Mitverbrennung der kommunalen Klärschlämme in der bestehenden Klärschlammverbrennungsanlage der BASF. Es handelt sich um einen Wirbelschichtofen. Die Überschussenergie der Klärschlammverbrennungsanlage wird zur Verstromung genutzt, der dabei verbleibende Wärmeüberschuss zur Fernwärmeversorgung im öffentlichen Bereich. Versorgt wird der Stadtteil Pfingstweide der Stadt Ludwigshafen.

Der Produktionsstandort Ludwigshafen der BASF versorgt sich seit 2008 vollständig über eigene Anlagen mit Energie. Das gilt sowohl für Strom als auch für Dampf oder Wärme. Die Kraftwerke werden mit Erdgas (15,7 Mio. MWh; 92 %) und Ersatzbrennstoffen (1,3 Mio. MWh; 8 %) betrieben [BASF 2009]. Die Klärschlammverbrennung dürfte unter „Ersatzbrennstoffe“ fallen. Eine Ausweitung der Klärschlammverbrennung wäre demnach mit einer Substitution von Erdgas verbunden, sowohl für die Stromerzeugung als auch für die Fernwärmeerzeugung. Angesichts der Bebauungsstruktur in Ludwigshafen – Pfingstweide wird eine Energieversorgung immer leitungsgebunden erfolgen, bspw. Erdgas.

Eine in Deutschland nicht selten praktizierte Lösung der thermischen Klärschlamm Entsorgung liegt in der Mitverbrennung in einem Kohlekraftwerk, klassisch in einem

Braunkohlekraftwerk. In der Metropolregion existieren nur Steinkohlekraftwerke. Inwiefern diese technisch und genehmigungsrechtlich Ersatzbrennstoffe einsetzen können, wurde nicht recherchiert.

In der Metropolregion sind die Kraftwerksblöcke des GKM in Mannheim-Neckarau zu nennen. Die Stromproduktion ist auch hier mit einer Auskopplung von Fernwärme verbunden, die in ein Netz eingespeist wird, das nicht nur das Stadtgebiet Mannheims versorgt. Eine Mitbehandlung von kommunalen Klärschlämmen in derartigen Anlagen wäre ebenfalls mit einer hohen Energieeffizienz verbunden. Eine derartige Mitverbrennung erfordert eine Trocknung der kommunalen Klärschlämme. Derartige Anlagen sind für die in der Metropolregion befindlichen kommunalen Kläranlagen nicht bekannt.

Kommunale Klärschlämme sind Nährstoffträger. Sie werden daher traditionell als organischer Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt. Die ausgefaulten Klärschlämme werden zu diesem Zweck konditioniert und mechanisch entwässert. Im Vordergrund stehen vor allem die vergleichsweise hohen Gehalte an Phosphor, die jedoch nur bedingt pflanzenverfügbar sind.

Aus ökologischer Sicht stellen sich diese Entsorgungsalternativen grundsätzlich folgendermaßen dar.

- ✚ Mit einer landwirtschaftlichen Verwertung können den Böden über die Klärschlämme Pflanzennährstoffe (v.a.  $P_2O_5$ ) und organische Masse zugeführt werden. Klärschlämme stellen jedoch andererseits auch die zentrale Schadstoffsenke der gesamten Abwasserbehandlung dar. Alle persistenten Schadstoffe werden ausgefällt und reichern sich in den Schlämmen an. Als besonders problematisch werden hier weniger die Schwermetallbelastungen angesehen, sondern die Belastungen an organischen Schadstoffen bspw. durch Arzneimittelrückstände. Die Problematik der Klärschlämme ergibt sich demnach nicht nur aus Schadstoffeinträgen über industrielle Abwässer und muss sich daher nicht zwischen ländlich und städtisch unterscheiden.
- ✚ Eine Monoverbrennung von Klärschlämmen erfolgt unter hohen Emissionsstandards, die denen von Müllverbrennungsanlagen vergleichbar sind. Der zentrale Pflanzennährstoff Phosphor findet sich in der Asche wieder. Es gibt mittlerweile einige technische Verfahren, die eine Rückgewinnung aus der Asche ermögli-

chen würden. Zum derzeitigen Stand sind hierfür jedoch noch Optimierungen in der Verfahrenstechnik notwendig. Vor allem sind mit diesen Ansätzen noch Kosten verbunden, die deutlich über den Marktpreisen für diesen Rohstoff liegen.

- ✚ Eine Mitverbrennung der Klärschlämme in Kraftwerken ist gegenüber der Monoverbrennung tendenziell mit höheren Schadstofffrachten verbunden. Zu nennen ist hier vor allem die Freisetzung von Quecksilber. Da Klärschlämme nur einen kleinen Teilstrom des Brenngutes darstellen, ist eine Rückgewinnung der Ressource Phosphor aus der Asche / Schlacke nicht möglich, v.a. die geringen Konzentrationen stehen dem entgegen.

Diese Entsorgungsalternativen lassen sich aus ökonomischer Sicht folgendermaßen beschreiben.

Eine Ausbringung von Klärschlämmen auf landwirtschaftlichen Flächen ist grundsätzlich mit einer mengenbezogenen Prämie für die Landwirte verbunden. Die Kosten liegen hierbei üblicherweise im sehr niedrigen bis niedrigen zweistelligen €-Bereich pro Tonne. Werden dem Landwirt vom Klärschlamm Entsorger relativ hohe Prämien pro t Klärschlamm geboten, lässt dies evtl. starke Verschmutzungen im Klärschlamm vermuten. Umgekehrt sind niedrige Prämien nicht immer ein Indikator für geringe Verschmutzungen, so dass stets die Qualität des Klärschlammes geprüft werden sollte, was wiederum, je nach Ausbringungsmenge, mit weiteren Kosten verbunden ist.

Um die Monoverbrennung von Klärschlämmen zu ermöglichen, müssen diese zuerst ausreichend vorgetrocknet werden. Die Vortrocknung kann bspw. solar oder durch Prozesswärme oder einer Kombination daraus stattfinden. Energie, welche durch die Verbrennung erzeugt wird, kann wiederum als Prozesswärme zur Vortrocknung genutzt werden. Neben der Heizwertsteigerung bietet die Vortrocknung den weiteren Vorteil einer Verminderung der Masse und damit Verminderung der Entsorgungskosten auf 8 bis 10 % verglichen zu den Entsorgungskosten ohne Vortrocknung [Knautz; Ramharter 2007, S. 9]. Ggf. entstehende Wärmeüberschüsse könnten außerdem in Nah- oder Fernwärmenetzen vermarktet werden. Trotz der Aussicht auf Vermarktung der Überschusswärme ist ein solches Konzept jedoch um ein mehrfaches kostspieliger als die landwirtschaftliche Ausbringung.

Die Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kraftwerken ist insofern kostengünstiger als



die Monoverbrennung, da nur geringe zusätzliche Anlageninvestitionen getätigt werden müssen. Im Umkehrschluss müssen in einem bereits existierenden Kraftwerk aber ausreichende Kapazitäten zur Verbrennung vorliegen. Für die Verbrennung von Klärschlämmen, welche lediglich vorentwässert, aber nicht vorgetrocknet wurden (z. B.  $\geq 80$  % Wassergehalt bei 11,5 MJ/kg TM), muss außerdem damit gerechnet werden, dass mehr Energie für die Verbrennung aufgewendet wird als bei selbiger entsteht [Küppers; Schüller 2003]. Auch eine Gewinnung von Rohstoffen wie Phosphor aus der Asche wird durch die Vermischung mit anderem Material aufwendiger und damit teurer.

Wie einige Rückmeldungen von Kläranlagenbetreibern zeigen, die bislang die Klärschlämme noch über die Landwirtschaft entsorgen, besteht grundsätzliches Interesse an Entsorgungsalternativen.

Für diese vor allem linksrheinisch gelegenen Kläranlagen sollten mittelfristig Entsorgungsalternativen aufgezeigt werden, wobei den Lösungen Monoverbrennung oder Mitverbrennung in Müllverbrennungsanlagen Präferenz einzuräumen wäre.

### **3.3 Rechengut aus kommunalen Kläranlagen**

Ähnlich wie bei kommunalen Klärschlämmen gibt es auch hier zwei grundsätzlich unterschiedliche Behandlungsalternativen, eine stoffliche oder eine thermische Entsorgung. Schon heute wird das Rechengut vornehmlich (klassisch über die Restabfallentsorgung) verbrannt. Auch für diesen Massenstrom besteht ein alternativer Verwertungsweg, die Verwertung über Kompostierung und die anschließende Nutzung des Kompostes im Landschaftsbau oder in Rekultivierungsmaßnahmen. Nach der Bioabfallverordnung ist eine Verwertung dieser Komposte in der Landwirtschaft nicht zulässig.

Bei Rechengut aus Kläranlagen handelt es sich um ein recht heterogenes Stoffgemisch, das eine große Breite an stofflicher Zusammensetzung aufweisen kann. Es besteht im Wesentlichen aus hausmüllähnlichen Stoffen, Fäkalien, Papier und mineralischen Stoffen.

Gerade in größeren Kläranlagen wird das Rechengut gewaschen und entwässert. Es hat danach einen Heizwert von etwa 16.000 kJ/kg Trockensubstanz bei einem Wassergehalt von 20 %. Diese Form der Nachbehandlung löst die nativ-organischen Stoffe

und führt sie der Schlammbehandlung zu. Das danach verbleibende Rechengut besteht dann vor allem aus Fremdstoffen.

Tabelle 3-3 Zusammensetzung von Rechengut [Stadtwerke Speyer 2009]

Wassergehalt	Gew. %	70
Bezogen auf die Trockenmasse:		
Organische Substanz	in %	94,8
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	In %	0,5
Stickstoff (N)	in %	0,92
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	in %	<0,1
Calciumoxid (CaO)	in %	1,5
Magnesiumoxid (MgO)	in %	0,2
Basisch wirksame Stoffe (CaO)	in %	<2
Blei	mg/kg	6
Cadmium	mg/kg	0,2

Angesichts des hausmüllähnlichen Zustands ist die klassische Entsorgungsoption eine Behandlung über eine klassische Müllverbrennungsanlage. Dies stellt auch aus ökologischer Sicht die beste Option dar.

Auf welchen Nutzen eine stoffliche Verwertung über eine Kompostierung abzielt, erschließt sich nicht. Für sich allein genommen lässt sich aus Rechengut selbst für den Landschaftsbau kein Kompost in einer ausreichenden Qualität erzeugen. Faktisch kann dies nur zusammen mit anderen Biomassen erfolgen.

Die praktizierten Verwertungswege für Rechengut über Kompostierungsanlagen sollten nachvollzogen bzw. überprüft werden. Seitens der Kläranlagenbetreiber wird tlw. Interesse an Entsorgungsalternativen bekundet. Diese sollten für diese einzelnen Kläranlagen konkret aufgezeigt werden.

### 3.4 Bioabfälle aus Haushalten

Für die Verwertung / Entsorgung von Bioabfällen aus Haushalten stehen verschiedene Lösungen bereit. Praktiziert werden davon in der Metropolregion die getrennte Sammlung über Biotonnen und eine Kompostierung. Nicht in allen Fällen steht dieses Erfassungssystem den Haushalten zur Verfügung. Der Bioabfall wird damit als Bestandteil der Restabfalltonne entsorgt und dies über Müllverbrennungsanlagen. Die hierzu bestehenden Alternativen bestehen in einer Optimierung des Verwertungsweges, d.h. insbesondere die Verbindung einer Komposterzeugung mit einer Energiegewinnung über Biogasanlagen.

Die Sammlung des Bioabfalls erfolgt für alle Alternativen über eine Biotonne. Nach den Erhebungen des Verbandes kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung VKS bei seinen Mitgliedsbetrieben [VKS 2002], bedeutet dies im Schnitt eine Sammelstrecke pro Tour von etwa 14,4 km sowie eine Transportstrecke für das Sammelfahrzeug zur Verwertungsanlage von knapp 17km.

- ✚ Die Verwertung des Bioabfalls und die Herstellung von Kompost erfolgt aerob über eine Kompostierungsanlage. In Anlehnung an die durchschnittlichen Verhältnisse in Deutschland beträgt der Anteil Frischkompost 37 %, d.h. 63 % des produzierten Kompostes weist Rottegrad V auf und wird als Fertigkompost vermarktet. Pro Tonne Bioabfall wird in etwa 0,5 t Kompost erzeugt. Für die Bilanzierung wird unterstellt, dass sich über die Vermarktung des Fertigkompostes pro Tonne Bioabfall 60 kg Torf und 62 kg Rindenhumus substituieren lassen.

Die Kompostierung selbst erfolgt zu 90 % in einem geschlossenen Prozess, zu 10 % in einer offenen Kompostierungsanlage. Der spezifische Energiebedarf liegt bei 50 kWh/t Input bei geschlossenen technisierten Anlagen bzw. 3,2 l Diesel / t Input bei einer offenen Kompostierung. Die Bilanzierung erfolgt u.a. mit folgenden Emissionsfaktoren für klimarelevante Gase: 0,9 kg/t Input Methan und 0,12 kg/t Input Lachgas. Wie die Arbeiten von Kern [2008] zeigen, können die spezifischen Emissionen an Lachgas und Methan jedoch auch bedeutend höher liegen.

- ✚ Eine Optimierung dieser aufgezeigten Kompostierung von Bioabfällen kann darin bestehen, ausschließlich Fertigkompost (412 kg/t Input) zu erzeugen, der

entsprechend zu Substrat veredelt werden kann. Für die Bilanzierung wird ein Substitutionseffekt von 96 kg Torf und 99 kg Rindenhumus unterstellt.

- ✚ Für die Bilanzierung der klassischen Option der Biogaserzeugung werden folgende Randbedingungen angenommen. Die Gasrate pro t Input wird mit 100 m<sup>3</sup> angesetzt, bei einem Methangehalt von 60 %. Die Nutzung des Biogases erfolgt über ein BHKW mit einem Gesamtwirkungsgrad von 80,5 % (elektrisch: 37,5 %; thermisch: 43 %). Der Eigenbedarf der Anlage liegt bei 20 % des produzierten Stroms und 25 % der produzierten Wärme. Die danach verbleibende Überschusswärme wird zu 20 % genutzt. Die ins Netz gespeiste Strommenge liegt bei 170 kWh/t Input, die vermarktete Wärmemenge bei 37 kWh/t.

Der Gärrückstand wird zu 50 % entwässert und direkt in der Landwirtschaft verwertet. Es handelt sich um 359 kg/t Input. Die andere Hälfte wird nachgetrocknet und zu Kompost verarbeitet. Über den Kompost lassen sich 24 kg/t Torf und 32 kg/t Rindenhumus substituieren. Nach den derzeitigen Kenntnissen weisen Vergärungsanlagen bei Emissionen eine große Bandbreite auf, ohne dass hierfür alle Gründe / Randbedingungen bekannt wären. In dieser Alternative wird eine hohe spezifische Methanemission von 3,4 kg/t angesetzt sowie eine Lachgas-Emission von 0,123 kg/t.

- ✚ Eine Alternative stellt eine optimierte Vergärung des Bioabfalls dar. So wird für die Bilanzierung die bei der Biogasnutzung erzeugte Überschusswärme zu 80 % genutzt und der anfallende Gärrest vollständig nachkompostiert. Es werden 146 kWh/t Wärme vermarktet. Es verbleiben 353 kg/t Input Kompost zur Nutzung. Mit diesem Kompost lassen sich 80 kg/t Torf sowie 82 kg/t Rindenhumus substituieren.

Das Überschusswasser aus der Entwässerung des Gärrests wird als MAP-Dünger an die Landwirtschaft vermarktet. Eine weitere Optimierung stellt die weit geringere Rate an klimawirksamen Emissionen dar. Die spezifischen Emissionen liegen bei 0,6 kg Methan und 0,097 kg Lachgas.

- ✚ In vielen Gebietskörperschaften ist keine Biotonne eingeführt. Die in Küchen und Gärten etc. anfallenden Bioabfälle können in diesen Fällen nur der Restabfalltonne übergeben werden. Die Restabfallentsorgung erfolgt im Teilgebiet Rheinland - Pfalz über die Müllverbrennungsanlagen in Ludwigshafen und Pir-

masens, im Teilgebiet Baden-Württemberg über die MVA in Mannheim. Im Kreis Bergstraße (Hessen) ist die Biotonne eingeführt. Die Restabfallentsorgung im Neckar-Odenwald-Kreis befindet sich gerade in einer Übergangssituation, die Restabfallbehandlung erfolgt über mehrere Entsorgungsanlagen.

Der Bioabfall weist einen Heizwert (Hu) von 2,6 MJ/kg auf. Die drei genannten Anlagen sind unterschiedlich energetisch eingebunden. Während in Ludwigshafen nur Wärme produziert wird (75 % Wärmeabgabe) und auch in Mannheim vor allem Fernwärme ausgekoppelt wird (70,3 % Wärmeabgabe, 6,7 % Stromabgabe), ist der Anteil vermarkteter Wärme im MHKW Pirmasens vergleichsweise gering. Der Stromwirkungsgrad liegt hier bei 14,7 %, die Wärmeabgabe bei 2,7 %.

Aus ökologischer Sicht zeigen die genannten Entsorgungsoptionen folgendes Ergebnis.

Die Bilanzierung über alle Umweltwirkungskategorien zeigt eindrücklich, dass eine getrennte Erfassung der Bioabfälle sinnvoll ist und einer Entsorgung über die Restmülltonne vorgezogen werden sollte. Gewisse Stärken zeigen sich für die Entsorgung zusammen mit Restabfall allein unter Klimagesichtspunkten, da die in der Metropolregion vorhandenen Verbrennungsanlagen mit vergleichsweise hohen Wirkungsgraden die Überschussenergie verwerten. Dazu kommen die vermiedenen klimawirksamen Emissionen der stofflichen Bioabfallnutzung, die über diesen Entsorgungsweg vermieden werden.

Auch unter Klimagesichtspunkten ist jedoch eine getrennte Sammlung und Verwertung dann vorteilhaft, wenn das gesamte Verwertungssystem optimiert wurde. Dies bedeutet ein vergleichsweise geringes Emissionsniveau, eine auf das Potenzial ausgerichtete optimale Vermarktung der Komposte und vor allem eine Nutzung des Biogases mit hohen Wirkungsgraden.

Die klassische in der Metropolregion derzeit praktizierte Kompostierung stellt unter den diskutierten Alternativen die vergleichsweise schlechteste Option dar.

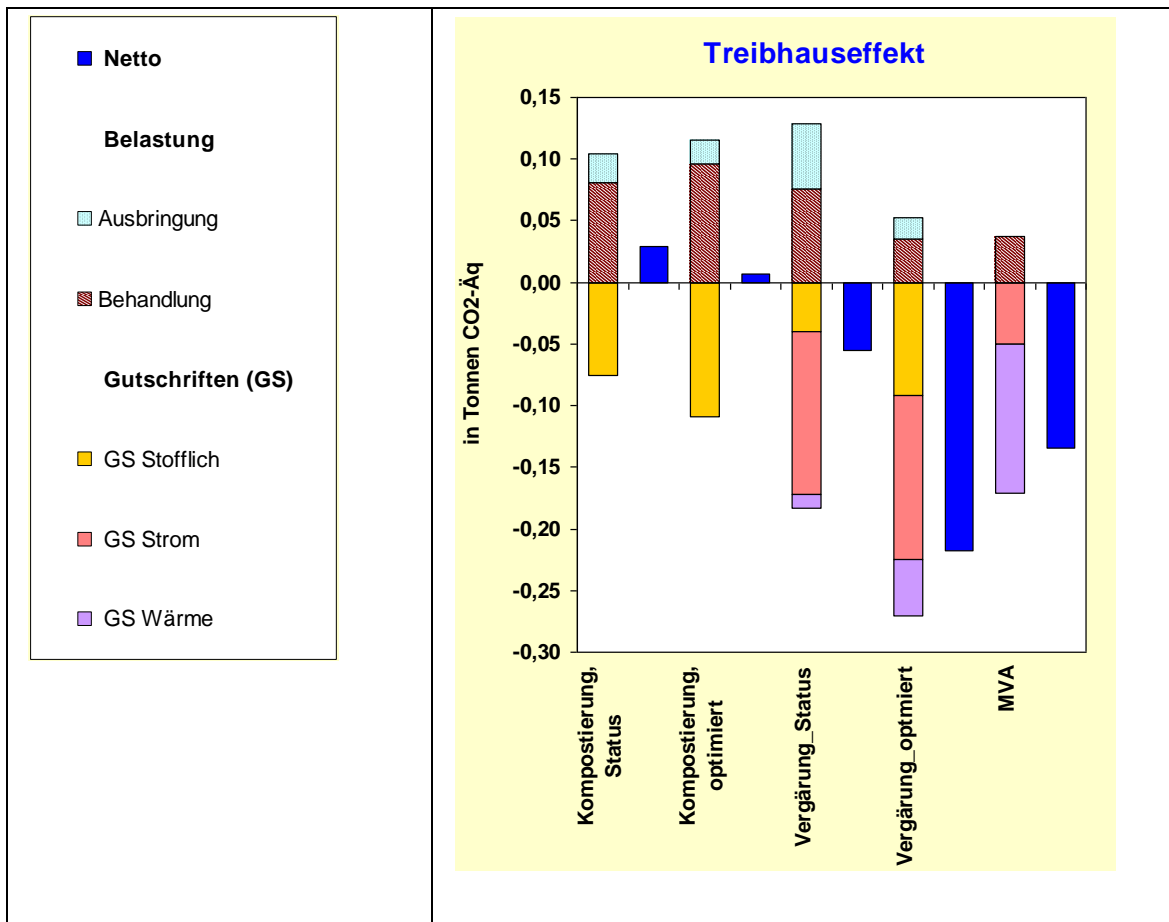


Abb. 3-4 Vergleich der Optionen für Bioabfall aus Haushalten - Treibhauseffekt

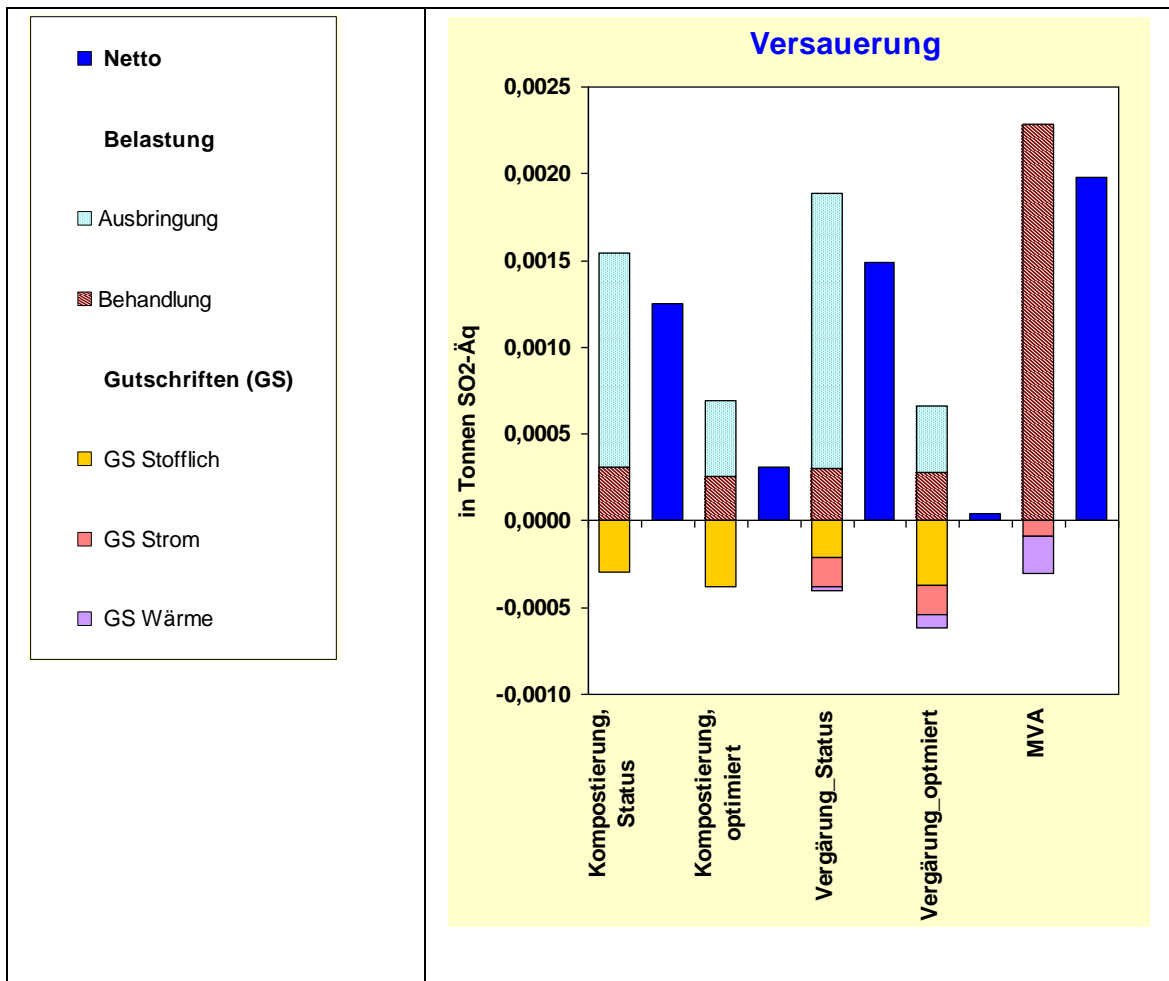


Abb. 3-5 Vergleich der Optionen für Bioabfall aus Haushalten – Versauerung

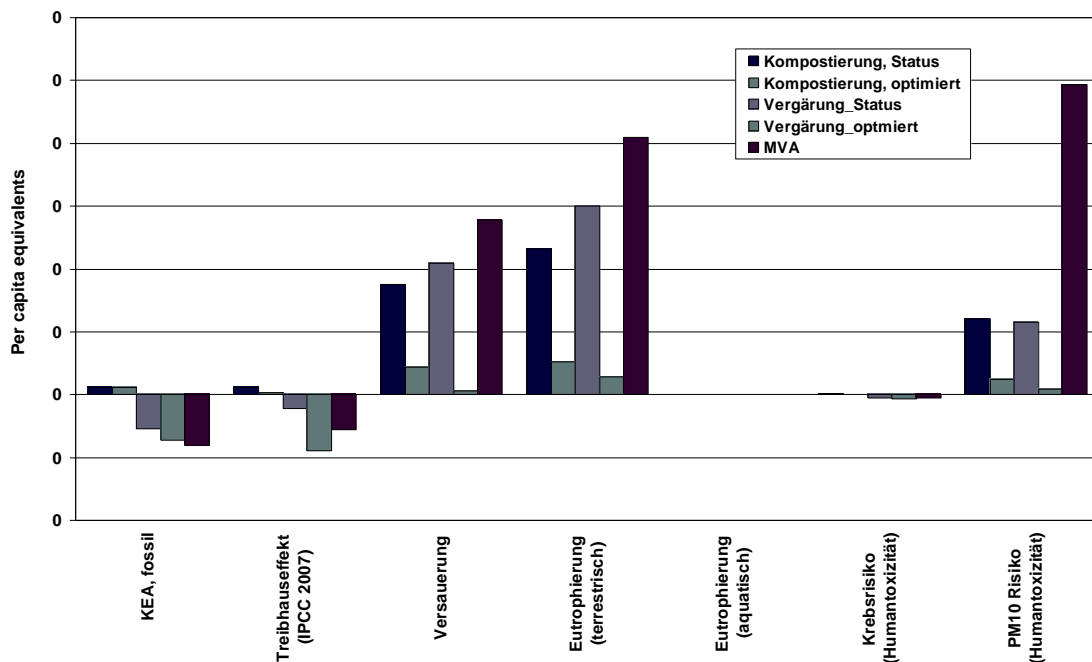


Abb. 3-6 Übersicht über die Ergebnisse (netto) – normiert pro Einwohner

### Ökonomische und technische Betrachtung

Ökonomisch gesehen ist die getrennte Erfassung und Verwertung von Bioabfall sinnvoll, solange die Investitionen in die dafür zusätzlich benötigten Anlagen oder Anlagemodifikationen zur Vergärung, Entwässerung und Kompostierung den entstehenden Mehrerlös aus der Veräußerung von Strom, Wärme und Kompost nicht übersteigen. Zusätzliche Anlagen müssen sich durch ihre Umsätze also stets selbst tragen.

Außerdem muss berücksichtigt werden, dass Mengen, welche in zusätzlich konzipierten Anlagen (z. B. Vergärungsanlagen) verwertet werden, nun in den ursprünglichen Verwertungsanlagen (z. B. Müllverbrennungsanlagen) fehlen, wodurch erhöhte Kosten pro verwertete Mengeneinheit für die Verbrennungsanlagen entstehen können. Dies kann z. B. dann der Fall sein, wenn Stoffe mit relativ hohem Heizwert nicht mehr thermisch verwertet, sondern alternativ dazu vergoren werden. In diesem Fall ist demnach darauf zu achten, dass hauptsächlich Inputstoffe mit hohem Wassergehalt, welche bei der Verbrennung einen nur sehr niedrigen oder sogar negativen Energiesaldo verursachen, jedoch einen angemessenen bis guten Ertrag an Biogas liefern, aus der ursprünglichen Verwertung genommen werden.



Für die bereits beschriebenen Optionen werden nun im Folgenden kurze wirtschaftliche Vergleiche erbracht. Hierfür wird davon ausgegangen, dass pro kWh<sub>el</sub> ca. 0,09 €, pro kWh<sub>th</sub> ca. 0,03 €, für Torf ca. 60 €/t und für Rindenumus ca. 45 €/t Umsatz generiert werden können.

Unter gegebenen Annahmen würde sich die optimierte Kompostierung im Gegensatz zur klassischen Kompostierung somit wie folgt darstellen:

Tabelle 3-4 Kostenvergleich Kompostierung

<b>Optimierte ggü. Klassischer Kompostierung</b>			
		Ertrag pro t Input	Umsatz pro Einheit
Torf	optim. Kompost	96 kg	0,060 €/kg
	klass. Kompost	-60 kg	0,060 €/kg
Rindenumus	optim. Kompost	99 kg	0,045 €/kg
	klass. Kompost	-62 kg	0,045 €/kg
			<b>Summe</b>

Das Szenario der optimierten Komposterzeugung wäre demnach gegenüber dem Szenario der klassischen Komposterzeugung solange zu bevorzugen, wie Mehraufwendungen dafür unter oder maximal gleichauf mit einem Betrag von ca. 3,80 €/t Input\*a liegen.

Für eine Beispielmenge von 50.000 t/a würde sich somit ein jährlich zur Verfügung stehender Betrag von bis zu 191.500 € ergeben, welcher sämtliche zusätzlichen Investitions- und Betriebskosten abdecken müsste. Auf eine Laufzeit von 20 Jahren läge der Gesamtbetrag ohne berücksichtigte Preisänderungen bei ca. 3,8 Mio. €.

Während der optimierten Vergärung würden sich im Gegensatz zur klassischen Vergärung die Erlöse wie folgt ergeben.

Tabelle 3-5 Kostenvergleich Vergärung

<b>Optimierte ggü. klassischen Vergärung (bei Inwertsetzung von Torf und Rindenumus-Substituten)</b>				
		Ertrag pro t Input	Umsatz pro Einheit	Umsatz pro t Input
Torf (bei Inwertsetzung)	optim. Vergärung	146 kWh	0,030 €/kWh	4,38 €
	klass. Vergärung	-37 kWh	0,030 €/kWh	-1,11 €
Rindenumus (bei Inwertsetzung)	optim. Vergärung	80 kg	0,060 €/kg	4,80 €
	klass. Vergärung	-24 kg	0,060 €/kg	-1,44 €
Rindenumus	optim. Vergärung	82 kg	0,045 €/kg	3,69 €
	klass. Vergärung	-32 kg	0,045 €/kg	-1,44 €
<b>Summe zu Gunsten der Optimierung</b>				<b>8,88 €</b>

Das Szenario der optimierten Biogaserzeugung wäre demnach gegenüber dem Szenario der klassischen Biogaserzeugung solange zu bevorzugen, wie Mehraufwendungen dafür unter oder maximal gleichauf mit einem Betrag von ca. 9 €/t Input\*a liegen.

Der jährlich zur Verfügung stehende Mehrbetrag würde sich bei der genannten Beispielmenge von 50.000 t/a auf 444.000 € belaufen. Der Gesamtbetrag über eine Laufzeit von 20 Jahren ohne Berücksichtigung von Preisänderungen läge damit bei ca. 8,9 Mio. €.

Ein allgemeiner Vergleich zwischen der Verbrennung von Bioabfall und der optimierten Vergärung würde sich wie folgt darstellen:

Tabelle 3-6 Kostenvergleich Vergärung - Müllverbrennung

<b>Optimierte Vergärung ggü. Müllverbrennung ohne Strom- und Wärmeveräußerung</b>				
		Ertrag pro t Input	Umsatz pro Einheit	Umsatz pro t Input
Strom		170 kWh	0,090 €/kWh	15,30 €
Wärme		146 kWh	0,030 €/kWh	4,38 €
Torf (bei Inwertsetzung)		80 kg	0,004 €/kg	0,32 €
Rindenumus (bei Inwertsetzung)		82 kg	0,004 €/kg	0,33 €
<b>Summe zu Gunsten der Optimierung</b>				<b>20,33 €</b>

Das Szenario der optimierten Biogaserzeugung wäre demnach gegenüber dem Szenario der Müllverbrennung solange zu bevorzugen, wie Mehraufwendungen dafür unter oder maximal gleichauf mit einem Betrag von rund 20 €/t Input\*a liegen.

Der jährlich zur Verfügung stehende Mehrbetrag würde sich bei der genannten Beispielmenge von 50.000 t/a auf 1.016.500 € belaufen. Der Gesamtbetrag über eine Laufzeit von 20 Jahren ohne Berücksichtigung von Preisänderungen läge damit bei rund 20,7 Mio. €.

Für alle Beispiele müsste darauf geachtet werden, dass durch die Verwertungsänderung (z. B. Vergärung anstatt Verbrennung) Mengen vom ursprünglichen Verwertungs-ort abgezogen werden, was wiederum in einer Verminderung der Umsätze bzgl. des Verkaufs von Wärme und/oder Strom sowie Kompost münden kann. Tatsächlich wegfallende Umsätze müssten daher zusätzlich in Abzug gebracht werden.

Außerdem entstehen für die Torf- und Rindenumus-Substitute aufgrund der hohen Gesamtmenge an Kompost höhere logistische Kosten. Angegebene Umsätze pro Einheit müssen demnach als Preise ab Werk verstanden werden oder mit einer entsprechenden Umsatzminderung verrechnet werden.

Die nachfolgende Beispieltabelle zeigt, welche wirtschaftlichen Parameter mit der beschriebenen klassischen Variante der Vergärung bei einer elektrischen Anlagenleistung von 2 MW einhergehen würden. Vorausgesetzte Anlagenkennzahlen sind ebenfalls aufgeführt. Hier wurde angenommen, dass die Vergärungsanlage neu gebaut wird.

Tabelle 3-7 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Bioabfall-Vergärungsanlage bei 20 % Überschusswärmeveräußerung

Anlagenkennzahlen				Wirtschaftliche Übersicht	
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme				2011	
Daten zur Anlagenleistung					
BHKW-Leistung el.	2.000,0 kW			Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)	7.446.994 €
BHKW-Leistung th.	2.293,3 kW			Erwartete Kapitalverzinsung	2,43% p.a.
BHKW-Wirkungsgrad el.	37,5%			Laufzeit	20 Jahre
BHKW-Wirkungsgrad th.	43,0%			Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne	3,50% p.a.
Stromkennzahl	0,8721				
Betriebsstunden	7.500				
Daten zu Input und Verarbeitung					
Input: Bioabfall, 40 % TM **	54.201 t/a				
Methangasbedarf	4.000.000 m <sup>3</sup>				
Biogasbedarf (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)	6.666.667 m <sup>3</sup>				
Biogasdurchsatz (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)	888,9 m <sup>3</sup> /h				
Methangasdurchsatz	533,3 m <sup>3</sup> /h				
Daten zu Fermenter und Gärrestlager					
Ø-Faulraumbelastung	7,50 kg oTS/m <sup>3</sup> /d				
Gärrestlagervorhaltezeitraum	20 Wochen				
Gärrestdichte (unenwässert)	0,98 t/m <sup>3</sup>				
Gärrestmasse (unenwässert)	46.105 t/a				
Benötigter Fermenterraum	3.960 m <sup>3</sup>				
davon liegender Fermenterraum	3.960 m <sup>3</sup>				
Benötigter Gärrestraum	18.095 m <sup>3</sup>				
Ø-Verweilzeit	16 d				
Verwendung der erzeugten Energie					
Stromeigenbedarf	20%				
Wärmeeigenbedarf	25%				
Veräußerungsanteil der Überschusswärme	20%				
Wärmeverluste bzgl. Überschusswärme	0%				
Wärmenetzlänge	50 m				
Vergütung					
Vergütungsart	Status	pro kWh	pro a	pro a*20	
EEG-Grundvergütung	Nein	0,0848 €	1.017.857 €	20.357.148 €	
NawaRo-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €	
KWK-Bonus	Ja	0,0294 €	66.150 €	1.323.000 €	
Technologie-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €	
Güllebonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €	
Formaldehyd-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €	
		Σ	0 €	0 €	
Ø-Umsatz durch Wärme über die Laufzeit		0,0537 €	138.651 €	2.773.023 €	
		Σ	138.651 €	2.773.023 €	
				Kapitalwert	
				Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten	
				0 €	
				2.261.164 €	
				Maximal bezahlbarer Ø-Substratpreis über die Laufzeit	
				0,00 €/t	
				Maximal bezahlbarer Anfangs-Substratpreis (Preis in Periode 1)	
				0,00 €/t	
				Ein- & Auszahlungen	
				Kostenart	
				Ggf. Preissteigerung Ø über die Laufzeit	
				Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	
				-	
				7.888.002 €	
				Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	
				1,00% p.a.	
				8.100.710 €	
				Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	
				-	
				7.446.994 €	
				Kapitalkosten (Zinslast)	
				-	
				0 €	
				Substratkosten	
				1,50% p.a.	
				0 €	
				Kosten für Zündöl (falls benötigt)	
				2,00% p.a.	
				0 €	
				Kosten für Strombedarf	
				6,00% p.a.	
				0 €	
				Kosten für Wärmebedarf	
				3,00% p.a.	
				0 €	
				Gärrestverwertungskosten	
				2,00% p.a.	
				168.036 €	
				Wartung- und Instandhaltungskosten	
				3,00% p.a.	
				241.833 €	
				Personalkosten (Betriebsführung)	
				2,50% p.a.	
				195.263 €	
				Personalkosten (Geschäftsführung)	
				2,50% p.a.	
				56.326 €	
				Verwaltungssachkosten	
				2,00% p.a.	
				2.126 €	
				Haftpflichtversicherung	
				2,00% p.a.	
				85.355 €	
				Steuerberatungskosten	
				3,00% p.a.	
				3.988 €	
				Grundstückspacht	
				1,00% p.a.	
				6.535 €	
				Sonstiges	
				0,00% p.a.	
				0 €	
				Σ Auszahlungen	
				759.462 €	
				Strom-Einspeisevergütung + Boni*	
				0,00% p.a.	
				1.017.857 €	
				KWK-Bonus	
				0,00% p.a.	
				66.150 €	
				Umsatz durch Wärmeveräußerung	
				3,00% p.a.	
				138.651 €	
				Σ Einzahlungen	
				1.222.659 €	
				Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen	
				463.196 €	
				Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)	
				372.350 €	

Die Tabelle lässt erkennen, dass unter gegebenen Anlagenkennzahlen die erwartete Kapitalverzinsung bei risikobehafteten 2,4 % und damit bspw. nur im Bereich einer risikolosen Festgeldverzinsung (Laufzeit ca. 12 bis 24 Monate, Stand 08/2010) liegt. Der Kapitalwert liegt bei dieser Höhe der Verzinsung genau bei 0 €, dies bedeutet, dass keinerlei Deckungsbeitrag für Inputsubstrat zur Verfügung gestellt werden kann. Die Sammlung, Aufbereitung und der Transport von Bioabfall zur Anlage müsste daher mit demselben finanziellen Aufwand wie im bereits bestehenden System (Status Quo) betrieben werden.

Einer der Hauptgründe für dieses spärliche Ergebnis ist der nur geringe Veräußerungsanteil der Überschusswärme von 20 %. Die nächste Tabelle zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit entscheidend vom Wärmeverkauf abhängen kann. In der nachfolgenden Übersicht wurde ein Veräußerungsteil der Überschusswärme von 80 % betrachtet und die erwartete Kapitalverzinsung auf 9 % p.a. gesetzt. Aus dem verbleibenden Kapitalwert ein Deckungsbeitrag pro t/ Input errechnet. Alle weiteren Parameter bleiben unverändert.

Biomasse Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar

Tabelle 3-8 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Bioabfall-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung

Anlagenkennzahlen				
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme 2011				
<b>Daten zur Anlagenleistung</b>				
BHKW-Leistung el.		2.000,0 kW		
BHKW-Leistung th.		2.293,3 kW		
BHKW-Wirkungsgrad el.		37,5%		
BHKW-Wirkungsgrad th.		43,0%		
Stromkennzahl		0,8721		
Betriebsstunden		7.500		
<b>Daten zu Input und Verarbeitung</b>				
Input: Bioabfall, 40 % TM **		54.201 t/a		
Methangasbedarf		4.000.000 m <sup>3</sup>		
Biogasbedarf (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)		6.666.667 m <sup>3</sup>		
Biogasdurchsatz (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)		888,9 m <sup>3</sup> /h		
Methangasdurchsatz		533,3 m <sup>3</sup> /h		
<b>Daten zu Fermenter und Gärrestlager</b>				
Ø-Faulraumbelastung		7,50 kg oTS/m <sup>3</sup> /d		
Gärrestlagervorhaltezeitraum		20 Wochen		
Gärrestdichte (unentwässert)		0,98 t/m <sup>3</sup>		
Gärrestmasse (unentwässert)		46.105 t/a		
Benötigter Fermenterraum		3.960 m <sup>3</sup>		
davon liegender Fermenterraum		3.960 m <sup>3</sup>		
Benötigter Gärrestraum		18.095 m <sup>3</sup>		
Ø-Verweilzeit		16 d		
<b>Verwendung der erzeugten Energie</b>				
Stromeigenbedarf		20%		
Wärmeeigenbedarf		25%		
Veräußerungsanteil der Überschusswärme		80%		
Wärmeverluste bzgl. Überschusswärme		0%		
Wärmenetzlänge		50 m		
<b>Vergütung</b>				
Vergütungsart	Status	pro kWh	pro a	pro a*20
EEG-Grundvergütung	Nein	0,0848 €	1.017.857 €	20.357.148 €
NawaRo-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
KWK-Bonus	Ja	0,0294 €	264.600 €	5.292.000 €
Technologie-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Güllebonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Formaldehyd-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
		Σ	0 €	0 €
Ø-Umsatz durch Wärme über die Laufzeit		0,0537 €	554.605 €	11.092.091 €
		Σ	554.605 €	11.092.091 €
<b>Wirtschaftliche Übersicht</b>				
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)			7.446.994 €	
Erwartete Kapitalverzinsung			9,00% p.a.	
Laufzeit			20 Jahre	
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne			3,50% p.a.	
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition			15%	
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)			561.391 €	
<b>Ein- &amp; Auszahlungen</b>	Kostenart	Ggf. Preissteigerung	Ø über die Laufzeit	
	Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	-	7.888.002 €
	Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	-	8.100.710 €
	Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	-	7.446.994 €
	Kapitalkosten (Zinslast)	-	-	0 €
	Substratkosten	1,50% p.a.	-	274.681 €
	Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	-	0 €
	Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	-	0 €
	Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	-	0 €
	Gärrestverwertungskosten	2,00% p.a.	-	168.036 €
	Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	-	241.833 €
	Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	-	195.263 €
	Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	-	56.326 €
	Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	-	2.126 €
	Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	-	85.355 €
	Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	-	5.694 €
	Grundstückspacht	1,00% p.a.	-	9.332 €
	Sonstiges	0,00% p.a.	-	0 €
			Σ <b>Auszahlungen</b>	<b>1.038.647 €</b>
	Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	-	1.017.857 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	-	264.600 €	
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	-	554.605 €	
		Σ <b>Einzahlungen</b>	<b>1.837.062 €</b>	
		Σ <b>Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>	<b>798.415 €</b>	
		Σ <b>Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>	<b>372.350 €</b>	
<b>Kapitalwert</b>			<b>0 €</b>	
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten			1.551.812 €	
Maximal bezahlbarer Ø-Substratpreis über die Laufzeit			5,07 €/t	
Maximal bezahlbarer Anfangs-Substratpreis (Preis in Periode 1)			4,38 €/t	

Bei einer Veräußerung der Überschusswärme zu 80 % kann nicht nur eine angemessene Kapitalverzinsung von 9 % p.a., sondern zusätzlich auch ein anfänglicher Deckungsbeitrag von rund 4,50 €/t (Steigerung: 1,5 % p.a.) erwirtschaftet werden. Dieser Betrag könnte z. B. für eine – geringfügige – Verminderung von Bioabfallgebühren genutzt werden. Vorausgesetzt der Deckungsbeitrag wird auf 0 gesetzt, ist das Ergebnis äquivalent zu einem Kapitalwert von rund 2,4 Mio. oder einer Kapitalverzinsung von rund 13 % p.a.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass in den verschiedenen Gebietskörperschaften eine getrennte Erfassung von Biomüll etabliert bzw. die Anschlussgrade deutlich ausgeweitet werden sollten.

Die Potenziale sind näherungsweise in Abhängigkeit von den Bevölkerungszahlen über die Metropolregion verteilt. Der Schwerpunkt liegt somit in der Oberrheinebene.

### **3.5 Grünabfälle krautig**

Wie eine Gegenüberstellung der Aussagen in der Literatur zu Wert gebenden Eigenschaften von Bio- und Grünabfällen zeigt, überschneiden sich die Bandbreiten der Gehalte an Pflanzennährstoffen für beide Biomassestoffströme weitgehend. Dies gilt auch für das C/N-Verhältnis [Kern et al. 2008].

Der mit keinem Nutzen verbundene Verbleib stellt in vielen Fällen die klassische Art des Umgangs mit krautigen Grünabfällen dar. Grasschnitt wird gemulcht, d.h. nicht in Schwaden geschnitten. Wie bei einem Rasenmäher wird der Grasschnitt zerschlagen und zugleich etwas in den Boden eingearbeitet. Ansonsten wird Grünschnitt auch auf den Beetflächen zurück gelassen oder gezielt auf den Pflanzbeeten als Mulchmaterial aufgebracht.

Der Grünschnitt setzt sich mit der Zeit um und mineralisiert, der Kohlenstoff veratmet, die Nährstoffe werden pflanzenverfügbar. Der Verbleib auf den Flächen erfolgt kaum aus einer Notwendigkeit für die Pflanzenernährung oder Versorgung der Böden heraus, treibende Kraft ist die Kostenvermeidung.

Die Verwertung des krautigen Grünschnitts und die Herstellung von Kompost würde aerob über eine Kompostierungsanlage erfolgen können. In Anlehnung an die durchschnittlichen Verhältnisse in Deutschland beträgt der Anteil Frischkompost dann 37 %,

d.h. 63 % des produzierten Kompostes weist Rottegrad V auf und wird als Fertigkompost vermarktet. Pro Tonne Grünabfall werden 0,5 t Kompost erzeugt. Über die Vermarktung des Fertigkompostes gelingt es, pro Tonne Bioabfall 48 kg Torf und 49 kg Rindenhumus zu substituieren.

Die Kompostierung selbst erfolgt zu 90 % in einem offenen Prozess, zu 10 % in einer offenen Kompostierungsanlage. Der spezifische Energiebedarf liegt bei 50 kWh/t Input für eine geschlossene technisierte Kompostierungsanlage bzw. 3,2 l Diesel / t Input bei einer offenen Kompostierung. Es entstehen mit 1 kg/t Input Methan und 0,1 kg/t Input Lachgas klimarelevante Gase. Wie die Arbeiten von Kern [2008] zeigen, können die spezifischen Emissionen an Lachgas und Methan jedoch auch bedeutend höher liegen.

Eine Entsorgungsalternative kann die anaerobe Komposterzeugung über eine Vergärung sein. Die Gasrate pro t Input wird mit 60 m<sup>3</sup> angesetzt, bei einem Methangehalt von 60 %. Die Nutzung des Biogases erfolgt über ein BHKW mit einem Gesamtwirkungsgrad von 80,5 % (elektrisch 37,5 % und thermisch 43 %). Der Eigenbedarf der Anlage liegt bei 20 % des produzierten Stroms und 25 % der produzierten Wärme. Die danach verbleibende Überschusswärme wird zu 20 % genutzt.

Der Gärrückstand wird zu 50 % entwässert und direkt in der Landwirtschaft verwertet. Es handelt sich um 359 kg/t Input. Die andere Hälfte wird nachkompostiert und zu Kompost verarbeitet. Über den Kompost lassen sich 24 kg/t Torf und 32 kg/t Rindenhumus substituieren, bezogen auf den Fertigkompost. Nach den derzeitigen Kenntnissen weisen Vergärungsanlagen bei Emissionen eine große Bandbreite auf, ohne dass hierfür alle Gründe / Randbedingungen bekannt wären.

Die angesetzten Biogas- oder Methan-Erträge sind für Grünabfälle vergleichsweise optimistisch. Sie sind nur zu erreichen, wenn das Material vergleichsweise frisch ist. Nach Wiegmann [2006] liegt der Gasertrag von Grünschnitt aus extensiver Pflege bei 150 m<sup>3</sup>/t Feuchtmasse und einem Methangehalt von 55 %. Aufgrund des hohen Trockensubstanzgehaltes sind Grün- und Rasenschnitt nicht als Monosubstrate zu empfehlen. Da es nur saisonal anfällt, muss es für eine ganzjährige Bereitstellung silliert werden. Außerdem müssen vor dem Fermenter Störstoffe wie Äste und Steine entfernt werden. IfaS [2007] gibt für die energetische Nutzung von Grünschnitt über eine Biogasanlage einen Methanertrag von 46 Nm<sup>3</sup>/t Feuchtsubstanz an.



Tabelle 3-9 Energieausbeuten für Grünschnitt [Wiegmann 2006]

spez. Erträge	Schnitt Juni	Schnitt September	Schnitt Januar
Biogasertrag (l/kg oTS)	500 – 550	400 – 420	280 – 300
Spez. Methanertrag (l/kg oTS)	300	230	190

Es ist anhand der derzeit verfügbaren Daten nicht möglich, Biogas- und Methanerträge von Landschaftspflegeaufwuchs abzuleiten. Es wurde versucht, in einem Forschungsprojekt Abhilfe zu leisten, indem man über 3 Jahre Pflanzenproben entnommen und im Labor vergoren hat. Bei allen Proben handelt es sich immer um den ersten Aufwuchs; die Proben wurden monatlich in den Zeiträumen Juni bis März entnommen. Im Mittel zweier Untersuchungsjahre betragen die Aufwuchsmassen 4,6 t TS/ha im Juni, 8,1 t TS/ha im August und September und 1,1 t TS/ha im Februar. Die Biogaserträge fallen umso niedriger aus, je später das Material geerntet wurde. Wegen der Materialeigenschaften sind zudem sehr lange Verweilzeiten in den Fermentern nötig, um die maximalen Erträge zu erreichen. Es zeigt sich entgegen bspw. Biomüll nur ein flacher Anstieg der Biogas-Summenkurve, was auf den steigenden Anteil an Rohfaser über den Jahresgang zurück zu führen ist, die für einen anaeroben Abbau kaum zur Verfügung stehen. Selbst die höchsten Gaserträge im Juni sind deutlich niedriger als für frisches Gras, Mais oder ähnliches und stimmen gut mit den in der Tabelle genannten Werten für Extensivgrünland überein. Die vergleichsweise geringen Methangehalte für dieses Material resultieren aus den vergleichsweise geringen Gehalten an Rohprotein und Rohfett. Das Grünmaterial muss ggf. siliert werden. Mit zunehmendem Alter des Materials ist dies immer schwieriger möglich. Sinkende Zuckergehalte führen zu einer verringerten Milchsäureproduktion, so dass sich ab September das Grünmaterial kaum noch silieren lässt [Prochnow et al. 2007].

Faktisch dürfte es praktikabler sein, das krautige Grünmaterial in Anlagen einzusetzen, deren Hauptmassenstrom Bioabfälle, nachwachsende Rohstoffe oder ähnliches darstellen.

Eine weitere Option stellt die optimierte Biogaserzeugung und -nutzung dar. Diese Alternative stellt eine optimierte Vergärung des Bioabfalls dar. So wird die bei der Bio-

gasnutzung erzeugte Überschusswärme zu 80 % genutzt und der anfallende Gärrest vollständig nachkompostiert. Es werden 146 kWh/t Wärme vermarktet. Es verbleiben 353 kg/t Input Kompost zur Nutzung. Mit diesem Kompost lassen sich 80 kg/t Torf sowie 82 kg/t Rindenumus substituieren. Eine weitere Optimierung stellt die weit geringere Rate an klimawirksamen Emissionen dar.

### **3.5.1 Ökologische Bewertung**

Vereinfachend wird für die Option Verbleib auf der Fläche in der ökologischen Bilanzierung davon ausgegangen, dass diese Option mit keinem gesonderten Aufwand verbunden ist, aber auch ein anrechenbarer Nutzen entfällt. Die Option taucht demnach in den Ergebnisdarstellungen nicht auf.

Gegenüber einem Verbleib auf der Fläche ist der Aufwand der Bergung der Biomasse und ihrer Behandlung / Verwertung aus ökologischer Sicht vor allem dann zu rechtfertigen, wenn die Biomasse zur Biogaserzeugung und dieses mit hohen Wirkungsgraden genutzt wird.

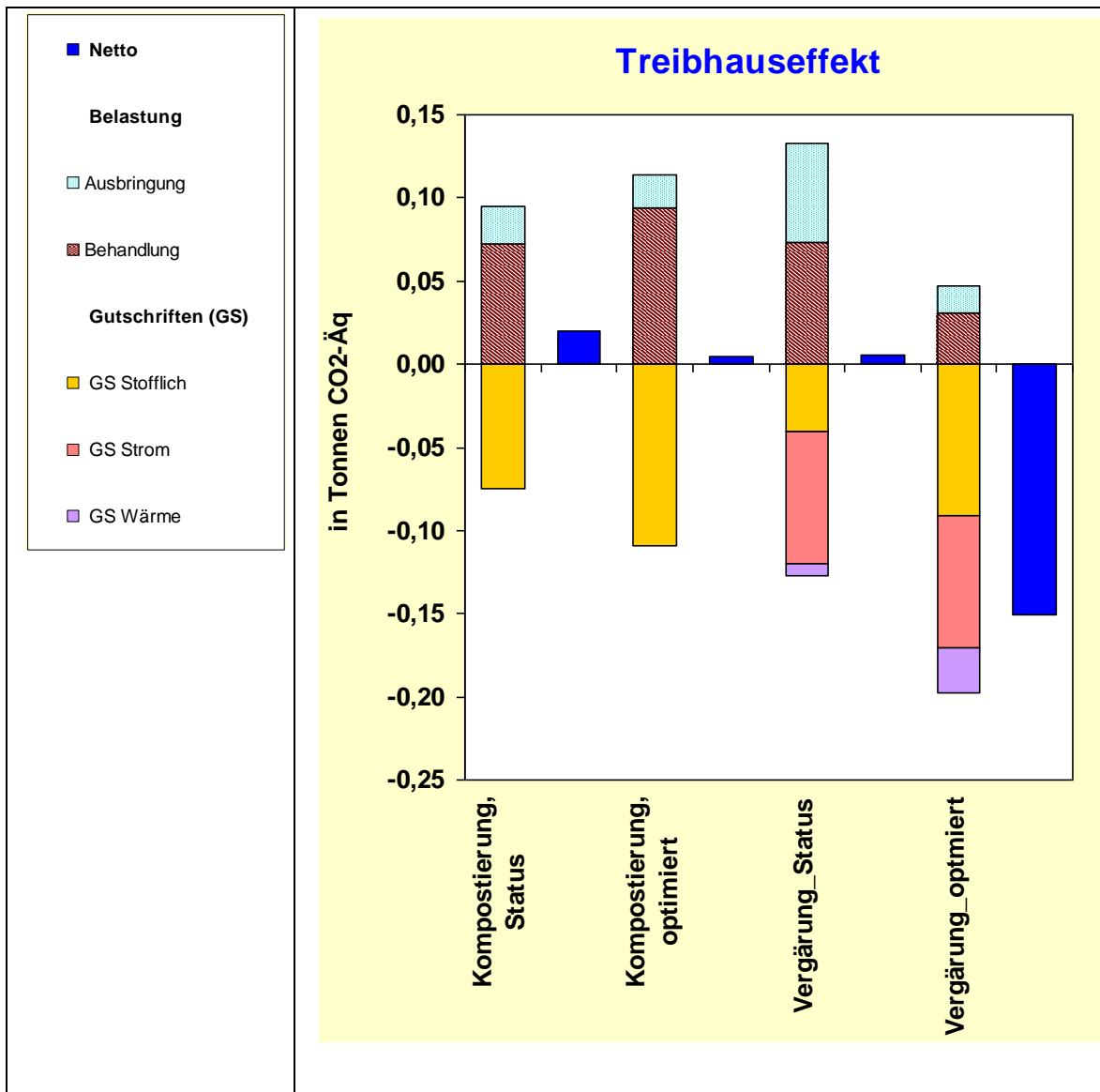


Abb. 3-7 Vergleich der Optionen für Grünabfall (krautig) – Treibhauseffekt

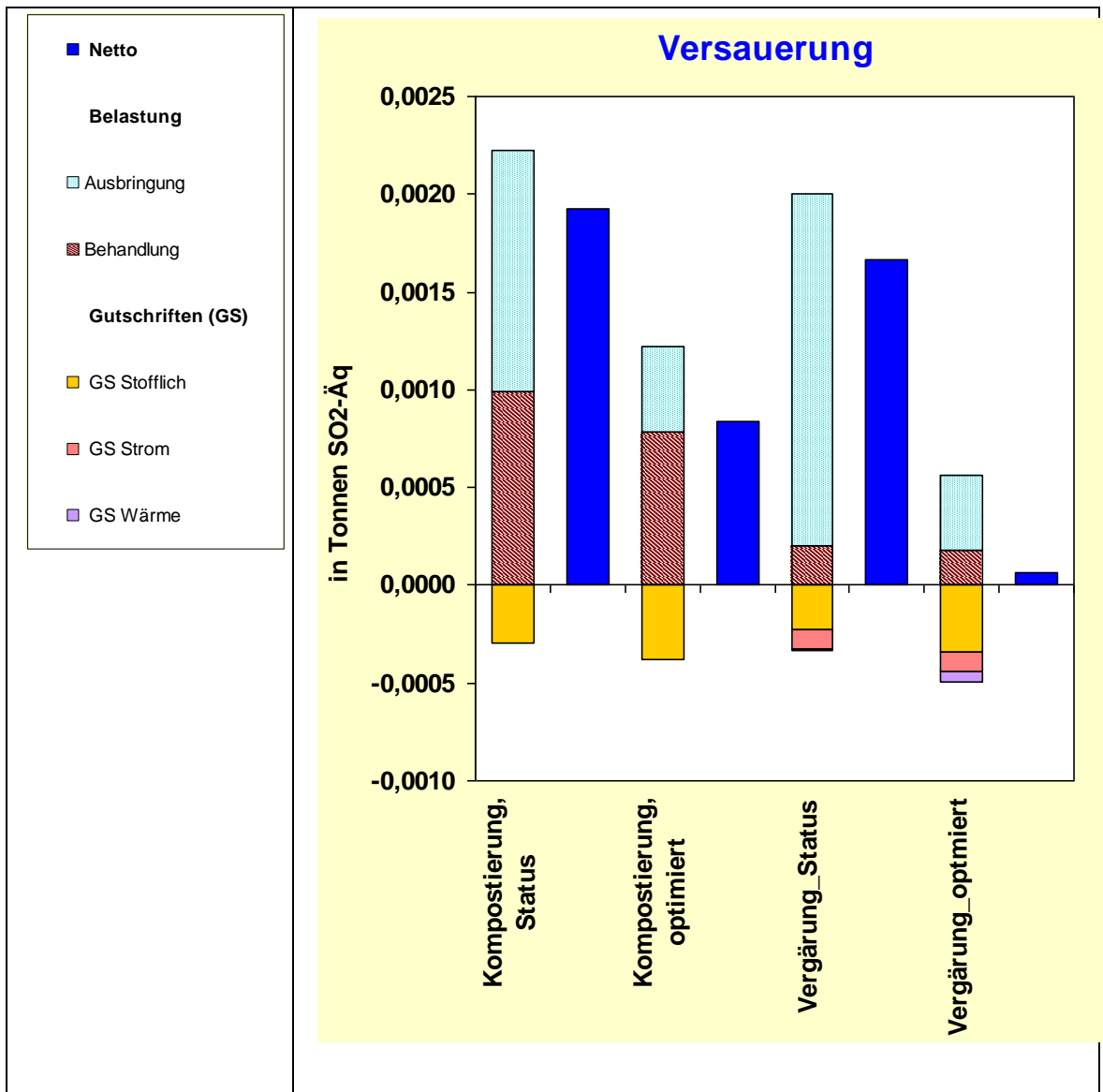


Abb. 3-8 Vergleich der Optionen für Grünabfall (krautig) – Versauerung

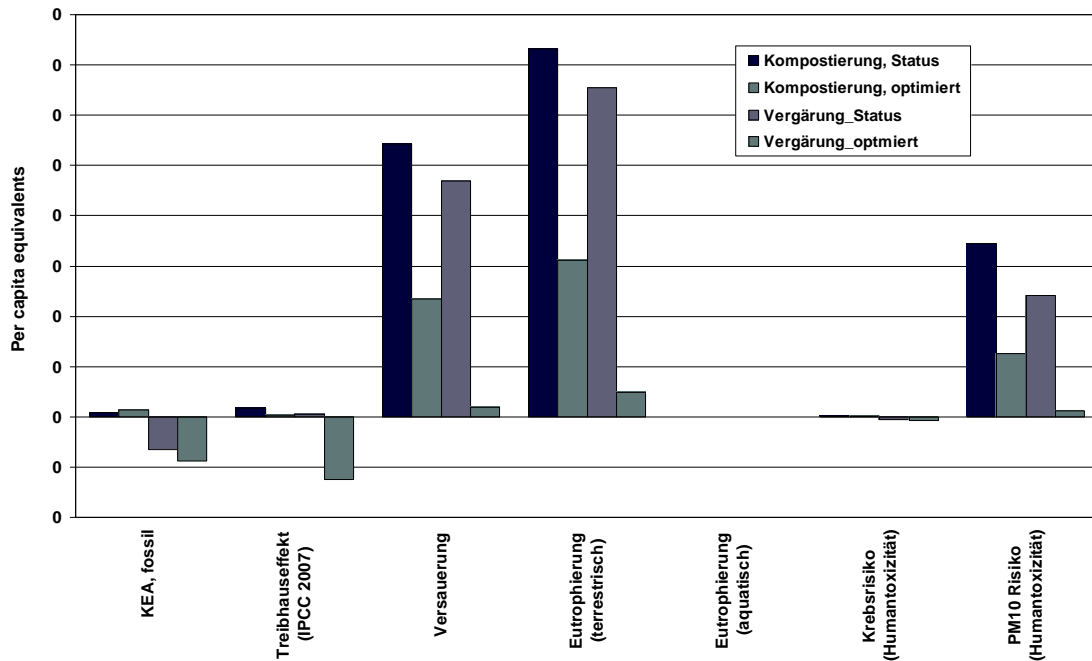


Abb. 3-9 Übersicht über die Ergebnisse (netto) – normiert pro Einwohner

### 3.5.2 Ökonomische und technische Betrachtung

Ökonomisch gesehen ist die getrennte Erfassung von Biomüll solange sinnvoll, wie die Investitionen in die dafür zusätzlich benötigten Anlagen oder Anlagemodifikationen zur Vergärung, Entwässerung und Kompostierung den entstehenden Mehrerlös aus der Veräußerung von Strom, Wärme und Kompost nicht übersteigen.

Für die bereits beschriebenen Optionen werden nun im Folgenden kurze wirtschaftliche Vergleiche erbracht. Hierfür wird davon ausgegangen das pro kWh<sub>el</sub> ca. 0,09 €, pro kWh<sub>th</sub> ca. 0,03 €, für Torf ca. 60 €/t und für Rindenumus ca. 45 €/t Umsatz generiert werden können.

Unter gegebenen Annahmen würde sich die klassische Kompostierung im Gegensatz zum Verbleib auf der Fläche somit wie folgt darstellen:

Tabelle 3-10 Kostenbetrachtung Kompostierung – Verbleib auf der Fläche

Bergung und klassische Kompostierung ggü. Verbleib auf der Fläche			
	Ertrag pro t Input	Umsatz pro Einheit	Umsatz pro t Input
Torf (bei Inwertsetzung)	48 kg	0,060 €/kg	2,88 €
Rindenumus (bei Inwertsetzung)	49 kg	0,045 €/kg	2,21 €
		<b>Summe</b>	<b>5,09 €</b>

Das Szenario der optimierten Komposterzeugung wäre demnach gegenüber dem Szenario des Verbleibs auf der Fläche solange zu bevorzugen, wie Mehraufwendungen dafür unter oder maximal gleichauf mit einem Betrag von knapp über 5 €/t Input\*a liegen.

Für eine Beispielmenge von 50.000 t/a würde sich somit ein jährlich zur Verfügung stehender Betrag von bis zu 254.500 € ergeben, welcher sämtliche zusätzlichen Investitions- und Betriebskosten abdecken müsste. Auf eine Laufzeit von 20 Jahren läge der Gesamtbetrag ohne berücksichtigte Preisänderungen bei ca. 5,1 Mio. €.

Während der optimierten Vergärung würden sich im Gegensatz zur klassischen Vergärung die Erlöse wie folgt ergeben.

Tabelle 3-11 Kostenbetrachtung konventionelle und optimierte Vergärung

<b>Optimierte ggü. klassischen Vergärung (bei Inwertsetzung von Torf und Rindenumus-Substituten)</b>				
		Ertrag pro t Input	Umsatz pro Einheit	Umsatz pro t Input
Torf (bei Inwertsetzung)	optim. Vergärung	146 kWh	0,030 €/kWh	4,38 €
	klass. Vergärung	-37 kWh	0,030 €/kWh	-1,11 €
Rindenumus (bei Inwertsetzung)	optim. Vergärung	80 kg	0,060 €/kg	4,80 €
	klass. Vergärung	-24 kg	0,060 €/kg	-1,44 €
Rindenumus	optim. Vergärung	82 kg	0,045 €/kg	3,69 €
	klass. Vergärung	-32 kg	0,045 €/kg	-1,44 €
<b>Summe zu Gunsten der Optimierung</b>				<b>8,88 €</b>

Das Szenario der optimierten Biogaserzeugung wäre demnach gegenüber dem Szenario der klassischen Biogaserzeugung solange zu bevorzugen, wie Mehraufwendungen dafür unter oder maximal gleichauf mit einem Betrag von rund 9 €/t Input\*a liegen.

Der jährlich zur Verfügung stehende Mehrbetrag würde sich bei der genannten Beispielmenge von 50.000 t/a auf 444.000 € belaufen. Der Gesamtbetrag über eine Laufzeit von 20 Jahren ohne Berücksichtigung von Preisänderungen läge damit bei ca. 8,9 Mio. €.

Ein allgemeiner Vergleich zwischen der Verbrennung von Bioabfall und der optimierten Vergärung würde sich wie folgt darstellen:

Tabelle 3-12 Kostenbetrachtung Vergärung - Müllverbrennung

<b>Optimierte Vergärung ggü. Müllverbrennung ohne Strom- und Wärmeveräußerung</b>			
	Ertrag pro t Input	Umsatz pro Einheit	Umsatz pro t Input
Strom	170 kWh	0,090 €/kWh	15,30 €
Wärme	146 kWh	0,030 €/kWh	4,38 €
Torf (bei Inwertsetzung)	80 kg	0,004 €/kg	0,32 €
Rindenumus (bei Inwertsetzung)	82 kg	0,004 €/kg	0,33 €
<b>Summe zu Gunsten der Optimierung</b>			<b>20,33 €</b>

Das Szenario der optimierten Biogasproduktion wäre demnach gegenüber dem Szenario der Müllverbrennung solange zu bevorzugen, wie Mehraufwendungen dafür unter oder maximal gleichauf mit einem Betrag von rund 20 €/t Input\*<sup>a</sup> liegen.

Der jährlich zur Verfügung stehende Mehrbetrag würde sich bei der genannten Beispielmenge von 50.000 t/a auf 1.016.500 € belaufen. Der Gesamtbetrag über eine Laufzeit von 20 Jahren ohne Berücksichtigung von Preisänderungen läge damit bei rund 20,7 Mio. €.

Für alle Beispiele müsste wie bei den Bioabfällen darauf geachtet werden, dass durch die Verwertungsänderung (z. B. Vergärung anstatt Verbrennung) Mengen vom ursprünglichen Verwertungsort abgezogen werden, was wiederum in einer Verminderung der Umsätze bzgl. des Verkaufs von Wärme und/oder Strom sowie Kompost am vorhergehenden Verwertungsort münden kann. Tatsächlich wegfallende Umsätze müssten daher zusätzlich in Abzug gebracht werden. Außerdem entstehen für die Torf- und Rindenumus-Substitute aufgrund der hohen Gesamtmenge an Kompost erneut höhere logistische Kosten. Angegebene Umsätze pro Einheit müssen demnach als Preise ab Werk verstanden werden oder mit einer entsprechenden Umsatzminderung verrechnet werden.

Die nachfolgende Beispieltabelle zeigt, welche wirtschaftlichen Parameter mit der optimierten Variante der Vergärung bei einer elektrischen Anlagenleistung von 500 kW einhergehen. Vorausgesetzte Anlagenkennzahlen sind ebenfalls aufgeführt.

Tabelle 3-13 Anlagenparameter und Erträge einer 500 kW-Grünabfall-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung

Anlagenkennzahlen				
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme 2011				
Daten zur Anlagenleistung				
BHKW-Leistung el.		500,0 kW		
BHKW-Leistung th.		573,3 kW		
BHKW-Wirkungsgrad el.		37,5%		
BHKW-Wirkungsgrad th.		43,0%		
Stromkennzahl		0,8721		
Betriebsstunden		7.500		
Daten zu Input und Verarbeitung				
Input: Grünabfälle krautig		17.668 t/a		
Methangasbedarf		1.000.000 m³		
Biogasbedarf (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)		1.818.182 m³		
Biogasdurchsatz (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)		242,4 m³/h		
Methangasdurchsatz		133,3 m³/h		
Daten zu Fermenter und Gärrestlager				
Ø-Faulraumbelastung		2,50 kg oTS/m³/d		
Gärrestlagervorhaltezeitraum		20 Wochen		
Gärrestdichte (unentw ässert)		0,98 t/m³		
Gärrestmasse (unentw ässert)		15.346 t/a		
Benötigter Fermenterraum		4.260 m³		
davon liegender Fermenterraum		0 m³		
Benötigter Gärrestraum		6.023 m³		
Ø-Verweilzeit		36 d		
Verwendung der erzeugten Energie				
Stromeigenbedarf		20%		
Wärmeeigenbedarf		25%		
Veräußerungsanteil der Überschusswärme		80%		
Wärmeverluste bzgl. Überschusswärme		0%		
Wärmenetzlänge		50 m		
Vergütung				
Vergütungsart	Status	pro kWh	pro a	pro a*20
EEG-Grundvergütung	Ja	0,0967 €	290.207 €	5.804.148 €
NawaRo-Bonus	Ja	0,0686 €	205.800 €	4.116.000 €
KWK-Bonus	Ja	0,0294 €	66.150 €	1.323.000 €
Technologie-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Güllebonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Formaldehyd-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
		∑	0 €	0 €
Ø-Umsatz durch Wärme über die Laufzeit		0,0537 €	138.651 €	2.773.023 €
		∑	138.651 €	2.773.023 €

Wirtschaftliche Übersicht		
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)		1.969.379 €
Erwartete Kapitalverzinsung		9,00% p.a.
Laufzeit		20 Jahre
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne		3,50% p.a.
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition		15%
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)		148.461 €
Ein- & Auszahlungen		
Kostenart	Ggf. Preissteigerung	Ø über die Laufzeit
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	2.079.631 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	2.132.808 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	1.969.379 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €
Substratkosten	1,50% p.a.	277.214 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €
Gärrestverwertungskosten	2,00% p.a.	55.932 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	60.458 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	52.571 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	22.530 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.126 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	22.908 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	2.235 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	3.663 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €
	<b>∑ Auszahlungen</b>	<b>499.637 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	496.007 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	66.150 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	138.651 €
	<b>∑ Einzahlungen</b>	<b>700.809 €</b>
	<b>∑ Einzahlungen abzgl. ∑ Auszahlungen</b>	<b>201.171 €</b>
	<b>∑ Einzahlungen abzgl. ∑ Auszahlungen (diskontiert)</b>	<b>98.469 €</b>
Kapitalwert		
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten		0 €
Maximal bezahlbarer Ø-Substratpreis über die Laufzeit		15,69 €/t
Maximal bezahlbarer Anfangs-Substratpreis (Preis in Periode 1)		13,57 €/t



Wie in der Tabelle zu erkennen ist, kann bei einer Kapitalverzinsung von 9 % p.a. trotz der 80 prozentigen Veräußerung der Überschusswärme nur ein geringer Deckungsbeitrag von etwa 13,50 €/t Input (Steigerung: 1,5 % p.a.) erwirtschaftet werden. Vorausgesetzt der Deckungsbeitrag wird auf 0 gesetzt, ist der Betrag äquivalent zu einem Kapitalwert von rund 2,4 Mio. oder einer Kapitalverzinsung von rund 24 % p.a.

Dieser Betrag ist zwar positiv, bringt aber für das genannte Beispiel (4,6 t/TM\*Mahd; 2 x Mahd/a; 20 % TM) nur einen Deckungsbetrag von rund 620 €/ha\*a. Es wird angenommen, dass die Bewirtschaftungskosten jedoch bei rund 1.000 €/ha\*a liegen.

Auch das KTBL nennt in Verbindung mit seinem Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas (online unter [www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)) einen Substratpreis von 21,50 €/t, welcher mehr als eineinhalb Mal so hoch ist. Für das Ertragsbeispiel bedeutet dies einen Preis von 989 €/ha\*a. Der erwirtschaftete Deckungsbeitrag sichert daher nur rund 63 % der üblichen Substratkosten ab. Selbst eine Senkung der Kapitalverzinsung auf 3,5 % p.a. erhöht den Deckungsbeitrag nur um ca. 3,50 €/t auf rund 17 €/t. Bei einem angenommenen Substratpreis von 21,50 €/t wäre das Ergebnis bei der reinen Grünabfallvergärung daher klar negativ. Die Allein-Vergärung solcher Substrate könnte daher nur bei Kosten um die 17 €/t (frei Anlage) und darunter empfohlen werden.

### **3.6 Krautiges Landschaftspflegematerial**

Eine energetische Nutzung der Biomasse aus der Landschaftspflege unterstützt in der Regel naturschutzfachliche Zielsetzungen. Wie eine Bestandsaufnahme der Streuobstwiesen am Albtrauf zeigte [Wiegmann et al. 2006], werden die Wiesen unterschiedlich häufig gemäht (0 bis 6mal pro Jahr). Das Schnittgut wird bislang sowohl abgeräumt als auch gemulcht, wobei eine Abräumpflicht ideal wäre. Die Graserträge werden als mittelhoch eingestuft, wobei die Bandbreite von Magerstandorten bis Fettweiden reicht.

#### **3.6.1 Option: Verbleib auf der Fläche**

Diese Option stellt in vielen Fällen die klassische Art des Umgangs mit krautigen Grünabfällen dar. Grasschnitt wird gemulcht, d.h. nicht in Schwaden geschnitten. Wie bei einem Rasenmäher wird der Grasschnitt zerschlagen und zugleich etwas in den Boden eingearbeitet. Ansonsten wird Grünschnitt auch auf den Bettflächen zurück gelassen oder gezielt auf den Pflanzbeeten als Mulchmaterial aufgebracht.

Der Grünschnitt setzt sich mit der Zeit um und mineralisiert, der Kohlenstoff veratmet, die Nährstoffe werden pflanzenverfügbar. Der Verbleib auf den Flächen erfolgt kaum aus einer Notwendigkeit für die Pflanzenernährung oder Versorgung der Böden heraus, treibende Kraft ist in der Regel die Kostenvermeidung.

Vereinfachend wird für die ökologische Bilanzierung davon ausgegangen, dass diese Option mit keinem gesonderten Aufwand verbunden ist, aber auch ein anrechenbarer Nutzen entfällt.

### 3.6.2 Option: Bergung und energetische Nutzung über Feuerungsanlage

Trockener Grasschnitt hat mit 14-17 MJ/kg einen Heizwert ähnlich Stroh. Es muss möglichst trocken und spät geerntet werden, um den Gehalt an Wasser, N und Cl zu minimieren. Dementsprechend wäre ein Spätschnitt bspw. im Winter ideal. Die Verbrennung erfolgt als Ballen in Strohheizwerken, Strohvergäsern oder über eine Mitverbrennung in Biomasse- oder konventionellen (Groß)Kraftwerken.

Tabelle 3-14 Inhaltsstoffe und verbrennungsspezifische Stoffeigenschaften von Grünlandaufwuchs im Vergleich zu Stroh und Holz [Rösch et al. 2007]

Parameter	Einheit	Futterwiese intensiv	Futterwiese extensiv	Streuwiese	Stroh	Holz
Rohprotein	% TM	15-20	10-15	5-10	3,5 – 5	-
Rohfaser	% TM	20-25	30-35	35-45	45-50	-
N	% TM	2-3	1,5-2	1-1,5	0,4-0,6	0,15
Schwefel	% TM	0,14 – 0,16			0,05–0,1	0,015
Chlor	% TM	0,3 – 1,4			0,3 – 0,8	0,005
Kalium	% TM	1,5 – 2			1 – 1,8	0,14
Asche	% TM	5 – 9			5 – 6	0,5
Heizwert	MJ/kg TM	16,4 – 17,4			17,1 – 17,6	18,5
Erweichungspunkt	°C	870-1060			885-930	1425

Besonders problematisch ist für die Verbrennung von Heu der niedrige Ascheerweichungspunkt. Dies kann angesichts der Verbrennungstemperaturen zu Ascheverschlackungen führen, bzw. entsprechende Anbackungen im Feuerraum, auf dem Rost oder

an den Wärmetauscherflächen. Die Ascheerweichung wird über den Kaliumgehalt bestimmt. In einem gewissen Ausmaß kann die Brennstoffeigenschaft von Heu deshalb durch die Wahl des Schnittzeitpunktes und durch die Feldtrocknung des geschnittenen Materials beeinflusst werden. Ein Verschieben des Schnittzeitpunktes nach hinten führt zu abnehmendem N-Gehalt. Regnet es öfter auf das Heu, kommt es zum Auswaschen von Chlor und Kalium [Rösch et al. 2007].

Die idealen Anforderungen an das zur Verbrennung vorgesehene Heu wäre daher: stark überständig und möglichst verregnet, d.h. diametral entgegengesetzt zu den ansonsten üblichen Wert gebenden Eigenschaften.

Die diskutierte Nutzung erfolgt gemeinsam mit anderen Biomassen in einer Feuerungsanlage. Es wird ein Brenner aus Schweden mit 2-kammriger Feuerung angenommen [SWEBO 2009].

Angesetzt wird ein Aufkommen von 1,1 t Trockensubstanz /ha, gewonnen aus einer einmaligen spät im Jahr gelegenen Mahd. Der Heizwert liegt bei 17 MJ/kg. Die abgegebene Wärme liegt bei einem Kesselwirkungsgrad von 90 % bei 585 kWh/t.

### **3.6.3 Option: Intensivierung – Steigerung des Flächenertrages**

Eine weitere Option könnte darin liegen, nicht mehr zur Raufuttermittellieferung benötigte Grünflächen weiterhin vergleichsweise intensiv zu nutzen und den Grünlandaufwuchs frisch als Substrat für die Biogaserzeugung zu nutzen.

Angenommen wird eine zweimalige Mahd im Jahr mit einem Flächenertrag von 4,6 t Trockensubstanz pro Hektar. Die Gasrate wird mit 88,3 m<sup>3</sup>/t und ein Methangehalt von 54 % angenommen. Der Eigenbedarf der Anlagen liegt bei 10 % des produzierten Stroms und 35 % der produzierten Wärme. Für die Nutzung der Überschusswärme werden zwei Szenarien unterschieden.

### **3.6.4 Ökologische Bewertung**

Wie die ökologische Bewertung zeigt, kann es aus ökologischer Sicht sinnvoll sein, die Biomasseproduktion zu intensivieren. Der deutlich höhere Aufwand für die Bestellung der Flächen wird von dem erzielbaren Nutzen mehr als aufgewogen.

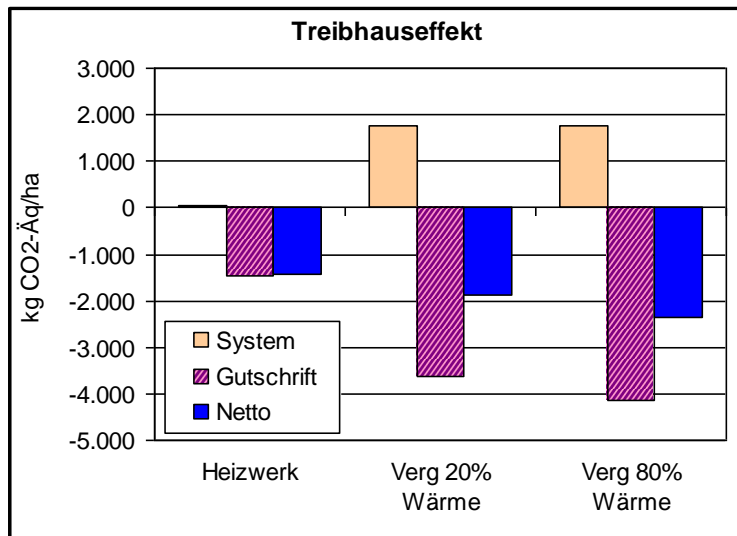


Abb. 3-10 Nutzung von Landschaftspflegematerial – Treibhauseffekt

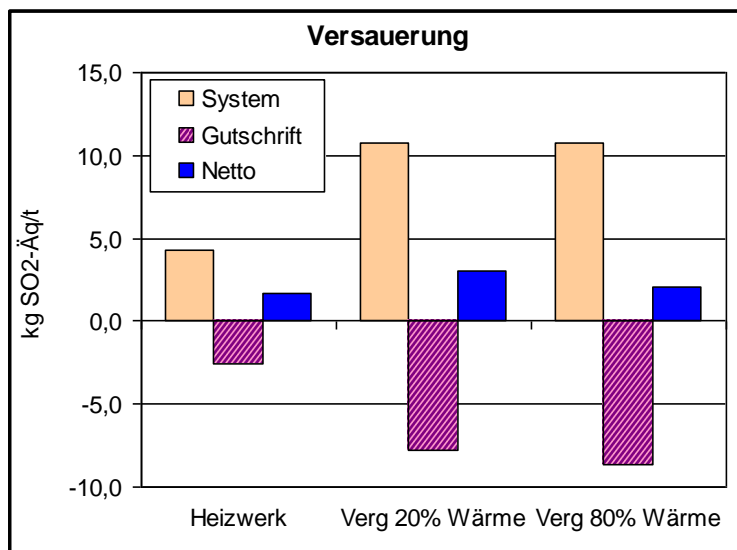


Abb. 3-11 Nutzung von Landschaftspflegematerial – Versauerung

### 3.6.5 Ökonomische und technische Betrachtung

Die nachfolgende Beispieltabelle zeigt, welche wirtschaftlichen Parameter sich bei der Option der Intensivierung des Flächenertrags und der Variante der Vergärung bei einer elektrischen Anlagenleistung von 500 kW ergeben. Für das Beispiel wurde ein TM-Anteil des Landschaftspflegematerials von 20 % angenommen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass 80 % der Überschusswärme abgesetzt werden können.

Tabelle 3-15 Anlagenparameter und Erträge einer 500 kW-Landschaftspflegematerial-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung

Anlagenkennzahlen				
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme		2011		
Daten zur Anlagenleistung				
BHKW-Leistung el.		500,0 kW		
BHKW-Leistung th.		573,3 kW		
BHKW-Wirkungsgrad el.		37,5%		
BHKW-Wirkungsgrad th.		43,0%		
Stromkennzahl		0,8721		
Betriebsstunden		7.500		
Daten zu Input und Verarbeitung				
Input: Krautiges Landschaftspflegematerial		20.972 t/a		
Methangasbedarf		1.000.000 m³		
Biogasbedarf (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)		1.851.852 m³		
Biogasdurchsatz (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)		246,9 m³/h		
Methangasdurchsatz		133,3 m³/h		
Daten zu Fermenter und Gärrestlager				
Ø-Faulraumbelastung		2,50 kg oTS/m³/d		
Gärrestlagervorhaltezeitraum		20 Wochen		
Gärrestdichte (unenw ässert)		0,98 t/m³		
Gärrestmasse (unenw ässert)		18.585 t/a		
Benötigter Fermenterraum		4.137 m³		
davon liegender Fermenterraum		0 m³		
Benötigter Gärrestraum		7.294 m³		
Ø-Verweilzeit		24 d		
Verwendung der erzeugten Energie				
Stromeigenbedarf		10%		
Wärmeeigenbedarf		35%		
Veräußerungsanteil der Überschusswärme		80%		
Wärmeverluste bzgl. Überschusswärme		0%		
Wärmenetzlänge		50 m		
Vergütung				
Vergütungsart	Status	pro kWh	pro a	pro a*20
EEG-Grundvergütung	Ja	0,0967 €	326.483 €	6.529.667 €
NawaRo-Bonus	Ja	0,0686 €	231.525 €	4.630.500 €
KWK-Bonus	Ja	0,0294 €	57.330 €	1.146.600 €
Technologie-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Güllebonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Formaldehyd-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
		Σ	0 €	0 €
Ø-Umsatz durch Wärme über die Laufzeit		0,0537 €	120.164 €	2.403.286 €
		Σ	120.164 €	2.403.286 €
Wirtschaftliche Übersicht				
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)		2.021.061 €		
Erwartete Kapitalverzinsung		9,00% p.a.		
Laufzeit		20 Jahre		
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne		3,50% p.a.		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition		15%		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)		152.357 €		
Ein- & Auszahlungen	Kostenart	Ggf. Preissteigerung	Ø über die Laufzeit	
	Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	2.131.313 €	
	Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	2.184.490 €	
	Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	2.021.061 €	
	Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	
	Substratkosten	1,50% p.a.	296.256 €	
	Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	
	Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €	
	Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €	
	Gärrestverwertungskosten	2,00% p.a.	67.734 €	
	Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	60.458 €	
	Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	52.571 €	
	Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	22.530 €	
	Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.126 €	
	Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	23.661 €	
	Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	2.367 €	
	Grundstückspacht	1,00% p.a.	3.880 €	
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €		
	Σ <b>Auszahlungen</b>		<b>531.584 €</b>	
	Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	558.008 €	
	KWK-Bonus	0,00% p.a.	57.330 €	
	Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	120.164 €	
	Σ <b>Einzahlungen</b>		<b>735.503 €</b>	
	Σ <b>Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>		<b>203.919 €</b>	
	Σ <b>Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>		<b>101.053 €</b>	
<b>Kapitalwert</b>		<b>0 €</b>		
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten		439.508 €		
Maximal bezahlbarer Ø-Substratpreis über die Laufzeit		14,13 €/t		
Maximal bezahlbarer Anfangs-Substratpreis (Preis in Periode 1)		12,22 €/t		

Bei einer erwarteten Kapitalverzinsung von 9 % p.a. kann zusätzlich ein anfänglicher Deckungsbeitrag von rund 12 €/t (Steigerung: 1,5 % p.a.) erwirtschaftet werden. Dieser Betrag ist positiv, bringt aber für das genannte Beispiel (4,6 t/TM\*Mahd; 2 x Mahd/a; 20 % TM) nur einen Deckungsbeitrag von rund 560 €/ha\*a. Es wird jedoch erneut angenommen, dass die Bewirtschaftungskosten bei rund 1.000 €/ha\*a liegen.

Auch das KTBL nennt in Verbindung mit seinem Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas (online unter [www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)) einen Substratpreis von 21,50 €/t, welcher fast doppelt so hoch ist. Für das Ertragsbeispiel bedeutet dies einen Preis von 989 €/ha\*a. Der erwirtschaftete Deckungsbeitrag sichert daher nur rund 57 % der üblichen Substratkosten ab. Selbst eine Senkung der Kapitalverzinsung auf 3,5 % p.a. erhöht den Deckungsbeitrag nur um rund 3 €/t auf knapp über 15 €/t. Bei einem angenommenen Substratpreis von 21,50 €/t wäre das Ergebnis bei der reinen Vergärung von Landschaftspflegematerial daher klar negativ. Die Vergärung solcher Substrate könnte daher nur bei Kosten um die 15 €/t (frei Anlage) und darunter empfohlen werden.

### **3.7 Holzige Grünabfälle / Waldrestholz**

Für die nachfolgende Diskussion werden vereinfachend holzige Grünabfälle, Altholz sowie Waldrestholz zusammengefasst. In der Praxis sind die Heizwerte unterschiedlich, sowie auch bspw. die N-Gehalte und damit die Schadstoffkonzentrationen im Abgasmassenstrom.

Holzige Abfälle werden klassisch über Dampfkraftanlagen genutzt. Meist handelt es sich um Dampfturbinen als Kondensationsturbinen oder Entnahme-Kondensationsturbinen. Dampfmaschinen sind eher bei kleinen Anlagen (bis etwa 2 MW<sub>el</sub>) verbreitet. Die Verbrennung erfolgt entweder über Rost- oder über Wirbelschichtfeuerungen. Letztere werden in der Regel erst ab 10 MW<sub>el</sub> eingesetzt. Prinzipiell sind bei wärmegeführter Betriebsweise Gesamtnutzungsgrade von 80-85 % erzielbar. [Scholwin et al. 2007]

Holzige Abfälle vor allem aus dem Bereich Grünschnitt werden aber auch zur Komposterzeugung genutzt. Nicht selten erfolgt dabei eine Verwertung der Grünabfälle getrennt von den Bioabfällen aus Haushalten und anderen Bioabfallmassen. Nicht selten handelt es sich um kleine, technisch einfach ausgelegte Anlagen. Aufgrund des geringeren Nährstoffgehaltes der Komposte bergen diese ein vergleichsweise hohes Potenzial zur Vermarktung über Erdenwerke bzw. im Gartenbau. Die technischen Randbe-

dingungen wurden bereits bei der Diskussion anderer Biomassen erläutert.

Für holzige Restmassen aus der Forstwirtschaft bietet sich immer die Aufbereitung zu Hackschnitzeln (weiß) an. Die Optionen der Kompostierung werden allein aus wirtschaftlichen Gründen nicht genutzt.

### 3.7.1 Ökologische Bewertung

Wie die Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung zeigen, hat die direkte energetische Nutzung über Holz hackschnitzeln gegenüber den Verwertungsoptionen Kompostierung deutliche Vorteile. Dies gilt über alle diskutierten Umweltwirkungskategorien. Der Aufwand der Hackschnitzelerzeugung steht in einem sehr günstigen Verhältnis zum Nutzen, der durch die Energieerzeugung erzielt werden kann.

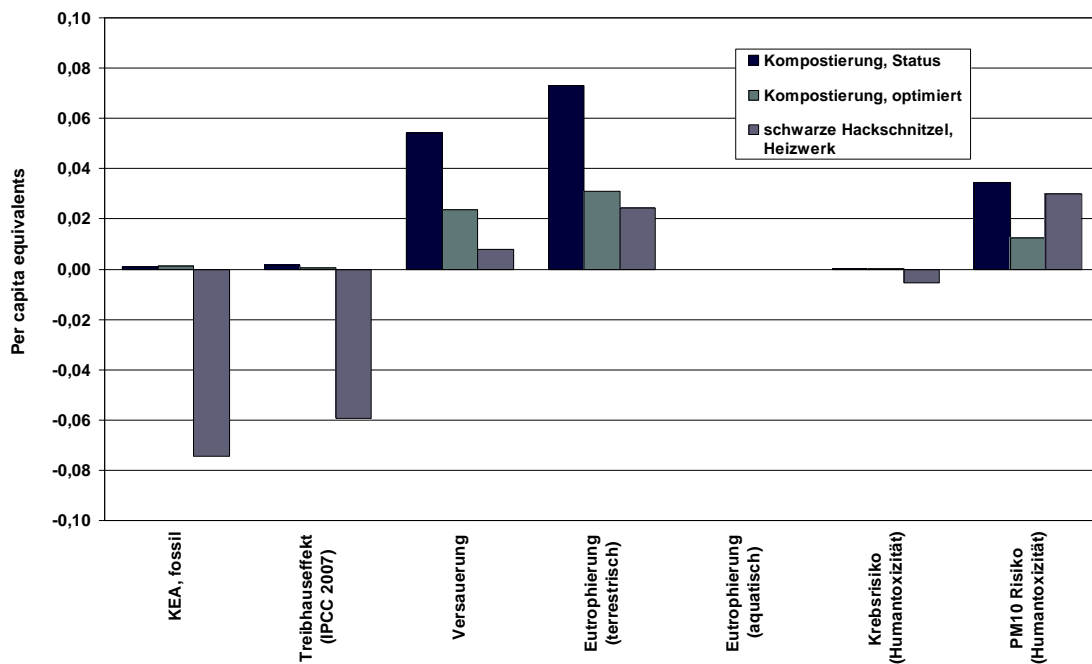


Abb. 3-12 Übersicht über die Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für holzige Grünabfälle aus ökologischer Sicht

Wie man aus der Sektoralanalyse ersehen kann, kann die Option der Kompostierung von Holzigen Abfällen aus ökologischer Sicht optimiert werden. So lassen sich die Emissionen aus dem Behandlungsprozess durch Abluffassung und -reinigung mindern, was die mit der Verwertung verbundenen Lasten mindert. Eine weitere Möglichkeit der Optimierung besteht in einer hochwertigeren Verwertung der erzeugten Kom-

poste. Sie werden möglichst als Zwischenprodukte verstanden zur Herstellung hochwertiger Erden für den Gartenbau.

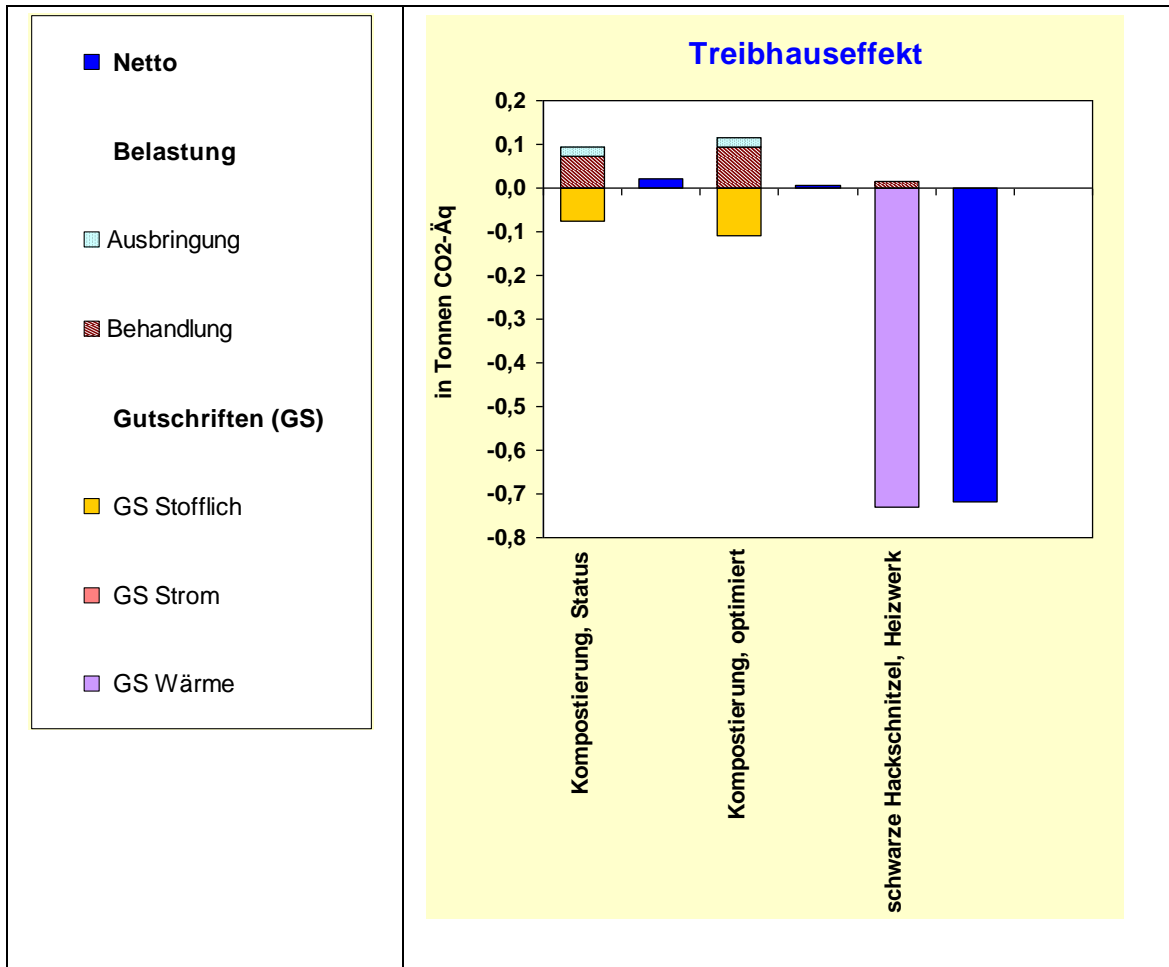


Abb. 3-13 Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für holzige Grünabfälle - Treibhauseffekt



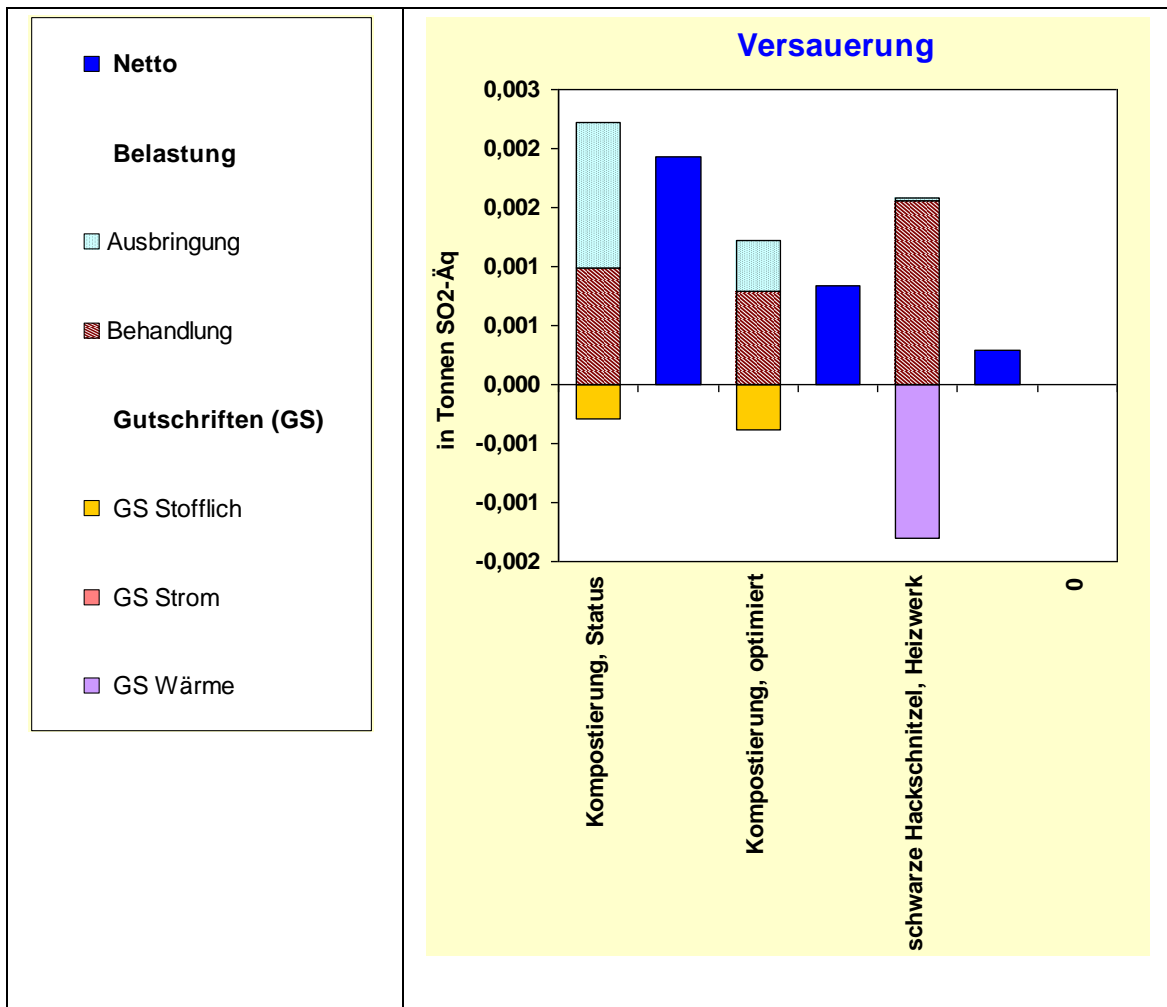


Abb. 3-14 Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für holzige Grünabfälle - Versauerungspotenzial

### 3.7.2 Ökonomisch-technische Betrachtung

#### Erzeugung und Nutzung schwarzer Hackschnitzel

Die im Folgenden dargestellte Beispieltabelle zeigt, welche wirtschaftlichen Parameter bei der Option der Hackschnitzelerzeugung (schwarz) und der Verwertung in einem Heizwerk mit einer thermischen Anlagenleistung von 2.000 kW und 7.500 Betriebsstunden einhergehen. Die elektrische Energieerzeugung durch Biomasse wurde hier ausgeschlossen, da davon ausgegangen wird, dass in den einzelnen Einzugsgebieten nicht genügend Material verfügbar ist, um ein Dampfturbinenkraftwerk wirtschaftlich zu betreiben. Außerdem wurde die Energieerzeugung durch Dampfmaschinen aufgrund des geringen Kesselwirkungsgrades ( $\eta < 20\%$ ) ausgeschlossen.

Im Beispiel wurde davon ausgegangen, dass das Holzhackschnitzel-Material die physikalischen Eigenschaften eines Gemenges besitzt, welches massebezogen zu je einem Viertel aus Pappel-, Ahorn-, Eschen- und Rotbuchenholz besteht. Der TM-Anteil des Gemenges wurde auf 65 % veranschlagt. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass 100 % der Überschusswärme bei 10 % Wärmeleitungsverlusten abgesetzt werden können. Aufgrund des hohen Rindengehalts der schwarzen Hackschnitzel wurden Betriebsmittel- und Ascheentsorgungskosten angesetzt, welche mit 1 % p. a. der Anlagenkosten zwei bis zehnmal so hoch wie sonst üblich liegen [Vgl. FNR (2007), S. 204].

Bei einer erwarteten Kapitalverzinsung von 9 % p.a. kann zusätzlich ein anfänglicher Deckungsbeitrag von etwa 55 €/t (Steigerung: 1,5 % p.a.) erwirtschaftet werden. Dieser Betrag ist rechnerisch äquivalent zu einem Hackschnitzelpreis von rund 16,50 €/Srm. Da die Kosten für schwarze Hackschnitzel i. d. R. zwischen 5 und 14 €/Srm schwanken [IfaS 2006, Energieversorgung mit Holz – Zukunftsmarkt der Gemeinde Nettersheim], wird hier die wirtschaftliche Zielerreichung bei der gegebenen Kapitalverzinsung und einem anfänglichen Nettowärmepreis von 4 €-Cent/kWh (Preissteigerung 3,0 % p.a.) sehr wahrscheinlich möglich sein. Eine Projektierung ist daher wirtschaftlich empfehlenswert.

Sollte das Material im Durchschnitt für 14 €/Srm bezogen werden, so ergibt sich rechnerisch ein Anfangspreis von rund 46,50 €/t (Steigerung: 1,5 % p.a.). Wird der Kapitalwert in diesem Beispiel null gesetzt, liegt die Kapitalverzinsung sogar bei rund 13 % p.a. und lässt eine Projektierung recht lukrativ erscheinen.

Tabelle 3-16 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Holz hackschnitzel-Feuerungsanlage (schwarze HHS)

Anlagenkennzahlen			
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme	2011		
Daten zur Anlagenleistung			
BHKW-Leistung th.	2.000 kW		
BHKW-Wirkungsgrad th.	85,0%		
Betriebsstunden	7.500		
Daten zu Input und Verarbeitung			
Energiebedarf	17.647 MWh/a		
Holzbedarf	5.859 t/a 7.755 Fm/a		
Verwendung der erzeugten Energie			
Wärmeeigenbedarf	0%		
Veräußerungsanteil der Überschußwärme	100%		
Wärmeverluste bzgl. Überschußwärme	10%		
Wärmenetzlänge (Hauptleitung)	500 m		
Umsatz			
Umsatz durch Wärmeveräußerung	pro kWh	pro a	pro a*20
Ø-Umsatz über die Laufzeit	0,0537 €	725.500 €	14.510.002 €
Wirtschaftliche Übersicht			
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)	1.369.058 €		
Erwartete Kapitalverzinsung	9,00% p.a.		
Laufzeit	20 Jahre		
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne	3,50% p.a.		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition	15%		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)	103.206 €		
Ein- & Auszahlungen			
Kostenart	Ggf. Preissteigerung	Ø über die Laufzeit	
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-		1.369.058 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.		1.369.058 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-		1.369.058 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-		0 €
Brennstoffkosten	1,50% p.a.		370.932 €
Betriebsmittel- & Ascheentsorgungskosten	5,00% p.a.		19.579 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.		54.289 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.		60.081 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.		22.530 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.		2.126 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.		13.306 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.		1.814 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.		1.784 €
Sonstiges	0,00% p.a.		0 €
	<b>Σ Auszahlungen</b>		<b>546.440 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.		0 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.		0 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.		725.500 €
	<b>Σ Einzahlungen</b>		<b>725.500 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>		<b>179.061 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>		<b>68.453 €</b>
Kapitalwert (bei nicht Anlage der Periodengewinne)			
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten	0 €		
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten	238.865 €		
Maximal bezahlbarer Ø-Brennstoffpreis über die Laufzeit			63,31 €/t
Maximal bezahlbarer Anfangs-Brennstoffpreis (Preis in Periode 1)	54,76 €/t		

### Erzeugung und Nutzung weißer Hackschnitzel

Die im Folgenden dargestellte Beispieltabelle zeigt, welche wirtschaftlichen Parameter bei der Option der Hackschnitzelerzeugung (weiß) und der Verwertung in einem Heizwerk mit einer thermischen Anlagenleistung von 2.000 kW und 7.500 Betriebsstunden einhergehen. Die elektrische Energieerzeugung durch Biomasse wurde hier ebenfalls ausgeschlossen, da erneut davon ausgegangen wird, dass in den einzelnen Einzugsgebieten nicht genügend Material verfügbar ist, um ein Dampfturbinenkraftwerk wirtschaftlich zu betreiben. Außerdem wurde die Energieerzeugung durch Dampfmaschinen aufgrund des geringen Kesselwirkungsgrades ( $\eta < 20\%$ ) ausgeschlossen. Für das Beispiel wurde davon ausgegangen, dass das Holz hackschnitzel-Material die physikalischen Eigenschaften eines Gemenges besitzt, welches bezogen auf die Masse je zur Hälfte aus Fichten- und Rotbuchenholz besteht. Der TM-Anteil des Gemenges wurde mit 65 % veranschlagt. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass 100 % der Überschusswärme bei 10 % Wärmeleitungsverlusten abgesetzt werden können.

Bei einer erwarteten Kapitalverzinsung von 9 % p.a. kann zusätzlich ein anfänglicher Deckungsbeitrag von etwa 58 €/t (Steigerung: 1,5 % p.a.) erwirtschaftet werden. Dieser Betrag ist rechnerisch äquivalent zu einem Hackschnitzelpreis von rund 16 €/Srm. Da davon ausgegangen wird, dass die Kosten für weiße Hackschnitzel ungefähr zwischen 15 und 22 €/Srm liegen [IfaS 2006, Energieversorgung mit Holz - Zukunftsmarkt der Gemeinde Nettersheim], wird die wirtschaftliche Zielerreichung nur möglich sein, wenn Brennstoffe kontinuierlich im unteren Preisniveau gekauft werden können.

Wird davon ausgegangen, dass Nadelholz zu durchschnittlich 17 €/Srm und Laubholz zu durchschnittlich 22 €/Srm bezogen werden, so ergibt sich rechnerisch ein Anfangspreis von etwa 69 €/t (Steigerung: 1,5 % p.a.). Wird der Kapitalwert in diesem Beispiel null gesetzt, liegt die Kapitalverzinsung nur noch bei rund 3,5 % p.a. und lässt eine Projektierung wenig lukrativ erscheinen. Wird jedoch berücksichtigt, dass Periodengewinne ebenfalls zu durchschnittlich 3,5 % p. a. angelegt werden, so lässt sich die Kapitalverzinsung auf rund 4,5 % steigern. Die Kapitalverzinsung von 9 % p.a. kann jedoch gehalten werden, falls der anfängliche Nettowärmepreis um ca. 10,5 % höher bei anfänglich mindestens ca. 4,40 €-Cent/kWh (Preissteigerung 3,0 % p.a.) liegt.

Tabelle 3-17 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Holz hackschnitzel-Feuerungsanlage (weiße HHS)

Anlagenkennzahlen			
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme	2011		
Daten zur Anlagenleistung			
BHKW-Leistung th.	2.000 kW		
BHKW-Wirkungsgrad th.	85,0%		
Betriebsstunden	7.500		
Daten zu Input und Verarbeitung			
Energiebedarf	17.647 MWh/a		
Holzbedarf	5.735 t/a		
	8.305 Fm/a		
Verwendung der erzeugten Energie			
Wärmeeigenbedarf	0%		
Veräußerungsanteil der Überschußwärme	100%		
Wärmeverluste bzgl. Überschußwärme	10%		
Wärmenetzlänge (Hauptleitung)	500 m		
Umsatz			
Umsatz durch Wärmeveräußerung	pro kWh	pro a	pro a*20
Ø-Umsatz über die Laufzeit	0,0537 €	725.500 €	14.510.002 €
Wirtschaftliche Übersicht			
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)	1.369.058 €		
Erwartete Kapitalverzinsung	9,00% p.a.		
Laufzeit	20 Jahre		
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne	3,50% p.a.		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition	15%		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)	103.206 €		
Ein- & Auszahlungen			
Kostenart	Ggf. Preissteigerung	Ø über die Laufzeit	
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	1.369.058 €	
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	1.369.058 €	
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	1.369.058 €	
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	
Brennstoffkosten	1,50% p.a.	383.388 €	
Betriebsmittel- & Ascheentsorgungskosten	5,00% p.a.	5.874 €	
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	54.289 €	
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	60.081 €	
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	22.530 €	
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.126 €	
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	13.306 €	
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	1.814 €	
Grundstückspacht	1,00% p.a.	1.784 €	
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	
	<b>Σ Auszahlungen</b>	<b>545.191 €</b>	
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	0 €	
KWK-Bonus	0,00% p.a.	0 €	
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	725.500 €	
	<b>Σ Einzahlungen</b>	<b>725.500 €</b>	
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>	<b>180.310 €</b>	
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>	<b>68.453 €</b>	
Kapitalwert (bei nicht Anlage der Periodengewinne)			
0 €			
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten			
237.068 €			
Maximal bezahlbarer Ø-Brennstoffpreis über die Laufzeit			
66,85 €/t			
Maximal bezahlbarer Anfangs-Brennstoffpreis (Preis in Periode 1)			
57,82 €/t			

### 3.8 Gülle

Für Gülle wurde ein durchschnittlicher Trockensubstanzgehalt von 8 %, ein Gasertrag von 23,7 Nm<sup>3</sup>/t und ein Methangehalt des Rohbiogases von 55 % angenommen, das in einem Zündstrahl-BHKW mit einer Leistung von 60 kW<sub>el</sub> verwertet wird. Die Anlage läuft 7.500 Betriebsstunden im Jahr. Durchgesetzt werden 9.330 Jahrestonnen.

Für die Gärreste wurde eine Lagerkapazität von 180 Tagen angenommen. Unter der Maßgabe, dass die Gärreste von den Landwirten bei der Anlieferung der Gülle wieder mitgenommen werden, könnte das Gärrestelager ggf. kleiner konzipiert werden und damit weitere Kapitalkosten eingespart werden. Dies muss mit den betrieblichen Erfordernissen der zuliefernden Landwirte abgestimmt werden. Die Lagerung wird als offen angenommen, wie sie überwiegend noch in der Praxis gegeben ist. Ein Güllelager wurde nicht berücksichtigt, da von einer chargenweisen Anlieferung nach Bedarf ausgegangen wurde, für die eine Vorgrube zur Zwischenspeicherung angesetzt wurde.

Tabelle 3-18 Kenndaten der Güllevergärungsanlage

Parameter	Einheit	Rechenwert
Gasertrag	m <sup>3</sup> /t FS	24
Methangehalt Biogas	Vol %	55
BHKW elektr. Leistung	kW <sub>el</sub>	60
Betriebsstunden	h/a	7.500
Wirkungsgrad elektrisch	%	37
Wirkungsgrad thermisch	%	40
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	5
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	35

Für Gülle bieten sich keine Alternativen zur Vergärung und Biogaserzeugung an. Angesichts der vergleichsweise kleinen Biogaserträge und der in der Regel ungünstigen energetischen Einbindung der Standorte wird hier eine Nutzung über ein BHKW vor Ort diskutiert mit einer Nutzung der Überschusswärme in vergleichsweise kleinem Umfang.

#### 3.8.1 Ökologische Bewertung

Wie man aus der Sektoranalyse erkennen kann, gelingt es erst mit einer Vergärung der

Güllen, deren Entsorgung unter Treibhausgesichtspunkten im Saldo positiv zu gestalten. Die mit der Biogasverwertung erzielbaren Effekte überwiegen deutlich die mit der Behandlung und Ausbringung der Gärrückstände / Güllen auf landwirtschaftlichen Flächen verbundenen Nutzen. Wird auf eine Güllevergärung verzichtet und Rohgülle ausgebracht, sind die spezifischen Emissionen bei der Feldausbringung höher und mit der Bereitstellung von Strom verbundene "Gutschriften" entfallen.

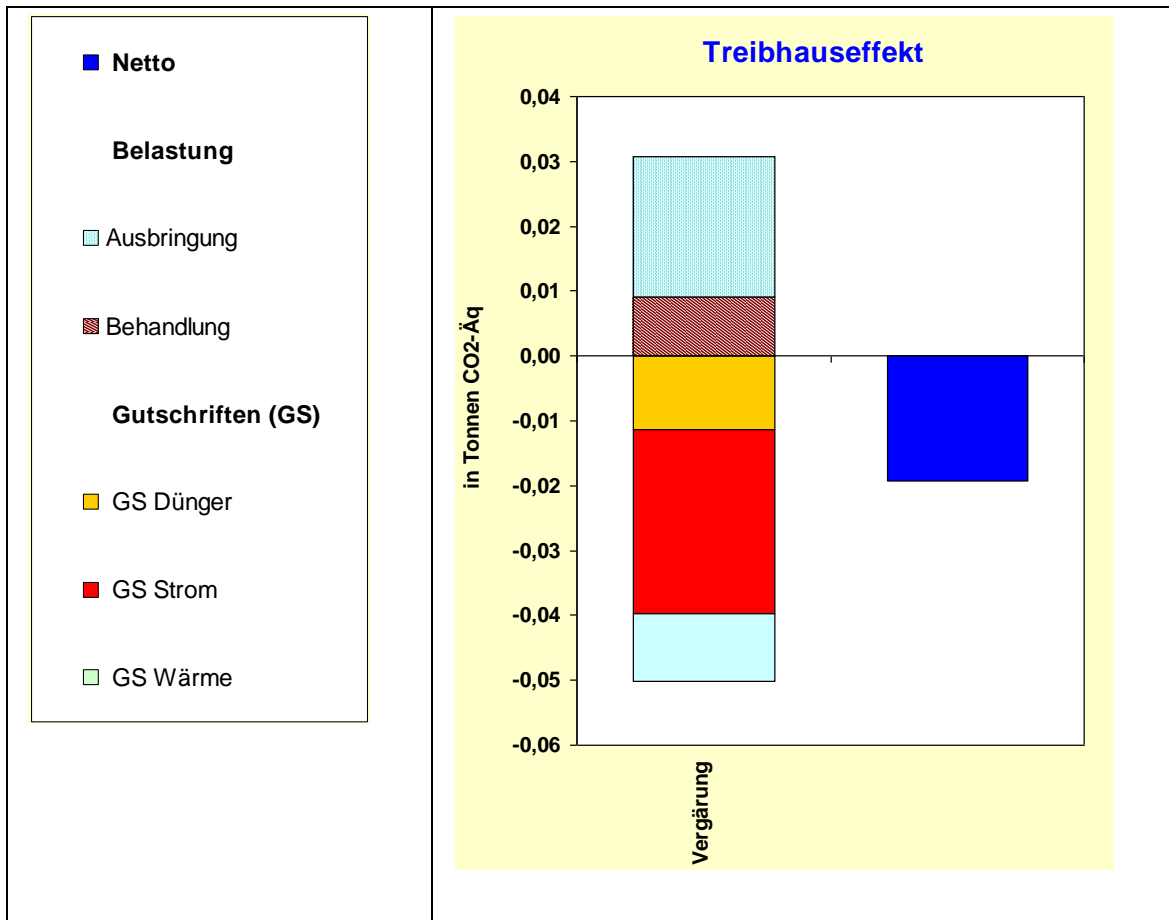


Abb. 3-15 Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Gülle - Treibhauseffekt

Unter anderen Umweltgesichtspunkten sind die mit der Nutzung der Güllen verbundenen Erfolge weniger deutlich. Aber auch unter dem Aspekt Versauerung lassen sich kleine Umweltentlastungseffekte nachvollziehen, die für Aspekte wie Eutrophierung deutlich zu Buche schlagen würden.

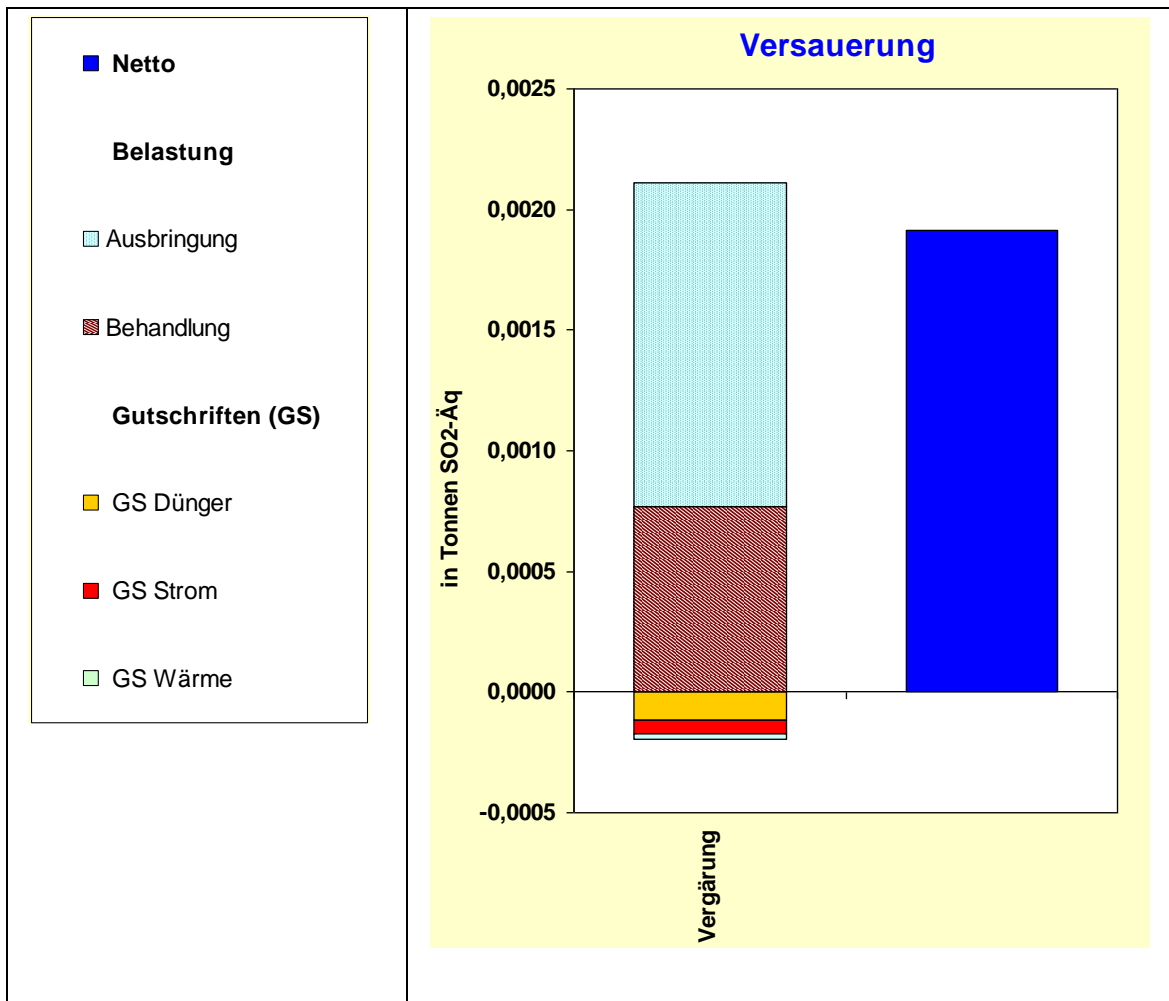


Abb. 3-16 Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Gülle - Versauerungspotenzial

### 3.8.2 Ökonomische Bewertung

Die im Folgenden dargestellte Beispieltabelle zeigt die wirtschaftlichen Parameter bei der Option der reinen Güllevergärung bei einer Anlagenleistung von 60 kW elektrisch. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass 80 % der Überschusswärme abgesetzt werden können.



Tabelle 3-19 Anlagenparameter und Erträge einer 60 kW-Gülle-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung

Anlagenkennzahlen				
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme	2011			
<b>Daten zur Anlagenleistung</b>				
BHKW-Leistung el.	60,0 kW			
BHKW-Leistung th.	64,9 kW			
BHKW-Wirkungsgrad el.	37,0%			
BHKW-Wirkungsgrad th.	40,0%			
Stromkennzahl	0,9250			
Betriebsstunden	7.500			
<b>Daten zu Input und Verarbeitung</b>				
Input: Rindergülle, mit Futterresten, 8 % TM **	9.330 t/a			
Methangasbedarf	121.622 m³			
Biogasbedarf (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)	221.130 m³			
Biogasdurchsatz (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)	29,5 m³/h			
Methangasdurchsatz	16,2 m³/h			
<b>Daten zu Fermenter und Gärrestlager</b>				
Ø-Faulraumbelastung	1,50 kg oTS/m³/d			
Gärrestlagervorhaltezeitraum	26 Wochen			
Gärrestdichte (unenw. ässert)	0,98 t/m³			
Gärrestmasse (unenw. ässert)	9.048 t/a			
Benötigter Fermenterraum	1.091 m³			
davon liegender Fermenterraum	0 m³			
Benötigter Gärrestraum	4.566 m³			
Ø-Verweilzeit	41 d			
<b>Verwendung der erzeugten Energie</b>				
Stromeigenbedarf	5%			
Wärmeeigenbedarf	35%			
Veräußerungsanteil der Überschusswärme	80%			
Wärmeverluste bzgl. Überschusswärme	0%			
Wärmenetzlänge	50 m			
<b>Vergütung</b>				
Vergütungsart	Status	pro kWh	pro a	pro a*20
EEG-Grundvergütung	Ja	0,1144 €	48.891 €	977.829 €
NawaRo-Bonus	Ja	0,0686 €	29.327 €	586.530 €
KWK-Bonus	Ja	0,0294 €	6.880 €	137.592 €
Technologie-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Güllebonus	Ja	0,0392 €	16.758 €	335.160 €
Formaldehyd-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
		Σ	<b>16.758 €</b>	<b>335.160 €</b>
Ø-Umsatz durch Wärme über die Laufzeit		0,0537 €	13.595 €	271.899 €
		Σ	<b>30.353 €</b>	<b>607.059 €</b>

Wirtschaftliche Übersicht			
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)			610.629 €
Erwartete Kapitalverzinsung			2,50% p.a.
Laufzeit			20 Jahre
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne			3,50% p.a.
<b>Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition</b>			
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)			15%
			46.032 €
Ein- & Auszahlungen	Kostenart	Ggf. Preissteigerung Ø über die Laufzeit	
	Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	633.110 €
	Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	643.953 €
	Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	610.629 €
	Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €
	Substratkosten	1,50% p.a.	0 €
	Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €
	Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €
	Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €
	Gärrestverwertungskosten	2,00% p.a.	32.977 €
	Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	7.255 €
	Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	15.020 €
	Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	11.265 €
	Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.126 €
	Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	7.719 €
	Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	376 €
	Grundstückspacht	1,00% p.a.	616 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	
	<b>Σ Auszahlungen</b>		<b>77.354 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.		94.976 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.		6.880 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.		13.595 €
	<b>Σ Einzahlungen</b>		<b>115.451 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>		<b>38.096 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>		<b>30.531 €</b>
<b>Kapitalwert</b>			
Kapitalwert			<b>0 €</b>
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten			186.680 €
<b>Maximal bezahlbarer Ø-Substratpreis über die Laufzeit</b>			
Maximal bezahlbarer Anfangs-Substratpreis (Preis in Periode 1)		0,00 €/t	

Die reine Güllevergärung bewegt sich aufgrund des geringen Methanertrags pro Gewichtseinheit und den dadurch benötigten Fermenter- und Gärrestbehältergrößen, welche enorme Investitionskosten verursachen, nahe an der Grenze der Wirtschaftlichkeit. Im Beispiel liegen die Investitionskosten bei knapp über 10.000 €/kW. Neben den Gärrestkosten von 3 €/t (Preissteigerung 2 % p.a.) ist keine weitere Vergütung für anliefernde Landwirte eingeplant, doch selbst mit der Erlangung des Güllebonus liegt die Kapitalverzinsung lediglich bei 2,5 % p.a. Werden jedoch Periodengewinne jährlich zu durchschnittlich 3,5 % p. a. angelegt, so lässt sich die Kapitalverzinsung auf über 5 % p. a. steigern.

### **3.9 Pferdemit**

Für die Nutzung der Biomasse Pferdemit wird eine Biogaserzeugung über eine Trockenfermentation unterstellt. Um den Prozess zu stabilisieren und die Wirtschaftlichkeit zu stärken, wird eine gemeinsame Behandlung von Pferdemit und Grassilage unterstellt und zwar in einem Masseverhältnis von 45 % / 55 %. Daraus ergibt sich ein Trockensubstanzgehalt des Inputsubstrates von 27 %. Insbesondere die stofflichen Eigenschaften von Pferdemit können im Hinblick auf den Strohanteil allerdings stark variieren und sind im Planungsfall näher zu untersuchen. Desgleichen kann ein hoher Anteil von Grassilage zu einer veränderten Viskosität des Substrates führen. Dieser Umstand kann im Praxisfall technische Anpassungen nötig machen, die aber ohne eine Analyse der Inputmaterialien nicht absehbar sind.

Für das Substratgemisch aus 45 % Pferdemit und 55 % Grassilage wurden auf Basis von KTBL-Angaben ein Gasertrag von 121 Nm<sup>3</sup>/t und ein Methangehalt des Rohbiogases von 56 % angenommen. Die Kennwerte zur Biogaserzeugung und –nutzung sind nachfolgend aufgeführt.

1

Tabelle 3-20 Kenndaten der NawaRo Trockenvergärungsanlage

Parameter	Einheit	Rechenwert
Gasertrag	m³/t FS	121
Methangehalt Biogas	Vol %	56
BHKW elektr. Leistung	kWel	616
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40
Wirkungsgrad thermisch	%	38
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	10
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	35

### 3.9.1 Ökologische Bewertung

Betrachtet man sich die Ergebnisse der ökologischen Bewertung, zeigt sich über die Sektoralanalyse die Bedeutung der energetischen Nutzung. Der darüber zu erzielende Ergebnisbeitrag liegt bei allen Umweltwirkungskategorien in etwa gleich hoch wie der über die Düngewirkung zu erzielende Beitrag (siehe Versauerungspotenzial). Unter Treibhausgesichtspunkten führt die energetische Nutzung zu einer Netto-Entlastung.

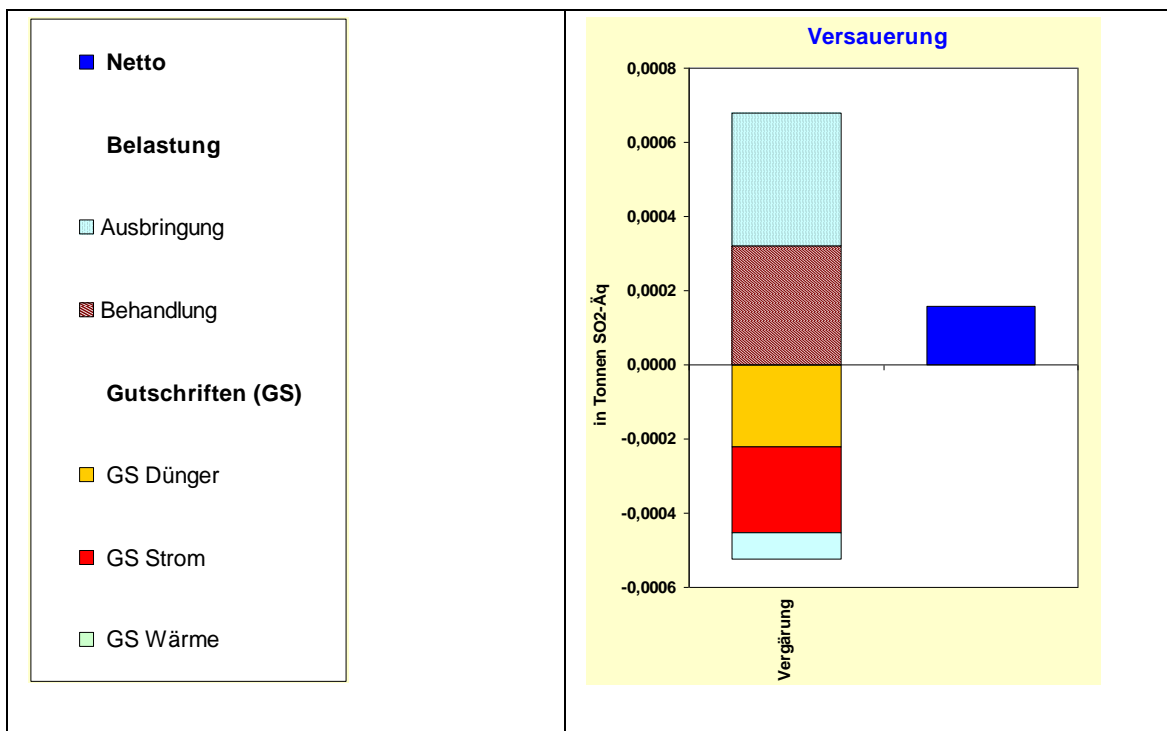


Abb. 3-17 Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Pferdemist – Versauerungspotenzial

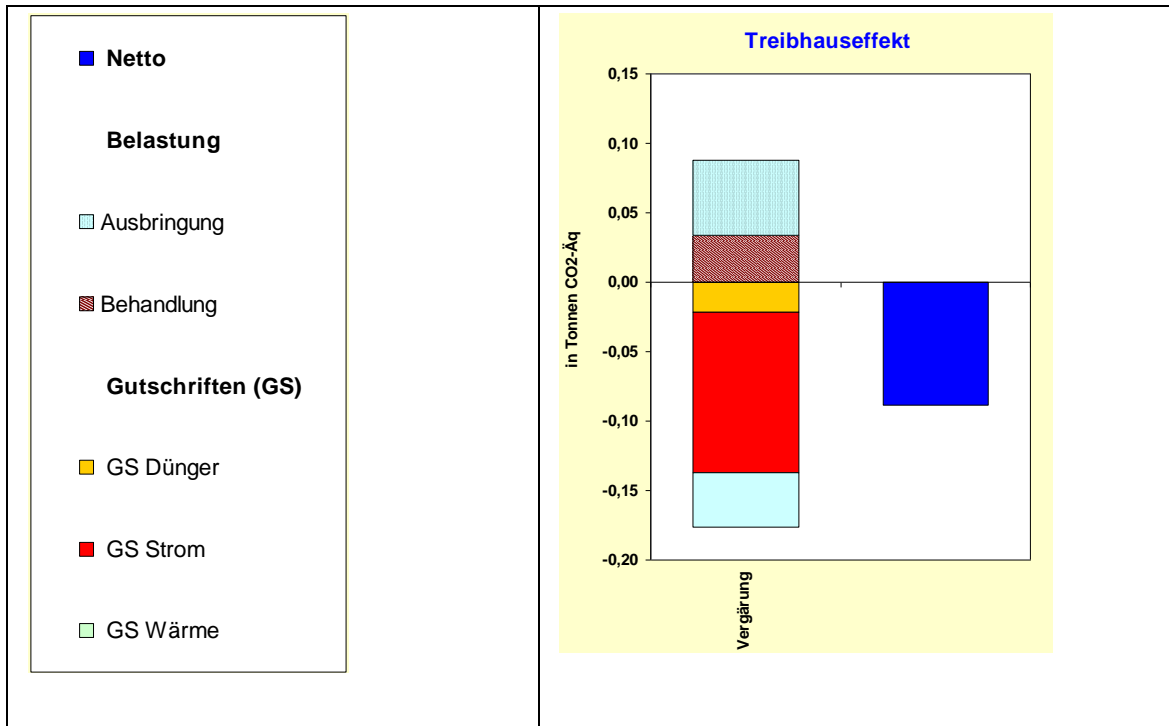


Abb. 3-18 Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Pferdemist - Treibhauseffekt

### 3.9.2 Ökonomische und technische Betrachtung

Beim Pferdemist wird davon ausgegangen, dass er sich zu 20 Masse- % aus Weizenstroh mit einem TM-Gehalt von 90,2 %, einem Biogasertrag von ca. 209 m<sup>3</sup>/t FM und einem Methangehalt von 55 % sowie zu 80 Masse- % aus Pferdekot mit einem TM-Gehalt von 28 %, einem Biogasertrag von 63 m<sup>3</sup>/t FM und einem Methangehalt von 55 % zusammensetzt. Für die Verwertung wird eine reine Pferdemistvergärung in einer 150 kW Anlage angenommen. Als Eigenbedarfe werden 20 % der erzeugten Elektrizität und 25 % der erzeugten Wärme einkalkuliert. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass 80 % der erzeugten Überschusswärme abgesetzt werden können.

Die reine Pferdemistvergärung bewegt sich aufgrund des abfallartigen Charakters des Pferdemists trotz hoher Investitionskosten dank des Gülle-Bonus im wirtschaftlichen Bereich. Im Beispiel liegen die Investitionskosten bei knapp 7.800 €/kW. Neben den Gärrestkosten von 3 €/t (Preissteigerung 2 % p.a.) und der Kapitalverzinsung von 9 % p.a. kann ein weitere Vergütung von rund 8 €/t Pferdemist (Preissteigerung 1,5 %

p.a.) für anliefernde Landwirte eingeplant werden. Der Deckungsbeitrag pro t Input liegt damit bei etwa 11 € (Preissteigerung ca. 1,6 % p.a.).

Tabelle 3-21 Anlagenparameter und Erträge einer 150 kW-Pferdemist-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung

Anlagenkennzahlen				
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme				2011
Daten zur Anlagenleistung				
BHKW-Leistung el.		150,0 kW		
BHKW-Leistung th.		162,2 kW		
BHKW-Wirkungsgrad el.		37,0%		
BHKW-Wirkungsgrad th.		40,0%		
Stromkennzahl		0,9250		
Betriebsstunden		7.500		
Daten zu Input und Verarbeitung				
Pferdemist		6.000 t/a		
Methangasbedarf		304.054 m <sup>3</sup>		
Biogasbedarf (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)		552.826 m <sup>3</sup>		
Biogasdurchsatz (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)		73,7 m <sup>3</sup> /h		
Methangasdurchsatz		40,5 m <sup>3</sup> /h		
Daten zu Fermenter und Gärrestlager				
Ø-Faulraumbelastung		6,00 kg oTS/m <sup>3</sup> /d		
Gärrestlagervorhaltezeitraum		26 Wochen		
Gärrestdichte (unenw ässert)		0,70 t/m <sup>3</sup>		
Gärrestmasse (unenw ässert)		5.294 t/a		
Benötigter Fermenterraum		914 m <sup>3</sup>		
davon liegender Fermenterraum		914 m <sup>3</sup>		
Benötigter Gärrestraum		3.740 m <sup>3</sup>		
Ø-Verweilzeit		20 d		
Verwendung der erzeugten Energie				
Stromeigenbedarf		20%		
Wärmeeigenbedarf		25%		
Veräußerungsanteil der Überschusswärme		80%		
Wärmeverluste bzgl. Überschusswärme		0%		
Wärmenetzlänge		50 m		
Vergütung				
Vergütungsart	Status	pro kWh	pro a	pro a*20
EEG-Grundvergütung	Ja	0,1144 €	102.929 €	2.058.588 €
NawaRo-Bonus	Ja	0,0686 €	61.740 €	1.234.800 €
KWK-Bonus	Ja	0,0294 €	19.845 €	396.900 €
Technologie-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Güllebonus	Ja	0,0392 €	35.280 €	705.600 €
Formaldehyd-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
		Σ	<b>35.280 €</b>	<b>705.600 €</b>
Ø-Umsatz durch Wärme über die Laufzeit		0,0537 €	39.216 €	784.324 €
		Σ	<b>74.496 €</b>	<b>1.489.924 €</b>

Wirtschaftliche Übersicht			
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)			1.168.431 €
Erwartete Kapitalverzinsung			9,00% p.a.
Laufzeit			20 Jahre
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne			3,50% p.a.
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition			15%
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)			88.082 €
Ein- & Auszahlungen			
Kostenart	Ggf. Preissteigerung	Ø über die Laufzeit	
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-		1.213.027 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.		1.234.537 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-		1.168.431 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-		0 €
Substratkosten	1,50% p.a.		45.192 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.		0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.		0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.		0 €
Gärrestverwertungskosten	2,00% p.a.		19.295 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.		18.138 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.		22.530 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.		11.265 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.		2.126 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.		14.687 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.		836 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.		1.371 €
Sonstiges	0,00% p.a.		0 €
		<b>Σ Auszahlungen</b>	<b>135.439 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.		199.949 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.		19.845 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.		39.216 €
		<b>Σ Einzahlungen</b>	<b>259.011 €</b>
		<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>	<b>123.571 €</b>
		<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>	<b>58.422 €</b>
<b>Kapitalwert</b>			<b>0 €</b>
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten			245.923 €
Maximal bezahlbarer Ø-Substratpreis über die Laufzeit			7,53 €/t
Maximal bezahlbarer Anfangs-Substratpreis (Preis in Periode 1)		8,14 €/t	

### 3.10 Anbaubiomasse – Silomais

#### 3.10.1 Ökologische Bewertung

Wie die Bilanzierung der energetischen Nutzung der Biomasse Silomais zeigt, ist die landwirtschaftliche Produktion mit einigem Aufwand verbunden. Bei Nutzungsstrategien ist deshalb aus ökologischer Sicht darauf zu achten, das erzeugte Biogas mit hohen Wirkungsgraden zu nutzen, bei einer Nutzung über Blockheizkraftwerke bspw. mit der Möglichkeit einer umfassenden Nutzung der Überschusswärme.

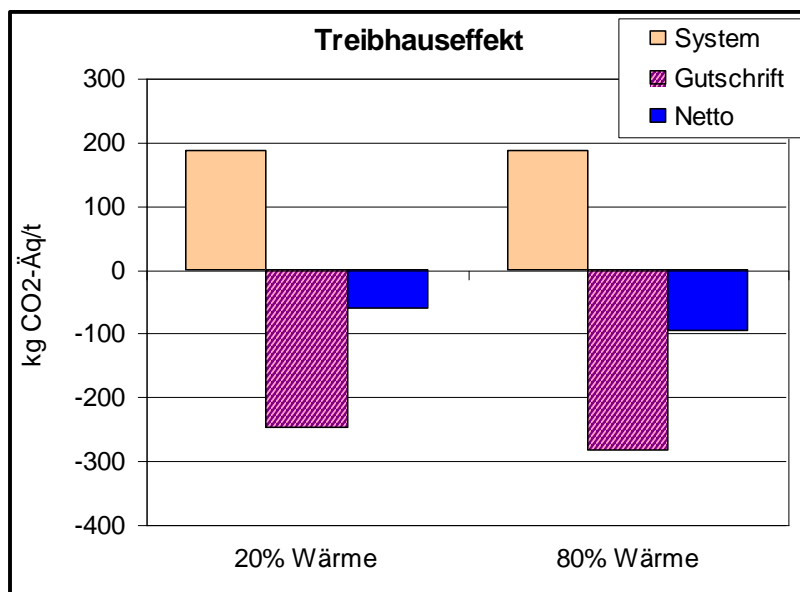


Abb. 3-19 Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Silomais - Treibhauseffekt

Wie man aus den Ergebnissen der vergleichenden ökologischen Bilanzierung entnehmen kann, führt eine möglichst vollständige Nutzung der Überschusswärme doch zu einer signifikanten Verbesserung der Bewertung der energetischen Nutzung von Biomasse. Dies ist wichtig, da der Aufwand der landwirtschaftlichen Silomaisproduktion sowie der Lagerung doch deutlich das Ergebnis beeinflusst. Dies wird insbesondere bei zahlreichen Umweltwirkungskategorien wie bspw. Versauerung deutlich, und auch unter Treibhausgesichtspunkten liegt der Nutzen im Saldo nur vergleichsweise wenig im positiven Bereich.

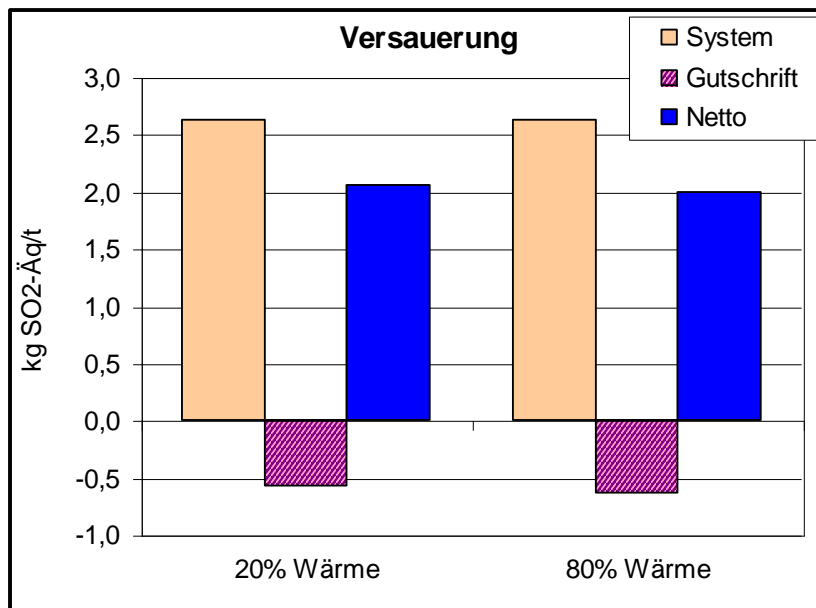


Abb. 3-20 Ergebnisse der vergleichenden Bewertung von Nutzungsoptionen für Silomais - Versauerungspotenzial

### 3.10.2 Ökonomische und technische Betrachtung

Es wird davon ausgegangen, dass es sich beim Inputstoff um körnerreiches Material mit 35 % TM-Gehalt, einem Biogasertrag von 218,4 m<sup>3</sup>/t FM und einem Methangehalt von 52 % handelt. Der Stromeigenbedarf wird mit 10 % und der Wärmeeigenbedarf mit 20 % angenommen. Außerdem wird damit gerechnet, dass 80 % der Überschusswärme veräußert werden können. Wird davon ausgegangen, dass ein Substratpreis von 35 €/t (Preissteigerung 1,5 % p.a.) bezahlt werden muss und der Kapitalwert null gesetzt, so ergibt sich bei der reinen Silomaisvergärung eine nicht sehr lukrative Kapitalverzinsung von knapp über 3,5 % p.a.

Die Verzinsung leidet wirtschaftlich vor allem unter den hohen Investitionskosten aufgrund der Trockenfermentation und den recht moderaten Substratkosten. Würde das Substrat mit Gülle und Prozesswasser auf ein Niveau verdünnt, welches eine Nassvergärung zulässt und die Kosten für Silomais um 10 % geringer kalkuliert (31,50 €/t), so ließe sich die Kapitalverzinsung auf knapp über 9 % p.a. und somit etwa das 2,5-fache erhöhen.



Tabelle 3-22 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Silomais-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung

Anlagenkennzahlen				
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme	2011			
<b>Daten zur Anlagenleistung</b>				
BHKW-Leistung el.	2.000,0 kW			
BHKW-Leistung th.	2.162,2 kW			
BHKW-Wirkungsgrad el.	37,0%			
BHKW-Wirkungsgrad th.	40,0%			
Stromkennzahl	0,9250			
Betriebsstunden	7.500			
<b>Daten zu Input und Verarbeitung</b>				
Input: Mais, Silage, wachsrreif, körnerreich, 35 % TM **	35.697 t/a			
Methangasbedarf	4.054.054 m³			
Biogasbedarf (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)	7.796.258 m³			
Biogasdurchsatz (in Abhängigkeit vom Inputstoffgemisch)	1.039,5 m³/h			
Methangasdurchsatz	540,5 m³/h			
<b>Daten zu Fermenter und Gärrestlager</b>				
Ø-Faulraumbelastung	7,00 kg oTS/m³/d			
Gärrestlagervorhaltezeitraum	26 Wochen			
Gärrestdichte (unentw ässert)	0,98 t/m³			
Gärrestmasse (unentw ässert)	25.451 t/a			
Benötigter Fermenterraum	4.694 m³			
davon liegender Fermenterraum	4.694 m³			
Benötigter Gärrestraum	12.842 m³			
Ø-Verweilzeit	26 d			
<b>Verwendung der erzeugten Energie</b>				
Stromeigenbedarf	10%			
Wärmeeigenbedarf	20%			
Veräußerungsanteil der Überschusswärme	80%			
Wärmeverluste bzgl. Überschusswärme	0%			
Wärmenetzlänge	50 m			
<b>Vergütung</b>				
Vergütungsart	Status	pro kWh	pro a	pro a*20
EEG-Grundvergütung	Ja	0,0848 €	1.145.090 €	22.901.792 €
NawaRo-Bonus	Ja	0,0466 €	628.425 €	12.568.500 €
KWK-Bonus	Ja	0,0294 €	282.240 €	5.644.800 €
Technologie-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Güllebonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
Formaldehyd-Bonus	Nein	0,0000 €	0 €	0 €
		Σ	0 €	0 €
Ø-Umsatz durch Wärme über die Laufzeit		0,0537 €	557.742 €	11.154.837 €
		Σ	557.742 €	11.154.837 €

Wirtschaftliche Übersicht		
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)		7.058.111 €
Erwartete Kapitalverzinsung		3,70% p.a.
Laufzeit		20 Jahre
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne		3,50% p.a.
<b>Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition</b>		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)		15% 532.075 €
<b>Ein- &amp; Auszahlungen</b>	<b>Kostenart</b>	<b>Ggf. Preissteigerung Ø über die Laufzeit</b>
	Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	- 7.499.119 €
	Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a. 7.711.828 €
	Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	- 7.058.111 €
	Kapitalkosten (Zinslast)	- 0 €
	Substratkosten	1,50% p.a. 1.444.536 €
	Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a. 0 €
	Kosten für Strombedarf	6,00% p.a. 0 €
	Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a. 0 €
	Gärrestverwertungskosten	2,00% p.a. 92.758 €
	Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a. 241.833 €
	Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a. 195.263 €
	Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a. 56.326 €
	Verwaltungssachkosten	2,00% p.a. 2.126 €
	Haftpflichtversicherung	2,00% p.a. 79.686 €
	Steuerberatungskosten	3,00% p.a. 8.299 €
	Grundstückspacht	1,00% p.a. 13.602 €
Sonstiges	0,00% p.a. 0 €	
	<b>Σ Auszahlungen</b>	<b>2.134.429 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a. 1.773.515 €	
KWK-Bonus	0,00% p.a. 282.240 €	
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a. 557.742 €	
	<b>Σ Einzahlungen</b>	<b>2.613.496 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>	<b>479.068 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>	<b>352.906 €</b>
<b>Kapitalwert</b>		
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten		0 € 2.091.594 €
<b>Maximal bezahlbarer Ø-Substratpreis über die Laufzeit</b>		
Maximal bezahlbarer Anfangs-Substratpreis (Preis in Periode 1)		40,47 €/t 35,00 €/t

### 3.11 Anbaubiomasse aus Kurzumtriebsplantagen

Zur Nutzung von Kurzumtriebshölzern steht die klassische Nutzung der Holzhack-schnitzel zur Verfügung. Es handelt sich allerdings um Anbaubiomasse, d.h. die Holzproduktion über die Bewirtschaftung der Flächen sowie der Aufwand der Ernte müssen in einer Bewertung berücksichtigt werden.

#### 3.11.1 Ökologische Bewertung

Die energetische Nutzung der Hölzer ist aus ökologischer Sicht sinnvoll. Der Aufwand der Produktion steht in einem günstigen Verhältnis zum erzielbaren Nutzen. In die Bilanzen ist der Ernteaufwand nicht eingegangen, die Daten zur Erntetechnik geben dies noch nicht her. Eine Berücksichtigung dieses Aufwandes würde an der Einschätzung jedoch nichts Grundsätzliches ändern.

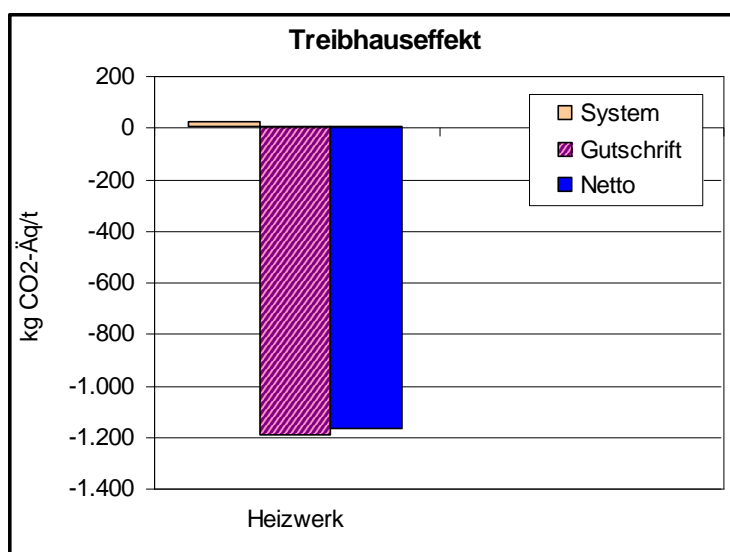


Abb. 3-21 Ergebnisse der Bewertung von Nutzungsoptionen für Hölzer aus Kurzumtrieb - Treibhauseffekt

Unter Treibhausgesichtspunkten ist die Nutzung von KUP-Hölzern deutlich positiv zu sehen. Auch unter den weiteren Umweltgesichtspunkten ist der mit der Nutzung verbundene Benefit günstiger als die Umweltlast aus Produktion und Verarbeitung.

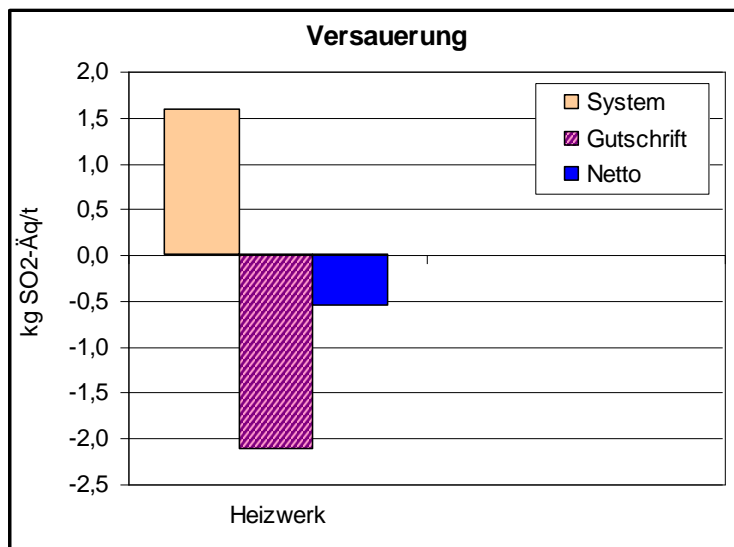


Abb. 3-22 Ergebnisse der Bewertung von Nutzungsoptionen für Hölzer aus Kurzumtrieb - Versauerungspotenzial

### 3.11.2 Ökonomisch / technische Bewertung

Hier wird davon ausgegangen, dass 16 t TM/ha\*a Pappelholz geerntet werden können und ein Preis von 20 €/Srm bzw. ca. 86 €/t anfällt. Es wird angenommen, dass 100 % der produzierten Wärme unter Einbeziehung von 10 % Leitungsverlusten veräußert werden können. Die Länge der Hauptleitung des Nahwärmenetzes wird mit 2.000 m angesetzt.

Wird eine Kapitalverzinsung von 9 % p.a. verlangt, muss aufgrund der gewählten Parameter ein anfänglicher Nettowärmepreis von mindestens 5,7 €-Cent/kWh (Preissteigerung 3,0 % p.a.) erwirtschaftet werden. Über die Laufzeit von 20 Jahren entspricht dies einem Durchschnittsnettopreis von rund 7,7 €-Cent/kWh und einem Endnettopreis in Periode 20 (01.01. - 31.12.2030) i. H. v. ca. 10 €-Cent/kWh.

Biomasse Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar

Tabelle 3-23 Anlagenparameter und Erträge einer 60 kW-Gülle-Vergärungsanlage bei 80 % Überschusswärmeveräußerung

Anlagenkennzahlen				
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme	2011			
Daten zur Anlagenleistung				
BHKW-Leistung th.	2.000 kW			
BHKW-Wirkungsgrad th.	85,0%			
Betriebsstunden	7.500			
Daten zu Input und Verarbeitung				
Energiebedarf	17.647 MWh/a			
Holzbedarf	5.859 t/a			
	10.107 Fm/a			
Verwendung der erzeugten Energie				
Wärmeeigenbedarf	0%			
Veräußerungsanteil der Überschusswärme	100%			
Wärmeverluste bzgl. Überschusswärme	10%			
Wärmenetzlänge (Hauptleitung)	2.000 m			
Umsatz				
Umsatz durch Wärmeveräußerung	pro kWh	pro a	pro a*20	
Ø-Umsatz über die Laufzeit	0,0767 €	1.035.777 €	20.715.539 €	
Wirtschaftliche Übersicht				
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)	1.923.526 €			
Erwartete Kapitalverzinsung	9,00% p.a.			
Laufzeit	20 Jahre			
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne	3,50% p.a.			
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition	15%			
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)	145.005 €			
Kostenart		Ggf. Preissteigerung	Ø über die Laufzeit	
Ein- & Auszahlungen	Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	1.923.526 €	
	Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	1.923.526 €	
	Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	1.923.526 €	
	Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	
	Brennstoffkosten	1,50% p.a.	584.274 €	
	Betriebsmittel- & Ascheentsorgungskosten	5,00% p.a.	19.579 €	
	Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	69.187 €	
	Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	60.081 €	
	Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	22.530 €	
	Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.126 €	
	Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	18.695 €	
	Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	2.589 €	
	Grundstückspacht	1,00% p.a.	2.546 €	
	Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	
		<b>Σ Auszahlungen</b>		<b>781.608 €</b>
		Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	0 €
		KWK-Bonus	0,00% p.a.	0 €
		Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	1.035.777 €
		<b>Σ Einzahlungen</b>		<b>1.035.777 €</b>
		<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>		<b>254.169 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>		<b>96.176 €</b>	
<b>Kapitalwert (bei nicht Anlage der Periodengewinne)</b>			<b>0 €</b>	
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten			331.882 €	
Maximal bezahlbarer Ø-Brennstoffpreis über die Laufzeit			99,72 €/t	
Maximal bezahlbarer Anfangs-Brennstoffpreis (Preis in Periode 1)		86,25 €/t		

### **3.12 Verwertungsoptionen für Biomasserückstände im Ackerbau – Nutzung von Getreidestroh**

Die klassische Verwertungsalternative für überschüssiges Stroh stellt eine Nutzung als Brennstoff dar. Es handelt sich um die Mengen, die weder als Einstreu eingesetzt und vermarktet werden können noch auf dem Feld zur Sicherstellung der Humusreproduktion verbleiben müssen.

Stroh stellt im Vergleich zu Holz einen deutlich problematischeren Brennstoff dar. Die energetische Nutzung von Stroh stellt aufgrund der spezifischen Inhaltsstoffe höhere technische Anforderungen. Stroh weist deutlich höhere Gehalte an Chlor sowie auch an Stickstoff und Kalium auf als Holz, zudem liegt der Aschegehalt bei bis zu 7 % der Trockenmasse und damit sehr hoch. Der Chlorgehalt von bis zu 0,25 % führt durch die Bildung von Salzsäure im Rauchgas zu Korrosionen in der Abgasanlage. Dem muss durch eine entsprechende Materialwahl (Edelstahl etc.) sowie durch eine geeignete Temperaturregelung der Rauchgase, die eine Kondensation in der Abgasanlage minimiert, begegnet werden.

Die hohen Aschegehalte ziehen erhöhte Staubbelastungen im Abgas nach sich und erfordern eine aufwendigere Filtertechnik. Es können sowohl Zyklon- als auch Elektro- oder Gewebefilter eingesetzt werden. Die damit verbundenen vergleichsweise hohen Kosten sind gerade für kleinere dezentrale Anlagen problematisch.

Die Gehalte an Alkalimetallen, vor allem Kalium, führen beim Stroh zu einer Senkung des Ascheschmelzpunktes auf 960°C (bei Holz liegt der Ascheschmelzpunkt zwischen 1.260°C bis 1.400°C). Diese Eigenschaft führt zu Ablagerungen und Versinterungen in der Brennkammer, die eine glasähnliche Beschaffenheit aufweisen und den gesamten Brennraum „zuwachsen“ lassen können. Die Temperaturen in der Brennkammer bzw. an der Stelle des Ascheanfalls müssen dementsprechend niedrig gehalten werden. Teilweise wird dies durch eine technische Trennung des Verbrennungsablaufes erreicht: die in der Vergasungsphase entstehenden Brenngase werden in eine separate Kammer geleitet und mit einer höheren Temperatur verbrannt.

Stroh hat nur ein vergleichsweise geringes Potenzial im Untersuchungsraum. Energetische Nutzungen können daher eher über kleine Anlagen erfolgen, ein Heizkraftwerk, d.h. auch eine Verstromung, ist angesichts der Mengen nicht vorstellbar. Bei der Dimensionierung des Strohheizwerkes werden optimale Wirkungsgrade angenommen.

Tabelle 3-24 Inhaltstoffe Stroh [ifeu / igw 2008]

Parameter	Einheit	Messwert	Anforderungen nach DIN 51731
Heizwert Getreidestroh	kJ/kg	19.400	17.500 – 19.500
Wassergehalt Getreidestroh	%	8,0	< 12,0
Ascheanteil	%	6,8	< 1,5
Schwefel	%	0,2	< 0,08
Chlor	%	0,02	< 0,03
Stickstoff	%	0,89	< 0,3
Arsen	mg/kg	< 0,8	< 0,8
Blei	mg/kg	< 5,0	< 10,0
Cadmium	mg/kg	< 0,5	< 0,5
Chrom	mg/kg	< 5,0	< 8,0
Kupfer	mg/kg	10,0	< 5,0
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	< 0,05
Zink	mg/kg	17,0	< 100

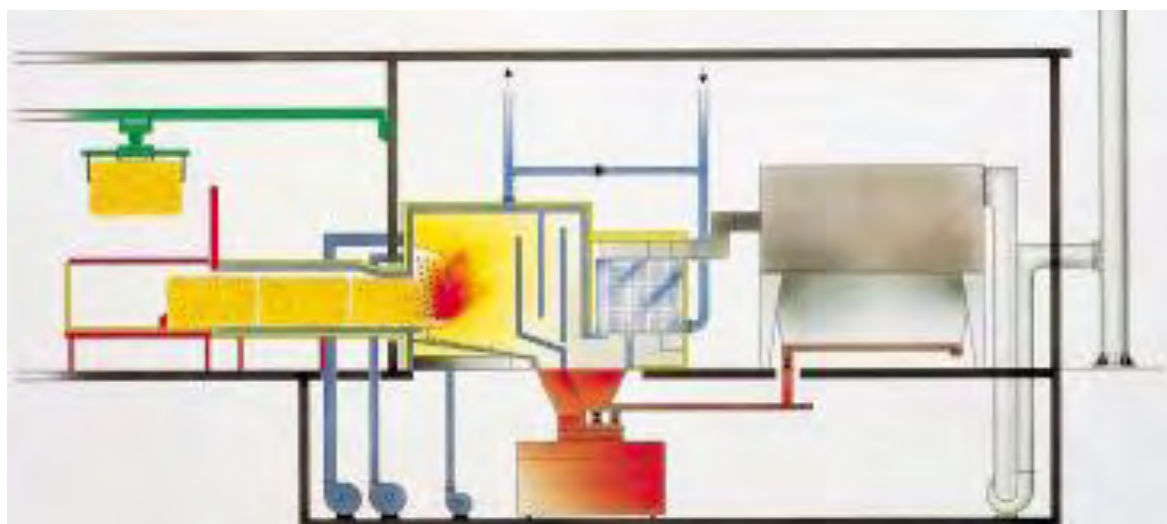


Abb. 3-23 Schematische Darstellung eines Strohheizwerkes mit „Zigarrenbrand-technik“

Als Verbrennungstechnik wird ein Strohheizwerk mit Zigarrentechnik angenommen. Die Quaderballen werden vollautomatisch und ohne weitere Vorbehandlung einer Zigarrenfeuerung zugeführt, die Rauchgase gelangen über einen Wärmetauscher in den nach-

geschalteten Gewebefilter und werden über ein Gebläse durch den Schornstein abgegeben.

Tabelle 3-25 Kenndaten Heizwerk Stroh

Parameter	Einheit	Rechenwert
Heizwert Getreidestroh	kWh/kg	4,0
Wassergehalt Getreidestroh	%	15
Ascheanteil	%	5,7
Thermische Leistung	kW <sub>th</sub>	3.600
Betriebsstunden	h/a	7.500
Wirkungsgrad thermisch	%	90
Stromeigenbedarf (Bezug Wärmeabgabe)	%	1,5
Wärmeeigenbedarf	%	0

### 3.12.1 Ökologische Bewertung

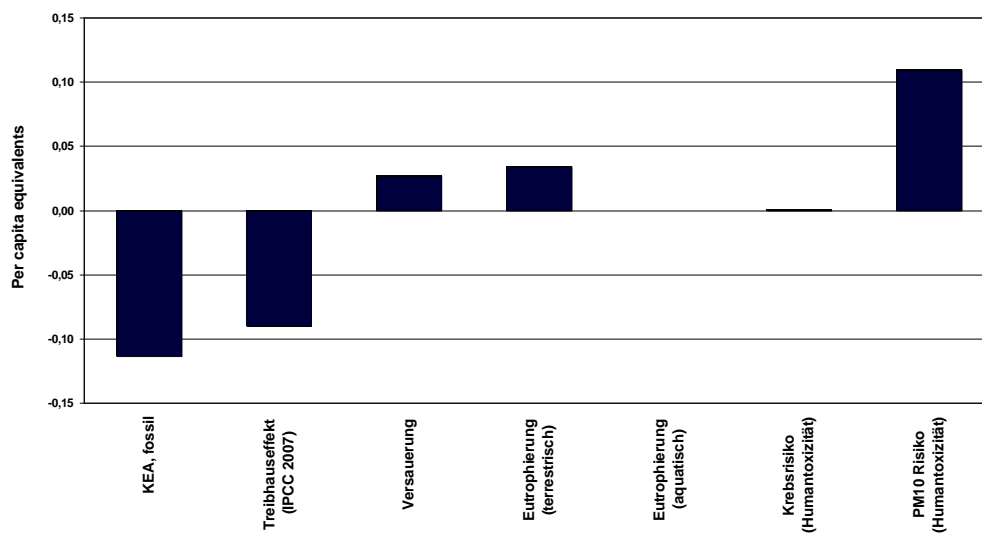


Abb. 3-24 Ökologische Bewertung der Strohnutzung in einem kleinen Heizwerk „Zigarrenbrandtechnik“ – Übersicht über alle Wirkungskategorien

Wie man aus der ökologischen Bewertung ersehen kann, stehen positiven Effekten, die über die Energiebereitstellung erzielt werden können, negative Aspekte gegenüber, die sich aus den Abgasemissionen ergeben. Auf entsprechende Rauchgasreinigungstech-

nik ist zu achten.

### **3.12.2 Ökonomisch / technische Bewertung**

Die Verbrennung von Stroh ist grundsätzlich mit der Holzverbrennung vergleichbar, jedoch entstehen hier höhere Investitionskosten für den Kessel [Vgl. FNR 2007a, S. 197], das Brennstofflager und die Brennstoffzuführung, ausgelöst durch die geringere Dichte und andere Beschaffenheit des Materials im Vergleich zu Holz. In der folgenden Beispieltabelle wird davon ausgegangen, dass die gesamte Wärmeproduktion abzgl. 10 % Wärmeverluste über ein 2.000 m langes (Hauptleitung) Wärmenetz veräußert werden kann.

Im Beispiel wird davon ausgegangen, dass pro Rundballen á 300 kg (ca. 3m<sup>3</sup>; Maße: d = 1,8 m; h = 1,2 m) ein Preis von 18,00 € bzw. 60 €/t frei Anlage bezahlt werden muss. Damit ergibt sich in Abhängigkeit der gewählten Parameter eine Kapitalverzinsung von rund 4,5 % p.a. Wird eine Kapitalverzinsung von 9 % p.a. angestrebt, so muss der anfängliche Wärmepreis bei mindestens 4,5 €-Cent/kWh (Preissteigerung 3 % p.a.) liegen. Über die Laufzeit von 20 Jahren entspricht dies einem Durchschnittsnettopreis von ca. 6 €-Cent/kWh und einem Endnettopreis in Periode 20 (01.01 - 31.12.2030) i. H. v. 8 €-Cent/kWh.



Tabelle 3-26 Anlagenparameter und Erträge einer 2 MW-Stroh-Feuerungsanlage

Anlagenkennzahlen			
Betrachtetes Jahr der Inbetriebnahme	2011		
<b>Daten zur Anlagenleistung</b>			
BHKW-Leistung th.	2.000 kW		
BHKW-Wirkungsgrad th.	90,0%		
Betriebsstunden	7.500		
<b>Daten zu Input und Verarbeitung</b>			
Energiebedarf	16.667 MWh/a		
Strohbedarf	4.167 t/a	ca. 13.889 Rundballen (1,8 m x 1,2 m)/a	
<b>Verwendung der erzeugten Energie</b>			
Wärmeeigenbedarf	0%		
Veräußerungsanteil der Überschußwärme	100%		
Wärmeverluste bzgl. Überschußwärme	10%		
Wärmenetzlänge (Hauptleitung)	2.000 m		
<b>Umsatz</b>			
Umsatz durch Wärmeveräußerung	pro kWh	pro a	pro a*20
Ø-Umsatz über die Laufzeit	0,0537 €	725.500 €	14.510.002 €
<b>Wirtschaftliche Übersicht</b>			
Investitionskosten über den Betriebszeitraum (Barwert)	2.393.830 €		
Erwartete Kapitalverzinsung	4,34% p.a.		
Laufzeit	20 Jahre		
Ø über die Laufzeit erwarteter Zinssatz bei Anlage der Periodengewinne	3,50% p.a.		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer in Relation zur Investition	15%		
Abbruchkosten am Ende der Nutzungsdauer (Barwert)	180.459 €		

Kostenart	Ggf. Preissteigerung	Ø über die Laufzeit
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	2.393.830 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	2.393.830 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	2.393.830 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €
Brennstoffkosten	1,50% p.a.	289.046 €
Betriebsmittel- & Ascheentsorgungskosten	5,00% p.a.	41.032 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	88.775 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	60.081 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	22.530 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.126 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	23.266 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	1.814 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	1.784 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €
	<b>Σ Auszahlungen</b>	<b>530.453 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	0 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	0 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	725.500 €
	<b>Σ Einzahlungen</b>	<b>725.500 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen</b>	<b>195.047 €</b>
	<b>Σ Einzahlungen abzgl. Σ Auszahlungen (diskontiert)</b>	<b>119.691 €</b>

<b>Kapitalwert (bei nicht Anlage der Periodengewinne)</b>	<b>0 €</b>
Kapitalwert (bei Anlage der Periodengewinne) abzgl. Abbruchkosten	509.633 €
Maximal bezahlbarer Ø-Brennstoffpreis über die Laufzeit	69,37 €/t
Maximal bezahlbarer Anfangs-Brennstoffpreis (Preis in Periode 1)	60,00 €/t

### 3.13 Fazit: Möglichkeiten des Stoffstrommanagements

Als Fazit aus der Analyse der einzelnen Verwertungsoptionen für die unterschiedlichen Biomassestoffströme lässt sich festhalten:

- ✚ Das in kommunalen Kläranlagen anfallende **Rechengut** ist eher als hausmüllähnlicher Abfall zu beschreiben. Dessen Entsorgung sollte – wie in den meisten Fällen bereits praktiziert – über Müllverbrennungsanlagen erfolgen.  
Für diesen Abfallmassenstrom müssen keine Lösungsstrategien erarbeitet oder gesonderte Impulse gesetzt werden.
  
- ✚ **Kommunale Klärschlämme** sollten möglichst thermisch behandelt werden und zwar über Monoverbrennungsanlagen, die es grundsätzlich ermöglichen, aus der Asche den Pflanzennährstoff  $P_2O_5$  zu gewinnen.  
Eine Entsorgungslösung ist demnach nur auf den kommunalen Klärschlamm ausgerichtet, eine Einbindung in ein Biomassestoffstrommanagement ist nicht sinnvoll.
  
- ✚ Die Nutzung von **Stroh** kann auf ein vergleichsweise geringes Potenzial zurückgreifen, das sich vor allem auf landwirtschaftliche Flächen im Neckar-Odenwald-Kreis und im Rhein-Neckar-Kreis konzentriert.  
Überschussmengen an Stroh sollten energetisch genutzt werden. Aufgrund der Brennstoffeigenschaften sind die technischen Lösungen für dezentrale Anlage nicht einfach.

Alle weiteren Biomassen werden mehr oder weniger für die nachfolgenden Impulse zur Optimierung der Biomassenutzung in der Metropolregion Rhein-Neckar aufgegriffen. Der Fokus lag hier jedoch nicht auf den Anbaubiomassen, sondern der Entwicklung von Nutzungskonzepten für Abfallbiomassen. Silomais bspw. wurde nur als Co-Substrat mitdiskutiert.



## 4 Impulse zur Biomassenutzung

Auf Basis der ermittelten Potenziale und der Kenntnis über die räumliche Verteilung bzw. Aufkommensschwerpunkte für Biomasse wurden Impulsprojekte entwickelt. Sie wurden nicht zufällig gewählt, sondern anhand der genannten Sachverhalte abgeleitet. Neben diesen wären jedoch noch zahlreiche weitere Impulse denkbar gewesen. Die Impulse sind daher nur beispielhaft.

### 4.1 Impulsprojekt A – Bioabfall aus Haushalten

Die dem Steckbrief zugrunde liegende Idee ist eine gemeinsame Verwertung der Bioabfälle aus Haushalten der Gebietskörperschaften Heidelberg und Rhein-Neckar-Kreis. Auf dieser Basis lassen sich eventuell noch weitere Biomassen einbeziehen. Gleichmaßen sind aber auch andere Kooperationen der rechtsrheinischen Gebietskörperschaften der Metropolregion denkbar – bspw. auch der Stadt Heidelberg mit dem Kreis Bergstraße.

Bioabfall aus Haushalten:

-  Heidelberg: 11.600 t/a
-  Rhein-Neckar-Kreis: 35.600 t/a

Die inhaltliche Konzeption des Steckbriefes, die Festlegung der Stoffströme und technischen Lösungsalternativen sowie die vergleichende Bewertung der Optionen aus ökologischer Sicht erfolgten durch das IFEU-Institut. Die ökonomische Bewertung wurde durch IfaS durchgeführt.

#### 4.1.1 Standortfrage

Bei der Recherche nach möglichen Standorten für eine Vergärungsanlage und ihre Bewertung sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

1. möglichst optimale energetische Einbindung
2. möglichst gute Nutzung vorhandener Entsorgungsinfrastruktur / Erhalt bestehender Behandlungskapazitäten
3. möglichst gute verkehrstechnische Erschließung;
4. Lage in der Nähe des Schwerpunkts des Biomasseaufkommens

5. immissionsunempfindliche Lage / Realisierbarkeit
6. ausreichende Größe; angesetzt wird ein Flächenbedarf von 3 ha, d.h. 30.000 m<sup>2</sup>

Das angenommene Aufkommen an Bioabfällen aus Haushalten setzt eine flächendeckende Einführung der Biotonne auch im Rhein-Neckar-Kreis voraus, bspw. mit Anschluss- und Benutzungszwang. Die räumliche Verteilung des Bioabfallaufkommens wird sich daher stark an der Verteilung der Wohnbevölkerung im Kreis orientieren. Dazu kommt das Bioabfallaufkommen aus der Stadt Heidelberg. Der Siedlungsschwerpunkt ist demnach Heidelberg und die in der Rheinebene liegenden Gemeinden des Rhein-Neckar-Kreises.

Der Untersuchungsraum lässt sich aus der Verteilung des Biomasseaufkommens auf Heidelberg und die in der Rheinebene gelegenen Orte des Rhein-Neckar-Kreises eingrenzen.

In diesem eingeschränkten Untersuchungsraum sind folgende Entsorgungsanlagen bekannt:

#### **4.1.1.1 A: Kompostierungsanlage Weinheim**

Adresse: Verband der Grünschnittkompostierung Bergstraße; Hammerweg 69, Weinheim  
Gütesicherung über Gütegemeinschaft Kompost e.V.

Es handelt um eine offene Mietenkompostierung, in der nach eigenen Angaben 40.000 m<sup>3</sup> Grünschnitt zu 10.000 m<sup>3</sup> Kompost verarbeitet werden.

Der Standort liegt direkt an der Autobahn A5, an der dem Waidsee abgewandten Seite; der Standort allein ist für die angedachte Anlagengröße nicht geeignet. Es handelt sich um ein durch die BAB geschnittenes Grundstück, das spitz in Richtung Süden zuläuft. Es dürfte ganz grob geschätzt eine Größe von 1 ha haben.

Die verkehrstechnische Anbindung mit Lkw-Verkehr würde eher nicht über den Hammerweg, d.h. von Osten entlang des Waidsees, erfolgen, sondern eher von Süden über einen bereits als Zufahrt genutzten Feldweg und die Kreisstraße K 4133 als Anbindung an die A 659 über die Ausfahrt Viernheim Ost.

Theoretisch wäre auch eine Anbindung über die Bahnlinie Weinheim – Viernheim möglich, die im Güterverkehr betrieben wird.



Abb. 4-1 geprüfter Standort Kompostierungsanlage Weinheim

Die energetische Einbindung ist nicht schlecht; es sind Netzkopplungspunkte der Stadtwerke Viernheim und Weinheim in relativer Nähe, Zudem verläuft eine Gasleitung der 24/7 Netze GmbH (MVV) in der Nachbarschaft (DN 200; 8 bar). Inwieweit in den benachbarten Stadtgebieten von insbesondere Weinheim West Nahwärmenetze sinnvoll wären, müsste eruiert werden.

#### 4.1.1.2 B: Abfallumladeanlage Hirschberg

Die Abfallentsorgungsgesellschaft des Kreises AVR betreibt in Hirschberg eine Abfallumladestation und einen Wertstoffhof. Die Anschrift lautet Lobdengaustraße, 69493 Hirschberg.

Als Einrichtungen ist die eigentliche Umladestation auf 2 Ebenen vorhanden, die sich in einer Halle befindet. Der Wertstoffhof besteht im Wesentlichen aus einer Containerstellfläche.

Der Standort liegt direkt an der Bahnlinie Friedrichsfeld – Weinheim, in nördlicher Verlängerung des neuen Gewerbegebietes Hirschberg, räumlich begrenzt durch die Bahnlinie, die Bundesautobahn A5 sowie die L 541. Die Größe des Standortes liegt bei etwa 1ha; Erweiterungsmöglichkeiten wären in Richtung Norden zu lasten landwirtschaftlicher Flächen möglich.

Verkehrstechnisch ist der Standort sehr gut angebunden. Er liegt unmittelbar an der An-

schlussstelle Hirschberg der A5. Theoretisch wäre auch eine Anbindung per Schiene denkbar.



Abb. 4-2 Geprüfter Standort Umladestation Hirschberg

Durch die unmittelbare Nähe zu den Gewerbe- und Industriegebieten Hirschberg und Heddesheim könnte eine Wärmevermarktung möglich sein. Östlich der BAB in relativer Nähe zu Großsachsen verläuft parallel zur Bergstraße eine Gastrasse (40 bar) der 24/7 Netze GmbH (MVV).

#### 4.1.1.3 C: Recycling- und Entsorgungszentrum Ladenburg

Die Anlage ist auf einer ehemaligen Bauschuttdeponie der Fa. Grimmig Tiefbau; hier firmieren derzeit zwei Betriebe unter: Asphalt Ladenburg GmbH & Co.KG und REL; es handelt sich um eine Recycling- und eine Asphaltmischanlage; die Adresse lautet Heddesheimer Str. 15.

Bei dem Standort handelt es sich um ein prinzipiell ausreichend großes Grundstück mit – nach Betreiberangaben – über 20 ha Grundfläche. Eine Nutzung als Standort für eine Bioabfallbehandlungsanlage müsste nicht zu Lasten des Asphaltmischwerkes erfolgen. Die Anlage REL zeigt deutlichen Investitionsbedarf. Der Standort weist keine hohe Immissionsempfindlichkeit auf, das Umfeld ist bereits deutlich von der Abfallentsorgung geprägt.

Die verkehrstechnische Anbindung ist vergleichsweise günstig. Da das Gelände seit langer

Zeit als Bauschuttdeponie oder Recyclinganlage betrieben wurde / wird, sind die direkten Zufahrten auf Schwerverkehr ausgelegt. Die Anbindung selbst kann über die Heddesheimer Straße und die L 597 erfolgen mit direktem BAB-Anschluss an die A5 mit der Ausfahrt Ladenburg.

In Nachbarschaft zum Standort liegen Gasleitungen von drei verschiedenen Betreibern (auch 24/7 Netze GmbH). Deren Druckniveau liegt bei 17-40 bzw. 40-70 bar. Eine Wärmenutzung ist nur schwer vorstellbar. Interessant könnte eine mögliche Einbindung in das Industriegebiet Ladenburg West sein, mit seinen Chemieproduktionsanlagen und anderen Gewerbebetrieben.



Abb. 4-3 geprüfter Standort Umladestation Bauschutt- und Recyclingzentrum Ladenburg

#### 4.1.1.4 D: Kompostwerk Heidelberg-Wieblingen

Das Kompostwerk wird aktuell vom Abfallwirtschaftsbetrieb der Stadt Heidelberg betrieben. Es handelt sich um eine Bioabfallkompostierungsanlage, vollkommen eingehaust und mit vergleichsweise neuer Be- und Entlüftung und automatischem Umsetzungssystem (Wendelin).

Behandelt werden hier bislang die Bioabfälle aus der Stadt Heidelberg, dem Rhein-Neckar-Kreis sowie der Stadt Mannheim. Dazu kommen Grünabfälle insbesondere aus der Stadt Heidelberg. An die Anlage angeschlossen ist ein kleines Erdenwerk.



Der Standort weist eine Fläche von geschätzt 4 ha auf und wäre demnach für den angesetzten Mindestbedarf knapp geeignet. Erweiterungsmöglichkeiten sind kaum gegeben, eventuell jedoch in Richtung der benachbarten Kläranlage. Der Standort weist eine Kompostierungsanlage auf, in der maximal 35.000 t/a Bioabfälle und Grünabfälle verwertet werden. Diese Anlage ist auf einem guten technischen Stand und könnte zur Nachrotte der Gärrückstände genutzt werden.

Die verkehrliche Anbindung ist über den Autobahnanschluss Rittel der A 656 Heidelberg – Mannheim gegeben, der über eine Umgehungsstraße um den Stadtteil Wieblingen zu erreichen wäre.

Der Standort liegt vergleichsweise nahe an der Wohnbebauung von Wieblingen und ist damit immissionsempfindlich. Bis an die Grundstücksgrenze reicht eine Gasleitung, die zur Einspeisung genutzt werden könnte.



Abb. 4-4 Geprüfter Standort Kompostwerk Wieblingen

#### 4.1.1.5 E: Ehemalige Deponie Feilheck, Heidelberg

Es handelt sich um die ehemalige Hausmülldeponie der Stadt Heidelberg, ganz im Südwesten der Gemarkung direkt an der A5 auf Höhe Rastanlage Hardtwald gelegen. Ab der Inbetriebnahme der Müllverbrennungsanlage in Heidelberg wurden hier die Schlacken sowie andere inerte Abfälle abgelagert. Die abschließende Sanierung und Abdichtung der Deponie erfolgte ab dem Jahr 2004/2005 und ist mittlerweile abgeschlossen.



Bei der Deponie handelt es sich um eine Hochdeponie, d.h. ein Großteil der Fläche ist von einem Deponiekörper eingenommen. In Randbereichen hat der ADAC einen Verkehrsübungsplatz errichtet. Da nahezu eben wäre als Standort die Teilfläche auf einer Altablageungsfläche im Nordosten des Deponiegeländes geeignet. Die Restfläche beträgt etwa 4 ha, was für die geplante Anlagengröße knapp ausreichend wäre. Es gibt Überlegungen, diese Fläche als Ausgleichsbiotop für die Entwicklung des neuen Stadtteils Bahnstadt zu nutzen.

Für die Rekultivierung wurden 260.000 t inertes Material per Lkw angeliefert. Spätestens dies hat im Nahbereich die verkehrstechnische Anbindung optimiert. Die Anfahrt müsste darüber hinaus aus Norden über die Anschlussstelle Schwetzingen der A5 erfolgen, die Landesstraße L 600 und die Siedlungen Bruchhausen. Die Zufahrt ist bereits heute von Lkws des auf dem ehemaligen Deponiegelände liegenden Asphaltmischwerkes genutzt. Die Durchfahrt unter der BAB erlaubt eine Fahrzeughöhe von 3,80 m.

Die energetische Einbindung des Standortes ist vergleichsweise gut. Direkt an der östlichen Standortgrenze verläuft eine Erdgasfernleitung DN 400 (67,5) der Gasversorgung Süddeutschland (GVS). Auf dem Standort selbst befinden sich einige Einrichtungen zur Fassung und Aufbereitung des anfallenden Deponiegases.

In unmittelbarer Nachbarschaft befinden sich die bäuerlichen Siedlungen Bruchhausen, Neurott, Aschfeld sowie die Autobahnraststätte. Aus Sicht des Immissionsschutzes ist die Lage daher vergleichsweise günstig.

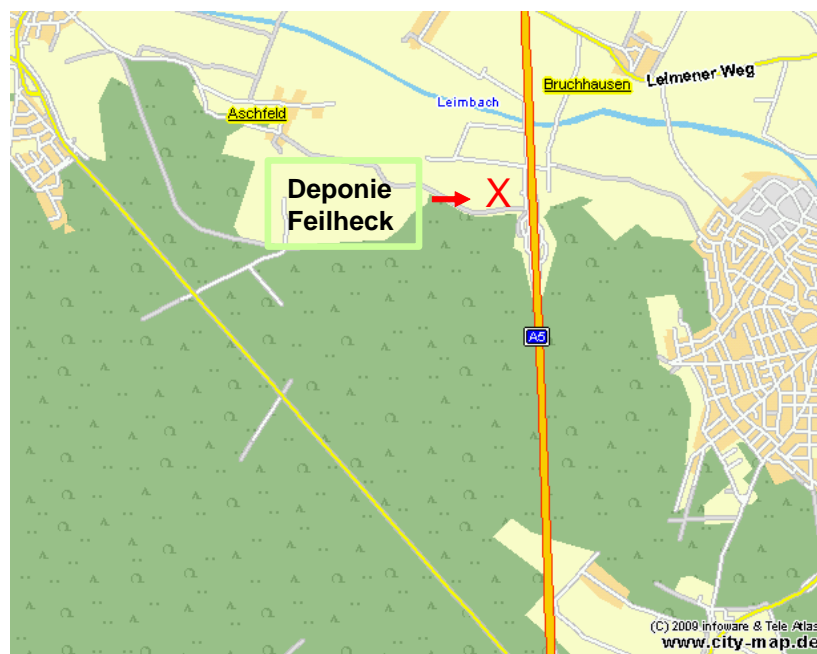


Abb. 4-5 Geprüfter Standort ehemalige Deponie Heidelberg-Feilheck

#### 4.1.1.6 F: Kompostierungsanlage Hockenheim, Talhaus

Die Kompostierungsanlage wird von der Fa. Wagner aus Grünstadt betrieben. Sie liegt am Mörscher Weg am Rand des Industriegebiets Talhaus der Gemeinde Hockenheim.



Abb. 4-6 Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Hockenheim

Es handelt sich um eine Mietenkompostierungsanlage. Es gibt keine Anlagenteile, die für eine größere Bioabfallbehandlungsanlage genutzt werden könnten. Der Standort ist mit etwa 1 ha eindeutig zu klein. Erweiterungsmöglichkeiten bestehen jedoch nach Osten in das Industriegebiet hinein. Diese im Industriegebiet liegenden Flächen sind derzeit nicht genutzt, entsprechende Planungen sind vor Ort nicht zu erkennen (bspw. Beschilderung). Werden diese Flächen mit einbezogen, ergibt sich eine Standortgröße, die für die geplante Nutzung knapp ausreichend sein könnte.

Durch den Stadtteil Talhaus verläuft eine Erdgasfernleitung. Ansonsten dürften die unmittelbare Nachbarschaft zu den Firmen im Industriegebiet auch Möglichkeiten zur Energievermarktung (Wärme) eröffnen. Der Standort dürfte deutlich von Immissionen der unmittelbar benachbarten Kläranlage bestimmt sein.

#### 4.1.1.7 G: Abfallentsorgungszentrum Wiesloch

Das Abfallentsorgungszentrum ist ein größerer Umschlagplatz der AVR, auf dem mehrere Abfallmassenströme wie Altholz, Grünschnitt, aber auch Siedlungsabfälle gemanagt werden. Die Anschrift lautet Bruchwiesen 8.

Die Anlage befindet sich in unmittelbarer Nachbarschaft zur Bahnlinie Karlsruhe – Heidelberg, in nördlicher Verlängerung einer Kläranlage. Der Standort selbst weist eine Größe von etwa 3 ha auf. Er dürfte für die geplante Bioabfallbehandlungsanlage nur knapp ausreichen. Eine Erweiterung ist nur zu Lasten landwirtschaftlicher Fläche in Richtung Norden oder Osten möglich.



Abb. 4-7 Geprüfter Standort Abfallentsorgungszentrum Wiesloch

Die Anbindung des Standortes ist über die benachbarte Anschlussstelle der Bundesstraße B 3 möglich, die über die B 39 auch Anschluss an die Bundesautobahn A 5.

Der Standort liegt in einem Industriegebiet. Die energetische Einbindung in direkter Nachbarschaft ist nicht gegeben. Eine Erdgasleitung existiert im Standortumfeld nicht.

#### 4.1.1.8 H: Bauschutt- und Erdaushubdeponie Wiesloch

Diese Deponie wird vom Abfallentsorger des Rhein-Neckar-Kreises AVR betrieben. Sie befindet sich in unmittelbarer Nähe zum oben genannten Abfallentsorgungszentrum Wiesloch.

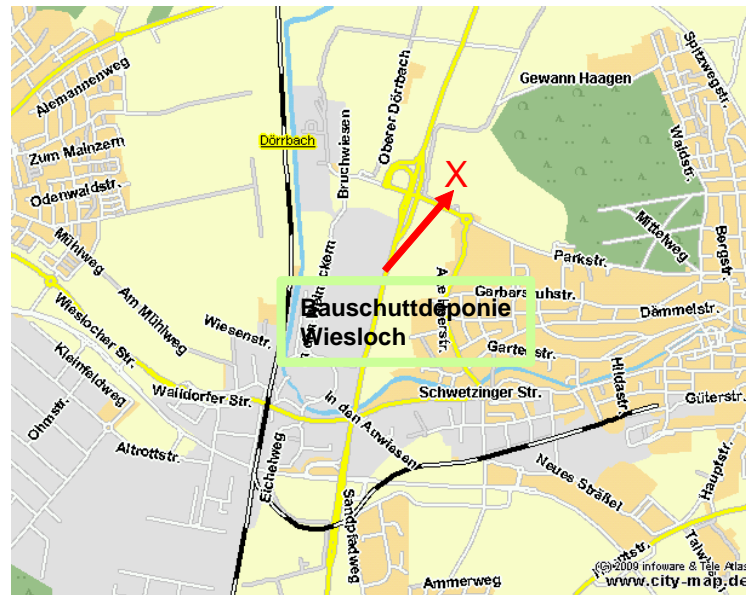


Abb. 4-8 Geprüfter Standort Bauschuttdeponie Wiesloch

Die Deponie ist nahezu abgeschlossen. Es sind kleine Restflächen, die bspw. zur Bauschuttaufbereitung genutzt werden. Flächen, die für eine Bioabfallvergärungsanlage infrage kämen, sind nicht vorhanden. Erweiterungsmöglichkeiten bestünden nur zu Lasten einer Waldfläche.

#### 4.1.1.9 J: Abfallumladeanlage Ketsch

Die Abfallumladeanlage befindet sich in direkter Nachbarschaft zum Ortsteil Talhaus der Gemeinde Hockenheim. In dieser Umladeanlage erfolgt ein Umschlag aus den Sammelfahrzeugen in Transportfahrzeuge, die bspw. die Massen an die Müllverbrennungsanlage in Mannheim oder das Kompostwerk in Wieblingen bringen. Betreiber ist die AVR.

Der Standort ist für die angedachte Größe der Bioabfallbehandlungsanlage deutlich zu klein. Eine Erweiterung wäre nur zu Lasten landwirtschaftlichen Flächen möglich.



Abb. 4-9 Geprüfter Standort Abfallumladeanlage Ketsch

#### 4.1.1.10 Standortempfehlung

Im Vergleich der oben genannten Standorte erscheinen folgende am ehesten geeignet:

- ✚ **Kompostwerk Wieblingen**
- ✚ **REL Ladenburg**
- ✚ **Deponie Feilheck**

Alle genannten Standorte liegen günstig zum Siedlungsschwerpunkt. Alle Standorte sind energetisch vergleichbar eingebunden. Im Falle des Standortes Ladenburg könnten benachbarte Industriebetriebe möglicherweise auch an Wärme interessiert sein.

Die Größe der Standorte in Wieblingen und Feilheck ist knapp ausreichend. Am Standort Ladenburg dürfte sich eine Bioabfallbehandlungsanlage in einer Form realisieren lassen, die auch alle anderen derzeitigen Nutzungen weiterhin ermöglicht.

Die Deponie Feilheck ist seit längerem abgeschlossen und mittlerweile rekultiviert. Der Standort ist von der Abfallwirtschaft mittlerweile aufgegeben. Die Errichtung der Bioabfallbehandlungsanlage dürfte den bisherigen Zielen entgegenstehen. Es gibt auch Überlegungen / Planungen, auf dem Gelände Ausgleichsflächen für den neuen Heidelberger Stadtteil Bahnstadt auszuweisen. Es ist unbekannt, wie die derzeitige rechtliche Überplanung des Standortes aussieht.

#### 4.1.2 Biomassenangebot

Das Konzept der Biomassennutzung baut auf den Bioabfällen aus Haushalten auf, mit der

angedachten Ausweitung der getrennten Erfassung von Bioabfällen über die Biotonne insbesondere im Rhein-Neckar-Kreis. Die aktuelle Beschlusslage des Rhein-Neckar-Kreises sieht keine Einführung der Pflichttonne, d.h. einen Anschluss- und Benutzungszwang vor.

Aus der Stadt Heidelberg und dem Rhein-Neckar-Kreis kann Bioabfall aus Haushalten in einer Größenordnung von 47.200 Jahrestonnen zugrunde gelegt werden. Weitere Biomassen, die teilweise einer Biogaserzeugung zur Verfügung stehen könnten, sind kommunale Grünabfälle. Nimmt man ein spezifisches Aufkommen von 0,07 t/Einwohner und Jahr an, so ergeben sich für die in der Rheinebene gelegenen Gemeinden hieraus die in nachfolgender aufgeführten Mengen, die in Summe einen vergärbaren Anteil an den kommunalen Grünabfällen von 9.100 Jahrestonnen haben.

Im Kraichgau existieren in Zuzenhausen und Bammental kleinere Grünabfallkompostierungsanlagen und damit eine existierende Verwertungsstruktur. Grünabfälle aus dem östlichen Teil des Rhein-Neckar-Kreises werden nicht in das Nutzungskonzept Biogasanlage einbezogen. Für die Räume Eberbach und Neckarbischofsheim müssten demnach noch Verwertungsstrukturen aufgebaut werden.

Tabelle 4-1 Potenzial kommunale Grünabfälle nach Behandlungseignung

		<b>Vergärung</b>	<b>holzig</b>	<b>Kompostierung</b>
	<i>Summe</i>	25 %	25 %	50 %
<b>Heidelberg</b>	8740	2185	2185	4370
<b>Altlußheim</b>	371	93	93	186
<b>Brühl</b>	994	249	249	497
<b>Dielheim</b>	625	156	156	313
<b>Dossenheim</b>	847	212	212	424
<b>Edingen-Neckarhausen</b>	1001	250	250	501
<b>Eppelheim</b>	1022	256	256	511
<b>Heddesheim</b>	812	203	203	406
<b>Hemsbach</b>	854	214	214	427
<b>Hirschberg</b>	665	166	166	333
<b>Hockenheim</b>	1470	368	368	735
<b>Ilvesheim</b>	560	140	140	280
<b>Ketsch</b>	896	224	224	448
<b>Ladenburg</b>	812	203	203	406
<b>Laudenbach</b>	427	107	107	214
<b>Leimen</b>	1890	473	473	945
<b>Malsch</b>	238	60	60	119
<b>Mühlhausen</b>	574	144	144	287
<b>Neulußheim</b>	469	117	117	235
<b>Nußloch</b>	749	187	187	375
<b>Oftersheim</b>	770	193	193	385
<b>Plankstadt</b>	672	168	168	336
<b>Reilingen</b>	497	124	124	249
<b>Sandhausen</b>	1001	250	250	501
<b>St. Leon-Rot</b>	889	222	222	445
<b>Schriesheim</b>	1036	259	259	518
<b>Schwetzingen</b>	1540	385	385	770
<b>Walldorf</b>	1029	257	257	515
<b>Weinheim</b>	3059	765	765	1530
<b>Wiesloch</b>	1820	455	455	910
	<b>36.329</b>	<b>9.082</b>	<b>9.082</b>	<b>18.165</b>

Im Einzugsbereich der angedachten Bioabfallvergärungsanlage sollten auch aus dem gewerblichen Bereich biogene Bioabfallmassen anfallen, die über eine Vergärung verwertet werden können. Über das Aufkommen liegen keine verlässlichen Angaben vor.

Für den Einzugsbereich der Biogasanlage wurden aus der Landwirtschaft grob folgende Potenziale abgeschätzt. Der Einzugsbereich wurde hierfür enger gesetzt.

### Standort Ladenburg

- **Silomais: 4.500 t/a (insbesondere aus Heddesheim, Hirschberg)**
- **Dauergrünland: 200 t/a**

In Ladenburg-Neubotzheim, zwischen Dossenheim und Ladenburg gelegen, befindet sich eine bäuerliche Biogasanlage, die auf Maisbasis betrieben wird. Für Ladenburg wurden daher keine zusätzlich verfügbaren Silomaismengen unterstellt.

#### **Standort Wieblingen**

- **Silomais: 4.000 t/a (insbesondere Heidelberg, Edingen-Neckarhausen)**
- **Dauergrünland: -**

In Heidelberg-Pfaffengrund befindet sich eine bäuerliche Biogasanlage, in der vor allem Speiseabfälle zu Biogas verarbeitet werden. In diese Anlage gelangen aber auch Nawaro aus dem Standortumfeld. Das für Heidelberg postulierte Potenzial wurde für obige Abschätzung daher deutlich begrenzt.

#### **Standort Feilheck**

- **Silomais: 6.400 t/a (insbesondere Heidelberg, Plankstadt, Oftersheim)**
- **Dauergrünland: 50 t/a**

In Heidelberg-Pfaffengrund befindet sich eine bäuerliche Biogasanlage, in der vor allem Speiseabfälle zu Biogas verarbeitet werden. In diese Anlage gelangen aber auch Nawaro aus dem Standortumfeld. Das für Heidelberg postulierte Potenzial wurde für obige Abschätzung daher deutlich begrenzt.

Darüber hinaus kommen in allen Fällen noch bspw. Festmist aus der Pferdehaltung, Rückstände aus dem Zoo Heidelberg und andere Biomassen aus der Tierhaltung. Auf eine Bezifferung wurde verzichtet.

### **4.1.3 Grobes Logistikkonzept**

In diesem Schritt wird auf der Basis der aufgezeigten Biomassenströme und der vorhandenen Anlagenstruktur ein grobes Stoffstrom- und Logistik-Konzept erarbeitet.

#### Bioabfall aus Haushalten

Dieser Biomassenstrom gelangt vollständig in die Bioabfallvergärungsanlage. Unabhängig von der letztendlichen Wahl des Anlagenstandortes dürfte ein erheblicher Anteil des Aufkommens direkt mit den Sammelfahrzeugen angedient werden.



Zur Minimierung des Transportaufwandes kann die Einbeziehung der Abfallumladestation Ketsch sinnvoll sein, insbesondere bei Standortwahl Ladenburg oder Wieblingen. Unabhängig von der Standortwahl erscheint ein Bioabfallumschlag in Sinsheim im Abfallentsorgungszentrum sinnvoll.

### Kommunale Grünabfälle

Für die Verwertung der kommunalen Grünabfälle existiert eine Verwertungsstruktur. Mit dem Verwertungskonzept soll diese Struktur nicht infrage gestellt, aber optimiert werden.

In **Weinheim** besteht eine Grünabfallkompostierungsanlage. Ihr Einzugsbereich würde nach diesem Konzept die Stadt Weinheim sowie die nördlich angrenzenden Gemeinden Hemsbach und Laudenbach umfassen. In Summe ergibt sich daraus ein Biomasseaufkommen von 4.340 Jahrestonnen.

Die Sammelstruktur sollte jedoch dezentral erfolgen, d.h. mit Sammelpunkten in jeder Gemeinde. Es kann daher durchaus sinnvoll sein, die Sammelplätze regelmäßig mit mobilen Häckselgeräten anzufahren und das gehäckselte Material erst in der Kompostierungsanlage Weinheim in die einzelnen Stoffströme aufzuteilen. In der Kompostierungsanlage d.h. in der Komposterzeugung verblieben demnach rechnerisch 2.170 Jahrestonnen. 1.080 Jahrestonnen würden als Hackschnitzel zur energetischen Verwertung vermarktet, 1.080 Jahrestonnen an die Bioabfallvergärungsanlage übergeben.

Um sicherzustellen, dass die Biomasse ausreichend frisch ist, sollte die Abfuhr möglichst 2x pro Woche erfolgen, in den Jahreszeiten mit höherem Aufkommen an krautigem Material eventuell auch öfter. Für Weinheim könnte überlegt werden, krautiges Material im Input möglichst getrennt von den anderen Massenströmen zu halten.

Der Einzugsbereich von **Ladenburg** umfasst die Gemeinden Dossenheim, Heddesheim, Hirschberg, Ilvesheim, Ladenburg sowie Schriesheim. In Summe ergibt sich für diese Gemeinden ein Grünabfallaufkommen von 4.730 Jahrestonnen.

In all diesen Gemeinden sollten dezentral Sammelplätze vorhanden sein, d.h. auch ausgeht auf die einzelnen Ortsteile. Auf diesen Sammelplätzen erfolgt sinnvollerweise ein Einsatz von mobilen Häckslern.

Der Antransport erfolgt direkt zu der Bioabfallbehandlungsanlage. Sollte diese in Ladenburg errichtet werden, zum Standort REL, sollte sie in Wieblingen oder Feilheck sein auch dahin. Die Stoffstromtrennung erfolgt erst an der Anlage, da 75 % der Biomasse dort als Input ver-

bleiben. Nur 25 % des Materials (1.180 t/a) wird nach extern als Holzhackschnitzel vermarktet, bspw. in das geplante Biomasseheizwerk in Heidelberg-Rohrbach. Die übrige Biomasse wird aufgetrennt, der kompostierbare Anteil (50 %; 2.370 t/a) gelangt in die Nachrotte der Gärrückstände, 25 % wird als Input in die Biogasanlage eingesetzt (1.180 t/a).

Sollte die Vergärungs-Anlage nicht in Ladenburg errichtet werden, so sollten diese Grünabfälle direkt in Wieblingen (s.u.) angeliefert werden.

Diese Zuordnung erfolgt, da es in diesem Teilraum keine Grünabfallkompostierungsanlage gibt – REL Ladenburg schlägt Biomassen nur um - und ein gewisser Anteil an Grünabfällen auch zur Optimierung der Nachrotte der Gärrückstände benötigt wird.

**Wieblingen** sollte weiterhin als Biomassedrehscheibe und Kompostierungsanlage genutzt werden. Wird in Wieblingen nicht die zentrale Bioabfallvergärungsanlage errichtet und die vorhandene Infrastruktur entsprechend genutzt, so verbliebe hier eine kleinere Grünabfallkompostierung für die Grünabfälle aus dem Stadtgebiet und die umliegenden Ortschaften. In beiden Fällen sollte auch die Infrastruktur des nachgeschalteten Erdenwerks genutzt werden.

Der Einzugsbereich von Wieblingen umfasst neben Heidelberg die Gemeinden Brühl, Edingen-Neckarhausen, Eppelheim, Leimen, Ofersheim, Plankstadt, Sandhausen und Schwetzingen. In Summe handelt es sich um 17.620 Jahrestonnen. Ein Anteil von 50 % (8.660 t/a) würde als Input in der Kompostierungsanlage verbleiben, jeweils 4.330 Jahrestonnen würden an die Vergärungsanlage weitergereicht sowie als Hackschnitzel an das geplante Biomasseheizwerk in Heidelberg-Rohrbach vermarktet.

In **Hockenheim** besteht eine Grünabfallkompostierungsanlage der Fa. Wagner. Diese Kompostierungsanlage mit ihrer Produktion gütegesicherten Kompostes sollte weiterhin genutzt werden. Der Einzugsbereich umfasst neben Hockenheim nach diesem Konzept die Gemeinden Altlußheim, Ketsch, Neulußheim und Reilingen.

In jeder der genannten Gemeinden sollte dezentral die Grünabfallerfassung erfolgen. Es bietet sich an, die Sammelplätze regelmäßig mit mobilen Häckslern anzufahren und die eigentliche Stoffstromtrennung erst in Hockenheim durchzuführen. In Summe würden demnach etwa 3.710 Jahrestonnen in Hockenheim angedient werden. Von diesen würden sich 930 Jahrestonnen sowohl als Holzhackschnitzel als auch als Input in die Vergärungsanlage erzeugen lassen. 1.850 Jahrestonnen verblieben demnach in Hockenheim zur Komposterzeugung.

In **Wiesloch** sollte das Abfallentsorgungszentrum AEZ auch für die Biomassen als Drehscheibe genutzt werden. Der Einzugsbereich wäre nach diesen Überlegungen Dielheim, Nußloch, Rot, St. Leon, Walldorf und Wiesloch selbst.

Aus den möglichst dezentral angelegten Sammelplätzen würden nach diesem Konzept die mit mobilen Häckslern vorbehandelten Grünabfälle in Wiesloch angeliefert und in die einzelnen Stoffströme aufgeteilt. In Summe würden 5.120 Jahrestonnen angeliefert. Davon könnten jeweils 1.280 Jahrestonnen als Input für die Biogasanlage sowie als Hockhackschnitzel abgetrennt werden. 2.560 Jahrestonnen könnten in eine Kompostierungsanlage verbracht werden.

Je nach Zielort könnte die Auftrennung in Unterkorn und Input Biomasse auch am Ort der Kompostierungsanlage / Vergärungsanlage erfolgen.

#### Landwirtschaftliche Biomasse

Diese Biomasse würde durch landwirtschaftliche Fahrzeuge und die Landwirte selbst an der Vergärungsanlage angeliefert.

Fasst man diese Überlegungen zusammen, so ergeben sich für die diskutierten Standortalternativen folgende Massenströme:

Tabelle 4-2 Option 1: Vergärungsanlage in Ladenburg

<b>Standort Ladenburg</b>			
	<b>Herkunft</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Masse t/a</b>
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Dossenheim, Heddesheim, Hirschberg, Ilvesheim, Ladenburg, Schriesheim	Grünabfälle	4.730
<b>Input Vergärung</b>	Weinheim	Grünabfälle	1.080
	Aufbereitung Ladenburg	Grünabfälle	1.180
	Aufbereitung Wieblingen	Grünabfälle	4.330
	Aufbereitung Hockenheim	Grünabfälle	930
	Aufbereitung Wiesloch	Grünabfälle	1.280
	Landwirtschaft	Silomais	4.500
	Landwirtschaft	Grünland	200
	Rhein-Neckar-Kreis, Heidelberg	Bioabfall aus Haushalten	47.200
		<i>Summe</i>	<i>60.700</i>
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Ladenburg	Grünabfälle	2.370
		Gärrest (50 %)	30.350
		<i>Summe</i>	<i>32.720</i>
<b>Standort Weinheim</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Hemsbach, Laudendach, Weinheim,	Grünabfälle	4.340
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Weinheim	Grünabfälle	2.170
<b>Standort Wieblingen</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Heidelberg, Brühl, Edingen-Neckarhausen, Eppelheim, Leimen, Oftersheim, Plankstadt, Sandhausen, Schwetzingen	Grünabfälle	17.620
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Wieblingen	Grünabfälle	8.660
	Aufbereitung Wiesloch	Grünabfälle	2.560
<b>Standort Hockenheim</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Hockenheim, Altlußheim, Ketsch, Neulußheim, Reilingen	Grünabfälle	3.710
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Hockenheim	Grünabfälle	1.850
<b>Standort Wiesloch</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Dielheim, Nussloch, Rot, St. Leon, Walldorf, Wiesloch	Grünabfälle	5.120

Tabelle 4-3 Option 2: Vergärungsanlage in Wieblingen

<b>Standort Wieblingen</b>			
	<b>Herkunft</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Masse t/a</b>
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Dossenheim, Heddesheim, Hirschberg, Ilvesheim, Ladenburg, Schriesheim	Grünabfälle	4.730
	Heidelberg, Brühl, Edingen-Neckarhausen, Eppelheim, Leimen, Oftersheim, Plankstadt, Sandhausen, Schwetzingen	Grünabfälle	17.620
<b>Input Vergärung</b>	Weinheim	Grünabfälle	1.080
	Aufbereitung Wieblingen	Grünabfälle	5.590
	Aufbereitung Hockenheim	Grünabfälle	930
	Aufbereitung Wiesloch	Grünabfälle	1.280
	Landwirtschaft	Silomais	4.000
	Rhein-Neckar-Kreis, Heidelberg	Bioabfall aus Haushalten	47.200
		<i>Summe</i>	<i>60.080</i>
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Wieblingen	Grünabfälle	11.170
	Aufbereitung Wiesloch	Grünabfälle	2.560
		Gärrest (50 %)	30.040
		<i>Summe</i>	<i>43.770</i>
<b>Standort Weinheim</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Hemsbach, Laudendach, Weinheim,	Grünabfälle	4.340
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Weinheim	Grünabfälle	2.170
<b>Standort Hockenheim</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Hockenheim, Altlußheim, Ketsch, Neulußheim, Reilingen	Grünabfälle	3.710
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Hockenheim	Grünabfälle	1.850
<b>Standort Wiesloch</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Dielheim, Nussloch, Rot, St. Leon, Walldorf, Wiesloch	Grünabfälle	5.120

Tabelle 4-4 Option 3: Vergärungsanlage in Feilheck

	<b>Standort Feilheck</b>		
	<b>Herkunft</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Masse t/a</b>
<b>Input Vergärung</b>	Weinheim	Grünabfälle	1.080
	Aufbereitung Wieblingen	Grünabfälle	5.590
	Aufbereitung Hockenheim	Grünabfälle	930
	Aufbereitung Wiesloch	Grünabfälle	1.280
	Landwirtschaft	Silomais	6.400
	Landwirtschaft	Grünland	50
	Rhein-Neckar-Kreis, Heidelberg	Bioabfall aus Haushalten	47.200
	<i>Summe</i>		<i>62.530</i>
	<b>Standort Wieblingen</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Dossenheim, Heddeshheim, Hirschberg, Ilvesheim, Ladenburg, Schriesheim	Grünabfälle	4.730
	Heidelberg, Brühl, Edingen-Neckarhausen, Eppelheim, Leimen, Oftersheim, Plankstadt, Sandhausen, Schwetzingen	Grünabfälle	17.620
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Wieblingen	Grünabfälle	11.170
		Gärrest (50 %)	31.260
		<i>Summe</i>	<i>42.430</i>
	<b>Standort Weinheim</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Hemsbach, Laudendbach, Weinheim,	Grünabfälle	4.340
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Weinheim	Grünabfälle	2.170
	<b>Standort Hockenheim</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Hockenheim, Altlußheim, Ketsch, Neulußheim, Reilingen	Grünabfälle	3.710
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Hockenheim	Grünabfälle	1.850
	Aufbereitung Wiesloch	Grünabfälle	2.560
	<b>Standort Wiesloch</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Dielheim, Nussloch, Rot, St. Leon, Walldorf, Wiesloch	Grünabfälle	5.120

#### **4.1.4 Verwertungskonzept**

Das Verwertungskonzept umfasst die Biomassen Bioabfälle aus Haushalten, kommunale Grünabfälle sowie in kleinem Umfang landwirtschaftlich produzierte Biomassen. Dies schließt nicht aus, dass bei Umsetzung des Projektes im Standortumfeld weitere insbesondere Abfall-Biomassen akquiriert werden sollten.

##### **4.1.4.1 Stoffströme**

###### Bioabfälle aus Haushalten:

Das Bioabfallaufkommen aus Rhein-Neckar-Kreis und Stadt Heidelberg umfasst etwa 47.200 Jahrestonnen. Dies bedeutet für beide Gebietskörperschaften eine Ausweitung der derzeitigen getrennten Erfassung.

Das Aufkommen an Bioabfällen liegt in Heidelberg derzeit bei 8.500 Jahrestonnen, im Rhein-Neckar-Kreis bei etwa 5.100 Jahrestonnen. Demnach werden zukünftig 33.600 Jahrestonnen nicht mehr über die Restmülltonnen und die Müllverbrennungsanlage in Mannheim auf der Friesenheimer Insel entsorgt.

Vereinfachend kann davon ausgegangen werden, dass sich der Aufwand für Sammlung und Transport nicht (signifikant) unterscheidet. Die Transportentfernung wird deutlich verringert (Heidelberg anstatt Mannheim), dafür ist der mit der flächendeckenden Einführung der Biotonne verbundene Sammelaufwand etwas höher.

###### Kommunale Grünabfälle

Nach dem vorliegenden Konzept würden etwa 36.370 Jahrestonnen kommunale Grünabfälle über ein möglichst dezentrales Konzept von Sammelpunkten mobilisiert. Über das derzeitige Aufkommen an kommunalen Grünabfällen, die zu Verwertungsanlagen gebracht werden, liegen keine verlässlichen Daten vor. Im Rhein-Neckar-Kreis erfolgt die Grünabfallsammlung und –verwertung zu einem erheblichen Anteil außerhalb der Verantwortung der AVR.

Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass etwa 15.000 Jahrestonnen dieser Mengen bereits heute über Kompostierungsanlagen verwertet werden. Für die restlichen Mengen wird eine Eigenverwertung unterstellt. Das Material würde demnach in den Gärten als Mulch genutzt, eventuell auch kompostiert (oder verbrannt).

An den zentralen Stellen wird das gesamte Grünabfallaufkommen zerkleinert und gesiebt. Damit erfolgt eine Stoffstromtrennung, d.h. etwa 25 % lassen sich als Hackschnitzel vermarkten (9.100 Jahrestonnen), etwa 25 % können dem Input in die Vergärung zugegeben werden. Die restlichen etwa 18.170 Jahrestonnen werden aerob zu Kompost verarbeitet. An den dezentralen Standorten kann weiterhin eine offene Mietenkompostierung unterstellt werden, die zur Nachkompostierung der Vergärungsrückstände genutzte Menge (13.700 Jahrestonnen; Option 2) gelangt in eine voll eingehauste Kompostierung.

Derzeit kann davon ausgegangen werden, dass von den getrennt erfassten etwa 15.000 Jahrestonnen ebenfalls 25 % (3.750 Jahrestonnen) thermisch genutzt werden. Die verbleibende Menge (11.250 Jahrestonnen) wird derzeit ausschließlich aerob zu Kompost verarbeitet.

Die für die Vergärung vorgesehenen Grünabfallmengen werden mittels Containern an der Anlage in Wieblingen angeliefert. Die Abholung dieser Biomassen an den Anlagen zur Stoffstromtrennung sollte mindestens 2x wöchentlich erfolgen, um eine zu starke Veratmung und Umsetzung der Biomassen zu verhindern bzw. das Biogaspotenzial zu erhalten.

Die dezentral erzeugten Grünabfallkomposte lassen sich hochwertig verwerten. Es wird einer vollständiger Absatz an private Haushalte oder Gartenbetriebe unterstellt und damit eine Verwertung in Konkurrenz zu Torfprodukten. Für die nachkompostierten Gärrückstände wird eine Vermarktung zu 50 % in die Landwirtschaft angesetzt, zu 50 % analog Grünabfallkompost.

#### Landwirtschaftlich erzeugte Biomasse

Hierfür wird der Anbau von Silomais unterstellt. Für den Einzugsbereich von Wieblingen (Option 2) wurde ein Potenzial von 4.000 Jahrestonnen angenommen. Im Detail zu klären wäre, in welcher Form und durch wen der Antransport erfolgen müsste. Sinnvoll ist wahrscheinlich eine Silierung in Fahrsilos und sukzessive Zuführung zur Biogasanlage.

#### **4.1.4.2 Verwertungstechnik**

##### Ist-Zustand

Im Ist-Zustand werden Bioabfälle kompostiert oder gemeinsam mit dem Restmüll erfasst und in der Müllverbrennungsanlage Mannheim verbrannt. Grünabfälle werden größtenteils bislang nicht genutzt, ansonsten ebenfalls kompostiert und daneben auch energetisch in einem Holzheizwerk genutzt.



Für die MVA Mannheim werden dem IFEU vorliegende Daten verwendet. Die Kompostierung wird getrennt für Bioabfälle aus Haushalten und für die kommunalen Grünabfälle durchgeführt. Die Bioabfallkompostierung im Status Quo erfolgt in Wieblingen und damit in einer geschlossenen Kompostierungsanlage. Die bestehende Kompostierung von kommunalen Grünabfällen wird in einfachen, offenen Kompostierungsanlagen angenommen. Der Störstoffanteil wird vereinfacht vernachlässigt. Emissionen der Kompostierung werden basierend auf den Emissionsfaktoren von Herrn Cuhls [gewitra 2009] berechnet. Bezüglich der Komposte ist unklar, in welchem Umfang Frisch- und Fertigkompost erzeugt wird und wo diese angewendet werden. Hier werden durchschnittliche bundesdeutsche Daten verwendet, die von der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) zur Verfügung gestellt wurden<sup>3</sup>.

### Künftige Aufbereitung und Verwertung Grünabfälle

Die künftige Stoffstromtrennung und anschließende Verwertung der Teilströme der kommunalen Grünabfälle beinhaltet:

1. Zerkleinern der Grünabfälle über ein langsam laufendes Aggregat
2. Absiebung über ein Sternsieb
3. Biologische Trocknung der holzigen Bestandteile und Nutzung der schwarzen Hack- schnitzel in einem Holzheizwerk
4. Vergärung der krautigen Bestandteile (s. u.)
5. Kompostierung der sonstigen Grünabfälle wie im Ist-Zustand (offene, überdachte Mietenkompostierung, Störstoffe vernachlässigt)

Für die Kompostierung wird, wie zuvor erwähnt, angenommen, dass ein Teil der Abfälle für die Nachrotte der Gärreste eingesetzt wird (13.700 t entspricht 75 % der Grünabfälle). Dieser Anteil wird folglich in geschlossenen Anlagen behandelt. Für die 25 % verbleibenden Grünabfälle wird weiterhin eine offene, überdachte Kompostierung angenommen. Abweichend zum Ist-Zustand wird davon ausgegangen, dass zu 100 % Fertigkompost erzeugt wird. Aus den dezentralen Anlagen wird dieser hochwertig im Hobbygartenbau und Garten- und Landschaftsbau eingesetzt. Der Anteil der Grünabfälle, der zur Nachrotte der Gärreste zugeordnet wurde, wird mit den kompostierten Gärresten vermarktet und damit wie zuvor beschrieben zu 50 % in der Landwirtschaft und zu 50 % wie der Grünabfallkompost genutzt.

### Transport der Grünabfälle

Standardcontainer im Gespann und Speditionsverkehr

### Vergärung

Für die Vergärung werden folgende drei Fälle unterschieden:

---



<sup>3</sup> Schriftliche Mitteilung des BGK zur Kompostvermarktung 2007

1. Durchschnittliche Vergärung – Biogasnutzung im BHKW mit Oxidationskatalysator
2. Thermisch induzierte Hydrolyse (TIH) und Vergärung
  - a. Biogasnutzung im BHKW mit Oxidationskatalysator
  - b. Biogasnutzung durch Aufbereitung mit DWW, Einspeisung ins Erdgasnetz und KWK-Nutzung mit umfassender Wärmenutzung

Auch bei der Vergärung werden vereinfacht die Störstoffe vernachlässigt. Die erzeugten Gärreste werden entwässert und nachkompostiert. Für den resultierenden kompostierten Gärrest (kGR) wird der gleiche Anwendungssplit angenommen wie für aerob erzeugten Fertigungskompost.

#### 4.1.5 Bewertung

In diesem Schritt wird die mit dem Steckbrief aufgezeigte Lösung unter den nachfolgend genannten Gesichtspunkten im Verhältnis zum Status Quo bewertet.

-  ökonomisch
-  ökologisch

Die Betrachtung und vergleichende Bewertung erfolgt standortunabhängig. Die Standortbewertung ergab eine Vorauswahl unter den gegebenen Alternativen. Alle vergleichsweise besser geeigneten Standorte unterscheiden sich nicht grundsätzlich in ihren Möglichkeiten der energetischen Einbindung, soweit dies mit der gewählten Analysetiefe zu erkennen ist. Sie ermöglichen auch alle technischen Lösungen.

#### Zusammenfassung der Mengen

Tabelle 4-5 Überblick Ist Situation und Option

Abfall	Status Quo	Vergärung	andere Nutzung
Bioabfall aus Haushalten	13.600 t/a Kompostierung, 33.600 t/a MVA MA	47.200 t/a	
Kommunaler Grünabfall	11.250 t/a Kompostierung 3.750 t/a Holz-HKW 21.370 t/a ohne Nutzen	9.100 t/a	18.170 t/a Kompostierung 9.100 t/a Holz-HKW
Silomais	unbekannt	4.000 t/a	
<b>Summe</b>		<b>60.300 t/a</b>	

#### Kenndaten Vergärung

Tabelle 4-6 Kenndaten Vergärungssubstrate

<b>Abfall</b>	<b>Gasertrag</b> in m <sup>3</sup> /t FS	<b>Methangehalt</b> in Vol %	<b>TS</b> in %FS	<b>oTS</b> in %TS	<b>Quelle</b>
Bioabfall aus Haushalten	123	60	40	50	KTBL 2009
Kommunaler Grünabfall	80	54	40	67,4	DBU 2002, LANUV 2009
Maissilage	203,8	52	33	95,	KTBL 2009
<b>Substratgemisch</b>	<b>121,9</b>	<b>58,6</b>	<b>39,5</b>	<b>55,6</b>	

Tabelle 4-7 Kenndaten durchschnittliche Vergärungsanlage – Biogasnutzung BHKW

<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Rechenwert</b>
Biogasertrag	m <sup>3</sup> /t FS	121,9
Methangehalt Biogas	Vol %	58,6
BHKW elektr. Leistung	kWeI	2 x 1130
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40
Wirkungsgrad thermisch	%	43
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	16
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	15

Der Strombedarf beinhaltet den Strombedarf für die Entwässerung des Gärrestes und dessen Nachrotte. Der Wärmebedarf entspricht dem Wärmebedarf der Fermentierung. Für die erzeugte Wärme wird angenommen, dass 20 % der Überschusswärme extern genutzt werden kann.

Mit vorgeschalteter TIH ergibt sich ein höherer Gasertrag der Substrate. Bei Bioabfall liegt der Gasertrag um rd. 7 % höher, bei kommunalem Grünabfall (geschätzt) und Maissilage etwa um 10 %. Umgekehrt steigt durch die TIH auch der Energieeigenbedarf an. Die insgesamt resultierenden Kenndaten sind nachfolgend aufgeführt.

Tabelle 4-8 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biogasnutzung BHKW

Parameter	Einheit	Rechenwert
Biogasertrag	m <sup>3</sup> /t FS	131,3
Methangehalt Biogas	Vol %	58,6
BHKW elektr. Leistung	kWel	2 x 1260
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40
Wirkungsgrad thermisch	%	43
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	17,7
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	37,7

Der dritte untersuchte Fall stellt die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität dar. Als Verfahren wird hier eine Druckwasserwäsche (DWW) zugrunde gelegt. Der Strombedarf beinhaltet die Aufbereitung und Komprimierung auf 16 bar Einspeisedruck. Nach Hersteller- bzw. Betreiberangaben wird derzeit ein Methanschluß von < 1 bzw. < 2 % angegeben (UMSICHT 2009). Nach EEG einzuhalten sind 0,5 %, entsprechend ist eine thermische Nachverbrennung der Abluft erforderlich. Durch diese reduziert sich der Restmethangehalt im Abgas auf 0,01 % bezogen auf die zugeführte Methanmenge. Für die Bereitstellung des Energieeigenbedarfs der Anlage wird angenommen, dass ein Teil des Biogases in einem wärmegeführten BHKW genutzt wird. Der dabei anfallende Überschussstrom wird ins Stromnetz eingespeist und über eine Gutschrift verrechnet. Das erzeugte Biomethan wird schließlich aus dem Erdgasnetz entnommen und in einem BHKW mit vollständiger Wärmenutzung genutzt.

Tabelle 4-9 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Aufbereitung zu Biomethan

Parameter	Einheit	Rechenwert
Methangehalt Biomethan	Vol %	96
Strombedarf Aufbereitung DWW	kWh/m <sup>3</sup> Rohgas	0,27
Methanschluß	% Methaninput	2
Methanemissionen nach thermischer Nachverbrennung	% Methaninput	0,01
Betriebsstunden	h/a	8000
Roh-Biogasdurchsatz	m <sup>3</sup> /h	617
Biomethan	m <sup>3</sup> /h	376

Tabelle 4-10 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biogas-BHKW für Eigenbedarf

Parameter	Einheit	Rechenwert
BHKW thermische Leistung	kW <sub>th</sub>	939
BHKW elektrische Leistung	kW <sub>el</sub>	852
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	39
Wirkungsgrad thermisch	%	43

Tabelle 4-11 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biomethan-BHKW

Parameter	Einheit	Rechenwert
BHKW elektrische Leistung	kW <sub>el</sub>	1445
BHKW thermische Leistung	kW <sub>th</sub>	1553
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40
Wirkungsgrad thermisch	%	43

#### Kenndaten weitere Anlagen

Tabelle 4-12 Kenndaten Heizwerk schwarze Hackschnitzel

Parameter	Einheit	Rechenwert IST	Rechenwert POT
Heizwert Hackschnitzel	kWh/kg	2,6	2,6
Wassergehalt Hackschnitzel	%	40	40
Brennstoffenergie pro Stunde	kWh/h	1.300	3.155
Thermische Leistung	kW <sub>th</sub>	1.500	3.000
Betriebsstunden	h/a	7.500	7.500
Kesselwirkungsgrad	%	90	90
Stromeigenbedarf (Bezug Primärenergie)	%	0,89	0,89

#### 4.1.5.1 Ergebnisse der ökologischen Bewertung

Die ökologische Bewertung umfasst den Vergleich der folgenden Szenarien

- 1) A Ist: Ist-Zustand wie in Kapitel 4.2 beschrieben;
- 2) A Pot 01 Potenzial wie in Kapitel 4.2. beschrieben; durchschnittliche Vergärung, Biogasnutzung im BHKW mit Ox-Kat
- 3) A Pot 02 Potenzial wie in Kapitel 4.2. beschrieben; Vergärung nach TIH-Verfahren, Biogasnutzung im BHKW mit Ox-Kat
- 4) A Pot 03 Potenzial wie in Kapitel 4.2. beschrieben; Vergärung nach TIH-Verfahren, Biogasaufbereitung auf Erdgasqualität; Energieeigenbedarf über BHKW mit Ox-Kat vor Ort, Gutschrift für Stromüberschuss; Nutzung des Biomethans in einem Erdgas-BHKW mit vollständiger Wärmenutzung

Die nachfolgenden Graphiken zeigen die Ergebnisse des Szenarienvergleichs für die Wirkungskategorien Treibhauseffekt, kumulierter Energieaufwand (KEA) fossil und Versauerung.

In den Wirkungskategorien **Treibhauseffekt und kumulierter Energieaufwand (KEA) fossil** zeigt sich eine deutliche Verbesserung durch die Potenzialszenarien gegenüber der Ist-Situation. Insbesondere die vorgeschaltete Vergärung der Bioabfälle sowie die Stoffstromtrennung und Nutzung der Grünabfälle anteilig in Holz-Heizkraftwerk und in der Vergärung zeigen deutliche Entlastungseffekte. Dagegen war die Kompostierung im Ist-Zustand noch mit höheren Be- als Entlastungen verbunden. Dies zeigt sich weiterhin bei der Kompostierung der Grünabfälle in den Potenzialszenarien. Allerdings liegen die Beiträge der Kompostierung im Nettoergebnis generell etwa um den Nullpunkt, d.h. Be- und Entlastungen heben sich in etwa auf.

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 der TIH überwiegt, allerdings wie gesagt nur in geringem Umfang. Ein größerer Unterschied ergibt sich bei Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und Nutzung in einem BHKW, wobei die erzeugte Wärme vollständig genutzt werden kann. Die zusätzliche Wärmenutzung bewirkt hier das günstigere Abschneiden im Nettoergebnis. Könnte die Wärme vor Ort genutzt werden, würde das Ergebnis noch besser ausfallen, da die Aufwendungen und Methanverluste bei der Aufbereitung nicht anfallen würden.

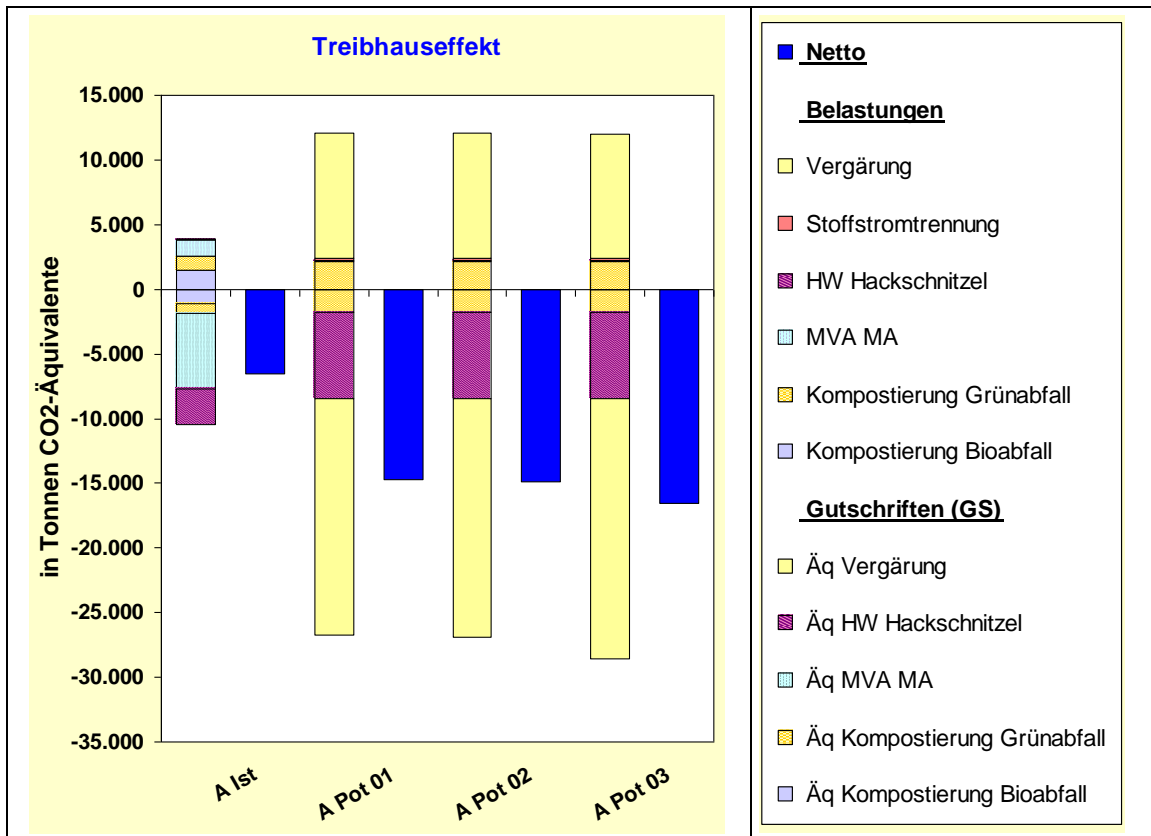


Abb. 4-10 Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung - Treibhauseffekt

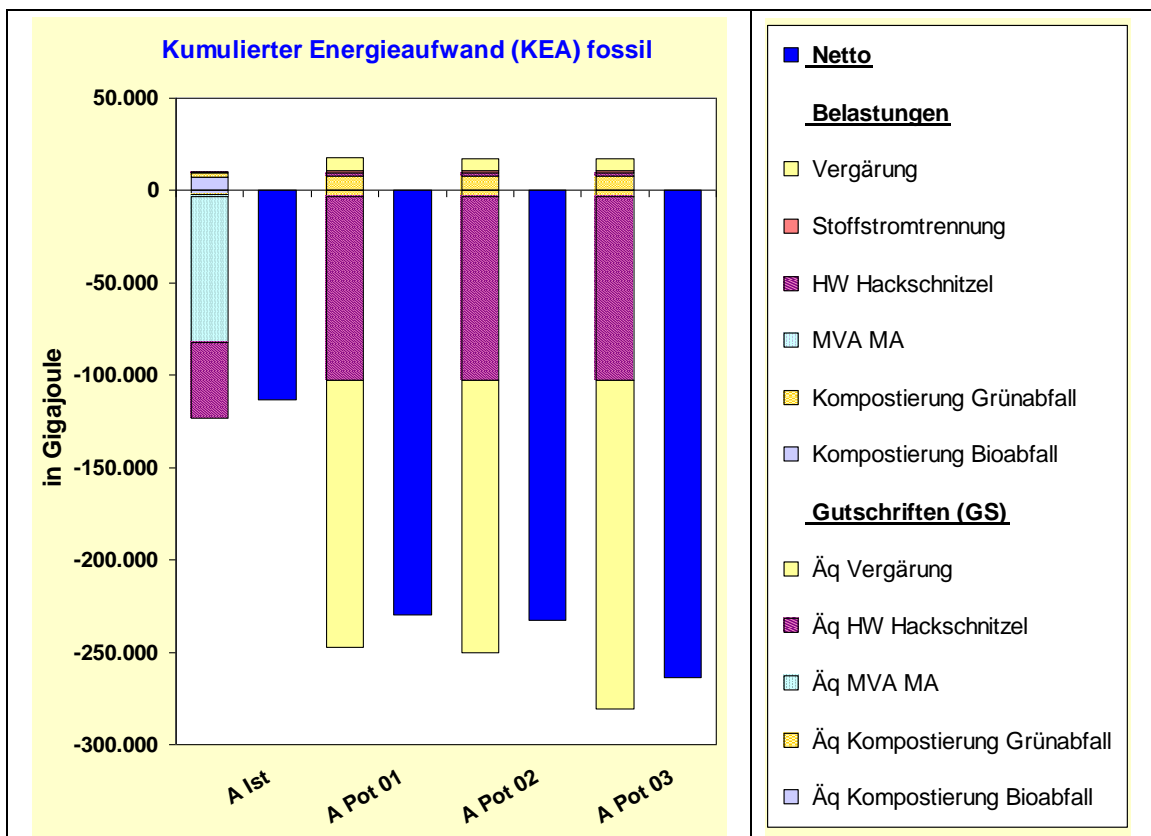


Abb. 4-11 Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung - kumulierter Ener-

giebedarf (KEA) fossil

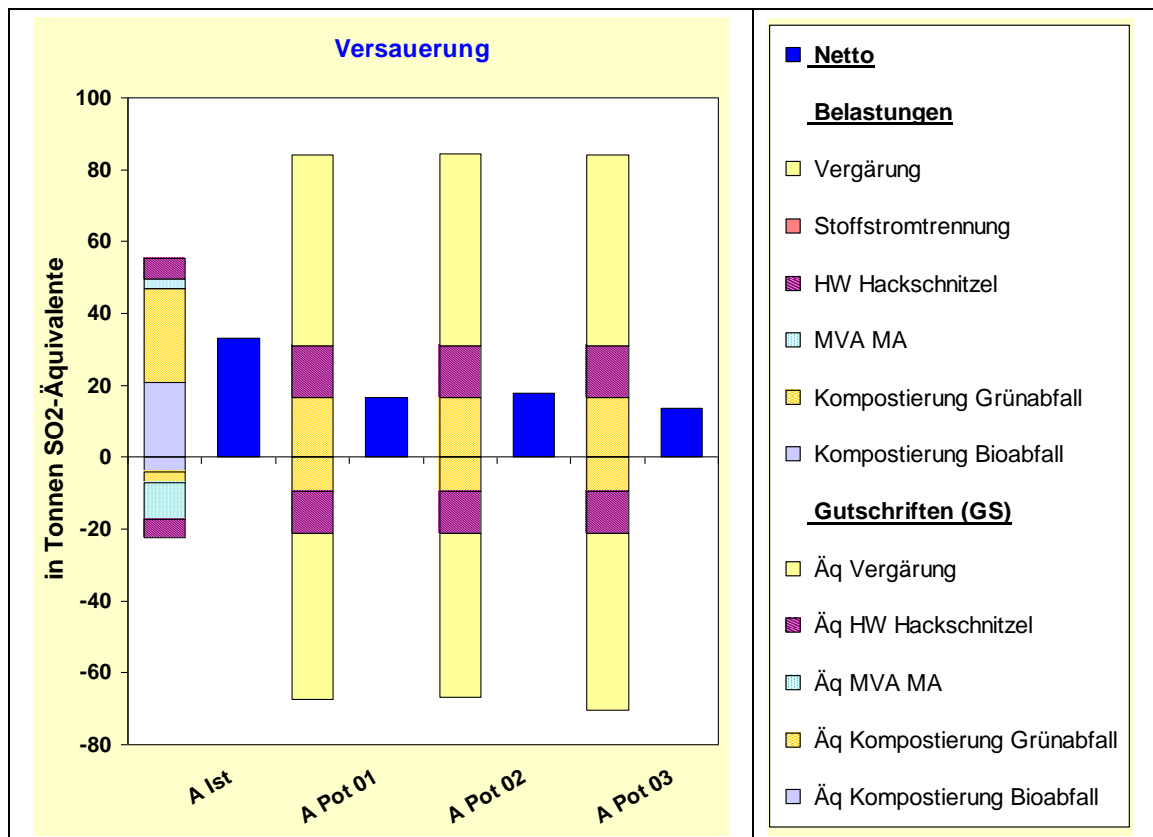


Abb. 4-12 Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung - Versauerung

Bei der Wirkungskategorie **Versauerung** zeigt sich ein etwas anderes Bild. Hier bewirken die Potenzialszenarien gegenüber der Ist-Situation ebenfalls eine Verbesserung im Nettoergebnis, allerdings im Saldo mit Umweltlasten. Ein Teil der Bioabfälle für die Potenzialszenarien wird aus der Restmülltonne verlagert, wo sie im Ist-Zustand verbrannt werden. Die MVA Mannheim ist als durchschnittliche moderne MVA modelliert für die Behandlung von durchschnittlichem Hausmüll. Zwar wurde der Heizwert des Abfalls auf Bioabfall angepasst, aber nicht die Berechnung der Emissionen. Insbesondere NO<sub>x</sub>-Emissionen können auch durch Stickstoff im Abfall gebildet werden. Dieser Aspekt ist hier nicht berücksichtigt, sondern es wurde ein fixer Reingaswert verwendet. Damit sind die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Bioabfallverbrennung wahrscheinlich unterschätzt. In den Potenzialszenarien werden die Bioabfälle vergoren. Gegenüber der geschlossenen Kompostierung weist die Vergärung nach Ergebnissen in (gewitra 2009) einen um den Faktor drei höheren Emissionsfaktor für Ammoniak auf. Hieraus erklärt sich der deutlich höhere Belastungsbeitrag der Vergärung in den Potenzialszenarien gegenüber der Bioabfallkompostierung im Ist-Zustand, die in einer geschlossenen Anlage erfolgt.

Die Potenzialszenarien selbst unterscheiden sich bei der Versauerung ebenfalls nur wenig.



Lediglich die Biogasaufbereitung und Nutzung in einem BHKW mit vollständiger Wärmenutzung zeigt eine etwas geringere Nettobelastung, dank der höheren Energiegutschrift.

### **Fazit der ökologischen Bewertung**

Die Erschließung der verfügbaren Biomasse ist zu empfehlen. Grünabfälle sollten einer Stoffstromtrennung unterzogen werden, um die enthaltenen Anteile entsprechend ihrer Eigenschaften optimal nutzen zu können. Ein Teil zur Vergärung mit Bioabfälle und Mais, ein Teil zur thermischen Nutzung und der verbleibende Anteil zur Kompostierung, die überwiegend in geschlossenen Anlagen erfolgen sollte. Hier ist allerdings anzumerken, dass die Emissionsfaktoren nach (gewitra 2009) für die offene Kompostierung und Vergärung umstritten sind und derzeit durch neue Messungen überprüft werden. Das Ergebnis sollte in jedem Fall vor Entscheidungen abgewartet werden.

Eine Vergärung mit vorgeschalteter TIH zeigt sich als vorteilhaft gegenüber der üblichen Vergärung, wie der Vergleich der Varianten Pot 02 zu Pot 01 zeigt. Allerdings ist der Vorteil so gering, dass aus ökologischer Sicht keine Bevorzugung zu empfehlen ist. Angesichts der noch unsicheren Datenlage ist unklar, inwieweit der immanente Vorteil des Verfahrensansatzes, durch Aufschluss mittels Hydrolyse auch "problematischere" Biomasse einer Biogaserzeugung zugänglich zu machen, ausreichend gewürdigt ist. Eine deutliche Ausweitung der Bioabfallererfassung – wie dargestellt – mobilisiert in nicht geringem Umfang Gartenabfälle.

Generell gilt allerdings, dass eine möglichst umfassende Wärmenutzung gegeben sein sollte. Ist dies vor Ort nicht möglich, rentiert sich die Aufbereitung zu Biomethan und Nutzung an einem anderen Standort, der einen ganzjährigen Wärmeabnehmer bietet (Pot 03).

#### **4.1.5.2 Ökonomische Bewertung**

Im folgenden Textteil werden nun die Ergebnisse der ökonomischen Betrachtung über fiktive Anlagen – Jahr der Inbetriebnahme: 2011 – dargestellt. Die größten Kostenblöcke – Investition, Substrate & Gärreste, Personal sowie Wartung und Instandhaltung – werden textlich beschrieben, während eine darauf folgende Kosten- und Erlösübersicht genaue Informationen über alle Ein- und Auszahlungen der fiktiven Anlagen bietet. Innerhalb der Erlöse ist die EEG-Vergütung inkl. Boni stets in Abhängigkeit der Anlagenleistung und Input-Substrate berücksichtigt, während davon ausgegangen wird, dass der veräußerbare Anteil der Überschusswärme zu 4 €-Cent/kWh mit einer Preissteigerung von 3 % p. a. abgesetzt werden kann.

Alle betrachteten Biogasanlagenvarianten wurden als Trockenfermentationsanlagen mit ei-

ner Faulraumbelastung von 8 kg oTS/m<sup>3</sup>/d und einer Gärrestlagerkapazität von 20 Wochen berechnet. Durch die TM-Gehalte der Substrate ergibt sich ein durchschnittlicher TM-Gehalt von rund 39,5 %. Hier wurde angenommen, dass sich zusammen mit der benötigten Menge an Prozesswasser ein TM-Gehalt von 35 % einstellt. Außerdem wurde ein Prozesswasser-verlust von 10 % pro Monat bzw. ca. 5,2 % pro Verweilzyklus unterstellt, wobei ein Verweilzyklus zwischen 14 und 18 Tagen beträgt.

Alle Ergebnisse sind tabellarisch dargestellt. Exakte Rechenwerte sind ausschließlich den Tabellen zu entnehmen.

### **Betrachtung einer durchschnittlichen Vergärungsanlage**

Im Szenario wird davon ausgegangen, dass rund 3,17 GWh/a (20 % der Überschusswärme) abgesetzt werden können. Beim Strom ergibt sich eine energetische Einspeise-Menge von rund 14,55 GWh/a.

### Investitionskosten

Es wird davon ausgegangen, dass beim bestehenden Substratgemisch und Substratverhältnis der Finanzierungsbedarf für eine Biogasanlage (inkl. Oxi-Kat) im Bereich zwischen 2 und 2,5 MW bei ca. 4,4 Mio. €/MW liegt. Für die Investition in die vorliegende Anlage (Bedarf: ca. 2,15 MW<sub>el</sub>) werden insgesamt rund 9,65 Mio. € angesetzt. Davon entfallen ca. 7 Mio. € auf die Anfangsinvestition und ca. 2,65 Mio. € auf die Ersatzinvestition nach 10 Jahren. Bei einem Effektivzinssatz von 4,5 % p. a. würde sich bei hundertprozentiger Fremdfinanzierung über 20 Jahre der folgende (nachsüssige) Tilgungsplan ergeben.

Tabelle 4-13 Tilgungsplan (nachsüssig) für eine konventionelle Vergärungsanlage

Darlehens- zinssatz p. a.	Laufzeit				
4,5%	20 Jahre				

Investitions- summe	Anfang der Periode	Darlehens- rückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrück- zahlung (Rate)	Restschuld
7.008.580,25 €	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	7.008.580,25 €
	2	223.406,52 €	315.386,11 €	538.792,63 €	6.785.173,73 €
	3	233.459,81 €	305.332,82 €	538.792,63 €	6.551.713,92 €
	4	243.965,50 €	294.827,13 €	538.792,63 €	6.307.748,42 €
	5	254.943,95 €	283.848,68 €	538.792,63 €	6.052.804,47 €
	6	266.416,43 €	272.376,20 €	538.792,63 €	5.786.388,05 €
	7	278.405,16 €	260.387,46 €	538.792,63 €	5.507.982,88 €
	8	290.933,40 €	247.859,23 €	538.792,63 €	5.217.049,49 €
	9	304.025,40 €	234.767,23 €	538.792,63 €	4.913.024,09 €
	10	317.706,54 €	221.086,08 €	538.792,63 €	4.595.317,55 €
2.640.892,78 €	11	332.003,34 €	206.789,29 €	538.792,63 €	6.904.206,99 €
	12	561.856,23 €	310.689,31 €	872.545,54 €	6.342.350,76 €
	13	587.139,76 €	285.405,78 €	872.545,54 €	5.755.211,00 €
	14	613.561,05 €	258.984,50 €	872.545,54 €	5.141.649,95 €
	15	641.171,30 €	231.374,25 €	872.545,54 €	4.500.478,66 €
	16	670.024,01 €	202.521,54 €	872.545,54 €	3.830.454,65 €
	17	700.175,09 €	172.370,46 €	872.545,54 €	3.130.279,56 €
	18	731.682,96 €	140.862,58 €	872.545,54 €	2.398.596,60 €
	19	764.608,70 €	107.936,85 €	872.545,54 €	1.633.987,90 €
	20	799.016,09 €	73.529,46 €	872.545,54 €	834.971,81 €
	21	834.971,81 €	37.573,73 €	872.545,54 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>9.649.473,03 €</b>	<b>4.463.908,68 €</b>	<b>14.113.381,71 €</b>	

Die durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten liegen in diesem Fall bei rund 705.000 €/a. Dies entspricht rund 7,3 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

#### Substrat- und Gärrestkosten

Die Substratkosten entsprechen in diesem Fall den Sammel- und Transportkosten für 47.200 t/a Bioabfälle, sowie den Aufbereitungs- und Transportkosten für 9.100 t/a Grünschnitt und dem Preis für 4.000 t Silomais. Für den Silomais wird ein Preis inkl. Anlieferung von 35 €/t angesetzt. Die Kosten für Bio- und Grünschnittabfälle werden vorerst offen gelassen und letztlich in einem Deckungsbeitrag vor Bio- und Grünabfallkosten berücksichtigt. Je nach Landkreis und Entsorger liegen die Bio- und Grünabfallgebühren üblicherweise zwischen 30 und 200 €/t (siehe Anhang I).

Die entsprechende Gebührenlast würde demnach auch weiterhin auf private und gewerbliche Abfallproduzenten zukommen.

Für Maissilage müssen bei einer Preissteigerung von 1,5 % p. a. über 20 Jahre im Mittel

rund 165.000 €/a veranschlagt werden. Dies entspricht ca. 1,7 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die Gärreste werden in einer bereits vorhandenen Kompostierungsanlage behandelt. Hier wird ein Unkostenbeitrag von 3 €/t Gärreste bei einer Preissteigerung von 2 % p. a. berücksichtigt. Im 20-Jahresmittel ergeben sich Kosten von rund 186.000 €/a. Dies entspricht ca. 1,9 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

### Personalkosten

Die Personalkosten lassen sich am besten anhand der Anlagengröße abschätzen.

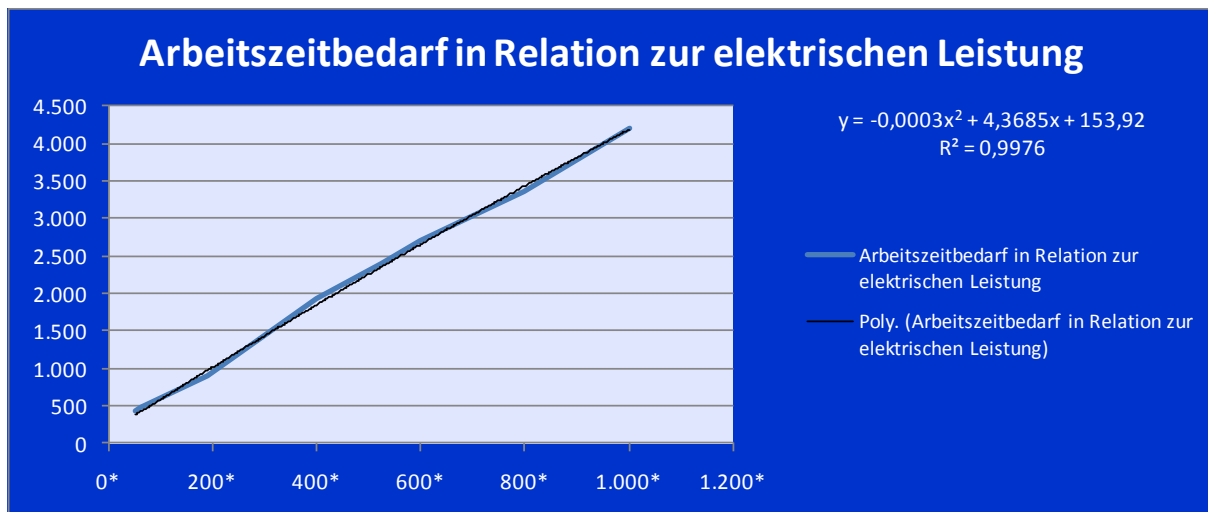


Abb. 4-13 Personalkosten von Biogasanlagen in Abhängigkeit von der Biogaserzeugung

Im vorliegenden Fall entsteht beim Vergleich von sechs spezifischen Werten für Personalkosten von verschiedenen großen Anlagen ein polynomischer Graph mit der Gleichung:

$y = - 0,003 x^2 + 4,3685 x + 153,92$ ; wobei „y“ für den Arbeitszeitbedarf in h/a und „x“ für die Anlagenleistung in kW steht. y lässt sich damit bei Kenntnis von x errechnen und umgekehrt. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) der Referenzvariablen liegt bei 0,9976 und lässt eine starke lineare Abhängigkeit erkennen.

Der Personalzeitbedarf entwickelt sich in der genannten Gleichung von ca. 8,4 h/kW – entspricht einer Anlage mit etwa 50 kW<sub>el</sub> – bis 4,2 h/kW – entspricht einer Anlage ab etwa 800 kW<sub>el</sub>.

Für die relevante Anlagenleistung ergibt sich damit ein Arbeitszeitbedarf von rund 9.610 h/a. Das Verhältnis von Arbeitszeitbedarf der Betriebsführung zum Gesamtarbeitszeitbedarf wird mit 85 % angenommen. Die restlichen 15 % entfallen auf den Arbeitszeitbedarf der Geschäftsführung.

Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 267.000 €/a oder ca. 2,7 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

#### Wartungs- und Instandhaltungskosten

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung der Biogasanlage können mit etwa 0,012 €/kWh im ersten Jahr angesetzt werden. Durch die erzeugbare elektrische Energie i. H. v. 17,32 GWh ergeben sich über 20 Jahre bei einer Kostensteigerungsrate von 3 % p. a. durchschnittliche Kosten i. H. v. rund 280.000 €/a. Dies entspricht etwa 2,8 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die gesamte Kosten- und Erlössituation ist der folgenden Übersichtstabelle zu entnehmen.

Tabelle 4-14 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung konventioneller Vergärungstechnik

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	7.008.580 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	7.008.580 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	7.008.580 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	142.372 €	144.507 €	146.675 €	148.875 €	151.108 €	153.375 €	155.675 €	158.010 €	160.381 €	162.786 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	1.539 €	1.562 €	1.586 €	1.609 €	1.634 €	1.658 €	1.683 €	1.708 €	1.734 €	1.760 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	153.500 €	156.570 €	159.702 €	162.896 €	166.154 €	169.477 €	172.866 €	176.324 €	179.850 €	183.447 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	207.830 €	214.065 €	220.487 €	227.102 €	233.915 €	240.932 €	248.160 €	255.605 €	263.273 €	271.172 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	164.640 €	168.756 €	172.975 €	177.299 €	181.732 €	186.275 €	190.932 €	195.705 €	200.598 €	205.613 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	44.100 €	45.203 €	46.333 €	47.491 €	48.678 €	49.895 €	51.142 €	52.421 €	53.732 €	55.075 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	17.500 €	17.850 €	18.207 €	18.571 €	18.943 €	19.321 €	19.708 €	20.102 €	20.504 €	20.914 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	84.103 €	85.785 €	87.501 €	89.251 €	91.036 €	92.856 €	94.714 €	96.608 €	98.540 €	100.511 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	3.607 €	3.715 €	3.827 €	3.941 €	4.060 €	4.181 €	4.307 €	4.436 €	4.569 €	4.706 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	7.214 €	7.286 €	7.359 €	7.432 €	7.507 €	7.582 €	7.658 €	7.734 €	7.811 €	7.890 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>	<b>826.405 €</b>	<b>845.300 €</b>	<b>864.650 €</b>	<b>884.468 €</b>	<b>904.765 €</b>	<b>925.553 €</b>	<b>946.845 €</b>	<b>968.654 €</b>	<b>990.992 €</b>	<b>1.013.873 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	126.603 €	130.401 €	134.313 €	138.343 €	142.493 €	146.768 €	151.171 €	155.706 €	160.377 €	165.189 €
	<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>	<b>1.442.757 €</b>	<b>1.446.555 €</b>	<b>1.450.467 €</b>	<b>1.454.497 €</b>	<b>1.458.647 €</b>	<b>1.462.922 €</b>	<b>1.467.325 €</b>	<b>1.471.860 €</b>	<b>1.476.531 €</b>	<b>1.481.342 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	2.640.893 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	9.649.473 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	2.917.189 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	9.925.769 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	2.068.050 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	9.076.630 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	165.228 €	167.706 €	170.222 €	172.775 €	175.367 €	177.998 €	180.668 €	183.378 €	186.128 €	188.920 €	3.292.154 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	1.786 €	1.813 €	1.840 €	1.868 €	1.896 €	1.924 €	1.953 €	1.982 €	2.012 €	2.042 €	35.589 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	187.116 €	190.858 €	194.676 €	198.569 €	202.540 €	206.591 €	210.723 €	214.937 €	219.236 €	223.621 €	3.729.654 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	279.307 €	287.686 €	296.316 €	305.206 €	314.362 €	323.793 €	333.507 €	343.512 €	353.817 €	364.432 €	5.584.481 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	210.753 €	216.022 €	221.422 €	226.958 €	232.632 €	238.448 €	244.409 €	250.519 €	256.782 €	263.202 €	4.205.672 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	56.452 €	57.863 €	59.310 €	60.792 €	62.312 €	63.870 €	65.467 €	67.103 €	68.781 €	70.500 €	1.126.519 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	21.332 €	21.759 €	22.194 €	22.638 €	23.091 €	23.553 €	24.024 €	24.504 €	24.994 €	25.494 €	425.204 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	102.521 €	104.571 €	106.663 €	108.796 €	110.972 €	113.192 €	115.455 €	117.764 €	120.120 €	122.522 €	2.043.481 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	4.847 €	4.993 €	5.143 €	5.297 €	5.456 €	5.619 €	5.788 €	5.962 €	6.140 €	6.325 €	96.919 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	7.969 €	8.048 €	8.129 €	8.210 €	8.292 €	8.375 €	8.459 €	8.543 €	8.629 €	8.715 €	158.840 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>	<b>1.037.311 €</b>	<b>1.061.320 €</b>	<b>1.085.915 €</b>	<b>1.111.110 €</b>	<b>1.136.920 €</b>	<b>1.163.362 €</b>	<b>1.190.452 €</b>	<b>1.218.206 €</b>	<b>1.246.640 €</b>	<b>1.275.774 €</b>	<b>20.698.513 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	1.229.592 €	24.591.849 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	86.561 €	1.731.227 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	170.144 €	175.249 €	180.506 €	185.921 €	191.499 €	197.244 €	203.161 €	209.256 €	215.534 €	222.000 €	3.401.880 €
	<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>	<b>1.486.298 €</b>	<b>1.491.402 €</b>	<b>1.496.660 €</b>	<b>1.502.075 €</b>	<b>1.507.653 €</b>	<b>1.513.398 €</b>	<b>1.519.315 €</b>	<b>1.525.410 €</b>	<b>1.531.688 €</b>	<b>1.538.154 €</b>	<b>29.724.955 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus



Werden alle Ein- und Auszahlungen kumuliert und diskontiert und der Kapitalwert „0“ gesetzt, so ergibt sich eine Kapitalverzinsung von geringfügig unter 0 % p.a., welche die Anlage als defizitär darstellt. Hinzu kommt, dass für Abfallmengen noch keine Sammlungs-, Transport- und Aufbereitungskosten berücksichtigt wurden. D. h., dass das bestehende System nicht finanziell entlastet werden könnte und Gebühren in bislang bekannter Höhe anfallen würden.

Die Wirtschaftlichkeit der Anlage leidet im vorliegenden Fall vor allem an der geringen Nutzung der erzeugten Wärme, den relativ hohen Kosten für Silomais (35 €/t) und an der Tatsache, dass außer dem KWK-Bonus keine weiteren Boni generiert werden können.

Soll die Anlage wirtschaftlich lukrativ betrieben werden – Kapitalverzinsung: 9 % p. a.; Deckungsbeitrag für Abfallbiomassen bleibt unberücksichtigt – so müsste die Überschusswärme zu mindestens ca. 60 % vermarktet werden.

### **Betrachtung der Vergärungsanlage mit TIH**

Durch den Einsatz der thermisch induzierten Hydrolyse erhöht sich die Gesamtanlagenleistung einer durchschnittlichen Vergärungsanlage aufgrund der gesteigerten Gasausbeute um rund 7,2 %. Im vorliegenden Fall bedeutet dies eine Steigerung um rund 1.330 MWh<sub>el</sub>/a und 1.430 MWh<sub>th</sub>/a, jedoch erhöht sich auch der Eigenbedarf an Strom (17,7 statt 16 %) und Wärme (37,7 statt 15 %). Im Szenario wird davon ausgegangen, dass rund 10 GWh (80 % der Wärme) abgesetzt werden können. Beim Strom ergibt sich eine energetische Einspeisemenge von rund 15,35 GWh.

### Investitionskosten

Es wird davon ausgegangen, dass beim bestehenden Substratgemisch und Substratverhältnis der Finanzierungsbedarf für eine Biogasanlage (inkl. Oxi-Kat) im Bereich von 2,5 MW bei ca. 4,5 Mio. €/MW liegt. Für die Investition in die vorliegende Anlage (Bedarf: ca. 2,3 MW<sub>el</sub>) werden insgesamt rund 10,6 Mio. € angesetzt. Davon entfallen ca. 7,6 Mio. € auf die Anfangsinvestition und ca. 3 Mio. € auf die Ersatzinvestition nach 10 Jahren. Bei einem Effektivzinssatz von 4,5 % p. a. würde sich bei hundertprozentiger Fremdfinanzierung über 20 Jahre der folgende (nachsüssige) Tilgungsplan ergeben.



Tabelle 4-15 Tilgungsplan (nachsüssig) für eine Vergärungsanlage mit TIH

Darlehens- zinssatz p. a.	Laufzeit				
4,5%	20 Jahre				

Investitions- summe	Anfang der Periode	Darlehens- rückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrück- zahlung (Rate)	Restschuld
7.577.416,32 €	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	7.577.416,32 €
	2	241.538,82 €	340.983,73 €	582.522,55 €	7.335.877,50 €
	3	252.408,06 €	330.114,49 €	582.522,55 €	7.083.469,44 €
	4	263.766,43 €	318.756,12 €	582.522,55 €	6.819.703,01 €
	5	275.635,91 €	306.886,64 €	582.522,55 €	6.544.067,10 €
	6	288.039,53 €	294.483,02 €	582.522,55 €	6.256.027,57 €
	7	301.001,31 €	281.521,24 €	582.522,55 €	5.955.026,26 €
	8	314.546,37 €	267.976,18 €	582.522,55 €	5.640.479,89 €
	9	328.700,96 €	253.821,59 €	582.522,55 €	5.311.778,93 €
	10	343.492,50 €	239.030,05 €	582.522,55 €	4.968.286,43 €
2.975.441,65 €	11	358.949,66 €	223.572,89 €	582.522,55 €	7.584.778,42 €
	12	617.240,33 €	341.315,03 €	958.555,36 €	6.967.538,09 €
	13	645.016,15 €	313.539,21 €	958.555,36 €	6.322.521,95 €
	14	674.041,87 €	284.513,49 €	958.555,36 €	5.648.480,07 €
	15	704.373,76 €	254.181,60 €	958.555,36 €	4.944.106,32 €
	16	736.070,58 €	222.484,78 €	958.555,36 €	4.208.035,74 €
	17	769.193,75 €	189.361,61 €	958.555,36 €	3.438.841,99 €
	18	803.807,47 €	154.747,89 €	958.555,36 €	2.635.034,52 €
	19	839.978,81 €	118.576,55 €	958.555,36 €	1.795.055,71 €
	20	877.777,85 €	80.777,51 €	958.555,36 €	917.277,86 €
	21	917.277,86 €	41.277,50 €	958.555,36 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>10.552.857,97 €</b>	<b>4.857.921,14 €</b>	<b>15.410.779,11 €</b>	

Die durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten liegen in diesem Fall bei rund 770.000 €/a. Dies entspricht rund 7,3 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

#### Substrat- und Gärrestkosten

Die absoluten Substrat- und Gärrestkosten bleiben im Vergleich zur konventionellen Vergärung unverändert. Für Maissilage müssen bei einer Preissteigerung von 1,5 % p. a. über 20 Jahre im Mittel rund 165.000 €/a veranschlagt werden. Dies entspricht ca. 1,5 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Für Gärreste wird ein Unkostenbeitrag von 3 €/t Gärreste bei einer Preissteigerung von 2 % p. a. berücksichtigt. Im 20-Jahresmittel ergeben sich Kosten von rund 185.000 €/a. Dies sind aufgrund leicht erhöhter Masseausgasungen aus dem Substrat rund 1.000 €/a weniger als bei der konventionellen Vergärung und entspricht ca. 1,7 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

### Personalkosten

Der Arbeitszeitbedarf steigt fast linear zur elektrischen Leistungssteigerung auf ca. 10.340 h/a. Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 293.000 €/a oder ca. 2,7 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

### Wartungs- und Instandhaltungskosten

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung der Biogasanlage steigen in Relation zur elektrischen Erzeugung. Mit TIH werden anstatt der 17,32 GWh der konventionellen Anlage nun 18,65 GWh/a erzeugt, wodurch bei einer Laufzeit von 20 Jahren eine Kostensteigerung um ca. 7,7 % auf durchschnittlich rund 300.000 €/a stattfindet.

Der Kostenblock beträgt damit durchschnittlich rund 2,8 % des Finanzierungsbedarfs.

Die gesamte Kosten- und Erlössituation ist der folgenden Übersichtstabelle zu entnehmen.

Tabelle 4-16 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung der thermisch induzierten Hydrolyse

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	7.605.405 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	7.605.405 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	7.605.405 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	142.885 €	145.028 €	147.204 €	149.412 €	151.653 €	153.928 €	156.236 €	158.580 €	160.959 €	163.373 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	1.545 €	1.568 €	1.591 €	1.615 €	1.639 €	1.664 €	1.689 €	1.714 €	1.740 €	1.766 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	152.026 €	155.066 €	158.167 €	161.331 €	164.557 €	167.848 €	171.205 €	174.630 €	178.122 €	181.685 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	223.833 €	230.548 €	237.465 €	244.589 €	251.926 €	259.484 €	267.269 €	275.287 €	283.545 €	292.052 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	176.400 €	180.810 €	185.330 €	189.964 €	194.713 €	199.580 €	204.570 €	209.684 €	214.926 €	220.299 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	52.920 €	54.243 €	55.599 €	56.989 €	58.414 €	59.874 €	61.371 €	62.905 €	64.478 €	66.090 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	17.500 €	17.850 €	18.207 €	18.571 €	18.943 €	19.321 €	19.708 €	20.102 €	20.504 €	20.914 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	91.265 €	93.090 €	94.952 €	96.851 €	98.788 €	100.764 €	102.779 €	104.835 €	106.931 €	109.070 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	4.916 €	5.064 €	5.216 €	5.372 €	5.533 €	5.699 €	5.870 €	6.046 €	6.228 €	6.415 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	9.833 €	9.931 €	10.030 €	10.131 €	10.232 €	10.334 €	10.437 €	10.542 €	10.647 €	10.754 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>873.122 €</b>	<b>893.198 €</b>	<b>913.761 €</b>	<b>934.824 €</b>	<b>956.398 €</b>	<b>978.497 €</b>	<b>1.001.135 €</b>	<b>1.024.325 €</b>	<b>1.048.081 €</b>	<b>1.072.417 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	399.751 €	411.744 €	424.096 €	436.819 €	449.924 €	463.421 €	477.324 €	491.644 €	506.393 €	521.585 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>1.966.513 €</b>	<b>1.978.506 €</b>	<b>1.990.858 €</b>	<b>2.003.581 €</b>	<b>2.016.686 €</b>	<b>2.030.183 €</b>	<b>2.044.086 €</b>	<b>2.058.406 €</b>	<b>2.073.155 €</b>	<b>2.088.347 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	2.986.454 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	10.591.858 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	3.298.903 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	10.904.307 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	2.338.654 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	9.944.059 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	165.824 €	168.311 €	170.836 €	173.398 €	175.999 €	178.639 €	181.319 €	184.039 €	186.799 €	189.601 €	3.304.021 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	1.793 €	1.820 €	1.847 €	1.874 €	1.903 €	1.931 €	1.960 €	1.990 €	2.019 €	2.050 €	35.718 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	185.318 €	189.025 €	192.805 €	196.661 €	200.594 €	204.606 €	208.698 €	212.872 €	217.130 €	221.472 €	3.693.820 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	300.813 €	309.838 €	319.133 €	328.707 €	338.568 €	348.725 €	359.187 €	369.962 €	381.061 €	392.493 €	6.014.486 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	225.807 €	231.452 €	237.238 €	243.169 €	249.249 €	255.480 €	261.867 €	268.413 €	275.124 €	282.002 €	4.506.078 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	67.742 €	69.436 €	71.172 €	72.951 €	74.775 €	76.644 €	78.560 €	80.524 €	82.537 €	84.601 €	1.351.823 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	21.332 €	21.759 €	22.194 €	22.638 €	23.091 €	23.553 €	24.024 €	24.504 €	24.994 €	25.494 €	425.204 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	111.251 €	113.476 €	115.746 €	118.061 €	120.422 €	122.830 €	125.287 €	127.793 €	130.349 €	132.956 €	2.217.496 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	6.607 €	6.805 €	7.009 €	7.220 €	7.436 €	7.659 €	7.889 €	8.126 €	8.370 €	8.621 €	132.102 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	10.861 €	10.970 €	11.080 €	11.190 €	11.302 €	11.415 €	11.529 €	11.645 €	11.761 €	11.879 €	216.503 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>1.097.349 €</b>	<b>1.122.891 €</b>	<b>1.149.059 €</b>	<b>1.175.870 €</b>	<b>1.203.339 €</b>	<b>1.231.483 €</b>	<b>1.260.320 €</b>	<b>1.289.868 €</b>	<b>1.320.144 €</b>	<b>1.351.168 €</b>	<b>21.897.251 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	1.293.444 €	25.868.871 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	273.318 €	5.466.368 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	537.232 €	553.349 €	569.950 €	587.048 €	604.660 €	622.800 €	641.484 €	660.728 €	680.550 €	700.967 €	10.741.471 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>2.103.994 €</b>	<b>2.120.111 €</b>	<b>2.136.712 €</b>	<b>2.153.810 €</b>	<b>2.171.422 €</b>	<b>2.189.562 €</b>	<b>2.208.246 €</b>	<b>2.227.490 €</b>	<b>2.247.312 €</b>	<b>2.267.728 €</b>	<b>42.076.709 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Werden alle Ein- und Auszahlungen kumuliert und diskontiert und der Kapitalwert „0“ gesetzt, so ergibt sich eine Kapitalverzinsung von etwas über 8 % p.a., welche die Anlage als wirtschaftlich einigermaßen rentabel darstellt. Hinzu kommt jedoch, dass für Abfallmengen noch keine Sammlungs-, Transport- und Aufbereitungskosten berücksichtigt wurden. D. h., dass das bestehende System nicht finanziell entlastet werden könnte und Gebühren in bislang bekannter Höhe anfallen würden.

Wird die Kapitalverzinsung zugunsten eines Deckungsbeitrags für kommunale Grünabfälle und Bioabfälle „0“ gesetzt“, so könnte ein Deckungsbeitrag von maximal ca. 8 €/t generiert werden. In Anbetracht der genannten Bioabfallgebühren wäre dies nur ein relativ geringer Entlastungsbetrag, welcher die thermisch induzierte Hydrolyse jedoch wirtschaftlich wesentlich besser stellt als die konventionelle Vergärung.

Wird der Median der in Anhang I gelisteten Biomüllgebühren für 120 l Abfall (Vollservice – falls die Auswahl besteht) als Referenzkostenwert genutzt, so ergeben sich Kosten von rund 48 €/t (Mittelwert aus 45,68 und 50,16). Mit dem erzielten Deckungsbeitrag wäre somit eine Reduzierung der Bioabfallgebühren um rund 16 % möglich.

### **Betrachtung einer Vergärungsanlage mit TIH sowie Gasaufbereitung und Gaseinspeisung**

#### Investitionskosten

Die Investitionskosten für die Vergärungsanlage sind mit rund 10,6 Mio. € identisch mit den Kosten in der vorausgehenden Betrachtung.

Im vorliegenden Fall wird jedoch angenommen, dass Biogas am Produktionsort aufbereitet und eingespeist und an anderer Stelle wieder entnommen und dann erst in einem BHKW verwertet wird. Für die Gasaufbereitung und Gaseinspeisung entstehen indessen erhebliche Mehrkosten (Entschwefelung, Gaswäsche, etc.). Für eine Anlage mit einer Rohbiogasetzleistung von 800 bis 1000 Nm<sup>3</sup>/h (ca. 2 MW-Anlage) müssen rund 2,5 Mio. € an zusätzlichen Investitionskosten, wovon ca. 550.000 gefördert werden, angesetzt werden.<sup>4</sup> Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Ersatzinvestition nach 10 Jahren bei etwa 50 % der Anfangsinvestition liegt.

Damit ergibt sich eine Gesamtinvestition i. H. v. rund 13,5 Mio. €. Davon entfallen ca. 9,55 Mio € auf die Anfangsinvestition und etwa 3,95 Mio. € auf die Ersatzinvestition.

Außerdem muss durch diese Variante der Strom- (17,7 % der Erzeugung) und Wärmeeigenbedarf (37,7 % der Erzeugung) der TIH-Vergärungsanlage und der Bedarf für die Gasaufbe-

---

<sup>4</sup> Angebot der Fa. MT Biomethan

reitung und Einspeisung durch eine angemessene Verteilung der BHKW-Leistung zwischen dem Standort der Vergärungsanlage und dem Hauptstandort der BHKW abgedeckt werden. Hierfür muss ein Zusatz-BHKW mit ca. 852 kW<sub>el</sub> am Standort der Vergärungsanlage platziert werden, wodurch ca. 1.445 kW<sub>el</sub> für den Hauptstandort verbleiben.

In Summe ergeben sich ca. 14,3 Mio. € an Finanzierungsbedarf. Für die Investition würde sich ein Zinstilgungsplan bei einem Effektivzinssatz von 4,5 % p. a. über 20 Jahre wie folgt ergeben.

Tabelle 4-17 Zinstilgungsplan für eine Vergärungsanlage mit TIH und Gasaufbereitung und Einspeisung

Darlehenszinssatz p. a.	Laufzeit
4,5%	20 Jahre

Investitionssumme	Anfang der Periode	Darlehensrückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrückzahlung (Rate)	Restschuld
9.527.416 €	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	9.527.416,32 €
	2	303.697,30 €	428.733,73 €	732.431,03 €	9.223.719,02 €
	3	317.363,68 €	415.067,36 €	732.431,03 €	8.906.355,34 €
	4	331.645,04 €	400.785,99 €	732.431,03 €	8.574.710,30 €
	5	346.569,07 €	385.861,96 €	732.431,03 €	8.228.141,23 €
	6	362.164,68 €	370.266,36 €	732.431,03 €	7.865.976,56 €
	7	378.462,09 €	353.968,95 €	732.431,03 €	7.487.514,47 €
	8	395.492,88 €	336.938,15 €	732.431,03 €	7.092.021,59 €
	9	413.290,06 €	319.140,97 €	732.431,03 €	6.678.731,53 €
	10	431.888,11 €	300.542,92 €	732.431,03 €	6.246.843,42 €
3.950.442 €	11	451.323,08 €	281.107,95 €	732.431,03 €	9.745.961,99 €
	12	793.114,90 €	438.568,29 €	1.231.683,19 €	8.952.847,09 €
	13	828.805,07 €	402.878,12 €	1.231.683,19 €	8.124.042,01 €
	14	866.101,30 €	365.581,89 €	1.231.683,19 €	7.257.940,71 €
	15	905.075,86 €	326.607,33 €	1.231.683,19 €	6.352.864,85 €
	16	945.804,27 €	285.878,92 €	1.231.683,19 €	5.407.060,57 €
	17	988.365,47 €	243.317,73 €	1.231.683,19 €	4.418.695,11 €
	18	1.032.841,91 €	198.841,28 €	1.231.683,19 €	3.385.853,19 €
	19	1.079.319,80 €	152.363,39 €	1.231.683,19 €	2.306.533,39 €
	20	1.127.889,19 €	103.794,00 €	1.231.683,19 €	1.178.644,20 €
	21	1.178.644,20 €	53.038,99 €	1.231.683,19 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>13.477.857,97 €</b>	<b>6.163.284,28 €</b>	<b>19.641.142,25 €</b>	

Die durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten liegen in diesem Fall bei rund 980.000 €/a. Die relativen Kosten liegen wegen des gleichen Zinssatzes und der identischen Laufzeit genauso hoch wie für die konventionelle Vergärungsanlage. Es handelt sich ebenfalls um ca. 7,3 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

#### Substrat- und Gärrestkosten

Die Substratkosten werden analog zu den vorher betrachteten Anlagen berechnet.

Die Kosten für Grünabfall, Bioabfall und Gärrestbehandlung werden ebenfalls analog zur ökonomischen Betrachtung einer Vergärungsanlage mit TIH angenommen. Für Maissilage müssen über 20 Jahre Laufzeit somit im Mittel rund 165.000 €/a veranschlagt werden. Dies entspricht ca. 1,2 % p. a. des Finanzierungsbedarfs. Die Gärrestkosten betragen durchschnittlich rund 185.000 €/a und damit rund 1,3 % des Finanzierungsbedarfs.

#### Personalkosten

Die Personalkosten sind im Wesentlichen identisch mit denen einer Vergärungsanlage mit TIH. Für die vorliegenden Anlagen ergibt sich anhand der vorgestellten Formel ein Arbeitszeitbedarf von ca. 10.340 h.

Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 293.000 €/a oder ca. 2,1 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

#### Wartungs- und Instandhaltungskosten

Die Wartungs- und Instandhaltungskosten für die Vergärungsanlage mit TIH sowie Gasaufbereitung und Einspeisung sind mit denen für eine konventionelle Vergärungsanlage vergleichbar. Bei einer Kostensteigerung von 3 % p. a. über 20 Jahre ergeben sich rund 300.000 €/a. Außerdem müssen zusätzlich, bei genannter Kostensteigerung, durchschnittlich rund 100.000 €/a an Wartungs- und Instandhaltungskosten für die Gasaufbereitung und Einspeisung einkalkuliert werden. Die Kosten für die Betriebsmittel der Entschwefelung und den Aufwand des Methanverlusts sind hierin bereits enthalten. Durchschnittlich beträgt der Kostenblock damit etwa 2,8 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die gesamte Kosten- und Erlössituation ist der folgenden Übersichtstabelle zu entnehmen.

Tabelle 4-18 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung der thermisch induzierten Hydrolyse sowie Gasaufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	9.527.416 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	9.527.416 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	9.527.416 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	142.358 €	144.493 €	146.661 €	148.861 €	151.094 €	153.360 €	155.660 €	157.995 €	160.365 €	162.771 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	1.539 €	1.562 €	1.585 €	1.609 €	1.633 €	1.658 €	1.683 €	1.708 €	1.734 €	1.760 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	151.465 €	154.494 €	157.584 €	160.736 €	163.951 €	167.230 €	170.574 €	173.986 €	177.465 €	181.015 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	297.344 €	306.264 €	315.452 €	324.916 €	334.663 €	344.703 €	355.044 €	365.696 €	376.666 €	387.966 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	176.400 €	180.810 €	185.330 €	189.964 €	194.713 €	199.580 €	204.570 €	209.684 €	214.926 €	220.299 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	52.920 €	54.243 €	55.599 €	56.989 €	58.414 €	59.874 €	61.371 €	62.905 €	64.478 €	66.090 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	17.500 €	17.850 €	18.207 €	18.571 €	18.943 €	19.321 €	19.708 €	20.102 €	20.504 €	20.914 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	114.329 €	116.616 €	118.948 €	121.327 €	123.753 €	126.228 €	128.753 €	131.328 €	133.955 €	136.634 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	5.513 €	5.678 €	5.848 €	6.024 €	6.204 €	6.391 €	6.582 €	6.780 €	6.983 €	7.193 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	11.025 €	11.135 €	11.247 €	11.359 €	11.473 €	11.588 €	11.703 €	11.820 €	11.939 €	12.058 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>	<b>970.393 €</b>	<b>993.146 €</b>	<b>1.016.462 €</b>	<b>1.040.355 €</b>	<b>1.064.840 €</b>	<b>1.089.933 €</b>	<b>1.115.649 €</b>	<b>1.142.004 €</b>	<b>1.169.015 €</b>	<b>1.196.699 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	448.062 €	461.504 €	475.349 €	489.610 €	504.298 €	519.427 €	535.010 €	551.060 €	567.592 €	584.619 €
	<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>	<b>2.205.036 €</b>	<b>2.218.478 €</b>	<b>2.232.323 €</b>	<b>2.246.584 €</b>	<b>2.261.272 €</b>	<b>2.276.401 €</b>	<b>2.291.984 €</b>	<b>2.308.034 €</b>	<b>2.324.566 €</b>	<b>2.341.594 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	3.950.442 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	13.477.858 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	4.363.745 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	13.891.162 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	3.093.541 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	12.620.957 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	165.212 €	167.690 €	170.206 €	172.759 €	175.350 €	177.980 €	180.650 €	183.360 €	186.110 €	188.902 €	3.291.838 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	1.786 €	1.813 €	1.840 €	1.868 €	1.896 €	1.924 €	1.953 €	1.982 €	2.012 €	2.042 €	35.586 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	184.635 €	188.328 €	192.094 €	195.936 €	199.855 €	203.852 €	207.929 €	212.088 €	216.329 €	220.656 €	3.680.200 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	399.605 €	411.594 €	423.941 €	436.660 €	449.759 €	463.252 €	477.150 €	491.464 €	506.208 €	521.395 €	7.989.745 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	225.807 €	231.452 €	237.238 €	243.169 €	249.249 €	255.480 €	261.867 €	268.413 €	275.124 €	282.002 €	4.506.078 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	67.742 €	69.436 €	71.172 €	72.951 €	74.775 €	76.644 €	78.560 €	80.524 €	82.537 €	84.601 €	1.351.823 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	21.332 €	21.759 €	22.194 €	22.638 €	23.091 €	23.553 €	24.024 €	24.504 €	24.994 €	25.494 €	425.204 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	139.366 €	142.154 €	144.997 €	147.897 €	150.855 €	153.872 €	156.949 €	160.088 €	163.290 €	166.556 €	2.777.894 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	7.408 €	7.631 €	7.860 €	8.095 €	8.338 €	8.588 €	8.846 €	9.111 €	9.385 €	9.666 €	148.125 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	12.179 €	12.300 €	12.423 €	12.548 €	12.673 €	12.800 €	12.928 €	13.057 €	13.188 €	13.320 €	242.764 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>	<b>1.225.074 €</b>	<b>1.254.156 €</b>	<b>1.283.965 €</b>	<b>1.314.520 €</b>	<b>1.345.840 €</b>	<b>1.377.945 €</b>	<b>1.410.856 €</b>	<b>1.444.593 €</b>	<b>1.479.178 €</b>	<b>1.514.633 €</b>	<b>24.449.256 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	1.450.625 €	29.012.499 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	306.349 €	6.126.989 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	602.158 €	620.223 €	638.829 €	657.994 €	677.734 €	698.066 €	719.008 €	740.578 €	762.796 €	785.680 €	12.039.596 €
	<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>	<b>2.359.132 €</b>	<b>2.377.197 €</b>	<b>2.395.804 €</b>	<b>2.414.969 €</b>	<b>2.434.709 €</b>	<b>2.455.041 €</b>	<b>2.475.983 €</b>	<b>2.497.553 €</b>	<b>2.519.770 €</b>	<b>2.542.654 €</b>	<b>47.179.084 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus



Werden alle Ein- und Auszahlungen kumuliert und diskontiert und der Kapitalwert „0“ gesetzt, so ergibt sich eine Kapitalverzinsung von rund 6,5 % p. a., welche die Anlage als wirtschaftlich mäßig rentabel darstellt. Die Verzinsung kann jedoch nur erreicht werden, wenn zusätzlich zum KWK-Bonus der Technologiebonus gewährt wird. Ist dies nicht der Fall, so sinkt die Verzinsung auf rund 3,5 % p. a. und ist damit wenig rentabel. Hinzu kommt noch, dass für Abfallmengen noch keine Sammlungs-, Transport- und Aufbereitungskosten berücksichtigt wurden. D. h., dass das bestehende System nicht finanziell entlastet werden könnte und Gebühren in bislang bekannter Höhe anfallen würden.

Wird die Kapitalverzinsung zugunsten eines Deckungsbeitrags für kommunale Grünabfälle und Bioabfälle „0“ gesetzt“, so könnte ein Deckungsbeitrag von maximal rund 8,80 €/t (mit Technologiebonus) bzw. 3,60 €/t (ohne Technologiebonus) generiert werden. In Anbetracht der genannten Bioabfallgebühren wäre dies ein relativ geringer Entlastungsbetrag, welcher die thermisch induzierte Hydrolyse jedoch wirtschaftlich besser stellt als die konventionelle Vergärung.

Wird der Median der in Anhang I gelisteten Biomüllgebühren für 120 l Abfall (Vollservice – falls die Auswahl besteht) als Referenzkostenwert genutzt, so wäre eine Reduzierung der Bioabfallgebühren um rund 14 bzw. 8 % möglich.

### **Betrachtung des Heizwerks für schwarze HHS**

#### Investitionskosten

Die Investitionskosten für eine Holzhackschnitzelanlage inkl. Planung, Gebäude, Silo Holzkessel, Spitzenlastkessel, Schornstein, Rauchgasreinigung sowie hydraulische und elektrische Einbindungen liegen bei einer Leistung von 3 MW<sub>th</sub> bei ca. 1,7 Mio. € [Bunk, Helmut; Maurer, Erich 2006, S. 128]. Der Preis beinhaltet jedoch lediglich eine Wärmenetzlänge von 500 m. Bei 100 % Fremdfinanzierung und einer Laufzeit von 20 Jahren ergibt sich bei einem Effektivzinssatz von 4,5 % folgender Tilgungsplan.



Tabelle 4-19 Zinstilgungsplan für die betrachtete HHS-Heizanlage

Darlehens-zinssatz p. a.	Laufzeit	
4,5%	20 Jahre	

Investitions-summe	Anfang der Periode	Darlehens-rückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrück-zahlung (Rate)	Restschuld
1.683.208,57 €	1				1.683.208,57 €
	2	53.654,20 €	75.744,39 €	129.398,58 €	1.629.554,37 €
	3	56.068,64 €	73.329,95 €	129.398,58 €	1.573.485,73 €
	4	58.591,73 €	70.806,86 €	129.398,58 €	1.514.894,00 €
	5	61.228,35 €	68.170,23 €	129.398,58 €	1.453.665,65 €
	6	63.983,63 €	65.414,95 €	129.398,58 €	1.389.682,02 €
	7	66.862,89 €	62.535,69 €	129.398,58 €	1.322.819,12 €
	8	69.871,72 €	59.526,86 €	129.398,58 €	1.252.947,40 €
	9	73.015,95 €	56.382,63 €	129.398,58 €	1.179.931,45 €
	10	76.301,67 €	53.096,92 €	129.398,58 €	1.103.629,78 €
	11	79.735,24 €	49.663,34 €	129.398,58 €	1.023.894,53 €
	12	83.323,33 €	46.075,25 €	129.398,58 €	940.571,20 €
	13	87.072,88 €	42.325,70 €	129.398,58 €	853.498,32 €
	14	90.991,16 €	38.407,42 €	129.398,58 €	762.507,16 €
	15	95.085,76 €	34.312,82 €	129.398,58 €	667.421,40 €
	16	99.364,62 €	30.033,96 €	129.398,58 €	568.056,78 €
	17	103.836,03 €	25.562,55 €	129.398,58 €	464.220,75 €
	18	108.508,65 €	20.889,93 €	129.398,58 €	355.712,10 €
	19	113.391,54 €	16.007,04 €	129.398,58 €	242.320,56 €
	20	118.494,16 €	10.904,43 €	129.398,58 €	123.826,40 €
	21	123.826,40 €	5.572,19 €	129.398,58 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>1.683.208,57 €</b>	<b>904.763,13 €</b>	<b>2.587.971,69 €</b>	

Die Investitionskosten betragen damit durchschnittlich rund 130.000 €/a. Dies entspricht rund 7,7 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

### Brennstoffkosten

Holz hackschnitzel (HHS) in der gängigen Qualitätsstufe w25 (bis 25 % Wassergehalt) werden üblicherweise für 60 bis 70 €/t angeboten. Der Heizwert dieser HHS liegt mit rund 3,6 kWh jedoch um etwa ein kWh höher als der Heizwert der für die Anlage vorgesehenen HHS. Wird davon ausgegangen, dass der Preis pro Gewichtseinheit direkt linear auf den Heizwert bezogen werden kann, so ergibt sich ein aktueller hypothetischer Wert zwischen 40 und 50 €/t. Bei 9.100 t Material und 2 % p. a. Kostensteigerung über 20 Jahre können somit durchschnittliche Kosten i. H. v. rund 585.000 €/a (entspricht 50 €/t in Periode 1) angesetzt werden. Dies entspricht ca. 35 % p. a. des Finanzierungsbedarfs. Wird davon ausgegangen, dass die schwarzen HHS dieselben physikalischen Eigenschaften besitzen wie ein Gemenge, welches zu jeweils 25 Gew.- % aus Pappel-, Eschen-, Ahorn- und Buchenholz besteht, so ist der Preis pro t äquivalent zu einem Preis pro Srm i. H. v. 16,37 € (in Periode 1).

### Personalkosten

Anhand abgeleiteter Wert aus Literatur der Agentur für nachwachsende Rohstoffe [FNR 2007a, S. 262] ergibt für den Arbeitszeitbedarf folgende polynomische Funktion:

$y = - 0,0003 x^2 + 1,2057 x + 342,75$ ; wobei „x“ für die Anlagenleistung in kW und „y“ für den Arbeitszeitbedarf in h/a steht. Als Personalkosten werden somit 3.690 h/a berücksichtigt. Das Verhältnis von Arbeitszeitbedarf der Betriebsführung zu Gesamtarbeitszeitbedarf wird mit 85 % angenommen. Die restlichen 15 % entfallen auf den Arbeitszeitbedarf für die Geschäftsführung. Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 105.000 €/a oder ca. 6,2 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

### Wartungs- und Instandhaltungskosten

Die Wartungs- und Instandhaltungskosten inklusive Versicherung machen etwa 5 % p. a. der Investitionskosten aus und teilen sich wie folgt auf:

Tabelle 4-20 Wartungs- und Instandhaltungskosten [FNR 2007a, S. 262]

Komponente	Anteil in Relation zur Investition
Bautechnik der Energieerzeugung (BGA)	1,0% p. a.
Maschinenteknik der Energieerzeugung (BGA)	2,0% p. a.
Elektro- und Leittechnik (BGA)	1,0% p. a.
Versicherung	1,0% p. a.

Bei einer Kostensteigerungsrate von 3 % p. a. über 20 Jahre Laufzeit ergeben sich ca. 85.000 €/a. Dies entspricht ca. 5,1 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die gesamte Kosten- und Erlössituation ist der folgenden Übersichtstabelle zu entnehmen.

Tabelle 4-21 Ein- und Auszahlungen für ein HHS-HW über 20 Jahre

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	1.683.209 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	1.683.209 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	1.683.209 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Brennstoffkosten	2,00% p.a.	455.023 €	464.124 €	473.406 €	482.875 €	492.532 €	502.383 €	512.430 €	522.679 €	533.133 €	543.795 €
Betriebsmittel- & Ascheentsorgungskosten	4,50% p.a.	44.173 €	46.158 €	48.233 €	50.401 €	52.667 €	55.034 €	57.508 €	60.093 €	62.794 €	65.617 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	63.113 €	65.006 €	66.956 €	68.965 €	71.034 €	73.165 €	75.360 €	77.621 €	79.949 €	82.348 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	64.680 €	66.297 €	67.954 €	69.653 €	71.395 €	73.179 €	75.009 €	76.884 €	78.806 €	80.776 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	17.640 €	18.081 €	18.533 €	18.996 €	19.471 €	19.958 €	20.457 €	20.968 €	21.493 €	22.030 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	1.750 €	1.785 €	1.821 €	1.857 €	1.894 €	1.932 €	1.971 €	2.010 €	2.050 €	2.091 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	13.466 €	13.735 €	14.010 €	14.290 €	14.576 €	14.867 €	15.165 €	15.468 €	15.777 €	16.093 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	1.914 €	1.971 €	2.030 €	2.091 €	2.154 €	2.218 €	2.285 €	2.353 €	2.424 €	2.497 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	2.296 €	2.319 €	2.342 €	2.366 €	2.389 €	2.413 €	2.437 €	2.462 €	2.486 €	2.511 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	<b>Σ Auszahlungen</b>	<b>664.055 €</b>	<b>679.477 €</b>	<b>695.286 €</b>	<b>711.494 €</b>	<b>728.112 €</b>	<b>745.150 €</b>	<b>762.622 €</b>	<b>780.539 €</b>	<b>798.913 €</b>	<b>817.758 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	765.405 €	788.367 €	812.018 €	836.378 €	861.470 €	887.314 €	913.933 €	941.351 €	969.592 €	998.679 €
	<b>Σ Einzahlungen</b>	<b>765.405 €</b>	<b>788.367 €</b>	<b>812.018 €</b>	<b>836.378 €</b>	<b>861.470 €</b>	<b>887.314 €</b>	<b>913.933 €</b>	<b>941.351 €</b>	<b>969.592 €</b>	<b>998.679 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.683.209 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.683.209 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.683.209 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Brennstoffkosten	2,00% p.a.	554.671 €	565.765 €	577.080 €	588.621 €	600.394 €	612.402 €	624.650 €	637.143 €	649.886 €	662.883 €	11.055.874 €
Betriebsmittel- & Ascheentsorgungskosten	5,00% p.a.	68.566 €	71.648 €	74.869 €	78.234 €	81.751 €	85.426 €	89.266 €	93.278 €	97.471 €	101.852 €	1.385.041 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	84.818 €	87.363 €	89.984 €	92.683 €	95.464 €	98.328 €	101.277 €	104.316 €	107.445 €	110.669 €	1.695.864 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	82.796 €	84.866 €	86.987 €	89.162 €	91.391 €	93.676 €	96.018 €	98.418 €	100.879 €	103.401 €	1.652.228 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	22.581 €	23.145 €	23.724 €	24.317 €	24.925 €	25.548 €	26.187 €	26.841 €	27.512 €	28.200 €	450.608 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.133 €	2.176 €	2.219 €	2.264 €	2.309 €	2.355 €	2.402 €	2.450 €	2.499 €	2.549 €	42.520 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	16.415 €	16.743 €	17.078 €	17.419 €	17.768 €	18.123 €	18.485 €	18.855 €	19.232 €	19.617 €	327.180 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	2.572 €	2.649 €	2.728 €	2.810 €	2.894 €	2.981 €	3.071 €	3.163 €	3.258 €	3.355 €	51.417 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	2.536 €	2.562 €	2.587 €	2.613 €	2.639 €	2.666 €	2.692 €	2.719 €	2.747 €	2.774 €	50.560 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	<b>Σ Auszahlungen</b>	<b>837.088 €</b>	<b>856.916 €</b>	<b>877.257 €</b>	<b>898.124 €</b>	<b>919.535 €</b>	<b>941.504 €</b>	<b>964.048 €</b>	<b>987.184 €</b>	<b>1.010.929 €</b>	<b>1.035.301 €</b>	<b>16.711.293 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	1.028.640 €	1.059.499 €	1.091.284 €	1.124.023 €	1.157.743 €	1.192.475 €	1.228.250 €	1.265.097 €	1.303.050 €	1.342.142 €	20.566.709 €
	<b>Σ Einzahlungen</b>	<b>1.028.640 €</b>	<b>1.059.499 €</b>	<b>1.091.284 €</b>	<b>1.124.023 €</b>	<b>1.157.743 €</b>	<b>1.192.475 €</b>	<b>1.228.250 €</b>	<b>1.265.097 €</b>	<b>1.303.050 €</b>	<b>1.342.142 €</b>	<b>20.566.709 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus



Aufgrund des relativ hohen Stromverbrauchs von 0,89 % des Primärenergie-Inputs werden 3 % p. a. des Finanzierungsbedarfs als Betriebsmittel- und Ascheentsorgungskosten angesetzt. Der sonst übliche Wert liegt zwischen 0,1 und 0,5 % p. a. [FNR 2007, S. 204]. Von den Kosten entfallen in Periode 1 rund 57 % auf den Strombedarf, welcher mit einer Preissteigerung von 6 % p. a. berücksichtigt wird. Der restliche Anteil der Betriebsmittel- und Ascheentsorgungskosten wird mit einer Preissteigerung von 2,5 % angesetzt.

Werden alle Ein- und Auszahlungen kumuliert und diskontiert und der Kapitalwert „0“ gesetzt, so ergibt sich eine einigermaßen rentable Kapitalverzinsung von 7,70 % p. a. Da der Deckungsbeitrag für Brennstoffe bereits vollständig berücksichtigt ist, kann diese Kapitalverzinsung als vollständig realisierbarer interner Zinsfuß verstanden werden.

Wird die erwartete Kapitalverzinsung zugunsten des Kapitalwerts „0“ gesetzt“, so ergibt sich am Ende der Laufzeit ein Kapitalwert von rund 2,2 Mio. €.

Den bei weitem größten und sensibelsten Kostenblock stellen die Brennstoffkosten dar. Sie haben bei Eigenfinanzierung bis zu rund 70 % Anteil an den Gesamtkosten ( $\Sigma$  Auszahlungen). Eine Optimierung der Kapitalrendite kann demnach vor allem über den Brennstoffpreis stattfinden. Hier besteht die Möglichkeit, bis zu ca. 14 % p. a. Kapitalverzinsung zu generieren, falls der benötigte Brennstoff um 20 % vergünstigt für ca. 40 €/t (in Periode 1) bezogen werden könnte. Alle anderen Kostenblöcke sind entweder relativ klein oder bieten wenig Handlungsspielraum.

### **Fazit ökonomische Betrachtung**

Für die ökonomische Betrachtung lässt sich für die Biogasanlagen-Optionen festhalten, dass keine der untersuchten Varianten die benötigten Deckungsbeiträge für die Sammlung, den Transport und die Aufbereitung der Abfälle zur Gänze bereitstellen kann.

Unter den untersuchten Optionen arbeitet die Vergärungsanlage mit TIH (BGA-Option 2) jedoch am profitabelsten. Wird der Technologiebonus zusätzlich zum KWK-Bonus gewährt, so kann auch die Anlage mit Gasaufbereitung und Einspeisung beinahe ähnliche Periodenergebnisse liefern.

Die konventionelle Vergärungsanlage (BGA-Option 1) schneidet am schlechtesten ab, was jedoch auf die geringe Wärmenutzung zurückgeführt werden kann. Würde die Überschusswärme, wie bei der Anlage mit TIH (BGA-Option 2), zu 80 % genutzt, so ergäbe sich ein interner Zinsfuß von ca. 12 % p. a. Bei einer Überschusswärmenutzung wie bei der Anlage mit TIH + Gasaufbereitung und Einspeisung (BGA-Option 3) – 100 % abzgl. 10 % unvermeidbare Wärmeverluste – läge der interne Zinsfuß sogar bei rund 13,5 % p. a. Hier würden sich

Deckungsbeiträge von 11,70 €/t Bioabfall bzw. ca. 13,70 €/t Bioabfall ergeben, wobei beide Ergebnisse die konventionelle Anlage an die Spitze der Betrachtung versetzen würden.

Das HHS-Heizwerk bietet mit rund 7,5 % p. a. einen beinahe ähnlich hohen internen Zinsfuß wie die BGA-Option 2, jedoch mit dem Unterschied, dass die Inputkosten bereits vollständig abgedeckt sind. Sie ist daher generell die profitabelste Anlage.

Würden die Einnahmen aus der Kapitalverzinsung des HHS-Heizwerks zusätzlich als Deckungsbeitrag für Bioabfälle verwendet, so wäre die absolute Abdeckung lediglich um 0,52 €/t höher. Der nur relativ niedrige Zusatz-Deckungsbeitrag ergibt sich einerseits aus den niedrigeren Investitionskosten für das HHS-Heizwerk im Vergleich zu den BGA-Optionen, wodurch die Kapitalverzinsung einen relativ geringen absoluten Wert abbildet und andererseits auch aus dem höheren Tonnage-Bedarf der BGA-Optionen im Vergleich zum HHS-Heizwerk.

Letztendlich lässt sich die Aussage treffen, dass in Betracht der vorausgesetzten Annahmen für die verschiedenen Optionen die Kombination aus Vergärungsanlage mit TIH und HHS-Heizwerk die wirtschaftlich sinnvollste Lösung darstellt.

#### **4.1.6 Fazit**

Wie die ökologische Bewertung zeigte, sind eine Ausweitung der Bioabfallerfassung 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 Gebührenanreize 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 Grünabfallerfassung 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. Diese kann in der Weiternutzung der Kompostierungsanlagen in Bammental und Zuzenhausen liegen, ergänzt bspw. um eine zentrale Lösung am Standort Sinsheim der AVR.

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. Auch die ehemalige Deponie Feilheck der Stadt Heidelberg wird positiv beurteilt.

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 an den Standorten Wieblingen und Feilheck wohl nicht möglich, möglicherweise durch die benachbarten Industriebetriebe im Industriegebiet Ladenburgs. Hier könnte in großem Umfang Bedarf an Wärme bestehen.

Eine optimierte Nutzung der Überschusswärme (80 %) wurde in diesem Steckbrief nicht bilanziert – es muss hierfür auf Steckbrief B verwiesen werden. Nur wenn diese gegeben ist, wäre gerade aus ökologischer Sicht der Standort Ladenburg vorteilhaft. Ist eine umfassende Nutzung der Überschusswärme nicht möglich, sollte eine Aufbereitung zu Ergas 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, was über die vorliegende ökonomische Beurteilung nicht berücksichtigt und bilanziert werden konnte.

## **4.2 Impulsprojekt B – Bioabfälle aus Haushalten**

Die dem Steckbrief zugrunde liegende Idee ist eine gemeinsame Verwertung der Bioabfälle aus Haushalten der Gebietskörperschaften Mannheim und Kreis Bergstraße. Auf dieser Basis lassen sich eventuell noch weitere Biomassen einbeziehen. Gleichermaßen sind andere Kooperationen der rechtsrheinischen Gebietskörperschaften der Metropolregion denkbar – bspw. zwischen dem Rhein-Neckar-Kreis und der Stadt Mannheim.

Diese vorgeschlagene Kooperation umfasst Gebietskörperschaften in zwei Bundesländern. Eine derartige Zusammenarbeit bedarf immer auch der Abstimmung mit den jeweiligen obersten Abfallbehörden.

Wie die Diskussion mit den Beteiligten zeigte, werden von den jeweiligen Gebietskörperschaften Konzepte verfolgt, die inhaltlich weitestgehend den im Steckbrief vorgeschlagenen Lösungen entsprechen, allerdings immer als eigenständige Lösungen. Dies ist aus ökologischer Sicht nicht schädlich. Aus ökonomischer Sicht sollte eine zentrale Lösung jedoch vorteilhafter sein.

Die inhaltliche Konzeption des Steckbriefes, die Festlegung der Stoffströme und technischen Lösungsalternativen sowie die vergleichende Bewertung der Optionen aus ökologischer Sicht erfolgten durch das IFEU-Institut. Die ökonomische Bewertung wurde durch IfaS durchgeführt.

### **4.2.1 Standortfrage**

Die Diskussion und Bewertung möglicher Standorte bezieht sich immer auf die vorgeschlagene Lösung der Kooperation. Werden eigenständige Konzepte verfolgt, stellt sich die Standortfrage anders.

Bei der Recherche nach möglichen Standorten für eine Vergärungsanlage und ihre Bewertung sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

1. möglichst optimale energetische Einbindung
2. möglichst gute Nutzung vorhandener Entsorgungsinfrastruktur / Erhalt bestehender Behandlungskapazitäten
3. möglichst gute verkehrstechnische Erschließung;
4. Lage in der Nähe des Schwerpunkts des Biomasseaufkommens
5. immissionsunempfindliche Lage / Realisierbarkeit
6. ausreichende Größe; angesetzt wird ein Flächenbedarf von 3 ha, d.h. 30.000 m<sup>2</sup>

Die räumliche Verteilung des Bioabfallaufkommens orientiert sich stark an der Verteilung der Wohnbevölkerung im Kreis Bergstraße. Dazu kommt das Bioabfallaufkommen aus der Stadt



Mannheim. Der Siedlungsschwerpunkt ist demnach der Norden Mannheims bzw. der Süden des Kreises Bergstraße.

Der Untersuchungsraum lässt sich aus der Verteilung des Biomasseaufkommens auf Mannheim (Nord) und die in der Rheinebene gelegenen Orte des Kreises Bergstraße eingrenzen.

In diesem eingeschränkten Untersuchungsraum sind folgende Entsorgungsanlagen bekannt:

#### **4.2.1.1 A – Kompostierungsanlage / Abfallwirtschaftszentrum Heppenheim**

Im Abfallwirtschaftszentrum befand sich eine Vergärungsanlage zur Verwertung des Bioabfalls aus den Haushalten des Kreises Bergstraße. Die bauliche Anlage wurde jedoch komplett abgebaut. Der Standort dient heute unter anderem der Kompostierung von Grünabfällen. Auf dem Standort befinden sich größere Bauwerke, die Sortier- bzw. Stoffstromtrennanlage der Bergsträßer Aufbereitungs- und Sortiergesellschaft (BAS), einer gemeinsamen Gesellschaft vom Zweckverband Abfallwirtschaft Kreis Bergstraße (ZAKB) und MVV Umwelt, sowie eine große überdachte Mietenkompostierung.

Der Standort befindet sich außerhalb der Bebauung zwischen Heppenheim und Lorsch. Die Anbindung erfolgt über das Gewerbe- und Industriegebiet und mittelbar über die BAB-Ausfahrt Heppenheim der A5. Die Siedlungserferne macht den Standort aus Sicht des Immissionsschutzes geeignet.

Der Standort ist etwa 2 ha groß. Direkt benachbart befindet sich eine Kläranlage der Fa. Unilever (Langnese), so dass eine Erweiterung ohne Rückgriff auf landwirtschaftliche Flächen nicht möglich erscheint. Im Flächennutzungsplan sind entsprechende landwirtschaftliche Flächen jedoch planerisch bereits für eine Erweiterung des Abfallentsorgungsstandortes ausgewiesen.



Abb. 4-14 Geprüfter Standort Abfallwirtschaftszentrum Heppenheim

Die energetische Einbindung des Standortes ist gut.

Westlich vom Standort verläuft in Nord-Süd-Richtung eine Gasfernleitung. Netzbetreiber ist WinGas. Der Druck liegt bei über 84 bar, es handelt sich um H-Gas-Netz.

Die relative Nähe zum Industriegebiet könnte auf Abnahmemöglichkeiten von Wärme hinweisen. Im Abfallwirtschaftszentrum befand sich bis vor einigen Jahren bereits eine Bioabfallvergärungsanlage. Auf die damalige Infrastruktur der Biogasnutzung könnte eventuell zurückgegriffen werden. Es handelt sich um ein zentrales BHKW im benachbarten Siedlungsgebiet mit einem Nahwärmenetz zur Versorgung von unter anderem Wohngebäuden und Klinikum.

#### 4.2.1.2 B - Kompostierungsanlage Lorsch



Abb. 4-15 Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Lorsch

Die Größe des Standortes liegt deutlich unter  $<1\text{ha}$ . Durch die direkte Nachbarschaft zu einem Gewerbegebiet sowie der Bundesautobahn ist eine Erweiterung kaum möglich. Sie wäre bestenfalls in Richtung Süden, d.h. Nibelungenstraße, möglich, würde aber nicht die angesetzte Mindestgröße erreichen.

#### 4.2.1.3 C - Kompostierungsanlage Bürstadt

In Bürstadt befindet sich in einem Gewerbe- und Industriegebiet eine Kompostierungsanlage für Grünschnitt. Auf diesem Gelände erfolgt zudem Wertstoffannahme und -umschlag.

Der Standort ist für die geplante Anlagengröße deutlich zu klein. Erweiterungsmöglichkeiten bestehen nicht bzw. sind nicht ersichtlich. Dazu kommt die relative Nähe zu den Wohngebieten, die südlich der Bahn angrenzen. Die Zufahrt müsste über die Ortslage Bürstadt erfolgen. Die Einbindung in ein Gewerbe- und Industriegebiet könnte allerdings auf potentielle Abnehmer für Wärme verweisen.



Abb. 4-16 Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Bürstadt

#### 4.2.1.4 D - Kompostierungsanlage Viernheim



Abb. 4-17 Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Viernheim

Die kleine Grünabfallkompostierungsanlage befindet sich im Autobahndreieck Viernheim auf dem weiten Gelände einer ehemaligen (Bauschutt-)Deponie. In diesem Bereich befinden sich auch eine Bauschuttaufbereitung oder auch –ablagerungsmöglichkeit sowie Freizeitan-

lagen. Die Anlage verfügt über keine nennenswerten baulichen Einrichtungen.

Eine Anbindung des Standortes ist nur über die Ortslage Viernheim möglich.

#### **4.2.1.5 E - Kompostierungsanlage Lampertheim**

Die Kompostierungsanlage Lampertheim befindet sich am nördlichen Rand von Lampertheim in einem Industrie- und Gewerbegebiet. Es handelt sich um eine Bioabfall- sowie getrennt eine Grünabfallkompostierungsanlage. Während die Grünabfallkompostierung klein ist und offen unter einem Dach erfolgt, ist die Bioabfallkompostierung – soweit ersichtlich – vollständig eingehaust.

Eine Anbindung ist über die Rosenaustraße und Klärwerksstraße an die Bundesstraße B 44 und Ortsumfahrung möglich, ohne dass die Ortslage von Lampertheim berührt würde. Dies gilt allerdings nicht für die Verkehre von und nach Mannheim. Die Anbindung müsste dort über die Bundesautobahn A 67 und die Ausfahrt Lorsch erfolgen.

Das Gelände würde dann möglicherweise ausreichend groß sein (ca. 3 ha), wenn das gesamte Gelände zwischen Klärwerkstraße und Bauhofstraße, im Norden begrenzt von einem kleinen Teich und einem Funkmast, in den Standort einbezogen würde. Es handelt sich um eher brachliegende oder sehr untergeordnet genutzte Gewerbeflächen.

In Nachbarschaft befindet sich eine kommunale Kläranlage. In Richtung Nordwesten folgen eine Firma aus dem Bereich Maschinenbau und mit einem Standort der Fa. Ciba eine größere Chemieanlage. Hieraus könnten sich eine gute energetische Einbindungen des Standortes ergeben.





Abb. 4-19 Geprüfter Standort ehemalige Deponie Lampertheim-Hüttenfeld

#### 4.2.1.7 G - Kläranlage Mannheim – Scharhof

Der Standort Kläranlage Mannheim wird derzeit von der Stadt Mannheim als möglicher Standort für eine Vergärungsanlage für die Bioabfälle aus den Haushalten Mannheims diskutiert, d.h. etwa ein Aufkommen von 10.000 Jahrestonnen. Darüber hinaus sieht das Konzept der Stadt Mannheim bzw. der Eigenbetriebe Stadtentwässerung eine Verwertung von etwa 20.000 Jahrestonnen gewerblicher Bioabfälle sowie eines kleinen Teilstroms Gülle vor. Dies ist verbunden mit einem Anlagenkonzept, das keine flächenintensive Nachrotte der Gärrückstände, sondern ihre Vergasung vorsieht.

Der Standort ist sehr gut verkehrlich angebunden. Eine Anbindung ist in unmittelbarer Nähe an die A6 mit der Ausfahrt Sandhofen gegeben. In Standortnähe befinden sich zwei Gasleitungen von WinGas sowie MVV.

Der Standort ist hinsichtlich Geruchsimmissionen geprägt von der Kläranlage sowie vom südlich benachbarten Papierwerk. Zudem besteht ein vergleichsweise großer Abstand zu den Wohngebieten in Scharhof und Kirschgartshausen.





Abb. 4-20 Geprüfter Standort zentrale Kläranlage Mannheim-Scharhof

#### 4.2.1.8 H - Erdenwerk Mannheim-Scharhof

Direkt an der BAB-Ausfahrt Mannheim-Sandhofen befindet sich im schmalen Streifen zwischen Bundesautobahn (A6) und dem Zaun der Coleman Barracks (Militärflughafen) der Standort des privaten Erdenwerkes Mannheim.

Das Gelände ist offen und besteht aus mehreren Halden aus Sanden und Erden, mineralischen Bauabfällen, Altholz und Grünabfällen. Die angrenzenden Flächen in Richtung Blumenau sind landwirtschaftlich genutzt. Die nördlich angrenzen Coleman Barracks allerdings scheinen kaum mehr genutzt zu werden. Möglicherweise stünden hier mittelfristig Erweiterungsflächen zur Verfügung. Derzeit wird allerdings eine Verlagerung der Verkehre des Verkehrsflugplatzes Neuostheim auf dieses Flugfeld diskutiert.

Die verkehrliche Anbindung ist optimal, über die BAB-Ausfahrt Mannheim-Sandhofen der A6. Die Möglichkeiten zur energetischen Einbindung sind unklar.



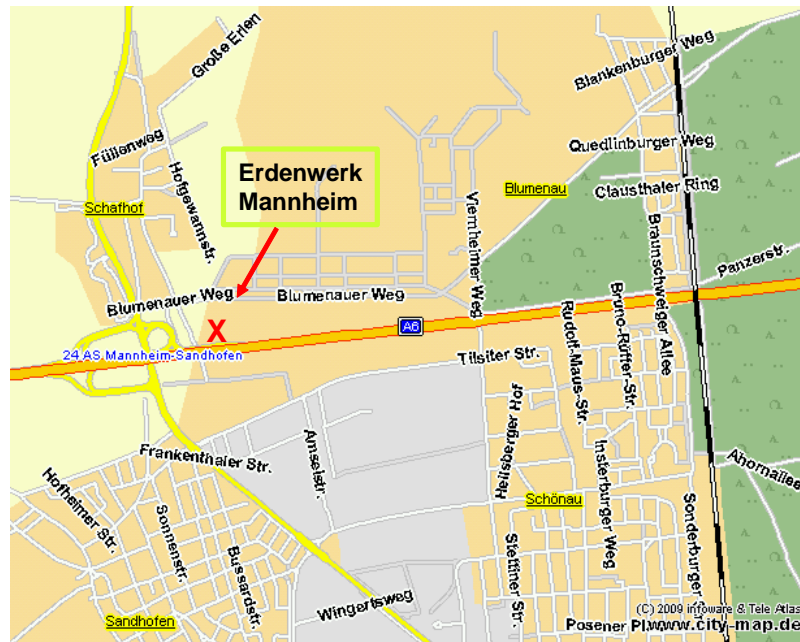


Abb. 4-21 Geprüfter Standort Erdenwerk Mannheim-Sandhofen

#### 4.2.1.9 I - Deponie Mannheim Friesenheimer Insel

Auf der Friesenheimer Insel befindet sich die alte Hausmülldeponie der Stadt Mannheim. Der Deponiekörper ist mittlerweile weitgehend abgeschlossen und mit einer Oberflächenabdichtung versehen.

Auf der ehemaligen Deponiefläche befindet sich direkt an der Einfahrt Otto-Hahn-Straße eine Bauschuttzubereitungsanlage der ARGE Baustoffe bzw. Remex. Dieses Betriebsgelände verfügt über keine Erweiterungsmöglichkeiten für eine Bioabfallbehandlungsanlage.

Quasi ebenfalls auf dem ehemaligen Deponiegelände befindet sich in der Rudolf-Diesel-Straße der Recyclinghof der Stadt Mannheim. Er selbst verfügt mit 2 ha über keine weitere Aufnahmefähigkeit von Abfallbehandlungsanlagen. Der nördliche angrenzende eigentliche Müllkörper ist hierfür wahrscheinlich nicht geeignet.

In direkter Nachbarschaft zum Deponiekörper befindet sich am Ende der Max-Born-Straße ein Betriebshof der Mannheimer Abfallentsorgungsgesellschaft, der bspw. als Lagerfläche für Container genutzt wird. Auch in diesem Areal kann keine Bioabfallbehandlungsanlage aufgenommen werden.



Abb. 4-22 Geprüfter Standort Deponie Friesenheimer Insel

Auf dem Gelände der Deponie Friesenheimer Insel sind demnach keine für eine Bioabfallbehandlungsanlage ausreichenden Standorte zu erkennen.

#### 4.2.1.10 J - Kompostwerk Friesenheimer Insel

In direkter Nachbarschaft zur Mannheimer Müllverbrennungsanlage befindet sich die Kompostierungsanlage der Stadt Mannheim bzw. der Abfallbeseitigungsgesellschaft mbH Mannheim (ABG). Es handelt sich um einen eingezäunten Bereich mit wenigen baulichen Anlagen. Die Kompostierung erfolgt über Mieten. Ein Witterungsschutz mittels Dach ist nicht vorhanden.

Der Standort ist für die geplanten Zwecke zu klein, tendenziell auch dann, wenn die gesamte Fläche zwischen Müllverbrennungsanlage und Dittenestraße und Max-Planck-Straße miteinbezogen würde.

In weiten Bereichen ist das unmittelbare Standortumfeld gewerblich genutzt, allerdings nicht intensiv. Einige der Grundstücke liegen brach bzw. werden nur noch untergeordnet genutzt. Sie wären ggf. in Betracht zu ziehen, falls sich keine bestehenden Standorte der Abfallbehandlung als geeignet erweisen würden.

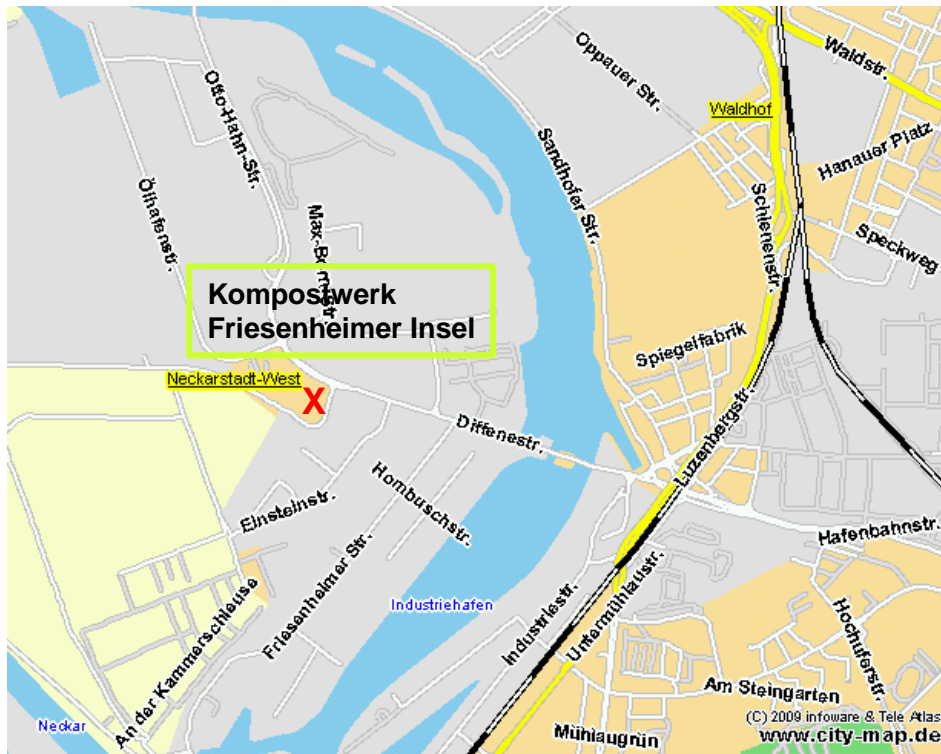


Abb. 4-23 Geprüfter Standort Kompostierungsanlage Friesenheimer Insel

#### 4.2.1.11 Standortvergleich

Im Vergleich der oben genannten Standorte erscheinen folgende am ehesten geeignet:

- ✚ **Kompostwerk Lampertheim**
- ✚ **Deponie Hüttenfeld**
- ✚ **Kläranlage Mannheim-Scharhof**

#### Logistik:

Mannheim wird nach der vorliegenden Abschätzung bzw. den Planungen der Stadt selbst ein in Relation zur Einwohnerzahl eher geringes Bioabfallaufkommen haben. Der Siedlungsschwerpunkt deckt sich daher nur bedingt mit dem Schwerpunkt des Bioabfallaufkommens, der Schwerpunkt des Bioabfallaufkommens liegt daher eher im Kreis Bergstraße.

Die Anbindung der Standorte an das Straßennetz ist in allen Fällen gut und ohne Ortsdurchfahrten realisierbar.

### Energetische Einbindung:

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. Dieser Betrieb verfügt über mehrere Dampferzeuger, die bislang mittels Erdgas, Deponiegas und Tierfett betrieben werden. Der Dampfbedarf liegt bei 20t/h bei einem Durchsatz von 12 t/h Rohware.<sup>5</sup>

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.

### Nutzungsmöglichkeiten der Vergärungsrückstände:

Das landwirtschaftliche Umfeld des Standorts Scharhof ist räumlich durch die Ortslagen Mannheim und Lampertheim, den Rhein bzw. einen Altrheinarm sowie den Käfertaler Wald begrenzt. Die Biogaserzeugung am Standort Scharhof ist jedoch nach heutigem Stand mit einer Vergasung der Gärrückstände verbunden. Es verbleiben demnach keine Gärrückstände für eine landwirtschaftliche Verwertung.

Günstiger sieht die landwirtschaftliche Situation für den Standort Lampertheim aus. Der Einzugsbereich für einen Einsatz von Gärrückständen als Düngemittel ist deutlich besser.

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.

### Standortgröße und Immissionsempfindlichkeit

Die Standortgrößen sind unterschiedlich. Vergleichsweise entspannt zeigt sich die Situation

---

<sup>5</sup> Situation Januar 2006; Gespräch mit Fa. SÜPRO

auf der Deponie Hüttenfeld. Der Standort verfügt über große Flächenreserven sowie als alter Deponiestandort über eine ausreichend große Distanz zu immissionsempfindlichen 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. Der Standort dürfe sich durch Rückgriff auf benachbarte gewerbliche Flächen auf eine ausreichende Größe bringen lassen. Zudem kann auf vorhandene Einrichtungen insbesondere zur Nachkompostierung zurückgegriffen werden.

Inwieweit auf der Kläranlage Scharhof eine derart große Bioabfallverwertungsanlage ohne Rückgriff auf landwirtschaftliche Flächen realisiert werden kann, ist nicht ganz sicher. Mit dem Standort verbunden ist jedoch ein alternatives Verwertungskonzept mit einer Vergasung der Vergärungsrückstände, was wesentlich weniger Flächenbedarf bedeutet.

Die rechtlichen Voraussetzungen zur Errichtung der Bioabfallbehandlungsanlage dürften in allen Fällen gleich sein.

### Fazit

Die Standorte Lampertheim Kompostierungsanlage und Deponie Hüttenfeld weisen gegenüber der Kläranlage Scharhof Vorteile auf.

#### **4.2.2 Biomasseangebot**

Das Konzept der Biomassennutzung baut auf den Bioabfällen aus Haushalten auf. Es handelt sich um Bioabfälle aus den beiden entsorgungspflichtigen Körperschaften Kreis Bergstraße und Stadt Mannheim. Die Menge aus beiden Gebietskörperschaften beträgt insgesamt etwa 41.200 Jahrestonnen.

Weitere Biomassen, die teilweise einer Biogaserzeugung zur Verfügung stehen könnten, sind kommunale Grünabfälle. Nimmt man ein spezifisches Aufkommen von 0,09 t/Einwohner und Jahr für den Kreis Bergstraße an, so ergeben sich für die in der Rheinebene gelegenen Gemeinden hieraus folgende Mengen, die in Summe knapp 6.000 Jahrestonnen ausmachen.

Tabelle 4-22 Kommunale Grünabfälle - Stoffströme

	Summe	Vergärung	holzig	Kompostierung
		25 %	25 %	50 %
<b>Mannheim</b>	7350	1838	1838	3675
<b>Bensheim</b>	3565	891	891	1782
<b>Bürstadt</b>	1407	352	352	704
<b>Heppenheim</b>	2275	569	569	1138
<b>Lampertheim</b>	2817	704	704	1409
<b>Lorsch</b>	1158	289	289	579
<b>Viernheim</b>	2925	731	731	1463
<b>Zwingenberg</b>	611	153	153	305
<b>Biblis</b>	794	198	198	397
<b>Einhausen</b>	548	137	137	274
<b>Groß Rohrheim</b>	336	84	84	168
<b>Gesamt</b>	<b>23.787</b>	<b>5.947</b>	<b>5.947</b>	<b>11.893</b>

Im Einzugsbereich der angedachten Bioabfallvergärungsanlage sollten auch aus dem gewerblichen Bereich biogene Bioabfallmassen anfallen, die über eine Vergärung verwertet werden können. Über das Aufkommen liegen keine verlässlichen Angaben vor.

Für den Einzugsbereich einer Biogasanlage in Lampertheim wurden aus der Landwirtschaft grob die nachfolgenden Potenziale abgeschätzt. Der Einzugsbereich wurde hierfür enger gesetzt. Angesichts des Zuschnitts der Gemarkung wurden nur jeweils 75 % des ermittelten Potenzials dem Einzugsbereich der Biogasanlage zugerechnet.

#### **Standort Kompostwerk Lampertheim**

- Silomais: 7.300 t/a (aus Lampertheim, Bürstadt)
- Dauergrünland: -

Der Einzugsbereich des Standortes Hüttenfeld verfügt über keine Biogaspotenziale. Die in Silomais ausgedrückten Mengen stammen aus 25 % des Potenzials Lampertheims. Alle anderen Gemarkungen, nämlich Lorsch, Bensheim und in Baden-Württemberg Hemsbach-Laudenbach, verfügen über keine weiteren Potenziale an Energierohstoffen aus der Landwirtschaft. Im Umfeld findet verstärkt Anbau von Sonderkulturen statt, mit entsprechendem Bedarf an externen Humuslieferanten, d.h. guten Absatzmöglichkeiten der Vergärungsrückstände bzw. der Komposte.

#### **Standort Deponie Hüttenfeld**

- Silomais: 1.500 t/a (aus Lampertheim)
- Dauergrünland: -

Die landwirtschaftliche Gemarkung der Stadt Mannheim weist nach der Auswertung der landwirtschaftlichen Statistiken Potenziale im Bereich Dauergrünland auf. Diese befinden sich jedoch nicht im Einzugsbereich des Standortes Kläranlage Scharhof, d.h. in Kirschgartshausen, Scharhof und Blumenau.

#### **Standort Kläranlage Scharhof**

- **Silomais:** -

- **Dauergrünland:** -

#### **4.2.3 Grobes Logistikkonzept**

In diesem Schritt wird auf der Basis der aufgezeigten Biomassenströme und der vorhandenen Anlagenstruktur ein grobes Stoffstrom- und Logistik-Konzept erarbeitet.

##### Bioabfall aus Haushalten

Dieser Biomassenstrom gelangt vollständig in die Bioabfallvergärungsanlage. Unabhängig von der letztendlichen Wahl des Anlagenstandortes dürfte ein erheblicher Anteil des Aufkommens direkt mit den Sammelfahrzeugen angedient werden.

##### Kommunale Grünabfälle

Für die Verwertung der kommunalen Grünabfälle existiert eine Verwertungsstruktur. Mit dem Verwertungskonzept soll diese Struktur grundsätzlich nicht infrage gestellt, aber optimiert werden.

In **Heppenheim** existiert das Abfallwirtschaftszentrum, auf dem bereits heute eine Grünabfallkompostierung durchgeführt wird. Hier sollten auch weiterhin über die dezentralen Sammelplätze die Grünabfälle der hessischen Bergstraßengemeinden angeliefert werden. Es handelt sich um Zwingenberg, Bensheim und Heppenheim sowie Einhausen und Lorsch.

In Summe ergibt sich daraus ein Grünabfallaufkommen von 8.160 Jahrestonnen. Während jeweils 2.040 Jahrestonnen entweder als Hackschnitzel oder als Biogassubstrat einer energetischen Verwertung zugeführt würden, könnten knapp 4.100 Jahrestonnen am Standort Heppenheim zu Kompost verarbeitet werden.

In **Bürstadt** befindet sich eine Kompostierungsanlage für Grünabfälle, in der auch weiterhin die Grünabfälle aus Groß-Rohrheim, Biblis und Bürstadt selbst zur Behandlung und Verwertung gelangen sollten. Es handelt sich in Summe um 2.540 Jahrestonnen. Jeweils 630 Jah-



restonnen ließen sich ab hier für die energetische Verwertung als Hackschnitzel oder Biogassubstrat vermarkten. 1.280 Jahrestonnen verblieben rechnerisch zur Komposterzeugung am Ort.

In beiden Städten **Lampertheim** und **Viernheim** existieren jeweils eigene Kompostierungsanlagen. Während die Sammlung weiterhin dezentral erfolgen sollte, sollte die Verwertung auf einen Standort konzentriert werden. Die Biomassen sollten mit Ausnahme der Anteile, die sich als Hackschnitzel für eine thermische Verwertung vermarkten lassen (1.430 t/a), direkt an der Biogasanlage angedient werden, teilweise als Input in die Vergärung (1.430 t/a), teilweise zur Unterstützung der Nachkompostierung der Vergärungsrückstände (2.870 t/a).

Grünabfälle aus **Mannheim** sollten weiterhin auf der Friesenheimer Insel aufbereitet werden. Auch hier bietet es sich dann an, die Kompostierung weiter zu betreiben. Es verbleiben 3.680 Jahrestonnen, die vor Ort zu Kompost verarbeitet würden.

#### Landwirtschaftliche Biomasse

Diese Biomasse würde durch landwirtschaftliche Fahrzeuge und die Landwirte selbst an der Vergärungsanlage angeliefert.

Fasst man diese Überlegungen zusammen, so ergeben sich für die diskutierten Standortalternativen folgende Massenströme:

In Scharhof auf der Kläranlage wäre analog der Entsorgung der ausgefaulten Klärschlämme eine Vergasung der Vergärungsrückstände geplant. Kompostierbare Grünabfälle gelangen demnach nicht in diesen Standort.



Tabelle 4-23 Option 1: Vergärungsanlage in Hüttenfeld

<b>Standort Heppenheim</b>			
	<b>Herkunft</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Masse t/a</b>
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Bensheim, Einhausen, Heppenheim, Lorsch, Zwingenberg	Grünabfälle	8.160
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Heppenheim	Grünabfälle	4.080
<b>Standort Bürstadt</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Biblis, Bürstadt, Groß-Rohrheim	Grünabfälle	2.540
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Bürstadt	Grünabfälle	1.270
<b>Standort Hüttenfeld</b>			
<b>Input Vergärung</b>	Kreis Bergstraße, Mannheim	Bioabfall aus Haushalten	41.270
	Aufbereitung Heppenheim	Grünabfälle	2.040
	Aufbereitung Bürstadt	Grünabfälle	630
	Aufbereitung Mannheim	Grünabfälle	1.840
	Aufbereitung Lampertheim	Grünabfälle	700
	Aufbereitung Viernheim	Grünabfälle	730
	Landwirtschaft	Silomais	1.520
		<i>Summe</i>	<i>48.730</i>
<b>Input Kompostierung</b>		Gärrückstand	24.360
	Aufbereitung Lampertheim	Grünabfälle	1.410
	Aufbereitung Viernheim	Grünabfälle	1.460
		<i>Summe</i>	<i>27.230</i>
<b>Standort Lampertheim</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Lampertheim	Grünabfälle	2.820
<b>Standort Viernheim</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Viernheim	Grünabfälle	2.930
<b>Standort Mannheim</b>			
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Mannheim	Grünabfälle	7.350
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Mannheim	Grünabfälle	3.670

Tabelle 4-24 Option 2: Vergärungsanlage in Lampertheim

	<b>Standort Heppenheim</b>		
	<b>Herkunft</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Masse t/a</b>
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Bensheim, Einhausen, Heppenheim, Lorsch, Zwingenberg	Grünabfälle	8.160
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Heppenheim	Grünabfälle	4.080
	<b>Standort Bürstadt</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Biblis, Bürstadt, Groß-Rohrheim	Grünabfälle	2.540
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Bürstadt	Grünabfälle	1.270
	<b>Standort Lampertheim</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Lampertheim	Grünabfälle	2.820
<b>Input Vergärung</b>	Kreis Bergstraße, Mannheim	Bioabfall aus Haushalten	41.270
	Aufbereitung Heppenheim	Grünabfälle	2.040
	Aufbereitung Bürstadt	Grünabfälle	630
	Aufbereitung Mannheim	Grünabfälle	1.840
	Aufbereitung Lampertheim	Grünabfälle	700
	Aufbereitung Viernheim	Grünabfälle	730
	Landwirtschaft	Silomais	7.290
		<i>Summe</i>	<i>54.500</i>
<b>Input Kompostierung</b>		Gärrückstand	27.250
	Aufbereitung Lampertheim	Grünabfälle	1.410
	Aufbereitung Viernheim	Grünabfälle	1.460
		<i>Summe</i>	<i>30.120</i>
	<b>Standort Viernheim</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Viernheim	Grünabfälle	2.930
	<b>Standort Mannheim</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Mannheim	Grünabfälle	7.350
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Mannheim	Grünabfälle	3.670

Tabelle 4-25 Option 3: Vergärungsanlage in Scharhof

	<b>Standort Heppenheim</b>		
	<b>Herkunft</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Masse t/a</b>
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Bensheim, Einhausen, Heppenheim, Lorsch, Zwingenberg	Grünabfälle	8.160
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Heppenheim	Grünabfälle	4.080
	<b>Standort Bürstadt</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Biblis, Bürstadt, Groß-Rohrheim	Grünabfälle	2.540
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Bürstadt	Grünabfälle	1.270
	<b>Standort Scharhof</b>		
<b>Input Vergärung</b>	Kreis Bergstraße, Mannheim	Bioabfall aus Haushalten	41.270
	Aufbereitung Heppenheim	Grünabfälle	2.040
	Aufbereitung Bürstadt	Grünabfälle	630
	Aufbereitung Mannheim	Grünabfälle	1.840
	Aufbereitung Lampertheim	Grünabfälle	700
	Aufbereitung Viernheim	Grünabfälle	730
		<i>Summe</i>	<i>47.210</i>
<b>Input Trocknung/Vergasung</b>		Gärrückstand	23.600
	<b>Standort Lampertheim</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Lampertheim	Grünabfälle	2.820
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Lampertheim	Grünabfälle	1.410
	<b>Standort Viernheim</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Viernheim	Grünabfälle	2.930
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Viernheim	Grünabfälle	1.460
	<b>Standort Mannheim</b>		
<b>Input Stoffstrommanagement</b>	Mannheim	Grünabfälle	7.350
<b>Input Kompostierung</b>	Aufbereitung Mannheim	Grünabfälle	3.670

#### **4.2.4 Verwertungskonzept**

Das Verwertungskonzept umfasst die Biomassen Bioabfälle aus Haushalten, kommunale Grünabfälle sowie in kleinem Umfang landwirtschaftlich produzierte Biomassen. Dies schließt nicht aus, dass bei Umsetzung des Projektes im Standortumfeld weitere, insbesondere Abfall-Biomassen akquiriert werden sollten.

##### **4.2.4.1 Stoffströme**

###### Bioabfälle aus Haushalten:

Sowohl für den Kreis Bergstraße als auch für die Stadt Mannheim wird keine weitere Steigerung der getrennten Erfassung von Bioabfällen aus Haushalten angenommen. Der Kreis Bergstraße verfügt über keine abfallwirtschaftlichen Potenziale mehr. Die spezifischen städtischen Randbedingungen in Mannheim verbieten nach Ansicht der ABG eine Ausweitung der Erfassung.

Gegenüber der heutigen Situation verändert sich nur das Verwertungskonzept. Die Bioabfallmengen würden über eine Vergärungsanlage genutzt. Derzeit werden die Bioabfälle aus Mannheim in der Kompostierungsanlage Heidelberg-Wieblingen aerob zu Kompost verarbeitet. Auch im Kreis Bergstraße werden derzeit alle Bioabfälle aerob zu Kompost verarbeitet, allerdings nur zu einem kleineren Teil im Kreis selbst. Weitere Bioabfälle gelangen u.a. zur Verwertung nach Ostdeutschland.

Mit dem neuen Verwertungskonzept sind demnach deutliche Einsparungen in der Logistik verbunden.

###### Kommunale Grünabfälle

Auch bei den kommunalen Grünabfällen wird gegenüber dem Status Quo kein größeres Mengenaufkommen unterstellt. Es gibt diesbezüglich eine Fortschreibung des Status Quo. Auch in der Logistik sind nur wenige Änderungen vorgesehen.

Für Mannheim finden Veränderungen allein dadurch statt, dass eine Teilmenge nicht auf der Friesenheimer Insel zu Kompost verarbeitet wird, sondern zu der Bioabfallvergärungsanlage gebracht wird.

Die kommunalen Grünabfälle werden im Kreis Bergstraße dezentral erfasst und in mehreren

kleineren Anlagen aerob zu Kompost verarbeitet. Diese dezentrale Struktur wird auch nach dem vorliegenden Konzept weitgehend beibehalten. Würde die Bioabfallbehandlungsanlage in Hüttenfeld oder Lampertheim realisiert, würden die bisherigen Standorte in Viernheim und Lampertheim nur noch als Sammelplätze und zur Grünabfallaufbereitung genutzt. Der Standort Lorsch würde in allen Fällen aufgegeben.

Die für die Vergärung vorgesehenen Grünabfallmengen werden mittels Containern an der Anlage in Lampertheim oder Hüttenfeld angeliefert. Die Abholung dieser Biomassen an den Anlagen zur Stoffstromtrennung sollte mindestens 2x wöchentlich erfolgen, um eine zu starke Veratmung und Umsetzung der Biomassen zu verhindern bzw. das Biogaspotenzial zu erhalten.

Die dezentral erzeugten Grünabfallkomposte lassen sich hochwertig verwerten. Es wird ein vollständiger Absatz an private Haushalte oder Gartenbetriebe unterstellt und damit eine Verwertung in Konkurrenz zu Torfprodukten. Für die nachkompostierten Gärrückstände wird eine Vermarktung zu 50 % in die Landwirtschaft angesetzt, zu 50 % analog Grünabfallkompost.

#### Landwirtschaftlich erzeugte Biomasse

Hierfür wird der Anbau von Silomais unterstellt. Für den Einzugsbereich von Lampertheim oder Hüttenfeld wurde ein Potenzial von 7.300 oder 1.500 Jahrestonnen angenommen.

Im Detail zu klären wäre, in welcher Form und durch wen der Antransport erfolgen müsste. Sinnvoll ist wahrscheinlich eine Silierung in Fahrsilos und sukzessive Zuführung zur Biogasanlage.

#### **4.2.4.2 Verwertungstechnik**

##### Ist-Zustand

Im Ist-Zustand werden Bioabfälle kompostiert. Für die Abfallmenge, die in Wieblingen und in Lampertheim kompostiert wird, wird eine geschlossene Kompostierung angesetzt. Dagegen wird für die nach Ostdeutschland verbrachten Bioabfälle (45,4 %) von einer einfachen, offenen Kompostierung ausgegangen. Grünabfälle werden ebenfalls kompostiert. Entsprechend der Anlagenstruktur im Kreis wird eine offene, überdachte Mietenkompostierung zugrunde gelegt. Störstoffanteile werden vereinfacht vernachlässigt. Die Emissionen der Kompostierung sind basierend auf den Emissionsfaktoren in [gewitra 2009] berechnet. Bezüglich der Komposte ist unklar, in welchem Umfang Frisch- und Fertigungskompost erzeugt wird und wo

diese angewendet werden. Hier werden für den Ist-Zustand durchschnittliche bundesdeutsche Daten der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) verwendet<sup>6</sup>.

### Künftige Aufbereitung und Verwertung Grünabfälle

Die Aufbereitung der kommunalen Grünabfälle beinhaltet:

1. Zerkleinern der Grünabfälle über ein langsam laufendes Aggregat
2. Absiebung über ein Sternsieb
3. Biologische Trocknung der holzigen Bestandteile und Nutzung der schwarzen Hack-schnitzel in einem Holz-HKW
4. Vergärung der krautigen Bestandteile (s. u.)
5. Kompostierung der sonstigen Grünabfälle

Die Kompostierung der Grünabfälle wird wie im Ist-Zustand angenommen (offene, überdachte Kompostierung). Abweichend wird wie zuvor erwähnt angenommen, dass zu 100 % Fertigungskompost erzeugt wird, der vollständig im Hobbygartenbau und Garten- und Landschaftsbau eingesetzt wird.

### Transport der Grünabfälle

Standardcontainer im Gespann und Speditionsverkehr

### Vergärung

Für die Vergärung werden folgende drei Fälle unterschieden:

1. Durchschnittliche Vergärung – Biogasnutzung im BHKW mit Oxidationskatalysator
2. Thermisch induzierte Hydrolyse (TIH) und Vergärung; Biogasnutzung im BHKW mit Oxidationskatalysator
3. Thermisch induzierte Hydrolyse (TIH) und Vergärung am Standort Kläranlage → Wärmebedarf Fermenter über Wärmeüberschuss aus Klärgasnutzung gedeckt, Strombedarf aus dem Netz; Nutzung des vollständigen Biogases durch Aufbereitung mit DWW, Einspeisung ins Erdgasnetz und KWK-Nutzung mit umfassender Wärmenutzung andernorts; Vergasung der Gärrückstände

Auch bei der Vergärung werden vereinfacht die Störstoffe vernachlässigt. Die erzeugten Gärreste werden im Fall 1 und 2 entwässert und nachkompostiert, im Fall 3 am Standort der Kläranlage vergast. Für den in den Fällen 1 und 2 kompostierten Gärrest (kGR) wird eine 50 %ige Anwendung in der Landwirtschaft angenommen, für den restlichen Anteil die gleiche

---

<sup>6</sup> Schriftliche Mitteilung des BGK zur Kompostvermarktung 2007

Anwendung wie für Grünabfallkompost. Die Vergasung im Fall 3 erzeugt Energie, die genau ausreicht, um die erforderliche Trocknungsenergie vor der Vergasung bereitzustellen. Insofern ergeben sich durch die Vergasung keine Nutzen, emissionsseitig werden Ammoniakemissionen aus Brüden der Trocknung und NO<sub>x</sub>-Emissionen der Verbrennung des Synthesegases berechnet. Die durchschnittliche Zusammensetzung des Synthesegases wird mit 4 % CH<sub>4</sub>, 13 % CO, 13 % CO<sub>2</sub>, 12 % H<sub>2</sub>, 58 % N<sub>2</sub> angesetzt.

### Vermarktung Biogas / Energie

Die optimale Nutzung des Biogases könnte im Falle des Standortes **Lampertheim** in Einbeziehung der benachbarten Industriebetriebe Ciba (Herstellung von Kunststoff-Additiven), Chemtura (PVC-Additive) oder Riva (Metallverarbeitung) erfolgen. Hier dürfte Wärmebedarf bestehen, so dass eine Verstromung in diesen Industriestandorten über ein BHKW möglich scheint. Dies würde über ein kleines Biogasnetz möglich sein, d.h. der Aufwand zur Biogasaufbereitung könnte entfallen.

Mit EnergieRied ([www.stadtwerke-lampertheim.de/unternehmen/](http://www.stadtwerke-lampertheim.de/unternehmen/); [www.energieried.de](http://www.energieried.de)) besitzt Lampertheim und der Umkreis über einen eigenen Energieversorger, der auch auf ein Gasnetz zurückgreifen kann, das auch die Stadtteile Hofheim, Neuschloss und Hüttenfeld versorgt. Es handelt sich um ein Hochdruck- und Mitteldrucknetz.

Zudem befinden sich im Stadtgebiet zwei BHKW, die über Pflanzenöl betrieben werden ([www.nibelungenenergie.de](http://www.nibelungenenergie.de)). Damit dürften Nahwärmenetze verbunden sein, an die die Bioabfallvergärungsanlage ebenfalls angekoppelt werden könnte, eine entsprechende Erweiterungsmöglichkeit unterstellt.

An den Standorten **Hüttenfeld** und **Scharhof** sieht die Situation etwas anders aus. Deponien und zentrale Kläranlagen werden in aller Regel möglichst siedlungsfern errichtet.

In Hüttenfeld sind in relativer Nähe mit SÜPRO und REFOOD zwei Industriebetriebe, die Wärmebedarf haben dürften und an einer energetischen Versorgung durch die Bioabfallvergärungsanlage interessiert sein könnten.

Für Scharhof wird entsprechend dem Konzept eine Aufbereitung des Biogases zu Erdgasqualität / Einspeisung in das Erdgasnetz / Nutzung andernorts über KWK unterstellt. Angesichts eines energetisch optimalen Ausspeisepunktes kann auch hier eine Verstromung bei optimaler Wärmenutzung unterstellt werden.




### Fazit:

Entsprechend den wahrscheinlichen Abnahmemöglichkeiten in Hüttenfeld und Lampertheim wird bei der Nutzung von Biogas in einem BHKW angenommen, dass ein höherer Anteil der erzeugten Wärme als üblich extern genutzt werden kann. Es wird von einer 80 %igen Nutzung der Überschusswärme ausgegangen.

Bei der Aufbereitung zu Biomethan und Nutzung in einem BHKW wird von einer vollständigen Wärmenutzungsmöglichkeit ausgegangen, wobei 10 % unvermeidbare Wärmeverluste berücksichtigt sind.

#### **4.2.5 Bewertung**

In diesem Schritt wird die mit dem Steckbrief aufgezeigte Lösung unter den nachfolgend genannten Gesichtspunkten im Verhältnis zum Status Quo bewertet.

-  ökonomisch
-  technisch
-  ökologisch

Die Betrachtung und vergleichende Bewertung erfolgt standortunabhängig. Die Standortbewertung ergab eine Vorauswahl unter den gegebenen Alternativen. Alle vergleichsweise besser geeigneten Standorte unterscheiden sich nicht grundsätzlich in ihren Möglichkeiten der energetischen Einbindung, soweit dies mit der gewählten Analysetiefe zu erkennen ist. Sie ermöglichen auch alle technischen Lösungen.



Zusammenfassung der Mengen (ohne Unterscheidung der Randbedingungen an den potenziellen Standorten)

Tabelle 4-26 Überblick Ist Situation und Option

<b>Biomasse</b>	<b>Status Quo</b>	<b>Vergärung</b>	<b>andere Nutzung</b>
Bioabfall aus Haushalten	9.500 t/a Kompostierung Wieblingen 13.000 t/a Kompostierung Lampertheim 18.700 t/a Kompostierung außerhalb	41.200 t/a	
Kommunaler Grünabfall	23.800 t/a Kompostierung	5.950 t/a	11.900 t/a Kompostierung 5.950 t/a Holz-HKW
Silomais	unbekannt	4.500 t/a	
<b>Summe</b>		<b>51.650 t/a</b>	

Kenndaten Vergärung

Tabelle 4-27 Kenndaten Vergärungssubstrate

<b>Abfall</b>	<b>Gasertrag</b> in m <sup>3</sup> /t FS	<b>Methangehalt</b> in Vol %	<b>TS</b> in %FS	<b>oTS</b> in %TS	<b>Quelle</b>
Bioabfall aus Haushalten	123	60	40	50	KTBL 2009
Kommunaler Grünabfall	80	54	40	67,4	DBU 2002, LANUV 2009
Maissilage	203,8	52	33	95,	KTBL 2009
<b>Substratgemisch</b>	<b>125,1</b>	<b>58,6</b>	<b>39,4</b>	<b>55,9</b>	

Tabelle 4-28 Kenndaten durchschnittliche Vergärungsanlage – Biogasnutzung BHKW

Parameter	Einheit	Rechenwert
Gasertrag	m <sup>3</sup> /t FS	125,1
Methangehalt Biogas	Vol %	58,6
BHKW elektr. Leistung	kWel	2 x 1020
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40
Wirkungsgrad thermisch	%	43
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	16
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	15

Der Strombedarf beinhaltet den Strombedarf für die Entwässerung des Gärrestes und dessen Nachrotte. Der Wärmebedarf entspricht dem Wärmebedarf der Fermentierung. Für die erzeugte Wärme wird angenommen, dass 80 % der Überschusswärme extern genutzt werden kann.

Mit vorgeschalteter TIH ergibt sich ein höherer Gasertrag der Substrate. Bei Bioabfall liegt der Gasertrag um rd. 7 % höher, bei kommunalem Grünabfall (geschätzt) und Maisilage etwa um 10 %. Umgekehrt steigt durch die TIH auch der Energieeigenbedarf an. Die insgesamt resultierenden Kenndaten sind nachfolgend aufgeführt.

Tabelle 4-29 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biogasnutzung BHKW

Parameter	Einheit	Rechenwert
Gasertrag	m <sup>3</sup> /t FS	134,8
Methangehalt Biogas	Vol %	58,6
BHKW elektr. Leistung	kWel	2 x 1040
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40
Wirkungsgrad thermisch	%	43
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	17,7
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	37,7

Dieser dritte untersuchte Fall lehnt sich an die Planung auf der Kläranlage Mannheim in Scharhof an. Nach diesen Planungen werden die Gärreste entwässert und anschließend analog zum Vorgehen mit den Faulschlammern thermisch auf TS-Gehalte >90 % getrocknet. Diese getrockneten Gärrückstände werden anschließend ebenfalls analog zum geplanten

Vorgehen für Klärschlämme vergast. Der Wärmebedarf für die Biogasfermenter wird nicht selbst erzeugt, sondern aus der nicht vermarktbareren Überschusswärme der Kläranlage gedeckt. Nach den Planungsdaten für die Klärschlammvergasung kann über das erzeugte Synthesegas (als Schwachgas) in etwa der Energiebedarf für die Trocknung gedeckt werden. Dies wird vereinfacht auch für die Rückstände aus der Bioabfallvergärung angenommen. Schadgasemissionen aus der Verbrennung des Synthesegases sind im Wesentlichen NOx-Emissionen, die zu 200 mg/m<sup>3</sup> Abgas angesetzt wurden.

Als Verfahren zur Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität wurde eine Druckwasserwäsche (DWW) zugrunde gelegt. Es wird das gesamte erzeugte Biogas eingesetzt, da die regenerative Prozesswärme für den Fermenter aus der Überschusswärme der Klärgasnutzung stammt. Der Strombedarf der Biogasanlage, der Aufbereitung und der Trocknung und Vergasung wird aus dem Netz entnommen. Der Strombedarf der Aufbereitung beinhaltet neben der Aufbereitung auch den Strombedarf zur Komprimierung auf 16 bar Einspeisedruck. Nach Hersteller- bzw. Betreiberangaben wird derzeit ein Methanschlupf von < 1 bzw. < 2 % angegeben (UMSICHT 2009). Nach EEG einzuhalten sind 0,5 %, entsprechend ist eine thermische Nachverbrennung der Abluft erforderlich. Durch diese reduziert sich der Restmethangehalt im Abgas auf 0,01 % bezogen auf die zugeführte Methanmenge.

Das in Scharhof erzeugte Biomethan wird nach der durchgeführten Bilanzierung andernorts dem Erdgasnetz entnommen und in BHKWs mit vollständiger Wärmenutzung unter Berücksichtigung unvermeidbarer Verluste in Höhe von 10 % genutzt. Große Aggregate mit einer elektrischen installierten Leistung > 1 MW sind bislang noch selten auf dem Markt erhältlich, insofern wurden zwei 1 MWel BHKW zugrunde gelegt. Bei einem großen 2 MWel BHKW würden sich nach vorliegenden Daten der elektrische Wirkungsgrad um einen Prozentpunkt erhöhen, während der thermische Wirkungsgrad um etwa einen Prozentpunkt niedriger ausfallen würde. Damit wird der Einfluss dieser Annahme auf das Ergebnis als gering erachtet.

Tabelle 4-30 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Aufbereitung zu Biomethan

Parameter	Einheit	Rechenwert
Methangehalt Biomethan	Vol %	96
Strombedarf Aufbereitung DWW	kWh/m <sup>3</sup> Rohgas	0,27
Methanschlupf	% Methaninput	2
Methanemissionen nach thermischer Nachverbrennung	% Methaninput	0,01
Betriebsstunden	h/a	8000
Roh-Biogasdurchsatz	m <sup>3</sup> /h	870
Biomethan	m <sup>3</sup> /h	531

Tabelle 4-31 Kenndaten Vergärungsanlage mit TIH – Biomethan-BHKWs

Parameter	Einheit	Rechenwert
BHKW elektrische Leistung	kWel	2 x 1020
BHKW thermische Leistung	kWth	2 x 1097
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	40
Wirkungsgrad thermisch	%	43

#### Kenndaten weitere Anlagen

Tabelle 4-32 Kenndaten Heizwerk schwarze Hackschnitzel

Parameter	Einheit	Rechenwert
Heizwert Hackschnitzel	kWh/kg	2,6
Wassergehalt Hackschnitzel	%	40
Brennstoffenergie pro Stunde	kWh/h	2.063
Thermische Leistung	kW <sub>th</sub>	2.000
Betriebsstunden	h/a	7.500
Kesselwirkungsgrad	%	90
Stromeigenbedarf (Bezug Primärenergie)	%	0,89

Für die in Steckbrief B aufgezeigte Option der Nutzung von Biomassen aus Mannheim und dem Kreis Bergstraße spielt der mögliche Input landwirtschaftlicher Herkunft nur eine deutlich untergeordnete Rolle. Nicht an allen Standorten stünde nach den durchgeführten Abschätzungen zudem entsprechende Biomasse zur Verfügung. Die Erzeugung der landwirtschaftlichen Biomasse (Bestellung der Fläche, Einsatz von Düngemitteln und PSM, Ernte, Silierung und Lagerung) wurde daher in der ökologischen Bilanz nicht berücksichtigt.

#### **4.2.5.1 Ergebnisse der ökologischen Bewertung**

Die ökologische Bewertung umfasst den Vergleich der folgenden Szenarien:

- 1) B Ist: Ist-Zustand wie in Kapitel 4.2 beschrieben;
- 2) B Pot 01 Potenzial wie in Kapitel 4.2. beschrieben; durchschnittliche Vergärung, Biogasnutzung im BHKW mit Ox-Kat, 80 % Nutzung der Überschusswärme
- 3) B Pot 02 Potenzial wie in Kapitel 4.2. beschrieben; Vergärung nach Demetron-

Verfahren, Biogasnutzung im BHKW mit Ox-Kat, 80 % Nutzung der Überschusswärme

- 4) B Pot 03 Potenzial wie in Kapitel 4.2. beschrieben; Vergärung nach Demetron-Verfahren, Wärmebedarf Überschusswärme aus Klärgasnutzung, Strombedarf Netzstrom, Biogasaufbereitung auf Erdgasqualität und Nutzung in Erdgas-BHKW mit vollständiger Wärmenutzung abzgl. Verluste andernorts; Vergasung des Gärückstandes und Nutzung des Synthesegases zur Deckung des Wärmeeigenbedarfs für die Gärresttrocknung

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse des Szenarienvergleichs für die Wirkungskategorien Treibhauseffekt, kumulierter Energieaufwand (KEA) fossil und Versauerung.

In allen drei Wirkungskategorien zeigt sich eine deutliche Verbesserung durch die Potenzialszenarien gegenüber der Ist-Situation. Während die Ist-Situation in allen drei Wirkungskategorien mit Nettobelastungen verbunden ist, führen die Potenzialszenarien in den Kategorien Treibhauseffekt und kumulierten Energieaufwand (KEA) fossil zu einer Ergebnisumkehr und in der Kategorie Versauerung zu einer deutlichen Verminderung der Nettobelastung.

Für den Treibhauseffekt und den kumulierten Energieaufwand (KEA) fossil macht sich hier die zusätzliche energetische Nutzung durch die vorgeschaltete Vergärung der Bioabfälle sowie die Stoffstromtrennung und Nutzung der Grünabfälle anteilig in Holz-HKW und in der Vergärung bemerkbar. Bezüglich der Versauerung kommt zum Tragen, dass durch die Umstellung auf Vergärung die gesamten Bioabfälle in geschlossenen Anlagen behandelt werden. Die offene Kompostierung ist nach (gewitra 2009) mit deutlich höheren Ammoniakemissionen verbunden. Ähnliches gilt für die Grünabfälle, die etwa zur Hälfte durch die Stoffstromtrennung nicht mehr offen kompostiert werden, sondern in die Vergärung gelangen und zu Holzheizkraftwerk. Die Vergärung und thermische Nutzung im Holzheizkraftwerk sind zwar auch mit Ammoniak- bzw. NO<sub>x</sub>-Emissionen verbunden, halten sich aber in den Potenzialszenarien durch die erzielten Nutzen in etwa die Waage mit den Entlastungen.

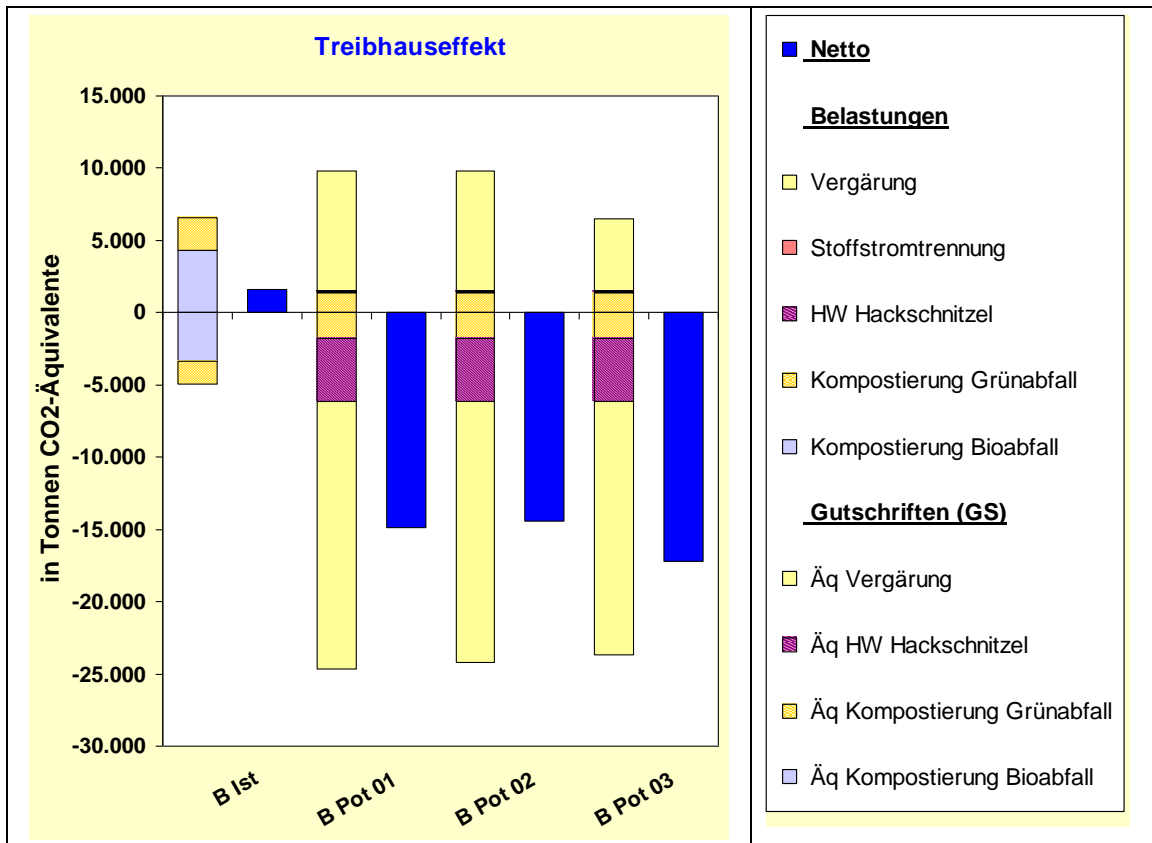


Abb. 4-24 Ergebnisse Treibhauseffekt

Im Vergleich der drei Potenziälszenarien zeigen die beiden Varianten mit Vergärung und Nutzung des Biogases im BHKW keine großen Unterschiede. Das TIH-Verfahren weist gegenüber dem herkömmlichen Verfahren etwas geringere Nettoentlastungen beim KEA fossil und beim Treibhauseffekt auf und etwas höhere Nettobelastungen bei der Versauerung. Hier macht sich bemerkbar, dass für die Variante Nutzung im BHKW angenommen wurde, dass 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, die 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.

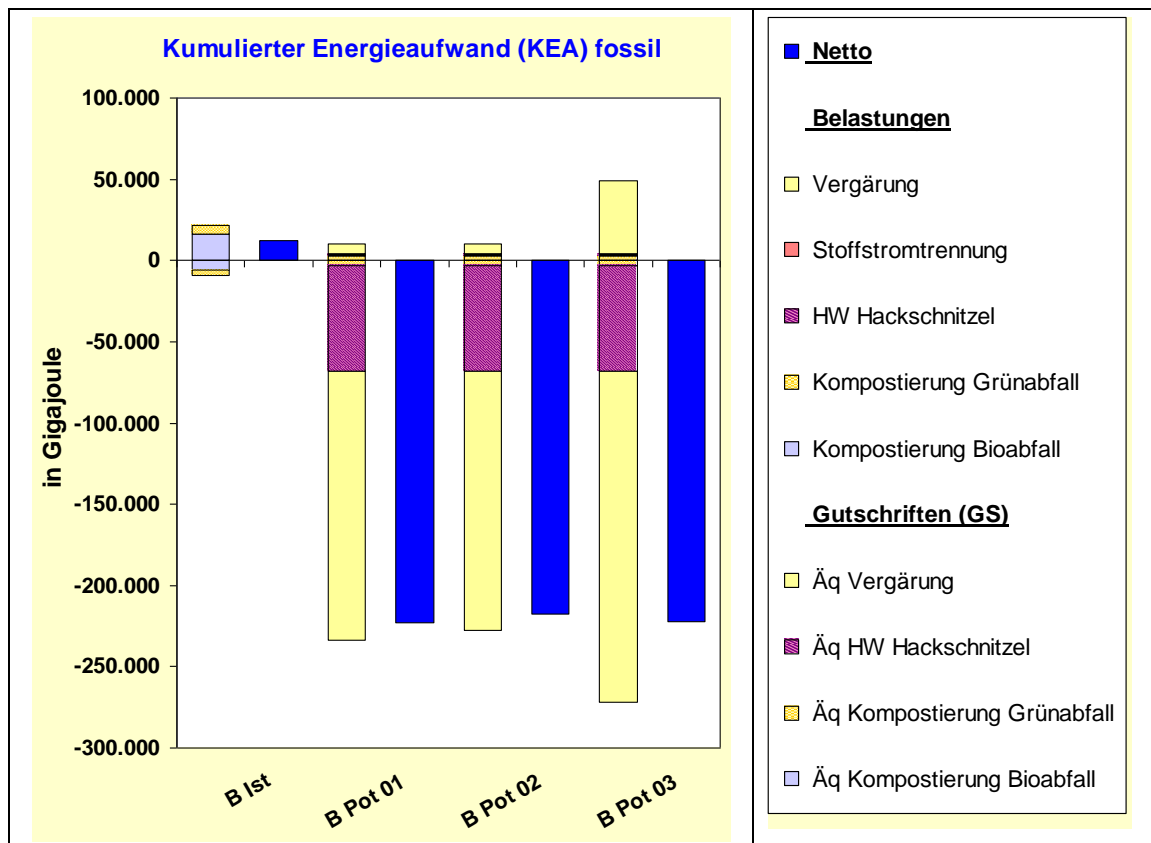


Abb. 4-25 Ergebnisse kumulierter Energiebedarf (KEA) fossil

Der dritte untersuchte Fall („B Pot 03“) stellt sich etwas anders dar. In den Kategorien KEA fossil und Treibhauseffekt ergibt sich hier eine höhere Nettoentlastung, bei der Versauerung eine höhere Nettobelastung. Verschiedene Ursachen sind hierfür verantwortlich. Zunächst ergeben sich beim Treibhauseffekt für den dritten Fall der Vergärung geringere Gutschriften. Obwohl hier eine höhere Energiemenge genutzt werden kann, da die benötigte Prozesswärme aus der Klärgasnutzung ohne Vorlasten zur Verfügung steht, verursacht zum einen die weitere Aufbereitung auf Biomethan Methanverluste (Methanschluß), v. a. aber bedingt die Gärrestvergasung Einbußen in den Gutschriften, da keine Komposterzeugung und -anwendung mehr erfolgt. Dennoch ergibt sich Netto eine höhere Entlastung, dies obwohl der Strombedarf durch Netzstrom gedeckt wird. Hier wiederum macht sich die Gärrestvergasung günstig bemerkbar, da die Methanemissionen der Nachrotte entfallen. Beim KEA fossil zeigt sich die höhere Belastung durch den Netzstrom, die aber durch die höhere nutzbare Energiemenge und daraus resultierende Entlastung aufgewogen wird, so dass sich Netto eine leicht höhere Entlastung ergibt. Bei der Versauerung ergeben sich geringere Gutschriften v. a. durch die entgangenen Nutzen der Kompostanwendung, bei den Belastungen fallen die NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> Emissionen der Trocknung und Vergasung geringer aus als die Emissionen der Nachkompostierung. Netto überwiegen dennoch die Nachteile der entgangenen Nutzen einer Kompostanwendung.

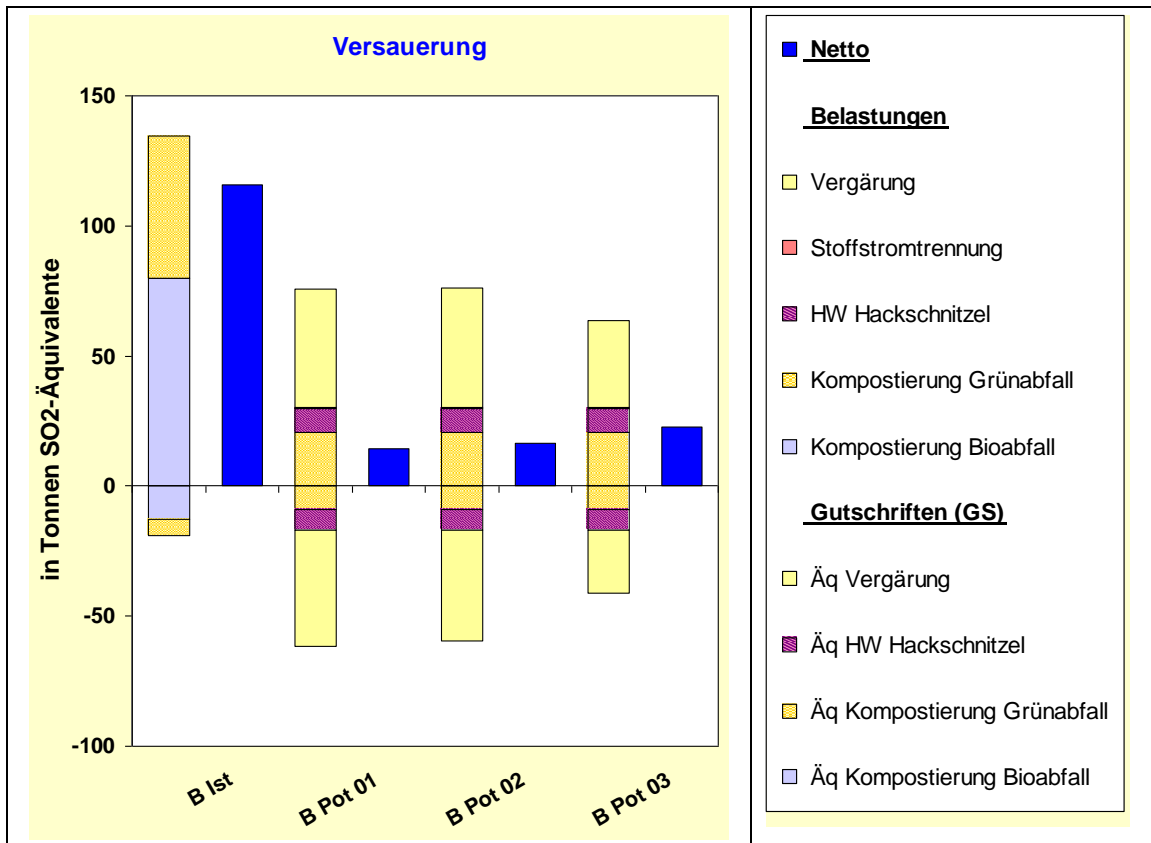


Abb. 4-26 Ergebnisse Versauerung

### Fazit ökologische Bewertung

Die Erschließung der verfügbaren Biomasse und die Einrichtung einer vorgeschalteten Vergärung sind zu empfehlen. Sie kehren bezüglich des Klimaschutzes und der Schonung fossiler Ressourcen die bisherige Belastung in eine Entlastung um. Die Belastung bei der Versauerung wird deutlich reduziert, in den Fällen 1 und 2, da in den Potenzialszenarien Bioabfälle und anteilig auch Grünabfälle in geschlossenen Anlagen behandelt werden, im Fall 3, da Emissionen der Trocknung und Vergasung geringer ausfallen als Emissionen der Kompostierung. Hier ist allerdings anzumerken, dass die Emissionsfaktoren nach [gewitra 2009] für die offene Kompostierung umstritten sind und derzeit durch neue Messungen überprüft werden. Der Minderungseffekt könnte ggf. geringer ausfallen.

Im vorliegenden Vergleich, bei dem angenommen wurde, dass 80 % der aus der Biogasverbrennung in einem BHKW vor Ort gewonnenen Überschusswärme einen Abnehmer finden, weist die thermisch induzierte Hydrolyse keine Vorteile gegenüber einer konventionellen Vergärung auf. Der untersuchte Fall der Aufbereitung zu Biomethan nimmt hier eine Sonderstellung ein, da dem ein Standort bei einer Kläranlage zugrunde gelegt wurde mit der Nutzungsmöglichkeit von Überschusswärme aus der Klärgasnutzung. Damit ergeben sich aus der TIH ausschließlich die Vorteile der höheren Gasausbeute. Die Vergasung der Gärreste bewirkt eine Minderung der klimawirksamen Emissionen aus der Nachkompostierung, um-



gekehrt aber auch den Verlust der stofflichen Nutzung. Beim Treibhauseffekt überwiegen die Vorteile der vermiedenen Emissionen, bei der Versauerung die Nachteile der entgangenen stofflichen Nutzung. Generell ist hier anzumerken, dass eine Minderung der Methanemissionen aus der Nachkompostierung der Gärreste in jedem Fall dringend zu empfehlen ist, dies kann jedoch auch auf eine andere Art erreicht werden, ohne dass der Kompostnutzen dadurch verloren gehen muss.

Mit den hier für eine ökologische Bewertung angesetzten Umweltwirkungskategorien lassen sich die Auswirkungen einer Kompostanwendung auf Böden nicht beschreiben. Positiv schlagen hier neben den Pflanzennährstoffen vor allem die Nutzen zu buche, die sich aus der Zufuhr von organischer Masse ergeben. So besteht gerade bei Sonderkulturen oft ein Netto-Bedarf zur Sicherstellung der Humusreproduktion im Boden und aller damit verbundenen positiven Effekte. Wie bei allen auf Böden ausgebrachten Produkten ist die Verwendung von Kompost mit Schadstoffeinträgen verbunden. Die Qualität der Getrennterfassung von Bioabfällen aus Haushalten wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht thematisiert.

#### **4.2.5.2 Ökonomische Bewertung**

Im folgenden Textteil werden nun die Ergebnisse der ökonomischen Betrachtung über fiktive Anlagen – Jahr der Inbetriebnahme: 2011 – dargestellt. Die größten Kostenblöcke – Investition, Substrate & Gärreste, Personal sowie Wartung und Instandhaltung – werden textlich beschrieben, während eine darauf folgende Kosten- und Erlösübersicht genaue Informationen über alle Ein- und Auszahlungen der fiktiven Anlagen bietet. Innerhalb der Erlöse ist die EEG-Vergütung inkl. Boni stets in Abhängigkeit der Anlagenleistung und Input-Substrate berücksichtigt, während davon ausgegangen wird, dass der veräußerbare Anteil der Überschußwärme zu 4 €-Cent/kWh mit einer Preissteigerung von 3 % p. a. abgesetzt werden kann.

Alle betrachteten Biogasanlagenvarianten wurden als Trockenfermentationsanlagen mit einer Faulraumbelastung von 8 kg oTS/m<sup>3</sup>/d und einer Gärrestlagerkapazität von 20 Wochen berechnet. Durch die TM-Gehalte der Substrate ergibt sich ein durchschnittlicher TM-Gehalt von rund 39,5 %. Hier wurde angenommen, dass sich zusammen mit der benötigten Menge an Prozesswasser ein TM-Gehalt von 35 % einstellt. Außerdem wurde ein Prozesswasser-Verweilwert von 5 % pro Verweilzyklus unterstellt, wobei ein Verweilzyklus zwischen 14 und 18 Tagen beträgt.

Alle Ergebnisse sind tabellarisch dargestellt wobei Kosten. Exakte Rechenwerte sind ausschließlich den Tabellen zu entnehmen.

## Betrachtung einer durchschnittlichen Vergärungsanlage

Im Szenario wird davon ausgegangen, dass rund 11,14 GWh/a (80 % der Überschusswärme) abgesetzt werden können. Beim Strom ergibt sich eine energetische Einspeise-Menge von rund 12,80 GWh/a.

### Investitionskosten

Es wird davon ausgegangen, dass beim bestehenden Substratgemisch und Substratverhältnis der Finanzierungsbedarf für eine Biogasanlage (inkl. Oxi-Kat) im Bereich von 2 MW bei ca. 4,4 Mio. €/MW liegt. Für die Investition in die vorliegende Anlage (Bedarf: ca. 1,9 MW<sub>el</sub>) werden insgesamt rund 8,4 Mio. € angesetzt. Davon entfallen ca. 6,1 Mio. € auf die Anfangsinvestition und ca. 2,3 Mio. € auf die Ersatzinvestition nach 10 Jahren. Bei einem Effektivzinssatz von 4,5 % p. a. würde sich bei hundertprozentiger Fremdfinanzierung über 20 Jahre der folgende (nachsüssige) Tilgungsplan ergeben.

Tabelle 4-33 Tilgungsplan (nachsüssig) für eine konventionelle Vergärungsanlage

Darlehenszinssatz p. a.	Laufzeit
4,5%	20 Jahre

Investitionssumme	Anfang der Periode	Darlehensrückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrückzahlung (Rate)	Restschuld
6.062.343 €	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	6.062.342,95 €
	2	193.244,12 €	272.805,43 €	466.049,55 €	5.869.098,83 €
	3	201.940,10 €	264.109,45 €	466.049,55 €	5.667.158,72 €
	4	211.027,41 €	255.022,14 €	466.049,55 €	5.456.131,32 €
	5	220.523,64 €	245.525,91 €	466.049,55 €	5.235.607,67 €
	6	230.447,21 €	235.602,35 €	466.049,55 €	5.005.160,47 €
	7	240.817,33 €	225.232,22 €	466.049,55 €	4.764.343,14 €
	8	251.654,11 €	214.395,44 €	466.049,55 €	4.512.689,03 €
	9	262.978,55 €	203.071,01 €	466.049,55 €	4.249.710,48 €
	10	274.812,58 €	191.236,97 €	466.049,55 €	3.974.897,90 €
2.323.020 €	11	287.179,15 €	178.870,41 €	466.049,55 €	6.010.738,27 €
	12	489.146,80 €	270.483,22 €	759.630,02 €	5.521.591,47 €
	13	511.158,40 €	248.471,62 €	759.630,02 €	5.010.433,07 €
	14	534.160,53 €	225.469,49 €	759.630,02 €	4.476.272,54 €
	15	558.197,76 €	201.432,26 €	759.630,02 €	3.918.074,78 €
	16	583.316,66 €	176.313,37 €	759.630,02 €	3.334.758,12 €
	17	609.565,90 €	150.064,12 €	759.630,02 €	2.725.192,22 €
	18	636.996,37 €	122.633,65 €	759.630,02 €	2.088.195,85 €
	19	665.661,21 €	93.968,81 €	759.630,02 €	1.422.534,64 €
	20	695.615,96 €	64.014,06 €	759.630,02 €	726.918,68 €
	21	726.918,68 €	32.711,34 €	759.630,02 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>8.385.362,46 €</b>	<b>3.871.433,26 €</b>	<b>12.256.795,72 €</b>	

Die durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten liegen in diesem Fall bei rund 615.000 €/a. Dies entspricht rund 7,3 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

### Substrat- und Gärrestkosten

Die Substratkosten entsprechen in diesem Fall den Sammel- und Transportkosten für 41.200 t/a Bioabfälle, sowie den Aufbereitungs- und Transportkosten für 5.950 t/a Grünschnitt und dem Preis für 4.500 t Silomais. Für den Silomais wird ein Preis inkl. Anlieferung von 35 €/t angesetzt. Die Kosten für Bio- und Grünschnittabfälle werden vorerst offen gelassen und letztlich in einem Deckungsbeitrag vor Bio- und Grünabfallkosten berücksichtigt. Je nach Landkreis und Entsorger liegen die Bio- und Grünabfallgebühren üblicherweise zwischen 30 und 200 €/t (siehe Anhang I).

Die entsprechende Gebührenlast würde demnach auch weiterhin auf private und gewerbliche Abfallproduzenten zukommen.

Für Maissilage müssen bei einer Preissteigerung von 1,5 % p. a. über 20 Jahre im Mittel rund 184.000 €/a veranschlagt werden. Dies entspricht ca. 2,2 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Für die Gärreste wird ein Unkostenbeitrag von 3 €/t Gärreste bei einer Preissteigerung von 2 % p. a. berücksichtigt. Im 20-Jahresmittel ergeben sich Kosten von rund 159.000 €/a. Dies entspricht ca. 1,9 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

### Personalkosten

Die Personalkosten lassen sich am besten anhand der Anlagengröße abschätzen.

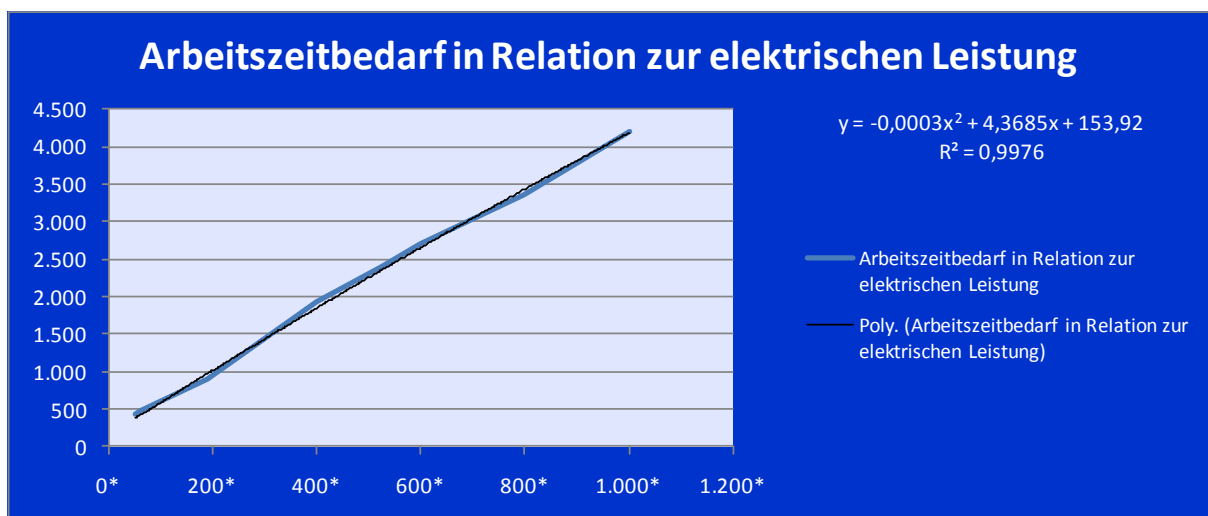


Abb. 4-27 Personalkosten von Biogasanlagen in Abhängigkeit von der Biogaserzeugung

Im vorliegenden Fall entsteht beim Vergleich von sechs spezifischen Werten für Personal-

kosten von verschiedenen großen Anlagen ein polynomischer Graph mit der Gleichung:  $y = -0,003 x^2 + 4,3685 x + 153,92$ ; wobei „y“ für den Arbeitszeitbedarf in h/a und „x“ für die Anlagenleistung in kW steht. y lässt sich damit bei Kenntnis von x errechnen und umgekehrt. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) der Referenzvariablen liegt bei 0,9976 und lässt eine starke lineare Abhängigkeit erkennen.

Der Personalzeitbedarf entwickelt sich in der genannten Gleichung von ca. 8,4 h/kW – entspricht einer Anlage mit etwa 50 kW<sub>el</sub> – bis 4,2 h/kW – entspricht einer Anlage ab etwa 800 kW<sub>el</sub>.

Für die relevante Anlagenleistung ergibt sich damit ein Arbeitszeitbedarf von rund 8.470 h/a. Das Verhältnis von Arbeitszeitbedarf der Betriebsführung zum Gesamtarbeitszeitbedarf wird mit 85 % angenommen. Die restlichen 15 % entfallen auf den Arbeitszeitbedarf der Geschäftsführung.

Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 244.000 €/a oder ca. 2,9 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

#### Wartungs- und Instandhaltungskosten

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung der Biogasanlage können mit etwa 0,012 €/kWh im ersten Jahr angesetzt werden. Durch die erzeugbare elektrische Energie i. H. v. 15,24 GWh ergeben sich über 20 Jahre bei einer Kostensteigerungsrate von 3 % p. a. durchschnittliche Kosten i. H. v. rund 246.000 €/a. Dies entspricht etwa 2,9 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die gesamte Kosten- und Erlössituation ist der folgenden Übersichtstabelle zu entnehmen.

Tabelle 4-34 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung konventioneller Vergärungstechnik

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	6.062.343 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	6.062.343 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	6.062.343 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	158.838 €	161.221 €	163.639 €	166.094 €	168.585 €	171.114 €	173.681 €	176.286 €	178.930 €	181.614 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	674 €	684 €	694 €	704 €	715 €	726 €	737 €	748 €	759 €	770 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	130.773 €	133.389 €	136.057 €	138.778 €	141.553 €	144.384 €	147.272 €	150.217 €	153.222 €	156.286 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	182.815 €	188.299 €	193.948 €	199.767 €	205.760 €	211.932 €	218.290 €	224.839 €	231.584 €	238.532 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	147.000 €	150.675 €	154.442 €	158.303 €	162.260 €	166.317 €	170.475 €	174.737 €	179.105 €	183.583 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	44.100 €	45.203 €	46.333 €	47.491 €	48.678 €	49.895 €	51.142 €	52.421 €	53.732 €	55.075 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	17.500 €	17.850 €	18.207 €	18.571 €	18.943 €	19.321 €	19.708 €	20.102 €	20.504 €	20.914 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	72.748 €	74.203 €	75.687 €	77.201 €	78.745 €	80.320 €	81.926 €	83.565 €	85.236 €	86.941 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	4.595 €	4.733 €	4.875 €	5.021 €	5.172 €	5.327 €	5.487 €	5.651 €	5.821 €	5.996 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	9.190 €	9.282 €	9.375 €	9.469 €	9.563 €	9.659 €	9.756 €	9.853 €	9.952 €	10.051 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>768.233 €</b>	<b>785.538 €</b>	<b>803.256 €</b>	<b>821.398 €</b>	<b>839.974 €</b>	<b>858.995 €</b>	<b>878.473 €</b>	<b>898.419 €</b>	<b>918.844 €</b>	<b>939.761 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	445.459 €	458.822 €	472.587 €	486.765 €	501.368 €	516.409 €	531.901 €	547.858 €	564.294 €	581.222 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>1.838.044 €</b>	<b>1.851.408 €</b>	<b>1.865.172 €</b>	<b>1.879.350 €</b>	<b>1.893.953 €</b>	<b>1.908.994 €</b>	<b>1.924.486 €</b>	<b>1.940.443 €</b>	<b>1.956.879 €</b>	<b>1.973.808 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	2.323.020 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	8.385.362 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	2.566.059 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	8.628.402 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	1.819.127 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	7.881.470 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	184.338 €	187.103 €	189.910 €	192.758 €	195.650 €	198.585 €	201.563 €	204.587 €	207.656 €	210.770 €	3.672.921 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	782 €	793 €	805 €	817 €	830 €	842 €	855 €	868 €	881 €	894 €	15.576 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	159.412 €	162.600 €	165.852 €	169.169 €	172.553 €	176.004 €	179.524 €	183.114 €	186.776 €	190.512 €	3.177.448 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	245.688 €	253.058 €	260.650 €	268.470 €	276.524 €	284.819 €	293.364 €	302.165 €	311.230 €	320.567 €	4.912.300 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	188.172 €	192.877 €	197.699 €	202.641 €	207.707 €	212.900 €	218.222 €	223.678 €	229.270 €	235.002 €	3.755.065 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	56.452 €	57.863 €	59.310 €	60.792 €	62.312 €	63.870 €	65.467 €	67.103 €	68.781 €	70.500 €	1.126.519 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	21.332 €	21.759 €	22.194 €	22.638 €	23.091 €	23.553 €	24.024 €	24.504 €	24.994 €	25.494 €	425.204 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	88.680 €	90.453 €	92.262 €	94.107 €	95.990 €	97.909 €	99.868 €	101.865 €	103.902 €	105.980 €	1.767.588 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	6.175 €	6.361 €	6.552 €	6.748 €	6.951 €	7.159 €	7.374 €	7.595 €	7.823 €	8.058 €	123.472 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	10.152 €	10.253 €	10.356 €	10.459 €	10.564 €	10.670 €	10.776 €	10.884 €	10.993 €	11.103 €	202.360 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>961.183 €</b>	<b>983.121 €</b>	<b>1.005.589 €</b>	<b>1.028.601 €</b>	<b>1.052.170 €</b>	<b>1.076.310 €</b>	<b>1.101.036 €</b>	<b>1.126.363 €</b>	<b>1.152.306 €</b>	<b>1.178.880 €</b>	<b>19.178.452 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	1.088.016 €	21.760.324 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	304.569 €	6.091.386 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	598.659 €	616.619 €	635.117 €	654.171 €	673.796 €	694.010 €	714.830 €	736.275 €	758.363 €	781.114 €	11.969.638 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>1.991.245 €</b>	<b>2.009.204 €</b>	<b>2.027.703 €</b>	<b>2.046.756 €</b>	<b>2.066.382 €</b>	<b>2.086.595 €</b>	<b>2.107.416 €</b>	<b>2.128.861 €</b>	<b>2.150.949 €</b>	<b>2.173.700 €</b>	<b>39.821.348 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Werden alle Ein- und Auszahlungen kumuliert und diskontiert und der Kapitalwert „0“ gesetzt, so ergibt sich eine angemessene rentable Kapitalverzinsung von rund 12 % p.a. Hinzu kommt jedoch, dass für Abfallmengen noch keine Sammlungs-, Transport- und Aufbereitungskosten berücksichtigt wurden. D. h., dass das bestehende System nicht finanziell entlastet werden könnte und Gebühren in bislang bekannter Höhe anfallen würden.

Wird die Kapitalverzinsung zugunsten eines Deckungsbeitrags für kommunale Grünabfälle und Bioabfälle „0“ gesetzt“, so könnte ein Deckungsbeitrag von maximal 11,70 €/t generiert werden. In Anbetracht der genannten Bio- und Grünabfallgebühren wäre dies nur ein mäßiger Entlastungsbetrag.

Wird der Median der in Anhang I gelisteten Biomüllgebühren für 120 l Abfall (Vollservice – falls die Auswahl besteht) als Referenzkostenwert genutzt, so ergeben sich Kosten von rund 48 €/t (Mittelwert aus 45,68 und 50,16). Mit dem erzielten Deckungsbeitrag wäre somit eine Reduzierung der Bioabfallgebühren um rund 24 % möglich.

Könnte der veräußerbare Anteil der Überschusswärme von 80 auf 90 % – bzw. 100 % abzgl. 10 % unvermeidbare Wärmeverluste – gesteigert werden, so könnte der Deckungsbeitrag auf rund 13,80 €/t Bio- und Grünabfall anwachsen. Bestenfalls könnte somit eine Gebührenreduktion bzw. eine Abdeckung der Kosten für die Sammlung, den Transport und die Aufbereitung von Bio- und Grünabfällen von 29 % erreicht werden.

### **Betrachtung der Vergärungsanlage mit TIH**

Durch den Einsatz der thermisch induzierten Hydrolyse erhöht sich die Gesamtanlagenleistung einer durchschnittlichen Vergärungsanlage aufgrund der gesteigerten Gasausbeute um rund 7,3 %. Im vorliegenden Fall bedeutet dies eine Steigerung um rund 1.130 MWh<sub>el</sub>/a und 1.210 MWh<sub>th</sub>/a, jedoch erhöht sich auch der Eigenbedarf an Strom (17,7 statt 16 %) und Wärme (37,7 statt 15 %). Im Grundszenario wird davon ausgegangen, dass rund 8,77 GWh/a (80 % der Überschusswärme) abgesetzt werden können. Beim Strom ergibt sich eine energetische Einspeise-Menge von rund 13,47 GWh/a.

### Investitionskosten

Es wird davon ausgegangen, dass beim bestehenden Substratgemisch und Substratverhältnis der Finanzierungsbedarf für eine Biogasanlage (inkl. Oxi-Kat) im Bereich von 2 MW bei rund 4,5 Mio. €/MW liegt. Für die Investition in die vorliegende Anlage (Bedarf: ca. 2,05 MW<sub>el</sub>) werden insgesamt rund 9,2 Mio. € angesetzt. Davon entfallen ca. 6,6 Mio. € auf die Anfangsinvestition und ca. 2,6 Mio. € auf die Ersatzinvestition nach 10 Jahren. Bei einem Effektivzinssatz von 4,5 % p. a. würde sich bei hundertprozentiger Fremdfinanzierung über

20 Jahre der folgende (nachsüssige) Tilgungsplan ergeben.

Tabelle 4-35 Tilgungsplan (nachsüssig) für eine Vergärungsanlage mit TIH

Darlehenszinssatz p. a.	Laufzeit
4,5%	20 Jahre

Investitions- summe	Anfang der Periode	Darlehens- rückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrück- zahlung (Rate)	Restschuld
6.560.995 €	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	6.560.994,75 €
	2	209.139,22 €	295.244,76 €	504.383,98 €	6.351.855,53 €
	3	218.550,48 €	285.833,50 €	504.383,98 €	6.133.305,05 €
	4	228.385,25 €	275.998,73 €	504.383,98 €	5.904.919,80 €
	5	238.662,59 €	265.721,39 €	504.383,98 €	5.666.257,21 €
	6	249.402,40 €	254.981,57 €	504.383,98 €	5.416.854,81 €
	7	260.625,51 €	243.758,47 €	504.383,98 €	5.156.229,30 €
	8	272.353,66 €	232.030,32 €	504.383,98 €	4.883.875,63 €
	9	284.609,58 €	219.774,40 €	504.383,98 €	4.599.266,06 €
	10	297.417,01 €	206.966,97 €	504.383,98 €	4.301.849,05 €
2.619.746 €	11	310.800,77 €	193.583,21 €	504.383,98 €	6.610.794,65 €
	12	537.978,68 €	297.485,76 €	835.464,44 €	6.072.815,97 €
	13	562.187,72 €	273.276,72 €	835.464,44 €	5.510.628,25 €
	14	587.486,17 €	247.978,27 €	835.464,44 €	4.923.142,08 €
	15	613.923,04 €	221.541,39 €	835.464,44 €	4.309.219,04 €
	16	641.549,58 €	193.914,86 €	835.464,44 €	3.667.669,46 €
	17	670.419,31 €	165.045,13 €	835.464,44 €	2.997.250,14 €
	18	700.588,18 €	134.876,26 €	835.464,44 €	2.296.661,96 €
	19	732.114,65 €	103.349,79 €	835.464,44 €	1.564.547,31 €
	20	765.059,81 €	70.404,63 €	835.464,44 €	799.487,50 €
	21	799.487,50 €	35.976,94 €	835.464,44 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>9.180.741,12 €</b>	<b>4.217.743,06 €</b>	<b>13.398.484,18 €</b>	

Die durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten liegen in diesem Fall bei rund 670.000 €/a. Dies entspricht rund 7,3 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

#### Substrat- und Gärrestkosten

Die absoluten Substrat- und Gärrestkosten bleiben im Vergleich zur konventionellen Vergärung unverändert. Für Maissilage müssen bei einer Preissteigerung von 1,5 % p. a. über 20 Jahre im Mittel rund 184.000 €/a veranschlagt werden. Dies entspricht ca. 1,5 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Für Gärreste wird ein Unkostenbeitrag von 3 €/t Gärreste bei einer Preissteigerung von 2 % p. a. berücksichtigt. Im 20-Jahresmittel ergeben sich Kosten von rund 157.000 €/a. Dies sind aufgrund leicht erhöhter Masseausgasungen aus dem Substrat etwas geringere Kosten als bei der konventionellen Vergärung und entsprechen ca. 1,7 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

### Personalkosten

Der Arbeitszeitbedarf steigt fast linear zur elektrischen Leistungssteigerung auf ca. 9.090 h/a. Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 259.000 €/a oder ca. 2,8 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

### Wartungs- und Instandhaltungskosten

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung der Biogasanlage steigen in Relation zur elektrischen Erzeugung. Mit TIH werden anstatt der 15,24 GWh der konventionellen Anlage nun 16,36 GWh/a erzeugt, wodurch bei einer Laufzeit von 20 Jahren eine Kostensteigerung um ca. 7,3 % auf durchschnittlich rund 264.000 €/a stattfindet.

Der Kostenblock beträgt damit durchschnittlich rund 2,8 % des Finanzierungsbedarfs.

Die gesamte Kosten- und Erlössituation ist der folgenden Übersichtstabelle zu entnehmen.



Tabelle 4-36 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung der thermisch induzierten Hydrolyse

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	6.560.995 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	6.560.995 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	6.560.995 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	158.839 €	161.222 €	163.640 €	166.095 €	168.586 €	171.115 €	173.682 €	176.287 €	178.931 €	181.615 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	674 €	684 €	694 €	704 €	715 €	726 €	737 €	748 €	759 €	770 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	128.965 €	131.545 €	134.176 €	136.859 €	139.596 €	142.388 €	145.236 €	148.141 €	151.104 €	154.126 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	196.349 €	202.239 €	208.306 €	214.556 €	220.992 €	227.622 €	234.451 €	241.484 €	248.729 €	256.191 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	158.760 €	162.729 €	166.797 €	170.967 €	175.241 €	179.622 €	184.113 €	188.716 €	193.434 €	198.269 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	44.100 €	45.203 €	46.333 €	47.491 €	48.678 €	49.895 €	51.142 €	52.421 €	53.732 €	55.075 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	17.500 €	17.850 €	18.207 €	18.571 €	18.943 €	19.321 €	19.708 €	20.102 €	20.504 €	20.914 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	78.732 €	80.307 €	81.913 €	83.551 €	85.222 €	86.926 €	88.665 €	90.438 €	92.247 €	94.092 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	4.329 €	4.459 €	4.592 €	4.730 €	4.872 €	5.018 €	5.169 €	5.324 €	5.483 €	5.648 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	8.657 €	8.744 €	8.831 €	8.920 €	9.009 €	9.099 €	9.190 €	9.282 €	9.375 €	9.468 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>796.905 €</b>	<b>814.980 €</b>	<b>833.489 €</b>	<b>852.444 €</b>	<b>871.854 €</b>	<b>891.733 €</b>	<b>912.092 €</b>	<b>932.942 €</b>	<b>954.297 €</b>	<b>976.168 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	350.666 €	361.186 €	372.021 €	383.182 €	394.678 €	406.518 €	418.713 €	431.275 €	444.213 €	457.539 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>1.731.466 €</b>	<b>1.741.986 €</b>	<b>1.752.822 €</b>	<b>1.763.982 €</b>	<b>1.775.478 €</b>	<b>1.787.318 €</b>	<b>1.799.514 €</b>	<b>1.812.075 €</b>	<b>1.825.013 €</b>	<b>1.838.340 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	2.619.746 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	9.180.741 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	2.893.830 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	9.454.825 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	2.051.490 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	8.612.485 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	184.339 €	187.104 €	189.911 €	192.760 €	195.651 €	198.586 €	201.565 €	204.588 €	207.657 €	210.772 €	3.672.943 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	782 €	793 €	805 €	817 €	830 €	842 €	855 €	868 €	881 €	894 €	15.576 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	157.208 €	160.352 €	163.559 €	166.831 €	170.167 €	173.571 €	177.042 €	180.583 €	184.194 €	187.878 €	3.133.522 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	263.876 €	271.793 €	279.946 €	288.345 €	296.995 €	305.905 €	315.082 €	324.535 €	334.271 €	344.299 €	5.275.966 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	203.226 €	208.307 €	213.515 €	218.852 €	224.324 €	229.932 €	235.680 €	241.572 €	247.611 €	253.802 €	4.055.470 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	56.452 €	57.863 €	59.310 €	60.792 €	62.312 €	63.870 €	65.467 €	67.103 €	68.781 €	70.500 €	1.126.519 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	21.332 €	21.759 €	22.194 €	22.638 €	23.091 €	23.553 €	24.024 €	24.504 €	24.994 €	25.494 €	425.204 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	95.974 €	97.893 €	99.851 €	101.848 €	103.885 €	105.963 €	108.082 €	110.244 €	112.444 €	114.698 €	1.912.979 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	5.817 €	5.992 €	6.172 €	6.357 €	6.547 €	6.744 €	6.946 €	7.155 €	7.369 €	7.590 €	116.313 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	9.563 €	9.659 €	9.755 €	9.853 €	9.951 €	10.051 €	10.151 €	10.253 €	10.355 €	10.459 €	190.626 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>998.570 €</b>	<b>1.021.516 €</b>	<b>1.045.019 €</b>	<b>1.069.093 €</b>	<b>1.093.754 €</b>	<b>1.119.016 €</b>	<b>1.144.894 €</b>	<b>1.171.404 €</b>	<b>1.198.563 €</b>	<b>1.226.386 €</b>	<b>19.925.117 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	1.141.043 €	22.820.856 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	239.758 €	4.795.152 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	471.266 €	485.404 €	499.966 €	514.965 €	530.414 €	546.326 €	562.716 €	579.597 €	596.985 €	614.895 €	9.422.523 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>1.852.066 €</b>	<b>1.866.204 €</b>	<b>1.880.766 €</b>	<b>1.895.765 €</b>	<b>1.911.214 €</b>	<b>1.927.126 €</b>	<b>1.943.516 €</b>	<b>1.960.398 €</b>	<b>1.977.786 €</b>	<b>1.995.695 €</b>	<b>37.038.531 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Werden alle Ein- und Auszahlungen kumuliert und diskontiert und der Kapitalwert „0“ gesetzt, so ergibt sich eine einigermaßen rentable Kapitalverzinsung von 8,00 % p.a. Für Abfallmengen wurden noch keine Sammlungs- und Aufbereitungskosten berücksichtigt. D. h., dass das bestehende System nicht finanziell entlastet werden könnte und Gebühren in bislang bekannter Höhe anfallen würden.

Wird die Kapitalverzinsung zugunsten eines Deckungsbeitrags für kommunale Grünabfälle und Bioabfälle „0“ gesetzt, so könnte ein Deckungsbeitrag von maximal 7,80 €/t generiert werden. In Anbetracht der genannten Bioabfallgebühren wäre dies nur ein relativ geringer Entlastungsbetrag, welcher die thermisch induzierte Hydrolyse wirtschaftlich schlechter stellt als die konventionelle Vergärung.

Wird der Median der in Anhang I gelisteten Biomüllgebühren für 120 l Abfall (Vollservice – falls die Auswahl besteht) als Referenzkostenwert genutzt, so ergeben sich Kosten von rund 48 €/t (Mittelwert aus 45,68 und 50,16). Mit dem erzielten Deckungsbeitrag wäre somit eine Reduzierung der Bioabfallgebühren um rund 16 % möglich.

### **Betrachtung einer Vergärungsanlage mit TIH sowie Gasaufbereitung und Gaseinspeisung**

Da für diese Variante kein BHKW am Standort der Anlage vorgesehen ist, muss der Strombedarf der TIH-Vergärungsanlage und der Gasaufbereitung und Einspeisung zugekauft werden. Hierfür wird ein Anfangspreis von 12 €-Cent/kWh mit 6 % p. a. Kostensteigerung angenommen. Der Wärmebedarf wird nicht berücksichtigt, da er durch die nicht vermarktbare Abwärme des am Standort vorhandenen Klärwerks gedeckt werden kann.

#### Investitionskosten

Die Investitionskosten für die Vergärungsanlage sind mit rund 9,2 Mio. € identisch mit den Kosten in der vorausgehenden Betrachtung.

Im vorliegenden Fall wird jedoch angenommen, dass Biogas am Produktionsort aufbereitet und eingespeist und an anderer Stelle wieder entnommen und dann erst in einem BHKW verwertet wird. Für die Gasaufbereitung und Gaseinspeisung entstehen indessen erhebliche Mehrkosten (Entschwefelung, Gaswäsche, etc.). Für eine Anlage mit einer Rohbiogasentstehung von 800 bis 1000 Nm<sup>3</sup>/h (ca. 2 MW-Anlage) müssen rund 2,5 Mio. € an zusätzlichen Investitionskosten, wovon ca. 550.000 gefördert werden, angesetzt werden.<sup>7</sup> Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Ersatzinvestition nach 10 Jahren bei etwa 50 % der Anfangsinvestition liegt.

---

<sup>7</sup> Angebot der Fa. MT Biomethan

Damit ergibt sich eine Gesamtinvestition i. H. v. rund 12,1 Mio. €. Davon entfallen ca. 8,5 Mio. € auf die Anfangsinvestition und etwa 3,6 Mio. € auf die Ersatzinvestition.

Für die Investition würde sich ein Zinstilgungsplan bei einem Effektivzinssatz von 4,5 % p. a. über 20 Jahre wie folgt ergeben.

Tabelle 4-37 Zinstilgungsplan für eine Vergärungsanlage mit TIH und Gasaufbereitung und Einspeisung

Darlehens- zinssatz p. a.		Laufzeit			
4,5%		20 Jahre			
Investitions- summe	Anfang der Periode	Darlehens- rückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrück- zahlung (Rate)	Restschuld
8.510.995 €	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	8.510.994,75 €
	2	271.297,70 €	382.994,76 €	654.292,46 €	8.239.697,05 €
	3	283.506,09 €	370.786,37 €	654.292,46 €	7.956.190,96 €
	4	296.263,87 €	358.028,59 €	654.292,46 €	7.659.927,09 €
	5	309.595,74 €	344.696,72 €	654.292,46 €	7.350.331,35 €
	6	323.527,55 €	330.764,91 €	654.292,46 €	7.026.803,80 €
	7	338.086,29 €	316.206,17 €	654.292,46 €	6.688.717,51 €
	8	353.300,17 €	300.992,29 €	654.292,46 €	6.335.417,34 €
	9	369.198,68 €	285.093,78 €	654.292,46 €	5.966.218,66 €
	10	385.812,62 €	268.479,84 €	654.292,46 €	5.580.406,04 €
3.594.746 €	11	403.174,19 €	251.118,27 €	654.292,46 €	8.771.978,21 €
	12	713.853,25 €	394.739,02 €	1.108.592,27 €	8.058.124,96 €
	13	745.976,65 €	362.615,62 €	1.108.592,27 €	7.312.148,31 €
	14	779.545,60 €	329.046,67 €	1.108.592,27 €	6.532.602,72 €
	15	814.625,15 €	293.967,12 €	1.108.592,27 €	5.717.977,57 €
	16	851.283,28 €	257.308,99 €	1.108.592,27 €	4.866.694,29 €
	17	889.591,03 €	219.001,24 €	1.108.592,27 €	3.977.103,26 €
	18	929.622,62 €	178.969,65 €	1.108.592,27 €	3.047.480,64 €
	19	971.455,64 €	137.136,63 €	1.108.592,27 €	2.076.024,99 €
	20	1.015.171,15 €	93.421,12 €	1.108.592,27 €	1.060.853,85 €
	21	1.060.853,85 €	47.738,42 €	1.108.592,27 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>12.105.741,12 €</b>	<b>5.523.106,20 €</b>	<b>17.628.847,32 €</b>	

Die durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten liegen in diesem Fall bei rund 880.000 €/a. Die relativen Kosten liegen wegen des gleichen Zinssatzes und der identischen Laufzeit genauso hoch wie für die konventionelle Vergärungsanlage. Es handelt sich ebenfalls um ca. 7,3 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

#### Substrat- und Gärrestkosten

Die Substratkosten werden analog zu den vorher betrachteten Anlagen berechnet.

Die Kosten für Grünabfall, Bioabfall und Gärrestbehandlung werden ebenfalls analog zur ökonomischen Betrachtung einer Vergärungsanlage mit TIH angenommen. Für Maissilage müssen über 20 Jahre Laufzeit somit im Mittel rund 184.000 €/a veranschlagt werden. Dies

entspricht ca. 1,5 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die Gärrestkosten werden trotz der Vergasung zusammen mit den Klärschlämmen berücksichtigt, um Kosten für die entstehenden Restmassen aus der Synthesegasherstellung anteilig zu berücksichtigen. Die Kosten betragen durchschnittlich rund 157.000 €/a und damit rund 1,3 % des Finanzierungsbedarfs.

#### Personalkosten

Die Personalkosten sind im Wesentlichen identisch mit denen einer Vergärungsanlage mit TIH. Für die vorliegenden Anlagen ergibt sich anhand der vorgestellten Formel ein Arbeitszeitbedarf von ca. 10.340 h.

Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 259.000 €/a oder ca. 2,1 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

#### Wartungs- und Instandhaltungskosten

Die Wartungs- und Instandhaltungskosten für die Vergärungsanlage mit TIH sowie Gasaufbereitung und Einspeisung sind mit denen für eine konventionelle Vergärungsanlage vergleichbar. Bei einer Kostensteigerung von 3 % p. a. über 20 Jahre ergeben sich rund 264.000 €/a. Außerdem müssen zusätzlich, bei genannter Kostensteigerung, durchschnittlich rund 100.000 €/a an Wartungs- und Instandhaltungskosten für die Gasaufbereitung und Einspeisung einkalkuliert werden. Die Kosten für die Betriebsmittel der Entschwefelung und den Aufwand des Methanverlusts sind hierin bereits enthalten. Durchschnittlich beträgt der Kostenblock damit etwa 3,0 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die gesamte Kosten- und Erlössituation ist der folgenden Übersichtstabelle zu entnehmen.

Tabelle 4-38 Ein- und Auszahlungen über 20 Jahre bei Verwendung der thermisch induzierten Hydrolyse sowie Gasaufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	8.510.995 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	8.510.995 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	8.510.995 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	158.839 €	161.222 €	163.640 €	166.095 €	168.586 €	171.115 €	173.682 €	176.287 €	178.931 €	181.615 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	674 €	684 €	694 €	704 €	715 €	726 €	737 €	748 €	759 €	770 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	480.073 €	508.877 €	539.410 €	571.774 €	606.081 €	642.446 €	680.992 €	721.852 €	765.163 €	811.073 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	128.965 €	131.545 €	134.176 €	136.859 €	139.596 €	142.388 €	145.236 €	148.141 €	151.104 €	154.126 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	270.723 €	278.845 €	287.210 €	295.827 €	304.701 €	313.842 €	323.258 €	332.955 €	342.944 €	353.232 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	158.760 €	162.729 €	166.797 €	170.967 €	175.241 €	179.622 €	184.113 €	188.716 €	193.434 €	198.269 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	44.100 €	45.203 €	46.333 €	47.491 €	48.678 €	49.895 €	51.142 €	52.421 €	53.732 €	55.075 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	17.500 €	17.850 €	18.207 €	18.571 €	18.943 €	19.321 €	19.708 €	20.102 €	20.504 €	20.914 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	102.132 €	104.175 €	106.258 €	108.383 €	110.551 €	112.762 €	115.017 €	117.317 €	119.664 €	122.057 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	6.933 €	7.141 €	7.356 €	7.576 €	7.803 €	8.038 €	8.279 €	8.527 €	8.783 €	9.046 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	13.867 €	14.005 €	14.145 €	14.287 €	14.430 €	14.574 €	14.720 €	14.867 €	15.016 €	15.166 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>1.382.566 €</b>	<b>1.432.275 €</b>	<b>1.484.225 €</b>	<b>1.538.534 €</b>	<b>1.595.326 €</b>	<b>1.654.729 €</b>	<b>1.716.883 €</b>	<b>1.781.933 €</b>	<b>1.850.032 €</b>	<b>1.921.344 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	633.225 €	652.222 €	671.788 €	691.942 €	712.700 €	734.081 €	756.104 €	778.787 €	802.150 €	826.215 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>2.773.320 €</b>	<b>2.792.317 €</b>	<b>2.811.884 €</b>	<b>2.832.037 €</b>	<b>2.852.796 €</b>	<b>2.874.177 €</b>	<b>2.896.199 €</b>	<b>2.918.882 €</b>	<b>2.942.246 €</b>	<b>2.966.310 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Biomasse – Stoffstrommanagement für die Region Rhein-Neckar

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	3.594.746 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	12.105.741 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	3.970.836 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	12.481.831 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	2.815.001 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	11.325.995 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	184.339 €	187.104 €	189.911 €	192.760 €	195.651 €	198.586 €	201.565 €	204.588 €	207.657 €	210.772 €	3.672.943 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	782 €	793 €	805 €	817 €	830 €	842 €	855 €	868 €	881 €	894 €	15.576 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	859.737 €	911.322 €	966.001 €	1.023.961 €	1.085.399 €	1.150.522 €	1.219.554 €	1.292.727 €	1.370.291 €	1.452.508 €	17.659.762 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	157.208 €	160.352 €	163.559 €	166.831 €	170.167 €	173.571 €	177.042 €	180.583 €	184.194 €	187.878 €	3.133.522 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	363.829 €	374.744 €	385.987 €	397.566 €	409.493 €	421.778 €	434.431 €	447.464 €	460.888 €	474.715 €	7.274.433 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	203.226 €	208.307 €	213.515 €	218.852 €	224.324 €	229.932 €	235.680 €	241.572 €	247.611 €	253.802 €	4.055.470 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	56.452 €	57.863 €	59.310 €	60.792 €	62.312 €	63.870 €	65.467 €	67.103 €	68.781 €	70.500 €	1.126.519 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	21.332 €	21.759 €	22.194 €	22.638 €	23.091 €	23.553 €	24.024 €	24.504 €	24.994 €	25.494 €	425.204 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	124.498 €	126.988 €	129.528 €	132.119 €	134.761 €	137.456 €	140.205 €	143.009 €	145.870 €	148.787 €	2.481.537 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	9.318 €	9.597 €	9.885 €	10.182 €	10.487 €	10.802 €	11.126 €	11.460 €	11.803 €	12.158 €	186.300 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	15.317 €	15.471 €	15.625 €	15.781 €	15.939 €	16.099 €	16.260 €	16.422 €	16.587 €	16.752 €	305.329 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>1.996.040 €</b>	<b>2.074.301 €</b>	<b>2.156.320 €</b>	<b>2.242.299 €</b>	<b>2.332.454 €</b>	<b>2.427.010 €</b>	<b>2.526.208 €</b>	<b>2.630.301 €</b>	<b>2.739.557 €</b>	<b>2.854.260 €</b>	<b>40.336.596 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	1.707.146 €	34.142.926 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	432.949 €	8.658.982 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	851.001 €	876.531 €	902.827 €	929.912 €	957.809 €	986.544 €	1.016.140 €	1.046.624 €	1.078.023 €	1.110.364 €	17.014.990 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>2.991.097 €</b>	<b>3.016.627 €</b>	<b>3.042.923 €</b>	<b>3.070.007 €</b>	<b>3.097.905 €</b>	<b>3.126.639 €</b>	<b>3.156.235 €</b>	<b>3.186.720 €</b>	<b>3.218.118 €</b>	<b>3.250.459 €</b>	<b>59.816.897 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Werden alle Ein- und Auszahlungen kumuliert und diskontiert und der Kapitalwert „0“ gesetzt, so ergibt sich eine mäßig rentable Kapitalverzinsung von knapp über 7 % p. a. Die Verzinsung kann jedoch nur erreicht werden, wenn zusätzlich zum KWK-Bonus der Technologiebonus gewährt wird. Ist dies nicht der Fall, so sinkt die Verzinsung auf sehr wenig rentable 2 % p. a. Hinzu kommt, dass für Abfallmengen keine Sammlungs- und Aufbereitungskosten berücksichtigt wurden. D. h., dass das bestehende System nicht finanziell entlastet werden könnte und Gebühren in bislang bekannter Höhe anfallen würden.

Wird die Kapitalverzinsung zugunsten eines Deckungsbeitrags für kommunale Grünabfälle und Bioabfälle „0“ gesetzt“, so könnte ein maximaler Deckungsbeitrag von rund 7,50 €/t (mit Technologiebonus) bzw. 1,65 €/t (ohne Technologiebonus) generiert werden. In Anbetracht der genannten Bioabfallgebühren wäre dies ein relativ geringer Entlastungsbetrag, wodurch sich diese Option als wirtschaftlich schlechteste Variante darstellt.

Wird der Median der in Anhang I gelisteten Biomüllgebühren für 120 l Abfall (Vollservice – falls die Auswahl besteht) als Referenzkostenwert genutzt, so wäre eine Reduzierung der Bioabfallgebühren um rund 16 bzw. 3 % möglich.

### **Betrachtung des Heizwerks für schwarze HHS**

#### Investitionskosten

Die Investitionskosten für eine Holzhackschnitzelanlage inkl. Planung, Gebäude, Silo Holzkessel, Spitzenlastkessel, Schornstein, Rauchgasreinigung sowie hydraulische und elektrische Einbindungen liegen bei einer Leistung von 2 MW<sub>th</sub> bei ca. 1,35 Mio. €. [Bunk, Helmut; Maurer, Erich 2006, S. 128]. Der Preis beinhaltet jedoch lediglich eine Wärmenetzlänge von 500 m. Bei 100 % Fremdfinanzierung und einer Laufzeit von 20 Jahren ergibt sich bei einem Effektivzinssatz von 4,5 % folgender Tilgungsplan.

Tabelle 4-39 Zinstilgungsplan für die betrachtete HHS-Heizanlage

Darlehens-zinssatz p. a.	Laufzeit				
4,5%	20 Jahre				

Investitions-summe	Anfang der Periode	Darlehens-rückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrück-zahlung (Rate)	Restschuld
1.369.057,69 €	1				1.369.057,69 €
	2	43.640,28 €	61.607,60 €	105.247,88 €	1.325.417,41 €
	3	45.604,09 €	59.643,78 €	105.247,88 €	1.279.813,32 €
	4	47.656,28 €	57.591,60 €	105.247,88 €	1.232.157,04 €
	5	49.800,81 €	55.447,07 €	105.247,88 €	1.182.356,23 €
	6	52.041,85 €	53.206,03 €	105.247,88 €	1.130.314,38 €
	7	54.383,73 €	50.864,15 €	105.247,88 €	1.075.930,65 €
	8	56.831,00 €	48.416,88 €	105.247,88 €	1.019.099,66 €
	9	59.388,39 €	45.859,48 €	105.247,88 €	959.711,26 €
	10	62.060,87 €	43.187,01 €	105.247,88 €	897.650,39 €
	11	64.853,61 €	40.394,27 €	105.247,88 €	832.796,79 €
	12	67.772,02 €	37.475,86 €	105.247,88 €	765.024,76 €
	13	70.821,76 €	34.426,11 €	105.247,88 €	694.203,00 €
	14	74.008,74 €	31.239,14 €	105.247,88 €	620.194,26 €
	15	77.339,13 €	27.908,74 €	105.247,88 €	542.855,13 €
	16	80.819,40 €	24.428,48 €	105.247,88 €	462.035,73 €
	17	84.456,27 €	20.791,61 €	105.247,88 €	377.579,46 €
	18	88.256,80 €	16.991,08 €	105.247,88 €	289.322,66 €
	19	92.228,36 €	13.019,52 €	105.247,88 €	197.094,30 €
	20	96.378,63 €	8.869,24 €	105.247,88 €	100.715,67 €
	21	100.715,67 €	4.532,21 €	105.247,88 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>1.369.057,69 €</b>	<b>735.899,84 €</b>	<b>2.104.957,53 €</b>	

Die Investitionskosten betragen damit durchschnittlich rund 130.000 €/a. Dies entspricht rund 7,7 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

### Brennstoffkosten

Holz hackschnitzel (HHS) in der gängigen Qualitätsstufe w25 (bis 25 % Wassergehalt) werden üblicherweise für 60 bis 70 €/t angeboten. Der Heizwert dieser HHS liegt mit rund 3,6 kWh jedoch um etwa ein kWh höher als der Heizwert der für die Anlage vorgesehenen HHS. Wird davon ausgegangen, dass der Preis pro Gewichtseinheit direkt linear auf den Heizwert bezogen werden kann, so ergibt sich ein aktueller hypothetischer Wert zwischen 40 und 50 €/t. Bei 9.100 t Material und 2 % p. a. Kostensteigerung über 20 Jahre können somit durchschnittliche Kosten i. H. v. rund 361.000 €/a (entspricht 50 €/t in Periode 1) angesetzt werden. Dies entspricht ca. 26 % p. a. des Finanzierungsbedarfs. Wird davon ausgegangen, dass die schwarzen HHS dieselben physikalischen Eigenschaften besitzen wie ein Gemenge, welches zu jeweils 25 Gew.-% aus Pappel-, Eschen-, Ahorn- und Buchenholz besteht, so ist der Preis pro t äquivalent zu einem Preis pro Srm i. H. v. 16,37 € (in Periode 1).

### Personalkosten

Anhand abgeleiteter Wert aus Literatur der Agentur für nachwachsende Rohstoffe [FNR 2007a, S. 262] ergibt für den Arbeitszeitbedarf folgende polynomische Funktion:



$y = - 0,0003 x^2 + 1,2057 x + 342,75$ ; wobei „x“ für die Anlagenleistung in kW und „y“ für den Arbeitszeitbedarf in h/a steht. Als Personalkosten werden somit rund 2.630 h/a berücksichtigt. Das Verhältnis von Arbeitszeitbedarf der Betriebsführung zu Gesamtarbeitszeitbedarf wird mit 85 % angenommen. Die restlichen 15 % entfallen auf den Arbeitszeitbedarf für die Geschäftsführung. Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 82.500 €/a oder ca. 6,0 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

### Wartungs- und Instandhaltungskosten

Die Wartungs- und Instandhaltungskosten inklusive Versicherung machen etwa 5 % p. a. der Investitionskosten aus und teilen sich wie folgt auf:

Tabelle 4-40 Wartungs- und Instandhaltungskosten (FNR 2007a, S. 262.)

Komponente	Anteil in Relation zur Investition
Bautechnik der Energieerzeugung (BGA)	1,0% p. a.
Maschinenteknik der Energieerzeugung (BGA)	2,0% p. a.
Elektro- und Leittechnik (BGA)	1,0% p. a.
Versicherung	1,0% p. a.

Bei einer Kostensteigerungsrate von 3 % p. a. über 20 Jahre Laufzeit ergeben sich durchschnittlich ca. 69.000 €/a. Dies entspricht ca. 5,0 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die gesamte Kosten- und Erlössituation ist der folgenden Übersichtstabelle zu entnehmen.

Aufgrund des relativ hohen Stromverbrauchs von 0,89 % des Primärenergie-Inputs werden 2,5 % p. a. des Finanzierungsbedarfs als Betriebsmittel- und Ascheentsorgungskosten angesetzt. Der sonst übliche Wert liegt zwischen 0,1 und 0,5 % p. a. [FNR 2007, S. 204] Von den Kosten entfallen in der ersten Periode rund 56 % auf den Strombedarf, welcher mit einer Preissteigerung von 6 % p. a. berücksichtigt wird. Der restliche Anteil der Betriebsmittel- und Ascheentsorgungskosten wird mit einer Preissteigerung von 2,5 % angesetzt.

Tabelle 4-41 Ein- und Auszahlungen für ein HHS-HW über 20 Jahre

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	1.369.058 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	1.369.058 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	1.369.058 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Brennstoffkosten	2,00% p.a.	297.515 €	303.466 €	309.535 €	315.726 €	322.040 €	328.481 €	335.051 €	341.752 €	348.587 €	355.558 €
Betriebsmittel- & Ascheentsorgungskosten	4,45% p.a.	29.606 €	30.923 €	32.299 €	33.736 €	35.237 €	36.805 €	38.443 €	40.153 €	41.940 €	43.806 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	51.066 €	52.598 €	54.176 €	55.801 €	57.475 €	59.199 €	60.975 €	62.805 €	64.689 €	66.629 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	47.040 €	48.216 €	49.421 €	50.657 €	51.923 €	53.221 €	54.552 €	55.916 €	57.314 €	58.747 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	17.640 €	18.081 €	18.533 €	18.996 €	19.471 €	19.958 €	20.457 €	20.968 €	21.493 €	22.030 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	1.750 €	1.785 €	1.821 €	1.857 €	1.894 €	1.932 €	1.971 €	2.010 €	2.050 €	2.091 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	10.952 €	11.172 €	11.395 €	11.623 €	11.855 €	12.092 €	12.334 €	12.581 €	12.833 €	13.089 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	1.251 €	1.289 €	1.327 €	1.367 €	1.408 €	1.450 €	1.494 €	1.539 €	1.585 €	1.632 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	1.501 €	1.516 €	1.532 €	1.547 €	1.562 €	1.578 €	1.594 €	1.610 €	1.626 €	1.642 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	<b>Σ Auszahlungen</b>	<b>458.322 €</b>	<b>469.045 €</b>	<b>480.039 €</b>	<b>491.310 €</b>	<b>502.867 €</b>	<b>514.718 €</b>	<b>526.870 €</b>	<b>539.333 €</b>	<b>552.115 €</b>	<b>565.225 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	500.457 €	515.471 €	530.935 €	546.863 €	563.269 €	580.167 €	597.572 €	615.499 €	633.964 €	652.983 €
	<b>Σ Einzahlungen</b>	<b>500.457 €</b>	<b>515.471 €</b>	<b>530.935 €</b>	<b>546.863 €</b>	<b>563.269 €</b>	<b>580.167 €</b>	<b>597.572 €</b>	<b>615.499 €</b>	<b>633.964 €</b>	<b>652.983 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.369.058 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.369.058 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.369.058 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Brennstoffkosten	2,00% p.a.	362.670 €	369.923 €	377.321 €	384.868 €	392.565 €	400.417 €	408.425 €	416.593 €	424.925 €	433.424 €	7.228.841 €
Betriebsmittel- & Ascheentsorgungskosten	5,00% p.a.	45.755 €	47.791 €	49.918 €	52.139 €	54.459 €	56.882 €	59.413 €	62.056 €	64.818 €	67.702 €	923.881 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	68.628 €	70.687 €	72.808 €	74.992 €	77.242 €	79.559 €	81.946 €	84.404 €	86.936 €	89.544 €	1.372.159 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	60.215 €	61.721 €	63.264 €	64.845 €	66.466 €	68.128 €	69.831 €	71.577 €	73.366 €	75.201 €	1.201.621 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	22.581 €	23.145 €	23.724 €	24.317 €	24.925 €	25.548 €	26.187 €	26.841 €	27.512 €	28.200 €	450.608 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.133 €	2.176 €	2.219 €	2.264 €	2.309 €	2.355 €	2.402 €	2.450 €	2.499 €	2.549 €	42.520 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	13.351 €	13.618 €	13.890 €	14.168 €	14.452 €	14.741 €	15.035 €	15.336 €	15.643 €	15.956 €	266.116 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	1.681 €	1.732 €	1.784 €	1.837 €	1.892 €	1.949 €	2.008 €	2.068 €	2.130 €	2.194 €	33.619 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	1.658 €	1.675 €	1.692 €	1.709 €	1.726 €	1.743 €	1.760 €	1.778 €	1.796 €	1.814 €	33.059 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	<b>Σ Auszahlungen</b>	<b>578.673 €</b>	<b>592.468 €</b>	<b>606.620 €</b>	<b>621.139 €</b>	<b>636.036 €</b>	<b>651.321 €</b>	<b>667.007 €</b>	<b>683.105 €</b>	<b>699.626 €</b>	<b>716.583 €</b>	<b>11.552.423 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	672.572 €	692.749 €	713.532 €	734.938 €	756.986 €	779.696 €	803.086 €	827.179 €	851.994 €	877.554 €	13.447.464 €
	<b>Σ Einzahlungen</b>	<b>672.572 €</b>	<b>692.749 €</b>	<b>713.532 €</b>	<b>734.938 €</b>	<b>756.986 €</b>	<b>779.696 €</b>	<b>803.086 €</b>	<b>827.179 €</b>	<b>851.994 €</b>	<b>877.554 €</b>	<b>13.447.464 €</b>

\* hierunter fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Werden alle Ein- und Auszahlungen kumuliert und diskontiert und der Kapitalwert „0“ gesetzt, so ergibt sich eine sehr wenig rentable Kapitalverzinsung von ca. 2,5 % p. a. Da der Deckungsbeitrag für Brennstoffe bereits vollständig berücksichtigt ist, kann diese Kapitalverzinsung aber als vollständig realisierbarer interner Zinsfuß verstanden werden.

Wird die erwartete Kapitalverzinsung zugunsten des Kapitalwerts „0“ gesetzt, so ergibt sich am Ende der Laufzeit ein Kapitalwert von rund 525.000 €.

Den bei weitem größten und sensibelsten Kostenblock stellen die Brennstoffkosten dar. Sie haben bei Eigenfinanzierung bis zu rund 65 % Anteil an den Gesamtkosten ( $\Sigma$  Auszahlungen). Eine Optimierung der Kapitalrendite kann demnach vor allem über den Brennstoffpreis stattfinden. Hier besteht die Möglichkeit, bis zu knapp 9 % p. a. Kapitalverzinsung zu generieren, falls sich die Kosten für Brennstoffe um 20 % auf 40 €/t (in Periode 1) reduzieren lassen. Alle anderen Kostenblöcke sind entweder relativ klein oder bieten wenig Handlungsspielraum.

### **Fazit ökonomische Bewertung**

Für die ökonomische Betrachtung lässt sich für die Biogasanlagen-Optionen festhalten, dass keine der untersuchten Varianten die benötigten Deckungsbeiträge für die Sammlung den Transport und die Aufbereitung der Abfälle zur Gänze bereitstellen kann.

Unter den untersuchten Optionen arbeitet die konventionelle Vergärungsanlage (BGA-Option 1) jedoch am profitabelsten.

Die Vergärungsanlage mit TIH und Einspeisung ins Erdgasnetz (BGA-Option 3) schneidet am schlechtesten ab, was jedoch auf den notwendigen Zukauf von relativ teurem Strom (0,12 €/kWh und 6 % p. a. Preissteigerung) zurückgeführt werden kann. Im Vergleich dazu liegt die eigene Einspeisevergütung bei lediglich rund 0,10 €/kWh. Insgesamt werden für TIH, Gasaufbereitung und Gaseinspeisung rund 25 % der Eigenerzeugung benötigt, wodurch die Stromkosten über die Laufzeit zwischen 33 und 49 % der Gesamtkosten ( $\Sigma$  Auszahlungen) betragen.

Marginal besser präsentiert sich die Vergärungsanlage mit TIH (BGA-Option 2). Negativ wirkt sich hier gegenüber der BGA-Option 1 der hohe Wärmebedarf der TIH aus. Die Anlage, welche Biogas auf Erdgasqualität aufbereitet (BGA-Option 3), leidet im Gegensatz dazu aufgrund der Wärmebedarfsdeckung durch das nahe Klärwerk nicht zusätzlich an diesem Umstand.

BGA-Option 1 arbeitet vor allem deswegen am profitabelsten, da der Anteil der veräußerten Überschusswärme hinter den anderen beiden Optionen zurückbleibt sondern ebenfalls 80 % beträgt. Der Strom- und Eigenbedarf ist ausgeglichen und relativ niedrig, auch wenn aufgrund der geringeren erreichbaren Gaserträge nur weniger Strom und Wärme erzeugt werden kann.

Das HHS-Heizwerk arbeitet mit einer Kapitalverzinsung von rund 2,5 % p. a. nur wenig rentabel, die Inputkosten sind allerdings bereits vollständig abgedeckt. Würden die Einnahmen aus der Kapitalverzinsung des HHS-Heizwerks zusätzlich als Deckungsbeitrag für Bioabfälle verwendet, so wäre die Abdeckung marginal um 0,15 €/t höher.

Damit ist das Heizwerk generell die profitabelste Anlage, bei welcher außerdem über eine Minimierung der Brennstoffkosten erhebliches Steigerungspotenzial beim Ergebnis besteht. Der interne Zinsfuß könnte sich hier bei einem Preis von 40 €/t statt 50 €/t (zzgl. einer Preissteigerung von 2 % p. a.) mehr als verdreifachen.

Letztendlich lässt sich die Aussage treffen, dass in Betracht der vorausgesetzten Annahmen für die verschiedenen Optionen die Kombination aus konventioneller Vergärungsanlage und HHS-Heizwerk die wirtschaftlich sinnvollste Lösung darstellt.

#### **4.2.6 Fazit**

Mit diesem Impuls ist keine grundsätzliche Umstellung der Bioabfallerfassung aus Haushalten verbunden. In Mannheim sollten sich Bioabfälle in größerem Maßstab erfassen lassen, eine Ausweitung der Erfassung ist von der zuständigen Stelle jedoch nicht erwünscht. Im Kreis Bergstraße werden in großem Umfang Bioabfälle gesammelt. Auch für kommunale Grünabfälle sieht das mit Steckbrief B vorgelegte Konzept keine Umstellung der derzeitigen Praxis der Erfassung vor. Wohl aber in der Nutzung. Die Grünabfälle werden bislang durchgehend aerob und über (sehr) kleine Anlagen zu Kompost verarbeitet.

Die Grünabfallerfassung 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 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 Standorte in Lampertheim und hier vor allem der Standort Kompostwerk könnten eine umfassende Nutzung der Überschusswärme ermöglichen. 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, was in der Kostenbeurteilung (Kapitel 5.2) nicht enthalten ist. Die energetische Einbindung am Standort Hüttenfeld ist wahrscheinlich schwieriger, die Anlage 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 strittige Emissionsfaktoren für Nachrotte und stoffliche Verwertung, nicht auf einem höheren Nutzen. Ökonomisch scheint diese Option jedoch keine Lösung darzustellen.

### **4.3 Impulsprojekt C – Verwertung von Landschaftspflegegut**

Mit dem Steckbrief C wird ein Konzept zur Verwertung von Biomasse entwickelt, die bei der Landschaftspflege anfällt. Gerade in den Mittelgebirgslagen ist die landwirtschaftliche Nutzung mittlerweile weitgehend aufgegeben worden. Das durch die landwirtschaftliche Nutzung entstandene Landschaftsbild, aber auch wertvolle Lebensräume für Tiere und Pflanzen drohen verloren zu gehen. Gerade in diesen Regionen hat zudem der Tourismus teilweise eine größere wirtschaftliche Bedeutung, ein auf Naturerleben ausgerichteter Tourismus, der stark an Vielfältigkeit von Landschaft gebunden ist. Der Erhalt der Landschaft hat deshalb nicht nur eine ökologische, sondern auch eine nicht geringe ökonomische Bedeutung.

Die Landschaft bzw. die Vielfalt an Lebensräumen lässt sich nur aktiv erhalten. Will man verhindern, dass die Flächen der Sukzession unterliegen und damit innerhalb vergleichsweise kurzer Zeit zu Wald werden, müssen diese Flächen gepflegt werden. Nachhaltig ist dies nur möglich, wenn mit der Pflege auch (ein möglichst unmittelbarer) Nutzen verbunden ist, d.h. die anfallende Biomasse (energetisch) genutzt oder vermarktet werden kann. Eine Alternative dazu stellt die Weidenutzung dar.

Die vorangegangenen Schritte der Untersuchung zeigten, dass sich für die Biomassen aus der Landschaftspflege noch keine optimalen Verwertungskonzepte entwickeln konnten. Die Gegenüberstellung der in der landwirtschaftlichen Statistik verzeichneten Grünlandflächen und dem aus dem Viehbestandsstatistiken abgeleiteten Raufutterbedarf ergab größere ungenutzte Potenziale unter anderem in der im Kreis Bad Dürkheim gelegenen Verbandsgemeinde Lambrecht.

Die inhaltliche Konzeption des Steckbriefes, die Festlegung der Stoffströme und technischen Lösungsalternativen sowie die vergleichende Bewertung der Optionen aus ökologischer Sicht erfolgten durch das IFEU-Institut. Die ökonomische Bewertung wurde ebenfalls durch das IFEU-Institut mit Unterstützung durch das IfaS durchgeführt.

#### **4.3.1 Hintergrund**

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 Orte und Ortsteile liegen charakteristischerweise in den Talböden von Hochspeyerbach und dem Elmsteiner Tal bzw. den entsprechenden Seitentälern. Relativ bedeutende Siedlungsgebiete weisen darunter die Ortsgemeinden Elmstein und Esthal auf. Sie verfügen über sehr große Gemarkungen, die nicht nur aus Waldungen bestehen, sondern auch zahlreiche kleinere und größere Abschnitte Offenland aufweisen. Gerade für Elmstein spielt der Tourismus eine größere wirtschaftliche Rolle.

Die Problematik Offenhaltung der Landschaft ist in der Verbandsgemeinde Lambrecht vor allem in jüngster Zeit stark ins Bewusstsein der Bevölkerung und der Kommunalpolitik gerückt. Die Landschaft hat sich stark verändert, der Tourismus hat deutlich an Bedeutung verloren. Nicht zuletzt, um diesen wieder zu mobilisieren, möchte man sich stärker in der Landschaftserhaltung engagieren.

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 in den Tal-lagen.

Tabelle 4-42 Gliederung der Verbandsgemeinde Lambrecht

<b>Elmstein</b>	Appenthal, Elmstein, Erlenbach
	Harzhofen, Helmbach, Iggelbach
	Mückenwiese, Röderthal, Schafhof
	Schwabenbach, Schwarzbach,
	Speyerbrunn, Stilles Tal, Wolfsgrube
<b>Esthal</b>	Breitenstein, Erfenstein
	Esthal, Sattelmühle
<b>Frankeneck</b>	Frankeneck
<b>Lambrecht</b>	Iptestal, Lambrecht
<b>Lindenberg</b>	Lindenberg
<b>Neidenfels</b>	Neidenfels
<b>Weidenthal</b>	Eisenkehl, Frankenstein
	Mainzertal, Weidenthal

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 Rück-



gewinnung der ehemals offenen Hänge. Durch die Gemeinde wurde eine kleine Studienarbeit zur Problemstellung finanziell gefördert, die Möglichkeiten der Landschaftspflege in Elmstein ausloten sollte [Uhlig / Wüst 2008].

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. Bezuschusst von der Gemeinde Elmstein bzw. der Verbandsgemeinde Lambrecht und damit über Mittel des Landes Rheinland-Pfalz bzw. der SGD Süd erfolgte auch eine Beweidung und eine Mahd von Flächen. Nach allen Gesprächen wird die bisherige Förderung 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. Die Lose werden immer wieder neu vergeben, unter anderem auch an den in Elmstein ansässigen Betrieb Haag, der in kleinem Umfang Landwirtschaft betreibt, vor allem jedoch forstwirtschaftliche Aufgaben übernimmt. Die Mahd in den Talgründen erfolgt wegen der starken Vernässung klassisch sehr spät bzw. sehr früh im Jahr. In diesem Zeitfenster sind die Böden durch Bodenfrost am ehesten zu befahren. Aufgrund des hohen Grundwasserstandes werden diese Wiesen traditionell über quer zum Talprofil liegende Gräben entwässert. Diese Gräben gilt es bei der Mahd zu beachten, d.h. vor allem nicht durch eine Mahdrichtung quer zu den Gräben zu zerstören. Dies erschwert den rationellen Maschineneinsatz zusätzlich.

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.



Nach Auskunft der Fa. Haag aus Elmstein sind derzeit günstige Voraussetzungen gegeben, die Landschaftspflege in der Verbandsgemeinde neu zu ordnen. Alle Verträge, auch die Pachtverträge für die Koppelhaltung, sind derzeit ausgelaufen.

Bei den öffentlichen Stellen ist eine große Bereitschaft zu verzeichnen, sich verstärkt um die Landschaftspflege zu bemühen.

Innerhalb der Verbandsgemeinde wird vor allem Elmstein und Esthal in die Betrachtung aufgenommen.

#### **4.3.2 Biomasseangebot**

Der Ackerbau wurde eingestellt. Die gesamte, nicht von Wald bedeckte Fläche sind Wiesen. Elmstein verfügte bei einer Gesamtmarkung von 7.500 ha ehemals über 225 ha landwirtschaftliche Fläche, die im Jahre 1939 mit 121 ha im Ackerbau genutzt wurde. Angebaut wurde in Fruchtwechsel Kartoffel und Winterroggen. Die übrigen 124 ha waren demnach als Dauergrünland genutzt.<sup>8</sup>

Geht man gemäß den mittelfristigen Zielen der Gemeinde Elmstein davon aus, dass diese ehemalige landwirtschaftliche Fläche zu Dauergrünland und bspw. als Streuobstwiesen aufgebaut wird, so ergibt sich bei einem spezifischen Aufkommen von knapp 4 t/ha Bodenheu<sup>9</sup> (86 % TS-Gehalt) bei einmaliger Mahd pro Jahr ein Potenzial von 900 Jahrestonnen Heu aus Elmstein. Bei einer groben Abschätzung des zusätzlichen Anteils aus Esthal dürften sich in Summe 1.500 Jahrestonnen Heu ergeben, bzw. knapp 1.300 Jahrestonnen Trockenmasse.

Von dieser ehemals landwirtschaftlichen Fläche dürfte etwa die Hälfte auch heute noch als Offenland erkennbar sein. Das Heuaufkommen würde erst mit den Jahren zunehmen, wobei in den Übergangsjahren aus den Entbuschungsmaßnahmen andere Biomassezusammensetzungen in durchaus höherem spezifischem Aufkommen zu verzeichnen wäre.

Für ein wirtschaftlicheres Nutzungskonzept ist es daher wichtig, möglichst weitere Biomassen einzubeziehen. Angesichts der Lage im Naturpark Pfälzer Wald sind hierfür Waldresthölzer nahe liegend. Ein bislang ungenutztes Potenzial konnte für die VG Lambrecht im Rahmen der Studie allerdings nicht ermittelt werden, sollte faktisch aber gegeben sein. Dies

---

<sup>8</sup> [http://www.speyerbach.info/historisches/bachgeschichte/trift/jentsch+lukhaup/4\\_verbreitungdertrift.htm](http://www.speyerbach.info/historisches/bachgeschichte/trift/jentsch+lukhaup/4_verbreitungdertrift.htm); download 21.11.2009

<sup>9</sup> [http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/db\\_berechnung.php?was=heu](http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/db_berechnung.php?was=heu); download 21.11.2009

bestätigt grundsätzlich auch der bereits genannte Forstbetrieb Haag aus Elmstein.

Tabelle 4-43 Biomassen für eine energetische Nutzung

(in t/a)	Jahresaufkommen	
	Frischmasse	Trockenmasse
Heu	1.500	1.300
Waldrestholz	n.b.	n.b.
Produktionsrückstände	keine	keine
Kommunale Grünabfälle	330	160

In allen Ortsgemeinden der Verbandsgemeinde Lambrecht waren ehemals die Holzverarbeitungsindustrie sowie die Papierherstellung stark vertreten. Die Nähe zum Rohstoff sowie die Wasserkraft begünstigte derartige Standorte. Das Aufkommen an Produktionsrückständen lässt sich jedoch nicht beziffern. Es dürfte faktisch nicht mehr gegeben sein.

Zu nennen sind insbesondere:

- ✚ Fa. Glatz Papierwerke in Neidenfels
- ✚ Fa. Pfälzer Parkettwerk in Weidenthal
- ✚ Sägewerk in Weidenthal – Eisenkehl
- ✚ Sägewerk in Elmstein – Appenthal
- ✚ Fa. Seeber und Sohn, Sägewerk in Elmstein – Helmhof
- ✚ Fa. Glatz Papierwerke in Frankeneck

So sind die ehemals zahlreichen Sägewerke mittlerweile nur noch mit einem Standort in Betrieb. Das Sägewerk in Weidenthal ist ein 1-Mann-Betrieb, der sein Sägemehl an Pferdehalter in Richtung Kaiserslautern vermarktet. Die übrigen sind stillgelegt oder haben eine unsichere wirtschaftliche Perspektive. Die kleinen Papierwerke sowie der Holzbodenproduzent dürften für ihre Abfallbiomassen Lösungen gefunden haben.

Die Verbandsgemeinde Lambrecht verfügt über 14.500 Einwohner. Das spezifische Aufkommen an kommunalen Grünabfällen liegt im Kreis Bad Dürkheim bei 90 kg/(E\*a). Legt man dieses auf die Einwohnerzahl um, so ergibt sich ein Aufkommen an 1.300 Jahrestonnen Frischmasse. Kommunale Grünabfälle umfassen ein weites Spektrum an Eigenschaften. Etwa 25 % des Aufkommens lassen sich als holzig charakterisieren und wären als Ausgangsstoff für eine energetische Nutzung geeignet. Bei einem angenommenen Wassergehalt von 50 % in der Frischmasse ergeben sich hieraus etwa 330 Jahrestonnen Frisch- und etwa 160 Jahrestonnen Trockenmasse.

### 4.3.3 Verwertungskonzept

#### 4.3.3.1 Lösungsalternative 1: Energetische Nutzung

Der Fokus des Nutzungskonzeptes soll auf der Biomassenutzung des Grünlandaufwuchses liegen. Angesichts des geringen Massenaufkommens und fehlender Co-Substrate kommt eine Biogaserzeugung nicht infrage. Als Brennstoff ist der Grünlandaufwuchs nur in getrocknetem Zustand geeignet.

In der Verbandsgemeinde Lambrecht besteht eine flächendeckende Gasversorgung bis in alle Ortsgemeinden hinein. Größter Versorger sind die Stadtwerke Lambrecht, die alle Ortsteile mit Ausnahme von Weidenthal mit Gas versorgen. Es gibt 2.444 Ausspeisepunkte<sup>10</sup>, d.h. eine relativ große Versorgungsdichte. In Weidenthal erfolgt die Gasversorgung durch die Gemeindewerke, in Zusammenarbeit mit WVE in Kaiserslautern.

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Netz vor allem für die industriellen Großverbraucher aufgebaut wurde, die große Anzahl an Ausspeisepunkten zeigt aber eine nahezu flächige Versorgung.

Die grundsätzliche Möglichkeit der energetischen Nutzung über eine zentrale Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplung und die Vermarktung der Überschusswärme an benachbarte Großabnehmer oder über ein Nahwärmenetz ist angesichts der mit Erdgas bereits bestehenden leitungsgebundenen Energieversorgung und angesichts der Bebauungsstruktur mit nur kleinen Abnahmemengen pro Ausspeisepunkt eher unpraktikabel. Zudem liegt das bezifferte Biomasseangebot deutlich unter der Wirtschaftlichkeitsgrenze für eine zentrale Anlage mit Nahwärmenetz.

Die Biomasse muss demnach in eine Form gebracht werden, die sie lagerfähig sowie auch für kleinere Abnahmemengen vermarktbar macht. Vorgeschlagen wird die Herstellung von Heu- bzw. auch Mischpellets.

Alternativ wäre die Verbrennung des Landschaftspflegeheus als Ballen in dafür geeigneten Verbrennungsanlagen denkbar. Aus technischen Gründen ist dies für Anlagen ab etwa 1

---

<sup>10</sup> <http://www.sw-lambrecht.de/pdf/gasversorgungsschema.pdf>

MW<sub>th</sub> sinnvoll. Für demgegenüber deutlich kleinere Leistungen sind die unmittelbare Ballenauflösung und das erforderliche Zuführungssystem zu aufwendig. In diesen Fällen ist eine Pelletierung und Vermarktung der Pellets sinnvoller. Für Pellets sind die erforderlichen Austragssysteme wesentlich einfacher, preisgünstiger und weniger anfällig als für z.B. Hack-schnitzel oder Strohhacksel. Dennoch sollten beim Verbraucher robuste Verbrennungssysteme gegeben sein, die für eine Verbrennung für Stroh oder Getreide geeignet sind.

### Landwirtschaftliche Produktion

Es wird eine extensive Nutzung unterstellt, die im Schnitt auf vergleichsweise kleinen Schlägen erfolgen muss und eine Mahd pro Jahr vorsieht. Trotzdem wird in Rücksprache mit dem örtlichen land- bzw. forstwirtschaftlichen Betrieb Haag davon ausgegangen, dass eine Erhaltungsdüngung erfolgen muss, um eine Aushagerung zu vermeiden und den Massenertrag zu erhalten. Die Böden sind auf Sandstein entwickelt und sehr nährstoffarm.

Die landwirtschaftliche Produktion kann sich nach der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft<sup>11</sup> in etwa folgendermaßen darstellen:

Tabelle 4-44 Landwirtschaftliche Produktion von Heu

<b>Düngung</b>	kg/ha	€/ha (brutto)
N	43	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23	
K <sub>2</sub> O	70	
		110
<b>Wiesenbewirtschaftung</b>	Anzahl/a	€/ha (brutto)
Grünland abschleppen	1	10,84
Wiese walzen	1	12,25
Dünger streuen	1	5,01
Mähen	1	11,17
Zetten	1	9,25
Wenden	3	22,88
Schwaden	2	18,25
<b>Bergung und Transport</b>		19,70

<sup>11</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL, Materialsammlung Futterwirtschaft. Daten, Fakten und Berechnungsgrundlagen zu den Kosten der Grundfuttererzeugung und der Futterwirtschaft, Freising-Weihenstephan 2006

Für Bergung und Transport wurde eine lose Aufnahme mit Ladewagen unterstellt. Auf hängigem Gelände sind die ansonsten heute üblichen Rundballen oder Quaderballen nicht möglich. Angesetzt ist eine Transportentfernung von 2 km. Dies setzt voraus, dass es dezentrale Lagerungsmöglichkeiten für das Heu geben muss.

Es wird unterstellt, dass wenige kleinere Hangtraktoren eingesetzt werden, wie sie insbesondere von Herstellern aus Österreich und der Schweiz<sup>12</sup> auf dem Markt angeboten werden. Diese Maschinen verbinden die Vorteile eines Einsatzes in stark hangigen Bereichen, aufgrund ihrer Wendigkeit Einsetzbarkeit auch in kleinen Schlägen (Terrassen) sowie aufgrund des geringen Gewichts und breiter Bereifung auch in nassem und tiefgründigem Untergrund.

Die Summe der variablen Kosten für den Maschineneinsatz sowie die Düngemittelkosten ergibt in Summe etwa 220 €/ha. Der Personaleinsatz lässt sich auf 7 Akh (Arbeitskraftstunden) pro Hektar abschätzen, bei 15 €/h demnach 105 €.

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 für Heu verbreitet, insbesondere in den Regionen, die mit hohen Niederschlägen und relativen Luftfeuchten rechnen müssen. Dies dürfte tendenziell auch für den Pfälzer Wald zutreffen. Trotzdem werden keine Trocknungskosten angesetzt.

Das lose aufgenommene Heu muss gelagert werden. Der spezifische Raumbedarf liegt bei 16 m<sup>3</sup> pro Tonne Heu. Die Raumkosten werden mit 16 €/t bei einer Abschreibung über 25 Jahre angesetzt. 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.

### Pelletherstellung und Vermarktung

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 Spezi-

---

<sup>12</sup> bspw. <http://www.aebi.com/>;

albetriebe mit entsprechender technischer Ausrüstung und Durchsatzleistung. Inklusive Transport werden 75 €/t Herstellungskosten genannt [B. Pilz 2009]<sup>13</sup>.

Bei der Pelletproduktion zu beachten ist: Die Brennstoffeigenschaften des Ausgangsmaterials sind sehr heterogen. Der Verarbeiter muss sich maschinell und mental (motiviertes Personal) auf diese Situation und die sehr breiten Brennstoffeigenschaften einstellen. Das Risiko des Ausfalls der Aufbereitungsanlage steigt mit der schlechter werdenden Qualität des Inputmaterials. Eine Pelletieranlage muss einfach und auch für verschiedene Inputstoffe einfach umrüstbar sein. Das Maschinensystem vor der eigentlichen Pelletpresse ist für den Erfolg und die Qualität der Pellet entscheidend. [B. Pilz 2009]

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.

Sollte diese Aufbereitungsmöglichkeit vor Ort möglich sein, lassen sich etwas optimistischer 50 €/t Aufbereitungskosten ansetzen. Müssen bis zu einer zentralen Pelletherstellungsanlage größere Transportdistanzen überwunden werden und erfolgt der Transport des Heus als lose unverdichtete Ware, lassen sich diese auf maximal 80 €/t ansetzen.<sup>14</sup>

Die Pelletherstellung ist nach B. Pilz mit folgenden Aufwendungen pro t Pellet verbunden:

- ✚ Verarbeitung (2x zerkleinern, pelletieren, fördern, Lagerung)
  - = 180 kWh elektrisch
  - = 15 kWh Dieselmotorkraftstoff

### Pelletnutzung

---

<sup>13</sup> Bernd Pilz, Strohpellet – eine Einkommensquelle für die Landwirtschaft?, Vortrag auf dem 6. Mitteldeutschen Bioenergietag: Biofestbrennstoff aktuell, Leipzig April 2009  
[http://www.smul.sachsen.de/landwirtschaft/download/Pilz\\_24042009\\_komprimiert.pdf](http://www.smul.sachsen.de/landwirtschaft/download/Pilz_24042009_komprimiert.pdf)

<sup>14</sup> Annahme: 300 €/Tag Kosten für Lkw und Fahrer (270 bis 350 €/Tag), maximal 3 Touren pro Tag bei maximal 150 km/Tag und 3 t Zuladung / Fahrt;

Heu ist im Vergleich zu Holz kein unproblematischer Brennstoff. So weist Heu einen 10fach höheren Gehalt an Stickstoff, Chlor und Kalium auf. Bei der Verbrennung wird der Stickstoff als NO<sub>x</sub> emittiert. Das Chlor verbleibt vor allem in der Asche und wird ansonsten als HCl (ev. PCDD/PCDF) über das Abgas frei gesetzt. Chlor als Salz ist korrosiv und schadet auch der Maschinenteknik (Wärmetauscher). Der hohe Aschegehalt ist mit Partikeln verbunden, die als Feinstaub freigesetzt werden.

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.

Tabelle 4-45 Inhaltsstoffe und verbrennungsspezifische Eigenschaften von Grünlandaufwuchs [Rösch et al., 2007]

	Einheit	Streuwiese	Stroh	Holz
Stickstoff	% TM	1,14	0,4 – 0,6	0,15
Schwefel	% TM	0,14 – 0,16	0,05 – 0,1	0,015
Chlor	% TM	0,31	0,3 – 0,8	0,005
Kalium	% TM	1,49	1,0 – 1,8	0,14
Calcium	% TM	0,5	0,3 – 0,4	0,5
Asche	% TM	5,7	5,0 – 6,0	0,5
Heizwert	MJ/kg TM	17,4	17,1 – 17,6	18,5
Sinterbeginn	°C	1.017	815 – 890	1.190
Erweichungspunkt	°C	1.061	885 – 930	1.425

In einem gewissen Umfang können die Brennstoffeigenschaften über die landwirtschaftliche Produktion beeinflusst werden. Ein später Schnitzeitpunkt führt zu niedrigerem Protein- und damit Stickstoffgehalt, wie in der konkreten Überlegung des Steckbriefes mit 1maliger Mahd eher im Herbst angedacht. Der späte Zeitpunkt ermöglicht auch Blüte und die Aussamung der Wiesenpflanzen. Eine lange Feldtrocknungszeit und Niederschlagseinwirkung reduzieren durch Auswaschungen insbesondere der Gehalte an Kalium und Chlor, allerdings mit der Gefahr deutlicher Ertragseinbußen. Ein guter Grünlandaufwuchs im Sinne der thermischen Nutzung ist also – im Gegenteil zu den Anforderungen bei Verfüttern – stark überständig und möglichst verregnet. [Rösch et al., 2007]

Die Pelletfeuerung kann wie erwähnt in Systemen mit einfacheren Austragssystemen erfolgen als z.B. bei Hackschnitzel oder Strohhäcksel. Angenommen wird die Nutzung in Kleinanlagen in privaten Haushalten. Als entsprechend robuste Verbrennungssysteme, die auch als geeignet für die Stroh- oder Getreideverbrennung angegeben sind, kommen z.B. die

PASSAT Compact Biokessel in Frage<sup>15</sup>.

Passat Energi ist ein dänischer Hersteller mit über 30 jähriger Erfahrung im Bereich der Strohverbrennung. Die Passat Compact Biokessel werden in Leistungsklassen von 20 bis 180 kW<sub>th</sub> angeboten. Sie bestehen aus einer Edelstahlbrennkammer mit keramischer Abdeckung, wodurch auch im Teillastbereich eine optimale Verbrennungstemperatur gegeben ist. Verarbeitet werden können Pellets oder Hackschnitzel. Die Zufuhr erfolgt über Brennstoffbehälter unterschiedlicher Größen (400 l, 650 l). Alternativ ist eine Direktzufuhr aus einem externen Lager möglich.

Für den deutschen Raum liegen Herstellererklärungen vor, welche die Einhaltung der vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte nach TA Luft belegen. Die daraus konservativ abgeleiteten, verwendeten Kenndaten für die ökologische Bewertung sind nachfolgend aufgeführt.

Tabelle 4-46 Herstellererklärungen Emissionswerte PASSAT Biokessel

	Einheit	Passat C4	Compact C2	TA Luft
Nennwärmeleistung	kW	42	23	
Kesselwirkungsgrad	%	90	91	
Feuerungswärmeleistung	kW	47	26	
CO bei Nennwärmeleistung	mg/m <sup>3</sup>	12,3	14,9	250
CO bei Teillast	mg/m <sup>3</sup>	9,8	9,5	250
Staub bei Nennwärmeleistung	mg/m <sup>3</sup>	18	19	50

Tabelle 4-47 Kenndaten Pelletfeuerung

Parameter	Einheit	Rechenwert
Heizwert Pellet	kWh/kg	4,83
Wassergehalt Pellet	%	13
Brennstoffenergie pro Stunde	kWh/h	947
Thermische Leistung	kW <sub>th</sub>	20 x 47
Betriebsstunden	h/a	7.500
Kesselwirkungsgrad	%	90
Stromeigenbedarf (Bezug Primärenergie)	%	0,5

<sup>15</sup> bspw. <http://www.bioflamme.de/>



#### **4.3.3.2 Lösungsalternative 2: Weidenutzung**

Die bedeutenden Schwierigkeiten aufgrund der Geländestruktur drängen eine Alternative zur Biomasseproduktion und ihrer energetischen Nutzung auf, die Nutzung mit Weidetieren.

Die Schwierigkeiten ergeben sich durch die sehr kleinen Schläge, sowohl in den Hängen als auch den Tallagen. In den Tallagen kommen die starke Vernässung und die Beschattung dazu, die eine Heugewinnung sehr erschwert. Auch ein Befahren mit Maschinen ist nur in wenigen Zeitfenstern im Jahr möglich. Die Hanglagen sind steil und waren bzw. sind terrasiert. Wie nicht zuletzt auch die Untersuchung der TU Kaiserslautern [Uhlig / Wüst 2008] zeigte, sind diese sehr schmal und waren nie für einen Einsatz mit größeren Maschinen angelegt. Im Gegenteil wurde die Landwirtschaft ehemals weitgehend manuell durchgeführt, so dass sogar befahrbare Zuwegungen in die Hänge fehlen. Die Erfahrung zeigt, dass die Trockenmauern einer Befahrung nicht standhalten.

In den Tallagen ist eine Beweidung mit Schafen unsachgemäß, wenn auch in kleinem Umfang praktiziert. Das Futterangebot ist nicht angepasst, vor allem kommt es zu einem hohen Wurmbefall bzw. einem entsprechend hohen Bedarf an Wurmkuren. Geeigneter sind Pferde oder aber Rinder. In Elmstein gibt es einen kleinen Bestand an Hinterwälder Rind, einer alten Haustierrasse, die durch seine Kleinheit, seinen feinen Knochenbau und damit verbunden seine Leichtigkeit besonders für kleinräumig strukturierte Mittelgebirgslandschaften gut geeignet ist.

Diese Rasse könnte auch in den Hangbereichen eingesetzt werden. Eine Alternative wäre hier die Schafhaltung. Eine Ergänzung mit einem Besatz an Eseln wäre nicht nur für den Tourismus ein Highlight. Esel haben ein starkes Gebiss und helfen auf verbuschten Hutungen zur Offenhaltung.

Der Austausch mit Herrn Haag (Fa. Haag Forstarbeiten) aus Elmstein und dem dortigen Ortsbürgermeister Hr. Kratz zeigte, dass aktuell in diese Richtung der Weidenutzung eine Lösung angestrebt wird.

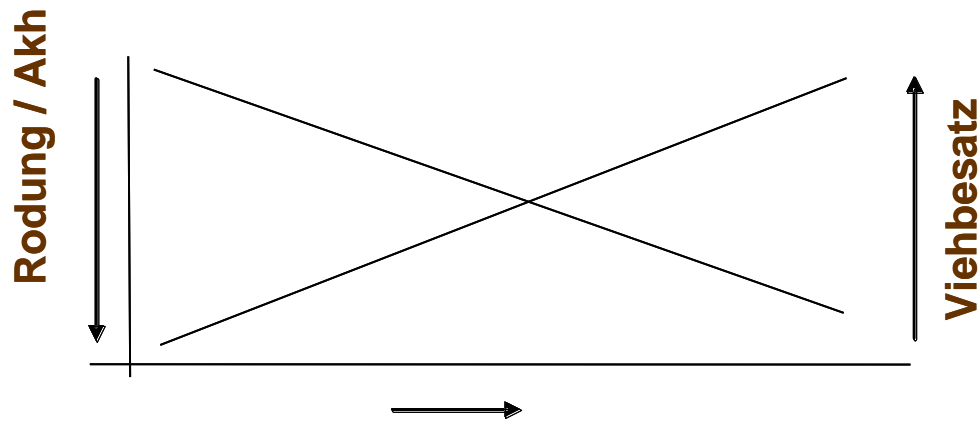


Abb. 4-28 Konzept der schrittweisen Urbarmachung und Weidenutzung

Die Idee ist hierbei, einen fixen, für die Landschaftspflege zur Verfügung stehenden Betrag auszuloben. Über die Jahre verlagert sich dabei der Anteil, 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.

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.

#### 4.3.4 Bewertung

##### 4.3.4.1 Ergebnisse der ökologischen Bewertung

Die ökologische Bewertung umfasst die Betrachtung der möglichen Nutzung des Landschaftspflegematerials gegenüber dem Ist-Zustand, in dem das Material nicht von den Flächen geborgen wird. Letzteres wird als neutral betrachtet, d.h. ohne positive oder negative Umweltwirkungen.

Die Weidenutzung lässt sich nicht ohne weiteres quantifizieren, der Aufwand ist jedoch vergleichsweise gering. Dem steht ein Nutzen gegenüber, der sich aus der substituierten landwirtschaftlichen Futtermittelproduktion ableiten lässt. Über die diskutierten Wirkungskategorien hinweg dürfte die Option Weidenutzung im Saldo immer mit einer gewissen Umweltent-

lastung verbunden sein.

Für die dauerhafte Bereitstellung des Landschaftspflegematerials als Brennstoff wird wie beschrieben davon ausgegangen, dass eine Erhaltungsdüngung erforderlich ist. Das einmal im Jahr geborgene Material wird über 5 km zu einer Umladestation transportiert (20 m<sup>3</sup> Heu pro Fahrt bzw. 1,25 t pro Fahrt<sup>16</sup>). Dort wird das Heu auf Lkw verladen und weitere 20 km zu einer Pelletierungsanlage gebracht.

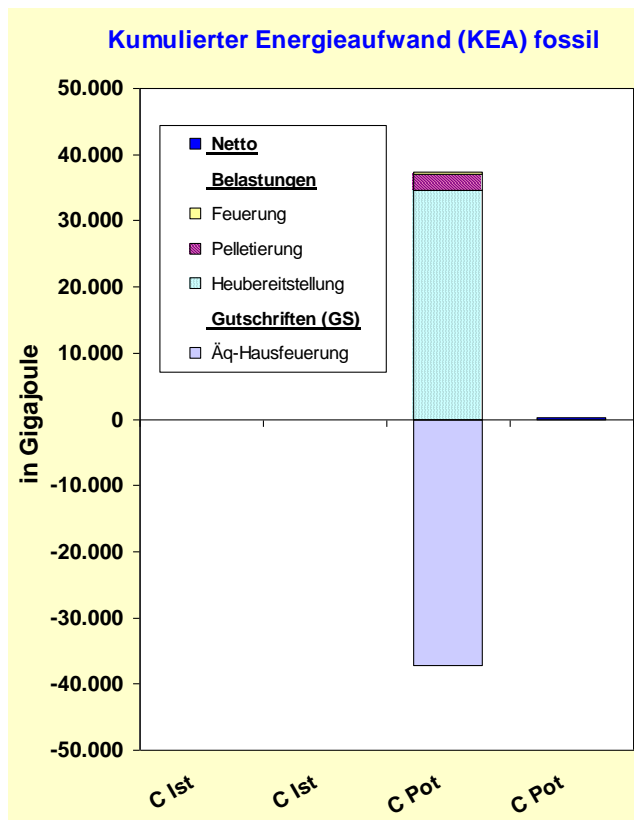


Abb. 4-29 Ergebnisse Kumulierter Energieaufwand

Die Verfeuerung der Pellets erfolgt in Hausfeuerungsanlagen. Die Pellets werden über Tankwagen angeliefert, in Tanks im Keller gelagert und automatisch beschickt.

Durch die erzeugte Wärme wird angenommen, dass die durchschnittliche Wärmeerzeugung in Haushalten ersetzt wird: 50 % Gas- und 50 % Ölheizung.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse des Szenarienvergleichs für die Wirkungskategorien Treibhauseffekt, kumulierter Energieaufwand (KEA) fossil und Versaue-

<sup>16</sup> Raumbedarf 16 m<sup>3</sup>/t; Dichte 62,5 kg/m<sup>3</sup>

rung.

In allen drei Wirkungskategorien zeigt sich eine Verschlechterung durch das Potenzialszenario gegenüber der Ist-Situation. Dies ist in allen Fällen sehr stark durch die Heubereitstellung bestimmt und darunter durch den Transport des losen Heus von der Fläche zur Sammelstelle. Beim kumulierten Energieaufwand (KEA) fossil bedingt der Transport 96 % der Aufwendungen zur Heubereitstellung, beim Treibhauseffekt 91 % und bei der Versauerung ebenfalls noch rd. 79 %.

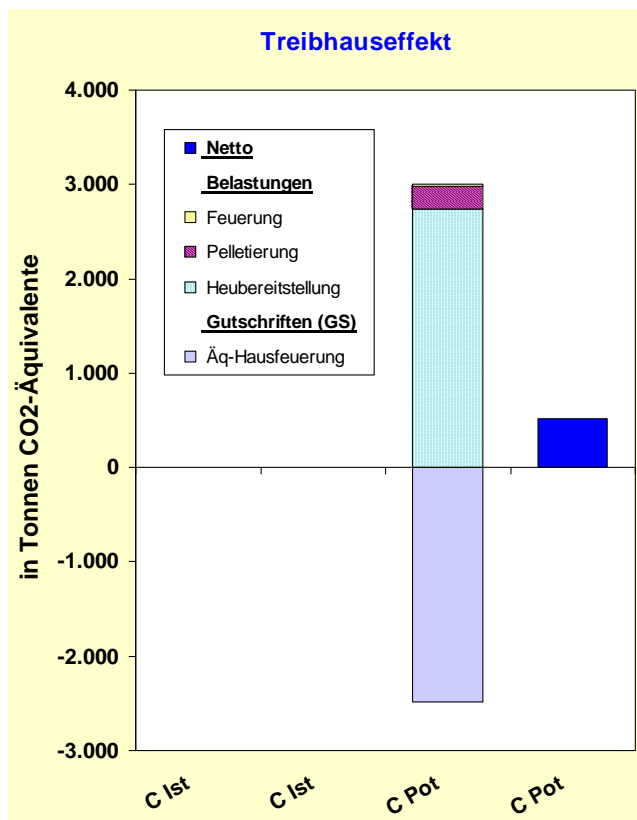


Abb. 4-30 Ergebnisse Treibhauseffekt

Während beim KEA und Treibhauseffekt Entlastungen erreicht würden, wenn der Transportaufwand für die Heubereitstellung geringer ausfallen würde, ist dies bei der Versauerung nicht zu erwarten, da alleine die Aufwendungen der Pelletierung und Feuerung fast den erzielbaren Nutzen überwiegen. Allerdings ist hierbei anzumerken, dass die relevanteren NOx-Emissionen der Feuerung aus Daten für Hackschnitzelfeuerungsanlagen abgeleitet wurden und evtl. überschätzt sind.

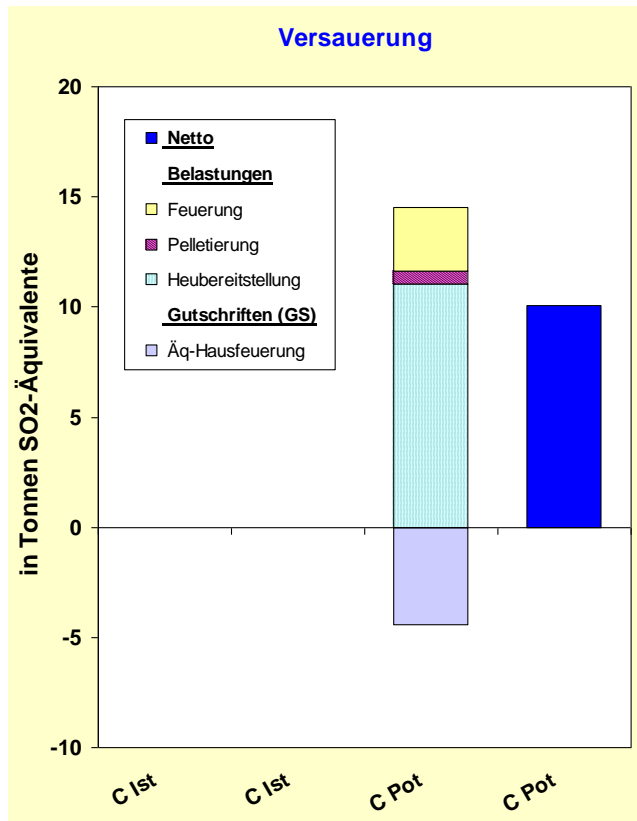


Abb. 4-31 Ergebnisse Versauerung

### Fazit ökologische Bewertung

Die Mobilisierung und Verwertung von Landschaftspflegegut ist mit einem deutlichen ökologischen (und ökonomischen) Aufwand verbunden. Die Randbedingungen in der gewählten Beispielsregion VG Lambrecht erschweren dies noch insbesondere durch fehlende größere Brennstoffabnehmer sowie der äußerst erschwerten maschinellen Bearbeitung der Flächen, die sich in den Tallagen durch die hohen Wasserstände, in den Hanglagen aus den kleinen, steilen, kaum mit Fahrwegen erschließbaren Grundstücken auf Terrassen ergeben, die sich wegen der fehlenden Stabilität der Trockenmauern nicht mit schwerem Gerät befahren lassen.

Auch wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich das System der thermischen Nutzung der Biomasse noch optimieren lässt – insbesondere durch Verbesserung der Transportwürdigkeit – ist aus ökologischer Sicht unter den vorhandenen Randbedingungen eher eine Weidenutzung zu empfehlen.

Die Weidenutzung ist mit einem vergleichsweise geringen maschinellen und damit energetischen Aufwand (Mahd in mehrjährigem Abstand) verbunden. Zudem kann auf eine Düngung

verzichtet werden. Der damit verbundene Nutzen liegt in der Futtermittelproduktion, die ansonsten bei gleicher Fleischleistung und Stallhaltung notwendig würde. Dies lässt sich im Rahmen dieses Projektes nicht quantifizieren, der ökologische Nutzen dürfte bei einer Saldo-Betrachtung höher liegen als der damit verbundene Aufwand.

#### 4.3.4.2 Ökonomische Bewertung

Da sich die Alternativen nur schwer genau beschreiben und beziffern lassen, ist eine exaktere ökonomische Beurteilung nur eingeschränkt möglich. Die nachfolgenden Aussagen können daher nur zur groben Orientierung dienen.

Tabelle 4-48 Kostenabschätzung Heupellet-Produktion

<b>Erträge</b>		
Ertrag/ha (86 % TM)		4,0 t/ha
Ertrag/ha (100 % TM)		3,4 t/ha
Ertrag/ha (86 % TM) abzgl. 25 % Trocknungsverluste		3,0 t/ha

<b>Kosten pro ha</b>	<b>ohne Pachtkosten</b>	<b>mit Pachtkosten</b>
Variable Kosten	0 €/ha	80 €/ha
Variable Kosten	220 €/ha	220 €/ha
Arbeitskosten	105 €/ha	105 €/ha
<b>Summe</b>	<b>325 €/ha</b>	<b>405 €/ha</b>
- Pelletierung	ca. 50 €/t	ca. 50 €/t
- Lagerung	ca. 16 €/t	ca. 16 €/t
<b>Pelletlinie - Summe</b>	<b>523 €/ha</b>	<b>603 €/ha</b>

Diesen Kosten können Umsätze entgegengestellt werden, welche über einen Umsatzvergleich mit Holzpellets abgeleitet sind. Der Wert von Holzpellets liegt zurzeit bei einer Abnahmemenge von 3 bis 12 t bei einem Nettopreis von etwa 220 €/t inkl. Anlieferung (<http://www.pelletshome.com/-pelletspreise-deutschland>, Stand 09/2010). Nun haben Heupellets jedoch mit 4,2 kWh/kg einen um 15 % geringeren Heizwert pro Masseinheit als Holzpellets (4,9 kWh/kg). Außerdem liegt der Aschegehalt ca. elfmal höher, was sich wiederum auf die Ascheentsorgungskosten auswirkt. Beide Unterschiede zusammen führen zu dem Ergebnis, dass der Absatz bei einem Preis von etwa 75 % bezogen auf den Holzpellet-Preis Chancen auf Erfolg haben könnte.

Im vorliegenden Beispiel könnte daher mit Einnahmen von ca. 165 €/t inkl. Anlieferung ge-

rechnet werden. Rechnet man die Anlieferungskosten aus dem Erlös heraus<sup>17</sup>, könnte so bei Einbeziehung des Trockenverlustes ein Umsatz von bis zu 450 €/ha erzielt werden. Wird der Umsatz mit den variablen Kosten verrechnet, so ergibt sich eine vorläufige Unterdeckung von ca. 70 €/ha bis 150 €/ha.

Dazu kommen Verwaltungs- sowie logistische Personal- und Sachkosten beim Vertrieb und vor allem die Kosten für die logistische Behandlung der Biomasse von der Fläche bis hin zur Pelletierung.

Eine analoge ökonomische Bewertung der Weidekosten nach der alternativen Nutzungsoption wurde nicht durchgeführt. Die Fleischproduktion kann angesichts der kleinen Parzellen, der schwierigen Geländelage sowie den Aufwendungen für die Urbarmachung auch mittelfristig wahrscheinlich ebenfalls nicht kostendeckend durchgeführt werden. Der spezifische Deckungsbeitrag dürfte aber deutlich höher liegen.

### **Fazit ökonomische Bewertung**

In allen Fällen dürfte der Zuschussbedarf zumindest teilweise aus Landesmitteln gedeckt werden können. Nach den Förderungsgrundsätzen der Landespflege<sup>18</sup> 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 Nutztierassen anlegen ließe, eventuell in Koordination mit Tierschutz-

---

<sup>17</sup> Lkw-Kosten 300 €/Tag; 1 Tour / Tag bei 20t Zuladung = 15 €/t Frachtkosten

<sup>18</sup> Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt und Forsten vom 06. Dezember 1999: Förderung von Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege

verbänden bzw. der Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen GEH ([www.g-e-h.de](http://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.mwvlw.rlp.de/Landwirtschaft/Tiergenetische-Ressourcen/>



#### **4.4 Impulsprojekt D – Nutzung von Holzhackschnitzeln**

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, in der eine neue Festhalle geplant wird und 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.

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

##### **4.4.1 Potenzialanalyse Buchen**

###### **4.4.1.1 Mengenpotenziale**

Im Bereich der Potenzialanalyse wurden die folgenden Daten in Zusammenarbeit mit der Stadt Buchen ermittelt und ausgewertet. Die Potenzialanalyse in Tabelle 1 besteht aus folgenden, für die Berechnung zugrunde gelegten Kennwerten:

- jährlicher Zuwachs in ha und m<sup>3</sup>/ha
- nutzbarer Anteil des jährlichen Zuwachses in m<sup>3</sup>/ha
- bereits genutztes Holzpotenzial in m<sup>3</sup>/ha
- verfügbares Holzpotenzial, abzüglich des in Nutzung befindlichen Holzes in m<sup>3</sup>/ha

Tabelle 4-49 Holzpotenziale Buchen

Waldfläche nach Baumarten (Stadt Buchen)	Fichte	Tanne	Douglasie	Kiefer	Lärche	Buche	Eiche	Anderes Laubholz* <sub>1</sub>	Anderes Laubholz* <sub>2</sub>
	in ha								
	672	40	207	513	92	938	502	97	89
	in m <sup>3</sup> /ha*a								
Zuwachs	12,2	10,9	15,3	7,1	8,3	7,7	5,8	7,3	7
Nutzbarer Zuwachs: Annahme: 70,0%	8,5	7,6	10,7	5,0	5,8	5,4	4,1	5,1	4,9
Bereits in Nutzung	8,2	6,9	3,4	3	3,5	6,1	3,4	2,4	1,4
Theoretisches Potenzial	0,3	0,7	7,3	2,0	2,3	0,0	0,7	2,7	3,5
	Holzpotenzial								
Theoretisches Potenzial in m <sup>3</sup>	228	29	1.513	1.011	213	0	331	263	312
in t (w15)/a* <sub>3</sub>	107	13	772	515	125	0	229	181	215
in MWh (w15)/a	464	57	3.334	2.227	542	0	949	753	892
Σ in MWh (w15)/a	6.600								
in MWh (w15)/a; Annahme: 20 % für HHS verfügbar	93	11	667	445	108	0	190	151	178
Σ in MWh (w15)/a	1.300								
* <sub>1</sub> hohe Umtriebszeit (z. B. Bergahorn & Esche)									
* <sub>2</sub> niedrige Umtriebszeit (z. B. Sandbirke & Vogelkirsche)									
* <sub>3</sub> Umrechnungen nach Lohman (2001), S. 34 ff.									

Die Analyse zeigt, dass für die untersuchten Varianten ein theoretisches Holzpotenzial von rund 6.600 MWh bzw. 660.000 Liter Heizöl-Äquivalenten im Bereich des Nadelholzes vorhanden ist. Es wird angenommen, dass davon etwa 20 %, rund 1.300 MWh bzw. 130.000 Liter Heizöl-Äquivalent, als verfügbares Potenzial zur Herstellung von HHS zur Verfügung stehen. Dies entspricht rund 1.600 Srm.

#### 4.4.1.2 Aufbereitungskosten für die Potenzialerschließung

Für die Energiebereitstellung der genannten Hölzer wurden folgende logistische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen festgelegt.

Tabelle 4-50 Kennwerte der Hackschnitzelerzeugung (alle €-Beträge verstehen sich als Lohnkosten inkl. USt.)

<b>Faustzahlen für Hack- Transport und Trockenkosten</b>	
Rohstoffkosten	35,00 €/Fm
Aufarbeitungskosten	8,00 €/Fm
Rückekosten	10,00 €/Fm
Hackerkosten	180,00 €/h
Hackleistung (Nadelholz)	80 Srm/h
Hackleistung (Laubholz)	60 Srm/h
Transporterkosten	75,00 €/h
- Transportstrecke (Wald -> Trocknung -> Lager)	60 km
- Transportervolumen	40 Srm
- Transportgeschwindigkeit	35 km/h
- Benötigte Entladezeit (inkl. quittieren)	10 min
Radladerkosten	75,00 €/h
Beladeleistung (Radlader)	90 Srm/h
Trocknungskosten	2,50 €/Srm

Die Ermittlung der benötigten Schüttraummeter (Srm) erfolgte unter den dargestellten Bedingungen:

- 80 % der benötigten Energie wird durch Holz bereitgestellt;
- die erforderliche Menge an Hackschnitzel wird auf einen Wassergehalt von 15 % getrocknet (Gleichgewichtsfeuchte im Freien).

Die folgende Tabelle zeigt die Herleitung der erforderlichen Menge an HHS anhand der Kennwerte des HHS-Kessels.

Tabelle 4-51 Berechnung der Srm

Kennwerte des HHS-Kessel				
Anlagenleistung in kWp		600		
Vollaststunden/a		1.600,00		
Anlagenwirkungsgrad		90%		
Energieerzeugung in MWh/a		960,0		
Energiebedarf in MWh/a		1.066,67		
Holzart	anteilig	in MWh	in t (w15)	in Srm*
Buche	0,0%	0,00	0,00	0,00
Eiche	0,0%	0,00	0,00	0,00
Nadelholz	100,0%	1.066,67	257,15	1.605,34
<b>Σ</b>	<b>100,0%</b>	<b>1.066,7</b>	<b>257,2</b>	<b>1.605,3</b>

\* Umrechnungen nach Lohmann (2001), S. 34. ff.

Über die Anlagenkennwerte und die physikalischen Holzeigenschaften ergibt sich ein Jahresbedarf an Holzhackschnitzel von etwa 1.600 Srm bzw. rund 1.070 MWh. Diese Menge liegt im Rahmen der als verfügbares Potenzial genannten Menge und gilt deswegen unter den gegebenen Annahmen als akquirierbar.

Für die Holzbeschaffung und Logistik fallen unter Anwendung der Daten folgende Kosten an:

Tabelle 4-52 Berechnung der Kosten pro Srm inkl. USt.

Variable Kosten (k <sub>v</sub> ) der Brennholzbereitstellung	
Rohstoffkosten	22.474,72 €
Aufarbeitungskosten	5.137,08 €
Rückekosten	6.421,35 €
Hack- und Beladekosten	5.117,01 €
Transportkosten	5.661,68 €
Trocknungskosten	4.013,34 €
Beladekosten nach Trocknung	1.337,78 €
<b>Σ</b>	<b>50.162,97 €</b>
<b>= Kosten/Srm</b>	<b>31,25 €</b>
<b>Σ (ohne Rohstoffkosten)</b>	<b>27.688,25 €</b>
<b>= Kosten/Srm</b>	<b>17,25 €</b>

Bei der hier dargestellten Ausgangssituation betragen die Kosten für den Brennstoff Holzhackschnitzel (ohne Rohstoffkosten) 17,25 €/Srm. Für die weiteren Untersuchungen wurde deshalb ein Brennstoffpreis von rund 17,00 €/Srm angesetzt. Dieser niedrige Preis setzt voraus, dass die benötigte Rohstoffmenge ab Stock unentgeltlich zur Verfügung steht und einzig die Aufwendungen für Hacken, Transport und Trocknen aufgebracht werden müssen.

Die gesamten Bereitstellungskosten von rund 30 €/Srm sind im Beispiel vergleichbar mit den Verkaufspreisen von Forstunternehmen. Diese liegen je nach Unternehmen zwischen 24 und 35 €/Srm. Der Wassergehalt dieser HHS liegt dann jedoch in der Regel bei über 25 %. Wird im vorliegenden Beispiel eine mechanische Trocknung ausgeschlossen, so lässt sich der Bereitstellungspreis bis auf rund 28 €/Srm senken.

#### **4.4.2 Beschreibung der Szenarien**

Die folgende Untersuchung betrachtet zwei Varianten in verschiedenen Szenarien. Das Szenario 1 untersucht die Wirtschaftlichkeit einer Wärmeversorgung mit Holzhackschnitzeln und einem Nahwärmenetz im Ortskern von Buchen und gliedert sich in 6 Varianten. Das Szenario 2 untersucht die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung vom bestehenden Holzheizkraftwerk Buchen zu verschiedenen öffentlichen Gebäuden in der Stadt Buchen und gliedert sich in 2 Varianten. Die folgenden Untersuchungsvarianten berücksichtigen keine Warmwasserbereitung für den täglichen Bedarf.

##### **Szenario 1: Holzheizung mit einem Nahwärmenetz im Ortskern von Buchen**

In allen untersuchten Varianten wurde eine Holzfeuerungsanlage als Grundlast berechnet. Für die Abdeckung der Spitzenlast ist ein Gaskessel in die Berechnungen eingeflossen. Die Investitionskosten wurden mit Hilfe einer Kostenfunktion berechnet, diese beinhalten Holz-kessel, Brennstofftransport, hydraulische und elektr. Einbindung sowie Planungskosten.

In allen Planungsszenarien wurde ein Gaspreis von 0,05 €/kWh netto berücksichtigt.



Abb. 4-32 Nahwärmenetz Buchen

Diese Szenario gliedert sich in die folgenden Varianten (die hier angegebenen Farben beziehen sich auf die bereits aufgeführten Potenziale der Stadt Buchen)

#### 1-A HZ Halle bzw. 1-A HZ Rathaus

Angeschlossene Gebäude: Rathaus; Bauamt; (Frankenland)Halle; KIGA; Dekanat und Kirche (rote und blaue Linie)

- Analysiert kommunale und kirchliche Gebäude im Ortskern mit der Berücksichtigung der Trassenverlegung unter einer Bahnlinie.
- Des Weiteren werden zwei Standorte für eine Heizzentrale (HZ) betrachtet:
  - Die Analyse beinhaltet bei der Variante 1-A HZ Halle keine Baukosten für einen Heizraum. Dies begründet sich durch den geplanten Neubau der Halle, der die Investitionskosten bezüglich eines Heizraumes schon berücksichtigt.
  - Die Variante 1-A HZ Rathaus beinhaltet Kosten für den Umbau von Heizräumen. Diese Kosten wurden mittels einer Kostenfunktion eruiert.

#### 1-B HZ Frankenland Halle

Angeschlossene Gebäude: Rathaus; Bauamt und Frankenlandhalle (rote Linie)

- Untersucht kommunale Gebäude unter der Berücksichtigung der Trassenverlegung unter einer Bahnlinie und der Heizzentrale in der Frankenlandhalle

### **1-C HZ Rathaus**

Angeschlossene Gebäude: Rathaus; Bauamt (rote Linie)

- Wärmeversorgung des Rathauses und Bauamtes (Nahwärme; Heizzentrale Rathaus). Die Insellösung für die Frankenlandhalle wird separat betrachtet. Diese Variante beinhaltet Umbaukosten für die Heizzentrale im Rathaus.

### **1-D HZ Rathaus**

Angeschlossene Gebäude: Rathaus; Bauamt; Kirche; KIGA und Dekanat (rote und blaue Linie)

- Rathaus; Bauamt; KIGA, Dekanat; Kirche Nahwärme. Diese Variante beinhaltet Umbaukosten für die Heizzentrale im Rathaus. Insellösung für die Frankenlandhalle

### **1-E Insellösung Frankenland Halle mit einer Pelletheizung**

## **Szenario 2 – Nutzung bestehendes Holzheizkraftwerk**

Diese Szenario prüft die Wirtschaftlichkeit eines Nahwärmenetzes vom bestehenden Holzheizkraftwerk Buchen zu verschiedenen öffentlichen Gebäuden. Hierfür wurden zwei Varianten berechnet.

2-A Nahwärmenetz öffentliche Gebäude

2-B Nahwärmenetz zu Rathaus; Bauamt; Frankenlandhalle; KIGA; Dekanat und Kirche



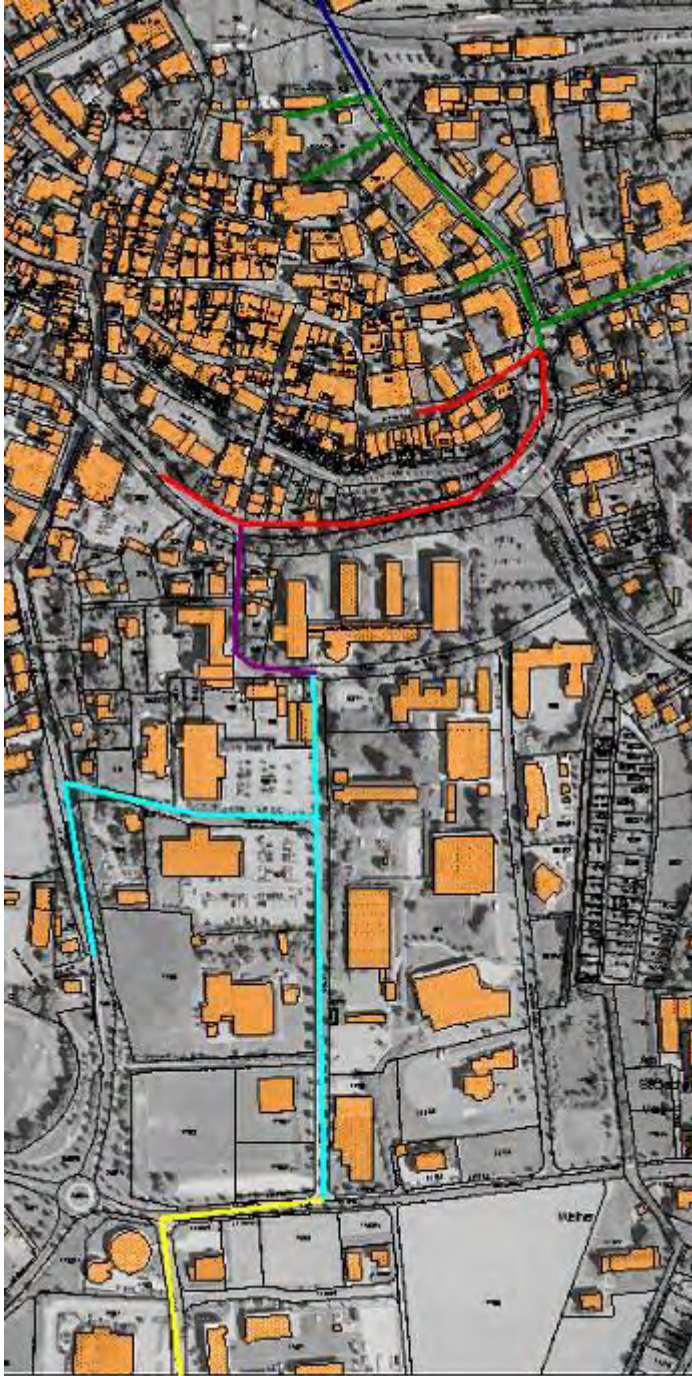


Abb. 4-33 Nahwärmenetz vom Holzheizkraftwerk Buchen an die öffentlichen Gebäude

### 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.



### 4.4.3 Ökonomische Bewertung

#### 4.4.3.1 Ökonomische Bewertung der Szenarien in Variante 1

##### Berechnung der Wärmepreise

Die Berechnungen der untersuchten Szenarien beinhalten folgende Gebäude und die dargestellten Kennwerte. Eine weitere Grundlage bilden die Verbrauchsdaten der Gebäude, die mittels eines Fragebogens erhoben wurden.

Tabelle 4-53 Liste der Gebäude und deren Vollbenutzungsstunden

Untersuchte Varianten 1A bis 1E	Vollbenutzungsstunden [h/a]
Katholische Kirche St. Oswald	1.000
Kindergarten St Oswald	1.500
Wimpinahaus+Dekanat St. Oswald	1.500
Stadtbauamt Buchen, Contracting	1.500
Rathaus Buchen	1.500
Stadthalle geplant	700

Für die Berechnung der Kesselleistung wurden die Jahresverbrauchsmengen an Brennstoff herangezogen. Den bestehenden Heizanlagen wird ein Jahreswirkungsgrad von 80 % zugrunde gelegt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Kesselleistungen, den Brennstoffbedarf sowie eine etwaige Bunkergröße. Diese Daten bilden die Grundlage für die weitere Untersuchung. Die Variante 1-E Frankenlandhalle wurde mit einer Pelletheizung ausgerüstet. Aus diesem Grund beziehen sich der angegebene Heizwert sowie der Brennstoffbedarf jeweils auf eine Tonne.

Tabelle 4-54 Darstellung der Kesselleistungen und Brennstoffbedarf der Varianten, von Szenario 1

Untersuchte Varianten 1A bis 1E	Heizzentrale			Wärmeenergie incl. Netzverluste 12% und Kesselwirkungsgrad 90%		Brennstoffbedarf			
	benötigte Kesselleistung [kW]	Grundlast 50%	Spitzenlast 50%	Nutzenergie bedarf + Verluste HÜ u. Netz [kWh/a]	Endenergie bedarf neu [kWh/a]	Heizwert Nadelholz W15 [kWh/SRM]	Brennstoff Gas [kWh/a]	Brennstoffbedarf Holz [SRM]	Größe Brennstoffbunker netto [m³]
Variante 1-A HZ Halle Stadt Buchen, Kirche, Halle	852	426	426	1.200.755	1.334.172	700	266.834	1.525	70 bis 75
Variante 1-A HZ Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle									
Variante 1-B HZ Halle nur Stadt Buchen	546	273	273	697.736	775.262	700	155.052	886	40 bis 50
Variante 1-C Rathaus Bauamt	331	165	165	535.631	595.145	700	119.029	680	40 bis 50
Variante 1-D Stadt Buchen u.Kirche	632	316	316	1.038.650	1.154.055	700	230.811	1.319	50 bis 60
Variante 1-E Frankenlandhalle	244	49	195	162.105	180.117	5	90.058	18	10 bis 15
Referenz Gasheizung Rathaus Buchen							493.272		

Ausgehend von der Datenanalyse wurde der Investitionsbedarf für die Varianten berechnet. Die nächste Tabelle zeigt die Nettoinvestitionssumme. Die Grundlage der dargestellten Förderungen bildet das Marktanzreizprogramm des BMU (MAP) und bezieht sich auf die Holz-kesselanlage und das Nährwärmenetz.

Tabelle 4-55 Darstellung der Investitionskosten der einzelnen Varianten, von Szenario 1

Untersuchte Varianten 1A bis 1E	Investitions-kosten [€]	Förderungen nach MAP [€]	Invest. minus Förderung [€]	davon		
				Heizzentrale und Kessel-anlagen [€]	Nahwärme-netz und HÜ [€]	sonstige Investitionen [€]
Variante 1-A HZ Halle Stadt Buchen, Kirche, Halle	553.710	-47.000	506.710	303.190	177.352	26.367
Variante 1-B HZ Halle nur Stadt Buchen	430.537	-29.000	401.537	258.129	123.000	20.502
Variante 1-C HZ Rathaus Rathaus u. Bauamt	341.126	-10.000	331.126	273.000	40.704	16.244
Variante 1-D HZ Rathaus Stadt Buchen u.Kirche	533.673	-40.000	493.673	340.712	127.723	25.413
Variante 1-E Frankenlandhalle	75.495	-1.000	74.495	71.900	0	3.595
Variante 1-A HZ Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	649.128	-51.000	598.128	380.128	187.000	31.000
<i>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</i>	<i>36.447</i>		<i>36.447</i>	<i>34.712</i>		<i>1.736</i>

Die folgende Tabelle zeigt die Wärmeerzeugungskosten in Form der jährlichen Aufwendungen für Betrieb und Anschaffung der dargestellten Anlagen. Der Zinssatz von 3,5 % für das benötigte Fremdkapital ist eine Fördermaßnahme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) für Kommunen.

Tabelle 4-56 Darstellung der jährlichen Wärmeerzeugungskosten der Varianten, von Szenario 1

Untersuchte Varianten 1A bis 1E	Wärmeerzeu-gungskosten netto [€/a]	davon				
		Kapitalkosten bei Zinssatz 3,5% [€/a]	Betriebs-kosten [€/a]	davon		sonstige Kosten [€/a]
				Verbrauchs-kosten Gas [€/a]	Verbrauchs-kosten Holz [€/a]	
Variante 1-A HZ Halle Stadt Buchen, Kirche u. Halle	98.119	31.903	55.664	13.075	25.921	10.552
Variante 1-B HZ Halle nur Stadt Buchen	69.527	25.541	36.234	7.598	15.062	7.753
Variante 1-C HZ Rathaus Rathaus u. Bauamt	56.690	21.284	29.060	5.832	11.563	6.345
Variante 1-D HZ Rathaus Stadt Buchen u.Kirche	87.703	30.007	48.000	11.310	22.422	9.696
Variante 1-E Frankenlandhalle	24.708	5.873	16.516	4.413	4.191	2.320
Variante 1-A HZ Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	106.163	30.007	58.136	13.316	25.921	12.071
<i>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</i>	<i>29.532</i>	<i>2.939</i>	<i>24.912</i>	<i>24.200</i>		<i>1.681</i>

Die nächste Tabelle zeigt den Wärmepreis der Varianten. Der Wärmepreis dient der Vergleichbarkeit der Varianten. Die durchgeführte Analyse erfolgte methodisch nach der VDI 2667.

Tabelle 4-57 Darstellung der Wärmepreise der Varianten, von Szenario 1

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 u. Halle	1.022.311	98.119	0,096	0,114
Variante 1-B HZ Halle nur Stadt Buchen	601.787	69.527	0,116	0,137
Variante 1-C HZ Rathaus Rathaus u. Bauamt	447.787	56.690	0,127	0,151
Variante 1-D HZ Rathaus Stadt Buchen u. Kirche	868.311	87.703	0,101	0,120
Variante 1-E Frankenlandhalle	154.000	24.708	0,160	0,191
Variante 1-A HZ Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	1.022.311	106.163	0,104	0,124
<b>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</b>	<b>394.618</b>	<b>29.532</b>	<b>0,075</b>	<b>0,089</b>

### Fazit Szenario 1

Die Analyse ergab einen verhältnismäßig hohen Wärmepreis pro kWh im Vergleich mit einer Sanierung der Gasheizung. Dieser resultiert aus den niedrigen Vollbenutzungsstunden (Privatgebäude 1.900 h/a) und einem sehr hohen Gleichzeitigkeitsfaktor, der je nach Variante von 90 % bis 100 % reicht (bei Bioenergiedörfern in der Regel 75 % bis 85 %). Dadurch ist eine hohe Kesselleistung erforderlich mit entsprechend hohen Investitionskosten.

Zudem wird auch 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.

Eine dezentrale Wärmeversorgung der Frankenlandhalle stellt sich nicht wirtschaftlich dar. Der Grund hierfür sind die relativ hohen Investitions- und Betriebskosten für die Holzfeuerung bei gleichzeitig geringer Auslastung.

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 anstrebenwert ist, erneuerbare Energieträger bei der Wärmebereitstellung einzusetzen, verdeutlicht die weiter unten folgende Sensitivitätsanalyse. Hier wird bei der Ergebnisdarstellung

lung über einen längerfristigen Zeitraum ersichtlich, dass auch eine hohe Abhängigkeit von den gewählten Preissteigerungsraten besteht.

Die Abbildung zeigt die Wärmepreise der einzelnen Varianten im Vergleich.

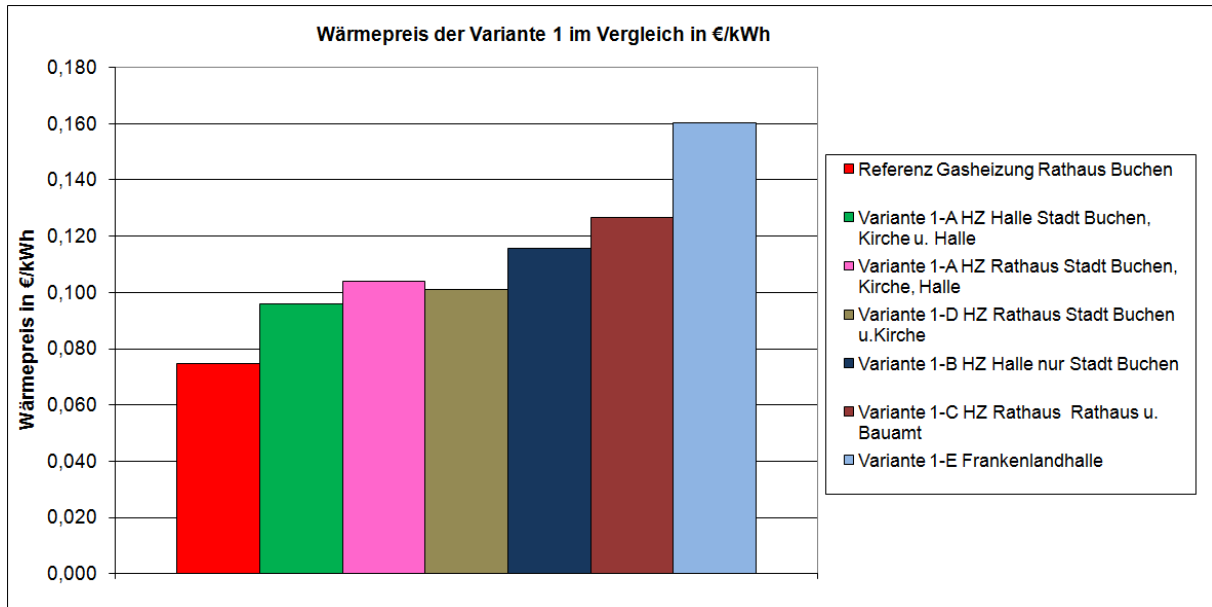


Abb. 4-34 Wärmepreise der Varianten in €/kWh, von Szenario 1

Bezüglich der Preisentwicklung der fossilen Energieträger wurde eine Sensitivitätsanalyse unter den folgenden Voraussetzungen durchgeführt:

Tabelle 4-58 Preissteigerungsraten der Sensitivitätsanalyse

Preissteigerungsraten	
Inflation	2,00%
Holz	3,00%
Gas	5,00%
Gas	7,00%
Strom	6,00%

Die gewählten Preissteigerungsraten wurden mit den beteiligten Akteuren abgesprochen. Für die Referenzvariante Gas sind zwei Preissteigerungsraten zur Darstellung einer Sensitivitätsanalyse herangezogen worden.

- Die Steigerungsrate 5 % resultiert aus Angaben der Stadtwerke Buchen.
- Die 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.

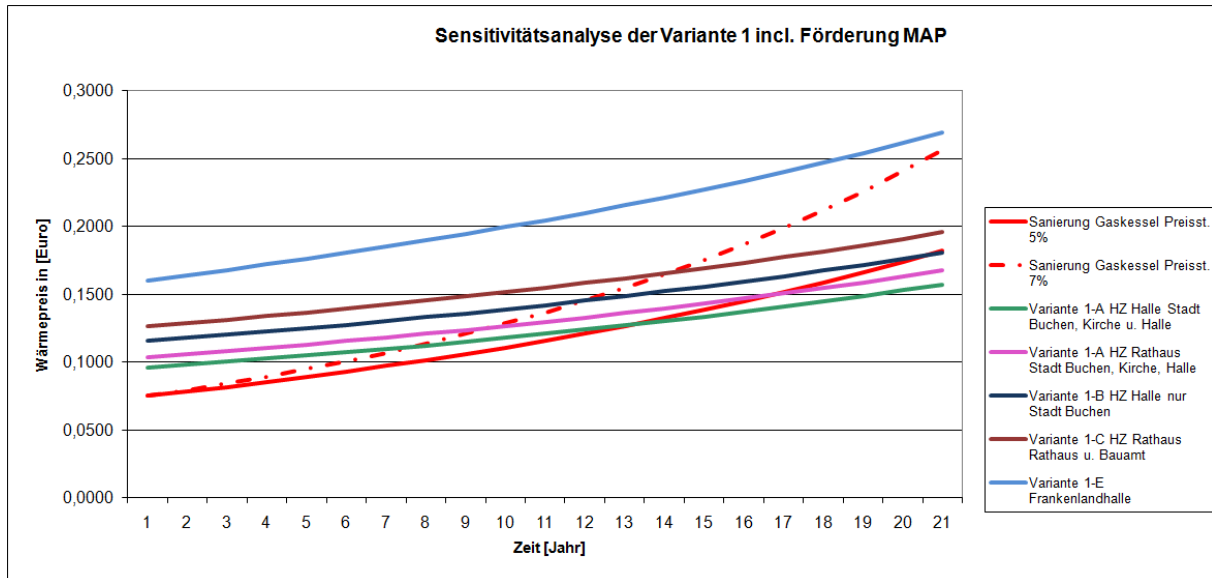


Abb. 4-35 Sensitivitätsanalyse von Szenario 1

Insbesondere anhand der günstigen Preisentwicklungskurve für die Variante 1-A HZ Halle (grüne Linie) wird ersichtlich, dass eine Versorgung mit Holz bereits ab dem achten Betriebsjahr die wirtschaftlichste 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. Es sollte aber grundsätzlich noch nach weiteren möglichen Wärmesenken in der Standortnähe gesucht werden, da dies das Verhältnis von Nutzenergie und Wärmeherzeugungskosten verbessert. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn sich die kirchlichen Gebäude nicht anschließen.

### Bewertung der Variante 1 unter der Berücksichtigung der angegebenen Fördermaßnahmen für die Stadt Buchen

Im Bereich der Fördermaßnahmen gibt es nach Auskunft der Gemeindeverwaltung Buchen weitere Möglichkeiten der Projektförderung. Deswegen ist für die Berechnungen der Varianten 1-A bis 1-D eine weitere Analyse, mit den in der nächsten Tabelle angegebenen Investitionszuschüssen durchgeführt worden. Diese Fördersätze wurden nicht im Umfange dieses Projektes geprüft. Vor diesem Hintergrund werden die Ergebnisse kurz dargestellt und erörtert.

Tabelle 4-59 Fördersätze, Angabe Stadt Buchen

Untersuchte Varianten 1A bis 1E	Kesselanlage Spitzenlast Gas Förderung [%]	Förderung Rauchgas [%]	Förderung Heizung HHS [%]	Förderung Heizung für Frankenlandhalle [%]	Förderung Heizzentrale [%]	Förderung Nahwärmenetz [%]	HÜ Stadt Förderung [%]
Variante 1-A HZ Halle Stadt Buchen, Kirche, Halle	25,00%	25,00%	25,00%	50,00%		25,00%	25,00%
Variante 1-B HZ Halle nur Stadt Buchen	25,00%	25,00%	25,00%	50,00%		25,00%	25,00%
Variante 1-C Rathaus Bauamt	25,00%	25,00%	25,00%		25,00%	25,00%	25,00%
Variante 1-D Stadt Buchen u.Kirche	25,00%	25,00%	25,00%		25,00%	25,00%	25,00%
Variante 1-E Frankenlandhalle	50,00%			50,00%			
<b>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</b>	25,00%						

Die Förderung reduziert deutlich die Investitionskosten. In der folgenden Tabelle ist die Fördersumme ausgewiesen. Die untersuchten Varianten berücksichtigen bei den kirchlichen Liegenschaften die Fördermaßnahmen nach MAP.

Tabelle 4-60 Investitionsförderung, Angabe Stadt Buchen

Untersuchte Varianten 1A bis 1E	Investitionskosten [€]	Förderungen Angaben Stadt Buchen [€]	Invest. minus Förderung [€]	davon		
				Heizzentrale und Kesselanlagen [€]	Nahwärmenetz und HÜ [€]	sonstige Investitionen [€]
Variante 1-A HZ Halle Stadt Buchen, Kirche, Halle	553.709	-143.597	410.113	221.245	162.500	26.367
Variante 1-B HZ Halle nur Stadt Buchen	430.537	-114.656	315.881	185.863	109.517	20.502
Variante 1-C HZ Rathaus Rathaus u. Bauamt	341.126	-81.220	259.905	208.633	35.028	16.244
Variante 1-D HZ Rathaus Stadt Buchen u.Kirche	533.673	-128.132	405.541	260.658	119.469	25.413
Variante 1-E Frankenlandhalle	73.500	-35.000	38.500	35.000	0	3.500
<b>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</b>	<b>36.447</b>	<b>-8.678</b>	<b>27.769</b>	<b>26.034</b>	<b>0</b>	<b>1.302</b>

Die Analyse zeigte, dass die Investitionskosten in den Varianten 1-A bis 1-D um rund 20 % gesunken sind. Die Ausnahme bildet die Insellösung Frankenlandhalle. Hier sind die Investitionskosten um rund 50 % niedriger als bei der Vergleichsberechnungen mit der Förderung nach MAP.

Im Vergleich sind die Kosten für die Wärmeerzeugung pro kWh im Durchschnitt um 9 % gesunken. Die höchste Einsparung ergab sich bei den Varianten mit dem geringsten Wärmeabsatz, wie z. B. bei der Variante 1-C Rathaus und Bauamt 11 %. Die Ausnahme bildet hier die Frankenlandhalle mit einer Reduzierung des Wärmepreises um 21 %.

In der nachstehenden Tabelle werden die absoluten Werte dargestellt:

Tabelle 4-61 Wärmepreisberechnung mit dem Bezug auf die Förderung der Stadt Buchen

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 u. Halle	1.022.311	89.513	0,088	0,104
Variante 1-B HZ Halle nur Stadt Buchen	601.787	61.881	0,103	0,122
Variante 1-C HZ Rathaus Rathaus u. Bauamt	447.787	49.977	0,112	0,133
Variante 1-D HZ Rathaus Stadt Buchen u.Kirche	868.311	81.434	0,094	0,112
Variante 1-E Frankenlandhalle	154.000	19.525	0,127	0,151
Referenz Gasheizung Rathaus Buchen	394.618	25.711	0,065	0,078

In der Sensitivitätsanalyse wurden verschiedene Szenarien betrachtet. Die grüne Linie zeigt das große Nahwärmenetz und die beste Variante im Bereich der erneuerbaren Energien. Die grüne unterbrochene Linie zeigt den Wärmepreis für die Versorgung der Stadt Buchen und die kirchlichen Liegenschaften mit der Frankenlandhalle als Insellösung. Die braune unterbrochene Linie zeigt den Wärmepreis der städtischen Gebäude mit der Frankenlandhalle als Insellösung.

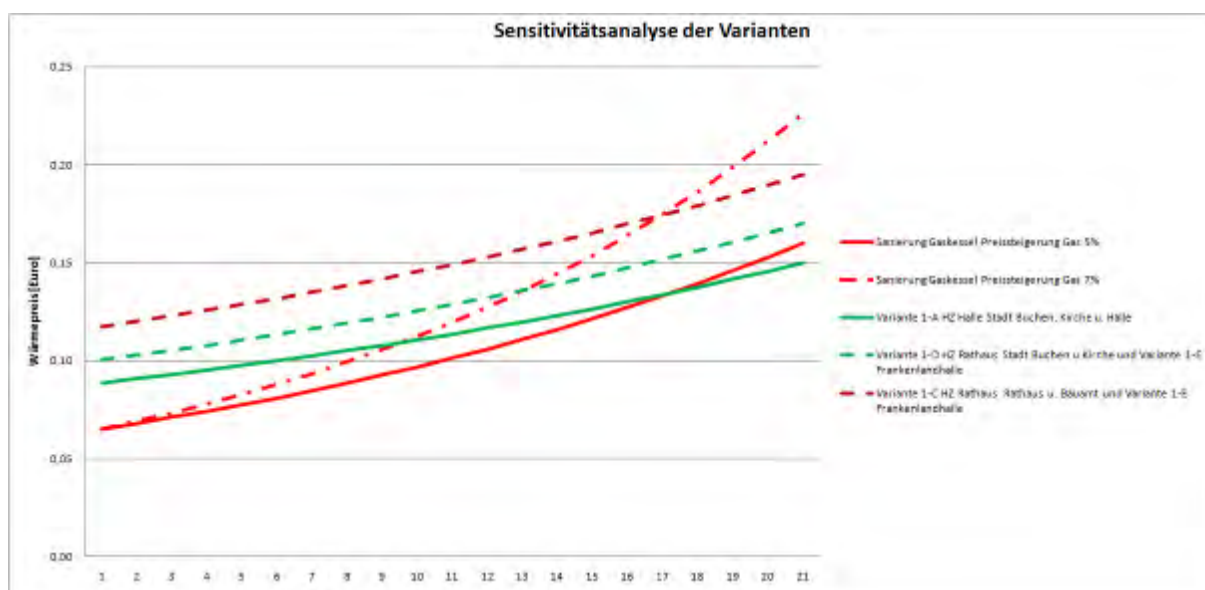


Abb. 4-36 Sensitivitätsanalyse mit den Förderungen für die Stadt Buchen

Die Abbildung zeigt ebenfalls, dass im Bereich der erneuerbaren Energien in diesem Projekt eine Lösung mit möglichst vielen Wärmeabnehmern anstrebenswert ist, da dies das Verhältnis von Nutzenergie und Wärmeerzeugungskosten verbessert.

#### 4.4.3.2 Ökonomische Bewertung der Varianten in Szenario 2

##### Berechnung der Wärmepreise

Die Berechnungen der im Rahmen des Szenario 2 untersuchten Varianten beinhalten die dargestellten Gebäude. Die Kennwerte und Verbrauchsdaten sind mittels eines Fragebogens erhoben worden. Bezüglich der Vollbenutzungsstunden gelten die gleichen Grundlagen wie in Szenario 1. Die Ausnahme ist die Meister-Eckehardt-Schule. Hier ergab die Analyse eine bessere Auslastung der Kesselanlage und somit sind die Vollbenutzungsstunden auf 2.000 h/a angehoben worden.

Tabelle 4-62 Liste der Gebäude mit den Kennwerten

Objekt	Endenergie- bedarf (Ist) [kWh/a]	Kessel- leistung [kW]	Vollbenutzungs- stunden [h/a]
Gymnasium+Feuerwache Buchen	998.328		1.500
Feuerwache Buchen	107		1.500
Meister-Eckehardt-Schule, Schule für Lernbehinderte	213.615	105	2.000
Museum, Trunzerhaus	59.954	45	1.500
Museum, Zehntscheune	8.567	48	1.500
Museum, Steinerner Bau	64.176	85	1.500
VHS, Buchen	43.227	52	1.500
Belz'sches Haus, Museum Buchen, Contracting	34.000	50	1.500
Altenwohnstift	284.433	160	1.500
Katholische Kirche St. Oswald	206.425	235	1.000
Kindergarten St Oswald	112.938	77	1.500
Wimpinahaushaus+Dekanat St. Oswald	206.292	140	1.500
Stadtbauamt Buchen, Contracting	66.462	50	1.500
Rathaus Buchen	493.272	280	1.500
Stadhalle geplant ?	106.250	85	1.000
<b>Summe</b>	<b>2.898.046</b>	<b>1.412</b>	

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Kennwerte für das Nahwärmenetz. Diese berücksichtigen Wärmeverluste im Netz sowie die Wärmeverluste der Hausübergabestationen.



Tabelle 4-63 Darstellung des Energiebedarfs von Szenario 2

Untersuchte Varianten 2 bis 2A	Kesselleistungen			Hausübergabestation		Netz	Wärmeenergie	
	Endenergiebedarf (Ist) [kWh/a]	Nutzenergiebedarf [kWh/a]	Kesselleistung [kW]	Leistung HÜ [kW]	Nutzenergiebedarf + Verlust HÜ [kWh/a]	Netzabschnittsleistung [kW]	Nutzenergiebedarf + Verluste HÜ u. Netz [kWh/a]	Endenergiebedarf neu [kWh/a]
Variante 2	3.066.042	2.452.834	1.412	1.690	2.581.930	1.873	3.148.695	3.498.550
Variante 2-A Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	1.239.389	1.022.311	1.002	854	1.076.117	946	1.200.755	1.334.172
<i>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</i>	493.272	394.618	280	263	415.387	291		

Ausgehend von der Datenanalyse wurde der Investitionsbedarf für die beiden Varianten berechnet. Die folgende Tabelle zeigt die Nettoinvestitionssumme. Die Grundlage der dargestellten Förderungen bildet das Marktanzreizprogramm des BMU (MAP) und bezieht sich auf das Nahwärmenetz und Hausübergabestationen. Die Investitionssumme ist abhängig von der Dimensionierung und der Trassenlänge. Das Netz besitzt bei der Variante 2 eine Länge von ca. 4.600 m. Die Variante 2-A ist etwa 3.700 m lang. 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 Durchpressungen der Nahwärmeleitung unter der Bahn (mit 33.000 €) berücksichtigt.

Tabelle 4-64 Darstellung der Investitionskosten von Szenario 2

Untersuchte Varianten 2A bis 2B	Kesselleistungen			Hausübergabestation		Netz	Wärmeenergie	
	Endenergiebedarf (Ist) [kWh/a]	Nutzenergiebedarf [kWh/a]	Kesselleistung [kW]	Leistung HÜ [kW]	Nutzenergiebedarf + Verlust HÜ [kWh/a]	Netzabschnittsleistung [kW]	Nutzenergiebedarf + Verluste HÜ u. Netz [kWh/a]	Endenergiebedarf neu [kWh/a]
Variante 2-A öffentliche Gebäude von Buchen	3.066.042	2.452.834	1.412	1.690	2.581.930	1.873	3.148.695	3.498.550
Variante 2-B Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	1.239.389	1.022.311	1.002	854	1.076.117	946	1.200.755	1.334.172
<i>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</i>	493.272	394.618	280	263	415.387	291		

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Wärmeerzeugungskosten der beiden Varianten. Diese beinhalten die jährlichen Aufwendungen für den Betrieb der dargestellten Anlagen. Der Zinssatz von 3,5 % für das benötigte Fremdkapital ist eine Fördermaßnahme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) für Kommunen.

Tabelle 4-65 Darstellung der jährlichen Wärmeerzeugungskosten von Szenario 2

Untersuchte Varianten 2A bis 2B	Wärmeerzeugungskosten netto [€/a]	davon			
		Kapitalkosten bei Zinssatz 3,5% [€/a]	Betriebskosten [€/a]	Verbrauchskosten [€/a]	sonstige Kosten [€/a]
Variante 2-A öffentliche Gebäude von Buchen	185.000	107.000	23.351	31.487	23.000
Variante 2-B Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	143.000	78.000	16.231	31.487	17.000
<i>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</i>	<i>29.532</i>	<i>2.939</i>	<i>24.912</i>	<i>24.200</i>	<i>1.681</i>

In der nachfolgenden Tabelle wird der Wärmepreis der Variante 2 dargestellt und 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.

Tabelle 4-66 Darstellung der Wärmepreise der Variante 2

Untersuchte Varianten 2A bis 2B	Nutzenergiebedarf [kWh/a]	Wärmeerzeugungskosten netto [€/a]	Wärmepreis netto [€/kWh]	Wärmepreis brutto [€/kWh]
Variante 2-A öffentliche Gebäude von Buchen	2.452.834	185.000	0,075	0,090
Variante 2-B Rathaus Stadt Buchen, Kirche, Halle	1.022.311	143.000	0,140	0,166
<i>Referenz Gasheizung Rathaus Buchen</i>	<i>394.618</i>	<i>29.532</i>	<i>0,075</i>	<i>0,089</i>

## Fazit Szenario 2

Bei diesen Gegebenheiten ist die Variante 2-A konkurrenzfähig mit der Referenz der 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 14,0 €-Cent netto gestiegen. Aus diesem Grund kann diese Variante (geringe Anschlussdichte) nicht als wirtschaftlich sinnvolle Variante beurteilt werden.

In der Sensitivitätsanalyse werden verschiedenen Szenarien der Variante 2 dargestellt. Die Wärmekosten unterliegen in diesem Beispiel einer Steigerungsrate von 2 %. Die weiteren Kostenparameter beinhalten die gleichen Preissteigerungsraten, wie sie in der folgenden Tabelle aufgeführt sind.

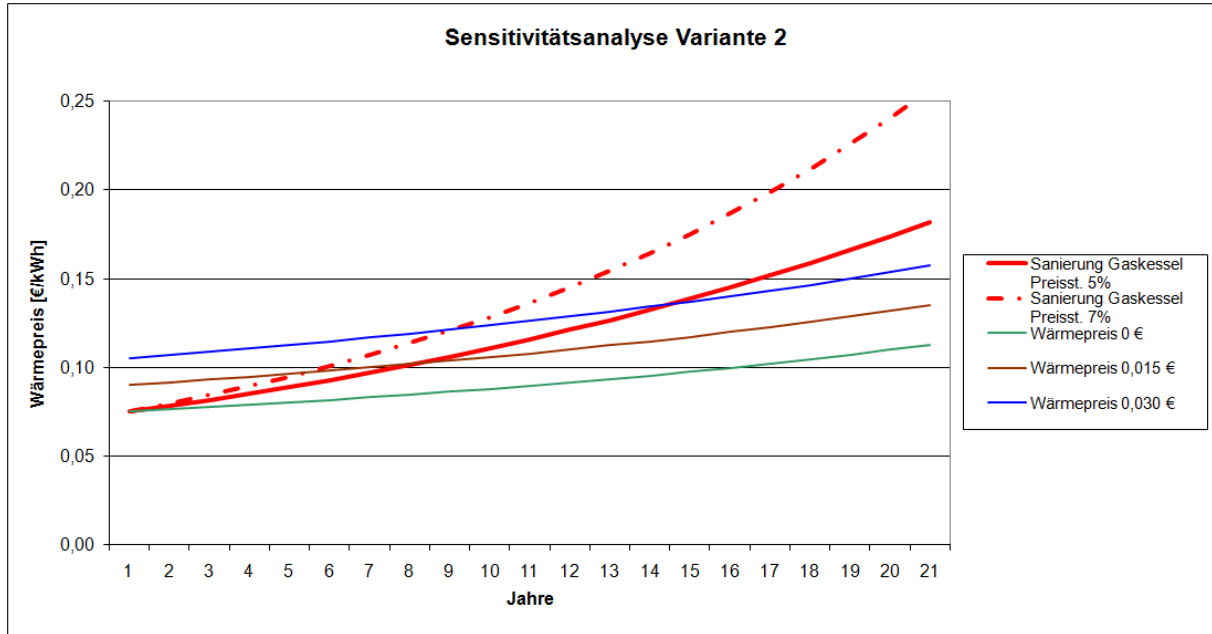


Abb. 4-37 Sensitivitätsanalyse Von Szenario 2

Im Vergleich mit der Sanierung der konventionellen Gasfeuerung mit einer Preissteigerung für den Brennstoff Gas von 5 % ist das Nahwärmenetz bei einem Wärmepreis von 0,015 €/kWh netto (von der Anlage) eine wirtschaftliche Alternative. Die Analyse macht deutlich, dass bei einem Wärmebedarf von ca. 3.000 MWh/a und einem Wärmepreis von 0 bis 0,015 €/kWh (trotz großer Distanz) das Nahwärmenetz eine wirtschaftliche und ökologische Alternative ist. Die gesamten Kosten für die Wärmebereitstellung würden in dieser Darstellung zwischen ca. 0,075 €/kWh bis 0,090 €/kWh netto betragen.

#### 4.4.4 Ökologische Bewertung der Szenarien 1 und 2

Das Nahwärmekonzept Buchen diskutiert den Einsatz von Hackschnitzeln aus Wald-Energieholz zur Wärmeversorgung von öffentlichen Gebäuden (und möglichst darüber hinaus) in der Stadt Buchen. Die Holzgewinnung und dessen Weiterverarbeitung zu Hackschnitzeln sowie deren Lieferung nach Buchen sind in allen betrachteten Varianten gleich und werden daher aus dem Vergleich der Optionen herausgenommen. Der (energetische) Aufwand steht in aller Regel in einem sehr günstigen Verhältnis zum Nutzen, eine regionale Herkunft des Holzes in nachhaltiger Waldwirtschaft unterstellt.

Die Alternativen sind im Wesentlichen:

- ✚ Einsatz der HHS Holz hackschnitzel in einem Feuerungskessel zur reinen Wärmeer-

zeugung; die Holz-Nutzung steht in Konkurrenz zur Befeuerung mittels Erdgas (vgl. Variante 1).

- ✚ Nutzung der im benachbarten Holzheizkraftwerk anfallenden Überschusswärme durch Bau einer Versorgungsleitung zwischen dem Kraftwerksstandort und der Innenstadt Buchens. Auch hier stünde die Wärmenutzung in Konkurrenz zum Einsatz von Erdgas (vgl. Variante 2).

Da in dem Szenario 2 Überschusswärme genutzt werden könnte, die bislang aufgrund fehlender Absatzmöglichkeiten ungenutzt in die Atmosphäre abgegeben wird, unterscheiden sich die beiden Optionen aus ökologischer Sicht allein darin, dass in Szenario 2 alle mit der Wärmeerzeugung anfallenden Emissionen bzw. Umweltwirkungen entfallen, d. h. der mit der Wärmenutzung verbundene Benefit steht keinem Aufwand / Schaden gegenüber. Der bauliche Aufwand zu Errichtung und Betrieb der Wärmeleitungen bzw. des Nahwärmenetzes macht sich angesichts der Lebenszeiten dieser Einrichtungen in der Bilanz nicht relevant bemerkbar. Dies gilt nur, solange unterstellt wird, dass der Stromwirkungsgrad des Holzheizkraftwerkes nicht unter der Wärmeauskopplung leidet und die Wärme quasi als Abfallstoff anfällt, d. h. die Anlage ausschließlich zur Stromerzeugung errichtet wurde und derzeit betrieben wird. Ansonsten müsste der Aufwand über den unterschiedlichen Marktpreis bzw. Erlös für Strom und Wärme auf diese beiden Produkte alloziert werden.

Da das Waldenergieholz nicht beliebig vermehrt werden kann bzw. eine knappe Ressource darstellt, bleibt die Frage, welche Form der energetischen Nutzung aus ökologischer Sicht die angemessenere ist. Um diese Frage beantworten zu können, wird diesen beiden Alternativen eine weitere Alternative gegenübergestellt:

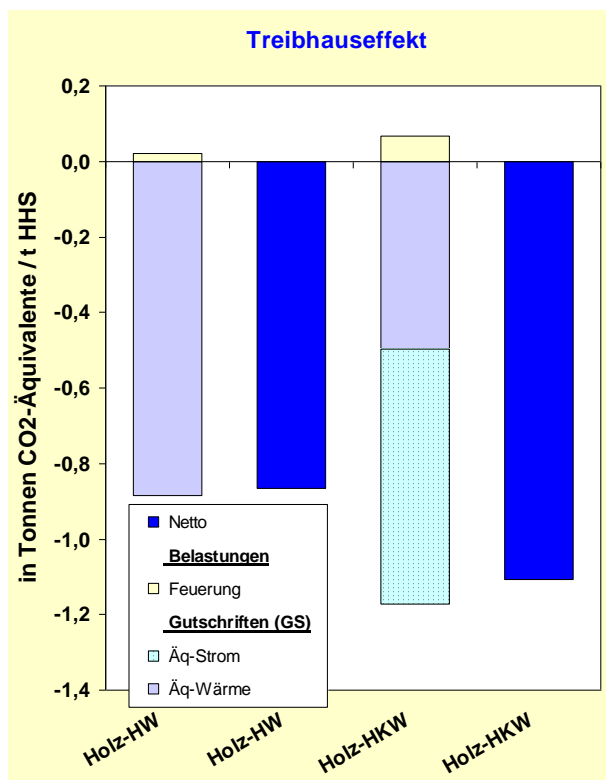
- ✚ Einsatz von Holz hackschnitzel in einem Holzheizkraftwerk in Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Wirkungsgrade unterscheiden sich unter den Anlagen deutlich und ergeben sich aus der technischen Auslegung sowie dem Absatzpotenzial für die Wärme. Ideal ist hier ein wärmegeführtes Heizkraftwerk. Der Holzdurchsatz bzw. die Stromproduktion richtet sich hier am Absatzpotenzial für die Überschusswärme aus. Eine derartige Anlage ist ökologisch optimal, da der Energieinhalt des Holzes höchstmöglich genutzt wird. Da für dieses Nutzungskonzept keine optimalen finanziellen Anreizsysteme geschaffen wurden, ist es vergleichsweise wenig verbreitet, insbesondere bei Großanlagen.

Eine wichtige Ausnahme stellt das in der Innenstadt von Ulm gelegene Holzheizkraftwerk dar. Es speist ein in das große Fernwärmenetz (140 km) und deckt damit 40 % des Raum-

wärmebedarfes in der Stadt Ulm ab. Das Biomasse-Heizkraftwerk wird fast ganzjährig betrieben und deckt die Grundlast des Fernwärmenetzes ab. Der Energieausnutzungsgrad liegt bei >75 %.<sup>19</sup>

Als Beispiel einer energetischen Nutzung von Holz in Kraft-Wärmekopplung wird ein durchschnittliches Holz-HKW, als Mix zu jeweils 50 % mit Wirbelschicht- und Staubfeuerung und einem elektrischen Brutto-Wirkungsgrad von 22 %. Das Holz-HKW verfügt über E-Filter, Wäsche und Denox zur Abgasreinigung. Unterstellt wird, dass die in ein Wärmenetz eingespeiste Überschusswärme zu 100 % als Raumwärme benutzt wird (keine Prozesswärme für industrielle Produktion) und zu etwa jeweils 50 % bislang betriebene Gasheizungen und Heizölkessel ersetzt. Der erzeugte Strom wird in das Netz eingespeist. Gegen gerechnet wird nicht der derzeitige Mix der Stromerzeugung, sondern es wird mit einem Marginalstromansatz gerechnet. Der Substitutionserfolg geht danach zu 75 % zu Lasten der Stromerzeugung auf Steinkohlebasis und zu 25 % zu Lasten von Gaskraftwerken.



<sup>19</sup> Peter Humboldt, Optimiertes Energieverbundsystem der Fernwärme Ulm GmbH, in: Umweltministerium Baden-Württemberg / VKS im VKU Baden-Württemberg (Hg), Abfall als Ressource. Tagungsbeiträge; [http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/60659/\\_VKS-Tagungsband\\_2009\\_-\\_Abfall\\_als\\_Ressource.pdf?command=downloadContent&filename=\\_VKS-Tagungsband\\_2009\\_-\\_Abfall\\_als\\_Ressource.pdf](http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/60659/_VKS-Tagungsband_2009_-_Abfall_als_Ressource.pdf?command=downloadContent&filename=_VKS-Tagungsband_2009_-_Abfall_als_Ressource.pdf)

Abb. 4-38 Einsatz von Holzhackschnitzeln - Treibhauseffekt

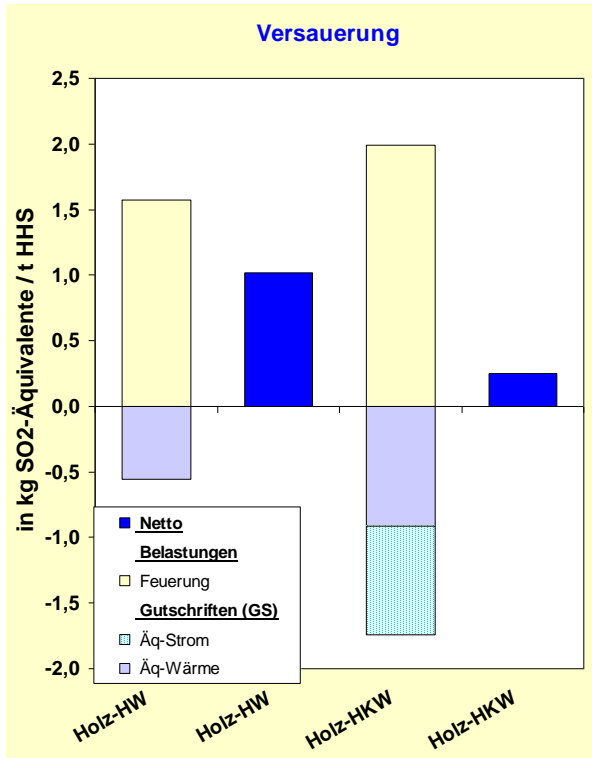


Abb. 4-39 Einsatz von Holzhackschnitzeln - Versauerungspotenzial

### Fazit ökologische Betrachtung

Aus ökologischer Sicht sehr nahe liegend ist es, die am Standort Holz-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 Biomasse-Potenzials für Holz das weniger geeignete Szenario dar.

#### 4.4.5 Zusammenfassung

Die Ausarbeitung verdeutlicht, dass die Wärmeversorgung von öffentlichen Gebäuden auf Basis von Holzenergie eine Herausforderung bezüglich der Wirtschaftlichkeit darstellt. Der relative Wärmepreis pro Einheit (kWh) ist verhältnismäßig hoch und die Amortisationszeit (13-14 Jahre) liegt im Vergleich zu einer konventionellen Gasversorgung ebenfalls vergleichsweise hoch, da eine Sanierung der Gasfeuerung aktuell günstiger ist. Bezüglich der Energieunabhängigkeit und der relativ ungewissen Preisentwicklung der fossilen Energieträger wird jedoch davon ausgegangen, dass es langfristig sinnvoll ist eine Holzfeuerung zu installieren. Hier zeigte sich, dass die Variante 1-A in diesem Vergleich die günstigste ist. Eine dezentrale Wärmeversorgung der Frankenlandhalle ist mit 16 Cent/kWh die teuerste Lösung. Der hohe Wärmepreis resultiert aus dem geringen Wärmebedarf und den niedrigen Vollbenutzungsstunden (700 h/a). Mit der dargestellten Nutzung der Frankenlandhalle würde diese, wie die Kirche, einen azyklischen Wärmebedarf besitzen.

Bezüglich der Wärmeversorgung durch das Holzheizkraftwerk Buchen (Variante 2-A) ist der Wärmepreis, trotz höherer Investitionskosten, günstiger. Dieses Ergebnis resultiert einmal daraus, dass beim Erstellen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kein Wärmepreis vom Betreiber vorlag und nicht berücksichtigt wurde. Die Sensitivitätsanalyse (Abbildung 8) betrachtet aus diesem Grund drei angenommene Wärmepreise (0 Cent; 1,5 Cent; 3 Cent). Zum anderen ist die Wärmeabnahme in der Variante 2-A mit rund 2.500 MWh/a höher als in den Varianten 1 und hat somit auch einen positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Eine Versorgung vom Holzheizkraftwerk zu den öffentlichen Gebäuden der Variante 1 ist um ca. 4,5 Cent/kWh teurer als die Variante 1-A. Somit ist die Wirtschaftlichkeit bei einem Wärmeabsatz von 950 MWh/a nicht mehr gewährleistet.

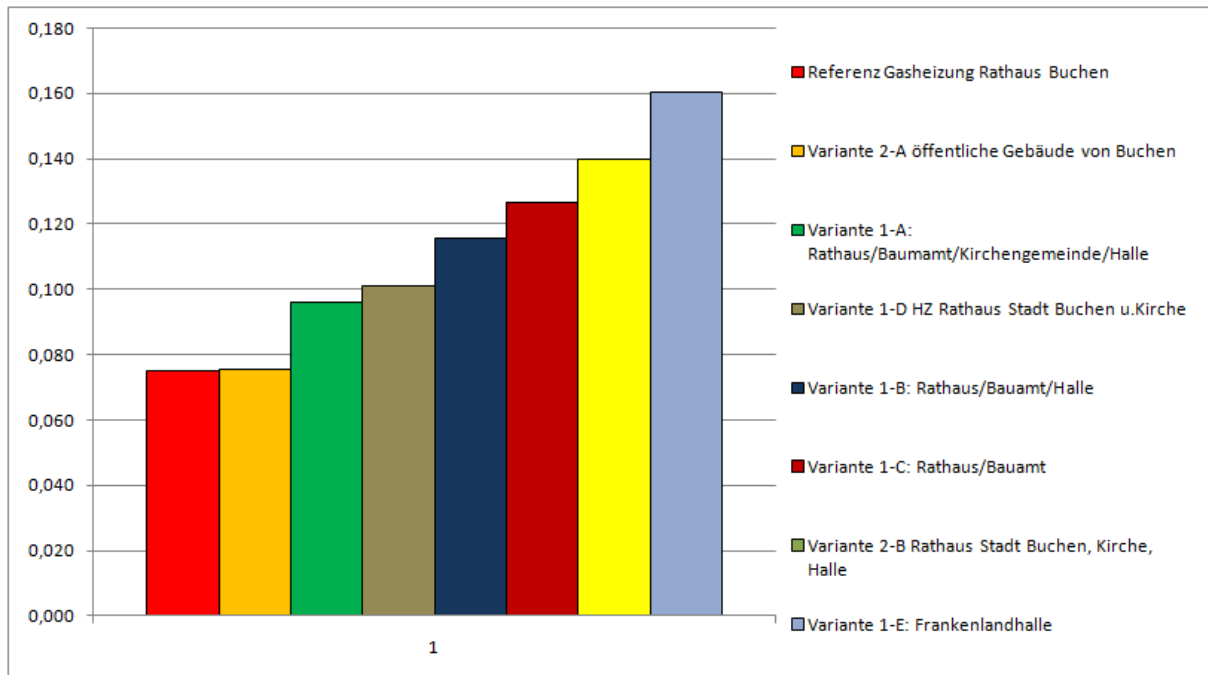


Abb. 4-40 Wärmepreise im Vergleich

Grundsätzlich stellt eine Wärmeversorgung vom Biomasseheizkraftwerk Buchen eine interessante Alternative dar, die unter bestimmten Rahmenbedingungen (v. a. hohe Anschlussdichte) langfristig ökologisch und ökonomisch vorteilhaft wäre. Dieses Szenario sollte auch unter dem Aspekt, einen möglichst effizienten Einsatz von Biomassefestbrennstoffen zu gewährleisten, unbedingt von den einzelnen Entscheidungsträgern weiter verfolgt werden. Derzeit wird eine große Wärmemenge nicht genutzt und Biomasse unzureichend in Wert gesetzt. Mit der Nutzung der Wärmeüberschüsse zu Heizzwecken würde die bestehende biogene Abwärmequelle einer sinnvollen Nutzung zugeführt werden.



## 4.5 Impulsprojekt E – Verwertung von Gülle

Die dem Steckbrief zugrunde liegende Idee ist eine schwerpunktmäßige Verwertung von (Rinder-)Gülle (mindestens 30 Masse-Prozent), welche in großen Milchviehbetrieben (> 100 Stück Milchvieh) der Gemeinde Wald-Michelbach anfällt. Auf dieser Basis soll vor allem Gülle, die unter konventionellen Umständen Treibhausgas-Emissionen und Geruchsbelästigung verursacht, möglichst hoch vergütet, in nutzbare elektrische und thermische Energie umgewandelt werden. Hierzu bietet sich aufgrund der hohen maximal möglichen Vergütung eine kleine Biogasanlage bis 150 kW an. Bei einer 100 % auf Gülle basierenden Anlage, welche 2011 in Betrieb genommen würde, könnte sich so eine Gesamtvergütung von bis zu 25,16 €-Cent pro kWh<sub>el</sub> nach EEG ergeben. Zusätzlich könnte ein KWK-Bonus von 2,94 €-Cent erwirtschaftet werden.<sup>20</sup>

Entstehende Wärmeenergie könnte direkt am Standort zur Trocknung von Holzhackschnitzeln (HHS) oder zur Beheizung von Wohngebäuden und Ställen, aber auch über ein Nahwärmenetz genutzt werden. Außerdem sollten Gärreste, welche nach der kaskadischen Verwertung übrig bleiben, weitgehend emissions- und geruchsneutral ausgebracht werden können, dadurch wird das Klima geschont und Belästigung von Gemeindeangehörigen durch Ausbringung von herkömmlichen Wirtschaftsdünger so weit wie möglich vermieden.

### 4.5.1 Standortbetrachtung für eine Biogasanlage

Bei der Recherche nach möglichen Standorten für eine Vergärungsanlage und ihre Bewertung sind unterschiedliche Standortfaktoren zu berücksichtigen:

- Immissionsunempfindliche Lage / Realisierbarkeit
- Ausreichende Größe; angesetzt wird ein Flächenbedarf von 0,4 ha bzw. 4.000 m<sup>2</sup>
- Lage in der Nähe des Schwerpunkts des Biomasseaufkommens

Gerade der Schwerpunkt bzw. die Verteilung des Biomasse- oder Substrataufkommens ist stark von der Biomasseart abhängig. Während die Gülle, welche auf die Masse bezogen den größten Anteil der verfügbaren Biomasse darstellt, punktuell in den Ställen der Viehhalter anfällt, ist das Aufkommen von pflanzlicher Biomasse primär an Bodengüte, Klima und Topographie gebunden.

Bei den freigewordenen potenziell verfügbaren Biomassen handelt es sich hauptsächlich um

---

<sup>20</sup> Vgl. BUNDESTAG (2008), S. 13 f. & S. 28 ff.

grasartiges Material aus Dauergrünland von steilen, ökonomisch schlecht bewirtschaftbaren Hanglagen. Aus wirtschaftlichen Gründen und der technischen Herausforderung bei der Vergärung des grasartigen faserreichen Materials wird dieses potenzielle Substrat für das hier vorliegende Konzept vorerst ausgeklammert. Anbaubiomassen wie Silomais sind vorhanden, werden jedoch hauptsächlich für die Fütterung der Viehbestände benötigt und können daher nur begrenzt verwendet werden. Daher bietet sich auch aufgrund dieses Aspektes der Fokus auf eine kaskadische Verwertung von Gülle an.

Zusätzlich ist jedoch zu beachten, dass Anwohner (falls in direkter Nähe vorhanden) in den Entscheidungsprozess eingebunden werden sollten. Außerdem müssen für die unterschiedlichen Anfahrtswege der Gülle liefernden Landwirte ggf. Ausgleichsregelungen getroffen werden.

#### **4.5.1.1 Potenzielle Standorte**

Der Untersuchungsraum für Gülle lässt sich aus der Verteilung der Milchviehbetriebe und der begrenzten wirtschaftlichen Transportfähigkeit des Substrats auf die Gemeinde Wald-Michelbach und die in direkter Nachbarschaft gelegenen Gemeinden eingrenzen.

In diesem eingeschränkten Untersuchungsraum sind die folgenden fünf als Standort für eine Klein-Biogasanlage in Frage kommenden Betriebsflächen betrachtet worden.

##### **Standort A**

Der hier untersuchte Milchviehbetrieb verfügt über etwa 200 Stück Milchvieh und einen Ertrag von rund 2.600 m<sup>3</sup> Gülle. Diese Menge genügt nach KTBL, um ein jährliches Potenzial von ca. 11 kW an Anlagenleistung abzudecken.<sup>21</sup> Der Betrieb befindet sich nach Aussage des Betreibers etwas dezentraler als andere Milchviehbetriebe. Aufgrund der wenigen Nachbarn könnte eine Biogasanlage in dieser Lage in Bezug auf Betriebslärm und Geruchsbelästigung wahrscheinlich beschwerdefreier betrieben werden als an zentraler gelegenen Standorten.

---

<sup>21</sup> Vgl. KTBL BIOGASRECHNER (2009), letzter Zugriff am 11.01.10.

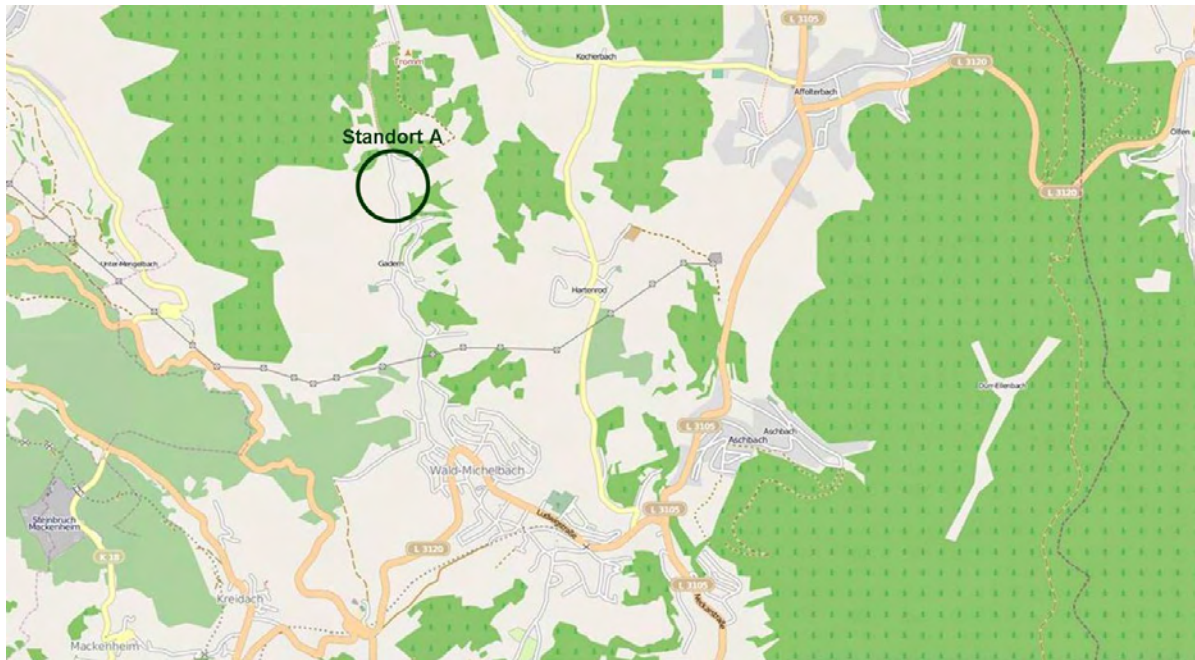


Abb. 4-41 Standort A

Der Standort befindet sich im Ortsteil Gadern, etwa 1,5 km nord-nordwestlich von Wald-Michelbach.

### Standort B

Der hier untersuchte Milchviehbetrieb verfügt etwa über 250 Stück Milchvieh und einen jährlichen Ertrag von etwa 2.500 bis 4000 m<sup>3</sup> Gülle. Der Ertrag schwankt auffallend und ist hauptsächlich vom Weidegang bzw. den Stalltagen der Rinder abhängig. Die Menge der hier erzeugten Gülle genügt nach KTBL, um ein jährliches Potenzial zwischen 11 und 18 kW an Anlagenleistung abzudecken.<sup>22</sup> Zusätzlich stellt der Betreiber des Milchviehbetriebs Flächenkapazitäten zur Silomaisproduktion in Höhe von bis zu 20 ha in Aussicht. Bei einem angenommen Silomaisertrag von 43,5 t/a und ha<sup>23</sup> (Silage, wachsreif, körnerreich bei 35 % TM)<sup>24</sup> ergibt sich hieraus nach KTBL ein Potenzial für weitere 45 kW Anlagenleistung.<sup>25</sup> Damit könnten rund 60 kW an Anlagenleistung durch eigene Substrate abgedeckt werden. Auch der Betreiber des Standortes B könnte sich eine Biogasanlage in direkter Nachbarschaft zu seinem Milchviehbetrieb, eventuell auch auf eigenem Gelände, vorstellen.

<sup>22</sup> Vgl. KTBL BIOGASRECHNER (2009), letzter Zugriff am 11.01.10.

<sup>23</sup> Vgl. KTBL (2007), S. 211.

<sup>24</sup> Vgl. KTBL BIOGASRECHNER (2009), letzter Zugriff am 11.01.10.

<sup>25</sup> Ebenda.

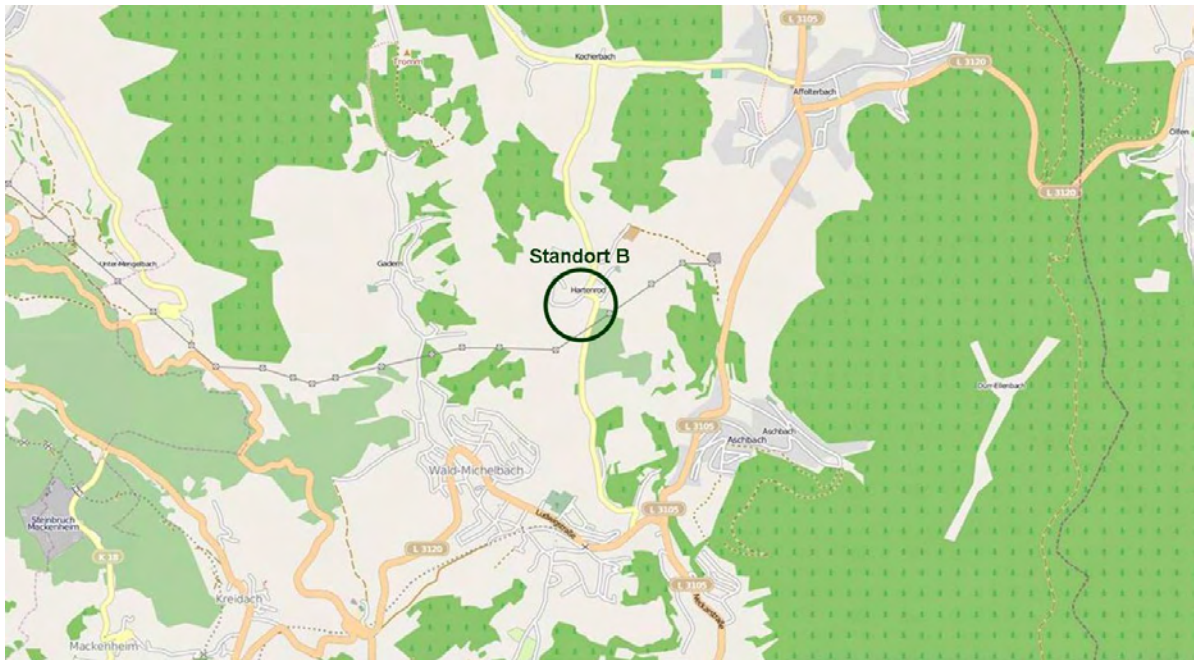


Abb. 4-42 Standort B

Der zweite potenziell in Frage kommende Standort befindet sich ebenfalls 1,5 km von Wald-Michelbach entfernt, jedoch in gerader nördlicher Linie. Die Fahrstrecke zwischen den Betrieben A und B beträgt ca. 2,2 km.

### Standort C

Der dritte in Frage kommende Milchviehbetrieb verfügt über rund 220 Stück Milchvieh und einen Ertrag von etwa 2.700 m<sup>3</sup> Gülle. Diese Menge ist nach KTBL ausreichend, um ein jährliches Potenzial von 12 kW an Anlagenleistung zu ermöglichen.<sup>26</sup> Auch der Betreiber des Standorts C wäre an einer Biogasanlage in der Nähe seines Milchviehbetriebs interessiert. Durch die Nähe zum Standort B (Entfernung: ca. 600 m) könnte auch die Wahl eines gemeinsamen Standortes in Betracht kommen.

<sup>26</sup> Vgl. KTBL BIOGASRECHNER (2009), letzter Zugriff am 11.01.10.



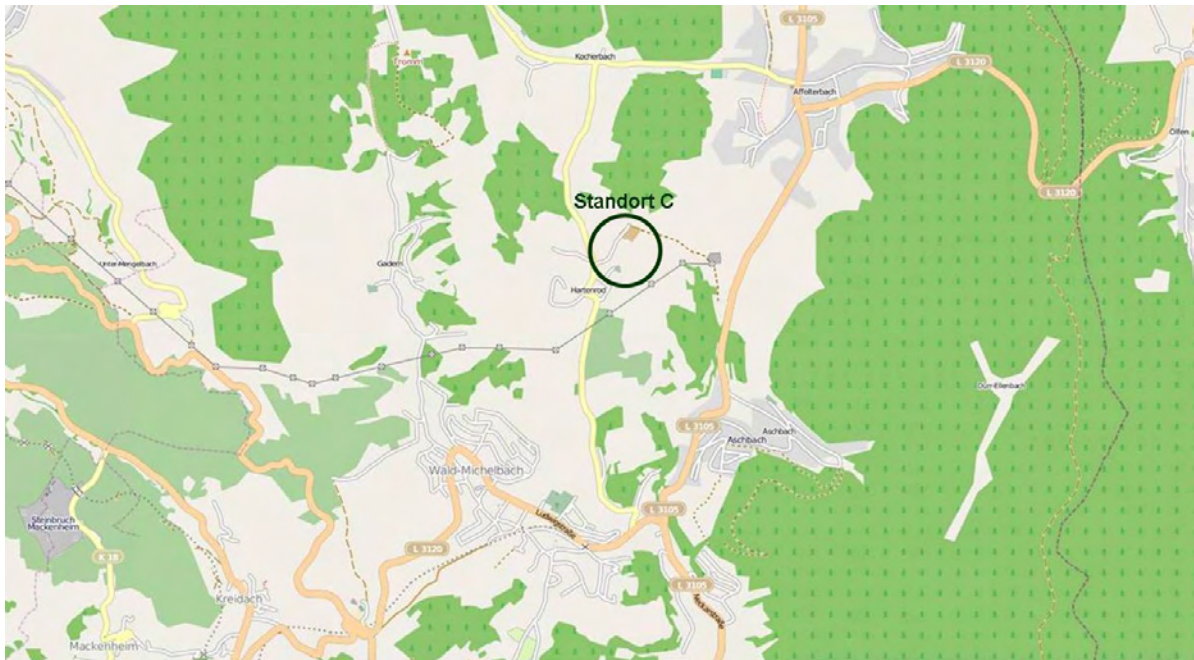


Abb. 4-43 Standort C

Der dritte potenziell in Frage kommende Standort befindet sich etwa 2 km nördlich von Wald-Michelbach. Die Fahrstrecke zwischen den Standorten A und C beträgt ca. 2,8 km.

#### **Standort D**

Als vierter Standort könnte der alte Werksstandort der Coronet GmbH & Co. KG in Wald-Michelbach interessant sein. Auf dem Gelände einer mittlerweile aufgelösten Firma ist der Bau eines Holzhackschnitzelheizwerks geplant, welches durch ein Nahwärmenetz Gebäude der Gemeinde Wald-Michelbach versorgen soll. Laut Herrn Jäger, dem Leiter des Bauamtes von Wald-Michelbach, wäre es sinnvoll, eine Klein-Biogasanlage, welche zusätzlich Wärme in das Nahwärmenetz einspeist oder ihre Abwärme zur Holzhackschnitzeltrocknung bereitstellt, als weitere Alternative einer möglichen Projektumsetzung einzubeziehen. Dieser Vorschlag sollte nach seinen Aussagen unbedingt frühzeitig mit betrachtet werden, um Synergieeffekte bereits in der Planungsphase zu erkennen.

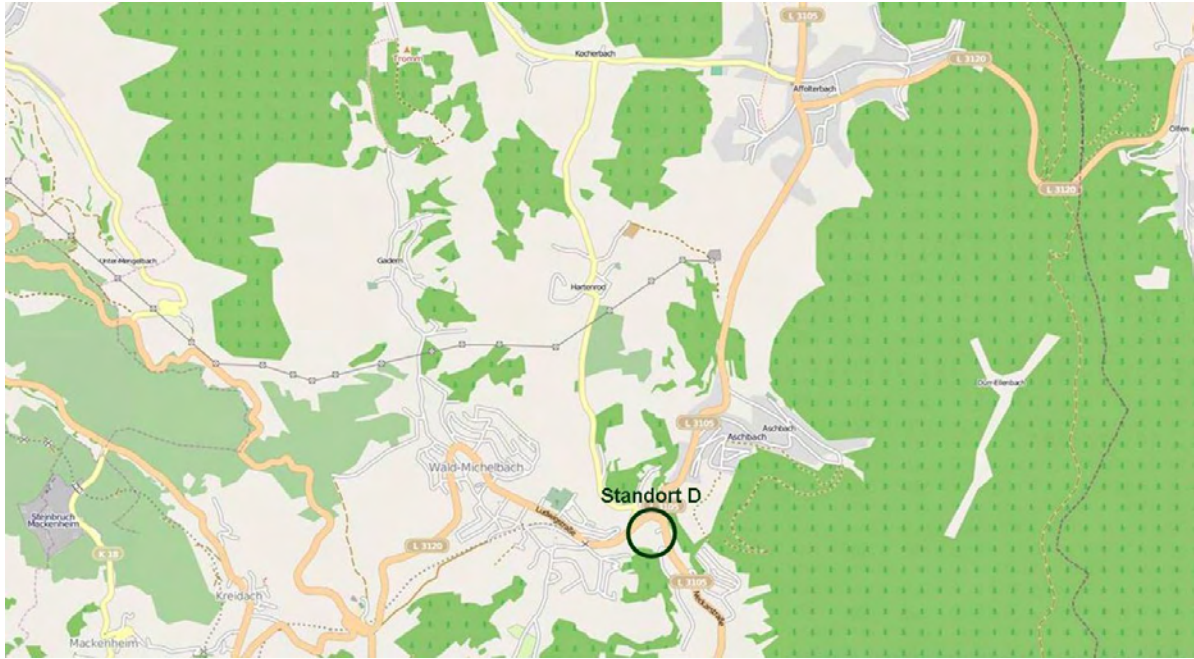


Abb. 4-44 Standort D

Ein potenzielles Problem könnte sich jedoch durch eine eventuelle Geruchsbelästigung durch die Klein-Biogasanlage ergeben, da der Standort nah an Wohnsiedlungen angrenzt. Eine Biogasanlage müsste deswegen weitestgehend störungs- und geruchsfrei funktionieren. Die Implementierung einer entsprechenden Biogas-Technik wäre daher Voraussetzung für die Realisierung an diesem Standort.

### Standort E

Der fünfte Standort ist ebenfalls mit der Projektierung des geplanten Nahwärmenetzes verknüpft. Im Falle des Standortes E wird jedoch aus logistischen (Holztransport) und wirtschaftlichen Gründen nur die Einspeisung in das Nahwärmenetz berücksichtigt. Nicht eigens genutzte Restwärme würde damit direkt in das Nahwärmenetz eingespeist und könnte nach ersten Schätzungen ausreichen, um eine Wärmegrundlast für die Sommermonate abzudecken.<sup>27</sup> Der Standort E ist damit eine alternative Lage für den Standort D, falls eine Geruchsbelästigung von Anwohnern am Standort D nicht ausgeschlossen werden kann.

<sup>27</sup> Vgl. Aussage von Herrn Schäfer von der IBS ENERGIE am 21.01.10.

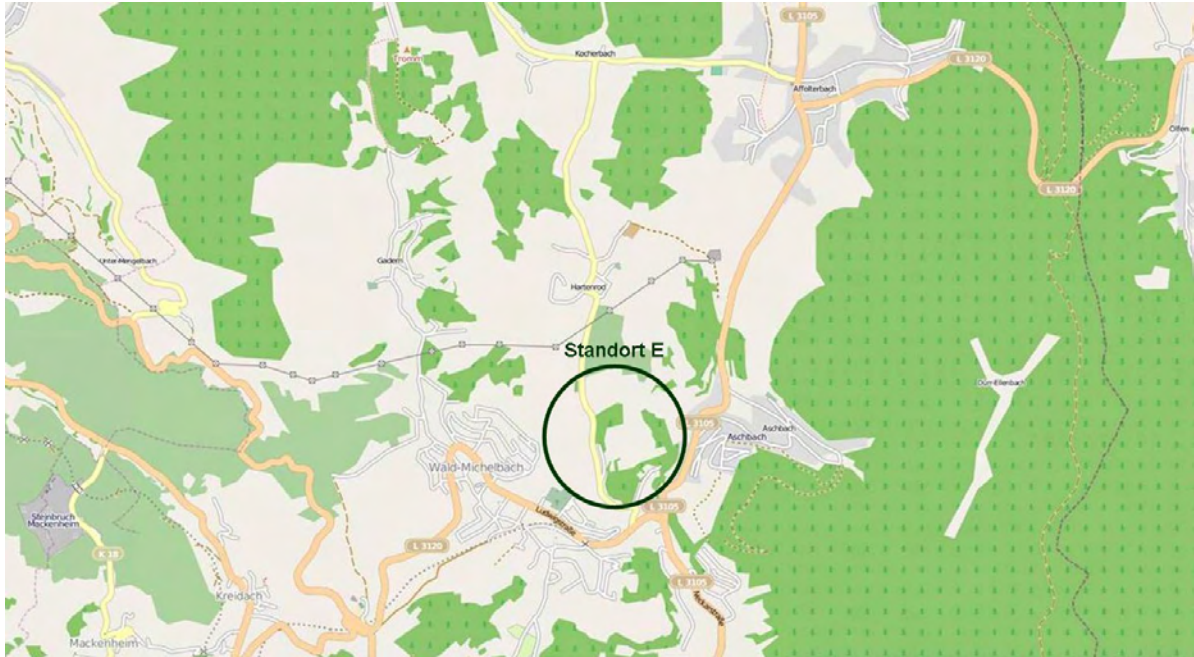


Abb. 4-45 Standort E

Der Standort E liegt auf der den Standorten der Milchviehbauern zugewandten Seite von Wald-Michelbach in der Nähe zu Standort B und C. Die Auswahl einer geeigneten Fläche und die Genehmigung für den Bau einer Biogasanlage im Außenbereich bzw. im Flächenbereich des Standortes E dürfte laut der Aussage von Herrn Kunkel (Bürgermeister von Wald-Michelbach) und Herrn Jäger (Leiter des Bauamtes von Wald-Michelbach) ohne große Probleme zu bewältigen sein.

#### 4.5.1.2 Standortbewertung

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.

Der Standort D wäre daher, falls die Geruchsbelästigung der Anwohner weitestgehend ausgeschlossen werden kann, wahrscheinlich besonders empfehlenswert, da eine ggf. stattfindende Holzhackschnitzeltrocknung direkt am Ort der Verwertung durchgeführt werden könnte und keine weiteren Logistikschritte notwendig wären.

Außerdem könnte im Falle einer Nahwärmenetzeinspeisung die direkte Einspeisung der Wärme über die bereits vorhandene Regeltechnik (Hydraulische Weichen) erfolgen.



Jedoch müssen auch Umweltbelange (Geruchsproblematik) berücksichtigt werden, wodurch wahrscheinlich ein Ausweichen auf den Standort E nötig wird, wo die Einspeisung in das Nahwärmenetz sinnvoller ist, da dadurch die Holztransportlogistik entfällt und die Effizienz der Wärmenutzung höher ist.<sup>28</sup>

Bezüglich der Anbindung von öffentlichen oder ggf. auch privaten Gebäuden ist der Standort E vor allem auch deswegen zu bevorzugen, da innerhalb dieses Standortes eine Fläche gewählt werden könnte, die einen idealen Kompromiss zwischen der Entfernung zu Wohngebieten (wegen der Geruchsproblematik), der Güllianlieferungsstrecke der Milchviehbetriebe und der Entfernung für die Nahwärmenetzanbindung, darstellt.

Ein Nachteil ist jedoch, dass eine gesonderte Nahwärmenetzanbindung gelegt werden muss, um entstehende Wärme zur zentralen Regeltechnik zuzuführen.

Die folgende Abbildung zeigt noch einmal alle potenziellen Standorte in einer Darstellung.

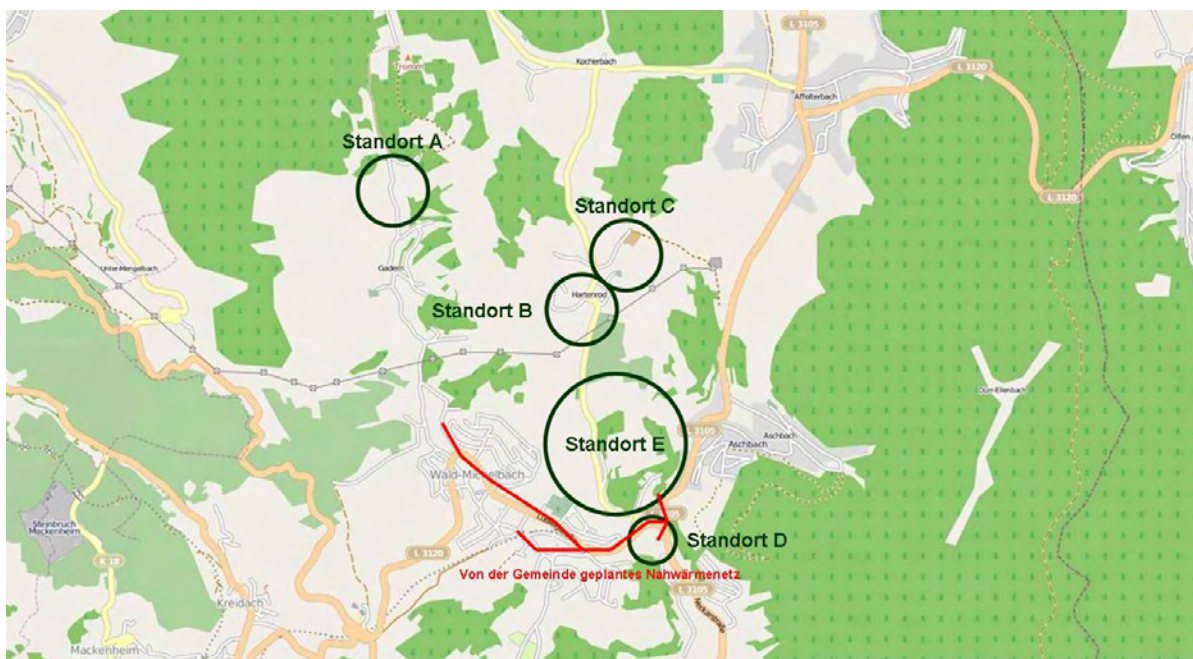


Abb. 4-46 Alle potenziellen Standorte und das geplante Nahwärmenetz

<sup>28</sup> Der Wirkungsgrad bei der HHS-Trocknung liegt lediglich bei etwa 40 %, während Nahwärmeleitungsverluste bei der kurzen Distanz kaum höher als bei 15 % liegen (85 % Wirkungsgrad) dürften.



#### 4.5.2 Biomasseangebot

Während sich die ansässigen Milchviehbauern der Standorte A, B und C einen Standort in direkter Nähe ihres Betriebes gut vorstellen könnten und ggf. auch zu Investitionen bereit wären, sind andere im Gebiet ansässige Milchviehbauern G und H nicht unbedingt am Bau einer Biogasanlage interessiert. Für den Betreiber des Milchviehbetriebs F könnte, nach eigener Aussage, der Betrieb einer Biogasanlage aber ebenfalls von Interesse sein. Die Lage der drei genannten Milchviehbetriebe F, G und H ist auf der nächsten Abbildung zu sehen.

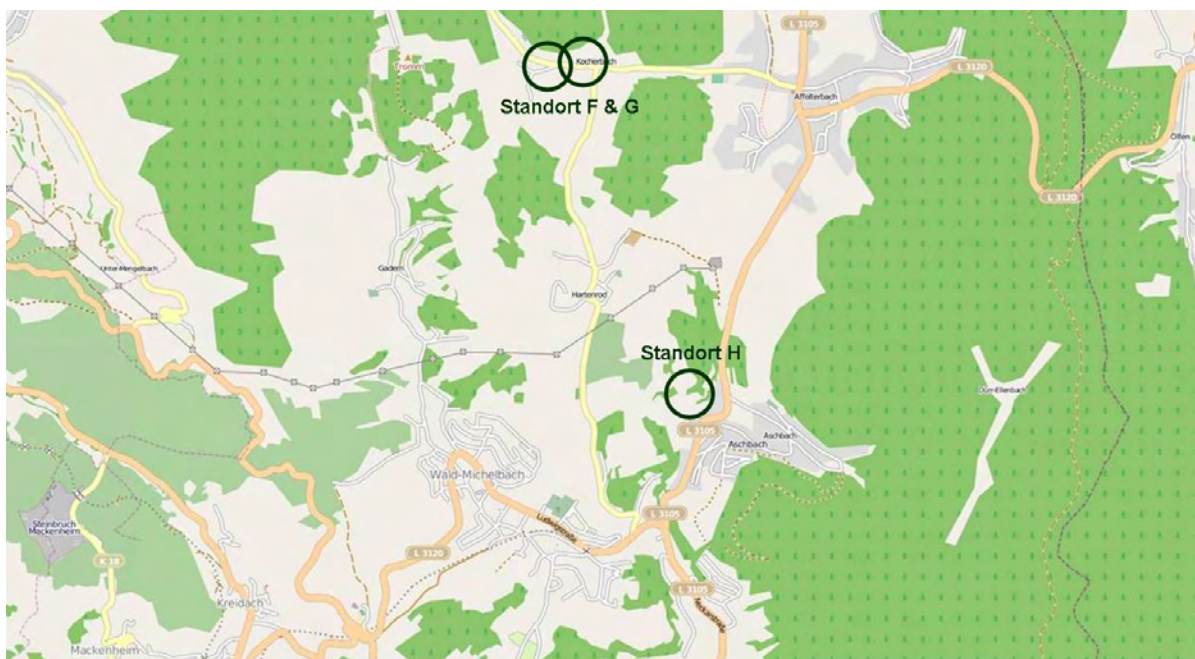


Abb. 4-47 Standortsübersicht für weitere Milchviehbetriebe

Der Betreiber des Milchviehbetriebs F ist jedoch genau wie der Betreiber des Milchviehbetriebs G sehr intensiv im Weihnachtsbaumgeschäft tätig und will sich daher vorerst nicht tiefer gehend mit der vorliegenden Thematik beschäftigen. Der Betreiber des Betriebs H will dagegen die Milchviehwirtschaft mittelfristig aufgeben. Die sich für seinen Betrieb ergebenden Potenziale sind jedoch ebenfalls relevant, da er bereits seit Jahren sein Land zur Pacht für den Betreiber des Standortes C zur Verfügung stellt. Im Falle einer Betriebsauflösung würden seine Fläche und damit auch seine Milchviehstärke an die übrigen Milchviehbetriebe, vor allem an den des Standortes C fallen.

Laut Aussage der drei potenziell interessierten Landwirte kann jedoch damit gerechnet werden, dass auch die Güllemengen der investiv nicht interessierten Landwirte ebenfalls zur

kaskadischen Nutzung zur Verfügung stünden, falls eine Biogasanlage durch alle drei oder einen der drei genannten Landwirte realisiert werden würde.

Die Güllemengen der Milchviehbetriebe F und G könnten ebenso wie die Mengen der Standorte A, B und C als potenziell verfügbar angesehen werden. Die insgesamt in Wald-Michelbach potenziell verfügbare Güllemenge aller sechs Milchviehbetriebe verteilt sich deswegen wie in der folgenden Tabelle.

Tabelle 4-67 Überblick über das Rindergülle-Potenzial

Landwirte	Einheiten	Viehbestand nach Alter und GV				
		Rinder (> 2 Jahre)	Rinder (1-2 Jahre)	Kälber (< 1 Jahr)	Mastbullen	Gesamt
Milchviehbetrieb (Standort A)	Anzahl	144	43	49	2	238
	Menge in GV	144,0	30,1	14,7	1,7	190,5
	Güllemenge in m <sup>3</sup>					2.567,0
Milchviehbetrieb (Standort B)	Anzahl	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k.A.
	Menge in GV	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k.A.
	Güllemenge in m <sup>3</sup>					2.500/4.000
Milchviehbetrieb (Standort C)	Anzahl	126	39	54	0	219
	Menge in GV	126,0	27,3	16,2	0,0	170
	Güllemenge in m <sup>3</sup>					2.700
Milchviehbetrieb F	Anzahl	85	40	40	35	200
	Menge in GV	85,0	28,0	12,0	29,8	155
	Güllemenge in m <sup>3</sup>					2.700
Milchviehbetrieb G	Anzahl	210	50	60	0	320
	Menge in GV	210,0	35,0	18,0	0,0	263
	Güllemenge in m <sup>3</sup>					3.250,0
Milchviehbetrieb H	Anzahl	70	50	30	0	150
	Menge in GV	70,0	35,0	9,0	0,0	114
	Güllemenge in m <sup>3</sup>					1.725,0
<b>Güllemenge in m<sup>3</sup> (alle)</b>					<b>15.442/16.942</b>	

Das Konzept der in diesem Steckbrief betrachteten Klein-Biogasanlage(n) baut vor allem auf diesen von den Milchviehbetrieben produzierten Güllemengen auf. Hierbei wird davon ausgegangen, dass es sich hauptsächlich um Rindergülle ohne Futterrest mit etwa 8 % TM handelt.<sup>29</sup>

Insgesamt ergibt sich eine Menge von mindestens 15.000 m<sup>3</sup> Gülle. Durch den hohen Wasseranteil von etwa 92 % liegt die Dichte der Gülle etwa bei 1,0 t/m<sup>3</sup>, dadurch ist der m<sup>3</sup> Gülle direkt äquivalent zu einer t Gülle.

Somit kann beim Substrat Gülle mit einer jährlichen Entstehung von 15.000 t gerechnet werden. Dies entspricht laut KTBL einer Menge, mit welcher sich eine Anlagenleistung von 68

<sup>29</sup> Vgl. KTBL BIOGASRECHNER 2009, letzter Zugriff am 11.01.2010.

kW realisieren lässt.<sup>30</sup> Zusätzlich mit den bis zu 20 ha Silomais, welche vom Betreiber des Standortes B zur Verfügung gestellt werden könnten (ausreichend für 45 kW<sup>31</sup>), ergibt sich somit eine Gesamtanlagenleistung von 110 bis 120 kW.

Zum Gülleaufkommen insgesamt wird angenommen, dass alle in Frage kommenden und genannten Milchbauern ihren Mengenbeitrag leisten können und würden. Von einer Anlage, welche von allen sechs Landwirten getragen und finanziert wird, ist jedoch aus Sicht der Landwirte abzuraten, da diese Befürchtungen hegen, dass eine gerechte Verteilung der Kosten- und Umsatzanteile nur sehr schwer möglich ist. Daher wurde bei einem Werkstattgespräch am 25.11.2009, zu dem die Betreiber der Milchviehbetriebe B, C und H erschienen, der gemeinsame Vorschlag festgehalten, dass es besser wäre, wenn ein einzelner Landwirt das Projekt übernimmt und die übrigen fünf Landwirte als Zulieferer agieren können.<sup>32</sup> Die Konditionen für die Anlieferung der Gülle von anderen Landwirten könnten dabei wahlweise für jede Transaktion individuell ausgehandelt oder pauschalisiert gehandhabt werden.

Sollte die Gülleleistung durch einen Abbau der Rinderanzahl tatsächlich sinken, so ist davon auszugehen, dass die fehlende Gülle durch Gras- und Maissilage, welche nun nicht mehr als Futtermittel benötigt wird, ersetzt werden kann. Pro GV (Rind) würden pro Jahr etwa 14,5 t Gülle entfallen.

Tabelle 4-68 Angenommene Futteraufnahme von Rindern (> 2 Jahre)

Pro Tag und GV (Rind > 2 Jahre)	TM	TM-Gehalt		Masse (frisch)	
Maissilage	8,5 kg	40%	35%	24 kg	40%
Grassilage	7,5 kg	35%	25%	30 kg	50%
Kraffutter	5,5 kg	26%	90%	6 kg	10%
<b>Summe oder Mittelwert</b>	<b>21,5 kg</b>	<b>100%</b>	<b>45,6%</b>	<b>60 kg</b>	<b>100%</b>

Pro Jahr und GV (Rind > 2 Jahre)	TM	TM-Gehalt		Masse (frisch)	
Maissilage	3,1 t	40%	35%	8,9 t	40%
Grassilage	2,7 t	35%	25%	11,0 t	50%
Kraffutter	2,0 t	26%	90%	2,2 t	10%
<b>Summe oder Mittelwert</b>	<b>7,8 t</b>	<b>100%</b>	<b>45,6%</b>	<b>22,0 t</b>	<b>100%</b>

Im Gegenzug würde sich durch die angenommene Futteraufnahme von Rindern ein Überschuss von etwa 8,9 t/a Maissilage und 11 t/a Grassilage ergeben. Wird von folgenden Attributen ausgegangen;

- Mais, Silage, wachstreu, körnerreich, 35 % TM;

<sup>30</sup> Vgl. KTBL BIOGASRECHNER 2009, letzter Zugriff am 11.01.2010.

<sup>31</sup> Ebenda.

<sup>32</sup> Aussage der Betreiber der Betriebe B, C und H.

- Gras, Silage, nass und angewelkt, 25 % TM;
- Rindergülle, ohne Futterrest, 8 % TM;

und Ertragsdaten des KTBL zugrunde gelegt, so ergeben sich folgende Erträge/t FM;

- Maissilage: 113,6 m<sup>3</sup> Methangas bzw. 1.136 kWh
- Grassilage: 66,5 m<sup>3</sup> Methangas bzw. 665 kWh
- Rindergülle: 9,8 m<sup>3</sup> Methangas bzw. 98 kWh

Durch den Wegfall der Gülle ergibt sich pro GV Rind (500 kg) ein Energiedefizit von rund 1.400 kWh. Diesem Defizit steht ein Mehrertrag durch Mais- und Grassilage von 17.400 kWh entgegen, was etwa dem 12-fachen des energetischen Potenzials aus Gülle entspricht.

#### 4.5.3 Technisches Konzept

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 einige Hektar an Fläche für Silomais akquiriert werden, welcher bei der Vergärung als Strukturmaterial für Mikroorganismen von Vorteil sein könnte.

Tabelle 4-69 Ist Situation und Option

Biomasse	Status Quo	Vergärung	andere Nutzung
Rindergülle	15.000 t/a Ausbringung in der LaWi	15.000 t/a	keine
Silomais	unbekannt	1.050 t/a	
<b>Summe</b>		<b>16.050 t/a</b>	

Für die angegebenen Substrate und deren Masseverhältnis ergeben sich die folgenden relevanten Kennwerte.

Tabelle 4-70 Kenndaten Vergärungssubstrate

Biomasse	Methangasertrag	Methangehalt	TS	oTS
	in m <sup>3</sup> /t FS	in Vol%	in %FS	in %TS
Rindergülle	9,85	55,0	8	80
Maissilage	113,57	52,0	35	96
<b>Substratgemisch</b>	<b>16,80</b>	<b>54,80</b>	<b>9,8</b>	<b>81,1</b>

Diese werden ergänzt um die technischen Parameter der Vergärungsanlage inklusive BHKW, wie in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 4-71 Kenndaten Vergärungsanlage

Parameter	Einheit	Rechenwert
Biogasertrag	m <sup>3</sup> /t FS	30,66
Methangehalt Biogas	Vol%	54,80
BHKW elektr. Leistung	kW <sub>el</sub>	123
Betriebsstunden	h/a	8.000
Wirkungsgrad elektrisch	%	36,20%
Wirkungsgrad thermisch	%	48,80%
Stromeigenbedarf (Bezug prod. Strom)	%	10
Wärmeeigenbedarf (Bezug prod. Wärme)	%	20

Für die nachfolgende ökologische und ökonomische Betrachtung wird auf die genannten Kennwerte zurückgegriffen. Außerdem wird für die ökonomische Berechnung eine Nahwärmnetzlänge von 350 m angenommen, um eine genaue Aussage zu den Investitionskosten treffen zu können. Die Option der Nutzung der Abwärme zur Holz Trocknung wird ebenfalls in die Betrachtungen mit einbezogen.

### Technisch-energetische Charakteristika der Holz Trocknungs-Variante

Bei Einsatz eines BHKW mit dem Wirkungsgrad  $\eta_{th} = 48,8\%$ <sup>33</sup> ergibt sich durch den Wirkungsgrad der Holz Trocknung von etwa  $40\%$ <sup>34</sup> ein auf den Energie-Input bezogener Wirkungsgrad von etwa  $19,5\%$ . Durch den Wärmeeigenbedarf der Biogasanlage von  $20\%$  reduziert sich die für die Holz Trocknung zur Verfügung stehende Energie auf rund  $15,5\%$  des Energie-Inputs.

Wird bei der HHS-Trocknung davon ausgegangen, dass der Wassergehalt (w) der angelieferten frischen HHS im Durchschnitt bei ca.  $45\%$  liegt und eine Trocknung bis auf einen Wassergehalt von mindestens  $15\%$  (w15) erfolgt, so könnte der Heizwert einer t HHS von ca.  $2,44\text{ MWh/t}$  bis auf ca.  $4,15\text{ MWh/t}$  verbessert werden. Da in der Praxis zu berücksichtigen ist, dass der Zeitpunkt der Lufttrockenheit der HHS (etwa bei w15) nur schwer abzuspassen ist, sollte der Energieverbrauch, um eine Trockenmengenleistung bestimmen zu können, jedoch so angesetzt werden, dass eine Trockenheit der HHS von etwa w10 erreicht wird (entspricht  $4,43\text{ MWh/t}$ ). Bei späterer Verwertung würde sich das Material wieder bis auf w15 aufsättigen, wodurch der Heizwert zum Verwertungszeitpunkt wieder bei ca.  $4,15\text{ MWh/t}$  liegt. Dies bedeutet, dass für eine Tonne Material etwa  $2\text{ MWh}$  ( $4,43\text{ MWh/t} - 2,44\text{ MWh/t}$ ) aufgewendet werden müssen, um  $1,7\text{ MWh/t}$  ( $4,15\text{ MWh/t} - 2,44\text{ MWh/t}$ ) an Heizwertzugewinn zu erzielen. Dadurch ergibt sich ein weiterer zu berücksichtigender Wirkungsgrad von  $85\%$ . Dieser senkt den Gesamtwirkungsgrad bei der Holz Trocknung auf rund  $13\%$  bezogen auf den Primärenergie-Input.

<sup>33</sup> Ebenda.

<sup>34</sup> KNEIP, GUY; MINETTE, FRANK (2008), S. 11.

Der erzielbare Heizwertzugewinn von ungefähr 1,7 MWh/t entspricht einer Steigerung um rund 70 %. Der Wärmezugewinn könnte auch dazu genutzt werden, den Brennstoffeinsatz zu reduzieren, was wiederum zu einer geringeren Dimensionierung und geringeren Investitionskosten für die HHS-Heisanlage führen würde.

Nachfolgend müssen noch der Wirkungsgrad für Feuerung (ca. 92 % in modernen Anlagen) und die Verluste bei der Nahwärmenetzverteilung (ca. 5 bis 15 % abhängig von der Länge) berücksichtigt werden. Dadurch kann im vorliegenden Fall die thermische Effizienz bezogen auf den Primärenergieträger auf 10 bis 11 % fallen.

Werden tatsächliche Nahwärmenetzverluste von 12 % angenommen, so ergibt sich eine veräußerbare Wärmeüberschussmenge von 318 MWh. Bei einem Wärmepreis zwischen 2 und 4 €-Cent/kWh liegt der Umsatz aus Wärmeverkauf im vorliegenden Fall zwischen 7.000 und 15.000 €/a bzw. zwischen rund 0,5 und 1,5 % p. a. des Finanzierungsbedarfs. Ein zusätzlicher KWK-Bonus wird für die Variante Holz Trocknung nicht mehr gewährt.

#### **4.5.4 Ökologische Bewertung**

Die ökologische Bewertung umfasst die Betrachtung der möglichen Nutzung, v. a. der bislang nicht energetisch genutzten Gülle. Zusätzlich wird Mais als Substrat eingesetzt von Flächen, für die ansonsten angenommen wird, dass diese aus der Nutzung genommen würden.

Die ökologische Bewertung umfasst damit den Vergleich der folgenden Szenarien

- 1) E Ist: Ist-Zustand Behandlung der unvergorenen Gülle
- 2) E Pot Vergärung der Gülle zusätzlich mit Silomais, Nutzung Biogas im BHKW, anteilige Wärmenutzung zur Trocknung, Holzhackschnitzel substituiert Heizölwärme

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse des Szenarienvergleichs für die Wirkungskategorien Treibhauseffekt, kumulierter Energieaufwand (KEA) fossil und Versauerung. In allen drei Wirkungskategorien zeigt sich eine Verbesserung durch das Potenzialszenario gegenüber der Ist-Situation.

Beim Treibhauseffekt ergibt sich eine Ergebnisumkehr. Die Lagerung der unvergorenen Gülle erfolgt i. d. R. 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 Gut-schriften v. a. aus der energetischen Nutzung der Gülle. Zu 20 % sind diese auf die anteilige Wärmenutzung zurückzuführen, 80 % resultieren aus der Stromgutschrift. Die Mineraldün-gergutschrift liegt leicht höher als im Ist-Zustand, bedingt durch die Silomaismenge.

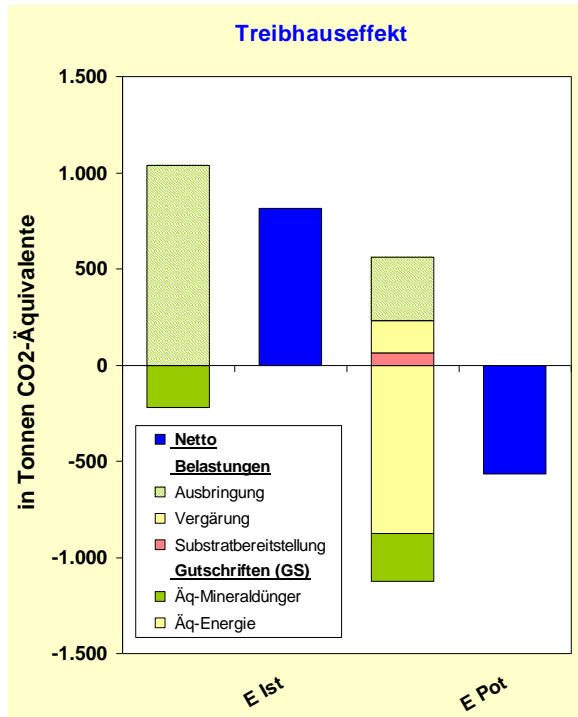


Abb. 4-48 Ergebnisse Treibhauseffekt



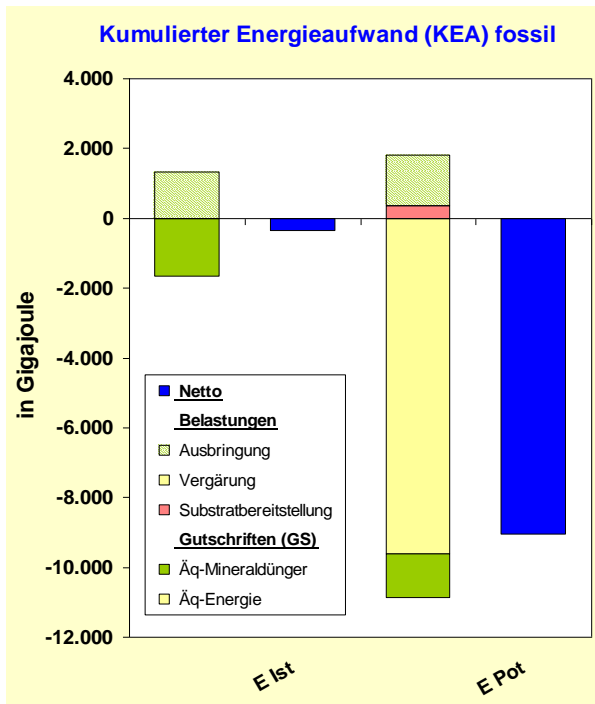


Abb. 4-49 Ergebnisse kumulierter Energiebedarf (KEA) fossil

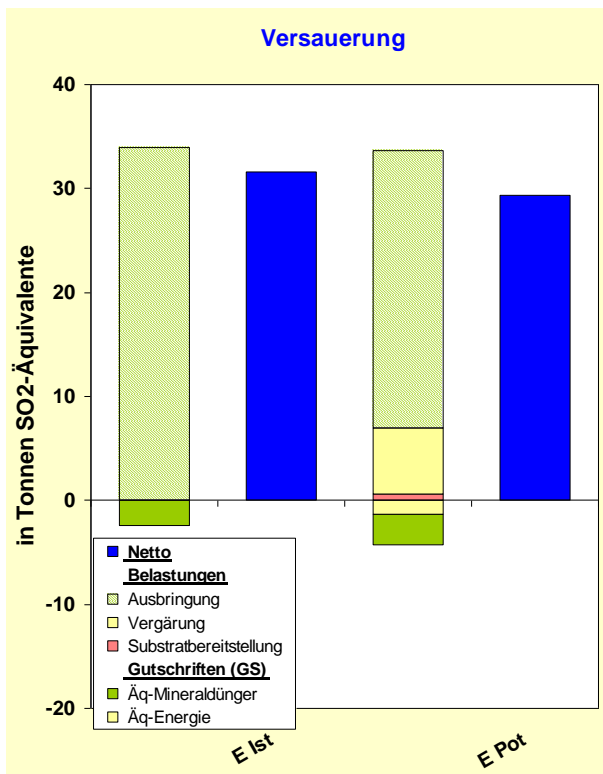


Abb. 4-50 Ergebnisse Versauerung

Beim KEA fossil ergibt sich auch in der Ist-Situation eine leichte Nettoentlastung, hier über-



wiegt die Gutschrift für eingesparten Mineraldünger die Aufwendungen für Transport und Ausbringung der Gülle. Im Potenzialszenario kann die Nettoentlastung allerdings durch die energetische Nutzung weit ausgebaut werden.

Bei der Versauerung zeigt das Potenzialszenario gegenüber dem Ist-Zustand eine leichte Verbesserung. In beiden Fällen sind Nettobelastungen gegeben, v. a. durch Ammoniakemissionen aus der Lagerung (beim Potenzialszenario in „Vergärung“ enthalten) und Ausbringung der Rohgülle bzw. des Gärrestes. 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.

### **Fazit**

Die Erschließung der verfügbaren Biomasse ist zu empfehlen.

## **4.5.5 Ökonomische Bewertung**

Die Teilergebnisse der ökonomischen Bewertung werden einerseits als Renditen p. a. in Bezug auf den Finanzierungsbedarf für die Biogasanlage, das BHKW und die Nahwärmenetzanbindung dargestellt und andererseits auch in einer umfassenden Ein- und Auszahlungsübersicht gezeigt. Bei den Renditen, welche sich auf den Finanzierungsbedarf beziehen, handelt es sich um durchschnittliche Barwerte, welche über die Laufzeit von 20 Jahren bei jeweils der genannten Preissteigerung anfallen. Die Werte sind stets gerundet und gegen Ende der Betrachtung zu einer Kapitalrenditespanne verrechnet. Das Ergebnis sollte daher, da es als Spanne dargestellt wird, nicht starr interpretiert werden. Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse unter den dazu genannten Annahmen erarbeitet wurden und daher in der Praxis im Einzelfall abweichen können. Genaue Rechenwerte können der Ein- und Auszahlungsübersicht entnommen werden.

### **4.5.5.1 Kosten**

Grundsätzlich ist neben der Biogasanlage selbst die Anbindung zu einem Nahwärmenetz ein wesentlicher Kostenaspekt. Hier ist vor allem die Länge der Rohrleitungsstrecke zum Nahwärmenetz 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 Wärmenutzungsvariante mit Holztrochnungsanlage entspricht die Investi-

tion ungefähr den Kosten für eine 350 m lange Nahwärmenetzanbindung (ohne Straßenbelagwiederherstellung). Da im Falle einer direkten Stromspeisung der KWK-Bonus (2,94 €-Cent/kWh in 2011) erreicht werden kann, welcher für die Holz Trocknung nicht gewährt wird, ist die Anbindung an das Nahwärmenetz, bedingt durch die relativ kurze Anbindungslänge, der Holz Trocknung vorzuziehen.

Im Folgenden wurden die nachstehend aufgezählten Kostenblöcke über eine Laufzeit von 20 Jahren auf ihre ökonomischen Auswirkungen hin betrachtet.

- Investitionskosten
- Substratkosten
- Energiekosten
- Wartungs- und Instandhaltungskosten
- Personal- und Verwaltungssachkosten
- Haftpflichtversicherungs- und weitere Kosten

### **Investitionskosten**

Bei einem Gülleeinsatz im Bereich von 55 Energie- % (entspricht ca. 93 bis 94 Gew. %) muss für eine Biogasanlage um die 120 kW<sub>el</sub> (entspricht ca. 15.000 t Gülle) inkl. 350 m Wärmenetzanbindung ein Finanzierungsbedarf von ca. 1,2 Mio. € einkalkuliert werden. Dies entspricht rund 9.700 €/kWh<sub>el</sub>. Davon entfallen ca. 1 Mio. € auf die Anfangs- und 0,2 Mio € auf die Ersatzinvestition nach 10 Jahren.

Im Vergleich dazu läge der Finanzierungsbedarf für eine Biogasanlage, welche überwiegend Substrate mit relativ hoher Energiedichte verwendet, um die 800.000 € oder ca. 6.500 €/kWh<sub>el</sub>. Dies entspricht einem Investitionskostenunterschied von etwa 3.200 €/kWh<sub>el</sub>, wodurch die Beispielanlage durch den hohen Gullenutzungsanteil rund 50 % höhere Investitionskosten verursacht.

Die jährlich anfallenden Kosten für die Rückzahlung des Investitionsdarlehens bei einem angenommenen Zinssatz von 4,5 % über 20 bzw. 10 Jahre müssten mit rund 7,4 % p. a. des Finanzierungsbedarfs für die Biogasanlage berücksichtigt werden. Die nächste Tabelle zeigt beispielhaft einen Tilgungsplan, welcher sich bei einem Nominalzins von 4,5 % p. a. und gleich bleibenden Rückzahlungsraten ergeben würde.

Tabelle 4-72 Zinstilgungsplan für die Vergärungsanlage inkl. BHKW

Darlehens- zinssatz p. a.	Laufzeit
4,5%	20 Jahre

Investitions- summe	Anfang der Periode	Darlehens- rückzahlung	Zinszahlung	Gesamtrück- zahlung (Rate)	Restschuld
979.762 €	1	0,00 €	0,00 €	0,00 €	979.762,04 €
	2	31.231,04 €	44.089,29 €	75.320,33 €	948.531,00 €
	3	32.636,43 €	42.683,90 €	75.320,33 €	915.894,57 €
	4	34.105,07 €	41.215,26 €	75.320,33 €	881.789,50 €
	5	35.639,80 €	39.680,53 €	75.320,33 €	846.149,70 €
	6	37.243,59 €	38.076,74 €	75.320,33 €	808.906,10 €
	7	38.919,55 €	36.400,77 €	75.320,33 €	769.986,55 €
	8	40.670,93 €	34.649,39 €	75.320,33 €	729.315,62 €
	9	42.501,12 €	32.819,20 €	75.320,33 €	686.814,49 €
	10	44.413,68 €	30.906,65 €	75.320,33 €	642.400,82 €
212.640 €	11	46.412,29 €	28.908,04 €	75.320,33 €	808.628,35 €
	12	65.805,22 €	36.388,28 €	102.193,50 €	742.823,12 €
	13	68.766,46 €	33.427,04 €	102.193,50 €	674.056,67 €
	14	71.860,95 €	30.332,55 €	102.193,50 €	602.195,72 €
	15	75.094,69 €	27.098,81 €	102.193,50 €	527.101,03 €
	16	78.473,95 €	23.719,55 €	102.193,50 €	448.627,08 €
	17	82.005,28 €	20.188,22 €	102.193,50 €	366.621,80 €
	18	85.695,52 €	16.497,98 €	102.193,50 €	280.926,28 €
	19	89.551,81 €	12.641,68 €	102.193,50 €	191.374,47 €
	20	93.581,65 €	8.611,85 €	102.193,50 €	97.792,82 €
	21	97.792,82 €	4.400,68 €	102.193,50 €	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>1.192.401,86 €</b>	<b>582.736,40 €</b>	<b>1.775.138,25 €</b>	

Die Investition in eine geeignete Holztrocknungsanlage würde etwa 6 % des Finanzierungsbedarfs für die Biogasanlage ausmachen. Eine Beispielanlage der Fa. Neuero hätte dabei einen Festpreis inkl. Lieferung nach Wald-Michelbach und Umsatzsteuer von 62.726,09 €.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Vgl. Angebot der Fa. Neuero, gültig bis 31.05.2010.



Abb. 4-51 Holz Trocknung der Fa. Neuero

Im vorliegenden Fall wird für die ökonomische Betrachtung jedoch die Variante der Einspeisung der Variante der Holz Trocknung, aufgrund des geringen Wirkungsgrads und des Wegfalls des KWK-Bonus beim Holz trocknen, vorgezogen.

### **Substratkosten**

Die Erträge der Substrate schwanken zwischen Maissilage (wachsreif und körnerreich; TM: 35 %; Methangasertrag: 113,57 m<sup>3</sup>/t FM)<sup>36</sup> und Rindergülle (ohne Futterreste; TM: 8 %; Methangasertrag: 9,85 m<sup>3</sup>/t FM)<sup>37</sup> um etwa den Faktor von 11,5.

Ein ha Mais (43,5 t/a)<sup>38</sup> entspricht laut KTBL etwa 2,284 kW an Anlagenleistung und verursacht bei einem angenommenen Preis von 35 €/t Kosten von rund 1.500 €. Für die gleiche Anlagenleistung müssten bereits ca. 500 t Rindergülle bereitgestellt werden. Die Kosten der Rindergülle dürften somit 3,03 €/t nicht übersteigen, um die Konkurrenzfähigkeit gegenüber dem Silomais zu gewährleisten. Wie bereits erwähnt, löst die geringe Energiedichte der Gülle jedoch zusätzliche Investitionskosten aufgrund der benötigten Fermenter- und vor allem Gärrestbehältergrößen aus. Die Behältergröße für die Gärreste muss dabei so gewählt werden, dass Gärreste über die Wintermonate, während des Ausbringungsverbots, gelagert werden können. Das Gärrestlager sollte über eine Speicherkapazität für etwa 4 bis 6 Monate

---

<sup>36</sup> Vgl. KTBL BIOGASRECHNER (2009), letzter Zugriff am 11.01.10.

<sup>37</sup> Ebenda.

<sup>38</sup> Vgl. KTBL (2006), S. 211.

verfügen und damit etwa eine Größe von 5.000 bis 7.500 m<sup>3</sup> haben.

Werden die genannten Substratdaten als Grundlage verwendet, so resultiert daraus, dass in einer Tonne Rindergülle etwa 98,5 kWh Primärenergie stecken. Bei einer Klein-Biogasanlage von 123 kW<sub>el.</sub>, 36,2 % elektrischen Wirkungsgrad und 10 % elektrischem Eigenbedarf entspricht dies Einnahmen aus dem Gülle-Bonus – 3,92 €-Cent/kWh (0 bis 150 kW) – in Höhe von 1,26 €/t.

Der Einsatz von Gülle zur Substitution von Silomais macht demnach für die genannte Anlage ökonomisch optimierend gesehen nur so lange Sinn, wie der Preis für Gülle nicht höher als bei etwa 4,29 €/t liegt.

Wird für die Ermittlung der Substratkosten für Mais von einem Silomaiseinsatz i. H. v. 6 bis 7 Gew.- % (entspricht etwa 45 % der erzeugten Energie und 1.069 t/a) ausgegangen und ein Preis von 35 €/t mit einer Preissteigerungsrate von 1,5 % p. a. über 20 Jahre angenommen, so müssen im Mittel etwa 43.000 €/a bzw. 3,6 % p. a. von der Investition als Substratkosten berücksichtigt werden.

### Personal- und Verwaltungssachkosten

Die Personalkosten lassen sich am besten anhand der Anlagengröße abschätzen.

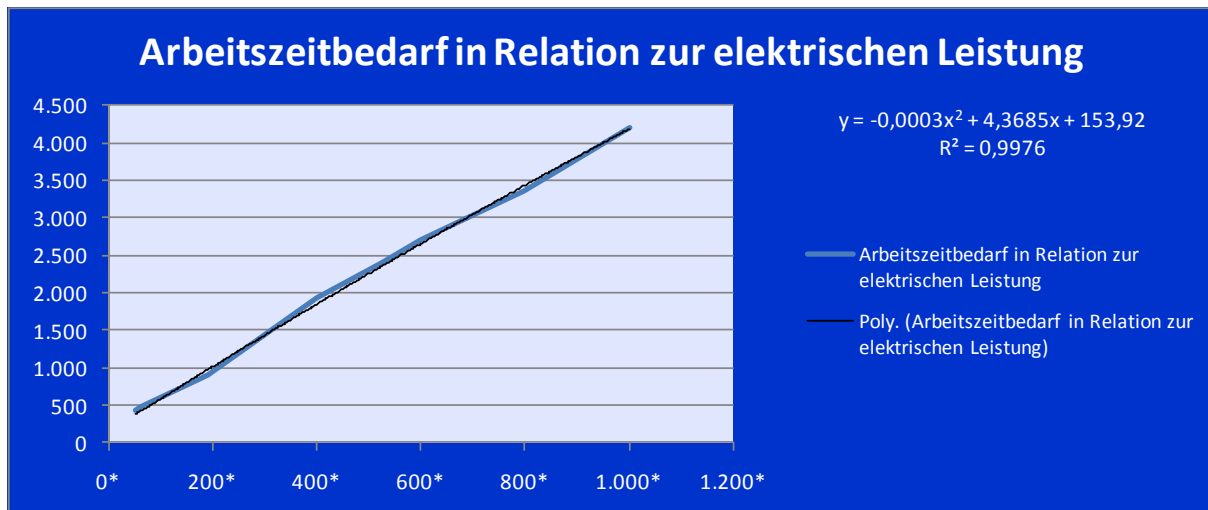


Abb. 4-52 Personalkosten in Abhängigkeit von der Anlagenleistung

Im vorliegenden Fall entsteht beim Vergleich von sechs spezifischen Werten für Personalkosten von verschiedenen großen Anlagen ein polynomischer Graph mit der Gleichung:

$y = -0,003 x^2 + 4,3685 x + 153,92$ ; wobei „y“ für den Arbeitszeitbedarf in h/a und „x“ für die Anlagenleistung in kW steht. y lässt sich damit bei Kenntnis von x errechnen und umgekehrt. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) der Referenzvariablen liegt bei 0,9976 und lässt eine starke lineare Abhängigkeit erkennen.

Der Personalzeitbedarf entwickelt sich in der genannten Gleichung von ca. 8,4 h/kW – entspricht einer Anlage mit etwa 50 kW<sub>el</sub> – bis 4,2 h/kW – entspricht einer Anlage ab etwa 800 kW<sub>el</sub>.

Für die relevante Anlagenleistung ergibt sich damit ein Arbeitszeitbedarf von rund 690 h/a. Das Verhältnis von Arbeitszeitbedarf der Betriebsführung zum Gesamtarbeitszeitbedarf wird mit 85 % angenommen. Die restlichen 15 % entfallen auf den Arbeitszeitbedarf der Geschäftsführung.

Wird von einer Personalkostensteigerung von 2,5 % p. a. über 20 Jahre ausgegangen und ein Stundenlohn zwischen 20 (Betriebsführung) und 30 € (Geschäftsführung) angesetzt, so müssen im Mittel etwa 26.000 €/a oder ca. 2,2 % p. a. vom Finanzierungsbedarf als Personalkosten berücksichtigt werden.

Als Sachkosten wurden pauschal 2.500 € für Bürobedarf, Telefon etc. veranschlagt. Der Wert wurde mit 2 % p. a. über 20 Jahre aufgezinst und beträgt so durchschnittlich rund 3.000 €/a. Dies sind etwa 0,25 % p. a. vom Finanzierungsbedarf.

Der Kostenblock Personal- und Verwaltungssachkosten liegt damit im Bereich von 2,6 % p. a. vom Finanzierungsbedarf.

### **Energiekosten**

20 % der erzeugten Wärme und 10 % des erzeugten Stroms müssen als Eigenbedarf einkalkuliert werden. Der Bedarf sollte dabei – je nach Vergütung, erzielbaren Preisen sowie Angebots und Nachfragelage – durch Eigenerzeugung oder Zukauf abgedeckt werden. Hier ist jedoch davon auszugehen, dass der Wärmebedarf durch einen Teil der Eigenerzeugung gedeckt werden muss. Dies wirkt sich direkt auf die maximal veräußerbare Wärmemenge aus.

Für den Strombedarf einer Klein-Biogasanlage, welche vor allem mit Rindergülle und Silomais betrieben wird und eine entsprechend hohe Gesamtvergütung pro kWh (Grundvergütung sowie NaWaRo-, Gülle-, KWK-, und Emissionsminderungsbonus) erhält, könnte es

zumindest in den ersten Laufjahren, solange der Strompreis noch unter der Gesamtvergütung liegt, ökonomisch sinnvoll sein, den Strombedarf durch Zukauf abzudecken. Im besten Fall könnten so in den ersten Jahren rund 50 % an Stromkosten, welche sonst als Umsatzeinbußen anfallen würden, eingespart werden. Im Mittel kann damit gerechnet werden, dass die Kosten für elektrische Energie bei etwa 10 % Stromeigenbedarf durchschnittlich rund 2 % p. a. des Finanzierungsbedarfs ausmachen. Im vorliegenden Fall wurde jedoch vorerst die Nutzung der Eigenerzeugung angenommen. Dementsprechend können auch nur 90 % der Stromeigenerzeugung eingespeist werden.

### **Wartung-, Instandhaltungskosten**

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung der Biogasanlage können mit etwa 0,012 €/kWh im ersten Jahr angesetzt werden. Bei einer Anlagenleistung von z. B: 123 kWh<sub>el</sub> ergeben sich Kosten i. H. v. 11.808 €. Bei einer Preissteigerung von 3 % p. a. über 20 Jahre entspricht dies ca. 15.900 €/a und damit durchschnittlich etwa 1,3 % p. a. des Finanzierungsbedarfs.

Die Wartung- und Instandhaltung für die Variante Holz Trocknung würde halbjährlich stattfinden und ca. 1.200 € bzw. 2.400€ p. a. an Kosten verursachen.<sup>39</sup> Bei einer angenommenen Preissteigerung von 3 % p. a. über 20 Jahre entspricht dies durchschnittlich ca. 2.900 €/a und damit etwa 4,5 % p. a. der Investitionskosten in die Holz Trocknungsanlage oder rund 0,25 % p. a. vom Finanzierungsbedarf für die Biogasanlage.

### **Haftpflichtversicherungs- und weitere Kosten**

Als weitere Lasten werden Kosten für Haftpflichtversicherung, Steuerberatung und Grundstückspacht angesetzt. Die Haftpflichtversicherung wird mit 1,2 % p. a. der Investitionskosten und einer Preissteigerung von 2 % p. a. berücksichtigt. Die Kosten der Steuerberatung werden auf 0,25 % p. a. vom Umsatz und einer Preissteigerungsrate von 3 % p. a. geschätzt. Die Grundstückspacht wird mit 0,5 % p. a. vom Umsatz und einer Steigerungsrate von 1,0 % p. a. angesetzt. Durchschnittlich entfallen über die gesamte Laufzeit etwa 14.000 €/a auf die Haftpflichtversicherung, rund 800 €/a auf die Steuerberatung und ca. 1.300 €/a auf die Grundstückspacht. Die Gesamtkosten betragen damit durchschnittlich etwa 16.100 €/a und damit ca. 1,3 % p. a. vom Finanzierungsbedarf.

Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass am Ende der Laufzeit auch Kosten für die Wiederherstellung des Grundstücks in den Urzustand anfallen. Diese werden mit ca. 15 % der Investitionskosten berücksichtigt und durch die jährliche Anlage der Periodengewinne zu

---

<sup>39</sup> Schriftliche Aussage eines Mitarbeiters der Fa. Neuero.



ca. 3,5 % p. a. finanziert. Bei genanntem Zinssatz und der Anlage sämtlicher Überschüsse bis zum Ende der Anlagenlaufzeit kann nach 20 Jahren sogar ein fast doppelt so hoher Gewinnbeitrag von insgesamt rund 300.000 € erreicht werden. Da bei der Anwendung der Kapitalwert-Methode keine Anlage der Periodengewinne berücksichtigt wird, ist dieser Zusatzbeitrag noch nicht in dem im Ergebnis genannten internen Zinsfuß enthalten und kann zusätzlich gutgeschrieben werden.

#### **4.5.5.2 Umsätze**

##### **Umsatz bei Einspeisung in das Nahwärmenetz**

Wird direkt in das Nahwärmenetz eingespeist, so muss ebenfalls der thermische Wirkungsgrad des BHKW von 48,8 % mit dem Wärmeeigenbedarf von 20 % und den Nahwärmeverlusten von 5 bis 15 % verrechnet werden. Es ergibt sich ein Gesamtwärmewirkungsgrad von rund 33 bis 37 %. Der Wirkungsgrad ist ungefähr um den Faktor 3 höher als bei der Holz-trocknung. Dieser Unterschied kann sich direkt in einem 3-fach höheren Umsatz bei der Wärmeeinspeisung anstelle der Holz-trocknung niederschlagen. Jedoch können die Kosten für ein(e) Nahwärmenetz-(anbindung) u. U. erheblich höher als für eine Trocknungsanlage ausfallen.

Durch Einspeisung in ein Nahwärmenetz wird jedoch zusätzlich zum Wärmepreis der KWK-Bonus (in Abhängigkeit von der Stromkennzahl) gewährt. Bei einem kompletten Verkauf der veräußerbaren Restwärme und unter Berücksichtigung von ca. 12 % an tatsächlichen Nahwärmeverlusten – entspricht einer veräußerbaren Wärme von ca. 934 MWh/a – würde bei einem Wärmeabgabepreis von 2 €-Cent/kWh ein Umsatz von durchschnittlich rund 45.000 € generiert. Dies entspricht etwa 3,8 % vom Finanzierungsbedarf.

##### **Umsatz durch Stromeinspeisung**

Hier wird angenommen, dass 90 % der erzeugten elektrischen Energie zur Verfügung stehen, während 10 % als Eigenbedarf berücksichtigt werden müssen. Außerdem wird ein BHKW-Wirkungsgrad von  $\eta_{el.} = 36,2 \%$  angenommen.<sup>40</sup>

Im vorliegenden Fall könnten rund 886 MWh<sub>el</sub> in das Stromnetz eingespeist werden.

Der Großteil der Einnahmen einer Klein-Biogasanlage wird üblicherweise durch die Einspeisung von elektrischer Energie ins Stromnetz generiert. Während davon ausgegangen wer-

---

<sup>40</sup> Vgl. SEVA ENERGIE AG (2009) – 191 kW<sub>el</sub> Biogas-BHKW, letzter Zugriff am 11.01.10.



den kann, dass für Nahwärme ein Nettopreis zwischen 2 und 4 €-Cent/kWh und ggf. ein KWK-Bonus von 2,94 €-Cent erzielt wird, so liegt die Vergütung für Strom aus NaWaRos für Anlagen bis zu 500 kW, welche im Jahr 2011 gebaut werden, je nach Anlagengröße und Input-Material zwischen 15,86 und 25,16 €-Cent/kWh. Jedoch müssen für eine genaue Darstellung die Eigenbedarfe und die Stromkennzahl ( $\eta_{el.}/\eta_{th.}$ ) der Anlage berücksichtigt werden. Insgesamt ergibt sich im betrachteten Fall, unter Berücksichtigung der genannten Daten und des Wärmepreises (2 bis 4 €-Cent/kWh + ggf. KWK-Bonus), dass die Erlöse aus elektrischer Energie im Vergleich zu den Erlösen aus thermischer Energie (falls 100 % der veräußerbaren Restwärme verkauft werden) um einen Faktor von 3 bis 11 höher liegen. Ausschlaggebend hierfür sind das vorliegende Wärmenutzungskonzept und die Erreichung des Formaldehydbonus bei der Stromeinspeisung bzw. die Gewährung des KWK-Bonus bei der Wärmeverwertung. Der Wirkungsgrad für die Variante Holz Trocknung wurde hierbei noch nicht berücksichtigt. Bei dieser Variante würden sich die Faktoren noch weiter erhöhen.

Durch den Substratmix von ca. 6 bis 7 Gew.- % Silomais und 93 bis 94 Gew.- % Rindergülle wird ein Umsatz aus Stromeinspeisung von rund 197.000 €/a bzw. ca. 16,5 % p. a. vom Finanzierungsbedarf erlöst. Hierin enthalten sind die Grundvergütung, der NaWaRo-Bonus und der Gülle-Bonus.

#### **4.5.5.3 Ergebnis vor Güllelogistik bzw. Deckungsbeitrag vor Logistikkosten**

Durch die einzelnen Kostenblöcke (inkl. 100 % Fremdfinanzierung) ergeben sich über 20 Jahre durchschnittliche Gesamtkosten i. h. v. rund 16,2 % p. a. des Finanzierungsbedarfs. Demgegenüber stehen Einnahmen von rund 20,3 % p. a. Die Differenz aus beiden Spannen kann vorerst als Deckungsbeitrag vor Transport- bzw. logistischen Kosten für die Substrate angesehen werden.

#### **4.5.5.4 Vorschlag zur Entschädigung der Gülle-Zulieferer**

Wird angenommen, dass die Güllequalitäten aller sechs Landwirte relativ ähnlich sind, so könnte jedem Landwirt eine Stundenpauschale für Güllean- und abfahrt gezahlt werden. Wird diese z. B. auf 70,00 € festgesetzt und davon ausgegangen, dass die Gülletransporter eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 35 km/h erreichen, so müsste eine Entschädigungssumme von 2,00 € pro km für die An- und Abfahrt der angelieferten Gülle bereitgestellt werden. Falls sich der Be- und Entladungsvorgang (inkl. quittieren der Ladung) auf insgesamt ca. 2 x 7,5 min festlegen lässt, würde sich durch die Stundenpauschale zusätzlich ein fixer Entschädigungsanteil von 17,50 €/Fuhre ergeben. Wird weiterhin vorausgesetzt, dass die

durchschnittliche Gülleanlieferung jedes Milchbauern bei ca. 20 m<sup>3</sup> pro Fahrt liegt, so würden sich aufgrund der unterschiedlichen Anfahrtsstrecken die Kostenentschädigungen, wie in der nächsten Tabelle gezeigt, verteilen. Als Zielort für die Anfahrt wurde hier der Standort D gewählt, da sich für diesen Standort genaue Entfernungen erfassen lassen.

Tabelle 4-73 Kosten für die Anlieferungsentschädigung der Landwirte

	Gülemenge	Entfernung zum Verwertungsort (einfach)	Entschädigung für Anlieferung und Abholung	Preis pro m <sup>3</sup> bzw. t
Milchviehbetrieb (Standort A)	2.567 m <sup>3</sup> /a	3,9 km	7.080,64 €/a	2,76 €
Milchviehbetrieb (Standort B)	2.500 m <sup>3</sup> /a	2,2 km	5.479,17 €/a	2,19 €
Milchviehbetrieb (Standort C)	2.700 m <sup>3</sup> /a	3,0 km	6.637,50 €/a	2,46 €
Milchviebetrieb F	2.700 m <sup>3</sup> /a	5,4 km	8.797,50 €/a	3,26 €
Milchviebetrieb G	3.250 m <sup>3</sup> /a	5,0 km	10.156,25 €/a	3,13 €
Milchviebetrieb H	1.725 m <sup>3</sup> /a	1,6 km	3.435,63 €/a	1,99 €
<b>Summe</b>	<b>15.442 m<sup>3</sup>/a</b>		<b>41.586,68 €/a</b>	

Für das erste Jahr würden durch die Anlieferungsentschädigung Kosten i. H. von 41.586,68 € entstehen. Wird hier eine Entschädigungspreissteigerung von 2 % p. a. angenommen, so liegt die Entschädigung über 20 Jahre bei durchschnittlich ca. 50.500 €/a. Dies entspricht etwa 4,2 % p. a. des Finanzierungsbedarfs für die Biogasanlage. Beim Silomais wird davon ausgegangen, dass die Anlieferung im Preis von anfänglich 35 €/t – bei 1,5 % p. a. Kostensteigerung: 46,44 €/t im 20ten Jahr – enthalten ist.

#### 4.5.5.5 Ergebnis

Die gesamte Kosten- und Erlössituation kann der folgenden Übersichtstabelle entnommen werden.

Insgesamt kann bei Eigenfinanzierung ein interner Zinsfuß von ca. 4,8 % p. a. erreicht werden. Der Zinsfuß, falls „0“ gesetzt“, ist äquivalent zu einem Kapitalwert von rund 590.000 €. Sollte die Überschusswärme zu 4 €-Cent/kWh veräußert werden können, so würde der Zinsfuß bis auf ca. 7,9 % p. a. steigen. Der Kapitalwert, bei 0 % p. a. internen Zinsfuß, entspräche dann rund 1,09 Mio. €.

Das Ergebnis ist gewissermaßen vom Anteil der verkauften Wärme und dem Wärmenutzungskonzept abhängig. Hier besteht im Gegensatz zur (fixen) Stromeinspeisung ein größerer Handlungs- bzw. Ergebnisabweichungsspielraum.

Außerdem hat die Gewährung der verschiedenen Boni eine entscheidende Rolle am Ergebnis. Im Berechnungsbeispiel wurden alle Boni außer Technologie- und Emissions-Bonus berücksichtigt.

Außerdem würde sich die Kapitalrendite ebenfalls verringern, falls die Nahwärmenetzanbindung länger würde oder Straßenbelag-Wiederherstellungen mit einbezogen werden müssten.

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 Formaldehydbonus in gewissem Maße steigerbar.

Bei Einhaltung entsprechender Auflagen könnte der Emissions- bzw. Formaldehyd-Bonus zusätzlich gewährt werden und würde den Zinsfuß, vorausgesetzt die Investitionskosten bleiben unverändert, um 1,2 % p. a. erhöhen.

Die Vergütung würde dann von aktuell 22,22 €-Cent/kWh<sub>el</sub> auf 23,20 €-Cent/kWh<sub>el</sub> steigen. Der KWK-Bonus bliebe mit 2,18 €-Cent/kWh<sub>th</sub> (Stromkennzahl: 0,742 x 2,94 €-Cent/kWh<sub>th</sub>) unverändert.

Tabelle 4-74 Ein- und Auszahlungsübersicht über 20 Jahre

Kostenart	Preissteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	979.762 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	979.762 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	979.762 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	37.425 €	37.986 €	38.556 €	39.134 €	39.721 €	40.317 €	40.922 €	41.536 €	42.159 €	42.791 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	Eigendeckung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	41.587 €	42.418 €	43.267 €	44.132 €	45.015 €	45.915 €	46.833 €	47.770 €	48.725 €	49.700 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	11.808 €	12.162 €	12.527 €	12.903 €	13.290 €	13.689 €	14.099 €	14.522 €	14.958 €	15.407 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	11.760 €	12.054 €	12.355 €	12.664 €	12.981 €	13.305 €	13.638 €	13.979 €	14.328 €	14.687 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	8.820 €	9.041 €	9.267 €	9.498 €	9.736 €	9.979 €	10.228 €	10.484 €	10.746 €	11.015 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	2.500 €	2.550 €	2.601 €	2.653 €	2.706 €	2.760 €	2.815 €	2.872 €	2.929 €	2.988 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	11.757 €	11.992 €	12.232 €	12.477 €	12.726 €	12.981 €	13.240 €	13.505 €	13.775 €	14.051 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	589 €	607 €	625 €	644 €	663 €	683 €	704 €	725 €	747 €	769 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	1.179 €	1.191 €	1.203 €	1.215 €	1.227 €	1.239 €	1.251 €	1.264 €	1.277 €	1.289 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>127.425 €</b>	<b>130.002 €</b>	<b>132.633 €</b>	<b>135.320 €</b>	<b>138.065 €</b>	<b>140.869 €</b>	<b>143.732 €</b>	<b>146.657 €</b>	<b>149.645 €</b>	<b>152.697 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	18.677 €	19.237 €	19.815 €	20.409 €	21.021 €	21.652 €	22.301 €	22.970 €	23.660 €	24.369 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>235.794 €</b>	<b>236.354 €</b>	<b>236.931 €</b>	<b>237.526 €</b>	<b>238.138 €</b>	<b>238.769 €</b>	<b>239.418 €</b>	<b>240.087 €</b>	<b>240.776 €</b>	<b>241.486 €</b>

\* hinterur fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

Kostenart	Preissteigerung	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe
Investitions- & Re-Investitionskosten (gegenwärtig)	-	212.640 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.192.402 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (zukünftig)	1,00% p.a.	234.887 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.214.649 €
Investitions- & Re-Investitionskosten (Barwert)	-	166.516 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.146.278 €
Kapitalkosten (Zinslast)	-	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Substrate	1,50% p.a.	43.433 €	44.085 €	44.746 €	45.417 €	46.098 €	46.790 €	47.492 €	48.204 €	48.927 €	49.661 €	865.401 €
Kosten für Prozesswasser	1,50% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Zündöl (falls benötigt)	2,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Strombedarf	6,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Wärmebedarf	3,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kosten für Gärrestverwertung	2,00% p.a.	50.694 €	51.708 €	52.742 €	53.797 €	54.873 €	55.970 €	57.090 €	58.231 €	59.396 €	60.584 €	1.010.447 €
Wartung- und Instandhaltungskosten	3,00% p.a.	15.869 €	16.345 €	16.835 €	17.340 €	17.861 €	18.396 €	18.948 €	19.517 €	20.102 €	20.705 €	317.285 €
Personalkosten (Betriebsführung)	2,50% p.a.	15.054 €	15.430 €	15.816 €	16.211 €	16.617 €	17.032 €	17.458 €	17.894 €	18.342 €	18.800 €	300.405 €
Personalkosten (Geschäftsführung)	2,50% p.a.	11.290 €	11.573 €	11.862 €	12.158 €	12.462 €	12.774 €	13.093 €	13.421 €	13.756 €	14.100 €	225.304 €
Verwaltungssachkosten	2,00% p.a.	3.047 €	3.108 €	3.171 €	3.234 €	3.299 €	3.365 €	3.432 €	3.501 €	3.571 €	3.642 €	60.743 €
Haftpflichtversicherung	2,00% p.a.	14.332 €	14.619 €	14.911 €	15.209 €	15.513 €	15.824 €	16.140 €	16.463 €	16.792 €	17.128 €	285.668 €
Steuerberatungskosten	3,00% p.a.	792 €	816 €	840 €	866 €	892 €	918 €	946 €	974 €	1.004 €	1.034 €	15.840 €
Grundstückspacht	1,00% p.a.	1.302 €	1.315 €	1.328 €	1.342 €	1.355 €	1.369 €	1.382 €	1.396 €	1.410 €	1.424 €	25.960 €
Sonstiges	0,00% p.a.	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Σ Auszahlungen (AZ)</b>		<b>155.814 €</b>	<b>158.998 €</b>	<b>162.251 €</b>	<b>165.575 €</b>	<b>168.970 €</b>	<b>172.438 €</b>	<b>175.981 €</b>	<b>179.601 €</b>	<b>183.300 €</b>	<b>187.078 €</b>	<b>3.107.052 €</b>
Strom-Einspeisevergütung + Boni*	0,00% p.a.	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	196.750 €	3.935.004 €
KWK-Bonus	0,00% p.a.	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	20.366 €	407.329 €
Umsatz durch Wärmeveräußerung	3,00% p.a.	25.100 €	25.853 €	26.629 €	27.428 €	28.251 €	29.098 €	29.971 €	30.870 €	31.796 €	32.750 €	501.860 €
<b>Σ Einzahlungen (EZ)</b>		<b>242.217 €</b>	<b>242.970 €</b>	<b>243.746 €</b>	<b>244.545 €</b>	<b>245.367 €</b>	<b>246.215 €</b>	<b>247.088 €</b>	<b>247.987 €</b>	<b>248.913 €</b>	<b>249.867 €</b>	<b>4.844.193 €</b>

\* hinterur fallen alle auf die elektrische Leistung bezogenen Boni: D. h. ggf. NaWaRo-, Technologie-, Gülle- und Formaldehydbonus

#### 4.5.6 Fazit

Im vorliegenden Fall wird der Betrieb einer Holz Trocknungsanlage als höchstwahrscheinlich nicht sinnvoll eingestuft, da eine Option auf Nahwärmenetzeinspeisung besteht.

Erklärung: Da bei der Holz Trocknung nur ein geringer Teil des Energie-Inputs für die Heizwertsteigerung zur Verfügung steht, muss vergleichsweise viel Energie aufgewendet werden. Die Menge des zur Verfügung stehenden Biogases von z. B. einem ha Mais (ca. 43,5 t/a;<sup>41</sup> 4.940 m<sup>3</sup> 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 Rotbuchenholz)<sup>42</sup> auf w15 zu trocknen. Der Heizwertzugewinn läge dabei bei ca. 6,5 MWh, während das aus dem Mais gewonnene Biogas mit einem Heizwert von etwa 49,4 MWh dafür aufgebracht werden müsste. Zusätzlich bedürfte es auch noch der Miteinbeziehung des Wirkungsgrads der HHS-Feuerung. Dieser liegt in modernen Anlagen bei etwa 92 % und würde die zusätzliche Wärme, welche in ein angeschlossenes Nahwärmenetz eingespeist werden kann, von den genannten 6,5 auf 6 MWh (12 % vom Primärenergieträger) reduzieren. Bei angenommenen Nahwärmenetzverlusten von 5 bis 15 % ergibt sich damit ein endgültiger Gesamtwirkungsgrad zwischen 10 und 11,5 %. Im vorliegenden Fall ist das Ergebnis durch den hohen thermischen Wirkungsgrad von 48,8 % des verwendeten BHKW sogar noch relativ hoch. Sollten leistungsfähigere BHKW mit höherem elektrischem bzw. niedrigerem thermischem Wirkungsgrad verwendet werden, so sinkt die gesamt nutzbare Wärmewirkung unter 10 %.

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 angemessene Aussicht auf eine positive Rendite, auch wenn diese prozentual gesehen nur gering ausfällt. Selbst wenn keinerlei Wärmeveräußerung zustande käme, läge der interne Zinsfuß mit rund 1 % p. a. noch im positiven Bereich.

Außerdem ist eine Verbesserung der Umweltsituation durch Verringerung der Geruchsbeläs-

---

<sup>41</sup> Vgl. KTBL (2006), S. 211.

<sup>42</sup> Vgl. LOHMANN, ULF (2001), S.85.

tigung zu erwarten und auch aus ökologischer Sicht ist die Erschließung der verwertenden Biomassen bzgl. der Emissionen, des KEA und der Versauerung zu befürworten. Deswegen ist die Durchführung des Projekts als empfehlenswert einzustufen.

## **4.6 Impulsprojekt F – Nutzung der Polderflächen für Kurzumtriebsplantagen**

Gegenstand von Steckbrief F ist die Nutzung von Polderflächen für den Anbau von kurzumtriebigem Agrarholz, häufig auch Kurzumtriebsplantagen<sup>43</sup> (KUP) genannt.

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 KUP in dezentralen Heiz(kraft)werken ist im direkten Vergleich mit anderen Bioenergienutzungspfaden in der Regel besonders klimaeffizient (vgl. WBA 2007, SRU 2007 und 2009).

Über eine verstärkte Etablierung von KUP in der Metropolregion Rhein-Neckar kann die Angebotspalette an Holzrohstoffen erweitert und ein Beitrag zur nachhaltigen Verbesserung der Holzversorgung in der Rheinebene geleistet werden.

Eine besonders sinnvolle Option für einen solchen Anbau 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).

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.

### **4.6.1 Ausgangslage**

#### **4.6.1.1 Entwicklung von Polderflächen in der MRN**

In den letzten fünf bis zehn Jahren haben am Rhein und seinen Nebenläufen umfangreiche Aktivitäten zum Hochwasserschutz stattgefunden. Im Verbund mit den französischen Nach-

---

<sup>43</sup> Als Kurzumtriebsplantagen 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).

barn und den Niederländern wurden an verschiedenen Standorten Hochwasserrückhaltungen (gesteuerte Polder) gebaut sowie Deichrückverlegungen (ungesteuerte Polder) vorgenommen (vgl. Rijkswaterstaat Oost-Nederland 2008, Regierungspräsidium Freiburg 2010), wodurch sich auch Veränderungen in der Landnutzung ergeben.



Abb. 4-53 Deichrückverlegung Kirschgartshausen. Bilder: SDF-Partnerschaft

Zunächst stellen viele der Baumaßnahmen einen Eingriff in Natur und Landschaft gemäß Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) dar, der die Umsetzung von Ausgleichsmaßnahmen erfordert. Die Besitzverhältnisse in den Poldergebieten verändern sich durch die Inanspruchnahme von i. d. R. Ackerflächen für die Errichtung von Deichen und den zugehörigen Kompensationsflächen.

Zudem verändert sich auch die Eignung der verbliebenen Flächen für die landwirtschaftliche Nutzung. Vormalig durch einen Deich geschützte Bereiche sind durch Deichrückverlegungen nunmehr der Überflutung durch Hochwasser ausgesetzt, in gesteuerten Poldern erfolgt diese Überflutung in weitaus größeren Abständen. Aufgrund der Verschlechterung der Bewirtschaftungsbedingungen wird versucht, die betroffenen Flächeneigner und die bewirtschaftenden Betriebe durch Flächentausch im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren zu entschädigen.

Die betroffenen Flächen in den Poldergebieten werden im Zuge dieser Entwicklung häufig zu Vorrangflächen für den Naturschutz, u. a. als Flächenpool für künftige Ausgleichsmaßnahmen im kommunalen Umfeld gemäß Baugesetzbuch (BauGB). Häufige Maßnahmen stellen bislang vor allem die Umwandlung von Ackerflächen in Grünland oder die Aufforstung dar.

#### 4.6.1.2 Agrarholzanbau in der Rheinebene

Aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte und der damit verbundenen wirtschaftlichen Aktivitäten herrscht in der Rheinebene traditionell eine intensive Flächennutzung vor, die mit einem hohen regionalen Flächendruck und einem umfangreichen Rohstoff- und Energiebedarf einhergeht. Unter diesen Ausgangsbedingungen stellen sowohl die Einrichtung von Kompensationsflächen als auch die Etablierung einer Energieversorgung auf der Basis von



nachwachsenden Rohstoffen besondere Herausforderungen dar. Vor diesem Hintergrund kann der extensive Agrarholzanbau, u. a. auf Polderflächen, einen Beitrag zur Erreichung beider Ziele leisten und damit Synergien in der Fläche realisieren.

Über die Verbreiterung der Rohstoffbasis an Biomasse-Festbrennstoffen kann neben der prioritären Nutzung von Reststoffen (Grünschnitt, Altholz usw.) ein zusätzliches Potenzial für Heiz(kraft)werke und mittlere Heizanlagen z. B. zur Versorgung von Nahwärmenetzen geschaffen werden.

Um den Anforderungen an Kompensationsflächen zu genügen, sollte eine vielfältige Nutzung verschiedener Baumarten und deren Sorten bzw. Herkünften angestrebt werden, die ggf. streifig als Agroforstsystem mit anderen extensiven Ackerkulturen oder Grünlandflächen im Verbund angelegt und bewirtschaftet werden können. Bei der Baumartenwahl können auch autochthone Weidenherkünfte eine Rolle spielen. Diese können im Sinne eines In-Situ-Erhaltes auch als Mutterquartiere für Pflanzgut zu Naturschutz- und Wasserbauzwecken (z. B. Weidenspreitlagen an Gewässern und Böschungen) dienen.



Abb. 4-54 Pappelplantage am Standort Kandel. Bilder: IfaS

Die Polderstandorte verfügen aufgrund ihrer Lage in der Regel über eine sehr gute Wasserversorgung, die für das Ertragspotenzial der Baumkulturen von entscheidender Bedeutung ist. Betriebe mit ersten Erfahrungen zum Agrarholzanbau, Flächen im Polderbereich und Interesse an der Nutzung sind im Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar vorhanden. Der Agrarholzanbau stellt eine Betriebsalternative für den bisherigen Anbau, unter anderem auch für die zunehmend freiwerdenden Flächen aus der Tabakkonversion dar. Herausforderungen bestehen derzeit vor allem noch in der Verfügbarkeit flexibler Erntetechnik sowie hinsichtlich eines „kritischen“ Flächenumfangs für den Betrieb einer Erntelogistik, die auch überbetrieblich organisiert sein kann.

#### 4.6.2 Standorte

Vorhandene Hochwasserrückhaltungen und ungesteuerte Polder im Raum der Metropolregion liegen an den Standorten Worms „Bürgerweide“, Worms „Mittlerer Busch“, Mannheim „Kirschgartshausen“, 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. Eine Übersicht über die wichtigsten Grundlagen für die weitere Entwicklung von Nutzungskonzepten findet sich in nachfolgender Tabelle.

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 [Wierig, 2010].

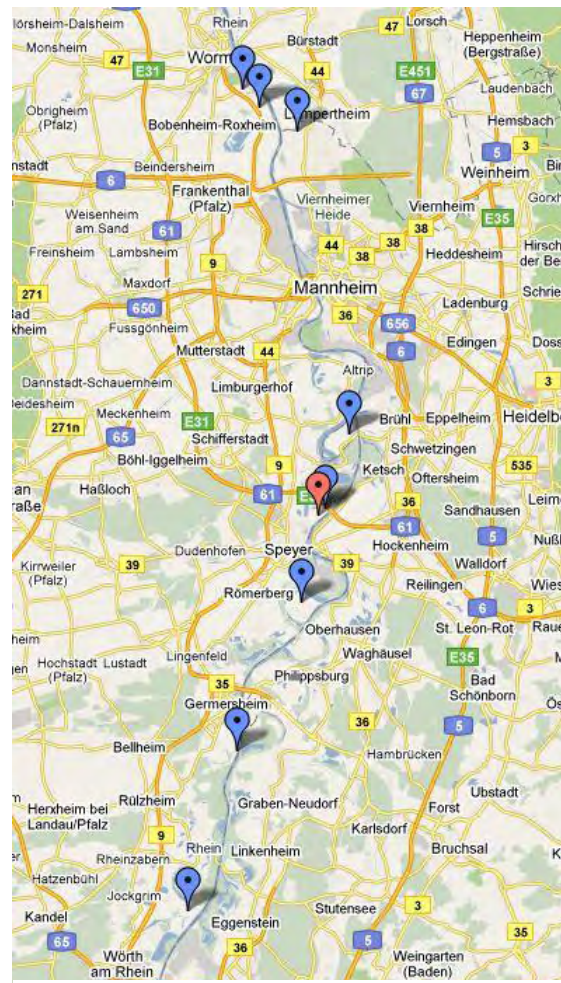


Abb. 81 Polderstandorte in der Metropolregion Rhein-Neckar. Blau = Polder; Rot = potenzieller Anlagenstandort in Speyer

Tabelle 4-75 Eigenschaften der Polderstandorte in der Metropolregion Rhein-Neckar

Polder		Flächen		aktuelle Nutzung / Planung	Nutzungsalternativen Bioenergie	Distanz zum Standort Speyer
Standort	Status	Umfang	davon Acker			
Bürgerweide	ungesteuert	68 ha	<10 ha	Naherholung, Extensivgrünland, Auwald	Grünland f. 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 f. 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 f. Biogas	1 km
Insel Flotzgrün	gesteuert	165 ha	150 ha	Landwirtschaftliche Nutzung, aktuell überwiegend Stilllegung	Ext. Anbausysteme	22 km
Im Willig	ungesteuert	11,5 ha	0 ha	Extensive landwirtschaftliche Nutzung als A.&E.-Maßnahmen	Grünland f. Biogas	26 km
Jockgrim	ungesteuert	145 ha	80 ha	landwirtschaftliche Nutzung, A.&E.-Maßnahmen, Wald	Ext. Anbausysteme (als A.&E.)	39 km
	gesteuert	275 ha	210 ha	landwirtschaftliche Nutzung, langfristig flächendeckend zur Auskiesung vorgesehen	-	39 km

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 -bewirtschaftler von den Kommunen über den Flächentausch mit Flächen im hochwassergeschützten Bereich entschädigt werden.



Abb. 4-56 Ein- und Auslassbauwerk am Polder „Insel Flotzgrün“. Bild: SGD Süd RLP

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 obiger Tabelle grün hervorgehoben.

#### **4.6.3 Potenziale und Handlungsoptionen**

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 kommen vorrangig Ackerflächen in ungesteuerten Poldern, die noch nicht für Kompensationsmaßnahmen verplant sind, in Betracht, 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.

Dieser Ansatz, der aktuell im ELKE-Projekt<sup>44</sup> ([www.landnutzungsstrategie.de](http://www.landnutzungsstrategie.de)) verfolgt wird, kann sowohl im Rahmen von Großvorhaben (so genannte naturschutzrechtliche Eingriffsregelung), als auch im kommunalen Rahmen (so genannte 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.

Auf Ackerflächen in gesteuerten Polderflächen und weiteren Flächen hinter dem Deich, die noch nicht für anderweitige Nutzungen (z. B. Kiesabbau) verplant sind, kann der Agrarholz-

---

<sup>44</sup> Etablierung einer extensiven Landnutzungsstrategie auf der Basis einer Flexibilisierung des Kompensationsinstrumentariums der Eingriffsregelung. Bundesverbundforschungsprojekt unter der Leitung des IfaS, im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), gefördert über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)



anbau 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 nachfolgenden 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.

Tabelle 4-76 Holz- und Primärenergiepotenziale aus dem Anbau von Hohertrags-Weiden in gesteuerten Polderflächen

Standort	Fläche	Hektar-Zuwachs	Gesamt-Ertrag	Heizwert	Gesamt-Heizwert
Kollerinsel	20 ha	15 t FM	300 t	4 MWh/t	1.200 MWh
Insel Flotzgrün	75 ha	15 t FM	1125 t	4 MWh/t	4.500 MWh
<b>Summe:</b>	<b>95 ha</b>		<b>1.425 t</b>		<b>5.700 MWh</b>

Tabelle 4-77 Holz- und Primärenergiepotenziale aus dem Anbau autochthoner Weidenherkünfte in ungesteuerten Polderflächen

Standort	Fläche	Hektar-Zuwachs	Gesamt-Ertrag	Heizwert	Gesamt-Heizwert
Mittlerer Busch	25 ha	7,5 t FM	187,5 t	4 MWh/t	750 MWh
Jockgrim	40 ha	7,5 t FM	300 t	4 MWh/t	1.200 MWh
<b>Summe:</b>	<b>65 ha</b>		<b>488 t</b>		<b>1.950 MWh</b>

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.

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.

#### 4.6.4 Wirtschaftlichkeit

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 Berechnungen sind für einen potenziellen Anbau in Polderflächen im Kontext der jeweiligen Standortbedingungen zu bewerten und dienen somit primär der Veranschaulichung der Verhältnisse zwischen den Varianten.

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. vierjährigen 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.

Für eine exemplarische, vergleichende Betrachtung der verschiedenen Anbausysteme Hohertragsweiden und autochthone Weiden mit dem praxisüblichen Weizenanbau wurde anhand der getroffenen Annahmen eine langfristige Gewinnbeitrags-Performance auf Basis der Vollkosten und Leistungen berechnet. Diese Betrachtungsform ermöglicht eine Einordnung der langfristigen Investition in Agrarholz gegenüber dem regional üblichen Anbau.

Nachfolgende Graphik 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.



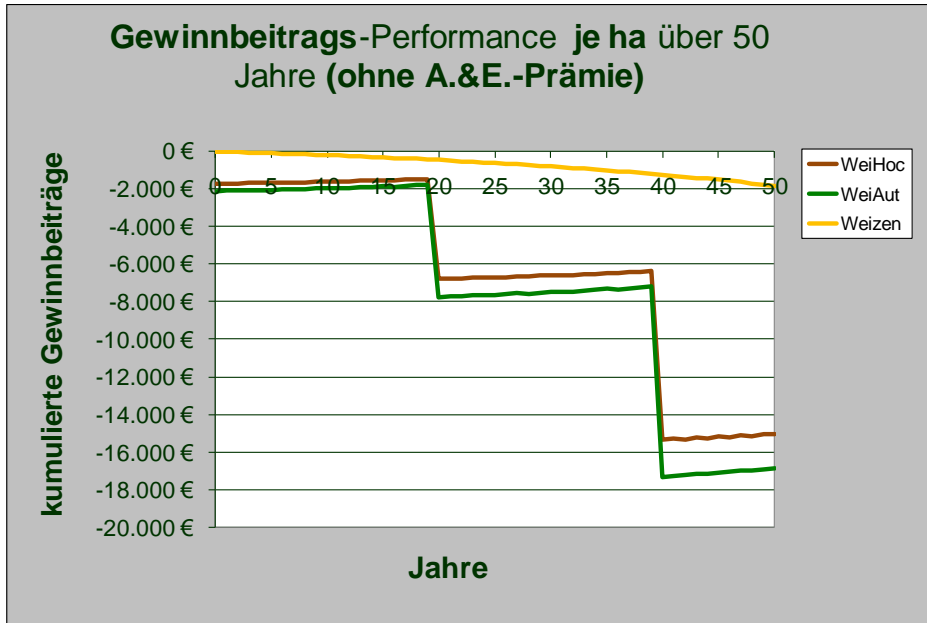


Abb. 4-57 Kumulierte Gewinnbeiträge im Agrarholz- und Weizenanbau unter Marktbedingungen

Kommt hingegen für den Agrarholzanbau, wie in nachfolgender Graphik für die Variante „WeiAut“ dargestellt, eine zusätzliche Prämie für Kompensationsleistungen von 200 €/ha hinzu, kann dieser Anbau wirtschaftlich bessere Ergebnisse als der Weizenanbau bringen.

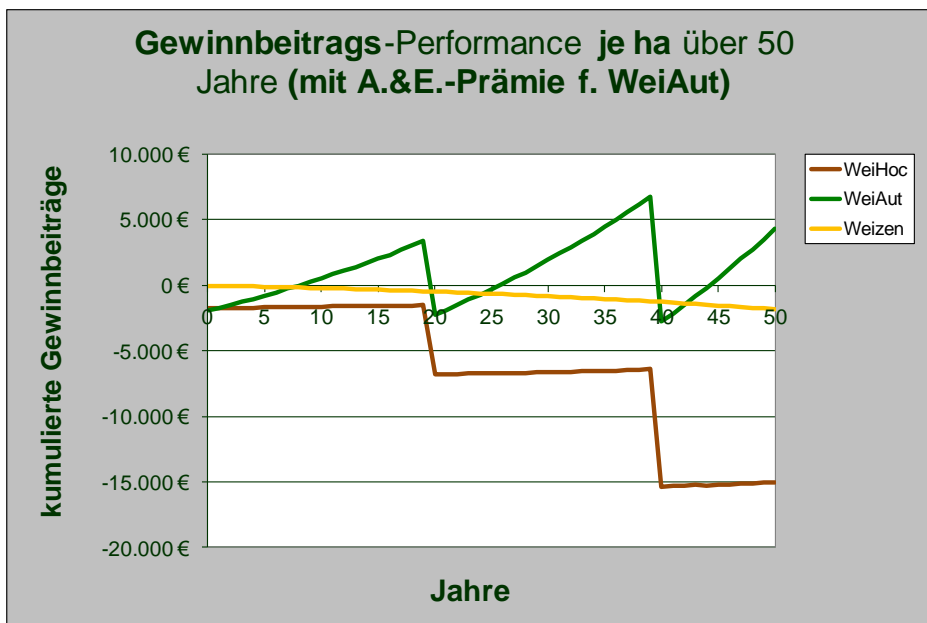


Abb. 4-58 Kumulierte Gewinnbeiträge im Agrarholz- und Weizenanbau bei Kofinanzierung des extensiven Agrarholzanbaus

Insgesamt muss im Kontext der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen darauf hingewiesen wer-

den, 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.

#### **4.6.5 Ausblick**

Die Ergebnisse zeigen, dass der Agrarholzanbau in Polderflächen einen Beitrag zum nachhaltigen Holzangebot in der Rheinebene leisten kann. Sowohl Anbaupotenziale als auch erste Erfahrungen mit dem Anbau sind regional vorhanden.

Der Anbau in Polderflächen stellt jedoch aufgrund der periodischen Überflutung eine besondere Herausforderung dar. Hier besteht zunächst noch Diskussionsbedarf hinsichtlich 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 Herkünfte 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. Die

Landwirtschaft kann vom Erhalt der Anbauflächen in Poldergebieten und langfristig gesicherten Absatzmöglichkeiten profitieren. Für die Kommunen besteht die Möglichkeit, eine kostengünstige Wärmeversorgung bei gleichzeitiger Absicherung gegenüber den immensen Ölpreisschwankungen zu realisieren. Die Geldmittel werden regional ein- und umgesetzt und fördern damit die Wertschöpfung und die Investitionssicherheit im Raum. Der regionale Naturschutz wird gestärkt und gewinnt neue und besonders effiziente Umsetzungswerkzeuge, die auf einer nachhaltigen Landnutzung basieren. Pflegenotstände und in Folge Finanzierungslücken (in öffentlichen Haushalten) werden so ausgeschlossen. Der Naturschutz kann als aktiver und verlässlicher Partner in der Kulturlandschaft wahrgenommen werden.

## Literaturverzeichnis

ATV (2003), Merkblatt ATV-DVWK-M 369, Infrastrukturabfälle: Abfälle aus der Reinigung von Kanälen, Sinkkästen und Regenbecken – Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen (rechen- und Sandfanggut), Hennef

BECKSCHULTE VERFAHRENSTECHIK GmbH (2001): Service - Schüttgutabelle. URL: [http://www.bv-net.de/deutsch/080\\_service/08600\\_schuettgutabelle.htm](http://www.bv-net.de/deutsch/080_service/08600_schuettgutabelle.htm), letzter Zugriff am 22.07.2010.

BGK (2006), Organische Düngung, Grundlagen der guten fachlichen Praxis, Köln

BRONSTERT A. (Hrsg. 2004): 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

BUNDESTAG (2008): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074). Geändert durch Art. 5 des Gesetzes vom 28. März 2009 (BGBl. I S. 643)

BUNK, Helmut; Maurer, Erich (2006): Holzenergie für Kommunen. Ein Leitfaden für Initiatoren, 3. überarbeitete Auflage 2006, Holzabsatzfonds – Anstalt des öffentlichen Rechts, Bonn

BÜTZER (2007): TCCD, Dioxine. Private online Veröffentlichung, Altstätten

Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V., C.A.R.M.E.N. e.V. (2010): Energie – Preisentwicklung bei Hackschnitzeln. Abruf am 26.02.2010 unter: <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnipreise.html>

CHRISTIAN, DÖTSCH; JAN, TASCHENBERGER, INGO SCHÖNBERG (1998): Leitfaden Nahwärme, UMSICHT-Schriftenreihe, Band 6, Fraunhofer IRB-Verlag, Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik, Oberhausen

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

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

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

EDER, SCHULZ (2006): Biogas Praxis. Grundlagen - Planung - Beispiele - Wirtschaftlichkeit, 1. Auflage, Staufen 1996, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage 2006, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg

ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT (2009): Biogas Netzeinspeisung. Betriebskosten, <http://www.biogas-netzeinspeisung.at/technische-planung/biogasgestehung/betriebskosten.html>, letzter Zugriff am 11.01.2010

EUWID 19/2009, Sinkendes Altholzaufkommen gefährdet Versorgung von Biomassekraftwerken

EUWID 24/2009, Baden-Württemberg: 420 TJ Heizwert für Speiseabfälle

FENDEL, A. et al. 2009: Dr. Ansgar Fendel und Klaus Höring, 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

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

FNR (2007b), Handbuch - Bioenergie-Kleinanlagen, 2. vollständig überarbeitete Auflage, Fachagentur nachwachsende Rohstoffe, Gülzow

FNR Fachagentur nachwachsende Rohstoffe, Heizen mit Getreide und Halmgut,  
Gülzow 2007

FRANCKEN-WELZ (2008): Regionales Potential und bestehende Initiativen der Nutzung  
Erneuerbarer Energien in Rheinland-Pfalz. Symposium: DFG-Graduiertenkolleg  
der Universität Trier, Imsbach

GEWITRA 2009: Cuhls, C. et al.: „Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung  
von Bioabfällen“, UFO-Plan FKZ 206 33 326, Februar 2009

HECK ET AL. (2008): Biomassemasterplan für die Landeshauptstadt Mainz Wirtschafts-  
förderung durch eine Strategie zur energetischen Nutzung von Biomasse. Institut  
für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld

IBS - INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER (2010): Brennstoffe. Brennstoffda-  
ten und Infos für Biomasse, URL: [http://energieberatung.ibs-  
hik.de/planbio\\_brennst.htm](http://energieberatung.ibs-hlk.de/planbio_brennst.htm), letzter Zugriff am 10.03.2010.

IfaS (2007), Studie zur Untersuchung alternativer Verwertungsmöglichkeiten von Grün-  
schnitt in Rheinland-Pfalz, Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Forsten  
und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Birkenfeld 2007

IFAS (2006), Energieversorgung mit Holz – Zukunftsmarkt der Gemeinde Nettersheim

IFEU / igw (2008), Energieerzeugung aus Biomasse in Heidelberg, Studie im Auftrag  
des Amtes für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie der Stadt Heidelberg,  
Heidelberg / Witzenhausen

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

KALTSCHMITT; HARTMANN; HOFBAUER (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen,  
Techniken und Verfahren, 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer-  
Verlag, Berlin/Heidelberg

KNAPPE ET AL (2007): Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Erschienen in UBA, Texte 04/07 ISSN 1862-4804, Umweltbundesamt, Dessau

KNAUTZ ET AL. (2007): Dezentrale Monoverbrennung von Klärschlämmen mit solarer Vortrocknung. Kalogeo, Leobersdorf

KNEIP, GUY; MINETTE, FRANK (2008): Abwärmenutzung von Biogasanlagen in Luxemburg am Beispiel einer Holzhackschnitzeltrocknung. Kompetenzzentrum technischer Umweltschutz Luxemburg (CRTE), Luxembourg

KRACHLER, MARTIN (2003): Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen, Symposium: Vergärung biogener Abfälle - Vergärungsanlage Wien, 22.-23. Mai 2003, Wien

KTBL (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Auflage, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt

KTBL (2005): Großvieheinheiten (GV)-Schlüssel (1 GV=500 kg Tierlebensmasse). URL: <http://ktbl-alt.avenit.de/recht/gv-schlüssel.htm>, letzter Zugriff am 10.03.2010.

KTBL (2006): Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. 20. Auflage 2006, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt

KTBL (2006a): Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. 20. Auflage 2006, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt

KTBL (2006b): Energiepflanzen. Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt

KTBL (2009): Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas. URL: <http://daten.ktbl.de/biogas/startseite.do?zustandReq=25&selectedAction=anlagen#start>, letzter Zugriff am 11.01.2010

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 10.03.2010.

KÜPPERS; SCHÜLLER (2003): Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach.

Öko-Institut e. V., Darmstadt

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER RHEINLAND-PFALZ (2010): Markt- und Preisberichterstattung

– Getreide und Ölf Früchte. Abruf am 26.02.2010 unter: <http://www.lwk-rlp.de/layouts/marktstatistik/>

LfL (2006): Materialsammlung Futterwirtschaft. Daten, Fakten und Berechnungsgrundlagen zu den Kosten der Grundfuttererzeugung und der Futterwirtschaft, 4. Auflage, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, München

Lippok, Jürgen / Korth, Dietrich (2007), Abbrucharbeiten. Grundlagen, Vorbereitung, Durchführung, Köln

LOHMANN, ULF (2001): Holz-Handbuch. DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co., 1. unveränderter Nachdruck der 5., völlig überarbeiteten und erweiterte Auflagen von 1999, Leinfelden-Echterdingen

LUBW (2009), Bio- und Grünabfälle. Optimierung der Erfassung von Bio- und Grünabfällen in Baden-Württemberg, Karlsruhe

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

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

Mantau, Prof. Dr. Udo (2007), Energetische und stoffliche Holzverbrauchsentwicklung in Deutschland, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft. Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft, Abruf unter: [http://www.kompetenznetz-holz.de/aktuelles/rohholzmanagement/vortraege/16\\_Referat\\_Mantau.pdf](http://www.kompetenznetz-holz.de/aktuelles/rohholzmanagement/vortraege/16_Referat_Mantau.pdf)

NOVATECH (2006): Biogasanlagen im Veredelungsbetrieb. Erschienen in: Fachprogramm Agritechnica 2009, <http://www.agritechnica.com/fileadmin/downloads/2009/Fachprogramm/Forum3/12.11/gronbach.pdf>, letzter Zugriff am 13.09.10.



Österreichisches Normungsinstitut: ÖNorm M 7132, Austrian Standards Institute, Wien

PILZ, B., 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](http://www.smul.sachsen.de/landwirtschaft/download/Pilz_24042009_komprimiert.pdf)

Prochnow, Anette et al. (2007), Biogas vom Grünland. Potenziale und Erträge, Potsdam

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (2010): Integriertes Rheinprogramm (IRP).

Abruf am 25.02.2010 unter: <http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1188090/index.html>

RIJKSWATERSTAAT OOST-NEDERLAND (Hrsg., 2008): Raum für Fluss, Natur und Menschen: Nachhaltige Überflutungsräume am Rhein. Arnhem

RÖSCH, C., K. Raab, J. Skarka, V. Stelzer, Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung?, Studie des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse am Forschungszentrum Karlsruhe, im Auftrag des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg, 2007

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

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

SCHULZ, Fa. Locom Karlsruhe, persönliche Mitteilung Februar 2010

SEVA ENERGIE AG (2009): Produktpalette - Biogas. URL:

<http://www.seva.de/index.php/de/component/content/article/7>, letzter Zugriff am 11.01.2010.

Struktur- und Genehmigungsdirektion (SGD) Süd (2010): Hochwasserschutz. Downloads Detailinformationen zu Hochwasserrückhaltungen und Deichrückverlegungen. Abruf am 25.02.2010 unter:

<http://www.sgdsued.rlp.de/icc/Internet/nav/9cc/9cc70962-1723-1911-2b26-38822700266c.htm>

UHLIG, C; Boris Wüst, Landschaftspflegekonzept Gemeinde Elmstein – Gebiet Mordkammer, Kleines Studienprojekt im Lahr- und Forschungsgebiet Landschafts- und Freiraumentwicklung der TU Kaiserslautern, Wintersemester 2007/2008, März 2008

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

Wiegmann, Kirsten et al. (2006), Bioenergie und Naturschutz: Sind Synergien durch die Energienutzung von Landschaftspflegeresten möglich?, Studie von Öko-Institut, Institut für Energetik, Dr. W. Peters, DVL, alw, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, WBA (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik. s.l.

Witzenhausen Institut, Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 3707 33 304), Witzenhausen 2010

## Anhang I

### Bioabfallgebühren

Unter Bioabfällen werden an dieser Stelle sowohl Bioabfälle aus Haushalten (organische Speiseabfälle) als auch gras- und holzartige Bioabfälle (Grünschnitte/Grünabfälle) aus Garten-, Park-, und Grünanlagen verstanden.

Gebühren werden stets für Volumenmengen angegeben. Um eine Umrechnung in t zu ermöglichen, wird die Dichte von Speiseresten mit rund  $0,9 \text{ t/m}^3$  und jene von Grünabfällen mit rund  $0,25 \text{ t/m}^3$  angesetzt.

Die folgenden Abbildungen stellen einen kleinen Ausschnitt der Bioabfallgebühren deutscher Entsorger dar und sollen ein gewisses Maß an Vergleichbarkeit schaffen. Bioabfälle aus Haushalten können dabei sowohl organische Speiseabfälle als auch Grünabfälle enthalten. Das Verhältnis zwischen beiden Biomassearten wird dabei insofern vorgegeben, als eine Rohdichte von  $0,7 \text{ t/m}^3$  angenommen wird. Dies entspricht einem Volumenverhältnis von etwa 70 % organischen Speiseabfällen und 30 % Grünabfällen. Die organischen Speiseabfälle machen dabei etwa 89 % der Gesamtmasse aus.

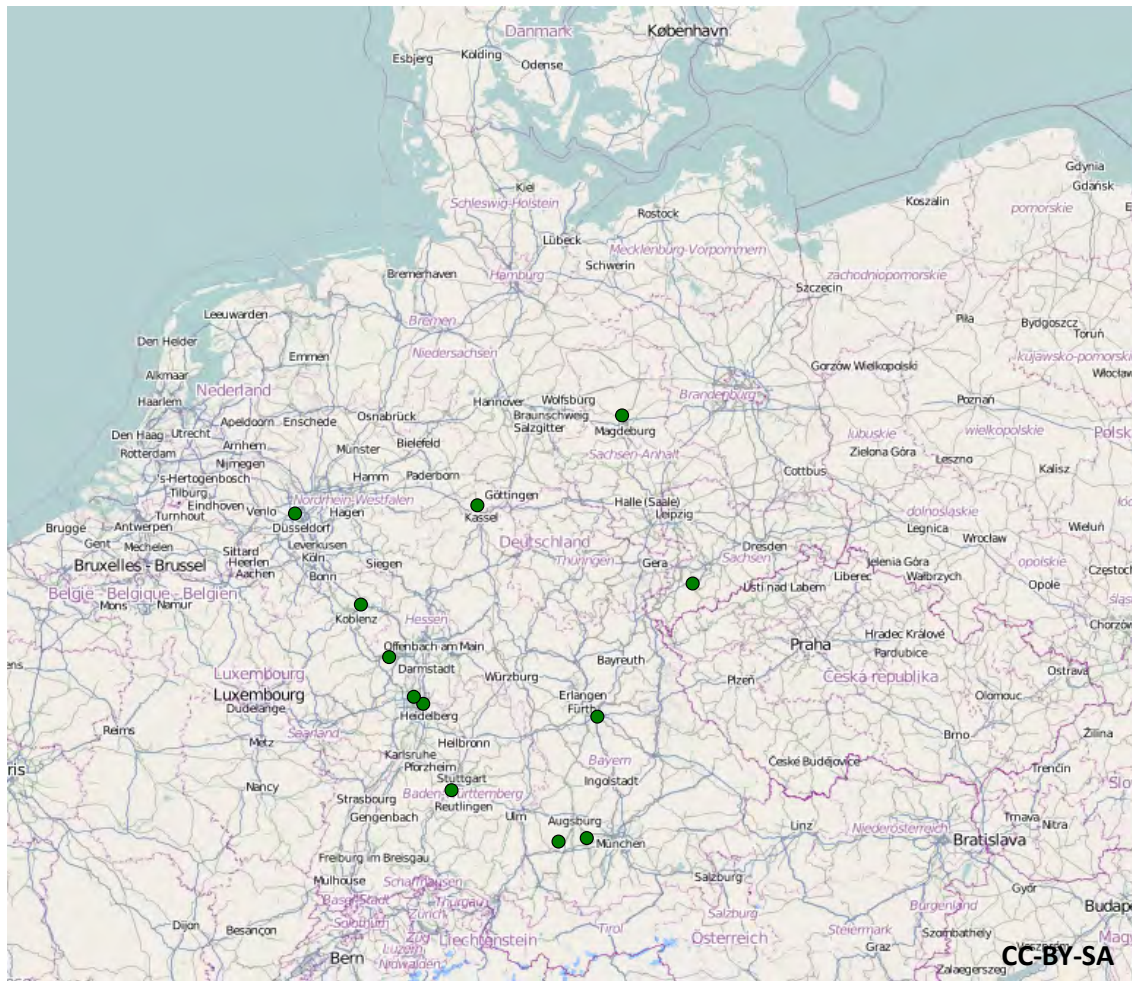


Abbildung: Orte von denen Daten bzgl. der Bioabfallgebührenerhebung vorliegen<sup>45</sup>

<sup>45</sup> Abbildung verändert nach [www.openstreetmaps.de](http://www.openstreetmaps.de), letzter Zugriff am 19.07.2010.

<b>Düsseldorf (Landeshauptstadt)</b> Entsorgungsgebühren für Bioabfall Regelmäßige Abfuhr alle 14 Tage d. h. 26 Entleerungen/a		Behältergröße	Kosten (Vollservice)	
			pro a	pro t* <sub>1</sub>
		120 l	133,56 €	<b>61,15 €</b>
		240 l	242,28 €	<b>55,47 €</b>
		Behältergröße	Kosten (Teilservice)	
			pro a	pro t* <sub>1</sub>
		120 l	108,72 €	<b>49,78 €</b>
		240 l	217,44 €	<b>49,78 €</b>

Vgl. Umweltamt Landeshauptstadt Düsseldorf (2010):  
<http://www.duesseldorf.de/umweltamt/abfall/biotonne.shtml>, letzter Zugriff am 13.04.2010.

<b>Fürstentfeldbruck (Große Kreisstadt)</b> Entsorgungsgebühren für Bioabfall	
- Je nach Restabfall-Behälterbedarf (40 bis 5.000 l) fallen 11 bis 1.400 €/a Mehrkosten gegenüber dem Eigenkompostieren an. Dafür werden Bioabfallsäcke mit einem Gesamtvolumen zwischen 0,44 und 55 m <sup>3</sup> zur Verfügung gestellt - Bei gegebenen Annahmen e	
<b>Zusätzliche Grundgebühr</b>	
pro Haushalt	57,00 €/a
Gewerbe (< 300 m <sup>2</sup> )	81,00 €/a
Gewerbe (> 300 bis 1000 m <sup>2</sup> )	162,00 €/a
Gewerbe (> 1.000 bis 2.000 m <sup>2</sup> )	243,00 €/a
Gewerbe (je weitere angefangene 1.000 m <sup>2</sup> )	81,00 €/a

Vgl. Abfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises Fürstentfeldbruck (2010):  
<http://www.awb-ffb.de/html/abfallgebuehren-restmuell.html>; letzter Zugriff am 13.04.2010.

<b>Heidelberg (Stadtkreis)</b> Entsorgungsgebühren für Bioabfall Regelmäßige Abfuhr alle 14 Tage d. h. 26 Entleerungen/a + 4 Entleerungen/a (Jun bis Aug)		Behältergröße	Kosten (Vollservice)	
			pro a	pro t* <sub>1</sub>
		80 l	51,00 €	<b>30,36 €</b>
		120 l	54,00 €	<b>21,43 €</b>
		240 l	102,00 €	<b>20,24 €</b>
		Behältergröße	Kosten (Teilservice)	
			pro a	pro t* <sub>1</sub>
		80 l	48,00 €	<b>28,57 €</b>
		120 l	48,00 €	<b>19,05 €</b>
		240 l	96,00 €	<b>19,05 €</b>

\*<sub>1</sub> bei Vollaustattung und einer angenommenen Rohdichte von 0,7 t/m<sup>3</sup>  
 Vgl. Stadt Heidelberg (2010):  
<http://www.heidelberg.de/servlet/PB/menu/1124367/index.html>, letzter Zugriff am 13.04.2010.

<b>Magdeburg (Landeshauptstadt)</b> Entsorgungsgebühren für Bioabfall Regelmäßige Abfuhr alle 14 Tage d. h. 26 Entleerungen/a		Behältergröße	Kosten	
			pro a	pro t* <sub>1</sub>
		60 l	87,36 €	<b>80,00 €</b>
		120 l	174,72 €	<b>80,00 €</b>
		240 l	349,44 €	<b>80,00 €</b>
		770 l	1.121,38 €	<b>80,02 €</b>
		1.100 l	1.601,86 €	<b>80,01 €</b>

- Garten- und Parkabfälle können gegen eine Gebühr von 38,90 €/t angeliefert werden.  
 Vgl. Landeshauptstadt Magdeburg - Städt. AWB (2010):  
[http://www.magdeburg.de/Bürger/Wohnen\\_Umwelt\\_Verkehr/Abfallwirtschaft/Gewerbekunden/Gebühren/](http://www.magdeburg.de/Bürger/Wohnen_Umwelt_Verkehr/Abfallwirtschaft/Gewerbekunden/Gebühren/);  
 letzter Zugriff am 13.04.2010.

<b>Mannheim (Stadtkreis)</b> Entsorgungsgebühren für Bioabfall Regelmäßige Abfuhr alle 14 Tage d. h. 26 Entleerungen/a		Behältergröße	Kosten (Vollservice)	
			pro a	pro t* <sub>1</sub>
		80 l	67,20 €	<b>46,15 €</b>
		120 l	93,60 €	<b>42,86 €</b>
		240 l	174,00 €	<b>39,84 €</b>
		Behältergröße	Kosten (Teilservice)	
			pro a	pro t* <sub>1</sub>
		80 l	51,60 €	<b>35,44 €</b>
		120 l	78,00 €	<b>35,71 €</b>
		240 l	156,00 €	<b>35,71 €</b>

\*<sub>1</sub> bei Vollaustattung und einer angenommenen Rohdichte von 0,7 t/m<sup>3</sup>  
 Vgl. Stadt Mannheim (2010):  
[http://www.mannheim.de/io2/browse/webseiten/politik/aemter/eb70/gebuehren/index\\_de.xdoc](http://www.mannheim.de/io2/browse/webseiten/politik/aemter/eb70/gebuehren/index_de.xdoc), letzter Zugriff am 13.04.2010.

<b>Nürnberg (Kreisfreie Stadt)</b> Entsorgungsgebühren für Bioabfall	
- Für Restabfall (graue Tonne) wird eine Gebühr von 5,9 €-cent/l (unter gegebenen Annahmen: 84,29 €/t) erhoben während Altpapier- und Bioabfalltonne kostenlos (Kostenumlage auf Restmülltonne) als Zusatz angeboten werden. - Ähnliche Fälle zu jedoch ande	

Vgl. Abfallwirtschaft Stadt Nürnberg (2010):  
<http://www.nuernberg.de/internet/abfallwirtschaft/gebuehren.html#5>; letzter Zugriff am 13.04.2010.

Abb. 0-1 Beispiel für Bioabfallgebühren in Städten

Landkreis Esslingen Entsorgungsgebühren für Bioabfall	Behältergröße	Kosten	
		pro a	pro t* <sub>1</sub>
Regelmäßige Abfuhr alle 14 Tage d. h. 26 Entleerungen/a	60 l	39,00 €	<b>35,71 €</b>
	120 l	78,00 €	<b>35,71 €</b>
	240 l	156,00 €	<b>35,71 €</b>

Vgl. Abfallwirtschaftsbetrieb Landkreis Esslingen (2009):  
<http://www.awb-es.de/kosten.html>; letzter Zugriff am 13.04.2010.

Landkreis Kassel Entsorgungsgebühren für Bioabfall	Behältergröße	Kosten	
		pro a	pro t* <sub>1</sub>
Regelmäßige Abfuhr alle 14 Tage d. h. 26 Entleerungen/a	120 l	109,56 €	<b>50,16 €</b>
	240 l	219,24 €	<b>50,19 €</b>

- Wird eine Restabfalltonne bezogen, so kann Bioabfall bis zum doppelten Volumen des Restabfallbehälters über kostenlos zur Verfügung gestellte Bioabfalltonnen entsorgt werden, angegebene Preise gelten für Bioabfallmengen die darüber hinausgehen

Vgl. AWB Landkreis Kassel (2009):  
<http://www.abfall-kreis-kassel.de/Download/BroschuerenPreiseZertifikateRecht/InfoBehaeltergebuehrenUndSpartipps.pdf>;  
 letzter Zugriff am 13.04.2010.

Landkreis Landsberg am Lech Entsorgungsgebühren für Bioabfall	Behältergröße	Kosten	
		pro kg	pro t
	80 l	0,21 €	<b>210,00 €</b>
	120 l	0,21 €	<b>210,00 €</b>
	240 l	0,21 €	<b>210,00 €</b>

Vgl. Landkreis Landsberg am Lech (2010):  
[http://www.landkreis-landsberg.de/abfall/hausmuell/gebuehren\\_allgemein.php?navid=16](http://www.landkreis-landsberg.de/abfall/hausmuell/gebuehren_allgemein.php?navid=16); letzter Zugriff am 13.04.1010.

Landkreis Mainz-Bingen Entsorgungsgebühren für Bioabfall	Behältergröße	Kosten	
		pro a	pro t* <sub>1</sub>
Regelmäßige Abfuhr alle 28 Tage d. h. 13 Entleerungen/a + 6 Entleerungen/a (Sommerregelung)	80 l	92,00 €	<b>86,47 €</b>
	120 l	138,00 €	<b>86,47 €</b>
	240 l	276,00 €	<b>86,47 €</b>
	660 l	759,00 €	<b>86,47 €</b>
	1.100 l	1.265,00 €	<b>86,47 €</b>

- Für Eigenkompostierer werden 20% Rabatt angeboten  
 \*<sub>1</sub> bei Vollaustattung und einer angenommenen Rohdichte von 0,7 t/m<sup>3</sup>

Vgl. Abfallwirtschaftsbetrieb Landkreis Mainz-Bingen (2008):  
<http://www.awb-mainz-bingen.de/de/Abfallgebuehren.aspx>; letzter Zugriff am 13.04.2010.

Landkreis Neuwied Entsorgungsgebühren für Bioabfall	Behältergröße	Kosten	
		pro a	pro t* <sub>1</sub>
Regelmäßige Abfuhr (wöchentlich: Mrz bis Okt & 3-wöchentlich: Nov bis Dez) d. h. 43 Entleerungen/a	120 l	165,00 €	<b>45,68 €</b>
	240 l	210,00 €	<b>29,07 €</b>

Vgl. Landkreis Neuwied (2009):  
<http://www.abfall-nr.de/img/abfallgebuehrensatzung.pdf>; letzter Zugriff am 13.04.2010.

Landkreis Zwickau Entsorgungsgebühren für Bioabfall	Behältergröße	Kosten	
		pro a	pro t* <sub>1</sub>
Regelmäßige Abfuhr alle 14 Tage d. h. 26 Entleerungen/a	70 l (Sack)	39,00 €	<b>30,61 €</b>
	80 l	53,30 €	<b>36,61 €</b>
	120 l	79,30 €	<b>36,31 €</b>
	240 l	158,60 €	<b>36,31 €</b>

Vgl. Landkreis Zwickau - Amt für Abfallwirtschaft (2010):  
[http://www.landkreis-zwickau.de/download/landratsamt\\_infos\\_merkblaetter/2\\_2\\_Gebuehren-Satzungen\\_Vorlage\\_2.PDF](http://www.landkreis-zwickau.de/download/landratsamt_infos_merkblaetter/2_2_Gebuehren-Satzungen_Vorlage_2.PDF); letzter Zugriff am 13.04.2010.

Abb. 0-2 Beispiel für Bioabfallgebühren in Landkreisen

Zu den Bioabfallgebühren muss erwähnt werden, dass die tatsächliche Kostenentstehung bei der Behandlung von Bioabfall oftmals nicht 1:1 auf den Bioabfall übertragen werden kann. Bioabfallgebühren können in verschiedenen Regionen bereits zu großen Teilen in der Restabfall- und/oder der fixen Grundgebühr enthalten sein. Diese Gebühren sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in der Auflistung aufgeführt, können jedoch auf den angegebenen Internetseiten der Abfallverwerter oder Verwaltungen gefunden werden. Viele Müllentsorger verzichten gänzlich auf eine separate Gebührenerhebung und bieten die Papier- und/oder Bioabfalltonne entweder gar nicht oder gar als kostenlosen Zusatz an. Die Finanzierung findet bei letzterem dann wohl über Grund- und Restmüllgebühren statt, welche sich jedoch genau wie die Bioabfallgebühren (falls erhoben) je nach Ort stark unterscheiden können. Im Juli 2008 wurden bei einer Untersuchung durch das unabhängige Verbraucherportal Verivox.de die Restmüllgebühren in den 100 größten Städte Deutschlands verglichen, wobei zum Teil erhebliche Unterschiede von über 500 % festgestellt wurden. Die Erhebung kann online unter der URL: [http://www.freeware.de/software/muellgebuehren-in-den-100-groessten-staedten-der-brd\\_36154.html](http://www.freeware.de/software/muellgebuehren-in-den-100-groessten-staedten-der-brd_36154.html) als zip-File und darin enthaltene Excel-Datei kostenlos herunter geladen werden.



**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:**

Manuel Schaubt

**V.i.S.d.P.:**

Leitender Direktor Christoph Trinemeier