

Landkreis Tirschenreuth



Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab



Stadt Weiden i.d.OPf.



Klimaschutzteilkonzept zur klimafreundlichen Abfallentsorgung

Förderkennzeichen: 03K04051

Abschlussbericht: Mai 2018

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit**



**NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE**

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

Klimaschutzteilkonzept zur klimafreundlichen Abfallentsorgung

Förderkennzeichen: 03K04051

Abschlussbericht: Mai 2018

Erstellung des Abschlussberichts:



Farshad Poursaber, M.Sc. (TU)

Tel.: 0961 38911-28

COPLAN AG
Hermann-Brenner-Platz 1
92637 Weiden

E-Mail: farshad.poursaber@coplan-online.de

Bastjan Kebinger Dipl. Ing. (FH)

Tel.: 0851 501969-11

COPLAN AG
Schießstattweg 6
94032 Passau

E-Mail: bastjan.kebinger@coplan-online.de



Adam Bürger, Dipl.-Ing.

Tel.: 08072 484 6080

b.r.e. balance in renewable energies
Am Wiesenrain 4a
D - 83527 Haag i. OB.

E-Mail: a.buerger@bre-biogas.com

Haag i. OB., Weiden im Mai 2018

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	1-V
TABELLENVERZEICHNIS	1-VI
ABKÜRZUNGEN	1-VIII
1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG	9
2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN	11
3 BESTANDSAUFNAHME	14
3.1 Bevölkerungsstruktur	14
3.1.1 Stadt Weiden i.d.OPf.....	14
3.1.2 Landkreis Tirschenreuth	16
3.1.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab	18
3.2 Abfallwirtschaftliche Struktur	20
3.2.1 Abfallwirtschaftskonzept.....	20
3.2.2 Gebühren	23
3.2.3 Erfassungssystem	27
3.2.4 Abfallbehandlung – Verwertung und Beseitigung	33
3.2.5 Kompostverwertung und –vermarktung.....	36
3.3 Abfallbilanz	39
3.3.1 Menge und Zusammensetzung	39
3.3.2 Sortieranalyse	47
3.3.3 Theoretisches Wertstoffpotenzial im Restmüll.....	53
3.3.4 Behälteranzahl, -volumen und -füllgrad	55
3.3.5 Schüttgewicht des Restabfalls	57
4 POTENZIALANALYSE.....	58
4.1 Potenzialanalyse Stadt Weiden i.d.OPf.	59

4.2	Potenzialanalyse Landkreis Tirschenreuth.....	62
4.3	Potenzialanalyse Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab	63
4.4	Potenzialanalyse Fragebogenaktion	65
4.5	Zusammenfassung der Einzelpotenziale und Auswertung	65
4.6	Betrachtung möglicher anaerober Verwertungsverfahren	66
4.6.1	Trockenfermenteranlagen nach dem Garagenprinzip	66
4.6.2.	Pfropfenstrom-Vergärungsanlagen	67
4.7	Bewertung möglicher Gaserträge	69
4.8	Theoretische Erlösmöglichkeiten einer Abfallvergärungsanlage	74
4.9	Aktuelle gesetzl. Rahmenbedingungen im aktuellen EEG 2017	75
4.10	Konzeption einer möglichen Bioabfall-Propfenstromvergärung	76
4.11	Betriebswirtschaftliche Eckwerte von Abfallvergärungsanlagen	76
4.12	Treibhausgasbilanzierung	79
4.12.1	Szenario 1 - Verwertung aller biogenen Abfälle wie bisher über Kompostierung und teilweise durch anaerobe Vergärung	80
4.12.2	Szenario 2: Die Verwertung aller biogenen Stoffe in einer anaeroben Vergärungsanlage in einer der Gebietskörperschaften	81
4.12.3	Szenario 3: Die Verwertung aller biogenen Stoffe auf einer Kompostierungsanlage in einer der Gebietskörperschaften	82
4.13	CO₂ Emissionen bei Sammlung und Transport von biogenen Reststoffen	82
4.13.1	Stadt Weiden	83
4.13.2	Landkreis Tirschenreuth	84
4.13.3	Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab	85
4.13.4	Gesamtemissionen für Sammlung und Transport	86
4.14	CO₂ Emissionen der unterschiedlichen Behandlungsverfahren	86
4.14.1	CO ₂ eq Emissionen Szenario 1 - Status Quo	87
4.14.2	CO ₂ eq Emissionen Szenario 2 - Anaerobe Vergärung aller Bioabfälle	88
4.14.3	CO ₂ eq Emissionen Szenario 3 - Kompostierung	91

4.14.4	Übersicht Treibhausgas-Emissionen Gutschriften der verschiedenen Szenarien	91
5	STANDORTBEURTEILUNG	93
6	AKTEURS- UND ÖFFENTLICHKEITSBETEILIGUNG	97
7	MAßNAHMENKATALOG	100
8	CONTROLLING-KONZEPT.....	103
9	KOMMUNIKATIONSSTRATEGIE	105
10	ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT	106

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Fünfstufige Abfallhierarchie nach KrWG.....	13
Abbildung 2:	Entwicklung der Einwohnerzahl der Stadt Weiden i.d.OPf.....	14
Abbildung 3:	Bevölkerungsdichte für die Stadt Weiden i.d.OPf. 2016.....	15
Abbildung 4:	Entwicklung der Einwohnerzahl Landkreis Tirschenreuth.....	16
Abbildung 5:	Bevölkerungsdichte für den Landkreis Tirschenreuth 2016.....	17
Abbildung 6:	Entwicklung der Einwohnerzahl Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab.....	18
Abbildung 7:	Bevölkerungsdichte für den Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab.....	19
Abbildung 8:	Abfallwirtschaftskonzept Stadt Weiden i.d.OPf. 2016.....	20
Abbildung 9:	Abfallwirtschaftskonzept Landkreis Tirschenreuth 2017 / 2018.....	21
Abbildung 10:	Abfallwirtschaftsstoffströme Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016 / 2018.....	22
Abbildung 11:	Zusammensetzung des Gesamtabfalls der Stadt Weiden i.d.OPf. 2005 – 2016.....	40
Abbildung 12:	Abfallinventar Landkreis Tirschenreuth zwischen 2006 – 2016.....	42
Abbildung 13:	Abfallinventar Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2005 - 2016.....	44
Abbildung 14:	Verfahrensschema Status Quo der Abfallverwertung.....	81
Abbildung 15:	Verfahrensschema Bioabfallvergärung.....	81
Abbildung 16:	Verfahrensschema Kompostierung.....	82
Abbildung 17:	Lage der Optionsflächen im Gewerbegebiet Weiden-West III (Quelle: Google Maps).....	93
Abbildung 18:	Abfallvergärungsanlage Konzeptstudie für rund 25.000 t (Quelle: b.r.e.).....	94
Abbildung 19:	Lageplan Deponie Kalkhäusl nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung.....	95
Abbildung 20:	Anlagenkonzept Bioabfallvergärung Deponie Weiherhammer – Kalkhäusl.....	96
Abbildung 21:	Schematische Darstellung des Controlling Konzeptes.....	105

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Jährliche Gebühr Restmüllbehälter mit Biotonne der Stadt Weiden i.d.OPf.	23
Tabelle 2: Jährliche Restmüllgebühren im Landkreis Tirschenreuth 1994 - 2020	24
Tabelle 3: Jährliche Restmüllgebühren im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2006 - 2018.....	26
Tabelle 4: Erfassungssysteme für einzelne Abfallarten der Stadt Weiden i.d.OPf. 2016	28
Tabelle 5: Erfassungssysteme für einzelne Abfallarten im Landkreis Tirschenreuth 2017	30
Tabelle 6: Erfassungssysteme der Abfälle im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016/2017	32
Tabelle 7: Behandlungskenndaten der Organikabfälle in der Stadt Weiden i.d.OPf. 2016.....	33
Tabelle 8: Behandlungskenndaten der Organikabfälle im Landkreis Tirschenreuth 2017.....	34
Tabelle 9: Behandlungsverfahren - Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2017.....	35
Tabelle 10: Kompostverwertung und –vermarktung Stadt Weiden i.d.OPf. 2016	36
Tabelle 11: Kompostverwertung und –vermarktung im Landkreis Tirschenreuth 2016.....	37
Tabelle 12: Kompostverwertung und –vermarktung im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016	38
Tabelle 13: Grüngutmenge in der Stadt Weiden i.d.OPf. 2005 – 2016	41
Tabelle 14: Grüngutmenge im Landkreis Tirschenreuth 2006 - 2016	43
Tabelle 15: Grüngutmenge im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2007 - 2016.....	45
Tabelle 16: Abfallaufkommen in den drei Körperschaften im Jahr 2016.....	46
Tabelle 17: Restmüllsortieranalyse der Gebietsstrukturen der Stadt Weiden i.d.OPf. 2013	48
Tabelle 18: Restmüllanalyse Landkreis Tirschenreuth im Jahr 2013	49
Tabelle 19: Restmüllsortieranalyse der Gebietsstrukturen im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2014.....	51
Tabelle 20: Theoretisch verwertbares Wertstoffpotenzial im Restmüll	53
Tabelle 21: Restmüllbehälterkenndaten in den drei Körperschaften im Jahr 2016 / 2017	55
Tabelle 22: Durchschnittliches Schüttgewicht des Restabfalls in den drei Körperschaften	57
Tabelle 23: Organische Abfallmengen Stadt Weiden – 2016.....	60
Tabelle 24: Derzeit verbindlich verfügbares Potenzial für eine anaerobe Verwertung –.....	61
Tabelle 25: Zusätzliches Potenzial durch Optimierung der Sammlung (Erhöhung Anschlussgrad).....	61
Tabelle 26: Organische Abfallfraktionen des Landkreis Tirschenreuth	62
Tabelle 27: Organische Abfallfraktionen des Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016	64
Tabelle 28: Abfallmengen aus der März/April 2017 durchgeführten Fragebogenaktion	65

Tabelle 29: Gesamtpotenzial der Gebietskörperschaften	65
Tabelle 30: Erlösmöglichkeiten einer Biogasanlage mit 802 kW elektrischer Leistung	74
Tabelle 31: Gesamtemissionen über die Transportwege	86
Tabelle 32: THG Gutschrift aus dem bisherigen Anteil anaerober Vergärung von 4.380 Mg	87
Tabelle 33: THG Gutschrift aus der anaeroben Vergärung	90
Tabelle 34: Übersicht THG Bilanzierung	92

ABKÜRZUNGEN

a.d.Waldnaab	an der Waldnaab
AWS	Abfallwirtschaftssatzung
BattG	Batteriegesetz
BayAbfG	Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz
BayGVBl	Bayerischer Gesetz- und Verordnungsblatt
BGBl	Bundesgesetzblatt
BMU	Bundesumweltministerium
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DSD	Duale System Deutschland
E	Einwohner
EG	Europäische Gemeinschaft
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
E-Schrott	Elektronikschrott
FG	Füllgrad
GSB	Gesellschaft zur Beseitigung von Sonderabfällen in Bayern
i.d.OPf.	in der Oberpfalz
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Komm.	Kommunal
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
l	Liter
LK	Landkreis
LVP	Leichtverpackung
Mg	Megagramm
MGB	Müllgroßbehälter
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
örE	öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
PET	Polyethylenterephthalat
PPK	Papier, Pappe, Kartonage
TIR	Tirschenreuth
TS	Trockensubstanz
WB	Weißblech
ZMS	Zweckverband Müllverwertung Schwandorf

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Der Bericht des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) von 2013/2014 bestätigt, dass sich das Klima durch den menschlichen Einfluss verändert. Neben der Erwärmung der unteren Atmosphäre erwärmen sich auch die Ozeane, die Gletscher schmelzen und der Meeresspiegel steigt an. Treibhausgasemissionen sind die Hauptursache der Erderwärmung [IPCC, 2013a]. Gerade aus der gesellschaftlichen Verantwortung für zukünftige Generationen sind wir dazu angehalten, Treibhausgasemissionen global zu reduzieren, um das Fortschreiten der Erderwärmung wenigstens zu verlangsamen.

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 die Treibhausgasemissionen um 40% bzw. bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. Dazu kann die deutsche Siedlungsabfallwirtschaft mit bis zu 13 % maßgeblich beitragen [Dehoust *et al.*, 2010]

Um eine klimafreundliche Abfallbehandlung auf den Weg zu bringen und Synergien bestmöglich zu nutzen, haben sich die Landkreise Neustadt a.d.Waldnaab, Tirschenreuth und die Stadt Weiden i.d.OPf. zu diesem Ziel verbunden. Im Rahmen eines Teilkonzeptes „Klimafreundliche Abfallentsorgung“ soll daher für die Gebietskörperschaften ein strategisches Planungsinstrument erarbeitet werden, nach dem Treibhausgaseinsparungen im Siedlungsabfallbereich erzielt werden können.

Hierbei bieten sich zum Beispiel die „Optimierung der Abfallsammlung der Wertstoffe (insbesondere Grünschnitt und Bioabfall)“, „Optimierung bzw. Nachrüstung bestehender Verwertungsanlagen“ sowie die „Erhöhung der Verwertungsmöglichkeiten von Wertstoffen“ an.

Vor diesem Hintergrund wurde im Hinblick auf die Zielstellung der **N**ationalen **K**limaschutz*i*nitiative (NKI) des Bundesumweltministeriums auch die Errichtung einer neuen Abfallverwertungsanlage standortbezogen geprüft. Weiter würde die Optimierung der Erfassung und Behandlung der Abfälle zu einer Verbesserung des Ressourcenschutzes und einer Reduzierung der klimarelevanten Treibhausgasemissionen (CH₄ und CO₂) führen.

Das Klimaschutzteilkonzept „Klimafreundliche Abfallentsorgung“ baut im Wesentlichen auf den Auswertungen des Abfallinventars der Körperschaften sowie auf den bereits durchgeführten Abfallsortieranalysen von 2013 und 2014 auf und besteht aus:

- **Bestandsaufnahme:** Darstellung und Bewertung des Abfallaufkommens und der Entsorgungsstrukturen

-
- Potenzialanalyse; Bewertung des Potenzials des Organikanteils, Optimierung der Erfassung von Wertstoffen (Grünschnitt, Bioabfall etc.), Optimierung der bestehenden Anlagen und Analyse möglicher neuer Entsorgungsstrukturen
 - Akteursbeteiligung; zur Akzeptanz der zu planenden Maßnahmen seitens der relevanten Akteure wie z.B. Grünabfalllieferanten etc.
 - Maßnahmenkatalog; Darstellung aller notwendigen Maßnahmen zur Minderung der THG-Emissionen
 - Controlling-Konzept; Überprüfung der Wirksamkeit der eingesetzten Maßnahmen zur Minderung der THG-Emissionen
 - Kommunikationsstrategie; zur Verbreitung sowie erfolgreichen Umsetzung des Teilkonzeptes durch aktive Mitarbeit der Akteure

Das Klimaschutzteilkonzept „Klimafreundliche Abfallentsorgung“ wurde mit Mitteln aus dem Sondervermögen „Energie und Klimafonds“ für das Vorhaben: Einsatz geeigneter Technologien zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Siedlungsabfallbereich durch klimafreundliche Abfallentsorgung zum nachhaltigen Klimaschutz, gefördert (Förderkennzeichen 03K04051, Zuwendungsbescheid vom 10.01.2017).

Die Erarbeitung des Teilkonzeptes orientiert sich an Vorgaben des „Merkblatts Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten“ vom 01.07.2017 des Bundesumweltministeriums (BMU), Kapitel 6.4 - Teilkonzept Klimafreundliche Abfallentsorgung. Damit werden wie gefordert die spezifische Ausgangssituation der Abfallerfassung und -behandlung aufbereitet sowie die technisch und wirtschaftlich umsetzbaren CO₂-Minderungspotenziale durch geeignete Verfahren analysiert und ein standortbezogen geeignetes Verfahren konzipiert.

2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Die Abfallwirtschaft basiert auf der Grundlage zahlreicher Gesetze, Verordnungen und Erlässe, die sich in vier Ebenen (EU-, Bundes- und Landesrecht sowie Kommunalrecht) gliedern. In Umsetzung der einschlägigen EU-Richtlinien hat der Bund die Grundlagen der Abfallwirtschaft in Deutschland im neuen Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl I S. 212) geregelt, das am 01. Juni 2012 in Kraft getreten ist und das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vom 27. September 1994 abgelöst hat.

Gemäß §§ 6 - 22 KrWG sind Grundsätze und Pflichten der Erzeuger und Besitzer von Abfällen sowie der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE) geregelt, wobei beim Abschnitt 1, § 6 Grundsätze der Abfallvermeidung und Abfallbewirtschaftung beschrieben sind. Dieses Gesetz trägt zur nationalen Umsetzung der folgenden, fünfstufigen Abfallhierarchie (Abb. 1) nach Art. 4 der europäischen Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG bei:

1. Stufe: Vermeidung von Abfällen (§ 3 Abs. 20 KrWG), z.B. durch Wiederverwendung von Stoffen und Gegenständen (§ 3 Abs. 21 KrWG)

„Vermeidung (...) ist jede Maßnahme, die ergriffen wird, bevor ein Stoff, Material oder Erzeugnis zu Abfall geworden ist, und dazu dient, die Abfallmenge, die schädlichen Auswirkungen des Abfalls auf Mensch und Umwelt (...) zu verringern.“

2. Stufe: Vorbereitung zur Wiederverwendung (§ 3 Abs. 24 KrWG)

„Vorbereitung zur Wiederverwendung (...) ist jedes Verwertungsverfahren der Prüfung, Reinigung oder Reparatur, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile von Erzeugnissen, (...) so vorbereitet werden, dass sie ohne weitere Vorbehandlung wieder für denselben Zweck verwendet werden können, für den sie ursprünglich bestimmt waren.“

3. Stufe: Recycling (§ 3 Abs. 25 KrWG), z.B. durch Aufbereitung organischer Materialien

„Recycling (...) ist jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden; (...).“

4. Stufe: Sonstige Verwertung (§ 3 Abs. 23 KrWG), insbesondere die energetische Verwertung und die ober- oder untertägige Verfüllung von Abfällen

„Verwertung (...) ist jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle (...) entweder andere Materialien ersetzen, (...), oder (...) so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen. (...).“

5. Stufe: Beseitigung von Abfällen (§ 3 Abs. 26 KrWG)

„Beseitigung (...) ist jedes Verfahren, das keine Verwertung ist, auch wenn das Verfahren zur Nebenfolge hat, dass Stoffe oder Energie zurückgewonnen werden. (...).“

Dabei wird die Abfallhierarchie durch die in den §§ 7 und 8 KrWG festgelegten Grundpflichten der Erzeuger und Besitzer ergänzt und konkretisiert, wonach die vorrangigen Entsorgungsmaßnahme bedingt durch standortspezifische Bedingungen einfacher festgestellt und umgesetzt werden können.

Der Art 4. der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG verfolgt das Ziel, dass die genannte, fünfstufige Abfallrahmenrichtlinie in den Mitgliedstaaten in Anlehnung an die spezifischen Bedingungen der jeweiligen Länder so sinnvoll wie möglich umgesetzt wird, dass insgesamt das beste Ergebnis hinsichtlich des Schutzes von Umwelt und Mensch erzielt wird.

Hierzu sind die Rechtsvorschriften und politischen Maßnahmen im Bereich der Abfallvermeidung und Abfallbewirtschaftung entsprechend zu erlassen, zu befolgen bzw. zu ergreifen. Dabei ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls zu betrachten. Nachstehende Abbildung stellt die fünfstufige Abfallhierarchie grafisch dar.

Zur Durchsetzung einer erfolgreichen Umweltpolitik sind neben den Grundsätzen der Vorsorge und Nachhaltigkeit auch die technische Durchführbarkeit, wirtschaftliche Vertretbarkeit, der Schutz von Ressourcen, die Gesamtauswirkung auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit sowie die wirtschaftlichen und sozialen Folgen zu berücksichtigen.

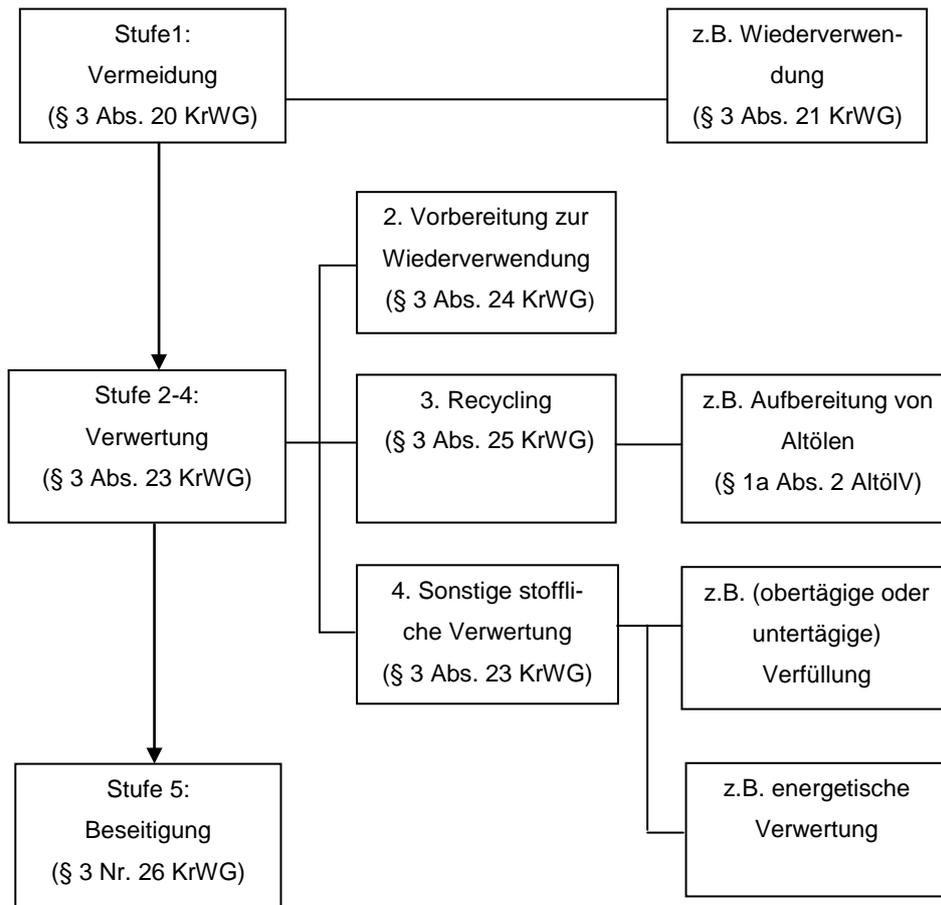


Abbildung 1: Fünfstufige Abfallhierarchie nach KrWG

Ferner haben die Länder für die vom Bund im KrWG, im ElektroG und im BattG sowie in ausführenden Verordnungen nicht geregelten Bereiche der Abfallwirtschaft sowie zur Ausführung und Ergänzung der vom Bund getroffenen Regelungen eigene Abfallgesetze erlassen. In Bayern ist hier das Bayerische Abfallwirtschaftsgesetz (BayAbfG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 9. August 1996 (BayGVBl S. 396) heranzuziehen, das 2013 an das aktuelle KrWG angepasst wurde.

Für die Durchführung der Abfallentsorgung im konkreten Einzelfall sind darüber hinaus die Abfallwirtschaftssatzungen und die Abfallgebührensatzungen der entsorgungspflichtigen Körperschaften (das sind in Bayern die Landkreise und die kreisfreien Gemeinden) maßgeblich.

3 BESTANDSAUFNAHME

3.1 Bevölkerungsstruktur

Bei der Bewertung des Aufkommens der Siedlungsabfälle spielt die Bevölkerungsstruktur eine zentrale Rolle. Basierend auf dem Verhältnis zwischen der Einwohnerzahl und des Abfallanfalls und der Entwicklung der Einwohnerzahl lässt sich der zu erwartende Siedlungsabfall für die nächsten Jahre bzw. Jahrzehnte in etwa abschätzen.

Im Folgenden wird die Bevölkerungsstruktur im Gebiet der Stadt Weiden i.d.OPf. sowie der Landkreise Tirschenreuth und Neustadt a.d.Waldnaab beschrieben.

3.1.1 Stadt Weiden i.d.OPf.

Die kreisfreie Stadt Weiden i.d.OPf. ist Oberzentrum der nördlichen Oberpfalz und stellt eine der bevölkerungsdichtesten Regionen in der Oberpfalz dar und umfasst eine Fläche von 70,55 km². Nachstehende Abbildung zeigt die Entwicklung der Einwohnerzahl von 1950 bis 2031 in der Stadt Weiden i.d.OPf..

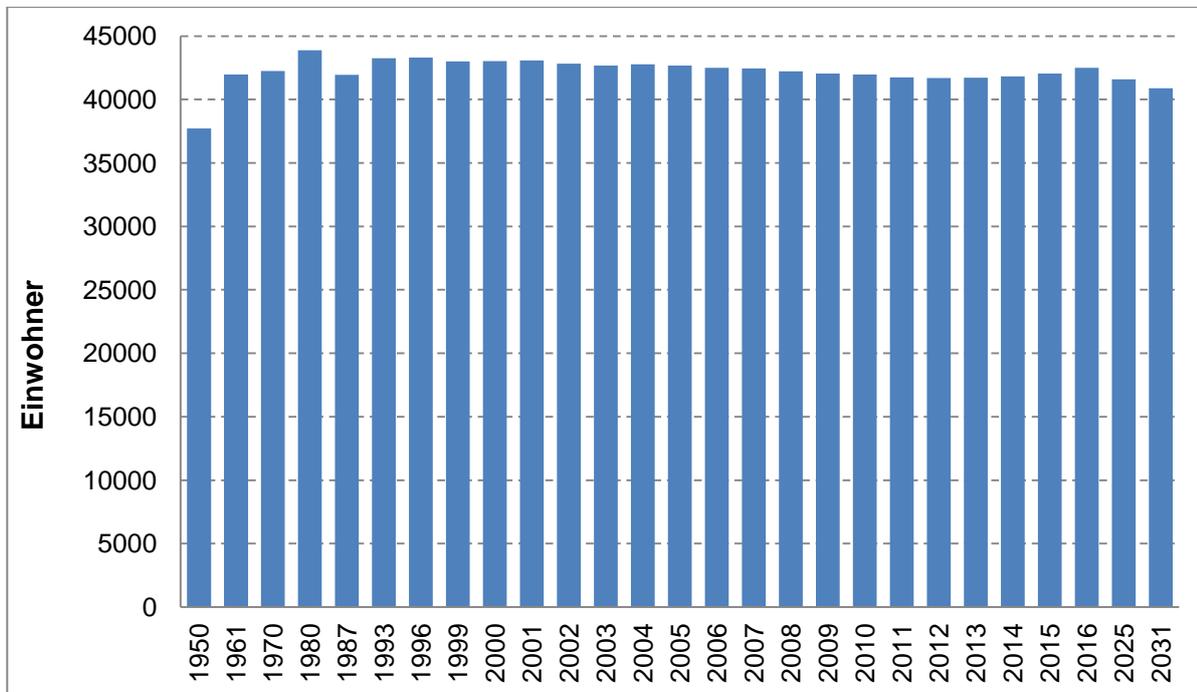


Abbildung 2: Entwicklung der Einwohnerzahl der Stadt Weiden i.d.OPf.
[Quelle: statistik.weiden.de]

Aus der Abbildung 2 ist zu ersehen, dass die Einwohnerzahl der Stadt Weiden i.d.OPf. zwischen 1996 und 2012 insgesamt leicht gesunken ist. Von 2012 bis 2016 ist eine leichte Zunahme zu erkennen. Einschließlich Nebenwohnsitzen sind laut Melderegister der Stadt Weiden i.d.OPf. derzeit über 45.000 Einwohner in Weiden wohnhaft (Stand 01.03.2018).

Nach einer Prognose nimmt die Einwohnerzahl auch zukünftig weiter ab, sodass sie 2031 bei ca. 41.000 liegen sollte.

Die Stadt Weiden i.d.OPf. besteht insgesamt aus 15 verschiedenen Stadtteilen mit unterschiedlichen Bevölkerungsdichten.

Nachstehende Abbildung beschreibt die Bevölkerungsdichte bei den Stadtteilen der Stadt Weiden i.d.OPf. für das Jahr 2016, wobei der durchschnittliche Wert bei 1.432 Einwohner/km² lag.

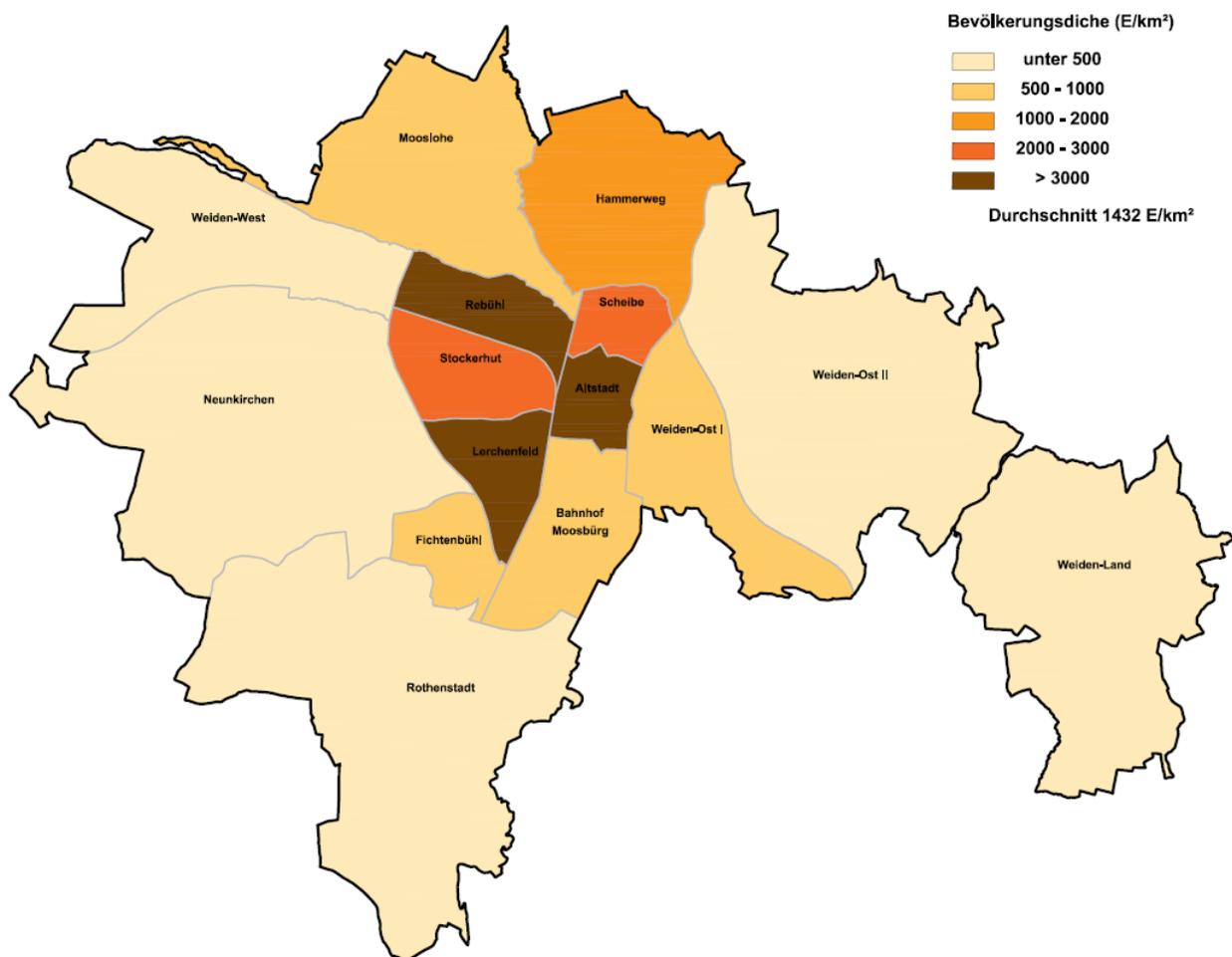


Abbildung 3: Bevölkerungsdichte für die Stadt Weiden i.d.OPf. 2016
[Angaben: Stadt Weiden i.d.OPf]

3.1.2 Landkreis Tirschenreuth

Der Landkreis Tirschenreuth stellt den nördlichsten Landkreis des Regierungsbezirks Oberpfalz in Ostbayern dar und umfasst eine Fläche von 1.071 km². Nachstehende Abbildung beschreibt die Entwicklung der Einwohnerzahl dieses Landkreises zwischen 1950 und 2031.

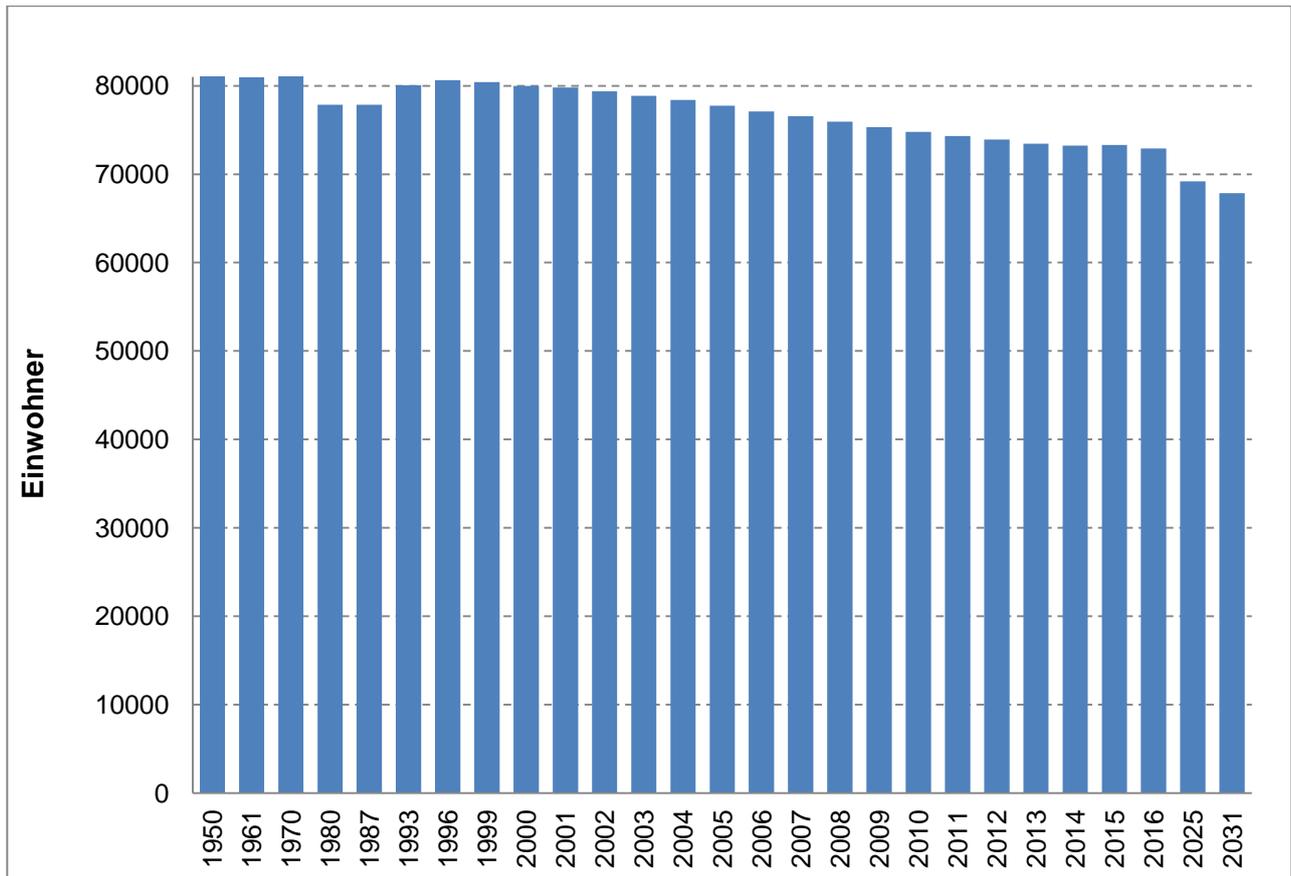


Abbildung 4: Entwicklung der Einwohnerzahl Landkreis Tirschenreuth
[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik 2017]

Der Abbildung 4 ist zu entnehmen, dass die Einwohnerzahl des Landkreises Tirschenreuth von 1996 bis 2014 leicht abgenommen hat. 2016 lag sie bei 72.918. Nach einer Prognose bleibt auch in den nächsten Jahren die fallende Tendenz gültig, wobei 2031 die Einwohnerzahl ca. 68.000 betragen sollte.



Abbildung 5: Bevölkerungsdichte für den Landkreis Tirschenreuth 2016
[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik 2017]

Aus der Abbildung 5 ist zu ersehen, dass die östlich liegenden Bezirke weniger bevölkerungsdicht sind (unter 44 Einwohnern je km²) als die nördlich bzw. westlich liegenden Bezirke. Im Gegensatz dazu stellen die sich in der Mitte befindlichen Bezirke wie z.B. „Mitterteich“ oder „Fuchsmühl“ mit über 108,5 Einwohnern je km² die bevölkerungsdichtesten Gebiete im Landkreis Tirschenreuth dar.

So lag 2016 die durchschnittliche Bevölkerungsdichte im Landkreis Tirschenreuth bei 69,1 E/km².

3.1.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

Der Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab befindet sich im Norden des bayerischen Regierungsbezirks Oberpfalz und umfasst eine Fläche von ca. 1.430 km².

Nachstehende Abbildung stellt die Entwicklung der Einwohnerzahl zwischen 1950 und 2031 in diesem Landkreis dar.

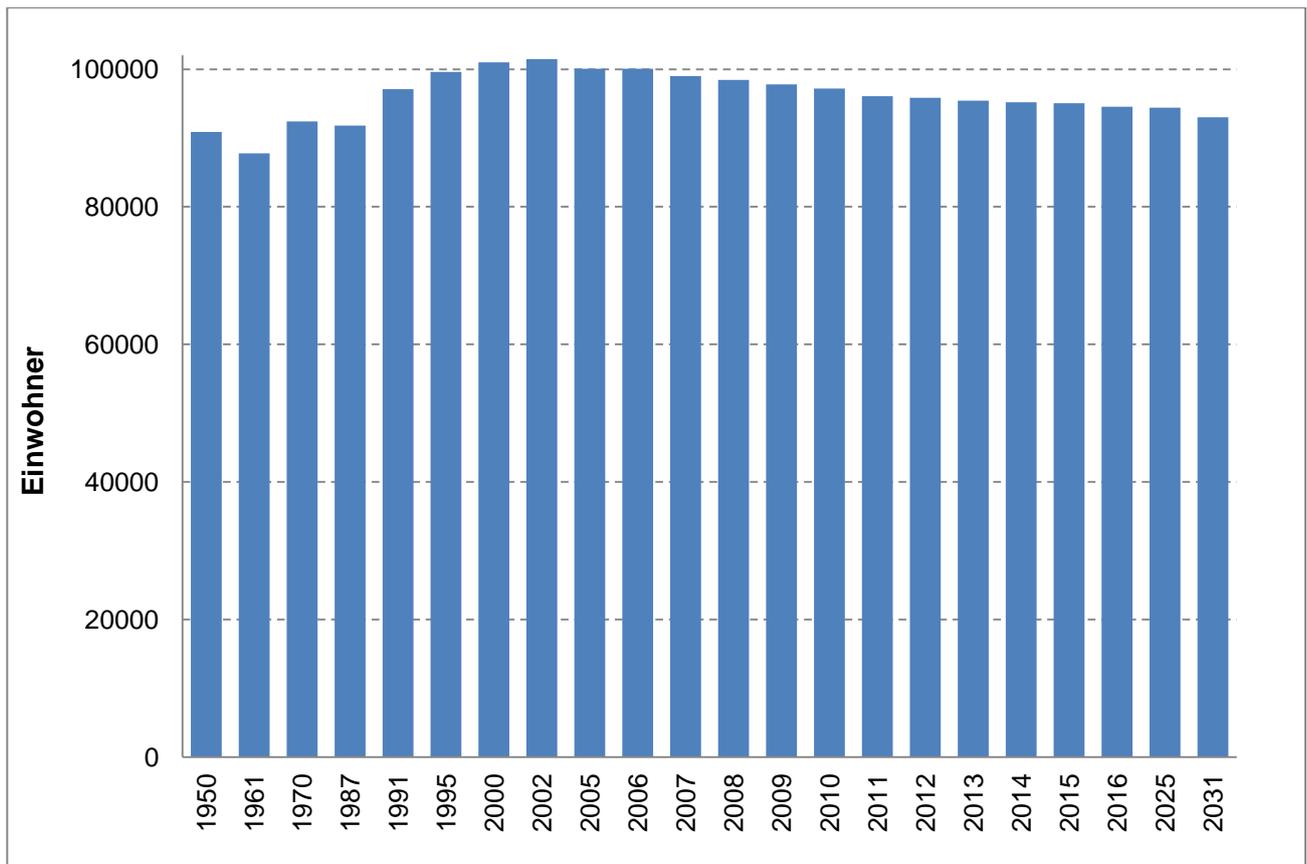


Abbildung 6: Entwicklung der Einwohnerzahl Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab
[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik 2017]

Der Abbildung 6 ist deutlich zu entnehmen, dass die Einwohnerzahl zwischen 1961 und 2002 insgesamt um ca. 13.000 Einwohner zugenommen hat. Seitdem unterliegt sie einer leicht fallenden Tendenz. 2016 lag die Einwohnerzahl bei 94.528. Auch für die Zukunft ist eine fallende Tendenz zu erwarten, sodass 2031 eine Einwohneranzahl von ca. 93.000 zu erwarten ist.

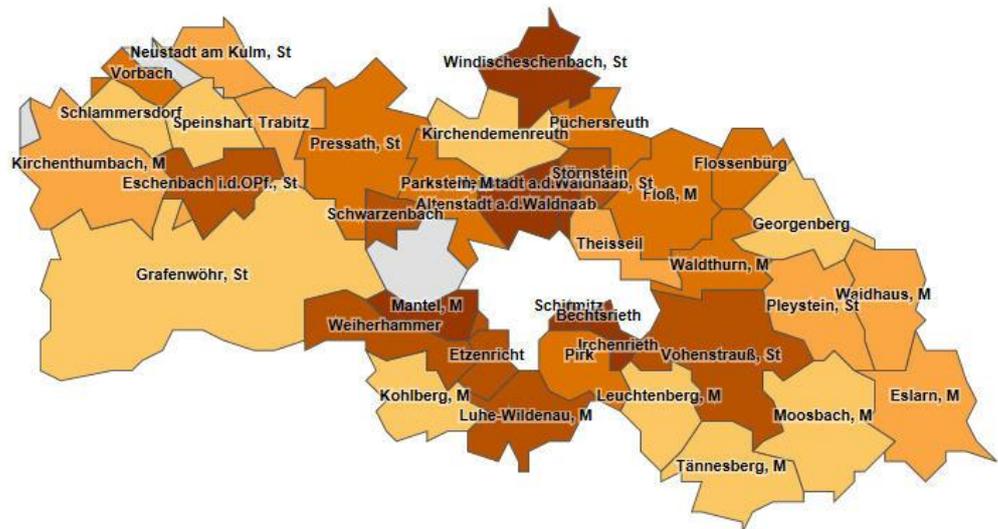


Abbildung 7: Bevölkerungsdichte für den Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab
[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik 2017]

Aus der Abbildung 7 ist zu ersehen, dass die am Rand gelegenen Bezirke weniger bevölkerungsdicht sind (unter 46,9 je km²). Im Gegensatz dazu sind die sich in der Mitte befindlichen Bezirke wie z.B. „Mantel“ oder „Irchenrieth“ mit über 134,1 Einwohnern je km² die bevölkerungsdichtesten Bezirke im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab.

So lag 2016 die durchschnittliche Bevölkerungsdichte im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab bei 67,5 E/km².

3.2 Abfallwirtschaftliche Struktur

In diesem Kapitel wird die jeweilige abfallwirtschaftliche Struktur der drei betrachteten Körperschaften sowie deren Erfassungssysteme (Hol- oder/und Bringsystem) beschrieben.

3.2.1 Abfallwirtschaftskonzept

3.2.1.1 Stadt Weiden i.d.OPf.

Die Abteilung Bauhof/Gärtnerei ist eine Abteilung des Tiefbauamtes und gehört zum Dezernat 6 der Stadtverwaltung. Als Generalunternehmer ist diese Abteilung im Bereich der Abfallbeseitigung für Restmüllentsorgung, Sperrmüll, Biomüll, Wertstoffentsorgung (z.B. Gartenabfall und Wertstoffhöfe, Containerstandplätze), wilde Müllhalden, Sondermüll tätig.

Seit November 2015 gehören zu den Aufgaben dieser Abteilung auch die Aufgaben des örE.

Der örE setzt das staatliche Abfallrecht in Kommunales Abfallrecht um, erarbeitet dazu die zukunftsweisenden Konzepte und bringt diese zur Beschlussfassung.

Desweiteren sind die Abfallberatung und die Elektronikgeräteentsorgung hier angesiedelt.

Nachstehende Abbildung beschreibt vereinfachend das Abfallwirtschaftskonzept einschließlich der jeweiligen Abfallströme in [Mg] in der Stadt Weiden i.d.OPf. im Beispieljahr 2016.

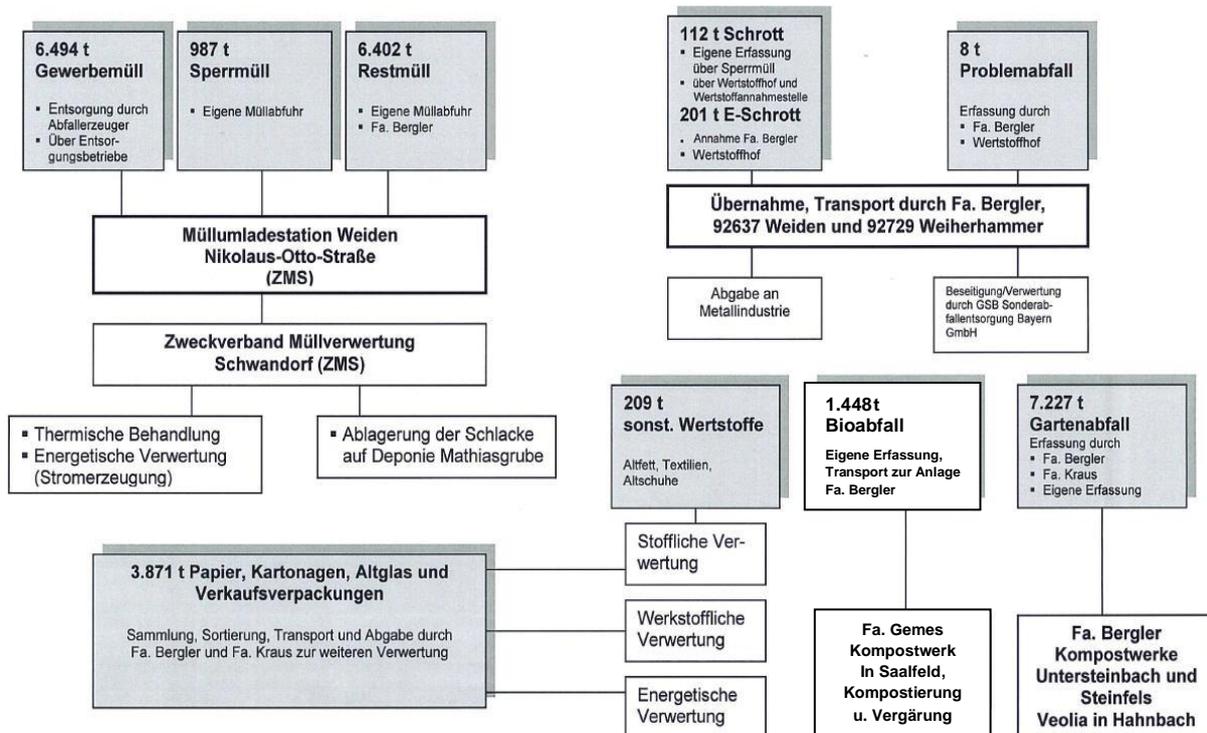


Abbildung 8: Abfallwirtschaftskonzept Stadt Weiden i.d.OPf. 2016

3.2.1.2 Landkreis Tirschenreuth

Seit 1976 ist der Landkreis Tirschenreuth für die Entsorgung von Restmüll, Sperrmüll und anderen Haushaltsabfällen zuständig, wobei bis dahin die Entsorgungspflicht bei den kreisangehörigen Gemeinden lag. Nachstehende Abbildung gibt eine Übersicht über das derzeitige Abfallwirtschaftskonzept im Landkreis Tirschenreuth.

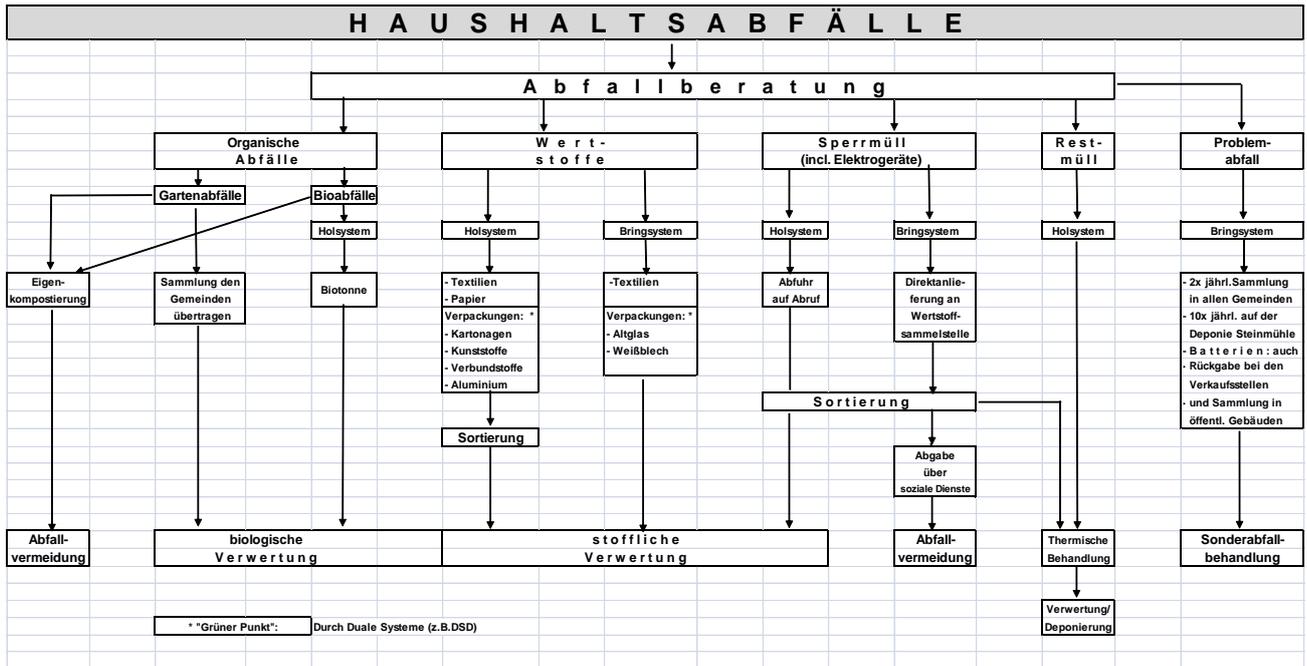
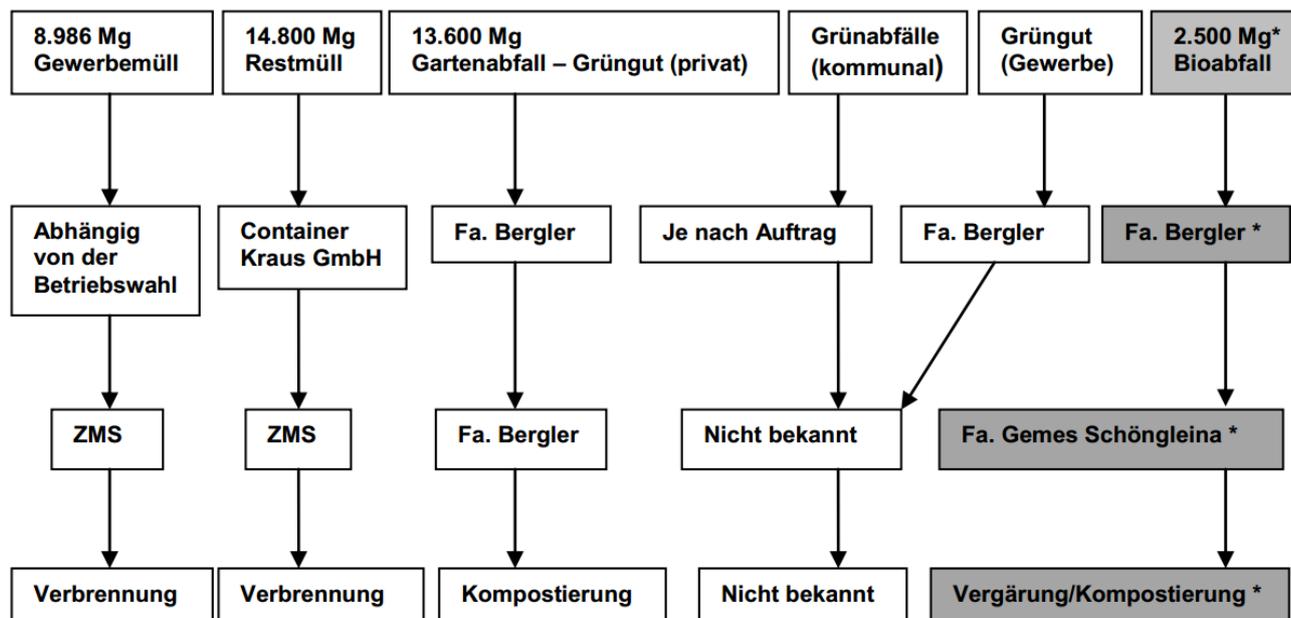


Abbildung 9: Abfallwirtschaftskonzept Landkreis Tirschenreuth 2017 / 2018

3.2.1.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

Nachstehende Abbildung stellt das Abfallwirtschaftskonzept bzw. dessen Stoffströme im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab im Jahr 2016 bzw. ab 01.10.2017 (für Bioabfälle) dar, wobei die zweite Reihe der Abbildung die Sammler und die letzten beiden Reihen die jeweils für die Abfallbehandlung zuständigen Firmen sowie die Behandlungsart beschreiben.



*Die Angaben beziehen sich auf den Zeitraum ab 01.10.2017 (seit Einführung der Biotonne).

Abbildung 10: Abfallwirtschaftsstoffströme Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016 / 2018

3.2.2 Gebühren

3.2.2.1 Stadt Weiden i.d.OPf.

In Abhängigkeit vom Behältervolumen werden die Müllabfuhrgebühren der Stadt Weiden i.d.OPf. festgesetzt. 2008 wurde ein Maßstab für die Müllabfuhrgebühren eingeführt, welcher eine Kombination aus Basisgebühr und Leistungsgebühr dargestellt hat. Im Jahr 2011 wurde dieser Ansatz auf Grund mangelnder Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung wieder verworfen.

Nachstehende Tabelle zeigt eine Gebührenübersicht (Jahresgebühren) für eine 14-tägige Entleerung der Restmüll-/Biotonnen gültig für die Zeiträume 2014 – 2017 sowie 2018 - 2021. Die Gebühren gelten für Nichtkompostierer (keine Eigenkompostierung).

Tabelle 1: Jährliche Gebühr Restmüllbehälter mit Biotonne der Stadt Weiden i.d.OPf.
2014 – 2021

Behälter	Vollservice ¹		Teilservice ²	
	2014 - 2017	2018 - 2021	2014 - 2017	2018 - 2021
	€	€	€	€
60 Liter	138	183	91	109
80 Liter	168	219	121	145
120 Liter	229	292	182	218
770 Liter	1.220	1.477	1.173	1.404
1.100 Liter	1.723	2.079	1.676	2.005
Müllsäcke (110 Liter)	3,60	4,45	3,60	4,45

¹Abholung und Zurückstellung der Restmüllbehälter und Biotonnen zur Leerung vor Grundstück durch Müllwerker

²Bereit- und Zurückstellung der Restmüllbehälter und Biotonnen an Straßenrand bzw. vor Grundstück zur Leerung durch Bürger

Die in der Tabelle 1 aufgeführten Gebühren beinhalten ebenfalls Sperrmüllabfuhr (zweimal jährlich). Die Abholung von Sperrmüll findet im Holsystem statt, wobei sie einen einmaligen Zuschlag von 10 EUR kostet.

3.2.2.2 Landkreis Tirschenreuth

Bis Ende 1999 wurden die Restmüllgebühren anonym über sog. Gebührenkontrollmarken, die bei den Banken und Sparkassen im Landkreis erhältlich waren, erhoben. Seit 2000 werden die Gebührenbescheide nebst den Dauerkontrollmarken über ein entsprechendes EDV-Programm erstellt und direkt dem Grundstücksbesitzer zugesandt.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die jährlichen Restmüllgebühren zwischen 1994 und 2020.

Tabelle 2: Jährliche Restmüllgebühren im Landkreis Tirschenreuth 1994 - 2020

von bis	Okt. 94 Sep. 97	Okt. 97 Dez. 99	Jan. 00 Dez. 06	Jan. 07 Dez. 08	Jan. 09 Dez. 20
	€	€	€	€	€
50 Liter	110,44	124,76	133,96	116,52	83,64*
60 Liter	-	124,76	160,54	116,52	83,64
80 Liter	175,88	199,40	213,72	155,52	111,48
120 Liter	263,82	299,62	321,10	233,04	167,28
240 Liter	526,64	599,24	642,18	466,08	334,56
770 Liter	1.688,28	1.919,38	2.061,52	1.495,68	1.073,04
1.100 Liter	2.411,26	2.741,54	2.945,04	2.136,60	1.532,88
Müllsack (60 l)	4,24	4,81	5,11	4,00	3,00

50 Liter Restmülleimer lt. Satzung ab 01.07.2010 nicht mehr zugelassen

Nach der Gebührenkalkulation 2016 sollten die Gebühren bis 2020 gehalten werden können. Ab dem 01.01.2002 wurden in die Gebührensatzung auch „zusätzliche Papierbehälter“ aufgenommen. Die jährlichen Gebühren betragen z.Z.:

- 240-l-Altpapiertonne 24,00 €
- 1.100-l-Altpapiercontainer 112,00 €

Seit dem 01.02.2017 werden die Bioabfälle durch die Biotonnen getrennt erfasst, deren jährlichen Gebühren betragen:

- 80 l – Biotonne 19,20 €
- 120 l – Biotonne 28,80 €

In den Restmüllgebühren sind neben der eigentlichen Restmüllsammlung und -entsorgung u.a. auch noch die Sperrmüllentsorgung, die Sammlung von Elektro-Altgeräten, die Papiertonne, die Problemabfallsammlung und die Abfallberatung enthalten. Die Sammlung von Sperrmüll erfolgt auf Abruf oder Direktanlieferung.

3.2.2.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

Nachstehende Tabelle stellt die Entwicklung der Restmüllgebühren im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab dar. Der Tabelle sind die jährlichen Kosten jeweils mit und ohne Eigenkompostierung zu entnehmen.

Tabelle 3: Jährliche Restmüllgebühren im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2006 - 2018

Behälter	2006		2009		2012		2015 - 2017		ab 2018	
	€		€		€		€		€	
	ohne K*	mit K**	ohne K	mit K	ohne K	mit K	ohne K	mit K	ohne K	mit K
50/60-Liter	84,00	75,00	57,00	48,00	54,96	44,88	60,00	51,60	91,80	63,84
70/80-Liter	111,00	99,00	75,00	63,00	73,20	59,88	80,04	68,76	122,52	85,20
120-Liter	165,00	150,00	114,00	93,00	109,92	89,88	120,00	103,08	183,72	127,68
240-Liter	230,00	300,00	228,00	186,00	219,72	179,64	240,00	206,16	367,44	255,48
770-Liter	1056,00	957,00	729,00	591,00	705,00	576,48	769,92	661,56	1178,76	819,48
1.100-Liter	1509,00	1368,00	1038,00	846,00	1007,16	823,44	1.099,9	945,12	1683,96	1170,72
Müllsack (70 l)	3,80		2,70		2,60		2,80		4,25	

*ohne Kompostierung

** mit Kompostierung

Die Restmüllgebühren enthalten auch die Kosten der Sperrmüllabfuhr incl. des dort zur Abholung bereitgestellten E-Schrotts sowie die Problemabfallsammlung, die Abfallberatung und die Entsorgung von Papier, Pappe, Kartonagen über die aufgestellten Container.

Seit dem 01.10.2017 erfolgt die getrennte Erfassung der Bioabfälle durch Biotonnen. Für die Biotonnen gibt es keine Extra-Gebühr. Die bei der **Tabelle 3** aufgeführten Gebühren berücksichtigen auch die Biotonnen.

3.2.3 Erfassungssystem

Zur Abfallerfassung gibt es unterschiedliche Systeme, die bedingt durch die standortspezifischen Bedingungen eingesetzt werden. Hierzu stellen „Holsystem“ und „Bringsystem“ zwei sinnvolle Erfassungssysteme dar, die sich in der Praxis bereits bewährt haben. Während beim Holsystem die Abfälle beim Einwohner durch den zuständigen öRE haushaltsnah abgeholt werden, sind die Abfälle beim Bringsystem durch die Abfallbesitzer an vorgesehenen Containerstandplätzen zu entsorgen. Die Erfassungssysteme werden in unterschiedlichen Körperschaften einzeln oder in Kombination eingesetzt. Dabei wird ein möglichst hoher Erfassungsgrad der anfallenden Abfälle angestrebt. Im Folgenden wird das Erfassungssystem der drei betrachteten Körperschaften beschrieben.

3.2.3.1 Stadt Weiden i.d.OPf.

Vom Umweltausschuss wurde 1991 das sogenannte Bringsystem als eine Art der Wertstoffentsorgung im Weidener Stadtgebiet umgesetzt, wobei bis damals ein Wertstoffsammelsystem auf freiwilliger Basis im Weidener Stadtgebiet erfolgreich eingesetzt worden war. Die Umsetzung des Bringsystems war also eine Fortführung des damals bestehenden Konzeptes.

Bei der Abfallhierarchie hat die Abfallvermeidung (z.B. Eigenkompostierung, Bücherbörse, Porzellanbörse) einen höheren Rang als die Abfallverwertung (siehe Kap. 2).

Im Gegensatz zu anderen Gebietskörperschaften, bei denen Papiertonnen eingesetzt wurden, führte die Stadt Weiden i.d.OPf. als eine der ersten Gebietskörperschaften in Bayern zwar die Biotonne ein, setzte aber bei der Papierentsorgung weiter auf das Bringsystem. So sollten den Bürgern auch drei verschiedene Tonnen je Haus erspart werden. Mittlerweile wurde das PPK Bringsystem durch ein Holsystem (privatwirtschaftlicher Entsorgungsbetriebe) ergänzt.

Nachstehende Tabelle stellt die Erfassungssysteme für die einzelnen Abfallarten in der Stadt Weiden i.d.OPf. im Jahr 2016.

Tabelle 4: Erfassungssysteme für einzelne Abfallarten der Stadt Weiden i.d.OPf. 2016

Abfallart	System	Art der Erfassung
Bioabfall	Holsystem	Getrennte Erfassung über Biotonne
Kommunales Grüngut	Holsystem	Sammelplatz Gärtnerei / Bauhof
Gartenabfälle	Bringsystem	Containerstandplätze an 31 Annahmestellen – Abgabe von März bis Oktober, sowie an 2 Wertstoffhöfe ganzjährig
Gewerbemüll	Bringsystem	Entsorgung durch Abfallerzeuger – über Entsorgungsbetriebe
Papier	Bringsystem	Depotcontainer und Holsystem
PPK	Bringsystem	Depotcontainer
LVP	Bringsystem	Gelber Sack
Sperrmüll	Holsystem	Eigene Müllabfuhr
E-Schrott	Bringsystem	Annahme an Wertstoffhof – Annahme an Fa. Bergler
Schrott	Bringsystem	Wertstoffhöfe
Altglas	Bringsystem	Sammlung, Sortierung, Transport und Abgabe durch Fa. Bergler und Fa. Kraus
Restmüll	Holsystem	Eigene Müllabfuhr

3.2.3.2 Landkreis Tirschenreuth

Im Landkreis Tirschenreuth werden die Wertstofffraktionen Altpapier und Leichtverpackungen haushaltsnah im Holsystem erfasst. Weitere Wertstoffe, Sperrmüll, Altglas und Weissblech können zudem kostenlos auf der Wertstoffsammelstelle auf der Deponie Steinmühle abgegeben werden. Mit Einführung der Biotonne zum 01.02.2017 werden auch die Bioabfälle getrennt erfasst.

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die bestehenden Erfassungssysteme für Wertstoffe, Sperrmüll, Elektronikschrott und Problemüll im Landkreis Tirschenreuth im Jahr 2017.

Tabelle 5: Erfassungssysteme für einzelne Abfallarten im Landkreis Tirschenreuth 2017

Abfallart	System	Art der Erfassung
Bioabfall	Holsystem	Getrennte Erfassung durch Biotonne ab 01.02.2017
Grüngut	Bringsystem	Grüngutannahmestellen in den Gemeinden
Gartenabfälle	Bringsystem	Grüngutannahmestellen in den Gemeinden
Gewerbemüll	Holsystem	Containerdienst
PPK	Holsystem	Papiertonne, monatliche Abfuhr
LVP	Holsystem	Gelber Sack, monatliche Abfuhr
Sperrmüll	Hol-/Bringsystem	Abholung auf Abruf / Annahme auf der Wertstoffsammelstelle auf der Deponie Steinmühle; in der Restmüllgebühr enthalten
E-Schrott	Hol-/Bringsystem	Abholung auf Abruf / Annahme auf der Wertstoffsammelstelle auf der Deponie Steinmühle; in der Restmüllgebühr enthalten
Metallschrott	Bringsystem	Annahme auf der Wertstoffsammelstelle auf der Deponie Steinmühle
Altglas/Behälterglas	Bringsystem	Depotcontainer an 128 Standorten
Weißblech	Bringsystem	Depotcontainer an 128 Standorten
Problemabfall	Hol-/Bringsystem	2 x jährlich Sammlung durch das Umweltmobil in allen Gemeinden; Annahme an 10 Freitagen im Jahr auf der Deponie Steinmühle; gebührenfrei

3.2.3.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

Im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab werden das „Bringsystem“ und das „Holsystem“ eingesetzt. „Gelber Sack“, „Gewerbemüll“ und „Sperrmüll“ werden hierbei im Holsystem erfasst.

Seit der Einführung der Biotonne am 01.10.2017 werden zudem auch die Bioabfälle getrennt im Holsystem erfasst.

Nachstehende Tabelle beschreibt die Erfassungssysteme der Abfälle im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016 und 2017.

Tabelle 6: Erfassungssysteme der Abfälle im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016/2017

Abfallart	System	Art der Erfassung
Bioabfall	Holsystem	Getrennte Erfassung durch Biotonne ab 01.10.2017
Grüngut*	Hol-/Bringsystem	Getrennte Erfassung über Grüngutcontainer, ab 01.10.2017 auch über Biotonne
Gartenabfälle	Hol-/Bringsystem	Getrennte Erfassung über Grüngutcontainer, ab 01.10.2017 auch über Biotonne
Gewerbemüll	Hol- / Bringsystem	Je nach Wahl des Betriebs
PPK	Bringsystem/ Holsystem	Sammelstelle/ Papiertonne, Sammlung durch Fa. Bergler und Fa. Kraus
Altpapier	Hol-/Bringsystem	Getrennte Erfassung über Altpapiercontainer als auch über Papiertonne
Gelber Sack / Verkaufsverpackungen	Holsystem	12 Abholung pro Jahr – Anschlussgrad 100 % / Getrennte Erfassung - privatwirtschaftlich organisiert, Duale Systeme
Sperrmüll	Holsystem	2 Abholung pro Jahr – Anschlussgrad 100 %
Elektro- und Elektro- nik-Altgeräte	Hol-/Bringsystem	Abgabe an den 3 Sammelstellen (zzgl. 1 Sammelstelle in Weiden i.d.OPf., Entsorgung über Sperrmüllsammlung ebenfalls möglich)
Metall	Holsystem	2x jährlich Sperrmüllsammlung
Altglas	Bringsystem	Getrennte Erfassung über Altglascontainer
Dose	Bringsystem	Abgabe an Sammelstellen
Alttextilien	Bringsystem	Abgabe an 127 Altkleidercontainern (privatwirtschaftlich organisiert)
Altfett	Bringsystem	28 Altfetttonnen bei versch. Gemeinden (privatwirtschaftlich organisiert)
Naturkorken	Bringsystem	Abgabe an 45 in Schulen aufgestellten Behältern

3.2.4 Abfallbehandlung – Verwertung und Beseitigung

3.2.4.1 Stadt Weiden i.d.OPf.

Nachstehende Abbildung stellt die Behandlungsart und –menge der Abfallströme in der Stadt Weiden i.d.OPf. im Jahr 2016.

Tabelle 7: Behandlungskenndaten der Organikabfälle in der Stadt Weiden i.d.OPf. 2016

Abfallart	Erfassung	Vertragslaufzeit	Behandlung / Verwerter	Anlieferungsmenge [Mg]
Bioabfall	Bergler	31.12.18	Vergärung und Kompostierung / Gemes	1.448
Gewerbemüll	ZMS	k.A.	Thermisch / ZMS	6.494
Restmüll	ZMS	offen	Thermisch / ZMS	6.402
Gartenabfälle Grüngut-privat	Kraus	31.12.18	Kompostierung / Veolia	5.818
Kommunale Grünabfälle	Bergler	offen	Kompostierung / Bergler	1.409
Grüngut Gewerbe	Bergler	k.A.	k.A.	k.A.

3.2.4.2 Landkreis Tirschenreuth

Nachstehende Tabelle beschreibt die Behandlungsarten, die Betreiber sowie die Anlieferungsmengen der Abfälle im Landkreis Tirschenreuth im Jahr 2017.

Tabelle 8: Behandlungskenndaten der Organikabfälle im Landkreis Tirschenreuth 2017

Abfallart	Erfassung	Vertragslaufzeit	Behandlung / Verwerter	Anlieferungsmenge [Mg]
Bioabfall	Fa. Kraus Fa. Magnitz	31.12.18	Vergärung und Kompostierung / Bergler / Gemes	ab 2017
Gewerbemüll	Container- Dienst	k.A.	Thermisch / ZMS / Verbandsmitglied	1.475
Restmüll	Fa. Magnitz	31.12.21	Thermisch / ZMS / Verbandsmitglied	9.862
Gartenabfälle Grüngut-privat	Gemeinden	k.A.	Kompostierung / diverse	1.046
Kommunale Grünabfälle	Gemeinden	k.A.	Kompostierung / Eigenverwertung oder diverse	1.248
Grüngut Gewerbe	Container- Dienst	k.A.	k.A.	k.A.

- Sammlung und Entsorgung der Abfallart „Grünabfälle / Grüngut – privat“ sind auf die Gemeinden übertragen.
- Sammlung und Entsorgung der Abfallart „kommunale Grünabfälle“ erfolgt über eigene Zuständigkeit der Gemeinden.
- „Grüngut – Gewerbe“ wird über Container-Dienst gesammelt und entsorgt. Eine Erfassung der Mengen erfolgt nicht.
- Da die Biotonne erst am 01.02.2017 eingeführt wurde, liegen für das Jahr 2017 keine exakten Daten über die Menge an Bioabfällen vor. Die Angaben beziehen sich auf den Stand Ende 2017.

3.2.4.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

In Analogie zu den anderen beiden Körperschaften erfolgt der Entsorgungsweg ebenfalls im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab durch den Zweckverband Müllverwertung Schwandorf (ZMS). Hierbei handelt es sich um „thermische Verwertung von Haus- und Sperrmüll“.

Die im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab erfassten Abfälle werden bedingt durch deren Zusammensetzung unterschiedlichen Behandlungsverfahren (biologische oder thermische Verwertung sowie Ablagerung in Deponien) unterworfen.

Nachstehende Tabelle beschreibt die Behandlungsarten, die Betreiber sowie die Anlieferungsmengen von organikhaltigen Abfällen im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab im Jahr 2017.

Tabelle 9: Behandlungsverfahren - Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2017

Abfallart	Erfassung	Vertragslaufzeit	Behandlung / Verwerter	Anlieferungsmenge [Mg]
Bioabfall	Bergler	31.12.22	Vergärung und Kompostierung / Gemes Schöngleina (seit 01.10.2017)	2.500*
Gewerbemüll	nach Wahl des Betriebes	k.A.	unbekannt	8.986
Restmüll	Container Kraus	31.12.18	Thermisch / ZMS / unbefr.	14.800
Gartenabfälle Grüngut-privat	Bergler	31.12.18	Kompostierung / Bergler	13.720
Kommunale Grünabfälle	nach Auftrag durch Gde.	k.A.	k.A.	898
Grüngut Gewerbe	Bergler	k.A.	k.A.	510

*Die Angabe basiert auf einer Hochrechnung (erwarteter Menge).

3.2.5 Kompostverwertung und –vermarktung

3.2.5.1 Stadt Weiden i.d.OPf.

Durch die Behandlung der organikhaltigen Abfallfraktionen „Grüngut“ sowie „Abfälle aus der Biotonne“ wurde auf Basis der Abfallbilanz 2016 kein Kompost erzeugt, wie die nachstehende Tabelle zeigt.

Tabelle 10: Kompostverwertung und –vermarktung Stadt Weiden i.d.OPf. 2016

Rohmaterial	Menge [Mg]
Grüngut aus Haushalten und Gewerbe + Bioabfall	ca. 9000*
Verarbeitetes Material	
Direkt verwertetes Häckselgut	0
Zur Rotte aufgesetztes Material	0
Im Behandlungsprozess ausgeschleuste Menge (Biomasse) zur energetischen Verwertung	0
Zwischengelagertes Material, Bestand 31.12.2016	0
Sortierreste	0
Erzeugter Kompost	
Im Berichtsjahr erzeugter Kompost (ohne Häckselgut)	0
Übernommene Lagerbestände aus Vorjahr	+ 0
Lagerbestand Ende des Jahres	- 0
Tatsächlich verwertete Kompostmenge 2016	0
Kompostverwertung, einschl. fester Gärrückstände aus der Bioabfallvergärung (kein Häckselgut)	
Gärtnereien, Baumschulen	
Garten- und Landschaftsbaubetriebe	k.A.
Erdenwerke	k.A.
Kleingärtner/Privatpersonen	k.A.
Verwendung bei kommunalen Maßnahmen	k.A.
Verwendung zu Rekultivierungszwecken	k.A.
Sonstige Verwertung oder Vermarktung	k.A.

* Die Angabe bezieht sich auf Abfallbilanz 2016.

3.2.5.2 Landkreis Tirschenreuth

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Angaben zur Kompostverwertung und –vermarktung im Jahr 2016 im Landkreis Tirschenreuth.

Tabelle 11: Kompostverwertung und –vermarktung im Landkreis Tirschenreuth 2016

Rohmaterial	Menge [Mg]
Grüngut aus Haushalten und Gewerbe	2.295*
Verarbeitetes Material	
Direkt verwertetes Häckselgut	223
Zur Rotte aufgesetztes Material	2.055
Zur anaeroben Verarbeitung verwendetes Material	16
Erzeugter Kompost	
2016 erzeugter Kompost + Gärrückstände (ohne Häckselgut)	1.235
2016 übernommene Lagerbestände aus Vorjahr	100
Lagerbestand Ende 2016	150
Tatsächlich verwertete Kompostmenge + Gärrückstände 2016	1.185
Kompostverwertung, einschl. fester Gärrückstände aus der Bioabfallvergärung (kein Häckselgut)	
Landwirtschaft	115
Gärtnereien, Baumschulen	60
Garten- und Landschaftsbaubetriebe	60
Erdenwerke	720
Verwendung bei kommunalen Maßnahmen	60
Verwendung zu Rekultivierungszwecken	60
Sonstige Verwertung oder Vermarktung	110

* Die Angabe bezieht sich auf Abfallbilanz 2016.

3.2.5.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Angaben zur Kompostverwertung und –vermarktung im Jahr 2016 im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab.

Tabelle 12: Kompostverwertung und –vermarktung im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016

Rohmaterial	Menge [Mg]
Grüngut aus Haushalten und Gewerbe (stofflich verwertet)	15.134*
Verarbeitetes Material	
Zur Rotte aufgesetztes Material	14.659
Im Behandlungsprozess ausgeschleuste Menge (Biomasse) zur energetischen Verwertung	516
Zwischengelagertes Material, Bestand 31.12.2016	1.299
Erzeugter Kompost	
Im Berichtsjahr erzeugter Kompost (ohne Häckselgut)	8.612
Übernommene Lagerbestände aus Vorjahr	+ 1.299
Lagerbestand Ende des Jahres	- 2.475
Tatsächlich verwertete Kompostmenge 2016	7.436
Kompostverwertung, einschl. fester Gärrückstände aus der Bioabfallvergärung (kein Häckselgut)	
Landwirtschaft	102
Garten- und Landschaftsbaubetriebe	32
Erdbaubetriebe	1.671
Erdenwerke	4.100
Kleingärtner/Privatpersonen	42
Sonstige Verwertung oder Vermarktung	1.489

* Die Angabe bezieht sich auf Abfallbilanz 2016. Die Diskrepanz mit den in die **Tabelle 9** aufgeführten Angaben ist darauf zurückzuführen, dass die erst ab dem 01.10.2017 über Biotonne erfassten Grüngutmengen hier nicht berücksichtigt worden sind.

Den **Tabelle 10, Tabelle 11** und **12** ist zu entnehmen, dass die Mengenverteilung innerhalb der Abfallbilanzen sehr unterschiedlich ist. Diese Diskrepanz ist auf unterschiedliche Gebührenstrukturen der drei Körperschaften zurückzuführen; während die Abgabe vom Grüngut im Landkreis Tirschenreuth kostet, ist sie bei den anderen beiden Körperschaften kostenfrei.

3.3 Abfallbilanz

3.3.1 Menge und Zusammensetzung

In den folgenden Abschnitten wird die Entwicklung der Gesamtmüllmenge und Zusammensetzung der drei o.g. Körperschaften beschrieben. Im Anschluss daran werden jeweils die organikhaltigen Abfallfraktionen zusammengestellt.

Dabei wird das Augenmerk besonders auf die organikhaltigen Abfälle (Bioabfall, Gartenabfall und Grüngut) gerichtet, da diese für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind.

3.3.1.1 Stadt Weiden i.d.OPf.

In der Stadt Weiden i.d.OPf. fallen weitestgehend folgende Abfallfraktionen an:

- Restmüll
- Bioabfall
- Grüngut
- Leichtverpackung (LV)
- Sperrmüll
- Gewerbemüll
- Altpapier
- Altglas
- Sonstige (Altfette, Altbatterien, Alttoner, Elektroschrott, Altschuhe, Alttextilien, Sondermüll, Schrott, Weißblech, Bauschutt etc.)

Nachstehende Abbildung beschreibt die Entwicklung der Anteile der o.g. Abfallfraktionen am Gesamtabfall im Zeitraum zwischen 2005 - 2016.

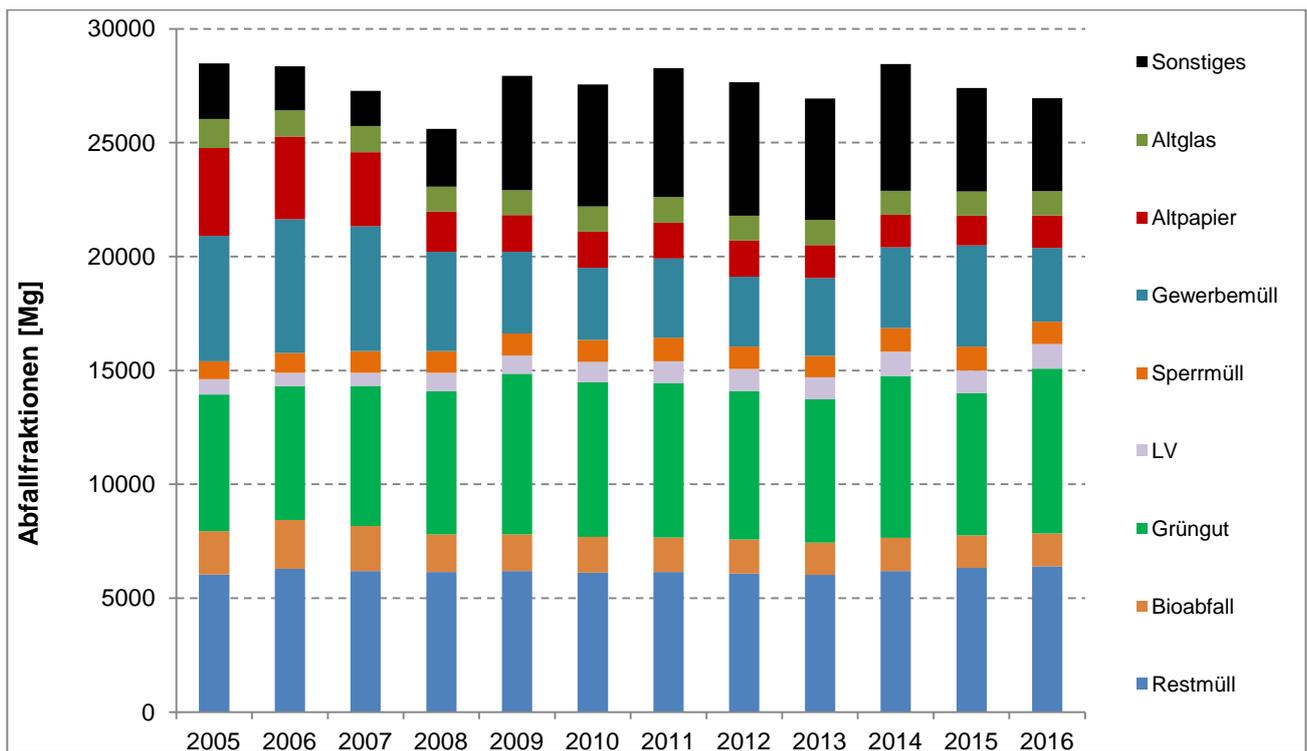


Abbildung 11: Zusammensetzung des Gesamtabfalls der Stadt Weiden i.d.OPf. 2005 – 2016

Der **Abbildung 11** ist zu entnehmen, dass die jährlich anfallende Masse des „Bioabfalls“ in den letzten Jahren fast unverändert geblieben, wobei sie 2016 ca. 1.450 Mg betrug.

Zudem hat sich die anfallende Masse des „Grüngutes“ in der Bandbreite zwischen ca. 5.800 – 7.300 Mg bewegt, wobei sie 2016 mit ca. 7.300 Mg ihren Höhepunkt erreicht hat.

Darüber hinaus zeigt sich, dass die jährliche Masse an Siedlungsabfällen im betrachteten Zeitraum gewissen Schwankungen unterworfen ist, wobei sie 2016 bei ca. 27.000 Mg lag.

Grüngut

Nachstehende Tabelle zeigt die erfasste und verwertete Gesamtmenge an Grüngut für den Zeitraum zwischen 2005 – 2016 in der Stadt Weiden i.d.OPf..

Tabelle 13: Grüngutmenge in der Stadt Weiden i.d.OPf. 2005 – 2016

Jahr	Kommunales Grüngut	Grüngut aus Haushalten	Grüngut (Gesamt)
	Mg	Mg	Mg
2005	1.195,04	4.813,20	6.008,24
2006	1.030,30	4.848,68	5.878,98
2007	1.001,96	5.150,40	6.152,36
2008	887,47	5.387,76	6.275,23
2009	866,93	6.186,99	7.053,92
2010	944,38	5.833,93	6.778,31
2011	959,27	5.832,40	6.791,67
2012	959,27	5.554,48	6.513,75
2013	801,19	5.487,32	6.288,51
2014	1.395,35	5.716,22	7.111,57
2015	1.269,36	4.976,64	6.246,00
2016	1.408,80	5.818,24	7.227,04

3.3.1.2 Landkreis Tirschenreuth

Im Landkreis Tirschenreuth setzten sich die anfallenden Siedlungsabfälle zwischen 2006 – 2016 wie folgt zusammen:

- Restmüll
- Grüngut (kommunal + aus Haushalten)
- Gelber Sack (inkl. Leichtverpackung)
- Sperrmüll
- Gewerbeabfälle
- Papier
- Altglas
- Sonstige (Weissblech, Problemabfälle, Altholz und Textilien)

Nachstehende Abbildung zeigt die Entwicklung der Masse der o.g. Abfallgruppen zwischen 2006 und 2016 im Landkreis Tirschenreuth in [Mg], wobei die untergeordneten Abfallgruppen als „Sonstige“ dargestellt sind.

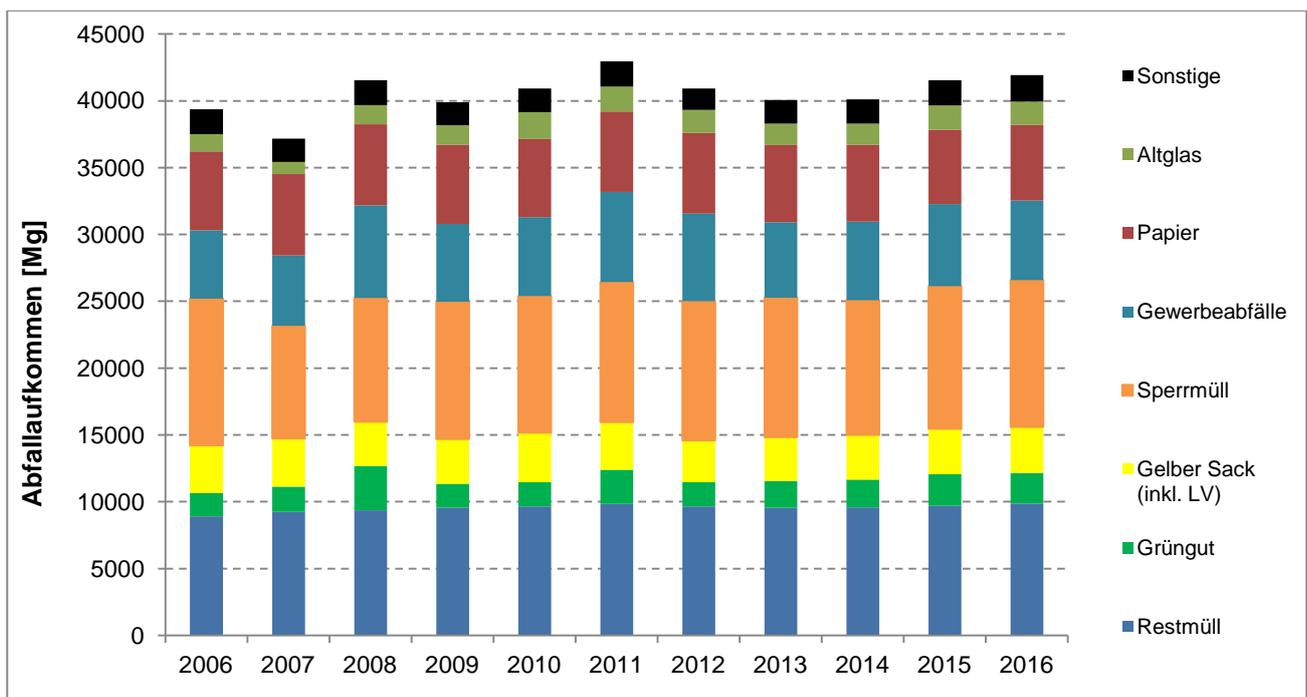


Abbildung 12: Abfallinventar Landkreis Tirschenreuth zwischen 2006 – 2016

Da die Biotonne zur getrennten Erfassung von Bioabfällen erst am 01.02.2017 eingeführt wurde, lagen 2016 keine Angaben über diese Abfallgruppe vor.

Wie aus der **Abbildung 12** deutlich zu erkennen ist, ist das Aufkommen der Siedlungsabfälle in den letzten Jahren insgesamt relativ konstant geblieben, wobei es 2016 bei ca. 43.000 Mg lag.

Grüngut

Nachstehende Tabelle zeigt die erfasste und verwertete Gesamtmenge von Grüngut für den Zeitraum zwischen 2006 – 2016 im Landkreis Tirschenreuth.

Tabelle 14: Grüngutmenge im Landkreis Tirschenreuth 2006 - 2016

Jahr	Kommunales Grüngut	Grüngut aus Haushalten	Grüngut (Gesamt)
	Mg	Mg	Mg
2006	1.232,88	517,98	1.750,86
2007	1.316,86	569,10	1.885,96
2008	1.268,74	2.052,03	3.320,77
2009	1.264,64	536,79	1.801,43
2010	1.125,37	687,15	1.812,52
2011	1.386,45	1.186,97	2.573,42
2012	982,77	832,50	1.815,27
2013	1.168,49	839,10	2.007,59
2014	1,138,34	927,38	2.065,72
2015	1,367,15	1.001,48	2.368,63
2016	1.248,21	1.046,29	2.294,50

3.3.1.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

Im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab setzen sich die Hauptgruppen der Siedlungsabfälle wie folgt zusammen:

- Restmüll
- Grüngut
- Gelber Sack (gemischte Verpackungen)
- Sperrmüll
- Gewerbemüll
- Altpapier
- Altglas
- Sonstige (Dosen/Weißblech, Altholz und Problemabfälle)

Nachstehende Abbildung stellt die Massenanteile der o.g. Abfallgruppen für den Zeitraum zwischen 2005 bis 2016 dar.

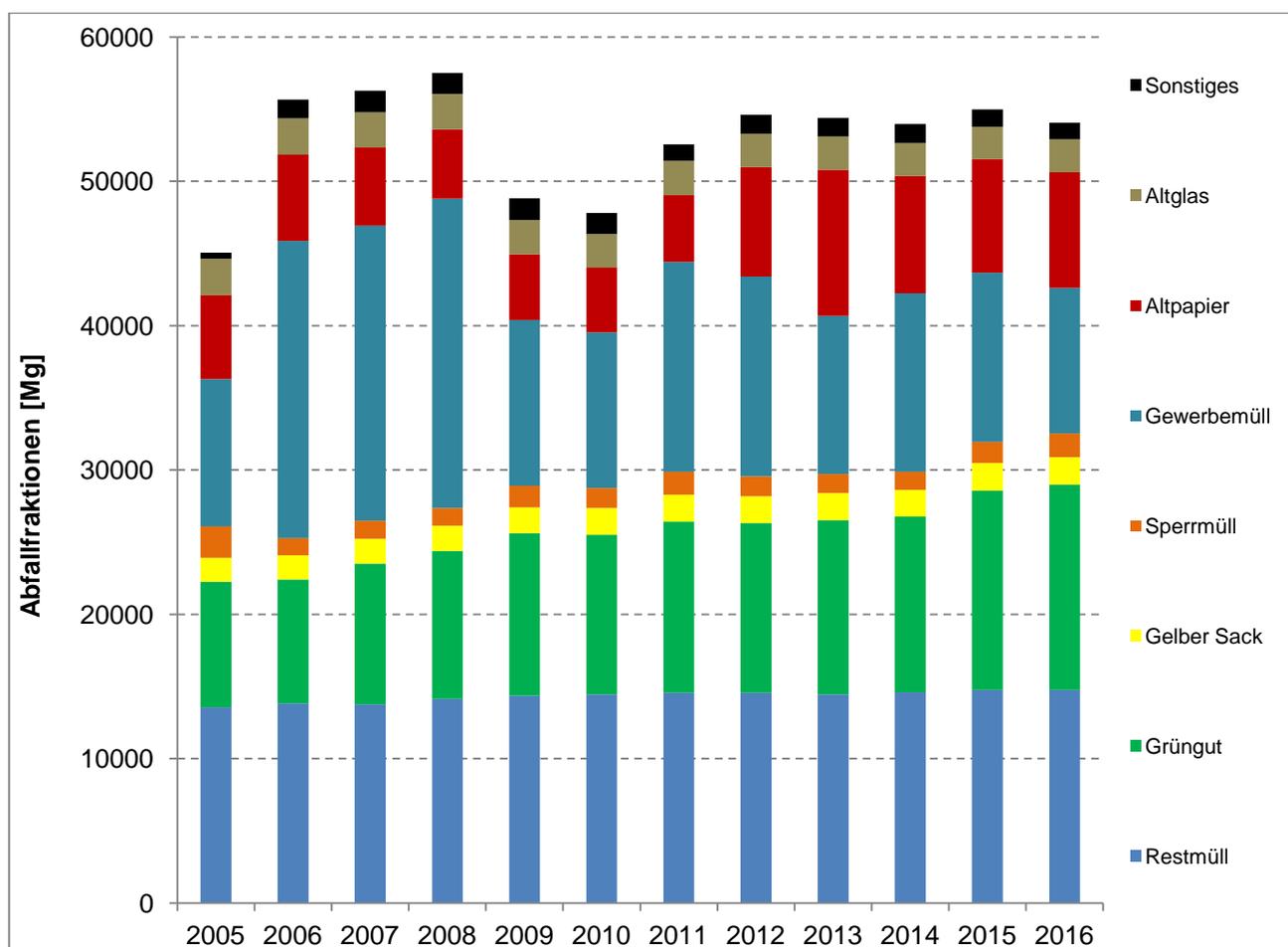


Abbildung 13: Abfallinventar Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2005 - 2016

In Analogie zum Landkreis Tirschenreuth lagen auch beim Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016 keine Angaben über Bioabfälle vor, da die Biotonne zur getrennten Erfassung der Bioabfälle erst am 01.10.2017 eingeführt wurde.

Aus der Abbildung 13 ist erkennbar, dass die Abfallgruppen „Restmüll“, „Grüngut“ und „Gewerbemüll“ den größten Anteil am Gesamtabfall darstellten. Die Gesamtmenge der erfassten und behandelten Siedlungsabfälle im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab lag 2016 bei ca. 54.000 Mg.

Grüngut:

Nachstehende Tabelle zeigt die erfasste und verwertete Gesamtmenge an Grüngut (kommunal und privat) für den Zeitraum zwischen 2007– 2017 im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab.

Tabelle 15: Grüngutmenge im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2007 - 2016

Jahr	Containerleerung	Strauchwerk	Biomasse- versuch	Grüngut (Gesamt)	
	m ³	m ³	m ³	m ³	Mg*
2007	62.384	2.600	-	64.984	9.747,60
2008	66.598	1.720	-	68.318	10.247,70
2009	74.353	720	-	75.073	11.260,95
2010	72.658	1.130	8	73.796	11.063,70
2011	77.373	1.590	28	78.991	11.848,65
2012	74.364	4.061	67	78.492	11.773,80
2013	75.031	5.490	60	80.581	12.087,15
2014	76.003	5.047	-	81.050	12.157,50
2015	87.568	4.540	-	92.108	13.816,20
2016	90.702	4.100	-	94.802	14.220,30

*Annahme: Dichte der Fraktion „Grüngut“= 0,15 Mg/m³

3.3.1.4 Zusammenfassung

Basierend auf dem bereits beschriebenen Abfallinventar der Stadt Weiden i.d.OPf. sowie der Landkreise Tirschenreuth und Neustadt a.d.Waldnaab in den letzten Kapiteln wird in diesem Kapitel das Abfallinventar der drei Körperschaften zusammengefasst dargestellt.

Die Siedlungsabfälle setzen sich insgesamt folgendermaßen zusammen:

- Restmüll (bzw. Haushaltsabfälle)
- Gewerbemüll
- Sperrmüll
- Grüngut (kommunal und/oder aus Haushalten)
- Altpapier
- PPK
- Bioabfall
- Altglas
- Gelber Sack (inkl. LV)
- Textilien
- Altholz
- Flachglas
- Sondermüll (bzw. Problemabfälle)
- Altfett
- Elektro-Altgeräte
- Asche
- Bioabfall aus Gewerbe
- Baurest
- Schrott / Altmittel / Metallschrott
- Autobatterien
- Weißblech (WB)

Das Abfallaufkommen in den drei betrachteten Körperschaften wies 2005 - 2016 die in den vorstehenden Grafiken dargestellte Entwicklung auf. Nachstehende Tabelle zeigt die Angaben über das Gesamtabfallaufkommen in den o.g. Körperschaften im Jahr 2016.

Tabelle 16: Abfallaufkommen in den drei Körperschaften im Jahr 2016

Körperschaft	Abfallaufkommen [Mg]	Einwohnerzahl	Abfallaufkommen [kg/E]
Stadt Weiden i.d.OPf.	ca. 27.000	ca. 45.000	ca. 600
Landkreis Tirschenreuth	ca. 43.000	ca. 73.000	ca. 590
Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab	ca. 54.000	ca. 95.000	ca. 570
Summe	ca. 124.000		

3.3.2 Sortieranalyse

Bei einer integrierten Abfallwirtschaft stellt neben dem Aufkommen auch die Zusammensetzung von Siedlungsabfällen einen entscheidenden Faktor dar. Vor diesem Hintergrund wurde 2013 eine Restmüllsortieranalyse jeweils für die Stadt Weiden i.d.OPf., den Landkreis Tirschenreuth und 2014 für den Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab durchgeführt. In folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse dargestellt.

3.3.2.1 Ergebnisse - Organikanteil

Stadt Weiden i.d.OPf.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Sortieranalyse bei drei betrachteten Körperschaften tabellarisch dargestellt. Dabei wird das Augenmerk auf den Organikanteil gerichtet.

Nachstehende Tabelle zeigt die Jahresdurchschnittswerte der Gebietsstrukturen der Stadt Weiden i.d.OPf. für das Jahr 2013 nach Obergruppen.

Tabelle 17: Restmüllsortieranalyse der Gebietsstrukturen der Stadt Weiden i.d.OPf. 2013

Obergruppe	Restabfallzusammensetzung der Stadt Weiden i.d.OPf.			
	[Mass.-%]	[kg/E*Wo]	[kg/E*a]	[Mg/a]
Organik	30,78	0,69	35,87	1.504,73
Feinfraktion < 10 mm	17,50	0,48	25,10	1.052,88
Mittelfraktion 10-40 mm	4,89	0,11	5,70	239,14
Hygieneprodukte	14,28	0,35	18,04	757,06
PPK	6,42	0,13	6,97	292,47
Kunststoffe	9,54	0,20	10,64	446,49
Glas	4,32	0,09	4,52	189,77
Inertes	1,32	0,03	1,37	57,45
Textil	2,63	0,06	3,30	138,45
Verbundstoffe	3,56	0,08	4,09	171,53
Holz	0,38	0,01	0,55	23,21
Metall	2,80	0,07	3,65	153,07
Problemabfall	0,29	0,01	0,53	22,42
Sonstige Restabfälle	1,30	0,02	1,16	48,62
Summe	100,0	2,33	121,49	5.097,29

Der **Tabelle 17** ist zu entnehmen, dass die einwohnerspezifische Restmüllmasse in den Gebietsstrukturen rechnerisch bei ca. 121 [kg/E*a] bzw. ca. 5.000 Mg liegt.

Das Restmüllaufkommen in den Gebietsstrukturen verteilt sich zusammenfassend wie folgt:
In allen Gebietsstrukturen entfällt die Hauptmasse des Restmülls auf die Fraktionen Organik, Mittelfraktion, Feinfraktion und Hygieneprodukte (siehe **Tabelle 17**).

Die organischen Abfälle betragen im Jahresmittel **35,87 [kg/E*a]**, wobei sie im städtischen Bereich am höchsten sind. Der Massenanteil **der organischen Abfälle** liegt bei **30,78 [Mass.-%]**.

Landkreis Tirschenreuth

Nachstehende Tabelle zeigt die Jahresdurchschnittswerte der Gebietsstrukturen im Landkreis Tirschenreuth nach Obergruppen.

Tabelle 18: Restmüllanalyse Landkreis Tirschenreuth im Jahr 2013

Obergruppe	Restabfallzusammensetzung Landkreis Tirschenreuth			
	[Mass.%]	[kg/E*Wo]	[kg/E*a]	[Mg/a]
Organik¹	42,8	0,95	49,2	3.695
Feinmüll < 10 mm	10,2	0,23	11,7	864
Mittelmüll ² 10-40 mm	7,0	0,15	8,1	593
Hygieneprodukte	12,8	0,28	14,8	1.088
PPK	1,9	0,04	2,2	161
Kunststoffverpackungen (Mischkunststoff)	1,8	0,04	2,1	155
Sonstige Kunststoffe (stoffgleiche Nicht-Verpackung)	1,2	0,03	1,3	99
Glas	2,0	0,04	2,3	172
Mineralische Abfälle/Bauschutt	2,8	0,06	3,2	237
Textilien und Schuhe	2,1	0,05	2,5	182
Verbundverpackungen	1,0	0,02	1,1	83
Sonstige Verbunde (Metallverbund > 2/3 und Materialverbund)	2,0	0,05	2,4	174
Holz	0,7	0,02	0,8	58
Metall	1,1	0,02	1,3	95
E-Schrott	0,5	0,01	0,6	44
Problemabfälle	0,2	0,01	0,3	20
Sonstige Restabfälle	9,7	0,22	11,2	825
Summe	100,0	2,22	115,1	8.545

¹Organik bezieht sich auf Küchen- und Gartenabfälle sowie verpackte Lebensmittel

²kompostierbar und nicht kompostierbar

Die Untersuchungen ergaben ein Restabfallaufkommen aus Privathaushalten von 115,1 [kg/E*a] bzw. ca. 8.500 Mg für den Landkreis Tirschenreuth. Nach der Abfallbilanz von 2012 wurde ein Gesamtmüllaufkommen aus Haushalten und Geschäften (Haus- und Geschäftsmüll) von 131 [kg/E*a] bzw. 9.661 Mg ermittelt. Damit lässt sich der Geschäftsmüllanteil im Restabfallaufkommen mit rund 12% beziffern¹. Die Masse an Restmüll lag 2016 bei ca. 9.800 Mg (siehe Abbildung 12).

Aus der **Tabelle 18** ist deutlich zu ersehen, dass die Fraktionen Organik, Hygieneprodukte und Feinmüll die Hauptmasse des Restabfalls ausmachen.

Die Hauptmasse des Restabfalls entfällt auf den organischen Anteil (Organik > 40 mm), wobei er **49,2 [kg/E*a] bzw. 42,8 [Masse.-%]** beträgt und setzt sich wie folgt zusammen:

- 37,8 [kg/E*a] Küchenabfall
- 6,4 [kg/E*a] Gartenabfälle
- 5,0 [kg/E*a] verpackte/überlagerte Lebensmittel

Bei der genauen Betrachtung der Gebietsstrukturen stellt sich heraus, dass

- der Organikgehalt > 40 mm in städtischen Bereichen in etwa doppelt so hoch ist wie in den ländlichen Bereichen.
- Während der Organikgehalt > 40 mm in städtischen Bereichen bei bis zu 73,5 [kg/E*a] liegt, beträgt er bei den ländlichen Bereichen nur 38,3 [kg/E*a]. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass in den ländlichen Bereichen der Eigenkompostiereranteil höher ist.

¹ Der Geschäftsmüllanteil am kommunalen Geschäftsmüllaufkommen liegt nach Literaturangaben sowie unseren Erfahrungswerten im Bereich von 10 bis 25 Mass.-%.

Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

Nachstehende Tabelle zeigt die Jahresdurchschnittswerte der Gebietsstrukturen im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab nach Obergruppen.

Tabelle 19: Restmüllsortieranalyse der Gebietsstrukturen im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2014

Obergruppe	Restabfallzusammensetzung Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab			
	[Mass.-%]	[kg/E*Wo]	[kg/E*a]	[Mg/a]
Organik	37,00	0,84	43,68	4221,43
Feinfraktion < 10 mm	12,96	0,29	15,30	1479,07
Mittelfraktion 10-40 mm	9,39	0,21	11,08	1071,20
Hygieneprodukte	14,11	0,32	16,65	1609,52
PPK	3,29	0,07	3,89	375,91
Kunststoffe	7,16	0,16	8,45	816,70
Glas	3,34	0,08	3,95	381,59
Inertes	2,05	0,05	2,42	233,58
Textil	2,46	0,06	2,91	280,75
Verbundstoffe	4,64	0,11	5,47	529,10
Holz	1,12	0,03	1,33	128,22
Metall	2,30	0,05	2,71	262,20
Problemabfall	0,04	0,00	0,05	4,93
Sonstige Restabfälle	0,14	0,00	0,16	15,53
Summe	100,0	2,27	118,05	11.409,73

Der Tabelle 19 ist zu entnehmen, dass die einwohnerspezifische Restmüllmasse in den Gebietsstrukturen rein rechnerisch bei 118,05 [kg/E*a] bzw. ca. 11.400 Mg liegt. Nach der Abfallbilanz 2014 betrug die Restmüllmenge rund 14.600 Mg und nach der Abfallbilanz 2016 betrug die Restmüllmenge jedoch rd. 14.800 Mg.

Das Restmüllaufkommen in den Gebietsstrukturen verteilt sich zusammenfassend wie folgt:

- In allen Gebietsstrukturen entfällt die Hauptmasse auf die Fraktionen Organik, Mittelfraktion, Feinfraktion und Hygieneprodukte.
- **Die organischen Abfälle** liegen im Jahresmittel bei **43,68 [kg/E*a]**, wobei sie im ländlichen Bereich am höchsten sind. Der Massenanteil **der organischen Abfälle** liegt bei **37,00 [Mass.-%]**.

3.3.3 Theoretisches Wertstoffpotenzial im Restmüll

Die verwertbaren Abfälle im Restmüll wurden in den drei Körperschaften näher betrachtet. Diese sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt. Die Angaben beziehen sich auf die jeweiligen Sortieranalysen 2013/2014.

Dabei werden die verwertbaren Abfälle (bezogen auf jeweilige Sortieranalyse) in zwei Untergruppen untergliedert: organisches Potenzial und Gesamtwertstoffpotenzial.

Es handelt sich hierbei um das theoretische Potenzial, unabhängig davon, wie viel praktisch abgegriffen werden könnte.

Tabelle 20: Theoretisch verwertbares Wertstoffpotenzial im Restmüll

Körperschaft	Verwertbares Wertstoffpotenzial [Gew.-%]		Verwertbares Wertstoffpotenzial [kg/E*a]		Verwertbares Wertstoffpotenzial [Mg/a]	
	Organik	Gesamt	Organik	Gesamt	Organik	Gesamt
Stadt Weiden i.d.OPf.	30,78	57,2	35,87	64,4	1.504,7	2.918,7
Landkreis Tirschenreuth	42,80	54,1	49,20	62,9	3.695,0	4.637,0
Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab	37,00	54,9	43,68	64,8	4.221,4	6.260,7
Gesamt					9.421,1	13.816,4

Aus der **Tabelle 20** ist zu entnehmen, dass der Gewichtsanteil des theoretischen Wertstoffpotenzials (Organik) des Landkreises Tirschenreuth mit 42,8 [Gew.-%] am größten ist.

Bei der Stadt Weiden i.d.OPf. ist der verwertbare Anteil an Organik hingegen am niedrigsten. Dies ist auf die getrennte Erfassung der Bioabfälle zurückzuführen, was dazu geführt hat, dass ein geringerer Anteil an Organik über den Restmüll erfasst wird.

Zur Ermittlung der über Verwertungsanlagen verwertbaren Wertstoffpotenziale wurden die jeweiligen Einwohnerzahlen herangezogen.

Aufgrund der größeren Einwohnerzahl des Landkreises Neustadt a.d.Waldnaab im Vergleich zu den beiden anderen Körperschaften stellt die Menge an der über Verwertungsanlagen verwertbaren Wertstoffe in diesem Landkreis insgesamt mit 4.221,4 [Mg/a] den größten Wert dar.

Die Gesamtmenge des verwertbaren Wertstoffpotenzials bei den drei betrachteten Körperschaften liegt damit bei 13.816,4 [Mg]. Die davon über eine Verwertungsanlage verwertbare Wertstoffmenge (Organik) beträgt 9.421,1 [Mg/a].

3.3.4 Behälteranzahl, -volumen und -füllgrad

Bei der Erfassung der Wertstoffe spielen die Anzahl, das Volumen sowie der Füllgrad der zur Verfügung gestellten Behälter eine ausschlaggebende Rolle.

Bei der Stadt Weiden i.d.OPf. wurden 2016 die Restmüllbehälter in 60 l, 80 l, 120 l, 770 l und 1.100 l sowie 110 l Restmüllsäcke eingesetzt.

Im Landkreis Tirschenreuth wurden Restmüllgefäße 60 l, 80 l, 120 l, 240 l, 770 l und 1.100 l sowie 60 l Restmüllsäcke im Jahr 2016 eingesetzt.

Im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab stehen seit 2015 Restmüllgefäße 60 l, 80 l, 120 l, 240 l, 770 l und 1.100 l sowie 70 l Restmüllsäcke zur Verfügung.

Da die Biotonne im Landkreis Tirschenreuth und Neustadt a.d.Waldnaab erst im Jahr 2017 eingeführt wurde, liegen hierüber keine detaillierten Angaben vor. Daher werden in diesem Kapitel nur die Restmüllbehälter und Restmüllsäcke herangezogen.

Nachstehende Tabelle stellt die Behälteranzahl, das Behältervolumen sowie den Behälterfüllgrad in den drei betrachteten Körperschaften dar.

Tabelle 21: Restmüllbehälterkenndaten in den drei Körperschaften im Jahr 2016 / 2017

Körperschaft	Behälter		Restmüllsäcke		Volumen (Gesamt)	Füllgrad**
	Anzahl	Volumen (Liter)	Anzahl	Volumen (Liter)	Volumen (Liter)	(%)
Stadt Weiden i.d.OPf.	11.499*	1.267.960	584	64.240	1.332.220	90
Landkreis Tirschenreuth	26.403	1.919.990	41.918	2.515.080	4.435.070	90
Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab	33.626	3.576.520	28.062	1.964.340	5.540.860	85
Gesamt	71.528	6.764.470	70.564	4.543.660	11.308.150	

*10.622 Restmüllbehälter + 877 Müllgroßbehälter (keine Biotonne)

**bezogen auf jeweilige Sortieranalyse

Aus der **Tabelle 21** ist zu ersehen, dass 2016/2017 insgesamt 71.528 Restmüllbehälter und 70.564 Restmüllsäcke in verschiedenen Größen in den drei betrachteten Körperschaften eingesetzt wurden, was einem Gesamtvolumen (Restmüllbehälter und Restmüllsäcke) von 11.308.150 Liter entspricht.

Zudem liegt der Füllgrad der Behälter im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab bei nur 85 %, während er bei den anderen beiden Körperschaften 90 % beträgt.

3.3.5 Schüttgewicht des Restabfalls

Die mittleren Schüttgewichte des Restabfalls in den drei betrachteten Körperschaften sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 22: Durchschnittliches Schüttgewicht des Restabfalls in den drei Körperschaften

Körperschaft	Schüttgewicht* [kg/l]
Stadt Weiden i.d.OPf.	0,180
Landkreis Tirschenreuth	0,231
Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab	0,192
Durchschnitt	0,201

*Die Angaben beziehen sich auf Sortieranalysen 2013 / 2014.

Der **Tabelle 22** ist zu entnehmen, dass 2013 / 2014 das mittlere Schüttgewicht im Landkreis Tirschenreuth mit ca. 0,231 [kg/l] am größten war. Das durchschnittliche Schüttgewicht in den drei Körperschaften betrug ca. 0,201 [kg/l].

4 POTENZIALANALYSE

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden nachfolgend zunächst die organischen Reststoffe der einzelnen Gebietskörperschaften in ihrem Entsorgungsweg betrachtet. Im zweiten Schritt erfolgt die Ermittlung weiterer organischer Potenziale im Einzugsgebiet.

Zur Auswertung wurden die Zahlen und Aufzeichnungen der Gebietskörperschaften verwendet. Die aufgeführten Gesamtmengen an organischem Abfall sind über die betrachteten Jahre weitgehend stabil. Die in den von den Körperschaften vorgelegten Abfallbilanzen aufgeführten Mengen an Bioabfall, Gartenabfall, Grüngut und sonstigen organischen Stoffen wurden um entsprechende Prozentanteile an Störstoffen reduziert und bereinigt. Die gewählten Reduzierungsfaktoren basieren auf Erfahrungs- und Literaturwerten. Nicht zur anaeroben Vergärung in einer Biogasanlage geeignet sind beispielsweise Holz, Strauchwerk, Erden, Steine, Metalle, Glas, Tierkadaver, Verpackungsmaterialien und sonstige Störstoffe.

Verpackte Lebensmittel oder in Behältern abgefüllte Flüssigkeiten sind durch technische Verfahren zu entpacken bzw. zu entleeren. Dies erfolgt sinnvollerweise vor dem anaeroben Gärprozess durch Zerkleinern wie Häckseln, Ausquetschen und Zerreißen der Verpackungen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei einer Sammlung von verpackten Lebensmitteln mit einer Kostenmehrung und einem technischen Mehraufwand bei der Vergärung zu rechnen sein wird. Ferner stellt sich hierbei auch die Sammlung über die Biotonnen als problematisch dar, da dann der Einsatz des Detektionssystems zur Störstofferkennung unter Umständen nicht mehr eingesetzt werden kann. In einer zukünftigen Machbarkeitsstudie gilt es daher zu prüfen, ob die Hinzunahme von verpackten Lebensmitteln als mögliches Potenzial für eine Bioabfallvergärung wirtschaftlich darstellbar ist.

Für die Landkreise Tirschenreuth und Neustadt a.d.Waldnaab, die im Jahr 2017 eine Biotonne eingeführt haben, wurden die zu erwartenden Stoffströme auf Basis der im Jahr 2013 / 2014 durchgeführten Restmüllsortieranalyse abgeschätzt. Es wird hier ein Erfassungsgrad von 50% gegenüber der Hausmüllsortieranalyse abgeschätzt.

Die Analyse der Entsorgungsstrukturen bezieht sich jeweils auf eine mögliche Nutzung in einer Abfallverwertungsanlage im Projektgebiet.

4.1 Potenzialanalyse Stadt Weiden i.d.OPf.

Zur Auswertung wurden die Zahlen und Aufzeichnungen des Jahres 2016 sowie der Sortieranalyse 2013 / 2014 verwendet.

Erläuterungen zur Tabelle 23:

In der vorliegenden Abfallbilanz sind in den Punkten. 1 / 3 / 4 die real erfassten Mengen an biogenen Abfällen dargestellt. Durch eine Optimierung der Biotonne (Pkt. 2) werden zusätzliche Mengen biogener Abfälle erwartet, welche für eine anaerobe Vergärung geeignet sind. Der Anteil wird mit 20 Prozent Anteilen angesetzt.

Pkt. 1:

Real erfasst über Biotonne / Übergabe an die Firma Bergler / Transport zum Kompostwerk GEMES Abfallentsorgung und Recycling GmbH, 07318 Saalfeld, Thüringen.

(Einfache Fahrstrecke 180 km)

Pkt. 2:

Bioabfälle zusätzliches Potenzial / Schätzung auf Basis der Hausmüllsortieranalyse der Stadt Weiden / wird durch eine Optimierung der Bioabfallsammlung anfallen / Müllabfuhr der Stadt Weiden liefert den Bioabfall zur Firma Bergler / Transport zum Kompostwerk GEMES Abfallentsorgung und Recycling GmbH, 07318 Saalfeld, Thüringen. (Einfache Fahrstrecke 180 km)

Pkt. 3:

Gartenabfälle / Grüngut privat / Abholung Firma Kraus – Lieferung an Verarbeitungsbetrieb Firma Veolia Umweltservice Süd GmbH Co. KG, 92256 Hahnbach

(Einfache Fahrstrecke 35 km)

Pkt. 4:

Kommunale Grünabfälle / Abholung Firma Bergler – Kompostierung in Steinfels bei der Firma Bergler, Steinfels 30a, 92708 Mantel (Einfache Fahrstrecke 14 km)

Pkt. 5:

Überlagerte und verpackte Lebensmittel (Schätzung auf Basis der Hausmüllsortieranalyse im Rahmen der Optimierung der Biotonnen) / Abholung durch Firma Bergler/ Verarbeitung am Kompostwerk GEMES Abfallentsorgung und Recycling GmbH, 07318 Saalfeld, Thüringen.

(Einfache Fahrstrecke 180 km)

Tabelle 23: Organische Abfallmengen Stadt Weiden – 2016

Pkt.	Materialien Organik	Wert Abfallbilanz 2016/ Hausmüllsortier- analyse 2013 / 2014	Reduzierung %	Verwertbar für Biogas
1.	Real erfasste Biotonne/Bergler	1.448 Mg/a *	30 %	1.014 Mg/a
2.	Bioabfälle erwartetes zusätzliches Potenzial	1.504 Mg/a **	80 %	300 Mg/a
3.	Gartenabfälle / Grüngut privat / Fa. Veolia	5.818 Mg/a *	30 %	4.072 Mg/a
4.	Kommunale Grünabfälle / Berg- ler	1.409 Mg/a *	30 %	986 Mg/a
5.	Zusatzpotenzial überlagerte u. verpackte Lebensmittel	452 Mg/a **	20 %	362 Mg/a
	Gesamtmenge	10.631 Mg/a	37 %	ca. 6.698 Mg/a

* =Abfallbilanz 2016 / ** = Hausmüllsortieranalyse (abzüglich Störstoffanteile vgl. S. 58)

Für die Stadt Weiden ergibt die Auswertung der betrachteten Abfallbilanzen einen organischen Abfallanteil von

10.631 Mg /a

Daraus verwertbar zur Verarbeitung in einer potentiellen Biogasanlage werden angenommen

6.698 Mg/a

Bisher als verbindliche biogene Abfallmengen aus Tabelle 23 gelten die Pos. 1 / 3 und 4 mit einer für Biogas verwertbaren Menge von

6.072 Mg/a.

Tabelle 24: Derzeit verbindlich verfügbares Potenzial für eine anaerobe Verwertung –
Stadt Weiden

Pkt.	Materialien Organik	Wert Abfallbilanz 2016	Reduzierung %	Verwertbar für Biogas
1.	Real erfasste Biotonne	1.448 Mg/a	30 %	1.014 Mg/a
3.	Gartenabfälle / Grüngut privat	5.818 Mg/a	30 %	4.072 Mg/a
4.	Kommunale Grünabfälle	1.409 Mg/a	30 %	986 Mg/a
	Gesamtmenge	8.675 Mg/a	30 %	ca. 6.072 Mg/a

Es wird abgeschätzt, dass durch eine Optimierung der Bioabfallsammlung und eine Erhöhung des Anschlussgrades zusätzlich die Pos. 2 und 5 der Tabelle 23 erfasst werden können und einer Vergärung zur Verfügung stehen. In Summe verfügbares zusätzliches Potenzial in Höhe von

662 Mg/a.

Tabelle 25: Zusätzliches Potenzial durch Optimierung der Sammlung (Erhöhung Anschlussgrad)

Pkt.	Materialien Organik	Wert Hausmüll- sortieranalyse	Reduzierung %	Verwertbar für Biogas
2.	Bioabfälle erwartetes zusätzliches	1.504 Mg/a	80 %	300 Mg/a
5.	Zusatzpotenzial überlagerte u. verpackte Lebensmittel	452 Mg/a	20 %	362 Mg/a
	Gesamtmenge	1.956 Mg/a	66 %	ca. 662 Mg/a

4.2 Potenzialanalyse Landkreis Tirschenreuth

Zur Auswertung wurden die Zahlen und Aufzeichnungen aus dem Jahr 2016 sowie der Sortieranalyse 2013 verwendet.

Die Sammlung und Aufbereitung für Grüngut und Gartenabfälle wurde laut Aussage der Landkreisverwaltung weitgehend an die kreisangehörigen Gemeinden übertragen. Es bestehen keine gesicherten Informationen, welche Sammelbetriebe und Verwerter von den 26 Gemeinden beauftragt wurden. Der Landkreis hat im Jahr 2017 die Bioabfallsammlung eingeführt, hierfür liegen derzeit noch keine belastbaren Zahlen zur Menge der Bioabfälle vor. Die Menge wurde auf Basis der Abfallsortieranalyse aus dem Jahr 2013 / 2014 abgeschätzt.

Tabelle 26: Organische Abfallfraktionen des Landkreis Tirschenreuth

Pkt.	Materialien Organik	Wert Abfallbilanz 2016 / Hausmüllsortier- analyse 2013 / 2014	Reduzierung in Prozent	Verwertbar für Biogas
1.	Grüngut Privathaushalte	1.046 Mg/a *	30 %	732 Mg/a
2.	Grüngut Kommunen	1.248 Mg/a *	30 %	874 Mg/a
3.	Küchenabfälle**	2.785 Mg/a **	50 %	1.392 Mg/a
4.	Gartenabfälle*	475 Mg/a *	30 %	332 Mg/a
5.	Verpackte Lebensmittel**	371 Mg/a **	20 %	296 Mg/a
	Gesamtmenge	5.925 Mg/a	32 %	ca. 3.626 Mg/a

* =Abfallbilanz 2016 / ** = Hausmüllsortieranalyse (abzüglich Störstoffanteile vgl. S. 58)

Für den Landkreis Tirschenreuth ergibt die Auswertung der betrachteten Abfallbilanzen einen Mittelwert biogener Abfälle von

5.925 Mg/a

Daraus verwertbar zur anaeroben Vergärung in einer Biogasanlage werden angesetzt

3.626 Mg/a

4.3 Potenzialanalyse Landkreis Neustadt a.d. Waldnaab

Zur Auswertung wurden die Zahlen und Aufzeichnungen aus dem Jahr 2016 sowie der Sortieranalyse 2013 / 2014 verwendet. Der Landkreis hat im Jahr 2017 die Bioabfallsammlung eingeführt, hierfür liegen derzeit noch keine belastbaren Zahlen zur Menge der Bioabfälle vor. Die Menge wurde auf Basis der Abfallsortieranalyse aus dem Jahr 2013 / 2014 abgeschätzt.

Es wird angenommen, dass die Sammlung durch die Firma Kraus, Transport durch die Fa. Bergler und die Verwertung durch die GEMES Abfallentsorgung und Recycling GmbH, 07318 Saalfeld, Thüringen erfolgt.

Die Ansätze der Tabelle 27 wurden analog der Stadt Weiden reduziert. Nachfolgend die Erläuterungen der Transportwege zur Tabelle 27.

Pkt. 1:

Grüngutsammlung Privathaushalte / Abholung Firma Bergler Humuswerk GmbH – Lieferung an die eigene Verwertungsanlage der Firma Bergler, Humuswerk GmbH, Steinfels 30 a, 92708 Mantel (Einfache Fahrstrecke 25 km)

Pkt. 2:

Grüngutsammlung Kommunen / Für diese Abfälle gibt es keinen vom Landkreis beauftragten Anbieter für die Entsorgung. Es ist jeder Gemeinde freigestellt, die Entsorgung des anfallenden Grüngutes über bekannte bzw. wirtschaftlich günstige Entsorger gemäß der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) durchzuführen. Beispielsweise durch Firma Bergler, Firma Kraus / Firma Ziegler, Stein bei Plößberg, Firma Kiener, Firma Brewitzer und örtliche Biogasanlagen (durchschnittliche einfache Fahrstrecken werden mit 10 km angenommen)

Pkt. 3:

Grüngutsammlung Gewerbe / Für die gewerbliche Grünabfälle gelten die unter Pkt. 2 genannten Bedingungen. (Einfache Fahrstrecke 10 km)

Pkt. 4:

Küchenabfälle / Abholung Firma Kraus / Zwischenlagerung auf dem Betriebsgelände der Fa. Bergler in Weiden/ Sammellieferung durch die Firma Bergler Humuswerke GmbH und Transport zum Kompostwerk GEMES Abfallentsorgung und Recycling GmbH, 07318 Saalfeld, Thüringen. (einfache Fahrstrecke 180 km).

Pkt.5:

Verpackte Lebensmittel

Es gelten die gleichen Entsorgungswege wie Pkt. 4 Küchenabfälle

Tabelle 27: Organische Abfallfraktionen des Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab 2016

Pkt	Organische Abfälle	Wert Abfallbilanz 2016 Hausmüllsortier- analyse 2013 / 2014	Reduzierung in Prozent	Verwertbar für Biogas
1.	Grüngut aus Privathaushalten	13.720 Mg/a *	30 %	9.604 Mg/a
2.	Grüngut Kommunen	898 Mg/a *	30 %	629 Mg/a
3.	Grüngut Gewerbe	510 Mg/a	30 %	357 Mg/a
4.	Bio-, Küchenabfälle	3.895 Mg/a **	50 %	1.947 Mg/a
5.	Zusatzpotenzial überlagerte verpackte Lebensmittel	951 Mg/a **	20 %	760 Mg/a
	Gesamtmenge	ca. 19.974 Mg/a	34 %	ca. 13.297 Mg/a

*Abfallbilanz 2016 / ** = Restmüllsortieranalyse (abzüglich Störstoffanteile vgl. S. 58)

Für den Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab ergibt die Auswertung der betrachteten Abfallbilanz in dem Jahr 2016 einen Mittelwert an organischem Material von

19.974 Mg/a

Daraus verwertbar zur anaeroben Vergärung in einer Biogasanlage werden angesetzt

13.297 Mg/a

4.4 Potenzialanalyse Fragebogenaktion

Im Rahmen der Öffentlichkeits- Akteursbeteiligung wurden in einer Fragebogenaktion im Jahr 2017 alle in Frage kommenden gewerbebetreibenden Betriebe angeschrieben und im Zuge der Potenzialanalyse befragt. Die in den Fragenbögen angegebenen Mengen und Anmerkungen lassen nur eine begrenzte Auswertung zu, die ermittelten Werte wurden aus diesem Grund gerundet. Nähere Informationen zur Fragebogenaktion sind dem Kapitel „Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung“ zu entnehmen.

Tabelle 28: Abfallmengen aus der März/April 2017 durchgeführten Fragebogenaktion

Fragebogen-Aktion 2017 Gewerbebetriebe	
Organische Reststoffe wie Speisereste aus Gastronomie, Lebensmittelindustrie, Grünschnitt, Grüngut	500 Mg/a
Gesamtmenge	500 Mg/a

4.5 Zusammenfassung der Einzelpotenziale und Auswertung

Nachfolgende Tabelle zeigt das gesamte verfügbare Potenzial an organischen Reststoffen innerhalb der drei Gebietskörperschaften Stadt Weiden, Landkreis Tirschenreuth und Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab.

Tabelle 29: Gesamtpotenzial der Gebietskörperschaften

	Wert Abfallbilanz	Verwertbar für Biogas (nach Abzug prozentualer Reduzierung)
Stadt Weiden	10.631 Mg/a	6.698 Mg/a
Landkreis Tirschenreuth	5.925 Mg/a	3.626 Mg/a
Landkreis Neustadt	19.974 Mg/a	13.297 Mg/a
Fragebogen-Aktion	500 Mg/a	500 Mg/a
Gesamtmenge	37.030 Mg/a	ca. 24.121 Mg/a

Um endgültige Entscheidungen über den nicht verwertbaren Anteil treffen zu können, muss die qualitative Zusammensetzung des Abfalls speziell auf Fremdstoffe hin geprüft werden. Dies sind in der Regel Kunststoffe, Verpackungsmaterialien, Glas, Holzteile, Steine und Erden. Was nicht recycelt werden kann, wird im Regelfall einer Müllverbrennungsanlage zugeführt. Die jeweiligen Mengenteile können ohne eine differenzierte Störstoffanalyse nicht abgeschätzt werden.

4.6 Betrachtung möglicher anaerober Verwertungsverfahren

Laut Fachverband Biogas e.V., Freising, arbeiten in Deutschland rund 100 größere Bioabfallvergärungsanlagen mit im Wesentlichen nachfolgend beschriebenen zwei Systemen.

Fünzig Prozent davon sind reine Trockenfermentationsanlagen nach dem sogenannten Garagenboxensystem und fünfzig Prozent sind Pfropfenstromanlagen als eigentliche Nassvergärung.

Andere Verfahren wie Rührkesselfermenter als Nassvergärung werden aufgrund der Störanfälligkeit durch Fremdstoffe in großen Abfallvergärungsanlagen selten eingesetzt.

4.6.1 Trockenfermentieranlagen nach dem Garagenprinzip

Diese arbeiten ohne Flüssigkeitszusatz bei einem Trockensubstanzgehalt von 35 – 40 % im Substrat. Um die Gasausbeute anzuregen, wird das Substrat mit einem sogenannten Perkolat als Vergärungsbeschleuniger je nach Bedarf und Substrat automatisch besprüht. Folgende wesentliche Merkmale sind dabei zu betrachten.

Grundsätzliches zu Garagenboxenverfahren:

- Das Substratmaterial muss nicht generell aufbereitet und zerkleinert werden. Störstoffe wie Strauchwerk, Gartenabfälle, Erdanteile, Steine und sonstige müssen nicht speziell abgetrennt werden, wenn die Größe der Substratteile den Transport mittels Lader erlaubt.
- Je nach Größe der Garagenfermenterboxen sind für eine Substratmenge von rund 25.000 Mg / Jahr bis zu 7 Fermenterboxen erforderlich, welche immer parallel, aber zeitversetzt im Einsatz sind.
- Die theoretische Verweilzeit beträgt bei diesem System je nach Substrat und Jahreszeit zwischen 21 bis 28 Tagen. Das bedeutet, in diesem Zeitintervall wird eine Box komplett entleert und neu beschickt, dies erfolgt mittels eines Radladers. Theoretisch wird also bei 28 Tagen Verweilzeit und 7 Garagenboxen alle 4 Tage eine Box entleert und wieder neu befüllt.

- Flüssige Substrate wie Speisereste und Sonstige sind in einem Garagenfermenter problematisch, da sie abfließen können oder auch aufwendig in feste Substrate eingemischt werden müssten.
- Vor jedem Entleerungsvorgang muss, den strengen Sicherheitsvorschriften entsprechend, der komplette Innenraum der Fermenterbox gasfrei gemacht werden. Erst dann kann und darf das große Zugangstor geöffnet werden und die Entleerung erfolgen.
- Das Garagenverfahren hat durch den erforderlichen Beschickungs- und Entleerungsbetrieb mittels Radlader einen höheren Platzanspruch als andere Verfahren.
- Die Gasausbeute ist durch das diskontinuierliche, absetzige Verfahren wesentlich geringer und wird in der Fachliteratur mit max. 80 m³ / Mg Frischsubstrat statt 100 m³ – 120 m³ angegeben.
- Der Ausstoß an schädlichen Treibhausgasemissionen liegt beim Garagenverfahren höher als bei kontinuierlich arbeitenden, geschlossenen Vergärungssystemen. Hierzu gibt es bisher kaum verwertbare Literaturdaten.
- Die Gesamtinvestitionskosten liegen beim Garagenverfahren mindestens gleich bzw. geringfügig höher als beim Pfropfenstromverfahren, was (angeblich) durch die Sicherheitsauflagen bedingt ist.
- Die Nachbehandlung der ausgegorenen Gärprodukte in einem umweltfreundlichen Heißrotteverfahren zur Erzeugung hochwertiger Düngemittel für die Landwirtschaft und den GaLa - Bau ist sowohl beim Garagenverfahren als auch bei allen Verfahren der Nassvergärung vorgeschrieben.

4.6.2. Pfropfenstrom-Vergärungsanlagen

In Fachkreisen wird heute das Verfahren des Pfropfenstromfermenters bevorzugt. Dies ist daraus bedingt, dass Propfenstromfermenter immer als liegende Fermentersysteme mit einer Art Zwangsrührwerke ausgerüstet sind und mit Trockensubstanzgehalten (TS) im Substrat von bis zu 15 % zurechtkommen und nur in ganz geringem Maße anfällig gegen Störstoffe sind.

Rührkesselfermenter (runde stehende Behälter), wie sie üblicherweise in landwirtschaftlichen Biogasanlagen eingesetzt werden, sind von den Investitionskosten günstiger, zeigen aber mit im Substrat anhaftenden Störstoffen durch die verwendeten Rührsysteme Probleme.

Seit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz–EEG 2004 vom 21.07.2004, definiert in Paragraph 8,

Abs. 3 / 4, EEG 2004, wurde der Begriff des Trockenfermentationsbonus eingeführt und Pfpfenstromfermenter ebenfalls als Trockenfermentation eingestuft, obwohl der max. TS Gehalt nur maximal 15 % beträgt, also mindestens 85 % reiner Flüssigkeitsanteil in den Fermentern enthalten ist.

Die Mindestanforderung für Nassvergärungsanlagen im Sinne der Trockenfermentation ist in der Auslegungshilfe KI III 4/KI III 2, „Trockenfermentation für kontinuierliche Biogasverfahren“ vom Bundesumweltministerium Berlin, vom Januar 2007 erstmals beschrieben.

Im Wesentlichen sind die Anforderungen wie folgend beschrieben:

Mindestens 30 % TS-Gehalt der Substrate und weniger als 2.000 Milligramm Essigsäureäquivalente nach dem Fermenter als Nachweis einer gut funktionierenden Biologie, bei monatlicher Beprobung durch ein akkreditiertes Labor und einer Raumbelastung von mindestens 3,5 kg TS / m³ Fermenternutzvolumen.

- Pfpfenstromfermenter haben aufgrund ihrer liegenden Form und Ausrüstung mit robuster, langsam laufender Rührtechnik den Vorteil, die Substrate auch in breiförmigem Zustand mit einem max. TS Gehalt < 15 % kontinuierlich zu durchmischen
- Das gesamte anaerobe Vergärungsverfahren erfolgt kontinuierlich in einem geschlossenen System.
- Die eingesetzten Substrate müssen sinnvollerweise aufbereitet, d.h. auf eine maximale Teilchengröße von rund < 40 mm zerkleinert werden. Damit können auch kleineres Strauchwerk und sonstige anhaftende Störstoffe in zerkleinertem Zustand durch den Fermenter geführt werden.
- Flüssige Substrate können problemlos eingesetzt werden und beschleunigen den anaeroben Gärprozess.
- Nach dem Pfpfenstromfermenter erfolgt die Trennung des Substrates in eine flüssige und eine feste Phase. Beide Verfahrensströme werden dann bis zum jeweiligen Endprodukt getrennt weitergeführt.
- Die Rohbiogaserträge liegen beim Pfpfenstromverfahren am höchsten, mit Gaserträgen von über 100 m³ - 125 m³ / Mg Frischsubstratmenge. Der relativ breite Schwankungsbereich hängt von verschiedenen Faktoren wie Substratqualität, stabiler Gärprozess, laufende biologische Überwachung, gleichmäßige Gärtemperatur und maßgeblich von der professionellen Anlagenbetreuung ab.

- Die Nachbehandlung der ausgegorenen Gärprodukte in einem umweltfreundlichen Heissrotteverfahren zur Erzeugung hochwertiger Ersatzprodukte für die Landwirtschaft und den GaLa- Bau ist sowohl beim Garagenverfahren, beim Propfenstromverfahren wie auch bei sonstigen Nassvergärungsverfahren gesetzlich vorgeschrieben.

4.7 Bewertung möglicher Gaserträge

Aus den vorliegenden Abfallbilanzen ergibt sich eine zur anaeroben Vergärung geeignete anrechenbare Gesamtmenge an biogenen Abfällen von rund

24.121 Mg/a

mit einer durchschnittlichen Zusammensetzung von:

18.091 Mg/a bzw. rund 75 % Grünmaterial

6.030 Mg/a bzw. rund 25 % Bioabfall

Diese Erfahrungswerte können je nach Region und Gebietskörperschaft, Witterung und Jahreszeit entsprechend schwanken.

Vier Fünftel des organischen Materials entsteht im Normalfall in rund acht Monaten während der Vegetationsperiode von Frühjahr bis zum Herbst eines Jahres, bzw. von April bis November.

Unter Praxisbedingungen bedeutet dies:

Vom Frühjahr, Sommer bis zum Herbst (April – November, rund 244 Tage) stehen im Normalfall für die energetische Nutzung in einer Biogasanlage folgende Mengen zur Verfügung:

Grünschnitt, Gartenmaterial

an 244 Tagen 18.091 Mg / 244 d = **74 Mg/d**

zuzüglich

Bioabfälle / Speisereste

an 365 Tagen 6.030 Mg / 365 d = **16 Mg/d**

Gesamtmenge

90 Mg/d an 244 Tagen (Frühjahr - Herbst) = **21.960 Mg**

In den Wintermonaten (Dezember – März, 121 Tage) steht für die energetische Nutzung in einer Biogasanlage im Normalfall kein Grüngut zur Verfügung:

Bioabfall / Speisereste

an 121 Tagen 6.030 Mg / 365 d = **16 Mg/d**

Gesamtmenge

16 Mg/d an 121 Tagen (Wintermonate) = **1.936 Mg**

Grundsätzlich sind zur Quantifizierung und Qualifizierung der möglichen Rohbiogaserträge Laboranalysen durch ein akkreditiertes Labor erforderlich. Die in der Studie verwendeten Gaserträge entsprechen Literaturwerten und Praxiserfahrungen. In der einschlägigen Fachliteratur und aus Praxisergebnissen werden mögliche Rohgaserträge von durchschnittlich 50 – 150 Nm³ / Mg organischer biogener Frischmasse angenommen.

Diese Werte werden in der einschlägigen Literatur und durch Veröffentlichungen folgender Institutionen bestätigt:

- Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Bioabfallverordnung
- Gütegemeinschaft Gärprodukte e.V. (GGG)
- bifa Umweltinstitut GmbH
- Fachverband Biogas e.V. (FvB)

4.7.1 Leistungsvergleich unterschiedlicher Vergärungsverfahren

Der mögliche Rohgasertrag aus der ermittelten geeigneten organischen Abfallmenge von rund 24.121 Mg / Jahr wird nachfolgend im Vergleich möglicher Verfahren dargestellt:

Angenommene Richtwerte bei der Nutzung von Biogas über Kraftwärmekopplung (KWK):

(Quellen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)), Fachverband Biogas (FvB), Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)

- 1 Nm³ Rohbiogas aus Abfall 57 % Methan
- 1 Nm³ Biomethan 9,97 kWh Energiegehalt
- 1 Nm³ Rohbiogas 1,30 kg Gewicht
- Elektrischer Wirkungsgrad BHKW 41 %
- Thermischer Wirkungsgrad BHKW 43 %

Garagentrockenfermentation	Standard-Flüssigvergärung	Pfropfenstrom-Vergärung
80 m ³ Rohbiogas/ Mg Substrate	100 m ³ Rohgas / Mg Substrat	125 m ³ Rohgas / Mg Substrat
1.929.680 Nm ³ Rohbiogas /a	2.412.100 Nm ³ Rohbiogas /a	3.015.125 Nm ³ Rohbiogas /a
resultierende Strommenge 4.496.133 kWh Strom /a	resultierende Strommenge 5.620.166 kWh Strom /a	resultierende Strommenge 7.025.208 kWh Strom /a
Elektrische BHKW Leistung über 8.760 Betriebsstunden 513 kW	Elektrische BHKW Leistung über 8.760 Jahresstunden 642 kW	Elektrische BHKW Leistung über 8.760 Jahresstunden 802 kW

Berechnungsformel: Nm³ Rohbiogas x 57 % Methan x 9,97 kWh/ Nm³ x 41 % elektr. Wirkungsgrad

Anmerkungen:

Im EEG 2017 ist die mindestens doppelte Überbauung der elektrischen Leistung als ein Hauptmerkmal aufgenommen.

Dies bedeutet, dass beim Bau einer Biogasanlage im Minimum die doppelte elektrische Leistung installiert werden muss.

- Bei 513 kW mindestens 1026 kW
- Bei 642 kW mindestens 1.284 kW
- Bei 802 kW mindestens 1.604 kW

Die durchschnittliche Erzeugungsbemessungsleistung einer Biogasanlage darf resultierend über das gesamte Jahr nicht überschritten werden (gesamt erzeugte Strommenge kWh /a : 8.760 Stunden.)

Diese Jahresstromleistung kann aber problemlos voll angesetzt werden, weil im Falle von Störungen oder bei Servicearbeiten an der Anlage entstehende Minderungen für Standzeiten durch späteren Vollastbetrieb oder andere frei wählbare Betriebszustände wieder aufgeholt werden können. Mit der Garagentrockenfermentation werden generell durch den diskontinuierlichen Betrieb wesentlich geringere Gas- und damit auch Stromerträge erreicht.

Von größter Bedeutung ist auch eine professionelle Anlagenbetreuung durch geschulte Anlagenbetreiber und die laufende biologische Betreuung sowie die Nutzung der hochwertigen Wärme. Dies ist für den wirtschaftlichen Erfolg von substantieller Bedeutung.

Die Abfallentsorgung und damit auch Abfallbiogasanlagen werden immer noch in vielen Bereichen der Öffentlichkeit als notwendiges Übel betrachtet, was sich aus zukünftiger, nachhaltiger Sicht negativ auswirkt.

Nachstehende Ermittlungen erfolgen auf Grundlage einer professionell betriebenen Propfenstrom-Vergärungsanlage mit einer elektrischen Leistung von etwa 802 kW.

Die gesetzliche Vergütung gemäß EEG 2017 betrug im Jahr 2017

14,88 Cent /kWh für in das Netz eingespeisten Strom

Der Strompreis wird einmalig durch ein Ausschreibungsverfahren bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) ermittelt. Dieser anzulegende Wert von 14,88 Cent reduziert sich pro Jahr jeweils um 1 Prozent ab einer späteren Inbetriebnahme nach 2017.

Die je nach Verfahrenstechnik verfügbare Überschusswärme ergibt sich in etwa der gleichen Höhe wie die Summe erzeugte Strommenge, also rund

$$3.015.125 \text{ Nm}^3 \times 57 \% \text{ Methan} \times 9,97 \text{ kWh/ Nm}^3 \times 43 \% \text{ thermischer Wirkungsgrad} =$$

7.367.901 kWh thermisch

Durchschnittlich werden davon rund 25 % für den Eigenverbrauch der Anlage (Fermenterbeheizung, etc.) benötigt. Frei verfügbar sind dann tatsächlich rund 5.500.000 kWh Wärme/ a. In Heizöläquivalenten entspricht dies rund 550.000 Liter Heizöl. Die Nutzung dieser Wärmemenge ist ein wesentlicher Beitrag zum ökonomischen Erfolg einer Biogasanlage

Nutzungsmöglichkeiten können sein:

- Heizwärme für Wohn- und Industriegebäude
- Heizwärme für kommunale Gebäudekomplexe oder Schwimmbäder
- Prozesswärme für Gewerbe- und Industrieunternehmen

-
- Wärme für Trocknungszwecke landwirtschaftlicher und industrieller Güter oder Klärschlamm u.a. Verfahren
 - Wärme für Gewächshausanlagen zur regionalen Gemüseproduktion, oder um tropische oder subtropische Pflanzen zu züchten oder Früchte zu produzieren.

Bedeutend für die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage ist die Wärmenutzung in Wärmesenken. Deshalb spielt der Anlagenstandort eine wesentliche Rolle. Ist am Anlagenstandort keine Wärmesenke vorhanden, kann es sinnvoll sein, ein Satelliten-BHKW unabhängig vom Standort der Gaserzeugung zu installieren. Satelliten-BHKW in der Nähe von Wärmeabnehmern werden dann vom Standort der Biogasanlage aus als Gaserzeugungszentrale über eine Mikrogasleitung mit dem Rohgas versorgt und betrieben. In der Praxis sind Mikrogasleitungslängen von rund 5 km technisch möglich.

Anmerkungen zu Mikrogasleitungen:

- Die Investitionskosten betragen rund ein Drittel einer Warmwasserheizleitung mit Vor- und Rücklauf.
- Beim Transport von Rohbiogas entstehen keine Energieverluste gegenüber von Warmwasser, deshalb ist die Energieeffizienz wesentlich höher.
- Es eröffnen sich mehr Möglichkeiten für die Wahl des BHKW Standortes.
- Wärmepufferspeicher können unmittelbar an der Wärmesenke installiert werden und verbessern die Energieeffizienz ganz erheblich.
- Die Eigenversorgung der Biogasanlage muss aber durch ein kleines BHKW Modul oder ein anderes Heizverfahren an der Anlage sichergestellt sein.

Der Wärmebedarf ist grundsätzlich in den Wintermonaten höher und liegt deshalb konträr zur im Normalfall höheren Rohgasproduktion im Sommer wegen der anfallenden Substrate. Sinnvoll ist, einen angemessenen Teil der in den Sommermonaten anfallenden Grüngutmengen und Gartenabfälle beispielsweise in einer Fahrsiloanlage, wie auch in der Landwirtschaft üblich, zu konservieren und zwischen zu lagern. Die Bestimmung von sinnvollen Wärmenutzungskonzepten muss spezifisch und standortbezogen betrachtet werden. Dies ist nicht Teil dieser Studie.

In verschiedenen Entwürfen zum EEG wurden vom Gesetzgeber bereits Wärmenutzungsquoten von mindestens 60 % gefordert, um die EEG Vergütung zu erhalten. Für energieeffiziente Wärme-konzepte werden von der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) oder Bafa (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) entsprechende Fördermittel angeboten.

4.8 Theoretische Erlösmöglichkeiten einer Abfallvergärungsanlage

Die nachfolgend dargestellten Erlösmöglichkeiten beziehen sich auf die beschriebene Pfpfenstromfermentieranlage. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Eingangsparameter für die Gaserträge lediglich auf Schätzwerten beruhen. Für belastbare Zahlen ist eine Bestimmung der Bioabfallzusammensetzung, Störstoffanalyse und Bestimmung der realen Gasbildungsrate unerlässlich. Die nachfolgend ausgewiesenen Erlöse aus dem Wärmeverkauf fließen in das Endergebnis nicht ein. Wie bereits dargestellt, kann ohne einen konkreten Anlagenstandort eine mögliche Wärmenutzungsmenge nicht abgeschätzt werden. Die ausgewiesenen Zahlen können als Richtwerte herangezogen werden, genügen aber keiner Entscheidungsgrundlage.

Tabelle 30: Erlösmöglichkeiten einer Biogasanlage mit 802 kW elektrischer Leistung

1.	Stromerlös bis 500 kW = 4.380.000 kWh Wert 2018: 14,73 Cent / kWh	645.174,- Euro / a
	Stromerlös 500 – 802 kW = 2.645.520 kWh Wert 2018: 12,92 Cent / kWh (gemäß EEG 2017)	341.801,- Euro / a
2.	Flexibilitätszuschlag gemäß EEG 2017 40,- Euro pro kW (1.604 kW) installierte elektrische Mindestleistung bei doppelter Überbauung pro Jahr, für max. 10 Jahre / gemäß EEG 2017	64.160,- Euro / a
3.	Zusatzerlöse für Stromhandel aus flexiblen bedarfsorientiertem Anlagenbetrieb (aktueller Stand 2018)	(60.000,- Euro/ a) Wird nicht bewertet
4.	Wärmenutzung rund 75% 5.500.000 kWh thermisch nutzbar, ohne Eigenverbrauch, 5 Cent / kWh	(275.000,- Euro / a) Wird nicht bewertet
5.	Bewertung aufbereitete Gärprodukte als Düngemittelsubstitut *)	(ca. 150.000,- Euro /a) Wird nicht bewertet
	Möglicher Gesamterlös / Jahr (Ohne Zusatzerlöse Stromhandel) (Ohne Wärmeerlöse) (Ohne Erlöse für Gärprodukte)	<u>1.051.135,- Euro / a</u>

*) Fußnote:

Dieser Wert entspricht real dem Nährstoffwert der Inhaltstoffe von unbehandelten flüssigen Gärprodukten.

4.9 Aktuelle gesetzl. Rahmenbedingungen im aktuellen EEG 2017

Das Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz / EEG 2017) gibt folgende wesentlichen Forderungen für die Zukunft von KWK Anlagen als Biogasanlagen vor:

Biogasanlagen müssen zukünftig Strom flexibel und bedarfsorientiert den Erfordernissen des Energiemarktes angepasst erzeugen können. Biogasanlagen bieten den einmaligen Vorteil, Energie in Form von Rohbiogas verlustfrei und wirtschaftlich in größeren Mengen (bis 24 Stunden und mehr) zu speichern und bei Bedarf die Energie in Form von Strom und Wärme abrufen zu können. Die Energieerzeugung aus Biogasanlagen wird künftig soweit technisch möglich antizyklisch zu der stark volatilen PV- und Windkraft-Energieerzeugung erfolgen. Biogasanlagen sollen soweit technisch möglich nur zu den Stromhochpreiszeiten als Spitzenlast-Energieerzeugungsanlagen betrieben werden. Dazu ist gemäß EEG 2017 die mindestens doppelte bis maximal fünffache Überbauung der geplanten elektrischen Leistung zur flexiblen und bedarfsorientierten Energieerzeugung gefordert. Der Strompreis wird zukünftig nicht mehr auf gesetzlicher Basis als Festpreis garantiert, sondern wird durch die Teilnahme an einer Ausschreibung bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) im Marktstammdatenregister ermittelt.

Der maximale Vergütungszuschlag beträgt für Neuanlagen über 20 Jahre 2017 unabhängig von der Substratart 14,88 Cent /kWh für eingespeisten Strom bei einer jährlichen Degression von 1 % pro Jahr. Der Ausschreibungstermin für Biogasanlagen wird einmal jährlich jeweils zum 01. September durchgeführt.

Die flexible, bedarfsorientierte Energieerzeugung und die damit notwendige Regelung der Anlagenleistung kann dem jeweiligen Tagesstrompreis oder einer saisonalen Wärmebedarfskurve Sommer – Winter angepasst werden, beispielsweise aufgrund des höheren Wärmebedarfs im Winter.

Als finanzieller Ausgleich für erhöhte Aufwendungen bei den Investitionskosten eines flexiblen, bedarfsorientierten Anlagenbetriebes wird dafür gemäß EEG 2017 als Zusatzerlöse der Flexibilitätszuschlag in Höhe von 40,- Euro pro kW installierte elektrische Leistung gewährt.

4.10 Konzeption einer möglichen Bioabfall-Propfenstromvergärung

Die ermittelten organischen Abfallmengen aus den Auswertungen der Abfallbilanzen und den Sortieranalysen (S. 65) der Stadt Weiden, Landkreise Tirschenreuth und Neustadt a.d.Waldnaab ermöglichen theoretisch die folgende Anlagenleistung:

- 802 kW erforderliche elektrische Leistung (Erzeugungsbemessungsleistung) aus dem Rohgasertrag
- 1.604 kW erforderliche elektrische installierte Gesamtleistung gemäß Mindestforderung aus EEG 2017

Anforderungen an bauliche, technische Komponenten und Mengenerfassung:

- 4.500 m³ Gasspeichervolumen bei 10 Stunden Speicherzeit
- 10.500 m³ Gasspeichervolumen bei 24 Stunden Speicherzeit
- 200 – 500 m³ Wärmepufferspeicher- je nach Wärmenutzungskonzept.
- 24.121 Mg / a Gesamtsubstratmenge
- 3.015.125 Nm³ /a Rohgasertrag (entspricht rund 3.920 t / a)
- 20.201 t / a flüssige Gärprodukte
- 15.000 m³ Gärrestlager für 9 Monate
- ca. 5.000 m³ Fermentervolumen (> 60 Tag Verweilzeit)
- ca. 8.000 m² Substratfreilager (Grüngut und Gartenabfälle)
- ca. 5000 m³ Fläche für die Nachrotte der Gärprodukte und Aufbereitung zu hochwertigen Wirtschaftsdüngemitteln
- insgesamt benötigte Fläche zur Bebauung ca. 2,5 – 3,0 ha

4.11 Betriebswirtschaftliche Eckwerte von Abfallvergärungsanlagen

Die Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten einer anaeroben Abfallvergärungsanlage setzt die genauen Kenntnisse einer Reihe von wesentlichen Faktoren voraus.

Wesentliche Punkte hierbei sind:

- Gewählte Verfahrenstechnik für Lagerung, Aufbereitung, Vergärung der Substrate
- Aufbereitungsverfahren der Gärprodukte
- Nutzungs- bzw. Vermarktungsmöglichkeiten der erzeugten Produkte Strom-, Wärme und Gärprodukte
- Einbindung in eine bestehende Infrastruktur, beispielsweise Anbindung an eine Kläranlage

- Aufbau einer neuen Systematik der Abfallverwertung (Verwaltung und Betrieb)

Eine detaillierte betriebswirtschaftliche Betrachtung ist auf Basis der vorliegenden Studie nicht möglich. Für eine belastbare Aussage bedarf es einer standortbezogenen Vorplanung, Störstoffanalyse und eines schlüssigen Wärmenutzungskonzeptes.

Überschlägig abgeschätzte und unverbindliche Eckdaten aus Erfahrungs- und Literaturwerten sind:

Investitionsgesamtkosten pauschal / kWh elektrische Leistung (für Abfallanlagen / für NawaRo Anlagen sind diese Kostenansätze rund 1/3 niedriger)	ca. 7.000,- 10.000,- Euro /kW
Investitionskosten Gesamtanlage, elektrische Leistung 802 kW (Die Gesamtleistung der Anlage wird mit allen technischen und baulichen Komponenten jeweils auf die ermittelte durchschnittliche Erzeugungsbemessungsleistung ausgelegt. Zusätzliche BHKW Module werden dann entsprechend der gewählten Überbauung als BHKW-Bausatz hinzu addiert. Die durchschnittlichen Kosten / kW elektrische BHKW Leistung liegen bei 500,- bis 700,- Euro, bei 800 kW entspricht dies rund 550.000,- Euro.)	ca. 6,0 – 8,0 Mio,- Euro
Investitionskosten für die Wärmenutzung können ohne eine konkrete Planung nicht abgeschätzt werden	
Personalaufwand geschätzt für rund 5 Personen, für Verwaltung und Betrieb bei durchgehender 24 Stunden Rufbereitschaft	ca. 500.000,- Euro /a
Erlöswerte aus Tabelle 30	ca. 1,1 – 1,5 Mio. Euro /a

Wie bereits beschrieben, ist eine belastbare wirtschaftliche Betrachtung ohne konkrete Planung im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Um dennoch praxisnahe Angaben liefern zu können, wurden mehrere Anlagenbetreiber und der Fachverband Biogas zu den realen Entsorgungskosten im Praxisbetrieb befragt. Die Rückmeldungen hierzu waren sehr verhalten. Es ist zunächst festzustellen, dass sich die Anlagenbetreiber auf Grund der verschiedenen Anlagentechnik und Abfallzusammensetzung mit den unterschiedlichsten verfahrenstechnischen Problemen konfrontiert sehen. Insbesondere die Störstoffabtrennung und Aufbereitung der Bioabfälle führt zu Stillstandzeiten, Nachrüstungen und verminderten Gasausbeuten, die durch Zuzahlungen ausgeglichen werden müssen. Bei den befragten Anlagenbetreibern lagen die Zuzahlungen zwischen 10 – 50 €/t. Neben den zusätzlichen Kosten für die Aufbereitung und Vergärung beeinflussen die Entsorgungskosten der Gärreste ebenfalls das Gesamtergebnis. Insbesondere die Kosten für die Verwertung der flüssigen Gärreste hängen stark von den regionalen Bedingungen für die Ausbringung

als Flüssigdünger in der Landwirtschaft ab. So ist eine Vermarktung der flüssigen Gärreste in Regionen mit einem großen Angebot an Gülle aus der Tierhaltung nur eingeschränkt möglich bzw. mit Zuzahlungen von bis zu 15 Euro pro Tonne verbunden. Für kompostierte Gärreste werden dagegen in der Regel Erlöse erzielt. Die Erlöse für den Absatz von Kompost ausserhalb der Landwirtschaft liegen erfahrungsgemäß über denen von Kompost für die Landwirtschaft. Auch für die Abgabe von Wärme sind die Erlöse stark standortspezifisch und von den jeweils getroffenen vertraglichen Vereinbarungen abhängig.

Die Nutzung von Roh-Biogas im Kraft-Wärme-Kopplungsbetrieb (KWK-Betrieb) ist die betriebswirtschaftlich effektivste Nutzungsform. Die Endprodukte des KWK Betriebes sind:

- Elektrischer Strom zur Eigennutzung oder Einspeisung in das öffentliche Stromnetz gemäß EEG.
- Wärme über den Kühlwasserkreislauf und die Abgasnutzung der BHKW Module.
- Darüber hinaus entstehen zusätzlich Gärprodukte als hochwertiges Substitut für Handelsdünger in der Landwirtschaft und im GaLa - Bau.

Elektrischer Strom kann gemäß EEG in öffentliche Stromnetze eingespeist werden und wird entsprechend dem jeweiligen EEG vergütet.

Ein wesentlicher Beitrag zum ökonomischen Erfolg einer Biogasanlage ergibt sich durch die Nutzung der im KWK-Betrieb erzeugten Wärme. Grundsätzlich wird ein Anteil von rund 25 Prozent der erzeugten Wärme für den Eigenbedarf der Biogasanlage zur stabilen Prozessführung benötigt. 75 Prozent der erzeugten Wärmemenge stehen demnach zur freien Nutzung zur Verfügung.

Nutzungsmöglichkeiten können sein:

- Heizwärme für Wohn- und Industriegebäude
- Heizwärme für kommunale Gebäudekomplexe oder Schwimmbäder
- Prozesswärme für Gewerbe- und Industrieunternehmen
- Wärme für Trocknungszwecke landwirtschaftlicher und industrieller Güter oder Klärschlamm u.a. Verfahren
- Wärme für Gewächshausanlagen zur regionalen Gemüseproduktion oder um tropische oder subtropische Pflanzen zu züchten oder Früchte zu produzieren.

Bedeutend für die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage ist die Wärmenutzung in Wärmesenken. Deshalb spielt der Anlagenstandort eine wesentliche Rolle. Ist am Anlagenstandort keine Wärmesenke vorhanden kann es sinnvoll sein, ein Satelliten-BHKW unabhängig von Standort der Gaser-

zeugung zu installieren. Satelliten-BHKW in der Nähe von Wärmeabnehmern werden dann vom Standort der Biogasanlage aus, als Gaserzeugungszentrale, über eine Mikrogasleitung mit dem Rohgas versorgt und betrieben. In der Praxis sind Mikrogasleitungslängen von rund 5 km technisch möglich.

Anmerkungen zu Mikrogasleitungen:

- Die Investitionskosten betragen rund ein Drittel einer Warmwasserheizleitung mit Vor- und Rücklauf.
- Beim Transport von Rohbiogas entstehen keine Energieverluste gegenüber von Warmwasser, deshalb ist die Energieeffizienz wesentlich höher.
- Es eröffnen sich mehr Möglichkeiten für die Wahl des BHKW Standortes.
- Wärmepufferspeicher können unmittelbar an der Wärmesenke installiert werden verbessern die Energieeffizienz ganz erheblich.
- Die Eigenversorgung der Biogasanlage muss aber durch ein kleines BHKW Modul oder ein anderes Heizverfahren an der Anlage sichergestellt sein.

Der Wärmebedarf ist grundsätzlich in den Wintermonaten höher und liegt deshalb konträr zur im Normalfall höheren Rohgasproduktion im Sommer wegen der anfallenden Substrate. Sinnvoll ist es einen angemessenen Teil der in den Sommermonaten anfallenden Grüngutmengen und Gartenabfällen beispielsweise in einer Fahrsiloanlage wie auch in der Landwirtschaft üblich, zu konservieren und zwischen zu lagern.

4.12 Treibhausgasbilanzierung

Allgemeine Betrachtungen der Treibhausgasemissionen

Die energetische Nutzung der gesammelten biogenen Abfälle aus Biotonne, Grüngut, Speiseresten, Küchenabfällen, Garten und Landschaftsbau, Lebensmittel- und Getränkeindustrie zu Biogas und daraus resultierende Strom- und Wärmeerzeugung über eine Kraft-Wärme-Kopplung entspricht einem nachhaltigen, zukunftsorientierten Lösungsansatz.

Weitere Alternativen wie Nutzung des Biogases als Treibstoff (CNG) über andere Verfahren wie Biomethanherzeugung ist nicht Bestandteil der Studie.

Beim betrachteten Propfenstromverfahren entstehen Gärprodukte in flüssiger Form, welche unbehandelt oder aufbereitet, in flüssiger oder fester Form als Wirtschaftsdünger oder Kompost- und

Düngertorfersatz für die Landwirtschaft und GALA-Bau genutzt, eine zusätzliche Erlös Komponente darstellen.

Gemäß dem Pariser Klimaschutzabkommen im Jahr 2016 und der Klimakonvention in Bonn im Jahr 2017 muss der Temperaturanstieg der Erde deutlich unter 2 ° Celsius gehalten werden. Dies wurde beim Bonner Klimagipfel im November 2017 erneut bekräftigt. Die THG Emissionen müssen bis 2030 um 40 % gegenüber 1990 reduziert werden, um der Erderwärmung entgegen zu treten. Die Reduzierung von Treibhausgasen findet deshalb in der Öffentlichkeit erhöhte Aufmerksamkeit. Biogasanlagen sollen hierzu einen wesentlichen Teil dazu beitragen.

In den nachfolgenden Abschnitten wird das bisherige Verfahren der Kompostierung mit der Biogas-erzeugung in Vergleich gestellt. Eine Anzahl von Studien und Literaturwerken befassen sich mit beiden Verfahren hinsichtlich THG Emissionen.

4.12.1 Szenario 1 - Verwertung aller biogenen Abfälle wie bisher über Kompostierung und teilweise durch anaerobe Vergärung

Die gesamten biogenen Abfälle der Biotonne werden, von den Erzeugern in festgelegten Zeitintervallen abgeholt und zu einer Sammelstelle verbracht. Dies erfolgt durch kommunale LKW oder durch über Ausschreibungen bestimmte Fremdfirmen. Von diesen Sammelstellen werden die Bioabfälle in die rund 180 km entfernte Kompostier-/Vergärungsanlage GEMES zur weiteren Verarbeitung verbracht. Die Handhabung des Grüngutes kann für die Gebietskörperschaften nicht pauschalisiert werden. Im Landkreis Tirschenreuth sind die Kommunen für die Verwertung der des Grüngutes verantwortlich. Verwertungswege können somit nicht im Detail nachvollzogen werden. In der Stadt Weiden werden private Gartenabfälle und kommunale Grünabfälle gesammelt und der Veolia Umweltservice Süd GmbH & Co. KG, 92256 Hahnbach, bzw. der Fa. Bergler GmbH, Steinfels, zur Verarbeitung angedient. Die Abfälle aus den Grüngutcontainern im Landkreis Neustadt a.d. Waldnaab werden ebenfalls zur Fa. Bergler nach Steinfels verbracht.

Szenario 1: Abfallverwertung Status Quo

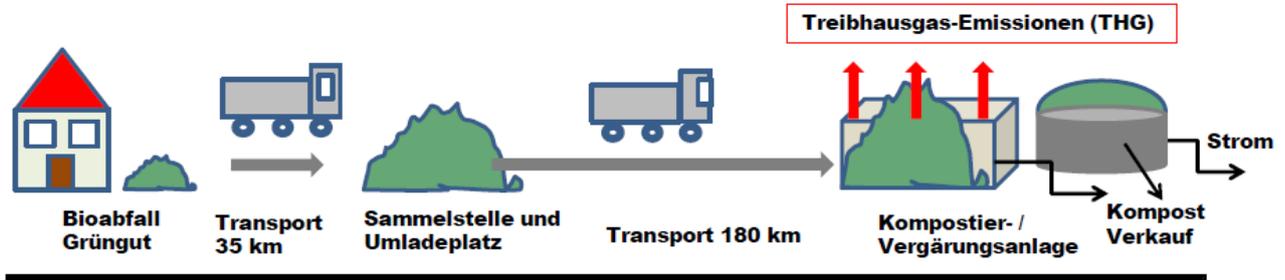


Abbildung 14: Verfahrensschema Status Quo der Abfallverwertung

4.12.2 Szenario 2: Die Verwertung aller biogenen Stoffe in einer anaeroben Vergärungsanlage in einer der Gebietskörperschaften

Die Vermeidung von umweltrelevanten Treibhausgasen soll am Verfahren der anaeroben Vergärung zur Erzeugung von elektrischem Strom und Wärme im KWK Betrieb sowie über die Substitution von Düngemitteln und Düngetorf betrachtet werden.

Durch Biogas und dessen Nutzung als Strom und Wärme werden gegenüber der Energieerzeugung aus fossilen Energien wesentliche THG Emissionen eingespart. Im Vergleich zur reinen Kompostierung biogener Abfälle und damit Komposterzeugung erfolgen deshalb THG-Emissionsgutschriften.

Szenario 2: Anaerobe Vergärung Biogas

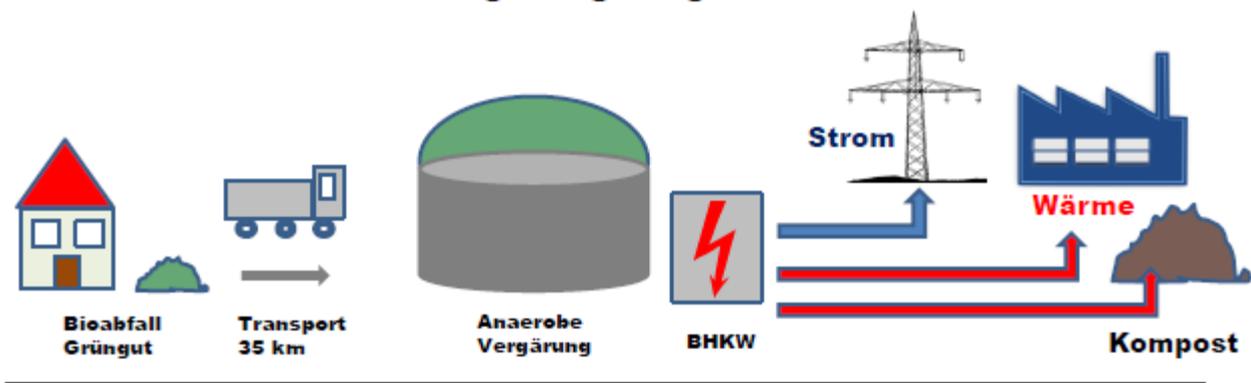


Abbildung 15: Verfahrensschema Bioabfallvergärung

4.12.3 Szenario 3: Die Verwertung aller biogenen Stoffe auf einer Kompostierungsanlage in einer der Gebietskörperschaften

Bei der reinen Kompostierung ergeben sich keine CO₂ Gutschriften für Strom- und Wärmeerzeugung.

Szenario 3: Abfallverwertung Kompostierung

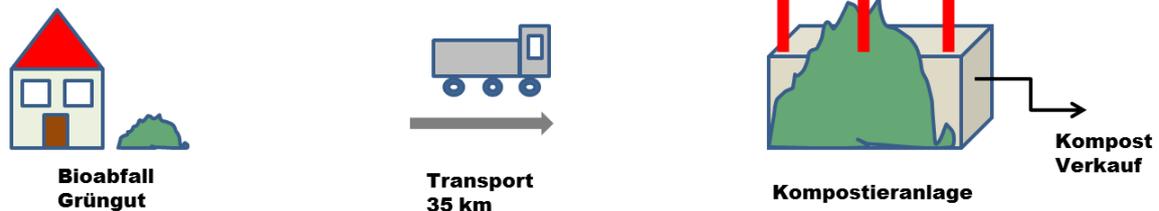


Abbildung 16: Verfahrensschema Kompostierung

4.13 CO₂ Emissionen bei Sammlung und Transport von biogenen Reststoffen

Das betrachtete organische Gesamtabfallaufkommen bezieht sich auf die insgesamt rund 210.000 Einwohner der kreisfreien Stadt Weiden und der Landkreise Tirschenreuth und Neustadt a.d.Waldnaab. Die bisherigen Sammelverfahren und die Weiterbearbeitung des Organik-Materials der drei Gebietskörperschaften sind seit 2017 vergleichbar.

Da sich die Sammlung der Abfälle in allen Szenarien nicht unterscheidet, wird nachfolgend nur der Transport von den Sammelstellen zu den jeweiligen Behandlungsanlagen betrachtet.

4.13.1 Stadt Weiden

a) Die komplette Biotonne, real erfasste Mengen, zusätzlich geschätzte, erfasste Bioabfälle und verpackte Lebensmittel werden zur GEMES Abfall und Recycling GmbH, 07318 Saalfeld, geliefert und dort verarbeitet.

Es handelt sich um rund 3.404 Mg /a. Die einfache Fahrstrecke beträgt 180 km.

b) Private Gartenabfälle und kommunale Grünabfälle werden gesammelt und der Veolia Umweltservice Süd GmbH & Co. KG, 92256 Hahnbach, bzw. der Fa. Bergler GmbH, Steinfels, zur Verarbeitung angedient. Diese Mengen betragen rund 7.227 Mg /a (ca. 5.818 Mg Veolia, 1.408 Mg Bergler). Die einfache Fahrstrecke beträgt ca. 35 km. Die Sammlung erfolgt üblich mit LKW mit einer Ladekapazität von je 20 Tonnen. Es wird die Annahme getroffen, dass aus ökonomischen Gründen die Ladevolumen der LKWs voll ausgelastet werden.

Daraus resultieren folgende Fahrkilometer für Hin- und Rückfahrt

Zu a)

3.404 Mg Gesamtabfallmenge : 20 Mg / LKW x 360 km Gesamtfahrstrecke
= 61.272 Gesamtkilometer

Zu b)

7.227 Mg Gesamtabfallmenge : 20 Mg / LKW x 70 km Gesamtfahrstrecke
= 25.295 Gesamtkilometer

Insgesamt sind für die Stadt Weiden erforderlich:

86.567 LKW – Fahrkilometer pro Jahr

4.13.2 Landkreis Tirschenreuth

a) Die Entsorgung des Grüngutes liegt im Landkreis Tirschenreuth bei den Kommunen. Es liegen hier zwar keine genauen Angaben zu den Entsorgungswegen vor, es wird jedoch von einer regionalen Verwertung ausgegangen. Die einfache Fahrstrecke wurde mit 35 km und die Mengen mit rund 2.769 Mg /a angenommen. Die Sammlung erfolgt üblich mit LKWs mit einer Ladekapazität von je 20 Tonnen. Es wird die Annahme getroffen, dass aus ökonomischen Gründen das Ladevolumen der LKWs voll ausgelastet wird.

b) Über die Biotonne erfasste Bioabfälle, Gartenabfälle und Grüngut werden seit 2017 zur GEMES Abfall- und Recycling GmbH, 07313 Saalfeld, geliefert und dort verarbeitet. Es handelt sich um 3.626 Mg/a (incl. verpackte Lebensmittel²). Als einfache Fahrstrecke werden 180 km angenommen.

Daraus resultieren folgende Fahrkilometer für Hin- und Rückfahrt:

Zu a)

2.769 Mg Gesamtabfallmenge : 20 Mg / LKW x 70 km Gesamtfahrstrecke
= 9.692 Gesamtkilometer

Zu b)

3.626 Mg Gesamtabfallmenge : 20 Mg / LKW x 360 km Gesamtfahrstrecke
= 65.268 Gesamtkilometer

Insgesamt sind für den Landkreis Tirschenreuth erforderlich:

74.960 LKW – Fahrkilometer pro Jahr

² Im Gegensatz zu den anderen Gebietskörperschaften wurden hier die verpackten Lebensmittel berücksichtigt, da für Tirschenreuth gefestigte Angaben aus Winter- und Sommersortierung vorliegen

4.13.3 Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab

a) Die Grüngutsammlung von Privathaushalten erfolgt durch die Firma Bergler und wird an das eigene Kompostwerk nach Steinfels, 92708 Mantel zur Verwertung verbracht. Die Sammlung des Grüngutes in den Kommunen und im Gewerbe wird durch die Kommunen bzw. Gewerbetreibenden selbst geregelt über den jeweils wirtschaftlichsten günstigsten Entsorgungsbetrieb und teilweise in der Region befindliche Biogasanlagen verwertet.

Es handelt sich um rund 15.128 Mg /a. Die Fahrstrecken sind nicht ermittelbar und werden mit 20 km einfache Fahrt angenommen.

b) Die Biotonne und Küchenabfälle werden von der Firma Kraus, Weiherhammer, abgeholt, gesammelt und von der Firma Bergler zur GEMES Abfall und Recycling GmbH, 07318 Saalfeld, geliefert und dort verarbeitet. Diese Mengen entsprechen einem Bioabfallpotenzial von rund 3.895 Mg /a (ohne verpackte Lebensmittel). Die einfache Fahrstrecke beträgt 180 km.

Die Sammlung erfolgt mittels LKWs mit einer Ladekapazität von je 20 Tonnen. Es wird die Annahme getroffen, dass aus ökonomischen Gründen das Ladevolumen der LKWs voll ausgelastet wird. Daraus resultieren folgende Fahrkilometer für Hin- und Rückfahrt

Zu a)

15.128 Mg Gesamtabfallmenge : 20 Mg / LKW x 40 km Gesamtfahrstrecke
= 30.256 Gesamtkilometer

Zu b)

3.895 Mg Gesamtabfallmenge : 20 Mg / LKW x 360 km Gesamtfahrstrecke
= 70.110 Gesamtkilometer

Insgesamt sind für den Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab erforderlich:

100.366 LKW – Fahrkilometer pro Jahr

4.13.4 Gesamtemissionen für Sammlung und Transport

Tabelle 31: Gesamtemissionen über die Transportwege

Stadt Weiden	86.567 km
Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab	100.366 km
Landkreis Tirschenreuth	74.960 km
Gesamt Kilometer für LKW-Transporte	261.893 km

Für LKW-Flotte mit 20-Tonnen Nutzlast wird ein Durchschnittsverbrauchswert von 35,0 l / 100 km Dieseltreibstoff bzw. 812 g CO₂ / Fahrkilometer angenommen (Quelle: UBA)

Beispiel: Ermittlung Kraftstoffverbrauch und CO₂ Emissionen für LKW Transporte:

261.893 LKW km x 35 l / 100 = 91.662 Liter Kraftstoffverbrauch gesamt

91.662 l Dieseltreibstoff x 0,812 kg CO₂ Emission / Liter = **75 Tonnen CO₂ pro Jahr**

4.14 CO₂ Emissionen der unterschiedlichen Behandlungsverfahren

Als klimarelevante Gase gelten im Wesentlichen Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), und Ammoniak (NH₃). Ein Teil des emittierten Ammoniaks (NH₃) wird in der Atmosphäre zu Lachgas (N₂O) umgesetzt.

Kohlendioxid (CO₂) zählt zu den wichtigsten in die Atmosphäre emittierenden anthropogenen Treibhausgasen, wird aber im Zusammenhang mit der Freisetzung aus biogenen Abfällen als klimaneutral eingestuft, weil die freigesetzte Menge an CO₂ der Menge CO₂ entspricht, die zuvor von Pflanzen aus der Umwelt entnommen und in ihre organische Substanz eingelagert wurde. Dies gilt für beide Verfahren sowohl die Kompostierung wie auch die anaerobe Vergärung und energetische Nutzung.

Das bei der Herstellung biogener Reststoffe wie auch bei der Produktion von Lebensmittelüberschüssen vorhandene Treibhausgaspotenzial wird in der Bilanzierung nicht berücksichtigt. Diese organischen Abfälle entstehen aus anderen Prozessen und werden deshalb diesen zugeordnet. Sie sind somit „sowieso“ vorhanden.

Bei der Kompostierung wird als Endprodukt nur verkaufsfähiger Kompost produziert. Dieser wird im GaLa-Bau verwendet und es wird importierter Dünger substituiert.

Die THG Emissionen für die Sammlung und Zwischenlagerung des Abfalls werden für die beiden Szenarien Kompostierung und Biogasanlage als gleichwertig betrachtet. Aus praktischer Sicht erhöhen sich beim Kompostierverfahren die THG Emissionen auf jeden Fall kurzfristig über Tage wesentlich. Einschlägige Studien und Literaturangaben zeigen hierzu aber sehr unterschiedliche Ergebnisse auf.

4.14.1 CO₂eq Emissionen Szenario 1 - Status Quo

Laut Literaturangaben entstehen bei der Kompostierung pro Mg Frischmasse 30 – 40 kg CO₂ eq. Aus der Gesamtmenge 37.030 Mg biogener Abfälle werden derzeit ca. 4.380 Mg (Annahme Vergärung des derzeit verwertbaren Anteils der Küchenabfälle) einer anaeroben Vergärung in Biogasanlagen zugeführt. Aus der verbleibenden Menge von 32.650 Mg die derzeit der Kompostierung zugeführt werden, werden 35 kg CO₂ eq / Mg emittiert. Hieraus errechnet sich ein Wert von **1.143 Mg THG**.

Tabelle 32: THG Gutschrift aus dem bisherigen Anteil anaerober Vergärung von 4.380 Mg

Biogene Abfallmenge /a, bereits jetzt in Biogasanlagen genutzt	4.380 Mg
Potentielle Rohgasmenge / a // 125 Nm ³ / t Frischsubstrat	547.500 Nm ³
Resultierende Strommenge / a	1.275.669 kWh _{el}
Extern nutzbare Wärmemenge / a (= 75%)	1.000.000 kWh _{th}
Treibhausgutschrift / a Strom	676 Tonnen CO ₂ eq
Treibhausgutschrift /a Wärme theoretisch	330 Tonnen CO ₂ eq
Treibhausgutschrift gesamt	1.006 Tonnen CO₂ eq

Erklärung: Für Energie aus dem Mix fossiler Energien werden **pro kWh** Strom rund **530 g CO₂** und **kWh** thermische Energie **330 g CO₂** emittiert.

4.14.2 CO₂ eq Emissionen Szenario 2 - Anaerobe Vergärung aller Bioabfälle

Als Referenz wird eine Abfallbiogasanlage mit 802 kW elektrischer Leistung aus einem organischen Abfallaufkommen von 24.121 Mg / a betrachtet. Für die Betrachtung der Gesamtemissionen über diese Prozesskette sind zunächst die nachfolgenden Punkte zu betrachten, weil diese unterschiedlichen Prozessglieder wesentlichen Einfluss auf das Emissionsverhalten haben.

Endprodukte aus der anaeroben Vergärung:

- Rohbiogas zur Strom- und Wärmeerzeugung oder Biomethan als BHKW Treibstoff
- Elektrischer Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Wärme aus dem Abgas- und Kühlwasserkreislauf der Blockheiz-Kraft-Werk (BHKW) respektive KWK.
- Gärprodukte in flüssiger Form (Nutzung Wirtschaftsdünger)
- Gärprodukte in aufbereiteter, fester Form (Düngemittelsubstitut)

Notwendige Organisationsabläufe an einer Biogasanlage:

- Transport der biogenen Abfälle vom Verursacher / Erzeuger direkt zur Biogasanlage
- Zwischenlagerung / sofortige Verarbeitung je nach Substrat
- Aufbereitung der Substrate und anaerobe Vergärung in der Anlage
- Einspeisung / Nutzung der erzeugten Strom- und Wärmemengen
- Aufbereitung und Nutzung der Gärprodukte
- Sortierreste und nicht zur anaeroben Vergärung geeignetes Material sind gesondert zu recyceln bzw. in einer Müllverbrennungsanlage thermisch zu verwerten.

Verfahrensschritte bis zur anaeroben Vergärung:

- Die biogenen Abfälle werden vom Sammelplatz abgeholt und zur Biogasanlage transportiert.
- An der Biogasanlage werden diese, soweit technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll, zwischengelagert und konserviert oder sofort verarbeitet.
- Die ökonomische, technisch sichere Aufbereitung der frisch angelieferten bzw. zwischengelagerten biogenen Substrate ist essentiell für eine möglichst störungsfreie anaerobe Vergärung in den Fermentern.
- Mit der Aufbereitung über Zerkleinerungsverfahren wird ein Substratbrei erzeugt und Störstoffe abgeschieden. Der Substratbrei wird in Anmaischebehältern vorgemischt und je nach Verfahrensart direkt oder nach einer Hygienisierungsstufe in die Fermenter gepumpt.
- Die Hygienisierungsstufe kann je nach Verfahrenstechnik vor der Vergärungsstufe oder nach dem Gärprozess erfolgen. (Heißrotte)

- In den Fermentern werden die organischen Stoffteilchen des aufbereiteten Substrates unter anaeroben Bedingungen durch Bakterien zersetzt und Rohbiogas mit einem Anteil von rund 57 % Methan und 43 % Kohlendioxid inklusive geringer Mengen anderer Restgase erzeugt.
- Das Rohbiogas wird mittels BHKW Module in elektrischen Strom und Wärme (Motorenkühlwasserkreislauf und Abgaswärme) gewandelt.
- Alternativ ist es bei sehr großen Anlagen (> 500 m³ Rohgaserzeugung / Stunde) möglich, Rohbiogas zu Biomethan aufzubereiten, d.h. Kohlendioxid (CO₂) und andere in geringeren Mengen enthaltenen Restgase abzuscheiden und das dabei entstehende reine Methan (CH₄) mit einem Reinheitsgrad > 98 % in ein Gasnetz einzuspeisen.
- Die aus dem Gärprozess verbleibenden, flüssigen Gärprodukte können als Wirtschaftsdünger in flüssiger Form in der Landwirtschaft und GaLa-Bau genutzt werden. In alternativen Nutzungsverfahren werden diese auch aufbereitet zu bodenverbessernden Substraten oder sonstigen hochwertigen Erden für die Landwirtschaft und GaLa-Bau.

Biogasanlagen werden im Regelfall in Verbindung mit landwirtschaftlichen Betrieben als NawaRo (nachwachsenden Rohstoffe) Anlagen erstellt. Der Einsatz von organischen Abfällen in Biogasanlagen wurde bisher gesetzlich gesondert reglementiert. Zukünftig ist es gemäß EEG 2017 möglich, biogene Abfälle mit nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) zu vermischen. Zur THG-Bilanzierung in Biogasanlagen werden nicht nur die reinen Methanemissionen erfasst. Es werden auch eine Reihe anderer klimarelevanter Gase wie Kohlendioxid, Methan, Lachgas und Ammoniak, in sog. CO₂-Äquivalente umgerechnet. Für NawaRo Anlagen wird die gesamte Prozesskette, die mit dem Anlagenbetrieb zusammenhängt, mit einbezogen – vom Anbau nachwachsender Rohstoffe bis zur Gärproduktlagerung und – ausbringung.

Für Abfallanlagen unterscheidet sich dies, weil angenommen wird, dass die Substrate in Form der Abfälle bereits vorhanden waren. Der CO₂ Fußabdruck der Abfälle wird deren bisherigem Lebensweg zugerechnet, da sie „sowieso“ entsorgt werden müssen.

Positiv bewertet werden bei Abfallbiogasanlagen Gutschriften im Sinne von THG – Einsparungen durch die Erzeugung von Strom, Wärme über die KWK Verfahren gegenüber einem fossilen Energiemix und die Nutzung der Gärprodukte.

Die Sammeltransporte vom Erzeuger zur Biogasanlage gehen nicht in die CO₂ Bilanz ein, sie sind vergleichbar wie bei der Kompostierung.

Zwischenlagerung und Verarbeitungsketten der Abfälle in der Biogasanlage werden gegenüber der Kompostierung ebenfalls als neutral eingestuft. Unterschiedlichste wissenschaftliche Studien und Praxisbericht ermöglichen hier keine belastbare Bewertung.

Davon ausgehend, dass die komplette Biogasanlage vollständig mit eigenem Strom aus dem BHKW versorgt wird, fallen keine Emissionen aus der Strombereitstellung an. Die direkten Methanemissionen sind aufgrund emissionsarmer BHKW und einem komplett geschlossenen anaeroben Gärverfahren wie beispielsweise Pfropfenstromfermenter auf niedrigerem Niveau und zu vernachlässigen.

Die CO₂ Äquivalentgutschrift für erzeugten Strom, nutzbare Abwärme und nutzbaren Wirtschaftsdünger oder Bodenverbesserungsmittel basiert auf Durchschnittswerten fossiler Strom- und Wärmeerzeugung.

Für Energie aus dem Mix fossiler Energien werden **pro kWh** erzeugten Strom rund **530 g CO₂** und **pro kWh** thermische Energie **330 g CO₂** emittiert. (Quelle Internet, FvB, LfL)

Für den hier angenommenen Referenzbetrieb mit 802 kW elektrischer Leistung lässt sich folgende Treibhausgas-Gutschrift ermitteln:

Tabelle 33: THG Gutschrift aus der anaeroben Vergärung

Biogene Abfallmenge / a	24.121 Mg
Potentielle Rohgasmenge / a	3.135.730 Nm ³
Resultierende Strommenge / a	7.306.216 kWh _{el}
Extern nutzbare Wärmemenge / a (= 75%)	5.750.000 kWh _{th}
Treibhausgasgutschrift / a Strom	3.872 Tonnen CO _{2 eq}
Treibhausgutschrift /a Wärme	1.897 Tonnen CO _{2 eq}
Treibhausgutschrift gesamt	5.769 Tonnen CO _{2 eq}

Zusätzliche Vorteile der anaeroben Vergärung in der Region:

- Wesentliche generelle Reduzierung des Transportaufkommens und dadurch eine THG Reduzierung von rund **75 Tonnen CO_{2 eq}**.
- Geringere Fuhrparkkosten und Personalaufwand beim Transport

-
- Regionale Wertschöpfung und Sicherung heimischer Arbeitsplätze.
 - Substitution von rund 1.000 Tonnen importiertem Handelsdünger durch den Einsatz von aufbereiteten Gärprodukten.

Nachteile einer anaeroben Vergärung in der Region:

- Nicht vergärbare Bestandteile (ca. 13.000 Mg) müssen regional entsorgt werden, bestehende Entsorgungswege müssen aufrecht erhalten werden
- Eine Vermarktung der flüssigen Gärreste in Regionen mit einem großen Angebot an Gülle aus der Tierhaltung ist oft nur eingeschränkt möglich bzw. mit Zuzahlungen von bis zu 15 Euro pro Tonne verbunden.

4.14.3 CO₂ eq Emissionen Szenario 3 - Kompostierung

Laut Literaturangaben entstehen bei der Kompostierung pro Mg Frischmasse 30 – 40 kg CO₂ eq. Aus der Gesamtmenge biogener Abfälle von 37.030 Mg x Durchschnittswert 35 kg CO₂ eq werden **1.296 Mg THG** emittiert.

4.14.4 Übersicht Treibhausgas-Emissionen Gutschriften der verschiedenen Szenarien

Nachfolgende Tabelle zeigt die Emissionen und Gutschriften für die betrachteten Szenarien. Es zeigt sich, dass sich die Emissionen in den unterschiedlichen Behandlungsverfahren auf ähnlichem Niveau bewegen. Für eine Bewertung der einzelnen Verfahren können die Anlagenemissionen jedoch nur bedingt herangezogen werden. Laut einer Studie des Umweltbundesamtes (Witzenhausen Institut) von 2010 „**Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima und Ressourcenschutz**“ wird der CO₂ Ausstoß bei der Kompostierung und bei der anaeroben Verwertung neutralisiert, weil in beiden Fällen vorher der Kohlenstoff im Assimilationsprozess von den Pflanzen aus der Atmosphäre entnommen wurde.

Die während des Transports anfallenden Emissionen sind beim Status Quo am größten. In der Betrachtung wird davon ausgegangen, dass bei einer regionalen Verwertungslösung keine zusätzlichen Emissionen für den Transport zur Anlage anfallen.

Der größte Unterschied zeigt sich in den Klimagutschriften. Im Gegensatz zur Kompostierung, die als klimaneutral betrachtet werden kann, sind bei der Vergärung Klimagutschriften in erheblichem Umfang zu verzeichnen. Die Klimagutschrift drückt hier das CO₂ Äquivalent für die Substitution fossiler Brennstoffe aus. Es ist anzumerken, dass bei den regionalen Verwertungsverfahren zusätzliche Emissionen für die Entsorgung bzw. Verwertung der Störstoffe anfallen. In Abhängigkeit von Art und

Menge wären hier ein Transport zur jeweiligen Anlage und die im Zuge der Behandlung anfallenden Emissionen zu bilanzieren.

Tabelle 34: Übersicht THG Bilanzierung

	Szenarien	THG Emissionen (Behandlung)	THG Emissionen (Transport)	THG Gutschriften	Total
1	Status Quo	(1.366 Mg)* (1.143 Mg + 229 Mg)	75 Mg	- 1.106 Mg***	335 Mg
2	Vergärung regional	(1.315 Mg)****	0**	- 5.769 Mg	- 4.454 Mg
3	Kompostierung regional	(1.296 Mg)	0**	-	+ 1.296 Mg

*CO₂ Ausstoß anteilig Kompostierung mit 35 kg/Mg Frischmasse und einem angenommenen CO₂ Ausstoß von 180g/kWh

**Annahme einer regionalen Verwertungsanlage im Einzugsgebiet der Körperschaften, der Transport zur Anlage wird hier durch die Sammlung abgedeckt

***Anteil der THG Gutschrift Vergärung GEMES

****Bei einem angenommenen CO₂ Ausstoß von 180g/kWh

5 STANDORTBEURTEILUNG

Im Rahmen der Potenzialanalyse galt es zusätzlich die Einführung neuer Entsorgungsstrukturen (energetisch und stofflich energetisch) zu untersuchen. Unter dem Aspekt die Transportwege zu verringern, wurden mehrere mögliche Anlagenstandorte für eine Bioabfallvergärung im Einzugsgebiet der Gebietskörperschaften einer ersten Vorprüfung unterzogen. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Anlagenstandorte sollen nachfolgend dargestellt werden.

Industrie- und Gewerbegebiet „Weiden-West III“

Die zu betrachtende Fläche liegt im Gewerbegebiet „Weiden-West III“ (Manteler Forst, Franz-Zebisch-Straße) und befindet sich bereits im Eigentum der Stadt Weiden i.d.OPf.. Die Lage ist dem nachfolgend dargestellten Übersichtslageplan zu entnehmen.



Abbildung 17: Lage der Optionsflächen im Gewerbegebiet Weiden-West III (Quelle: Google Maps)

Für den Standort spricht die relativ zentrale Lage innerhalb der Gebietskörperschaften. Die maximale Transportstrecke aus dem Landkreis Tirschenreuth (z.B. Neualbenreuth) beträgt ca. 50 km. Mit einer zusammenhängenden Fläche von ca. 2,3 ha wäre die Fläche ausreichend bemessen, um die nach der ersten überschlägigen Dimensionierung benötigte Anlagengröße (Abbildung 18) zu realisieren. Ein weiterer Vorteil liegt in dem angrenzenden gewerblichen Umfeld. Hier sind bereits grö-

ßere Industriebetriebe angesiedelt, die als potentielle Wärmeabnehmer in Frage kommen. Ebenfalls wären die nötigen Einspeisepunkte für die zu erwartende elektrische Leistung vorhanden. Hier würden sich zudem weitere Synergieeffekte mit den bereits vorhandenen Photovoltaikanlagen ergeben, die in Kombination mit einer bedarfsgerechten Einspeisung zur dezentralen Energieversorgung des Stadtgebietes beitragen.

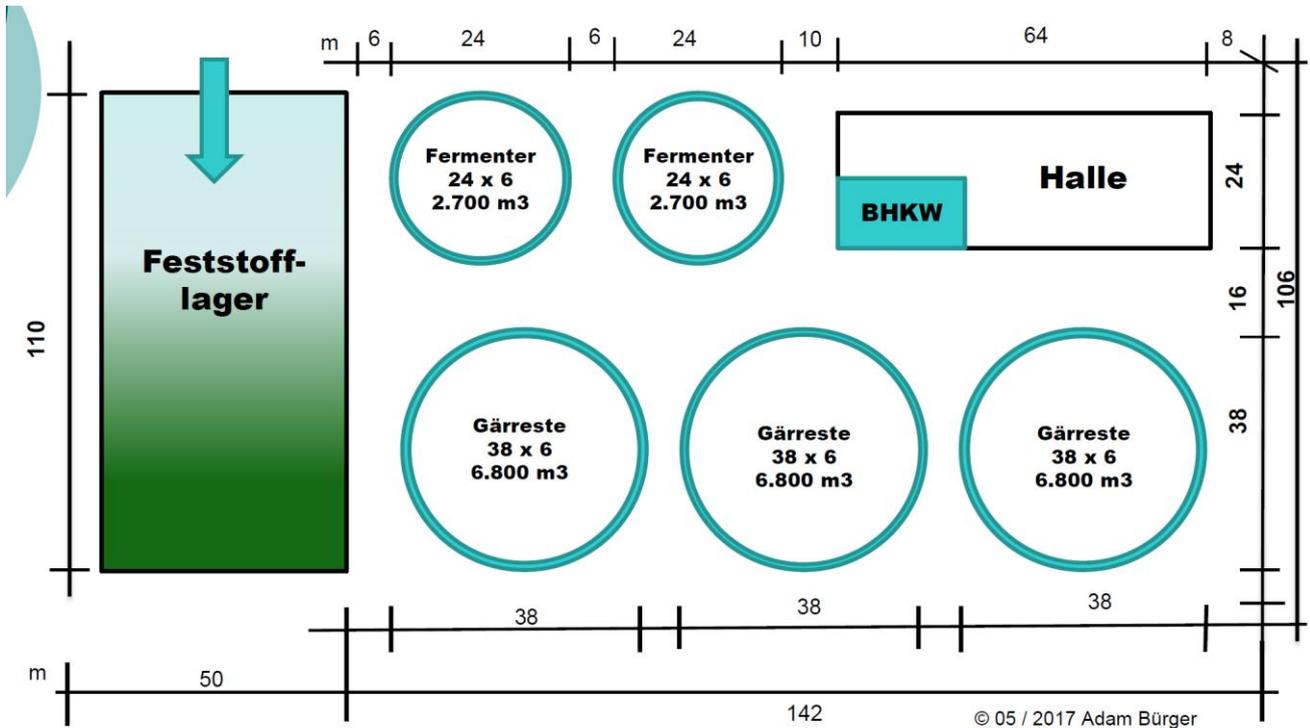
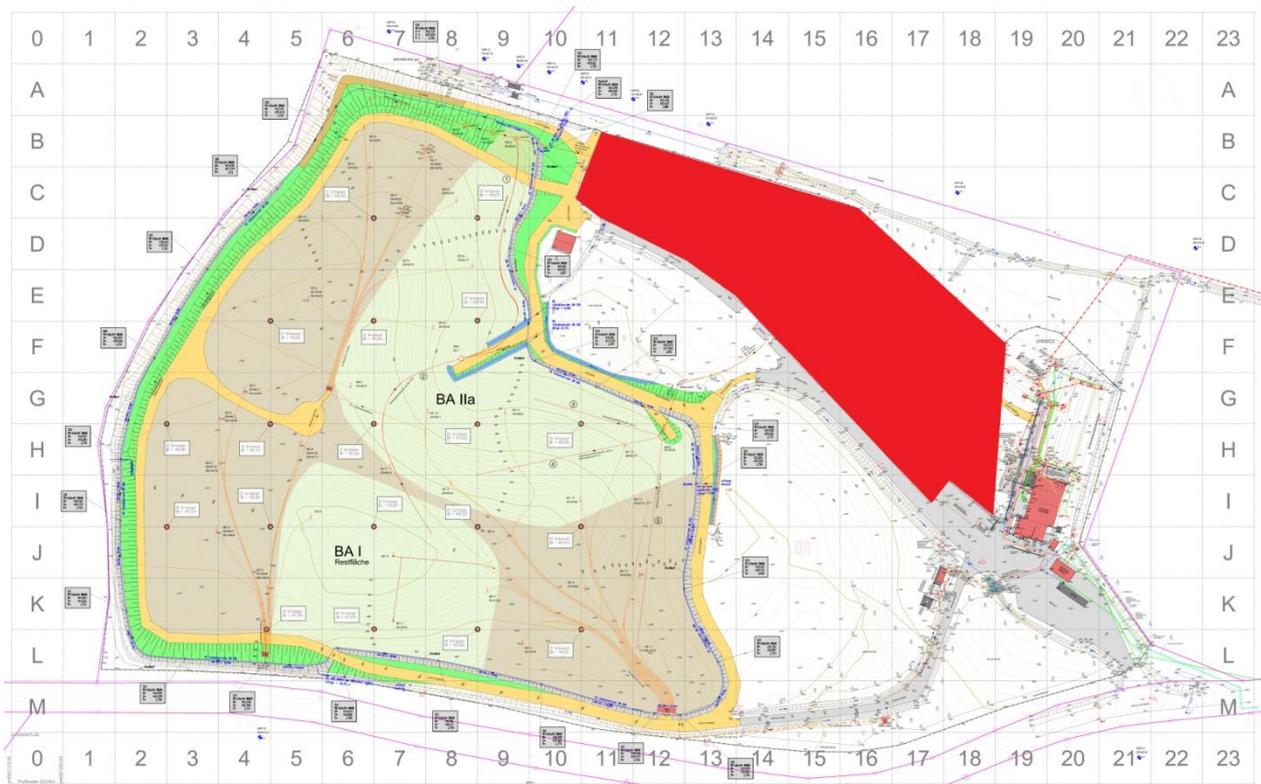


Abbildung 18: Abfallvergärungsanlage Konzeptstudie für rund 25.000 t (Quelle: b.r.e.)

Abgesehen von den äußerst günstigen technischen Randbedingungen ist der Standort aus emissionschutzrechtlicher Sichtweise sehr kritisch zu betrachten. An dieser Stelle sei auf den Landschaftsplan der Stadt Weiden i.d.OPf. (Team 4, 2008) verwiesen. Hier wird den Reinluftgebieten um den Manteler Forst eine sehr hohe Bedeutung für den lufthygienischen Belastungsraum der Stadt Weiden i.d.OPf. zugesprochen. Der Hauptwindrichtung und den topografischen Gegebenheiten folgend sorgt die entstehende Frischluftzufuhr aus dem Manteler Forst für eine deutliche Verbesserung des innerstädtischen Klimas. Die Errichtung einer Abfallvergärungsanlage in Mitten dieser Frischluftschneise würde zu einer nicht absehbaren Beeinträchtigung des innerstädtischen Klimas führen. Zu weiteren emissionschutzrechtlichen Beeinträchtigungen innerhalb des Gewerbemischgebietes wird der Antransport der biologischen Abfälle und Abtransport der Gärreste und Störstoffe führen. Aus Sicht des Berichtverfassers sollte eine Realisierung an dem beschriebenen Standort nicht weiter verfolgt werden.

Deponie Weiherhammer / Kalkhäusl

Die Deponie Weiherhammer liegt nur ca. 8 km Luftlinie entfernt von dem oben beschriebenen Standort im Gewerbegebiet. Das Grundstück der Deponie Weiherhammer / Kalkhäusl (Flur-Nr. 331/3) beträgt ca. 13,6 ha. Die Deponie-Ablagerungsfläche beträgt ca. 58.000 m². Die bereits endabgedichteten Flächen und die Flächen südlich der Zufahrtsstraße sollen zukünftig mit einem Solarpark belegt werden. Für eine mögliche Verwertungsanlage für biogene Reststoffe steht somit nur noch die Fläche nördlich der Zufahrtsstraße mit ca. 7.400 m² zur Verfügung.



**Abbildung 19: Lageplan Deponie Kalkhäusl nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung
(COPLAN AG 2011)**

Die bestehende Infrastruktur wie Waage, Betriebsgebäude, Umspannstation und sonstige infrastrukturelle Einrichtungen könnten in das neue Nutzungskonzept relativ leicht integriert werden. Zudem sind auf Grund der Vornutzung keine größeren emissionsrechtlichen Hürden an diesem Standort zu erwarten.

Sollte dieser Standort in zukünftigen Konzepten näher betrachtet werden, gilt es vor allem die Möglichkeiten der Abwärmenutzung zu prüfen. Die nächsten Siedlungsgebiete Mantel und Weiherhammer liegen ca. 2 km entfernt, hier wäre zum Beispiel eine Fernwärmenutzung denkbar. Auch am Standort selbst ergeben sich im Hinblick auf die Abwärmenutzung die unterschiedlichsten Möglich-

keiten. Zum Beispiel könnten im Hinblick auf eine neu zu errichtende Klärschlammmonoverbrennung in der Region die lokal anfallenden Schlämme am Anlagenstandort auf den Zieiltrockensubstanzgehalt abgetrocknet werden. Hierdurch reduzieren sich nicht nur die Transport- und Entsorgungskosten sondern auch die anfallenden CO₂ Emissionen.

Der nachfolgende Lageplanausschnitt zeigt eine mögliche Anlagenkonfiguration einer Nassvergärung am Standort Weiherhammer.

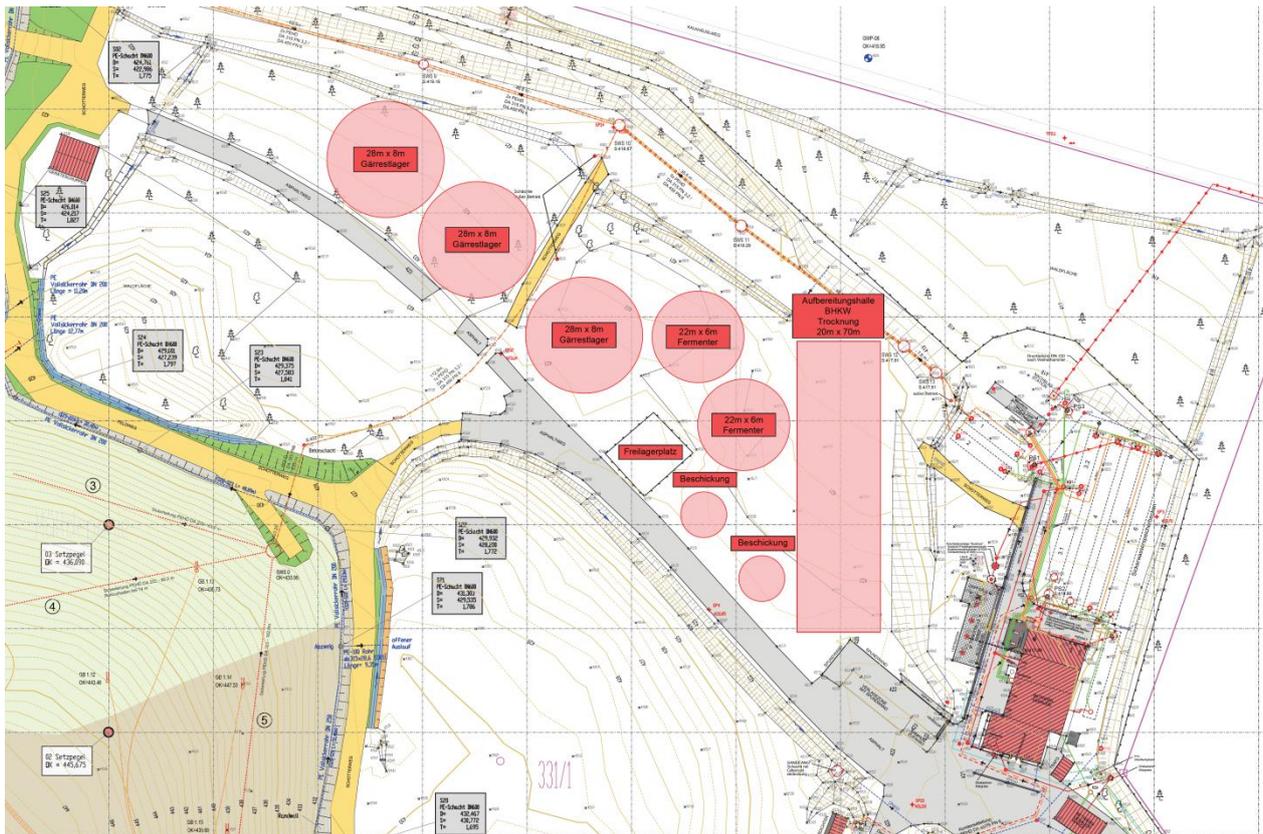


Abbildung 20: Anlagenkonzept Bioabfallvergärung Deponie Weiherhammer – Kalkhäusl

Die bis zu 6 m hohen Gärrestlager und Fermenter sind hierbei so in das vorhandene Gelände zu integrieren, dass diese mit den aufgesetzten Gasspeicherhalbkugeln ($H = 0,5$ Behälterdurchmesser) als Abdeckung nicht so dominant wirken. Je Behälter ergibt sich dann ein Gasspeicher von rund 3.500 m³, also insgesamt mit den kleineren Fermentern ein Gesamtgasspeichervolumen von knapp 13.000 – 14.000 m³. Dies entspricht bei einer durchschnittlichen Gasproduktion von 300 – 400 m³/h einer möglichen Gasspeicherzeit von bis zu 35 Stunden und wäre optimal für einen flexiblen, bedarfsorientierten Anlagenbetrieb der BHKWs. Die Stromproduktion könnte so über das komplette Wochenende, bei geringem Strombedarf und Erlösen abgeschaltet werden.

Durch die zentrale Anordnung entlang der bestehenden Zufahrtsstraße ergeben sich möglichst kurze, zentrale Wege für Beschückung und alle sonstigen Transporte innerhalb der Anlage.

6 AKTEURS- UND ÖFFENTLICHKEITSBETEILIGUNG

Zentraler Bestandteil des durchgeführten Teilkonzeptes zur klimafreundlichen Abfallentsorgung war die Öffentlichkeitsarbeit in Form der Akteursbeteiligung. Hier gilt es alle Beteiligten frühest möglich in den Entscheidungsprozess zu integrieren, um deren Belange zu berücksichtigen und eine hohe Akzeptanz zu erreichen. Nur unter Berücksichtigung der Interessen der lokalen Akteure kann es gelingen, einen gemeinsamen Maßnahmenplan zu entwickeln und umzusetzen. Daher erfolgte gleich zu Beginn des Projektes eine Vorinformation aller Bürgerinnen und Bürger über die lokalen Printmedien. Die jeweiligen Pressemeldungen stehen zusätzlich auf den Internetportalen der Gebietskörperschaften zum Abruf bereit. Über diese Vorabinformationen sollte das Interesse der Einwohner an einer klimafreundlichen Abfallentsorgung geweckt und die Bürger für das Thema sensibilisiert werden.

In einem zweiten Schritt wurden die Gewerbetreibenden aus den Gebietskörperschaften über einen Fragebogen direkt angesprochen. Ziel dieser Fragebogenaktion war, Informationen über Art und Menge der anfallenden organischen Reststoffe zu erlangen, da zu dieser Abfallfraktion in den Gebietskörperschaften kaum Informationen vorlagen. Auf Basis der Auszüge aus den Gewerbezentralregistern wurden insgesamt 809 potenzielle Gewerbetreibende ausgewählt und schriftlich gebeten, sich an der Umfrage zu beteiligen. In den versandten Fragebögen wurde die Art und Menge der anfallenden organischen Reststoffe sowie deren zeitlicher Anfall (täglich, wöchentlich, monatlich, saisonal) abgefragt. Bis zum Ende der Einsendefrist sind 50 Fragebögen ausgefüllt zurückgeschickt worden. Um den Rücklauf der Fragebögen zu erhöhen und die Gewerbetreibenden weiter für die Thematik zu sensibilisieren, wurden über 200 der Gewerbetreibenden zusätzlich telefonisch kontaktiert, um sie über das Vorgehen nochmals zu informieren und die erforderlichen Daten abzufragen. Durch die Telefonaktion konnte die Anzahl der eingereichten Fragebögen auf 92 Stück erhöht werden. Dies entspricht einem Rücklauf von ca. 11%. Das ermittelte Potenzial aus der Fragebogenaktion wird im Rahmen der Potenzialanalyse des vorliegenden Berichtes weiter betrachtet.

Sehr aufschlussreich waren vor allem die telefonischen Rückmeldungen. 70% der telefonisch Befragten antworteten, dass sie kein Interesse haben, an einer klimafreundlichen Abfallentsorgung mitzuwirken. 15% gaben an, dass in ihrem Betrieb keinerlei biologischen Reststoffe anfallen, bzw. dass diese ungetrennt über die Restmülltonne entsorgt werden.

Des Weiteren sollten im Rahmen der Akteursbeteiligung die lokalen Akteure wie Entsorger, Transporteure, Anlagenbetreiber und kommunale Zusammenschlüsse/Verbände in das Projekt involviert und die Möglichkeiten einer Kooperation aufgezeigt werden. Die Körperschaften wählten hierzu mögliche Akteure aus, die über ein Informationsschreiben zu einer gemeinsamen Diskussionsrunde eingeladen wurden. Bei diesem gemeinsamen Projekttreffen sollten die Möglichkeiten einer ge-

meinsamen Strategie ergebnisoffen und kritisch diskutiert werden. Die folgenden Akteure wurden zu der gemeinsamen Veranstaltung geladen:

- Fa. Bergler (Entsorgung und Betreiber Humuswerk)
- Fa. Eggmeier (Speiserest und Tierkörperentsorger)
- Bayernwerk Natur GmbH (Biogasanlagenbetreiber NAWARO)
- Fa. Kraus (Entsorger)
- Erdenwerk Ziegler (Anlagenbetreiber)
- Kiener Kompost GmbH
- Zweckverband Müllverwertung Schwandorf
- Brewitzer GmbH (Entsorger)
- Kunzendorf Abfallentsorgung
- Veolia Abfallentsorgung Hahnbach
- USAG Grafenwöhr Utilities Branch (US Stützpunkt)
- Fa. Magnitz (Entsorger)
- Steinwald Allianz (Öko-Modellregion)
- IKOM Stiftland (Werbegemeinschaft Stiftland)
- Amt für Landwirtschaft (Weiden und Tirschenreuth)
- Bauernverband
- Fa. Böhme Rehau (Entsorger)
- Fa. Willi Lesch (Altfettentsorger)

Die Diskussionsrunde zeigte, dass die lokalen Akteure einer Umstrukturierung der Entsorgungswege eher mit Skepsis begegnen. Diese Skepsis scheint auch darin begründet, dass eine Vielzahl der Akteure die durchgeführte Potenzialanalyse als ersten Planungsschritt zur Errichtung einer Bioabfallvergärungsanlage gesehen hat. In diesem Zusammenhang befürchteten die beteiligten Anlagenbetreiber und Entsorger zusätzliche Konkurrenz und einen Wegfall der organischen Abfallströme. Im Rahmen der Diskussionsrunde wurde nochmals bekräftigt, dass die gesamte Studie als Grundlage zur Entscheidungsfindung auf dem Weg zu einer klimafreundlichen Abfallentsorgung und nicht als Grundlage für eine konkrete Planung einer Vergärungsanlage zu sehen ist.

Auf Wunsch der Akteure werden die Ergebnisse der Akteursbeteiligung nachfolgend ohne Nennung der Firmennamen dargestellt.

Die lokal ansässigen Entsorger sind mit der aktuellen Entsorgungssituation der biogenen Abfälle zufrieden. Die Kompostierung wird auf Grund der einfachen Verfahrenstechnik und der vorhande-

nen Bestandsanlagen als Entsorgungsweg der Zukunft gesehen. Bei einem Betrieb einer Vergärungsanlage werden die Hygienisierung, Fremdstoffabscheidung und Homogenität des Inputs sowie Betrieb und Investitionskosten einer Abfallvergärungsanlage als größtes Problem gesehen. Des Weiteren wird die Gärrestproblematik hinsichtlich Düngemittelverordnung und Eutrophierung der Gewässer als Hemmnis gesehen.

Aus Sicht der Entsorger ist der Einfluss des Wettbewerbs auf die Preisbildung ausreichend. Es wurde die Angst geäußert, durch eine Umstrukturierung der Entsorgungswege einen Geschäftszweig zu verlieren.

Die Betreiber der lokalen Verwertungsanlagen sehen eine Symbiose aus Vergärung und Kompostierung als zielführend. Abfälle sollen nach ihrer Beschaffenheit in den jeweils dafür geeignetsten Anlagen verwertet werden. Für einen reibungslosen Anlagenbetrieb ist die Homogenität des Abfallinputs entscheidend. Zur Steigerung des Gesamtwirkungsgrades ist eine zwingende Abwärmenutzung erforderlich. Der 14-tägige Entleerungszyklus der Biotonne im Sommer wird als zu lange angesehen, da über die langen Standzeiten die Abbauprozesse bereits in den Sammelbehältnissen anlaufen. Es wurde zusätzlich auf die Probleme bei der Hygienisierung und der Genehmigung verwiesen. Aus Sicht der Vergärungsanlagenbetreiber ist ein Wettbewerb um einzelne Abfallströme nicht zielführend.

Die Betreiber der lokalen Kompostierungen sehen vor allem die Weiterverarbeitung der Gärprodukte als problematisch an. Die Aufbereitung der Gärprodukte setzt eine entsprechende Güteüberwachung, beispielsweise durch die Güteüberwachung Gärprodukte e.V. voraus, um verkaufsfähige biologisch unbedenkliche Endprodukte zu erhalten. Durch den Wegfall des Grünschnittes wird eine Störung des betriebsinternen Stoffstrommanagements befürchtet. Des Weiteren werden Probleme beim Absatz von Erden aus der Abfallvergärung/Kompostierung durch Novellierung der Düngemittelverordnung befürchtet. Von Seiten dieser Anlagenbetreiber wird auf Anlagen im näheren Umfeld (Cham) mit freien Vergärungskapazitäten verwiesen.

Im Rahmen der Veranstaltungen wurde zusätzlich angeregt, auf die CO₂ Bilanzierung verstärkten Wert zu legen (Kilometrierung der Transportwege), den Einsatz von 2-Kammer Sammelfahrzeugen zu prüfen und die Thematik der CO-Fermentation auf Kläranlagen zu prüfen.

Auf Grund der in der Akteursbeteiligung geäußerten Ängste um einen Wegfall bestehender Abfallströme wurde geprüft, inwiefern eine Betrachtung der derzeit an keinen Entsorgungsweg über die lokalen Firmen gebundenen Abfallströme sinnvoll ist. Hierdurch sollte den Bedenken der lokalen Akteure Rechnung getragen werden vorhanden Abfallströme zu verlieren. Hier zeigt die Potenzial-

analyse, dass dieses zusätzliche, nicht an bestehende Entsorgungswege gebundene Potenzial viel zu gering ist, um gesondert betrachtet zu werden. (vgl. **Tabelle 28: Abfallmengen aus der März/April 2017 durchgeführten Fragebogenaktion**)

7 MAßNAHMENKATALOG

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse zeigen, dass die Abfallentsorgung einen erheblichen Beitrag zur Reduzierung klimawirksamer Treibhausgase beitragen kann. Im Maßnahmenkatalog sollen nun die Ansätze zur Umsetzung einer noch klimafreundlicheren Abfallentsorgung konkretisiert werden.

Die Bestandsaufnahme hat gezeigt, dass sich die Abfallmengen und Zusammensetzung der Gebietskörperschaften bezogen auf die jeweilige Siedlungsstruktur sehr ähnlich sind. Der Organikanteil der zu Grunde gelegten Abfallsortieranalysen bewegt sich auf hohem Niveau. Dies liegt vor allem an der Tatsache, dass die Landkreise Neustadt a.d.Waldnaab und Tirschenreuth erst zum Jahr 2017 die Biotonne eingeführt haben. Hier gilt es durch verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Sensibilisierung der Bürger das Trennverhalten zu verbessern und den Anschlussgrad zu erhöhen. Neben der Öffentlichkeitsarbeit gilt es die Abfallberatung weiter zu intensivieren. Diese personal- und zeitintensive Form der Aufklärung bietet die Möglichkeit, gezielt das Informationsniveau in einzelnen Haushalten, Gewerbebetrieben und öffentliche Einrichtungen zu erhöhen. Gerade im Bereich der Umweltbildung können Kinder und Jugendliche frühzeitig für die Thematik sensibilisiert und die nötige Sensibilität für den täglichen Umgang mit Wert- und Reststoffen entwickelt werden. Weiter zeigt die Auswertung der Bestandsanalyse, dass der Füllgrad und die Schüttdichte der Restmüllgefäße im Landkreis Neustadt a.d.Waldnaab niedriger ist als in der Stadt Weiden und dem Landkreis Tirschenreuth. Die Auswahl an unterschiedlich großen Sammelbehältern erscheint ausreichend, so dass hier die Effizienz bei der Sammlung nur durch den Wechsel der Sammelgefäße erhöht werden könnte. Eine weitere Effizienzsteigerung im Bereich der Sammlung ist z.B. über eine optimierte Routenplanung möglich die sich z.B. bei einem neuen Anlagenstandort ohnehin ergeben. Es bleibt in diesem Zusammenhang abzuwarten wie sich die Schüttdichte mit der Einführung der Biotonne verändert.

Anders als in den anderen Gebietskörperschaften ist die Grüngutsammlung im Landkreis Tirschenreuth nicht zentral organisiert, sondern Aufgabe der Gemeinden. Diesem Umstand ist geschuldet, dass die Entsorgungswege ohne größeren Aufwand nicht nachvollzogen werden können. Durch eine zentrale Erfassung der Grüngutabfälle werden die Entsorgungswege transparenter und eine zielgerichtete Verwertung möglich. Die Stadt Weiden als einer der Vorreiter bei der Einführung der Biotonne, könnte weiter versuchen den Anschlussgrad zu erhöhen, in diesem Zusammenhang

ist die Möglichkeit der Eigenkompostierung in den städtischen Siedlungsstrukturen kritisch zu hinterfragen. Für die Einwohner der Landkreise Neustadt a.d.Waldnaab und Tirschenreuth besteht ebenfalls die Möglichkeit durch Eigenkompostierung die Abfallgebühren zu reduzieren. Ähnlich wie bei der Schüttdichte der Restmülltonne bleibt abzuwarten, wie sich die Einführung der Biotonne auf den Organikanteil im Restmüll und den Anteil der Eigenkompostierer auswirkt. Die konkreten Auswirkungen können nur im Rahmen einer zukünftigen Restmüllsortieranalyse aufgezeigt werden.

Eine abschließende Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Abfallvergärungsanlage ist im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich. Eine belastbare Aussage kann hier nur standortbezogen unter Berücksichtigung der Abwärmenutzung getroffen werden. Nur in Kombination mit einer sinnvollen Nutzung der Abwärme kann ein sinnvoller Gesamtwirkungsgrad erzielt werden. Die Nutzung der Abwärme beeinflusst auch die Wirtschaftlichkeit maßgeblich. Am zielführendsten wäre eine Einspeisung in ein vorhandenes Nahwärmenetz, ebenso denkbar wären industrielle Großabnehmer im Direktverbund. Die Nutzung der Abwärme ist auf jeden Fall bei der Standortwahl zu berücksichtigen. Eine Power to Gas Lösung ist bei der angedachten Anlagengröße nicht zielführend. Des Weiteren basieren die in der Studie herangezogenen Gasbildungsrate lediglich auf Literaturwerten. Eine genaue Bestimmung der Gasbildungsrate kann nur auf Basis qualifizierter Proben erfolgen. Ebenso blieb bisher der Anteil an Störstoffen unberücksichtigt. Art und Menge der Störstoffe haben einen wesentlichen Einfluss auf den Anlagenbetrieb, den Absatz der Gärreste und somit auf den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage. Es sei ebenfalls erwähnt, dass für den erfolgreichen Betrieb einer Biogasanlage in erster Linie die Erfahrung und Qualität des Anlagenbetreibers verantwortlich ist. Grundsätzlich kann der Betrieb als Einzelanlage oder als Gemeinschaftsanlage idealerweise mit einem verantwortlichen Anlagenbetreiber erfolgen. Die Gesellschaftsform ist abhängig von verschiedenen Faktoren, z.B. von den beteiligten Personen bzw. Investoren. Die GbR, GmbH, GmbH & Co KG sind die meist gebräuchlichen Gesellschafterformen. Im kommunalen Bereich haben sich auch Bürgerbeteiligungsgesellschaften in Form einer Energiegenossenschaft gut bewährt. Dies führt bis zu den Privathaushalten, die sich für diese Art von Lösungskonzept interessieren und für ihren Hausgarten hochwertige Komposterde zurückbekommen.

Die Möglichkeit der Einsparung klimawirksamer Treibhausgase wurde nachgewiesen. Es zeigt sich aber auch, dass für den Betrieb einer solchen Anlage eine Reihe von offenen Punkten zu klären sind. Es wird empfohlen, in einer weiteren Studie die o.g. Punkte zu prüfen, in Abhängigkeit der Ergebnisse die Anlagentechnik auszuwählen und unter Berücksichtigung möglicher Wärmeabnehmer die Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

Von anlagentechnischer Seite wären in einer detaillierten Studie die folgenden Fragen im Detail zu klären:

- Welche organischen Substratmengen fallen quantitativ und qualitativ (Beprobung erforderlich) in welchen Zeiträumen an:
 - Saisonal Sommer – Winter
 - von Jahreszeiten abhängig
 - Feiertage wie Weihnachten – Ostern oder Urlaubszeiten abhängig
- Im Rahmen einer Störstoffanalyse ist zu klären welche Störstoffe zu erwarten sind und wie diese abgeschieden, verwertet bzw. entsorgt werden können
- Wie lange können die Substratanlieferungen vertraglich gebunden werden (10 Jahre sinnvoll)
- Wie erfolgt die Annahme und Zwischenlagerung der Abfälle, um einen zeitlichen Ausgleich über das gesamte Jahr (soweit grundsätzlich möglich) zu schaffen?
Speziell für Grünschnitt und Gartenabfälle ist es sinnvoll, diese durch Silageverfahren, Ballenpressen und sonstige Lagerungssysteme zu konservieren.
- Wie erfolgt die Nutzung der flüssigen Gärprodukte?
 - Konventionelle landwirtschaftliche Nutzung als flüssiger Wirtschaftsdünger.
 - Alternativ Mengenreduzierung durch Eindampfung mit der Überschusswärme und Nutzung der aufbereiteten Gärprodukte als wertvolle Erden oder Spezialdüngemittel.
- Totalaufbereitung in einem Kläranlagenverfahren.

Wie durch die Akteursbeteiligung angeregt, soll nachfolgend noch auf den Einsatz von Zweikammersammelfahrzeugen, wöchentliche Leerung und die Co-Fermentation eingegangen werden.

Mit einem Mehrkammersystem ist die Sammlung von Rest- und Bioabfällen in einem Sammelvorgang möglich. Gerade in den Sommermonaten kann so eine wöchentliche Sammlung realisiert werden. Eine Reduzierung der Vorrotte in den Sammelgefäßen und eine gesteigerte Gasausbeute in einer möglichen Vergärungsanlage in Abhängigkeit von der Zwischenlagerung wären die Folge. Mehrkammersysteme sind für den Einsatz im innerstädtischen Bereich konzipiert. Bei einer Sammlung im ländlichen Bereich kann durch den unterschiedlichen Anfall der beiden Abfallfraktionen das Volumen der Sammelfahrzeuge nicht ausgeschöpft werden. Eine erhöhte Fahrleistung in der Sammlung wäre die Folge. Gleiches gilt für die wöchentliche Leerung der Biotonne. Hier steht eine Verdopplung der Fahrtstrecke einer möglichen Steigerung des Gasertrages gegenüber. Eine Steigerung der Gasausbeute kann allerdings nur realisiert werden, wenn die Abfälle ohne Zwischenlagerung in die Vergärung eingebracht werden. Gerade im Sommer bei erhöhtem Bioabfallaufkommen (insbesondere Grüngut und Gartenabfälle) ist

unter Berücksichtigung der Aufrechterhaltung der Anlagenbiologie eine direkte Beschickung der Fermenter nicht möglich. In Abhängigkeit von der Anlagenauslegung und den vorhandenen Lagerplätzen gilt es diesen Punkt im weiteren Projektverlauf nochmals zu prüfen.

Die Co-Fermentation in Kläranlagen scheint eine Lösung, um die freien Kapazitäten in den Faultürmen der Kläranlagen zu nutzen. Hier bleibt zu berücksichtigen, dass die bestehenden Faultürme nicht über die technische Ausstattung verfügen, feste Bioabfälle zu vergären. Zu dem stellt die Entsorgung der Klärschlämme unter Einhaltung der Vorgaben der Düngemittelverordnung ohnehin schon ein großes Problem dar. Die Bioabfälle, die zusammen mit Klärschlammvergärt werden, sind i. S. d. AbfKlärV als Klärschlammgemische anzusehen, die in Zukunft wohl nur noch thermisch zu behandeln bzw. zu entsorgen sind. Eine Beimischung der Bioabfälle würde also zu einer Steigerung der zu behandelnden Klärschlammengen führen. Dies scheint unter wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten nicht zielführend.

8 CONTROLLING-KONZEPT

Um die Wirksamkeit des festgelegten Maßnahmenkatalogs (siehe Kap. 7) zur klimafreundlichen Abfallentsorgung der drei betroffenen Körperschaften beurteilen zu können, müssen Instrumente zur Erfassung der Treibhausgasemissionen eingeführt werden. In den folgenden Abschnitten sollen die Rahmenbedingungen für die Erfassung aller relevanten Parameter als Datengrundlage für das zu erarbeitende Controlling-Konzept sowie dessen Ziele und Verwendung beschrieben werden.

Zur Überprüfung der Effektivität der geplanten Maßnahmen gibt es diverse Programme auf dem Markt, die jeweils eine Reihe von Vor- und Nachteile mit sich bringen. Es empfiehlt sich daher, das Softwareprogramm „Excel“ zu verwenden, hier ist es ohne weiteres möglich alle Abläufe innerhalb der Abfallwirtschaftstrukturen der einzelnen Körperschaften abzubilden. Ferner ist Excel für die künftig unvermeidbare Fortschreibung des Konzeptes sehr gut geeignet, da es relativ flexibel und anpassbar ist. Zudem lässt sich das Programm bei Bedarf um weitere Umweltwirkungen ergänzen. Des Weiteren erlaubt die überschaubare Struktur des Programms einen relativ schnellen Zugriff auf die Daten.

Einen möglichen Ansatz zur Überprüfung des erarbeiteten Abfallbehandlungskonzeptes stellt die Anstellung von Indikatoren (z.B. Erfassungsquote, Recyclingquote und CO₂-Bilanz etc.) dar. Der Vergleich des Ist- und Soll-Zustandes der Indikatoren (z.B. CO₂-Bilanz) lässt Rückschlüsse auf die Effektivität des Konzeptes zu.

Infolge der Flexibilität des Konzeptes und bedingt durch die zu gewinnenden Erkenntnisse über die Effektivität der umzusetzenden Maßnahmen muss das Controlling-Konzept ggf. mit der Zeit angepasst bzw. durch zusätzliche Maßnahmen ergänzt werden, was zur Optimierung des Konzeptes führen sollte.

Die Durchführung des Controlling-Konzeptes bedarf personellen und damit einhergehend finanzielle Ressourcen. Diese ist durch die betroffenen Körperschaften zu regeln. Hierzu kann ein Plan aufgestellt werden, welcher zum effektiven und effizienten Einsatz der Zuständigen dienen soll. Dieser soll den Turnus der Datenerfassungen beinhalten.

Im Rahmen des Controlling-Konzeptes sind einige Elemente zu erfassen und fortzuschreiben, wobei das Hauptaugenmerk auf die CO₂-Emissionen gelegt wird. Im Folgenden werden die wesentlichsten Elemente beschrieben:

Abfallbilanz

Zur Ermittlung des Ist-Zustandes der CO₂-Bilanz sind die Menge und Zusammensetzung der zu behandelten Abfälle (Input) kontinuierlich zu dokumentieren. Diese Datengrundlage erlaubt zudem Aussagen über die Entwicklung der Stoffströme.

Da die Erfassung der Abfallbilanz bislang ohnehin durch die Körperschaften durchgeführt wird, dürfte sie basierend auf den gesammelten Erfahrungen auch weiterhin reibungslos erfolgen.

CO₂-Emissionen

Das erarbeitete Abfallbehandlungskonzept zielt auf eine Minderung von CO₂-Emissionen ab. Zur Sicherstellung der Reduzierung der THG-Emissionen sind daher die aus der Abfallbehandlung abzuleitenden Ist-Emissionen kontinuierlich auszurechnen, zu dokumentieren und mit den anfänglich berechneten Soll-Emissionen zu vergleichen.

Zur Ermittlung der Ist-Emissionen sind neben den erwarteten Emissionen infolge des Behandlungsverfahrens auch die durch LKWs bei Sammlung und Transport der Abfälle zu entstehenden Emissionen zu betrachten.

Dokumentation

Zur regelmäßigen Beurteilung des Maßnahmenkatalogs sind jährlich Maßnahmenberichte zu erstellen, was eine angemessene Dokumentation der Entwicklung der Parameter (Indikatoren) erfordert. Diese Berichte dienen der zuständigen Behörde und den Verantwortlichen, die Auswirkungen des Konzeptes in transparenter Form nachzuvollziehen. Basierend auf den dokumentierten Daten sollte ebenfalls die Öffentlichkeit durch eine kompakte Darstellung des Konzeptes in regelmäßigen Abständen auf den aktuellen Stand gebracht werden.

Nachstehende Abbildung gibt einen schematischen Überblick über die Vorgehensweise des Controlling-Konzeptes.

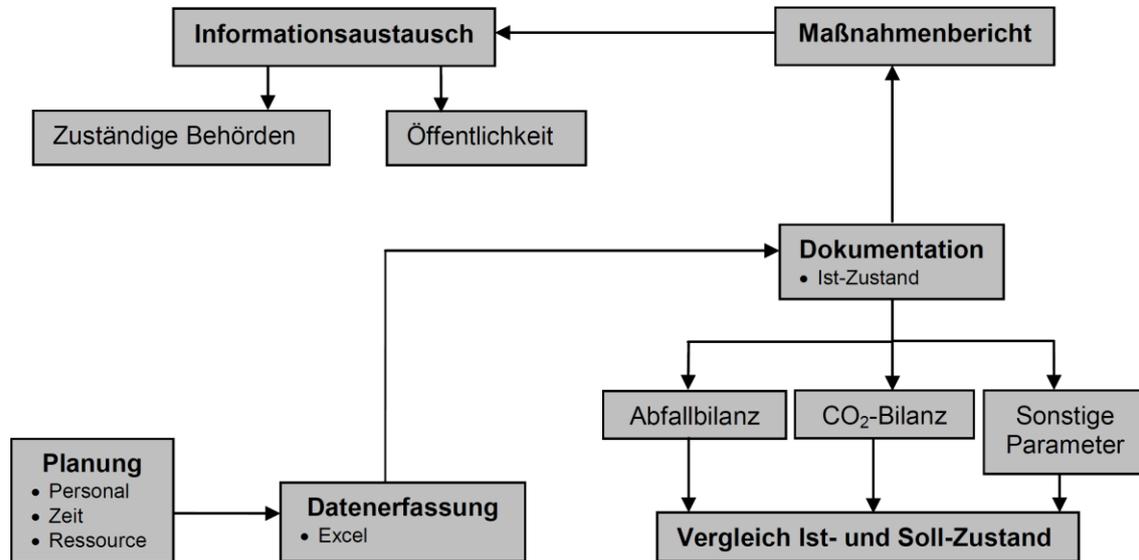


Abbildung 21: Schematische Darstellung des Controlling Konzeptes

9 KOMMUNIKATIONSSTRATEGIE

Die Kommunikationsstrategie dient dazu, die im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes erarbeiteten Inhalte der Bevölkerung zu vermitteln. Hier wurde schon zu Projektbeginn versucht, die lokalen Akteure und die Mitbürger der drei Gebietskörperschaften frühestmöglich einzubinden und für die Thematik zu sensibilisieren. Eine Vorankündigung erfolgte in der lokalen Presse und auf den Internetauftritten der Gebietskörperschaften. Die Vorstellung der Ergebnisse findet nach einer Vorankündigung in einer gemeinsamen Veranstaltung der Umweltausschüsse der Landkreise Neustadt a.d.Waldnaab und Tirschenreuth, sowie der Stadt Weiden statt. Die vorgestellten Ergebnisse werden zudem in der lokalen Presse und auf den Internetauftritten der Gebietskörperschaften veröffentlicht. Printexemplare des Klimaschutzteilkonzeptes liegen in den jeweiligen Abfallberatungsstellen zur Einsicht aus. In den aktuellen Abfallkalendern bzw. Abfallwegweisern der Landkreise bilden die Einführung der Biotonne und deren Umgang eines der zentralen Themen. In den kommenden Ausgaben werden die zentralen Ergebnisse der Studie dargestellt.

Für Rückfragen stehen die Sachbearbeiter der Abfallwirtschaft, die Abfallberater und das begleitende Ingenieurbüro auch nach Abschluss der Studie zur Verfügung.

10 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Im Zuge des vorliegenden Klimaschutzteilkonzeptes wurden die abfallwirtschaftlichen Strukturen der drei Gebietskörperschaften hinsichtlich der Treibhausgaseinsparpotentiale im Bereich der Abfallwirtschaft untersucht. In der nachfolgenden Zusammenfassung sollen die wesentlichen Ergebnisse kurz zusammengefasst und die nötigen Schritte hin zu einer möglichen Abfallvergärungsanlage aufgezeigt werden.

Nach Auswertung der zur Verfügung gestellten Daten und Abschluss der Fragebogenaktion fallen in den Gebietskörperschaften pro Jahr ca. 37.000 Mg an organischen Reststoffen an. Hiervon stehen nach Abzug der nicht in einer Vergärungsanlage verwertbaren Stoffströme, die auch weiterhin auf anderen Wegen stofflich oder energetisch verwertet bzw. entsorgt werden müssen, ca. 24.000 Mg für eine Verwertungsanlage im Raum der Gebietskörperschaften zur Verfügung. Vergleicht man die CO₂-Emissionen der möglichen Verwertungswege zeigt sich, dass bei Beibehaltung der bestehenden Entsorgungswege - mit LKW Transport zur Verwertungsanlage über ca. 262.000 km - ca. 75 Tonnen CO₂ anfallen. Stellt man dem die regionale Vergärung gegenüber, ergibt sich eine theoretische CO₂ Einsparung von ca. 4.454 Mg. Dies entspricht dem CO₂ Ausstoß eines Mittelklassewagens (180 g/km) bei ca. 618 Erdumrundungen. In diesem Zusammenhang ist jedoch zwingend anzumerken, dass die Einsparungen im Wesentlichen auf der Treibhausgasgutschrift beruhen, die in diesem Zusammenhang die Einsparung an fossilen Brennstoffen widerspiegelt.

Hinsichtlich der in Frage kommenden Verfahrenstechnik wurden im Rahmen der Studie die beiden gängigsten Verfahren in Form einer Trockenfermentation (Garagenfermenter) und einer Nassvergärung (Pfropfenstromfermenter) untersucht. Die Vorteile liegen bei den Garagenfermentern in der sehr einfachen Verfahrenstechnik, mit der allerdings nur sehr geringe Gasausbeuten erzielt werden können. Pfropfenstromfermenter liefern im Vergleich der Anlagentypen die mit Abstand größten Gaserträge und liegen trotz der anspruchsvolleren Anlagentechnik in den Anschaffungs- und Betriebskosten nur geringfügig über den technisch einfacheren Verfahren. Unabhängig von der gewählten Verfahrenstechnik zeigt sich, dass eine detaillierte Betrachtung der Gesamtanlage ohne einen konkreten Standort nicht möglich ist. Im Rahmen der Studie wurden zwei mögliche Standorte einer groben Ersteinschätzung unterzogen. Der Standort im Gewerbegebiet Weiden-West III liegt relativ zentral innerhalb der Gebietskörperschaften, durch die bereits angesiedelten Gewerbebetriebe könnte hier auch ein relativ großer Teil der Abwärme genutzt werden. Abgesehen von den äußerst günstigen technischen Randbedingungen ist der Standort aus emissionsschutzrechtlicher Sichtweise sehr kritisch zu betrachten, da die Errichtung einer Abfallvergärungsanlage in Mitten der Frischluftschneise zwischen Manteler Forst und der Innenstadt zu einer nicht absehbaren Beein-

trächtigung des innerstädtischen Klimas führen würde. Der zweite betrachtete Standort auf der Deponie Weiherhammer liegt nur ca. 8 km Luftlinie von dem Standort im Gewerbegebiet entfernt. Der Standort zeichnet sich durch die vorhandene Infrastruktur und die aus emissionsschutzrechtlicher Sicht positive, abgeschiedene Lage aus. Die abgeschiedene Lage erfordert jedoch auch ein sinnvolles Wärmenutzungskonzept zur Vermarktung der anfallenden Abwärme ohne deren Erlöse eine Anlage dieser Art nicht wirtschaftlich zu betreiben ist.

Obwohl eine belastbare wirtschaftliche Betrachtung im Rahmen des beauftragten Klimaschutzteilkonzeptes nicht möglich ist sollte versucht werden, Kosten und Erlöse auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen abzuschätzen. Die Erlöse liegen für einen betrachteten Propfenstromfermenter mit einem geschätzten Gasertrag von ca. 3 Mio. m³ Rohgas ohne Zusatzerlöse aus dem Stromhandel, Wärmeverkauf und mögliche Erlöse für die Gärprodukte bei.

ca. 1 – 1,5 Mio Euro pro Jahr. Ein vergleichbarer Garagenfermenter erzeugt nur ca. 2 Mio. m³ Rohgas. Nicht berücksichtigt sind hierbei mögliche Anlagenausfälle, Zusatzkosten für Nachrüstungen und verminderte Gasausbeuten, die durch Zuzahlungen ausgeglichen werden müssen. Bei anderen Anlagenbetreibern liegen die Zuzahlungen zwischen 10 – 50 €/t. Zum derzeitigen Zeitpunkt ist auch eine Vermarktung der flüssigen Gärreste noch nicht geklärt. In Regionen mit einem großen Angebot an Gülle aus der Tierhaltung ist hier ebenfalls mit Zuzahlungen von bis zu 15 Euro pro Tonne zu rechnen.

Die Investitionskosten können wie die Erlöse nur sehr grob abgeschätzt werden. Für die Anlagentechnik zur Abfallvergärung ist hier mit ca. 6 – 8 Mio. Euro zu rechnen. Nicht berücksichtigt sind hier die Investitionskosten für mögliche Lösungen zur Nahwärmenutzung. Am Beispiel eines Nahwärmenetzes ist hier mit zusätzlichen Kosten in Höhe von ca. 300 €/m zuzüglich der einzelnen Hausanschlüsse zu rechnen.

Im Ergebnis zeigt sich, dass eine fundierte Kostenschätzung ohne eine erweiterte Grundlagenermittlung und standortbezogene Vorplanung nicht möglich ist. Abschließend sollen die nötigen weiteren Schritte aufgezeigt werden.

- Sortieranalyse der Bioabfälle zur Bestimmung der Zusammensetzung einschließlich Probenahme und Bestimmung der Gasbildungsraten im Praxisversuch
- Störstoffanalyse zur Auslegung der Anlagentechnik, insbesondere der Aufbereitung
- Konkretisierung des Anlagenstandortes ggf. mit Baugrundgutachten
- Standortbezogenes Wärmenutzungskonzept mit Lastkurvensimulation
- Marktrecherche zum Absatz der Gärprodukte
- Konkrete Anlagenauslegung auf Vorplanungsniveau Mit Kostenschätzung

Literaturverzeichnis

Barghoorn, M.; Gössele, P.; Kaworski, W. (1986): Bundesweite Hausmüllanalyse 1983-85, Umweltbundesamt (UBA), Forschungsbericht 10303508 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.

BMU (2014): Merkblatt Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 15.09.2014.

Greiner, B.; Barghoorn, M.; Dobberstein, J.; Eder, G.; Fuchs, J.; Gössele, P. (1983): Chemisch-physikalische Analyse von Hausmüll, Umweltbundesamt (UBA), Forschungsbericht 83-033 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.

IPCC (2014): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

NIR (2013): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2013; Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2011, Dessau-Roßlau.

Rolland, C. (2003): "Biologisch abbaubarer Kohlenstoff im Restmüll", Umweltbundesamt.

Fachverband Biogas e.V. Freising (persönliche Gespräche und Literatur)

Biogasforum Bayern

Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Bayern

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG 2014 / 2017

Arbeitsausschuss „Biologische Abfallbehandlung“ der EdDE e.V.