

BIOLOGISCHE ABFALLBEHANDLUNG IN DER STEIERMARK UND IHR BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ

Barbara Gastinger

Universität Graz, Institut für Systemwissenschaften,
Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung

Graz, Oktober 2013

ISIS Reports #5

ISIS reports are a publication platform of the Institute of Systems Sciences, Innovation and Sustainability Research (ISIS), University of Graz. Founded in 2012, they communicate new scientific work performed by and with members of the ISIS team.

Publisher: ISIS, Merangasse 18, A-8010 Graz, Austria

Series editors: Wilfried Winiwarter, Ulrike Gelbmann, and Rupert J. Baumgartner

ISSN 2305-2511 (print)

ISSN 2308-1767 (online)

Series web page: <http://isis.uni-graz.at/reports>

© Author(s), 2013

Creative Commons Copyright licence 3.0, Austria

<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/at/legalcode>



ISIS reports receive limited review only. Statements and opinions expressed therefore do not necessarily indicate positions held by the editors, ISIS or the University of Graz. Achievements as well as responsibilities solely remain with the author(s).

Please cite the current report as:

B. Gastinger (2013). Biologische Abfallbehandlung in der Steiermark und ihr Beitrag zum Klimaschutz. In: W. Winiwarter, U. Gelbmann, and R. J. Baumgartner (Series Eds.), ISIS reports #5, ISSN 2305-2511 (print), ISSN 2308-1767 (online), ISIS, Graz, Austria

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der aktuellen Situation der biologischen Abfallbehandlung in der Steiermark und zeigt auf, welche Emissionen bei der aeroben und der anaeroben Behandlung, sowie dem Transport der biogenen Abfälle entstehen.

Berechnungen in Kombination mit bereits vorliegenden Daten haben ergeben, dass in der Steiermark pro Jahr in etwa 130.000 Tonnen biogener Abfälle anfallen. Knapp 100.000 Tonnen davon sind biogene Siedlungsabfälle. Die restlichen Abfälle stammen aus dem gewerblichen Bereich, also aus Gastronomiebetrieben, Kasernen, Krankenhäusern, Senioren- und Pflegeheimen, sowie dem Lebensmitteleinzelhandel.

Eine Erhebung unter den steirischen Gemeinden und Entsorgungsbetrieben ergänzt mit einer Literaturrecherche hat gezeigt, dass knapp 85 Prozent der biogenen Abfälle in der Steiermark aerob behandelt werden. Ungefähr 10 Prozent werden in einer Biogasanlage vergärt. Die restlichen biogenen Abfälle werden entweder in einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlage verwertet oder in andere Bundesländer exportiert. Die dabei zurückgelegten Transportwege betragen in Summe in etwa 570.000 Kilometer und verursachen Emissionen in Höhe von knapp 600 Tonnen CO₂-Äquivalenten.

Aus den genannten Mengenströmen ergeben sich jährliche Emissionen von rund 3.065 Tonnen CO₂-Äquivalenten aus der Kompostierung und eine Emissionsgutschrift von 394 Tonnen aus der Vergärung, wobei bei Letzterem nur jene vergärten Bioabfälle berücksichtigt wurden, die, aufgrund ihres Feuchtigkeitsanteils, auch für die Behandlung in einer Kompostieranlage in Frage kommen würden. Sowohl bei der aeroben als auch bei der anaeroben Behandlung wurden Emissionen durch Energieverbrauch, prozessbedingte Emissionen und etwaige Emissionsgutschriften (bei der Kompostierung z. B. durch Kohlenstofffixierung und Mineraldüngereinsparungen) berücksichtigt.

Aus Sicht des Klimaschutzes wäre also die Vergärung die zu bevorzugende Alternative. In Anbetracht der Tatsache, dass Kompost weitere positive Eigenschaften aufweist, wie z. B. Verbesserung der Bodenstruktur und Erhöhung der Biodiversität, ist eine vollkommene Umleitung der Mengenströme hin zur anaeroben Behandlung nicht zielführend. Eine teilweise Umleitung, zur Kompensierung der Emissionen aus der Kompostierung, könnte jedoch in Zukunft angedacht werden, um so die biologische Abfallbehandlung CO₂-neutral zu gestalten.

Abstract

This paper deals with the current situation of biological waste management in Styria and shows the emissions caused by aerobic and anaerobic treatment as well as the emissions from transport of bio-waste.

Calculations combined with existing data have shown that in Styria 130.000 tons of bio-waste arise every year. Therefrom 100.000 tons are communal bio-waste. The rest comes from hospitals, barracks, retirement homes, gastronomy and food retailing.

A survey at Styrian municipalities and waste management enterprises supplemented with literature research has revealed that 85 per cent of Styrian bio-waste is treated in composting plants. 10 per cent will be fermented at a biogas plant. The rest will be exported or treated in a so-called mechanic-biologic waste treatment plant. Collecting all this bio-waste causes nearly 600 tons of CO₂-equivalents. In total this means that more than 570.000 kilometres have to be driven.

The annual emissions caused by composting come up to about 3.065 tons CO₂-equivalents, while from fermentation results an emission credit of 394 tons, but I have to say, that this emission credit includes only the bio-waste that is also suitable for the treatment in composting plants. The emissions balances of both treatment options include emissions from energy consumption, process emissions, but also emission credits, e.g. for carbon fixation and reduction of the use of mineral fertilizers.

From the view of climate protection anaerobic treatment has to be preferred. Regarding all other positive attributes of compost, like improvement of soil structure and increase of biodiversity, a total redirecting of bio-waste to biogas plants is unrewarding. On the contrary a partial redirection would make more sense because so the emissions from composting could be compensated and biological waste management in Styria would be CO₂-neutral.

Inhalt

1. Einleitung	1
1.1 Problemstellung	2
1.2 Zielsetzung	5
1.3 Methodik	5
1.4 Vorgehensweise	9
2. Verfahren zur Behandlung biogener Abfälle	12
2.1 Aerobes Behandlungsverfahren	12
2.1.1 Der Rotteprozess	12
2.1.2 Kompostierverfahren	13
2.1.3 Ausgangsmaterialien	14
2.1.4 Anlagenformen	15
2.1.5 Anwendung von Kompost	16
2.2 Anaerobes Behandlungsverfahren	16
2.2.1 Prozess der Biogasentstehung	17
2.2.2 Ausgangsmaterialien	19
2.2.3 Funktionsweise einer Biogasanlage	19
2.2.4 Vergärungsverfahren	20
2.2.5 Verwendung von Biogas	21
3. Behandlungsanlagen in der Steiermark	22
3.1 Aerobe Behandlungsanlagen	22
3.1.1 Landwirtschaftliche Kompostieranlagen	23
3.1.2 Gewerbliche und kommunale Kompostieranlagen	25
3.1.3 Einzel- und Gemeinschaftskompostierung	27
3.2 Anaerobe Behandlungsanlagen	27
4. Zusammensetzung und Mengen der biogenen Siedlungsabfälle	31
4.1 Biotonne	33
4.2 Kommunale Garten- und Parkabfälle	34
4.3 Friedhofsabfälle	36
5. Küchen- und Speiseabfälle aus der Gastronomie	38
5.1 Allgemeines	38
5.3 Hotels und ähnliche Beherbergungsbetriebe	39

5.4	Sonstige Beherbergungsbetriebe	46
5.5	Gastronomiebetriebe mit höchstens 8 Gästebetten	47
5.6	Zusammenfassung Gastronomie	49
6.	Biogene Abfälle aus Großküchen und dem Lebensmitteleinzelhandel	52
6.1	Kasernen	52
6.2	Krankenhäuser	55
6.3	Senioren- und Pflegeheime	58
6.4	Zusammenfassung Großküchen	60
6.5	Vergleich zwischen Gastronomie und Großküchen	62
6.6	Lebensmitteleinzelhandel	63
6.6.1	Allgemeines	63
6.6.2	Biogene Abfälle von steirischen Lebensmitteleinzelhandelsbetrieben	64
7.	Transportwege der biogenen Abfälle	67
7.1	Transportwege in der Steiermark	67
7.2	Klimarelevanz des Transportes biogener Abfälle	69
7.3	Potenziale zur Emissionsreduktion	71
8.	CO₂-äquivalente aus der biologischen Abfallbehandlung	73
8.1	Klimarelevante Emissionen aus der aeroben Abfallbehandlung	73
8.1.1	Emissionen durch Energieverbrauch	74
8.1.2	Prozessbedingte Emissionen	76
8.1.3	Emissionsreduktionspotenzial aus der Substitution von Mineraldünger	80
8.1.4	Emissionsreduktion durch Kohlenstoff-Fixierung	81
8.1.5	Emissionsbilanz der aeroben Abfallbehandlung	82
8.2	Klimarelevante Emissionen aus der anaeroben Abfallbehandlung	83
8.2.1	Energieverbrauch	84
8.2.2	Prozessbedingte Emissionen	85
8.2.3	Vermiedene Emissionen aus der Substitution von fossilen Brennstoffen	88
8.2.4	Emissionsbilanz der anaeroben Abfallbehandlung	91
8.3	Mengenströme der biogenen Abfälle und deren Auswirkungen	93
9.	Schlussfolgerungen	97
10.	Literaturverzeichnis	99

1. Einleitung

Werden Klimaschutzziele bzw. Ziele zur Emissionsreduktion festgelegt, so muss jeder Sektor seinen Anteil dazu beitragen. Auch die Abfallwirtschaft ist davon nicht ausgenommen, obwohl ihr Beitrag an den in Österreich verursachten Treibhausgasemissionen mit ca. 2,3 Prozent im Jahr 2008 eher gering ausfällt (siehe Abbildung 1) Im Jahr 2009 entsprach dieser prozentuelle Anteil 1,9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten und ist somit im Vergleich zum Vorjahr um 5,6 Prozent gesunken. Unter CO₂-Äquivalenten versteht man die relative Treibhauswirksamkeit eines Treibhausgases im Vergleich zum Treibhausgas CO₂.¹

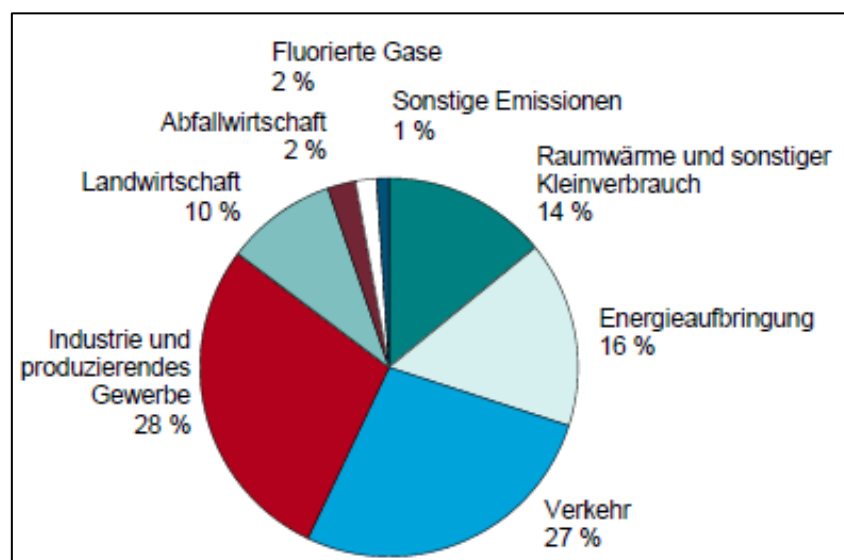


Abbildung 1: Anteil der Sektoren an den gesamten Treibhausgasemissionen in Österreich 2009 (auf ganze Zahlen gerundet)²

Obwohl die Abfallwirtschaft ein kleinerer Emittent ist und zudem einer der wenigen Sektoren in Österreich ist, in dem die Klimaschutzziele, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls festgelegt wurden, erreicht werden, bestehen in diesem Bereich durchaus noch weitere Reduktionspotenziale.

¹ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2010, S. 38ff / Umweltbundesamt GmbH, 2011a, S. 106ff

² Umweltbundesamt GmbH, 2011a, S. 23

1.1 Problemstellung

Die Hauptemissionsquellen in der Abfallwirtschaft sind neben der Deponierung, auch die Kompostierung und die mechanisch-biologische Abfallbehandlung, sowie die Abwasserbehandlung. Vor allem die Deponien tragen mit einem Anteil von ca. 76 Prozent maßgeblich zu den gesamten, der Abfallwirtschaft zugerechneten Treibhausgasemissionen bei. Auf die biologische Abfallbehandlung, die für diese Arbeit von Bedeutung ist, entfallen hingegen nur knapp 9 Prozent der Treibhausgasemissionen der Abfallwirtschaft, wobei anzumerken ist, dass die Emissionen in diesem Bereich seit 1990, dem Kyoto-Basisjahr, um 383 Prozent angestiegen sind.³ Abbildung 2 zeigt diese Trendentwicklung in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten.

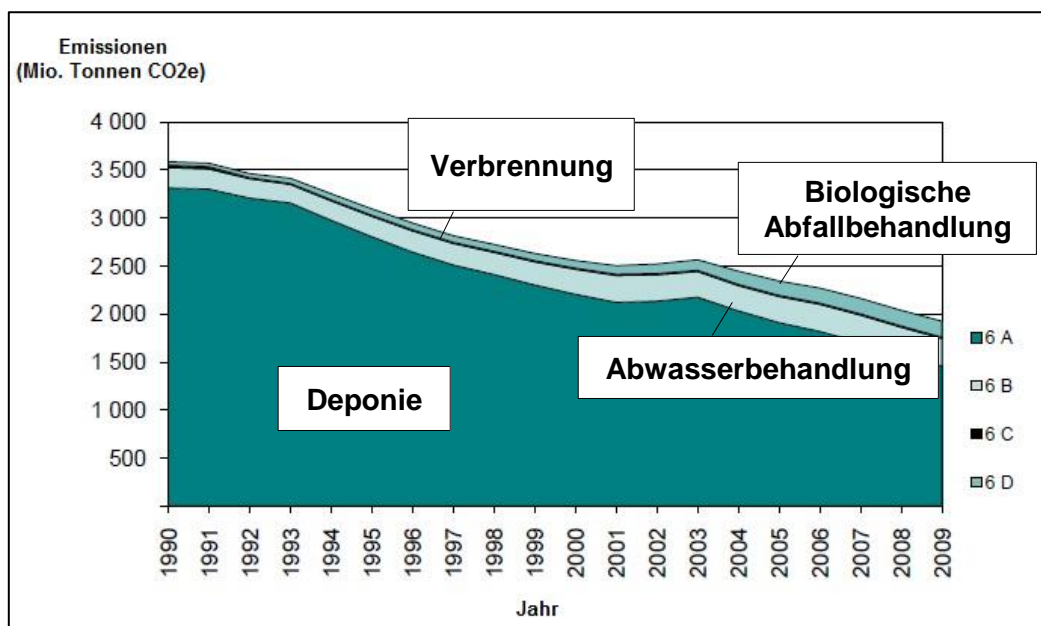


Abbildung 2: Gesamtemissionen der Abfallwirtschaft in Österreich 1990-2009⁴

Der Anteil der biologischen Abfallbehandlung an den gesamten nationalen Treibhausgasemissionen beträgt in etwa 0,2 Prozent. Von diesen Emissionen entfallen rund 80 Prozent, auf die Kompostierung.⁵ Der starke Anstieg der Emissionen im Bereich der biologischen Abfallbehandlung ist damit zu erklären, dass in den vergangenen Jahren die Mengen an biogenen Abfällen, die der Kompostierung, sowie der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung zugeführt wurden, stetig anstiegen.⁶

³ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011a, S. 106 / Umweltbundesamt GmbH, 2011c, S. 395f

⁴ Umweltbundesamt GmbH, 2011c, S. 371

⁵ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011a, S. 107 / Lampert, 2011

⁶ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011c, S. 395

Relevante Treibhausgase, die im Bereich der biologischen Abfallbehandlung entstehen, sind Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O).⁷ Vergleicht man die Entwicklung der Methan- und Lachgas-Emissionen im Zeitraum von 2000 bis 2009 (siehe Tabelle 1), so scheint es auf den ersten Blick, dass die Auswirkungen der Methanemissionen wesentlich größer sind als die Lachgas-Emissionen. Dieser Eindruck täuscht jedoch, denn es muss zuerst das Treibhausgaspotenzial der beiden vorkommenden Treibhausgase betrachtet werden. Im Falle von Methan liegt dieses Treibhausgaspotenzial bei 21, d.h., dass die Treibhauswirkung von Methan 21-mal höher ist, als jene von CO₂. Die Treibhauswirkung von Lachgas ist sogar um 310-mal höher als jene von CO₂. Multipliziert man die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Werte mit dem genannten Treibhausgaspotenzial, so erhält man die Gesamtemissionen aus dem Bereich der biologischen Abfallbehandlung für das jeweilige Jahr.⁸

Tabelle 1: Treibhausgasemissionen aus der biologischen Abfallbehandlung 1996-2009⁹

Jahr	CH ₄ - Emissionen (in Mio. Tonnen)	N ₂ O-Emissionen (in Mio. Tonnen)	Gesamtemissionen (in Mio. Tonnen CO ₂ - Äquivalenten)
2000	1,24	0,17	78,81
2001	1,41	0,19	89,35
2002	1,58	0,22	99,81
2003	1,74	0,24	109,74
2004	2,16	0,30	137,75
2005	2,33	0,32	149,30
2006	2,44	0,34	156,43
2007	2,52	0,35	161,59
2008	2,55	0,35	163,11
2009	2,61	0,36	167,12
Trend 1990-2009	402 %	375 %	383 %

⁷ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011a, S. 114

⁸ vgl. Koch, 2009, S. 86 / Umweltbundesamt GmbH, 2011c, S. 395f / IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, S. 33

⁹ Auszug aus Umweltbundesamt GmbH, 2011c, S. 396

Vergleicht man die Zahlen vom Basisjahr des Kyoto-Protokolls 1990 mit denen von 2009, zeigt sich ein großer Anstieg der Emissionen in diesem Bereich. Die Methan-Emissionen haben um 402 Prozent zugenommen, während sich die Lachgas-Emissionen ebenfalls sehr deutlich, nämlich um 375 Prozent, erhöht haben.¹⁰

Wie bereits erwähnt, werden in dieser Arbeit die Emissionen aus der biologischen Abfallbehandlung, genauer gesagt aus der Kompostierung und Vergärung, betrachtet. Bevor jedoch ein Vergleich der verschiedenen Behandlungsmethoden angestellt wird, werden die in der Steiermark anfallenden Mengen an biogenen Abfällen ermittelt, da diese bisher nur teilweise bekannt sind. Mengen sind nur von den biogenen Siedlungsabfällen bekannt. Wie groß die Menge an gewerblichen biogenen Abfällen in der Steiermark ist, wurde bislang noch nicht erhoben und wird in dieser Arbeit berechnet. Die Schwierigkeit dabei ist, dass eine flächendeckende Abfallerhebung aufgrund der Vielzahl der Betriebe nicht möglich ist und daher auf andere Methoden, wie beispielsweise Hochrechnungen auf Basis von anderen Studien oder Teilerhebungen und anschließende Literaturvergleiche, zurückgegriffen werden muss.

Welche Transportstrecken vom jeweiligen Anfallort der biogenen Abfälle zu den Behandlungsanlagen zurückgelegt werden, ist bis dato ebenso nicht erfasst und ist daher Gegenstand dieser Untersuchung. Die Berechnung der Transportstrecken dient außerdem dazu, die Klimarelevanz der Sammlung biogener Abfälle festzustellen. Die zu Beginn berechneten Mengen dienen hier als Grundlage für die Ermittlung der Transportwege und der daraus resultierenden CO₂-Äquivalente. Aufgrund dessen, dass die Entsorgungsstruktur in der Steiermark sehr dezentral und komplex ist und z. B. teilweise regionale Subunternehmen im Auftrag eines größeren Entsorgungsunternehmens tätig sind bzw. gewerbliche und kommunale Bioabfälle von verschiedenen Entsorgungsunternehmen gesammelt werden, werden einige vereinfachende Annahmen getroffen (Details dazu siehe Kapitel 1.3), um die zurückgelegten Transportwege näherungsweise ermitteln zu können.

Da ebenfalls nicht flächendeckend bekannt ist, welche Abfälle in welchen Anlagen behandelt werden, wird anhand von Daten der Kompostieranlagenbetreiber, sowie von Informationen der Gemeinden und Entsorgungsströme auf die Mengenströme in der Steiermark geschlossen, d. h., es wird ermittelt, welche Abfallmengen in Kompostier- bzw. Biogasanlagen in der Steiermark behandelt werden und welche einem anderen Verwertungsweg zugeführt werden. Diese Mengenströme bilden auch die Basis für die Berechnung der CO₂-Äquivalente aus der aeroben und anaeroben Behandlung. Bevor jedoch die CO₂-Äquivalente aus der biologischen Abfallbehandlung für die

¹⁰ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011c, S. 395f

gesamten Abfallmengen berechnet werden, müssen die Emissionen bzw. Emissionsgutschriften pro Tonne behandeltem Bioabfall ermittelt werden, was anhand von Werten aus der Literatur erfolgt. Dabei müssen sowohl Emissionen aufgrund von Energieverbrauch, prozessbedingte Emissionen und Emissionsgutschriften, z. B. durch Substitution von fossilen Energiequellen oder Mineraldünger, miteinbezogen werden.

Abschließend werden die aus den Transportwegen berechneten CO₂-Äquivalente in Relation zu den Emissionen aus der aeroben und anaeroben Behandlung in der Steiermark gesetzt, um die Bedeutung der einzelnen Bereiche ersichtlich zu machen. Durch Verschiebungen der Mengenströme können in weiterer Folge etwaige Emissionsreduktionspotenziale für die biologische Abfallbehandlung in der Steiermark aufgezeigt werden.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, die biologische Abfallbehandlung in der Steiermark darzustellen und zu analysieren, welchen Beitrag dieser Bereich zum Klimaschutz in der Steiermark leisten kann. Im Rahmen dieser Magisterarbeit werden daher folgende Forschungsfragen behandelt:

- *Woher stammen die biogenen Abfälle, die in den steirischen Behandlungsanlagen verwertet werden?*
- *Wie groß sind die anfallenden Mengen an gewerblichen Küchen- und Speiseresten in der Steiermark?*
- *Welche Transportwege entstehen bei der Entsorgung und Verwertung der biogenen Abfälle?*
- *Welche klimarelevanten Emissionen entstehen aus den berechneten Transportwegen?*
- *Welche klimarelevanten Emissionen entstehen bei der Behandlung biogener Abfälle?*
- *Wie kann man die klimarelevanten Emissionen, sowohl beim Transport, als auch bei der Behandlung biogener Abfälle in der Steiermark reduzieren?*

1.3 Methodik

Mit den Vorarbeiten zu dieser Arbeit wurde im Sommer 2010 im Rahmen eines Praktikums in der Abteilung FA19D des Landes Steiermark begonnen. Dabei wurde eine Befragung mit Hilfe eines Fragebogens in den steirischen Gemeinden durchgeführt. Dieser Fragebogen war in zwei Bereiche gegliedert, nämlich in Fragen zu den biogenen Siedlungsabfällen und in Fragen zu den gewerblichen biogenen Abfällen. Die Fragen zu den kommunalen biogenen Abfällen beinhalteten beispielsweise die Abholungsintervalle, den Namen des

Entsorgungsunternehmens, die abgeholten Mengen und die Anlage, in der die Abfälle weiterbehandelt werden. Die Fragen zu den gewerblichen biogenen Abfällen bezogen sich ebenfalls auf diese Bereiche. Obwohl die Rücklaufquote mit ca. 80 Prozent sehr hoch war, wurde festgestellt, dass die Fragen zu den gewerblichen biogenen Abfällen von den Gemeinden nur unzureichend beantwortet werden konnten, da die Entsorgerfirmen direkt Verträge mit den betreffenden Betrieben abschließen.

Der nächste Schritt bestand darin, Daten sowohl über die Behandlungsanlagen für die biogenen Siedlungsabfälle als auch über die der gewerblichen biogenen Abfälle von den Entsorgungsunternehmen zu bekommen. Die Daten, die erhoben werden konnten, waren in den meisten Fällen jedoch sehr ungenau und beinhalteten keine mengenmäßige Aufstellung der gesammelten Abfälle und keine Angaben darüber, wie viele Abfälle in welche Behandlungsanlage transportiert werden. Mit Hilfe der regionalen Abfallwirtschaftspläne der einzelnen Abfallwirtschaftsverbände in der Steiermark und der Daten der Behandlungsanlagen über vorhandene Kapazitäten und Herkunft der Abfälle war es aber möglich, die Daten bezüglich der Entsorgung in den Gemeinden zum Großteil zu komplettieren. Somit konnte ein annähernd flächendeckendes Bild über die Entsorgungsstruktur in der Steiermark erstellt werden.

Bevor jedoch die CO₂-Äquivalente aus der biologischen Abfallbehandlung und der Entsorgung der biogenen Abfälle berechnet werden konnten, war es notwendig, die Mengen der anfallenden biogenen Abfälle in der Steiermark zu berechnen. Im Gegensatz zu den gewerblichen biogenen Abfällen waren die Daten der biogenen Siedlungsabfälle aus der kommunalen Abfallerhebung in der Steiermark bis einschließlich 2009 bekannt. Um nun auch die anfallenden Mengen an Küchen- und Speiseabfällen im Bereich der Gastronomie für die Steiermark ermitteln zu können, wurde eine Befragung durchgeführt. Aufgrund der großen Anzahl an Betrieben wurde lediglich eine Stichprobe aller Betriebe befragt. Die Befragung beschränkte sich dabei auf die Hotelbetriebe und Gasthöfe und wurde schriftlich mittels Fragebogen und teilweise telefonisch durchgeführt. Im Laufe der Befragung erwies sich jedoch der für die Befragung gewählte Zeitraum (Mitte November 2011 bis Ende Dezember 2011) als sehr ungünstig. Einige Betriebe, die ausschließlich Sommerbetrieb haben, waren in diesem Zeitraum nicht erreichbar. Andere gaben an, dass sie keine Zeit haben, da die Befragung mitten in der Hauptsaison durchgeführt wird. Im Endeffekt konnten von den ca. 600 befragten Betrieben 21 Hotelbetriebe ausgewertet werden. Eine Antwort konnte zwar von einigen weiteren Betrieben erhoben werden, jedoch waren diese Betriebe sehr klein und gaben an, ihre Bioabfälle über die kommunale Biotonne zu entsorgen bzw. selber zu kompostieren und keine genauen Mengenangaben über die anfallenden Küchen- und Speiseabfälle machen zu können. Einige Betriebe teilten auch mit, dass sie altes Brot getrennt sammeln und dieses dann an Bauern zur Verfütterung zur Verfügung stellen. Aufgrund des geringen Rücklaufs war eine alleinige Hochrechnung mit den

erhobenen Daten der 21 Betriebe nur bedingt aussagekräftig, daher wurde in der Literatur nach Vergleichswerten gesucht. Im Falle der Hotelleriebetriebe wurde eine Studie aus der Schweiz herangezogen und anhand der dort berechneten Werte eine Hochrechnung für die Steiermark durchgeführt. Nachdem überprüft wurde, ob es sich bei der erhobenen Stichprobe um eine Normalverteilung handelt, wurde ein Konfidenzintervall berechnet, um abschätzen zu können in welchem Bereich sich wahrscheinlich 90 Prozent von beliebigen Stichproben befinden werden. Die Berechnung des Konfidenzintervalls wurde getrennt für 0 bis 3 Sterne Betriebe bzw. für 4 bis 5 Sterne Betriebe durchgeführt, da die Erhebungen gezeigt haben, dass in diesen Kategorien die anfallenden Mengen an biogenen Abfällen sehr unterschiedlich sind. Anschließend wurde das auf Basis des genannten Literaturwertes aus der Schweizer Studie ermittelte Resultat mit dem Konfidenzintervall verglichen, mit dem Ergebnis, dass die Werte relativ gut übereinstimmen. Eigene Berechnungen mit der Methode der Schweizer Studie stimmten mit dem ermittelten Konfidenzintervall noch besser überein. Für die übrigen Sparten im Bereich Gastronomie erfolgte die Hochrechnung der anfallenden Mengen an Küchen- und Speisereste jeweils auf Basis von Literaturwerten, ebenso wie für die biogenen Abfälle aus dem Lebensmitteleinzelhandel und aus Senioren- und Pflegeheimen. Für Küchen- und Speisereste aus Krankenhäusern und Kasernen dienen die Ergebnisse aus einer vorliegenden Erhebung des Landes Energie Verein Steiermark (2005) in Kombination mit Werten aus der Literatur als Grundlage.

Basierend auf den ermittelten Mengen und den erfassten Entsorgungswegen wurde für alle Verbandsbereiche der 17 Abfallwirtschaftsverbände in der Steiermark eine Skizze mit den jeweiligen Routen gezeichnet, anhand der die Transportwege berechnet wurden. Für die Darstellung der Routen in einer Landkarte wurde das Vektorgrafikprogramm Inkscape Version 0.48.2-1-win32 verwendet. Die Berechnung der Routen erfolgte mit Hilfe von Google Maps.

Für die Routenwahl waren dabei die zu entsorgenden Mengen und die von den Gemeinden angegebenen Abholungsintervalle maßgebend. Bei den Abholungsintervallen wurde vereinfachend angenommen, dass wenn im Sommer wöchentlich und im Winter 14-tägig entsorgt wird, die Abholung der biogenen Abfälle 39-mal im Jahr erfolgt. Unterschieden sich die von den Gemeinden genannten Abholungsintervalle von denen in den regionalen Abfallwirtschaftsplänen, wurde den Daten der Gemeinden der Vorzug gegeben, mit der Begründung, dass die regionalen Abfallwirtschaftspläne meist älter sind und es in der Entsorgungsstruktur zwischenzeitlich zu Änderungen gekommen sein kann.

Weiters wurde davon ausgegangen, dass zwei Drittel aller biogenen Abfälle im Zeitraum von April bis Oktober anfallen. Diese Annahme konnte getroffen werden, da bei der Erhebung bei den steirischen Gemeinden die monatlichen Abfallmengen erfragt wurden. Einige Gemeinden gaben daher die Abfallmengen

für jeden Monat einzeln an oder wiesen darauf hin, dass die Abfallmengen im Sommer fast doppelt so groß sind wie in den Wintermonaten. Die Abfallmengen pro Gemeinde ergaben sich aus den bekannten Mengen der kommunalen Sammlung zuzüglich den hochgerechneten Werten aus Gastronomie, Großküchen und dem Lebensmitteleinzelhandel. Im Falle von Krankenhäusern und Kasernen war eine eindeutige Zuordnung der Abfälle auf die jeweilige Gemeinde möglich, bei Abfällen aus der Gastronomie und Seniorenheimen wurden die Abfälle zunächst anhand der bekannten Nächtigungs- bzw. Bettenanzahl den einzelnen Bezirken in der Steiermark zugeordnet. Im Bereich des Lebensmitteleinzelhandels erfolgte die Aufteilung anhand der Einwohnerzahl der Bezirke, mit der Begründung, dass umso mehr Lebensmittel benötigt werden, je mehr EinwohnerInnen dort leben. Da eine Ausweitung dieser Berechnungsmethoden, die bei den biogenen Abfällen aus der Gastronomie, den Senioren- und Pflegeheimen, sowie dem Lebensmitteleinzelhandel angewendet wurden, auf die Gemeinden einen erheblichen zeitlichen Mehraufwand dargestellt hätte, wurden die für die Bezirke berechneten Werte mit Hilfe der Einwohnerzahlen auf die steirischen Gemeinden aufgeteilt, um so die dort anfallenden Mengen an biogenen Abfällen abschätzen zu können. Bei der Aufteilung der gewerblichen biogenen Abfälle wurden außerdem nur jene Gemeinden berücksichtigt, von denen Angaben zum Sammelsystem für biogene Abfälle vorlagen. Die Gemeinden, die bei der Befragung angaben, ihre biogenen Abfälle mittels Einzelkompostierung zu verwerten, wurden herausgerechnet, da angenommen wurde, dass dort keine Gewerbebetriebe ansässig sind, in denen biogene Abfälle entstehen. Einzelne Stichproben der Gemeinden mit Einzelkompostierung haben ergeben, dass in diesen Gemeinden meist keine Filiale des Lebensmitteleinzelhandels zu finden ist. Diese Annahme wurde zudem durch die Angaben von Einzelkompostierungs-Gemeinden, wonach es in ihrem Gemeindegebiet keine Gewerbebetriebe gibt, untermauert.

Hinsichtlich der entsorgenden Unternehmen ist noch anzumerken, dass die Abholung der kommunalen und gewerblichen biogenen Abfälle nicht in allen Gemeinden vom selben Unternehmen erfolgt. Da jedoch in denjenigen Gemeinden, in denen Fragen über die Entsorgung der gewerblichen Abfälle beantwortet wurden, die Entsorgungsunternehmen zum Großteil identisch mit denen waren, die auch die kommunalen biogenen Abfälle entsorgen, wurde diese vereinfachende Annahme für die ganze Steiermark getroffen.

Bei der Erstellung der Routen wurde darauf Rücksicht genommen, dass die Transportstrecken möglichst gering gehalten werden, beispielsweise durch mehrmaligen Einsatz desselben LKWs ohne zwischenzeitliche Retourfahrt zum Standort des Entsorgers. Diese Routenplanung war möglich, da die Entsorgung der biogenen Abfälle in der Steiermark grundsätzlich sehr dezentral erfolgt und somit die meisten zurückzulegenden Strecken unter 70 Kilometer liegen. Wurde von den Gemeinden kein Entsorgungsunternehmen angegeben, konnte dies zumeist, wie bereits erwähnt, mit Hilfe der regionalen Abfallwirtschaftspläne

vervollständigt werden. Für nicht angegebene Abholungsintervalle war diese Vorgehensweise nur vereinzelt möglich, daher wurde in diesem Fall das hinsichtlich der entstehenden Transportkilometer günstigste Abholungsintervall herangezogen. Für die ermittelten Emissionen aus dem Transport wurden anschließend Reduktionspotenziale gesucht.

Nach der Berechnung der Transportkilometer, die nur eine grobe Abschätzung der tatsächlich entstehenden Transportkilometer in der Steiermark sind, wurden anhand der ermittelten Werte die daraus resultierenden CO₂-Äquivalente bestimmt. Um die Klimarelevanz der gesamten biologischen Abfallbehandlung in der Steiermark beurteilen zu können, wurden neben den Transportwegen auch die einzelnen Behandlungsarten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Klimaschutz betrachtet. Dabei wurden sowohl die Emissionen aus der eingesetzten Energie, die prozessbedingten Emissionen und die Emissionsgutschriften, z. B. durch Einsparung von Dünger oder Kohlenstofffixierung im Boden, berücksichtigt, wodurch die Erstellung einer Emissionsbilanz und somit eines direkten Vergleichs der beiden Behandlungsarten möglich war.

Abschließend wurde mit Hilfe des Programms STAN ein Flussdiagramm für die Steiermark erstellt, das zeigt, welche Abfallmengen anfallen und welchem Verwertungsweg diese zugeführt werden. STAN (= SToffflussANalyse) ist eine kostenlose Software, welche von der Technischen Universität Wien zur Analyse von Güter- und Stoffflüssen entwickelt wurde. Das Programm ermöglicht eine grafische Darstellung von Prozessen, Stoffflüssen, sowie Systemgrenzen in einem Sankey-Diagramm. Die Stoffflüsse sind alle proportional zu ihren Werten, wodurch sofort ein aussagekräftiges Ergebnis aus der Grafik abzulesen ist.¹¹ Anhand einer Verschiebung der Stoffflüsse bzw. der Verwertungswege und mit Hilfe der ermittelten CO₂-Äquivalente für die einzelnen Behandlungsverfahren ist es sehr schnell möglich, die Auswirkung möglicher Umleitungen zu berechnen und daraus eventuell für die Zukunft infrage kommende Szenarien abzuleiten.

1.4 Vorgehensweise

Zu Beginn dieser Arbeit werden die Verfahren zur Behandlung biogener Abfälle beschrieben. Dieses Kapitel umfasst einerseits die Kompostierung als aerobes Behandlungsverfahren und andererseits die Verwertung von biogenen Abfällen in einer Biogasanlage als anaerobes Behandlungsverfahren. Zunächst wird jeweils der biologische Prozess erklärt, der bei den einzelnen Behandlungsverfahren abläuft. Anschließend wird näher auf die Verfahren, die verwendeten Ausgangsmaterialien, sowie die weitere Verwendung der Endprodukte Kompost und Biogas eingegangen.

¹¹ vgl. © inka software, 2012

Kapitel 3 widmet sich dem aktuellen Stand der Behandlungsanlagen in der Steiermark, wobei auch hier die Unterteilung in aerobe und anaerobe Behandlungsanlagen erfolgt. Es wird aber nicht nur gezeigt, wie viele Anlagen wo in der Steiermark vorhanden sind, sondern darüber hinaus wird die Herkunft der biogenen Abfälle, die einer Verwertung durch Kompostierung zugeführt werden, grafisch dargestellt. Bei den Inputmaterialien für die anaerobe Behandlung war diese Darstellung nicht möglich.

Das darauffolgende Kapitel 4 setzt sich mit den in der Steiermark anfallenden biogenen Siedlungsabfällen auseinander. Neben den bekannten Abfallmengen von Biotonne, kommunalen Garten- und Parkabfällen, sowie Friedhofsabfällen, werden jene Mengen angegeben, die der Einzelkompostierung zugeführt werden. Weiters werden vorhandene, aber ungenutzte Potenziale, für die Verwertung von biogenen Abfällen, insbesondere für die Herstellung von Biogas aufgezeigt.

Für Kapitel 5 musste der Großteil der Daten selbst erhoben werden, da die vorhandene Datenlage nicht ausreichend war (siehe Kapitel 1.3). Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den anfallenden gewerblichen Küchen- und Speiseresten in der Steiermark. Neben den biogenen Abfällen, die in Gastronomiebetrieben anfallen, werden im darauffolgenden Kapitel 6 jene aus Kasernen, sowie aus Senioren- und Pflegeheimen und dem Lebensmitteleinzelhandel betrachtet. Die erhobenen Daten werden, wo möglich, mit Werten aus der Literatur verglichen und in weiterer Folge hochgerechnet.

Dem „Beitrag der biologischen Abfallbehandlung zum Klimaschutz in der Steiermark“ werden die Kapitel 7 und 8 gewidmet. In Kapitel 7 werden zunächst, ausgehend von den Erhebungen bei den steirischen Gemeinden und Entsorgungsbetrieben, die Transportwege der biogenen Abfälle in der Steiermark dargestellt. Auf Basis dieser Transportwege werden die klimarelevanten Emissionen, die durch den Transport von biogenen Abfällen in der Steiermark verursacht werden, berechnet. Kapitel 8 betrachtet anschließend die CO₂-Äquivalente, die bei der biologischen Behandlung von organischen Abfällen, also bei der Kompostierung bzw. der Vergärung, entstehen. Diese Emissionen werden in einer Emissionsbilanz gegenübergestellt und es wird untersucht, ob es sinnvoll ist, die Behandlungswege in irgendeiner Weise umzuleiten.

2. Verfahren zur Behandlung biogener Abfälle

Die Behandlung biogener Abfälle kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten erfolgen. Die erste Möglichkeit ist die Anwendung eines aeroben Behandlungsverfahrens, der Kompostierung. Das Endprodukt dieses Prozesses ist der Kompost. Da jedoch nicht für alle biogenen Abfälle das Kompostierungsverfahren ideal ist, werden vor allem biogene Abfälle mit einem größeren Feuchtigkeitsanteil anaerob in Biogasanlagen behandelt, d.h. sie werden vergärt. Im folgenden Kapitel werden nun die Kompostierung und die Vergärung näher erläutert.

2.1 Aerobes Behandlungsverfahren

Ein Großteil der biogenen Abfälle wird in der Steiermark aerob behandelt, d.h., die Abfälle werden kompostiert. Durch den Prozess der Kompostierung entsteht aus organischen Abfällen ein humusreiches Rotteprodukt, der sogenannte Kompost.¹²

2.1.1 Der Rotteprozess

Für den Abbau des organischen Materials sind Mikroorganismen und die Zufuhr von Sauerstoff (aerober Prozess) entscheidend. Wie der Kompostierungsprozess im Idealfall abläuft und welche Anforderungen es an eine Kompostieranlage gibt, damit ein ordnungsgemäßer Ablauf gewährleistet wird, ist in der Richtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zum „Stand der Technik der Kompostierung“ (2005) genau geregelt.

Der Prozess der Kompostierung ist im Wesentlichen eine Nachahmung des Humusaufbaus im Boden. In der Natur durchläuft das abzubauen organische Material mehrere Nahrungsketten. Die Ausscheidungen des einen Lebewesens sind wieder Nahrung für ein anderes Lebewesen. Diesen Vorgang bezeichnet man als „Humifizierung“, da dabei in der oberen Bodenschicht Huminstoffe angereichert werden. Damit Pflanzen nun die Mineral- und Nährstoffe, die im Ausgangsmaterial enthalten waren, aufnehmen können, muss das organische

¹² vgl. Verbände der Humus- und Erdenwirtschaft, 2011a

Material aber erst vollständig zu CO₂ und Wasser zersetzt werden, unter gleichzeitiger Abgabe von Wärme.¹³

Um diesen Abbauprozess aus chemischer Sicht darzustellen, ist in der nachfolgenden Abbildung 3 die Umwandlung von Glukose in CO₂ und H₂O dargestellt.

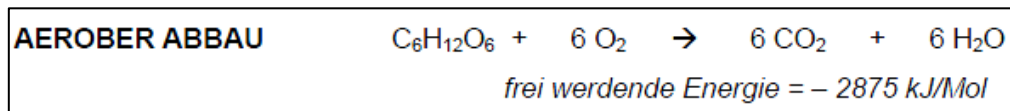


Abbildung 3: Aerober Abbau von Glukose¹⁴

Bei der Herstellung von Kompost in einer Kompostieranlage verläuft dieser Prozess in ähnlicher Weise. Der Prozess läuft dort jedoch nicht vollkommen selbstständig ab, wie in der Natur, sondern wird vom Menschen reguliert, beeinflusst und kontrolliert, wobei auch diverse technische Geräte zum Einsatz kommen. Der Kompostierungsprozess ist in drei Phasen aufgeteilt: die Abbauphase, die Umbauphase und die Aufbauphase. Während diesen unterschiedlichen Phasen sind verschiedene Mikroorganismen, sowie Käfer und Würmer mit dem Abbau der organischen Ausgangsmaterialien beschäftigt. Durch die Aktivität der Lebewesen entsteht Energie, die in Form von Wärme erkennbar wird.¹⁵

2.1.2 Kompostierverfahren

Es gibt verschiedene Verfahren, die zur Kompostierung von biogenen Abfällen verwendet werden können. In jeder Kompostieranlage laufen aber im Regelfall dieselben Prozessschritte ab. Diese Schritte sind die Materialübernahme, die Materialaufbereitung, die Hauptrotte, die Nachrotte, die Feinaufbereitung und die abschließende Nachlagerung.¹⁶ Wie genau diese Schritte normalerweise erfolgen und was es dabei zu beachten gilt, kann in der Richtlinie „Stand der Technik der Kompostierung“ (2005) ab S. 74, in der Grundlagenstudie „Stand der Technik der Kompostierung“ (2005) ab S. 207, sowie im „ÖWAV Regelblatt 518“ über die „Anforderungen an den Betrieb von Kompostieranlagen“ ab S. 16 nachgelesen werden.

Wie erwähnt, kann die Kompostierung auf verschiedene Arten erfolgen. Grundsätzlich kann zwischen Verfahren mit offenen und geschlossenen Systemen unterschieden werden. Zu den offenen Systemen zählen Kompostsilos,

¹³ vgl. Verbände der Humus- und Erdenwirtschaft, 2011c

¹⁴ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005b, S. 27

¹⁵ vgl. Verbände der Humus und Erdenwirtschaft, 2011d / Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), 2009, S. 17

¹⁶ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005a, S. 74

die offene Mietenkompostierung und die überdachte Kompostierung. Geschlossene Systeme zur Kompostierung sind die eingehauste (geschlossene) Mietenkompostierung, die Boxen- und Zeilenkompostierung, die Containerkompostierung, sowie die Tunnelkompostierung.¹⁷

2.1.3 Ausgangsmaterialien

Als Ausgangsmaterialien zur Herstellung von Qualitätskompost können all jene verwendet werden, die in Anlage I Teil 1 der Kompostverordnung angeführt sind.¹⁸ Weiters sieht die Kompostverordnung in Anlage I Teil 2 genaue Vorschriften bezüglich der Herstellung von Qualitätsklärschlammkompost vor. Letztere unterscheiden sich gegenüber den Ausgangsmaterialien zur Herstellung von Qualitätskompost dadurch, dass hier besonderes Augenmerk auf den Herkunftsnachweis oder eine analytische Kontrolle gelegt wird, um mögliche erhöhte Schadstoffkonzentrationen zu verhindern und belastete Materialien vorab auszusortieren.¹⁹

Für die in Österreich und der Steiermark sehr häufig angewendete Mietenkompostierung werden vor allem biogene Abfälle aus der getrennten Sammlung, Friedhofsabfälle, Mähgut, Laub, Strauch- und Baumschnitt, sowie Mist und kommunale Klärschlämme als Ausgangsmaterialien verwendet.²⁰ Dabei gilt der Grundsatz „*Je vielfältiger die Ausgangsmischung ist, desto besser wird das Endprodukt sein*“.²¹ Die Zusammensetzung der Ausgangsmaterialien für die Kompostierung erfolgt aber nicht nur beliebig, sondern es gilt dabei das Verhältnis von Kohlenstoff und Stickstoff (C-N-Verhältnis), sowie weitere Eigenschaften der verschiedenen Ausgangsmaterialien, wie z. B. Porenvolumen, Wassergehalt usw., zu berücksichtigen. Ein optimales C-N-Verhältnis liegt im Bereich von 25-35:1.²² Bei pflanzlichen Abfällen, wie z. B. Gartenabfällen, liegt ein C-N-Verhältnis von ungefähr 35-40:1 vor. Im Gegensatz dazu ist das C-N-Verhältnis bei Speiseresten viel niedriger und liegt in etwa bei 15:1.²³

Nachdem das Material entsprechend aufbereitet wurde und diese wichtigen Parameter eingestellt wurden, beginnt die Hauptrotte. In dieser Phase, die oft auch Intensiv- oder Heißrotte genannt wird, werden die leicht abbaubaren organischen Stoffe, wie z. B. Eiweiße, Fette und einfache Kohlenhydrate, mit Hilfe von Mikroorganismen zersetzt. Während dieser Phase werden im Rottegut Temperaturen von 55 bis 65 °C erreicht. Durch diese hohen Temperaturen findet gleichzeitig eine, vor allem aus seuchenhygienischer Sicht wichtige,

¹⁷ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 15 / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005a, S. 90ff

¹⁸ vgl. Republik Österreich, 14.08.2001, S. 1731

¹⁹ vgl. Republik Österreich, 14.08.2001, S. 1735

²⁰ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 12

²¹ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 13

²² vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 13 / Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), 2009, S. 25

²³ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 13 / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005b, S. 44

Hygienisierung statt, da pathogene Keime, die beispielsweise in Fleischresten vorhanden sind, abgetötet werden. Weiters werden Unkrautsamen und andere Pflanzenteile, die austreiben können, dadurch vernichtet. Um den Rotteprozess zu unterstützen ist ein mehrmaliges Umsetzen der zu kompostierenden Materialien sinnvoll. Dabei kommt es nämlich zu einer Vermischung von Materialien mit verschiedenen Verrottungsgraden und es entsteht ein homogenes Material. Der Umsetzprozess ist außerdem wichtig, um die Sickerwasserbildung zu unterbinden.²⁴ Die Phase der Heißrotte dauert ungefähr 5 bis 10 Wochen und gilt dann als abgeschlossen, „wenn die Temperatur dauerhaft 40 °C nicht mehr übersteigt“.²⁵ Nach Abschluss dieser Intensivrotte liegt ein möglichst emissions- und geruchsarmes Produkt vor.²⁶

In der abschließenden Nachrotte erfolgt die Zersetzung der schwerer abbaubaren Materialien, wie beispielsweise Zellulose oder Lignin. Gleichzeitig werden huminstoffreiche Verbindungen aufgebaut. Diese huminstoffreichen Verbindungen ermöglichen es, dass ein Boden mit Hilfe von Kompost mit Nährstoffen versorgt werden kann, da diese Nährstoffe an die Huminstoffe gebunden werden und nicht mehr so leicht ausgewaschen werden können. Am Ende des Kompostierungsprozesses wird der Kompost noch aufbereitet (Feinaufbereitung), z. B. mittels Siebung, Störstoffabtrennung und Nachzerkleinerung, ehe er an einem geeigneten Standort bis zur Verwendung gelagert wird.²⁷

2.1.4 Anlagenformen

Unabhängig von dem angewendeten Kompostierverfahren können verschiedene Anlagenformen unterschieden werden. Mögliche Anlagenformen sind die Einzelkompostierung, die Gemeinschaftskompostierung, die landwirtschaftliche Kompostierung, sowie die gewerbliche Kompostierung. Diese genannten Anlagenformen unterscheiden sich untereinander durch die Art des Genehmigungsverfahrens. Während bei der Einzelkompostierung, die in privaten Hausgärten stattfindet, sowie bei der Gemeinschaftskompostierung, die eine Art Einzelkompostierungsanlage für Wohnsiedlungen darstellt, kein behördliches Genehmigungsverfahren notwendig ist, ist dies bei der landwirtschaftlichen Kompostierung sehr wohl der Fall.²⁸

Um eine landwirtschaftliche Kompostierungsanlage betreiben zu dürfen, ist eine Genehmigung nach §37 AWG 2002 erforderlich, die in der Steiermark vom Landeshauptmann bzw. der dafür zuständigen Fachabteilung 13A (Umwelt- und

²⁴ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 14 / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005a, S. 51, 86 / ARGE Kompost & Biogas, 2011a / Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), 2009, S. 18

²⁵ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005a, S. 86

²⁶ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005a, S. 87

²⁷ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005a, S. 96ff / ARGE Kompost & Biogas, 2011a / Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), 2009, S. 16

²⁸ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 17ff / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005b, S. 23ff

Anlagenrecht) erteilt wird.²⁹ Weitere Informationen zu landwirtschaftlichen Kompostieranlagen sind in Kapitel 3.1.1 zu finden.

Im Gegensatz zu den landwirtschaftlichen Kompostieranlagen unterliegen die gewerblichen Kompostieranlagen der Genehmigungspflicht gemäß Gewerbeordnung. Ausstellende Behörde für eine derartige Genehmigung ist die jeweilige Bezirkshauptmannschaft.³⁰ In Kapitel 3.1.2 ist eine detailliertere Beschreibung dieser Anlagenform zu finden und es wird, ebenso wie in Kapitel 3.1.1, im Speziellen die Ist-Situation in der Steiermark betrachtet.

2.1.5 Anwendung von Kompost

Komposte weisen eine Vielzahl von chemischen, biologischen und physikalischen Wirkungen für den Boden auf. Unter anderem verbessern sie die Nährstoffaufnahme- und Nährstoffspeicherfähigkeit im Boden, erfüllen eine Düngefunktion, regen das Bodenleben an, sind förderlich für die Verbesserung des Wasserspeichervermögens und der Aggregatstabilität usw.³¹ Aufgrund dieser zahlreichen positiven Eigenschaften ist das Einsatzgebiet von Komposten breit gefächert. Sie finden vor allem in der Landwirtschaft, im Landschaftsbau, in privaten Gärten (hauptsächlich aus der Einzelkompostierung), im Gartenbau und zur Rekultivierung Anwendung. Laut der „Grundlagenstudie zum Stand der Technik der Kompostierung“³² ist dabei aber insbesondere der Bereich des Landschaftsbaus und der Anwendung in privaten Gärten noch ausbaufähig.

Die möglichen Anwendungsgebiete sind abhängig von dem, bei einer externen Güteüberwachung festgestellten, Schwermetallgehalt und der sich daraus ergebenden Güteklasse.³³

2.2 Anaerobes Behandlungsverfahren

Unter dem Begriff „Anaerobes Behandlungsverfahren“ wird in dieser Arbeit die Biogaserzeugung verstanden. Der Vergärung in Biogasanlagen werden vorwiegend organische Abfälle zugeführt, deren Feuchtegehalt sehr groß ist und die somit für die Kompostierung nicht optimal sind. Durch Ablauf eines biologischen Prozesses unter Sauerstoffausschluss wandeln anaerobe Bakterien diese organischen Reststoffe in einer Biogasanlage zu Biogas um. Das so entstandene Biogas, das hauptsächlich aus Methan und Kohlendioxid besteht, ist brennbar und kann in weiterer Folge zur Gewinnung von thermischer und elektrischer Energie herangezogen werden.³⁴ Aufgrund dieses positiven Effektes der Verwertung von biogenen Abfällen mittels Vergärung kann die Verwendung

²⁹ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 18f

³⁰ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 20

³¹ vgl. ARGE Kompost & Biogas, 2011a / Verbände der Humus- und Erdenwirtschaft, 2011b

³² vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005b, S. 23

³³ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011a

³⁴ vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2004, S. 7 / Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b

von fossilen Energieträgern in einigen Bereichen reduziert werden, woraus sich aus Sicht des Klimaschutzes ein begrüßenswertes Ergebnis zeigt (Näheres dazu siehe Kapitel 8).³⁵

Die Rückstände, die bei diesem Verfahren anfallen, die sogenannten Gärrückstände, werden meist im landwirtschaftlichen Bereich weiterverwertet, d. h. direkt auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht oder kompostiert.³⁶ Durch die Weiterverwendung des Gärrückstandes kann die Biogasherstellung als eine Art Recycling betrachtet werden, da die im Ausgangsmaterial vorhandenen Nährstoffe wieder in einen natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden.³⁷

2.2.1 Prozess der Biogasentstehung

Biogas entsteht jedoch nicht nur in einer Biogasanlage. Wie aus dem Wortstamm „bio“ zu schließen ist, ist die Entstehung von Biogas ein biologischer Prozess, der auch in der freien Natur stattfindet, nämlich überall dort, wo Vorgänge unter Ausschluss von Sauerstoff ablaufen, beispielsweise am Grund eines Sees, in einem Moor, im Magen von Wiederkäuern oder in einer Güllegrube.³⁸ Bei der kontrollierten Biogasherstellung wird also, ähnlich wie bei der Kompostierung, ein natürlicher Abbauprozess nachgeahmt. Im Gegensatz zur Kompostierung bzw. Humusbildung erfolgt der Abbau der organischen Ausgangsmaterialien aber in einer sauerstofffreien Umgebung. Als Ausgangsmaterialien können z. B. Mais, Gras, Gülle, Mist, Speisereste, Obst- und Gemüseabfälle usw. verwendet werden.

Der Prozess der Biogasbildung kann in die Phasen Verflüssigung, Versäuerung, Essigsäurebildung und Methanbildung unterteilt werden (siehe Abbildung 4). In der ersten Phase, auch Hydrolyse genannt, werden Kohlenhydrate, Fette und Proteine, die in den Ausgangsmaterialien enthalten sind, mit Hilfe von Bakterien, die Enzyme freisetzen, zu weniger komplexen, wasserlöslichen Verbindungen, wie z. B. Aminosäure, Glukose und Fettsäuren abgebaut.³⁹ Der Prozessverlauf wird vom pH-Wert und der Verweilzeit mitbestimmt.⁴⁰

In der zweiten Phase, als Versäuerungsphase oder auch Acidogenese bezeichnet, werden die bei der Hydrolyse entstandenen Produkte weiter umgewandelt zu niedrigeren Fettsäuren (z. B. Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure), niederen Alkoholen und Aldehyden. Weiters kommt es noch zur Bildung von Kohlendioxid (CO₂), Wasserstoff, Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Die Versäuerungsphase läuft sehr rasch ab, bis der pH-Wert sehr niedrig ist und die Bakterien in ihrer

³⁵ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011b, S. 134

³⁶ vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2004, S. 7 / Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b

³⁷ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011b, S. 134

³⁸ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011

³⁹ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b / ARGE Kompost & Biogas, 2011b / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011

⁴⁰ vgl. ARGE Kompost & Biogas, 2011b

Aktivität eingeschränkt werden.⁴¹ Die Bakterien, die in dieser Phase anzutreffen sind, sind „fakultativ anaerob-säurebildende Bakterien“, welche durch ihre Abbau- und Umbauarbeit den vorhandenen Sauerstoff zur Gänze aufbrauchen, sodass ein anaerober Zustand geschaffen wird, der für den weiteren Verlauf der Biogasbildung essentiell ist.⁴²

Anschließend an die Versäuerungsphase findet die Phase der Essigsäurebildung (Acetogenese) statt, in der die Produkte aus der vorangegangenen Phase zu Essigsäure, Wasserstoff und CO₂ umgewandelt werden. Essigsäure ist eine Vorläufersubstanz des Biogases.⁴³

Der Prozess der Biogasbildung wird mit der Phase der Methanbildung (Methanogenese) abgeschlossen. Dabei werden aus Essigsäure, CO₂ und Wasserstoff Methan (CH₄), CO₂ und Wasser gebildet. Wichtig in dieser Phase ist, dass der pH-Wert im Bereich zwischen 6,6 und 8 liegt und dass die Prozessumgebung strikt anaerob ist, da die Methanbakterien besonders empfindlich auf ungünstige Bedingungen reagieren.⁴⁴ Um eine entsprechende Reaktionsgeschwindigkeit zu erreichen, ist es ideal, wenn die Temperatur in einem Bereich von mindestens 20 °C liegt, wobei für die Produktion von Biogas in Biogasanlagen 35 bis 40 °C empfohlen werden.⁴⁵

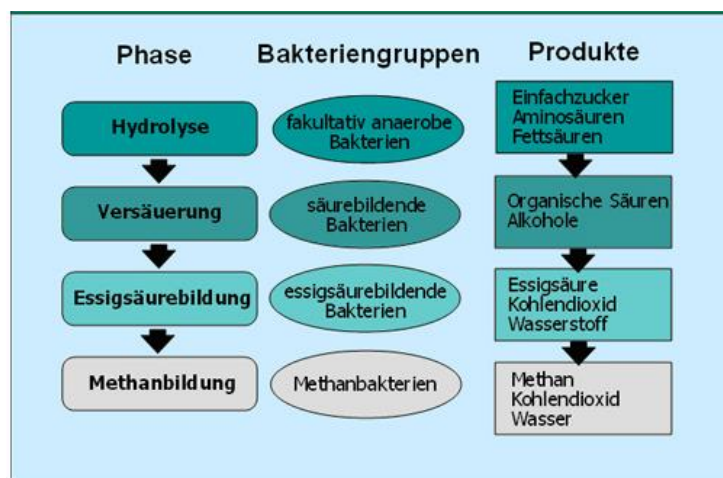


Abbildung 4: Die vier Phasen der Vergärung⁴⁶

Die vier Phasen der Vergärung laufen aber nicht geordnet hintereinander ab, sondern finden zeitgleich im Fermenter statt. Wie schnell der gesamte Prozess abläuft, ist also abhängig davon, wie lange die längste Phase dauert. Bei einer

⁴¹ vgl. ARGE Kompost & Biogas, 2011a / Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b / Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2004, S. 8

⁴² vgl. ARGE Kompost & Biogas, 2011b

⁴³ vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2004, S. 8 / ARGE Kompost & Biogas, 2011b

⁴⁴ vgl. ARGE Kompost & Biogas, 2011b / Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2004, S. 9

⁴⁵ vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2004, S. 9

⁴⁶ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b

Biogasanlage ist diese geschwindigkeitsbestimmende Phase die Hydrolyse, also die erste Prozessphase. Der Grund dafür ist, dass in Biogasanlagen häufig pflanzliche Ausgangsmaterialien verwendet werden, die aus komplexen Verbindungen wie Cellulose, Hemicellulose oder Lignin aufgebaut sind.⁴⁷

Methan bildet mit einem Anteil von 40 bis 75 Volumsprozent den Hauptbestandteil des entstandenen Biogases. Verglichen mit Erdgas, das einen Methangehalt von 80 bis 90 Volumsprozent besitzt, ist der Anteil an dem brennbaren Gas also etwas geringer. Ungefähr 25 Volumsprozent beträgt der Anteil von CO₂, der im Biogas enthalten ist. Weitere Inhaltsstoffe des Biogases können Stickstoff (0-7 Vol.-%), Sauerstoff (0-2 Vol.-%), Wasserstoff (0-1 Vol.-%), sowie Schwefelwasserstoff (0-1 Vol.-%) sein. Aus welchen Gasen sich das produzierte Biogas schlussendlich zusammensetzt und wie viel Biogas gebildet wird, ist abhängig davon, welche Substrate zur Herstellung verwendet werden.⁴⁸

2.2.2 Ausgangsmaterialien

Als Ausgangsstoffe für die Biogaserzeugung können prinzipiell alle organischen Abfälle herangezogen werden, bei denen ein Abbau durch Mikroorganismen möglich ist. Wie erwähnt, ist aber die Abbaugeschwindigkeit für einige Stoffe, wie z. B. Lignin, etwas langsamer, wodurch der gesamte Abbauprozess verzögert wird.⁴⁹ Zu beachten sind weiters die Herkunft der Substrate, sowie eventuelle Schadstoffbelastungen.⁵⁰

Üblicherweise stammt ein Teil der organischen Rohstoffe zur Biogasproduktion aus der Landwirtschaft oder der weiterverarbeitenden Industrie. Substrate können aber ebenso biogene Siedlungsabfälle, Fallobst, Ernterückstände, verdorbenes Saatgut oder Grün- und Rasenschnitt sein. Die meisten dieser Substrate werden in Kombination mit Wirtschaftsdünger, wie z. B. Gülle, vergärt.⁵¹

2.2.3 Funktionsweise einer Biogasanlage

Die vier Phasen, die bei der Vergärung bzw. der Biogasbildung durchlaufen werden, wurden bereits in Kapitel 2.2.1 beschrieben. In diesem Abschnitt wird nun näher erklärt, aus welchen Komponenten eine Biogasanlage besteht.

Das Zentrum jeder Biogasanlage ist der Fermenter, auch als Gärbehälter bzw. Faulbehälter bezeichnet. In diesem Gärbehälter, in dem weder Luft noch Licht eindringen, laufen die in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Phasen der Vergärung ab. Der Fermenter wird in regelmäßigen Abständen mit Substratmaterial, also

⁴⁷ vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2004, S. 8

⁴⁸ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b

⁴⁹ vgl. ARGE Kompost & Biogas, 2011b

⁵⁰ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b

⁵¹ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011 / Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b

beispielsweise mit Energiepflanzen, Gülle oder Abfällen aus der Biotonne, aufgefüllt. Bevor diese biogenen Ausgangsmaterialien jedoch in den Fermenter gelangen, werden sie im Bedarfsfall zerkleinert oder mit anderen Substraten vermischt. Wird organisches Material im Fermenter nachgefüllt, wird dieselbe Menge an Substrat in einen Nachgärbehälter oder in ein Gärrestlager weitergeleitet. Dadurch befindet sich immer dieselbe Menge an Substrat im Fermenter. Das vergorene organische Material wird in weiterer Folge als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt oder kompostiert. Damit die Reaktion im Fermenter optimal ablaufen kann, wird dieser auf einen Temperaturbereich von 38 bis 55 °C aufgeheizt. Das im Faulbehälter vorhandene Gärgut wird während des Prozessablaufes ständig durchmischt, damit das entstandene Biogas besser abgegeben werden kann. Dieses Biogas wird anschließend in einem Gasspeicher gesammelt.⁵²

2.2.4 Vergärungsverfahren

Bei der Vergärung von organischen Ausgangsmaterialien können je nach Beschaffenheit der Substrate verschiedene Verfahren zum Einsatz kommen. Abhängig vom Feuchtigkeitsgehalt der Substrate kann das Verfahren der Nassvergärung bzw. der Trockenvergärung Anwendung finden. Bei der Nassfermentation beträgt der Trockensubstanzgehalt 3 bis 15 Prozent, während bei der Trockenfermentation die Substratmischung einen Trockensubstanzgehalt von ca. 30 Prozent aufweist. Auch eine Kombination von Trocken- und Nassfermentation ist möglich. Wie erwähnt, ist die Wahl des Verfahrens von den zur Verfügung stehenden Substraten abhängig. Werden flüssige Substrate, wie z. B. Gülle, eingesetzt, wird das Verfahren der Nassvergärung angewendet. Stehen hingegen vorwiegend feste organische Ausgangsstoffe, wie beispielsweise Abfälle aus der Biotonne oder Grünschnitt, zur Verfügung, so kommt das Verfahren der Trockenfermentation zum Einsatz, wobei anzumerken ist, dass auch beim Trockenverfahren ein feuchtes Umfeld geschaffen wird, da dies für den Ablauf des Vergärungsprozesses von Bedeutung ist. Bei der Nassvergärung ist zu berücksichtigen, dass die Substrate mittels einer Pumpe in den Fermenter eingebracht werden und daher fließfähig sein müssen. Werden z. B. Abfälle aus der Biotonne in einer Biogasanlage mit Nassfermentation vergärt, so müssen diese zuerst aufbereitet bzw. zerkleinert werden. Bei der Trockenfermentation ist dies hingegen nicht notwendig. Entscheidende Vor- oder Nachteile können jedoch bei keinem der beiden Verfahren genannt werden, da die entsprechenden Umstände für jede einzelne Anlage getrennt betrachtet werden müssen.⁵³

Weiters kann unterschieden werden, ob es sich um eine kontinuierliche, eine diskontinuierliche oder eine quasikontinuierliche Beschickung handelt, ob es ein oder zwei Prozessphasen gibt und bei welcher Temperatur der Prozess abläuft

⁵² vgl. AEV Energy GmbH, 2012 / Agentur für Erneuerbare Energien, 2012 / ARGE Kompost & Biogas, 2011b

⁵³ vgl. Wittmaier et al., 2006, S. 60ff / Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2012a / Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2012b

(psychrophil, mesophil, thermophil). Am häufigsten Anwendung finden Verfahren mit kontinuierlicher Beschickung und einem mesophilen Temperaturniveau von 32 bis 42 °C.⁵⁴

2.2.5 Verwendung von Biogas

Wie erwähnt, wird Biogas hauptsächlich zur Erzeugung von thermischer Energie genutzt. Häufig kommt dabei eine sogenannte Kraft-Wärme-Kopplung zum Einsatz, wodurch gleichzeitig elektrische und thermische Energie erzeugt werden kann.⁵⁵ Während der Strom in das Stromnetz eingespeist wird und, je nach Größe der Anlage, mehrere Haushalte versorgen kann, wird die entstandene Wärme in erster Linie zur Beheizung des Faulbehälters und für den weiteren Eigenbedarf genutzt. Steht dann noch weitere Wärme zur Verfügung, so kann diese beispielsweise zum Heizen von angrenzenden Gebäuden verwendet werden oder in das Fernwärmenetz eingespeist werden.⁵⁶ Die Rückstände, die nach dem Gärungsprozess noch vorhanden sind, können ebenso weiterverwertet werden. Die in den Substraten ursprünglich vorhandenen Nährstoffe, wie z. B. Stickstoff, Kalium und Phosphor, verbleiben in diesem Fermentationsrückstand, weshalb dieser oft als Dünger eingesetzt wird. Hier ist jedoch wiederum der Schadstoffgehalt zu berücksichtigen.⁵⁷ Weitere Verwertungsmöglichkeiten für Gärrückstände sind die Kompostierung oder die thermische Verwertung entsprechend der Abfallverbrennungsverordnung.⁵⁸ Die zweite Option zur Verwendung von Biogas ist, es in einer Gasaufbereitungsanlage zu reinigen und zu behandeln, sodass es als Substitut für Erdgas verwendet werden kann. Da sich diese Arbeit mit dem Klimaschutz der biologischen Abfallbehandlung beschäftigt, ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass die Möglichkeit anstelle von fossilen Energieträgern Biogas einzusetzen, einen positiven Effekt auf den Klimaschutz hat.⁵⁹

⁵⁴ vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2012a

⁵⁵ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011

⁵⁶ vgl. AEV Energy GmbH, 2012 / Agentur für Erneuerbare Energien, 2012 / ARGE Kompost & Biogas, 2011b

⁵⁷ vgl. ARGE Kompost & Biogas, 2011b

⁵⁸ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011b

⁵⁹ vgl. AEV Energy GmbH, 2012 / Agentur für Erneuerbare Energien, 2012 / ARGE Kompost & Biogas, 2011b

3. Behandlungsanlagen in der Steiermark

In diesem Kapitel wird der aktuelle Stand der Behandlungsanlagen in der Steiermark hinsichtlich der vorhandenen Kapazität, sowie der Kapazität in den einzelnen Regionen betrachtet. Darüber hinaus wird dargestellt, welche Abfälle wo behandelt werden und woher die biogenen Abfälle stammen.

3.1 Aerobe Behandlungsanlagen

Unter dem Punkt „Aerobe Behandlungsanlagen“ werden die landwirtschaftlichen Kompostieranlagen, sowie die gewerblichen und kommunalen Kompostieranlagen genauer betrachtet. Zunächst wird die jeweilige Anlagenform beschrieben, ehe auf die Standorte und Kapazitäten in der Steiermark näher eingegangen wird. Die nachfolgende Abbildung 5 gibt einen Überblick über die geographische Verteilung der Kompostieranlagen in der Steiermark.

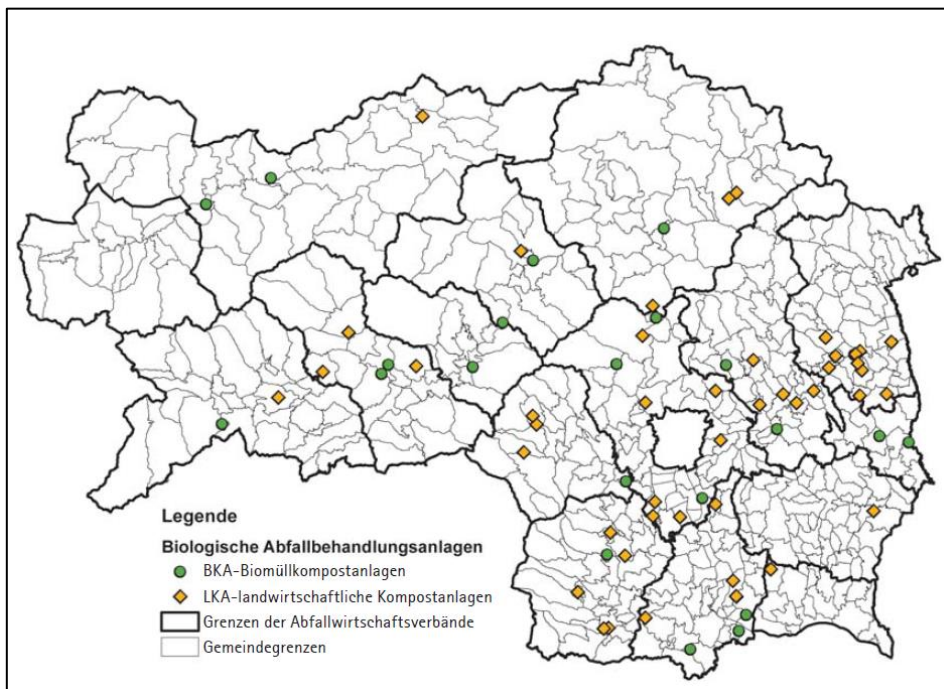


Abbildung 5: Standorte der landwirtschaftlichen und gewerblichen Kompostieranlagen in der Steiermark (Stand: Jänner 2010)⁶⁰

⁶⁰ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010b, S. 84

3.1.1 Landwirtschaftliche Kompostieranlagen

Landwirtschaftliche Kompostieranlagen spielen in der österreichischen Kompostwirtschaft eine wesentliche Rolle. Die Bedeutung der landwirtschaftlichen Kompostierung ist auch daran ersichtlich, dass es in Österreich im Jahr 2005 in etwa 350 solcher Anlagen gab, die insgesamt über eine Kapazität von 270.000 Tonnen pro Jahr verfügten. Wie dem Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 zu entnehmen ist, waren damals österreichweit 539 Anlagen in Betrieb. Knapp 65 Prozent aller Kompostieranlagen in Österreich waren also landwirtschaftliche Kompostieranlagen.⁶¹ In der Steiermark sind mit Stand vom Juli 2010 47 solcher Anlagen mit einer genehmigten Kapazität von etwas weniger als 55.000 Tonnen in Betrieb.⁶²

Landwirtschaftliche Kompostieranlagen sind immer in Kombination mit einem land- und forstwirtschaftlichen Betrieb zu finden, wobei die Tätigkeit der Kompostierung dabei eher eine untergeordnete Rolle im Betätigungsfeld des Land- und Forstwirtes einnimmt.⁶³ Der Vorteil dieser Anlagenform ist, dass Wirtschaftsdünger, der im Betrieb anfällt, aber auch anderer organischer Abfall, direkt vor Ort kompostiert werden kann und daher keine langen Transportwege notwendig sind.⁶⁴ Etwas größere landwirtschaftliche Kompostieranlagen verarbeiten oft nicht nur die Abfälle aus dem eigenen Betrieb, sondern nehmen beispielsweise zudem Friedhofsabfälle, Obst- und Gemüseabfälle, Grünschnitt, und Ähnliches aus dem gesamten Gemeindegebiet und/oder den Nachbargemeinden als Ausgangsmaterial entgegen.⁶⁵ Als Kompostierverfahren wird bei landwirtschaftlichen Kompostieranlagen vorwiegend die offene Mietenkompostierung eingesetzt, die bereits in Kapitel 2.1 beschrieben wurde. Die Gründe dafür sind, dass dieses Kompostierverfahren relativ einfach angewendet werden kann und die Anfangsinvestitionen im Vergleich zu anderen Kompostierverfahren, z. B. Anschaffungskosten für Geräte, Rottesysteme usw., wesentlich geringer sind.⁶⁶

Wie erwähnt, sind in der Steiermark derzeit (Stand Juli 2010) 47 landwirtschaftliche Kompostieranlagen in Betrieb. Wie sich die Anlagenstandorte auf die einzelnen steirischen Bezirke verteilen, ist in Abbildung 6 ersichtlich. Besonders zahlreich ist dieser Anlagentyp in den Bezirken Hartberg (10 Anlagen), Graz Umgebung (6 Anlagen), Weiz (6 Anlagen) und Deutschlandsberg (5 Anlagen)

⁶¹ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005b, S. 24 / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006a, S. 95 / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011a, S. 112

⁶² Genehmigungsbescheide, Stand Juli 2010

⁶³ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 18f

⁶⁴ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005b, S. 24

⁶⁵ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

⁶⁶ vgl. Schnitzer, 2000, S. 1f

vertreten. Im Gegensatz dazu ist in den Bezirken Fürstenfeld, Knittelfeld und Graz keine landwirtschaftliche Kompostieranlage vorhanden.⁶⁷

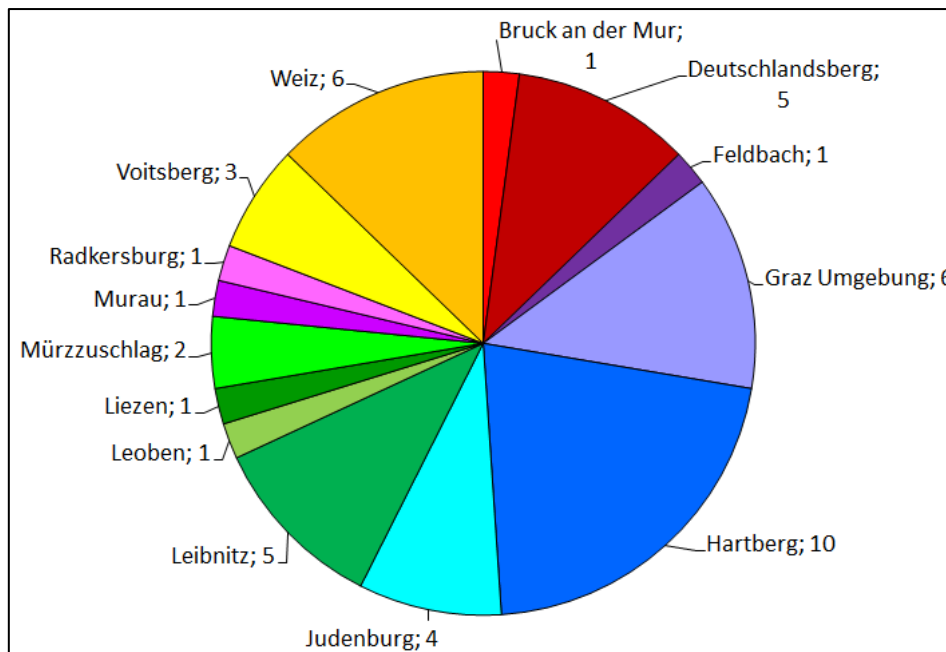


Abbildung 6: Verteilung der landwirtschaftlichen Kompostieranlagen auf die steirischen Bezirke⁶⁸

Als verwendete Ausgangsmaterialien wurden, laut Angaben der Anlagenbetreiber, zu 50 Prozent Abfälle mit der Schlüsselnummer 92499 eingesetzt, also „aufbereitete Abfälle gemäß Kompostverordnung idgF“. Den zweitgrößten Anteil der eingesetzten biogenen Materialien nehmen mit 29 Prozent „92401 Mischungen von Abfällen der Abfallgruppen 924 und 921, die tierische Anteile enthalten“ ein. Auch Holz (9 %) ist als Ausgangsmaterial bei landwirtschaftlichen Kompostieranlagen relativ häufig zu finden, wohingegen kommunale Klärschlämme, sowie Mähgut und Laub nur in geringen Mengen in diesen Anlagen verwertet werden. Unter dem Punkt „Sonstiges“ werden in Abbildung 7 Ausgangsstoffe zusammengefasst, deren getrennte Darstellung in diesem Diagramm nicht sinnvoll gewesen wäre, da der Prozentanteil weniger als eins beträgt. Dazu zählen beispielsweise Friedhofsabfälle, Ernte- und Verarbeitungsrückstände und Fest- und Flüssigmist. Der Kategorie „Sonstiges“ wurden weiters auch jene Mengen an biogenen Ausgangsstoffen zugeordnet, bei denen keine genaue Angabe bezüglich der Mengenaufteilung der Abfälle vorlag.⁶⁹

⁶⁷ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

⁶⁸ eigene Darstellung mit Daten aus Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

⁶⁹ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

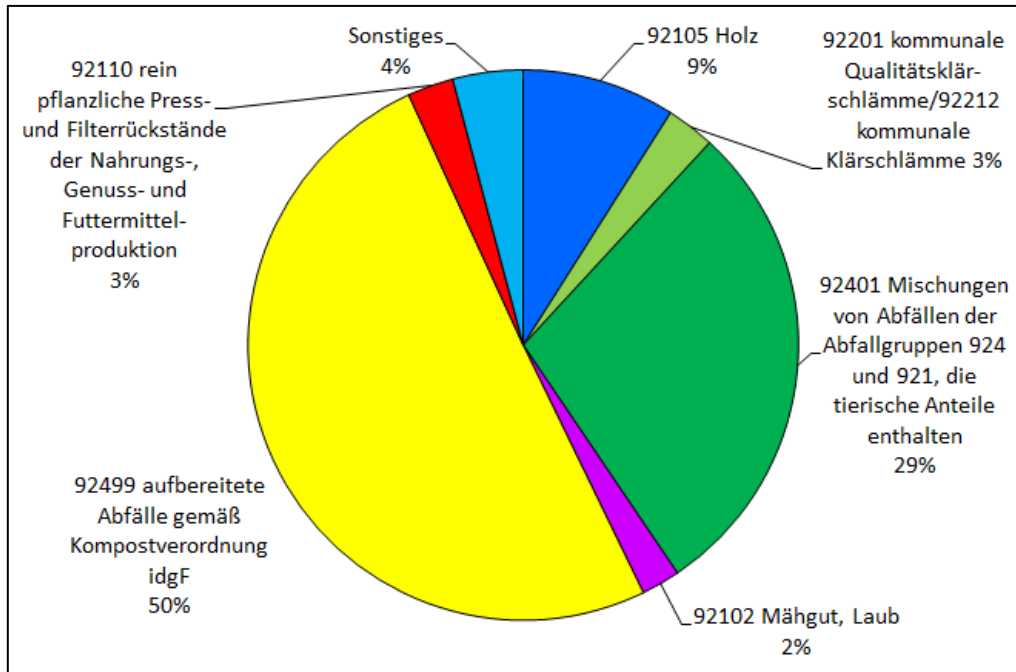


Abbildung 7: Prozentueller Anteil der verschiedenen Abfallarten bei der Kompostierung in landwirtschaftlichen Kompostieranlagen in der Steiermark⁷⁰

3.1.2 Gewerbliche und kommunale Kompostieranlagen

Gewerbliche und kommunale Kompostieranlagen können sowohl von Abfallwirtschaftsverbänden, von Gemeinden, aber auch von privaten Unternehmen betrieben werden. Im Gegensatz zu den landwirtschaftlichen Kompostieranlagen wird in diesen Anlagen der Kompost aber nicht nur zur Eigenanwendung produziert, sondern vermarktet und an betriebsfremde Personen abgegeben.⁷¹

Laut Stand vom Juli 2010 sind in der Steiermark 24 gewerbliche und kommunale Kompostieranlagen in Betrieb. Zusammen können diese Anlagen etwas mehr als 65.000 Tonnen pro Jahr verarbeiten. Abbildung 8 zeigt, wie sich diese Anlagen auf die einzelnen Bezirke in der Steiermark verteilen. Während in Fürstenfeld, Graz-Umgebung, Leibnitz und Weiz jeweils drei Standorte zu finden sind, verfügen die Bezirke Bruck an der Mur, Radkersburg, Graz und Feldbach über keine eigene gewerbliche und kommunale Kompostieranlage.⁷²

⁷⁰ eigene Darstellung / Berechnung mit Daten aus Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

⁷¹ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 20

⁷² vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

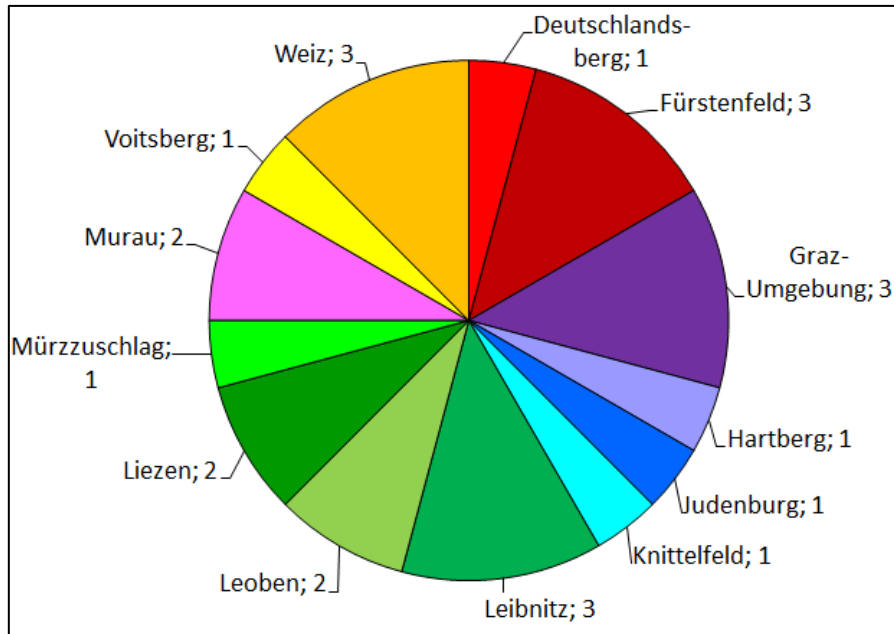


Abbildung 8: Verteilung der gewerblichen und kommunalen Kompostieranlagen auf die steirischen Bezirke⁷³

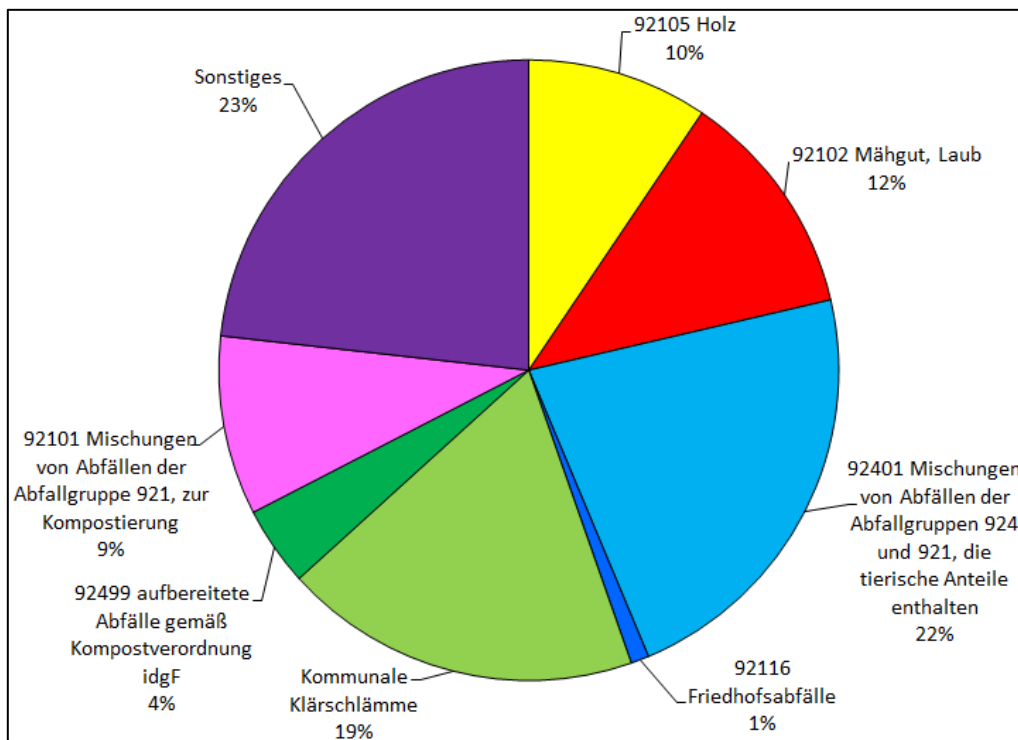


Abbildung 9: Prozentueller Anteil der verschiedenen Abfallarten bei der Kompostierung in gewerblichen und kommunalen Kompostieranlagen in der Steiermark⁷⁴

⁷³ eigene Darstellung mit Daten aus Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

Abbildung 9 stellt dar, aus welchen organischen Abfallstoffen sich die Ausgangsmaterialien für die Kompostierung in gewerblichen und kommunalen Kompostieranlagen zusammensetzen. Dabei ist anzumerken, dass der Anteil an Abfällen der Kategorie „Sonstiges“ deshalb so groß ist, da er auch all jene Abfälle inkludiert, bei denen von den Anlagenbetreibern nur zusammenfassende Angaben gemacht wurden. Also beispielsweise wurden in einer Anlage 238 Tonnen Abfälle kompostiert, die sich aus den Schlüsselnummer 92102 Mähgut und Laub, 92103 Gemüseabfälle, Blumen, 92104 Rinde und 92105 Holz zusammensetzen. Von welcher Abfallart hier wie viel Tonnen vorhanden waren, wurde nicht genau angegeben.⁷⁵

3.1.3 Einzel- und Gemeinschaftskompostierung

Wie bereits in Kapitel 2.1.4 beschrieben, werden bei der Einzel- und Gemeinschaftskompostierung biogene Abfälle von privaten Haushalten bzw. Wohnanlagen selbst vor Ort kompostiert.⁷⁶ Einzel- und Gemeinschaftskompostierung wird vor allem in ländlichen Gebieten häufig betrieben. Zu diesem Ergebnis kam auch die Auswertung der Befragung der Gemeinden, die im Juli 2010, durchgeführt wurde. In dieser Erhebung gaben 166 Gemeinden an, ihre biogenen Abfälle auf diesem Wege zu verwerten, dies entspricht fast 31 Prozent aller steirischen Gemeinden. In vielen weiteren Gemeinden wird jedoch nicht ausschließlich Einzelkompostierung betrieben, sondern es gibt zusätzlich z. B. eine kommunale Sammlung für biogene Abfälle bei einzelnen Wohnhäusern.⁷⁷

Für Österreich wird geschätzt, dass pro Jahr ca. 1,5 Millionen Tonnen biogener Abfälle im Rahmen der Einzel- und Gemeinschaftskompostierung verwertet werden.⁷⁸ In der Steiermark wird die Abfallmenge, die in den eigenen Gärten kompostiert wird, mit rund 50.000 Tonnen pro Jahr beziffert. Diese Zahlen sind allerdings nur Schätzungen, da über die tatsächlichen Mengen keine genauen Daten vorliegen.⁷⁹

3.2 Anaerobe Behandlungsanlagen

In der Steiermark gab es mit Stand vom Jänner 2010 44 Biogasanlagen. Die Standorte der steirischen Biogasanlagen sind in Abbildung 10 dargestellt.⁸⁰ Wie schon bei den Standorten der Kompostieranlagen ersichtlich war, besteht auch bei den Biogasanlagen bezüglich der Anzahl der Standorte ein deutliches Ost-West-Gefälle, wobei die Verteilung in diesem Fall noch etwas markanter

⁷⁴ eigene Darstellung und Berechnung mit Daten aus Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

⁷⁵ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

⁷⁶ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011a, S. 50f / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006a, S. 40

⁷⁷ eigene Erhebung, Juli 2010

⁷⁸ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011a, S. 18, 23

⁷⁹ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010b, S. 80

⁸⁰ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010b, S. 89

erscheint und sich über drei Viertel aller Anlagen im Osten bzw. im Südosten der Steiermark befinden.

Insgesamt verfügen diese Anlagen über eine Verarbeitungskapazität von ca. 500.000 Tonnen pro Jahr. Als Substrate verwenden ungefähr die Hälfte aller Anlagenbetreiber Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger. Bei Letztgenanntem spielt vor allem der Einsatz von Schweinegülle eine wichtige Rolle. Darüber hinaus werden auch biogene gewerbliche Abfälle, beispielsweise aus der Gastronomie oder der Nahrungsmittelindustrie, sowie landwirtschaftliche Reststoffe als Ausgangsstoffe zur Biogasproduktion herangezogen. Im Gegensatz zu den Kompostieranlagen werden hingegen die biogenen Siedlungsabfälle derzeit nur in sehr geringen Mengen zur Biogasherstellung verwendet, obwohl vor allem Abfälle mit einem größeren Feuchtigkeitsanteil, wie z. B. Küchenabfälle und Grünschnitt, für die Biogasherstellung bestens geeignet wären.⁸¹

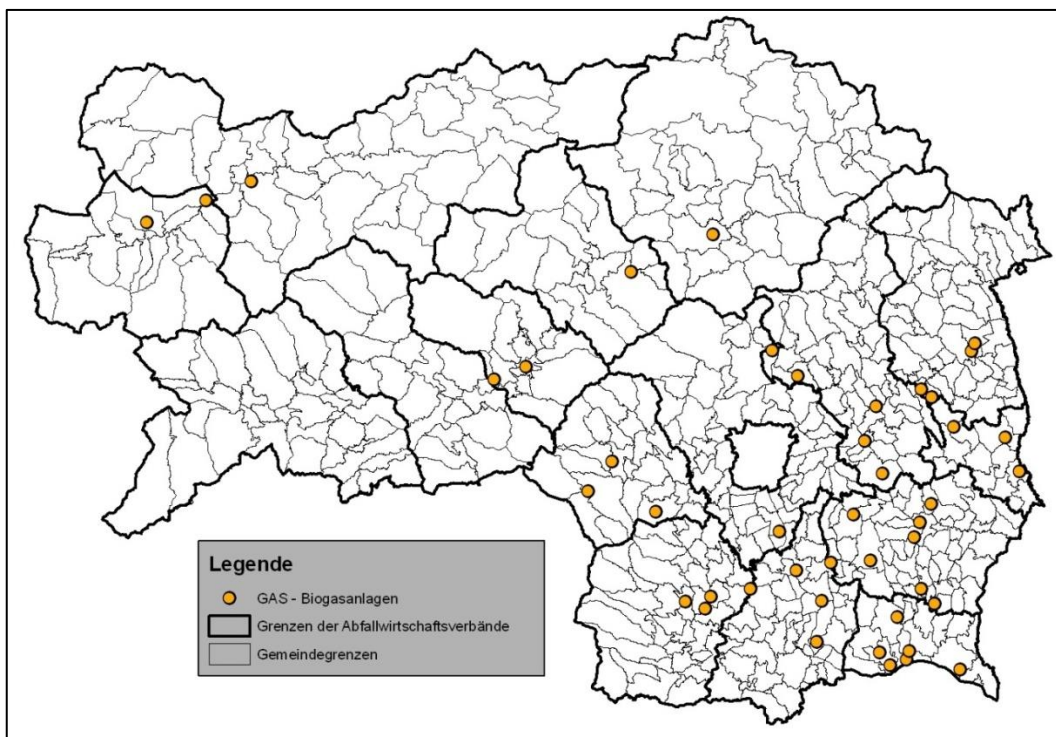


Abbildung 10: Standorte der Biogasanlagen in der Steiermark (Stand Jänner 2010)⁸²

Im „Biogasanlagenmonitoring Steiermark (2007-2008)“ wurden die Inputmaterialien in steirischen Biogasanlagen erhoben und ein prozentueller Anteil der Menge der jeweiligen Substrate am Gesamtinput berechnet. Die Daten dafür wurden jeweils zu Beginn des Jahres 2007 und 2008 erfasst und beziehen sich somit auf die Jahre 2006 bzw. 2007. Aus den, auf Basis dieser Daten

⁸¹ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010b, S. 88f

⁸² Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft / GIS Steiermark, 31.12.2009

erstellten, Diagrammen in Abbildung 11 ist zu sehen, dass ungefähr je ein Drittel der Inputmaterialien auf Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger und landwirtschaftliche Reststoffe entfallen.⁸³ Interessant ist außerdem, dass bei den beobachteten Anlagen ein Großteil der als Substrat verwendeten Mengen an Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen zugekauft wird.⁸⁴ Wie Beispiele im Rahmen eines Projektes des Landes Energie Vereins (LEV) zeigen, stammen die Inputmaterialien aber zum Großteil aus der näheren Umgebung.⁸⁵

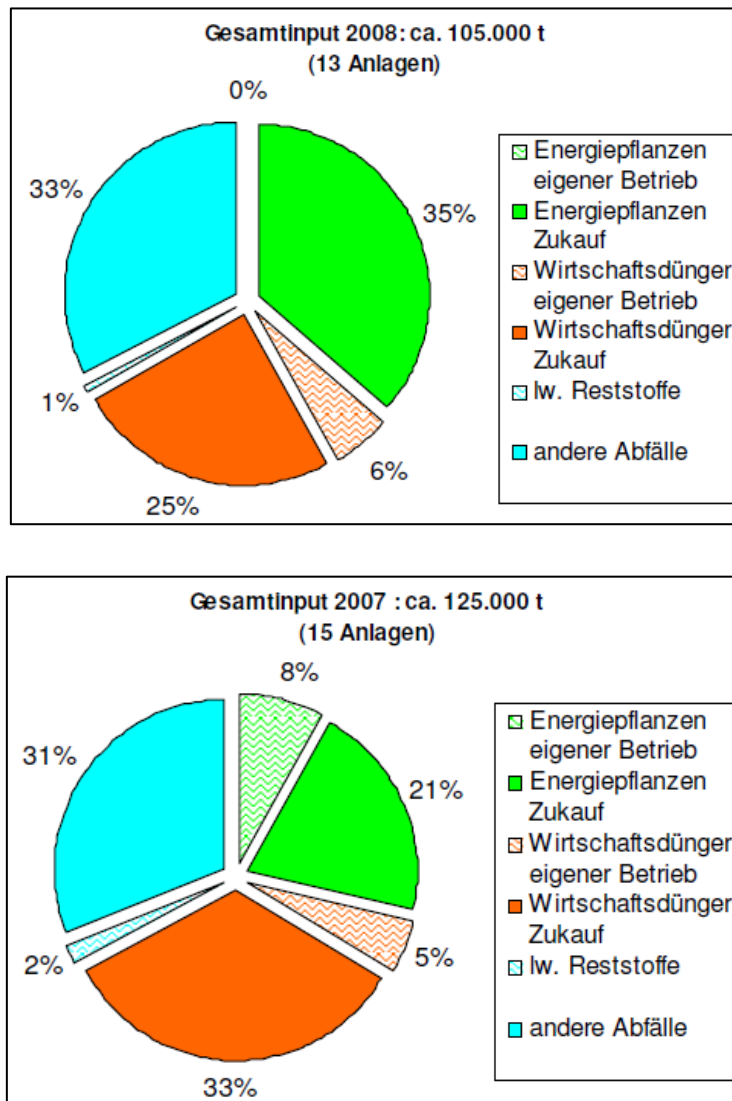


Abbildung 11: Prozentueller Anteil der jeweiligen Substrate am Gesamtinput⁸⁶

⁸³ vgl. Land Steiermark FA17A und FA19D, 2009, S. 6f

⁸⁴ vgl. Land Steiermark FA17A und FA19D, 2009, S. 6f

⁸⁵ vgl. LandesEnergieVerein Steiermark, Juni 2008 / Joanneum Research - Institut für Energieforschung, 2007, S. 13

⁸⁶ vgl. Land Steiermark FA17A und FA19D, 2009, S. 6f

Die Auswertung von Daten aus zwölf steirischen Biogasanlagen, die einer Studie des Joanneum Research bzw. aus Beispielen aus dem Projekt des LEV „Biogas Regions – Europäische Regionen machen Biogas“ entnommen wurden, kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen als Substrate für Biogasanlagen eine sehr große Rolle spielen und der Anteil von Biotonne und Küchen- und Speiseresten sehr gering ist (siehe Abbildung 12).⁸⁷ Von den in diesen Anlagen verarbeiteten Substraten entfallen nur ca. zwei Prozent auf Biotonne und Speisereste. Ausgehend von der Annahme, dass dieser prozentuelle Anteil für die gesamte Steiermark gilt, kommt man zu dem Resultat, dass von den 500.000 Tonnen, die in steirischen Biogasanlagen pro Jahr vergärt werden, ungefähr 10.000 Tonnen auf die Biotonne oder Speisereste entfallen.

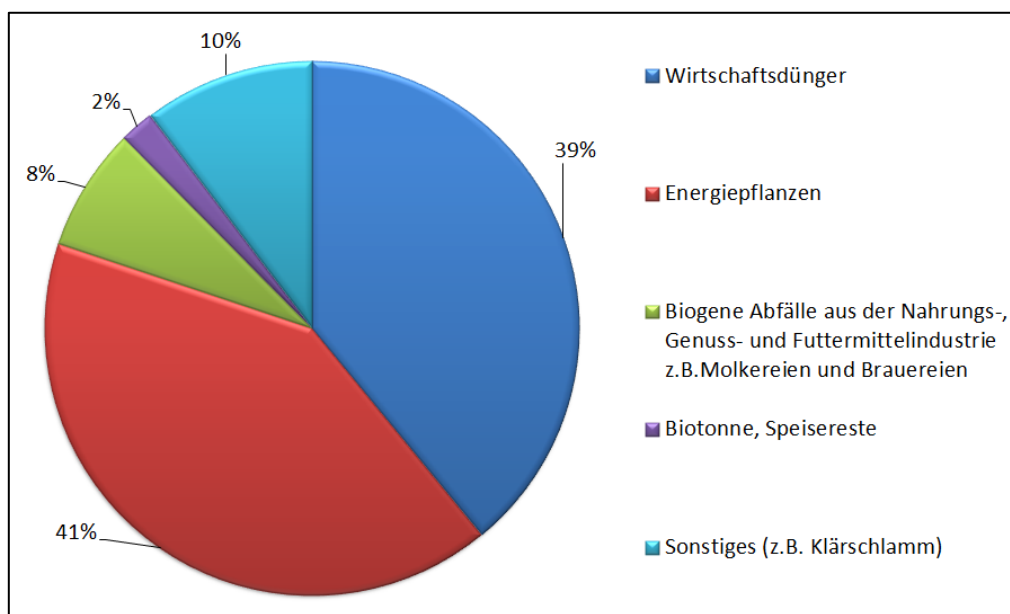


Abbildung 12: Prozentueller Anteil der Substrate aus 12 steirischen Biogasanlagen

Eine Studie des deutschen Umweltbundesamtes (2010) hat gezeigt, dass auch in unserem Nachbarland Deutschland die prozentuelle Zusammensetzung der eingesetzten Substrate in Biogasanlagen ähnlich ist und nur etwa 10 Prozent der Substrate auf die Biotonne und Speisereste entfallen.⁸⁸

⁸⁷ vgl. LandesEnergieVerein Steiermark, Juni 2008 / Joanneum Research - Institut für Energieforschung, 2007, S. 13

⁸⁸ vgl. Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt, 2010, S. 4

4. Zusammensetzung und Mengen der Biogenen Siedlungsabfälle

Unter Siedlungsabfällen versteht man laut §2 Abs.4 Z2 des Abfallwirtschaftsgesetzes „Abfälle aus privaten Haushalten und andere Abfälle, die auf Grund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung den Abfällen aus privaten Haushalten ähnlich sind.“⁸⁹ Der Begriff Siedlungsabfälle umfasst Altstoffe (z. B. Papier, Metall, Glas), Sperrmüll, Straßenkehrriecht, Restmüll, sowie Biomüll. Für diese Magisterarbeit waren nur die „getrennt zu sammelnden biogenen Siedlungsabfälle“ von Interesse.⁹⁰

Zu den getrennt gesammelten biogenen Siedlungsabfällen zählen alle organischen Abfälle, die im Haus oder im heimischen Garten anfallen, wie z. B. Küchenabfälle und Speisereste bzw. Grasschnitt, Laub, Blumen oder Fallobst. Weiters wird auch Baum- und Strauchschnitt zu den Siedlungsabfällen gezählt.⁹¹ In der Steiermark werden zudem noch Friedhofsabfälle, sowie kommunale Garten- und Parkabfälle im Rahmen der kommunalen Abfallerhebung erfasst.⁹²

In der Steiermark hat die Sammlung biogener Abfälle ihren Ursprung bereits im Jahr 1989 und wurde damals im „Steiermärkischen Müllwirtschaftskonzept 1989“ schriftlich festgehalten. Inzwischen werden in vielen Haushalten und Gemeinden die Abfälle über die „Biotonne“ gesammelt, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass es diesbezüglich teilweise sehr große regionale Unterschiede gibt. In einigen Gebieten wird beispielsweise der Großteil der biogenen Abfälle im eigenen Garten kompostiert, während in anderen Regionen, wie z. B. in Graz, die biogenen Abfälle fast ausschließlich über die Biotonne entsorgt werden.⁹³

Die Entwicklung der getrennten Sammlung biogener Abfälle von Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1990, zeigt, dass die Mengen der gesammelten biogenen Abfälle in den ersten Jahren sehr stark anstiegen. Ungefähr ab dem Jahr 2000 flacht die Kurve etwas ab, wobei der Trend zu einer Zunahme der Mengen an biogenen Siedlungsabfällen nach wie vor vorhanden ist. Diese Entwicklung ist

⁸⁹ Republik Österreich, 2002

⁹⁰ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010a, S. 4 / Land Steiermark, 28.10.2004, § 4 Abs. 4

⁹¹ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006a, S. 39 / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011a, S. 49

⁹² vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010a

⁹³ vgl. Fachabteilung 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011c

darauf zurückzuführen, dass die kommunale Sammlung stetig ausgeweitet wird.⁹⁴

Im Jahr 2009 wurden insgesamt 98.133,1 Tonnen an biogenen Abfällen gesammelt. Gegenüber dem Jahr 2008 ergab sich also eine Steigerung der Menge um 3,2 Prozent. Von diesen ungefähr 98.000 Tonnen entfielen auf die gesamte Bevölkerung der Steiermark aufgerechnet auf jeden Einwohner 81 Kilogramm. Diese 81 Kilogramm setzen sich wiederum zusammen aus 56 Kilogramm getrennt gesammeltem Bioabfall („Biotonne“), 23 Kilogramm kommunalen Garten- und Parkabfällen, sowie 2 Kilogramm Friedhofsabfällen.⁹⁵



Abbildung 13: Verbandsgebiet der steirischen Abfallwirtschaftsverbände⁹⁶

In den folgenden Unterkapiteln werden die regionalen Unterschiede bei den gesammelten Mengen an biogenen Abfällen analysiert. Die Gliederung erfolgt dabei nicht nach Bezirken (wie in den Kapiteln 5 und 6), sondern nach den Verbandsgebieten der regionalen Abfallwirtschaftsverbände (AWV). Die Anzahl der Abfallwirtschaftsverbände ist zwar gleich groß, wie die der politischen Bezirke, jedoch ist die geographische Aufteilung etwas anders. So sind die Bezirke Bruck an der Mur und Mürzzuschlag zum Abfallwirtschaftsverband Mürzverband zusammengefasst, während sich der Bezirk Liezen in die Abfallwirtschaftsverbände Schladming und Liezen aufteilt (siehe Abbildung 13). Die Grenzen der übrigen Abfallwirtschaftsverbände sind identisch mit jenen der politischen Bezirke. Die Abfallwirtschaftsverbände haben die Aufgabe die Gemeinden in allen abfallwirtschaftlichen Belangen zu unterstützen, für die Beseitigung und Verwertung der Siedlungsabfälle zu sorgen, sowie die abfallwirtschaftliche Planung zu koordinieren.⁹⁷

⁹⁴ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010a, S. 9

⁹⁵ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010a, S. 5

⁹⁶ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011d

⁹⁷ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011d

4.1 Biotonne

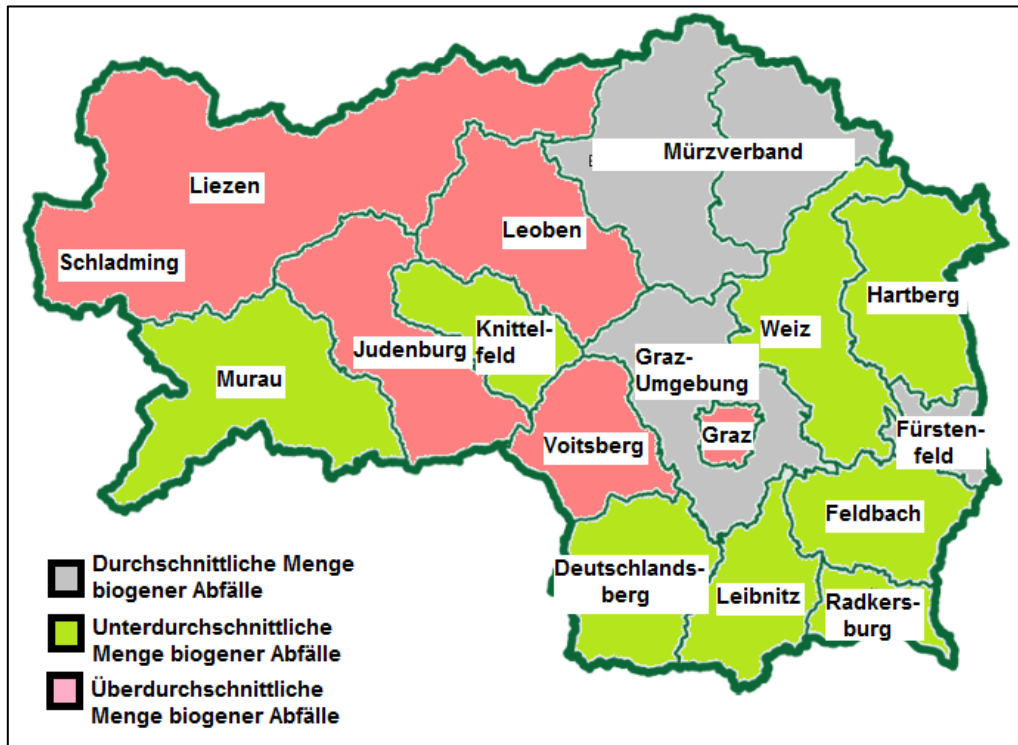


Abbildung 14: Regionaler Vergleich der gesammelten Abfallmengen⁹⁸

Wie bereits erwähnt umfasst der Begriff „Biotonne“ all jene organischen Abfälle, die von privaten Haushalten getrennt gesammelt werden. Dazu gehören im Grunde alle biogenen Abfälle aus Haus und Garten. Durchschnittlich wurden in der Steiermark im Jahr 2009 pro Person 56 Kilogramm organische Abfälle über die Biotonne entsorgt. Ein Blick auf Abbildung 14 zeigt allerdings, dass in einigen Gebieten, beispielsweise in der Landeshauptstadt Graz, die gesammelten Mengen pro Person deutlich höher sind, in einigen anderen Gegenden, z. B. in Feldbach, liegen die Mengen an biogenen Abfällen, die pro Person jährlich anfallen signifikant darunter. Möglicherweise hängen diese großen Unterschiede damit zusammen, dass dort der Anteil der Einzelkompostierung größer ist als in anderen Regionen. Auffallend ist außerdem, dass die meisten Regionen mit einem geringen Anteil an Abfällen in der Biotonne jene Gebiete sind, in denen es sehr viele Behandlungsanlagen gibt. Dies lässt darauf schließen, dass die biogenen Abfälle, die dort gesammelt werden zu einem gewissen Teil direkt an die örtlichen Behandlungsanlagen weitergegeben werden und daher in dieser Statistik nicht oder nur teilweise erfasst sind.⁹⁹ In Tabelle 2 werden die bekannten Sammelmengen bei „Getrennt gesammelten biogenen Abfällen“ aus dem Jahr 2009 für die einzelnen AWWs aufgelistet.

⁹⁸ eigene Darstellung mit Daten aus Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011c

⁹⁹ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011c

Tabelle 2: Getrennt gesammelte biogene Abfälle im Jahr 2009 in den Verbandsgebieten der steirischen Abfallwirtschaftsverbände¹⁰⁰

Verband	Sammelmenge in t	Spez. Aufkommen in kg/EW.a
Landeshauptstadt Graz	21.766,70	96,21
AWV Graz-Umgebung	7.281,50	55,46
AWV Deutschlandsberg	1.884,40	30,46
AWV Feldbach	1.428,20	21,25
AWV Fürstenfeld	1.291,90	56,17
AWV Hartberg	2.317,40	34,19
AWV Judenburg	3.187,60	66,85
AWV Knittelfeld	1.039,00	35,03
AWV Leibnitz	2.813,10	37,34
AWV Leoben	4.511,40	68,40
AWV Liezen	4.048,40	65,08
AWV Mürzverband	5.958,00	55,20
AWV Murau	714,00	22,69
AWV Radkersburg	697,40	28,98
AWV Schladming	2.472,30	110,48
AWV Voitsberg	3.855,50	71,95
AWV Weiz	2.083,60	24,23
Steiermark gesamt	67.350,40	

4.2 Kommunale Garten- und Parkabfälle

Unter dem Begriff „Kommunale Garten- und Parkabfälle“ werden alle biogenen Abfälle zusammengefasst, die in kommunalen Gärten und Parks anfallen. Dazu zählen Mähgut, Laub, sowie Baum- und Strauchschnitt. Das jährliche Aufkommen an Garten- und Parkabfällen in Österreich beträgt knapp 200.000 Tonnen. Dies entspricht einer Menge von 23,8 Kilogramm pro Person pro Jahr.¹⁰¹

Der Wert, der pro Steirer durchschnittlich pro Jahr anfällt, ist fast identisch dazu und beträgt ebenfalls fast 24 Kilogramm. Dass dieser Wert jedoch zu

¹⁰⁰ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011c

¹⁰¹ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011a, S. 51

hinterfragen ist, zeigt Tabelle 3, denn sechs von 17 Abfallwirtschaftsverbänden machten keine Angaben über die Mengen an kommunalen Garten- und Parkabfällen, die in ihrem Verbandsgebiet anfallen. Die Berechnung des Durchschnittswertes bezieht sich allerdings auf die gesamte Steiermark, also auf alle 1.183.246 Einwohner, die bei der Volkszählung im Jahr 2001 erfasst worden sind.¹⁰²

Tabelle 3: Kommunale Garten- und Parkabfälle im Jahr 2009 in den Verbandsgebieten der steirischen Abfallwirtschaftsverbände¹⁰³

Verband	Sammelmenge in t	Spez. Aufkommen in kg/EW.a
Landeshauptstadt Graz	7.363,60	32,55
AWV Graz-Umgebung	k.A.	k.A.
AWV Deutschlandsberg	244,00	3,97
AWV Feldbach	k.A.	k.A.
AWV Fürstenfeld	1.284,80	55,86
AWV Hartberg	2.238,80	33,03
AWV Judenburg	2.903,40	60,89
AWV Knittelfeld	7.025,20	236,85
AWV Leibnitz	2.180,80	28,95
AWV Leoben	3.454,10	52,37
AWV Liezen	k.A.	k.A.
AWV Mürzverband	265,90	2,46
AWV Murau	k.A.	k.A.
AWV Radkersburg	k.A.	k.A.
AWV Schladming	k.A.	k.A.
AWV Voitsberg	400,00	7,46
AWV Weiz	666,10	7,74
Steiermark gesamt	28.026,50	

Die Ermittlung dieses statistischen Wertes ist bei detaillierterer Betrachtung also etwas ungenau. Der Grund dafür ist, dass nicht von allen Abfallwirtschaftsverbänden Daten über die anfallenden Mengen an Garten- und Parkabfällen vorhanden sind bzw. werden die in den jeweiligen Regionen anfallenden Garten- und Parkabfälle selbst kompostiert und sind daher mengenmäßig nicht erfasst. Um einen, aus statistischer Sicht besseren, weil eher der Realität entsprechenden, Wert zu erhalten, muss also jener

¹⁰² vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011c

¹⁰³ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011c

Bevölkerungsanteil, zu dem keine Mengenangaben gemacht wurden, herausgerechnet werden – die Statistik muss also sozusagen um diesen Wert „bereinigt“ werden. Dividiert man nun die Gesamtmenge für die Steiermark von 28.026,50 Tonnen durch die bereinigte Einwohnerzahl von 846.988, so erhält man einen durchschnittlichen Wert von etwas über 33 Kilogramm kommunaler Garten- und Parkabfälle pro Person pro Jahr (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Berechnung der tatsächlichen Garten- und Parkabfälle pro Person pro Jahr in Kilogramm

Bereinigte Einwohnerzahl	Menge an Garten- und Parkabfällen gesamt in Tonnen pro Jahr	Menge an Garten- und Parkabfällen pro Person in kg pro Jahr
846.988	28.026,50	33,09

4.3 Friedhofsabfälle

Friedhofsabfälle sind all jene biogenen Abfälle, die auf Friedhöfen anfallen, also beispielsweise Blumen, Grünschnitt usw. Wie dem Bundesabfallwirtschaftsplan 2011 zu entnehmen ist, gibt es in Österreich ein Aufkommen an Friedhofsabfällen von insgesamt rund 24,8 Kilogramm pro Person pro Jahr.¹⁰⁴

Im Gegensatz dazu sind die jährlichen anfallenden Friedhofsabfälle in der Steiermark mit einer Menge von 2.756,20 Tonnen nicht von wesentlicher Bedeutung (siehe Tabelle 5). Das Pro-Kopf-Aufkommen beträgt mit 2,3 Kilogramm pro Jahr nur ungefähr ein Zehntel des österreichweiten Aufkommens. Hinsichtlich der spezifischen Mengen in Kilogramm pro Einwohner gibt es hier keine großen Ausreißer bei den Angaben der einzelnen Abfallwirtschaftsverbände. Die Berechnung der durchschnittlich anfallenden Menge von 2,3 Kilogramm pro Person pro Jahr wurde jedoch auch bei den Friedhofsabfällen für die gesamte Bevölkerung der Steiermark durchgeführt, weshalb dieser Wert ebenfalls bereinigt wurde.¹⁰⁵

Als tatsächliche Menge an Friedhofsabfällen pro Person pro Jahr ergibt sich somit ein Wert von 3,4 Kilogramm (siehe Tabelle 6). Ähnlich wie bei den kommunalen Garten- und Parkabfällen ist bei den Friedhofsabfällen anzunehmen, dass diese entweder selbst kompostiert oder nicht gesondert erfasst werden, also z. B. über die Biotonne entsorgt werden. Genauere Informationen diesbezüglich sind aber nicht vorhanden.

¹⁰⁴ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011a, S. 51

¹⁰⁵ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011c

Tabelle 5: Friedhofsabfälle im Jahr 2009 in den Verbandsgebieten der steirischen Abfallwirtschaftsverbände¹⁰⁶

Verband	Sammelmenge in t	Spez. Aufkommen in kg/EW.a
Landeshauptstadt Graz	k.A.	k.A.
AWV Graz-Umgebung	202,00	1,54
AWV Deutschlandsberg	64,70	1,05
AWV Feldbach	432,10	6,43
AWV Fürstenfeld	106,60	4,63
AWV Hartberg	223,40	3,30
AWV Judenburg	286,80	6,02
AWV Knittelfeld	100,80	3,40
AWV Leibnitz	234,40	3,11
AWV Leoben	248,80	3,77
AWV Liezen	k.A.	k.A.
AWV Mürzverband	410,70	3,81
AWV Murau	65,00	2,07
AWV Radkersburg	51,20	2,13
AWV Schladming	31,50	1,41
AWV Voitsberg	298,10	5,56
AWV Weiz	k.A.	k.A.
Steiermark gesamt	2.756,20	

Tabelle 6: Berechnung der tatsächlichen Friedhofsabfälle pro Person pro Jahr in kg

Bereinigte Einwohnerzahl	Menge an Friedhofsabfällen gesamt in Tonnen pro Jahr	Menge an Friedhofsabfällen pro Person pro Jahr in kg
811.382	2.756,20	3,4

¹⁰⁶ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2011c

5. Küchen- und Speiseabfälle aus der Gastronomie

In diesem Kapitel werden die Küchen- und Speiseabfälle betrachtet, die in Gastronomiebetrieben in der Steiermark, die dem Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz unterliegen, anfallen. Nachdem einleitend allgemeine Begriffe erklärt werden und auf die rechtlichen Aspekte aufmerksam gemacht wird, werden, anhand von statistischen Hochrechnungen und mit Vergleichen von ähnlichen, bereits durchgeführten Studien, die Aufkommen an Küchen- und Speiseabfällen für die Steiermark ermittelt.

5.1 Allgemeines

Unter dem Begriff „Küchen- und Speiseabfälle“ werden biogene Abfälle verstanden, die sowohl pflanzliche, als auch tierische Anteile enthalten und die bei der Zubereitung und dem Verzehr von Lebensmitteln in der Gastronomie und in Großküchen, wie beispielsweise in Seniorenheimen, Krankenhäusern und Kasernen, anfallen. Je nach Jahreszeit oder Anfallort kann die Zusammensetzung der Küchen- und Speiseabfälle variieren.¹⁰⁷

Die Zusammensetzung der Küchen- und Speiseabfälle spielt eine wesentliche Rolle für die weitere Verwertung der biogenen Abfälle, denn wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, eignen sich Abfälle mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt wesentlich besser für die Vergärung als für die Kompostierung. Darüber hinaus ist die Zusammensetzung entscheidend für die Bestimmung der Schütt- bzw. Raumdichte von Küchen- und Speiseabfällen. Diese zu wissen ist insofern von Bedeutung, weil die Mengen der Küchen- und Speiseabfälle in der Steiermark teilweise selbst erhoben wurden und von den Befragten diesbezüglich unterschiedliche Mengenangabe gemacht wurden (Tonnen, Liter, m³). Die Werte, die als Schüttdichte für Küchen- und Speiseabfälle in der Literatur zu finden sind, reichen von 250 bis 1000 Kilogramm pro m³, was einer Schüttdichte von 0,25 bis 1 Kilogramm pro Liter Küchen- und Speiseabfälle entspricht. In einer Studie für das Bundesland Salzburg wurden mehrere Behältersichtungen mit anschließender Verwiegung des Inhaltes und Abschätzung des Füllgrades durchgeführt. Der Wert, der dabei ermittelt wurde, entsprach annähernd dem Wert, der auch vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006) empfohlen wird und liegt für Küchen- und Speiseabfälle bei 0,85 Tonnen pro m³. Für Betriebe, die nur über einen kleineren

¹⁰⁷ vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011a, S. 53 / Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), 2010, S. 8

Küchenbetrieb verfügen, wie z. B. Imbissstuben, wird eine Schüttdichte von 0,45 Tonnen pro m³ angenommen.¹⁰⁸

5.3 Hotels und ähnliche Beherbergungsbetriebe

Dieses Unterkapitel behandelt den Anfall von Küchen- und Speiseabfällen in Hotels, Gasthöfen und Pensionen in der Steiermark. Derzeit (Stand 31.12.2009) gibt es 378 Hotelbetriebe, 971 Gasthöfe und 395 Pensionen.¹⁰⁹

Aufgrund der großen Anzahl und der örtlichen Streuung der Betriebe ist es schwierig, eine Berechnung durchzuführen, da nur ein kleiner Prozentsatz der Daten erhoben werden konnte (mehr dazu siehe Kapitel 1.3). Deshalb können nur durch Hochrechnungen Ergebnisse erzielt werden. Im Falle von Küchen- und Speiseabfällen gibt es zwar bereits zahlreiche Studien darüber, jedoch sind die Resultate der meisten sehr unterschiedlich. Eine Studie, die für den Kanton Aargau in der Schweiz durchgeführt wurde, und die insbesondere im Bereich der Krankenhäuser (Kapitel 6.2) zu vergleichbaren Ergebnissen mit den hochgerechneten Werten geführt hat, wurde somit zu einer ersten Abschätzung des Aufkommens an Küchen- und Speiseresten aus der Gastronomie herangezogen.¹¹⁰ Um die Berechnung durchführen zu können, wurde allerdings die Anzahl der Nächtigungen in der Steiermark benötigt.

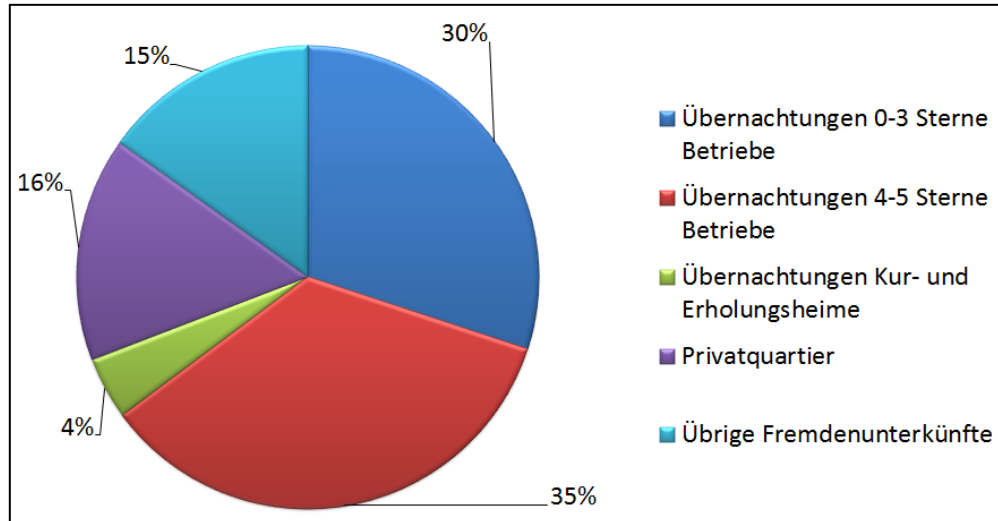


Abbildung 15: Prozentuelle Verteilung der Übernachtungen im Jahr 2010 in der Steiermark auf die einzelnen Beherbergungskategorien¹¹¹

¹⁰⁸ vgl. Part, 2010, S. 7f / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006b, S. 40

¹⁰⁹ Wirtschaftskammer Österreich, 2010, S. 71

¹¹⁰ vgl. Baier et al., 2007a, S. 5, 11f / Baier et al., 2007b, S. 23

¹¹¹ vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012c

Im Jahr 2010 gab es in der Steiermark ungefähr 10.781.900 Nächtigungen, davon entfielen 30 Prozent auf Betriebe der Kategorie 0 bis 3 Sterne und 35 Prozent auf Betriebe der Kategorie 4 bis 5 Sterne, wie in Abbildung 15 zu sehen ist. In Hotels und ähnlichen Betrieben gab es insgesamt rund 7 Millionen Nächtigungen (Übernachtungen 0 bis 3 Sterne + Übernachtungen 4 bis 5 Sterne).¹¹²

Bei der anschließend durchgeführten Hochrechnung wurde nun die von Baier et al. (2007) berechnete Zahl von 124 g Küchen- und Speiseabfällen (in Tabelle 7 und folgenden Tabellen als KSA abgekürzt) pro Mahlzeit mit der Anzahl der Mahlzeiten pro Nächtigung und der Anzahl der Nächtigungen in der Steiermark multipliziert. Dadurch kommt man zu dem Ergebnis, dass in steirischen Hotels- und ähnlichen Gastronomiebetrieben in etwa 3.700 Tonnen Küchen- und Speiseabfälle pro Jahr anfallen.¹¹³

Tabelle 7: Hochrechnung auf Basis
der Berechnungsmethode nach Baier et al., 2007¹¹⁴

Berechnungsmethode nach	Kennzahl
Baier et al., 2007	124 g KSA / Mahlzeit 4,3 Mahlzeiten / Nächtigung
Rechenvorgang	Berechnetes Ergebnis für Hotels und ähnliche Betriebe in Tonnen
$\frac{0,124}{1000} * 4,3 * 7.000.000$	3.732,4

Um zu überprüfen, wie repräsentativ das Ergebnis dieser Hochrechnung nach Baier et al. (2007) ist, wurde eine Befragung unter Gastronomiebetrieben in der Steiermark durchgeführt. Nähere Informationen zu dieser Befragung werden in Kapitel 1.3 gegeben. Von den befragten Betrieben konnten 21 Hotelbetriebe ausgewertet werden, die über eine Kapazität von 2.319 Betten verfügen. Die Grundgesamtheit der Hotels umfasst, wie bereits erwähnt, 378 Betriebe. Verglichen mit der gesamten Bettenkapazität für die Hotellerie in der Steiermark von 55.574 Betten, ergibt dies eine Stichprobe von 4,2 Prozent. Gemessen an der Bettenkapazität der gesamten Steiermark von 104.533 umfasst die gemessene Stichprobe einen Anteil von etwas mehr als 2,2 Prozent.¹¹⁵

Ausgehend von der Anzahl der Betten und der durchschnittlichen Auslastung in der Steiermark für Hotels und ähnliche Betriebe von 33,4 Prozent, wurden für die

¹¹² vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012c

¹¹³ vgl. Baier et al., 2007a, S. 5, 11f / Baier et al., 2007b, S. 23

¹¹⁴ vgl. Baier et al., 2007a, S. 5, 11f / Baier et al., 2007b, S. 23

¹¹⁵ eigene Erhebung, 11-12/2011

erhobenen Stichproben die Abfallmengen in Liter berechnet, die pro Nächtigung in dem jeweiligen Hotelbetrieb anfällt.

Bevor in weiterer Folge Hochrechnungen mit den berechneten Werten durchgeführt werden, wird die Stichprobe noch einigen statistischen Auswertungen unterzogen. Zur besseren Abschätzung, in welchem Bereich sich die Abfallmengen befinden, wird ein Konfidenzintervall ermittelt. Da der Berechnung eines Konfidenzintervalls eine normalverteilte Zufallsgröße zugrunde liegen muss, wird zuerst überprüft, ob die erhobenen Stichproben Teil einer Normalverteilung sind.¹¹⁶ Die Grundgesamtheit umfasst insgesamt 378 Hotelbetriebe. Davon entsprechen 168 Betriebe den Kategorien 4 bis 5 Sterne und 210 den Kategorien 0 bis 3 Sterne. In der nachfolgenden Tabelle sind die ermittelten Abfallmengen pro Nächtigung in Liter aufgelistet. Die ersten 13 der in Tabelle 8 angeführten Werte (H1-H13) sind dabei den Hotels der Kategorie 0 bis 3 Sterne zuzuordnen. H14 bis H21 sind Hotels der Kategorie 4 und 5 Sterne.

Tabelle 8: Ermittelte Abfallmengen pro Nächtigung in Liter für die erhobene Stichprobe¹¹⁷

Hotel	Berechnete Abfallmenge/Nächtigung in Liter	Hotel	Berechnete Abfallmenge/Nächtigung in Liter
H1	0,733	H12	2,566
H2	0,675	H13	0,649
H3	0,122	H14	1,659
H4	0,116	H15	3,205
H5	0,642	H16	2,418
H6	0,475	H17	0,668
H7	0,078	H18	0,853
H8	0,404	H19	0,583
H9	1,369	H20	0,535
H10	0,080	H21	2,115
H11	1,991		

Mit diesen Zahlen wurde nun der arithmetische Mittelwert berechnet. Für die 13 Betriebe der Kategorie 0 bis 3 Sterne wurde ein Mittelwert (\bar{x}) von 0,76 Liter Küchen- und Speiseabfälle pro Nächtigung berechnet. Für die Kategorien 4 bis 5

¹¹⁶ vgl. Bartsch, 2004, S. 720f

¹¹⁷ eigene Erhebung, 11-12/2011

Sterne (8 Datensätze) beträgt der Mittelwert 1,50 Liter Küchen- und Speiseabfälle pro Nächtigung.

Da der Mittelwert ein statistisches Lagemaß ist, das sehr anfällig für etwaige Ausreißer ist, wurde ebenso der Median berechnet, welcher in dieser Hinsicht robuster ist.¹¹⁸ Als Median für die Hotelbetriebe der Kategorien 0 bis 3 Sterne wurde ein Wert von 0,64 Liter Küchen- und Speiseabfälle pro Nächtigung ermittelt. Für die Kategorien 4 und 5 Sterne liegt der Median bei 1,26 Liter Küchen- und Speiseabfälle pro Nächtigung. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 9 noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 9: Berechneter Mittelwert und Median für die Kategorien 0-3 Sterne und 4-5 Sterne

Berechneter Wert	0-3 Sterne Betriebe	4-5 Sterne Betriebe
Mittelwert (\bar{x})	0,76 Liter KSA / Nächtigung	1,50 Liter KSA / Nächtigung
Median	0,64 Liter KSA / Nächtigung	1,26 Liter KSA / Nächtigung

Durch Berechnung der Dichtefunktion und des Erwartungswertes, sowie durch Durchführung des Shapiro-Wilk-Testes, der selbst bei kleinen Stichproben relativ aussagekräftige Ergebnisse liefert, wurde überprüft, ob die gesammelten Daten normalverteilt sind. Da aufgrund der Berechnungsergebnisse eine Normalverteilung nicht widerlegt werden kann und auch eine mit dem Programm „IBM® SPSS® Statistics Version 20.0.0“ erstelltes Q-Q-Diagramme das Vorliegen einer Normalverteilung annehmen lässt, wird ein Konfidenzintervall ermittelt. Zur Berechnung des Konfidenzintervalls werden die in Tabelle 10 angegebenen Werte benötigt.

Tabelle 10: Benötigte Werte zur Berechnung des Konfidenzintervalls

Berechneter Wert	0-3 Sterne Betriebe	4-5 Sterne Betriebe
Mittelwert (\bar{x})	0,76	1,50
Standardabweichung (s)	0,77	1,00

Das berechnete Konfidenzintervall, auch als Vertrauensbereich bezeichnet, ist zweiseitig mit einer Sicherheit von 90 Prozent, das bedeutet, dass mit einer

¹¹⁸ vgl. Cramer, E.; Kamps, U., 2008, S. 32f / Holland, H.; Scharnbacher, K., 2006, S. 45

Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent die tatsächlichen Mengen an Küchen- und Speiseabfällen innerhalb dieses Konfidenzintervalls liegen.¹¹⁹

Als Ergebnis erhält man, dass die Küchen- und Speisereste aus 4 und 5 Sterne Betrieben mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent in einem Bereich von 0,921 bis 2,087 Liter pro Nächtigung liegen. Für die 0 bis 3 Sterne Betriebe wurde diese Berechnung ebenfalls durchgeführt. Demnach fallen in einem 0 bis 3 Sterne Betrieb pro Nächtigung 0,410 bis 1,113 Liter Küchen- und Speisereste an.

Diese Ober- und Untergrenzen an anfallenden Küchen- und Speiseresten wurden nun herangezogen, um eine obere und eine untere Grenze für die Gesamtmengen an Küchen- und Speiseabfällen in der Steiermark zu berechnen. Die Größe des Konfidenzintervalls ist im konkreten Fall relativ groß. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nur wenige Stichproben erhoben wurden und die Streuung der Werte daher entsprechend groß ist (siehe Tabelle 11). Das berechnete Konfidenzintervall sind Werte in Liter. Zur besseren Vergleichbarkeit mit weiteren berechneten Mengen aus anderen Kapiteln, werden diese Werte in Kilogramm bzw. Gramm umgerechnet. Für die Umrechnung werden die Liter-Werte mit 0,85 und anschließend mit 1000 multipliziert, um die Werte in Gramm zu erhalten.

Tabelle 11: Umrechnung des Konfidenzintervall von Liter in Gramm pro Nächtigung

Kategorie	Konfidenzintervall in Liter pro Nächtigung	Konfidenzintervall in Gramm pro Nächtigung
0-3 Sterne Betriebe	[0,410; 1,113]	[349; 946]
4-5 Sterne Betriebe	[0,921; 2,087]	[783; 1774]

Wie aus Tabelle 12 ersichtlich ist, fallen bei den 0 bis 3 Sterne Betrieben mindestens 1.130 und maximal 3.063 Tonnen an Küchen- und Speiseabfällen pro Jahr an. Bei den 4 bis 5 Sterne Betrieben ist die anfallende Menge an biogenen Abfällen aus der Küche größer und liegt zwischen 2.939 und 6.659 Tonnen pro Jahr. Dass in Betrieben der Kategorie 4 und 5 Sterne größere Mengen an Küchen- und Speiseabfälle anfallen, ist damit zu erklären, dass in höherklassigen Betrieben meist eine größere Auswahl an Speisen zur Verfügung gestellt wird als beispielsweise in einem 1 Sterne Betrieb.

¹¹⁹ vgl. Bartsch, 2004, S. 720

Tabelle 12: Berechnung der Ober- und Untergrenze an Küchen- und Speiseabfällen für die Kategorien 0-3 Sterne und 4-5 Sterne¹²⁰

Kategorie	Kennzahl	Berechnung	Ergebnis in Tonnen/Jahr
0-3 Sterne Betriebe Untergrenze	349 g KSA / Nächtigung	$0,349 * \frac{3.237.915}{1000}$	1.130,03
0-3 Sterne Betriebe Obergrenze	946 g KSA / Nächtigung	$0,946 * \frac{3.237.915}{1000}$	3.063,07
4-5 Sterne Betriebe Untergrenze	783 g KSA / Nächtigung	$0,783 * \frac{3.753.768}{1000}$	2.939,20
4-5 Sterne Betriebe Obergrenze	1774 g KSA / Nächtigung	$1,774 * \frac{3.753.768}{1000}$	6.659,18

Rechnet man beide Unter- und Obergrenzen zusammen, so ergibt sich eine Abfallmenge für die Hotelbetriebe in der Steiermark von mindestens 4.000 und maximal 9.700 Tonnen pro Jahr (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Berechnung der Ober- und Untergrenze an Küchen- und Speiseabfällen für die gesamten Hotelbetriebe der Steiermark

Kategorie	Berechnung	Ergebnis in Tonnen pro Jahr
Untergrenze KSA aus Hotelbetrieben	1.130,03 + 2.939,20	4.069,23
Obergrenze KSA aus Hotelbetrieben	3.063,07 + 6.659,18	9.722,25

Die Berechnung nach Baier et al. (2007) stimmt mit der berechneten Untergrenze näherungsweise überein. Da bei der Hochrechnung für den Kanton Aargau die Menge an Küchen- und Speiseresten pro Mahlzeit bzw. die Mahlzeiten pro Bett herangezogen wurden und von den befragten Betrieben in der Steiermark ebenfalls die durchschnittliche Anzahl der konsumierten Speisen pro Tag bekannt ist, wurden die entsprechenden Kennzahlen für den 0 bis 3 Sterne Bereich und für die 4 bis 5 Sterne Betriebe ermittelt. Damit wurden anschließend die Mengen hochgerechnet. Die Durchschnittswerte der beiden Kategorien ergeben 3,91 Mahlzeiten pro Nächtigung und eine Abfallmenge von

¹²⁰ vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012c

170,24 g pro Mahlzeit (siehe Tabelle 14). Die Werte dieser Studie und jener von Baier et al. (2007) sind somit durchaus ähnlich und als realistisch einzuschätzen. Dies bestätigt darüber hinaus der Verweis in der Studie von Baier et al. (2007) auf eine weitere Erhebung, die zu dem Resultat kam, dass pro Mahlzeit 175 g an Küchen- und Speiseabfällen anfallen.¹²¹

Tabelle 14: Durchschnittliche Mahlzeiten pro Nächtigung und Abfallmenge pro Mahlzeit

Kategorie	Mahlzeiten pro Nächtigung	Abfallmenge pro Mahlzeit
0-3 Sterne Betriebe	4,25	98 g
4-5 Sterne Betriebe	3,60	242 g
Durchschnittswerte	3,91	170,24 g

Tabelle 15: Hochrechnung der Küchen- und Speiseabfälle aus Hotels und ähnlichen Betrieben auf Basis der Abfallmenge pro Mahlzeit

Kategorie	Kennzahl	Berechnung	Ergebnis in Tonnen/Jahr
0-3 Sterne Betriebe	98 g KSA / Mahlzeit 4,25 Mahlzeiten pro Nächtigung	$\frac{0,098}{1000} * 4,25 * 3.237.915$	1.142,34
4-5 Sterne Betriebe	242 g KSA / Mahlzeit 3,6 Mahlzeiten pro Nächtigung	$\frac{0,242}{1000} * 3,6 * 3.753.768$	3.270,28
SUMME			4.412,62

In Tabelle 15 wurden nun die Abfallmengen aufgrund der vorher berechneten Werte ermittelt. Das Ergebnis untermauert noch einmal die Vergleichbarkeit der Studie von Baier et al. (2007) und die Plausibilität der berechneten Mengen. Zudem liegt die ermittelte Menge von ca. 4.400 Tonnen innerhalb des Intervalls von 4.000 bis 9.700, welches in Tabelle 13 berechnet wurde.

¹²¹ vgl. Baier et al., 2007a, S. 11

5.4 Sonstige Beherbergungsbetriebe

Unter dem Begriff „Sonstige Beherbergungsbetriebe“ werden in dieser Arbeit Kur- und Erholungsheime und sonstige Gästebetten, also Unterkünfte in Kinder- und Jugendherbergen, Schutzhütten usw., zusammengefasst. Die Privatquartiere wurden in dieser Berechnung nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass die Menge an Küchen- und Speiseresten, die in diesem Bereich anfällt, nicht erheblich ist und zumeist die Entsorgung der biogenen Abfälle mittels kommunaler getrennter Sammlung über die Biotonne erfolgt. Auf diese sonstigen Beherbergungsbetriebe entfallen somit ca. 20.000 Gästebetten.¹²²

Da für Betriebe dieser Kategorie selbst keine Erhebungen durchgeführt wurden, musste zur Gänze auf die Kennzahlen, die im Rahmen anderer Studien berechnet wurden, zurückgegriffen werden. Zunächst erfolgt eine Hochrechnung nach den von Part (2010) ermittelten Werten für Salzburg. Diese Studie wurde deshalb ausgewählt, da anzunehmen ist, dass das Abfallaufkommen von Betrieben in Salzburg relativ ähnlich zu dem in der Steiermark ist, weil die gastronomische Struktur vergleichbar ist. Part (2010) nahm an, dass die biogenen Abfälle, die diesem Bereich zuzuordnen sind, eher privaten biogenen Abfällen entsprechen und rechnete somit mit einer Schüttdichte von 0,45 kg pro Liter.¹²³

Tabelle 16: Hochrechnung auf Basis der Berechnungsmethode nach Part (2010)¹²⁴

Berechnungsmethode nach	Kennzahl	Berechnung	Ergebnis in Tonnen / Jahr
Part (2010)	178 g KSA / Bett / Tag	$\frac{0,178}{1000} * 365 * 20.000$	1.199,40
	310 g KSA / Nächtigung	$\frac{0,310}{1000} * 2.097.368$	650,18

Mit seinen Kennzahlen wurde in Tabelle 16 eine Abfallmenge zwischen 650 und 1200 Tonnen pro Jahr ermittelt, die in sonstigen Beherbergungsbetrieben, sowie in Kur- und Erholungsheimen anfällt. Ein annäherungsweise gleiches Ergebnis liefert die Berechnung nach den Werten des Technischen Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH (2010), die im Jahr 2010 für Vorarlberg erhoben wurden und in Tabelle 17 abgebildet ist. Da es in der Literatur noch weitere

¹²² vgl. Wirtschaftskammer Österreich, 2010, S. 24

¹²³ vgl. Part, 2010, S. 50f

¹²⁴ Part, 2010, S. 50f

¹²⁵ vgl. Wirtschaftskammer Österreich, 2010, S. 24

¹²⁶ vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012c

ähnliche Werte gibt, ist davon auszugehen, dass diese Zahlen auch auf die Steiermark angewendet werden können.¹²⁷

Tabelle 17: Hochrechnung auf Basis der Berechnungsmethode nach dem Technischen Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH (2010)¹²⁸

Berechnungsmethode nach	Kennzahl	Berechnung	Ergebnis in Tonnen / Jahr
Technisches Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH (2010)	0,39 kg / Nächtigung	$\frac{0,39}{1000} * 2.097.368129$	817,97

5.5 Gastronomiebetriebe mit höchstens 8 Gästebetten

Im Jahr 2009 wurden in der Steiermark 7.560 Verpflegungsbetriebe gezählt. Dazu zählen unter anderem Gasthäuser, Restaurants, Kaffeehäuser, Imbissstube, Kantinen und Cateringbetriebe. Wie in dem Bereich „Sonstige Beherbergungsbetriebe“ wurde auch hier keine eigene Erhebung durchgeführt. Da es bei diesen Betrieben keine Statistik darüber gibt, wie viele Leute wann und wo essen, muss bei der Hochrechnung auf eine andere Methode zurückgegriffen werden. Es wäre beispielsweise möglich die anfallenden Küchen- und Speiseabfälle pro Verabreichungsplatz zu berechnen. Doch hier ist das Problem ebenso, dass es keinerlei Angaben darüber gibt, wie viele Verabreichungsplätze in steirischen Gastronomiebetrieben zur Verfügung stehen. Aus statistischer Sicht, sind die einzigen Zahlen, die zur Verfügung stehen, die Anzahl der Betriebe und die Anzahl der Beschäftigten im jeweiligen Tourismusbereich. Aufgrund unterschiedlicher Betriebsgrößen ist es aber nicht möglich eine einheitliche Kennzahl von biogenen Abfällen pro Betrieb zu berechnen. Die möglichen Berechnungsvarianten beschränken sich daher auf die Anzahl der Beschäftigten.

Im Gaststättenwesen waren im Jahr 2001 16.109 Personen beschäftigt. Die jährlichen Zuwachsraten der Beschäftigten betragen im Schnitt 1,87 Prozent. Mit diesen Informationen kommt man zu einer Gesamtanzahl an Beschäftigten im Jahr 2009 von ungefähr 19.000 Personen. Graggaber et al. (1999) berechneten Durchschnittswerte für die Wiener Restaurants und Kaffeehäuser von 90 bzw. 37 Kilogramm Küchen- und Speiseabfälle pro Beschäftigtem pro Jahr.¹³⁰ Da damals aber die Entsorgungssituation mit Sicherheit anders war und es hinsichtlich der

¹²⁷ vgl. Technisches Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH, 2010 / Angerer et al., 2001, S. 27

¹²⁸ vgl. Technisches Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH, 2010, S. 7

¹²⁹ vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012c

¹³⁰ vgl. Graggaber et al., 1999, S. 104, 109

Entsorgung von Küchen- und Speiseabfällen auch aus rechtlicher Sicht einige Änderungen gegeben hat, ist die Verwendung dieses Wertes für etwaige Hochrechnungen nicht zu empfehlen.

In einer Studie aus Vorarlberg wurde erhoben, dass in einem Gastronomieunternehmen pro Jahr pro beschäftigter Person durchschnittlich 407 kg Küchen- und Speiseabfälle anfallen.¹³¹ Die Abfallmenge, die sich daraus ergibt, beträgt 7.733 Tonnen. Als Vergleichswert dient hier die Studie von Angerer et al. (2001) die einen Median von 550 Tonnen pro Beschäftigtem pro Jahr bei ihrer Untersuchung ermittelt haben. Der getrimmte Mittelwert, also der Mittelwert exklusive der oberen und unteren 5 Prozent der Werte, den Angerer et al. (2001) ermittelten, lag hingegen um einiges darüber bei 770 Kilogramm pro Beschäftigtem pro Jahr.¹³²

Das Ergebnis der zweiten Berechnungsmethode ist fast doppelt so groß, wie jenes der ersten (siehe Tabelle 18). Die große Schwankungsbreite in diesem Bereich und die mangelnden Vergleichsmöglichkeiten zeigen, dass die Bewertung dieses Ergebnisses noch einen großen Unsicherheitsfaktor darstellt.

Tabelle 18: Hochrechnung auf Basis der Berechnungsmethode nach Technisches Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH (2010) und Angerer (2001)¹³³

Berechnungsmethode nach	Kennzahl	Berechnung	Ergebnis in Tonnen / Jahr
Technisches Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH (2010)	407 kg / Jahr / Beschäftigtem	0,407*19.000	7.733
Angerer et al. (2001)	770 kg / Jahr / Beschäftigtem	0,77*19.000	14.630

Part (2010) wendet in seiner Studie jedoch noch eine alternative Methode zur Berechnung der biogenen Abfälle aus Verpflegungsbetrieben an. Die Basis seiner Berechnungen ist eine in drei Salzburger Gemeinden durchgeführte Erhebung in allen dort ansässigen Gastronomiebetrieben. Da es sich in den drei Gemeinden um eine Vollerhebung handelte, ermittelte er eine Kennzahl, die angibt, wie viele Küchen- und Speiseabfälle in einem Verpflegungsbetrieb pro Jahr pro Einwohner anfallen. Für Restaurants und Gasthöfe ohne Unterkunft liegt dieser Wert bei 4,6 Kilogramm pro Einwohner pro Jahr. Im Bereich der sonstigen Gaststätten, zu

¹³¹ vgl. Technisches Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH, 2010, S. 7

¹³² vgl. Angerer et al., 2001, S. 35

¹³³ vgl. Technisches Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH, 2010, S. 7 / Angerer et al., 2001, S. 35

denen er Imbissbuden, Kaffeehäuser, Buffets usw., zählt, beträgt die Kennzahl 0,74 Kilogramm pro Einwohner pro Jahr.¹³⁴

Tabelle 19: Hochrechnung auf Basis der Berechnungsmethode nach Part (2010)¹³⁵

Berechnungsmethode nach	Kennzahl	Berechnung	Ergebnis in Tonnen / Jahr
Part (2010)	4,6 kg pro EW pro Jahr KSA in Restaurants und Gasthäusern	$\frac{4,6}{1000} * 1.209.085$	5.561,80
	0,74 kg pro EW pro Jahr in sonstigen Verpflegungsbetrieben	$\frac{0,74}{1000} * 1.209.085$	894,72
Summe			6.456,52

Das Resultat der Berechnung, das aus Tabelle 19 zu entnehmen ist, ist vergleichbar mit jenem, das nach der Methode des Technischen Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH (2010) erzielt wurde. Da anzunehmen ist, dass die beiden Ergebnisse, die auf aktuelleren Studien beruhen, eher der Wirklichkeit entsprechen, kann nunmehr von einer Schwankungsbreite zwischen 6.500 und 7.700 Tonnen Küchen- und Speiseabfälle ausgegangen werden.

5.6 Zusammenfassung Gastronomie

In diesem Abschnitt wird noch einmal ein Überblick über die hochgerechneten Ergebnisse der verschiedenen Bereiche gegeben. In Tabelle 20 sind alle für die Gastronomie ermittelten Mengen an Küchen- und Speiseresten mit der jeweiligen Ober- und Untergrenze noch einmal aufgelistet. Die ermittelte Abfallmenge für die Gastronomiebetriebe der Steiermark beträgt ca. 11.000 bis 18.000 Tonnen pro Jahr. Im Durchschnitt ergibt dies eine Menge von ungefähr 14.820 Tonnen Küchen- und Speiseabfällen pro Jahr.

¹³⁴ vgl. Part, 2010, S. 51ff

¹³⁵ vgl. Part, 2010, S. 51ff / Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012d

Tabelle 20: Mengenmäßige Verteilung der Küchen- und Speiseabfälle auf die Bereiche der Gastronomie

Bereich	Abfallmenge in Tonnen
Hotellerie und ähnliche Beherbergungsbetriebe	4.000-9.700
Sonstige Beherbergungsbetriebe	650-1.100
Verpflegungsbetriebe	6.500-7.700
Summe	11.150-18.500

Von den berechneten Mengen ist der Anteil, der auf die Hotellerie entfällt fast gleich groß wie jener der Verpflegungsbetriebe. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, spielen die „Sonstigen Beherbergungsbetriebe“ gesamt gesehen, mit nur 6 Prozent, eine eher kleine Rolle.

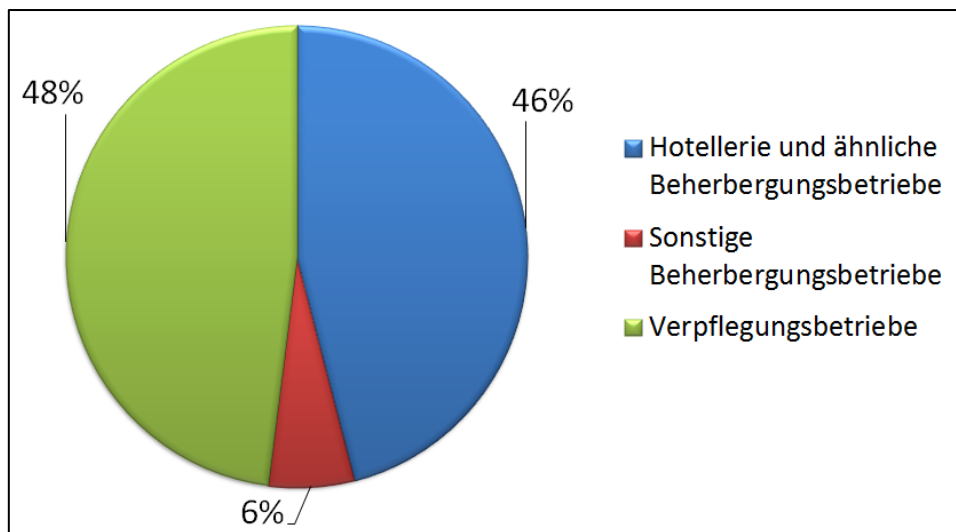


Abbildung 16: Prozentuelle Verteilung der Küchen- und Speiseabfälle auf die Bereiche der Gastronomie

Da es für die Berechnung der Transportwege notwendig ist, zu wissen, welche Mengen an Küchen- und Speiseresten in welcher Region anfallen, wurden die ermittelten durchschnittlichen 14.820 Tonnen pro Jahr in Tabelle 21 auf die einzelnen Bezirke aufgeteilt. Diese Aufteilung basiert auf der Annahme, dass die Nächtigungszahlen in den einzelnen Bezirken proportional zu den dort vorhandenen Verpflegungsbetrieben sind. Die Nächtigungszahlen sind für die gesamten steirischen Bezirke bekannt.

Tabelle 21: Verteilung der Mengen an Küchen- und Speiseresten aus der Gastronomie auf die steirischen Bezirke

Bezirk	Anzahl der Nächtigungen 2010 ¹³⁶	Prozentueller Anteil an den Gesamtnachtigungen	Biogene Abfälle aus dem Gastronomie in Tonnen/Jahr
Graz-Stadt	824.294	7,65	1.133,01
Bruck an der Mur	344.574	3,20	473,63
Deutschlandsberg	170.933	1,58	234,95
Feldbach	421.040	3,91	578,73
Fürstenfeld	541.794	5,03	744,71
Graz-Umgebung	458.332	4,25	629,99
Hartberg	978.842	9,07	1.345,44
Murtal (Judenburg+Knittelfeld)	232.626	2,16	319,75
Leibnitz	398.182	3,69	547,31
Leoben	201.674	1,87	277,21
Liezen	3.904.737	36,22	5.367,16
Mürzzuschlag	241.699	2,24	332,22
Murau	858.330	7,96	1.179,80
Radkersburg	635.337	5,89	873,29
Voitsberg	185.990	1,72	255,65
Weiz	383.516	3,56	527,15
Gesamt	10.781.900	100	14.820,00

¹³⁶ Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012e

6. Biogene Abfälle aus Großküchen und dem Lebensmitteleinzelhandel

Allgemeine Informationen zu Küchen und Speiseabfällen bzw. rechtliche Aspekte wurden bereits in Kapitel 5 erläutert. Dieses Kapitel befasst sich nun mit den Küchen- und Speiseabfällen, die in steirischen Großküchen, wie es sie in Kasernen, Krankenhäusern, sowie in Senioren- und Pflegeheimen gibt, anfallen. Die Berechnungsmethode erfolgte hier jeweils auf Basis von bereits vorhandenen Daten für die Steiermark, mit anschließender Gegenüberstellung von Resultaten, die aufgrund von Angaben in der Literatur berechnet wurden. In Abschnitt 6.6 werden die biogenen Abfälle, die im Bereich des Lebensmitteleinzelhandels anfallen, ermittelt, um die Mengen der gewerblichen biogenen Abfälle in der Steiermark zu vervollständigen.

6.1 Kasernen

Im Gegensatz zu biogenen Abfällen aus dem Bereich der Gastronomie und Hotellerie wurden die Küchen- und Speiseabfälle, die in steirischen Kasernen anfallen, bereits im Jahr 2005 in einer Studie des Landes Energie Verein Steiermark (LEV) erhoben.

Österreichweit gibt es derzeit 86 Kasernen und Ausbildungszentren, davon 14 in der Steiermark.¹³⁷ In all diesen militärischen Einrichtungen gibt es zusammen rund 21.000 Bedienstete, dazu ca. 24.000 Miliz-Soldaten.¹³⁸ Zusätzlich zu den dauerhaft Beschäftigten Personen leisten jährlich in etwa 30.000 Personen ihren Grundwehrdienst mit einer Dauer von 6 Monaten ab.¹³⁹ Wie viele dieser Personen auf die Steiermark entfallen, konnte leider nicht eruiert werden und, aufgrund der unterschiedlichen Größen der Kasernen, konnte auch nicht einfach ein Mittelwert berechnet werden. Es wurde jedoch die Überlegung angestellt, dass die Bediensteten des Bundesheeres bzw. die Rekruten in ihrem Heimatbundesland tätig sind und somit die Anzahl der von den Bundesheerkantinen zu verpflegenden Personen proportional zu der jeweiligen Bevölkerungsanzahl des Bundeslandes ist.

¹³⁷ vgl. Bundesministerium für Landesverteidigung und Sport, 2012a

¹³⁸ vgl. Bundesministerium für Landesverteidigung und Sport, 2012b

¹³⁹ vgl. Bundesministerium für Landesverteidigung und Sport, 2012c

Laut dem in Tabelle 22 berechneten Wert werden in den Kasernen der Steiermark aktuell in etwa 10.823 Personen verpflegt. In der LEV-Studie aus dem Jahr 2005 gab es in der Steiermark 18 Kasernen, deren Abfallmengen mit Hilfe des Militärkommandos Steiermark erhoben wurden. Insgesamt fielen in diesen 18 Militäreinrichtungen 641 Tonnen biogener Abfälle an, davon 348 Tonnen Küchen- und Kantinenabfälle, 197 Tonnen Garten- und Parkabfälle und 96 Tonnen sonstige biogene Abfälle an. Aus welchen Abfallarten sich die biogenen Abfälle zusammensetzen ist nicht bekannt.¹⁴⁰

Tabelle 22: Berechnung der Bundesheerbediensteten und Rekruten für die Steiermark

	Österreich	Steiermark
Bevölkerung 2010	8.387.742141	1.210.614142 = 14,43 %
Bundesheerbedienstete + Rekruten	21.000 + 24.000 + 30.000 = 75.000	10.823 (= 14,43 % von 75.000)

Obwohl die Anzahl der Kasernen in den letzten Jahren reduziert wurde - was auch bei der im Jahr 2005 durchgeführten Erhebung bereits bekannt war - kann davon ausgegangen werden, dass annähernd gleich viele Personen wie damals zu verpflegen sind, da viele Beschäftigte nach der Schließung ihrer Kaserne in andere Kasernen „umstationiert“ worden sind und sich ebenso die Zahl der Rekruten in den letzten Jahren kaum verändert hat. Einzig im Bereich der Garten- und Parkabfälle kam es wahrscheinlich zu einer Reduktion der Abfälle – eben durch Schließung von Kasernen. Insgesamt betrachtet fällt dies aber nicht ins Gewicht.¹⁴³

In weiterer Folge wird nun die Menge an Küchen- und Speiseabfällen berechnet, die pro Person pro Jahr anfällt. Dafür wird die erhobene Menge an Küchen- und Kantinenabfällen (348 Tonnen) durch die Anzahl der zu verpflegenden Personen dividiert. Als Ergebnis erhält man die Küchen- und Speiseabfälle pro Kopf pro Jahr in Höhe von 32,2 Kilogramm. Sucht man in der Literatur nach ähnlichen Werten, so stößt man auf eine Studie aus Dresden (Deutschland) in der die anfallenden Mengen an Küchen- und Speiseabfällen in einer Betriebskantine analysiert wurden und die zu dem Ergebnis kam, dass pro Person jährlich 27,6 Kilogramm an Küchen- und Kantinenabfälle anfallen. In der Betriebskantine des betrachteten Unternehmens wurde das Personal an 250 Arbeitstagen pro Jahr verköstigt. Geht man davon, dass in der Bundesheerkantine an mehr als 250

¹⁴⁰ vgl. Landes Energie Verein Steiermark, 2005, S. 12f

¹⁴¹ Statistik Austria, 2012

¹⁴² Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2011, S. 39

¹⁴³ vgl. Landes Energie Verein Steiermark, 2005, S. 27

Tagen pro Jahr gekocht wird – am Wochenende meist in eingeschränkter Form – erscheint der Wert von 32,2 Kilogramm pro Person pro Jahr durchaus realistisch.¹⁴⁴ In der folgenden Tabelle 24 sind die berechneten und erhobenen Werte noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 23: Zusammenfassung der berechneten und erhobenen Ergebnisse¹⁴⁵

	Menge
Küchen- und Speisereste / Person / Jahr	32,2 kg
Gesamte Küchen- und Speisereste pro Jahr	348 Tonnen

Bei den vorliegenden Daten über die biogenen Abfälle aus Kasernen wurden bei der Aufteilung auf die Bezirke auch biogene Abfälle, die über die Biotonne entsorgt werden bzw. die Garten- und Parkabfälle, die bei der kommunalen Sammlung erfasst sind, angegeben. Um nun die Küchen- und Kantinenabfälle, die mit einer Menge von 348 Tonnen angegeben sind, den Bezirken zuordnen zu können, wurde angenommen, dass der prozentuelle Anteil der gesamten biogenen Abfälle jenem der Küchen- und Speisereste entspricht (siehe Tabelle 24).¹⁴⁶

Tabelle 24: Verteilung der Küchen- und Speisereste aus Kasernen auf die steirischen Bezirke¹⁴⁷

Bezirk	Gesamte biogene Abfälle in Tonnen	Prozentueller Anteil	Anteil an Küchen- und Speisereste
Graz-Stadt	91,4	20,85	72,55
Feldbach	41,7	9,51	33,10
Graz-Umgebung	53	12,09	42,07
Judenburg	139,6	31,84	110,82
Leibnitz	47,4	10,81	37,63
Leoben	25,5	5,82	20,24
Liezen	39,8	9,08	31,59
Gesamt	438,4	100,00	348,00

¹⁴⁴ vgl. Part, 2010, S. 19f / Wille et al., 06/2002, S. 319

¹⁴⁵ eigene Berechnungen und Landes Energie Verein Steiermark, 2005, S. 12f

¹⁴⁶ vgl. Landes Energie Verein Steiermark, 2005, S. 12f

¹⁴⁷ Landes Energie Verein Steiermark, 2005, S. 12f

6.2 Krankenhäuser

In der Steiermark gibt es derzeit 54 Krankenhäuser mit einer Kapazität von 10.669 Betten.¹⁴⁸ Mit Hilfe einer Liste der Krankenanstalten in Österreich, die auf der Homepage des Bundesministeriums für Gesundheit zum Download zur Verfügung steht, konnte berechnet werden, dass von Krankenhäusern mit einer Kapazität von 7.585 Betten bereits im Rahmen der LEV-Studie, die schon unter Kapitel 6.1 erwähnt wurde, Daten erhoben wurden. Der vorliegende Stichprobenumfang gemessen an der Bettenkapazität beträgt somit 71,09 Prozent.¹⁴⁹ Aus den vorliegenden Daten wurden durch Division die Speisereste pro Bett pro Jahr in Kilogramm berechnet. Als Median für die jeweils berechneten Speisereste pro Bett pro Jahr ergibt sich ein Wert von 198 kg.

Tabelle 25: Berechnung der Bettenanzahl für welche noch keine Mengenangaben von Küchen- und Speiseabfällen vorliegen¹⁵⁰

Bettenanzahl Krankenhäuser Steiermark Gesamt	10.669
Bettenanzahl Krankenhäuser bereits erhoben	7.585
Bettenanzahl für noch zu berechnende KSA	3.084

Der Median wurde mit der Anzahl der in Tabelle 25 ermittelten Bettenanzahl, für die noch keine Mengen an Küchen- und Speiseabfällen bekannt ist, multipliziert. Dieses Ergebnis wird nun zu dem bereits erhobenen Wert addiert. Aufgrund dieses Rechenvorganges kommt man zu dem Schluss, dass in der Steiermark pro Jahr in etwa 2.160 Tonnen Küchen- und Speiseabfällen aus Krankenhäuser anfallen (siehe Tabelle 26).

Tabelle 26: Berechnung der Gesamtmenge an Küchen- und Speiseabfällen aus steirischen Krankenhäusern¹⁵¹

	Menge in Tonnen
Bereits erhobene Menge an Küchen- und Speiseresten	1.545,62
Berechnete Menge an Küchen- und Speiseresten	610,63
Gesamtmenge an Küchen- und Speiseresten aus Krankenhäusern	2.156,26

¹⁴⁸ vgl. Bundesministerium für Gesundheit, 2012

¹⁴⁹ vgl. Landes Energie Verein Steiermark, 2005, S. 12f / Bundesministerium für Gesundheit, 2012

¹⁵⁰ vgl. Landes Energie Verein Steiermark, 2005, S. 12f / Bundesministerium für Gesundheit, 2012

¹⁵¹ vgl. Landes Energie Verein Steiermark, 2005, S. 12f / Bundesministerium für Gesundheit, 2012

Um zu überprüfen, wie plausibel die berechnete Gesamtmenge an Küchen- und Speiseabfällen aus steirischen Krankenhäusern ist, wurden mehrere Hochrechnungen mit Werten aus der Literatur vorgenommen. Eine Gegenüberstellung der durchgeführten Berechnungen ist in Tabelle 27 dargestellt.

Wie aus den Berechnungsergebnissen ersichtlich ist, ergeben sich aus den Vergleichsstudien durchaus ähnliche Werte. Insbesondere die Kennzahl, die von Baier et al. (2007) genannt wird und auf einer Studie in der Schweiz beruht und die Kennzahl der Industrieabfall-Koordinierungsstelle Sachsen (IKS), welche in 97 Krankenhäusern in Dresden durchgeführt wurde, liefert nahezu identische Mengen an Küchen- und Speiseabfällen. Das in dieser Magisterarbeit berechnete Ergebnis von 2.160 Tonnen kann als sehr realistisch eingestuft werden.¹⁵²

Tabelle 27: Berechnung von Vergleichswerten mit Hilfe von Angaben aus der Literatur

Berechnungsmethode nach	Kennzahl
Baier et al., 2007¹⁵³	124 g / Mahlzeit (4,3 Mahlzeiten/Bett/Tag)
Rechenvorgang	Berechnetes Ergebnis in Tonnen
$0,124 * 4,3 * 10.669 * \frac{365}{1000}$	2.076,38
Emmerich, G. zitiert in WILLE et al., 06/2002¹⁵⁴	420 g / Tag * Essensteilnehmer
Rechenvorgang	Berechnetes Ergebnis in Tonnen
$0,42 * 10.669 * \frac{365}{1000}$	1.635,56
IKS Dresden zitiert in WILLE et al., 06/2002¹⁵⁵	563 g / Patient / Tag
Rechenvorgang	Berechnetes Ergebnis in Tonnen
$0,563 * 10.669 * \frac{365}{1000}$	2.192,43

¹⁵² vgl. Wille et al., 06/2002, S. 319f / Baier et al., 2007b

¹⁵³ vgl. Baier et al., 2007a, S. 5, 11f / Baier et al., 2007b, S. 23 / Bundesministerium für Gesundheit, 2012

¹⁵⁴ Wille et al., 06/2002, S. 319 / Bundesministerium für Gesundheit, 2012

¹⁵⁵ Wille et al., 06/2002, S. 319 / Bundesministerium für Gesundheit, 2012

In Tabelle 28 ist die anfallende Menge an Küchen- und Speiseresten in Krankenhäusern der Steiermark nach Bezirken aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgte proportional zur prozentuellen Verteilung der Bettenanzahl auf die jeweiligen Bezirke.

Tabelle 28: Aufteilung der Küchen- und Speisereste aus Krankenhäusern auf die Bezirke der Steiermark

Bezirk	Bettenanzahl¹⁵⁶	Prozentueller Anteil an der Gesamt-bettenanzahl	Biogene Abfälle aus Krankenhäusern in Tonnen/Jahr
Graz-Stadt	3.970	37,21	802,36
Bruck an der Mur	633	5,93	127,93
Deutschlandberg	351	3,29	70,94
Feldbach	384	3,6	77,61
Fürstenfeld	126	1,18	25,46
Graz-Umgebung	1.233	11,56	249,20
Hartberg	323	3,03	65,28
Judenburg	293	2,75	59,22
Knittelfeld	0	0,00	0,00
Leibnitz	1.017	9,53	205,54
Leoben	611	5,73	123,48
Liezen	733	6,87	148,14
Mürzzuschlag	127	1,19	25,67
Murau	282	2,64	56,99
Radkersburg	365	3,42	73,77
Voitsberg	145	1,36	29,31
Weiz	76	0,71	15,36
Gesamt	10.669	100,00	2156,26

¹⁵⁶ vgl. Bundesministerium für Gesundheit, 2012

6.3 Senioren- und Pflegeheime

In der Steiermark gibt es derzeit 153 Senioren- und Pflegeheime mit einer Kapazität von 11.444 Betten.¹⁵⁷ Von diesen 153 Heimen haben 27 Prozent weniger als 30 Betten, in etwa ein Drittel 30 bis 49 Betten und etwas mehr als 40 Prozent 50 und mehr Betten.¹⁵⁸

Knapp ein Viertel dieser Heime hat eine Auslastung von 100 Prozent. In etwa 18 Prozent der Heime sind zu 95 Prozent ausgelastet und in den restlichen Heimen beträgt die Auslastung 80 bis 94 Prozent. Basierend auf diesen Angaben wurde in weiterer Folge die Anzahl der belegten Betten in Senioren- und Pflegeheimen in der Steiermark berechnet (siehe Tabelle 29). Für jene Heime, die eine Auslastung von 80 bis 94 Prozent haben, wurde eine durchschnittliche Auslastung von 87 Prozent angenommen. Das Ergebnis dieser Berechnung gibt an, dass in der Steiermark 10.463 Menschen in Senioren- und Pflegeheimen betreut und natürlich auch gepflegt werden (siehe Tabelle 29).¹⁵⁹

Tabelle 29: Berechnung der belegten Betten in steirischen Senioren- und Pflegeheimen¹⁶⁰

Durchschnittliche Auslastung in %	Anteil der Heime in %	Bettenanzahl	Belegte Betten
100	23	2.632	2.632
95	18	2.060	1.957
87	59	6.752	5.874
SUMME		11.444	10.463

Tabelle 30: Hochrechnung der Küchen- und Speiseabfälle für die steirischen Senioren- und Pflegeheime

Berechnungsmethode nach	Kennzahl
Baier et al., 2007¹⁶¹	124 g / Mahlzeit (4,3 Mahlzeiten/Bett/Tag)
Rechenvorgang	Berechnetes Ergebnis in Tonnen
$0,124 * 4,3 * 10.463 * \frac{365}{1000}$	2.036,3

¹⁵⁷ vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012a / Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012b

¹⁵⁸ vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012b

¹⁵⁹ vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012b

¹⁶⁰ vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012b

¹⁶¹ vgl. Baier et al., 2007a, S. 5, 11f / Baier et al., 2007b, S. 23

Auch bei den Senioren- und Pflegeheimen wurde die errechnete Abfallmenge nach Bezirken in der Steiermark aufgeteilt. Als Grundlage dafür diente die Bettenanzahl der jeweiligen Bezirke, die bekannt ist (siehe Tabelle 31).¹⁶²

Tabelle 31: Aufteilung der Küchen- und Speisereste aus Senioren- und Pflegeheimen auf die Bezirke der Steiermark

Bezirk	Belegte Betten ¹⁶³	Prozentueller Anteil an der Gesamtbettenanzahl	Biogene Abfälle aus dem Senioren- und Pflegeheimen in Tonnen/Jahr
Graz-Stadt	1.666	14,56	296,44
Bruck an der Mur	623	5,44	110,85
Deutschlandsberg	694	6,06	123,49
Feldbach	474	4,14	84,34
Fürstenfeld	220	1,92	39,15
Graz-Umgebung	1.563	13,65	278,11
Hartberg	509	4,45	90,57
Judenburg	543	4,74	96,62
Knittelfeld	422	3,69	75,09
Leibnitz	564	4,93	100,35
Leoben	715	6,25	127,22
Liezen	874	7,64	155,52
Mürzzuschlag	384	3,35	68,33
Murau	622	5,44	110,68
Radkersburg	357	3,12	63,52
Voitsberg	602	5,26	107,12
Weiz	612	5,36	108,90
Gesamt	11.444	100,00	2036,30

Von den Heimen konnten nur von zwei die anfallenden Abfallmengen erhoben werden, weshalb eine statistische Hochrechnung aufgrund dieser Daten als wenig sinnvoll erscheint – insbesondere auch deshalb, weil diese zwei

¹⁶² vgl. Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012b

¹⁶³ Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2012b

Datensätze sehr unterschiedliche Ergebnisse aufweisen (30 g bzw. 131 g biogene Abfälle pro Mahlzeit). Da zumindest einer dieser Werte, dem von Baier et al. (2007) in einer Studie für die Schweiz genannten Wert relativ nahe kommt, wurde eine Hochrechnung auf Basis dieses Wertes durchgeführt. Diese Studie aus der Schweiz, genauer gesagt für den Kanton Aargau, gibt an, dass in Gastronomie- und Hotelleriebetrieben, Krankenhäusern, Heimen und Kasernen pro Mahlzeit ca. 124 g Küchen- und Speisereste anfallen. Weiters wird von der Annahme ausgegangen, dass pro Bett pro Tag 4,3 Mahlzeiten konsumiert werden.¹⁶⁴ Die Berechnung wurde, wie in Tabelle 30 ersichtlich ist, auf Basis der ermittelten Anzahl an belegten Betten durchgeführt. Demnach fallen in der Steiermark in Senioren- und Pflegeheimen in etwa 2.036 Tonnen an Küchen- und Speiseresten an. Da die Bettenanzahl der Krankenhäuser relativ ähnlich ist wie jene der Senioren- und Pflegeheime und dort mit erhobenen Werten ähnliche Abfallmengen berechnet wurden, ist das Ergebnis sehr glaubhaft.

6.4 Zusammenfassung Großküchen

Aus Großküchen von Kasernen, Krankenhäusern, Senioren- und Pflegeheimen fallen in der gesamten Steiermark pro Jahr ungefähr 4.540 Tonnen an Küchen- und Speiseresten an. In Tabelle 32 sind die berechneten Werte zusammengefasst.

Tabelle 32: Mengenmäßige Verteilung der Küchen- und Speiseabfälle auf die Bereiche der Großküchen

Bereich	Abfallmenge
Kasernen	348
Krankenhäuser	2.156
Senioren- und Pflegeheime	2.036
SUMME	4.540

Ähnlich wie in der Gastronomie gibt es auch bei den Großküchen zwei Teilbereiche, die mengenmäßig relativ ähnlich sind, nämlich die Krankenhäuser und die Senioren- und Pflegeheime. Auf diese zwei Bereiche entfallen über 90 Prozent der Küchen- und Speisereste aus Großküchen, während, wie in Abbildung 17 zu sehen ist, der Anteil der Kasernen prozentuell und mengenmäßig eher unbedeutend ist.

¹⁶⁴ vgl. Baier et al., 2007a, S. 5, 11f / Baier et al., 2007b, S. 23

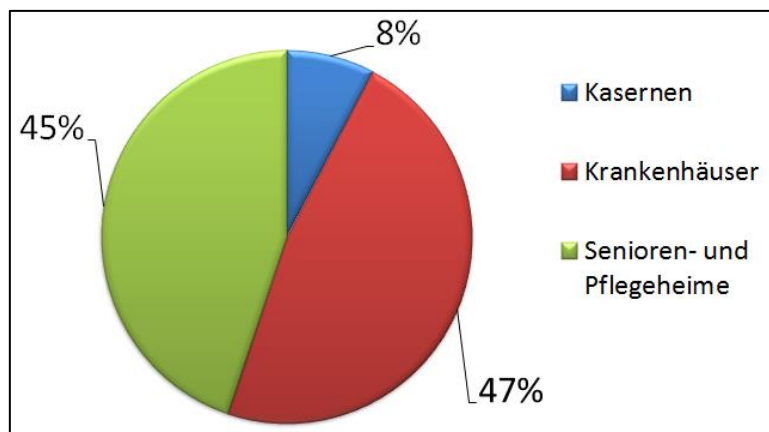


Abbildung 17: Prozentelle Verteilung der Küchen- und Speiseabfälle auf die Bereiche der Großküchen

Tabelle 33: Verteilung der Mengen an Küchen- und Speiseresten aus Großküchen auf die steirischen Bezirke

Bezirk	Biogene Abfälle aus Senioren- und Pflegeheimen in Tonnen/Jahr	Biogene Abfälle aus Krankenhäusern in Tonnen/Jahr	Biogene Abfälle aus Kasernen in Tonnen/Jahr	Summe in Tonnen/Jahr
Graz-Stadt	296,44	802,36	72,55	1.171,350
Bruck an der Mur	110,85	127,93	0,00	238,780
Deutschlandsberg	123,49	70,94	0,00	194,430
Feldbach	84,34	77,61	33,10	195,050
Fürstenfeld	39,15	25,46	0,00	64,610
Graz-Umgebung	278,11	249,2	42,07	569,380
Hartberg	90,57	65,28	0,00	155,850
Judenburg	96,62	59,22	110,82	266,660
Knittelfeld	75,09	0	0,00	75,090
Leibnitz	100,35	205,54	37,63	343,520
Leoben	127,22	123,48	20,24	270,940
Liezen	155,52	148,14	31,59	335,250
Mürzzuschlag	68,33	25,67	0,00	94,000
Murau	110,68	56,99	0,00	167,670
Radkersburg	63,52	73,77	0,00	137,290
Voitsberg	107,12	29,31	0,00	136,430
Weiz	108,9	15,36	0,00	124,260
Gesamt	2.036,30	2.156,26	348,00	4.540,56

Damit die Berechnung der Transportwege bzw. der zu transportierenden Mengen in Kapitel 7 erleichtert wird, sind in Tabelle 33 die Küchen- und Speisereste aus Großküchen noch einmal pro Bezirk zusammengefasst.

6.5 Vergleich zwischen Gastronomie und Großküchen

Addiert mit den Mengen an Küchen- und Speiseresten, die für die Gastronomie ermittelt wurden, ergibt sich insgesamt eine Menge an biogenen Abfällen von ca. 19.300 Tonnen pro Jahr. Davon entfallen in etwa 77 Prozent auf die Gastronomie und die restlichen 23 Prozent auf die Großküchen (siehe Abbildung 18). Diese Verteilung deckt sich mit der von Baier et al. (2007), der angibt, dass vier Fünftel der Küchen- und Speisereste der Gastronomie und der Rest den Krankenhäusern, Kasernen und Heimen zuzuordnen sind.¹⁶⁵ In Tonnen bedeutet dies, dass ca. 4.500 Tonnen aus Großküchen knapp 15.000 Tonnen aus der Gastronomie gegenüberstehen.

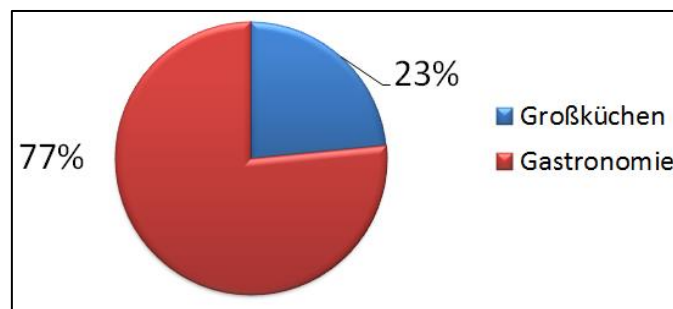


Abbildung 18: Prozentuelle Verteilung der Küchen- und Speisereste auf Großküchen und Gastronomie

In einer Studie des Umweltbundesamtes (2011) wird angegeben, dass im Jahr 2008 in Österreich 103.500 Tonnen an Küchen- und Speiseresten angefallen sind. Rechnet man aus dieser Zahl die Durchschnittsmenge pro Einwohner aus und multipliziert diese Zahl mit der Einwohnerzahl der Steiermark, so erhält man eine Menge an Küchen- und Speiseresten von ca. 15.000 Tonnen (siehe Tabelle 35).¹⁶⁶ Das ist zwar um einiges weniger als die selbst berechnete Menge von ungefähr 19.000 Tonnen aus Tabelle 34. Angesichts der Tatsache, dass bei den eigenen berechneten Werten aber meist der Mittelwert einer berechneten Ober- und Untergrenze genommen wurde - beispielsweise bei den Gastronomiebetrieben - ist anzunehmen, dass der Wert von ca. 15.000 eher der unteren Mengengrenze der anfallenden Küchen- und Speisereste entspricht.

¹⁶⁵ vgl. Baier et al., 2007a, S. 5

¹⁶⁶ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 14 / Statistik Austria, 2012 / Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2011, S. 39

Tabelle 34: Mengen an Küchen- und Speiseabfällen pro Jahr aus der Gastronomie und anderen Großküchen

Bereich	Menge an Küchen- und Speiseresten pro Jahr in Tonnen
Großküchen	4.540
Gastronomie	14.820
SUMME	19.360

Tabelle 35: Berechnung der Menge an Küchen- und Speiseresten pro Jahr aufgrund der Bevölkerung

	Bevölkerung	Menge an Küchen- und Speiseresten in Tonnen pro Jahr
Österreich	8.387.742167	103.500168
Steiermark	1.210.614169	14.938

6.6 Lebensmitteleinzelhandel

In diesem Abschnitt werden die biogenen Abfälle des Lebensmitteleinzelhandels genauer unter die Lupe genommen. Eingangs wird geklärt, welche biogenen Abfälle im Lebensmitteleinzelhandel anfallen. Im Anschluss daran wird das Abfallaufkommen des Lebensmitteleinzelhandels in der Steiermark abgeschätzt.

6.6.1 Allgemeines

Biogene Abfälle im Lebensmitteleinzelhandel entstehen einerseits durch Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums, beschädigte Verpackungen (z. B. durch Transport oder Lagerung), Unterbrechung der Kühlkette oder durch den Verderb der Produkte (z. B. bei Obst und Gemüse). Andererseits werden zahlreiche Lebensmittel aus anderen Gründen entsorgt, beispielsweise aufgrund eines Sortimentswechsels, weil es sich um Saisonartikel, wie z. B. Nikolos oder Osterhasen, handelt, weil die Verpackung aufgerissen wurde oder weil z. B. ein Stück Obst oder Gemüse in einer größeren Packung nicht mehr genießbar ist.¹⁷⁰ Diese Abfälle enthalten sowohl pflanzliche als auch tierische Anteile und

¹⁶⁷ Statistik Austria, 2012

¹⁶⁸ Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 14

¹⁶⁹ Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2011, S. 39

¹⁷⁰ vgl. Schneider, 2008, S. 3 / Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), 2010, S. 8 / Land Oberösterreich Abteilung Umweltschutz, 2009, S. 139

teilweise auch Rückstände von Verpackungen, die vor der Kompostierung bzw. Vergärung entfernt werden müssen.¹⁷¹

6.6.2 Biogene Abfälle von steirischen Lebensmitteleinzelhandelsbetrieben

Im Rahmen der Studie „Sozialer Wertstofftransfer im Einzelhandel“ (2004) wurden zehn Wochen lang die in Betrieben des Lebensmitteleinzelhandel anfallenden biogenen Abfälle untersucht und mengenmäßig erfasst, mit dem Ergebnisses, dass im Durchschnitt pro Filiale 13,5 Tonnen biogene Abfälle pro Jahr anfallen. Das entspricht einer täglichen Abfallmenge von 45 Kilogramm pro Filiale. Auf Basis dieses Ergebnis wurde eine Hochrechnung für Wien durchgeführt, die laut der Autorin dieser Studie mit geringfügigen Differenzen übertragbar ist.¹⁷²

In der vorliegenden Arbeit wurde eine derartige Hochrechnung für die Steiermark durchgeführt. In der Steiermark gibt es (Stand 1. Quartal 2006) 901 Lebensmitteleinzelhandelsbetriebe. Wie aus Abbildung 19 zu entnehmen ist, besitzen über 40 Prozent dieser Betriebe zwischen 251 und 500 m² Verkaufsfläche. 141 Lebensmittelfilialen befinden sich in Graz. Leoben und Kapfenberg mit 16 bzw. 12 Filialen sind die nächstgrößten Standorte. Obwohl das Versorgungsnetz inzwischen schon sehr gut ausgebaut ist, gibt es in der Steiermark, vor allem in ländlichen Gebieten, noch einige Versorgungslücken. Mit Stand vom 1. Quartal 2006 gab es 207 steirische Gemeinden, in denen keine Filiale des Lebensmitteleinzelhandels angesiedelt ist. Speziell im Süden und Osten der Steiermark gibt es nur relativ wenige Filialen.¹⁷³

Laut dem Bericht „Der filialisierte Einzelhandel in der Steiermark – Versorgungssituation der steirischen Gemeinden und Kleinregionen“ (2006) hängt die Verteilung der Filialen bzw. die Größe der Verkaufsfläche mit den regionalen Einwohnerzahlen zusammen.¹⁷⁴ Am Beispiel Graz lässt sich diese These recht gut untermauern. Mit Stichtag 01.01.2011 hatte Graz 261.540 Einwohner. Bei einer Gesamtbevölkerungszahl der Steiermark von 1.210.614 Personen, entspricht dies einem Anteil von 21,60 Prozent. Berechnet man den Anteil der Grazer Filialen an der Gesamtzahl der Filialen, so ergibt sich ein Prozentsatz von 15,65. Dies würde also nicht ganz dem Bevölkerungsanteil entsprechen. Da Graz jedoch vier der acht Standorte besitzt, die eine Verkaufsfläche von über 2.500 m² haben, kann davon ausgegangen werden, dass

¹⁷¹ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 13

¹⁷² vgl. Schneider, F.; Wassermann, G., 2004, S. 15f / Fanta, M.; Schuss, C., Falter Ausgabe 15/2007

¹⁷³ vgl. Land Steiermark Abteilung 16 Landes- und Gemeindeentwicklung, 2006, S. 4ff

¹⁷⁴ vgl. Land Steiermark Abteilung 16 Landes- und Gemeindeentwicklung, 2006, S. 5

die Größe der Verkaufsfläche in etwa proportional zur jeweiligen Einwohnerzahl ist.¹⁷⁵

Eine genaue Verteilung der Verkaufsflächen auf die Gemeinden der Steiermark liegt jedoch nicht vor. Daher wurde bei der Hochrechnung von dem für Wien berechneten Durchschnittswert von 13,5 Tonnen biogener Abfälle pro Jahr pro Filiale ausgegangen, dieser Wert mit der Anzahl der Filialen in der Steiermark multipliziert und die dadurch erhaltene Menge auf die Bezirke, proportional zur jeweiligen Einwohnerzahl, aufgeteilt. Wie Tabelle 36 zu entnehmen ist, fallen für die gesamte Steiermark pro Jahr ungefähr 12.200 Tonnen biogene Abfälle aus dem Bereich des Lebensmitteleinzelhandels an. In Tabelle 37 wurde die Abfallmenge auf die einzelnen Bezirke aufgeteilt.

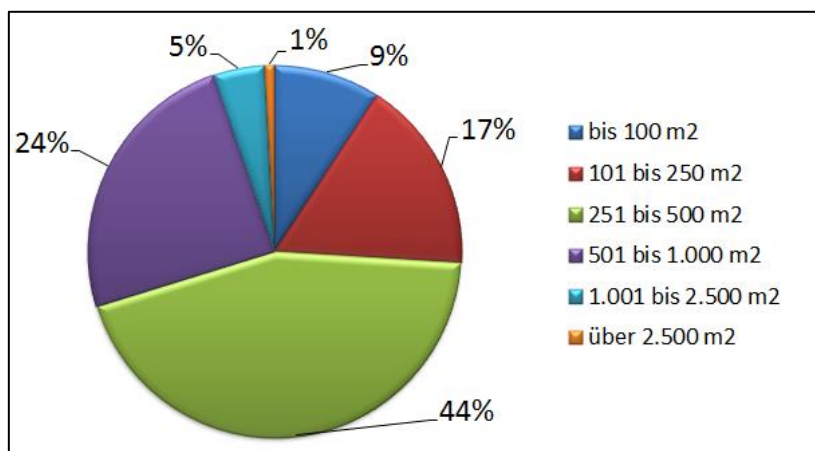


Abbildung 19: Lebensmittelfilialen in der Steiermark nach Verkaufsfläche (Stand 1. Quartal 2006)¹⁷⁶

Tabelle 36: Hochrechnung der biogenen Abfälle aus dem Lebensmitteleinzelhandel für die gesamte Steiermark

Kennzahl	Berechnung	Ergebnis Steiermark Gesamt in Tonnen/Jahr
13,5 Tonnen biogene Abfälle/Filiale/Jahr	$13,5 * 901$	12.163,50

¹⁷⁵ vgl. Land Steiermark Abteilung 16 Landes- und Gemeindeentwicklung, 2006, S. 10 / Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2011, S. 39

¹⁷⁶ vgl. Land Steiermark Abteilung 16 Landes- und Gemeindeentwicklung, 2006, S. 10

Tabelle 37: Abfallmengen aus dem Lebensmitteleinzelhandel für die einzelnen Bezirke der Steiermark

Bezirk	Einwohner ¹⁷⁷	Prozentueller Anteil an der Gesamtbevölkerung	Biogene Abfälle aus dem Lebensmitteleinzelhandel in Tonnen/Jahr
Graz-Stadt	261.540	21,60	2.627,32
Bruck an der Mur	62.500	5,16	627,64
Deutschlandsberg	60.851	5,03	611,82
Feldbach	67.046	5,54	673,86
Fürstenfeld	22.797	1,88	228,67
Graz-Umgebung	142.553	11,76	1430,42
Hartberg	66.730	5,51	670,21
Judenburg	44.983	3,72	452,50
Knittelfeld	29.095	2,40	291,92
Leibnitz	77.289	6,40	778,46
Leoben	63.104	5,21	633,72
Liezen	79.814	6,60	802,79
Mürzzuschlag	40.207	3,32	403,82
Murau	29.426	2,43	295,57
Radkersburg	22.911	1,89	229,90
Voitsberg	52.242	4,32	525,46
Weiz	87.526	7,23	879,42
Gesamt	1.210.614	100,00	12.163,50

¹⁷⁷ Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven, 2011, S. 39

7. Transportwege der biogenen Abfälle

Kapitel 7 beschäftigt sich mit den Transportwegen der biogenen Abfälle in der Steiermark. Zuerst werden, auf Basis eigener Erhebungen im Sommer 2010 (Näheres dazu siehe Kapitel 1.3), die Transportwege der biogenen Abfälle in der Steiermark ermittelt. Aufgrund der berechneten Transportkilometer werden in weiterer Folge die durch den Transport verursachten CO₂-Emissionen berechnet. Zum Abschluss dieses Kapitels werden außerdem noch Potenziale zur Emissionsreduktion diskutiert.

7.1 Transportwege in der Steiermark

Anhand der von den Gemeinden, den Kompostieranlagen und den Entsorgungsbetrieben gemachten Angaben, wurden die Transportwege, soweit bekannt, für jeden Verbandsbereich der 17 Abfallwirtschaftsverbände (AWV) in der Steiermark eingezeichnet und mit Hilfe von Google-Maps die Transportwege berechnet.¹⁷⁸ Die farbigen Flächen in den Karten kennzeichnen die zu einer Behandlungsanlage zugehörigen Gebiete, also jene Gemeinden, aus denen die in der jeweiligen Anlage behandelten Abfälle stammen. Die weißen Flächen in den Karten sind jene Orte, die in der Befragung angegeben haben, dass sie über kein Abholsystem für biogene Abfälle verfügen und die anfallenden biogenen Abfälle mittels Einzelkompostierung verwerten.

Die Berechnung der CO₂-Äquivalente aus dem Transport beruht auf folgenden Annahmen:

- Verbrauch Transportfahrzeug 35 l Diesel/100 km
- Ladegewicht: 10 t
- Energieinhalt Diesel: 42 MJ/kg
- Dichte Diesel: 0,835 kg/l
- Emission: 3,568 kg CO_{2-eq}/kg Diesel (GEMIS Österreich 4.5)

Abbildung 20: Annahmen zur Berechnung der CO₂-Äquivalente aus dem Transport¹⁷⁹

¹⁷⁸ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010 / eigene Erhebung, Juli 2010

¹⁷⁹ Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 35

Zur Berechnung der zurückgelegten Transportwege ist noch anzumerken, dass falls die zu transportierende Menge in einzelnen Gemeinden, beispielsweise im Sommer, bis zu einer Tonne über dem in Abbildung 20 genanntem Ladegewicht von 10 Tonnen lag, trotzdem angenommen wurde, dass für die Sammlung nur ein Transportfahrzeug notwendig ist. Als Beispiel dafür, wie die Berechnung der Transportwege erfolgte, wird nachfolgend das Verbandsgebiet des AWW Deutschlandsberg näher betrachtet.

Rechnet man die bekannten Mengen an biogenen Siedlungsabfällen und die hochgerechnete Menge an biogenen gewerblichen Abfällen zusammen, so fallen im Verbandsgebiet des AWW Deutschlandsberg in etwa 3.200 Tonnen biogene Abfälle pro Jahr an. Diese werden in den Kompostieranlagen innerhalb des Verbandsgebietes behandelt. Die Sammlung der biogenen Abfälle erfolgt in Deutschlandsberg ausschließlich mittels Holsystem. Zum Großteil werden die Abfälle von den Betreibern der Kompostieranlagen selbst gesammelt. Die Transportwege, die aus den anfallenden Abfallmengen und den Abholintervallen berechnet wurden, betragen insgesamt ungefähr 16.000 Kilometer pro Jahr. Umgerechnet bedeutet dies, dass beim Transport von einer Tonne Abfall durchschnittlich knapp 5 Kilometer zurückgelegt werden.¹⁸⁰

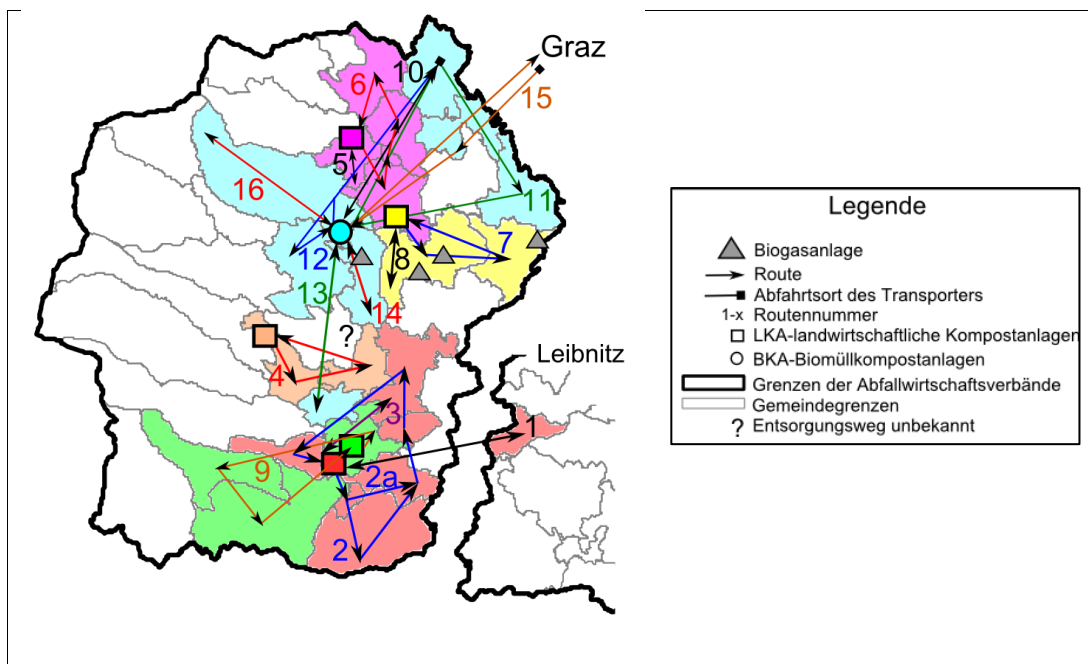


Abbildung 21: Transportrouten im Verbandsgebiet des AWW Deutschlandsberg

¹⁸⁰ vgl. Abfallwirtschaftsverband Deutschlandsberg, 2006, S. 46f / eigene Erhebung, Juli 2010

In Tabelle 38 sind die zurückgelegten Transportwege grafisch dargestellt. In der nachfolgenden Tabelle 38 sind diese Routen und die dazugehörigen Transportkilometer noch einmal im Detail auflistet.

Tabelle 38: Transportrouten im Verbandsgebiet des AWV
Deutschlandsberg

	km pro Fahrt	Anzahl der Fahrten pro Jahr	Anzahl der benötigten Transportfahrzeuge (10t)	gefahren km pro Route
Route 1: Wies - Gleinstätten (Leibnitz) - Wies	24,8	39	1	967,20
Route 2: Wies - Eibiswald - Großradl - Pitschgau - Pöfing-Brunn - St.Martin/Sulmtal - Wernersdorf - Wies	39,3	12	1	471,60
Route 2a: Wies - Eibiswald - Pitschgau - Pöfing-Brunn - St.Martin/Sulmtal - Wernersdorf - Wies	37,4	27	1	1.009,80
Route 3: Wies - St.Martin/Sulmtal - Wies	22,3	13	1	289,90
Route 4: Schwanberg - St.Peter/Sulmtal - Schwanberg	9,4	39	1	366,60
Route 5: Stainz	10	39	1	390,00
Route 6: Stainz - Rassach - Stallhof - Georgsberg - St.Stefan ob Stainz - Stainz	21,5	39	1	838,50
Route 7: Rassach - Groß St.Florian - Wettmannstätten - Rassach	27,7	39	1	1.080,30
Route 8: Rassach - Groß St.Florian - Rassach	15,4	13	1	200,20
Route 9: Wies - St.Oswald ob Eibiswald - Aibl - Wies	31,8	39	1	1.240,20
Route 10: Lannach - Bad Gams - Lannach	33,4	39	1	1.302,60
Route 11: Lannach - Preding - Bad Gams - Lannach	52,5	26	1	1.365,00
Route 12: Lannach - Deutschlandsberg - Bad Gams - Lannach	48,7	39	2	3.798,60
Route 13: Limberg bei Wies - Bad Gams - Limberg bei Wies	62,4	12	1	748,80
Route 14: Bad Gams - Frauental an der Laßnitz - Bad Gams	14	26	1	364,00
Route 15: Graz - St.Josef - Bad Gams - Graz	85,9	19	1	1.632,10
Route 16: Bad Gams (Kompostieranlage) - Bad Gams (Ort) - Bad Gams (Kompostieranlage)	35,6	39	1	1.388,40
				16.065,40

7.2 Klimarelevanz des Transportes biogener Abfälle

Die Anlieferung der biogenen Abfälle zu den Behandlungsanlagen spielt, laut einer Studie des Umweltbundesamtes (2011), hinsichtlich der produzierten Treibhausgasemissionen nur eine untergeordnete Rolle.¹⁸¹ Da auf den

¹⁸¹ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 51

Verkehrssektor mit 27 Prozent im Jahr 2009 ein sehr wesentlicher Anteil der österreichischen Treibhausgasemissionen entfiel, kommt der Berechnung der Transportwege biogener Abfälle jedoch durchaus eine gewisse Relevanz in Hinblick auf den Klimaschutz zu.¹⁸²

Aus den in Kapitel 7.1 berechneten Transportwegen resultiert insgesamt eine Strecke von knapp 570.000 Kilometern. Durchschnittlich werden pro Tonne biogener Abfälle 4,88 Kilometer zurückgelegt. Mit den Annahmen, die zu Beginn von Kapitel 7 getroffen wurden (Verbrauch von 35 Liter Diesel pro 100 km, Dichte Diesel: 0,835 kg/l und Emission: 3,568 kg CO₂-Äquivalente pro kg Diesel), werden die CO₂-Äquivalente berechnet. Insgesamt fallen in der Steiermark durch die erfassten Transportwege bei der Sammlung und dem Transport biogener Abfälle in etwa 600 Tonnen CO₂-Äquivalente an. Pro Tonne biogenem Abfall entstehen Emissionen in Höhe von ca. 5 Kilogramm CO₂. Die berechneten Werte, die in Tabelle 39 zusammengefasst sind, decken sich in etwa mit den Emissionen, die in einer Studie des Umweltbundesamtes (2011) für die Anlieferung zur Behandlungsanlage berechnet wurden. Obwohl auf den Verkehrssektor in Gesamt-Österreich ein großer Teil der Emissionen entfällt, sind jene Emissionen, die beim Transport biogener Abfälle entstehen, also tatsächlich nicht sehr beträchtlich.¹⁸³

¹⁸² vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011a, S. 23

¹⁸³ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 51

Tabelle 39: Berechnung der CO₂-Äquivalente aus dem Transport biogener Abfälle in der Steiermark

AWV	Transport- kilometer pro Tonne biogener Abfälle	CO ₂ -Äquivalente pro transportierter Tonne Abfall in kg	Transport- kilometer insgesamt pro Jahr	CO ₂ - Äquivalente aus dem Transport GESAMT in Tonnen
Deutschlandsberg	4,97	5,18	16.065	16,75
Feldbach	5,46	5,69	17.940	18,71
Fürstenfeld	3,39	3,53	12.602	13,14
Hartberg	3,8	3,96	23.904	24,93
Judenburg	3,46	3,61	24.946	26,01
Knittelfeld	1,62	1,69	13.905	14,50
Leibnitz	5,17	5,39	35.529	37,05
Leoben	2,93	3,06	27.542	28,72
Liezen	13,03	13,59	88.408	92,19
Mürzverband	4,27	4,45	37.550	39,16
Murau	-	-	10.081	10,51
Radkersburg	6,99	7,29	13.900	14,49
Schladming	3,37	3,51	21.154	22,06
Voitsberg	2,79	2,91	15.265	15,92
Weiz	4,93	5,14	20.953	21,85
Graz-Umgebung	8,42	8,78	85.121	88,76
Landeshauptstadt Graz	3,53	3,68	102.766	107,16
GESAMT	4,88 (Mittelwert)	5,09	567.631	591,91

7.3 Potenziale zur Emissionsreduktion

In Anbetracht der Tatsache, dass die Transportwege bei der Sammlung und Anlieferung biogener Abfälle in der Steiermark, vermutlich auch im Hinblick auf die Kostenersparnis, möglichst gering gehalten werden, sind keine großen Potenziale zur Emissionsreduktion vorhanden.

Eine Möglichkeit, wie eine Reduzierung der Transportwege realisiert werden könnte, wäre beispielsweise eine Angleichung der teilweise sehr unterschiedlichen Abholungsintervalle. Für die Planung der Transportrouten

erweist sich ein 14-tägiges Abholungsintervall im Winter und ein wöchentliches im Sommer als am besten geeignet. Denn da im Sommer die Mengen an biogenen Abfällen, laut Auskunft der Gemeinden, ungefähr doppelt so groß sind wie im Winter wäre das ganze Jahr über annähernd die gleiche Menge an biogenen Abfällen zu transportieren und eine bessere Routenplanung möglich.

Als weiteres mögliches Reduktionspotenzial wurde zunächst der Umstieg von Diesel- oder Benzinfahrzeugen auf erdgasbetriebene Fahrzeuge angedacht. Bei der Literaturrecherche zeigte sich jedoch, dass die indirekten Treibhausgasemissionen von Erdgas, die beispielsweise durch die Förderung, Aufbereitung und den Transport entstehen, im Vergleich zu Erdöl größer sind. Somit kann hinsichtlich der CO₂-Äquivalente keine bemerkenswerte Einsparung erzielt werden.¹⁸⁴

¹⁸⁴ vgl. Illini, 2007

8. CO₂-äquivalente aus der biologischen Abfallbehandlung

Kapitel 8 beschäftigt sich mit den CO₂-Emissionen im Zusammenhang mit der biologischen Abfallbehandlung. Zunächst wird allgemein erklärt, wie groß die Emissionen bei der aeroben bzw. bei der anaeroben Behandlung sind. Dann werden diese Mengen mit den in der Steiermark kompostierten bzw. vergärten Mengen hochgerechnet. Bevor mit der Berechnung begonnen wird, ist es wichtig, dass Treibhausgaspotenzial der jeweiligen Emissionen zu kennen. Dieses wurde bereits in Kapitel 1 kurz erklärt und wird in der nachfolgenden Tabelle 40 noch einmal angegeben. Die CO₂-Äquivalente wurden aus dem IPCC-Bericht „Climate Change 2007: The Physical Science Basis“ übernommen.

Tabelle 40: Treibhausgaspotenzial für die Abfallwirtschaft relevanter Treibhausgase¹⁸⁵

Treibhausgas	Treibhausgaspotenzial (GWP)
Kohlendioxid (CO ₂)	1
Methan (CH ₄)	21
Lachgas (N ₂ O)	310

8.1 Klimarelevante Emissionen aus der aeroben Abfallbehandlung

In diesem Unterkapitel werden zunächst die Emissionen, die durch die eingesetzte Energie während der Kompostierung entstehen und die prozessbedingten Emissionen, die während des eigentlichen Kompostierungsprozesses auftreten, diskutiert. Im Anschluss daran werden jene Emissionen, die durch die Kompostierung von biogenen Abfällen eingespart werden können, beispielsweise durch die Reduzierung des Einsatzes von Mineraldünger, berechnet. Anhand einer Gegenüberstellung der Emissionen und der Emissionsgutschriften wird in Kapitel 8.1.5 eine Emissionsbilanz der aeroben Abfallbehandlung erstellt.

¹⁸⁵ IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, S. 33

8.1.1 Emissionen durch Energieverbrauch

Für den Prozess der Kompostierung von biogenen Abfällen in einer Kompostierungsanlage ist der Einsatz von Energie erforderlich. Energie wird für die Aufbereitung des Materials, das Umsetzen der Mieten, sowie die abschließende Siebung des Kompostes benötigt. Dabei wird unterschieden zwischen dem elektrischen Energiebedarf und dem Treibstoffbedarf, der zum Betrieb der diversen Geräte notwendig ist.¹⁸⁶ In der Literatur sind diesbezüglich sehr verschiedene Angaben zu finden und meist wird dabei auch eine Unterscheidung zwischen offener und teilgeschlossener Kompostierung vorgenommen. Da in der Steiermark vor allem die offene Mietenkompostierung von Bedeutung ist, wurden in dieser Arbeit die dafür in der Literatur genannten Werte herangezogen bzw. Werte, bei denen keine Unterscheidung zwischen offener und geschlossener Kompostierung vorgenommen wurde. Insgesamt gesehen, ist der Unterschied, hinsichtlich der entstehenden Treibhausgase, bei den Verfahren der offenen und der geschlossenen Kompostierung vernachlässigbar. Zwar entweicht bei der offenen Kompostierung eine größere Menge an prozessbedingten Emissionen, jedoch sind die Emissionen aufgrund des Energieeinsatzes bei der geschlossenen Kompostierung wesentlich größer, da für die Be- und Entlüftung der Rottehalle elektrische Energie benötigt wird.¹⁸⁷

Tabelle 41: Vergleich verschiedener Literaturwerte für den Energieeinsatz bei der offenen Kompostierung

Literaturquelle	Elektrischer Energiebedarf in kWh/Tonne Abfall	Treibstoffbedarf in kWh/Tonne Abfall	Gesamter Energiebedarf in kWh/Tonne Abfall
Springer, 2009 ¹⁸⁸	2,8-3,6		25,75
Schmidt, M.; Kehres, B., 2009	27	33	
Lechner et al., 2005	3,75 ¹⁸⁹	31,61 ¹⁹⁰	35,35
EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, 2008, S. 12			45 (30 bis 60)
Mittelwert des Gesamtenergiebedarfes aus Springer (2009), Lechner et al. (2005) und EPEA Internationale Umweltforschung GmbH (2008)			35,37

¹⁸⁶ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 17

¹⁸⁷ vgl. Springer, 2009, S. 564

¹⁸⁸ zitiert in Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 17

¹⁸⁹ Lechner et al., 2005, S. 40

¹⁹⁰ zitiert in Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 17

Die Werte, die in der Literatur für den Energieeinsatz bei der Kompostierung zu finden sind, weisen teilweise große Unterschiede auf. In Tabelle 41 ist eine Auswahl der Werte, welche in der Literatur zu finden sind, angegeben. Diese Zahlen sind aber zumindest in einigen Teilbereichen ähnlich, weshalb diese „gemeinsamen Nenner“ zur Berechnung des Energiebedarfes der Kompostierung herangezogen wurden.

In einer Studie des Umweltbundesamtes (2011) wurde bei der Berechnung der CO₂-Äquivalente aus dem Energieverbrauch ein Gesamtenergieverbrauch von 35 kWh pro Tonne Bioabfall angenommen. Das dies annähernd auch dem Mittelwert der Studien von Springer (2009), Lechner et al. (2005) und EPEA Internationale Umweltforschung GmbH (2008) entspricht, werden die Berechnungen in dieser Arbeit ebenfalls auf Basis dieser Werte durchgeführt. Von dem Energieverbrauch von 35 kWh pro Tonne entfallen 5 kWh auf elektrische Energie und der Rest auf den benötigten Treibstoff.¹⁹¹

Tabelle 42: Berechnung der CO₂-Emissionen für den Energieverbrauch bei der Kompostierung in der Steiermark

Kompostierte Menge in Tonnen pro Jahr ¹⁹²	Energieverbrauch pro Tonne	Gesamtenergieverbrauch in kWh pro Jahr	Emissionsfaktor in kg CO ₂ pro kWh	CO ₂ -Emissionen in Tonnen/Jahr
110.000	5 kWh Strom	550.000	0,257 ¹⁹³	141,35
110.000	30 kWh Diesel	3.300.000	0,267 ¹⁹⁴	881,1
			SUMME	1.022,45

In den Jahren 2008 und 2009 wurden in den steirischen Kompostieranlagen insgesamt ungefähr 110.000 Tonnen an biogenen Abfällen kompostiert. Die vorhandenen Verarbeitungskapazitäten von 120.000 Tonnen wurden also nicht zur Gänze ausgeschöpft.¹⁹⁵ Laut einer Studie von Lechner et al. (2005) verursacht der österreichische Strommix bei der Herstellung 0,257 kg CO₂ pro Kilowattstunde.¹⁹⁶ Bei der Verbrennung von einer Kilowattstunde Diesel werden hingegen 0,267 kg CO₂ freigesetzt.¹⁹⁷ Daraus ergibt sich eine Gesamtemission durch den Energieverbrauch in der Kompostierung von 1.022 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr (siehe Tabelle 42). Somit fallen allein bei der Aufbereitung

¹⁹¹ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 17

¹⁹² vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

¹⁹³ Lechner et al., 2005, S. 40

¹⁹⁴ Hardtert, B., 2008, S. A-86

¹⁹⁵ vgl. Genehmigungsbescheide, Stand Juli 2010 / Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

¹⁹⁶ vgl. Lechner et al., 2005, S. 40

¹⁹⁷ vgl. Hardtert, B., 2008, S. A-86

der biogenen Abfälle und der Umsetzung der Mieten 9,3 kg CO₂ pro Tonne Abfall an.

8.1.2 Prozessbedingte Emissionen

Unter dem Punkt „Prozessbedingte Emissionen“ werden jene Emissionen zusammengefasst, die im Zuge des Abbaus der organischen Ausgangsstoffe entstehen.¹⁹⁸ Methanemissionen entstehen durch unzureichende Belüftung der aufgesetzten Miete, wodurch es bei zu großen Emissionsmengen des Treibhausgases Methan auch zu Geruchsbelastungen kommt. Durch eine kontrollierte Prozessführung und ausreichendes Umsetzen der Miete, ist es möglich, die Methanemissionen gering zu halten. Im Allgemeinen gilt, dass die Methanemissionen mit steigender Größe der Mieten zunehmen. Aus diesem Grund ist es ratsam die empfohlene maximale Mietenhöhe von 1,5 bis 2 Meter nicht zu überschreiten. Vollkommen vermieden werden können die Methanemissionen jedoch nicht.¹⁹⁹

Tabelle 43: Vergleich verschiedener Literaturwerte für die Entstehung von CH₄ und N₂O bei der Kompostierung

Literaturquelle	Methan (CH ₄) in kg pro Tonne Abfall	Lachgas (N ₂ O) in kg pro Tonne Abfall
Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 29	1,00	0,11
Umweltbundesamt GmbH, 2011c, S. 398	0,75	0,10
Lechner et al., 2005, S. 48	0,65	0,06
Mittelwerte	0,80	0,09

Lachgas (N₂O) entsteht hauptsächlich gegen Ende des Rottevorganges. Der Grund für die Entstehung von N₂O ist die „unvollständige Denitrifikation“.²⁰⁰ Bei der vollständigen Denitrifikation werden Nitrate (NO₃⁻) zuerst zu Nitriten (NO₂⁻) und schließlich zu molekularem Stickstoff (N₂) abgebaut. Die „Zwischenstufe“ zwischen Nitriten und N₂ ist Lachgas. Bei der unvollständigen Denitrifikation erfolgt der Abbau also, wie der Name schon sagt, nicht vollständig und gasförmiges N₂O entweicht.²⁰¹ Der Prozess der Denitrifikation findet bei Temperaturen unter 45 °C statt, also erst nach der Heißrottephase.²⁰² Wird jedoch ein bestimmter pH-Wert unterschritten, erfolgt nur noch eine

¹⁹⁸ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 29

¹⁹⁹ vgl. Lechner et al., 2005, S. 46f / Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2008, S. 16 / Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., 2010, S. 16ff

²⁰⁰ vgl. Lechner et al., 2005, S. 48

²⁰¹ vgl. Scheffer, F.; Schachschabel, P., 2010, S. 406f

²⁰² vgl. Lechner et al., 2005, S. 48

unvollständige Denitrifikation. Daher ist eine regelmäßige Kontrolle des pH-Wertes zur Minimierung der Emissionen wichtig.²⁰³

Die Berechnungen der CO₂-Äquivalente wurden mit den in Tabelle 43 berechneten Mittelwerten aus den verschiedenen, in der Literatur angeführten, Werten durchgeführt.

Tabelle 44: Berechnung der CO₂-Äquivalente aus den Methanemissionen bei der Kompostierung

Kompostierte Menge in Tonnen pro Jahr²⁰⁴	CH₄ in kg pro Tonne Abfall	CH₄-Emissionen in Tonnen pro Jahr	Treibhausgaspotenzial²⁰⁵	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
110.000	0,8	88	21	1.848

Wie in Tabelle 44 zu sehen ist, wurden für die in steirischen Kompostieranlagen verarbeiteten biogenen Abfälle Methanemissionen in der Höhe von ungefähr 1.800 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr berechnet. Durch das entweichende Lachgas entstehen Emissionen in Höhe von 3.069 Tonnen CO₂-Äquivalenten (siehe Tabelle 45). Insgesamt können die Emissionen, die durch den Kompostierungsprozess in steirischen Kompostieranlagen verursacht werden, mit ca. 4.900 Tonnen CO₂-Äquivalenten beziffert werden (siehe Tabelle 46).

Tabelle 45: Berechnung der CO₂-Äquivalente aus den Lachgasemissionen bei der Kompostierung

Kompostierte Menge in Tonnen pro Jahr²⁰⁶	N₂O in kg pro Tonne Abfall	N₂O-Emissionen in Tonnen pro Jahr	Treibhausgaspotenzial²⁰⁷	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
110.000	0,09	9,9	310	3.069

²⁰³ vgl. Scheffer, F.; Schachschabel, P., 2010, S. 407

²⁰⁴ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

²⁰⁵ IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, S. 33

²⁰⁶ vgl. Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 07/2010

²⁰⁷ IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, S. 33

Tabelle 46: Summe der prozessbedingten Emissionen aus der Kompostierung

CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr	
CO ₂ -Äquivalente für CH ₄	1.848
CO ₂ -Äquivalente für N ₂ O	3.069
SUMME	4.917

Die CO₂-Emissionen, die beim aeroben Abbau entstehen, werden nicht gesondert berechnet. Da es sich um biogene Abfälle handelt, sind diese Emissionen als klimaneutral zu betrachten.²⁰⁸

Die bisherigen Berechnungen bezogen sich auf die Emissionen, die in steirischen Kompostieranlagen verursacht werden. Eine erhebliche Menge an biogenen Abfällen wird jedoch auch von den Steirern zu Hause in Form von Einzel- oder Gemeinschaftskompostierung verwertet. Für diese Abfälle fallen zwar keine Emissionen durch den Energieeinsatz an, da im Normalfall keine Maschinen für die Umsetzung des Komposthaufens eingesetzt werden und auch eine maschinelle Abtrennung von Störstoffen bzw. eine Aufbereitung des Ausgangsmaterials nicht erforderlich ist. Es fallen aber sehr wohl prozessbedingte Emissionen im Rahmen der Einzel- und Gemeinschaftskompostierung an. Da der Kompostierungsprozess im heimischen Garten nicht so genau kontrolliert und reguliert wird, wie in einer größeren Kompostierungsanlage, werden bei der Einzel- und Gemeinschaftskompostierung im Allgemeinen größere Mengen an Methan und Lachgas freigesetzt.

Zur Berechnung der Emissionen aus der Einzel- und Gemeinschaftskompostierung wurden die von Amlinger (2003) festgelegten Emissionsfaktoren für diese Behandlungsanlagen herangezogen. Da sich sowohl der Emissionsfaktor für CH₄ als auch der für N₂O über eine gewisse Bandbreite erstreckt, wurden die Berechnungen mit den jeweiligen daraus resultierenden Mittelwerten durchgeführt.²⁰⁹

Die berechneten Methanemissionen für die Einzel- und Gemeinschaftskompostierung entsprechen 840 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr. Die Lachgasemissionen betragen rund 1.400 Tonnen CO₂-Äquivalente jährlich. Insgesamt entstehen durch die Einzel- und Gemeinschaftskompostierung in der Steiermark in etwa 2.200 Tonnen CO₂-Äquivalente pro

²⁰⁸ vgl. Lechner et al., 2005, S. 48

²⁰⁹ vgl. Land Oberösterreich Abteilung Umweltschutz, 2009, S. 152ff

Jahr. Alle Berechnungen und Ergebnisse sind in Tabelle 47 bis Tabelle 50 zusammengefasst.

Tabelle 47: Berechnung der Mittelwerte aus den Emissionsfaktoren von Amlinger (2003)

Treibhausgas	Emissionsfaktoren für die Eigenkompostierung nach Amlinger (2003)²¹⁰ in kg pro Tonne Abfall	Mittelwert des Emissionsfaktor in kg pro Tonne
Methan (CH₄)	0,788-2,185	1,49
Lachgas (N₂O)	0,192-0,454	0,323

Tabelle 48: Methanemissionen aus der Einzel- und Gemeinschaftskompostierung

Kompostierte Menge in Tonnen pro Jahr²¹¹	CH₄ in kg pro Tonne Abfall	CH₄-Emissionen in Tonnen pro Jahr	Treibhausgaspotenzial²¹²	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
50.000	0,8	40	21	840

Tabelle 49: Lachgasemissionen aus der Einzel- und Gemeinschaftskompostierung

Kompostierte Menge in Tonnen pro Jahr²¹³	N₂O in kg pro Tonne Abfall	N₂O-Emissionen in Tonnen pro Jahr	Treibhausgaspotenzial²¹⁴	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
50.000	0,09	4,5	310	1.395

²¹⁰ zitiert in Land Oberösterreich Abteilung Umweltschutz, 2009, S. 152ff

²¹¹ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010b, S. 80

²¹² IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, S. 33

²¹³ Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, 2010b, S. 80

²¹⁴ IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, S. 33

Tabelle 50: Summe der prozessbedingten Emissionen aus der Einzelkompostierung

	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
CO ₂ -Äquivalente für CH ₄	840
CO ₂ -Äquivalente für N ₂ O	1.395
Summe	2.235

8.1.3 Emissionsreduktionspotenzial aus der Substitution von Mineraldünger

Durch die Herstellung von Kompost entstehen nicht nur Emissionen, es werden auch Emissionen vermieden. Qualitativ hochwertiger Kompost enthält vor allem Nährstoffe, die meist in Form von Mineraldünger zugeführt werden. Durch die Ausbringung von Kompost kann dieser Mineraldünger teilweise substituiert werden. Die Nährstoffgehalte in Kompost sind in der nachfolgenden Tabelle 51 angegeben.

Tabelle 51: Nährstoffgehalt in Kompost²¹⁵

Nährstoff	Durchschnittlicher Gehalt in % TS
Stickstoff (N)	1,41
Phosphor (P₂O₅)	0,68
Kalium (K₂O)	1,09

Beim Phosphor geht man davon aus, dass die Düngewirkung des im Kompost enthaltenen Phosphors vollständig genutzt werden kann. Die Düngewirksamkeit von Stickstoff beträgt in den ersten 3 Jahren 20 bis 35 Prozent. In den darauffolgenden Jahren können die Pflanzen noch weitere 5 bis 12 Prozent des aufgebrauchten Stickstoffs nutzen. Für Kalium ist ebenfalls von einer 100-prozentigen Düngewirkung auszugehen.²¹⁶

Aus den durchschnittlichen Nährstoffgehalten und den tatsächlich für Pflanzen zur Verfügung stehenden Nährstoffen wurde vom Umweltbundesamt (2011d)

²¹⁵ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008, S. 20

²¹⁶ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 41 / Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008, S. 19 / Lechner et al., 2005, S. 103f

berechnet, dass durch Kompost aus einer Tonne biogener Abfälle eine Menge von 0,93 kg Stickstoffdünger bzw. von 0,57 kg Phosphatdünger eingespart werden kann. Welche Mengen an Kaliumdünger eingespart werden können, wurde in der genannten Studie nicht angegeben.²¹⁷

Die Herstellung von Mineraldüngern ist im Allgemeinen sehr energieintensiv. Diesbezügliche Einsparungen wirken sich somit auf die Emissionsbilanz der Komposte positiv aus. Lechner et al. (2005) berechneten, dass im Durchschnitt durch die Ausbringung von einer Tonne Fertigkompost 46 Kilogramm an CO₂-Äquivalenten eingespart werden können. Wenn bei der Kompostierung von einer Tonne Bioabfall im Mittel 350 kg Kompost entstehen, so bedeutet dies, dass für eine Tonne Kompost 2,9 Tonnen biogene Abfälle kompostiert werden müssen. Dividiert man also die bei einer Tonne Kompost eingesparten 46 Kilogramm CO₂-Äquivalente durch 2,9, so erhält man eine Menge von 15,86 Kilogramm, welche der Ersparnis an CO₂-Äquivalenten durch Substitution von Mineraldünger entspricht, die durch Kompost aus einer Tonne biogener Abfälle erzielt werden kann (siehe Tabelle 52).²¹⁸

Tabelle 52: CO₂-Einsparungen durch Substitution von Mineraldünger

Kompostierte Menge in Tonnen pro Jahr	Vermiedene Emissionen pro Tonne kompostiertem Bioabfall	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
110.000	15,86 kg CO ₂ -Äquivalente	1.744,60

8.1.4 Emissionsreduktion durch Kohlenstoff-Fixierung

Bei der Aufbringung von Kompost wird Kohlenstoff im Boden gebunden. Kompost stellt somit eine Art „Kohlenstoff-Senke“ dar. Von dem Kohlenstoff, der im Kompost enthalten ist, werden über 90 Prozent innerhalb von 100 Jahren mineralisiert. Die restlichen rund acht Prozent werden im Boden fixiert und bleiben in einem Zeithorizont von 100 Jahren dort gebunden.²¹⁹

In der Studie der EPEA Internationale Umweltforschung GmbH (2008) wurde die Kohlenstoff-Fixierung im Boden ebenfalls berücksichtigt. Dort wird angegeben, dass aus Kompost, der aus einer Tonne Bioabfall hergestellt wird, 60 Kilogramm Dauerhumus gebildet wird. Darin enthalten ist in etwa eine Menge von 35 Kilogramm organisch gebundenem Kohlenstoff.²²⁰ Von diesen 35 Kilogramm Kohlenstoff werden 8 Prozent im Boden gespeichert, was einer Menge von 2,8 Kilogramm entspricht. Rechnet man diese 2,8 Kilogramm nun mit einem

²¹⁷ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 41

²¹⁸ vgl. Lechner et al., 2005, S. 109 / Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 41

²¹⁹ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 42f

²²⁰ vgl. EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, 2008, S. 3f

Umrechnungsfaktor von 3,67 in CO₂ um, so ergibt sich daraus, dass pro Tonne kompostiertem Bioabfall 10,28 kg CO₂ im Boden gebunden werden.²²¹ Diese Angabe deckt sich in etwa mit den Werten, die in einer Studie des Umweltbundesamtes (2011d) genannt werden.²²² Wie aus Tabelle 53 zu entnehmen ist, ergibt sich für die gesamte in steirischen Kompostieranlagen verarbeitete Menge somit eine CO₂-Einsparung von 1.130,8 Tonnen pro Jahr.

Tabelle 53: CO₂-Reduktion durch Kohlenstoff-Fixierung

Kompostierte Menge in Tonnen pro Jahr	Vermiedene Emissionen pro Tonne kompostiertem Bioabfall	CO ₂ -Äquivalente in Tonnen pro Jahr
110.000	10,28 kg CO ₂	1.130,8

8.1.5 Emissionsbilanz der aeroben Abfallbehandlung

In der nachfolgenden Tabelle 54 sind alle ermittelten klimarelevanten Faktoren noch einmal dargestellt. In Summe ergeben sich aus der Kompostierung von einer Tonne Bioabfall CO₂-Äquivalente in Höhe von 27,86 Kilogramm. Dies ist allerdings ein Maximalwert, der davon ausgeht, dass tatsächlich durch die Aufbringung von Kompost tatsächlich knapp 16 Kilogramm weniger Mineraldünger verwendet werden. Berücksichtigt man zudem noch die in Kapitel 7 ermittelten Emissionen aus dem Transport von einer Tonne Bioabfall, so erhält man Emissionen von 32,95 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Tonne (siehe Abbildung 22).

Tabelle 54: Emissionsbilanz für die Behandlung von einer Tonne Bioabfall in einer Kompostieranlage

Emissionsbilanz aerobe Abfallbehandlung für 1 Tonne Bioabfall			
	Energieverbrauch bzw. Emissionen	Emissionsfaktor	CO ₂ -Äquivalente in kg
elektrische Energie	5 kWh	0,257	1,29
Treibstoff	30 kWh	0,267	8,01
Methan	0,8 kg	21	16,8
Lachgas	0,09 kg	310	27,9
Kohlenstofffixierung			10,28
Mineraldüngereinsparungen			15,86
SUMME			27,86

²²¹ vgl. Lechner et al., 2005, S. 70

²²² vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 43

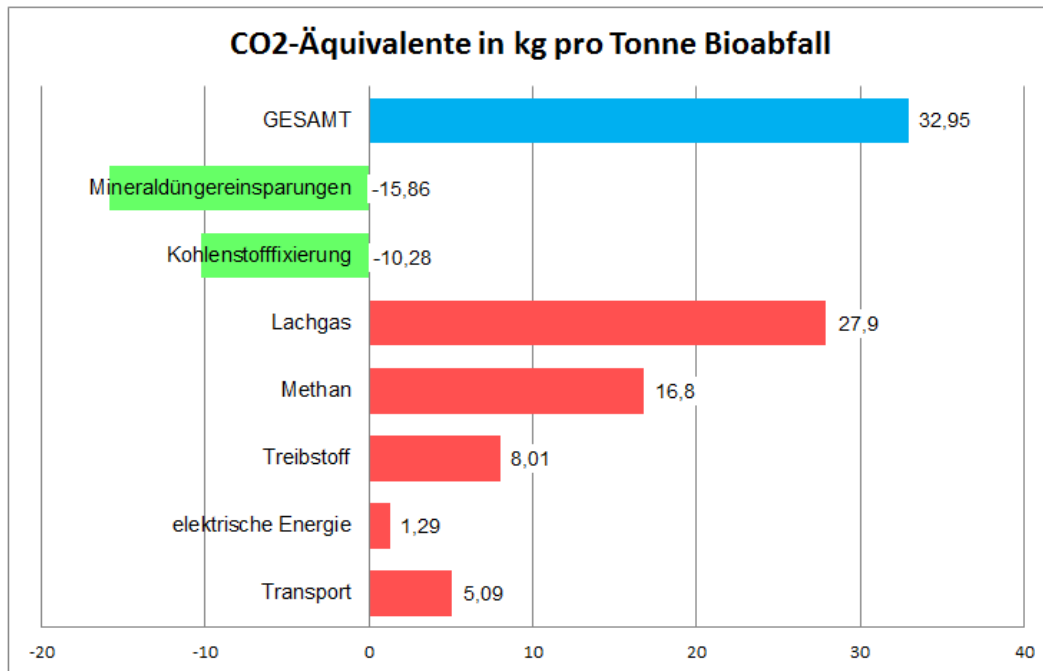


Abbildung 22: CO₂-Äquivalente in kg pro Tonne aerob behandeltem Bioabfall

Tabelle 55: Emissionen aus der aeroben Behandlung biogener Abfälle in der Steiermark

Kompostierte Menge in Tonnen pro Jahr	Emissionen pro Tonne kompostiertem Bioabfall exklusive Transport	CO ₂ -Äquivalente in Tonnen pro Jahr
110.000	27,86 kg CO ₂ -Äquivalente	3.064,6

Wie Tabelle 55 zeigt, fallen durch die aerobe Behandlung von biogenen Abfällen in steirischen Kompostieranlagen also insgesamt pro Jahr ungefähr 3.065 Tonnen CO₂-Äquivalente an.

8.2 Klimarelevante Emissionen aus der anaeroben Abfallbehandlung

Die Emissionen, die im Rahmen der anaeroben Abfallbehandlung anfallen, beziehen sich auf den Energieverbrauch, der zur Aufbereitung der Substrate notwendig ist und dem Energieverbrauch während dem Vergärungsprozess (z. B. zum Temperieren des Gärgutes und zum Durchmischen). Weiters werden die prozessbedingten Emissionen betrachtet, die bei der Vergärung von biogenen

Abfällen entstehen. Diesen Emissionen gegenüber steht die Energiegutschrift durch die Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie. All diese genannten emissionsrelevanten Aspekte werden in einer Emissionsbilanz in Kapitel 8.2.4 dargestellt. Für die Berechnungen der CO₂-Äquivalente wurden nur jene biogenen Abfälle herangezogen, die der Vergärung zugeführt werden, bei denen aber auch eine Verwertung mittels Kompostierung möglich wäre. Dies sind organische Abfälle aus der kommunalen Sammlung (Biotonne), Küchen- und Speisereste, sowie ehemalige Lebensmittel. Abfälle aus Molkereien oder Brauereien, bei denen aufgrund des Feuchtigkeitsgehalts eine Kompostierung nicht sinnvoll ist, sowie Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen wurden in diese Berechnung nicht miteinbezogen, da diese fast ausschließlich in Biogasanlagen verwertet werden und daher für die Berechnung der Emissionen aus möglichen Umleitungen nicht relevant sind.

8.2.1 Energieverbrauch

Bei der anaeroben Abfallbehandlung ist im Hinblick auf den Energieverbrauch zu unterscheiden, ob es sich um ein Nass- oder Trockenvergärungsverfahren handelt (siehe Kapitel 2.2.4).²²³

Da für diese Arbeit keine Daten über die in der Steiermark angewendeten Verfahren vorliegen, jedoch bekannt ist, dass in der Steiermark in vielen Anlagen Gülle als Substrat verwendet wird, wurde die Annahme getroffen, dass in den steirischen Anlagen vorwiegend ein einstufiges mesophiles Nassvergärungsverfahren zum Einsatz kommt und das produzierte Biogas anschließend in einem Blockheizkraftwerk verwertet wird. Für dieses Verfahren wird einerseits elektrische Energie zur Aufbereitung bzw. Zerkleinerung der Substrate (z. B. beim Einsatz von Bioabfall), zum Antrieb des Rührwerkes im Fermenter und zum Betrieb des Blockheizkraftwerkes (z. B. für Notkühler, Gasverdichter, Umwälzpumpen, Raumlüftung) benötigt. Zudem wird thermische Energie benötigt, um das Gärgut im Fermenter auf die entsprechende Prozesstemperatur, in diesem Fall in etwa 37 °C, zu erwärmen. Eventuelle Wärmeverluste durch schlechte Isolierung des Fermenters oder kalte Außentemperaturen erhöhen den Bedarf an Wärmeenergie. Dementsprechend groß ist die Schwankungsbreite bei Werten, die diesbezüglich aus der Literatur zu entnehmen sind.²²⁴

In einer Studie der EPEA Internationale Umweltforschung GmbH (2008, S.4f) wurde als Stromeigenverbrauch ein Wert von 100 kWh pro Tonne Abfall angenommen bei Anwendung eines einstufigen mesophilen Nassgärungsverfahrens.²²⁵ Viele Werte, die in einer Studie des Umweltbundesamtes (2011d, S.19) aus der Literatur zitiert werden, liegen jedoch darunter, daher wurde dort von einem durchschnittlichen

²²³ vgl. Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, 2010, S. 44

²²⁴ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 18ff

²²⁵ vgl. EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, 2008, S. 4f

Stromeigenverbrauch von 70 kWh pro Tonne Abfall ausgegangen. Weiters wird davon ausgegangen, dass 90 kWh an thermischer Energie benötigt werden. Da für die vorliegende Arbeit vor allem die Vergärung von Bioabfällen und Speiseresten von Bedeutung ist, wird außerdem für die Hygienisierung pro Tonne Abfall ein Energiebedarf von 50 kWh an thermischer Energie angesetzt.²²⁶ Für die Aufbereitung und Behandlung von einer Tonne biogenen Abfällen werden also durchschnittlich 70 kWh elektrische Energie und 140 kWh thermische Energie benötigt (siehe Tabelle 56).

Tabelle 56: Elektrischer und thermischer Energiebedarf in kWh bei der Behandlung von einer Tonne Bioabfall oder Speiseresten²²⁷

	Energieverbrauch in kWh pro Tonne Abfall
Elektrischer Energiebedarf Gesamt	70
Thermischer Energiebedarf Prozess	90
Thermischer Energiebedarf Aufbereitung Speisereste	50
Thermischer Energiebedarf Gesamt	140

Da der thermische und der elektrische Energieverbrauch in der Regel durch die im Blockheizkraftwerk produzierte Wärme und Elektrizität gedeckt wird, werden für den ermittelten Energieverbrauch keine CO₂-Äquivalente berechnet, sondern dieser wird von der produzierten Energie abgezogen, sodass nur mehr die Netto-Energiegutschrift übrig bleibt.

Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, dass das erzeugte Biogas aufbereitet wird und eine Einspeisung ins Gasnetz erfolgt. In diesem Fall müssten für die benötigte Energie die entsprechende CO₂-Äquivalente berechnet werden. Für die Steiermark ist jedoch hauptsächlich die Nutzung des Biogases zur Produktion von Strom und Wärme relevant, daher wird die zweite Möglichkeit in dieser Arbeit nicht im Detail betrachtet.

8.2.2 Prozessbedingte Emissionen

Der eigentliche Vergärungsprozess läuft geschlossen ab, daher werden in diesem Bereich im Idealfall keine prozessbedingten Emissionen an die Luft abgegeben. Treibhausgase können beispielsweise entweichen, wenn im Gärbehälter ein Leck vorhanden ist. Im Gegensatz dazu werden bei der Aufbereitung der Abfälle sehr wohl Emissionen freigesetzt, ebenso wie bei der Kompostierung bzw.

²²⁶ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 19ff

²²⁷ Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 19ff

Ausbringung des festen Gärrestes. Wie groß die Emissionen sind, die durch den Gärrest an die Luft abgegeben werden, ist abhängig von der Verweilzeit des Gärgutes im Fermenter. Als Grundsatz gilt hier, dass die Verweilzeit in etwa 80 bis 100 Tage beträgt, um die Emissionen möglichst gering zu halten. Das dies in der Praxis häufig nicht der Fall ist, zeigte eine Studie von Lahl, U. und Zeschmar-Lahl, B. (2010), laut der die Verweilzeit in ca. 20 Prozent der untersuchten Anlagen sogar weniger als 50 Tage betragen hat.²²⁸ Ist die Verweildauer im Fermenter zu kurz, sind die daraus resultierenden Methanemissionen bei der Lagerung des Gärrestes dementsprechend größer. Das Entweichen von Methan bedeutet in diesem Fall aber auch den Verlust von Energie. Diverse Studien haben gezeigt, dass aufgrund einer zu kurzen Verweilzeit bis zu 25 Prozent des Methans entweichen können.²²⁹ Diesem großen Methanverlust kann durch ein geschlossenes Endlager entgegengewirkt werden. Die Errichtung eines geschlossenen Endlagers stellt aber auch einen zusätzlichen Kostenfaktor dar.²³⁰

Unter der Annahme, dass im Durchschnitt zwei Prozent des durch die Vergärung produzierten Methans entweichen, resultiert ein Methanverlust von 1,2 m³.²³¹ Bei einer Dichte von Methan von 0,718 Kilogramm pro m³ ergibt sich eine Menge von 0,862 Kilogramm Methan, die aus den Gärresten entweicht.²³² Umgerechnet in CO₂-Äquivalente betragen die Methanemissionen pro Tonne vergärem Bioabfall 18,09 Kilogramm (siehe Tabelle 57 und Tabelle 58).

Tabelle 57: Berechnung des Methanverlustes im Gärrestlager

Durchschnittlich produziertes Biogas pro Tonne Bioabfall ²³³	Methangehalt	Methanverlust im Gärrestlager in Prozent ²³⁴	Methanverlust in m ³
110 m ³	60 m ³	2 %	1,2 m ³

Hinsichtlich der Treibhauswirksamkeit von Biogasanlagen muss weiters der sogenannte Methanschlupf berücksichtigt werden. Dieser entsteht, wenn die Verbrennung des Biogases mittels Gasmotor im Blockheizkraftwerk unvollständig erfolgt. Somit entweicht unverbranntes Methan über das Abgas.²³⁵ Wie viel Methan entweicht, ist abhängig davon welcher Motor verwendet wird. Außerdem spielt der Methangehalt des Biogases eine entscheidende Rolle. Ist

²²⁸ vgl. Lahl, U.; Zeschmar-Lahl, B., 2010, S. 319

²²⁹ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 30f

²³⁰ vgl. Joanneum Research - Institut für Energieforschung, 2007, S. 27 / Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 31

²³¹ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 31

²³² vgl. Effenberger, 2000, S. 45

²³³ vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) / Umweltbundesamt (UBA), 2009, S. 21 / Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, 2010, S. 44

²³⁴ Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 31

²³⁵ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 32 / Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2007, S. 9f

der Methangehalt zu gering, erfolgt die Verbrennung zu kalt, was zur Folge hat, dass der Wirkungsgrad des Motors sinkt und mehr Methan entweicht.²³⁶ Für die Berechnung in dieser Arbeit wird angenommen, dass der Methanschluß ein Prozent der produzierten Methanmenge beträgt. Wie Tabelle 59 zu entnehmen ist, entspricht dies einer Menge von 0,6 m³.²³⁷

Tabelle 58: Berechnung des Methanverlustes im Gärrestlager bei der Vergärung von einer Tonne Bioabfall

CH₄-Verlust in kg pro Tonne Abfall	Treibhausgas-potenzial²³⁸	CO₂-Äquivalente in kg pro Tonne Abfall
0,8616	21	18,09

Tabelle 59: Berechnung des Methanschlußes in m³

Durchschnittlich produziertes Biogas pro Tonne Bioabfall²³⁹	Methangehalt	Methanschluß bei der Verbrennung mittels Gasmotor²⁴⁰	Methanschluß in m³
110 m ³	60 m ³	1 %	0,6 m ³

Multipliziert man den Methanschluß in m³ mit der Dichte von Methan von 0,718 Kilogramm pro m³, so erhält man für den Methanschluß einen Wert von ungefähr 0,43 Kilogramm Methan pro Tonne Bioabfall.²⁴¹ Aus den berechneten Methanemissionen ergeben sich CO₂-Äquivalente in Höhe von 9,05 Kilogramm pro Tonne vergärtem Abfall, wie Tabelle 60 zeigt.

Tabelle 60: Berechnung des Methanschlußes bei der Verbrennung von Biogas aus einer Tonne Bioabfall

Methanschluß in kg pro Tonne Abfall	Treibhausgas-potenzial²⁴²	CO₂-Äquivalente in kg pro Tonne Abfall
0,4308	21	9,05

²³⁶ vgl. ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung, 2008, S. 2f

²³⁷ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 32

²³⁸ IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, S. 33

²³⁹ vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) / Umweltbundesamt (UBA), 2009, S. 21 / Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, 2010, S. 44

²⁴⁰ Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 32

²⁴¹ vgl. Effenberger, 2000, S. 45

²⁴² IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, S. 33

Werden die Gärreste kompostiert, ergeben sich weitere Treibhausgasemissionen. Diese Emissionen entstehen unter anderem beim Abpressen des Gärrestes und dem anschließendem Rotteprozess. Die dabei emittierten Mengen der Treibhausgase Methan und Lachgas sind in der nachfolgenden Tabelle 61 aufgelistet.

Tabelle 61: Emissionen bei der Kompostierung fester Gärückstände in g pro Tonne biogener Abfall²⁴³

	CH ₄	N ₂ O
Abpressung, Bereitstellung Gärprodukt	460	17
Hauptrotte und Nachrotte inklusive Anlieferung und Aufarbeitung	1.100	98

Von den Gärückständen, die in steirischen Biogasanlagen anfallen, wird nur ungefähr ein Viertel abgepresst und kompostiert. Die restlichen 75 Prozent werden direkt als Dünger auf landwirtschaftlichen Flächen eingesetzt. Die Emissionen für die Kompostierung der Gärreste werden daher in diesem Fall nicht in die Emissionsbilanz miteinbezogen.

8.2.3 Vermiedene Emissionen aus der Substitution von fossilen Brennstoffen

Aus einer Tonne Bioabfall werden, je nach angewandtem Verfahren und eingesetzten Substraten, ungefähr 80 bis 140 m³ Biogas gewonnen, durchschnittlich also 110 m³. Der Methangehalt des erzeugten Biogases beträgt in etwa 50 bis 65 Prozent, das bedeutet, dass ungefähr 60 m³ Methan pro Tonne Bioabfall produziert werden.²⁴⁴

Bei der anschließenden Weiterverwertung des Biogases in einem Blockheizkraftwerk wird thermische und elektrische Energie erzeugt. Um nun berechnen zu können, wie groß die erzeugten Mengen an thermischer und elektrischer Energie sind, muss zuerst der Brutto-Heizwertertrag ermittelt werden. Dabei wird für Biogas ein Heizwert von 6 kWh pro Kubikmeter angenommen. Der Heizwert ist größer, je höher der Methangehalt ist (siehe Tabelle 62).²⁴⁵

²⁴³ Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 33

²⁴⁴ vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) / Umweltbundesamt (UBA), 2009, S. 21 / Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, 2010, S. 44

²⁴⁵ vgl. Reibel, D., 2011, S. 100

Tabelle 62: Berechnung des Brutto-Heizwertertrages bei der Verwertung von Biogas aus einer Tonne Abfall

Durchschnittlich produziertes Biogas pro Tonne Bioabfall	Heizwert Biogas	Brutto Heizwertertrag
110 m ³	6 kWh/m ³	660 kWh

Der Stromwirkungsgrad eines Blockheizkraftwerkes beträgt ungefähr 37,5 Prozent. Dem gegenüber steht ein Wärmewirkungsgrad von 43 Prozent. Mit diesen Werten kann in weiterer Folge die produzierte elektrische und thermische Energie berechnet werden.²⁴⁶

Tabelle 63: Berechnung der erzeugten thermischen und elektrischen Energie durch Biogas aus einer Tonne Abfall

Energieart	Wirkungsgrad	Erzeugte Energie
Thermische Energie	43 %	283,8 kWh
Elektrische Energie	37,5 %	247,5 kWh

Von den in Tabelle 63 berechneten Werten werden in Tabelle 64 der Eigenverbrauch an elektrischer und thermischer Energie abgezogen. In diesem Fall ist der ermittelte relative Eigenverbrauch sehr hoch und beträgt 28 Prozent elektrisch und knapp 50 Prozent thermisch. Da jedoch der Heizwert von Biogas abhängig vom Methangehalt ist, gibt es diesbezüglich eine sehr große Schwankungsbreite, wie auch aus Werten aus der Literatur zu erkennen ist.²⁴⁷

Tabelle 64: Berechnung der Gutschriften an thermischer und elektrischer Energie nach Abzug des Energieeigenverbrauchs

	Thermisch	Elektrisch
Erzeugte Energie	283,8 kWh	247,5 kWh
Verbrauchte Energie	140 kWh	70 kWh
Netto-Energiegutschrift	143,8 kWh	177,5 kWh

²⁴⁶ vgl. Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, 2010, S. 44

²⁴⁷ vgl. Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, 2010, S. 44 / EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, 2008, S. 5 / Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 19ff

Durch die Einspeisung der produzierten elektrischen Energie in das öffentliche Stromnetz kann Strom, der aus fossilen Quellen erzeugt wird, eingespart werden. Dabei wird angenommen, dass 30 Prozent der erzeugten elektrischen Energie aus Biogas zum Ersatz von Strom aus Gaskraftwerken eingesetzt werden. Die restlichen 70 Prozent substituieren Strom aus Kohlekraftwerken.²⁴⁸ Wird also die gesamte Netto-Energiegutschrift der elektrischen Energie in das Stromnetz eingespeist und ersetzt somit fossile Energiequellen, so können, wie die Berechnungen in Tabelle 65 zeigen, pro Tonne vergärem Bioabfall in etwa 52 Kilogramm CO₂ eingespart werden.

Tabelle 65: Berechnung der CO₂-Gutschrift durch die Substitution fossiler Energiequellen und Einspeisung in das Stromnetz

Elektrische Energie aus Biogas	Emissionsfaktor der substituierten Energie ²⁴⁹	Gutschrift aus der Substitution in kg CO ₂
53,25 kWh	Erdgas: 0,2016 kg CO ₂ /kWh	10,74
124,25 kWh	Steinkohle: 0,3348 kg CO ₂ /kWh	41,60
	SUMME	52,34

Die elektrische Energie, die nach Abzug des Eigenverbrauchs übrig bleibt, kann vollständig in das Stromnetz eingespeist werden. Im Gegensatz dazu wird bei der Einspeisung von Fernwärme in das öffentliche Fernwärmenetz angenommen, dass nur ungefähr 20 Prozent des Überschusses an thermischer Energie zur Einspeisung genutzt wird.²⁵⁰ Die durch die Einspeisung substituierte Wärme stammt zum Großteil aus fossilen Quellen und zu einem Drittel auch aus der Verbrennung von Biomasse, wie z. B. Holz. Die Verbrennung von Biomasse wird dabei als CO₂-neutral betrachtet. In die Berechnung werden nur die Emissionsfaktoren von Heizöl und Erdgas miteinbezogen. Vom Umweltbundesamt (2011) wurde berechnet, dass für die genutzte Abwärme eine durchschnittliche Energiegutschrift von 0,21 Kilogramm CO₂-Äquivalenten pro kWh anfällt. Daraus ergibt sich eine Menge von 6 Kilogramm CO₂, die durch die Vergärung von einer Tonne Bioabfall und anschließende Nutzung der Abwärme eingespart werden kann (siehe Tabelle 66). Mit der Emissionsgutschrift aus der Einspeisung der überschüssigen elektrischen Energie beträgt die CO₂-Gutschrift über 58 Kilogramm.²⁵¹

²⁴⁸ vgl. Biogas Forum Bayern, 2009, S. 4

²⁴⁹ Hardtert, B., 2008, S. A-86

²⁵⁰ vgl. Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, 2010, S. 44

²⁵¹ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 39f

Tabelle 66: Berechnung der CO₂-Gutschrift durch die Substitution fossiler Energiequellen durch Einspeisung in das Fernwärmenetz

Nutzbare thermische Netto-Energie	Emissionsfaktor der substituierten Energie ²⁵²	Gutschrift aus der Substitution in kg CO ₂
28,76	0,21 kg CO ₂ /kWh	6,04

Die alternative Möglichkeit zur Nutzung von Biogas, die Einspeisung in das Gasnetz, wird, wie in Kapitel 8.2.1 erwähnt, in dieser Arbeit nicht betrachtet.

8.2.4 Emissionsbilanz der anaeroben Abfallbehandlung

Im Gegensatz zur Behandlung von biogenen Abfällen in einer aeroben Behandlungsanlage kann bei der anaeroben Behandlung eine Emissionsgutschrift in Höhe von 31,23 Kilogramm CO₂-Äquivalenten pro Tonne Abfall verbucht werden. Aus welchen Komponenten sich diese Gutschrift zusammensetzt, ist in Tabelle 67 ersichtlich. Werden die CO₂-Äquivalente aus dem Transport ebenso berücksichtigt, so ergibt sich eine Emissionsgutschrift von 26,15 Kilogramm.

Tabelle 67: Emissionsbilanz für die anaerobe Abfallbehandlung (Behandlung von einer Tonne biogener Abfälle in einer Vergärungsanlage und anschließender Nutzung des erzeugten Biogases zur Produktion von thermischer und elektrischer Energie)

Emissionsbilanz anaerobe Abfallbehandlung für 1 Tonne Bioabfall			
	Energieverbrauch bzw. Emissionen	Emissionsfaktor	CO ₂ -Äquivalente in kg
Energiegutschrift elektrisch Substitution Kohle	124,25 kWh	0,3348	41,60
Energiegutschrift elektrisch Substitution Gas	53,25 kWh	0,2016	10,74
Energiegutschrift Fernwärme	28,76 kWh	0,21	6,04
Methanverlust durch Gärreste	0,862 kg	21	18,09
Methanschluß im BHKW	0,431	21	9,05
SUMME			-31,23

²⁵² Umweltbundesamt GmbH, 2011d, S. 39f

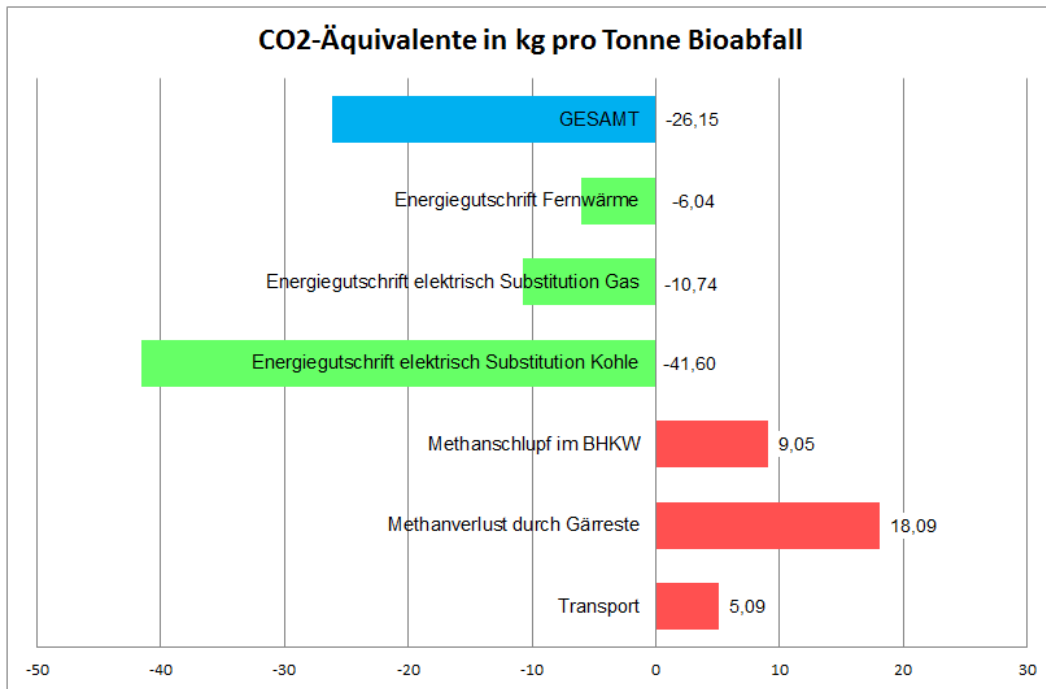


Abbildung 23: CO₂-Äquivalente in kg pro Tonne anaerob behandeltem Bioabfall

Eine grafische Gegenüberstellung der Emissionslast- und -gutschriften ist in Abbildung 23 zu sehen. Von den für diese Arbeit relevanten biogenen Abfällen, also den biogenen Siedlungsabfällen bzw. Küchen- und Speiseresten, sowie den biogenen Abfällen aus dem Lebensmitteleinzelhandel werden ungefähr 12.600 Tonnen pro Jahr in einer anaeroben Behandlungsanlage behandelt. Diese Zahl basiert auf einer eigenen Berechnung der Abfallströme in der Steiermark die in Kapitel 8.4. dargestellt ist. In der nachfolgenden Tabelle 68 wurde die Emissionsgutschrift, die sich aus der Vergärung der genannten Abfallmenge ergibt, berechnet. Demnach können durch die festen biogenen Abfälle, die anaerob behandelt werden, knapp 400 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden.

Tabelle 68: Emissionen aus der anaeroben Behandlung biogener Abfälle in der Steiermark

Anaerob behandelte biogene Abfälle Menge in Tonnen pro Jahr	Emissionen pro Tonne vergärtem Bioabfall exklusive Transport	Gutschrift an CO ₂ -Äquivalente in Tonnen pro Jahr
12.600	-31,23 kg CO ₂ -Äquivalente	393,50

8.3 Mengenströme der biogenen Abfälle und deren Auswirkungen

Addiert man die in der kommunalen Abfallerhebung erfassten Mengen an biogenen Abfällen (Kapitel 4) mit den hochgerechneten Mengen der gewerblichen biogenen Abfälle (Kapitel 5 und 6) so ergibt sich für die gesamte Steiermark eine Menge an biogenen Abfällen von ungefähr 130.000 Tonnen. Die Kompostieranlagen in der Steiermark verfügen insgesamt über eine Verarbeitungskapazität von ca. 120.000 Tonnen pro Jahr. Da jedoch ein Teil der Kapazität ungenutzt bleibt (siehe Kapitel 3.1) werden pro Jahr ungefähr 110.000 Tonnen biogener Abfälle dort kompostiert. Wie die Erfassung der Transportrouten ergeben hat, werden in etwa 6.400 Tonnen pro Jahr der Behandlung in einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlage (MBA) zugeführt. Ein Bruchteil der gesamten biogenen Abfälle, nämlich ca. 1.000 Tonnen, wird in andere Bundesländer, genauer gesagt nach Oberösterreich, transportiert. Von den übrigen Abfällen ist anzunehmen, dass sie in einer Biogasanlage vergärt werden. Diese 12.600 Tonnen biogener Abfälle, die in Biogasanlagen verwertet werden, würden in etwa auch dem Anteil von zwei Prozent entsprechen, der in Kapitel 3.2 berechnet wurde. In Abbildung 24 wurden diese Mengenströme grafisch dargestellt.

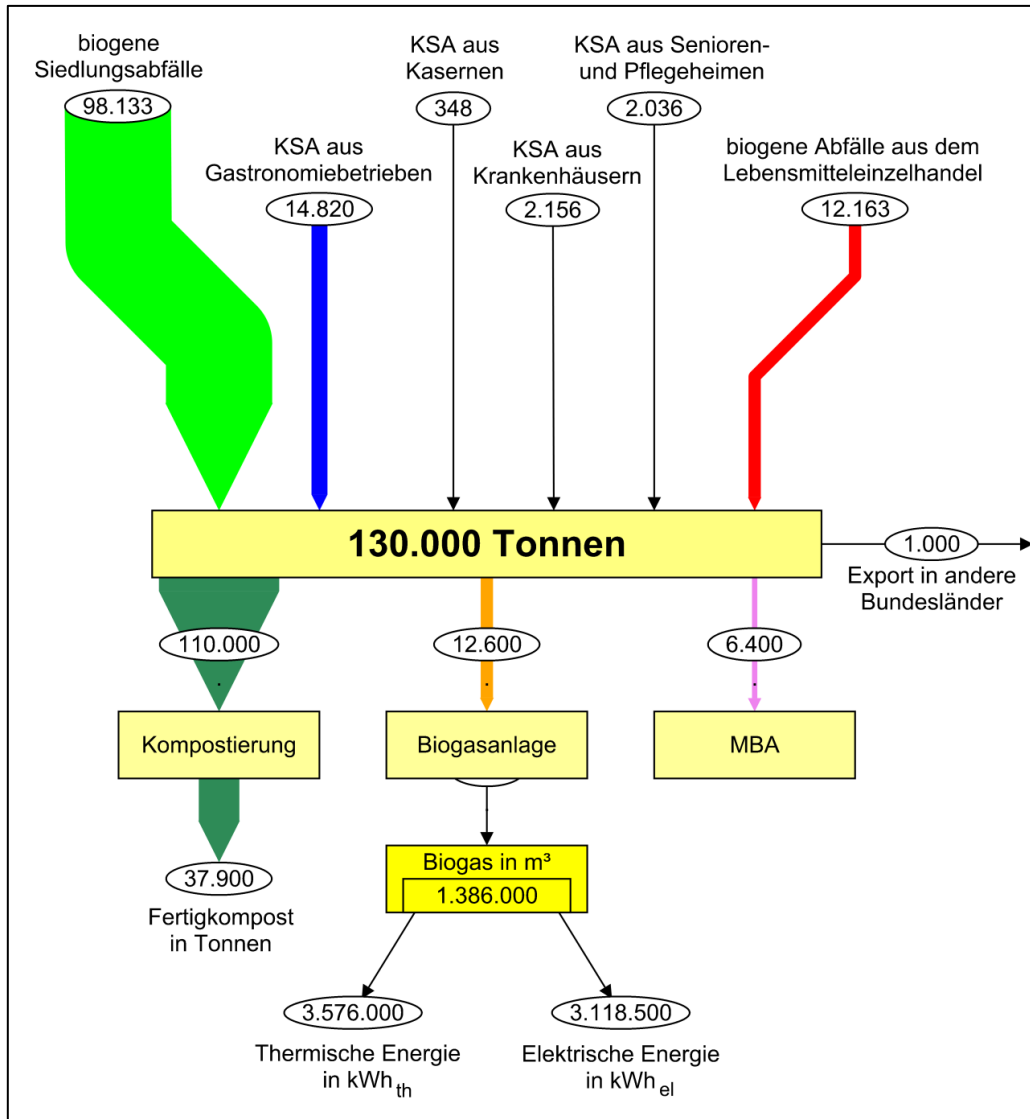


Abbildung 24: Mengenströme der biogenen Abfälle in der Steiermark (KSA = Küchen- und Speiseabfälle)

Das Sankey-Diagramm zeigt deutlich, dass für die festen biogenen Abfälle in der Steiermark die Kompostierung den wichtigsten Verwertungsweg darstellt und somit auch die größten Emissionswerte darauf entfallen. Der Vergärung in einer Biogasanlage kommt hingegen nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Rechnet man die Gutschrift, die aus der anaeroben Behandlung resultiert, weg, so ergeben sich für den Transport und die Behandlung der festen biogenen Abfälle CO₂-Äquivalente von 3.263 Tonnen pro Jahr. Gemessen an den gesamten CO₂-Äquivalenten der biologischen Abfallbehandlung in Österreich von 167.120 Tonnen ergibt dies nur einen Anteil von knapp 2 Prozent.²⁵³

²⁵³ vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2011a, S. 106 / Umweltbundesamt GmbH, 2011c, S. 396

Wie in Tabelle 69 zu sehen ist, beträgt der Anteil der gesamten berechneten Transportemissionen im Vergleich zu den Emissionen aus der Behandlung, abzüglich der Emissionsgutschrift aus der anaeroben Behandlung, etwas mehr als 20 Prozent, ist also gesamt gesehen durchaus von Bedeutung.

Tabelle 69: Ist-Situation der CO₂-Emissionen aus der biologischen Abfallbehandlung in der Steiermark

	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
Transporte	591,90
Aerobe Abfallbehandlung (ohne Einzel- und Gemeinschaftskompostierung)	3.064,60
Anaerobe Abfallbehandlung	-393,50
SUMME CO₂-Äquivalente	3.263,00

Angesichts der Tatsache, dass bei der anaeroben Abfallbehandlung eine Emissionsgutschrift verbucht werden kann, stellt sich die Frage, ob es sinnvoll ist, alle Abfälle, die derzeit kompostiert werden, in Biogasanlagen umzuleiten oder zumindest den Anteil der festen biogenen Abfälle in der anaeroben Behandlung zu erhöhen. Wie die Berechnung in Tabelle 70 zeigt, könnten dadurch nicht nur die Emissionen aus dem Transport kompensiert werden, sondern darüber hinaus könnte noch eine Gutschrift von über 3.200 Tonnen CO₂-Äquivalenten verbucht werden.

Eine vollkommene Umleitung der Abfallströme ist jedoch unrealistisch, da gerade die dezentrale Verteilung der Kompostieranlagen es ermöglicht, dass die Transportwege so gering gehalten werden. Wenn daher alle biogenen Abfälle in die bestehenden Biogasanlagen umgeleitet werden würde, würden sich vermutlich die Transportkilometer erhöhen. Ein positiver Effekt in Form einer Emissionsgutschrift könnte aber dennoch erzielt werden. Bezieht man allerdings nicht nur die Treibhausgasemissionen in Entscheidungen über zukünftige Entsorgungswege mit ein, sondern berücksichtigt man auch, dass Kompost weitere positive Eigenschaften aufzuweisen hat, wie beispielsweise eine Verbesserung der Bodenstruktur und Erhöhung der Biodiversität, so ist eine vollkommene Umleitung nicht empfehlenswert.²⁵⁴

²⁵⁴ vgl. EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, 2008, S. 7ff

Tabelle 70: Berechnung der Emissionsgutschrift bei Umleitung aller biogenen Abfälle in eine anaerobe Behandlungsanlage

	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
Transporte	591,90
Anaerobe Abfallbehandlung	-3.828,80
Emissionsgutschrift	-3.236,90

Im Gegensatz dazu würden bei einer Umleitung von ungefähr 40 Prozent der Abfälle, die aktuell in Kompostieranlagen behandelt werden, die CO₂-Äquivalente aus der Kompostierung fast zur Gänze durch jene aus der Vergärung kompensiert werden und es würden trotzdem noch ca. 23.000 Tonnen Fertigkompost zur Verfügung stehen, den Kompost, der bei der möglichen Kompostierung von Gärrückständen entsteht, nicht mit eingerechnet (siehe Tabelle 71).

Tabelle 71: Umleitung von 40 Prozent der kompostierten Abfälle in anaerobe Behandlungsanlagen

	CO₂-Äquivalente in Tonnen pro Jahr
Transporte	591,90
Aerobe Abfallbehandlung (ohne Einzel- und Gemeinschaftskompostierung)	1.838,76
Anaerobe Abfallbehandlung	-1.767,62
SUMME CO₂-Äquivalente	663,04

9. Schlussfolgerungen

Eigene Hochrechnungen in Kombination mit bereits vorhandenen Daten haben ergeben, dass in der Steiermark pro Jahr ungefähr 130.000 Tonnen biogener Abfälle entstehen. Wie in Abbildung 24 dargestellt ist, entfallen knapp 100.000 Tonnen auf biogene Siedlungsabfälle. Die restliche Menge setzt sich zusammen aus ungefähr 4.500 Tonnen Küchen- und Speiseresten aus Großküchen, in etwa 14.800 Tonnen Küchen- und Speisereste aus der Gastronomie und über 12.000 Tonnen biogener Abfälle aus dem Lebensmitteleinzelhandel. Die Forschungsfragen, aus welchen Bereichen die biogenen Abfälle stammen und wie groß die anfallenden Mengen an gewerblichen Küchen- und Speiseresten sind, konnten also beantwortet werden.

Zu den in Kapitel 1.2 gestellten Fragen betreffend der zurückgelegten Transportwege biogener Abfälle und der daraus resultierenden Emissionen, kann gesagt werden, dass, wie aus der Grafik in Kapitel 3.1.3, sowie aus den Skizzen der Transportwege in Kapitel 7 ersichtlich ist, der Großteil der biogenen Abfälle in Behandlungsanlagen verwertet, die sich in der näheren Umgebung befinden. Aus diesem Grund spielen die durch den Transport der biogenen Abfälle verursachten Emissionen hinsichtlich des Klimaschutzes nur eine untergeordnete Rolle. Emissionsreduktionspotenziale sind im Bereich der Transportwege nur vereinzelt vorhanden, da die Entsorgungsunternehmen in ihrem eigenem Interesse bemüht sind, die Transportstrecken möglichst kurz zu halten. Eine Verminderung der Emissionen wäre beispielsweise durch die in Kapitel 7.3 erwähnte Angleichung der Abholungsintervalle möglich.

Von größerer Relevanz für den Klimaschutz ist die Behandlung der biogenen Abfälle. Vor allem bei der aeroben Abfallbehandlung sind die prozessbedingten Emissionen zu berücksichtigen. Erwähnenswert sind aber auch die möglichen Reduktionspotenziale durch Kohlenstofffixierung im Boden und durch Einsparungen bei der Verwendung von Mineraldünger. Inklusive der Emissionen aufgrund des Energieverbrauchs bei der Behandlung und abzüglich der maximalen Emissionsgutschriften, entstehen pro Tonne aerob behandeltem biogenen Abfall 27,86 Kilogramm CO₂-Äquivalente. Demgegenüber steht eine Emissionsgutschrift von 31,23 Kilogramm CO₂-Äquivalenten aus der anaeroben Abfallbehandlung, die aus der Substitution von fossilen Energieträgern durch die produzierte Energiegutschrift resultiert abzüglich der prozessbedingten Emissionen durch Methanschlupf im angeschlossenen Blockheizkraftwerk, sowie durch Methanverlust aus Gärresten.

In Summe hat sich, wie erwartet gezeigt, dass die biologische Abfallbehandlung im Hinblick auf den Klimaschutz nur bedingt zur Reduktion der Treibhaus-

gasemissionen beitragen kann, da bei Anwendung des aktuellen Standes der Technik die prozessbedingten Emissionen bereits sehr gering gehalten werden. Weitere Optimierungen stellen somit mit Sicherheit auch eine Kosten-Nutzen-Frage dar.

In Bezug auf die Fragen, welche klimarelevanten Emissionen bei der Behandlung biogener Abfälle entstehen bzw. ob diese reduziert werden können, ist also anzumerken, dass die anaerobe Behandlung zwar hinsichtlich der Klimarelevanz die zu bevorzugende Alternative darstellt, eine vollkommene Umleitung aber, aufgrund anderer Vorteile der Kompostierung, nicht sinnvoll ist. Erfolge bzw. Emissionsreduktionen können jedoch bereits bei einer teilweisen Umleitung erzielt werden und sollten bei zukünftigen Betrachtungen der Entsorgungswege berücksichtigt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Bemühungen für den Klimaschutz in jedem Bereich begrüßenswert sind, der Effekt wäre in anderen Bereichen, z. B. bei der Gebäudesanierung oder im Verkehrssektor, aber ungleich größer, da dort noch wesentlich mehr Potenziale zur Verringerung der Emissionen vorhanden sind.

10. Literaturverzeichnis

© inka software (2012). STAN SToffflussANalyse Version 2.0.1703, Abgerufen am 15.01.2012 von Technische Universität Wien - Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft:
<http://iwr.tuwien.ac.at/ressourcen/downloads/stan.html>

Abfallwirtschaftsverband Deutschlandsberg (2006). Regionaler Abfallwirtschaftsplan gemäß §15 StAWG 2004. Deutschlandsberg: Abfallwirtschaftsverband Deutschlandsberg.

Abfallwirtschaftsverband Feldbach (2006). Regionaler Abfallwirtschaftsplan gemäß §15 StAWG 2004. Feldbach: Abfallwirtschaftsverband Feldbach.

Abfallwirtschaftsverband Fürstenfeld (2006). Regionaler Abfallwirtschaftsplan des Abfallwirtschaftsverbandes Fürstenfeld. Fürstenfeld: Abfallwirtschaftsverband Fürstenfeld.

Abfallwirtschaftsverband Hartberg (2008). Regionaler Abfallwirtschaftsplan des Abfallwirtschaftsverbandes Hartberg 2008. Hartberg: Abfallwirtschaftsverband Hartberg.

Abfallwirtschaftsverband Judenburg (2006). Abfallwirtschaftsplan des AWW Judenburg gemäß §15 StAWG 2004. Judenburg: Abfallwirtschaftsverband Judenburg.

Abfallwirtschaftsverband Knittelfeld (2006). Regionaler Abfallwirtschaftsplan des Abfallwirtschaftsverbandes Knittelfeld gemäß §15 StAWG 2004. Knittelfeld: Abfallwirtschaftsverband Knittelfeld.

Abfallwirtschaftsverband Leibnitz (2005). Regionaler Abfallwirtschaftsplan gemäß §15 StAWG 2004. Leibnitz: Abfallwirtschaftsverband Leibnitz.

Abfallwirtschaftsverband Leoben (2006). Erläuterungsbericht zum regionalen Abfallwirtschaftsplan des Abfallwirtschaftsverbandes Leoben. Leoben: Abfallwirtschaftsverband Leoben.

Abfallwirtschaftsverband Liezen (2006). Regionaler Abfallwirtschaftsplan Liezen gemäß §15 StAWG 2004. Liezen: Abfallwirtschaftsverband Liezen.

Abfallwirtschaftsverband Murau (2006). Erläuterungsbericht zum regionalen Abfallwirtschaftsplan des Abfallwirtschaftsverbandes Murau. Murau: Abfallwirtschaftsverband Murau.

Abfallwirtschaftsverband Mürzverband (2006). Regionaler Abfallwirtschaftsplan des Abfallwirtschaftsverbandes Mürzverband 2005. Kapfenberg: Abfallwirtschaftsverband Mürzverband.

Abfallwirtschaftsverband Radkersburg (2006). Erläuterungsbericht zum regionalen Abfallwirtschaftsplan des Abfallwirtschaftsverbandes Radkersburg. Radkersburg: Abfallwirtschaftsverband Radkersburg.

Abfallwirtschaftsverband Schladming (2011). Jahresbericht 2010. Abfallwirtschaftsverband Schladming.

Abfallwirtschaftsverband Voitsberg (2008). Regionaler Abfallwirtschaftsplan des AWV - Voitsberg gemäß §15 StAWG 2004. Voitsberg: Abfallwirtschaftsverband Voitsberg.

Abfallwirtschaftsverband Weiz (2007). Regionaler Abfallwirtschaftsplan 2006 gemäß §15 StAWG 2004. Weiz: Abfallwirtschaftsverband Weiz.

AEV Energy GmbH (2012). Biogas - Wie funktioniert eine Biogasanlage?, Abgerufen am 30.01.2012 von http://www.aev-biogas.de/index.php?option=com_content&view=article&id=13%3Awie-funktioniert-eine-biogasanlage&catid=24%3Abioogasanlage&Itemid=22&lang=de

Agentur für Erneuerbare Energien (2012). Deutschlands Informationsportal zu Erneuerbaren Energien - Biomasse - Wie funktioniert eine Biogasanlage?, Abgerufen am 26.01.2012 von <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/bioenergie/detailansicht/article/155/wie-funktioniert-eine-biogasanlage.html>

Angerer et al. (2001). Erfassung biogener Abfallmengen aus dem Gewerbe und der Lebensmittelindustrie in Wien. Wien: MA 22 - Umweltschutz / MA 48 Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark.

ARGE Kompost & Biogas (2011a). Kompost, Abgerufen am 20.08.2011 von http://www.kompost-biogas.info/index.php?option=com_content&task=view&id=79&Itemid=120

ARGE Kompost & Biogas (2011b). Biogas, Abgerufen am 26.09.2011 von http://www.kompost-biogas.info/index.php?option=com_content&task=view&id=69&Itemid=109

Baier et al. (2007a). Bewirtschaftung organischer Abfälle aus Großküchen im Kanton Aargau. Wädenswil: Hochschule Wädenswil.

- Baier et al. (Nr.35, Februar 2007b). Gastronomieabfälle im Kanton Aargau. Umwelt Aargau, S. 23-24.
- Bartsch, H. (2004). Taschenbuch Mathematischer Formeln (Bd. 20., neu bearbeitete und erweiterte Auflage). München, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2007). Klimabilanz von Biogasstrom. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2004). Biogashandbuch Bayern - Materialienband: Kapitel 1 - Grundlagen und Technik, Abgerufen am 26.08.2011 von <http://www.lfu.bayern.de/abfall/biogashandbuch/index.htm>
- Biogas Forum Bayern (2009). Treibhausgasemissionen der Energieproduktion aus Biogas. Freising: Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
- Bosch, K. (2007). Basiswissen Statistik - Einführung in die Grundlagen der Statistik mit zahlreichen Beispielen und Übungsaufgaben mit Lösungen . Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Buchgraber, K.; Amlinger, F.; Tulnik, R. (Heft 12/2003). Kompost in der Landwirtschaft einsetzen und produzieren. Sonderbeilage "Der fortschrittliche Landwirt" , , S. 25-36.
- Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2011a). Kompostportal - Selbst kompostieren - Der Kompostierungsprozess, Abgerufen am 13.08.2011 von <http://www.kompost.de/index.php?id=446>
- Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2011b). Kompostportal - Kompostierung - Prozess, Abgerufen am 13.08.2011 von <http://www.kompost.de/index.php?id=514>
- Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2010). Betrieb von Kompostierungsanlagen mit geringen Emissionen klimarelevanter Gase. Köln: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V..
- Bundesministerium für Gesundheit (2012). Krankenanstalten in Österreich - Liste der Krankenanstalten in Österreich, Stand: 23.02.2011, Abgerufen am 24.01.2012 von http://www.bmg.gv.at/home/Schwerpunkte/Krankenanstalten/Krankenanstalten_und_selbststaendige_Ambulatorien_in_Oesterreich/Krankenanstalten_in_Oesterreich

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2005a). Stand der Technik der Kompostierung - Richtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2005b). Stand der Technik der Kompostierung - Grundlagenstudie. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2011a). Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011 Band 1. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006a). Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006b). Fachinformation zur Kompostverordnung (BGBl.II 292/2001): Leitfaden zum Herstellen, Inverkehrbringen und zur Anwendung des Produktes Kompost gemäß Kompostverordnung Teil 1. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2011). klima:aktiv - Erneuerbare Energie - Biogas, Abgerufen am 25.08.2011 von <http://duz.lebensministerium.at/article/archive/13521/>
- Bundesministerium für Landesverteidigung und Sport (2012b). Österreichs Bundesheer - Aufgaben der Streitkräfte, Abgerufen am 04.01.2012 von <http://www.bundesheer.at/sk/index.shtml>
- Bundesministerium für Landesverteidigung und Sport (2012a). Österreichs Bundesheer - Bundesländer, Abgerufen am 04.01.2012 von <http://www.bmlv.gv.at/adressen/index.shtml>
- Bundesministerium für Landesverteidigung und Sport (2012c). Österreichs Bundesheer - Grundwehrdienst, Abgerufen am 07.01.2012 von <http://www.bmlv.gv.at/rekrut/grundwehrdienst/index.shtml>

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) / Umweltbundesamt (UBA) (2009). Ökologische sinnvolle Verwertung von Bioabfällen - Anregungen für kommunale Entscheidungsträger. Berlin, Dessau-Roßlau: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) / Umweltbundesamt (UBA).
- Compost Systems GmbH (2011). Geschlossene Systeme, Abgerufen am 12.12.2011 von http://www.compost-systems.com/gesch_sys/newearth.html
- Cramer, E.; Kamps, U. (2008). Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik - Ein Skript für Studierende der Informatik, der Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften (Bd. 2., überarbeitete Auflage). Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- Duller, C. (2008). Einführung in die nichtparametrische Statistik mit SAS und R - Ein anwendungsorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch . Heidelberg, Physica-Verlag.
- Effenberger, H. (2000). Dampferzeugung. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag.
- eigene Erhebung (Juli 2010). Schriftliche Befragung der steirischen Gemeinden und Entsorgungsbetriebe.
- eigene Erhebung (11-12/2011). Befragung der Gastronomie- und Hotelleriebetriebe, Steiermark.
- EPEA Internationale Umweltforschung GmbH (2008). Ökologisches Leistungsprofil von Verfahren zur Behandlung von biogenen Reststoffen - Kompass für die Entscheidungsfindung vor dem Hintergrund der geplanten Überarbeitung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. Hamburg: EPEA Internationale Umweltforschung GmbH.
- Fachabteilung 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (2011c). Abfallströme - Bioabfall - biogene Siedlungsabfälle, Abgerufen am 29.08.2011 von <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10168541/4373855/>
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2012b). Biogas - Trocken-Vergärung, Abgerufen am 10.03.2012 von <http://www.fnr-server.de/cms35/index.php?id=315>
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2012a). Biogas: Gewinnung - Anlagentechnik, Abgerufen am 10.03.2012 von <http://www.biogasportal.info/biogas-gewinnung/anlagentechnik/>

Fanta, M.; Schuss, C. (Falter Ausgabe 15/2007). Leben aus dem Müll, Abgerufen am 15.02.2012 von Falter Verlagsgesellschaft mbH:
<http://www.falter.at/web/print/detail.php?id=462>

Genehmigungsbescheide (Stand Juli 2010).

Graggaber et al. (1999). Potentiale und Maßnahmen zur Abfallverringerung in ausgewählten Branchen - Endbericht. Wien: MA 22 - Umweltschutz / MA 48 Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark.

Hardtert, B. (2008). Energetische Bewertung der Bereitstellung ausgewählter lokaler Lebensmittel am Beispiel dreier Fleischarten. Göttingen, Cuvillier Verlag.

Holland, H.; Scharnbacher, K. (2006). Grundlagen der Statistik - Datenerfassung und -darstellung, Maßzahlen, Indexzahlen, Zeitreihenanalyse (Bd. 7., aktualisierte Auflage). Wiesbaden, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlage GmbH.

IBM© SPSS© Statistics Version 20.0.0 (2012).

ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung (2008). Materialband: D Biogasnutzung - Nachhaltiger Biogasausbau. Heidelberg: ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung.

Illini, B. (2007). Ist Erdgas als Treibstoff umweltfreundlicher als Benzin bzw. Diesel?. Plus Lucis (3/2007), S. 23-24.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Technical Summary. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Joanneum Research - Institut für Energieforschung (2007). Treibhausgas-Emissionen aus Biogasanlagen - Endbericht. Graz: Joanneum Research.

Kern et al. (2010). Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz - Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Koch, M. (2009). Ökologische und ökonomische Bewertung von Co-Vergärungsanlagen und deren Standortwahl. Karlsruhe, Universitätsverlag Karlsruhe.

Lahl, U.; Zeschmar-Lahl, B. (2010). Klimaschutzszenarien 2050 - Herausforderungen für die Abfallwirtschaft. Tagungsband der 10. DepoTech-Konferenz , , S. 317-326.

104 Barbara Gastinger, Biologische Abfallbehandlung in der Steiermark

- Lampert, C. (2011). Kompostierung - Klimarelevanz und Beitrag zur Ressourcenschonung. ÖWAV-Kompost-FacharbeiterInnenkurs: Aufbaukurs für BetreiberInnen und das leitende Personal von Kompostierungsanlagen, sowie Sachverständige und PlanerInnen (12.-14.10.2011). Linz.
- Land Oberösterreich Abteilung Umweltschutz (2009). Langfassung Klimarelevanz der kommunalen Abfallwirtschaft und Entwicklung innovativer Konzepte zu ihrer umweltwirtschaftlichen Optimierung. Linz: Land Oberösterreich Abteilung Umweltschutz.
- Land Steiermark (28.10.2004). 65. Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002), Abgerufen am 28.08.2011 von http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10108050_4335362/a9fb4d77/StAWG_2004.pdf
- Land Steiermark Abteilung 16 Landes- und Gemeindeentwicklung, (2012). Der filialisierte Einzelhandel in der Steiermark - Versorgungssituation der steirischen Gemeinden und Kleinregionen, Abgerufen am 17.01.2012 von <http://www.raumplanung.steiermark.at/cms/beitrag/10558557/265384/>
- Land Steiermark Abteilung 16 Landes- und Gemeindeentwicklung (2006). Der filialisierte Einzelhandel in der Steiermark - Versorgungssituation der steirischen Gemeinden und Kleinregionen. Graz: Land Steiermark - Abteilung 16 Landes- und Gemeindeentwicklung.
- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (07/2010). Datenbank FA 19D .
- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (2011d). Die Abfallwirtschaftsverbände der Steiermark, Abgerufen am 03.10.2011 von <http://www.awv.steiermark.at/cms/ziel/152432/DE/>
- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (2008). Leitlinie Dezentrale Kompostierung in der Steiermark 5. Auflage 2008. Graz: Land Steiermark.
- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (2011c). Zahlen, Daten & Fakten - Abfalldaten, Abgerufen am 05.10.2011 von <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/4336290/DE/>
- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (2011a). Biologische Abfallbehandlung - Aerobe Behandlung (Kompostierung), Abgerufen am 11.10.2011 von <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10785072/4335814/>

- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (2011b). Biologische Abfallbehandlung - Anaerobe Behandlung (Vergärung), Abgerufen am 11.10.2011 von <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10008805/23822284/>
- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (2010b). Landesabfallwirtschaftsplan Steiermark 2010. Graz: Medienfabrik Graz GmbH.
- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (2010a). Kommunale Abfallerhebung 2010 in der Steiermark - Daten 2009 Endbericht. Graz: Fachabteilung 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft.
- Land Steiermark FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft / GIS Steiermark (31.12.2009). Biogasanlagen in der Steiermark, Abgerufen am 24.08.2011 von <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10168544/4373855/>
- Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven (2011). Steiermark - Wohnbevölkerung am 01.01.2011, Wanderungen 2010 Heft 6/2011. Graz: Land Steiermark Fachabteilung 1C - Landesstatistik.
- Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven (2012a). Unser Land - Steiermark Links, Abgerufen am 10.01.2012 von <http://www.steiermark.at/cms/beitrag/405282/398373/>
- Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven (2012e). FVS - Fremdenverkehrsstatistik, Abgerufen am 27.02.2012 von <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/117824/DE/>
- Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven (2012b). Soziales - Ältere und pflegebedürftige Personen, Abgerufen am 10.01.2012 von <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/28314785/DE/>
- Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven (2012c). Tourismus - TOURISMUS-Analysen Kalenderjahr 2010 - Ankünfte, Übernachtungen und durchschnittliche Aufenthaltsdauer, Anteile der In- und Ausländerübernachtungen sowie Anteile der Gesamtübernachtungen in den einzelnen Betriebsgruppen, Abgerufen am 11.01.2012 von <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/beitrag/11386357/35581380/>

- Land Steiermark FA 1C Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Perspektiven (2012d). Bevölkerungs-Demografie - Wohnbevölkerung - Steirische Gemeindedaten für den Finanzausgleich 2012, Abgerufen am 10.01.2012 von <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/97710/DE/>
- Land Steiermark FA17A und FA19D (2009). Biogasanlagenmonitoring Steiermark (2007-2008) Kurzbericht. Graz: Amt der Steiermärkischen Landesregierung FA19D.
- Landes Energie Verein Steiermark (2005). Biogaspotentialstudie für das Land Steiermark. Graz: Landes Energie Verein Steiermark.
- LandesEnergieVerein Steiermark (Juni 2008). Biogas Regions Europäische Regionen machen Biogas - Anlagenbeispiele, Abgerufen am 23.01.2012 von <http://www.lev.at/index.asp?S=projekte/Biomasse/BiogasBauherrenmappe.htm&S1=left/left.asp>
- Lechner et al. (2005). Klimarelevanz der Kompostierung unter Berücksichtigung der Verfahrenstechnik und Kompostanwendung (KliKo). Wien: Universität für Bodenkultur Wien - Department für Wasser - Atmosphäre - Umwelt.
- Meißner, J. (2004). Statistik verstehen und sinnvoll nutzen: Anwendungsorientierte Einführung für Wirtschaftler. Oldenbourg, Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2008). Ressourcen- und Klimaschutz in der Siedlungsabfallwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen - Zukünftige Potenziale und Entwicklungen. Düsseldorf: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung (2010). Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. Darmstadt/Heidelberg/Berlin: Öko-Institut e.V. / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) (2009). ÖWAV Regelblatt 518 - Anforderungen an den Betrieb von Kompostierungsanlagen. Wien: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) (2010). ÖWAV-Leitfaden: Küchen- und Speiseabfälle sowie ehemalige Lebensmittel tierischer Herkunft - Lagerung - Sammlung - biologische Behandlung. Wien: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.

- Part, F. (2010). Methodik zur Erhebung des Aufkommens von betrieblichen Küchen- und Speiseabfällen am Beispiel des Bundeslandes Salzburg. Wien: Universität für Bodenkultur - Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt - Institut für Abfallwirtschaft.
- Reibel, D. (2011). Reihe Nachhaltigkeit, Band 43: Erneuerbare Energien - Erzeugung, Vertrieb und Finanzierung. Hamburg, Diplomica Verlag.
- Republik Österreich (2002). Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002), Abgerufen am 07.11.2011 von <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002086>
- Republik Österreich (14.08.2001). 292. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung), Teil II. BGBl. II Nr. 292/2001, Redakteur Wien.
- Scheffer, F.; Schachschabel, P. (2010). Lehrbuch der Bodenkunde (16. Auflage). Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag.
- Schmidt, M.; Kehres, B. (2009). Kompostanlagen: Positive Energiebilanz durch differenzierte Verwertung. H&K, (01/09), S. 23.
- Schneider, F. (2008). Lebensmittel im Abfall - mehr als eine technische Herausforderung. Ländlicher Raum - Online Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Schneider, F.; Wassermann, G. (2004). SoWie - Sozialer Wertstofftransfer im Einzelhandel Endbericht. Wien: Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Abfallwirtschaft.
- Schnitzer, A. (2000). Kompostwirtschaft aus der Sicht der landwirtschaftlichen Beratung. Hartberg: Bezirkskammer für Land- und Forstwirtschaft Hartberg.
- Shapiro, S.S.; Wilk, M.B. (Dezember 1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). Biometrika, (Vol. 52, No.3/4), S. 591-611.
- Sonnenerde (2011). Herstellung Komposte und Erden, Abgerufen am 20.08.2011 von <http://www.sonnenerde.at/sonnenerde-kompostierung.41.htm>
- Springer, C. (2009). Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen verschiedener Kompostierungssysteme. Müll und Abfall, (11/09), S. 564-572.

Statistik Austria (2012). Statistik Austria - Bevölkerung, Abgerufen am 10.01.2012 von http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/index.html

Statistik Austria (2004a). Verwaltung Steiermark - Endgültige Ergebnisse der Volkszählung vom 15. Mai 2001 (Korrigierte Ergebnisse laut Kundmachung vom 23.09.2004), Abgerufen am 26.08.2011 von http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10023558_749989/c9419e2f/Bezirke.pdf

Statistik Austria (2004b). Arbeitsstättenzählung Hauptergebnisse Steiermark Band 1. Wien: Statistik Austria.

Technisches Büro Hauer Umweltwirtschaft GmbH (2010). Sammlung und Verwertung der Küchen- und Speiseabfälle aus Gastronomie und Großküchen in Vorarlberg - Potentialabschätzung und Effizienzkontrolle, Stand 2009. Bregenz: Amt der Vorarlberger Landesregierung Abteilung Abfallwirtschaft (Vle).

Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt (2010). SPIN Hintergrundpapier: Biogaserzeugung in Deutschland. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt.

Umweltbundesamt GmbH (2010). Klimaschutzbericht 2010. Wien: Umweltbundesamt GmbH.

Umweltbundesamt GmbH (2011a). Klimaschutzbericht 2011. Wien: Umweltbundesamt GmbH.

Umweltbundesamt GmbH (2011d). Klimarelevanz und Energieeffizienz der Verwertung biogener Abfälle (KEVBA). Wien: Umweltbundesamt GmbH.

Umweltbundesamt GmbH (2011b). Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011 - Umweltbericht im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung gem. RL 2011/42/EG. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft - Sektion VI.

Umweltbundesamt GmbH (2011c). Austria's national inventory report 2011 - Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Wien: Umweltbundesamt GmbH.

Uni Weimar (2003). "Wasser + Umwelt": Exkursion WW62 Biotechnologie in der Abfallwirtschaft im März 2003, Abgerufen am 20.08.2011 von http://www.uni-weimar.de/Bauing/wbbau/studium/zusatz/exkursionen/exberichtWW62_Maerz03.html

Universität für Bodenkultur Wien: Department für Wasser - Atmosphäre - Umwelt (2005). Klimarelevanz der Kompostierung unter Berücksichtigung der Verfahrenstechnik und Kompostanwendung (KliKo) - Endbericht. Wien: Universität für Bodenkultur.

Verbände der Humus- und Erdenwirtschaft (2011a). Kompost und Boden - Was ist Kompost?, Abgerufen am 17.08.2011 von <http://www.vhe.de/themen-mit-hintergrundinfos-zu-kompost-humus-und-boden/kompost-und-boden/was-ist-kompost/>

Verbände der Humus und Erdenwirtschaft (2011d). Kompost und Boden - Wie entsteht Kompost?, Abgerufen am 13.08.2011 von <http://www.vhe.de/themen-mit-hintergrundinfos-zu-kompost-humus-und-boden/kompost-und-boden/wie-entsteht-kompost/wie/>

Verbände der Humus- und Erdenwirtschaft (2011c). Humus und Boden - Entstehung von Humus, Abgerufen am 12.08.2011 von <http://www.vhe.de/themen-mit-hintergrundinfos-zu-kompost-humus-und-boden/humus-und-boden/wie-entsteht-humus/>

Verbände der Humus- und Erdenwirtschaft (2011b). Kompost und Boden - Welche Eigenschaften hat Kompost?, Abgerufen am 17.08.2011 von <http://www.vhe.de/themen-mit-hintergrundinfos-zu-kompost-humus-und-boden/kompost-und-boden/wie-wirkt-kompost/eigenschaften/>

Wille et al. (06/2002). Speiseabfallströme als Aufgabe für die Entsorgungswirtschaft. Müll und Abfall, S. 318-321.

Wirtschaftskammer Österreich (2011). Entsorgung von Küchen- und Speiseresten, Abgerufen am 13.01.2011 von http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=465920&dstid=834

Wirtschaftskammer Österreich (2010). Tourismus in Zahlen, Abgerufen am 18.12.2011 von http://www.hotelsterne.at/uploads/media/Tourismus_in_Zahlen_Ausgabe_2010_01.pdf

Wittmaier et al. (2006). Trockenfermentation versus Nassfermentation. Band 46 - Anaerobe biologische Abfallbehandlung, (TU Dresden), S. 60-73.