

Optimierung des Systems der Bio- und Grünabfallverwertung

Ein Leitfaden



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Der Leitfaden „Optimierung des Systems der Bio- und Grünabfallverwertung“ wurde erstellt in Zusammenarbeit mit:



Institut für Energie- und
Umweltforschung gGmbH, Heidelberg
Florian Knappe (Projektleitung)
Regine Vogt



IGLux GmbH, Witzenhausen
Thomas Turk
Axel Hüttner



Institut für angewandte Ökologie e. V., Freiburg
Günter Dehoust



Ressource Abfall GmbH, Elze
Theo Schneider

I	KURZFASSUNG FÜR ENTSCHEIDUNGSTRÄGER	6
II	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN MIT EINEM LEITFADEN FÜR DIE PRAXIS	10
1	Die optimierte Verwertung von Bio- und Grünabfällen	10
2	Das System der Bio- und Grünabfallverwertung	11
3	Potenziale nutzen: die effiziente Sammlung von Bio- und Grünabfällen	13
3.1	Regelungen in Abfall- und Gebührensatzung	14
3.2	Systemkosten der Biotonne	14
3.3	Bezifferung des Bioabfallpotenzials	15
3.4	Potenziale nutzen – ein System für kommunale Grünabfälle	16
4	Stoffstrommanagement und optimales Behandlungskonzept	17
4.1	Verwertung über eine Bioabfallvergärungsanlage	17
4.2	In Kombination mit einer Nachrotte	21
4.3	Erweiterung einer bestehenden Kompostierungsanlage	22
4.4	Effiziente Biogasnutzung	23
5	Vermarktung von Kompost und Kompostprodukten	25
6	Ein Leitfaden für die Praxis: So lässt sich die Bio- und Grünabfallverwertung Schritt für Schritt optimieren	26
III	FACHINFORMATIONEN	38
1	Hintergrund/Aufgabenstellung	38
1.1	Abfallbiomassen energetisch und stofflich verwerten	39
1.2	Ein optimiertes Verwertungssystem ist notwendig	40
1.3	Aufgabenstellung für den Leitfaden	41
2	Das Konzept der Nutzung von Bio- und Grünabfällen	42
3	Analyse der Nachfragesituation nach Kompost	45
3.1	Vermarktungswege über die Erdenindustrie	46
3.2	Herstellung von Pflanz- und Blumenerden als Mischungen aus Komposten mit mineralischen Bodenmassen	47
3.2.1	Produkte	47
3.2.2	Absatzmöglichkeiten und Anforderungen an den Kompost	49
3.3	Komposte für die Landwirtschaft	50
3.4	Vermarktung von Komposten in Absatzwege außerhalb des Ackerbaus	52
3.5	Fazit zum Kompostabsatz	55
4	Verwertung von Grünabfällen	57
4.1	Aufbereitung der Grüngutbiomasse	57

4.1.1	Aufbereitungsstrategie zur thermischen Nutzung	58
4.1.2	Aufbereitungsstrategie zur Abtrennung einer vergärbaren Fraktion	59
4.2	Randbedingungen für die energetische Nutzung der Brennstofffraktion	60
4.3	Randbedingungen für die Kompostierungs- und Vergärungsfraktion	62
4.4	Randbedingungen für die Gärfraktion	63
5	Verwertung von Bioabfällen	64
5.1	Technische Lösungen der Bioabfallvergärung	65
5.2	Behandlung des Gärrestes und des Überschusswassers	72
5.2.1	Entsorgung/Nutzung des Überschusswassers	72
5.2.2	Hygienisierung	73
5.2.3	Emissionsminderung	73
5.2.4	Nachrotte des Gärrückstandes	74
5.3	Nutzung der Überschussenergie – Biogasverwertung	75
5.3.1	Verstromung über ein BHKW in Kraft-Wärme-Kopplung	76
5.3.2	Vermarktung von Strom und Überschusswärme	78
5.3.3	Einspeisung in das Erdgasnetz	84
5.4	Fazit zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen	85
6	Erfassung von Bio- und Grünabfällen	88
6.1	Potenziale	88
6.2	Kosten	90
6.2.1	Eigenkompostierung	90
6.2.2	Abfallsatzung	91
6.2.3	Gebührensatzung	92
6.3	Bioabfallerfassung	93
6.4	Grünguterfassung	95
6.5	Fazit: Optimiertes Erfassungssystem für Bio- und Grünabfälle	97
7	Zusammenfassung	99
7.1	Prüfung des Kompostabsatzes	100
7.2	Prüfung des Energieabsatzes	103
7.3	Hinweis zur Standortfindung von Biogasanlagen	106
7.4	Erfassungssystem	108
8	Abbildungen und Tabellen	111
9	Literatur	113
10	Impressum	115

Liebe Leserin, lieber Leser,

mit der verstärkten Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen werden wir in den nächsten Jahren weitere wichtige Schritte beim Aufbau einer umfassenden Kreislaufwirtschaft umsetzen. Baden-Württemberg hat dazu schon vieles vorangebracht und – lange vor den Regelungen im neuen Abfallwirtschaftsgesetz des Bundes – die Verpflichtung zur Getrenntsammlung von Bio- und Grünabfällen gesetzlich geregelt. Nicht nur deshalb wurden in der Zwischenzeit zahlreiche Planungen angeschoben, die wir jetzt so schnell wie möglich umsetzen müssen.

Darüber hinaus stehen alle öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger vor der Frage, wie Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen zukünftig noch besser gestaltet werden können. Dies stellt angesichts der sehr komplexen Materie hohe Anforderungen an Entscheidungsträger, Planer, Verwaltung und kommunale Gremien.

Tragfähige Entscheidungen erfordern zunächst umfassende Informationen. Ich freue mich deshalb, dass wir der Öffentlichkeit jetzt den unter Mitwirkung von Vertretern der Landkreise Göppingen, Heilbronn, Ravensburg und Zollernalbkreis und des Landkreistages entwickelten Leitfaden „Optimierung des Systems der Bio- und Grünabfallverwertung“ zur Verfügung stellen können. Der Leitfaden soll Hinweise zum Vorgehen bei der Planung der Bio- und Grünabfallverwertung geben und alle Interessierten bei der Informationsbeschaffung und Entscheidungsfindung unterstützen. Am wichtig-

sten ist mir der zweite Teil, der in Form einer Checkliste praktische Hilfestellung für alle wesentlichen Planungsschritte gibt. Der erste Teil ist eine Kurzfassung für Entscheidungsträger und der dritte Teil dient der Vertiefung und enthält umfangreiche Fachinformationen.

Wesentliches Ziel des Leitfadens ist eine praxisgerechte Beratung. Ich freue mich daher sehr, dass vier Landkreise bereit waren, gemeinsam mit Experten eine Situationsanalyse zur Bio- und Grünabfallverwertung in ihrem Kreis zu erarbeiten. Der Leitfaden beruht auf den dabei gewonnenen Erfahrungen und hat in diesen Fällen seinen Praxistest bereits bestanden.

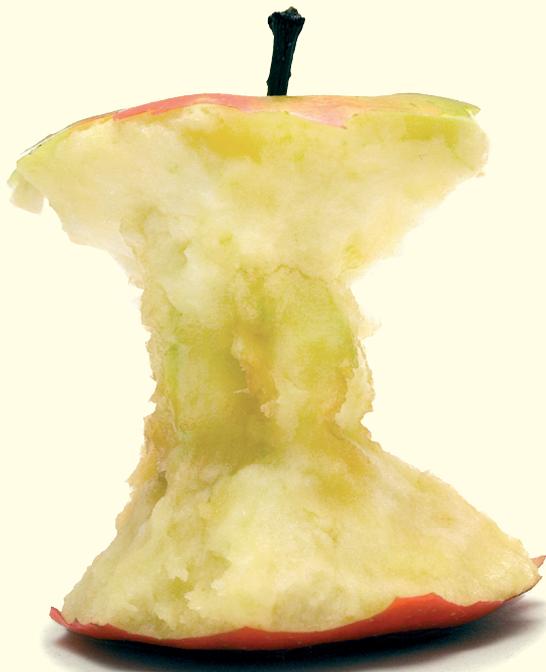
Für die Durchführung des Projektes hat das Umweltministerium das ifeu Institut gewonnen, das den Leitfaden in Zusammenarbeit mit dem Öko-Institut e. V. und der IGLux erarbeitet hat.

Ich danke allen, vor allem auch den mitwirkenden Landkreisen, herzlich für ihr großes und nicht selbstverständliches Engagement für dieses Projekt.

Franz Untersteller MdL
Minister für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
des Landes Baden-Württemberg



Bio- und Grünabfall – eine wertvolle Ressource, die es zu nutzen gilt



Die Ausschöpfung unserer natürlichen Ressourcen hat ein bedenkliches Ausmaß erreicht, denn sie verursacht deutliche Umwelt- und Klimabelastungen. Der Anbau von Biomasse wiederum ist nicht nur aus landschaftsästhetischen Gründen umstritten. Ressourcen, Klima und Umwelt können geschont werden, wenn man auf Rest- und Abfallmassen zurückgreift. Sie sind wertvolle sekundäre Ressourcen, deren Verwertung umso effizienter wird, je umfassender ihr stoffliches und energetisches Potenzial genutzt wird. Das trifft auch auf Bio- und Grünabfälle zu, die in Haushalten und bei der Pflege von privaten und öffentlichen Grünflächen zwangsläufig anfallen.

FÜR DIE SAMMLUNG DER BIOABFÄLLE AUS HAUSHALTEN IST DIE BIOTONNE DER ZENTRALE BAUSTEIN.

Bio- und Grüngutabfälle lassen sich in mehrfacher Hinsicht weiterverwerten. Bisher werden sie allerdings überwiegend zur Kompostherstellung genutzt. Aus ihnen lässt sich aber über die Biogaserzeugung zusätzlich auch Energie gewinnen. Die dabei anfallenden Gärrückstände können dann ebenfalls zu Komposten veredelt werden. Diese Kaskadennutzung der organischen Abfälle hat nicht nur ökologische Vorteile, auch gegenüber einer Entsorgung der Bioabfälle als Teil des Restabfalls. Sie wird auch ökonomisch durch das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 gefördert. Die hochwertige Verwertung der Bioabfälle ist somit in aller Regel auch aus ökonomischer Sicht gegenüber einer Entsorgung über die Restmülltonne vorteilhaft.

Die holzigen Anteile der Grünabfälle eignen sich zudem als Biobrennstoffe für Biomassekraftwerke. Sie sind aber auch Ausgangsstoffe hochwertiger Komposte oder Pflanz- und Blumenerden.

Diese effiziente stoffliche und energetische Verwertung von Bio- und Grünabfällen kann somit einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz und damit zum Erreichen umweltpolitischer Ziele leisten.

WIE KÖNNEN BIO- UND GRÜNABFÄLLE OPTIMAL MOBILISIERT WERDEN?

Für die Sammlung der Biomasseabfälle aus Haushalten ist die Biotonne der zentrale Baustein. Über die Biotonne können sämtliche organischen Abfälle erfasst werden, die in privaten Haushalten und Gärten anfallen. Davon ausgenommen sind nur der Baum- und Strauchschnitt.

Die Abfallsammlung ist umso effizienter und erfolgreicher, je flächendeckender sie erfolgt. Sind viele Haushalte an das System Biotonne angeschlossen, wird die Sammellogistik in der Regel nicht nur kosteneffizient. Nur so lassen sich Bio-



und Grünabfälle auch in hohen Raten mobilisieren. In dünn besiedelten Regionen oder Innenstadtlagen können allerdings Ausnahmen sinnvoll sein.

DIE BIOTONNE ATTRAKTIV GESTALTEN

Das System Biotonne ist zudem umso erfolgreicher, je attraktiver es gestaltet wird. Dies zeigte nicht zuletzt auch eine Analyse der Situation in Baden-Württemberg (LUBW/IFEU 2010). Attraktiv ist die Biotonne dann, wenn das System an den spezifischen Bedarf der Nutzer angepasst ist. Fallen beispielsweise aus der Pflege von Gartengrundstücken jahreszeitlich bedingt größere Mengen an Laub oder Grasschnitt an, so ist es sinnvoll, gebührenpflichtige Papiersäcke zur Verfügung zu stellen. In bestimmten Fällen kann es auch sinnvoll sein, die Biotonne zeitweise in kürzeren Intervallen zu leeren. In der Regel muss der Abfuhrhythmus im Sommer jedoch nicht verdichtet werden. Die Biotonne sollte außerdem merklich kostengünstiger als die Restabfalltonne sein. Für die Nutzung der Biotonne können nach Landesabfallgesetz über das Gebührensystem durchaus Anreize gesetzt werden.

Auch Anschluss- und Benutzungszwang sind hilfreiche Instrumente in einer Abfallsatzung. Die Eigenkompostierung sollte auf ein ökologisch sinnvolles Maß beschränkt bleiben und sich nach dem Nährstoffbedarf der Gartenkulturen richten. Werden Küchenabfälle kompostiert, führt das in der Regel zu einer Nährstoffübersorgung der Gartengrundstücke.

SONDERFALL BAUM- UND STRAUCHSCHNITT

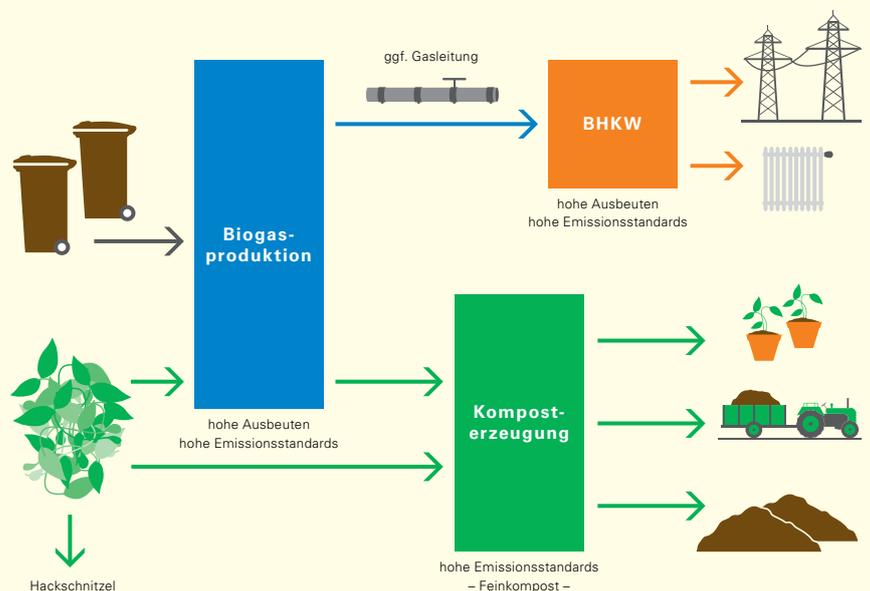
Holzige Gartenabfälle wie Baum- und Strauchschnitt lassen sich jedoch nur zu geringen Teilen über die Biotonne erfassen. Zudem fallen solche Abfälle

auch bei der Pflege öffentlicher Grünflächen und im Garten- und Landschaftsbau an.

Um auch in diesem Bereich hohe Mengen weiterverwerten zu können, sollte ein möglichst flächendeckendes Angebot an Übergabepunkten geschaffen werden, also gesonderte Grünabfallsammel- und/oder Häckselplätze, Containerstandorte, Wertstoffhöfe oder Abgabemöglichkeiten an Abfallentsorgungsanlagen. Solche Sammelstellen sollten nach Möglichkeit das ganze Jahr zugänglich sein. Günstig sind Öffnungszeiten außerhalb der Kernarbeitszeiten, abends und an Samstagen.

Eine weitere wichtige Randbedingung ist die Gebührenstruktur. So ist die Grünabfallmenge, die in Stadt- und Landkreisen gesammelt wird, welche

ABB. 1: DAS SYSTEM DER BIO- UND GRÜNABFALLBEHANDLUNG IM ÜBERBLICK





keine gesonderten Gebühren erheben oder die die freien Kontingente großzügig bemessen, überdurchschnittlich hoch. Eine kostenlose Übernahme dieser Grünabfälle kann auch wirtschaftlich durchaus gerechtfertigt sein. Denn schon heute werden für holzige Grünabfälle Erlöse erzielt (derzeit 14 Euro pro Tonne Rohmaterial), und der positive Marktwert wird sich in Zukunft durch steigende Nachfrage der Biomassekraftwerke noch erhöhen.

WIE SOLLTEN BIO- UND GRÜNABFÄLLE OPTIMAL VERWERTET WERDEN?

Bio- und Grünabfälle haben verschiedene Eigenschaften, die den Weg ihrer Verwertung bestimmen.

BIOGASERZEUGUNG ALS BAUSTEIN DER ENERGIEWENDE

Grundsätzlich sollten sämtliche Bioabfälle, die über die Biotonne gesammelt werden, sowie krautige Grünabfälle zunächst der Biogaserzeugung dienen. Bei der Planung einer Biogasanlage ist zwingend auf hohe Netto-Energie-Ausbeute bei zugleich geringem Emissionsniveau zu achten. Nur bei möglichst vollständiger Vermarktung der Energieüberschüsse können sich Anlagen auf dem umkämpften Markt behaupten, wie das Beispiel der Biomassekraftwerke lehrt.

Biogas kann durch Verstromung mittels Kraft-Wärme-Kopplung effektiv genutzt werden. Um eine hohe Energieeffizienz zu erreichen, ist das Blockheizkraftwerk an einem Ort zu betreiben, der die weitgehende Abnahme der Überschusswärme sicherstellt. Ideale Abnehmer können größere Wärmenetze oder auch Industrie und Gewerbe sein.

Ein geeigneter Standort zur Vermarktung muss nicht gleichzeitig ein idealer Standort zur Bioabfallbehandlung und zum Absatz des Kompostes sein. Die sich daraus ergebenden räumlichen Distanzen lassen sich mit Biogasleitungen überwinden, die mit kleinen Querschnitten kostengünstig und einfach verlegt werden können. Bei größeren Anlagen mit rund 35.000 Tonnen Durchsatz pro Jahr und umfangreicheren Distanzen kann auch eine Aufbereitung des Biogases zu Erdgasqualität und dessen Einspeisung in das Erdgasnetz sinnvoll sein.

KOMPOSTVERWERTUNG ALS BAUSTEIN ZUM NATUR- UND KLIMASCHUTZ

Zur Kompostierung eignen sich einerseits die festen Gärrückstände, die bei der Biogaserzeugung anfallen, andererseits Bio- und Grünabfälle mit erdigen Anteilen, die bei der Biogaserzeugung weniger erwünscht sind. Komposte sollten aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht nicht über weite Strecken transportiert werden. Deshalb muss eine Bioabfallbehandlungsanlage möglichst dort ihren Standort haben, wo Kompost gebraucht und nachgefragt wird. Zudem sollte ein möglichst großer Nachfrageüberhang nach Komposten bestehen. In der Vergangenheit wurden infolge einer ungünstigen Nachfragesituation und einer nicht angemessenen Standortwahl Komposte teilweise mit Zuzahlungen „vermarktet“. Dies kann durch gute Planung vermieden werden.

Im Kompost sind Pflanzennährstoffe enthalten. Sein hoher Anteil an stabilisierter organischer Substanz kann zudem wesentlich zur Humusneubildung in Böden beitragen. Komposte lassen sich aber auch zu Erden und Kultursubstraten für den Gartenbau,

BIOGAS KANN DURCH VERSTROMUNG MITTELS KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG EFFEKTIV GENUTZT WERDEN.

für Baumschulen oder auch zu Blumenerden für Privathaushalte veredeln. Gelingt es mit diesen Produkten, erfolgreich in Konkurrenz zu Torf oder Torfprodukten zu treten, ist die Kompostverwertung ein wichtiger Baustein im Natur- und Klimaschutz. Wird Torf gewonnen und auf Böden ausgebracht, veratmet der fossile Kohlenstoff und verstärkt dadurch den Treibhauseffekt. Eine entsprechende Veredelung dient auch der besseren Vermarktung. Die Erlöse liegen deutlich über denen von unveredelten Komposten. In Baden-Württemberg gibt es einige Kompostierungsanlagen, die wirtschaftlich erfolgreich hochwertige Produkte aus Kompost vertreiben.

Die Landwirtschaft wird dennoch ein wichtiger Kompostkunde bleiben. Eine hohe Nachfrage nach Kompost besteht vor allem beim Anbau von humuszehrenden Feldfrüchten wie Hackfrüchten oder von Sonderkulturen. Mit einer ausreichenden Humusversorgung der Böden lässt sich auch den Folgen der Klimaänderung begegnen, da die Wasserspeicherkapazität der Böden mit dem Humusgehalt zunimmt.

VERWERTUNG HOLZIGER GRÜNABFÄLLE

Auch Strauch-, Hecken- und Baumschnitte können als Ausgangsstoff hochwertiger Komposte oder Pflanz- und Blumenerden dienen. Einer Vergärung ist der Kohlenstoff aus holziger Biomasse dagegen nicht zugänglich. Alle aus Schnittholz bestehenden Grünabfälle eignen sich neben der Verwertung zu Kompost aber alternativ auch zur Aufbereitung als Brennstoff. Erfolgt die Vermarktung in Richtung großer Biomassekraftwerke, können in diesem Absatzweg auch Strauch- und Heckenschnitt vermarktet werden.

VERBESSERUNGSMÖGLICHKEITEN PRÜFEN

Die Entwicklung der Bio- und Grünabfallverwertung schreitet schnell voran. Die Behandlungstechnik hat sich über die letzten Jahre deutlich verändert und wird dies auch weiterhin tun. Die Verwertung der Bio- und Grünabfälle zielt immer ausdifferenzierter auf die Möglichkeiten und Eigenschaften einzelner Teilfraktionen ab.

Ein bestehendes Verwertungssystem für Bio- und Grünabfälle sollte daher immer auf Optimierungsmöglichkeiten geprüft werden. Dies gilt unabhängig davon, ob die Leistungen an Dritte vergeben werden oder die Verwertung weitgehend in Eigenregie erfolgt.

Die Optimierung der Systeme ist nicht nur aus ökologischer Sicht notwendig, sondern vor allem auch aus ökonomischer. Erfahrungen mit Anlagen zur Biomassenutzung zeigen, dass nur Nutzungskonzepte mit hoher Wertschöpfung konkurrenzfähig bleiben.

Der Leitfaden soll die Auseinandersetzung mit dem Thema erleichtern, entscheidende Kennzahlen nennen, die Prüfung auf Optimierungsmöglichkeiten unterstützen und Hinweise für das Vergabeverfahren geben. Hierzu enthält Teil II Handlungsempfehlungen und eine Checkliste zum Vorgehen. Teil III vertieft die fachlichen Informationen.

EIN BESTEHENDES VERWERTUNGSSYSTEM FÜR BIO- UND GRÜNABFÄLLE SOLLTE IMMER AUF OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN GEPRÜFT WERDEN.

1. Die optimierte Verwertung von Bio- und Grünabfällen



Sollen Bio- und Grünabfälle optimal genutzt werden, muss das gesamte Verwertungssystem optimiert werden. Alle Bausteine des Systems sind bestmöglich aufeinander abzustimmen – von der Sammlung und Erfassung über die einzelnen Behandlungs- und Verwertungsschritte bis hin zur Verwertung der im Überschuss erzeugten Energie und des Komposts. Der Leitfaden für die Praxis soll Fachleute und Interessierte in Kreisen und Städten dabei unterstützen, das System der Bio- und Grünabfallverwertung zu verstehen und Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen.

EINE EFFIZIENTE NUTZUNG DER BIO- UND GRÜNABFÄLLE IST GEGEBEN, WENN SOWOHL DAS STOFFLICHE ALS AUCH DAS ENERGETISCHE POTENZIAL UMFASSEND MIT HOHEN WIRKUNGSGRADEN GENUTZT WIRD.

Ressourcen sind das globale Naturkapital und Basis allen Wirtschaftens. Der Umfang der Ressourcennutzung hat heute jedoch ein Ausmaß erreicht, das nicht dauerhaft gehalten werden kann. Mit einem umfassenden Ressourcenschutz gilt es daher, die natürlichen Lebensgrundlagen für künftige Generationen zu erhalten und zu schützen.

Primäre Ressourcen lassen sich umso mehr schonen, je umfassender auf sekundäre Ressourcen zurückgegriffen wird. Hierzu zählen auch Bio- und Grünabfälle. Im Gegensatz zu nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo), die in der Landwirtschaft gezielt produziert werden müssen, fallen Bio- und Grünabfälle bei der Pflege von Grünflächen oder in privaten Haushalten zur Entsorgung an und können gemäß ihren wertgebenden Eigenschaften als sekundäre Ressourcen genutzt werden.

Bio- und Grünabfälle haben einerseits ein hohes stoffliches Potenzial. Wegen ihres Gehaltes an Haupt- und Spurennährstoffen für Pflanzen und wegen ihrer organischen Substanz können sie in Form von Kompost als Düngemittel und zur Humusversorgung von Böden wertvolle Dienste leisten.

Ihr Hauptbestandteil organische Substanz kann aber nicht nur stofflich, sondern auch energetisch genutzt werden. Dies ist über eine zusätzliche Vergärungsstufe bei der Biogaserzeugung möglich. Die holzigen Anteile der Grünabfälle eignen sich zudem als Biobrennstoffe für Biomasse(heiz)kraftwerke. Sie sind aber auch Ausgangsstoffe hochwertiger Komposte oder Pflanz- und Blumenerden.

Eine effiziente Nutzung der Bio- und Grünabfälle ist also dann gegeben, wenn sowohl dieses stoffliche als auch das energetische Potenzial umfassend mit hohen Wirkungsgraden genutzt wird. In beiden Fällen können Bio- und Grünabfälle dann einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz leisten. Sie stellen einen Baustein zur Abkehr von fossilen Energieträgern dar. Nur mit Hilfe vieler kleiner Maßnahmen wird es möglich sein, das für Baden-Württemberg formulierte umweltpolitische Ziel einer deutlichen Reduktion der Treibhausgas-Emissionen zu erreichen, die besonders über eine Verdopplung des Anteils erneuerbarer Energien und hierbei auch durch verstärkte Nutzung von Biomasse erzielt werden sollen.

2. Das System der Bio- und Grünabfallverwertung

Die effiziente Nutzung der Bio- und Grünabfälle verlangt eine Optimierung über das gesamte Verwertungssystem hinweg und in allen Systembausteinen (siehe Abbildung 2). Dies erfordert ein optimales Zusammenspiel der Systembausteine von der Sammlung und Erfassung über die einzelnen Behandlungs- und Verwertungsschritte bis hin zur optimalen Verwertung der im Überschuss erzeugten Energie sowie des Kompostes.

So gilt es, das erzeugte Biogas mit hohen Wirkungsgraden zu nutzen, das heißt, idealerweise in Kraft-Wärme-Kopplung. Hierfür kann es sinnvoll oder notwendig sein, das Blockheizkraftwerk (BHKW) an einem Ort zu errichten, an dem ein gleichmäßig hoher Wärmebedarf über das Jahr verteilt besteht. Möglicherweise eignet sich dieser Standort jedoch nicht für den Betrieb einer Bioabfallbehandlungsanlage. Die sich daraus ergebenden räumlichen Distanzen lassen sich mit Biogasleitungen überwinden. Bei größeren Anlagen und größeren zu überwindenden Distanzen kann auch eine Aufbereitung des Biogases zu Erdgasqualität und dessen Einspeisung in das Erdgasnetz sinnvoll ein.

Es versteht sich, dass sowohl bei den Vergärungsanlagen als auch bei den Blockheizkraftwerken auf effiziente Techniken zu achten ist.

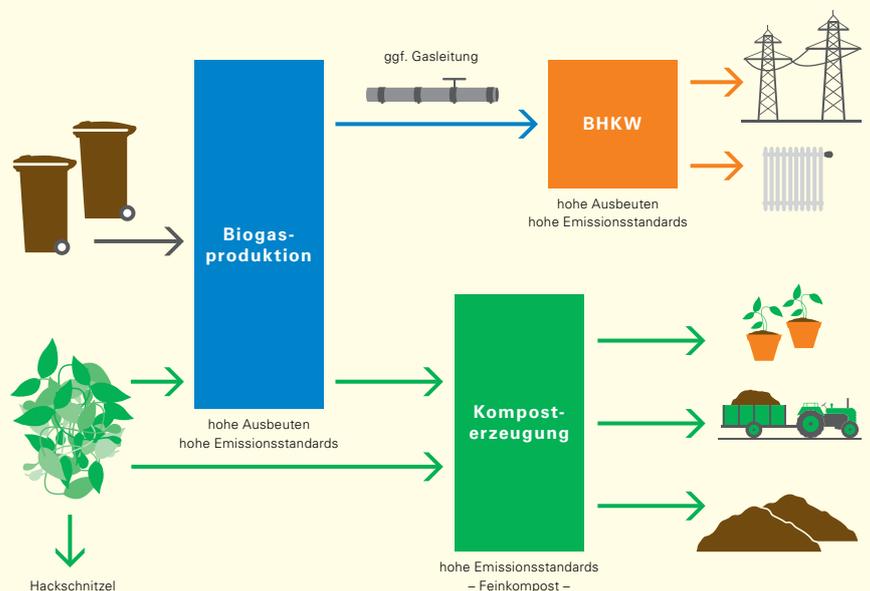
Der Vergärungsrückstand ist das Ausgangsmaterial für die Herstellung von Komposten. Da Komposte sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht nicht über längere Strecken transportiert werden sollten, muss eine Bioabfallbehandlungsanlage möglichst dort ihren Standort haben,

wo Komposte gebraucht und nachgefragt werden. Optimal ist ein möglichst großer Nachfrageüberschuss.

Eine günstige Vermarktungssituation für Komposte verbessert die Kostenstruktur einer Bioabfallbehandlung wesentlich. Es ist daher unabdingbar, dass die Herstellung von Komposten als Produktionsprozess verstanden wird, der sich möglichst genau in seiner Spezifikation und seinem Veredelungsgrad auf die Nachfrage des Marktes ausrichtet. Dadurch wird ein Absatz mit hohen Erlösen sichergestellt. Sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht ist vor allem eine Veredelung zu Erden oder Kultursubstraten hilfreich.

11

ABB. 2: DAS SYSTEM DER BIO- UND GRÜNABFALLBEHANDLUNG IM ÜBERBLICK

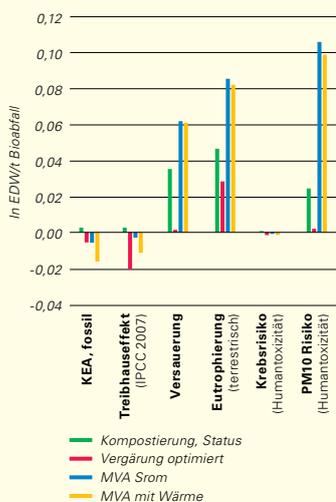




Bereits in den letzten Jahren haben sich die Systeme der Bio- und Grünabfallverwertung deutlich gewandelt. Immer ausdifferenzierter zielen sie auf die spezifischen wertgebenden Eigenschaften einzelner Teilfraktionen ab und werden dies in Zukunft verstärkt tun müssen. Von der Abfallentsorgung wird sich die Verwertung immer mehr zu einem System der Produktion von Energie und hochwertigen Gütern ausrichten. Die Entwicklung der Behandlungstechnik richtet sich nach diesen Anforderungen aus.

nisse für die verschiedenen Umweltwirkungskategorien¹ (in Einwohner-Durchschnittswerten (EDW)) im Saldo auf. Das heißt, es werden einerseits die Lasten wie insbesondere Emissionen aus den Behandlungsanlagen berücksichtigt, die mit der Abfallentsorgung verbunden sind, und andererseits der Nutzen, der sich durch die Bereitstellung von Kompost und Energie ergibt. Nach oben aufgetragene Werte bedeuten Belastungen (netto), die nach unten aufgetragenen Werte Entlastungen (netto).

ABB. 3: OPTIONEN DER BIO-ABFALLBEHANDLUNG AUS ÖKOLOGISCHER SICHT (LUBW/ IFEU 2010)



Ist eine effiziente Nutzung der sekundären Ressource Bio- und Grünabfall gewährleistet, gilt es im letzten Schritt, über eine bürger- und damit kundenfreundliche Sammlung möglichst große Mengen zu erfassen. Hierzu eignet sich eine Kombination aus Biotonne und getrennter Sammlung von Grün- und Gartenabfällen.

Die Grünabfallverwertung wird mittlerweile deutlich durch den Markt gestützt. Aufgrund der starken Nachfrage der Biomassekraftwerke werden – insbesondere für holzige – Grünabfälle mittlerweile Erlöse erzielt, ohne dass hierfür deren gezielte Aufbereitung zu einem Brennstoff notwendig wäre.

Eine Bioabfallverwertung, die um eine Vergärung und effiziente Nutzung der Überschussenergie optimiert wird, weist dann sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht Vorteile gegenüber der Entsorgung als Teil des Restabfalls in einer durchschnittlichen Müllverbrennungsanlage auf.

Dies zeigt eine vergleichende Bewertung, deren Ergebnisse in Abbildung 3 zusammengefasst sind. Es wurden vier Optionen geprüft: Die herkömmliche Kompostierung (Kompostierung Status), die Verwertung in einer Biogasanlage mit anschließender Kompostierung (Vergärung, optimiert), die Entsorgung in einer Müllverbrennungsanlage (MVA-Strom) und die Entsorgung in einer Müllverbrennungsanlage mit effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (MVA-Wärme). Die Balken zeigen die Bewertungsergeb-

¹ KEA, fossil bedeutet: Kumulierter Energieaufwand für fossile Energieträger; PM10-Risiko benennt das Risikopotenzial durch Feinstaub.

3. Potenziale nutzen: die effiziente Sammlung von Bio- und Grünabfällen

Mit „Bioabfall“ werden die Biomassen umschrieben, die in Privathaushalten zur Verwertung anfallen. Dies sind zum einen haushaltstypische Bioabfälle und damit insbesondere Küchenabfälle. Sind private Hausgärten vorhanden, werden über die Biotonne auch Gartenabfälle zur Verwertung abgegeben. Dabei handelt es sich um eher krautige Biomasse sowie Rasenschnitt und weniger um Strauch- und Heckenschnitt.

In den Gärten können aber auch in größerem Umfang Strauch- und Baumschnitt anfallen. Speziell diese Biomassen werden über Sammelplätze oder saisonale Straßensammlungen als kommunale Grünabfälle gesammelt und einer Verwertung übergeben. Unter diesen „Grünabfällen“ werden zudem noch all diejenigen Biomassen zusammengefasst, die in Kommunen bei der Pflege privater und öffentlicher Grünanlagen zur Verwertung anfallen. Das Grünabfallaufkommen wird daher stark durch die Größe von Gärten und Grünflächen beeinflusst. Teilweise wird auch Biomasse aus der Landschaftspflege in dieses Verwertungssystem gegeben.

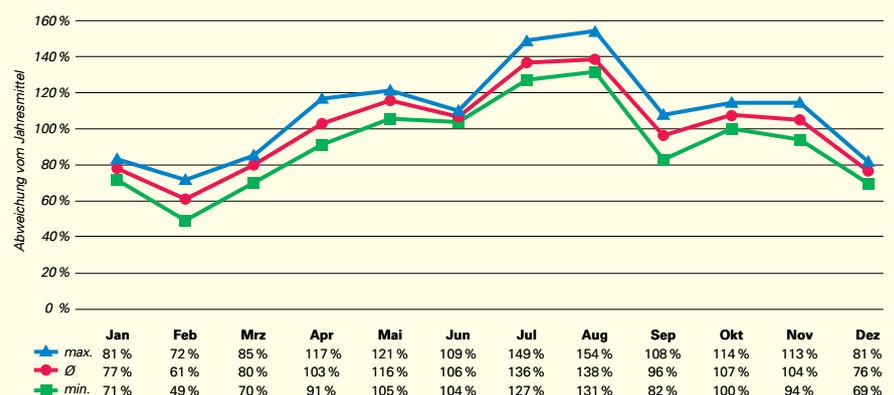
Wegen der Gartenabfallanteile ist das Mengenaufkommen im Jahresgang sehr unterschiedlich (siehe Abbildung 4). Das Bioabfall-Sammelsystem muss in der Lage sein, auf die maximalen Mengen reagieren zu können. Dies kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Eine Möglichkeit ist ein entsprechend ausgelegtes spezifisches Behältervolumen in Litern pro Einwohner und Woche, das entweder durch eine große Abfalltonne oder durch Verdichtung des Abfuhrhythmus in den Sommermonaten erreicht wird. Alternativ kann eine Beistellmöglichkeit über Papiersäcke,

die gegen Gebühr im Einzelhandel erworben werden können, vorgesehen werden.

Natürlich ist eine Mobilisierung der Gartenabfälle für die Bioabfallverwertung nur zu einem gewissen Anteil sinnvoll. Moder- und Reisighaufen sind zum Beispiel wichtige Lebens- und Rückzugsräume für Tiere. Die Eigenkompostierung ermöglicht es zudem, für den Garten einen Nährstoffkreislauf zu etablieren. Der Nährstoffbedarf von Ziergärten ist allerdings gering, vor allem bei höheren Anteilen an Gehölzen und Stauden. Gelangt der aus dem organischen Material eines gesamten Gartengrundstückes selbst erzeugte Kompost nur auf die (Stauden-)Beete, kommt es mittelfristig zu einer deutlichen Nährstoffübersorgung und damit zur Schädigung des Bodens und des Grundwassers. Werden der Eigenkompostierung und so dem Garten auch noch Küchenabfälle zugeführt, wird diese Übersorgung noch stärker. Auch außerhalb der Landwirtschaft sollte nicht über den Nährstoffbedarf der Pflanzen hinaus gedüngt werden.

DAS BIOABFALL-SAMMELSYSTEM MUSS IN DER LAGE SEIN, AUF DIE MAXIMALEN MENGEN REAGIEREN ZU KÖNNEN.

ABB. 4: TYPISCHES BIOABFALLAUFKOMMEN IM JAHRESGANG





14 DA IN DER REGEL KEIN NÄHRSTOFFEINTRAG ÜBER KÜCHENABFÄLLE NOTWENDIG IST, MUSS DIE SAMMLUNG VON KÜCHENABFÄLLEN ÜBER EINE BIOTONNE GRUNDSÄTZLICH FLÄCHENDECKEND ERFOLGEN.

3.1 Regelungen in Abfall- und Gebührensatzung

Da in der Regel kein Nährstoffeintrag über die Küchenabfälle notwendig ist – eine Ausnahme bilden Nutzgärten –, muss die Sammlung der Küchenabfälle über eine Biotonne grundsätzlich flächendeckend erfolgen. Die Biotonne sollte daher – wie auch andere Abfallerfassungssysteme – über einen Anschluss- und Benutzungszwang eingeführt werden. Dies ist auch insoweit von Vorteil, als die Kosten dann auf alle Grundstücke umgelegt werden können. Eine hohe Biotonnendichte senkt zudem die spezifischen Logistikkosten deutlich.

Über die Abfallsatzung sollten aus fachlicher Sicht alle biologisch abbaubaren organischen Abfälle tierischer und pflanzlicher Herkunft aus privaten Haushalten eingeschlossen werden. Die Bedenken gegen den zu hohen Salzgehalt oder hygienische Vorbehalte bezüglich einiger, vor allem tierischer Essensreste wurden in Untersuchungen nicht bestätigt. Da bei der Behandlung des Bioabfalls in Verwertungsanlagen nach der Bioabfallverordnung die seuchen- und phytohygienische Unbedenklichkeit der Produkte sicherzustellen und nachzuweisen ist, können und sollen in der Biotonne auch mit Krankheitserregern und Schadorganismen befallene Pflanzen erfasst werden. Darüber hinaus sollten der Ausschluss von Störstoffen für die Biotonne und die Trennpflicht von Bioabfällen und Restmüll in der Abfallsatzung geregelt werden. Als Grundlage dienen die Vorgaben der Abfallrahmenrichtlinie und des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes. Sinnvoll ist es zudem, Maßnahmen festzuschreiben, die greifen, wenn die Trennpflicht

nicht beachtet wird oder es zu Fehlwürfen kommt. Auch die Überlassungspflicht muss geregelt sein, wenn die eigene Verwertung des Bioabfalls nicht oder nicht schadlos erfolgt.

Die Bioabfallsammlung sollte wie auch andere Systeme der Abfallverwertung für den Haushalt gegenüber der Restmüllentsorgung merklich kostengünstiger sein. Dies wird auch durch § 9 des Landesabfallgesetzes unterstützt. Das Gesetz fordert, dass die Satzungen wirksame Anreize zur Vermeidung und Verwertung sowie zur Abfalltrennung enthalten. Wie die Situation in Baden-Württemberg zeigt, gibt es schon einige Gebietskörperschaften, die keine separate oder eine deutlich niedrigere Bioabfallentsorgungsgebühr ausweisen (LUBW/IFEU 2010). Dies entspricht der Regelung in § 18 Absatz 1 Nr. 1 Kommunalabgabengesetz, wonach die Gebühren so gestaltet werden können, dass sich daraus nachhaltige Anreize zur Vermeidung und Verwertung sowie zur Abfalltrennung ergeben.

3.2 Systemkosten der Biotonne

Diese Gestaltung der Gebühren muss den tatsächlichen Kostenbelastungen nicht entgegenstehen, eher im Gegenteil. Denn den Mehrkosten, die für die Logistik einer zusätzlich eingeführten Biotonne beispielsweise auch durch die etwa 15 Prozent Mehrmengen, die nicht aus der Restmülltonne gewonnen werden, zu berücksichtigen sind, stehen tendenziell geringere Bioabfallbehandlungskosten gegenüber. Eine getrennte Sammlung von Biomüll über die Biotonne „rechnet“ sich dabei schon bei geringen Kostendifferenzen. So kann sich die Einführung der Biotonne in ländlichen Regionen be-

reits lohnen, wenn die Restabfallentsorgung lediglich 20 Euro pro Tonne teurer ist als die Bioabfallbehandlung. In städtischen Regionen ist die Einführung bei einer Kostendifferenz von 50 Euro gerechtfertigt. Dies belegt eine Untersuchung für den VHE Verband Humus und Erden durch das Büro INFA Ahlen aus dem Jahr 2006, die sich auf bundesweit durchschnittliche Verhältnisse bezieht. Bei dieser Kostenschätzung sind die verbesserten Einnahmeverhältnisse und erhöhten wirtschaftlichen Anreize aufgrund des zum 1.1.2012 in Kraft tretenden EEG 2012 (vgl. Kap. 4.1) noch nicht berücksichtigt.

Um die Kosten für die Logistik möglichst gering zu halten, sollte mit der Biotonne eine Abfuhr eingeführt werden, die zur Restmülltonne alterniert, möglichst im 14-tägigen Turnus, der auch über die Sommermonate aufrechterhalten wird, wie dies nicht nur in Baden-Württemberg die Regel (LUBW/IFEU 2010) ist. Das Bioabfallaufkommen, das im Sommer wegen der steigenden Gartenabfallmengen anwächst, kann besser über Beistellmöglichkeiten mittels gebührenpflichtiger Papiersäcke aufgefangen werden.

Grundsätzlich muss die Hygiene bei einer Biotonne keine andere Herausforderung sein, als von der Restabfalltonne bekannt. Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit zum Beispiel durch Aufkleber auf den Deckeln der Biotonnen sollten zentrale Verhaltensregeln kommuniziert werden. Hierzu gehören ein schattiger Standort, kein Befüllen mit hohem Druck und bei feuchten Bioabfällen die Zugabe von Papier und/oder Gartenabfällen.

3.3 Bezifferung des Bioabfallpotenzials

Das gesamte Bioabfallkommen wird stark vom Anteil der Grünabfälle aus Gärten und Grünflächen beeinflusst. Daher variieren die spezifischen Bioabfallaufkommen von Gebietskörperschaft zu Gebietskörperschaft deutlich, selbst wenn man sich auf den einzelnen an die Biotonne angeschlossenen Haushalt bezieht. Groß sind die unterschiedlichen Einflüsse durch die Siedlungs- und Bebauungsstruktur, wobei die größten Erfassungsmengen in Siedlungen mit hohen Anteilen an Ein- und Zweifamilienhausbebauung erzielt werden.

Um das Bioabfallpotenzial eines Kreises oder einer Stadt genauer abschätzen zu können, bedarf es einer detaillierten Erhebung der spezifischen Gegebenheiten, die aus der Siedlungs- und Bebauungsstruktur resultieren. Hierzu könnte auch eine – zumindest überschlägige – Erhebung der Gartengrößen erfolgen. Dies ist auf Basis der aktuellen Informationen möglich, die erhoben werden, um die spezifischen Abwassergebühren zu ermitteln.

Faustzahlen für das theoretische Potenzial an Küchenabfällen liegen nach Henssen (2009) bei 50 bis 80 Kilogramm pro Einwohner und Jahr. Für Grünabfälle liegen die Werte bei 0,5 bis vier Kilogramm pro Quadratmeter Gartenfläche (Fricke 1994). Wie für andere Wertstofffassungssysteme üblich, sollte eine Abschöpfung von mindestens 60 bis 70 Prozent des Potenzials angestrebt werden. Dabei sind die Mengen, die von den Haushalten als kommunale Grünabfälle direkt einer Verwertung übergeben werden, miteinzubeziehen.

DAS BIOABFALLKOMMEN WIRD STARK VOM ANTEIL DER GRÜNABFÄLLE AUS GÄRTEN UND GRÜNFLÄCHEN BEEINFLUSST.



3.4 Potenziale nutzen – ein System für kommunale Grünabfälle

Neben Bioabfällen, die über die Biotonne erfasst werden können, fallen in den Kommunen auch Strauch- und Baumschnitte aus privaten und öffentlichen Gärten und Grünanlagen an. Klassisch werden diese Grünabfälle im Bringsystem erfasst. Ein derartiges Erfassungssystem überlässt die Last der Logistik allerdings weitgehend dem Abfallerzeuger. Um für das System eine hohe Akzeptanz zu erreichen und damit auch hohe Erfassungsmengen zu erzielen, bedarf es eines möglichst guten Angebotes. Dieses besteht insbesondere aus einem ausreichend dichten Netz an Übergabepunkten mit Öffnungszeiten außerhalb der Kernarbeitszeiten, vor allem an Samstagen, die damit auch für Privatpersonen attraktiv werden. Wie man der Analyse der Verhältnisse in Baden-Württemberg entnehmen kann, sind die größten Erfolge mit einer Netzdichte von weniger als fünf Quadratkilometern Siedlungsfläche, das heißt tatsächlich überbauter Fläche, pro Übergabepunkt verbunden. Eine weitere Kenngröße kann für städtische Räume ein Übergabepunkt pro 10.000 Einwohner sein. Die Übergabepunkte sollten grundsätzlich das ganze Jahr über zur Verfügung stehen, außer zum Beispiel in schneereichen Höhenlagen.

Die Kostenstruktur für die Grünguterfassung ist umso günstiger, je mehr sich auf vorhandene Einrichtungen und Personal zurückgreifen lässt. So können Übergabepunkte in abfallwirtschaftlichen Einrichtungen wie Wertstoffhöfen, Abfallbehandlungsanlagen und Deponien sinnvoll sein. Auch andere öffentliche Einrichtungen wie kommunale

Bauhöfe, Kläranlagen oder Ähnliches bieten sich an. Ebenso sollten Kooperationen mit Betrieben wie Bauschuttaufbereitungsanlagen, Erddeponien, Tiefbau- oder Unternehmen des Garten- und Landschaftsbaus geprüft werden. Die Übergabepunkte müssen eingezäunt, mit Personal ausgestattet und befestigt sein.

Die sich positiv entwickelnde Erlössituation sowie die generelle Problematik einer Kassenführung bei solchen Einrichtungen rechtfertigt es, keine getrennten Anliefergebühren zu erheben und die Anlieferung auf holzige Biomasse zu beschränken.

In der Praxis werden Grünabfälle teilweise nicht verwertet, sondern ungenutzt auf den Flächen belassen oder verbrannt. Das ist aus Sicht des Immissionsschutzes nicht günstig.

Auch im Garten- und Landschaftsbau fallen in größerem Umfang Grünabfälle zur Entsorgung an. Da heute die wenigsten Betriebe noch in der Lage sind, diese auf dem Betriebsgelände zu Komposten und Substraten zu verarbeiten, werden sie überwiegend der Abfallverwertung übergeben. In aller Regel stammen diese Grünabfälle aus der Pflege von Grundstücken, die an die Abfallentsorgung angeschlossen sind. Die Massen, die aus der Bewirtschaftung öffentlicher Flächen stammen und von den Gemeinden direkt oder durch beauftragte Dritte wie Unternehmen des Garten- und Landschaftsbaus übergeben werden, sind dagegen getrennt zu halten und mit Gebühren zu veranschlagen. Nicht alle Grundstücksbesitzer können Grünabfälle selbst anliefern. Entsprechend sinnvoll können Angebote wie Abholung auf Abruf gegen Gebühr sein.

DIE KOSTENSTRUKTUR FÜR DIE GRÜNGUTERFASSUNG IST UM SO GÜNSTIGER, JE MEHR SICH AUF VORHANDENE EINRICHTUNGEN UND PERSONAL ZURÜCKGREIFEN LÄSST.

4. Stoffstrommanagement und optimales Behandlungskonzept

Bio- und Grünabfälle haben sehr verschiedene Eigenschaften. So zeichnen sich Küchenabfälle im Gegensatz zu Holz oder holziger Biomasse durch einen vergleichsweise hohen Gehalt an Pflanzennährstoffen aus. Holz dagegen besteht aus Lignin, sodass der Kohlenstoff einer Vergärung nicht zugänglich ist. Diese beiden Randbedingungen können wesentlich die Zuordnung von Biomassen zu einzelnen Verwertungswegen bestimmen.

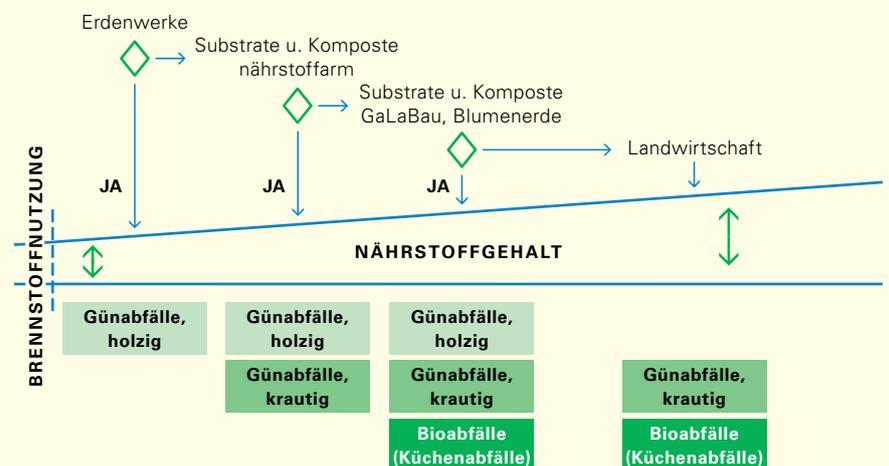
Grundsätzlich ist es sinnvoll, sämtliche Biomassen, die über die Biotonne gesammelt werden, sowie krautige Grünabfälle einer Bioabfallvergärung zuzuführen. Die Vergärungsrückstände lassen sich über eine Nachrotte zu Kompostqualitäten verarbeiten, die rein aerob erzeugten Komposten nicht nachstehen und auch für hochwertige Vermarktungswegen geeignet sind. Für die Nachrotte ist eine Zugabe von Grünabfällen als Strukturmaterial hilfreich.

Besteht im Einzelfall eine große Nachfrage nach nährstoffarmen Ausgangssubstraten, kann eine Grünabfallkompostierung getrennt von der Bioabfallbehandlung sinnvoll sein. Dann wäre diesem Verwertungsweg auch ein Teil der eher holzigen Biomassen, das heißt insbesondere Strauch- und Heckenschnitt zuzuordnen.

Alle aus Schnittholz bestehenden Grünabfälle werden sinnvollerweise zu Brennstoffen aufbereitet. Erfolgt die Vermarktung in Richtung großer Biomasseheizkraftwerke², können auf diesem Absatzweg auch Strauch- und Heckenschnitt vermarktet werden. In jedem Fall sinnvoll verbleibt eine Abtrennung des Feinmaterials nach der Zerkleinerung und deren Nutzung als Substrat für die Kompostherstellung.

ABB. 5: STOFFSTROMMANAGEMENT – ZUORDNUNG VON BIO-UND GRÜNABFALLMASSEN ZU VERWERTUNGSWEGEN FÜR KOMPOST

ABSATZ VORHANDEN FÜR:



4.1 Verwertung über eine Bioabfallvergärungsanlage

Die Herstellung von Kompost in Verbindung mit einer Biogaserzeugung wird derzeit stark finanziell gefördert. Unabhängig von den aktuellen Fördersätzen ist eine optimale energetische Einbindung einer Bioabfallverwertungsanlage nicht nur aus ökologischen Gründen sehr wichtig, wie die Erfahrungen der Biomasse(heiz)kraftwerke lehren. Anlagen, die allein auf eine Verstromung setzen, haben im harten Wettbewerb mittlerweile deutliche wirtschaftliche Probleme. Allgemein wird eine Marktbereinigung erwartet.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 enthält gegenüber der derzeitigen Regelung zahlreiche Änderungen:

² Auch hier ist auf eine effiziente energetische Nutzung zu achten, d. h. in Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung und hohen Absatzraten für die Überschusswärme.

- Die Vergütung für Strom aus Bioabfällen beträgt 16 Cent pro Kilowattstunde bis zu einer Bemessungsleistung von 500 Kilowatt und 14 Cent pro Kilowattstunde bis zu einer Bemessungsleistung von 20 Megawatt;
- ein Anspruch auf Vergütung besteht nur, wenn durchschnittlich mindestens 90 Massen-Prozent Bioabfälle im Sinne der Abfallschlüsselnummern 20 02 01, 20 03 01 und 20 03 02 verarbeitet werden;
- die oben genannte Vergütung wird für Anlagen, die nach dem 31.12.2013 in Betrieb genommen werden, nur gewährt, falls die installierte Leistung der Anlage 750 Kilowatt nicht überschreitet;
- bei Anlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 750 Kilowatt, die nach dem 31.12.2013 in Betrieb genommen werden, werden diese Vergütungen in Kombination aus Direktvermarktung und Marktprämie gewährt – unter Berücksichtigung einer Managementprämie von 0,3 Cent pro Kilowattstunde im Jahr 2012, fallend auf 0,225 Cent pro Kilowattstunde ab dem Jahr 2015.
- eine Mindestverwertung der Abwärme von 60 Prozent wie bei der Biomasse (§ 27) besteht nicht;
- ein Vergütungsanspruch besteht nur, wenn eine Einrichtung zur Nachrotte der festen Gärrückstände am Anlagenstandort vorhanden ist und eine stoffliche Verwertung der Gärrückstände vorgenommen wird;
- die Kombination mit Vergütungen für die Stromerzeugung aus als Biomasse anerkannten Materialien ist nicht möglich.

TAB. 1: REGELUNGEN DES ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZES (EEG) 2012

EEG 2012	VERGÜTUNGEN IN CENT/KWH		
nach 2013 direkt nur für Anlagen mit einer Leistung < 750 kW; für Anlagen mit größerer Leistung erfolgt nach 2013 eine Vergütung in gleicher Höhe durch Kombination von Direktvermarktung und Marktprämie (§ 33 a - h)			
INST. ELEKT. LEISTUNG	BIS 500 KW	AB 500 KW BIS 20 MW	
Inbetriebnahme bis 31.12.2012	16,00	14,00	
	Degression 2 % pro Jahr ab 2013		
Inbetriebnahme bis 31.12.2015	15,06	13,18	
Inbetriebnahme bis 31.12.2016	14,76	12,91	
Inbetriebnahme bis 31.12.2017	14,46	12,65	
Inbetriebnahme bis 31.12.2018	14,17	12,40	
Inbetriebnahme bis 31.12.2019	13,89	12,15	
Gasaufbereitungs-Bonus	bis 700 Nm ³ /h-Anlage 3,0	bis 1.000 Nm ³ /h-Anlage 2,0	bis 1.400 Nm ³ /h-Anlage 1,0

Die Degression der Vergütung und des Gasaufbereitungs-Bonus wurde von derzeit 1 Prozent auf 2 Prozent ab dem Jahr 2013 erhöht. Dabei wird die Verringerung der Vergütung bei der Verwertung von Biomasse auf den einsatzstoffunabhängigen Anteil begrenzt, während die Vergütung für die Verwertung von Bioabfällen und Gülle in Vergärungsanlagen mit einer installierten Leistung von weniger als 750 Kilowatt ebenso wie für die Einspeisung von aufbereitetem Biogas in ein Erdgasnetz der Degression unterliegt.

Der Strom aus Bioabfallverwertungsanlagen, die nach dem 31.12.2013 in Betrieb gehen und eine installierte Leistung von mehr als 750 Kilowatt aufweisen, muss direkt vermarktet werden. Voraussetzung ist dabei die Durchleitung des Stroms durch ein Netz. Die Direktvermarktung kann hierbei entweder durch Lieferverträge mit Dritten oder aber an der Strombörse erfolgen. Damit die Betreiber der Biogasanlagen nicht schlechter gestellt werden, erhalten sie neben den Verkaufserlösen eine sogenannte Marktprämie. Die Marktprämie ist die Differenz zwischen dem durchschnittlichen Börsenpreis für den erzeugten Strom und der jeweiligen Einspeisevergütung gemäß dem EEG. Liegen die Verkaufserlöse über dem durchschnittlichen Börsenpreis, kann der Anlagenbetreiber somit über der EEG-Vergütung liegende Erlöse erzielen. Durch die Marktprämie wird vom Gesetzgeber das Ziel verfolgt, die erneuerbaren Energien an den Strommarkt heranzuführen.

Ergänzend zur Marktprämie wurde eine sogenannte Flexibilitätsprämie eingeführt, deren Ziel es ist, die Stromerzeugung nachfrageorientiert zu gestalten.

Die Anlagenbetreiber, die zusätzliche installierte Leistung für eine bedarfsorientierte Stromerzeugung bereithalten, können von dem Netzbetreiber die Flexibilitätsprämie verlangen, falls der gesamte Strom direkt vermarktet wird. Durch die Flexibilitätsprämie sollen Investitionen in größere Generatoren und Gasspeicher gefördert werden, um die Stromerzeugung entsprechend der Nachfrage zeitlich zu verschieben und somit in Tageszeiten mit einem hohen Strombedarf zu verlegen.

Zudem sollte bei der Auswahl der Anlagentechnik sowie der Konzeption der Anlage auf hohe Standards zur Emissionsminderung geachtet werden. Aus ökologischer Sicht werden viele durch eine Vergärung intendierte Erfolge durch die Freisetzung von klima- oder umweltrelevanten Abgasen gefährdet. Dazu zählen Methan- oder Lachgasemissionen oder auch Stickstoffemissionen, vor allem Ammoniak. Die derzeit geltenden Emissionsstandards werden mit großer Wahrscheinlichkeit angepasst. Auf die vollständige Fassung belasteter Abluft und deren gezielte Reinigung muss schon heute geachtet werden. Wird andernfalls eine Nachrüstung der Anlagentechnik notwendig, sind damit immer höhere Kosten verbunden.

Die Verwertung von Bioabfällen ist insbesondere gegenüber einer Mitbehandlung in einer Restabfallbehandlungsanlage nicht per se ökologisch vorteilhaft. Auch ein Verwertungssystem muss ökologisch optimiert ausgelegt werden.

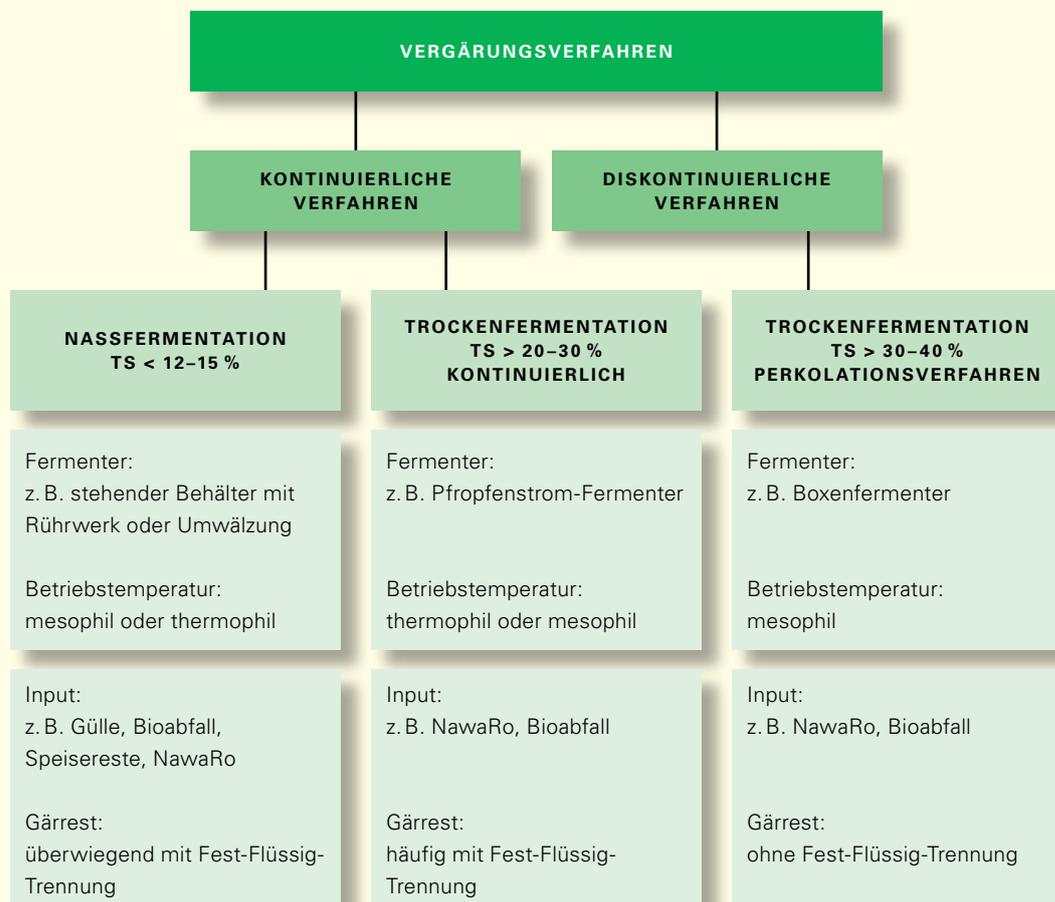
Bei der Planung einer derartigen Anlage ist zwingend auf hohe Netto-Energie-Ausbeuten bei zugleich geringem Emissionsniveau zu achten. Aus

BEI DER AUSWAHL DER ANLAGENTECHNIK UND DER KONZEPTION DER ANLAGE SOLLTE AUF HOHE STANDARDS ZUR EMISSIONSMINDERUNG GEACHTET WERDEN.

heutiger Sicht leiten sich daraus Vorteile für kontinuierliche Vergärungsverfahren ab, die tendenziell höhere Biogasausbeuten mit niedrigen Emissionsraten verknüpfen lassen: 110 bis 120 Normkubikmeter pro Tonne gegenüber 80 bis 85 Normkubikmeter pro Tonne. Es bedarf allerdings immer einer standortspezifischen Prüfung und ggf. Anpassung an die vorhandene Infrastruktur.

Sogenannte trockene Vergärungsverfahren bieten sich dann an, wenn über die Biotonne in größerem Umfang auch Grünabfälle gesammelt werden und Bioabfälle eine eher feste Konsistenz aufweisen. Wegen der geringeren Wassermengen und damit kleineren Massenströme sind auch die Aggregat- und Anlagengrößen und damit die Investitionskosten niedriger. Ebenfalls eher vorteilhaft ist ein

ABB. 6: ÜBERSICHT ÜBER VERSCHIEDENE TECHNISCHE LÖSUNGEN DER BIOMASSE-VERGÄRUNG





höheres Temperaturniveau, da dies die Hygienisierung der Bioabfälle unterstützt. Gegenüber Verfahren im mesophilen, also mittleren Temperaturbereich kann ein solch thermophiles Verfahren außerdem auch zu höheren spezifischen Gasausbeuten beziehungsweise zu geringeren Verweilzeiten bei gleichen Gasausbeuten führen.

Zu beachten ist allerdings die Wasserbilanz, die sich je nach Verfahrenstyp deutlich unterscheidet. Wasser fällt bei den kontinuierlichen Verfahren in Form von Presswasser aus der Gärrestaufbereitung an. Der überwiegende Anteil dieses nährstoffreichen Presswassers kann nicht anlagenintern genutzt, sondern muss abgegeben werden. Die Entsorgung als Abwasser über kommunale Kläranlagen sollte schon aus ökologischen Gründen ausgeschlossen und eine Vermarktung in die Landwirtschaft sichergestellt sein.

4.2 In Kombination mit einer Nachrotte

Um das Produktionsziel Fertigkompost zu erreichen, muss der Gärrückstand für etwa sechs Wochen einer Nachrotte zugeführt werden. Da über diesen Behandlungsschritt eine Hygienisierung des Materials sicher erreicht werden muss, muss dem Gärrückstand Strukturmaterial, das eine ausreichende Reaktivität besitzt, zugeführt und auf eine ausreichende Belüftung geachtet werden, um ein genügend hohes Temperaturniveau zu erreichen. Die Angaben der Anlagenhersteller zum Mengenverhältnis von Gärrückstand versus Zugabematerial zur Herstellung eines optimalen Ausgangsmaterials für die Nachrotte variieren dabei erheblich (100:0 bis 60:40).

Im Gegensatz zu Kompostprodukten mit Rottegrad II bis III aus der aeroben Intensivrotte weisen Gärreste mit gleichem Rottegrad ein deutlich höheres Geruchsemissionspotenzial auf. Es wird insbesondere durch Ammoniak hervorgerufen, das bei der Mineralisierung der organischen Stickstoffverbindungen im Gärmaterial entsteht. Hinzu kommen systemimmanent höhere Methangehalte, da sich Restmethangehalte in den Poren des Feststoffes offensichtlich nicht vermeiden lassen. Zwischen Fermenter und Nachrotte sollte daher eine Aerobisierungsstufe vorgesehen sein, mit der gezielt eine Be- und Entlüftung durchgeführt und die beladene Abluft vollständig gefasst und einer entsprechenden Behandlung zugeführt werden kann. Problematische Emissionen aus der Nachrotte konzentrieren sich zudem auf die erste Phase der Nachrotte, die eingehaust werden sollte.

Die methanhaltige Abluft kann so gezielt einer Verbrennung zugeführt werden. Inwieweit auch die Abluft aus der Nachrotte einer thermischen Behandlung zugeführt werden muss, lässt sich mit jetzigem Kenntnisstand noch nicht abschließend beantworten.

Der zu behandelnde Abluftvolumenstrom liegt deutlich über dem Bedarf an Verbrennungsluft für das betriebseigene Blockheizkraftwerk. Das gilt umso mehr, wenn über dieses Blockheizkraftwerk nur ein Teil des erzeugten Biogases genutzt wird, etwa durch Einspeisung ins Erdgasnetz oder durch eine Biogasnutzung andernorts. Es bedarf dann einer – externen – Verbrennungslösung. Günstig ist demnach die Nachbarschaft zu einer größeren Verbrennungsanlage mit entsprechendem Zuluftbedarf.

Im Zweifel kann über eine Schwachgasfackel eine gezielte Abluftverbrennung erfolgen (Schultz 2011).

4.3 Erweiterung einer bestehenden Kompostierungsanlage

In aller Regel existieren bereits Systeme der Bioabfallverwertung und damit Bioabfallkompostierungsanlagen, die um ein Modul „Biogaserzeugung“ erweitert werden können. Wie dies anlagentechnisch auch bei schwierigen Standortzuschnitten gelöst werden kann, zeigt das Beispiel der Bioabfallbehandlungsanlage ERZ Passau-Hellersberg.



Abb. 7: Um ein Vergärungsmodul nachgerüstete Kompostierungsanlage in Passau-Hellersberg (Buchheit 2009)

Eine derartige Erweiterung einer bestehenden Kompostierungsanlage ist immer dann sinnvoll, wenn wesentliche Bauteile weiter genutzt und damit Investitionen erhalten werden können. Dies gilt besonders dann, wenn es sich um geschlossene Kompostierungsanlagen mit den entsprechenden Aggregaten zur automatischen Beschickung, Umsetzung und Be- und Entlüftung handelt und deren

Durchsatzkapazität sich mit der Erweiterung um ein Vergärungsmodul erhöhen lässt. Dies ist dann möglich, wenn die bisherige Kompostierung bereits mit dem Produktionsziel Reife- oder Fertigkompost durchgeführt wurde. Da Gärrückstände eine deutlich geringere spezifische Rottezeit benötigen als frischer Bioabfall, lässt sich durch die geringeren Verweilzeiten die Durchsatzleistung erhöhen. Dies kann unter günstigen Randbedingungen eine Verdopplung der Anlagenkapazität bedeuten, wobei die notwendige Zugabe von Strukturmaterial für die Nachrotte beachtet werden muss.

Die Nachrüstung bestehender Kompostierungsanlagen um Module zur Bioabfallvergärung ist gängige Praxis. Weitere Beispiele sind:

- Vergärungsanlage Aiterhofen der AWG Straubing, Kapazität der Vergärung 18.000 Tonnen pro Jahr (Vollstrom Boxen)
- Entsorgungszentrum Bassum der AWG Bassum, Kapazität der Vergärung 18.200 Tonnen pro Jahr (Teilstromvergärung, Boxen)
- Bioabfallvergärungsanlage Braunschweig-Watenbüttel der Alba Niedersachsen-Anhalt, Kapazität der Vergärung 20.000 Tonnen pro Jahr (Vollstrom, Pfpfenstrom)
- Vergärungs- und Kompostierungsanlage Leppe der AVEA Engelskirchen, Kapazität der Vergärung 30.000 Tonnen pro Jahr (Vollstrom, Pfpfenstrom)
- Biogasanlage Flörsheim-Wicker der RMD Flörsheim-Wicker, Kapazität der Vergärung 45.000 Tonnen pro Jahr (Vollstrom, Pfpfenstrom)
- Kompostwerk Pohlsche Heide der GVoA Hille, Kapazität der Vergärung 40.000 Tonnen pro Jahr (Vollstrom, Boxen)

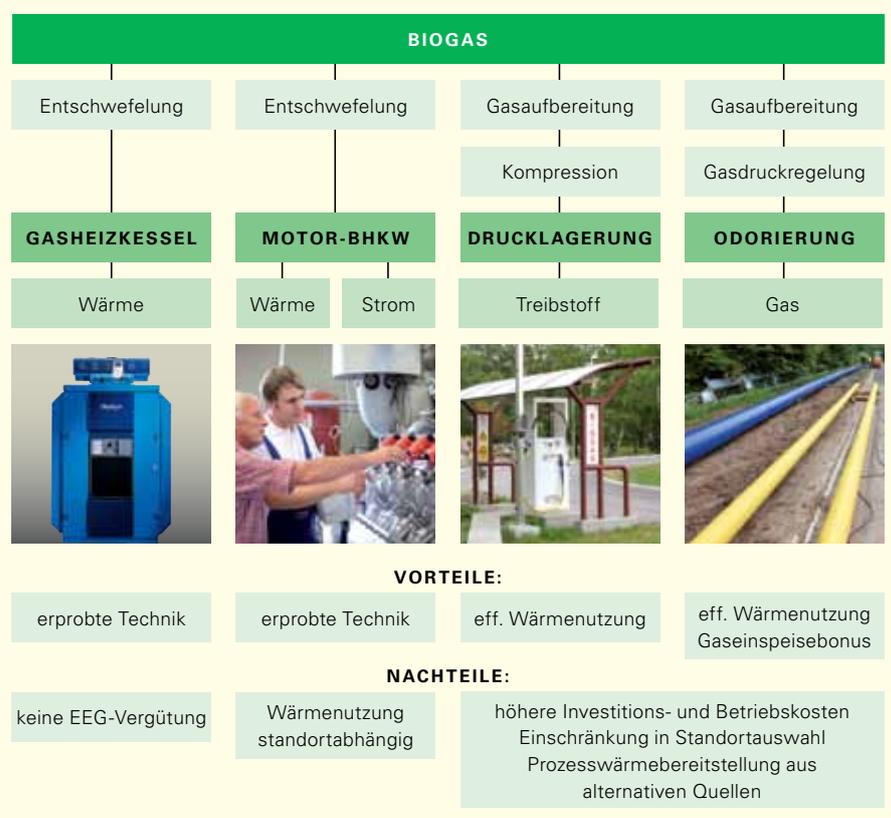
- Biogas- und Kompostierungsanlage Cyriaxweimar der MEG Marburg, Kapazität der Vergärung 12.000 Tonnen pro Jahr (Teilstrom, Boxen)
- Kompostwerk Warngau der VIVO Warngau, Kapazität der Vergärung 14.000 Tonnen pro Jahr (Vollstrom, Boxen)
- Kompostwerk Weißenfels der Bio Komp-SAS Weißenfels, Kapazität der Vergärung 30.000 Tonnen pro Jahr (Vollstrom, Pfropfenstrom)
- Vergärungsanlage Großefehn der MKW Aurich; Kapazität der Vergärung 18.200 Tonnen pro Jahr (Teilstrom, Pfropfenstrom)
- Trockenfermentationsanlage München der AWB München, Kapazität der Vergärung 22.500 Tonnen pro Jahr (Vollstrom, Boxen)
- Humus- und Erdenwerk Ilbenstadt des AWB Wetteraukreis, Kapazität der Vergärung 18.200 Tonnen pro Jahr (Teilstrom, Propfenstrom)
- Kompostwerk Nieheim der Kompotec Marienfeld, Kapazität der Vergärung 24.000 Tonnen pro Jahr (Teilstrom, Boxen)
- Trockenfermentationsanlage Tonnenmoor der AWG Kreis Vechta, Kapazität 10.000 Tonnen pro Jahr (Vollstrom, Boxen)

4.4 Effiziente Biogasnutzung

Es ist nicht nur aus ökologischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht wichtig, möglichst große Anteile des erzeugten Netto-Energieüberschusses zu vermarkten. Biogas lässt sich dabei unterschiedlich nutzen.

Aus ökologischer Sicht ist die Nutzung des Biogases zur Erzeugung elektrischer Energie über ein Block-

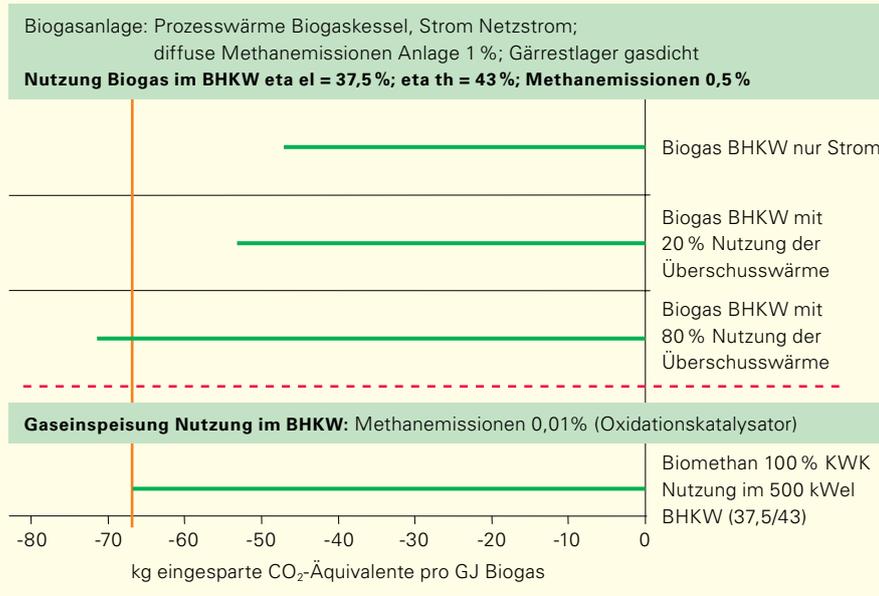
ABB. 8: MÖGLICHKEITEN DER BIOGASNUTZUNG



heizkraftwerk – das heißt in Kraft-Wärme-Kopplung – am vorteilhaftesten. Da die Biogaserzeugung rund um die Uhr erfolgt, erfolgt die Verstromung oder Einspeisung klassisch in Grundlast und damit in Konkurrenz zu anderen Grundlaststromerzeugungen wie Kernenergie und Kohle. Mit einem Blockheizkraftwerk ist ein elektrischer Wirkungsgrad von etwa 40 Prozent möglich. Höhere Gesamtwirkungsgrade sind nur dann zu erreichen, wenn auch die Überschusswärme, die zwangsläufig bei der Verstromung verbleibt, umfassend genutzt werden kann. Der erreichbare Gesamtwirkungsgrad liegt dann bei etwa 85 Prozent und ergibt sich aus

der Bandbreite der Einzelwirkungsgrade elektrisch und thermisch von (38/47) bis hin zu (41/44).

ABB. 9: KONZEPTE ZUR BIOGASNUTZUNG AUS ÖKOLOGISCHER SICHT (IFEU ET AL. 2008)



darf an Wärme – und auch an Strom – haben, muss in diesen Fällen ein entsprechender kleiner Anteil des Biogases vor Ort in einem Blockheizkraftwerk energetisch genutzt werden. Alternativ kann die Wärmeerzeugung auch über einen Kessel erfolgen, der mit Hackschnitzeln aus Grünabfällen befeuert wird.

Wie man aus der ökologischen Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biogas aus Abbildung 8 ersehen kann, ist auch eine Aufbereitung des Biogases zu Erdgasqualität und seine Einspeisung in ein Erdgasnetz eine sinnvolle Alternative. Insbesondere dann, wenn eine umfassende Nutzung des Biogases vor Ort nicht möglich ist und das (Bio-) Erdgas andernorts ebenfalls über Kraft-Wärme-Kopplung genutzt wird. Die Aufbereitung des Biogases zu Erdgasqualität ist mit einem bedeutenden Aufwand verbunden, der sich in der ökologischen Bilanz niederschlägt, aber gerade auch aus Kostensicht beachtet werden muss.

Bioabfallbehandlungsanlagen werden – wie die meisten anderen Abfallbehandlungsanlagen – in der Regel relativ weit von Siedlungsgebieten und damit potenziellen Wärmekunden entfernt errichtet. Der Bau von Transportleitungen für Wärme ist wegen der großen Rohrquerschnitte und des großen Aufwands zur Wärmeisolation jedoch mit hohem finanziellem Aufwand verbunden. Daher eignen sich Mikrogasnetze besser. Nach diesem Konzept wird das Biogas selbst über entsprechende Gasleitungen zu Standorten transportiert, die einen hohen kontinuierlichen Wärmebedarf über das ganze Jahr versprechen. Fehlender Isolationsaufwand und kleine Rohrquerschnitte machen diese Option deutlich kostengünstiger. Da Biogasanlagen einen Eigenbe-

Die vorherrschende Expertenmeinung geht von einer Wirtschaftlichkeit einer Biomethanaufbereitung bei einem Durchsatz von 500 Normkubikmetern Biogas pro Stunde aus, was bei einer Bioabfallvergärung einem Durchsatz von etwa 40.000 Jahrestonnen Bioabfall entspricht. Die weitere Entwicklung der Gasaufbereitung wird künftig voraussichtlich auch Lösungen unterhalb dieser Mengenschwelle darstellen können.

5. Vermarktung von Kompost und Kompostprodukten

Etwa 50 Prozent der Bio- und Grünabfallmassen, die einer Verwertung übergeben werden, bleiben nach der Behandlung und der Umsetzung eines Teils der organischen Substanz – zum Beispiel in Biogas und Wasserdampf – als Kompost übrig und lassen sich entsprechend vermarkten. Bezogen auf die Masse stellt die Herstellung von Kompost demnach das eigentliche Produktionsziel dar. Deshalb ist dessen optimale Vermarktung sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht sehr wichtig.

Aus ökologischer Sicht ist die Vermarktung umso erfolgreicher, je größer die Massenanteile sind, die sich vor allem außerhalb der Landwirtschaft und damit über Erdenwerke, über einfache Blumen- und Pflanzerden oder als Kompost im Erwerbsgartenbau sowie im Garten- und Landschaftsbau vermarkten lassen. Denn sie treten in unmittelbare Konkurrenz zu Torf oder Torfprodukten.

Torf ist eine Vorstufe bei der Bildung von Kohle und aus Kohlenstoff aufgebaut, der der Biosphäre entzogen wurde. In der Anwendung auf Böden erfolgt ein sukzessiver Abbau des Torfes. Dabei wird der Kohlenstoff zu CO₂ veratmet, also wieder in die Biosphäre freigesetzt. Die Zersetzung von Torf trägt damit analog zu fossilen Energieträgern zum Treibhauseffekt bei. Die Substitution von Torf ist unter Klimaschutzaspekten also besonders sinnvoll. Die Entlastungseffekte sind deutlich höher als diejenigen, die sich über die reine Verwendung als Düngemittel durch die Substitution mineralischer Düngemittel erzielen lassen. Zudem ist die Substitution von Torf ebenfalls aus Naturschutzsicht sinnvoll, denn Moore sind stark gefährdete Lebensräume von besonderer ökologischer Bedeutung.

Diese oben beschriebenen Vermarktungswege haben aber auch ökonomische Konsequenzen. Die Erlöse für derartige Produkte liegen deutlich über der von Komposten, wobei die absolute Höhe der erzielten Preise von Region zu Region und Anlage zu Anlage unterschiedlich ist. Wie eine einfache Auswertung verschiedener Preislisten von Kompostwerken zeigt, lassen sich für einfache Mischungen aus Boden und Kompost pro Kubikmeter bis zu doppelt so hohe Preise erzielen wie für den reinen Kompost. Die Preise für definiertere Mischungen, zum Beispiel aufgedüngte Blumenerden, liegen etwa um den Faktor 3 höher, immer bezogen auf lose Ware.

Gerade bei größeren Produktionsmengen Kompost wird die Landwirtschaft weiterhin ein wichtiger Abnehmer sein, vor allem für Sonderkulturen oder bei Hackfrüchteanbau. Auch für dieses Absatzsegment sollte auf Fertigkompost (Rottegrad IV/V) gesetzt werden. Die Gefahr der Stickstoff-Immobilisierung ist hierbei deutlich geringer als bei der Ausbringung von Frischkompost (Rottegrad III) und die Humusreproduktionsleistung höher. Für Fertigkompost spricht jedoch nicht nur die höhere Wertigkeit. Findet der Rotteprozess vollständig in einer Behandlungs-(Kompostierungs-)anlage statt – und nicht wie bei Frischkompostausbringung auf der Fläche –, lassen sich Emissionen, die aus der Stickstoffdynamik resultieren, wie oben erläutert fassen und gezielt einer Behandlung zuführen.

FÜR EINFACHE MISCHUNGEN AUS BODEN UND KOMPOST LASSEN SICH BIS ZU DOPPELT SO HOHE PREISE ERZIELEN WIE FÜR DEN REINEN KOMPOST.

6. Ein Leitfaden für die Praxis: So lässt sich die Bio- und Grünabfallverwertung Schritt für Schritt optimieren

Der nachfolgende Leitfaden möchte alle Fachleute und Interessierten in Kreisen und Städten dabei unterstützen, das System der Bio- und Grünabfallverwertung zu verbessern. Die konkrete Umsetzung erfordert in der Regel allerdings eine umfassende Analyse und eine den spezifischen Gegebenheiten vor Ort angepasste Lösungsstrategie, deren Erarbeitungen durch den Leitfaden nicht ersetzt werden können.

Die Situation unterscheidet sich in den verschiedenen Regionen Baden-Württembergs und in den entsorgungspflichtigen Körperschaften. Dies betrifft nicht nur strukturelle Gegebenheiten, die von Fall zu Fall deutlich variieren können, insbesondere die Siedlungs-, Bevölkerungs- und Wirtschaftsstruktur. Auch die abfallwirtschaftliche Situation ist verschieden. So gibt es zahlreiche Gebietskörperschaften, die bereits seit vielen Jahren die Bio-

CHECKLISTE SYSTEM BIOABFÄLLE

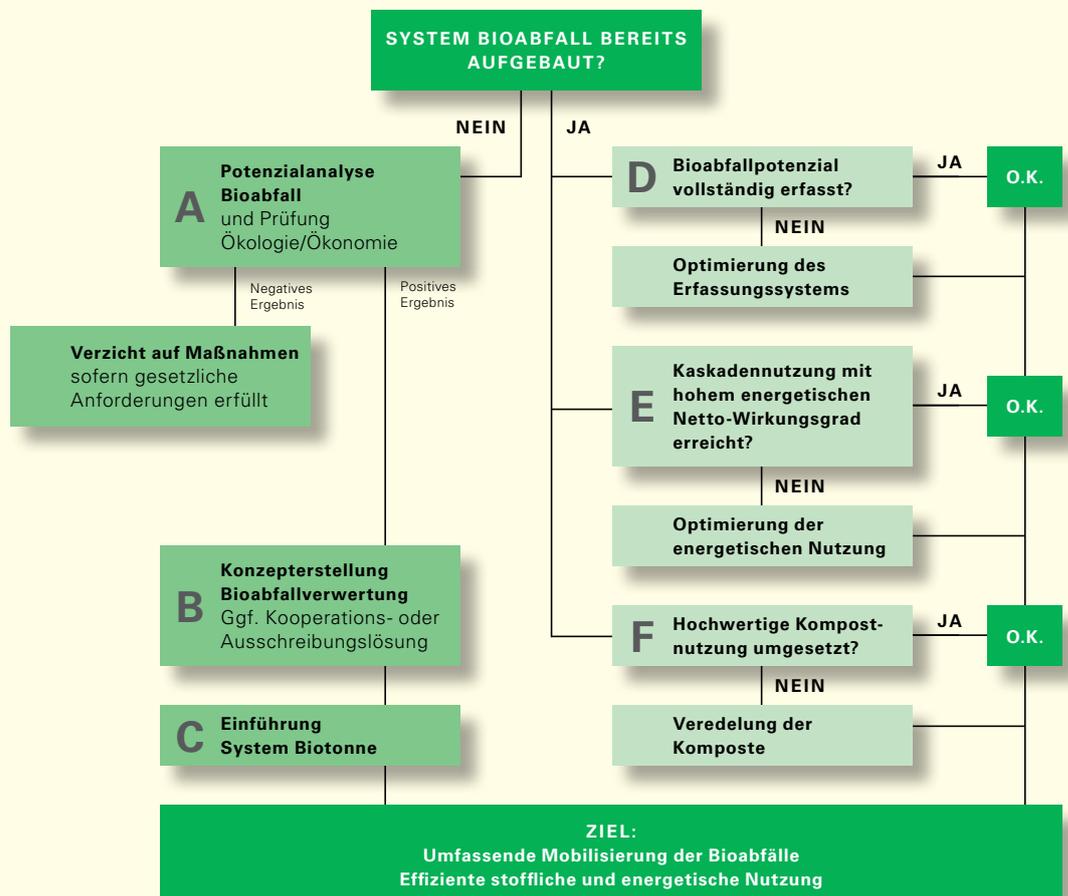


ABB. 10: CHECKLISTE ZUR EINFÜHRUNG DES SYSTEMS BIOTONNE, ERGÄNZT DURCH EINE VERWERTUNG VON KOMMUNALEN GRÜNABFÄLLEN

tonne und ein umfassendes System für dessen hochwertige Verwertung eingeführt haben. Wie eine aktuelle Broschüre (LUBW/IFEU 2010) zeigt, stehen diesen aber viele Kreise und Städte gegenüber, die die getrennte Sammlung von Bioabfällen über eine Biotonne nicht flächendeckend eingeführt haben und/oder deren Grünabfallsammlung und -verwertung noch deutlich verbessert werden kann.

Die nebenstehende Checkliste (Abbildung 10) gibt einen Überblick über die einzelnen Analyseschritte A bis F auf dem Weg zu einer verbesserten Bio- und Grünabfallnutzung. Die Schritte werden nachfolgend ausführlicher erklärt.

A DAS POTENZIAL AN BIOABFALL ANALYSIEREN UND MÖGLICHE ABSATZWEGE PRÜFEN

Wird in Gebietskörperschaften, die die getrennte Sammlung von Bioabfällen über eine Biotonne nicht flächendeckend eingeführt haben oder deren Grünabfallsammlung und -verwertung noch deutlich verbessert werden kann, ein Verwertungssystem neu entwickelt, sollte die Ausarbeitung eines Konzepts idealerweise nach folgenden groben Schritten erfolgen. Dabei spielt es keine Rolle, ob und in welchem Umfang die Bio- und Grünabfallverwertung in eigener Regie oder über Ausschreibungen und Fremdvergaben erfolgen wird. Sind Fremdvergaben geplant, kann das Konzept dann eine wichtige Basis sein, um zum Beispiel gezielt Hinweise über Sachverhalte zu geben und Randbedingungen in Leistungsverzeichnissen zu regeln. Inwieweit dies im Einzelnen vergaberechtlich zulässig ist, muss andernorts geprüft werden.

DIE POTENZIALANALYSE VERFOLGT VERSCHIEDENE ZIELE.

Zunächst gilt es, das Mengenpotenzial zu erheben, das über die Einführung der Biotonnen und über die getrennte Erfassung der kommunalen Grünabfälle gesammelt werden kann. Um zu belastbaren Aussagen zu kommen, sind umfangreiche Erhebungen und Analysen notwendig.

Im Rahmen dieses Schrittes sollte zunächst eine Abschätzung des Mengenpotenzials erfolgen, unterlegt durch Ergebnisse aus Sortieranalysen des Restabfalls, um vor allem das Potenzial an Küchenabfällen zu ermitteln. Um die Potenziale der Grün- und Gartenabfälle zu erheben, ist eine Analyse vorhandener Abfallmassenströme jedoch nicht möglich. Zur Abschätzung bedarf es daher beispielsweise der Erhebung der Flächen, die als Grünflächen innerorts und außerorts (Landschaftspflege, Verkehrswegebegleitgrün) bewirtschaftet werden, da dort Biomassen zur Entsorgung anfallen. Für diese Abschätzung stehen umfangreiche Kennzahlen zur Verfügung.

FÜR DIE POTENZIALERHEBUNG STEHEN UMFANGREICHE KENNZAHLEN ZUR VERFÜGUNG.

ANALYSE DER MENGENPOTENZIALE FÜR KOMMUNALE GRÜNABFÄLLE:

- a) Über die Auswertung von Planwerken und Luftbildern die Gesamtgrünflächen (innerorts) erheben und in Kombination mit Kennzahlen zum spezifischen Massenaufkommen die Zusammensetzung der Grünabfälle und das Aufkommen im Jahresgang abschätzen
- b) Mit (kommunalen) Akteuren austauschen, um bereits sinnvoll genutzte Massen zu erheben



- c) Sonstige Abnehmer von Grünabfällen wie Landwirte, Containerdienste, Garten- und Landschaftsbau etc. recherchieren und (konkurrierende) Entsorgungswege bewerten

Ergebnis:

- Benennung der maximal verbliebenen sinnvoll zu hebenden Potenziale
- Abschätzung in Zusammensetzung und Jahresgang

ANALYSE DER MENGENPOTENZIALE FÜR DIE BIOTONNE:

- a) Restabfallzusammensetzung getrennt nach den einzelnen Siedlungs- und Bebauungsstrukturen umfassend und repräsentativ analysieren
- b) Status der Eigenkompostierung analysieren und auf ökologische Sinnfälligkeit prüfen
- c) Erkenntnisse des Grünabfallaufkommens aus privaten Hausgärten auswerten und den Anteil zuordnen, der sich sinnvoll über die Biotonne fassen lässt

Ergebnis:

- Benennung der maximal verbliebenen sinnvoll zu hebenden Potenziale
- Abschätzung in Zusammensetzung und Jahresgang

Um das tatsächlich zur Verfügung stehende Mengenpotenzial an kommunalen Grünabfällen zu ermitteln, bedarf es aber des intensiven Austauschs mit den entsprechenden Akteuren in den verschiedenen meist kommunalen Behörden, die für die Unterhaltung der kommunalen Grünflächen zuständig sind, Pflegemaßnahmen vergeben (Land-

schaftspflege) oder potenziell Grünabfallmassen privater Haushalte erfassen. Nicht selten dürften bereits erhebliche Mengen besonders werthaltiger kommunaler Grünabfälle wie insbesondere Hölzer durch Dritte einer Verwertung zugeführt werden.

Die zweite Aufgabenstellung der Potenzialanalyse lautet, den Absatzmarkt zu erheben und zu bewerten. Die Verwertung der Bio- und Grünabfälle zielt auf einen Nutzen. Hergestellt werden Kompost oder kompostbasierte Produkte sowie Biogas, das einer energetischen Verwertung zugeführt werden kann. Das Verwertungssystem für Bio- und Grünabfälle ist umso sinnvoller, je mehr diese Produkte auch auf eine entsprechende Nachfrage vor Ort stoßen, das heißt auf einen aufnahmefähigen Markt. Dies ist sowohl aus ökologischer wie auch aus ökonomischer Sicht von großer Bedeutung.

ANALYSE KOMPOSTABSATZMARKT:

- a) Nachfragesituation in der Landwirtschaft analysieren
- b) Absatzmöglich- und Aufnahmefähigkeiten von Kompost und der auf Kompostbasis herstellbaren hochwertigen Produkte analysieren
- c) Mögliche Kooperationen mit Erdenindustrie oder dem Garten- und Landschaftsbau prüfen

Ergebnis:

- Benennung der Absatzpotenziale für die einzelnen Vermarktungswege für Kompost
- Festlegung einer groben Standortzielregion für die Komposterzeugung (in Nachbarschaft zur Nachfrage)

- Ggf. Entscheidung zum Aufbau einer eigenen Produktionslinie Grünabfallkompost; Kooperationen auch möglich

ANALYSE ABSATZMÖGLICHKEITEN FÜR WÄRMEENERGIE:

- a) Bedarf an größeren Mengen Wärme in Grundlast in großen Wärmenetzen oder industriellen Prozessen und an gewerblichen Standorten ermitteln
- b) Mögliche Kooperationen mit Stadtwerken beziehungsweise Wärmeabnehmern prüfen

Ergebnis:

- Benennung der Absatzmöglichkeiten für Überschusswärme im Jahresgang
- Festlegung geeigneter BHKW-Standorte innerhalb obiger Zielregionen
- Ggf. Entscheidung für Biogasnutzung über BHKW in Kraft-Wärme-Kopplung

GGF. ALTERNATIV ANALYSE DER EINSPEISEMÖGLICHKEITEN IN ERDGASNETZE:

- a) Gasnetze auf Aufnahmefähigkeit und geeignete Einspeisepunkte inklusive Netzprüfung analysieren
- b) Mögliche Kooperationen mit anderen Biogasanlagen zur gemeinsamen Aufbereitung prüfen
- c) Mögliche Kooperationen mit Stadtwerken beziehungsweise Gaskunden prüfen

Ergebnis:

- Festlegung geeigneter Standorte zur Einspeisung innerhalb obiger Standortzielregionen für den Kompostabsatz

Sollten diese Prüfschritte zu Absatzpotenzialen für Komposte, Kompostprodukte sowie der im Überschuss erzeugten Energie in Verbindung mit den ermittelten Mengenpotenzialen zu keinen befriedigenden Ergebnissen führen, muss die Zusammenarbeit mit bestehenden Bioabfallbehandlungsanlagen außerhalb der Gebietskörperschaft angestrebt werden. Die sich daraus ergebenden Möglichkeiten sollten mit den vor Ort identifizierten Optionen abgewogen werden.

Die sich danach insgesamt aufzeigenden Verwertungswege für Bio- und Grünabfälle innerhalb der entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaft oder in Kooperation mit Körperschaften der Anlagen außerhalb sollten abschließend auf ihre ökologische und ökonomische Sinnfälligkeit geprüft werden. Dies gilt insbesondere für die Einführung der Biotonne.

Aus ökologischer Sicht ist eine getrennte Sammlung der Bioabfälle immer dann vorteilhaft, wenn eine optimierte Verwertung in Form einer Kaskadennutzung mit hohen Wirkungsgraden und ein hochwertiger Absatz der Komposte sichergestellt werden kann. Eine Restabfallentsorgung kann aus ökologischer Sicht nur dann gleichwertig sein, wenn der (aufbereitete) Restabfall in Anlagen mit hohen energetischen Wirkungsgraden eingesetzt wird oder als Brennstoff den Einsatz von Kohle substituiert. Dies ist in der Praxis nur im Ausnahmefall gegeben.

Für den Landkreis Ravensburg wurde im Rahmen einer Studie (RA/Öko-Institut 2011) die Möglichkeit der Einführung einer Biotonne diskutiert und



bewertet. Dabei wurden für die Biotonne verschiedene Abfuhrvarianten diskutiert. Selbst bei einem in weiten Teilen sehr ländlichen Kreis und damit für ein additives System tendenziell eher ungünstigen Rahmenbedingungen konnte eine Quasi-Kostenneutralität ermittelt werden. Für die Basisvariante ergab sich selbst bei vorsichtiger Kalkulation rechnerisch eine Erhöhung der Kosten um nur weniger als 3 Prozent.

Mit Abschluss der Potenzialanalyse und der Prüfung der Alternativen stehen der Grundsatzbeschluss zur Einführung des Verwertungssystems sowie sein grobes inhaltliches Konzept.

VERGLEICH DER JAHRESKOSTEN BEI EINFÜHRUNG BIOTONNE		BASISVARIANTE			VARIANTE SOMMER-SERVICE PLUS			VARIANTE SERVICE TOTAL		
Nr.	Gegenstand	[€/a]	[€/E*a]	[%]	[€/a]	[€/E*a]	[%]	[€/a]	[€/E*a]	[%]
[1]	Restabfallsorgung, zukünftig	-1.590.000			-1.590.000			-1.590.000		
[2]	Restabfallsammlung, bisher	-3.016.000	10,91		-3.016.000	10,91		-3.016.000	10,91	
[3]	Restabfallsammlung, zukünftig	1.357.200		13,9 %			32,4 %			65,0 %
[4]	Kapitaldienst, neue Behälter	207.207	0,75		207.207	0,75		207.207	0,75	
[5]	Bioabfallsammlung, zukünftig	1.872.000	6,77		2.504.667	9,06		2.357.333	8,53	
[6] = [3]+[4]+[5]	ZWISCHENSUMME SAMMLUNG	3.436.407	12,43		3.993.674	14,44		4.977.341	18,00	
[7]	Personalkosten Bioabfallberatung	60.000			60.000			60.000		
[8]	Bioabfallverwertung (Menge an Bioabfall aus Restmüll)	800.000			800.000			800.000		
[9]	Zusatzmengen an vergärbarem Abfall in Biotonne (krautiger Anteil des Grünabfalls)	560.000			560.000			560.000		
[10] = [1]+[2]+[6]+[7]+[8]+[9]	ÄNDERUNGEN DER JAHRESKOSTEN	250.407	0,89	< 3 %	807.674	2,88	< 10 %	1.731.341	6,18	< 21 %

TAB. 2: KOSTENSCHÄTZUNG DER EINFÜHRUNG DES SYSTEMS BIOTONNE AM BEISPIEL DES LANDKREISES RAVENSBURG (RA/ÖKO-INSTITUT 2011)

B EIN KONZEPT DER BIOABFALLVERWERTUNG ERSTELLEN

Ist dieser erste Schritt abgeschlossen, wird deutlich, auf welche spezifische Marktnachfrage sich die Produktion auf Basis der Bio- und Grünabfälle ausrichten muss. Ausgehend von den Verwertungseigenschaften der einzelnen Bioabfallmassen sind die Verwertungstechniken so auszulegen, dass aus dem Behandlungsprozess hochwertige Produkte entstehen, die auf die identifizierte Marktnachfrage zugeschnitten sind.

Wahrung hoher Emissionsstandards zu gewährleisten.

Ergebnis:

- Grundsätzliche Festlegungen zur Vergärungstechnologie, Biogasreinigung und -aufbereitung, -nutzung sowie zur Abluftreinigung
- Grundsätzliche Festlegungen zur Kompostkonfektionierung und ggf. Weiterverarbeitung
- Festlegungen zur Herstellung von HHS

ERARBEITUNG EINES STOFFSTROM-MANAGEMENTKONZEPTS:

Insbesondere die kommunalen Grünabfälle auf die Verwertungsschienen zuordnen.

- a) Produktion von Holzhackschnitzeln (HHS)
- b) Grünabfallkompostierung
- c) Nachrotte der Gärrückstände aus der Bioabfallbehandlung beziehungsweise
- d) Input in die Bioabfallvergärung

Ergebnis:

- Grobkonzept zur Zuordnung von Teilmengen auf die Verwertungswege, differenziert nach Jahreszeit und ggf. nach der Siedlungsstruktur
- Ggf. Festlegung von Biomassehöfen zum Handling

FESTLEGUNG DES GROBKONZEPTES DER BEHANDLUNGSTECHNIK:

Für die einzelnen Verwertungsschienen wird grob festgelegt, welche Technik genutzt werden soll, um eine Behandlung mit hohen Ausbeuten unter

C DAS SYSTEM BIOTONNE IN VERBINDUNG MIT DER SAMMLUNG KOMMUNALER GRÜNABFÄLLE EINFÜHREN

Auf dieser Basis wiederum lassen sich die Bioabfallmassenströme ermitteln, die zukünftig für die oben skizzierten Verwertungswege zur Verfügung stehen.

Vor allem lassen sich aber auch das Konzept der Erfassung und Sammlung sowie Maßnahmen bestimmen, die flankierend ergriffen werden müssen, wie zum Beispiel die Festschreibung der Abfall- und Gebührensatzung. Um die Planungen ausreichend fundiert zu unterlegen, bedarf es einer belastbaren Prognose der zu erwartenden Mengenströme und deren Zusammensetzung (siehe oben).

Für *kommunale Grünabfälle* könnten folgende Prüfschritte sinnvoll sein:

Für *Bioabfälle aus Hausbalten* könnten folgende Prüfschritte sinnvoll sein:

ERARBEITUNG EINER STRUKTUR ZUR ERFASSUNG:

- a) Vorhandene abfallwirtschaftliche und kommunale Einrichtungen ermitteln, die zur Grünabfallannahme sowie zur Kompostvermarktung genutzt werden können
- b) Ggf. um weitere Übergabepunkte ergänzen, damit ein möglichst flächendeckendes engmaschiges Netz geschaffen wird
- c) Ein Dienstleistungskonzept erstellen, das unter anderem Öffnungszeiten der Übergabestellen regelt und ggf. auch einen Abholservice – zum Beispiel auf Abruf gegen Gebühr – beinhaltet

Ergebnis:

- Festlegung des Netzes an Übergabepunkten und ihrer Verfügbarkeit
- Festlegung ggf. ergänzender Maßnahmen

ERARBEITUNG EINES GROBKONZEPTS ZUR VORBEHANDLUNG AN DEN ÜBERGABEPUNKTEN:

Mit Kenntnis über Mengenaufkommen und Zusammensetzung der Grünabfälle lässt sich ein Grobkonzept erarbeiten, das die Anforderungen an die einzelnen Übergabepunkte definiert und Voraussetzungen beschreibt, die insbesondere das Stoffstrommanagement betreffen.

ERARBEITUNG EINES ERFASSUNGSKONZEPTS:

- a) Strukturen benennen, die begründet aus einer Bioabfallerfassung ausgenommen werden können
- b) Notwendiges spezifisches Behältervolumen in Liter pro Einwohner und Woche festlegen
- c) Optimierte Logistikkonzept in Ergänzung zur Umstellung der Restabfallerfassung erarbeiten; grobe Tourenplanung festlegen
- d) Verbleibendes Restabfallaufkommen abschätzen; Entsorgungseigenschaften (beispielsweise Heizwert) abschätzen
- e) Flankierende Maßnahmen in Abfall- und Gebührensatzung erarbeiten

Ergebnis:

- Festlegung des Systems der Bioabfallsammlung
- Ggf. Festlegung ergänzender Maßnahmen

KOMMUNALPOLITISCHE ABWÄGUNGS- UND ENTSCHEIDUNGSPHASE:

Ergebnis:

- Grundsatzbeschlüsse zur Einführung der Bioabfallsammlung
- Satzungsbeschlüsse zur Bioabfallsammlung

PLANUNGS- UND UMSETZUNGSPHASEN ZUR EINFÜHRUNG DER BIOTONNE

Diese von A bis C skizzierten Untersuchungsschritte sollten grundsätzlich umgesetzt werden, unabhängig von der Entscheidung, die Dienstleistung Sammlung und Behandlung komplett oder in Anteilen in Eigenregie durchführen zu wollen oder vollständig auszuschreiben. Die gewonnenen Erkenntnisse können wichtige Grundlagen für die Ausschreibung und die Formulierung von Leistungsverzeichnissen sein.

Die Planungs- und Umsetzungsphasen zur Einführung der Biotonne lassen sich – unter Annahme zügiger Abwägungs- und Entscheidungsprozesse – in etwa folgendermaßen darstellen:

ERBRINGUNG ALLER DIENSTLEISTUNGEN DURCH DRITTE

Bei einem Gesamtzeitraum von etwa 27 Monaten lässt sich folgender Ablaufplan beschreiben:

1. Interne Vorbereitung des Vergabeverfahrens (vier Monate)
2. Durchführung des Vergabeverfahrens mit fachlicher und juristischer Beratung (zwölf Monate)
3. Parallel: Verfahren und Entscheidung zur Änderung der Abfall- und Gebührensatzung (sechs Monate)
4. Einführungszeit Biotonne mit Vorbereitungsphase für den beauftragten Dritten, Benachrichtigung der Grundstückseigentümer, vorbereitende Öffentlichkeitsarbeit etc. (acht Monate)

ERBRINGUNG DER DIENSTLEISTUNG BIOABFALLSAMMLUNG IN EIGENLEISTUNG, BIOABFALLVERWERTUNG DURCH DRITTE

Bei einem Gesamtzeitraum von etwa 27 Monaten lässt sich folgender Ablaufplan beschreiben:

1. Erstellung der Tourenplanung; Vergabeverfahren zur Beschaffung von Fahrzeugen (sieben Monate)
2. Vorbereitung und Durchführung des Vergabeverfahrens mit fachlicher und juristischer Beratung (sechzehn Monate), teilweise parallel zu den anderen Schritten
3. Parallel: Verfahren und Entscheidung zur Änderung der Abfall- und Gebührensatzung (sechs Monate)
4. Einführungszeit Biotonne mit Vorbereitungsphase für den beauftragten Dritten, Benachrichtigung der Grundstückseigentümer, vorbereitende Öffentlichkeitsarbeit etc. (acht Monate)

ERBRINGUNG DER DIENSTLEISTUNG BIOABFALLSAMMLUNG UND -VERWERTUNG IN EIGENLEISTUNG

Bei einem Gesamtzeitraum von etwa 36 Monaten lässt sich folgender Ablaufplan beschreiben:

1. Standortsuche und -festlegung in der für die Biogas-Verwertung und den Kompostabsatz optimalen Teilregion
2. Interne Vorbereitung des Vergabeverfahrens zum Bau einer Bioabfallverwertungsanlage einschließlich politischer Vorentscheidung für einen Standort (vier Monate)
3. Durchführung des Vergabeverfahrens (neun Monate)

4. Genehmigungsverfahren für eine Bioabfallverwertungsanlage (sechs Monate)
5. Parallel: Erstellung der Tourenplanung; Vergabeverfahren zur Beschaffung von Fahrzeugen (sieben Monate)
6. Bau der Bioabfallverwertungsanlage (zwölf Monate)
7. Parallel: Verfahren und Entscheidung zur Änderung der Abfall- und Gebührensatzung (sechs Monate)
8. Parallel: Personalumstellung und -gewinnung (vier Monate)
9. Parallel: Einführungszeit Biotonne mit Vorbereitungsphase für den beauftragten Dritten, Benachrichtigung der Grundstückseigentümer, vorbereitende Öffentlichkeitsarbeit etc.

D IST DAS BIOABFALLPOTENZIAL VOLLSTÄNDIG ERFASST?

In vielen Fällen werden Bioabfälle aus Haushalten sowie kommunale Grünabfälle bereits getrennt gesammelt und einer Verwertung zugeführt. Der in den Einzelfällen erreichte Status weicht an den verschiedenen Systemmodulen 1. Sammlung/Erfassung, 2. Behandlung und 3. Vermarktung der Produkte und der Überschussenergie immer mehr oder weniger von einem aufgezeigten Optimum ab. Um mögliche Defizite zu erkennen und daraus Handlungsbedarf abzuleiten, kann nachfolgende Checkliste hilfreich sein.

Hierbei sind keine absoluten Vorgaben möglich oder nützlich. Die Ausführungen zu den einzelnen Merkmalen sollten jedoch erste Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen können. Natürlich sind immer die spezifischen Verhältnisse vor Ort in die Überlegungen und Abwägungen miteinzubeziehen.

Je seltener die Prüfung des jeweiligen Status quo zu „Merkmalen“ in der Spalte „kein Handlungsbedarf“ führt, umso dringlicher sollte untersucht werden, wo sich das System der Bio- und Grünabfallerfassung verbessern lässt. Im Gegenzug bedeutet dies, dass die Rückmeldung „kein Handlungsbedarf“ zu einem einzelnen Merkmal nicht bedeutet, dass unter anderen Gesichtspunkten auch kein deutlicher Handlungsbedarf besteht.

KEIN HANDLUNGSBEDARF	EVENTUELL OPTIMIERUNG MÖGLICH	PRÜFUNG NOTWENDIG
----------------------	-------------------------------	-------------------

Mobilisierung von Bio- und Grünabfällen

Aufkommen an Bio- und Grünabfällen, jeweils nach den einzelnen Ortsteilen und Bebauungsstrukturen differenziert (inkl. gewerblichen Grünabfällen)	$\Sigma > 250 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Bebauungsstruktur mit Ein- und Zweifamilienhäusern $\Sigma > 150 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Bebauungsstruktur mit Geschosswohnungsbau $\Sigma > 100 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Innerortslagen bzw. hochverdichtet	$\Sigma > 200 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Bebauungsstruktur mit Ein- und Zweifamilienhäusern $\Sigma > 100 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Bebauungsstruktur mit Geschosswohnungsbau $\Sigma > 50 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Innerortslagen bzw. hochverdichtet	$\Sigma < 150 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Bebauungsstruktur mit Ein- und Zweifamilienhäusern $\Sigma < 100 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Bebauungsstruktur mit Geschosswohnungsbau $\Sigma < 50 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ in Innerortslagen bzw. hochverdichtet
Flächendeckende Bioabfallsammlung	Anschluss- und Benutzungszwang in Abfallsatzung verankert; Befreiungstatbestände festgelegt, Befreiung auf schriftlichen Antrag; Prüfung der Befreiungstatbestände vor Ort; Anschlussgrad der Grundstücke: $> 95 \%$ mit Ausnahme hochverdichteter Viertel	Anschlussgrad der Grundstücke: $> 80 \%$ mit Ausnahme hochverdichteter Viertel	Kein Anschluss- und Benutzungszwang; Anschlussgrad der Grundstücke an die Biotonne $< 80 \%$
Gebührensatzung	Verursachergerechtes nach Abfallarten ausdifferenziertes Gebührensystem mit deutlichen Anreizen für die getrennte Sammlung	Verursachergerechtes nach Abfallarten ausdifferenziertes Gebührensystem	Kein verursachergerechtes nach Abfallarten ausdifferenziertes Gebührensystem
Grüngutsammlung	Kombination aus Hol- und Bringsystem vorhanden; flächendeckendes engmaschiges Angebot gegeben, ganzjährig mit Öffnungszeiten auch außerhalb der Kernarbeitszeiten; auch für gewerbliche Anlieferer attraktiv	Kombination aus Hol- und Bringsystem vorhanden; flächendeckendes, aber weitmaschiges Angebot, ganzjährig mit Öffnungszeiten auch außerhalb der Kernarbeitszeiten gegeben	Grüngutsammlung über wenige Sammeltage im Herbst und Frühjahr
Vorbild öffentliche Hand	sämtliche Grüngutmengen aus öffentlichen Flächen sowie aus der Landschaftspflege werden an Verwertungsanlagen übergeben	sämtlicher Strauch- und Heckenschnitt wird an die Grünabfallverwertung übergeben, auch aus der Landschaftspflege	Grüngutmengen werden nur im Einzelfall übergeben
Öffentlichkeitsarbeit	Intensive regelmäßige Imagekampagnen und Beratungen vor Ort, mehrsprachig	Öffentlichkeitsarbeit über Flyer; Abfallberatungstelefon	Keine gezielte Öffentlichkeitsarbeit für Bio- und Grünabfälle

E KASKADENNUTZUNG MIT HOHEM ENERGETISCHEM NETTO-WIRKUNGSGRAD ERREICHT?

Die Verwertung der Bio- und Grünabfälle sollte deren Eigenschaften und damit Ressourcenpotenzial möglichst umfassend nutzen. Dies bedeutet, dass die Verwertung der Bioabfälle möglichst nicht ausschließlich aerob über eine Kompostierung erfolgen und der Kompost nicht überwiegend als Frischkompost vermarktet werden sollte. Derart etablierte Systeme sollten überprüft und in Richtung Kaskadennutzung entwickelt werden.

Erfolgt bereits eine Vergärung von Bioabfällen, so sollte diese möglichst effizient und mit hohen Emissionsstandards erfolgen. Hierbei sind keine absoluten Vorgaben möglich oder hilfreich. Die Ausführungen zu den einzelnen Merkmalen sollten jedoch erste Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen können. Natürlich sind immer die spezifischen Verhältnisse vor Ort in die Überlegungen und Abwägungen miteinzubeziehen.

	KEIN HANDLUNGS-BEDARF	EVENTUELL OPTIMIERUNG MÖGLICH	PRÜFUNG NOTWENDIG
Verwertung/Behandlung von Grün- und Bioabfällen			
Bedeutung aerober Kompostierung	Bioabfall und Grünabfälle in Anteilen werden der Vergärung mit Nachkompostierung zugeführt	Bioabfallvergärung und Kompostierung des gesamten Grünabfalls	Ausschließlich aerobe Kompostierung und Erzeugung von Frischkompost
Bioabfallverwertung	Bioabfallvergärung, Vollstrom mit Nettostromausbeuten von > 250 kW	Bioabfallvergärung in Teilstrom, bzw. bei einer Biogasausbeute < 80 Nm ³ /t Bioabfallinput gesamt	Ausschließlich Bioabfallkompostierung
Energetischer Wirkungsgrad BHKW	Gesamtwirkungsgrad des BHKW 85 %, mit > 40 % el. Wirkungsgrad	Gesamtwirkungsgrad des BHKW > 80 %, mit > 38 % el. Wirkungsgrad	Gesamtwirkungsgrad des BHKW < 80 %
Verwertung der Überschusswärme im KWK-Prozess (direkt oder nach Einspeisung in das Gasnetz)	Nutzung in KWK mit Nutzung der Überschusswärme zu 80 %	Nutzung in KWK mit Nutzung der Überschusswärme zu 40 %	Nutzung in KWK mit Nutzung der Überschusswärme < 20 %
Emissionsstandards	Vollständige Einhausung des Gärrestaustretes und Emissionsquellen mit methanhaltiger Abluft und thermische Behandlung der Abluft; Abluftmanagement	Vollständige Einhausung des gesamten Prozesses und Abreinigung über Oxydationskatalysator, sauren Wäscher und Biofilter	Typische und damit zu hohe Emissionswerte insbesondere für CH ₄ , N ₂ O und NH ₃

**F WIRD DER KOMPOST HOCHWERTIG
GENUTZT?**

	KEIN HANDLUNGS- BEDARF	EVENTUELL OPTIMIE- RUNG MÖGLICH	PRÜFUNG NOTWENDIG
Produktvermarktung: Absatz von Kompost und Energie			
Stoffstrommanagement Grünabfälle	Ausdifferenziertes Handling mit Zuweisung nährstoffarmer Anteile für die hochwertige stoffliche Nutzung gegeben	Auftrennung in stofflich und energetisch (rund 30%) zu nutzende Teilmengen	Lediglich Absatz als Frischkompost ausschließlich in die Landwirtschaft
Kompostabsatzwege	Ausdifferenzierte Absatzwege mit bedeutenden Anteilen Erden und Kultursubstrate etabliert	Ausdifferenzierte Absatzwege als Fertigkompost mit allerdings großer Bedeutung der Landwirtschaft	Ausschließlich Bioabfallkompostierung
Qualitätsmanagement	Gütesicherung und Zertifizierung für den gesamten Produktmassenstrom gewährleistet	Gütesicherung und Zertifizierung nur für Teilmassenströme gegeben	Keine Gütesicherung und Zertifizierung
Wasserbilanz	Kostenneutrale Verwertung des Überschusswassers	Verwertung des Überschusswassers mit Zuzahlung	Entsorgung des Überschusswassers über Abwasserbehandlung
Vorbild öffentliche Hand	Ausschließlich Einsatz von Kompostprodukten (inkl. Erden und Substrate) auf öffentlichen Grünflächen Optimale Kooperation mit Stadtwerken zur Versorgung öffentlicher Gebäude über Wärme aus KWK (Hackschnitzel oder Biogas-BHKW) bzw. Einspeisung der Überschusswärme in Wärmenetze zur Grundlastversorgung	Produktneutrale Ausschreibung von Erden und Substraten; keine regionale Eigenverwertung der erzeugten Energieträger	Keine Regelung

1. Hintergrund/Aufgabenstellung



Fachinformationen nicht nur für Experten dienen der Vertiefung und als Nachschlagewerk. Sie sind gleichzeitig Unterstützung und Basis für die Optimierung der Bio- und Grünabfallverwertung in den Stadt- und Landkreisen. Die abfallwirtschaftlichen Verhältnisse unterscheiden sich von Kreis zu Kreis oft deutlich. Daher ist eine gründliche Analyse der Situation im konkreten Einzelfall vor Ort erforderlich. Die vorliegenden Fachinformationen sollen diese Analyse unterstützen und erleichtern.

Eine „Optimierung des Systems der Bio- und Grünabfallverwertung“ muss immer auf das gesamte System abzielen. Der Leitfaden benennt daher Optimierungsmöglichkeiten von der Sammlung und Erfassung von Bio- und Grünabfällen über die technischen Möglichkeiten der Behandlung oder Verwertung bis hin zum Absatz und zur Vermarktung der im System erzeugten Produkte, das heißt der Komposte sowie der Energie. Die Optimierung des gesamten Systems verlangt immer ein aufeinander abgestimmtes Vorgehen über alle genannten

Module hinweg. Nur so ist es möglich, den mit der Behandlung der Bio- und Grünabfälle erzielbaren ökologischen und ökonomischen Gewinn auch vollumfänglich zu nutzen.

Die Ziele zum Klima- und Ressourcenschutz und auch die damit verbundene Energiewende werden dann erreicht, wenn alle vorhandenen Potenziale genutzt werden. Dies gilt insbesondere auch für die Nutzung von Nebenprodukten und Abfallstoffen.

1.1 Abfallbiomassen energetisch und stofflich verwerten

Muss auf nachwachsende erneuerbare Rohstoffe zurückgegriffen werden, ist dies in der Regel mit nicht unbedeutenden Umweltlasten verbunden. Landwirtschaftliche Produktionssysteme erfordern einen entsprechenden Einsatz von Energie und Betriebsmitteln und können über Emissionen in Boden, Grundwasser aber auch in die Atmosphäre zu signifikanten Umweltlasten führen.

Bio- und Grünabfälle dagegen sind Abfallbiomassen, die in bestimmten Zusammenhängen von Produktion und Konsum als Reststoffe zur Entsorgung anfallen. Werden Grünflächen gepflegt, fallen zwangsläufig Grünabfälle an. Bei Bioabfällen aus Haushalten handelt es sich nicht nur um Garten- sondern auch um Küchenabfälle. Abfallbiomassen sind damit frei von Produktionslasten. Sie müssen nicht gesondert erzeugt werden. Umso wichtiger ist es, diese Abfall-Biomassen möglichst umfassend und hochwertig zu nutzen. Damit lassen sich ökologische Lasten substituieren beziehungsweise vermeiden, die mit der Herstellung der nutzengleichen Primärprodukte verbunden wären.

Dieser aus den politischen Zielen und der gegebenen objektiven Notwendigkeit abgeleitete Impetus trifft auf mittlerweile sehr günstige Rahmenbedingungen. Diese haben sich in den letzten Jahren deutlich gewandelt. So sind kommunale Grünabfälle stark nachgefragt und erzielen einen positiven Marktwert. Angesichts des starken Nachfrageüberhangs für Holz durch die zahlreichen Biomassekraftwerke wird sich dies auch mittelfristig nicht

ändern, sondern im Gegenteil weiterhin eher positiv auf die Preisentwicklung auswirken. Gerade die holzigen Anteile kommunaler Grünabfälle gewinnen immer mehr an Wert.

Aber auch für Komposte hat sich in den letzten Jahren die Nachfrage günstig entwickelt. Wegen der deutlichen Preissteigerungen für mineralische Düngemittel (insbesondere Phosphorpentoxid) lassen sich auch für den Absatz von Komposten in die Landwirtschaft mittlerweile Netto-Erlöse erzielen. Der Humusgehalt der Komposte wird dagegen bislang nur in den Marktsegmenten außerhalb der Landwirtschaft honoriert.

Die Bioabfallverwertung kann zudem zur Energiewende beitragen. Die Komposterzeugung kann auch in einer Kombination aus Vergärung und Rotte durchgeführt werden. Aus den ersten Erfahrungen in den 90er-Jahren heraus haben sich hier mittlerweile technische Lösungen etablieren können, die eine hohe Entsorgungssicherheit gewährleisten und dies zu konkurrenzfähigen Investitionskosten. Die Biogaserzeugung kann deshalb, unterstützt durch die hohen Anreize des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, möglicherweise kostenneutral umgesetzt werden. Muss eine bestehende Kompostierungsanlage nur durch ein Vergärungsmodul erweitert werden, kann dies positive Auswirkungen auf die Entsorgungskosten haben.

Die getrennte Sammlung von Bio- und Grünabfällen kann aus ökonomischer Sicht gegenüber einer Entsorgung als Bestandteil des Restmülls in einer Müllverbrennungsanlage mithalten. Für eine optimierte Verwertung der Bioabfälle gilt dies

**DIE BIOABFALLVERWERTUNG
KANN ZUR ENERGIEWENDE
BEITRAGEN.**



auch aus ökologischer Sicht. Gelingt es, nährstoffarme Komposte als Rohstoff für Humus- und Erdenwerke zu vermarkten, ist dies auch ein Erfolg für den Klimaschutz. Kompost tritt in Konkurrenz zu Torf und zu Torfprodukten. Torf ist quasi fossiler Kohlenstoff, der erst durch den Abbau an die Biosphäre gelangt und bei der Anwendung zu CO₂ veratmet und damit klimaschädlich wird. Die Substitution von Torf dient zudem auch dem Naturschutz, da Moore als wertvolle Lebensräume erhalten werden können.

1.2 Ein optimiertes Verwertungssystem ist notwendig

Um diese oben genannten Ziele zu erreichen, muss die Bio- und Grünabfallverwertung optimal aufgestellt sein. Die wertgebenden Eigenschaften der Ressource Bio- und Grünabfall sind effizient und umfassend zu nutzen. Zudem ist auf hohe Emissionsstandards zu achten, um insbesondere klimaschädliche Emissionen zu vermeiden.

Wie die Erfahrungen in anderen Bereichen der Biomassenutzung zeigen, wird nur ein optimiertes Verwertungssystem auch mittelfristig erfolgreich sein. Damit wird die Optimierung des Verwertungssystems auch zu einer Frage der Entsorgungssicherheit.

Nur wenn es gelingt, auf die spezifische Marktnachfrage vor Ort mit hochwertigen Produkten zu reagieren, ist auch langfristig ein entsprechender Erfolg gewährleistet und wird die Ressource umfassend genutzt. Bei der Analyse und Beschreibung der Systeme wird daher vermeintlich das „Pferd

von hinten aufgezäumt“. Abfallwirtschaft muss jedoch als Produktionsprozess verstanden werden, der sich von der konventionellen Produktion nur dadurch unterscheidet, dass auf sekundäre und nicht auf primäre Rohstoffe zurückgegriffen wird.

Klassisch erfolgt daher zunächst eine Analyse der Absatzmärkte, und zwar sowohl für die Komposte und für die auf Kompostbasis herstellbaren Produkte als auch für die Energie. Während die Vermarktbarkeit von Strom immer gegeben ist, müssen die Absatzmöglichkeiten für das Biogas selbst oder für die bei der Nutzung des Gases anfallende Überschusswärme genau analysiert werden.

Auf Basis der so gewonnenen neuen Erkenntnisse über die spezifischen Absatzpotenziale stellt sich im zweiten Schritt die Frage, mit welcher Strategie sich diese nachgefragten Produkte in hoher Qualität, bei Wahrung hoher Umweltstandards und möglichst geringen beziehungsweise konkurrenzfähigen Produktionskosten herstellen lassen.

Dies wiederum zielt auf unterschiedliche Bioabfallmassen sowie -eigenschaften und erfordert ein entsprechend ausgelegtes Stoffstrommanagement. Es gilt, einen möglichst großen Anteil des Potenzials der sekundären Ressourcen (des Abfalls) für die Herstellung von Produktion und Energie zu mobilisieren. Die Rohstoffmobilisierung muss einerseits effektiv, andererseits aber auch kostengünstig sein und zugleich die Qualitätsstandards wahren.

NUR WENN ES GELINGT, AUF DIE SPEZIFISCHE MARKTNACHFRAGE VOR ORT MIT HOCHWERTIGEN PRODUKTEN ZU REAGIEREN, IST AUCH LANGFRISTIG EIN ENTSPRECHENDER ERFOLG GEWÄHRLEISTET UND WIRD DIE RESSOURCE UMFASSEND GENUTZT.

1.3 Aufgabenstellung für den Leitfaden

Der Leitfaden soll als Unterstützung und Basis für die Optimierung der Bio- und Grünabfallverwertung in den einzelnen Stadt- und Landkreisen dienen. Die abfallwirtschaftlichen Verhältnisse sind jedoch von Kreis zu Kreis deutlich unterschiedlich: Der Leitfaden kann daher den Rahmen einer optimierten Verwertung von Bio- und Grünabfällen benennen und entsprechende Anregungen geben. Er ersetzt keine gründliche Analyse der Situation in den einzelnen Gebietskörperschaften und die Entwicklung von Maßnahmenkonzepten, die auf die spezifische Situation zugeschnitten sind.

Die getrennte Sammlung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen ist in den einzelnen Kreisen und Städten zudem unterschiedlich intensiv eingeführt. Der Leitfaden soll dementsprechend sowohl die Grundzüge benennen, die bei der Neueinführung der Bioabfallverwertungssysteme beachtet werden müssen, als auch eine Handreichung darstellen und Hinweise geben zur Optimierung bestehender Verwertungssysteme.

Nicht immer liegt die Zuständigkeit für die gesamten abfallwirtschaftlichen Systeme/Produktionssysteme bei den Kreisen oder den Akteuren der öffentlichen Hand. Teilweise wurden alle Module von der Sammlung bis hin zur Verwertung und Vermarktung der Produkte an Dritte vergeben. Im Leitfaden werden die Systeme so beschrieben, dass sie auch als Basis für diejenigen Gebietskörperschaften dienen können, die Teile des Systems oder alle Module in Eigenregie verantwortlich umsetzen

wollen. Diese Beschreibungen sollten jedoch auch für die Gebietskörperschaften hilfreich sein, die alle Leistungen an Dritte vergeben wollen. Es werden Vorgaben und Randbedingungen deutlich, die in die Leistungsverzeichnisse aufgenommen werden können beziehungsweise sollten. Auch bei einer vollständigen Vergabe an Dritte sollen zukünftige Systeme der Verwertung von Bio- und Grünabfällen nach den umweltpolitischen und ressourcenpolitischen Vorgaben ausgerichtet sein. Die Verwertungssysteme sind dann zukunftssträchtig und gewährleisten damit auch eine entsprechend hohe Entsorgungssicherheit.

Die Wirtschaftlichkeit von Verwertungssystemen erfordert meist einen Mindestdurchsatz für die Abfallbehandlungsanlagen. Kann dieser nicht erreicht werden, sollten immer Möglichkeiten der Kooperation geprüft werden. Kooperationen können aber auch für die Erzeugung und Vermarktung der Produkte Biogas und Kompost sinnvoll sein. So lassen sich Kompetenz und Erfahrungen sowie vorhandene Marktzugänge für die Verwertung von Bio- und Grünabfällen nutzen.

2. Das Konzept der Nutzung von Bio- und Grünabfällen

Bio- und Grünabfälle aus Haushalten umfassen sowohl Küchenabfälle, Pflanzenreste aus Haus und Balkon sowie Gartenabfälle aus den Hausgärten. Der Anteil an Gartenabfälle ist je nach Bebauungsstruktur deutlich unterschiedlich und kann vor allem in den Stadtquartieren mit hohen Anteilen an Ein- und Zweifamilienhausbebauung von großer Bedeutung sein. Nicht immer werden Gartenabfälle gezielt über die Biotonne erfasst. In aller Regel können – vor allem holzige – Gartenabfälle auch

über Sammelstellen abgegeben werden. Teilweise werden sie auch über Straßensammlungen an den Grundstücken direkt abgeholt.

Bio- und Grünabfälle sind eine wertvolle Ressource. Sie weisen bedeutende Gehalte an Pflanzennährstoffen auf, wie insbesondere Phosphat (P_2O_5) und Kalium (K_2O) sowie Spurennährstoffe. Bio- und Grünabfälle bestehen zudem überwiegend aus organischer Substanz beziehungsweise biogenem Kohlenstoff. Dieser Kohlenstoff stellt nicht nur als Energieträger einen potenziellen Wert dar. Wird die organische Substanz dem Boden zugeführt, lässt sich dessen Humusgehalt positiv beeinflussen. Die organische Substanz des Komposts kann aber auch einen wesentlichen Grundstoff von torffreien oder -armen Produkten für den privaten oder gewerblichen Gartenbau sowie im Garten- und Landschaftsbau darstellen.

Das zentrale Verwertungsziel für Bio- und Grünabfälle liegt mit Ausnahme von Holz in der Herstellung von Komposten. Mit dem Produkt Kompost können sowohl die Pflanzennährstoffe als auch die Organik umfassend genutzt werden. Bei einer klassischen Kompostierung verbleiben aus dem Bioabfall im Input etwa 50 Massenanteile Kompost als Produkt. Für Bioabfälle aus Haushalten sollte die Kompostproduktion mit der Herstellung von Biogas als Energieträger gekoppelt sein, der nutzbringend in Konkurrenz zu fossilen Energieträgern zur Produktion von elektrischer und thermischer Energie eingesetzt werden kann.

ABB. 11: BEISPIEL EINER JAHRESGANGLINIE IM BIOABFALLAUFKOMMEN

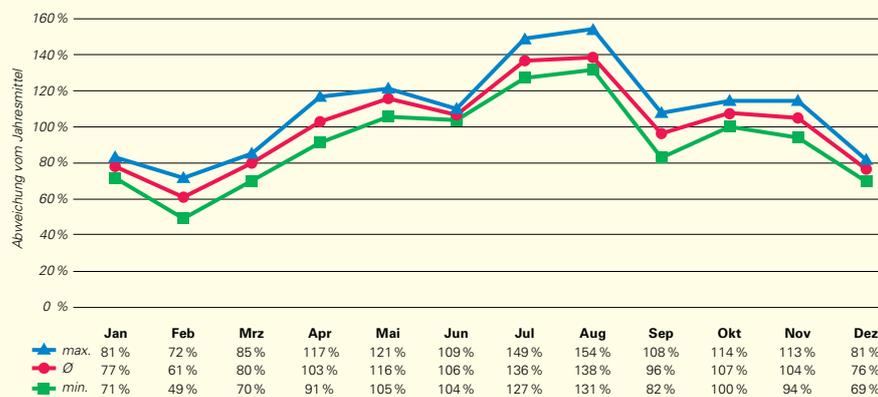
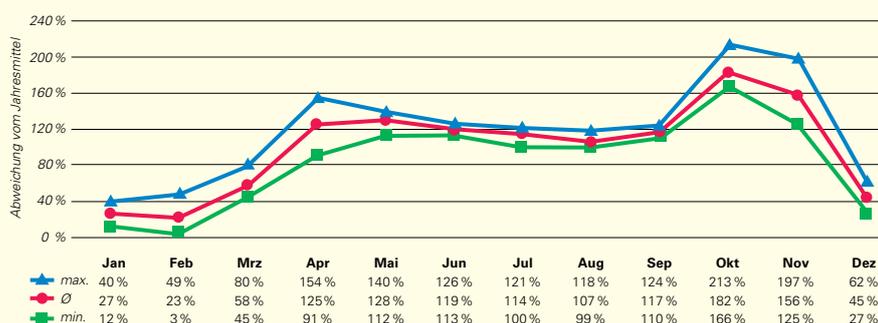


ABB. 12: BEISPIEL EINER JAHRESGANGLINIE IM GRÜNABFALLAUFKOMMEN



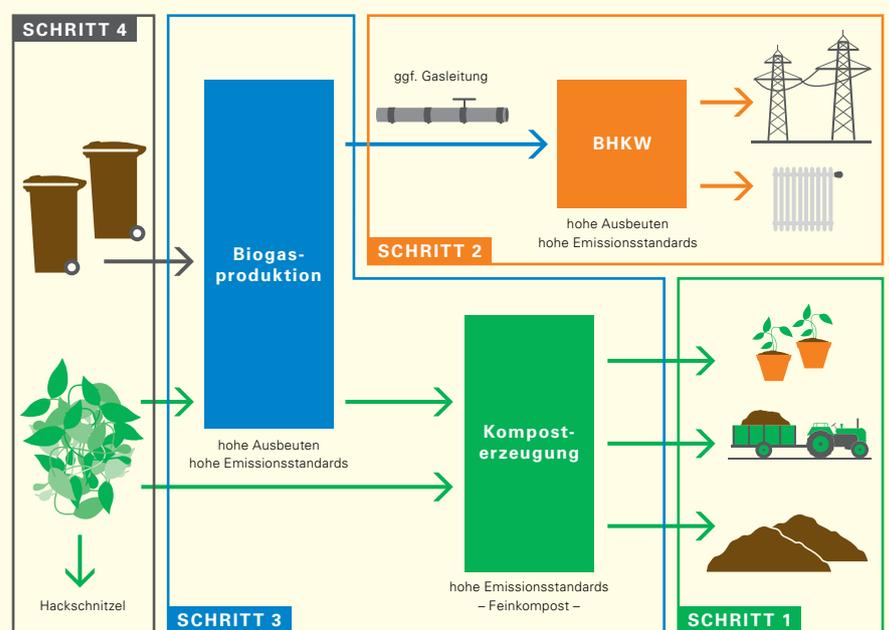
Gerade für Holz als Bestandteil der Bio- und Grünabfälle kann eine direkte Nutzung als Energieträger sinnvoll sein. Hierbei wird jedoch ausschließlich die organische Substanz beziehungsweise der Kohlenstoff als wertgebende Eigenschaft genutzt.

Eine hochwertige Verwertung der Bio- und Grünabfälle muss auf alle diese wertgebenden Eigenschaften abzielen und diese möglichst umfassend nutzbringend in Produkte oder Anwendungen einfließen lassen. Das System der getrennten Sammlung von Bio- und Grünabfällen und deren Verwertung besteht aus mehreren Komponenten.

Über die Ausgestaltung der Sammel- und Erfassungssysteme lässt sich Einfluss nehmen, in welchem Umfang die in Küche und Garten anfallenden Massen für das Verwertungssystem mobilisiert oder alternativ über die Restabfalltonne entsorgt beziehungsweise auf den Gartengrundstücken verbleiben und selbst zu Kompost verarbeitet werden (Eigenkompostierung).

Über die Sammel- und Erfassungssysteme lassen sich diese Massen aber auch unterschiedlichen Behandlungs- und Verwertungswegen zuordnen, je nach den spezifischen Eigenschaften der Bio- und Grünabfälle sowie den spezifischen Absatzmöglichkeiten insbesondere für Komposte im Umfeld einer Verwertungsanlage. Diese Auftrennung kann bei Grünabfällen zudem über eine mechanische Vorbehandlung mittels Zerkleinerung und Absiebung unterstützt werden. Mit diesem Aufbereitungsschritt lässt sich eine Stoffstromtrennung in Richtung energetischer Nutzung (Holz) und stofflicher Nutzung (Kompost) bewerkstelligen.

ABB. 13: DAS SYSTEM DER BIO- UND GRÜNABFALLVERWERTUNG, ANSATZPUNKTE ZUR OPTIMIERUNG



Der Schritt der Behandlung der Bio- und Grünabfälle sollte in ökologisch optimalen Anlagenkonzepten erfolgen. Auch bei einer Verwertung gilt es auf die Minimierung schädlicher Umwelteinwirkungen zu achten, das heißt auf ein entsprechend niedriges Emissionsniveau. Vergärungsanlagen und die Anlagen zur Nutzung des erzeugten Biogases sind mit hoher Effizienz zu betreiben. Eine möglichst hohe Gasausbeute wird mit möglichst geringen Verlusten genutzt, sodass in großem Umfang konventionelle Energieträger substituiert werden können.



Aus ökologischer sowie ökonomischer Sicht ist es besonders vorteilhaft, die erzeugten Komposte zumindest in Anteilen nicht als solche und direkt auf – meist landwirtschaftlich genutzten – Böden auszubringen, sondern sie als ein Ausgangsprodukt zur Herstellung von Pflanzern oder Kultursubstraten zu verwenden. Dies gilt aus ökologischer Sicht besonders dann, wenn es gelingt, damit mit Produkten in Konkurrenz zu treten, die auf Torfbasis hergestellt werden. Dies ist nicht unter allen Rahmenbedingungen und in jedem Umfang möglich und sinnvoll.

Das Konzept zur Behandlung von Bio- und Grünabfällen muss demnach vor allem unter folgenden Gesichtspunkten erfolgen:

- Wegen der geringen Transportwürdigkeit muss im Standortumfeld der Absatz der Komposte sichergestellt sein, das heißt ein deutlicher Nachfrageüberhang bestehen. Zudem ist ein Nachfragekartell zu vermeiden, indem eine Vielzahl von potenziellen Abnehmern möglichst die gesamte Bandbreite an Absatzmöglichkeiten sicherstellt. *(Schritt 1)*
- Das erzeugte Biogas wird idealerweise über ein BHKW in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt. Um hohe Nutzungsgrade sicherzustellen, muss auf eine Vermarktungsmöglichkeit der Überschusswärme geachtet werden, die einen ganzjährigen möglichst vollständigen Absatz sicherstellt. Dies ist mit der Vermarktung von Wärme an industrielle oder gewerbliche Kunden oder über die Einspeisung in ein großes Wärmenetz in Grundlast möglich. Um dies zu gewährleisten, muss das BHKW am Standort des Wärmekunden errichtet werden, ggf. deutlich entfernt von der Biogasanlage selbst. *(Schritt 2)*
- Eine Verwertung von Bio- und Grünabfällen ist vor allem dann ökologisch sinnvoll, wenn über das gesamte Behandlungssystem auf Maßnahmen zur Emissionsminderung geachtet wird. Insbesondere sollte die Freisetzung klimaschädlicher Gase wie Methan und Lachgas, aber auch die Freisetzung von Ammoniak vermieden werden. *(Schritt 3)*
- Ist ein System in diesem Sinne aus ökologischer Sicht optimiert und stellt durch die Vermarktung der Überschussenergie und des Kompostes einen hohen Nutzungsgrad sicher, kann das Augenmerk auf eine möglichst hohe Sammel- und Erfassungsquote für Bio- und Grünabfälle gelegt werden. *(Schritt 4)*

3. Analyse der Nachfragesituation nach Kompost

Nimmt man die holzigen Bestandteile von Garten- und Grünabfällen aus, die als Brennstoff vermarktet werden können, endet jede Form der Verwertung von Bio- und Grünabfällen in der Herstellung von Komposten. Die Vermarktbarkeit der Komposte und die dabei erzielbaren Erlöse können wesentlich auch den wirtschaftlichen Erfolg dieser Kreislaufwirtschaft bestimmen. Dies ist umso wichtiger, als sich eine Abfallverwertung immer an den Kosten der Restabfallentsorgung messen lassen muss.

Natürlich werden Komposte heutzutage auch über größere Distanzen vermarktet. Ebenso kann man sich auf den Standpunkt stellen, dass sich über Ausschreibungen vieles regeln lässt und die einzelnen Gebietskörperschaften sich daher nicht selbst über die spezifischen Randbedingungen zur Kompostvermarktung vor Ort Gedanken machen müssen. Auch ist seit einiger Zeit eine eher steigende Nachfrage nach Kompost zu verzeichnen, sodass problematische Absatzmöglichkeiten in Zukunft eher unwahrscheinlich sind. Trotzdem gibt es immer noch oder immer wieder Probleme, einen befriedigenden Kompostabsatz zu erreichen. Gute Randbedingungen vor Ort mit einem deutlichen Nachfrageüberhang begünstigen die Kostenkalkulation und Wirtschaftlichkeit eines Bioabfallbehandlungskonzepts deutlich.

Da Kompost kein hochpreisiges Gut ist, das auch über lange Distanzen wirtschaftlich auskömmlich transportiert werden könnte, ist es aus ökonomischer wie auch ökologischer Sicht wichtig, einen nachfragestarken Absatzmarkt möglichst nahe im Umfeld einer Bioabfallbehandlungsanlage zu haben. Es ist zudem wichtig, auf eine vielfältige und breite

Abnahmestruktur aufbauen zu können, um nicht einem Nachfragekartell unterworfen zu sein.

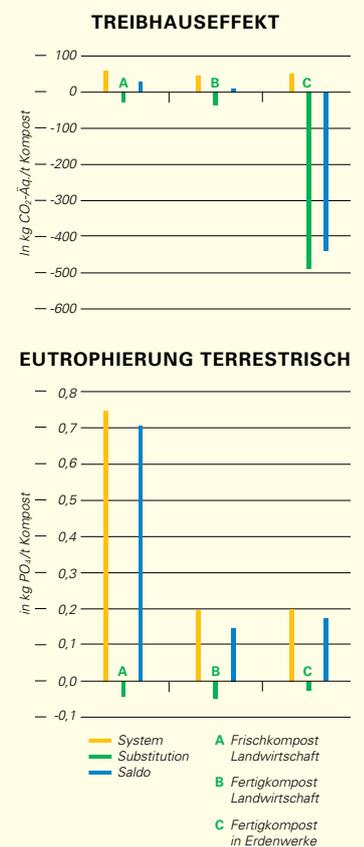
Aus ökologischer Sicht und hier insbesondere aus Sicht des Klimaschutzes ist die Vermarktung des Fertigkompostes als Substratkompost für die Erdenindustrie besonders vorteilhaft. Der Einsatz von Kompost ersetzt hier möglichst die Verwendung von Torf, wie bilanziert (Abbildung 14). Bei Torf handelt es sich um einen Kohlenstoff, der bereits der Biosphäre entzogen war und dessen Verwendung daher vergleichbar zu fossilen Energieträgern zu sehen ist. Die Substitution von Torf dient zudem dem Naturschutz.

Wird Kompost ausschließlich in der Landwirtschaft verwendet, sind die damit erzielbaren Erfolge deutlich geringer. Betrachtet man die Ergebnisse für den Treibhauseffekt, sind positive Effekte, die mit einer langfristigen Erhöhung des Humusgehaltes in Ackerböden durch die Kompostausbringung verbunden sind, nicht berücksichtigt. Selbst dann kann der rechnerische Erfolg jedoch deutlich nicht an die Vermarktung von Substratkompost heranreichen. Alle anderen Einsatzzwecke liegen in ihrem Ergebnis zwischen den dargestellten Extremen.

Wie man am Beispiel der Umweltwirkungskategorie Eutrophierung terrestrisch ersehen kann, sollte nach derzeitigem Kenntnisstand möglichst der gesamte Rotteprozess in einer Kompostierungsanlage durchgeführt werden, die über eine Abluftf Erfassung und -reinigung verfügt.

Kompost sollte als Fertigkompost in möglichst großen Anteilen in gartenbauliche Anwendungen oder

ABB. 14: UNTERSCHIEDLICHE KOMPOSTABSATZWEGE AUS ÖKOLOGISCHER SICHT





in Konkurrenz zu Torfprodukten vermarktet werden.

Die Erlöspotenziale decken sich in etwa mit der Bewertung aus ökologischer Sicht. Kann bei einer landwirtschaftlichen Verwertung maximal der Düngewert der Komposte Erlöst werden, liegt die Marge insbesondere bei der Vermarktung selbst hergestellter Pflanz- und Blumenerden deutlich höher.

3.1 Vermarktungswege über die Erdenindustrie

Die Herstellung von Erden und Kultursubstraten erfolgte bis vor knapp 50 Jahren auf Basis von Komposten, die der Gartenbau aus der Vielzahl meist betriebseigener organischer Abfälle und der Pflege von Grünanlagen selbst herstellte. Der Gartenbau war auf dem Gebiet der Verwertung organischer Reststoffe vorbildlich. Mit der weiteren Spezialisierung und dem Eintritt in das Torfzeitalter hat sich die Situation verändert.

Mit Einführung der getrennten Sammlung von Bio- und Grünabfällen lag die Herstellung von Komposten in der Verantwortung der Abfallwirtschaft. Die Erdenindustrie, die mittlerweile hoch spezialisierte Kultursubstrate herstellt, musste in den letzten Jahren erst wieder Schritt für Schritt erschlossen werden. Kultursubstrate müssen auf den jeweiligen Einsatzzweck zugeschnittene und genau definierte Eigenschaften aufweisen und dies auch reproduzierbar über größere Massenströme. Entsprechend hoch sind die Anforderungen der Erdenindustrie an die Ausgangssubstrate und damit den Kompost.

In einem umfangreichen Forschungsvorhaben, dessen Erkenntnisse in einem Handbuch des ZVG Zentralverband Gartenbau (ZVG 2002) veröffentlicht wurden, wurden zur Frage des Komposteinsatzes im Gartenbau und zur Verwendung als Zuschlag für verschiedene Substrate wichtige Grundlagen gelegt. In diesem Handbuch sind die Ergebnisse aus zahlreichen langjährigen Praxisversuchen der Verwendung von Kompost in den unterschiedlichen gartenbaulichen Einsatzgebieten zusammengestellt und daraus die Anforderungen sowohl an Kompostqualitäten als auch -eigenschaften abgeleitet.

Aus den daraus für die Erdenindustrie abgeleiteten Anforderungen ist das Produkt Substratkompost entwickelt worden. Hierfür wurden Qualitätskriterien festgelegt, die im Rahmen der Zertifizierung und den Güterrichtlinien seitens der BGK Bundesgütegemeinschaft Kompost (www.kompost.de) überwacht werden.

- Der Kompost muss in einem letzten Behandlungsschritt konfektioniert und abgesiebt werden, um die geforderten Eigenschaften sicher einhalten zu können.
- Für Substratkomposte muss der Rottegrad V sicher erreicht werden, was eine entsprechend lange Aufenthaltszeit (mehr als 8 Wochen) in der Rotte bedeutet.
- Um die geforderten geringen Nährstoffgehalte sicher einhalten zu können, ist ein entsprechend nährstoffarmes Ausgangsmaterial erforderlich. Dies dürfte mit Grün- und Gartenabfällen mit wenigen krautigen Anteilen gewährleistet sein.

KULTURSUBSTRATE MÜSSEN AUF DEN JEWEILIGEN EINSATZ-ZWECK ZUGESCHNITTENE UND GENAU DEFINIERTE EIGENSCHAFTEN AUFWEISEN.

In der Regel verfügen Erdenwerke über eigene Kompostierungsanlagen. Erdenwerke können so die Homogenität des Produktes bei Gewährleistung der geforderten Eigenschaften sicher steuern. In diesen Fällen dürften Erdenwerke Interesse daran haben, Frischkomposte oder gar das unbehandelte Ausgangsmaterial anstatt ausgereifter Substratkomposte in ihren Produktionsprozess aufzunehmen. Legen die Randbedingungen in den einzelnen entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften eine eigene Grünabfallkompostierung nicht aus anderen Gründen nahe, ist die Verwertungsoption Substratkompost für die Erdenindustrie auch über die Lieferung von Rohmaterial begehbar.

Die Recherche nach potenziellen Abnehmern für Substratkomposte, das heißt die Suche nach entsprechenden Erdenwerken, gestaltet sich nicht einfach. So sind über die Bundesvereinigung Torf- und Humuswirtschaft BTH (www.bth-online.org) vor allem Torfwerke aus Norddeutschland organisiert. Über den Verband Humus- und Erdenwirtschaft VHE (www.vhe.de) sind vor allem Werke in Nordrhein-Westfalen organisiert, in vielen Fällen handelt es sich um Kompostierungsanlagen. Die Kompostierungsanlagen wiederum sind vor allem über die BGK Bundesgütegemeinschaft Kompost organisiert (www.kompost.de), wobei sich hier auch Hersteller von Erden finden, die aber in allen Fällen auch eigene Kompostierungsanlagen betreiben. Über die Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen (www.substrate-ev.org) sind traditionell eher die Substrathersteller organisiert, die ihre Ursprünge in der Rindenbewirtschaftung haben.

3.2 Herstellung von Pflanz- und Blumenerden als Mischungen aus Komposten mit mineralischen Bodenmassen

Ein einfacher Schritt der Veredelung der erzeugten Komposte liegt in der Abmischung von Blumen- und Pflanzenerden, die sich auch lose vermarkten lassen. Es kann daher nicht verwundern, dass in vielen Bioabfallbehandlungsanlagen bereits einfache Pflanz- und Blumenerden hergestellt und vermarktet werden.

Die klassischen Abnehmer für Pflanz- und Blumenerden sind Privathaushalte, aber auch der Garten- und Landschaftsbau, (vor allem kommunale) Grünflächenämter sowie Baumschulen. In allen Fällen werden Erden als Mischungen aus mineralischen Bodenmassen und Komposten hergestellt, ggf. ergänzt um weitere Zuschlagstoffe und – bei Blumenerden – möglicherweise gezielt mit Pflanzennährstoffdüngern angereichert.

3.2.1 Produkte

BLUMENERDEN

Für die Herstellung von Blumenerden können nach Angaben des ZVG etwa 20 Volumentprozent bis 50 Volumenprozent Kompost als Bestandteil zugegeben werden. In allen Fällen sollte jedoch nur qualitativ hochwertiger, reifer und pflanzenverträglicher Kompost verwendet werden, da Blumenerden in der Regel in hohen Mengen in direktem Kontakt mit den Pflanzenwurzeln verwendet werden.

EIN EINFACHER SCHRITT DER VEREDELUNG DER ERZEUGTEN KOMPOSTE LIEGT IN DER ABMISCHUNG VON BLUMEN- UND PFLANZERDEN.



Sind die Blumenerden zum Topfen gedacht, das heißt insbesondere für Balkon- und Kübelpflanzen, haben diese meist einen hohen Nährstoffanspruch, sodass mit bis zu 50 Prozent relativ hohe Kompostanteile eingesetzt werden können. Zur Beimischung eignen sich Gartenerde oder Sand, ergänzt eventuell um Torf. Blumen- und Pflanzenerden sind jedoch auch ohne Torfanteile herstellbar.

BAUMSCHULEN

In Baumschulen werden Baumschulsubstrate für Containerware benötigt, die hohe Ansprüche vor allem an das Porenvolumen, an die Wasserhaltekapazität und die Strukturstabilität stellen, und demnach tendenziell über die Erdenindustrie beziehungsweise in den Baumschulen – beispielsweise differenziert nach den unterschiedlichen Ansprüchen der Gehölze – hergestellt werden sollten. Durch den Komposthersteller werden nur Fertig- oder Substratkomposte als Komponenten bereitgestellt.

Gerade bei Ballenwaren werden in Baumschulen auch große Mengen an Böden benötigt, die entweder direkt als extern bezogene Oberböden oder ab Anlage als gezielt unter Verwendung von Kompost hergestellte Bodenmischung eingesetzt werden können. Dies entspricht im Wesentlichen den Pflanzenerden, die im Garten- und Landschaftsbau in vielen Einsatzbereichen verwendet werden können.

PFLANZERDEN IM GARTEN- UND LANDSCHAFTSBAU

Im Garten- und Landschaftsbau beziehungsweise in öffentlichen Grünanlagen werden Pflanzenerden bei Maßnahmen wie dem Ausbringen von Oberbodenersatz (beispielsweise im Rahmen von Rekul-

tivierungen oder bei Neuanlage von Gärten und Grünanlagen) auf Flächen, die durch die vorausgegangenen Baumaßnahmen extreme, geschädigte oder humusarme Böden aufweisen können, eingesetzt.

Der Garten- und Landschaftsbau ist daher prädestiniert für den Absatz von Komposten, da er nur in wenigen Fällen auf Standorte trifft, die eine Bepflanzung ermöglichen, ohne dass eine Regeneration gestörter Böden eingeleitet oder unterstützt werden müsste. Im Garten- und Landschaftsbau müssen daher umfangreiche Maßnahmen zur Herstellung geeigneter Vegetationstragschichten ergriffen werden, wobei diese vor Ort durch den Einsatz von Komposten oder durch den Rückgriff auf bereits vorgemischte Erden erfolgen können.

Für die Herstellung von Oberbodenersatz ab Kompostwerk wird nach ZVG (2004) eine Mischung aus unbelebten und nährstoffarmen Böden unter Zumischung von 20 Volumentprozent (bei schwach bindigen Unterböden – Sand), von 30 Volumenprozent (bei bindigen Unterböden – Schluff, Lehm) oder 40 Volumenprozent (bei stark bindigen Unterböden – Ton) Kompost verwendet. Für die mineralischen Komponenten kann dabei auf Bodenaushub zurückgegriffen werden, der bei Baumaßnahmen in großem Umfang als Überschussmasse zur Entsorgung anfällt. Für die organische Komponente wird bevorzugt auf fein- oder mittelkörnigen Fertigkompost zurückgegriffen.

3.2.2 Absatzmöglichkeiten und Anforderungen an den Kompost

Die wichtigsten Abnehmer für vorgemischte einfache Erden sind die Grünflächenämter der Kommunen, Baumschulen, der Garten- und Landschaftsbau sowie vor allem Privathaushalte. Faustzahlen zur Abschätzung eines Absatzpotenziales lassen sich nur im Ansatz benennen. Die Transportwürdigkeit dieser Erden unterscheidet sich nicht grundsätzlich von der der Komposte. Der Absatz muss daher vor allem im unmittelbaren Umfeld der Kompost-Anlagen gesucht werden.

Es ist nicht sinnvoll, an dieser Stelle einen Überblick über die in Baden-Württemberg existierenden Baumschulen zu geben. Es gibt eine Vielzahl von Baumschulen, die sich teilweise stark auf bestimmte Produktionsrichtungen spezialisiert haben. Die entsprechenden Absatzmöglichkeiten von Pflanzerden müssen daher jeweils im Einzelfall überprüft werden.

Greift ein Betrieb für die Herstellung von Vegetationstragschichten als durchwurzelbare Schicht oder Oberbodenersatz auf fertige Mischungen als Pflanzerden zurück, lassen sich in Abhängigkeit des Nährstoffgehaltes des Kompostes und der Bodenart in unterschiedlichem Umfang Komposte einsetzen (siehe oben). Setzt man einen Anteil von im Mittel 30 Volumenprozent an und eine Schichtmächtigkeit der Bodenschicht von 25 Zentimeter, ergibt sich pro Hektar Rekultivierungsfläche ein Bodenbedarf von 2.500 Kubikmetern, der einen Anteil von 800 Kubikmetern Kompost aufweisen würde. Der Bedarf an Vegetationstragschichten oder vorgemischtem Oberboden ergibt sich in Ab-

hängigkeit der Bautätigkeit. Diese verlagert sich nach allen vorliegenden Prognosen in Zukunft immer mehr in Richtung der Ballungsräume und hier in die Kernstädte. Werden dabei innenstadtnahe ehemalige Industrie- und Gewerbestandorte wieder in Wert gesetzt, ergibt sich ein vergleichsweise hoher Bedarf an derartigen Erden.

Der Absatz von Erden für den Garten- und Landschaftsbau dürfte tendenziell in städtischen Räumen am höchsten sein. Pflanzerden für Kommunen, den Garten- und Landschaftsbau und andere Großabnehmer sollten immer in Rücksprache mit diesen Kunden produziert werden. Die Produktspezifikationen müssen der Nachfrage der Kunden entsprechen. In vielen Fällen sind die Kompostierungsanlagen, die Erden und Substrate herstellen und in diesen Absatzweg vermarkten, deshalb im Besitz von Firmen des Garten- und Landschaftsbaus.

Die regionalen Absatzmöglichkeiten für Pflanz- und Blumenerden an Privathaushalte lassen sich grundsätzlich kaum genauer beziffern. Nach Angaben des IVG Industrieverbands Garten e. V. werden jährlich 9,5 Millionen Kubikmeter Blumenerden und Kultursubstrate hergestellt und abgesetzt. Nimmt man einen Anteil von 40 Prozent für den Hobbygartenbau an,³ ergibt sich ein Markt von etwa 4 Millionen Kubikmeter, das heißt pro Einwohner rechnerisch 0,05 Kubikmeter pro Jahr oder 25 Kilogramm, bei einem angenommenen spezifischen Gewicht von 500 Kilogramm pro Kubikmeter.

Die wertgebenden Eigenschaften der Erden müssen zu den einzelnen Produkten jeweils vermerkt werden. Die Vermarktung der Erden erfolgt idealerweise in

DER MARKT HAT EINEN UMFANG VON ETWA 4 MILLIONEN KUBIKMETER, DAS HEISST PRO EINWOHNER RECHNERISCH 0,05 KUBIKMETER PRO JAHR ODER 25 KILOGRAMM.

³Nach DESTATIS wurden im Jahre 2010 2,855 Mio. m³ Blumenerden verpackt erzeugt (Nr. 0892 10 103).



loser Form, möglichst direkt ab Anlage und/oder weiteren Plätzen, die von den potenziellen Kunden frequentiert werden. Dies sind insbesondere die Grüngutsammelplätze oder Wertstoffhöfe. Die Produktlagerplätze müssen befestigt und überdacht sein.

Werden die Produkte vor allem an Privathaushalte und in kleinen Mengen vermarktet, sollte die Möglichkeit zur Absackung geprüft werden. Dies ist grundsätzlich mit relativ hohen Kosten verbunden, nur bei größeren Mengen rentabel und nicht zuletzt auch aus ökologischer Sicht fragwürdig.

Wie jedes andere Produkt auch müssen die Pflanz- und Blumenerden für die Privathaushalte entsprechend engagiert beworben werden. Dies unterscheidet sich nicht vom Kompostabsatz und ist dort beschrieben.

3.3 Komposte für die Landwirtschaft

Nach den Angaben der Bundesgütegemeinschaft Kompost BGK (Thelen-Jüngling 2011) ist die Landwirtschaft nach wie vor der bedeutendste Abnehmer für gütegesicherte Komposte und Gärprodukte. Die weiteren nicht gütegesicherten Kompostmengen dürften ebenfalls vor allem über die Landwirtschaft vermarktet werden. Die Verwendung des Kompostes erfolgt als Nährstoffträger, das heißt insbesondere wegen der Gehalte an Phosphat, Kalium und vielen Spurennährstoffen. Mit Kompost wird den landwirtschaftlichen Ackerböden zudem Organik zugeführt, die zur Humusreproduktion wichtig sein kann.

In den letzten Jahren konnte parallel zur Preisentwicklung für Energieträger und Rohstoffe ein deutlicher Anstieg der Düngemittelpreise verzeichnet werden, wenn auch mit großen Schwankungen. Dies hat den monetären Wert des Kompostes als Düngemittel über die letzten Jahre deutlich positiv beeinflusst. Die BGK gibt im Mai 2011 für Frischkompost mit durchschnittlichen Nährstoffgehalten (0,12 Prozent pflanzenverfügbaren Stickstoff, 0,5 Prozent Phosphat, 0,8 Prozent Kaliumoxid und 2,3 Prozent Calciumoxid in der Frischmasse) einen Düngewert von 13,38 Euro pro Tonne Kompostfrischmasse an. In der gleichen Veröffentlichung wird die mit Kompost verbundene Leistung zur Humusreproduktion von Ackerflächen mit ca. 12 Euro pro Tonne Kompostfrischmasse beziffert.

Für landwirtschaftliche Betriebe steht bis dato eine ausreichende Nährstoffversorgung der Kulturen im Vordergrund. Die Frage einer ausreichenden Humusreproduktion der Ackerböden dürfte für landwirtschaftliche Betriebe noch deutlich nachrangig sein. Abnehmende Humusgehalte in Ackerböden machen sich erst über längere Zeiträume bemerkbar und schlagen sich dann auch in den Ertragsleistungen nieder. Derzeit dürfte sich der Erlös von Komposten für die landwirtschaftliche Produktion ausschließlich am Düngewert orientieren. Der Stellenwert des Kompostes in der Landwirtschaft als Humusträger wird jedoch zunehmen. Der Rückgang der Bestandszahlen in der Viehhaltung in Verbindung mit einer deutlichen Zunahme der Produktion nachwachsender Rohstoffe führt in der Tendenz zu Humusverlusten im Boden, die durch Maßnahmen der Fruchtfolge oder des Einsatzes geeigneter organischer Dünger ausgeglichen werden müssen.

PFLANZ- UND BLUMENERDEN FÜR DIE PRIVATHAUSHALTE MÜSSEN ENGAGIERT BEWORBEN WERDEN.

Die Entwicklung der Nährstoffpreise und die steigende Bedeutung von Humusträgern in der landwirtschaftlichen Produktion haben bereits in den letzten Jahren zu einem Wechsel von einem Angebots- zu einem Nachfragemarkt für Kompost geführt. Der steigende Nachfrageüberhang hat sich positiv auf die Erlössituation auch für den Kompostabsatz in die Landwirtschaft niedergeschlagen.

Die Vermarktung von Kompost in der Landwirtschaft ist demnach umso günstiger,

- je größer die Summe an Ackerflächen im Standortumfeld,
- je größer die Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe,
- je größer die Bedeutung des Hackfrucht- und Maisanbaus und/oder
- je geringer der Viehbesatz und die Bedeutung von NawaRo-Biogasanlagen ist.

Die Informationen zur spezifischen Situation vor Ort lassen sich aus den landwirtschaftlichen Statistiken oder bei den Landwirtschaftsämtern und im Falle der Biogasanlagen bei der Gewerbeaufsicht oder dem Immissionsschutz erfragen, das heißt den für Genehmigung und Überwachung zuständigen Institutionen.

Nach Bioabfallverordnung ist die Kompostausbringung auf maximal 10 Tonnen Trockenmasse pro Hektar und Jahr beschränkt, so bestimmte Schadstoffgehalte nicht überschritten werden. Eine weitere Begrenzung ergibt sich aus dem Düngemittelrecht. Die mit der Kompostausbringung verbundenen Nährstofffrachten dürfen nicht über dem Bedarf der Kulturen liegen. Komposte haben vergleichs-

weise hohe Gehalte an Phosphat oder Kaliumoxid, sodass diese Parameter in vielen Fällen die Höchstmenge bestimmen. Als Faustzahl lässt sich daher eher ein Wert von beispielsweise 7 Tonnen Trockenmasse Kompost pro Hektar und Jahr angeben.

Um überschlägig das Absatzpotenzial von Komposten in der Landwirtschaft abschätzen zu können, ist folgende Vorgehensweise möglich:

- Ermittlung der Ackerflächen, die rechnerisch zur Versorgung (aber auch zur „Entsorgung“) der landwirtschaftlichen Biogasanlagen auf NawaRo-Basis benötigt werden – Faustzahl liegt bei 0,5 Hektar pro Kilowatt installierter elektrischer Leistung der Biogasanlage (Hartmann 2008)
- Ermittlung der landwirtschaftlichen Fläche, die für die Viehwirtschaft benötigt wird. Als Faustzahl kann ein Viehbesatz von 2 Großvieheinheiten je Hektar als durchschnittlich für die konventionelle Landwirtschaft angesetzt werden, die bei der Flächenermittlung konservativ allein auf die Ackerfläche bezogen werden sollte.

Nimmt man die Ackerflächen im Umfeld einer möglichen Anlage im Radius von beispielsweise 30 Kilometern und zieht die oben ermittelten Flächenbedarfe ab, ergibt sich überschlägig die Fläche, auf der potenziell Kompost ausgebracht werden dürfte. Das Potenzial ergibt sich aus dieser Flächenangabe (in Hektar) verknüpft mit 7 Tonnen Komposttrockenmasse, wobei die realen Absatzmöglichkeiten umso höher sind, je geringer der Flächenanteil an Halmfruchtgetreide ist.

DIE REALEN ABSATZMÖGLICHKEITEN SIND UMSO HÖHER, JE GERINGER DER FLÄCHENANTEIL AN HALMFRUCHTGETREIDE IST.



Die Vermarktungssituation zeigt sich umso günstiger, je mehr das Flächenangebot den tatsächlichen Bedarf an Ausbringungsflächen übersteigt. Das Angebot sollte um möglichst eine Größenordnung höher liegen.

3.4 Vermarktung von Komposten in Absatzwege außerhalb des Ackerbaus

Je ausdifferenzierter die Vermarktungswege für Kompost gestaltet werden können und je mehr sich die Produktspezifikationen an den Erfordernissen des regionalen Marktes orientieren, umso befriedigender erweist sich tendenziell die Absatzsituation für die erzeugten Komposte.

Ein klassischer Vermarktungsweg für Komposte ist der Einsatz im *Weinbau*. Dies gilt insbesondere dann, wenn in den Weinbauflächen bei Regenschattlagen auf Unterkulturen/Begrünungen verzichtet werden muss. Auf diesen nicht begrüntem Böden erfolgt ein deutlicher Humusabbau. Die Anforderungen an die Komposte sind wenig dezidiert, bei den Ausbringungsmengen muss jedoch auf den vergleichsweise geringen Nährstoffbedarf der Kulturen geachtet werden.

Im *Gemüsebau* wird der Boden besonders intensiv und meist mit mehreren Kulturen pro Jahr bearbeitet. Dazu kommt das häufige Befahren der Flächen. Dies steigert den Humusabbau und führt zu einer Strukturverschlechterung der Böden. Da durch die Ernterückstände nicht ausreichend Dauerhumus aufgebaut wird, besteht im Gemüsebau ein Bedarf an langlebiger organischer Substanz.

Aufgrund des hohen Nährstoffbedarfs der angebauten Kulturen wird die Komposteinsatzmenge nicht durch Nährstofffrachten begrenzt. Dies gilt auch für Phosphat. Der für Komposte typische geringe Anteil an pflanzenverfügbarem Stickstoff wirkt sich positiv aus, da so gezielt dem Bedarf der Kulturen entsprechend Stickstoffdünger ausgebracht werden kann, was eine gezielte Bestandsführung möglich macht. Gerade im Gemüsebau können sich zudem die mit Kompost verbundene Aktivierung des Bodenlebens und die Unterdrückung von Schadorganismen besonders positiv niederschlagen.

Im Gemüsebau können nur Fertigkomposte eingesetzt werden, die absolut frei von Stör- und Fremdstoffen sind. Dies ist angesichts der großen Bedeutung manueller Arbeit zum einen dem Arbeitsschutz geschuldet. Noch wichtiger sind allerdings die unmittelbare Kundennähe und damit der potenzielle Imageschaden für den Betrieb bei offensichtlicher Verunreinigung der Anbauflächen. Die Fertigkomposte müssen demnach zwingend konfektioniert und von Störstoffen befreit werden.

Der Gemüseanbau konzentriert sich dank der klimatisch günstigen Verhältnisse und der hohen Bodenqualitäten in Baden-Württemberg in den Großräumen Heilbronn, Stuttgart, Oberrheingraben und entlang des Bodensees.

Im *Obstbau* dagegen zeigt sich eine deutlich andere Situation. Insbesondere Gehölze haben einen geringen Bedarf an Nährstoffen, da nur die Früchte dem Kreislaufsystem entnommen werden. Kompost kann sinnvoll als Mulchmaterial eingesetzt werden, aufgetragen in Schichtdicken von etwa 1,5 bis

EIN KLASSISCHER VERMARKTUNGSWEG FÜR KOMPOSTE IST DER EINSATZ IM WEINBAU.

2 Zentimetern. Der Kompostabsatz im Obstbau kann jedoch nur eine kleine Marktnische darstellen.

Vom Zentralverband Gartenbau ZVG (ZVG 2002) wird der Einsatz von Fertigkompost in einer Mittelkörnung (0–20 Millimeter) mit etwa $\frac{2}{3}$ Grünschnitt im Ausgangsmaterial gefordert, einem Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis von mehr als 20:1 sowie folgenden Nährstoffgehalten: Stickstoff unter 0,5 bis 1 Prozent, Kaliumoxid 0,5 bis 0,7 Prozent, Magnesiumoxid 0,4 bis 0,5 Prozent, Phosphat 0,2 bis 0,4 Prozent sowie einem Salzgehalt von unter 0,5 Prozent.

Auch der Anbau von Beerenobst konzentriert sich auf wenige Regionen in Baden-Württemberg und beschränkt sich auf verhältnismäßig geringe Anbauflächen.

In *Baumschulen* können neben den Pflanzern (siehe oben) auch Komposte eingesetzt werden. Ein großer Bedarf besteht insbesondere dann, wenn Containerware hergestellt wird und die dafür benötigten Erden von den Baumschulen selbst erzeugt werden. Mit Ausnahme von Moorbeetkulturen lässt sich ein großes Spektrum an Gehölzen auf torfreduzierten Substraten ziehen. Der Kompostanteil in den Substraten sollte 30 Volumenprozent nicht übersteigen.

Ausgangssubstrat ist angesichts der geringen Nährstoffbedarfe immer Grüngutkompost, eventuell auch kompostierter Gärrückstand, da auch diese Rückstände aufgrund der Entwässerung einen etwas geringeren Gehalt an Nährsalzen aufweisen.

Inwieweit große Baumschulen in der Region vorhanden sind, muss von Fall zu Fall geprüft werden.

Ein sehr wichtiges Absatzpotenzial bieten der *Garten- und Landschaftsbau* und damit zugleich auch die *Garten- und Grünflächenämter* der Kommunen. Nach BGK/ZVG (2004) lassen sich folgende Einsatzbereiche für Kompost identifizieren.

Komposteinsatz im Rahmen von Rekultivierungen oder auch Maßnahmen zur Bodenverbesserung nach Entsiegelungen, wobei in Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt der Komposte und der Bodenart 20 bis 60 Liter pro Quadratmeter empfohlen werden. Einer Neuanlage von Gärten geht häufig eine Baumaßnahme voraus, die gestörte Flächen mit häufig extrem geschädigten Böden hinterlässt. Auch hier und generell bei der Neuanlage von Rasen- und Beetflächen wird eine Kompostgabe in Abhängigkeit der genannten Randbedingungen zwischen 12 und 40 Liter pro Quadratmeter empfohlen.

Kompostgaben können zudem in kleinen Mengen auch zur Pflege von Beet- und Rasenflächen eingesetzt werden. Zum Mulchen benötigt man eher grobes Material. Da sich in dieser Teilfraktion bei der Konfektionierung die Problembestandteile des Kompostes anreichern und Mulchmaterial in Beeten von Parkanlagen etc. eingesetzt werden muss, sind Komposte für diesen Anwendungsbereich nicht unbedingt prädestiniert.

Im Garten- und Landschaftsbau kommen immer Fertigkomposte zum Einsatz. Müssen aus Gründen der Organikzufuhr große Mengen Kompost eingesetzt werden, setzt dies die Verwendung von Grüngutkompost voraus. Ansonsten müssen die Kompostmengen in Abhängigkeit der zulässigen Nährstoffzufuhr variiert werden.



Der Absatz von Komposten in *Privatbaubalte* ist ein zentrales Marktsegment. Ein optimiertes System der Verwertung von Bio- und Grünabfällen ist auf eine aktive Zusammenarbeit mit den Bürgern angewiesen. Die Qualität der Komposte wird wesentlich über die Qualität der zur Verwertung bereitgestellten Bio- und Grünabfälle bestimmt. Ein hoher Grad an Verunreinigungen in den Inputmassen kann in den weiteren Verfahrensschritten nicht mehr ausreichend ausgeglichen werden.

Die Getrennthaltung der Bio- und Grünabfälle ist für die Bürger mit einem nicht geringen Aufwand verbunden. Umso wichtiger ist es, den Bürgern den abfallwirtschaftlichen und ökologischen Sinn und ihre zentrale Rolle im Verwertungssystem zu vermitteln. Dazu können u. a. die klassischen Instrumente der Öffentlichkeitsarbeit eingesetzt werden. Wird der Bürger mit dem Produkt Kompost als dem Ergebnis aller seiner Bemühungen unmittelbar konfrontiert, ist die Kommunikation über den Zusammenhang zwischen notwendigem Aufwand (Bioabfallsammlung) und erzielbarem Nutzen (Kompostqualität) deutlich einfacher möglich. Er erhält einen eigenen Eindruck über die erreichten Qualitäten und den unabwiesbaren Nutzen beispielsweise im Einsatz in den Gärten.

Die Vermarktung der Komposte sollte deshalb auch an den Stellen erfolgen, in denen ein Kundenkontakt möglich ist. Dies sind vor allem die Übergabepunkte wie Grünschnittplätze, Wertstoffhöfe und Kompostierungs- oder Vergärungsanlage, wo ein direkter optischer Bezug zwischen Abfallbiomasse und Kompost erreicht wird.

An diesen Verkaufsstellen muss der Kundenkontakt auch zur Kundenberatung genutzt werden (Steffen 2002). Schautafeln und Informationsblätter sollten dazu dienen, den ökologischen Vorteil von Kompost und Kompostprodukten herauszustellen wie

- Kompost als nachwachsender Rohstoff,
- Schonung der fossilen Ressource Torf und allen mit dem Torfabbau verbundenen negativen Umweltfolgen (auch im Naturschutz),
- hoher Nutzen für den Boden durch Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, Humusaufbau, Aktivierung des Bodenlebens, Durchlüftung, Pflanzenernährung, Erleichterung der Bodenbearbeitung durch erzielbare feinkrümelige Struktur, Schließung von Stoffkreisläufen,
- qualitätsgeprüft wie jedes andere Produkt auch.

Zudem ist eine Kundeninformation und Beratung vor allem zum Nutzen einer Kompostanwendung sinnvoll. Über Informationsblätter, Hinweisschilder, Plakate, Schautafeln kann dies aufgezeigt werden. Auch Musterbepflanzungen dürften hilfreich sein, da hier die Erfolge einer Kompostnutzung aus der Pflanzengesundheit und Frohwüchsigkeit der Kulturen offenkundig werden können. Dies dürfte wichtig zur Vertrauensbildung in das Produkt und seine Eigenschaften sein.

Zur Präsentation der Kompostprodukte haben sich Informationsmaterial und Preisinformationen (auch im Vergleich zum Konkurrenzprodukt), Informationen zu den verschiedenen Einsatzbereichen der unterschiedlichen Komposte und Kompostprodukte, die entsprechenden Anwendungsmengen und -weisen sowie ein „Erdstern“ als Gestell mit verschiedenen Fächern, über die die verschiedenen

Produkte aufgezeigt und „befühlt“ werden können, bewährt.

Dies ersetzt keine ergänzende persönliche Beratung. Im Gegenteil muss sie einen hohen Stellenwert haben. Insbesondere die Mitarbeiter aus Logistik und Produktion müssen Fachkenntnisse aufweisen, merklich hinter ihrem Produkt und Betrieb stehen und auch kompetent und überzeugend beraten können. Aktionstage wie öffentliche Bepflanzungsaktionen in Zusammenarbeit mit Vereinen, Einrichtungen oder auch den Naturschutzverbänden sind wichtige Elemente der Öffentlichkeitsarbeit. Sie muss auf einer langfristigen Strategie aufbauen mit regelmäßiger Bewerbung der Kompostprodukte, regelmäßiger Zusammenarbeit zwischen den Akteuren wie Kompostwerk, Naturschutzverbänden, Gartenbauvereinen, Schulen und Volkshochschulen.

In den Verkauf an Privathaushalte können nur Fertigkomposte gelangen, die mit hoher Aufmerksamkeit konfektioniert, abgeseibt und damit von Fremdbestandteilen befreit wurden. Der Verkauf sollte möglichst lose erfolgen – eine Absackung ist mit hohem Aufwand verbunden und nur bei größeren Anlagen und Durchsatzmengen sinnvoll.

3.5 Fazit zum Kompostabsatz

Bei der Konzeption der Bio- und Grünabfallverwertung sollten die Absatzmöglichkeiten der Komposte und der auf Basis von Komposten herstellbaren Produkte Schritt für Schritt abgeprüft werden, beginnend bei den Optionen, die aus ökologischer und ökonomischer Sicht mit den höchsten Potenzialen verbunden sind.

1. *Gibt es eine Nachfrage nach Substratkomposten?*
Prüfen der Nachbarschaft zu Erdenwerken (www.bth-online.org; www.vhe.de; www.kompost.de; www.substrate-ev.org), wenn ja:
 - getrennte Herstellung eines nährstoffarmen Fertigkompostes,
 - ev. separate Sammlung und Verwertung von Grün- und Gartenabfällen,
 - bei Stoffstromtrennung: auf ausreichend holzige nährstoffarme Anteile im Ausgangssubstrat achten; entsprechende Abgrenzung zur Holzhackschnitzel-Vermarktung.
2. *Gibt es Bedarf für nährstoffarme Komposte oder einfache Pflanz- und Blumenerden?*
Prüfen der Absatzmöglichkeiten in Richtung Erdenwerke, Garten- und Landschaftsbau, Kommunen, Privathaushalte, Sonderkulturen; tendenziell steigen die Absatzmöglichkeiten mit dem wachsendem Siedlungsflächenanteil; wenn ja:
 - Separate Kompostierung von eher nährstoffarmem Grüngutmaterial,
 - eventuell ist aber auch eine Vergärung der Bioabfälle und Abtrennung des nährstoffreichen Überschusswassers ausreichend.
3. *Absatz in der Landwirtschaft*
Auch für einen Absatz vor allem in die Landwirtschaft sollte möglichst Fertigkompost hergestellt und vermarktet werden. Dies erweitert das Absatzspektrum innerhalb der Landwirtschaft und ermöglicht zudem weiterhin den Absatz von Komposten in weitere Anwendungsbereiche, insbesondere auch in Richtung Privathaushalte.

BEI DER KONZEPTION DER BIO- UND GRÜNABFALLVERWERTUNG SOLLTEN DIE ABSATZMÖGLICHKEITEN DER KOMPOSTE UND DER AUF BASIS VON KOMPOSTEN HERSTELLBAREN PRODUKTE SCHRITT FÜR SCHRITT ABGEPRÜFT WERDEN.

Da der Rotteprozess in einer Behandlungsanlage abgeschlossen wird und nicht teilweise auf den Ackerböden erfolgt, sind Fertig- gegenüber Frischkomposten zudem mit geringeren Umweltlasten verbunden.

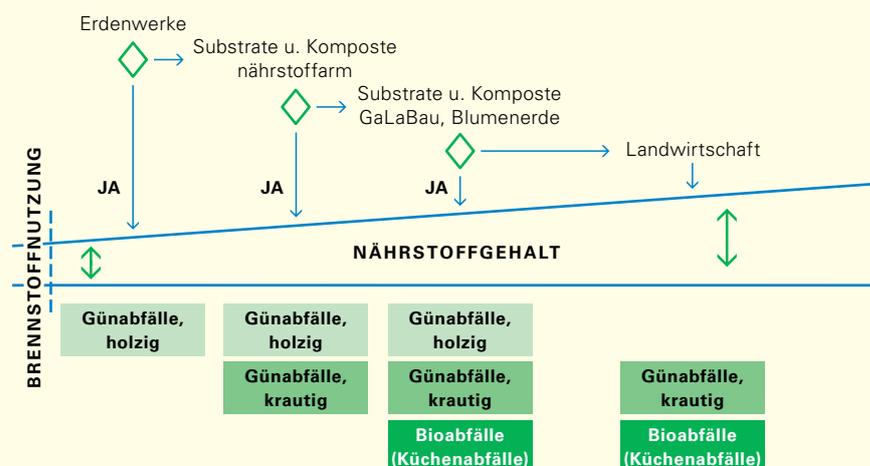
Handelt es sich eher um ein ländliches Umfeld mit einem hohen Absatzpotenzial in die Landwirtschaft, schließt das den Absatz von Frischkomposten für Teilmengen nicht aus. Die Anlage wäre in diesen Fällen auf Fertigkompost auszurichten, verbunden mit der Möglichkeit, bei saisonal starker Nachfrage aus der Land-

wirtschaft auch „nicht fertige“ Komposte abgeben zu können. Der Absatz in Richtung Landwirtschaft ist nur in kleinen Zeitfenstern möglich.

Auch für den Absatz klassischer Bioabfallkomposte oder kompostierter Gärrückstände sollte ein Standort so gewählt sein, dass ein möglichst breites Spektrum an Absatzmärkten mit einer möglichst großen Vielzahl an potenziellen Kunden vorhanden ist, auch innerhalb der Landwirtschaft. Nachfragekartelle müssen vermieden werden.

ABB. 15: ENTSCHEIDUNGSBAUM FÜR DIE KOMPOSTVERMARKTUNG

ABSATZ VORHANDEN FÜR:



4. Verwertung von Grünabfällen

Als Grünabfälle, auch Grüngut genannt, werden diejenigen Pflanzenabfälle bezeichnet, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (öRE) von den privaten Haushalten, Gewerbebetrieben oder der öffentlichen Hand zur Verwertung übergeben werden und deren Sammlung über die Biotonne wegen ihrer Beschaffenheit (Größe, Sperrigkeit und Masse) nicht möglich ist. Zu den kommunalen Grünabfällen zählen Garten- und Parkabfälle, Friedhofsabfälle und Verkehrswegebegleitgrün sowie Baum-, Strauch- und Rasenschnitt aus privaten Gärten. Die Grünabfälle werden häufig zusätzlich in „krautig“ (Gras, frische Pflanzenreste, Hecken-schnitt etc.) und „holzig“ (Ast- und Strauchwerk) unterschieden. Holz gelangt nur noch selten in diesen Biomassestrom.

Das Aufkommen und die Qualität der Grünabfälle sind darüber hinaus saisonal und regional sehr unterschiedlich. Die größten Mengen sind während und zum Ende der Vegetationsperiode bis in den Herbst hinein zu verzeichnen. Dabei fällt halmartiges und krautiges Material wie Rasenschnitt und Beikräuter relativ konstant über die Wachstumsperiode an, holziges Material wie Baum- und Strauchschnitt vor allem im Herbst und Winter. Letztendlich haben aber auch das regionale Klima, die regional typische spezifische Größe der Vegetationsflächen und weitere Besonderheiten (zum Beispiel Lage in Obstbauregionen) einen Einfluss auf Zusammensetzung, Qualität und Menge der Grünabfälle.

TAB. 3: CHARAKTERISIERUNG VON GRÜNGUT EINER BEISPIELREGION IN ABHÄNGIGKEIT VON DER JAHRESZEIT

	Qualität	Abtrennquote	Vorbehandlung	Heizwert
SOMMER	Große Anteile an frischen, strukturarmen Vegetationsabfällen Hoher Wassergehalt	15–25 %	Abtrennung Nassorganik Biologische Trocknung	um 1,6–2,0 kWh/kg
HERBST	Weniger Anteile an frischen Vegetationsabfällen, aber mehr Laub Erhöhter Wassergehalt	ca. 20–30 %	Eventuell biologisch trocknen	um 1,8–2,2 kWh/kg
WINTER	Hoher Anteil an holzhaltigen Bestandteilen Geringerer Wassergehalt	bis 50 %	Eventuell biologisch trocknen	bis über 3,0 kWh/kg
FRÜHLING	Holzige Bestandteile mit zunehmenden Anteilen frischen Vegetationsabfällen	ca. 20–30 %	Abtrennung Nassorganik Eventuell biologisch trocknen	um 1,8–2,2 kWh/kg

4.1 Aufbereitung der Grüngutbiomasse

Da für die Grünabfälle oder Teilfraktionen daraus deutlich unterschiedliche Verwertungswege offen stehen, ist ihre Aufbereitung vorab unabdingbar. Die Verwertung der Grünabfälle kann dabei entweder thermisch durch die Verbrennung in Feuerungsanlagen oder aber biologisch durch eine aerobe oder aber anaerobe Behandlung erfolgen.

Grundsätzlich können die Grünabfälle schon im Rahmen des Sammelkonzeptes in die unterschiedlich zu verwertenden Fraktionen aufgetrennt werden. Bei Holsystemen (zum Beispiel Bündelsammlung) werden in der Regel eher holzige Materialien



gesammelt und bei dem System „Laubsack“ eher Laub und krautiges Material. Im Bringsystem kann an den Sammelstellen ebenfalls eine getrennte Erfassung durch die Einrichtung verschiedener Annahmestellen erreicht werden oder eine Beschränkung auf „holziges“ Material erfolgen.

Eine einfache und viel praktizierte Art der Vorbehandlung ist bei gemischt angelieferten Grünabfällen aber die Vorabsiebung des Materials, wobei sich im Überkorn (zum Beispiel größer 80 Millimeter) das zur thermischen Verwertung geeignete Material anreichert. Die ständig schwankende Zusammensetzung und der Feuchtigkeitsgehalt des Ausgangsmaterials erschweren eine Siebung jedoch deutlich.

4.1.1 Aufbereitungsstrategie zur thermischen Nutzung

Brennstoffe, die aus Grünabfällen gewonnen werden, weisen aufgrund der Heterogenität der Ausgangsmaterialien gravierende Unterschiede zu herkömmlichen Holzhackschnitzeln auf. Trotzdem kann ein qualitativ hochwertiger Brennstoff mit guten verbrennungstechnischen Eigenschaften erzeugt werden. Vor der thermischen Verwertung ist zumindest bei kleineren Verbrennungsanlagen allerdings eine Aufbereitung durchzuführen.

Rasenschnitt und sonstige feuchtorganische Biomasse wird nach Möglichkeit auf dem Platz getrennt gehalten und ohne Zerkleinerung der Rotte/Vergärung zugeführt. Gemischte Grünabfälle mit holzigen Anteilen und reiner Baum- und Strauchschnitt werden gemeinsam gelagert und über ein mobiles

Gerät (zum Beispiel Walzenzerkleinerer) monatlich aufbereitet. Wird dieses Material nicht als Strukturmaterial in der Bioabfallbehandlung oder getrennt zur Herstellung von Grüngutkompost benötigt, lässt sich hieraus eine Brennstofffraktion herstellen und vermarkten.

Das zerkleinerte Grüngut wird für einen weiteren Monat zu einer Miete aufgesetzt, wodurch die leicht abbaubaren Bestandteile, die primär aus den feuchtorganischen Bestandteilen stammen, unter Wärmefreisetzung abgebaut werden und dabei einen Selbsttrocknungsprozess bewirken. Durch diese Konditionierung wird die Abtrennung von Feinkorn und Erdanhaftungen verbessert, wodurch der Aschegehalt im Brennstoff deutlich verringert wird.

Das so vorgetrocknete Material wird mit Hilfe zum Beispiel eines Sternsiebes getrennt:

- Feinkorn für die Kompostproduktion
- Mittelkorn für die Brennstoffproduktion (ca. 30 Prozent)

Die Feinfraktion wird gemeinsam mit den bei der Grüngutannahme getrennt erfassten feuchtorganischen Abfällen zu Rottemieten aufgesetzt und zu Kompost verarbeitet. Alternativ kann die Feinfraktion als Frischkompost vermarktet werden, da die Feinfraktion während der einmonatigen Konditionierungsphase bei einer Mindesttemperatur von 55 °C über einen Zeitraum von zwei Wochen eine hinreichende Hygienisierung erfahren hat. Ebenfalls ist eine separate Weiterbehandlung bis zu einem Fertigkompost denkbar. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Analyse der Vermarktungsmög-

ES KANN EIN QUALITATIV HOCHWERTIGER BRENNSTOFF MIT GUTEN VERBRENNUNGSTECHNISCHEN EIGENSCHAFTEN ERZEUGT WERDEN.

lichkeiten für Kompost (Kap. 3) ein Absatzpotenzial für nährstoffarme Fertigungskomposte ergeben hat.

Das Mittelkorn wird als „Brennstoff“ vermarktet. Um eine Vernässung zu vermeiden, sollte das Material vor Niederschlag geschützt gelagert werden. Hierdurch steigt bei einem ausreichenden Lagerzeitraum der Trockenmasseanteil und damit der Heizwert weiter an. Das für die thermische Verwertung noch ungeeignete Überkorn muss ein zweites Mal in die Zerkleinerung aufgegeben werden.

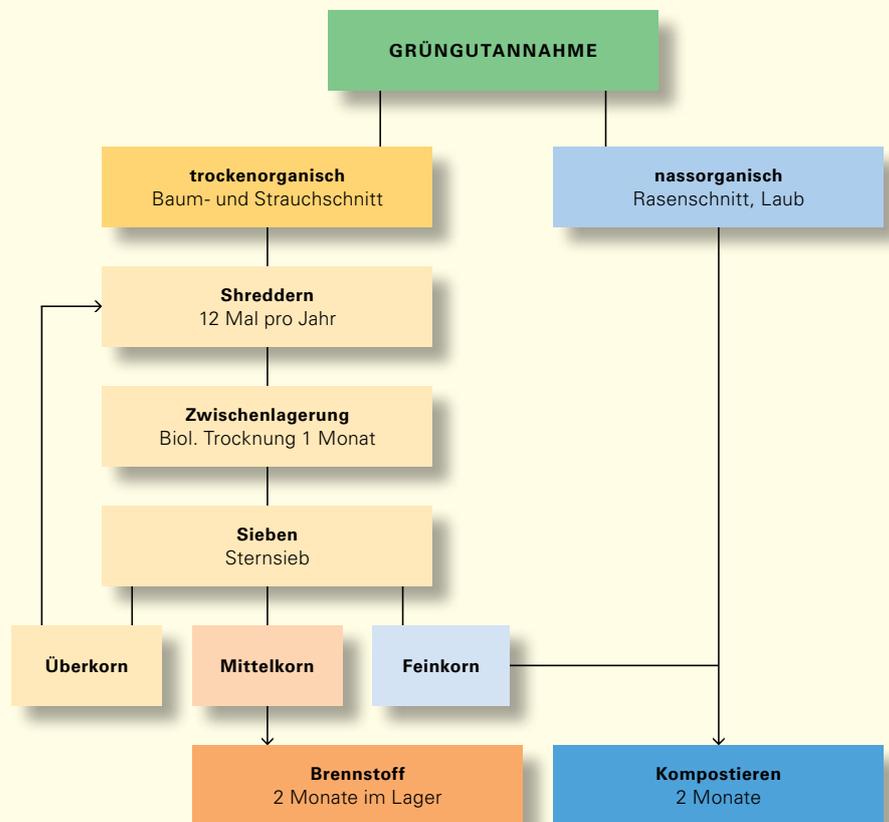
Alternativ kann die Feinfraktion auch dem Biomassestrom aus der Biotonne zugeführt und insbesondere als Strukturmaterial für die Nachrotte des Gärrückstandes genutzt werden.

Je nach den spezifischen Randbedingungen sollte eine Verwertung der Nassorganik über die Bioabfallvergärung angestrebt werden.

4.1.2 Aufbereitungsstrategie zur Abtrennung einer vergärbaren Fraktion

Je nach Erfassungssystem und Jahreszeit ist in Grün- gut ein hoher Anteil vergärbare Bestandteile wie Rasenschnitt und krautiges Material enthalten. Analysen in verschiedenen Regionen haben gezeigt, dass in den Sommermonaten und entsprechender Vegetationszeit ein Massenanteil von 25–50 Prozent „Nassorganik“ für die anaerobe Behandlung abgetrennt werden kann.

ABB. 16: SCHEMA DER GRÜNGUTAUFBEREITUNG ZU BRENNSTOFF UND KOMPOST





In der Regel ist dies bei gemischt gesammeltem Grüngut die Fraktion zwischen 30 und 80 Millimeter. Die Feinfraktion ist durch einen höheren Aschegehalt (Erden, Sand, Rinden), einen geringen OS-Gehalt sowie einen geringen Heizwert charakterisiert. Das Überkorn besteht im Wesentlichen aus holzigem Material mit den entsprechend höheren Heizwerten. In Tabelle 4 sind beispielhaft die stofflichen Eigenschaften verschiedener aus Grüngut gewonnener Fraktionen wiedergegeben.

Die Aufbereitung muss bei der Abtrennung einer vergärbaren Fraktion zeitnah zur Erfassung des Grüngutes erfolgen, da sonst bereits der aerobe Abbau der organischen Substanz beginnt. Die Aufbereitung kann in einem ersten Arbeitsschritt zum Beispiel mit einem Sternsieb erfolgen. Auch muss das Gärgut zeitnah der Vergärungsanlage zugeführt werden.

Gerade für das krautige Grüngut aus Privathaushalten dürfte die Bereitstellung von gebührenpflichtigen Papiersäcken das Mittel der Wahl sein. Während der Vegetationsperiode lassen sich so die Massen zeitnah und zusammen mit dem Bioabfall einer Verwertung zuführen und dies in einem für den Abfallerzeuger attraktiven System.

4.2 Randbedingungen für die energetische Nutzung der Brennstofffraktion

Folgende stoffliche Eigenschaften sind bei einer energetischen Verwertung zu beachten (Bakowies, 2009):

- Stückigkeit je nach Aufbereitung, in der Regel Korngrößen 100–150 Millimeter mit auffälligen Überlängen bis 300 Millimeter,
- Wassergehalt bis 50 Prozent unvorbehandelt, Wassergehalt zwischen 20–30 Prozent, 3–4 Monate trocken gelagert,
- Anteil unverbrennbarer Bestandteile, begründet durch die Brennstoffgewinnung enthält Landschaftspflegeholz neben hohen Rindenanteilen auch oftmals Steine und Schottermaterial.

Grüngutbürtiger Brennstoff wird in der Regel in bestehenden Feuerungsanlagen verwertet, da die Brennstoffgewinnung als neuer Verwertungsweg für die Grünabfälle etabliert und daher auf vorhandene Möglichkeiten zurückgegriffen wird. Die Errichtung von Neuanlagen zur Verwertung von Brennstoff aus Grünabfällen ist hingegen noch nicht Standard, gerade bei kleineren Anlagengrößen. Die Verwertung von Brennstoffen, die aus Grünquellquellen gewonnen werden, erfordert eine an die verbrennungstechnischen Eigenschaften des Materials ausgerichtete Technik und Dimensionierung der Feuerungsanlage.

Ebenso ist die Qualität des aus Grüngut gewonnenen Brennstoffes zu prüfen. Dabei sind insbesondere das Ascheschmelzverhalten, der Chlorgehalt, die Schwermetallgehalte und der Heizwert von Belang. Die Überprüfung sollte anhand einer repräsentativen Chargenanzahl erfolgen, die nach Möglichkeit den gesamten Jahresverlauf abdeckt, da die Brennstoffe und deren verbrennungstechnische Eigenschaften jahreszeitlichen Veränderungen unterliegen können.

Die Vermarktung des Brennstoffes aus Grünut stellt sich tendenziell umso unproblematischer dar, je besser der Brennstoff aufbereitet wurde und damit in konventionellen Holz-Feuerungsanlagen eingesetzt werden kann. In der Praxis ist derzeit ein Preis von etwa 20–40 Euro pro Tonne (frei Anlage) für aufbereiteten Brennstoff aus Grünabfällen zu erzielen, der deutlich unter den Erlösen für Holzhackschnitzel (100 Euro pro Tonne) und auch für Sägeresthölzer liegt. In der Regel wird das aufbereitete Grünut in einem Brennstoffmix mit anderen trockeneren Materialien verwendet. In dafür ausgelegten Heiz(kraft)werken kann das Material aus dem Baum- und Strauchschnitt 50 bis 70 Prozent des Brennstoffes ausmachen.

Auch unaufbereitetes oder nur zerkleinertes Grünut lässt sich derzeit mit einem Erlös von bis zu 14 Euro pro Tonne frei Anlage vermarkten. Dies zeigt die hohe Nachfrage der Holzfeuerungsanlagen. In Zukunft dürfte sich der Nachfrageüberhang eher noch weiter verstärken, sodass sich die Erlöse weiterhin (deutlich) verbessern werden.

Je besser das Holz oder das holzige Grünut aufbereitet ist und je höher die erzielten Produktqualitäten sind, umso einfacher stellt sich prinzipiell die Vermarktung dar. Der Brennstoff kann dann auch in Kleinf Feuerungsanlagen eingesetzt werden, die gegenüber Biomassekraftwerken geringere Emissionsstandards aufweisen und auf emissionsarmes Brennngut angewiesen sind.

Die zulässigen Emissionen von Verbrennungsanlagen hängen von der Feuerungswärmeleistung der Anlage ab und werden in den Verordnungen des

TAB. 4: QUALITÄT VON FRISCHEM GEMISCHTEM GRÜNUT EINER SOMMERCHARGE (BEISPIELREGION)

Fraktion	Anteil [%]	TR [%]	H ₂ O [%]	OS [%]	Asche [%]	Cl [mg/kgTM]	Hu [kJ/kg]	Hu [kWh/kg]
> 80 mm	2,7	48,0	52,0	38,7	9,3	1.250	6.041	1,7
30–80 mm	24,1	44,8	55,2	34,2	10,6	1.786	4.913	1,4
< 30 mm	73,2	51,1	48,9	19,6	31,5	1.370	2.723	0,8

ABB. 17: PREISENTWICKLUNG BEI HOLZHACKSCHNITZELN, HOLZPELLETS, HEIZÖL UND ERDGAS (QUELLE: C.A.R.M.E.N.)

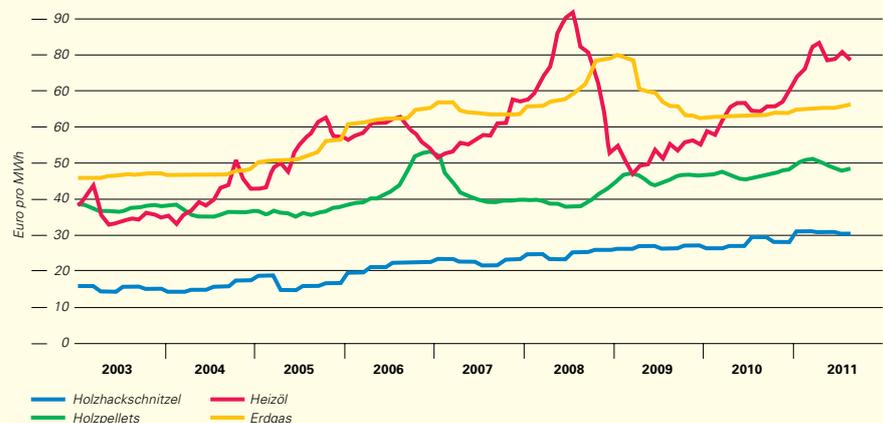
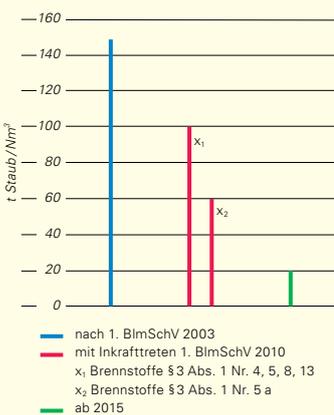


ABB.18: ENTWICKLUNG DER GRENZWERTE FÜR STAUBEMIS- SIONEN GEMÄSS DER 1. BlmSchV FÜR NEU ERRICHTETE WÄRME- ERZEUGUNGSANLAGEN FÜR FESTE BRENNSTOFFE MIT EINER FEUERUNGSWÄRMELEISTUNG BIS 1 MW



BlmSchG geregelt. Grüngutbürtige Brennstoffe können in diesen Anlagen eingesetzt werden, wenn sie die Anforderungen an zugelassene Brennstoffe gemäß § 3 der 1. BlmSchV erfüllen. Während die Emissionsgrenzwerte für Anlagen für feste Brennstoffe mit einer Feuerungswärmeleistung unter 1 Megawatt in der 1. BlmSchV geregelt werden, sind die Emissionsgrenzwerte von Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung oberhalb von 1 Megawatt im Genehmigungsbescheid der Anlage geregelt. Sie orientieren sich an der TA-Luft. Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von über 50 Megawatt unterliegen der 13. BlmSchV. Die Grenzwerte für Staubemissionen können auch durch den Einsatz von Multizyklonfiltern erreicht werden. Diese Technik wird seit Jahrzehnten bereits in Biomasseheizwerken auf Basis von Holzhackschnitzeln eingesetzt. Durch die Novellierung der 1. BlmSchV wird bis zum Jahr 2015 eine schrittweise Verschärfung des Grenzwertes für die Staubemissionen von derzeit 100 Milligramm Staub pro Normkubikmeter auf 20 Milligramm pro Normkubikmeter bei neu errichteten Anlagen vorgenommen. Für bestehende Anlagen gibt es langfristige Übergangslösungen. Die Einhaltung eines Grenzwertes von 20 Milligramm pro Normkubikmeter für Staubemissionen kann die Installation von elektrostatischen Filtersystemen und Gewebefiltern erfordern. Ein Einbau dieser Filtersysteme ist daher nicht nur unter Berücksichtigung der auf 20 Jahre und mehr angelegten Betriebszeiträume der Verbrennungsanlagen schon heute anzuraten, sondern ebenfalls, um die öffentliche Akzeptanz dieser Anlagen zu fördern. Die Entwicklung marktgängiger Systeme ist allerdings noch im Fluss, insbesondere für Anlagen mit niedrigem Leistungsbereich.

4.3 Randbedingungen für die Kompostierungs- und Vergärungsfraktion

Nach dem vorgestellten Stoffstromkonzept gelangen das abgetrennte Feinmaterial aus der Grüngutaufbereitung sowie gegebenenfalls der krautige Anteil in eine Grüngutkompostierung. Mit einem Siebschnitt bei 80 Millimeter wird ein Materialstrom erzeugt, der sich ohne Zugabe von Strukturmaterial zu Kompost verarbeiten lässt. Die Entwicklung marktgängiger Systeme ist allerdings noch im Fluss, insbesondere für Anlagen mit niedrigem Leistungsbereich.

Bei einer reinen Grüngutkompostierung, die möglicherweise auch dezentral im Entsorgungsgebiet und damit für kleinere Massenströme ausgelegt ist, lassen sich die Anforderungen an die Behandlungstechnik beschränken. Auf den „zentralen“ Rotteplätzen wird das Material zu Mieten aufgesetzt und einer optimierten und kontrollierten Rotte unterzogen. Um einen optimalen Rotteprozess und eine Hygienisierung zu gewährleisten, werden die Mieten mit einem speziellen Mietenumsetzer in Intervallen umgesetzt. Dieser Mietenumsetzer ist mittels Tieflader transportierbar und kann daher auf mehreren Grünkompostierungsanlagen sowie in der Nachrotte der Gärückstände (aus der Bioabfallbehandlung) eingesetzt werden.

Auch derartige kleinere Kompostierungsanlagen benötigen jedoch eine fachkundige Betriebsführung, die in Abhängigkeit der biologischen Prozesse Maßnahmen durchführt, die die Sicherung der Emissionsstandards und der Produktqualitäten er-



möglichen. Die Mieten müssen auf abgedichteten Flächen errichtet werden. Eine Überdachung ist nicht zwingend notwendig.

Der Grüngutkompost muss einer Gütesicherung unterzogen werden und sollte angesichts der angestrebten Absatzwege als Fertigkompost den Rottegrad V aufweisen. Die Komposte sind aufzubereiten, verlässlich von Fremdstoffen zu befreien und ggf. konfektioniert zu vermarkten.

Alle die Teilströme, für die eine getrennte Grünabfallkompostierung nicht möglich oder sinnvoll ist – beispielsweise Übermengen aus jahreszeitlichen Schwankungen –, können dem Massenstrom der Bioabfälle und damit der Nachrotte der Vergärungsrückstände zugegeben werden.

4.4 Randbedingungen für die Gärfraktion

Gerade in den Sommermonaten bestehen Grün- und Gartenabfälle zu einem erheblichen Anteil aus krautigem Material, das sich nicht nur über die Grünabfallkompostierung, sondern grundsätzlich auch über eine Vergärungsanlage verwerten ließe. Das Gaspotenzial der vergärbaren Fraktion aus dem Grüngut kann je nach Aufbereitung, Siebschnitt und Ausgangsmaterial zwischen 60 und 90 Normkubikmeter pro Tonne betragen (IGLux, 2011).

Grünabfall stellt dabei für Vergärungsanlagen kein ideales Substrat dar. Das krautige Material, das ein gewisses Gasbildungspotenzial aufweist, fällt nur zu einer bestimmten Zeitperiode in größerem Umfang an. Da Fermenter kontinuierlich betrieben

werden müssen, müssten diese Biomassen beispielsweise durch Silieren lagerfähig gemacht werden. Eine andere Option ist, die Vergärungsanlagen in großem Umfang mit anderen (landwirtschaftlich erzeugten) Biomassen zu betreiben, sodass das Gärgut aus Grünabfällen nur untergeordnete Anteile am Input darstellt.

Eine Abgabe an landwirtschaftliche Biogasanlagen wäre nur möglich, wenn diese über entsprechende Kapazitäten für einen derart diskontinuierlichen Massenstrom verfügen würden und sie eine abfallrechtliche Zulassung besitzen. Gerade bei Nassfermentationsanlagen ist der Einsatz von Grasschnitt aus der Landschaftspflege jedoch kaum möglich.

Der demgegenüber einfachere Weg ist die Behandlung zusammen mit den Bioabfällen aus Haushalten in einer Bioabfallvergärungsanlage.

5. Verwertung von Bioabfällen

Wie eingangs ausgeführt, sollte die Verwertung der Bioabfälle über das gesamte Verwertungssystem hinweg optimiert durchgeführt werden. Die Kompostherstellung sollte in Verbindung mit einer Vergärungsanlage erfolgen, sodass auch Überschussenergie vermarktet werden kann.

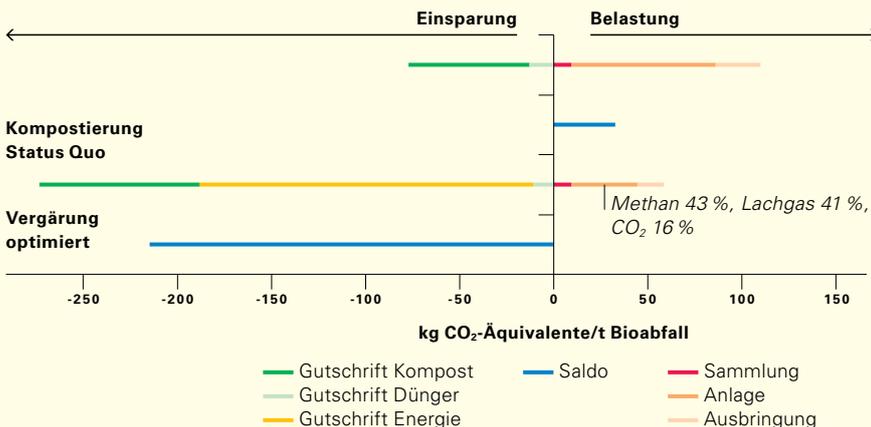
In einer Vergärungsanlage wird aus Teilen des im Bio- und Grünabfall enthaltenen Kohlenstoffs mit Biogas ein Energieträger erzeugt, der als solcher vermarktet und genutzt werden kann. Die Nutzungsmöglichkeiten sind verschieden und aus ökologischer wie ökonomischer Sicht unterschiedlich sinnig.

Die Vergärungstechnik hat in den letzten Jahren durch die Forcierung der Energieerzeugung aus regenerativen Quellen immer stärker an Bedeutung gewonnen. Sowohl die Vergärungstechnologie als auch die verschiedenen Biogasnutzungskonzepte haben inzwischen Marktreife erlangt.

ABB. 20: ALLGEMEINER VERFAHRENSABLAUF DER VERGÄRUNG



ABB. 19: DIE ALTERNATIVEN DER KOMPOSTIERUNG UND VERGÄRUNG VON BIOABFÄLLEN AUS SICHT DES KLIMASCHUTZES (LUBW/IFEU 2010)



Für eine umfassende Verwertung der Bioabfälle ist ein optimal auf die spezifischen Randbedingungen vor Ort sowie der einzelnen Systembausteine zueinander abgestimmtes Konzept notwendig.

Die einzelnen Lösungen innerhalb dieser Systembausteine werden nachfolgend diskutiert.

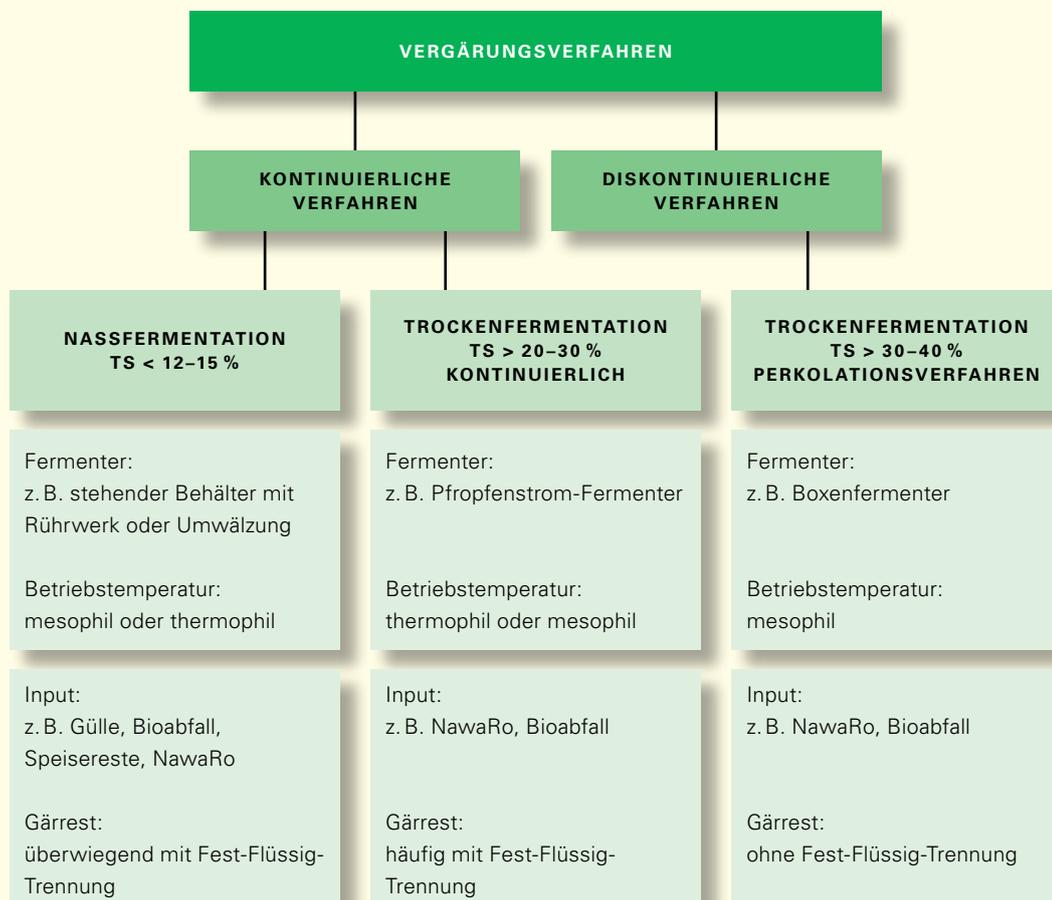
5.1 Technische Lösungen der Bioabfallvergärung

Bei der Vergärung von Bioabfällen kommen verschiedene Vergärungsverfahren zum Einsatz, die sich vor allem in den Trockensubstanzgehalten des dem Fermenter zugeführten Materials, der Prozesstemperatur und -führung sowie im Stofffluss unterscheiden.

KONTINUIERLICHE/DISKONTINUIERLICHE FERMENTATION

Als wesentliches Merkmal zur Einteilung der Vergärungsverfahren kann die Prozessführung herangezogen werden, wobei hier in kontinuierliche und diskontinuierliche Vergärungsverfahren unterschieden wird.

ABB. 21: ÜBERSICHT ÜBER KONTINUIERLICHE UND DISKONTINUIERLICHE VERFAHREN (UBA, 2010)



Bei den *kontinuierlichen Verfahren* wird dem Fermenter in regelmäßigen Zeitintervallen Substrat zugeführt und eine entsprechende Menge Gärrest entnommen. Hierdurch wird eine kontinuierliche Biogasproduktion mit gleichbleibender Qualität erreicht.

Bei den *diskontinuierlichen Verfahren* hingegen werden die Fermenter (Boxen oder Container) mit einem Gemisch aus Substrat und aktivem Material gefüllt und anschließend verschlossen. Die Fermenter werden nach einer Verweilzeit von mehreren Wochen dann entleert und neu befüllt. Dadurch ist keine gleichbleibende Biogasproduktion und -qualität der einzelnen Fermenter zu erreichen, was durch die Parallelschaltung mehrerer Fermenter, die zeitversetzt die verschiedenen Phasen durchlaufen, und durch Perkolatspeicher weitgehend kompensiert wird. Der Gärrest der diskontinuierlichen Vergärungsverfahren wird nicht entwässert, sodass in der Regel die Zumischung von externem oder aus der Aufbereitung des Fertigkompostes gewonnenem Strukturmaterial notwendig ist.

NASS- UND TROCKENVERFAHREN

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal stellt der Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) im Fermenter dar. Die Vergärungsverfahren lassen sich je nach Feststoffgehalt im Reaktorlauf in Nass- und Trockenverfahren unterteilen.

Bei den *Nassvergärungsverfahren* wird das Substrat durch die Zugabe von Flüssigkeit (in der Regel Presswasser aus der Gärrestaufbereitung, z. T. unter Zugabe von Brauchwasser) auf einen Trockensubstanzgehalt von bis zu 15 Prozent angemaischt, sodass es

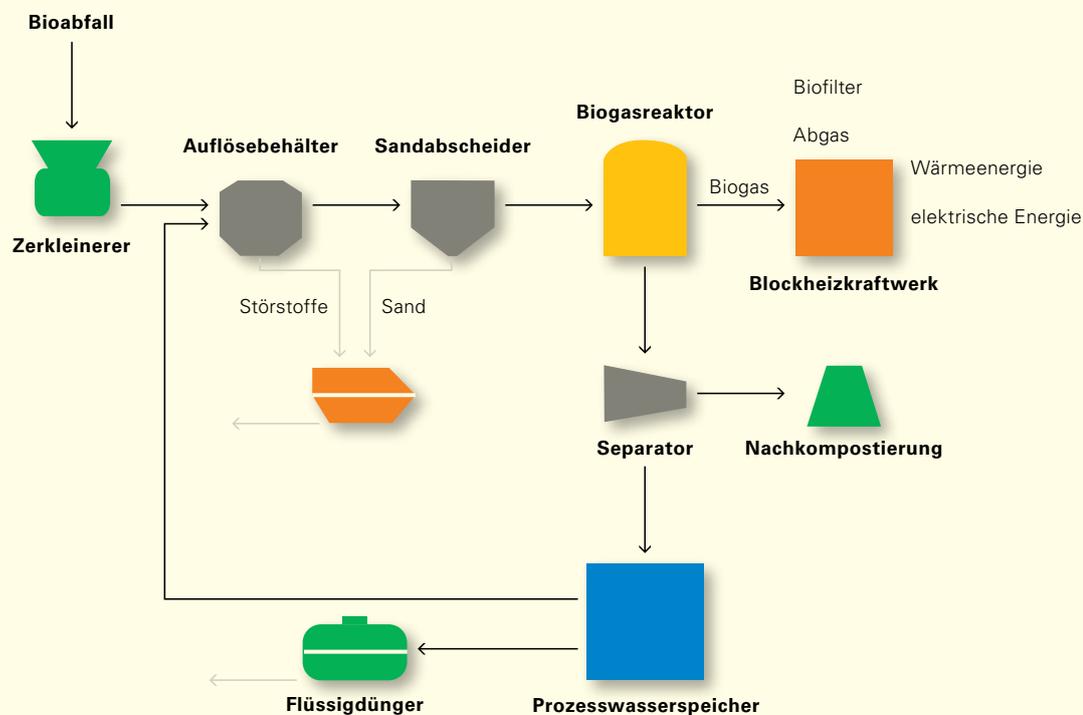
pump- und rührfähig wird. Gleichzeitig werden in diesem Verfahrensschritt Inertstoffe wie Sand und Steine abgeschieden, die im Prozess technische Probleme hervorrufen können, und gleichzeitig eine Anreicherung der Organik erreicht. In diesen Vergärungsanlagen erfolgt zumeist eine Vollstromvergärung, daher wird der gesamte Bioabfall angemaischt und dem Fermenter zugeführt.

In den letzten Jahren wurden neuartige Verfahren für die Aufbereitung der Substrate bei Nassverfahren umgesetzt. Gemeinsam ist den Verfahrensvarianten, dass aus der frischen Bioabfallfraktion mittels spezieller Aggregate ein flüssiger Teilstrom zur Fermentation gewonnen wird. Die verbleibenden Feststoffe aus dem Bioabfall werden kompostiert. Unterscheidungsmerkmal der Varianten ist die Art der Gewinnung der flüssigen Fraktion, wobei sowohl Press- als auch Perkolationsstechnologien eingesetzt werden. Ziel der Perkolationsverfahren ist hierbei, durch eine ausreichende Perkolatmenge die organischen Bestandteile der Abfälle in die flüssige Phase zu überführen, die dann in einer Nassfermentation verwertet werden.

Nassvergärungsverfahren haben sich insbesondere für die Verwertung von Speiseabfällen und gewerblichen biogenen Abfallstoffen bewährt.

Kontinuierliche Trockenverfahren arbeiten bei Feststoffgehalten zwischen 20 Prozent und 40 Prozent. Feststoffgehalte oberhalb von 40 Prozent führen zu Abbauehemmungen infolge von Wassermangel. Bei der kontinuierlichen Trockenfermentation wird das Inputmaterial vor der Fermentation mit Presswasser aus der Gärrestaufbereitung zu einer breiartigen

ABB. 22: BEISPIELHAFTES VERFAHRENSSCHEMA DER KONTINUIERLICHEN NASSVERGÄRUNG VON BIOABFÄLLEN (QUELLE: FA. BTA)



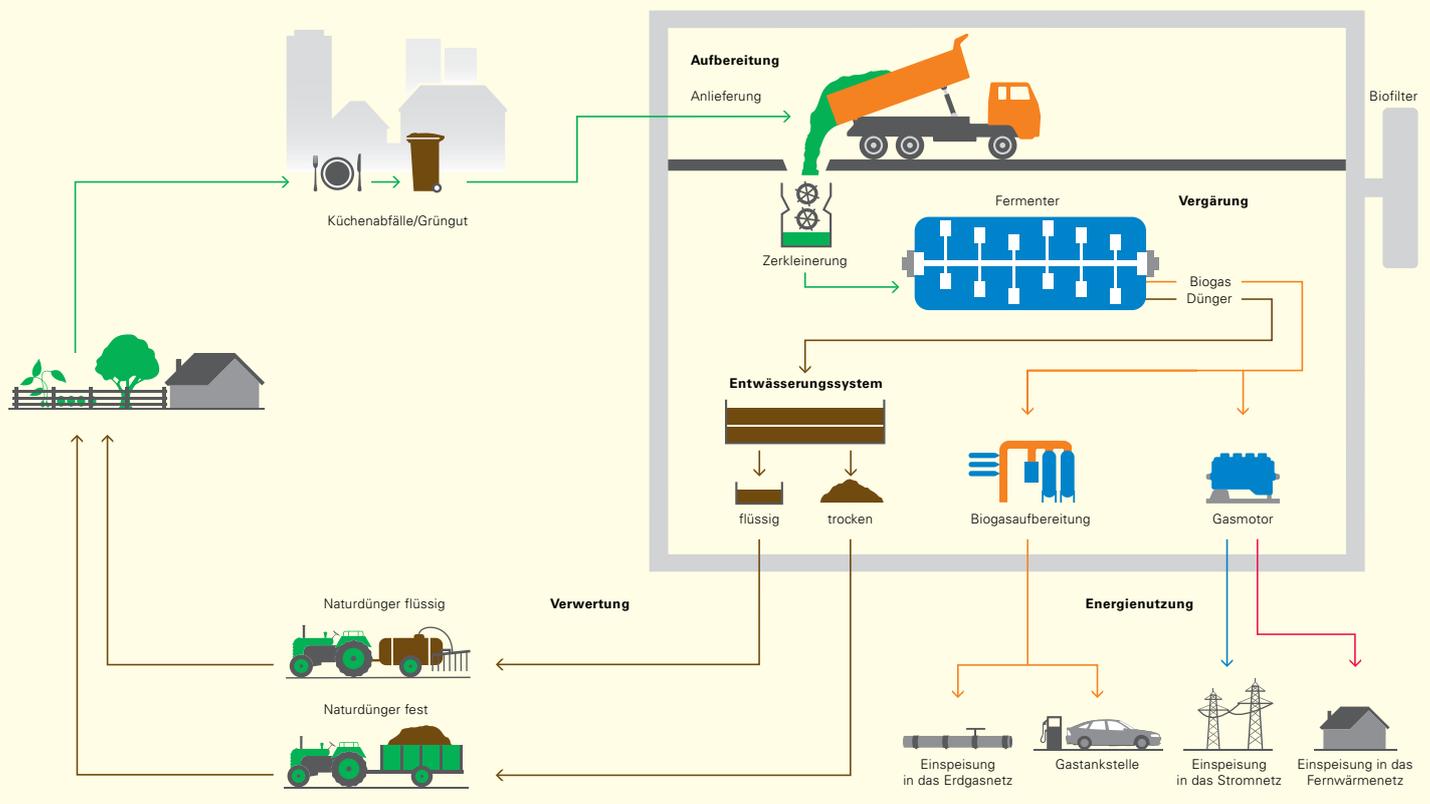
TROCKENVERGÄRUNGSVERFAHREN WERDEN IN DEN LETZTEN JAHREN BEVORZUGT BEI DER VERWERTUNG VON FESTEN ABFÄLLEN WIE BIO- UND GRÜNABFALL, ABER AUCH DER ORGANIKFRAKTION AUS RESTABFÄLLEN EINGESETZT.

Substanz verdünnt, um den erforderlichen Trockensubstanzgehalt im Fermenter einzustellen. Im Gegensatz zu Nassvergärungsverfahren, bei denen die Fermenter als voll durchmischte Rührreaktoren ausgeführt sind, werden bei den Trockenvergärungsverfahren überwiegend sogenannte Pfropfenstromfermenter eingesetzt, durch die das Material gleich einem „Pfropfen“ kontinuierlich hindurchtransportiert und fermentiert wird. Als Fermenter kommen sowohl liegende als auch aufrecht stehende Anlagen zum Einsatz.

Trockenvergärungsverfahren werden in den letzten Jahren bevorzugt bei der Verwertung von festen Abfällen wie Bio- und Grünabfall, aber auch der Organikfraktion aus Restabfällen eingesetzt.

Seit einigen Jahren kommen bei der Vergärung von Bioabfällen sowie auch NawaRos sogenannte Boxenfermenter zum Einsatz. Bei dieser diskontinuierlichen Trockenvergärung wird das stapelfähige Material in abgeschlossenen Boxen mit Perkolat berieselt. Das Substrat wird mittels Radlader in die Boxen eingebracht und verbleibt dort bis zum Abbruch der Vergärung. Eine Zerkleinerung der

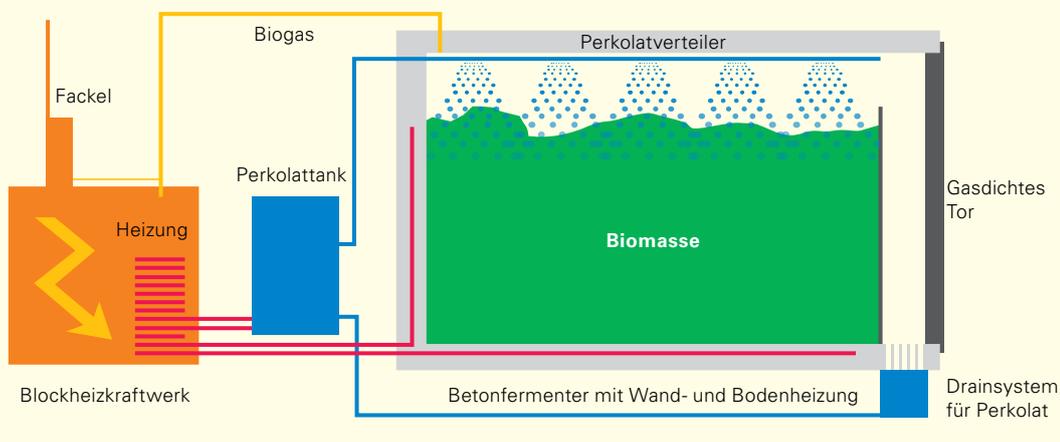
ABB. 23: BEISPIELHAFTES VERFAHRENSSCHEMA EINER KONTINUIERLICHEN TROCKENVERGÄRUNG VON BIOABFÄLLEN
 (QUELLE: FA. AXPO-KOMPOGAS)



Abfälle und Abtrennung der Störstoffe erfolgt nicht, ebenso keine Durchmischung des Fermenterinhalt. Durch den biologischen Abbau entsteht Biogas in den Boxen. Da jedoch ebenfalls Organik mit dem Perkolat ausgewaschen wird, gewinnt man zusätzlich auch Biogas in dem Perkolatspeicher. Das Perkolat wird im Kreislauf geführt, sodass nur ein geringer Anteil an flüssigen Reststoffen zur Verwertung oder Entsorgung verbleibt. Die am Markt angebotenen Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Art und Weise der Perko-

lation (periodisch, stoßweise oder kontinuierlich) und der Beheizung der Fermenter (biologische Vorwärmung durch eine Belüftung, Beheizung der Fermenter, Erwärmung des Perkolatwassers).

ABB. 24: BEISPIELHAFTES VERFAHRENSSCHEMA EINER DISKONTINUIERLICHEN TROCKENVERGÄRUNG IN BOXENFERMENTERN (QUELLE: FA. BEKON)



PROZESSTEMPERATUR

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Vergärungsverfahren ist die Prozesstemperatur. Vergärungsanlagen werden in der Praxis entweder im mesophilen Temperaturbereich zwischen 33 °C und 38 °C oder bei thermophilen Temperaturen zwischen 50 °C und 55 °C betrieben. Im thermophilen Temperaturbereich werden überwiegend nach dem kontinuierlichen Trockenvergärungsverfahren arbeitende Anlagen betrieben, während kontinuierliche Nass- und diskontinuierliche Trockenvergärungsanlagen eher im mesophilen Temperaturbereich betrieben werden.

Die Temperatur wird in der Regel durch eine Beheizung der Fermenter eingestellt, in seltenen Fällen durch die Erwärmung des Gärmaterials vor der Einbringung in den Fermenter. Die Einstellung der erforderlichen Gärtemperatur kann bei den diskontinuierlichen Verfahren ebenfalls durch die Erwärmung

des Perkolatwassers erfolgen. Die thermische Prozessenergie wird aus der Abwärme gewonnen, die bei der Verstromung des produzierten Biogases anfällt. Der Anteil überschüssiger Wärme, der für eine anderweitige Nutzung zur Verfügung steht, ist bei thermophilen Verfahren geringer als bei mesophil betriebenen Anlagen. Die Prozesstemperatur übt einen maßgeblichen Einfluss auf die Abbauraten und die Gasausbeuten aus. Bei thermophiler Betriebsweise werden höhere Gasausbeuten und Abbauraten erreicht. Demgegenüber ist die mesophile Betriebsweise durch eine höhere Prozessstabilität gekennzeichnet.

Eine gesicherte Hygienisierung im Sinne der Bioabfallverordnung kann im Fermentierungsprozess weder bei einer thermophilen noch bei einer mesophilen Betriebsweise erreicht werden, sodass ein separater Hygienisierungsschritt im Anschluss an die Vergärung erforderlich ist. In der Regel erfolgt

BIOABFALLVERGÄRUNG – SPEZ. GASERTRÄGE

Vergleich der Biogasverfahren
(Herstellerangaben)

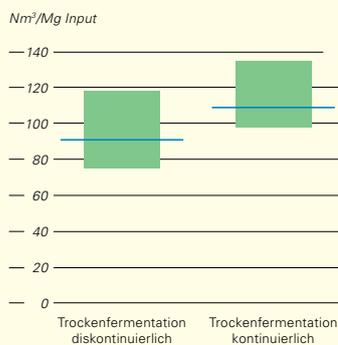


ABB. 25: GASERTRÄGE BEI DER TROCKENFERMENTATION VON BIOABFÄLLEN (WI & PÖYRY 2009)

die Hygienisierung der festen Gärreststände in der nachgeschalteten aeroben Gärrestbehandlung. Die anfallenden Überschusswässer, aber auch der bei den Boxenverfahren entstehende Perkolatüberschuss müssen bei einer stofflichen Nutzung beispielsweise durch eine landwirtschaftliche Verwertung separat durch Erhitzen hygienisiert werden.

BIOGAS AUSBEUTEN

Die durchschnittliche Biogasausbeute liegt bei diskontinuierlichen Trockenverfahren bei etwa 80 bis 85 Normkubikmeter pro Tonne, während bei kontinuierlichen Trockenverfahren mit einer Biogasausbeute von 110 bis 120 Normkubikmeter pro Tonne gerechnet werden kann. Die Biogasausbeute von kontinuierlichen Nassfermentationen liegt dabei in etwa dergleichen Größenordnung wie von kontinuierlichen Trockenfermentationen, vergleiche Abbildung 25.

Für den Anlagenbetrieb ist Energie in Form von Wärme und Strom notwendig, die aus der Verwertung des Biogases gewonnen werden kann. Der Eigenenergiebedarf von diskontinuierlicher Trockenfermentation beträgt etwa 3–10 Prozent der erzeugten elektrischen Energie und etwa 10–20 Prozent der erzeugten thermischen Energie und kann damit geringer als bei der kontinuierlichen Trocken- und

Nassfermentation sein. Der deutlich höhere Eigenverbrauch der kontinuierlichen Trockenfermentation beruht darauf, dass in der Verfahrensgestaltung erhebliche Unterschiede bestehen (zum Beispiel Durchmischung des Fermenterinhalt, deutlich höherer Wärmebedarf bei thermophiler Betriebsweise) (UBA, 2010).

Unter Berücksichtigung des Eigenenergieverbrauches ergeben sich bei der Biogasverwertung in einem BHKW die in Tabelle 5 dargestellten Wärme- und Stromausbeuten, die für die externe Nutzung oder zur Einspeisung ins Stromnetz zur Verfügung stehen. Bei der Beurteilung der Angaben ist zu berücksichtigen, dass der Eigenenergiebedarf sowohl von der eingesetzten Anlagentechnik abhängig ist, als auch standort- und genehmigungsspezifischen Gegebenheiten – wie beispielsweise Auflagen zur Einhausung der Anlagentechnik und Reinigung der belasteten Abluft – Einfluss haben. Zusätzlich wird die erzeugte Strom- und Wärmemenge von dem elektrischen und thermischen Wirkungsgrad der eingesetzten BHKW-Module beeinflusst.

Die höhere Netto-Ausbeute weist im Mittel die kontinuierliche Trockenfermentation auf. Trotz der geringeren Eigenverbräuche erreichen die Boxenvergärungsverfahren aufgrund der geringeren Bio-

TAB. 5: GEGENÜBERSTELLUNG DER NETTO-STROM- UND NETTO-WÄRME AUSBEUTE VON KONTINUIERLICHEN UND DISKONTINUIERLICHEN TROCKENVERFAHREN (UBA, 2010)

(in kWh/t Input)	Netto-Stromausbeute		Netto-Wärmeausbeute	
	Spanne	Mittel	Spanne	Mittel
kontinuierliche Trockenverfahren	200–290	250	230–320	260
diskontinuierliche Trockenverfahren	190–260	230	190–250	220

gasausbeuten nicht die Netto-Ausbeuten der aufwendigeren Pfpfenstromverfahren.

WASSERBILANZ

Die Wasserbilanz und die daraus resultierenden Konsequenzen sind ein erheblicher Entscheidungsfaktor für die Prüfung der standortspezifischen Eignung eines Verfahrens.

Wasser fällt bei den kontinuierlichen Verfahren bei der Gärrestaufbereitung in Form von Presswasser an. Ein Teil des Presswassers wird zur Anmischung der Bioabfälle rückgeführt, der überwiegend Anteil des Presswassers muss aber einer anderweitigen Verwertung oder aber Entsorgung zugeführt werden.

Bei der kontinuierlichen Trockenfermentation, aber auch der kontinuierlichen Nassfermentation fallen erhebliche Mengen an Überschusswasser an. Das Überschusswasser kann anlagenintern in der Regel nicht verwertet werden, sodass es einer Verwertung oder Entsorgung zugeführt werden muss. Eine Entsorgung beispielsweise in kommunalen Kläranlagen kann mit einer erheblichen weitergehenden vorgeschalteten Aufbereitung verbunden sein. Sie ist zudem mit nicht unerheblichen ökonomischen wie ökologischen „Lasten“ verbunden und sollte daher möglichst vermieden werden. Die Verwertung der flüssigen Gärreste erfolgt daher vorrangig in der Landwirtschaft. Hier gilt es, bei der Anlagenplanung entsprechende Lagerkapazitäten für flüssige Gärreste zu berücksichtigen. Bedingt durch zeitliche Ausbringungsbeschränkungen sollte eine Lagerkapazität von sechs Monaten vorgehalten werden. Auch bei der diskontinuierlichen Trockenfermentation (Batch-Verfahren) fällt Überschuss-

wasser aus der Perkolation an, jedoch nur in einer Größenordnung von 2–8 Prozent des Materialinputs. Dies erfolgt in der Regel durch eine sukzessive Perkolatausschleusung, sodass auch aufgrund der geringfügigen Überschusswassermengen keine separaten Lagerbehälter vorgesehen werden müssen.

FAZIT

Die letztendliche Auswahl der Verfahrenstechnik sollte auf Basis der im Rahmen von Ausschreibungen erzielbaren Angebote erfolgen. Die spezifischen Stärken einzelner Verfahrensansätze ergeben sich aus den jeweiligen unterschiedlichen Randbedingungen vor Ort.

▪ *Durchsatzmenge*

Eine kontinuierlich betriebene Fermentation hat gegenüber einer diskontinuierlichen Fahrweise Vorteile, die insbesondere in höheren spezifischen Gasausbeuten und geringeren spezifischen Emissionen liegen.

Eine kontinuierliche Anlage ist tendenziell jedoch erst ab einer gewissen Durchsatzmenge sinnvoll, das heißt ab etwa 10.000 Jahrestonnen.

▪ *Inputzusammensetzung*

Eine trockene Fermentation hat gegenüber einer nassen Fermentation tendenziell Vorteile, die sich insbesondere aus dem geringeren Durchsatzvolumen und damit geringeren Investitionskosten aufgrund geringerer Bauvolumina ergeben. Eine trockene Fermentation ist jedoch vor allem dann sinnvoll, wenn das zu vergärende Substrat eine typische Bioabfallzusammensetzung aufweist und nicht beispielsweise größere Anteile an Speiseabfällen und/oder gewerblichen Biomassen umfasst.

BIOABFALLVERGÄRUNG – ÜBERSCHUSSWASSER

Vergleich der Biogasverfahren (Herstellerangaben)

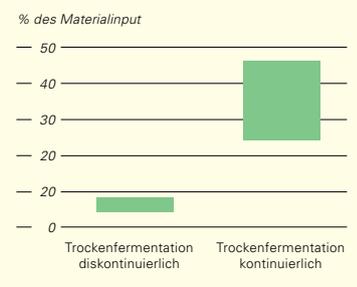


ABB. 26: ÜBERSCHUSSWASSER BEI DER TROCKENFERMENTATION VON BIOABFÄLLEN (WI & PÖYRY 2009)



- *Energetische Einbindung des Standortes*
Eine thermophile Betriebsweise der Fermenter hat spezifische Vorteile, die vor allem in der höheren Gasausbeute insbesondere pro Zeit liegen.
Diese Betriebsweise erfordert einen etwas höheren Wärmebedarf, sodass diese Alternative vor allem dann von Vorteil ist, wenn Überschusswärme „im Überfluss“ zur Verfügung steht.
- *Absatzmöglichkeiten für Überschusswasser*
Eine kontinuierliche, insbesondere trockene Betriebsweise ist tendenziell mit einem höheren Wasserüberschuss aus der Gärrestentwässerung verbunden. Vergleichsweise nährstoffreich, bietet sich diese Behandlungslösung vor allem für Standorte an, bei denen dieses nicht als Abwasser entsorgt, sondern Gärrest flüssig vermarktet werden kann. Die teilweise Verlagerung der Nährstoffe in das Überschusswasser führt zu entsprechend geringeren Nährstofffrachten im Kompost, was für hochwertigere Vermarktungswege tendenziell von Vorteil sein kann (s. o).

5.2 Behandlung des Gärrestes und des Überschusswassers

5.2.1 Entsorgung/Nutzung des Überschusswassers

Für die mechanische Entwässerung von Gärresten werden vor allem Pressschneckenseparatoren oder Zentrifugen (Dekanter) eingesetzt. Die Separatoren sind bereits in den Verfahrenskonzepten der kontinuierlichen Fermentationen vorgesehen. Der Strombedarf kann mit 0,4 Kilowattstunden pro Kubikmeter Input veranschlagt werden. Insbesondere bei der kontinuierlichen Trockenfermentation werden Pressschneckenseparatoren einer Dekanterzentrifuge vorgeschaltet, um zunächst grobfaserige Stoffe abzuscheiden.

Zentrifugen weisen gegenüber Pressschneckenseparatoren eine höhere Abscheiderate (feinere Trennung) auf und werden daher für die effiziente Feststoffabtrennung aus Gärresten eingesetzt. Bei diesen Verfahren werden in der Regel Flockungshilfsmittel zugesetzt, um auch gelöste Feststoffe abscheiden zu können. Die feste Gärrestmenge wird dadurch erhöht, während der Trockensubstanzgehalt des flüssigen Gärrestes deutlich reduziert wird. Der spezifische Energieverbrauch eines Dekanthers kann mit etwa 7 Kilowattstunden pro Kubikmeter Input veranschlagt werden.

Durch die Fest-Flüssig-Trennung des Gärrestes nach der Fermentation werden auch die Nährstoffe in Abhängigkeit ihres Lösungsverhaltens auf die flüssige Phase und den festen Gärrest verteilt. Zusätzlich

wird die Nährstoffaufteilung durch die Art und den erreichbaren Abscheidegrad des eingesetzten Trennaggregates beeinflusst. Die stofflichen Eigenschaften von flüssigem Gärrest und Fertigkompost sind am Beispiel einer Praxisanlage (kontinuierliche Trockenfermentation) in Abbildung 27 dargestellt. In dieser Anlage wird ausschließlich Bioabfall in die Vergärung verwertet und ein geringer Anteil Grünschnitt zur Nachkompostierung zugeführt.

Die Darstellung zeigt, dass im flüssigen Gärrest noch ein erheblicher Teil der Nährstoffe verbleibt. Insbesondere der während der Vergärung mineralisierte Stickstoff führt zu einem hohen Stickstoffgehalt in dem flüssigen Gärrest, während Phosphate bevorzugt mit den Feststoffen im Kompost verbleiben. Insofern kommt der Verwertung der flüssigen Phase besondere Bedeutung zu. Als Flüssigdünger substituiert sie schnell wirkende Mineraldünger, während sie als Abwasser relativ hohe Aufbereitungskosten verursacht.

Die Akzeptanz für die Vermarktung von flüssigem Gärrest zur landwirtschaftlichen Verwendung ist deshalb von großer Bedeutung und erfordert je nach Standort intensive Bemühungen. Dort, wo bereits hohe Güllemengen aus der Tierhaltung ausgebracht werden, ist die landwirtschaftliche Nutzung des flüssigen Gärrestes schwierig. Andererseits führen stark steigende Kosten für mineralische Dünger in der Landwirtschaft zu einem größeren Interesse an Substituten.

Der flüssige Gärrest kann wie der kompostierte feste Gärrest einer Qualitätskontrolle und Zertifizierung durch die Bundesgütegemeinschaft

Kompost unterzogen werden, was die Akzeptanz und damit die Vermarktungsmöglichkeiten erhöhen dürfte.

Typisch ist eine Abgabe der nährstoffreichen Überschusswässer für 0 Euro pro Kubikmeter ab Anlage. Die Entsorgungsalternative einer Einleitung in die Abwasserkanalisation wäre demgegenüber mit erheblichen Kosten verbunden. Auch für die Nutzung der flüssigen Gärreste in der Landwirtschaft ist ein Flächennachweis zu führen.

5.2.2 Hygienisierung

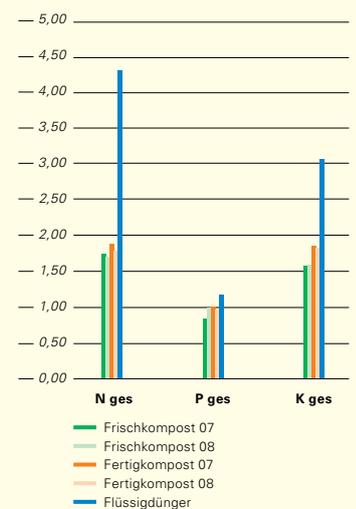
Die Anforderungen an die Prozessführung zur Hygienisierung der Bioabfälle durch eine Kompostierung oder Vergärung ergeben sich aus der Bioabfallverordnung.

5.2.3 Emissionsminderung

Bei der Biogasproduktion ist vor allem das unerwünschte Entweichen von Methan (und Ammoniak) in die Umgebung problematisch. Die wesentliche Emissionsquelle stellt hierbei die Überführung der anaeroben Gärprodukte in den aeroben Zustand dar. Ein rascher Übergang in den aeroben Zustand kann durch eine intensive Belüftung der Gärreste erfolgen, und zwar direkt nach dem Austrag aus dem Fermenter und vor Aufgabe in die Nachrotte.

Gegenüber einer Kompostierung weist eine Vergärung nach bislang vorliegenden Informationen tendenziell signifikant höhere Emissionen an Methan auf. Nach Messungen an einigen Anlagen liegen diese bei 3.700 Gramm pro Tonne Bioabfallinput.

ABB. 27: VERGÄRUNG VON BIO-ABFALL MIT ANSCHLIESSENDER FEST-FLÜSSIG-TRENNUNG DES GÄRRESTES – DARSTELLUNG DER NÄHRSTOFFGEHALTE IN % TS (QUELLE: ABFALL-WIRTSCHAFTSBETRIEB WETTERAUKEIS)





Die wesentliche Emissionsquelle ist die Methanverschleppung über den Feststoffaustrag aus dem Fermenter. Restmethangehalte in den Poren des Gärückstandes lassen sich nicht vollständig vermeiden.

Mögliche Maßnahmen zur Minderung der Methanemissionen sind eine gezielte Aerobisierung in einem geschlossenen System und die Behandlung der Abluft. Auch die Nachrotte sollte zumindest in Anteilen geschlossen ausgeführt und die Abluft entsprechend gefasst und behandelt werden.

Der zu behandelnde Abluftvolumenstrom liegt deutlich über dem Bedarf an Verbrennungsluft für das betriebseigene BHKW. Das gilt umso mehr, wenn über dieses BHKW nur ein Teil des erzeugten Biogases genutzt wird. Das zu behandelnde Abluftvolumen muss demnach entsprechend klein gehalten werden, oder es bedarf einer (externen) Verbrennungslösung. Günstig ist demnach die Nachbarschaft zu einer größeren Verbrennungsanlage mit entsprechendem Zuluftbedarf. Im Zweifel sollte über eine RTO oder eine Schwachgasfackel eine gezielte Abluftverbrennung analog der an Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlagen typischen Lösungen zur Emissionsminderung erfolgen (Schultz 2011).

Die Unterbindung diffuser Biogas- beziehungsweise Methanleckstellen ist ebenfalls ein Optimierungsansatz mit hoher ökologischer Bedeutung (Häring et al. 2010). Leckstellen resultieren häufig beispielsweise aus Montage- und Installationsfehlern oder Wartungsdefiziten und können in Summe bis zu 1 Prozent Gasverlust/Jahr beitragen. Die Leckstellen lassen sich bei bestehenden Anlagen durch regelmäßige Kontrollgänge identifizieren.

5.2.4 Nachrotte des Gärückstandes

Der feste Gärrest aus der mechanischen Entwässerung muss für die weitergehende Konditionierung einen ausreichenden Strukturanteil und genügend organische Substanz für die Nachkompostierung enthalten. Bei Bedarf kann Strukturmaterial, zum Beispiel Grünabfall, Material aus der Landschaftspflege oder Siebüberlauf aus der Kompostaufbereitung, dem Gärrest zugegeben werden.

Im Gegensatz zu Kompostprodukten mit einem Rottegrad II bis III aus der aeroben Intensivrotte weisen Gärreste mit gleichem Rottegrad ein deutlich höheres Geruchsemissionspotenzial auf, das insbesondere durch Ammoniak hervorgerufen wird, das sich bei der Mineralisierung der organischen Stickstoffverbindungen im Gärmaterial bildet. Die Nachrotte sollte mit einer intensiven aktiven Be- und Entlüftung durchgeführt werden, da bei der Umstellung auf die aerobe Behandlung in diesem Zeitraum verstärkt Ammoniak, klimarelevante Schadstoffe und Geruchsemissionen freigesetzt werden. Die Prozessführung in dieser Umstellungsphase ist daher auch einer der sensiblen und kritischen Punkte bei der Bioabfallvergärung.

Geschlossene Kompostierungsverfahren, wie Boxen-, Container-, Tunnel- und Zeilenverfahren, sind in Verbindung mit Biofiltern und Wäschern besonders für die Austreibung der Geruchsstoffe geeignet. Weiterhin bieten diese Verfahren den Vorteil, dass im Rahmen der Nachrotte eine Hygienisierung durch eine Selbsterhitzung des Materials oder aber eine Erwärmung der Zuluft in kurzer Zeit sicher erreicht werden kann.

DIE UNTERBINDUNG DIFFUSER BIOGAS- BEZIEHUNGSWEISE METHANLECKSTELLEN IST EIN OPTIMIERUNGSANSATZ MIT HOHER ÖKOLOGISCHER BEDEUTUNG.

Für die Umstellung der anaeroben auf die aerobe Prozessführung bieten die diskontinuierlichen Boxenverfahren den prinzipiellen Vorteil, dass sie direkt in der Box erfolgen kann und somit die in dieser Phase auftretenden Emissionen prinzipiell komplett gefasst und einer Behandlung zugeführt werden können.

Eine geschlossene Ausführung der gesamten Nachrotte/Nachreife ist nicht zwingend erforderlich, sodass eine Kombination aus geschlossenem und offenem Verfahren eingesetzt werden kann.

Die Dauer der Nachrotte variiert in Abhängigkeit von dem angestrebten Reifegrad zwischen zwei und acht Wochen.

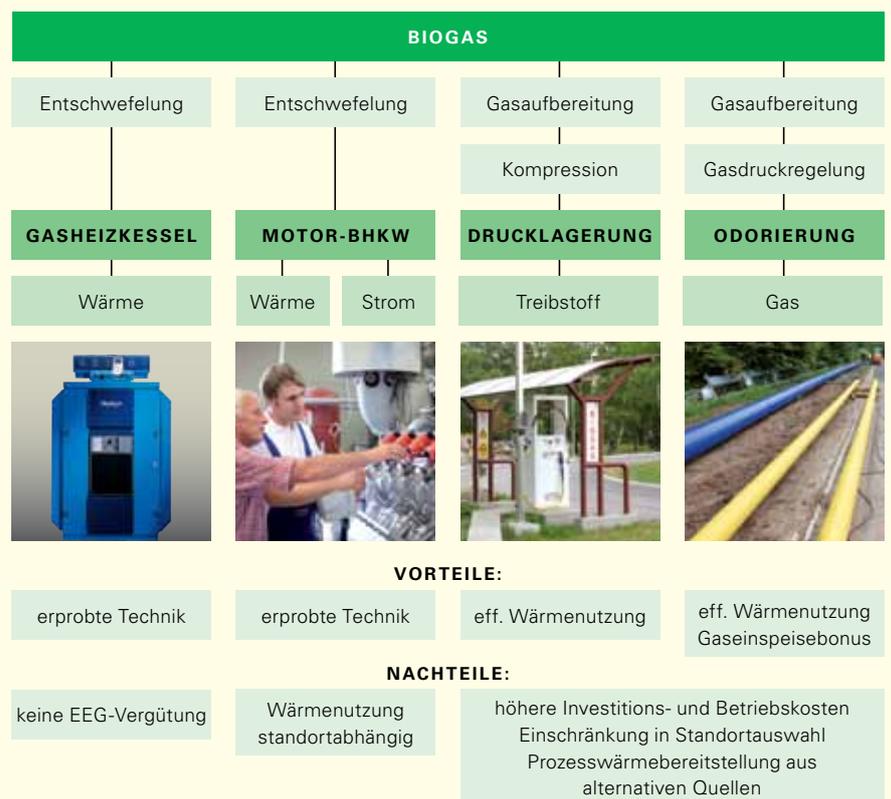
5.3 Nutzung der Überschussenergie – Biogasverwertung

Aus ökologischer Sicht ist die Nutzung des Biogases zur Erzeugung elektrischer Energie über ein BHKW, das heißt in Kraft-Wärme-Kopplung, am vorteilhaftesten. Da die Biogaserzeugung rund um die Uhr erfolgt, erfolgt die Verstromung beziehungsweise Einspeisung klassisch in Grundlast. Sie erfolgt demnach in Konkurrenz zu anderen Grundlaststromerzeugungen und damit zur Stromerzeugung beispielsweise aus Kernenergie und Kohle, die eine hohe Umweltrelevanz haben. Mit einem BHKW ist ein elektrischer Wirkungsgrad von etwa 40 Prozent möglich. Höhere Gesamtwirkungsgrade sind damit nur dann zu erreichen, wenn die verbleibende Überschusswärme möglichst umfassend genutzt werden kann.

Eine effiziente Nutzung der im Biogas gespeicherten Energie trägt zu einer ökologischen und ökonomischen Verbesserung der Gesamtkonzepte bei, sodass der Energienutzung und damit der Auswahl des Energieerzeugungsaggregates eine große Bedeutung zukommt.

Die Konzepte basieren in der Regel auf einer Biogasnutzung in einem BHKW. Die wirtschaftlich und ökologisch attraktivste Lösung ist anhand der standortspezifischen Gegebenheiten der Vergärungsanlage, aber auch der potenziellen Wärmeabnehmer

ABB. 28: ÜBERSICHT ZU BIOGASNUTZUNGSKONZEPTEN



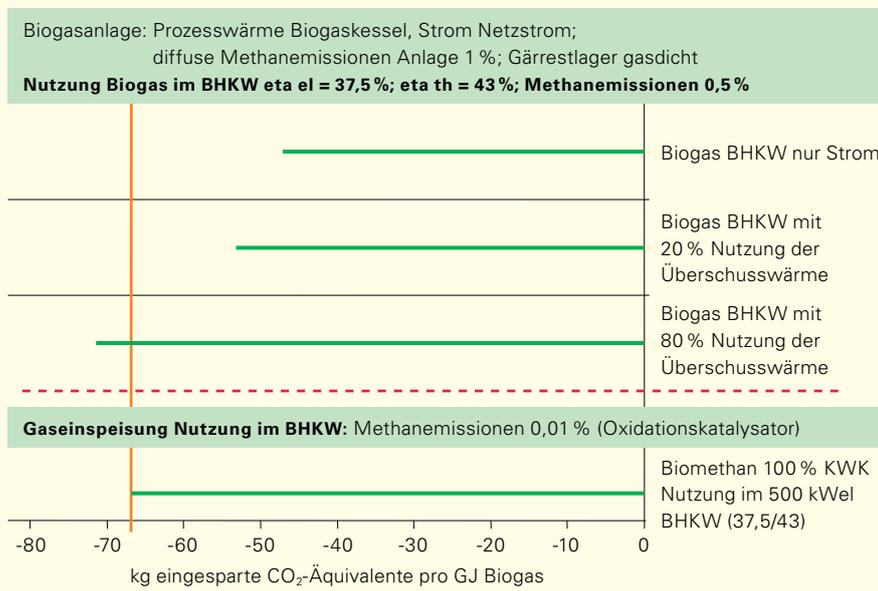
zu ermitteln. Je nach Wärmenutzungskonzept ist ein unterschiedlicher Aufwand für die Gaskonditionierung notwendig.

Bioabfallbehandlungsanlagen werden – wie die meisten anderen Abfallbehandlungsanlagen – meist relativ weit von Siedlungsgebieten entfernt errichtet. Da der Bau von Transportleitungen für Wärme mit hohem finanziellem Aufwand verbunden ist – vergleichsweise großer Rohrquerschnitt und Aufwand zur Wärmeisolation – sind Mikrogasnetze eine sinnvollere Alternative. Nach diesem Konzept wird das Biogas selbst über entsprechende Gasleitungen zu Standorten transportiert, die einen hohen kontinuierlichen Wärmebedarf über das ganze Jahr versprechen. Da Biogasanlagen einen Eigenbedarf an Wärme (und Strom) haben, muss ein entsprechend dimen-

sionierter Anteil des Biogases vor Ort in einem BHKW energetisch genutzt werden. Alternativ kann die Wärmeerzeugung an den Vergärungsanlagen auch über einen mit Hackschnitzeln aus Grünabfällen befeuerten Kessel erfolgen.

Ab einer Anlagengröße von mehr als 35.000 Jahrestonnen Durchsatz an Bioabfall wird auch eine Aufbereitung von Biogas zu Erdgasqualität – Anreicherung des Methans – wirtschaftlich interessant. In diesem Falle kann das so hergestellte Biomethan in ein Erdgasnetz eingespeist werden, um rechnerisch an anderer Stelle entnommen effizient genutzt werden zu können. Eine Teilmenge des Biogases muss zur Energieversorgung der Vergärungsanlage genutzt werden (siehe oben). Auch bei dieser Lösung ist aus ökologischer Sicht die Nutzung zur Produktion von elektrischer Energie deutlich einer Nutzung zur reinen Wärmeerzeugung oder als Fahrzeugtreibstoff vorzuziehen.

ABB. 29: NUTZUNGSOPTIONEN FÜR BIOGAS AUS ÖKOLOGISCHER SICHT (IFEU, IE, TU BERLIN, ÖKO-INSTITUT, FH BERLIN 2008)



5.3.1 Verstromung über ein BHKW in Kraft-Wärme-Kopplung

Die bei Weitem überwiegende Nutzung von Biogas findet über die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken (BHKW) statt, die meist in unmittelbarer Nähe zur Biogasanlage betrieben werden. Die BHKW erreichen in der Praxis in Abhängigkeit von der Modulgröße elektrische Wirkungsgrade bis 40 Prozent und thermische Wirkungsgrade von etwa 45 Prozent. Die Weiterentwicklung der Motorentechnik hat jedoch dazu geführt, dass zwischenzeitlich leistungsstärkere Aggregate auch elektrische Wirkungsgrade von 41 bis 42 Prozent erreichen.

Für einen wirtschaftlichen Betrieb sollten etwa 8.000 Vollast-Jahresbetriebsstunden des BHKW erreicht werden, die restlichen Zeiten begründen sich durch Teillastbetrieb oder Stillstandszeiten aufgrund von Wartungs- und Reparaturarbeiten. Ein Teil der erzeugten Wärme wird zur Beheizung der Fermenter benötigt. Der Prozesswärmebedarf wird hierbei durch die Prozessführung beeinflusst und ist bei der kontinuierlichen Trockenfermentation höher als bei diskontinuierlicher Trockenfermentation (rd. 10 Prozent). Insbesondere bei thermophilem Anlagenbetrieb im Temperaturbereich zwischen 50 und 55 °C ist dieser Anteil deutlich höher. Während der Wintermonate, wenn die externe Wärmeabnahme groß ist, ist auch der Eigenverbrauch der Biogasanlage am höchsten (vgl. Abbildung 30).

Alternativ zu Blockheizkraftwerken werden an ersten Praxisanlagen auch Mikrogasturbinen eingesetzt. Trotz geringeren elektrischen Wirkungsgrad (+/-30 Prozent) bieten diese Aggregate durch erheblich geringeren Wartungsaufwand und bessere Abwärmenutzungsoptionen (das gesamte Abwärmepotenzial fällt in einem Wärmestrom mit einem hohen Temperaturniveau von 250 °C bis 300 °C an) je nach Rahmenbedingungen Vorteile. Der Einsatz von Brennstoffzellen im Bereich von Abfallvergärungsanlagen ist derzeit noch selten, erste Erfahrungen werden aber derzeit gesammelt.

Neben dem Einsatz alternativer Energieerzeugungsaggregate können durch die Entwicklung von Gesamtkonzepten ökologisch und ökonomisch verbesserte Projekte umgesetzt werden. Hierbei spielen die typischen Standorte von Bioabfallvergärungs-

TAB. 6: BEISPIELHAFTE AUSWAHL VON WIRKUNGSGRADEN VERSCHIEDENER BHKW-TYPEN

Anbieter	Aggregatetyp	Brennstoffleistung	elektrischer Wirkungsgrad	thermischer Wirkungsgrad
2G Bio-Energetechnik GmbH	agenitor 208	2.736 kW	40,0 %	45,0 %
	avus 1000c	745 kW	41,3 %	43,7 %
eneertec-Kraftwerke GmbH	et-150 BG-LH	390 kW	38,5 %	46,9 %
	et-191 BG-MA	495 kW	38,6 %	47,1 %
GE Jenbacher GmbH	JMS208	851 kW	38,7 %	46,2 %
	JMS412	2.025 kW	41,7 %	42,1 %
	JMS612	3.916 kW	41,8 %	43,5 %
	JMS620	6.606 kW	41,8 %	44,0 %
Haase-Energetechnik AG	HET-GBC 366	946 kW	38,7 %	45,9 %
	HET-GBC 1200	2.858 kW	42,0 %	41,5 %
	HET-GBC 1560	3.745 kW	41,7 %	42,1 %
Kuntschar u. Schlüter GmbH	GTK 250 B	657 kW	38,1 %	49,6 %
	GTK 360 B	946 kW	38,4 %	50,0 %
MWM GmbH	TCG 2016 V16C	1.882 kW	42,5 %	43,0 %
	TCG 2020 V12	2.857 kW	42,0 %	43,9 %
	TCG 2032 V16	8.870 kW	42,5 %	43,4 %
Pro2 Anlagentechnik GmbH	BIEM1063	2.606 kW	40,8 %	46,2 %
	BIEM 600	1.413 kW	42,5 %	41,6 %
	BIEM 1200	2.858 W	42,0 %	42,4 %
	BIEM 1560	3.745 kW	41,7 %	42,7 %
	BIEM 104	271 kW	38,4 %	46,9 %
	BIEM 395	936 kW	39,0 %	45,5 %
SEVA Energie AG	SEV-MA 104 BG	271 kW	38,4 %	45,4 %
	SEV-MA 123 BG	339 kW	36,3 %	49,0 %
	SEV-MA 800 BG	1.882 kW	42,5 %	40,7 %

FERMENTERHEIZUNG (JAHRESVERLAUF)

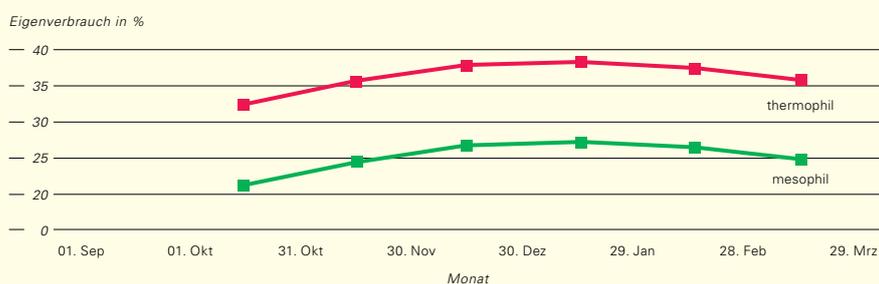


ABB. 30: WÄRMEEIGENBEDARF VON VERGÄRUNGSANLAGEN IN DEN WINTERMONATEN (EXEMPLARISCHE DARSTELLUNG) (UBA, 2010)

anlagen in größerer Entfernung von Wohn- und Gewerbebebauung eine besondere Rolle. Dadurch bedingt bieten „Abfallbehandlungsstandorte“ häufig keine optimalen Voraussetzungen für eine Wärmenutzung, sodass die erzeugte Wärme zumeist nur zum Betrieb der Vergärungsanlage selbst beziehungsweise zum Nachbereiten/Trocknen von Gärresten und Kompost sowie anderen Substraten verwendet werden kann.

Sind in einem Umkreis von 5 bis 10 Kilometern um eine Biogasanlage potenzielle Wärmeabnehmer mit einem guten, ganzjährigen Wärmebedarf vorhanden, bietet sich die Verlegung einer Biogasleitung an. Dabei kommen PE-Rohrleitungen zum Einsatz, die unter Beachtung der entsprechenden Regeln des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) frostfrei zu verlegen sind. Zum störungsfreien Transport ist das Biogas zu trocknen, ggf. enthaltene Partikel sind abzuscheiden, und in Abhängigkeit von der Leitungslänge ist es mit einem ausreichenden Vordruck zu versehen.

Die Investitionskosten sind in Abhängigkeit der spezifischen Gegebenheiten vor Ort unterschied-

lich. Liegen die Trassen außerhalb bebauter Gebiete und müssen keine Verkehrsstrassen gequert werden, lassen sich für die grabenlose Bauweise spezifische Kosten von 30 bis 50 Euro pro laufenden Meter ansetzen. Für die Abschnitte innerhalb der Siedlungsgebiete liegen die Kosten dagegen bei mehr als 100 Euro pro laufenden Meter. Die Betriebsaufwendungen für Verdichtung und Kühlung sind gering. Mit dieser Lösung eines dezentralen BHKW ist immer die Notwendigkeit verbunden, am Standort der Biogasanlage anderweitig die Wärmeversorgung der Fermenter sicherzustellen. Dies wird in der Regel über ein auf den maximalen Wärmebedarf ausgelegtes Biogas-BHKW vor Ort sein.

Bei der Verbrennung des Biogases in BHKW treten durch eine unvollständige Verbrennung Emissionen von Methan auf. Erste Untersuchungen zur Quantifizierung der Emissionen und zur Ermittlung der Einflussgrößen wurden bereits durchgeführt. Derzeit wird davon ausgegangen, dass etwa 0,5 Prozent der Methanmenge als Verlust bei der Verwertung in einem Gasmotor auftreten (IFEU & Partner, 2008).

5.3.2 Vermarktung von Strom und Überschusswärme

GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Biogas sind wichtige Randbedingungen, die die Vermarktung von Strom und Überschusswärme und vor allem deren ökonomische Bewertung deutlich beeinflussen. Sie unterliegen einem recht raschen Wandel, sodass diese im Planungsfalle jeweils aktuell zu analysieren sind.

TAB. 7: REGELUNGEN DES ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZES (EEG) 2012

EEG 2012	VERGÜTUNGEN IN CENT/KWH		
nach 2013 direkt nur für Anlagen mit einer Leistung < 750 kW; für Anlagen mit größerer Leistung erfolgt nach 2013 eine Vergütung in gleicher Höhe durch Kombination von Direktvermarktung und Marktprämie (§ 33 a - h)			
INST. ELEKT. LEISTUNG	BIS 500 KW	AB 500 KW BIS 20 MW	
Inbetriebnahme bis 31.12.2012	16,00	14,00	
Degression 2 % pro Jahr ab 2013			
Inbetriebnahme bis 31.12.2015	15,06	13,18	
Inbetriebnahme bis 31.12.2016	14,76	12,91	
Inbetriebnahme bis 31.12.2017	14,46	12,65	
Inbetriebnahme bis 31.12.2018	14,17	12,40	
Inbetriebnahme bis 31.12.2019	13,89	12,15	
Gasaufbereitungs-Bonus	bis 700 Nm ³ /h-Anlage	bis 1.000 Nm ³ /h-Anlage	bis 1.400 Nm ³ /h-Anlage
	3,0	2,0	1,0

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 enthält gegenüber der derzeitigen Regelung zahlreiche Änderungen:

- Die Vergütung für Strom aus Bioabfällen beträgt 16 Cent pro Kilowattstunde bis zu einer Bemessungsleistung von 500 Kilowatt und 14 Cent pro Kilowattstunde bis zu einer Bemessungsleistung von 20 Megawatt;
- ein Anspruch auf Vergütung besteht nur, wenn durchschnittlich mindestens 90 Massenprozent Bioabfälle im Sinne der Abfallschlüsselnummern 20 02 01, 20 03 01 und 20 03 02 verarbeitet werden;
- die oben genannte Vergütung wird für Anlagen, die nach dem 31.12.2013 in Betrieb genommen werden, nur gewährt, falls die installierte Leistung der Anlage 750 Kilowatt nicht überschreitet;
- bei Anlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 750 Kilowatt, die nach dem 31.12.2013 in Betrieb genommen werden, werden diese Vergütungen in Kombination aus Direktvermarktung und Marktprämie gewährt – unter Berücksichtigung einer Managementprämie von 0,3 Cent pro Kilowattstunde im Jahr 2012, fallend auf 0,225 Cent pro Kilowattstunde ab dem Jahr 2015.
- eine Mindestverwertung der Abwärme von 60 Prozent wie bei der Biomasse (§ 27) besteht nicht;
- ein Vergütungsanspruch besteht nur, wenn eine Einrichtung zur Nachrotte der festen Gärrückstände am Anlagenstandort vorhanden ist und eine stoffliche Verwertung der Gärrückstände vorgenommen wird;
- die Kombination mit Vergütungen für die Stromerzeugung aus als Biomasse anerkannten Materialien ist nicht möglich.



Die Degression der Vergütung und des Gasaufbereitungs-Bonus wurde von derzeit 1 Prozent auf 2 Prozent ab dem Jahr 2013 erhöht. Dabei wird die Verringerung der Vergütung bei der Verwertung von Biomasse auf den einsatzstoffunabhängigen Anteil begrenzt, während die Vergütung für die Verwertung von Bioabfällen und Gülle in Vergärungsanlagen mit einer installierten Leistung von weniger als 750 Kilowatt ebenso wie für die Einspeisung von aufbereitetem Biogas in ein Erdgasnetz der Degression unterliegt.

Der Strom aus Bioabfallverwertungsanlagen, die nach dem 31.12.2013 in Betrieb gehen und eine installierte Leistung von mehr als 750 Kilowatt aufweisen, muss direkt vermarktet werden. Voraussetzung ist dabei die Durchleitung des Stroms durch ein Netz. Die Direktvermarktung kann hierbei entweder durch Lieferverträge mit Dritten oder aber an der Strombörse erfolgen. Damit die Betreiber der Biogasanlagen nicht schlechter gestellt werden, erhalten sie neben den Verkaufserlösen eine sogenannte Marktprämie. Die Marktprämie ist die Differenz zwischen dem durchschnittlichen Börsenpreis für den erzeugten Strom und der jeweiligen Einspeisevergütung gemäß dem EEG. Liegen die Verkaufserlöse über dem durchschnittlichen Börsenpreis, kann der Anlagenbetreiber somit über der EEG-Vergütung liegende Erlöse erzielen. Durch die Marktprämie wird vom Gesetzgeber das Ziel verfolgt, die erneuerbaren Energien an den Strommarkt heranzuführen.

Ergänzend zur Marktprämie wurde eine sogenannte Flexibilitätsprämie eingeführt, deren Ziel es ist, die Stromerzeugung nachfrageorientiert zu gestalten.

Die Anlagenbetreiber, die zusätzliche installierte Leistung für eine bedarfsorientierte Stromerzeugung bereithalten, können von dem Netzbetreiber die Flexibilitätsprämie verlangen, falls der gesamte Strom direkt vermarktet wird. Durch die Flexibilitätsprämie sollen Investitionen in größere Generatoren und Gasspeicher gefördert werden, um die Stromerzeugung entsprechend der Nachfrage zeitlich zu verschieben und somit in Tageszeiten mit einem hohen Strombedarf zu verlegen.

Neben dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), welches feste Vergütungssätze auch für den aus der Biogasverwertung erzeugten Überschussstrom gewährt, verbunden mit einer Anschluss- und Abnahmeverpflichtung für den jeweiligen Netzbetreiber, ist auch das Erneuerbaren-Energien-Wärmege-
setz (EEWärmG) zu nennen. Hierüber wird eine Pflicht zur anteiligen Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung nur für vor allem Neubauten vorgeschrieben, wobei auch Biogas als Energieträger genannt ist. Biogas muss in Kraftwärmekopplungsanlagen genutzt werden. Alternativ zur direkten Nutzung kann auch Abwärme genutzt werden. Diese bei einer Neubauquote von rund 0,5 Prozent steigende Nachfrage wird mittelfristig die Vermarktungssituation von Überschusswärme positiv beeinflussen. Nur in Baden-Württemberg wurde auf Basis des EEWärmG die Nutzungsverpflichtung auch auf Bestandsgebäude ausgeweitet. Generell muss bei einem Austausch der Heizungsanlage 10 Prozent der Wärme durch erneuerbare Energien erzeugt werden.

DIE BEI EINER NEUBAUQUOTE VON RUND 0,5 PROZENT STEIGENDE NACHFRAGE WIRD MITTELFRISTIG DIE VERMARKTUNGSSITUATION VON ÜBERSCHUSSWÄRME POSITIV BEEINFLUSSEN.

DERZEITIGE KOSTENSITUATION

Die Kosten für die Biogasnutzung bei einer Vor-Ort-Verstromung inklusive der Nebeneinrichtungen lassen sich nach Schultz (2011) in Abhängigkeit von der Anlagengröße mit ca. 1500 Euro pro Kilowatt installierte Leistung (für Anlagen mit 190 Kilowatt) bis knapp 700 Euro pro Kilowatt (für Anlagen mit 5 Megawatt) beziffern. Der Anteil für die Anbindung an das Stromnetz liegt dabei zwischen 15 Prozent und 10 Prozent.

Erfolgt die Biogasnutzung nicht über ein BHKW vor Ort, sondern am Standort einer bedeutenden Wärmesenke, müssen zusätzliche Investitionskosten für die Biogasleitung sowie für ein zweites BHKW berücksichtigt werden. Das zweite BHKW dient wärmegeführt der Deckung des Heizwärmebedarfes für die Fermenter.

ABNEHMER FÜR ÜBERSCHUSSWÄRME

Ein Teil der bei der Verstromung anfallenden Wärme wird vor Ort zur Aufrechterhaltung des Gärprozesses der Biogasanlage benötigt. Die biologischen Prozesse müssen im mesophilen oder thermophilen Temperaturbereich gehalten werden, wozu sie in Abhängigkeit der Außentemperaturen beheizt werden müssen. Die vermarktbare Überschusswärme ist demnach in den Sommermonaten am höchsten und in den Wintermonaten am geringsten.

Angesichts der Charakteristik der Überschusswärme erfolgt deren Vermarktung in der Regel als Heißwasser, das heißt in einem relativ geringen Temperaturniveau.

Die klassische Nutzung der Überschusswärme zur Beheizung verspricht angesichts der oben genannten Randbedingungen nur begrenzt optimale Absatzmöglichkeiten. Der große Wärmeüberhang in den Sommermonaten lässt sich hiermit tendenziell nicht auffangen. Sinnvoll sind insbesondere diejenigen Wärmesenken, die über das ganze Jahr verteilt einen gleichbleibenden Wärmeabsatz versprechen oder idealerweise gerade im Sommer einen steigenden Bedarf aufweisen.

Mögliche beziehungsweise typische Absatzwege sind:

- Aquakulturen
- Bereitstellung von Wärme für die Frucht- und Gemüsesafterstellung
- Gewächshausbeheizung
- Nahwärmenetze; Gebäudebeheizungen
- Trocknungsanlagen
- Wärmebereitstellung für Wäschereien
- Kältenetze

Gerade *Aquakulturen* in Kreislaufanlagen (für Süßwasserfische) haben einen nennenswerten Wärmebedarf. Die Anlagen stehen in Hallen mit Produktionsbecken, in denen die Fische gemästet werden. In den Anlagen wird ein natürliches System der optimalen Wachstumsbedingungen simuliert, was neben der Futterzufuhr etc. auch die Bereitstellung optimaler Wassertemperaturen bedeutet. Auch für die Erwärmung der Frischluft in der Halle ist Wärme notwendig.

Die *Frucht- und Gemüsesafterstellung* benötigt Wärme bei den Prozessschritten Reinigung der Früchte und der Anlage, Entsaftung, Herstellung der Kon-

ANGESICHTS DER CHARAKTERISTIK DER ÜBERSCHUSSWÄRME ERFOLGT DEREN VERMARKTUNG IN DER REGEL ALS HEISSWASSER.



zentrate sowie Pasteurisation. Basis ist meist ein Dampfsystem, aus dem an den verschiedenen Stellen die benötigten Wärmemengen entnommen werden. Für die verschiedenen thermischen Prozesse werden unterschiedliche Temperaturniveaus benötigt. So gibt es einen Warmwasserkreislauf, der mit Temperaturen bis 90 °C beschickt wird sowie ein druckbetriebenes Dampfsystem mit Temperaturen von 120 °C bis 200 °C. Letzteres könnte sinnvollerweise über einen Wärmetauscher aus dem Abgas des Biogas-BHKWs gespeist werden. Derartige Anlagen benötigen nicht das ganze Jahr über Wärme, viele gerade kleinere Betriebe arbeiten nur saisonal.

Die Abnahme von Überschusswärme durch Gärereibetriebe zur *Beheizung der Gewächshäuser* ist bereits durchaus üblich. Ideal sind größere Betriebe, sodass die Überschusswärme aus dem BHKW die Grundlast für die Beheizung abdecken kann. In Deutschland werden Gewächshäuser in der Regel zwischen Oktober und März beheizt. Mit Ausnahme des Sommers und in Abhängigkeit der regionalen klimatischen Bedingungen könnte aber auch in weiteren Monaten Heizenergiebedarf bestehen, nämlich zur Abdeckung der kälteren Nachtstunden.

Die *Kälteerzeugung* aus der Überschusswärme erfolgt mittels Absorptionskältemaschinen. Typische Bedarfe bestehen für die Lagerung von Lebensmitteln, Krankenhäuser, Laborgebäude, Molkereien und Brauereien, aber möglicherweise auch für die Einstellung der sommerlichen Raumtemperaturen in Bürogebäuden, Einkaufszentren und ähnlichen Einrichtungen.

Sollen diese Einrichtungen mit Kälte versorgt werden, bedarf es des Aufbaus eines Wärmenetzes. Die Kälteerzeugung erfolgt jeweils bei den Kunden vor Ort. Ist keine Einspeisung in ein größeres Wärmenetz möglich, ist der Aufbau derartiger Abnahmestrukturen mit hohen Investitionskosten verbunden. In Abhängigkeit der bereitgestellten Wärmemenge kann das Netz nur eine beschränkte Ausdehnung aufweisen.

Nahwärmenetze dienen oft der Verteilung von Wärme an einzelne Gebäude zur Raumbeheizung und Warmwassererzeugung. Der Wärmeträger ist heißes Wasser mit einem Temperaturniveau von etwa 80 °C. Ein voll ausgelastetes Netz ist nur in wenigen Stunden im Jahr zu erreichen. Die Lieferung der Überschusswärme des BHKW erfolgt zur Deckung der Grundlast. Es müssen immer auch Systeme vorgehalten werden, die zur Deckung des Spitzenbedarfs und gleichzeitig als Reserveheizung dienen können.

Potenzielle Wärmeabnehmer sind Schwimmbäder, mehrgeschossige Wohn- oder Bürogebäude, Wohnheime, Schulen, kommunale Einrichtungen, Krankenhäuser, Schlachthöfe, Molkereien, Holz-trocknungsanlagen, Wäschereien sowie Industrie- und Gewerbebetriebe, die Wärmeenergie als Prozessenergie benötigen.

Die Nahwärmenetze können in der Praxis unterschiedlich gestaltet sein. Sie können an einem auf der Biogasanlage lokalisierten BHKW ansetzen und versuchen, in der unmittelbaren Nachbarschaft ausreichend Wärmesenken zu finden. Sinniger kann es sein, über Mikrogasnetze das aufberei-

te Biogas an Orte/Betriebe zu leiten, die einen hohen, über das Jahr gleichbleibenden Bedarf an Wärme aufweisen, sodass dort das BHKW zur Verstromung errichtet, betrieben und die dort anfallende Überschussenergie genutzt wird. Derartige Konzepte sind energetisch tendenziell wesentlich effektiver, wobei auf den Eigenbedarf der Biogasanlage an Wärme (und Strom) zu achten ist.

RECHERCHE NACH VERMARKTUNGSMÖGLICHKEITEN VON ÜBERSCHUSSENERGIE

Die Vermarktungsmöglichkeiten für Wärme zu recherchieren ist schwierig. Zwar sind die Branchen mit Wärmebedarf im Ansatz bekannt, die betriebliche Ausrichtung innerhalb dieser Branchen ist jedoch so groß, dass pauschale Angaben zum Energiebedarf beispielsweise in Abhängigkeit der Beschäftigtenzahl oder der Produktionsleistung in der Regel nicht möglich sind.

Eine Studie für die Bundesministerien für Wirtschaft und Umwelt (Schloman 2009) liefert eine gute Übersicht über den Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und dies auch als Wärme- beziehungsweise Brennstoffverbräuche pro Bezugseinheit, das heißt pro Beschäftigte oder auch wie beispielsweise bei Krankenhäusern pro Planbett. Mit diesen Kennzahlen lassen sich demnach mit Wirtschaftsinformationen für Teilregionen Energieverbrauchszahlen hochrechnen. Pro Betriebsfläche bestätigt sich der hohe spezifische Wärme- und Kältebedarf von Bädern (Raumheizung, Warmwasserbereitung), des Backgewerbes (Backöfen), von Wäschereien (Waschen/Trocknen/Mangeln etc.), des Gartenbaus (Gewächshäuser/Kühlung), der Landwirtschaft

(Kühlung/Trocknung), von Fleischereien/Metzgereien (Kühlung), von Beherbergungsbetrieben (Klimatisierung, Sauna) und von Krankenhäusern (Klimatisierung).

Im Idealfall sollten mit der Gewerbeaufsicht oder dem Immissionsschutz beauftragte Institutionen darüber informiert sein, an welchen Standorten in welchem Umfang Wärmeenergie benötigt wird, und einen entsprechenden Fingerzeig geben oder in Rücksprache mit den jeweiligen Firmen einen Kontakt herstellen können. Zentrale Register und andere Verzeichnisse, in denen Informationen zum Wärmebedarf abgelegt sind, sind nicht bekannt. Im Zuge der Recherche nach Vermarktungsmöglichkeiten muss mit den jeweiligen Firmen gerade aus dem produzierenden Gewerbe Kontakt aufgenommen werden.

Die Strom- und Gasnetzbetreiber sind gesetzlich zur umfassenden Veröffentlichung von Informationen verpflichtet. In einem Leitfaden für die Internet-Veröffentlichungspflichten der Stromnetzbetreiber, herausgegeben von der Bundesnetzagentur, sind die Sachverhalte und Daten aufgeführt, die über einen Netzzugang veröffentlicht werden müssten. Allerdings kommen die Unternehmen diesen Pflichten bislang nur unzureichend nach oder die Informationen sind sehr schwer auffindbar.

Wärmenetze werden meist von Stadtwerken betrieben. Es kann sich dabei sowohl über große regionale Netze wie auch kleine Insellösungen beispielsweise zur Versorgung einzelner kommunaler Einrichtungen handeln. Inwieweit für diese

IM ZUGE DER RECHERCHE NACH VERMARKTUNGSMÖGLICHKEITEN MUSS MIT DEN JEWEILIGEN FIRMEN GERADE AUS DEM PRODUZIERENDEN GEWERBE KONTAKT AUFGENOMMEN WERDEN.

Netze Ausbaupotenziale bestehen oder die Wärmeerzeugung auf Biogas umgestellt werden könnte, kann nur im direkten Kontakt mit den jeweiligen Netzbetreibern ermittelt werden.

5.3.3 Einspeisung in das Erdgasnetz

Über die Bundesnetzagentur kann eine Liste der bundesweit tätigen Gasnetzbetreiber bezogen werden. Wie auch bei den Stromnetzbetreibern ist jedoch auch hier die Informationslage eher dürftig. Die regionale und lokale Situation konnte bis vor Kurzem über frei verfügbare Karten eingesehen werden. Seitdem sind diese Informationen unter <http://gasnetzbetreiber.de/kartefuergis.php> oder http://energiemarktdaten.de/Gas_EMD_6.aspx zu erhalten. Über die Internetauftritte der bundesweit tätigen Gasnetzbetreiber lassen sich weitere Informationen beispielsweise zu nachgelagerten Gasnetzen beziehen.⁴ Über Kontaktaufnahme mit den Netzbetreibern lassen sich dann abschließend die Konditionen zur Einspeisung von Biomethan ermitteln.

Sofern in einem Umkreis von bis zu 10 Kilometern um die Biogasanlage eine geeignete Einspeisemöglichkeit vorhanden ist, kann die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und seine anschließende Einspeisung interessant sein. Diese Form der Biogasnutzung kommt jedoch zumeist nur für größere Vergärungsanlagen in Frage.

Zur Aufbereitung muss im Wesentlichen durch Abtrennung des Kohlendioxids der Brennwert des Biogases angehoben werden. Weiterhin sind störende Begleitgase wie Schwefelwasserstoff und Wasserdampf abzutrennen sowie die Anforderungen der DVGW-Arbeitsblätter G260 und G262 einzuhalten. In der Regel ist vor der Einspeisung eine Angleichung des Brennwertes des aufbereiteten Biogases an die Erdgasqualität durch die Zudosierung von Flüssiggas erforderlich. Für die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität werden derzeit drei Verfahren angewandt:

- Druckwechselabsorption (PSA = Pressure Switch Adsorption);
- Druckwasserwäsche (DWW);
- Aminwäsche (MEA = Mono-Ethanol-Amin, DEA = Di-Ethanol-Amin).

Ein noch junges Verfahren sind die Membranverfahren, die z. Zt. in großtechnischen Anlagen in den Niederlanden, Frankreich und Österreich für die Gastrennung erprobt werden. Eine erste Anlage wurde 2010 in Deutschland errichtet.

⁴ Der Service der bisherigen Gasnetz-karte <http://www.gasnetz-karte.de/> steht ab dem 01.01.2011 nicht mehr zur Verfügung. Mit Inkrafttreten der neuen Gasnetz-zugangsverordnung am 09. September 2010 entfällt für die Netzbetreiber die Verpflichtung, im Internet eine gemeinsame Gasnetz-karte zu veröffentlichen.

TAB. 8: ÜBERSICHT ÜBER VERFAHREN DER BIOGASAUFBEREITUNG

	1	2	3	4	5	6
Verfahrensprinzip	Trockenreinigung (Adsorption)	Wäsche (physikalische Adsorption)	Chemische Wäsche (Adsorption)	Chemische Wäsche (Adsorption)	Membranverfahren (Adsorption)	Physikalische Wäsche (Adsorption)
Verfahrensvariante	PSA mit Kohlenstoffmolekularsieb	DWW	MEA	DEA	Polymermembran	Genosorb®
Trenneffekt	Bindung des Gases an Feststoff	Lösen von Gasen in einer Flüssigkeit	Lösen von Gasen in einer Flüssigkeit	Lösen von Gasen in einer Flüssigkeit	Unterschiedliche Durchlässigkeit	Lösen von Gasen in einer Flüssigkeit
	Bei erhöhtem Druck adsorbiert CO ₂ am Kohlenstoffmolekularsieb besser und schneller als CH ₄	CO ₂ physikalisch in Wasser gelöst	Chemische Reaktion	Chemische Reaktion	Unter hohem Druck ist eine Polymermembran für CO ₂ durchgängiger als für CH ₄	CO ₂ physikalisch in Waschlösung gelöst
Vorreinigung erforderlich	ja	nein	ja	ja	ja	nein
Arbeitsdruck	4–7 bar	4–7 bar	drucklos	drucklos	8–10 bar	4–7 bar
Methanverlust	< 3–10 %	< 1–2 %	< 0,1 %	< 0,1 %	5 %	2–4 %
Abgasbehandlung	ja	ja	nein	nein	ja	ja
spez. Stromverbrauch	0,25 kWh/Nm ³	< 0,25 kWh/Nm ³	< 0,15 kWh/Nm ³	< 0,15 kWh/Nm ³	0,35 kWh/Nm ³	0,25–0,33 kWh/Nm ³
Wärmebedarf	nein	nein	160 °C	160 °C	nein	55–80 °C
Regelbarkeit	± 10–15 %	50–100 %	50–100 %	50–100 %	k. A.	50–100 %
Referenzen	>20	>20	3	2	2	2

5.4 Fazit zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen

Wie aus den vorangegangenen Ausführungen deutlich wurde, gibt es eine Reihe von guten technischen und organisatorischen Lösungen, die es ermöglichen, ein aus abfallwirtschaftlicher beziehungsweise ökologischer und ökonomischer Sicht optimales Verwertungskonzept für einzelne Gebietskörperschaften zu entwickeln, und zwar gezielt zugeschnitten auf die spezifischen Verhältnisse vor Ort. Den spezifischen Verhältnissen vor Ort gilt besonderes Augenmerk.

1. ERMITTLUNG DER STOFFSTRÖME UND VERWERTUNGSEIGENSCHAFTEN

In einem ersten Schritt müssen die Stoffströme und deren Verwertbarkeit im Status quo erkannt werden. Dazu bedarf es einer Analyse der jeweiligen materialspezifischen Eigenschaften (TR, OS, Heizwert, Asche, Gaspotenzial). Da sich Mengen und Eigenschaften im Jahresverlauf ändern, sollte sich der Analysezeitraum über einen größeren Zeitraum erstrecken.



DIE ABFALLWIRTSCHAFTLICHEN VERHÄLTNISSSE IN EINER GEBIETSKÖRPERSCHAFT UND DEREN EINZELNEN SIEDLUNGSSTRUKTUREN SIND NIE EINHEITLICH UND HOMOGEN.

Die stoffliche Zusammensetzung der Bio- und Grünabfälle unterscheidet sich in den verschiedenen Gebietskörperschaften in Abhängigkeit der strukturellen Rahmenbedingungen. Dies hat Einfluss auf die Entsorgungs- beziehungsweise Verwertungseigenschaften.

Auch wenn die Erfassungsquote für Bio- und Grünabfälle erhöht werden soll (s. u.), was Auswirkungen nicht nur auf das Mengenaufkommen sondern auch auf deren Qualitäten haben kann, lassen sich hinreichend sichere Aussagen auch aus dem Status quo ableiten. Die abfallwirtschaftlichen Verhältnisse in einer Gebietskörperschaft und deren einzelnen Siedlungsstrukturen sind nie einheitlich und homogen. So lassen sich immer Orte, Teilgebiete, Straßenzüge oder Abfallanfallstellen ermitteln, die der Zielsetzung nahekommen und bereits die angestrebten Mengenflüsse (und damit auch Zusammensetzungen) aufweisen. Bei der Ermittlung der Stoffströme und Verwertungseigenschaften für Gesamtgebiete sind diese Gegebenheiten zu beachten.

2. ERMITTLUNG DES ENERGIEPOTENZIALS/ NUTZWERTES EINZELNER VERWERTUNGSLÖSUNGEN

Auf Basis der ermittelten Kennzahlen zu den Entsorgungs- und Verwertungseigenschaften der einzelnen Stoffströme lassen sich die potenziellen Erfolge aus deren Verwertung ermitteln. Dabei können die unterschiedlichen grundsätzlich möglichen Verwertungsansätze in ihren Erfolgen nebeneinandergestellt und verglichen werden.

Für Grünabfälle lassen sich aus den ermittelten Kennzahlen/Materialeigenschaften verschiedene Lösungen der Zuordnung von Teilströmen auf die Verwertungswege Holzhackschnitzel, Bioabfallvergärung und Kompostierung diskutieren. Von zentraler Bedeutung sind für den Bioabfall die vorhandenen Energiepotenziale sowie die erzielbaren Kompostmengen und -qualitäten.

3. ERMITTLUNG EINES OPTIMALEN KONZEPTE

Um aus den so entwickelten Potenzialen und den damit verbundenen technischen Behandlungs-/Verwertungslösungen ein ideales abfallwirtschaftliches Konzept für die jeweilige Gebietskörperschaft zu entwickeln, bedarf es nun einer Prüfung der Absatzmöglichkeiten insbesondere der Überschussenergie. Ein ideales Konzept findet nicht nur die auf die Entsorgungseigenschaften zugeschnittene technische Lösung. Ein ideales Konzept muss die damit verbundenen Nutzenpotenziale auch möglichst umfangreich tatsächlich in Wert setzen.

Um die Ressourcen möglichst optimal zu nutzen, sollte das über die Bioabfallverwertung erzeugte Biogas möglichst in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden, wobei nicht nur auf hohe Netto-Ausbeuten für elektrische Energie zu achten ist, sondern vor allem auf den Absatz der Überschusswärme. Da Strom nahezu überall in ein entsprechendes Netz eingespeist werden kann, ergibt sich die energetische Effizienz vor allem aus der Wahl eines Standortes für das Blockheizkraftwerk, das in Nachbarschaft zu einem Wärmekunden liegen sollte, der die Wärme unabhängig von der Jahreszeit möglichst vollständig nutzen kann. Dies können gewerbliche/industrielle Abnehmer sein. Es kann sich aber auch

um ein größeres Wärmenetz handeln, das die aus dem BHKW einzuspeisende Wärme in Grundlast auch in Zeiträumen schwacher Nachfrage aufnehmen kann. Die Wahl eines geeigneten Standortes für das BHKW und entsprechende Absatzmöglichkeiten bestimmen die Sinnfälligkeit der Bioabfallverwertung sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht entscheidend. Ein geeigneter Standort für eine Bioabfallbehandlungsanlage muss dabei nicht identisch mit dem BHKW-Standort sein. Im Zweifel lässt sich die Distanz auch mit einer Biogasleitung überbrücken.

Idealerweise wird die Bioabfallvergärungsanlage an einem bestehenden Kompostwerk errichtet, um diese Anlage auch weiterhin für die Nachrotte der Gärrückstände sowie die ganzen Einrichtungen der Peripherie nutzen zu können.

Lässt sich das Biogas nicht über ein BHKW und mit den gewünschten Erfolgen nutzen, besteht die Alternative der Aufbereitung zu Erdgasqualität und dessen Einspeisung in ein Erdgasnetz. Entsprechende Netze und mögliche Einspeisepunkte sind in der Regel vorhanden. Eine derartige Aufbereitung und Einspeisung ist jedoch mit einem größeren technischen und finanziellen Aufwand verbunden, sodass hierfür Mengenschwellen zu beachten sind.⁵ Diese Biogasmengen müssen aber nicht zwingend ausschließlich aus der Bioabfallbehandlungsanlage stammen. Hier kann sich eine Zusammenarbeit mit anderen auch landwirtschaftlichen Biogasanlagen anbieten, die in der Regel selbst keine optimalen Energienutzungskonzepte aufweisen.

Die so ermittelte Vermarktungssituation bestimmt dann in Kombination zu den Vermarktungsmöglichkeiten für die Komposte die Technikauswahl sowie das Stoffstrommanagement, das heißt die Zuordnung von Teilmengenströmen zu unterschiedlichen Aufbereitungsschritten. Für die abschließende Wahl der Behandlungstechnik muss die Absatzsituation für nährstoffreiches Überschusswasser (Gärrest flüssig) beachtet werden.

Sollte die Analyse der Absatzpotenziale gerade für die Überschussenergie zu keinem befriedigenden Ergebnis kommen, sollten Kooperationen mit benachbarten Gebietskörperschaften geprüft werden.

Ist mit diesem Schritt ein ideales, auf die spezifischen Verhältnisse vor Ort angepasstes Verwertungskonzept erarbeitet worden, gilt es abschließend Maßnahmen zu ergreifen, um auch die entsprechenden Mengen an Bio- und Grünabfällen als Ressourcen zu mobilisieren.

⁵ Angesichts des erkannten Problems gibt es derzeit Bestrebungen, kostengünstige technische Lösungen auch für kleinere Mengenströme zu entwickeln bzw. diese Lösungen zukünftig durch finanzielle Förderungen in der Praxis zu ermöglichen.

6. Erfassung von Bio- und Grünabfällen

Als Bioabfälle werden hier die Küchen- und Gartenabfälle bezeichnet, die in der Bio(abfall)tonne gesammelt werden. Davon abgegrenzt werden die über sonstige Systeme erfassten Gartenabfälle aus privaten Haushalten. Auf gewerbliche Grünabfallmengen oder Grünabfälle aus der Pflege öffentlicher Grünanlagen wird in diesem Kapitel nur bei Bedarf und kurz eingegangen. Nach dieser Definition werden Bio- und Grünabfälle entweder

- in der Biotonne oder weiteren Erfassungssystemen getrennt erfasst,
- nach Eigenkompostierung auf eigenen Flächen genutzt,
- ohne Kompostierung in der Landschaft entsorgt oder
- der Restmülltonne zugeführt.

6.1 Potenziale

Nach Henssen (2009) fallen je Einwohner und Jahr 50 bis 80 Kilogramm Küchenabfälle und je nach Siedlungsstruktur 30 bis 300 Kilogramm private Gartenabfälle an. Daraus ergeben sich 80 bis 380 Kilogramm private Bioabfälle je Einwohner und Jahr.

Bei der bisherigen getrennten Erfassung von Bioabfällen in Deutschland fallen die höchsten Mengen bis zu mehr als 200 Kilogramm je Einwohner und Jahr in Gebieten mit einer Siedlungsdichte kleiner 1.000 Einwohner pro Quadratkilometer an. In verdichteten Gebieten, bei über 2.000 Einwohner pro Quadratkilometer, werden bisher nicht mehr als 50 Kilogramm je Einwohner und Jahr Bioabfälle gesammelt (Henssen 2009).

Die bundesweit zusätzlich zu den Mengen in der Biotonne durchschnittlich gesammelte Grüngutmengemenge liegt bei 54 Kilogramm je Einwohner und Jahr. Die Ländermittel schwanken zwischen 6 Kilogramm je Einwohner und Jahr und 267 Kilogramm je Einwohner und Jahr. Die exakte Abgrenzung zwischen Mengen aus Haushalten und Gewerbe beziehungsweise öffentlichen Grünflächen ist nicht möglich (Henssen 2009).

Aufgrund der Tatsache, dass erhebliche Anteile der privaten Grüngutmengen über die Biotonne erfasst werden (können), ist die Angabe von Bio- und Grüngutpotenzialen aus Haushalten nur im Zusammenhang sinnvoll zu bewerten. Die Ausgestaltung der Sammelsysteme entscheidet wesentlich darüber, wie sich die getrennt erfassten Mengen zwischen der Biotonne und den anderen Erfassungssystemen verteilen. Über die Größe der Biotonne, den Entleerungsrhythmus sowie die Beistellmöglichkeit von Biomüll-Papiersäcken kann der Anteil der Gartenabfälle in der Biotonne beeinflusst werden. Bei hohen Anteilen an Gartenabfällen ergeben sich Biogutmengen in der Biotonne von 100 bis mehr als 200 Kilogramm je Einwohner und Jahr, mit einem ausgeprägten Jahresgang.

Nach Fricke et al. (1994) liegt das Gartenabfallpotenzial in Abhängigkeit der Gartennutzung zwischen 0,5 und 4 Kilogramm je Quadratmeter Gartenfläche.

Einen Einfluss auf die zusätzlichen Mengen hat auch der Anteil der Eigenkompostierung (vgl. Kapitel 6.2.1).

Um das Bioabfallpotenzial eines Kreises oder einer Stadt genauer abschätzen zu können, bedarf es demnach einer detaillierten Erhebung der spezifischen Gegebenheiten, die aus der Siedlungs- und Bebauungsstruktur der einzelnen Kommunen resultieren. Hierzu könnte auch eine – zumindest überschlägige – Erhebung der Gartengrößen erfolgen. Dies ist aktuell auf Basis der Informationen möglich, die im Rahmen der Ermittlung spezifischer Abwassergebühren erhoben werden.

Wie für andere Wertstofffassungssysteme üblich, sollte eine Abschöpfung von mindestens 60 bis 70 Prozent des Potenzials angestrebt werden. Dabei sind die Mengen, die von den Haushalten als kommunale Grünabfälle direkt einer Verwertung übergeben werden, miteinzubeziehen.

In Baden-Württemberg wurden 2009 in der Stadt Baden-Baden sowie in den Landkreisen Enzkreis und Tuttlingen mehr als 200 Kilogramm je Einwohner und Jahr Bio- und Grünabfälle getrennt erfasst. Für die Bioabfallsammlung lagen die Werte dieser drei Kreise zwischen 18 Kilogramm je Einwohner und Jahr im Enzkreis und 128 Kilogramm je Einwohner und Jahr in Baden-Baden. Ohne Einführung einer Biotonne erfasste der Landkreis Karlsruhe 196 Kilogramm je Einwohner und Jahr und der Neckar-Odenwald-Kreis 189 Kilogramm je Einwohner und Jahr (UM 2009). Für weniger dicht besiedelte Stadt- und Landkreise bis etwa 1.000 Einwohner pro Quadratkilometer kann damit ein zu erwartendes Potenzial einer optimierten getrennten Bio- und Grünabfallfassung von mehr als 200 Kilogramm je Einwohner und Jahr als orientierende Zielgröße abgeleitet werden.

In Städten in Baden-Württemberg mit einer Einwohnerdichte zwischen 1.000 und 2.000 Einwohner pro Quadratkilometer liegt die Sammelmenge für Bio- und Grünabfälle zwischen 50 Kilogramm je Einwohner und Jahr in Pforzheim und 163 Kilogramm je Einwohner und Jahr in Ulm. Pforzheim ist die einzige der 6 Städte in diesem Bereich, in der die Sammelmenge unter 100 Kilogramm je Einwohner und Jahr liegt. Mit der Biotonne werden zwischen 28 Kilogramm je Einwohner und Jahr in Pforzheim und 65 Kilogramm je Einwohner und Jahr in Freiburg gesammelt (UM 2009). Als Zielgröße für Städte zwischen 1.000 und 2.000 Einwohner pro Quadratkilometer bei optimierter Erfassung von Bio- und Grünabfällen lassen sich als orientierende Zielgröße mehr als 150 Kilogramm je Einwohner und Jahr ansetzen. In der Stadt Krefeld wurden im Jahr 2007 ca. 160 Kilogramm je Einwohner und Jahr an Bioabfällen gesammelt (MUNLV 2008).

Über 2.000 Einwohner pro Quadratkilometer weisen in Baden-Württemberg nur die Städte Stuttgart und Mannheim auf. Die dort getrennt gesammelten Bio- und Grünabfallmengen belaufen sich auf 72 beziehungsweise 55 Kilogramm je Einwohner und Jahr. Die mit der Biotonne getrennt gesammelten Bioabfälle machen dabei nur 26 beziehungsweise 32 Kilogramm je Einwohner und Jahr aus (UM 2009). Als Zielgröße für entsprechend hoch verdichtete Städte, bei optimierter Erfassung von Bio- und Grünabfällen werden mehr als 100 Kilogramm je Einwohner und Jahr angesetzt. In Leverkusen wurden im Jahr 2007 über 80 Kilogramm je Einwohner und Jahr an Bioabfällen gesammelt (MUNLV 2008).

ALS ZIELGRÖSSE FÜR STÄDTE ZWISCHEN 1.000 UND 2.000 EINWOHNER PRO QUADRATKILOMETER LASSEN SICH MEHR ALS 150 KILOGRAMM JE EINWOHNER UND JAHR ANSETZEN.



DIE ERLÖSSITUATION FÜR KOMMUNALES GRÜNGUT HAT SICH IN DEN LETZTEN JAHREN DEUTLICH VERBESSERT.

6.2 Kosten

Den Kosten für die getrennte Erfassung und Behandlung der Bioabfälle stehen für den Anteil an Bio- und Grüngut, der zuvor in der Restmülltonne erfasst wurde, die eingesparten Kosten der Restmüllsammmlung und -behandlung gegenüber. Bei gut angepassten Sammelkonzepten (zum Beispiel 14-tägige alternierende Sammlung der Bio- und der Restmülltonne, Mehrkammerfahrzeuge etc.) können auch geringfügige Zunahmen in der Sammelmenge kostenmäßig aufgefangen werden.

Den Mehrkosten, die für die Logistik einer zusätzlich eingeführten Biotonne gegenüber einer ausschließlichen Erfassung über die Restabfalltonnen zu berücksichtigen sind, stehen tendenziell geringere Entsorgungskosten für Bioabfälle im Vergleich zu Restabfällen gegenüber. Nach einer Untersuchung für den VHE (INFA 2006) rechnet sich in ländlichen Strukturen die Biotonne bereits bei einer Kostendifferenz ab 20 Euro pro Tonne, in städtischen Strukturen ab 50 Euro pro Tonne.

Werden durch die Optimierung des Erfassungssystems in großem Umfang Grünabfallmengen erfasst, die bisher nicht dem Abfallregime unterlagen, fallen hierdurch zusätzliche Kosten an. Diese können durch die Erlöse aus den Produkten, insbesondere den Verkauf der holzigen Fraktion an Biomasseheizkraftwerke beziehungsweise aus der Eigennutzung für die Bereitstellung von regenerativ erzeugtem Strom und Wärme sowie hochwertige Komposte, gesenkt werden.

Die Erlössituation für kommunales Grüngut hat sich in den letzten Jahren deutlich verbessert. So bieten private Dienstleister mittlerweile für unaufbereiteten Grünabfall ab Hof 14 Euro Zuzahlung an. Gelingt es, Annahmestellen für Grüngut auf Plätzen zu errichten, die auch anderen (abfallwirtschaftlichen) Aufgaben dienen (beispielsweise Erddeponien, Wertstoffhöfe, kommunale Betriebshöfe) und/oder durch beispielsweise ehrenamtliches Personal betreut werden, lässt sich eine günstige Kostenstruktur erzielen.

Die dabei im Rahmen von Klimaschutzprogrammen realisierbaren CO₂-Vermeidungskosten liegen mit ca. 60 bis 120 Euro pro Tonne CO₂ deutlich unterhalb der Vermeidungskosten der energetischen Gebäudesanierung (als Vollkosten für Außenwand, Dach- und Kellerdämmung sowie den Ersatz der Fenster) von 230 bis 370 Euro pro Tonne CO₂ (Öko-Institut 2008).

Als Leistung steht diesen zusätzlichen Kosten die Verringerung aus ökologischer Sicht unerwünschter Entsorgungswege gegenüber, wie die Verbrennung von Pflanzenresten und deren Ablagerung oder Verbringung in der Landschaft.

6.2.1 Eigenkompostierung

Durch die Eigenkompostierung werden die Aufwendungen für die Sammlung der Bioabfälle und die Behandlung in Großanlagen eingespart. Dem steht bei einem ökologischen Bioabfallkonzept mit energetischer und stofflicher Nutzung der entsprechende Potenzialverlust zur Biogasproduktion gegenüber. Bei einer fachgerechten Eigenkompostie-

HÖHERE KOSTEN KÖNNEN DURCH DIE ERLÖSE AUS DEN PRODUKTEN GESENKT WERDEN.

zung und einer intensiven Nutzung des Komposts, durch die der Einsatz von mineralischem Dünger entsprechend dem Nährstoffbedarf der Pflanzen und Torf infolge der Humusreproduktionsleistung ersetzt wird, kann in etwa von einer ökologischen Gleichrangigkeit der Eigenkompostierung und einer optimierten Bioabfallverwertung in Großanlagen ausgegangen werden.

Demzufolge sollte die Eigenkompostierung nur unter entsprechenden, einfach kontrollierbaren Auflagen zu einer Freistellung von der Biotonne führen. Mit den Auflagen ist zu gewährleisten, dass

- für den Einsatz des Komposts eine ausreichende Gartenfläche zur Verfügung steht,
- die Art der Gartennutzung eine hohe Nährstoffzufuhr benötigt und damit einen sinnvollen Einsatz des Komposts erlaubt und dieser auch erfolgt und
- die Kompostierung nach dem Stand der Technik durchgeführt wird und dadurch Emissionen soweit wie möglich reduziert werden.

Der entsprechende Nachweis ist durch den Grundstücksbesitzer bei Antragsstellung zu führen. Die Einhaltung dieser Auflagen kann zusätzlich und in besonderen Fällen durch Grundstücksbegehungen und Kontrolle des Restmülls geprüft werden. Eine umfassende Beratung und Betreuung von Eigenkompostierern ist erforderlich (Fricke, Turk 2011; Henssen 2009).

Bei der Eigenkompostierung werden (angesichts der in der Regel geringen Nährstoffbedarfe) sinnvollerweise eher Gartenabfälle als Küchenabfälle eingesetzt. Da es sich meist um Ziergärten handelt,

würde eine vollständige Nutzung der Küchenabfälle über die Eigenkompostierung zu einer Nährstoffübersorgung der Böden führen. Hausmüllanalysen, in denen der Organikanteil im Restmüll von Haushalten mit Eigenkompostierung und solchen von Biotonnennutzern verglichen wurden, zeigen geringere Organikgehalte im Restmüll der Biotonnennutzern (Fricke, Turk 2011).

6.2.2 Abfallsatzung

Die Definition der in der Bioabfallsammlung erfassbaren Bio- und Grüngutfraktionen erfolgt in der Abfallsatzung. Aus fachlicher Sicht bietet sich der weitgehende Einschluss aller biologisch abbaubaren organischen Abfälle tierischer und pflanzlicher Herkunft an, da alle organischen Abfälle aus dem privaten Bereich verwertbar sind. Dies gilt auch für Fleisch- und gekochte Essensreste oder Zitrusfrüchte. Die Bedenken gegen den zu hohen Salzgehalt oder hygienische Vorbehalte bezüglich einiger (tierischer) Essensreste wurden in Untersuchungen nicht bestätigt. Dies gilt auch für Papierservietten, Taschentücher und Haushaltstücher sowie Zeitungspapier in kleineren Mengen (Fricke et al. 1994).

Die Erfassung von Kunststoffen, auch Biokunststoffen, zusammen mit dem Bioabfall sollte dagegen tendenziell ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für Beutel als „Verpackung“ von Speiseresten. Zum einen können Biokunststoffe von den Bürgern von konventionellen Kunststoffen nicht verlässlich unterschieden werden, zum anderen bringen die Biokunststoffe keinen sinnvollen Beitrag zu Kompostqualität oder -quantität. Im Gegenteil wird auf mögliche Probleme gerade für die Bioabfallvergärung

DIE ERFASSUNG VON KUNSTSTOFFEN, AUCH BIOKUNSTSTOFFEN, ZUSAMMEN MIT DEM BIOABFALL SOLLTE TENDENZIELL AUSGESCHLOSSEN WERDEN.



verwiesen. Die Herstellung von Bio-Kunststoffen ist zudem mit einem erheblichen ökologischen Impact gerade aus der landwirtschaftlichen Produktion verbunden. Die klassische Alternative ist die „Verpackung“ der Küchenabfälle in Papier (auch Zeitungspapier), was den Feuchtehaushalt in den Biotonnen und damit auch das Geruchsbildungspotenzial positiv beeinflusst (Henssen 2009).

Da bei der Behandlung des Bioabfalls in Verwertungsanlagen nach der Bioabfallverordnung die seuchen- und phytohygienische Unbedenklichkeit der Produkte sicherzustellen und nachzuweisen ist, können und sollen in der Biotonne auch mit Krankheitserregern und Schadorganismen befallene Pflanzen erfasst werden.

In der Abfallsatzung soll der Ausschluss von Störstoffen für die Biotonne und das Verbot der Entsorgung von Bioabfällen über die Restmülltonne (Trennpflicht) in Verbindung mit Maßnahmen bei Nichtbeachtung der Trennpflicht (Fehlwürfe) geregelt werden. Eine Kontrolle der Qualität der Getrennthaltung ist grundsätzlich vorzusehen, um Störstoffanteile in der Biotonne zu minimieren (Henssen 2009). Auch wenn hierauf in der Praxis nur im Einzelfall (bei offensichtlichem Missbrauch der Biotonne) zurückgegriffen werden soll, bedarf es einer entsprechenden Verankerung in der Abfallsatzung.

Untersuchungen in Baden-Württemberg haben ergeben, dass sich der flächendeckende Anschluss- und Benutzungszwang für die Biotonne maßgebend auf die getrennt erfassten Mengen auswirkt. In den Kreisen mit grundsätzlichem Anschluss- und Be-

nutzungszwang werden im Median 60 Kilogramm je Einwohner und Jahr erfasst, in denen ohne dagegen mit 40 Kilogramm je Einwohner und Jahr deutlich weniger (LUBW, IFEU 2010).

Die Verbrennung von Gartenabfällen (oder sonstigen pflanzlichen Abfällen) als Form der Entsorgung sollte gerade auch innerorts unterbleiben. Brauchstumsfeuer, wie beispielsweise Osterfeuer, sollten in Anzahl und Mengendurchsatz beschränkt bleiben. Hierzu sind immissionsschutzrechtliche Regelungen notwendig.

Speiseabfälle aus dem Gewerbe sind in speziellen Sammelsystemen zu erfassen. Eine Zulassung zu der Erfassung in der Biotonne ist aufgrund rechtlicher Vorgaben nicht möglich (Henssen 2009) und sinnvoll.

6.2.3 Gebührensatzung

Durch die Wahl der Gebührenfestlegungen für die Bioabfallererfassung kann die Effektivität der Maßnahme maßgeblich gefördert oder behindert werden. Auswertungen des Einflusses der Gebühren auf die Sammelmenge zeigen einen eindeutigen Einfluss der Gebühren für die Gestellung der Biotonne. Ist die Aufstellung einer Biotonne, ohne Anschlusszwang, für den Bürger mit zusätzlichen Kosten verbunden, gehen der Anschlussgrad und die spezifische Sammelmenge zurück.

Die Bioabfallsammlung sollte wie auch andere Systeme der Abfallverwertung für den Haushalt gegenüber der Restmüllentsorgung merklich kostengünstiger sein. Dies wird auch durch § 9 des

92
UNTERSUCHUNGEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG HABEN ERGEBEN, DASS SICH DER FLÄCHENDECKENDE ANSCHLUSS- UND BENUTZUNGSZWANG FÜR DIE BIOTONNE MASSGEBEND AUF DIE GETRENNT ERFASSTEN MENGEN AUSWIRKT.

Landesabfallgesetzes unterstützt. Das Gesetz fordert, dass die Satzungen wirksame Anreize zur Vermeidung und Verwertung sowie zur Abfalltrennung enthalten. Wie der Überblick über die Situation in Baden-Württemberg zeigt, gibt es schon einige Gebietskörperschaften, die keine separate oder eine deutlich niedrigere Bioabfallentsorgungsgebühr ausweisen (LUBW/IFEU 2010). Dies entspricht der Regelung in § 18 Absatz 1 Nr. 1 Kommunalabgabengesetz, wonach die Gebühren so gestaltet werden können, dass sich daraus nachhaltige Anreize zur Vermeidung und Verwertung sowie zur Abfalltrennung ergeben.

Grundsätzlich sollte die Aufstellung der Biotonne, von konkreten nachzuweisenden Ausnahmetatbeständen bei Eigenkompostierung abgesehen, verbindlich und nicht mit zusätzlichen Kosten verbunden sein. Die Auswertung der Gebührenstruktur zeigt, dass in Kreisen, die keine oder geringe Gebühren für die Biotonne erheben, größere Mengen erfasst werden als in Kreisen, die eigenständige Gebühren für die Biotonne erheben. Die Auswertung nach Siedlungsstruktur ergab, dass in städtischen Strukturen eine geringere Menge getrennt erfasster Bioabfälle mit einer größeren Restmüllmenge einhergeht. Die höchsten Bioabfallmengen wurden in ländlichen Kreisen getrennt erfasst (LUBW, IFEU 2010).

Durch eine leistungsbezogene Restmüllgebühr kann die Trennbereitschaft in Haushalten erheblich gesteigert werden. Es besteht allerdings eine vermehrte Gefahr von Fehlwürfen in die Biotonne, der durch intensive Sensibilisierungsmaßnahmen und Kontrollen entgegengewirkt werden muss

(Kern et al. 2009). Die Sammelgebühr soll mindestens 20 Prozent unterhalb der für Restmüll liegen. Rechtliche Probleme bei der Abrechnung der Biotonne innerhalb der Grundgebühr sind insbesondere dann zu erwarten, wenn die Biotonne nicht flächendeckend eingeführt wird (Henssen 2009).

Angesichts des Mengenpotenzials und der Nachfragesituation sollte die Erfassung insbesondere holziger Grünabfälle über Sammelplätze möglichst gebührenfrei erfolgen. Die Kosten können in die Grund- oder Restabfallgebühr einbezogen werden. In diesem Fall muss die gewerbliche Anlieferung geregelt werden, sofern die Grüngutmassen nicht aus der Pflege von Grundstücken stammen, die in das Abfallgebührensysteem einbezogen sind.

Zur Rechtssicherheit tragen konkrete Vorgaben zur Gebührenregelung im Landesabfallgesetz bei.

6.3 Bioabfallerfassung

Als Sammelgefäß hat sich weitestgehend die braune, meist 120 Liter oder 240 Liter fassende Biotonne, vergleichbar der klassischen Restmülltonne, durchgesetzt. Ein messbarer Nutzen von Spezialbehältern (Belüftung, Geruchsfilter etc.) konnte nicht nachgewiesen werden (Kern, Karass 2004). Zum Teil wird das Behältervolumen auch einwohnerspezifisch festgelegt (vgl. Kap. 6.5). Dann werden auch kleinere Behältervolumina (80 oder 60 Liter) eingesetzt. In Großwohnanlagen kommen auch größere Biotonnen in der Regel bis 550 Liter zum Einsatz. Das spezifische Biotonnenvolumen sollte 20 Liter je Einwohner und Woche nicht unterschreiten (Henssen 2009).

Häufig wird ein Entleerungsrhythmus von 14 Tagen vorgesehen, der im Sommer, zur Verringerung der Geruchsproblematik und um den höheren Anfall von Gartenabfällen während der Vegetationsperiode aufnehmen zu können, auf wöchentlich umgestellt werden kann. Diese Verdichtung des Abfuhrturnus ist mit deutlichen Kostensteigerungen verbunden. Sinnvoller erscheint es, Bürgern gegen geringe Gebühren für das erhöhte Bioabfallaufkommen während der Vegetationszeit Papiersäcke anzubieten.

Zusätzlich zur Aufstellung von Biotonnen sollen Vorsortiergefäße für den Haushalt ausgegeben werden.

Um die Akzeptanz der Bioabfallsammlung zu fördern, ist eine umfassende Öffentlichkeitsarbeit notwendig, die während der Einführungsphase besonders intensiv sein soll, aber auch begleitend weiterzuführen ist. Ausschlaggebend für eine erfolgreiche getrennte Erfassung der Bioabfälle ist ein schlüssiges Konzept aus Öffentlichkeitsarbeit, Vorgaben zur Getrennthaltung (vgl. Kapitel 6.2.2) und die entsprechende Einhaltung (ggf. Kontrolle), eine fachgerechte Abfuhr und ein stimmiges Gebührensystem (vgl. Kapitel 6.2.3). Für die Öffentlichkeitsarbeit sind alle bekannten Instrumente, wie Einwohnerbriefe, Beratung, Broschüren, Plakate, Anzeigen etc., zu nutzen. Besonders sollte der Bezug zum Produkt herausgestellt werden, zum Beispiel durch Tage der offenen Tür im Kompostwerk und Anwenderschulungen in Gartenbauvereinen.

Die Öffentlichkeitsarbeit hat sich an den anzusprechenden Zielgruppen zu orientieren. Besonders intensive Sensibilisierungsmaßnahmen sind in Großwohnanlagen erforderlich. Hier bietet sich eine

intensive Zusammenarbeit mit den Wohnungsgesellschaften an. Durch Müllschleusen, insbesondere bei den Restmüllbehältern, und eine intensive Beratung können auch dort die Bioabfallpotenziale bei akzeptablen Qualitäten weitgehend in der Biotonne erfasst werden (ATUS 2007, Kern et al. 2007). Entsprechend positive Erfahrungen liegen in diesem Bereich zum Beispiel in München vor (Kern et al. 2009).

Nach Henssen (2009) sind folgende Tipps zum Umgang der Biotonne empfehlenswert:

- Einige Zweige, etwas Pappe oder einige Lagen zerknülltes Zeitungspapier auf den Boden der Gefäße geben!
- Strukturmaterialien zugeben einschließlich Zeitungspapier!
- Feuchte oder nasse Abfälle möglichst locker in Zeitungspapier gewickelt in die Tonne füllen!
- Der Inhalt der Gefäße sollte nie gepresst werden!
- Dicht schließende Abfallgefäße (ratten- und fliegensicher), Deckel der Biotonnen geschlossen halten, keine unkontrolliert belüfteten Gefäße verwenden!
- Verschmutzte Abfall- und Sammelgefäße reinigen!
- Vorsortiergefäße im Haushalt häufig entleeren!
- Biotonnen nicht in Wohn- und Aufenthaltsräumen aufstellen!
- Stellplätze für Abfallgefäße an schattigen Standorten!
- Am besten ist ein frostsicherer Standplatz für die Biotonne.



6.4 Grünguterfassung

Neben Bioabfällen, die über die Biotonne gesammelt werden können, fallen in den Kommunen auch Strauch- und Baumschnitte aus privaten und öffentlichen Gärten und Grünanlagen an. Klassisch werden diese Grünabfälle im Bringsystem erfasst. Ein derartiges Erfassungssystem überlässt die Last der Logistik weitgehend dem Abfallerzeuger. Um für das System eine hohe Akzeptanz zu erreichen und damit auch hohe Erfassungsmengen zu erzielen, bedarf es eines möglichst guten Angebotes.

In der Praxis werden Grünabfälle teilweise nicht verwertet, sondern ungenutzt auf den Flächen belassen oder verbrannt. Das ist aus Sicht des Immissionschutzes nicht günstig.

Ein gutes System zur Erfassung von Grünabfällen besteht vor allem aus einem ausreichend dichten Netz an Übergabepunkten mit Öffnungszeiten auch außerhalb der Kernarbeitszeiten, insbesondere an Samstagen, die damit auch für Privatpersonen attraktiv werden. Wie man der Analyse der Verhältnisse in Baden-Württemberg entnehmen kann, sind die größten Erfolge mit einer Netzdichte von weniger als fünf Quadratkilometern Siedlungsfläche, das heißt tatsächlich überbauter Fläche, pro Übergabepunkt verbunden. Eine weitere Kenngröße kann für städtische Räume ein Übergabepunkt pro 10.000 Einwohner sein. Die Übergabepunkte sollten grundsätzlich das ganze Jahr über zur Verfügung stehen, außer zum Beispiel in schneereichen Höhenlagen. Je geringer die Distanz zwischen den Grünflächen/Gärten als Anfallstellen und diesen Übergabepunkten ist, umso größer ist die Masse an

Grünabfällen, die dort für eine Verwertung übergeben wird (LUBW/IFEU 2010).

Die Kostenstruktur für die Grünguterfassung ist umso günstiger, je mehr sich auf vorhandene Einrichtungen und Personal zurückgreifen lässt. So können Übergabepunkte in abfallwirtschaftlichen Einrichtungen wie Wertstoffhöfen, Abfallbehandlungsanlagen und Deponien sinnvoll sein. Auch andere öffentliche Einrichtungen, wie kommunale Bauhöfe, Kläranlagen oder ähnliche Einrichtungen, bieten sich an. Auch Kooperationen mit Betrieben wie Bauschuttzubereitungsanlagen, Erddeponien, Tiefbau- oder Unternehmen des Garten- und Landschaftsbaus sollten geprüft werden. Die Übergabepunkte müssen eingezäunt, mit Personal ausgestattet und befestigt sein.

Die sich positiv entwickelnde Erlössituation sowie die generelle Problematik einer Kassenführung bei solchen Einrichtungen rechtfertigt es, auf die Erhebung von gesonderten Anliefergebühren zu verzichten und zugleich die Anlieferung auf holzige Biomasse zu beschränken.

Auch im Garten- und Landschaftsbau fallen in größerem Umfang Grünabfälle zur Entsorgung an. Da heute die wenigsten Betriebe noch in der Lage sind, diese auf dem Betriebsgelände zu Komposten und Substraten zu verarbeiten, werden sie überwiegend der Abfallverwertung übergeben. In aller Regel stammen diese Grünabfälle aus der Pflege von Grundstücken, die an die Abfallentsorgung angeschlossen sind und damit mit Abfallentsorgungsgebühren beaufschlagt werden.

DIE KOSTENSTRUKTUR FÜR DIE GRÜNGUTERFASSUNG IST UMSO GÜNSTIGER, JE MEHR SICH AUF VORHANDENE EINRICHTUNGEN UND PERSONAL ZURÜCKGREIFEN LÄSST.

Die Massen, die aus der Bewirtschaftung öffentlicher Flächen stammen und von den Gemeinden direkt oder durch beauftragte Dritte, wie Unternehmen des Garten- und Landschaftsbaus, übergeben werden, können bei Bedarf getrennt gehalten und mit Gebühren veranschlagt werden.

Nicht alle Grundstücksbesitzer sind in der Lage oder willens, das Material selbst zu verladen und abzufahren. In Ergänzung zu den Dienstleistungen des Garten- und Landschaftsbaus, die vor allem in der Pflege der Flächen liegen, kann es daher sinnvoll sein, Angebote wie Abholung auf Abruf oder Containerbereitstellung zu machen.

Um eine effektive Erfassung des Grünguts zu erreichen, sollten folgende Rahmenbedingungen gegeben sein:

- Beschränkung des anzuliefernden Grünguts auf holzige Biomasse, bei gleichzeitigem Angebot von kostengünstigen Papier-Beistellsäcken zur Abfallabfuhr
- Verbot der Entsorgung von Grüngut über die Restmülltonne (Landesabfallgesetz, Abfallsatzung)
- Annahme von privatem, gewerblichem und öffentlichem Grüngut
- Keine Annahmegebühren (zumindest nicht für Mengen aus gebührenveranschlagten Grundstücken)
- Großzügige Bemessung der gebührenfreien Anliefermengen (etwa 5 Kubikmeter)
- In städtischen Gebieten mindestens eine Annahmestelle je 10.000 Einwohner
- Bei dünnbesiedelten ländlichen Gebieten müs-

sen zur Flächendeckung ggf. deutlich geringere Anschlusszahlen realisiert werden beziehungsweise ist die Flächendeckung über den Bezug zur Siedlungsfläche (ein Übergabepunkt je 5 Quadratkilometer) zu realisieren

- Ausreichende Anzahl von Annahmestellen (Recycling- und Betriebshöfe), die ganzjährig geöffnet sind
- Kundenfreundliche Öffnungszeiten (ganzjährig, auch abends und samstags)

Um eine effektive Erfassung des Grünguts zu gewährleisten, bedarf es neben den beschriebenen optimierten Erfassungssystemen weiterer umfangreicher Rahmenbedingungen:

- Ein umfassendes Konzept zur Öffentlichkeitsarbeit; insbesondere bei der ersten Einführung, aber auch begleitend und speziell zu den Zeiten des saisonbedingten hohen Anfalls
- Angemessene immissionsschutzrechtliche Regelungen für das Verbrennen von Gartenabfällen auf Privatgrundstücken und zur Handhabung der Brauchtumsfeuer (Genehmigungspflicht, Vorgaben zur Beschränkung von Art und Menge des Brennguts, Vorgaben zur Sicherung in Bezug auf Emissionen und Gefahrenabwehr etc.)
- Weitestgehende Limitierung der Ausbringung von unbehandelten Grünabfällen in die Landschaft und auf Acker- und Gartenflächen
- Bei der öffentlichen Vergabe von Landschaftspflegearbeiten soll der Verbleib der Grünguts (Verbringung zu bestimmten Annahmestellen) vertraglich geregelt werden

Holsysteme eignen sich insbesondere für die Gartenabfälle, die saisonbedingt in der Biotonne keinen Platz finden. Hierzu zählen Baumschnitt und Weihnachtsbäume. Die Abholung kann auf Anruf oder als Straßensammlung erfolgen. Die Abholung wird in der Regel auf die vegetationsreiche Periode begrenzt. Alternativ können grundstücksnah Container aufgestellt werden, in die Grüngut gegeben werden kann.

6.5 Fazit: Optimiertes Erfassungssystem für Bio- und Grünabfälle

Zusammenfassend kann die Empfehlung für ein optimiertes Erfassungssystem für Bio- und Grünabfälle grundsätzlich wie folgt erfolgen. Die genaue Festlegung des Systems erfolgt immer unter Beachtung der spezifischen Verhältnisse in den Kreisen und Städten.

1. *Grundsätzlicher Anschluss- und Benutzungszwang für die Biotonne, bei angemessener Handhabung im Einzelfall*
 - Angestrebter Anschlussgrad mehr als 80 Prozent
 - Gebot zur getrennten Erfassung
 - Verbot der Nutzung der Restmülltonne für Bio- und Grünabfälle
 - Befreiung bei Eigenkompostierung nur im Einzelfall bei entsprechenden Vorgaben und Nachweis
 - Gemeinsame Nutzung einer Tonne durch mehrere Haushalte möglich (Nachbarschaftstonne)
 - Spezielle Erfassungskonzepte für Geschoss-Wohnbereiche (zum Beispiel Müllschleusen)
 - Immissionsschutzrechtliche Regelung der Gartenabfallverbrennung sowie der Konzeption von Brauchtumsfeuern
2. *Sammelgefäße*
 - Das Biotonnenvolumen soll 20 Liter je Einwohner und Woche nicht unterschreiten
 - Entleerungsrhythmus 14-tägig, ggf. mit Anpassung in den Sommermonaten
 - Grüngutsäcke können beige stellt werden
 - Bereitstellung von Kleinsammelgefäßen für die Haushalte
3. *Sammlung von Grüngut als kombiniertes Bring- und Holsystem*
 - Annahmestellen an Kompostplätzen, Betriebshöfen, Recyclinghöfen ergänzt ggf. durch weitere dezentrale Annahmestellen, tendenziell ganzjährig und bürgerfreundlich (auch abends und an Samstagen) geöffnet
 - Sammelstellen eingezäunt und befestigt
 - Kostenlose Annahme aller Grünabfälle aus Grundstücken, die an Abfallentsorgung angeschlossen sind
 - Preisgünstige Annahme von Grüngut aus Gewerbe und von Kommunen, ggf. kostenlos
 - Erweiterung um kostenpflichtige Dienstleistungsangebote wie beispielsweise die Bereitstellung von Containern
 - Haushaltssammlungen mehrmals jährlich für holzige Grünabfälle
4. *Gebühren*
 - Die Aufstellung der Biotonne wird in die Grundgebühr einbezogen
 - Die Leerungsgebühren der Bioabfalltonne sind merklich günstiger als die der Restmülltonne zu gestalten



5. Öffentlichkeitsarbeit

- Formulierung von leicht verständlichen und klaren Trennvorgaben (möglichst landesweite Abstimmung)
- Intensive, zielgruppenorientierte Information und Beratung bei Einführung der Biotonne und Grünabfallsammlung
- Begleitende Beratungsmaßnahmen
- Bezug zum Produkt soll geschaffen werden (Tag der offenen Tür auf dem Kompostplatz, Beratung in Gartenbauvereinen, Ausgabe von Kompostgutscheinen, Durchführung von Wettbewerben)
- Spezielle Beratungen für Gewerbebetriebe
- Spezielle Beratungen in Geschosswohnanlagen unter Einbeziehung der Hausverwaltungen und Hausmeister
- Gewinnung, Beratung und Schulung von Multiplikatoren (Schulen, Vereine, Politik, ehrenamtliche Berater)
- Vorbildfunktion der öffentlichen Verwaltung

6. Erfolgskontrolle

- Regelmäßige Bestimmung der getrennt erfassten Bio- und Grünabfallmengen und Zuordnung zu den verschiedenen Sammelsystemen und Anliefergruppen (Haushalte, Gewerbe, öffentlicher Bereich)
- Bestimmung des Bio- und Grüngutanteils in der Restmülltonne (getrennt nach Biotonnenutzern und Eigenkompostierern)
- Bestimmung des Bio- und Grüngutanteils im Sperrmüll
- Kontrolle des Verschmutzungsgrads
- Kontrolle der Freistellung vom Anschluss- und Benutzungszwang

- Exakte Buchführung des Kompostabsatzes oder Vorlage entsprechender Dokumentation durch beauftragte Dritte

Die Zielgrößen für getrennt erfasste Bio- und Grünabfallmengen bei Umsetzung einer optimierten Erfassung sind:

- In ländlichen Gebieten mit Einwohnerdichten bis 1.000 Einwohner pro Quadratkilometer mehr als 200 Kilogramm je Einwohner und Jahr
- In Gebieten mit Einwohnerdichten zwischen 1.000 Einwohner pro Quadratkilometer und 2.000 Einwohner pro Quadratkilometer mehr als 150 Kilogramm je Einwohner und Jahr
- In verdichteten Gebieten mit Einwohnerdichten über 2.000 Einwohner pro Quadratkilometer mehr als 100 Kilogramm je Einwohner und Jahr

Die Erfassungsquoten für Bio- und Grünabfälle sollten sich an den Vorgaben für andere Wertstofffraktionen orientieren. Wünschenswert wäre ein Erfassungsgrad von 80 Prozent der erfassbaren Gesamtorganik, die nicht sinnvollerweise eigenkompostiert wird.

7. Zusammenfassung

Der Umfang der Ressourcennutzung sowie die Veränderung des Klimas haben ein bedenkliches Ausmaß erreicht. Um den daraus folgenden umweltpolitischen Zielen zum nachhaltigen Umgang mit primären Ressourcen und dem Klimaschutz gerecht zu werden, ist es wichtig, verstärkt sekundäre Ressourcen möglichst umfassend zu mobilisieren und effizient zu nutzen. Alle Massenströme, die an den verschiedenen Stellen einer Wertschöpfungskette zur Entsorgung anfallen, gilt es auf ihre wertgebenden Eigenschaften zu untersuchen und darauf abgestellt möglichst umfassend zu nutzen.

Dies gilt auch für die verschiedenen Abfallbiomassen. Sie weisen tendenziell die gleichen Eigenschaften auf, die von den Biomassen erwartet werden, die in landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Systemen gezielt hergestellt werden müssen. Die Nutzung von Abfallbiomasse kann demnach die Umweltlasten substituieren, die mit der gezielten Biomasseproduktion verbunden sind. Bioabfälle aus Haushalten und kommunale Grünabfälle gilt es demnach möglichst umfassend zu mobilisieren und mit hoher Effizienz und hohem Wirkungsgrad gemäß ihren wertgebenden Eigenschaften zu nutzen.

Kommunale Grünabfälle weisen erhebliche Mengenpotenziale auf, die bislang in der Regel nur in geringen Anteilen mobilisiert werden. Erfolgt die Übergabe der Garten- und Grünabfälle in Einrichtungen, die vor allem anderen (abfallwirtschaftlichen) Aufgaben dienen, wie beispielsweise Erddeponien, Wertstoffhöfe, Abfallentsorgungsanlagen, kommunale Bauhöfe, können die mit der Sammlung verbundenen Kosten deutlich in Grenzen gehalten

werden. Nicht unüblich ist auch die Betreuung kommunaler Sammelplätze durch Bürger als freiwillige Helfer. Diesem Aufwand stehen zudem beträchtliche Erlöse gegenüber, die angesichts der Nachfrage nach holzigen Biomassen in Zukunft eher noch weiter ansteigen werden.

Um kommunale Grünabfälle in möglichst großen Anteilen einer Verwertung zuzuführen, ist ein engmaschiges flächendeckendes Netz an Übergabepunkten notwendig, die auch an Wochenenden oder in Abendstunden zur Verfügung stehen. Der Verbleib von Gartenabfällen, beispielsweise in Form von für den Naturschutz wichtigen kleinen Moderhaufen oder zur Versorgung mit organischer Masse und Pflanzennährstoffen, angepasst an die vergleichsweise geringen Bedarfe über eine Eigenkompostierung, soll weiterhin gewährleistet sein. In kommunalen Satzungen festgelegte Brennverbote sollten jedoch sicherstellen, dass Grünabfälle nicht auf den Grundstücken selbst entsorgt werden, verbunden mit erheblichen Emissionspotenzialen und fehlender Nutzung.

Da die klassischen *Bioabfälle* als Küchenabfälle nicht Teil des Nährstoffkreislaufes eines Gartengrundstückes sind, sollten sie nur in begründeten Ausnahmefällen auf privaten Grundstücken einer Eigenkompostierung zugeführt werden dürfen. Bioabfälle haben zudem ein bedeutendes wertgebendes Potenzial, das sich aus den Gehalten an Pflanzennährstoffen, dem Humusreproduktions- oder Torfsubstitutionspotenzial der organischen Masse sowie der Möglichkeit ergibt, das Produkt Kompost auch anaerob zu erzeugen und damit in Verbindung mit der Bereitstellung von Biogas. Gelingt eine derartige



Kaskadennutzung, ist das System der Bioabfallsammlung und -verwertung nicht nur aus ökologischer Sicht vorteilhaft.

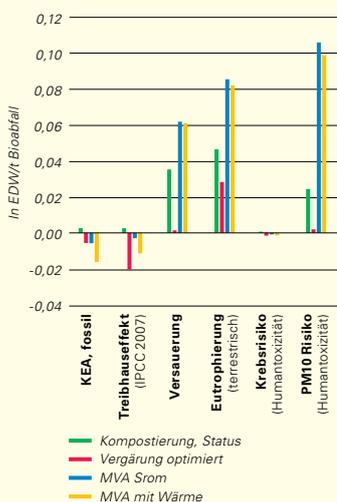
Die Bereitstellung von Energie im Überschuss sowie von Komposten definierter Qualität, die hochwertig auch außerhalb der Landwirtschaft eingesetzt werden können, ist mit Erlösen verbunden, die den finanziellen Aufwand der getrennten Sammlung und Verwertung in Anteilen kompensieren können. Mit einer optimierten Bioabfallsammlung beispielsweise alternierend zur Restmülltonne und einem entsprechenden technischen Behandlungskonzept lassen sich die Entsorgungskosten netto auf ein Maß beschränken, das gegenüber einer Entsorgung als Bestandteil des Restabfalls Vorteile aufweist.

Dies gilt auch aus ökologischer Sicht. Die Entsorgung über eine mechanisch-biologische Restabfallbehandlung (MBA) kann nur unter optimalen Randbedingungen ähnliche Erfolge erreichen, wenn die enthaltenen Bioabfälle in einer Kombination aus Vergärung und Nutzung der getrockneten Gärrückstände als Brennstoff mit hohen Wirkungsgraden genutzt werden. Eine in Arbeit befindliche Studie für das Umweltbundesamt (IFEU/ahu 2011) wird unter anderem die Randbedingungen herausarbeiten, unter denen eine Mitbehandlung über eine MBA gegenüber einer getrennten Erfassung über eine Biotonne aus ökologischer Sicht im Ansatz gleichwertig sein kann. Dort wird auch ein derartiger Vergleich zu einer typischen Entsorgung über eine Müllverbrennungsanlage gezogen werden.

Eine Bioabfallverwertung, die um eine Vergärung und effiziente Nutzung der Überschussenergie

optimiert wird, weist im Regelfall sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht Vorteile gegenüber der Entsorgung mit dem Restabfall auf. Dies zeigt eine vergleichende Bewertung, deren Ergebnisse in Abbildung 31 zusammengefasst sind. Es wurden vier Optionen geprüft: Die herkömmliche Kompostierung (Kompostierung Status), die Verwertung in einer Biogasanlage mit anschließender Kompostierung (Vergärung, optimiert), die Entsorgung in einer Müllverbrennungsanlage (MVA Strom) und die Entsorgung in einer Müllverbrennungsanlage mit effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (MVA Wärme). Die Balken zeigen die Bewertungsergebnisse für die verschiedenen Umweltwirkungskategorien (in Einwohner-Durchschnittswerten (EDW)) im Saldo auf. Das heißt, es werden einerseits die Lasten wie insbesondere Emissionen aus den Behandlungsanlagen berücksichtigt, die mit der Abfallentsorgung verbunden sind, und andererseits der Nutzen, der sich durch die Bereitstellung von Kompost und Energie ergibt. Nach oben aufgetragene Werte bedeuten Belastungen (netto), nach unten aufgetragene Werte Entlastungen (netto).

ABB. 31: OPTIONEN DER BIO-ABFALLBEHANDLUNG AUS ÖKOLOGISCHER SICHT (LUBW/ IFEU 2010)



7.1 Prüfung des Kompostabsatzes

Bei der Konzeption der Bio- und Grünabfallverwertung und für die Entwicklung des entsprechenden Stoffstrommanagementsystems sollten die Absatzmöglichkeiten der Komposte beziehungsweise der auf Basis von Komposten herstellbaren Produkte Schritt für Schritt abgeprüft werden, beginnend bei den Optionen, die aus ökologischer und ökonomischer Sicht mit den höchsten Potenzialen verbunden sind.

1. Gibt es eine Nachfrage nach Substratkomposten?

Prüfen der Nachbarschaft zu Erdenwerken (www.bth-online.org; www.vhe.de; www.kompost.de; www.substrate-ev.org), wenn ja:

- Getrennte Herstellung eines nährstoffarmen Fertigkompostes
- Separate Sammlung und Verwertung von Grün- und Gartenabfällen notwendig
- Bei Stoffstromtrennung: auf ausreichend holzige nährstoffarme Anteile im Ausgangssubstrat achten; entsprechende Abgrenzung zur HHS-Vermarktung aus Grünabfällen

2. Gibt es Bedarfe für nährstoffarme Komposte oder einfache Pflanz- und Blumenerden?

Prüfen der Absatzmöglichkeiten in Richtung Erdenwerke, Garten- und Landschaftsbau, Kommunen, Privathaushalte, Sonderkulturen, Baumschulen.

Tendenziell steigen die Absatzmöglichkeiten mit dem wachsendem Siedlungsflächenanteil; wenn ja:

- Separate Kompostierung von eher nährstoffarmem Grüngutmaterial
- Eventuell ist aber auch Vergärung der Bioabfälle und Abtrennung des nährstoffreichen Überschusswassers ausreichend.

3. Absatz in der Landwirtschaft

Auch bei einem Absatz in der Landwirtschaft sollte möglichst Fertigkompost hergestellt und vermarktet werden. Dies erweitert das Absatzspektrum innerhalb der Landwirtschaft und ermöglicht zudem den Absatz von Komposten in weitere Anwendungsbereiche, insbesondere auch in Richtung Privathaushalte.

Auch für den Absatz klassischer Bioabfallkomposte oder kompostierter Gärrückstände sollte die Standortwahl so sein, dass ein möglichst breites Spektrum an Absatzmärkten vorhanden ist, mit einer möglichst großen Vielzahl an potenziellen Kunden auch innerhalb der Landwirtschaft. Nachfragekartelle müssen vermieden werden. Um überschlägig das Absatzpotenzial von Komposten in der Landwirtschaft abschätzen zu können, könnte man folgendermaßen vorgehen:

- Ermittlung der Ackerflächen, die rechnerisch zur Versorgung (aber auch zur „Entsorgung“) der landwirtschaftlichen Biogasanlagen auf NawaRo-Basis benötigt werden – Faustzahl liegt bei 0,5 Hektar je Kilowatt installierter elektrischer Leistung der Biogasanlage (Hartmann 2008)
- Ermittlung der landwirtschaftlichen Fläche, die für die Viehwirtschaft benötigt wird. Als Faustzahl kann ein Viehbesatz von Großvieheinheiten je Hektar als durchschnittlich für die konventionelle Landwirtschaft angesetzt werden, die bei der Flächenermittlung konservativ allein auf die Ackerfläche bezogen werden sollte.

Nimmt man die Ackerflächen im Umfeld einer möglichen Anlage im Radius von beispielsweise 30 Kilometer und zieht die oben ermittelten Flächenbedarfe ab, ergibt sich überschlägig die Fläche, auf der potenziell Kompost ausgebracht werden dürfte. Das Potenzial ergibt sich aus dieser Flächenangabe, wobei die realen Absatzmöglichkeiten umso höher sind, je geringer der Flächenanteil an Halmfruchtgetreide liegt.



Die Vermarktungssituation zeigt sich umso günstiger, je mehr das Flächenangebot den tatsächlichen Bedarf an Ausbringungsflächen übersteigt. Das Angebot sollte um möglichst eine Größenordnung höher liegen.

PRÜFUNG AUF OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN IN DER PRAXIS

Besteht in den entsprechenden Gebietskörperschaften ein System der Komposterzeugung und Vermarktung, so kann die Prüfung auf Optimierungsmöglichkeiten auf Basis der oben ausgeführten Hinweise und Randbedingungen erfolgen.

Ein unmittelbarer Handlungsbedarf zeigt sich tendenziell dann, wenn die Komposte als Frischkompost hergestellt und quasi ausschließlich in der Landwirtschaft vermarktet werden. Diese ökologisch eher ungünstige Situation geht in der Regel einher mit entsprechend geringen oder gar fehlenden Erlösen ab Anlage. In einem ersten Schritt gilt es, die Möglichkeit der Produktion von Fertigkompost zu prüfen. Ist die Neuerrichtung oder eine Erweiterung der Verweilzeiten und damit der Anlagkapazität nicht möglich, sollten die Möglichkeiten des Stoffstrommanagements für Grünabfälle und damit u. a. andere eigene dezentrale Grünabfallkompostierung geprüft werden. Eine weitere zu prüfende Alternative sind Kooperationen mit benachbarten Bio- und Grünabfallbehandlungsanlagen.

Eine Prüfung auf weitergehende Optimierung des Kompostabsatzes sollte aber auch darüber hinaus immer dann erfolgen, wenn nicht bereits bedeutende Anteile (mehr als 50 Prozent) der Komposte als Erden und Substraten vermarktet werden. Basis

aller Bemühungen um eine Optimierung der Vermarktungssituation ist eine umfassende Marktanalyse zur Ermittlung der Nachfragepotenziale und der zentralen Akteure. Im zweiten Schritt kann dann das Produktionssystem (Konfektionierung der Komposte, Veredelung über Produktmischungen) gezielt auf die Nachfragesituation ausgerichtet werden.

Der Absatz von Komposten, aber auch von Erden und Substraten, an Privathaushalte hat dabei eine große Bedeutung. Diese resultiert nicht nur aus dem Absatzpotenzial, das heißt der Absatzmöglichkeiten. Die direkte Vermarktung des Kompostes schafft zudem unmittelbaren Kundenkontakt. Für alle erkennbar wird gerade der unmittelbare Zusammenhang von Bioabfallqualität, das heißt Freiheit von Fremd- und Störstoffen, und Kompostqualität. Zudem wird der Nutzen des Systems Bio- und Grünabfallverwertung erfahrbar und damit der finanzielle und logistische Aufwand für den einzelnen Haushalt verhältnismäßig. Der Aufwand einer optimalen Präsentation gegenüber den Bürgern ist daher immer gerechtfertigt. Die Abgabe sollte möglichst dezentral erfolgen, eventuell verbunden mit Serviceleistungen. So bietet beispielsweise die AVA Abfallverwertung Augsburg GmbH den Kunden eine Anlieferung des Produktes Schwabenerde bei Mengen von mehr als 2 Kubikmetern an (<http://ava.ve.m-online.net>). Die Ausstattung der Privathaushalte mit Pkw-Fahrzeugen mit Anhängerkupplung sowie entsprechenden Anhängern ist weniger verbreitet als oft angenommen.

Werden neue Kompostierungsanlagen geplant, die in Eigenregie betrieben werden sollen, so sollte

diese Planung die oben ausgeführten Sachverhalte berücksichtigen. Der Standort der „Kompostproduktionsanlage“ sollte sorgfältig ausgewählt werden. Hierbei spielen nicht nur kleinräumige Gegebenheiten – wie insbesondere ein ausreichender Immissionsschutz für benachbarte Siedlungsbereiche – eine Rolle oder eine Optimierung hinsichtlich der Logistik (gute Anbindung, Nähe zum Schwerpunkt des Abfallaufkommens). Wesentlich ist die Lage in einem Umfeld, das eine hohe stetige Nachfrage nach hochwertigem Kompost oder nach Kompostprodukten verspricht. Zur letztendlichen Standortentscheidung muss das Prüfergebnis der Vermarktungsmöglichkeiten für Überschussenergie (siehe Kapitel 2) einbezogen werden.

Ist ein Betrieb in Eigenregie nicht beabsichtigt, sondern eine Vergabe, so sollten in Leistungsverzeichnissen bestimmte Sachverhalte als Randbedingungen aufgenommen werden. Dies ist zum einen die Herstellung von ausschließlich Fertigkompost. Auch wegen des Aspektes einer ausreichenden Entsorgungssicherheit sollten die Bieter zudem angehalten werden, ein Vermarktungskonzept für Komposte und Kompostprodukte vorzulegen, das nachweislich auf einer fundierten Marktanalyse beruht und in größeren Anteilen eine Vermarktung außerhalb der Landwirtschaft vorsieht.

7.2 Prüfung des Energieabsatzes

Bei einer bevorzugten Nutzung des erzeugten Biogases in Kraft-Wärme-Kopplung kann elektrische Energie sowie Überschusswärme vermarktet werden.

Möglichkeiten zur Einspeisung von Strom sind nahezu überall gegeben. Der Netzbetreiber ist zur Übernahme verpflichtet, die Vergütungssätze sind geregelt.

Als problematisch erweist sich immer die Vermarktung der Überschusswärme. Ein Teil der bei der Verstromung anfallenden Wärme wird vor Ort zur Aufrechterhaltung des Gärprozesses der Biogasanlage benötigt, da die Fermenter in Abhängigkeit der Außentemperaturen beheizt werden müssen. Die vermarktbare Überschusswärme ist demnach in den Sommermonaten am höchsten und in den Wintermonaten am geringsten. Die Überschusswärme lässt sich in der Regel als Heißwasser, das heißt in einem relativ geringen Temperaturniveau, vermarkten.

Die klassische Nutzung der Überschusswärme zur Beheizung von Räumen verspricht angesichts der oben genannten Randbedingungen nur begrenzt optimale Absatzmöglichkeiten. Der große Wärmeüberhang in den Sommermonaten lässt sich hiermit tendenziell nicht auffangen, es sei denn, es handelt sich um ein sehr großes Wärmenetz. Sinnvoll sind jedoch insbesondere diejenigen Wärmesenken, die über das ganze Jahr verteilt einen vergleichbaren Wärmeabsatz versprechen beziehungsweise idealerweise gerade im Sommer einen steigenden Bedarf aufweisen.



Eine Studie für die Bundesministerien für Wirtschaft und Umwelt (Schloman 2009) liefert eine gute Übersicht über den Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), und dies auch als Wärme- beziehungsweise Brennstoffverbräuche pro Bezugseinheit, das heißt pro Beschäftigte oder auch, wie beispielsweise bei Krankenhäusern, pro Planbett. Mit diesen Kennzahlen lassen sich demnach mit Wirtschaftsinformationen für Teilregionen Energieverbrauchszahlen hochrechnen. Pro Betriebsfläche bestätigt sich der hohe spezifische Wärme- und Kältebedarf von Bädern (Raumheizung, Warmwasserbereitung), Backgewerbe (Backöfen), Wäschereien (Waschen/Trocknen/Mangeln etc.), Gartenbau (Gewächshäuser/Kühlung), Landwirtschaft (Kühlung/Trocknung), Fleischereien/Metzgereien (Kühlung), Beherbergungsbetrieben (Klimatisierung, Sauna) und Krankenhäusern (Klimatisierung).

Die Möglichkeiten zur Recherche der Vermarktungspotenziale für Überschussenergie sind gerade in der Frage der Wärmenutzung nicht einfach. Zwar sind die Branchen im Ansatz bekannt, die betriebliche Ausrichtung innerhalb dieser Branchen ist jedoch so groß, dass pauschale Angaben zum Energiebedarf kaum möglich sind.

Im Idealfall sollten jedoch die mit Gewerbeaufsicht oder Immissionsschutz beauftragten Institutionen Informationen darüber haben, an welchen Standorten in welchem Umfang Wärmeenergie benötigt wird, und einen entsprechenden Fingerzeig geben oder in Rücksprache mit den jeweiligen Firmen einen Kontakt herstellen können. Zentrale Register und andere Verzeichnisse, in denen derartige Infor-

mationen gespeichert sind, sind nicht bekannt. Im Zuge der Recherche muss mit den jeweiligen Firmen gerade aus dem produzierenden Gewerbe im Einzelnen Kontakt aufgenommen werden.

Wärmenetze werden meist von Energieversorgern wie insbesondere Stadtwerken betrieben. Es kann sich dabei sowohl um große regionale Netze wie auch kleine Insellösungen zur Versorgung einzelner kommunaler Einrichtungen handeln. Inwieweit für diese Netze Ausbaupotenziale bestehen oder die Wärmeerzeugung auf Biogas umgestellt werden könnte, kann nur im direkten Kontakt mit den jeweiligen Netzbetreibern ermittelt werden.

Sollte sich kein angemessener Wärmeabsatz finden lassen, verbleibt die Aufbereitung des Biogases zu Erdgasqualität und dessen Einspeisung in ein Netz. Über die Bundesnetzagentur kann eine Liste der bundesweit tätigen Gasnetzbetreiber erhalten werden. Die regionale und lokale Situation konnte bis zum Inkrafttreten der Gasnetzzugangsverordnung am 01. Januar 2011 in frei verfügbaren Karten eingesehen werden. Seitdem sind diese Informationen nur kommerziell zu erhalten. Über die Internetauftritte der bundesweit tätigen Gasnetzbetreiber lassen sich weitere Informationen beispielsweise zu nachgelagerten Gasnetzen ermitteln.

Im konkreten Planungsfall kann über den zuständigen Gasnetzbetreiber eine in der Regel kostenpflichtige Gasnetzprüfung zur Einspeisung des Biomethans angefordert werden.

PRÜFUNG AUF OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN IN DER PRAXIS

Besteht in einer Gebietskörperschaft bereits eine Biogasanlage zur Verwertung von Bioabfällen aus Haushalten, kann die Prüfung auf Optimierungsmöglichkeiten auf Basis der oben ausgeführten Hinweise und Randbedingungen erfolgen.

Keine wesentlichen Optimierungsbedarfe ergeben sich bei:

- Aufbereitung des Biogases und Einspeisung in ein Erdgasnetz; verbleibende Prüfung der Emissionssituation (Messungen) und ggf. Nachrüstung eines optimierten Abluftmanagements aus einer Kombination von Kreislaufführung, Wäscher, Biofilter und ggf. einer Schwachgasfackel, die auch zur Reinigung insbesondere der beladenen Abluft aus dem Fermenteraustrag genutzt werden kann.
- bestehender Nutzung des Biogases über Kraft-Wärme-Kopplung mit einem Gesamtwirkungsgrades des BHKW von mehr als 80 Prozent sowie umfassender Nutzung der im Überschuss anfallenden Abwärme (mehr als 60 Prozent); verbleibende Prüfung der Emissionssituation (Messungen) und ggf. Nachrüstung der Anlage um eine Schwachgasfackel (siehe oben).

In der Regel dürfte die Nutzung der im Überschuss anfallenden Abwärme, gemessen an den oben formulierten Standards, noch deutliche Defizite aufweisen. Die Prüfung nach Optimierungsmöglichkeiten könnte in diesen Fällen nach folgenden Schritten erfolgen:

- Marktanalyse über die Absatzmöglichkeiten im Umfeld des Standortes der Vergärungsanlage in

einem Radius bis zu max. 15 km inklusive Einspeisemöglichkeiten in ein Fernwärmenetz

- Prüfung der Absatzmöglichkeiten im unmittelbaren Standortumfeld inklusive der gezielten Ansiedlung von entsprechendem Gewerbe beziehungsweise Umstellung der Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen auf Intensivkulturen mit Wärmebedarf

Mit den so ermittelten Kosten lassen sich Aufwand und Nutzen abwägen. Ist der ökologische Nutzen immer unstrittig gegeben, ist der finanzielle Aufwand einer Verlegung des BHKW zu einer ausreichenden Wärmesenke vor allem dann angemessen, wenn das bestehende BHKW bereits weitgehend abgeschrieben ist.

Diese Stufe der Prüfung auf Optimierungsmöglichkeiten muss immer unter Beachtung der spezifischen Verhältnisse vor Ort erfolgen. Dabei sollten auch Kooperationsmöglichkeiten mit Stadtwerken oder den (industriellen/gewerblichen) Abnehmern der Energie im Sinne beispielsweise einer gemeinsamen Betreibergesellschaft geprüft werden.

Die verbleibende Alternative ist die Aufbereitung des erzeugten Biogases zu Erdgasqualität und Einspeisung in ein Erdgasnetz. Dies ist angesichts der Investitionskosten nur bei einer Anlage mit einem Durchsatz von etwa 500 Normkubikmeter pro Stunde (das heißt mehr als 35.000 Jahrestonnen Bioabfall) sinnvoll. Diese Mengenschwelle dürfte an bestehenden Vergärungsanlagen für Bioabfälle nur in Ausnahmefällen erreicht werden.



Es können aber Kooperationsmöglichkeiten mit anderen meist landwirtschaftlichen Biogasanlagen geprüft werden. Diese verfügen in der Regel ebenfalls nicht über eine befriedigende Vermarktung der Überschussenergie, sodass sich bei einer relativ engen Nachbarschaft zu derartigen Anlagen eine gemeinsame zentrale Aufbereitungsanlage und Einspeisung anbieten würde.

In allen Fällen empfiehlt sich, die Konditionen der Vergütung mit den Energieversorgern/Händlern im Detail auszuhandeln, da hier durchaus Verhandlungsspielräume existieren. Verhandlungspartner sind dabei nicht nur die regionalen Unternehmen, sondern ein beliebiger Abnehmer an irgendeiner Stelle des bundesdeutschen Gasnetzes, der den Nachweis führen kann, rechnerisch das eingespeiste Biomethan nutzen zu können.

7.3 Hinweis zur Standortfindung von Biogasanlagen

A NEUANLAGEN IN EIGENREGIE

Soll erstmalig eine Vergärungsanlage zur Verwertung der Bioabfälle errichtet werden, muss besonderes Augenmerk auf einen geeigneten Standort gelegt werden. Ein idealer Standort befindet sich in direkter Nachbarschaft zu einer großen Wärmesenke, sodass ein ausreichender Absatz sichergestellt ist, ohne dass es einer Auftrennung zwischen den Standorten für die Biogaserzeugung und dessen Nutzung bedarf.

Sollte sich in der jeweiligen Stadt oder dem jeweiligen Kreis die Vermarktungssituation von Biogas als schwierig erweisen, das heißt sowohl für die direkte

Nutzung des Biogases als auch für die Einspeisung in ein Erdgasnetz, sollten Kooperationsmöglichkeiten mit benachbarten Gebietskörperschaften geprüft werden, die in einer Erweiterung einer bestehenden Verwertungsanlage oder in einer gemeinsamen neuen Anlage liegen können.

B ANLAGEN IM RAHMEN VON AUSSCHREIBUNGEN

Wird die Verwertung von Bio- und Grünabfällen ausgeschrieben, sollen auch wegen der mittel- und langfristigen Entsorgungssicherheit ausreichende ökologische Standards sichergestellt werden. Die Erfahrung zeigt, dass Biomassennutzungsanlagen auf NawaRo-Basis bei einer unzureichenden Vermarktung der im Überschuss erzeugten Energie in wirtschaftliche Schwierigkeiten geraten können. Folgende Vorgaben sollten in Ausschreibungen gemacht werden:

- Vorgaben an einzuhaltende Emissionsstandards; Fassung beladener Abluft, Methanschlupf und Behandlung über eine Schwachgasfackel
- Vorgaben über den zu erreichenden Wirkungsgrad; für das BHKW von 85 Prozent und Nutzung der verbleibenden Überschusswärme zu möglichst 80 Prozent
- Darlegung der geplanten Vermarktung der Überschussenergie beziehungsweise der entsprechenden Verträge zur Prüfung auf ausreichende Entsorgungssicherheit
- Bewertungssystem zur Berücksichtigung ökologischer Kriterien im Rahmen der Gesamtbewertung des wirtschaftlichsten Angebotes

PRÜFUNG AUF OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN IN DER PRAXIS

Besteht in einem Kreis oder einer Stadt eine getrennte Sammlung und Verwertung von Bioabfällen und Grünabfällen und erfolgt diese Verwertung in einer Kompostierungsanlage oder bereits in einer Vergärungsanlage in Eigenregie, so sind folgende Prüfschritte zur Optimierung denkbar:

- Welche Mengen stehen für eine Vergärung aus den Stoffströmen Bioabfall und Grüngut zur Verfügung, und gibt es entsprechende Potenzialuntersuchungen (beispielsweise Gärpotenzial, Materialzusammensetzung des Grünguts)?
- Die Investition in eine Bioabfallvergärungsanlage kann je nach spezifischen Rahmenbedingungen als Erweiterung einer bestehenden Kompostierungsanlage bereits ab einer Durchsatzleistung von etwa 4.000 Jahrestonnen sinnvoll sein.
- Welche Einrichtungen einer Kompostierungsanlage wie die Grobaufbereitung des Anlageninputs, die Rottesysteme sowie alle peripheren Nebeneinrichtungen können für die Aufbereitung und Nachrotte der Gärreste sinnvoll genutzt werden?
- Im Hinblick auf die erhöhten emissionstechnischen Anforderungen bei der Nachrotte der Gärreste ist das bestehende Rottesystem und das vorhandene oder neu zu planende Vergärungssystem auf die neuen Ansprüche (Methanschlupf, Abluftbehandlung) zu überprüfen.
- Die neue Gesamtanlage sollte zur Herstellung von Fertigungskompost geeignet sein.
- Prüfung des Standortes im Hinblick auf das Energienutzungskonzept, eine hochwertige

Kompostvermarktung und gegebenenfalls eine Überschusswasserentsorgung.

- Optimierung des Stoffstrommanagements Grünabfall zur Sicherstellung einer ausreichenden Bereitstellung von Strukturmaterial für die Nachrotte der Gärreste.

Ergibt diese Prüfung der Randbedingungen nicht durchgängig eine positive Beurteilung, empfiehlt sich die Prüfung von Standortalternativen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Investitionen in die bestehende Kompostierungsanlage bereits weitgehend abgeschlossen sind oder eine Erweiterungsmöglichkeit alleine schon aus Platzgründen problematisch ist.

Dieser Schritt sollte auch die Prüfung von Kooperationsmöglichkeiten insbesondere mit anderen Gebietskörperschaften beinhalten. Dies gilt umso mehr, wenn der für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Vergärungsanlage notwendige Anlagendurchsatz durch das eigene Bioabfallaufkommen auch nach einer Prüfung der Ausweitung der Bioabfallsammlung nicht gewährleistet werden kann.

Sollte eine Bioabfallbehandlung in Eigenregie neu aufgebaut werden, so sind bei der Planung neben den Fragen des Absatzes der Überschussenergie insbesondere folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Welche Mengen stehen für eine Vergärung aus den Stoffströmen Bioabfall, Grüngut zur Verfügung, und gibt es entsprechende Potenzialuntersuchungen (beispielsweise Gärpotenzial, Materialzusammensetzung Grüngut)?
- Erstellung eines Vermarktungskonzeptes für



kompostierte Gärreste, Grüngutkompost und gegebenenfalls Überschusswasser

- Aufbau eines Verwertungskonzeptes für die nach erfolgter Optimierung verbleibenden Grünabfallteilströme mit Brennstoffherzeugung und Grünabfallkompostierungsplätzen
- Standortsuche unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Marktstudien (Kompost/Überschussenergieverwertung) und der Abfallschwerpunkte „Sammlung“
- Entscheidung für den Eigenbetrieb, Betreiberkonzepte und Anlageninvestitionen
- Neukonzeption der Bio- und Grünabfallbehandlung – Randbedingungen einer Ausschreibung

Falls eine Realisierung der Bio- und Grüngutverwertung im Eigenbetrieb aus verschiedenen Gründen nicht politisch und organisatorisch umsetzbar ist, können die Leistungen auch im Rahmen von Ausschreibungen (VOL, VOB) eingeholt werden. Eine garantierte regionale Lösung mit entsprechender Wertschöpfung vor Ort im kommunalen Einzugsgebiet ist aber in der Regel nur durch die Vorgabe eines Standortes oder die Vorgabe eines solchen in einer Ausschreibung gewährleistet. Eine Dienstleistungsausschreibung ohne entsprechend bindende Vorgaben bevorzugt oft Anbieter mit bereits bestehenden und zum Beispiel abgeschriebenen Einrichtungen außerhalb des kommunalen Einzugsgebietes.

7.4 Erfassungssystem

A EINFÜHRUNG DES SYSTEMS DER BIO- UND GRÜNABFALLERFASSUNG

Vor Einführung eines Systems Biotonne sowie der Grünabfallerfassung bieten sich folgende Untersuchungsschritte an:

1. Sortieranalyse Restabfall
2. Erhebung des Stands der Eigenkompostierung und dessen Bewertung
3. Erhebung der Potenziale aus der Analyse der Siedlungs- und Bebauungsstruktur und der privat genutzten Hausgärten
4. Identifizierung der Straßenzüge oder Stadtviertel, die aus der Bioabfallerfassung ausgeschlossen werden sollen (beispielsweise möglicherweise Hochhäuser, Innenstadtkerne, Aussiedlerhöfe oder Streusiedlungen)

Auf dieser Basis sollte ein erster grober Überblick über die Potenziale bestehen, die über eine flächendeckend eingeführte Biotonne bei Anschluss- und Benutzungszwang und restriktiver Handhabung der Befreiung über das System Biotonne zu erschließen wären. Dann kann eine erste System-Festlegung und ein erstes Grundkonzept für die Anpassung an saisonale Mengenschwankungen (beispielsweise ergänzende Papiersäcke) unter Berücksichtigung der gewünschten Bioabfallzusammensetzungen angesichts der geplanten Verwertung erfolgen.

Auf dieser Basis lässt sich ein ergänzendes Konzept für die Grünabfallsammlung erarbeiten. Hierfür bieten sich folgende Untersuchungsschritte an:

1. Zusammenstellung der aus der Analyse der privaten Grünflächenstruktur (siehe oben) zu erwartenden eher holzigen/sperrigen Grünabfallmengen
2. Intensiver Austausch mit Ämtern und Behörden, die unmittelbar und mittelbar das Grünabfallaufkommen bestimmen, indem sie selbst Abfallerzeuger sind oder Dritte mit der Pflege von Grünflächen beauftragen und im Falle der Landschaftspflege die Bezuschussung an Auflagen zu Anfall und Verbleib knüpfen können. Dies sind kommunale Sport- und Grünflächenämter, Friedhofsverwaltungen, städtische Dienste, Wohnungsgesellschaften, medizinische und andere öffentliche Einrichtungen, Schloss- und Parkverwaltungen, Tierparks, Straßenverwaltungen und ähnliche Einrichtungen.
3. Austausch mit Garten- und Landschaftsbau und anderen Unternehmen über Anfall und Verbleib
4. Analyse vorhandener öffentlicher und privater Strukturen, an die sich das System der Grünabfallerfassung anlehnen könnte

Auf dieser Basis lässt sich das System der Übergabestellen näher skizzieren sowie das Aufkommen pro Übergabepunkt im Jahresgang grob beziffern.

Für die Einführung des neuen Systems der Bio- und Grünabfallerfassung ist – wie für alle neuen Systeme wie Papiertonne oder Wertstofftonne – eine intensive Öffentlichkeitsarbeit vorzusehen. An die Übergabepunkte sind Anforderungen an die technische Mindestausstattung zu beachten.

B OPTIMIERUNG EINES BESTEHENDEN SYSTEMS DER BIO- UND GRÜNABFALLERFASSUNG

Die Prüfung auf Optimierungsmöglichkeiten der Erfassung von Bio- und Grünabfällen könnte nach folgenden Schritten erfolgen:

Liegt das in den Statistiken verbuchte Aufkommen an *kommunalen Grünabfällen* nicht deutlich über 150 Kilogramm je Einwohner und Jahr, so

1. sind zunächst die aktuellen Mengenströme zu erheben, um die Grünabfallmassen zu identifizieren, die, an der entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaft vorbei, bereits an Verwertungsanlagen abgegeben werden.
2. Dazu sollte auch ein Gespräch vor allem mit den entsprechenden kommunalen Stellen dienen (siehe oben).

Gemäß den identifizierten Defiziten lassen sich hierauf im Austausch mit den zentralen Akteuren Optimierungsansätze entwickeln und umsetzen. Letztendlich bedarf es zur Optimierung hier insbesondere des politischen Willens und entsprechender Erlasse beziehungsweise Order.

Für den Bereich der kommunalen Grünabfälle, die aus der Bewirtschaftung oder Pflege privater Grundstücke stammen, gilt es, folgende Sachverhalte abzu prüfen:

1. Überschlägige Prüfung der Mengenpotenziale auf Basis der Grünflächenausstattung sowie der „Abschöpfung“ über die Eigenkompostierung,
2. Prüfung der Pull-Faktoren. Ausgelegt als Bringsystem resultiert der Erfolg des Sammelsystems insbesondere aus den Randbedingungen, die zur Nutzung anreizen oder zumindest die Nut-



- zung erleichtern. Zu prüfen ist die Dichte des Netzes an Übergabepunkten (möglichst unter 5 Quadratkilometer Siedlungsfläche beziehungsweise 10.000 Einwohner pro Punkt), die zeitliche Verfügbarkeit (täglich, auch samstags, ganzjährig) sowie die Gebührenstruktur (tendenziell Gebühren nur in Ausnahmefällen) sowie das Annahmespektrum (nicht nur holziges Material).
3. Prüfung der Push-Faktoren: zur Optimierung des Systems bedarf es Randbedingungen, die sicherstellen, dass von den Abfallerzeugern nur alternative „Entsorgungswege“ eingeschlagen werden können, die aus ökologischer Sicht toleriert werden können.

Zur Prüfung des Systems Biotonne auf Optimierungsbedarf können folgende Sachverhalte abgeprüft werden:

1. Prüfung der Anschlussgrade der Grundstücke an die Biotonne in den einzelnen Siedlungs- und Bebauungsstrukturen für jede einzelne Stadt oder Gemeinde (Zielgröße mehr als 80 Prozent Anschlussquote); Identifikation der Straßenzüge, Quartiere, Stadtviertel mit geringen Anschlussquoten
2. Analyse dieser Siedlungsbereiche mit Defiziten durch Sortieranalysen des Restmülls, Prüfung der Eigenkompostierungspraxis, ergänzt durch Befragungen und Gespräche mit ausgewählten Akteuren

8. Abbildungen und Tabellen

ABBILDUNGEN	SEITE
Abbildung 1: Das System der Bio- und Grünabfallbehandlung im Überblick	7
Abbildung 2: Das System der Bio- und Grünabfallbehandlung im Überblick	11
Abbildung 3: Optionen der Bioabfallbehandlung aus ökologischer Sicht (LUBW/IFEU 2010)	12
Abbildung 4: Typisches Bioabfallaufkommen im Jahresgang	13
Abbildung 5: Stoffstrommanagement – Zuordnung von Bio- und Grünabfallmassen zu Verwertungswegen für Kompost	17
Abbildung 6: Übersicht über verschiedene technische Lösungen der Biomasse-Vergärung	20
Abbildung 7: Um ein Vergärungsmodul nachgerüstete Kompostierungsanlage in Passau-Hellersberg (Buchheit 2009)	22
Abbildung 8: Möglichkeiten der Biogasnutzung	23
Abbildung 9: Konzepte zur Biogasnutzung aus ökologischer Sicht (IFEU et al. 2008)	24
Abbildung 10: Checkliste zur Einführung des Systems Biotonne, ergänzt durch eine Verwertung von kommunalen Grünabfällen	26
Abbildung 11: Beispiel einer Jahresganglinie im Bioabfallaufkommen	42
Abbildung 12: Beispiel einer Jahresganglinie im Grünabfallaufkommen	42
Abbildung 13: Das System der Bio- und Grünabfallverwertung, Ansatzpunkte zur Optimierung	43
Abbildung 14: Unterschiedliche Kompostabsatzwege aus ökologischer Sicht	45
Abbildung 15: Entscheidungsbaum für die Kompostvermarktung	56
Abbildung 16: Schema der Grüngutaufbereitung zu Brennstoff und Kompost	59
Abbildung 17: Preisentwicklung bei Holzhackschnitzeln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas (Quelle: C.A.R.M.E.N.)	61
Abbildung 18: Entwicklung der Grenzwerte für Staubemissionen gemäß der 1. BImSchV für Wärmeerzeugungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung bis 1 MW	62
Abbildung 19: Die Alternativen der Kompostierung und Vergärung von Bioabfällen aus Sicht des Klimaschutzes (LUBW/IFEU 2010)	64
Abbildung 20: Allgemeiner Verfahrensablauf der Vergärung	64
Abbildung 21: Übersicht über kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren (UBA, 2010)	65
Abbildung 22: Beispielhaftes Verfahrensschema der kontinuierlichen Nassvergärung von Bioabfällen (Quelle: Fa. BTA)	67
Abbildung 23: Beispielhaftes Verfahrensschema einer kontinuierlichen Trockenvergärung von Bioabfällen (Quelle: Fa. AXPO-KOMPOGAS)	68
Abbildung 24: Beispielhaftes Verfahrensschema einer diskontinuierlichen Trockenvergärung in Boxenfermentern (Quelle: Fa. Bekon)	69
Abbildung 25: Gaserträge bei der Trockenfermentation von Bioabfällen (WI & Pöyry 2009)	70

Abbildung 26:	Überschusswasser bei der Trockenfermentation von Bioabfällen (WI & Pöyry 2009)	71
Abbildung 27:	Vergärung von Bioabfall mit anschließender Fest-Flüssig-Trennung des Gärrestes – Darstellung der Nährstoffgehalte in % TS (Quelle: Abfall- wirtschaftsbetrieb Wetteraukreis)	73
Abbildung 28:	Übersicht zu Biogasnutzungskonzepten	75
Abbildung 29:	Nutzungsoptionen für Biogas aus ökologischer Sicht (IFEU, IE, TU Berlin, Öko-Institut, FH Berlin 2008)	76
Abbildung 30:	Wärmeeigenbedarf von Vergärungsanlagen in den Wintermonaten (exemplarische Darstellung) (UBA, 2010)	78
Abbildung 31:	Optionen der Bioabfallbehandlung aus ökologischer Sicht (LUBW/IFEU 2010)	100

TABELLEN		SEITE
Tabelle 1:	Regelungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2012	18
Tabelle 2:	Kostenschätzung der Einführung des Systems Biotonne am Beispiel des Landkreises Ravensburg (RA/Öko-Institut 2011)	30
Tabelle 3:	Charakterisierung von Grüngut einer Beispielregion in Abhängigkeit von der Jahreszeit	57
Tabelle 4:	Qualität von frischem gemischtem Grüngut einer Sommercharge (Beispielregion)	61
Tabelle 5:	Gegenüberstellung der Netto-Strom- und Netto-Wärmeausbeute von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Trockenverfahren (UBA, 2010)	70
Tabelle 6:	Beispielhafte Auswahl von Wirkungsgraden verschiedener BHKW-Typen	77
Tabelle 7:	Regelungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2012	79
Tabelle 8:	Übersicht über Verfahren der Biogasaufbereitung	85

9. Literatur

- Abfallwirtschaftsbetrieb Wetteraukreis, 2. Biomasseforum Witzenhausen, Vortrag Jürgen Roth
- ATUS GmbH, Müllschleusen in Hamburg; Endbericht im Auftrag von Innotec, Hamburg, Juli 2007
- Babcock, B. A.: Overview of the FAPRI modelling system; Vortrag am RSB LUC Workshop Sao Paulo, 20.–21. November 2008
- Bakowies, Verbrennung von aufbereiteten Grünabfall, HERO-Schriftenreihe Band 5, 2009
- BGK, ZVG (Hg.), Verfüllen von Pflanzlöchern bei der Gehölzpflanzung. Kompost Anwendungsempfehlungen, Köln 2004
- Buchheit, M., Kopplung von Energie- und Komposterzeugung, Vortrag auf der Tagung des VKS Baden-Württemberg und des Umweltministeriums Baden-Württemberg, Abfall als Ressource, Ludwigsburg Juli 2009
- Fricke et al., Die Sammlung von Bioabfällen. Fricke, K., Turk, T., Vogtmann, H. In: Hösel, G., Schenkel, W., Schnurer, H. (Hrsg.): Müll-Handbuch. Berlin 1964 ff. KZ 2882. Berlin 1994
- Fricke, K., Turk, T., Flächendeckende Einführung der getrennten Bioabfallsammlung. Was ist zumutbar und wirtschaftlich vertretbar?, Technische Universität Braunschweig, Juni 2011
- Häring, G., Sonnleitner, M., Zörner, Prof. Dr. W., Brüggling, E., Bucker, Ch., Wetter, Prof. Dr. Ch., Vogt, R., Handreichung zur Optimierung von Biogasanlagen, 2010
- Hartmann, Dr. A., Wie viel Fläche wird für Biogas benötigt?, in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 07/2008, S. 40-42
- Henssen, D., Einführung und Optimierung der getrennten Sammlung zur Nutzbarmachung von Bioabfällen, Handbuch für öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, Abfallbehörden, Entscheidungsträger, Planer und Entsorgungsunternehmer, gab Designer und Ingenieure GmbH, Herausgeber: Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V. und Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Aachen, Mai 2009
- IFEU, ahu AG, Optimierung der Verwertung organischer Abfälle, im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 3709 33 340), Heidelberg/Aachen, in Bearbeitung
- IFEU, IE-Institut für Energetik und Umwelt Leipzig, FH für Wirtschaft Berlin, Öko-Institut Freiburg e. V., Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung der TU Berlin, Optimierung für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland, Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums (FKZ 0327544), Heidelberg/Leipzig/Berlin/Darmstadt 2008
- IFEU, Knappe, F., Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle, in 68. Informationsgespräch des ANS e. V., Kosten- und Ressourceneffizienz in der Abfallwirtschaft, Braunschweig 2007
- IGLux, interne unveröffentlichte Studie
- INFA, Kostenbetrachtung für die separate Bioabfallsammlung und -behandlung im Vergleich zur gemeinsamen Entsorgung mit dem Restabfall, Studie im Auftrag des VHE Verband Humus- und Erdenwirtschaft e. V., 2007
- Kern, M., Karas, R.-R.: Keim- und Geruchsemissionen unterschiedlicher Sammelbehälter für Bioabfälle; In: Wiemer, K., Kern, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung VIII. Witzenhausen 2004
- Kern, M. et al., Wissenschaftliche Begleitung der Einführung von Müllschleusen in der Stadt Erfurt; Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Abschlussbericht im Auftrag von Innotec, Witzenhausen, September 2007
- Kern, M. et al.; Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen, Anregungen für kommunale Entscheidungsträger, BMU-Broschüre, Berlin, September 2009
- Kern, M. et al., Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau, 2010 (UBA-Texte 43/2010)
- Kern, M., Biogasatlas, Witzenhausen 2011

- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU), Bio- und Grünabfälle, Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen in Baden-Württemberg; Karlsruhe, Mai 2010
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2007; Düsseldorf, September 2008
- Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg (UVM), Abfallbilanz 2009, Stuttgart 2009
- Öko-Institut, Dehoust, G. et al., Optimierung der Abfallwirtschaft in Hamburg unter dem besonderen Aspekt des Klimaschutzes – Abfallwirtschaft und Klimaschutz; Öko-Institut e. V., Ingenieursgemeinschaft Witzenhausen, FH Mainz, Darmstadt, Witzenhausen, Mainz, September 2008
- Ressource Abfall, Öko-Institut Freiburg, Optimierung des Systems der Bio- und Grünabfallverwertung im Landkreis Ravensburg, Teilstudie im Rahmen des Projektes IFEU, IGLux, Öko-Institut, Ressource Abfall, Optimierung des Systems der Bio- und Grünabfallverwertung für Baden-Württemberg, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Heidelberg/Witzenhausen/Berlin/Elze 2011
- Schlomann, B. et al., Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006, Studie des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung ISI, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der TU München, GfK Marketing Services GmbH, im Auftrag des BMWi und BMU, Karlsruhe/München/Nürnberg 2009
- Schultz, R. et al., Optimierung der marktnahen Förderung von Biogas/Biomethan unter Berücksichtigung der Umwelt- und Klimabilanz, Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit, Verbundstudie im Auftrag des Biogases e. V., 2011
- Steffen, K., Verkauf und Kundenberatung, in: ZVG Zentralverband Gartenbau e. V. (Hg), Handbuch Kompost im Gartenbau, Bonn 2002, S. 317-326
- Thelen-Jüngling, M., BGK-Statistik 2010. Kompost und Gärprodukte, in: H&K aktuell 05/2011, S. 1-3
- TierNebV, Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung – TierNebV“ vom 27.07.2006
- Witzenhausen-Institut/Pöyry, Biomassepotenzialstudie Hessen – Stand und Perspektiven der energetischen Biomassenutzung in Hessen. Bericht unveröffentlicht, 2009
- ZVG Zentralverband Gartenbau e. V. (Hg), Handbuch Kompost im Gartenbau, Bonn 2002

10. Impressum

HERAUSGEBER

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg

Hausanschrift Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart
Postanschrift Postfach 103439, 70029 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711 / 126-0
Telefax +49 (0) 711 / 126-2881
E-Mail Poststelle@um.bwl.de
Internet www.um.baden-wuerttemberg.de

GESTALTUNG UND REALISIERUNG

freelance project GmbH
Silberburgstraße 112
70176 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711 / 993386-0
www.freelance-project.de

DRUCK

Woge Druck GmbH
Ettlinger Straße 30
76307 Karlsbad
Telefon +49 (0) 7202 / 93320
www.wogedruck.de

BILDNACHWEIS

ABFALLBERATUNG UNTERFRANKEN: *Seite/n* 7 Harald Heinritz, 12, 14, 14, 16, 16, 28, 38, 38, 63, 90, 90, 92, 92, 95, 95 (Monika Böhm-Weniger, Landratsamt Schweinfurt), 98, 98 Alexandra Schuster, FABION Markt+Medien, Landratsamt Schweinfurt, 106 Harald Heinritz, 108;
BMU: *Seite/n* 30; 44 Bernd Müller, 28, 63 und 100 Rupert Oberhäuser;
DIGITALSTOCK: *Seite/n* 1 C. Probst, 8 D. Suhr, 82 F. Aumüller, 110 Kzenon, 6 M. Dietrich, 104 H. Kollinger;
FOTOLIA: *Seite/n* 7 Lichtbildnerin, 10 Smileus, 46 Carmen Steiner, 46 womue, 48 und 102 Stefan Körbe, 54, aspar-art, 58 abcmedia, 58 gold-bany, 80 thanh lam, 104 corepics, 108 ArTo, 110 mirpic;
PIXELIO: *Seite/n* 1 uschi dreiucker, 8 mundm, 54 Peter Gagstaedter, 60 Stihl024, 60 Thorben Wengert, 72 Rainer Sturm, 80 Andreas Morlok, 82 Paul-Georg Meister;
WEITERE: *Seite/n* 1, 106 solarcomplex AG, 5 Umweltministerium Baden-Württemberg (KD Busch), 12 Haase Energietechnik, 21 Green Value, 21 Haase Energietechnik, 30 Hubert Willibald GmbH, 40 Haase Energietechnik, 40 istockphoto, Jeannot Olivet, 44 stock exchange, Darryl Smith, 48 Stuttgart Marketing, 50 stock Xchange Darryl Smith, 50 Umweltpartner Vogel, 52 Obst vom Bodensee Marketinggesellschaft mbH, 52 Tourismus Baden-Württemberg, 72 und 74 Wikipedia Florian Gerlach, 75 Green Value, 86 freeimagefinder Matthiashn, 86 MT-Energie GmbH, Martin Bockhacker, 100 Hubert Willibald GmbH, 102 Abfallverwertung Augsburg GmbH;
IN GRAFIKEN: *Seite/n* 23, 75: Tognum AG, Bosch Thermosystems GmbH, Hartwig Bamby, Österreichischer Biomasse-Verband.



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT