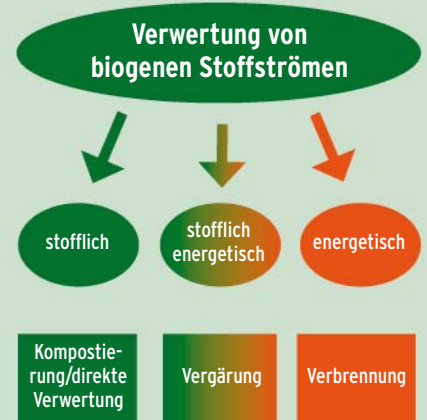




# Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen

## Anregungen für kommunale Entscheidungsträger



**IMPRESSUM**

Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)  
 Referat Öffentlichkeitsarbeit · 11055 Berlin  
 E-Mail: [service@bmu.bund.de](mailto:service@bmu.bund.de) · Internet: [www.bmu.de](http://www.bmu.de)

Umweltbundesamt (UBA)  
 Wörlitzer Platz 1 · 06844 Dessau-Roßlau  
 Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

Text: Dr. Michael Kern, Thomas Raussen, Thomas Graven (Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt u. Energie GmbH)  
 Dr. Claus-Gerhard Bergs (BMU, Referat WA II 4), Tim Hermann (UBA, FG III 2.4)

Redaktion: Dr. C.-André Radde (BMU, Referat WA II 4 – Siedlungsabfall)

Gestaltung: design\_idee, büro\_für\_gestaltung, Erfurt  
 Druck: Silber Druck oHG, Niestetal

Abbildungen: Titel: (o.li.) BRS-Bioenergie GmbH, Villingen-Schwenningen;  
 (o.re.) Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V. (VHE), Aachen;  
 (u.li.) Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V. (VHE), Aachen;  
 (u.mi.) Rupert Oberhäuser/BMU; (u.re.) GrafikHaus Anja Neubauer  
 S. 4: Rupert Oberhäuser/BMU  
 S. 6 (li.): Witzenhausen-Institut  
 S. 6 (re.): Witzenhausen-Institut  
 S. 7: [taula.de](http://taula.de)/Fotolia  
 S. 8: [visdia](http://visdia.com)/Fotolia  
 S. 9: Abfallwirtschaftsbetrieb München  
 S. 10 (li.): Witzenhausen-Institut  
 S. 10 (re.): Witzenhausen-Institut  
 S. 11: Witzenhausen-Institut  
 S. 12 (Karte): Witzenhausen-Institut  
 S. 14: Witzenhausen-Institut  
 S. 15: Witzenhausen-Institut  
 S. 17: [herr\\_mueller](http://herr_mueller.com)/Fotolia  
 S. 18: Witzenhausen-Institut  
 S. 20 (o.li.): Witzenhausen-Institut  
 S. 20 (o.re.): Witzenhausen-Institut  
 S. 20 (u.): Rupert Oberhäuser/BMU  
 S. 21 (u.li.): Witzenhausen-Institut  
 S. 21 (u.re.): Witzenhausen-Institut  
 S. 22 (o.): SITA Kompostwerk Westheim  
 S. 22 (mi.): SITA Kompostwerk Westheim  
 S. 22 (u.): SITA Kompostwerk Westheim  
 S. 23 (o.li.): KDM Kompostierungs- und Vermarktungsgesellschaft GmbH  
 S. 23 (o.re.): KDM Kompostierungs- und Vermarktungsgesellschaft GmbH  
 S. 23 (u.): KDM Kompostierungs- und Vermarktungsgesellschaft GmbH  
 S. 24: Witzenhausen-Institut  
 S. 25: Witzenhausen-Institut  
 S. 26 (o.): BRS Bioenergie GmbH  
 S. 26 (u.): BRS Bioenergie GmbH  
 S. 27 (o.): B & R Bioverwertung & Recycling GmbH  
 S. 27 (u.): B & R Bioverwertung & Recycling GmbH  
 S. 28 (o.): MM Video Fotowerbung  
 S. 28 (u.): MM Video Fotowerbung  
 S. 29 (o.): Ganser GmbH & Co.KG  
 S. 29 (u.): Komptec Kompostierungsanlagen GmbH  
 S. 30 (o.): Stadtreinigung Hamburg  
 S. 30 (u.li.): Stadtreinigung Hamburg  
 S. 30 (u.re.): Stadtreinigung Hamburg  
 S. 31 (o.): Witzenhausen-Institut  
 S. 31 (u.): GrafikHaus Anja Neubauer  
 S. 33 (o.li.): Holzheizkraftwerk Oerlinghausen GmbH  
 S. 33 (o.re.): Holzheizkraftwerk Oerlinghausen GmbH  
 S. 33 (u.): Holzheizkraftwerk Oerlinghausen GmbH  
 S. 35: Witzenhausen-Institut  
 S. 39 (li.): Witzenhausen-Institut  
 S. 39 (re.): Witzenhausen-Institut  
 S. 40 (li.): Witzenhausen-Institut  
 S. 40 (re.): Witzenhausen-Institut  
 S. 41 (li.): Witzenhausen-Institut  
 S. 41 (re.): Witzenhausen-Institut  
 S. 42 (o.): Humuswerk Main-Spessart  
 S. 42 (u.): Rupert Oberhäuser/BMU  
 S. 43 (li.): Witzenhausen-Institut  
 S. 43 (re.): Witzenhausen-Institut  
 S. 44: Witzenhausen-Institut  
 S. 47: Witzenhausen-Institut

Stand: März 2012  
 1. Auflage: 5.000 Exemplare

<b>1</b>	<b>VORBEMERKUNG</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>AUFKOMMEN UND QUALITÄTEN ORGANISCHER ABFÄLLE</b>	<b>10</b>
3.1	Erfassung und Aufkommen organischer Abfälle	10
3.1.1	Bio- und Grünabfälle	10
3.1.2	Landschaftspflegematerialien	13
3.1.3	Sonstige organische Abfälle aus Industrie und Gewerbe	14
3.2	Zusammensetzung und Qualitäten von Bio- und Grünabfällen	14
3.3	Möglichkeiten der Erfassungssteigerung	16
<b>4</b>	<b>VERWERTUNGSWEGE DER ERFASSTEN STOFFSTRÖME</b>	<b>18</b>
4.1	Kompostierungsverfahren	18
4.2	Vergärungsverfahren	24
4.3	Stoffliche und energetische Nutzung von Grünabfällen	31
<b>5</b>	<b>ÖKOLOGISCHE ASPEKTE VON KOMPOSTIERUNG UND VERGÄRUNG</b>	<b>35</b>
5.1	Qualitätsanforderungen und Gütesicherung bei der Verwertung von Komposten und Gärprodukten	35
5.2	Komposte und Gärprodukte: Lieferanten von Nährstoffen und Humus für unsere Böden	36
5.3	Energiebilanzen von Kompostierung und Vergärung	37
5.4	Klimabilanzen von Kompostierung und Vergärung	38
<b>6</b>	<b>ÖKONOMISCHE ASPEKTE DER BIOLOGISCHEN ABFALLVERWERTUNG</b>	<b>40</b>
6.1	Kompostvermarktung	40
6.2	Kosten und Erlöse der Kompostierung, der Vergärung und Kombinationsmodelle (Vorschaltanlagen)	42
<b>7</b>	<b>FÖRDERUNG DER ENERGETISCHEN NUTZUNG VON BIO- UND GRÜNABFÄLLEN DURCH DAS EEG</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>HANDLUNGSHILFE FÜR KOMMUNALE ENTSCHEIDUNGSTRÄGER</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>WEITERGEHENDE INFORMATIONSQUELLEN</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>GLOSSAR</b>	<b>51</b>

# 1 VORBEMERKUNG

Bei der getrennten Erfassung von Bioabfällen und deren Verwertung ist Deutschland im internationalen Vergleich schon jetzt hervorragend aufgestellt: Im Durchschnitt werden je Einwohner mehr als 100 Kilogramm Bio- und Grünabfälle getrennt erfasst, was einem jährlichen Gesamtaufkommen von mittlerweile rund neun Millionen Tonnen entspricht.

Bis vor wenigen Jahren wurden große Mengen dieser Materialien als Bestandteil des Restmülls noch auf Deponien abgelagert. Biologisch abbaubare Abfälle waren auf Deponien aber der wesentliche Faktor bei der Entstehung klimarelevanter Gase im Bereich der Abfallwirtschaft. Mit der Getrennterfassung von Bioabfällen sowie der Entfernung der im Restmüll noch verbliebenen biologisch abbaubaren Bestandteile durch Abfallvorbehandlung wurde die entscheidende Wende in der Abfallwirtschaft auch unter Klimaaspekten erreicht: Die jährlichen Emissionen von

klimarelevanten Gasen auf Basis von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten konnten bis 2005 im Vergleich zu 1990 um nahezu 45 Millionen Tonnen reduziert werden. Das entsprach im Jahr 2005 fast 25 Prozent der insgesamt erreichten Minderung des Ausstoßes von Treibhausgasen in Deutschland.

Aus getrennt erfassten Bioabfällen hergestellte Komposte und Vergärungsrückstände bieten zudem eine sehr gute Möglichkeit, den Humusgehalt der Böden zu stabilisieren oder zu verbessern sowie die biologische Aktivität zu fördern. Komposte oder kompostierte Gärrückstände sind dabei hervorragend zur Substitution von Torf geeignet.

Ökobilanzielle Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass eine optimierte Bioabfallverwertung noch zusätzliche Beiträge zu Klima- und Ressourcenschutz leisten kann.



Rottetunnel eines Kompostwerks

Dies wird dazu führen, dass geeignete Bioabfälle künftig auch verstärkt zur Erzeugung von Energie herangezogen werden. Das neue Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2012) unterstützt diese Entwicklung mit einer eigenständigen Regelung für Bioabfälle in § 27a des EEG. Danach wird Strom aus Anlagen, die Biogas einsetzen, das durch anaerobe Vergärung von Bioabfällen erzeugt wurde, gegenüber der Vergärung anderer Biomasse mit einem erhöhten Satz vergütet. Voraussetzung ist, dass die Vergärungsanlage mit einer nachgelagerten Kompostierung verbunden ist. Aber: Nicht jeder Bioabfall ist für die Vergärung oder Verbrennung prädestiniert, so dass auch die ausschließliche Kompostierung ohne energetische Nutzung der Bioabfälle in Zukunft einen hohen Stellenwert behalten wird.

Um insbesondere den kommunalen Entscheidungsträgern eine Hilfestellung bei der Optimierung der Bioabfalleffassung und -nutzung zu geben, werden in der vorliegenden Broschüre die Potenziale an Bioabfällen dargestellt und die aktuell zur Nutzung verschiedener Bioabfallkategorien einsetzbaren technischen Verfahren vorgestellt. Außerdem kann jeder kommunale Entscheidungsträger anhand einer Checkliste abschätzen, ob eine Optimierung der Bioabfallverwertung unter dem Aspekt der Steigerung der Erfassungsmengen oder der Ausbeute an Energie vor Ort sinnvoll ist.

Diese Broschüre basiert unter anderem auf den Ergebnissen eines Forschungsvorhabens, das vom Bundesumweltministerium (BMU) und vom Umweltbundesamt (UBA) vergeben wurde. Auch wenn sich die Broschüre vorwiegend an Nutzer hierzulande richtet, so ist darauf hinzuweisen, dass es sich das

Bundesumweltministerium auch zur Aufgabe gemacht hat, den Gedanken der ökologisch sinnvollen Nutzung von Bioabfällen verstärkt über die nationalen Grenzen hinweg zu transportieren. Auch deshalb hat das Bundesumweltministerium das Ziel einer EU-Bioabfallrichtlinie konsequent verfolgt.

Bereits im Mai 2006 wurde auf Initiative Deutschlands die politische Debatte über die Notwendigkeit einer EU-Bioabfallrichtlinie neu angestoßen. Die Aktivitäten für eine separate Regelung der Bioabfälle fanden starken politischen Rückhalt in mehreren Mitgliedstaaten.

Dieser Allianz ist es zu verdanken, dass die EU-Abfallrahmenrichtlinie von 2008 in einem eigenen Artikel die Mitgliedstaaten zur Förderung der Getrennterfassung und Verwertung von Bioabfällen verpflichtet. Auch das Europäische Parlament hat schon früh die Chancen des Bioabfalls erkannt und unterstützt EU-weite Regelungen für die Verwertung separat gesammelter Bioabfälle. Obwohl es kaum einen anderen Bereich im Klima- und Umweltschutz gibt, in dem mit relativ wenig Aufwand so viel für Klima und Umwelt erreicht werden kann, ist die Erarbeitung einer eigenständigen EU-Bioabfallrichtlinie durch die EU-Kommission weiterhin nicht geplant. Gleichwohl bleibt die Kommission in diesem wichtigen Sektor der Abfallwirtschaft jedoch nicht untätig. Mit ihrer „Mitteilung an das Europäische Parlament und den Rat über künftige Schritte bei der Bewirtschaftung von Bioabfällen in der Europäischen Union“ vom 18.5.2010 hat sie durchaus anspruchsvolle Vorstellungen zur Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bioabfällen vorgelegt.

## 2 EINLEITUNG

Die Bundesregierung will bis spätestens 2020 die Emission treibhausrelevanter Gase in Deutschland um 40 Prozent gegenüber 1990 reduzieren. Ziele, die sich nur durch eine nachhaltige Energiewirtschaft – der Einsparung von Energie, der regenerativen Energieerzeugung und einen effizienteren Energieeinsatz – erreichen lassen. Angesichts dieser hochgesteckten Ziele ist zu prüfen, welchen Beitrag die Abfallwirtschaft, und hierbei auch die Bioabfälle zur Erreichung der Ressourcen-, Energie- und Klimaziele, künftig zusätzlich noch leisten kann.

Die Abfallwirtschaft trägt derzeit jährlich mit einer Entlastung von circa 56 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Vergleich zu 1990 bereits jetzt schon erheblich zum Erreichen der Klimaziele bei. Erreicht werden konnte dies nicht zuletzt durch die seit mehr als zwei Jahrzehnten in Deutschland etablierte Abfalltrennung in den Haushalten. Die separate Erfassung

von Bio- und Grünabfällen nimmt im europaweiten Vergleich eine Spitzenposition ein.

Vor dem Hintergrund weiterer Anstrengungen zur Erzeugung regenerativer Energien, wie zum Beispiel durch Energiepflanzen, deren Anbau mitunter allerdings in Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion steht, ist eine kombinierte energetische und stoffliche Nutzung von Bio- und Grünabfällen heute von besonderem Interesse.

Ein nachhaltiges Management biogener Stoffströme kombiniert stoffliche und energetische Verwertungswege mit dem Ziel eines möglichst optimierten Zusammenwirkens von Nährstoff- und Kohlenstoff-Recycling, Energiebereitstellung, CO<sub>2</sub>-Reduzierung durch den Ersatz fossiler Energieträger und die Verringerung des Torfbedarfs sowie günstigere Behandlungskosten bei erweiterter regionaler Wertschöpfung.



Ob Energiepflanze oder Bioabfall: Die stofflich energetischen Nutzungswege sind vergleichbar.



Rasenschnitt als Ausgangsmaterial für Qualitätskompost

Wie eine optimierte Erfassung und Verwertung von Bioabfällen aussehen kann, welche zusätzlich erschließbaren Potenziale vorhanden sind, welcher Aufwand erforderlich ist und wie sich der Nutzen in Relation zum Aufwand darstellt, sind zentrale Fragen der Abfallwirtschaft geworden, die im Rahmen dieser Schrift dargestellt werden.

Es geht nicht darum, bestimmten Verfahren wie der Kompostierung, der Vergärung oder der thermischen Nutzung das Wort zu reden, sondern darum, die Nutzenpotenziale der jeweiligen Bioabfälle so weit wie möglich auszuschöpfen und hierfür die jeweils optimale Kombination der Verfahren einzusetzen.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen stellte 2007 fest, dass jährlich bundesweit rund 100 Millionen Tonnen „Biomassereststoffe“, also Bioabfälle und ähnliche Materialien zum Beispiel aus der Forst- und Landwirtschaft oder der Abwasser- und Abfallwirtschaft, anfallen. Davon seien etwa 65 Prozent technisch und ökologisch sinnvoll nutzbar, immerhin ein Potenzial von vier bis fünf Prozent des Primärenergiebedarfs in Deutschland. Der Ausschöpfung dieses Reststoffpotenzials, das zu erheblichen Teilen im kommunalen Verantwortungsbereich liegt, sollte eine hohe Priorität gewidmet werden.

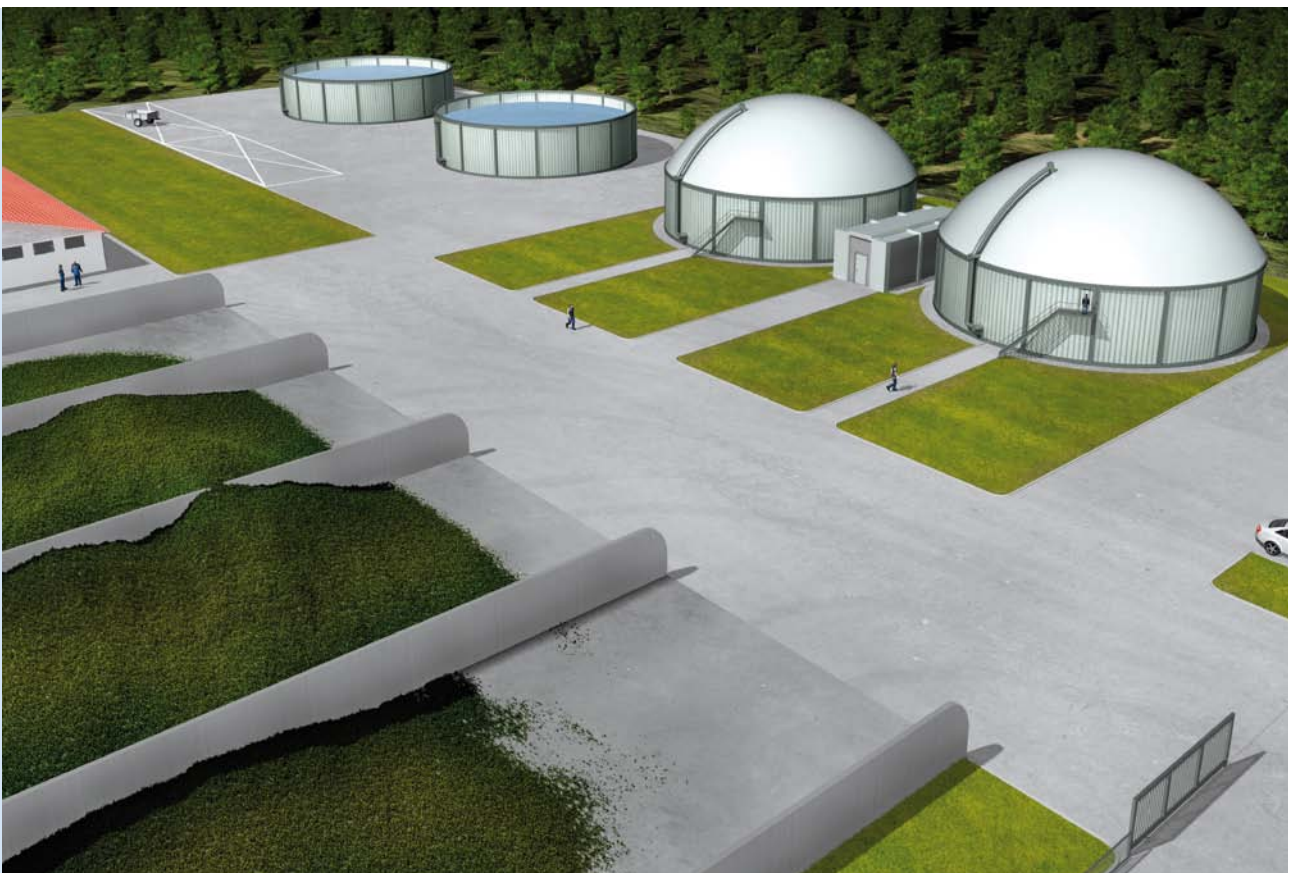
Das Bundesumweltministerium hat bereits in seinem Diskussionspapier zur ökologischen Industriepolitik (2008) die Bedeutung einer Ausweitung der Bioabfallsammlung und die Nutzung dieser Ressource als Instrument auch im Interesse des Klimaschutzes unterstrichen.

Die Notwendigkeit der Ausweitung der Nutzung von Bioabfällen schlägt sich auch in der EU-Abfallrahmenrichtlinie vom Dezember 2008 nieder. Diese schreibt in Artikel 22 unter anderem vor, dass die Mitgliedstaaten geeignete Maßnahmen treffen sollen, um die getrennte Sammlung von Bioabfällen zu fördern, mit dem Ziel, sie zu kompostieren oder zu vergären.

Das Bundesumweltministerium setzt die Europäische Abfallrahmenrichtlinie mit dem novellierten Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl I, Seite 212) um. Zentrales Element des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist die von der Abfallrahmenrichtlinie vorgegebene fünfstufige Abfallhierarchie –

Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige – insbesondere energetische – Verwertung, Beseitigung. Zukünftig liegt der Schwerpunkt des Abfallrechts stärker auf dem Recycling. Darüber hinaus sieht das Gesetz verschiedene Maßnahmen vor, um die stoffliche Verwertung insgesamt zu stärken.

Für Bioabfälle wird dafür in § 11 Absatz 1 KrWG die im Grundsatz verbindliche Einführung der Getrennterfassung von Bioabfällen zum 1.1.2015 festgelegt. Diese kann durch zusätzliche Verordnungsregelungen unterlegt werden. Darin kann unter anderem festgeschrieben werden, welche Abfälle Bioabfälle sind, welche Anforderungen an die getrennte Sammlung und an die Behandlung zu stellen sind sowie nach welchen Kriterien ihre Verwertung erfolgen soll. In § 12 KrWG werden darüber hinaus Anforderungen an die Qualitätssicherung im Zuge der Bioabfallverwertung festgeschrieben, um eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung sicherzustellen.



Biogasanlage aus Luftperspektive



## PRAXISBEISPIEL: ABFALLWIRTSCHAFTSBETRIEB MÜNCHEN

Der Abfallwirtschaftsbetrieb München (AWM) stellt seit Anfang der 1990er Jahre mit einem ökologisch ausgerichteten Konzept zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen die Weichen in Richtung Nachhaltigkeit und Klimaschutz.

Zentral ist dabei auch die flächendeckende Erfassung von Bioabfällen. Seit Einführung der Biotonne sind die eingesammelten Mengen stetig, auch infolge intensiver Öffentlichkeitsarbeit, bis auf rund 42.000 Tonnen im Jahr 2011 gestiegen. Hinzukommen noch rund 15.000 Tonnen Gartenabfälle, die bei den Wertstoffhöfen abgegeben werden.

### Vom Komposthaufen zur Hightech-Anlage

In den Anfangsjahren lief der Hauptverwertungsweg der Bioabfälle über konventionelle Kompostieranlagen. 2003 kam eine Vergärungsstufe (Trockenfermentation im Batch-Verfahren) hinzu, die bis 2008 auf eine genehmigte Verwertungskapazität für rund 25.000 Tonnen Bioabfälle ausgebaut wurde. Ziel war es, der Kompostierung ein hochmodernes Verfahren zur Gewinnung von Biogas als klimaschonenden Energieträger vorzuschalten.

### Saubere Energie für 1.000 Münchner Haushalte

Das gewonnene Biogas wird in dem integrierten Blockheizkraftwerk zur Erzeugung von Strom- und Prozesswärme genutzt und reicht aus, um 1.000 Münchner Haushalte ganzjährig mit Strom zu versorgen.

### Premium-Blumenerde für alle Münchner

Die Gärrückstände aus den Fermentern – rund 18.000 Tonnen pro Jahr – verarbeitet der AWM zu 8.800 Tonnen Fertigkompost pro Jahr, der im Gartenbau sowie zur Herstellung von Pflanz- und Premium-Blumenerde genutzt wird. Besonders schön an der Einführung der Münchner Premium-Blumenerde ist die Verwirklichung des Kreislaufgedankens: Die Münchner bringen ihre Gartenabfälle zum Wertstoffhof und können dort gleich die fertige Blumenerde auf der Rückfahrt wieder mitnehmen.

### Gesamtbeitrag des AWM zum Klimaschutz

Die Münchner Trockenvergärungsanlage ist ein Beispiel für den Einsatz innovativer Technologien in der Verwertung von organischen Abfällen.

Mit der konsequenten Umsetzung des ökologischen Abfallwirtschaftskonzeptes ist es dem AWM im vergangenen Jahrzehnt gelungen, bedeutende Beiträge zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung und damit zur Treibhausgas-minderung zu leisten. Das erfreuliche Ergebnis: Die kommunale Abfallwirtschaft in München trägt mit 822.000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Jahr zur Treibhausgas-minderung bei. Das entspricht in etwa dem Treibhauspotenzial, das rund 62.000 Einwohner in einem Jahr verursachen.

### Kommunale Abfallwirtschaft und Nachhaltigkeit

„Der AWM stellt mit diesem Resultat deutlich unter Beweis, dass sich Ökologie und Ökonomie auch und gerade im Bereich der kommunalen Abfallwirtschaft in hervorragender Weise ergänzen. Durch langfristige Investitionen in neue Umwelttechnologien sind die öffentlichen Entsorgungsträger nicht nur Garanten für die Entsorgungssicherheit, sondern auch für die zielgerichtete Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft in Richtung Nachhaltigkeit und Klimaschutz“, konstatiert Helmut Schmidt, Zweiter Werkleiter.



### Gebührensenkung durch fortschrittliche Konzepte

Trotz großer Investitionen in neue Technologien konnte der AWM die Müllgebühren in den vergangenen Jahren dreimal in Folge senken. Das bedeutet: Hochwertige ökologische Konzepte und innovative Anlagentechnologie lassen sich sehr wohl mit wirtschaftlicher Effizienz und sozialverträglichen Gebühren in Einklang bringen.

# 3 AUFKOMMEN UND QUALITÄTEN ORGANISCHER ABFÄLLE

## 3.1 Erfassung und Aufkommen organischer Abfälle

Bundesweit fallen jährlich erhebliche Mengen von Bioabfällen unterschiedlichen Ursprungs an, von denen die wichtigsten nachfolgend kurz erläutert werden.

### 3.1.1 Bio- und Grünabfälle

Den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern, das heißt kreisfreien Städten, Landkreisen und Abfallzweckverbänden, sind in erster Linie

- ▶ Bioabfälle aus der Biotonne sowie
- ▶ Grünabfälle (Garten- und Parkabfälle)

unmittelbar zugänglich.<sup>1</sup>

Die separate Erfassung von Bio- und Grünabfällen aus Haushalten erfolgt auf unterschiedlichen Wegen. Typischerweise werden sie über Biotonnen beim Bürger gesammelt. Weit verbreitet ist zudem die separate Einsammlung von Grünabfällen, zum Beispiel in Wertstoffhöfen oder durch Straßensammlung.

<sup>1</sup> Eine genaue Definition der Abfallarten befindet sich im Glossar am Ende der Broschüre.

Trotz großer Bereitschaft der Bürger zur Getrenntsammlung für Bio- und Grünabfälle sind bundesweit jedoch die Sammelsysteme nicht flächendeckend eingeführt.

So gibt es in Deutschland 96 öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (von insgesamt 405), die ihren Bürgern gar keine Biotonne anbieten. Dies betrifft rund 14,3 Millionen Menschen. 67,5 Millionen Bürger leben in Regionen, in denen die Biotonne eingeführt wurde. Der tatsächliche Anschlussgrad liegt in diesen Regionen jedoch nur bei rund 56 Prozent, so dass weiteren circa 30 Millionen Bürgern keine Biotonne zur Verfügung steht.

Insgesamt nutzen somit bundesweit fast 44 Millionen Bürger, und damit mehr als die Hälfte aller Einwohner der Bundesrepublik, keine Biotonne.

Dies bedeutet, dass ein erheblicher Anteil an Bioabfällen nach wie vor über die Restabfallbehandlung beseitigt und damit nicht oder nur unzureichend genutzt wird. Die damit einhergehende Vernichtung von Ressourcen- und Energiepotenzialen widerspricht den Zielen einer nachhaltigen Ressourcennutzung.

**Hausmüllanalysen belegen, dass sich alleine im deutschen Restmüll noch Bio- und Grünabfälle in einer Größenordnung von vier bis fünf Millionen Tonnen befinden dürften. Von dieser Menge wären, konservativ gerechnet, nahezu zwei Millionen Tonnen pro Jahr durch geeignete Maßnahmen abschöpfbar.**

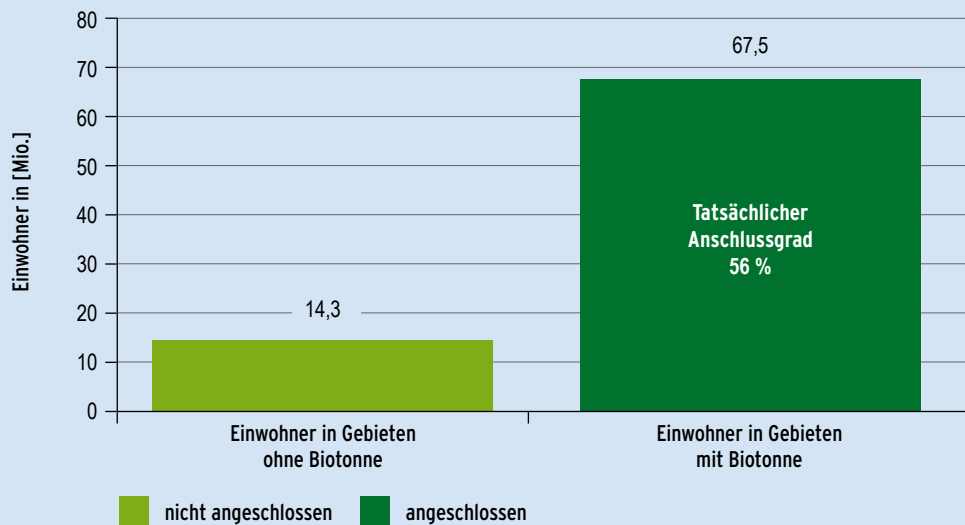


Getrennt gesammelter Grünabfall



Bioabfall aus einer Biotonne

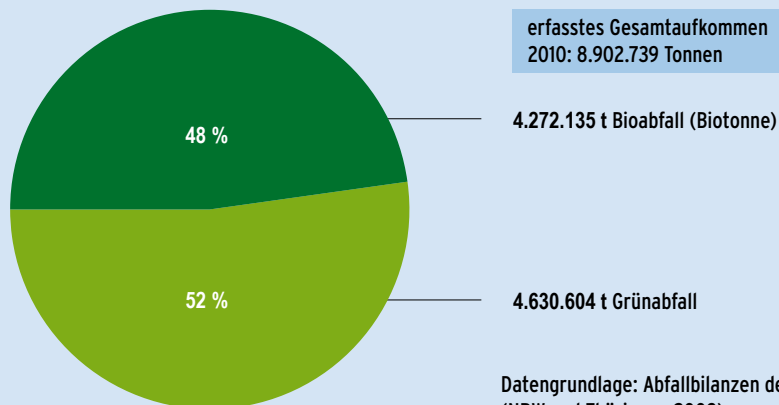
## Anschluss an die Biotonne



Datengrundlage: Abfallbilanzen der Länder 2010 (NRW und Thüringen 2009)

Kommunen ohne Biotonne oder  $\leq 5$  kg/Ew\*a Aufkommen organischer Abfälle werden als nicht angeschlossen bewertet

## Anteil der getrennt erfassten Bio- und Grünabfälle am Bioabfallgesamtaufkommen



erfasstes Gesamtaufkommen 2010: 8.902.739 Tonnen

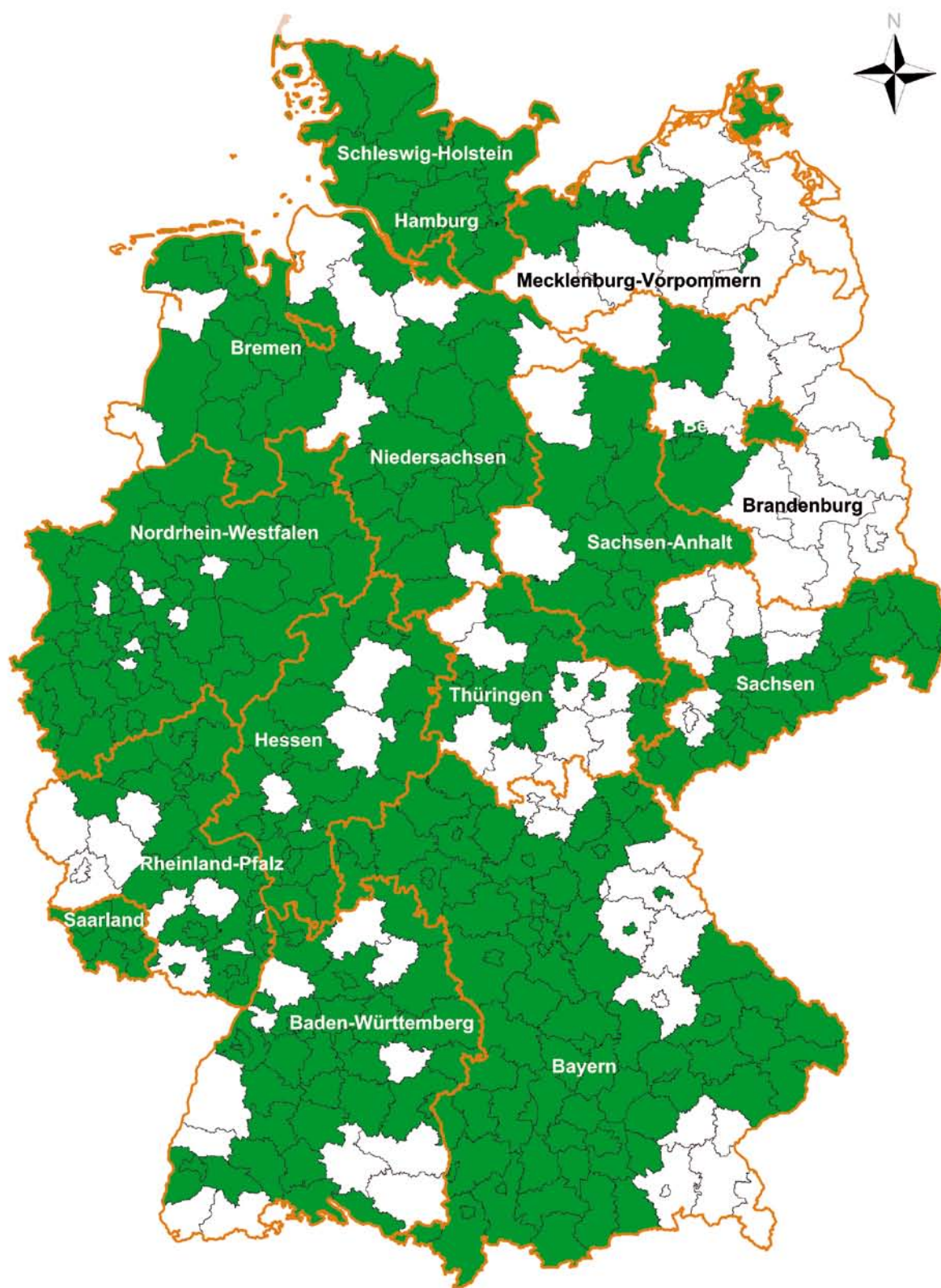
Datengrundlage: Abfallbilanzen der Bundesländer 2010 (NRW und Thüringen 2009)




Aussortierter Bioabfall aus einer Restmülltonne

Trotz des beschriebenen Optimierungspotenzials werden bereits jetzt jährlich rund 8,9 Millionen Tonnen Bio- und Grünabfälle aus Haushalten erfasst und einer stofflichen und/oder energetischen Verwertung zugeführt. Das entspricht circa 21 Prozent des gesamten bundesdeutschen Aufkommens an Haushaltsabfällen 2010 in Höhe von etwa 43 Millionen Tonnen (Statistisches Bundesamt, 2012).

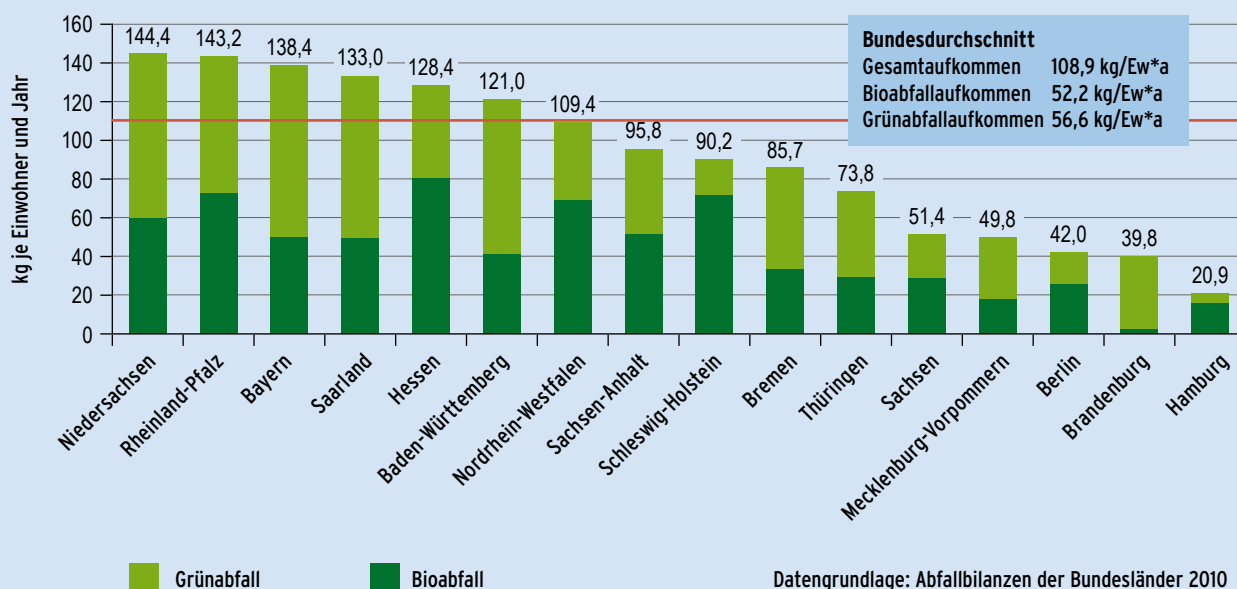
## Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger mit Biotonne in Deutschland 2010



 örE ohne Biotonne oder  $\leq 5$  kg/Ew\*a Aufkommen

Quelle: Witzhausen-Institut

### Spezifisches Bio- und Grünabfallaufkommen



### 3.1.2 Landschaftspflegematerialien

Etwas unsicherer stellt sich die Datenlage bei den Landschaftspflegematerialien dar. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass bundesweit jährlich zwischen einer und drei Millionen Tonnen krautige und holzige Materialien aus Pflegemaßnahmen an Straßen, Schienen und Gewässern anfallen.

Das Aufkommen von Materialien aus Pflegemaßnahmen des Naturschutzes kann derzeit nicht quantifiziert werden.

### Potenziale an Landschaftspflegematerialien

Pflagematerialien	theoretische Potenziale [t FM/a]		technische Potenziale [t FM/a]	
	holzig	krautig	holzig	krautig
Straßenbegleitgrün	900.000	1.100.000	250.000–550.000	100.000–150.000
Schienenbegleitgrün*	580.000	150.000	23.000 – 35.000	n. bek.
Ufer-, Gewässerbegleitgrün	n. bek.	n. bek.	20.000	n. bek.
Schwemmh Holz**	50.000		25.000	
<b>Summe</b>	<b>1.530.000</b>	<b>1.250.000</b>	<b>318.000–630.000</b>	<b>100.000–150.000</b>

\*) jährliches Aufkommen bis Ende 2014, danach theoretisches Potenzial < 200.000 t FM/a

\*\*\*) Extrapolation: Wassergehalt 60 %

n. bek. = Größenordnung nicht bekannt

### 3.1.3 Sonstige organische Abfälle aus Industrie und Gewerbe

Über die bisher genannten Abfälle hinaus fallen in der Industrie, dem Gewerbe, dem Handel oder auch der Landwirtschaft noch weitere organische Stoffe an, die den Verwertungsanlagen angedient werden. Dazu zählen beispielsweise Speiseabfälle aus der Gastronomie und Großküchen (zum Beispiel Kantinen, Krankenhäuser, Mensen), Abfälle aus dem Lebensmittelhandel oder Produktionsrückstände aus der Nahrungsmittelherstellung. Allen diesen Stoffen ist gemein, dass sie nicht den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen werden müssen. Deren Erfassung und Verwertung ist überwiegend privatwirtschaftlich organisiert und wird in der vorliegenden Broschüre nicht näher betrachtet.

#### Zusammenfassung:

- ▶ Aktuell werden in Deutschland je Einwohner jährlich circa 52 Kilogramm (kg) Bioabfall und 57 Kilogramm Garten- und Parkabfälle separat gesammelt, in vielen Regionen auch deutlich größere Mengen.
- ▶ In manchen Regionen werden keine Biotonnen angeboten oder nur in Teilbereichen zur Verfügung gestellt, wodurch mehr als die Hälfte der Bundesbürger nicht an eine Biotonne angeschlossen ist.
- ▶ Eine weitere Ausschleusung von nahezu zwei Millionen Tonnen Bio- und Grünabfällen aus dem Restmüll ist durch geeignete Maßnahmen möglich.
- ▶ Die Ausweitung der separaten Erfassung von Bio- und Grünabfall bietet zusammen mit den in der Landschaftspflege anfallenden Materialien die Chance, fossile Energiequellen zu schonen sowie Düngemittel und Bodenverbesserer bereitzustellen.

## 3.2 Zusammensetzung und Qualitäten von Bio- und Grünabfällen

#### *Zusammensetzung der Abfälle aus Biotonnen*

Die Zusammensetzung von Abfällen aus der Biotonne wechselt im Jahresverlauf: Zum einen spiegeln sich die unterschiedlichen Grünabfallbestandteile aus Privatgärten in der Tonne wider, zum anderen lässt sich darin das Konsumverhalten der Bürger „ablesen“. Während im Sommer zum Beispiel vermehrt knochenhaltige Abfälle (Grillabfälle) in den Tonnen auftreten können, finden sich im Winter überdurchschnittlich viele Schalen von Zitrusfrüchten.

Im Winter ist auch der relative Anteil an Störstoffen in der Biotonne höher, da Verdünnungseffekte durch Grünabfälle wie in den Vegetationszeiten weniger in Erscheinung treten. Der gelegentlich besonders ins Auge fallende Anteil von Kunststofffolien stellt nur einen verschwindend geringen Anteil am Gesamtgewicht dar und lässt sich in der Weiterverarbeitung relativ einfach ausschleusen. Der Eintrag derartiger „Störstoffe“ kann aber ein Hinweis auf mangelhaftes Trenn- und Sortierverhalten sein.

**Von erheblicher Bedeutung ist daher die Information der Bürger über die richtige Trennung der Stoffe – dabei muss die Öffentlichkeitsarbeit an die Zielgruppen angepasst sein. Zahlreiche Kommunen haben mit zielgruppenorientierten Informationen positive Erfahrungen gemacht. Hierzu gehören zum Beispiel bestimmte Aktionstage, Zusammenarbeit mit der örtlichen Presse oder auch fremdsprachige Broschüren.**



Bioabfall mit einigen Störstoffen



Holziger Grünabfall

Durch die Organisation der Leerung und gezielte Öffentlichkeitsarbeit können zudem die mitunter diskutierten Probleme von Gerüchen oder das Auftreten von Fliegen oder Maden stark reduziert werden.

#### *Zusammensetzung der Grünabfälle*

Auch das Aufkommen der Grünabfälle und ihre Zusammensetzung ist saisonal unterschiedlich: Die größten Mengen sind während der Vegetationsperiode bis in den Herbst hinein zu verzeichnen. Dabei fällt halmartiges Material wie Rasenschnitt und „Unkraut“ relativ konstant über die Wachstumszeit an, holzige Materialien wie Strauch- und Baumschnitt vor allem im Winter und Frühjahr.

Entsprechendes gilt auch für die Reststoffe aus der Landschaftspflege.

#### *Qualitäten getrennt erfasster Bio- und Grünabfälle*

Ob die Qualität der getrennt erfassten Bio- und Grünabfälle eher für die Verwertung in der Kompostierung, der Verbrennung oder der Vergärung geeignet ist, hängt neben dem Inputmaterial auch vom Sammelsystem, dem verfügbaren Behältervolumen, der Behältergröße und den Gebietsstrukturen des Sammelgebietes ab.

So befinden sich zum Beispiel in den Biotonnen der Geschossbebauung überwiegend feuchte bis nasse Küchenabfälle, während der Anteil von Grünabfällen mit zunehmender Auflockerung der Bebauungsstrukturen und damit ansteigenden Gartenanteilen zunimmt.

Beim Garten- und Parkabfall lässt sich aus dem holzreichen Material des Winterhalbjahrs ein Holzbrennstoff aufbereiten. Das Feinmaterial und das Material aus dem Sommerhalbjahr sollten kompostiert und/oder vergoren werden.

#### **Zusammenfassung:**

- ▶ Die Zusammensetzung und Qualität der biogenen Abfallströme ist jahreszeitlich unterschiedlich.
- ▶ Eine gezielte und kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit ist unabdingbare Voraussetzung, um die erfassbaren Mengen zu steigern, die Qualitäten zu sichern und zu verbessern sowie den Störstoffanteil zu reduzieren.
- ▶ Bio- und Grünabfälle sowie Landschaftspflegematerialien sind häufig für die stoffliche und/oder energetische Nutzung geeignet. Unter Energie- und Klimaaspekten ist die Kombination unterschiedlicher Verwertungswege meist sinnvoll.

### 3.3 Möglichkeiten der Erfassungssteigerung

Es wurde bereits darauf hingewiesen: Im Restmüll steckt theoretisch noch ein großes erschließbares Potenzial an Bio- und Grünabfällen. Warum sollte über die separate Erfassung und Nutzung möglichst großer Anteile dieses Potenzials nachgedacht werden?

#### Zwei wesentliche Gründe:

1. Der separat erfasste organische Abfall kann stofflich und energetisch günstig genutzt werden und trägt damit zur Schonung von mineralischen Düngemittelreserven, Torf und fossilen Energiequellen bei.
2. Die Menge an Restmüll mit vergleichsweise höheren Behandlungskosten wird geringer.

Die Einführung beziehungsweise Ausweitung der Getrenntsammlung in Regionen ohne oder mit nur geringem Anschlussgrad an die Biotonne ist grundlegend. In Gebieten mit Getrennterfassung bieten sich Maßnahmen zur Erhöhung der Erfassungsquoten und zur Qualitätssteigerung der Stoffströme an.

#### Ziele müssen sein:

- ▶ die weitgehende Ausschleusung von Bio- und Grünabfällen aus dem Restabfall und
- ▶ die Optimierung der stofflichen und energetischen Nutzenpotenziale durch Auftrennung der Bioabfallströme für die jeweils am besten geeigneten Verwertungsverfahren.

Der Erfolg hängt neben nicht zu beeinflussenden Faktoren wie jahreszeitlichen Schwankungen unter anderem von folgenden Rahmenbedingungen ab:

#### *Gebietsstruktur des Sammelgebietes*

Je lockerer die Besiedlungsdichte, um so höher sind die erfassbaren Mengen bei in der Regel guter Qualität des Materials. Hierbei ist aber auch zu berücksichtigen, dass in dieser Gebietsstruktur ein vergleichsweise hoher Anteil von Eigenkompostierern vorzufinden ist.

#### *Anschluss- und Benutzungszwang*

Höhere Anschlussquoten ziehen höhere Erfassungsquoten nach sich. Die Pflichteinführung der Biotonne birgt aber das Risiko höherer Störstoffanteile, insbesondere in sehr dicht bebauten Siedlungsstrukturen (Innenstädte). In ländlicheren Gebieten ist es sinnvoll, Ausnahmen wie die Eigenkompostierung kontrolliert zuzulassen. In stark verdichteten Gebieten ist dagegen zu prüfen, ob mit steigender Bevölkerungsdichte der Störstoffanteil in den Sammelbehältern nicht unverhältnismäßig zunimmt und für bestimmte Gebiete ein Ausschluss von der getrennten Sammlung erforderlich ist.

Es gibt jedoch auch positive Beispiele, wie das der Stadt München, nach denen sich auch in Großwohngemeinden die Erfassungsmengen und -qualitäten durch geeignete Maßnahmen steigern lassen.

**Eine erfolgreiche Getrennterfassung von Bioabfällen setzt gerade in Großstädten eine intensive Öffentlichkeitsarbeit voraus.**

#### *Gebührensysteem*

Die wichtigste Einflussmöglichkeit zur Ausweitung der Bio- und Grünabfallermassungsmengen ist das Gebührensystem. Beim Verzicht auf einen Anschlusszwang sind direkte oder indirekte finanzielle Anreize zur freiwilligen Nutzung der Biotonnen zu diskutieren. Dies kann zum Beispiel eine Reduzierung der Restabfallgebühren bei Teilnahme an der Bioabfallermassung oder die Schaffung einer einheitlichen Müllgebühr ohne zusätzliche Kosten für die Biotonne sein. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass verursachergerechte Abfallgebühren lenkende Wirkungen haben können.

Verursacherabhängige Gebühren ergeben sich zum Beispiel durch Wertmarken- oder Identensysteme, bei denen die zu entsorgenden Mengen dem einzelnen Haushalt zuzuordnen sind und sich die Kosten nach dem tatsächlichen Abfallaufkommen richten. Diese Systeme tragen durch die leistungsbezogene Abfuhr der Restmülltonne zur gezielten Lenkung organischer Abfälle in die Biotonne bei. Wird zusätzlich auch die Erfassung der Bioabfälle nach Leistung berechnet, kann dies zur Entfrachtung der Biotonne von holzigem Material führen. Voraussetzung ist in diesem Fall ein gutes Angebot der Grünabfallermassung zum Beispiel durch die Bündelsammlung von Gartenabfällen oder ortsnahe Sammelplätze.



Patentlösungen zur Gebührengestaltung für alle Gebietsstrukturen existieren allerdings nicht – bei zu hoher finanzieller Begünstigung der Biotonne kann es auch zu gehäuften Fehlwürfen kommen.

#### *Erhöhung der Erfassungsmengen von Grünabfällen*

Bei der Straßensammlung von Grünabfällen aus Haushaltungen kann das Abfuhrintervall erhöht und gegebenenfalls die Beschränkung der Mengen reduziert werden. Dort, wo Sammelplätze oder Wertstoffhöfe betrieben werden, sind deren Anzahl und Erreichbarkeit sowie die Öffnungszeiten für die Abschöpfung des Grünabfallpotenzials entscheidend.

Auch die sogenannten kommunalen Brenntage, das heißt die Gestattung der Gartenabfallverbrennung auf dem eigenen Grundstück, sollten auf ihre Notwendigkeit überprüft werden. Eine Einschränkung der Gartenabfallverbrennung kann dort, wo sie noch erlaubt ist, zu einer Erhöhung der erfassten Gartenabfallmengen führen und darüber hinaus einen Beitrag zur Luftreinhaltung und zum Klimaschutz leisten.

#### *Öffentlichkeitsarbeit*

Allen Schritten ist gemein, dass sie von einer offensiven Öffentlichkeitsarbeit begleitet sein müssen, die sich gezielt an spezifische Personengruppen wie zum Beispiel Kinder und Jugendliche oder ausländische Mitbürger richtet. Wesentliche Inhalte der flankierenden Öffentlichkeitsarbeit sind zum Beispiel

- ▶ Hinweise über den Sinn der getrennten Erfassung und die richtige Trennung

- ▶ Informationen über die Verwertungswege
- ▶ Werbung für die Nutzung des eigenen, regionalen Kompostes
- ▶ Informationen über Anwendungsmöglichkeiten von Kompost und kompostierten Gärrückständen
- ▶ Gewinnung von Multiplikatoren

#### **Zusammenfassung:**

- ▶ Die Einführung der Biotonne beziehungsweise das Angebot der Biotonne an Haushalte, die bisher nicht angeschlossen waren, ist ökologisch und wirtschaftlich in der Regel sinnvoll.
- ▶ Zielführend ist die Schaffung eines an die Entsorgungsstrukturen des jeweiligen Entsorgungsgebietes angepassten Gebührensystems, bevorzugt mit der Einführung eines verursachergerechten Gebührensystems für die Restmüll- und Biotonne.
- ▶ Ein gut ausgebautes Grünabfallsammelsystem sollte etabliert werden, das gegebenenfalls mit Brennverboten einhergeht.
- ▶ Es sollten nur in begründeten Fällen Ausnahmen von der Getrennterfassung der Bioabfälle zugelassen werden.
- ▶ Eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit ist ein wesentliches Instrument zur Erfassungs- und Qualitätssteigerung getrennt gesammelter Bio- und Grünabfälle.



## 4 VERWERTUNGSWEGE DER ERFASSTEN STOFFSTRÖME

Was passiert mit den getrennt gesammelten Bio- und Grünabfällen? Seit den 1980er Jahren werden technische Kompostierungsanlagen mit Erfolg für Bio- und Grünabfall in Deutschland betrieben. Nur wenig später wurden auch erste Vergärungsanlagen in Betrieb genommen, entwickelten sich aber nicht so dynamisch wie die Zahl der Kompostierungsanlagen. Mit steigenden Energiepreisen wurde in jüngerer Vergangenheit damit begonnen, holzige Anteile aus dem Grünabfall auszuschleusen und als Brennstoff aufzubereiten.

### 4.1 Kompostierungsverfahren

Die Kompostierung ist ein biologisches Abbauprodukt für organische Abfälle, bei dem unter Zufuhr von Sauerstoff die Zersetzung des Materials durch Kleintiere und Mikroorganismen erfolgt. Als Endprodukt entsteht ein organischer Pflanzennährstoff und Humuslieferant, der Kompost.

Ursprünglich von Hobbygärtnern im Hausgarten praktiziert, wird die Kompostierung als Methode zur biologischen Abfallbehandlung in Deutschland seit Mitte der 1980er Jahre in großtechnischem Maßstab betrieben.



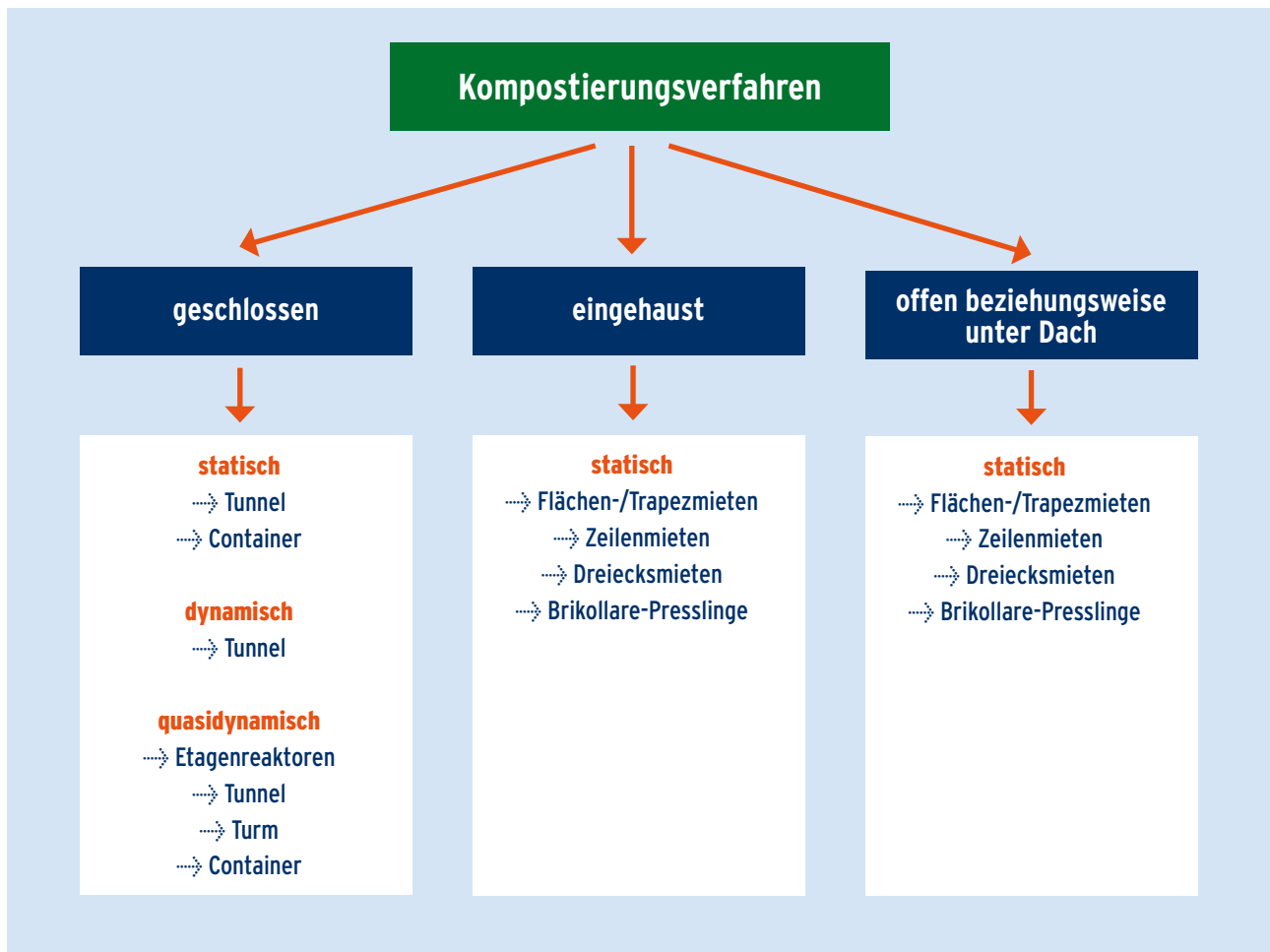
Kunststoffschnellkomposter

Die angewandten technischen Kompostierungsverfahren lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen:

- ▶ Mietenkompostierung (Dreiecks-, Trapez- oder Tafelmieten),
- ▶ Boxen-/Containerkompostierung,
- ▶ Zeilen-/Tunnelkompostierung,
- ▶ Brikollarekompostierung und
- ▶ sonstige Systeme.

Die Verfahren unterscheiden sich durch die Bauweise (offen, überdacht, gekapselt), die Art der Belüftung sowie letztendlich auch in der Zeitdauer der Intensivrotte sowie der damit angestrebten Kompostreife. Ist das Intensivrottesystem auf einen Reifekompost ausgelegt, sind die Haupt- und Nachrotte integriert. Endet die Intensivrotte mit einem hygienisierten Frischkompost, kann zur Erreichung höherer Rottegrade eine Nachrotte folgen. Bei den bestehenden Kompostanlagen findet die Nachrotte überwiegend in Tafel- oder Dreiecksmieten statt.

Einen Überblick über mögliche Verfahren zeigt die folgende Abbildung:





Intensivrotte unter semipermeabler Membran



Blick in eine Rottebox

Derzeit werden in Deutschland annähernd 1.000 Kompostierungsanlagen (über 1.000 Tonnen Jahresdurchsatz) mit einer Gesamtkapazität von über zehn Millionen Tonnen betrieben. Dabei handelt es sich je zur Hälfte um Anlagen, die ausschließlich Grünabfälle verarbeiten und solche, die sowohl Bio- als auch Grünabfälle behandeln.

Den rund zehn Millionen Tonnen Verarbeitungskapazität stehen derzeit 9 Millionen Tonnen erfasster Bio- und Grünabfälle gegenüber, so dass auch bei einer Ausweitung der Erfassungsleistung die Verwertung der zusätzlichen Mengen sichergestellt ist.

Komposte eignen sich unter anderem hervorragend als Bodenverbesserer in der Landwirtschaft und der Rekultivierung, aber auch zur Herstellung von Substraten und fertigen Erdenmischungen.



Feinaufbereitung von Fertigkompost

## PRAXISBEISPIEL: KOMPOSTANLAGE WITZENHAUSEN

Zum einen zeigt die Kompostanlage in Witzenhausen, dass auch bei einer kleineren Inputkapazität von 5.000 Tonnen pro Jahr wirtschaftlich qualitativ hochwertiger Kompost erzeugt werden kann. Andererseits ist diese Anlage quasi die Geburtsstätte der technischen Kompostierung in Deutschland und Europa. Denn seit 1983 wurden an diesem Standort die bundesweit ersten Versuche zur Kompostierung im technischen Maßstab durch die Universität Kassel/Witzenhausen durchgeführt.

Die angelieferten Bioabfälle werden vor der Kompostierung mit Strukturmaterial, das heißt geschredderten Grünabfällen vermischt. Diese Mischung wird auf einer überdachten Rottefläche zu circa zwei Meter hohen und 30 Meter langen Dreiecksmieten auf-

setzt. Zweimal wöchentlich werden diese dann mit einem mobilen Umsetzgerät umgelagert. Regelmäßige Temperaturkontrollen stellen einen Rotteprozess sicher, der eine vollständige Hygienisierung der Fertigprodukte gewährleistet. Nach sieben bis acht Wochen Rottezeit wird das Material abgeseibt und konfektioniert. Der Siebüberlauf wird erneut dem biologischen Prozess zugeführt.

Die so entstandenen RAL-gütesicherten Qualitätskomposte werden vor allem regional in die Landwirtschaft, aber auch in größeren Mengen in den Hobbygartenbau abgegeben. Zudem werden auf der Anlage den Bürgern noch Rindenmulch und hochwertige Blumenerden zum Verkauf angeboten.



<b>Kapazität:</b>	5.000 t Bio- und Grünabfall
<b>Inbetriebnahme:</b>	1991
<b>Verfahrenstechnik:</b>	Überdachte Mietenkompostierung, mobiler Umsetzer, Siebmaschine, Schredder, Radlader
<b>Mitarbeiter:</b>	2
<b>Dauer der Intensivrotte:</b>	7–8 Wochen
<b>Erzeugte Produkte:</b>	Fertig- und Frischkompost
<b>Abnehmer/Vermarktung:</b>	Erdenwerk, Hobbygartenbau, Landwirtschaft, öffentliche Hand
<b>Kontakt:</b>	Vogteier Kompost GmbH Kompostanlage Witzenhausen Am Burgberg   37213 Witzenhausen Tel.: 05542/713 20   Fax: 05542/714 90   E-Mail: vogteier-kompost@tupag.de

## PRAXISBEISPIEL: KOMPOSTWERK WESTHEIM



„Wir setzen auf Qualität, deshalb finden unsere Produkte nicht nur bei den Hobbygärtnern, sondern auch im Garten- und Landschaftsbau, in Erdenwerken, im Gemüsebau sowie bei den heimischen Winzern regen Absatz. Darüber hinaus sind unsere Komposte in der Betriebsmittelliste für den Ökolandbau aufgeführt“, stellt Vertriebsleiter

Ralf Schöppenthau zufrieden fest.

1999 nahm das Kompostwerk Westheim seinen Betrieb auf. In der Anlage können jährlich 28.000 Tonnen Bio- und Grünabfälle zu sehr hochwertigem, gütegesichertem und für den ökologischen Landbau geeignetem Kompost veredelt werden.

Um die angelieferten Bioabfälle gut zu belüften, sollten sie eine möglichst lockere, homogene Struktur aufweisen und frei von Störstoffen sein. In der Auf-



bereitungshalle werden sie deshalb einer mechanischen Vorbehandlung unterzogen. Nach der Zerkleinerung und Mischung des Bioabfalls erfolgt die Siebung und Abscheidung von Metallen und sonstigen Störstoffen. Die Luft in dieser Halle wird ständig abgesaugt (Unterdruck). Dieser Luftstrom wird durch den Boden der Rottehalle gedrückt und belüftet den Bioabfall. Der Biofilter minimiert die Emissionen der abgesaugten Luft aus der Rottehalle.

Der Intensivrotteprozess findet in der Rottehalle statt. Auf zehn Mietenfeldern, jedes 27 Meter breit und 6,5 Meter lang, wird nach dem Wandermietensystem kompostiert. Der „Wendelin“, das Herzstück der Anlage, setzt den Bioabfall vollautomatisch um.



Beim Abwurf des Bioabfalls wird dieser bewässert. Die Steuerung des Rotteprozesses erfolgt durch entsprechende Belüftung und Bewässerung.

Ein ausgereiftes Wassermanagement erfordert keinen Anschluss an das öffentliche Frischwasser- und Abwassernetz. Der erzeugte Kompost wird per Radlader nach acht bis zehn Wochen aus der Rottehalle ausgelesen und auf 10 Millimeter gesiebt.

<b>Kapazität:</b>	28.000 t Bio- und Grünabfall
<b>Inbetriebnahme:</b>	1999
<b>Verfahrenstechnik:</b>	Bühler Wendelin, eingehaust
<b>Mitarbeiter:</b>	4
<b>Dauer der Intensivrotte:</b>	8–10 Wochen
<b>Erzeugte Produkte:</b>	Gütegesicherter, ökologisch gelisteter Fertig- und Frischkompost 10 mm, Grüngut 30 mm
<b>Abnehmer/Vermarktung:</b>	Erdenwerke, Gemüse-, Wein-, Acker- und Landschaftsbau, Hobbygärtner, Ökolandbau
<b>Kontakt:</b>	SITA Kompostwerk Westheim Zeiskamer Schneise   67368 Westheim Tel.: 07274/70 29 0   Fax 07274/70 29 20 E-Mail: <a href="mailto:info@kompostwerk-westheim.de">info@kompostwerk-westheim.de</a>   Internet: <a href="http://www.kompostwerk-westheim.de">www.kompostwerk-westheim.de</a>

## PRAXISBEISPIEL: KOMPOSTIERUNGSANLAGE/HOLZANLAGE RATINGEN-LINTORF



Durch die Betreibergesellschaft der Anlage, der KDM GmbH, wurden alle betrieblichen Voraussetzungen geschaffen, um organische Abfälle aus der Biotonne, der getrennten Grünsammlung, Abfälle aus dem Bereich des Garten- und Landschaftsbaus, der Friedhöfe etc. zu hochwertigem Kompost mit RAL-Gütezeichen zu verarbeiten.

Dazu wurde am Standort Ratingen-Lintorf ein modernes Kompostwerk mit einer vollständig eingehausten, vollautomatischen Zeilenkompostierung errichtet, in dem jährlich bis zu rund 50.000 Tonnen organische Reststoffe zu vermarktungsfähigen Komposten und Brennstoffen verarbeitet werden. Zur Aufbereitung und Konfektionierung wird das Material zerkleinert, gesiebt, durch einen Fe-Abscheider von Metallen befreit und zusätzlich noch händisch sortiert (Störstoffe > 60 Millimeter). Erzeugt werden Fertig- und Frischkomposte.

Zur Vermarktung der Produkte wurde an vielen Standorten im Gebiet Düsseldorf/Kreis Mettmann ein flächendeckendes Netz mit kommunalen Abgabestellen, Gartenzentren und an den eigenen Standorten aufgebaut, das stetig erweitert wird.

*„Unsere obersten Ziele bei der Verwertung sind die Sicherstellung eines qualitativ hochwertigen Endproduktes für den Verbraucher sowie darüber hinaus ein optimaler Umgang mit den organischen Stoffströmen im Sinne des nachhaltigen Klima- und Ressourcenschutzes“, so Geschäftsführer Dietmar Steinhaus. „Vor diesem Hintergrund prüfen wir eine Ergänzung der Kompostanlage um eine Vergärungsstufe, um neben den stofflichen auch die energetischen Potenziale der Abfälle aus der Biotonne erschließen zu können.“*



In den letzten Jahren sah die KDM einen Schwerpunkt ihrer Tätigkeit zudem in der Aufbereitung und Vermarktung von aus Grünabfällen gewonnenen Materialien und Hölzern als Ausgangsmaterial zur energetischen Nutzung in Biomasse-Heizkraftwerken. Aus Frischholz/Kapppholz etc. und Holzhackschnitzeln stellt die KDM qualitativ hochwertige Brennstoffe für Holzhackschnitzelheizungen her.



<b>Kapazität:</b>	50.000 t (Kompostwerk) Bio- und Grünabfälle, 60.000 t (Holzanlage) Alt- und Frischholz
<b>Inbetriebnahme:</b>	1997/2009
<b>Verfahrenstechnik:</b>	Vollständig eingehauste, automatisierte Zeilenkompostierung mit automatisierter Umsetzung
<b>Mitarbeiter:</b>	16
<b>Dauer der Intensivrotte:</b>	circa 4–5 Wochen
<b>Erzeugte Produkte:</b>	Fertig- und Frischkompost
<b>Abnehmer/Vermarktung:</b>	Erdenwerk, Hobbygartenbau, Landwirtschaft, öffentliche Hand
<b>Kontakt:</b>	KDM – Kompostierungs- und Vermarktungsgesellschaft für Stadt Düsseldorf/Kreis Mettmann GmbH Lintorfer Weg 83   40885 Ratingen Tel.: 02102/30 22-0   Fax: 02102/30 22-222 E-Mail: info@kdm-gmbh.com   Internet: kdm-gmbh.com

## 4.2 Vergärungsverfahren

Durch Vergärungsanlagen für Bioabfälle können im Gegensatz zu Kompostierungsanlagen auch flüssige und pastöse Stoffe verwertet werden.

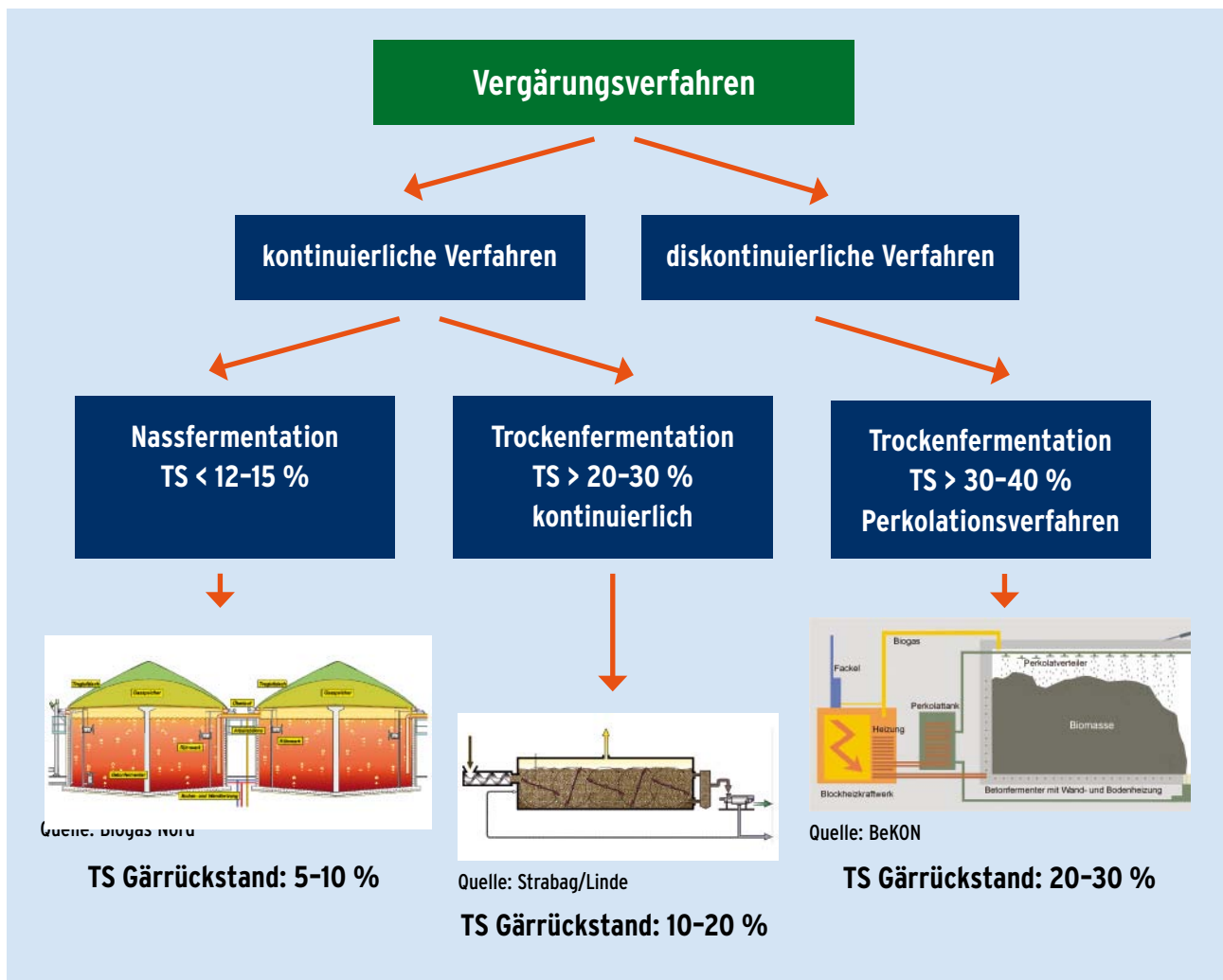
Anders als bei der Kompostierung finden die biologischen Abbauprozesse unter Sauerstoffabschluss, also anaerob, statt. Als wichtigstes Endprodukt der Vergärung fällt neben einem nährstoffreichen Gärückstand, der als flüssiger oder fester Rückstand in der Landwirtschaft und verwandten Bereichen eingesetzt werden kann, vor allem Biogas an. Biogas kann vor allem in der Strom- und Wärmeproduktion zum Einsatz kommen.

Holz und andere ligninreiche Materialien wie zum Beispiel Langgras oder Stroh sind für diesen Verwertungsweg ungeeignet, da die anaeroben Mikroorganismen diese in den Vergärungsanlagen kaum abbauen.



Fermenter mit Biofilter

Getrennt erfasster Bioabfall sowie Speisereste und der krautige Anteil des Grünabfalls eignen sich hingegen in der Regel gut für die Vergärung.





Bundesweit existieren mehrere tausend Vergärungsanlagen, doch sind die meisten als landwirtschaftliche Anlagen in erster Linie zur Gülle- und Energiepflanzenvergärung konzipiert (sogenannte „NawaRo-Anlagen“ [NawaRo = nachwachsende Rohstoffe]).

Die Vergärungskapazität für Bioabfälle ist noch im Aufbau. So waren Anfang 2012 in Deutschland etwa 100 reine Bioabfallvergärungsanlagen in Betrieb.

Wesentliches Merkmal zur Einteilung der Vergärungsverfahren ist die Betriebsweise, wobei grundsätzlich zwischen kontinuierlichen und diskontinuierlichen Verfahren unterschieden werden kann.

Bei den kontinuierlichen Verfahren wird Bioabfall automatisch gleichmäßig in den Gärreaktor (Fermenter) gegeben, dies fördert eine kontinuierliche Biogasproduktion mit konstanter Qualität.

Bei diskontinuierlichen Verfahren werden die Fermenter per Radlader befüllt, nach mehreren Wochen entleert und erneut befüllt (Batchbetrieb). Die Biogasproduktion ist nicht kontinuierlich, eine Parallelschaltung mehrerer zeitversetzt arbeitender Fermenter kann dies aber weitgehend kompensieren.

Diskontinuierliche Verfahren weisen durch ihre technisch einfacheren Reaktorsysteme Vorteile gegenüber kontinuierlichen Verfahren auf. Diese erfordern durch ihre höheren Raum-Zeit-Ausbeuten andererseits ein geringeres Reaktorvolumen und sind in der Regel besser zu automatisieren als diskontinuierliche Prozesse.

**Pro Tonne Bioabfall entsteht in Abhängigkeit von Inputqualität und Verfahren zwischen 80 und 140 Kubikmeter (m<sup>3</sup>) Biogas (Methangehalt 50 bis 65 Prozent). Dessen Energie entspricht 50 bis 80 Kubikmeter (m<sup>3</sup>) Erdgas.**

Meist wird das Biogas über ein Blockheizkraftwerk direkt in Strom (200 bis 300 Kilowattstunden pro Tonne [kWh/t] Input) und Wärme (ebenfalls circa 200 bis 300 kWh/t Input) umgewandelt. Bei einem Anfall von beispielsweise 20.000 Tonnen Bioabfall pro Jahr könnte ein Blockheizkraftwerk mit einer Leistungsklasse von 600 Kilowatt (elektrisch) betrieben werden, das genügend Strom für 1.000 bis 1.500 Haushalte liefert. Möglich ist auch die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und die Einspeisung in das Erdgasnetz.

Der Gärrückstand kann als flüssiger Gärrückstand direkt in der Landwirtschaft zum Einsatz kommen oder nach einer Kompostierung als fester Gärrückstand vermarktet werden.



Blockheizkraftwerk einer Vergärungsanlage zur Energiegewinnung

## PRAXISBEISPIEL: VERGÄRUNGSANLAGE DEISSLINGEN

Die Vergärungsanlage Deißlingen verwertet die getrennt erfassten Bioabfälle der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg; das sind die Landkreise Rottweil, Schwarzwald-Baar-Kreis und Tuttlingen. Das Projekt ist ein Beispiel für gelungene interkommunale Zusammenarbeit. Die favorisierte Vergärungstechnik war nur auf Basis aller Mengen der drei Landkreise wirtschaftlich darstellbar.

Die Anlage entstand unmittelbar neben der Kläranlage des Abwasserzweckverbandes Oberer Neckar. Sie liegt verkehrsgünstig in der Mitte des Entsorgungsgebietes nahe der Bodensee-Autobahn A81. Die Vergärung wurde 2005 in Betrieb genommen. Jährlich werden etwa 25.000 Tonnen Bioabfälle verarbeitet. Das entstehende Biogas wird in einem Blockheizkraftwerk verstromt und in das öffentliche Strom-



netz eingespeist. Die Überschusswärme des Blockheizkraftwerkes wird am Standort zur Trocknung kommunaler Klärschlämme genutzt. Damit ist die nahezu vollständige Energienutzung realisiert. Abwässer können auf kurzem Wege in die benachbarte Kläranlage eingeleitet werden.

Sämtliche Eingangsstoffe der Vergärung werden in einer thermischen Hygienisierung pasteurisiert. Die festen Gärrückstände werden als hochwertige, güteüberwachte Düngekomposte an Landwirte der Region geliefert.

<b>Kapazität:</b>	25.000 t Bioabfall
<b>Inbetriebnahme:</b>	2005
<b>Systemanbieter:</b>	1) Schwarting Umwelt GmbH i.l. 2004; 2) RosRoca Internacional, S.L., Ostfildern-Nellingen
<b>Elektrische Leistung:</b>	950 kW <sub>el</sub>
<b>Biogasproduktion:</b>	~ 3.300.000 Nm <sup>3</sup> /a
<b>Stromerzeugung:</b>	~ 6.300.000 kWh/a
<b>Energienutzung:</b>	Einspeisung in das öffentliche Stromnetz; Klärschlamm-trocknung
<b>Nutzung der Gärrückstände:</b>	Düngekompost für die Landwirtschaft
<b>Kontakt:</b>	BRS Bioenergie GmbH Eberhard Ludwig Tel.: 07721/928 20   Fax: 07721/92 82 72 E-Mail: ewl@brs-recycling.de

## PRAXISBEISPIEL: TROCKENFERMENTATIONSANLAGE ERFURT

Mit der Bioverwertungsanlage ging im Jahr 2009 eine moderne Anlage für den Umweltschutz auf dem Deponiegelände Erfurt-Schwerborn in Betrieb. 18.200 Tonnen Bioabfälle können jährlich in der sogenannten Trockenfermentationsanlage in saubere Energie für über 1.000 Haushalte umgewandelt werden.

Bioabfälle mit hohen Trockensubstanzgehalten können beim herkömmlichen Nassvergärungsverfahren nur in begrenztem Umfang beigemischt werden. Die sogenannte „Trockenfermentation“ erlaubt es dagegen, schütffähige Biomassen aus der Landwirtschaft, aus Bioabfällen und kommunalen Pflegeflächen zu methanisieren, ohne die Materialien in ein pumpfähiges, flüssiges Substrat zu überführen. Das macht die Anlage unanfällig gegenüber Störstoffen wie Folien, Holzigen oder faserigen Bestandteilen.

Aus dem Gärrückstand entsteht zertifizierter Kompost für die Thüringer Landwirtschaft. Die Biogasanlage ist nicht nur eine sinnvolle abfallwirtschaftliche Maß-

„Das breite Angebot unseres Unternehmens zur ökologisch sinnvollen Entsorgung wird durch die neue Bioverwertungsanlage im Sinne einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft weiter ausgebaut“, berichtet Geschäftsführer Andreas Jahn. „Mit dem Einstieg dieser Biogas-Technologie setzt die Stadtwerke Erfurt Gruppe ein deutliches Signal für den Einsatz alternativer Energien“, so Jahn weiter.



nahme, sondern ist durch die erzeugte Ökoenergie ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. Die neue Bioverwertungsanlage ersetzt die offene Kompostierung von Erfurter Bioabfällen.



<b>Kapazität:</b>	23.500 t Bioabfall
<b>Inbetriebnahme:</b>	2009 (2008 Test- beziehungsweise Probebetrieb)
<b>Systemanbieter:</b>	BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG
<b>Elektrische Leistung:</b>	660 kW <sub>el</sub> (2 Motoren à 330 kW)
<b>Thermische Leistung (nutzbar):</b>	800 kW (2 Motoren à 400 kW)
<b>Biogasproduktion:</b>	1.761.714 Nm <sup>3</sup> /a (2011)
<b>Stromerzeugung:</b>	3.424.772 kWh/a (2011)
<b>Wärmeerzeugung:</b>	4.305.630 kWh/a (2011); davon Wärmenutzung (KWK): 3.104.270 kWh/a (2011)
<b>Energienutzung:</b>	Einspeisung in das Erfurter Stromnetz
<b>Nutzung der Gärrückstände:</b>	Herstellung von zertifiziertem Kompost (2 Nachrottephasen, störstoffbefreit nach Absiebung)
<b>Kontakt:</b>	B & R Bioverwertung & Recycling GmbH   Herr Gutjahr Magdeburger Allee 34   99086 Erfurt Tel.: 0361/564-4430   Fax: 0361/564-4429   E-Mail: detlef.gutjahr@stadtwerke-erfurt.de

## PRAXISBEISPIEL: HUMUS- UND ERDENWERK NIDDATAL-ILBENSTADT

Die zentrale Kompostierungsanlage des Wetteraukreises mit Intensivrotte wurde im Jahr 2007 um eine Vergärungsstufe erweitert. Motivation hierzu waren die aktuelle Klimadiskussion, die gewünschte Kapazitätserweiterung, die weitere Verminderung von Geruchsmissionen im Umfeld und die langfristige Sicherstellung der Akzeptanz in der Bevölkerung. Das bisherige Kompostierungsverfahren mit Aufbereitung und Intensivrotte im geschlossenen System für einen Durchsatz von 22.000 Tonnen konnte ohne größere Eingriffe in den Bestand durch die Vergärung ergänzt werden.

In der Anlage können nun jährlich bis zu 29.500 Tonnen Bio- und Grünabfälle verarbeitet werden. Der feste Gärrückstand wird weiterhin zu Kompost verarbeitet. Neben der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Verwertung werden daraus Kompost-Erde-Mischungen und Blumenerden hergestellt. Der flüssige Gärrückstand wird als Volldünger landwirtschaftlich genutzt.



Aus dem Biogas werden in einem Blockheizkraftwerk mehr als 4,5 Millionen Kilowattstunden Strom im Jahr erzeugt. Der Strom, nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütet, wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist und versorgt circa 1.500 Haushalte. Die Wärme wird für das thermophile Vergärungsverfahren, die Beheizung der Betriebsgebäude inclusive der Warmwasseraufbereitung und in einer Holzhackschnitzeltrocknungsanlage genutzt. Durch die Ergänzung der Vergärungsstufe wird eine jährliche Reduzierung von drei Millionen Kilogramm CO<sub>2</sub> erreicht – eine Menge, die der CO<sub>2</sub>-Bindung von 30 Hektar Wald entspricht.

<b>Betreiber:</b>	Abfallwirtschaftsbetrieb des Wetteraukreises Kompostierung Wetterau GmbH
<b>Systemanbieter:</b>	Kompogas
<b>Kapazität:</b>	29.500 t/a, Fermenter 18.500 t/a
<b>Biogasproduktion:</b>	120 Nm <sup>3</sup> /t Fermenterinput
<b>Elektrische Leistung:</b>	625 kW <sub>el</sub>
<b>Stromerzeugung:</b>	4,5 Mio. kWh/a
<b>Energienutzung:</b>	öffentliches Stromnetz, Heizung, Warmwasserbereitung, Holzhackschnitzeltrocknung
<b>Nutzung der Gärrückstände:</b>	landwirtschaftliche Nutzung und Weiterverarbeitung zu Kompost mit teilweiser anschließender Erdenproduktion
<b>Kontakt:</b>	Abfallwirtschaftsbetrieb des Wetteraukreises Kurt Schäfer   Dr. Jürgen Roth Bismarckstr. 13   61169 Friedberg Tel.: 06031/90 66-0   E-mail: j.roth@awb-wetterau.de

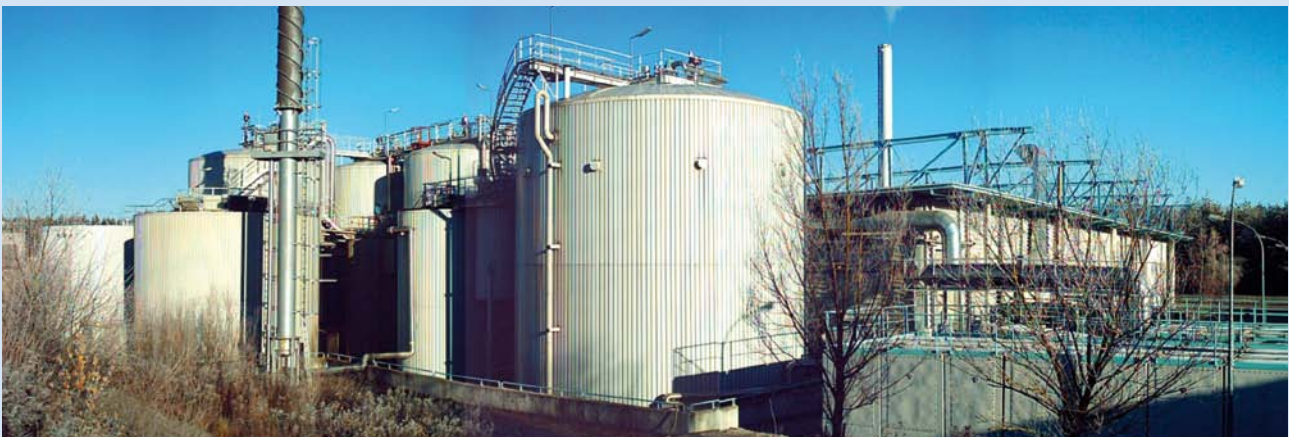
## PRAXISBEISPIEL: VERGÄRUNGSANLAGE KIRCHSTOCKACH

Die Vergärungsanlage Kirchstockach des Landkreises München wurde im Jahr 1997 in Betrieb genommen. Wo zunächst die ordnungsgemäße Verwertung der Bioabfälle im Vordergrund stand, steht mit der mittlerweile vorgenommenen Optimierung der Anlage für den Landkreis eine optimale stoffliche und energetische Verwertung der Bioabfälle im Vordergrund. Die als Nassvergärung arbeitende Anlage erreicht einen jährlichen Durchsatz von über 30.000 Tonnen.

Nach frühen Versuchen mit der Speicherung der Energie über Aluminiumsilikat steht das Jahr 2009 im Zeichen der Wärmeabgabe an das nahe Gewerbe. Der im betriebseigenen Blockheizkraftwerk erzeugte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Aktuell wird geprüft, ob die Verwertung der Gärrückstände optimiert werden könnte. Ein Teil davon wird in der Grüngutkompostierung direkt am Standort zu Kompost und Substraten verwertet.

*„Die Vorteile der Nassaufbereitung sehen wir als Betreiber in der gründlichen Abtrennung der Störstoffe vor der Vergärung. Der Gärprozess wird durch die vorgeschaltete und von der Methanisierung getrennten Hydrolyse wesentlich stabiler“, so Betriebsleiter Ulrich Niefnecker.*



<b>Kapazität:</b>	30.000 t Bioabfall
<b>Inbetriebnahme:</b>	1997
<b>Systemanbieter:</b>	BTA International GmbH
<b>Elektrische Leistung:</b>	1 MW
<b>Biogasproduktion:</b>	2,3 Mio. Nm <sup>3</sup> /a
<b>Stromerzeugung:</b>	5,0 Mio. kWh/a
<b>Energienutzung:</b>	Eigenversorgung und Einspeisung
<b>Nutzung der Gärrückstände:</b>	Kompost- und Substratherstellung
<b>Kontakt:</b>	U. Niefnecker   Fa. Ganser GmbH & Co. KG Taufkirchner Str. 1   85649 Kirchstockach   E-Mail: niefnecker@ganser-gruppe.de
	M. Kirschenhofer   Landkreis München Mariahilfplatz 17   81541 München   E-Mail: matthaeus.kirschenhofer@lra-m.bayern.de

## PRAXISBEISPIEL: BIOGAS- UND KOMPOSTWERK BÜTZBERG



„Mit dem BKW Bützberg fährt die Stadtreinigung Hamburg eine Doppelstrategie zur klima- und umweltgerechten Verwertung von organischen Abfällen aus Küche und Garten: Bioabfall wird von der Stadtreinigung Hamburg doppelt genutzt – zur Biogaserzeugung und anschließend zur Herstellung von Kompost. Hamburger Haushalte können dadurch umwelt- und klimafreundliche Energie nutzen, die aus ihren Küchen- und Gartenabfällen erzeugt wird“, meint SHR-Betriebsleiter Bernd Töllner.

Die Stadtreinigung Hamburg (SRH) hat am 1.12.2011 am Standort ihres Kompostwerkes Bützberg eine Biogasanlage mit einer Behandlungskapazität von bis zu 70.000 Tonnen Bioabfall aus den über 100.000 grünen Biotonnen Hamburgs in Betrieb genommen. Die kombinierte Behandlungsanlage erzeugt in 21 Fermentern jährlich rund 2,5 Millionen Kubikmeter reines Bio-Methan im Batch-Verfahren.

Das gereinigte und aufbereitete Bio-Methan wird direkt ins Erdgasnetz eingespeist, aus dem auch die privaten Haushalte Hamburgs versorgt werden. Die Gärückstände der Trockenfermentationsanlage werden im angeschlossenen Kompostwerk zu rund

35.000 Tonnen Qualitäts-Kompost aufbereitet, der in der regionalen Landwirtschaft und im Gartenbau ein gefragter Ersatz für Mineraldünger ist.

Eine Besonderheit der Trockenfermentationsanlage ist neben dem umfassenden Abluftmanagement zur Geruchsminimierung auch das Konzept zur Reduktion von unerwünschten Methanemissionen. Abluft aus den Fermentern im Abfahrbetrieb, die noch Spuren an Biogas enthalten kann, wird einem Ofen zugeführt, der mit am Standort unter anderem aus Grünabfall gewonnenen Holz-Hackschnitzeln betrieben wird. Mit der Abwärme des Ofens werden die Fermenter auf die optimale Betriebstemperatur von 38 Grad Celsius erwärmt.

Mit der Jahresproduktion der neuen SRH-Biogasanlage können jährlich rund 7.800 Tonnen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus fossilen Brennstoffen eingespart werden. Das Biogas- und Kompostwerk Bützberg beweist, dass Biogas aus organischen Abfällen auch für eine Großstadt wie Hamburg eine umweltfreundliche Energiequelle mit Zukunft ist.



<b>Kapazität:</b>	70.000 t/a
<b>Inbetriebnahme:</b>	01.12.2011
<b>Systemanbieter:</b>	Kompoferm
<b>Biogasproduktion:</b>	25 Mio. Nm <sup>3</sup>
<b>Energienutzung:</b>	Aufbereitung zu Biomethan und Einspeisung in die regionale Hauptgasleitung
<b>Nutzung der Gärückstände:</b>	Kompostierung
<b>Kontakt:</b>	Stadtreinigung Hamburg   Biogas- und Kompostwerk Bützberg Dr. Anke Boisch Bullerdeich 19   20537 Hamburg E-Mail: info@srhh.de

### 4.3 Stoffliche und energetische Nutzung von Grünabfällen

Die energetische Nutzung nicht aufbereiteter Grünabfälle ist aufgrund des jahreszeitlich schwankenden Anteils krautiger und damit feuchter Abfälle relativ schwierig.

Für unaufbereitete Stoffströme bietet sich daher die stoffliche Nutzung durch die Herstellung von Grünabfallkomposten an. Dies gilt nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund der Bedeutung von Grünabfallkomposten als Torfersatz und somit ihrem Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung.

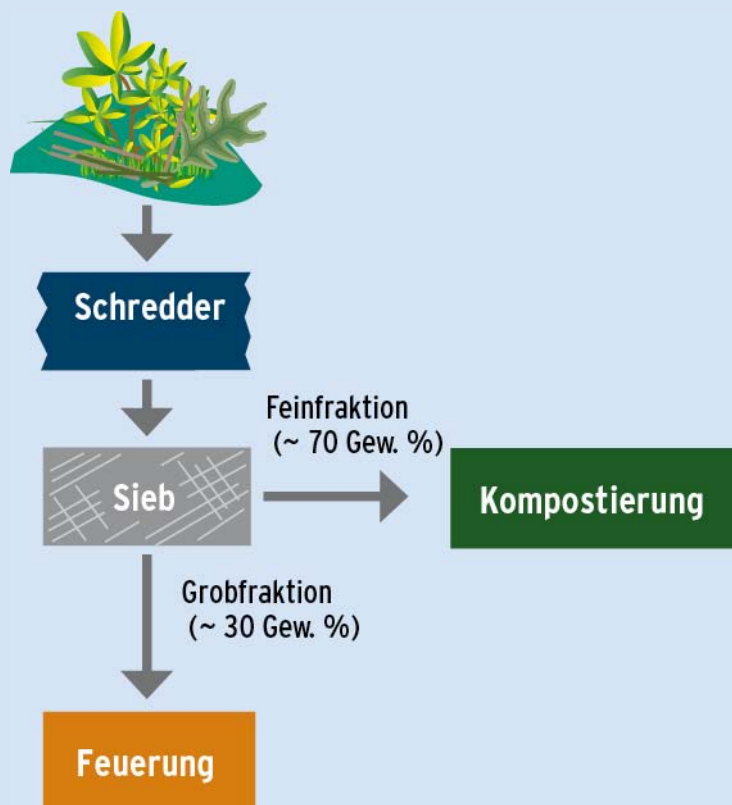
Werden Grünabfälle durch geeignete Schritte wie Schreddern und Absieben vor ihrer Nutzung aufbereitet, so ergibt sich zusätzlich zur Nutzung der Feinanteile für eine Vergärung mit anschließender Kompostierung noch die Option, einen Teil des Stoffstromes durch Verbrennung energetisch zu nutzen.



Absiebung von Grünschnitt

Die erzeugte Wärme kann wiederum insbesondere zur Wärmeversorgung von Gebäuden genutzt werden. Darüber hinaus ist denkbar, eine gleichzeitige Strom- und Wärmeproduktion zu realisieren, um den Gesamtwirkungsgrad weiter zu steigern.

#### Aufbereitungsschritte für die Ausschleusung energetisch nutzbarer Teilströme aus dem Baum- und Strauchschnitt



Auf diese Weise kann rund ein Drittel des Grünabfalls, insbesondere das im Winterhalbjahr anfallende Material, als Brennstoff ausgeschleust werden. Dabei ist zu beachten, dass für die Kompostierung ein ausreichender Anteil an Strukturmaterialien verbleibt, die für das Funktionieren der aeroben Rotte unabdingbar sind. Fehlen solche Materialien, kann es zu erhöhten Emissionen klimarelevanter Gase aus der Kompostierung oder aus der aeroben Nachbehandlung von Gärrückständen kommen.

Grünabfall besteht – in gewissem Rahmen abhängig vom Sammelsystem und den Strukturen – im Winterhalbjahr vorwiegend aus holzigem Baum- und Strauchschnitt und im Sommerhalbjahr aus grünen Pflanzenteilen. Daher werden jahreszeitlich stark schwankende Heizwerte zwischen 2,2 und 12,8 Megajoule pro Kilogramm (MJ/kg) für unaufbereiteten Grünabfall gemessen. Für holzige Grünabfälle mit geringen krautigen Anteilen, die durch geeignete Aufbereitung erzeugt werden können, ist ein Heizwert von über 12 MJ/kg, vergleichbar mit wenig getrocknetem Brennholz, zu veranschlagen.

Brennstoff aus aufbereitetem Grünabfall des Winterhalbjahrs kann nur mit Einschränkungen in Standardholzhackschnittelfeuerungen eingesetzt werden. Folgende Anpassungen haben sich für einen problemlosen Betrieb bewährt:

#### Verbrennung:

- ▶ langer wassergekühlter Rost für die Vortrocknung des Materials und zur Vermeidung von Schlackebildung
- ▶ optimierte Primärluftzuführung zu den einzelnen Rostzonen zur Gewährleistung einer vollständigen Verbrennung

#### Fördertechnik:

- ▶ Vermeidung von Förderschnecken bei der Inputzuführung und beim Ascheaustag durch ausschließlichen Einsatz hydraulischer beziehungsweise mechanischer Aggregate wie Kratzkettenförderer

### Zusammenfassung:

#### Kombinierte energetische und stoffliche Nutzung organischer Abfallströme

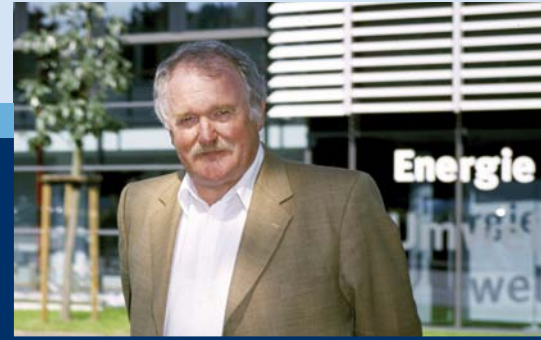
Stoffströme	Energetische Nutzungsform	Stoffliche Nutzungsform
Bioabfall (Biotonne) - Getrennte Sammlung	Biogas	Kompost beziehungsweise Gärrückstände
Grünabfall - (holzige 30 Prozent)	Thermische Nutzung**	Asche*
Grünabfall - (krautig 70 Prozent)	Biogas	Kompost beziehungsweise Gärrückstände
Landschaftspflegematerial - krautig	(Biogas)	Kompost beziehungsweise Gärrückstände
Landschaftspflegematerial - holzig	Thermische Nutzung**	Asche*
Siebüberlauf aus der Kompostierung	Thermische Nutzung**	Strukturmaterial Kompost

\* Holzasche kann aufgrund von Gehalten an Pflanzennährstoffen als Dünger verwertbar sein. Rechtliche Anforderungen sind einzuhalten.

\*\* Thermische Nutzung kann je nach Anlagenkonzept Wärmebereitstellung oder kombinierte Strom- und Wärmebereitstellung bedeuten.



## PRAXISBEISPIEL: ORC ANLAGE OERLINGHAUSEN



„Wir wollten dieses System durch regenerative Energien aus der Region ergänzen“, fasst der

Geschäftsführer der Stadtwerke Oerlinghausen, Dipl.-Ing. Peter Blome, die Beweggründe für die Errichtung eines Biomassekraftwerkes mit ORC-Technik zusammen. Von den ersten Konzepten bis zur ersten Strom einspeisung vergingen knapp zwei Jahre. Dabei hat sich die Zusammenarbeit der Stadtwerke mit einem regionalen Garten- und Landschaftsbetrieb, der die Brennstoffversorgung übernimmt, und einem privaten Finanzinvestor sehr bewährt.

### Aus Grünabfall wird Strom und Fernwärme

Schon seit Langem erzeugen die Stadtwerke Oerlinghausen selber Strom und Wärme, zum Beispiel über eine erdgasbefeuerte Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage. Die Wärme wird über das stadtwerkseigene Fernwärmenetz genutzt.

Eine Besonderheit des ersten ORC-Kraftwerkes in Nordrhein-Westfalen besteht darin, dass ein überwiegender Teil der Brennstoffe aus der Aufbereitung kommunalen Baum- und Strauchschnitts gewonnen wird. In Verbindung mit anderen naturbelassenen Resthölzern wird so ein günstiger Qualitätsbrennstoff erzeugt und eingesetzt. Die Brennstoffe führen in der Region zu einer jährlichen Wertschöpfung von etwa 500.000 Euro. Das bei der Holzaufbereitung zurückbleibende Feinmaterial wird kompostiert.



<b>Feuerungswärmeleistung:</b>	4.605 kW
<b>Thermische Nutzleistung:</b>	3.900 kW
<b>Elektrische Leistung:</b>	600 kW
<b>Brennstoff:</b>	13.000 t/Jahr unbehandeltes Holz, davon 50 % Holz aus Grünabfall
<b>Investition:</b>	circa 4 Mio. Euro
<b>Inbetriebnahme:</b>	Dezember 2005
<b>Stromerzeugung:</b>	4,5 Mio. kWh/Jahr - Einspeisung in das Stromnetz
<b>Nutzwärmeerzeugung:</b>	24,5 Mio. kWh/Jahr - Einspeisung in das Fernwärmenetz der Stadtwerke Oerlinghausen GmbH
<b>Klimaeffekte:</b>	Reduktion um 7.900 t/Jahr CO <sub>2</sub>
<b>Kontakt:</b>	Holzheizkraftwerk Oerlinghausen GmbH An der Bleiche 21   33813 Oerlinghausen Internet: <a href="http://www.stadtwerke-oerlinghausen.de">www.stadtwerke-oerlinghausen.de</a>

## PRAXISBEISPIEL: HEIZEN MIT KOMMUNALEM GRÜNABFALL IN SCHULZENTREN IM RHEIN-HUNSRÜCK-KREIS

„Mit den hohen Erfassungsmengen an Baum- und Strauchschnitt konnte das Konzept der Verbrennung des aufbereiteten Baum und Strauchschnitt-Materials in Angriff genommen werden. So kann ein wichtiger Beitrag zum Erreichen des Zieles ‚Referenzregion für Klimaschutz und innovative Energiekonzepte‘ des Rhein-Hunsrück-Kreises geleistet werden“, erläutert das technische Vorstandsmitglied Klaus-Peter Hildenbrand.

### Wärme aus Grünabfällen für Schulzentren

Der Rhein-Hunsrück-Kreis geht bereits seit den 90er Jahren innovative Wege bei der Wärmeversorgung von öffentlichen Gebäuden. Seit Herbst 2009 hat die Rhein-Hunsrück-Entsorgung an drei Schulzentren des Landkreises Heizzentralen in Betrieb genommen, die ausschließlich mit Strauch- und Grünschnitt der Bürgerinnen und Bürger befeuert werden. Die jüngste Anlage hat im Dezember 2011 am Schulzentrum Emmelshausen die Wärmeversorgung übernommen.

Auf 120 gemeindeeigenen Sammelplätzen wird im Gebiet des Rhein-Hunsrück-Kreises Baum- und Strauchschnitt der Bürgerinnen und Bürger entgegen genommen. Jährlich werden so 130.000 Kubikmeter Grünschnitt gesammelt, wovon circa 60 Prozent zur energetischen Nutzung aufbereitet und circa 40 Pro-

zent geschreddert als Bodenverbesserer und Erosionsschutz in Landwirtschaft, Weinbau und Landschaftsbau ausgebracht werden. Durch die thermische Nutzung des Grünschnitts in den drei Biomasseheizwerken im Landkreis können etwa 650.000 Liter Heizöl jährlich ersetzt werden, am Standort Emmelshausen allein sind es 220.000 Liter.

Somit kann ein Kapitalabfluss für Heizkosten von jährlich rund 600.000 Euro aus der Region vermieden werden. Die Aufbereitung des Heizmaterials erfolgt am Standort der Kreismülldeponie auf einem zentralen Platz. Von hier aus erfolgt die Beschickung der Lagerhallen an den Heizzentralen und einem dezentralen Zwischenlager. Die Anlagentechnik musste an das nicht rieselfähige Material mit grobstückigen Holzanteilen angepasst werden. Der Ascheanteil liegt bei circa 10–15 Prozent. Es musste daher eine Anlagengröße von über 550 Kilowatt und eine robuste Fördertechnik angeschafft werden. Spitzenlastzeiten werden von einem Gaskessel mit 1.040 Kilowatt Leistung ergänzt. Die Dachflächen der Heizzentralen und der Lagerhallen an den Standorten Simmern und Kirchberg sind zusätzlich mit rund 64 Kilowatt-Peak (kWp) Photovoltaik bestückt.

Die drei Biomasse-Heizzentralen sind ein wichtiger Teil des Gesamtkonzepts des Rhein-Hunsrück-Kreises auf dem Weg vom Energieimporteur zum -exporteur, der bereits an vielen Stellen erfolgreich beschrritten wird.

	HZ Simmern	HZ Kirchberg	HZ Emmelshausen
<b>Erzeugte Nutzenergie:</b>	3.395.840 kWh/a	2.212.000 kWh/a	k.A.
<b>Abgenommene Energie:</b>	2.870.000 kWh/a	1.715.000 kWh/a	circa 2.618.610 kWh/a
<b>Leistung Festbrennstoffkessel:</b>	850 kW	650 kW	750 kW
<b>Leistung Spitzenlastkessel:</b>	1.400 kW (Öl)	1.050 kW (Gas)	1.040 kW (Gas)
<b>Lagerkapazität Brennstoff:</b>	2.500 m <sup>3</sup>	1.700 m <sup>3</sup>	2.500 m <sup>3</sup>
<b>Pufferspeicher:</b>	30 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup>	28 m <sup>3</sup>
<b>Brennstoffmenge (Holz):</b>	800-1000 t/a	500-800 t/a	700-1000 t/a
<b>Eingespartes Heizöläquivalent:</b>	273.500 Liter	180.000 Liter	220.000 Liter
<b>CO<sub>2</sub> Einsparung:</b>	465 t	330 t	400 t
<b>Entfernung Wärmenetz/Heizanlage max.:</b>	600 m	500 m	300 m
<b>Wirkungsgrad:</b>	75-80 %	75-80 %	75-80 %
<b>Investitionskosten inclusive Netz:</b>	2,1 Mio. €	2,45 Mio. €	2,14 Mio. €
<b>Angeschlossene Gebäude:</b>	5 Schulen, 3 Sporthallen	3 Sporthallen, Hallen/ Freibad, 4 Schulen	4 Schulen + Mensa, 2 Sporthallen
<b>Kontakt:</b>	Rhein-Hunsrück-Entsorgung   Hr. Günter Hackländer   Weitersheck   55481 Kirchberg   E-Mail: g.hacklaender@rh-entsorgung.de		

# 5 ÖKOLOGISCHE ASPEKTE VON KOMPOSTIERUNG UND VERGÄRUNG

Die in Deutschland jährlich getrennt erfassten knapp neun Millionen Tonnen Bio- und Grünabfall stellen eine bedeutende Ressource zur Energiegewinnung sowie für das Nährstoff- und Humusrecycling dar. Diesem Potenzial sind die Aufwendungen für Erfassung und Behandlung gegenüberzustellen.

## 5.1 Qualitätsanforderungen und Gütesicherung bei der Verwertung von Komposten und Gärprodukten

An die Komposte und Gärprodukte werden hohe Qualitätsanforderungen hinsichtlich ihrer Stör- und Schadstoffgehalte gestellt.

Den rechtlichen Rahmen hierfür liefert insbesondere die Bioabfallverordnung, in der die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden hinsichtlich ihrer Behandlung und Ausbringung geregelt ist. Dort finden sich beispielsweise Festlegungen geeigneter Bioabfälle zur stofflichen Verwertung, Hygienisierungsvorgaben sowie Grenzwerte für Schadstoffgehalte.

Durch die Bioabfallverordnung wird auch gewährleistet, dass Komposte oder Gärrückstände aus vermischten Siedlungsabfällen nicht zur Düngung oder Bodenverbesserung eingesetzt werden dürfen. Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass Bioabfallkomposte, die aus getrennt erfassten Bioabfällen hergestellt wurden, den Komposten auf der Basis von vermischten Siedlungsabfällen qualitativ weit überlegen sind.

Um den Abnehmern der Produkte gleich bleibende Qualitäten zu sichern, schließen sich die meisten Kompostierungsanlagen und zunehmend auch Vergärungsanlagen den regelmäßigen und unabhängigen Qualitätsüberwachungen durch eine Gütegemeinschaft an.

Gütegemeinschaften stellen sicher, dass nur geeignete und unbedenkliche Ausgangsstoffe in die Verwertung gelangen und die Anforderungen an die Behandlung, die Qualität der erzeugten Dünge- und Bodenverbesserungsmittel sowie deren sachgerechte Verwendung erfüllt werden.

Gerade für Produkte aus der Verwertung von Bio- und Grünabfällen ist der Nachweis einer neutralen Qualitätskontrolle sowie die Kennzeichnung als Qualitätsprodukt für die Akzeptanz beim Kunden und die Stärkung der regionalen Absatzstrukturen von besonderer Bedeutung.

### Fazit:

Aufgrund rechtlicher Vorgaben und freiwilliger Gütesicherung bei einem überwiegenden Anteil der Anlagen sind Kompost- und Gärprodukte aus Bio- und Grünabfällen durchweg von hoher Qualität.



## 5.2 Komposte und Gärrückstände: Lieferanten von Nährstoffen und Humus für unsere Böden

Durch ihre Gehalte an wesentlichen Pflanzennährstoffen, insbesondere Phosphor und Stickstoff, sind Komposte und Gärrückstände gute organische Düngemittel und ausgezeichnete Bodenverbesserer. Kompost und kompostierte feste Gärrückstände sind für die Humusreproduktion besonders geeignet. Sowohl feste als auch flüssige Gärrückstände enthalten unmittelbar pflanzenverfügbare Nährstoffe, während sie der Kompost allmählich zur Verfügung stellt. Dies ist bei einer Düngeplanung zu berücksichtigen.

Komposte und Gärrückstände aus Bio- und Grünabfall

- ▶ tragen zur Einsparung energieaufwändig hergestellter synthetischer Mineraldünger bei, schonen die Ressourcen und haben positive Effekte auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz,
- ▶ leisten einen wichtigen Beitrag zur Humusreproduktion im Boden und
- ▶ wirken regulierend auf den Wasserhaushalt.

Nach Berechnungen des Bundesverbandes der Deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE) liegt das Einsparpotenzial von CO<sub>2</sub> durch den Einsatz von Kompost anstelle mineralischen Düngers bundesweit im Jahr bei fast 300.000 Tonnen.

In zunehmendem Maße werden Komposte als Mischkomponenten bei der Herstellung von Blumenerden und Kultursubstraten in Erdenwerken eingesetzt und tragen hierdurch zu einer Reduzierung des Torfeinsatzes in diesen Bereichen und damit ebenfalls zur Einsparung von CO<sub>2</sub> bei.

### Fazit:

Bioabfallkomposte und Gärrückstände tragen zur Verbesserung von Humusbilanzen bei. Komposte liefern Pflanzennährstoffe wie etwa Phosphor und Stickstoff. Während Stickstoff in flüssigen Gärrückständen rasch verfügbar ist, stellen Komposte den Nährstoff allmählich zur Verfügung.

Die energetische Verwertung von Bioabfällen in Verbindung mit einer stofflichen Nutzung der in den Bioabfällen enthaltenen Pflanzennährstoffe kann als „hochwertige Verwertung“ (Kaskadennutzung) angesehen werden.

### Nutzwert von Bioabfällen bei den verschiedenen Verwertungswegen

Verwertungswege	Kompostierung		Vergärung	
	stofflich - fest -	energetisch/stofflich - fest - <sup>1)</sup>	energetisch/stofflich - flüssig -	
Humusreproduktion	+++	+++	0	
Torfsubstitution	++	++	0	
Pflanzennährstoffe: <sup>2)</sup>				
- Stickstoff	+	+	++	
- Phosphor	++	++	++	
- Sonstige Nährstoffe	+	++	++	
Energie, Wärme	(+) <sup>3)</sup>	++	++	

1) kompostierte Gärrückstände

2) kurz- und mittelfristige Verfügbarkeit

3) bei energetischer Nutzung des Siebüberlaufs

Quelle: BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST 2008, verändert

### 5.3 Energiebilanzen von Kompostierung und Vergärung

Ein wichtiges Kriterium zur Bewertung der biologischen Verwertungswege ist die Energiebilanz der eingesetzten Anlagentechnik, die letztendlich einen wichtigen Einfluss auf die klimatische Relevanz des Prozesses hat.

Bei der Kompostierung hängt der Energiebedarf zur Verwertung einer Tonne Inputmaterials von der Komplexität der Anlage ab. So liegt der Energiebedarf je nach Anlagentyp zwischen 15 und 80 Kilowattstunden (Strom und Kraftstoff) je Tonne Input. Nebenprodukte der Kompostierung und Vergärung, wie zum Beispiel der Siebüberlauf, können in Heizkraftwerken eingesetzt werden und verbessern die Energiebilanzen.

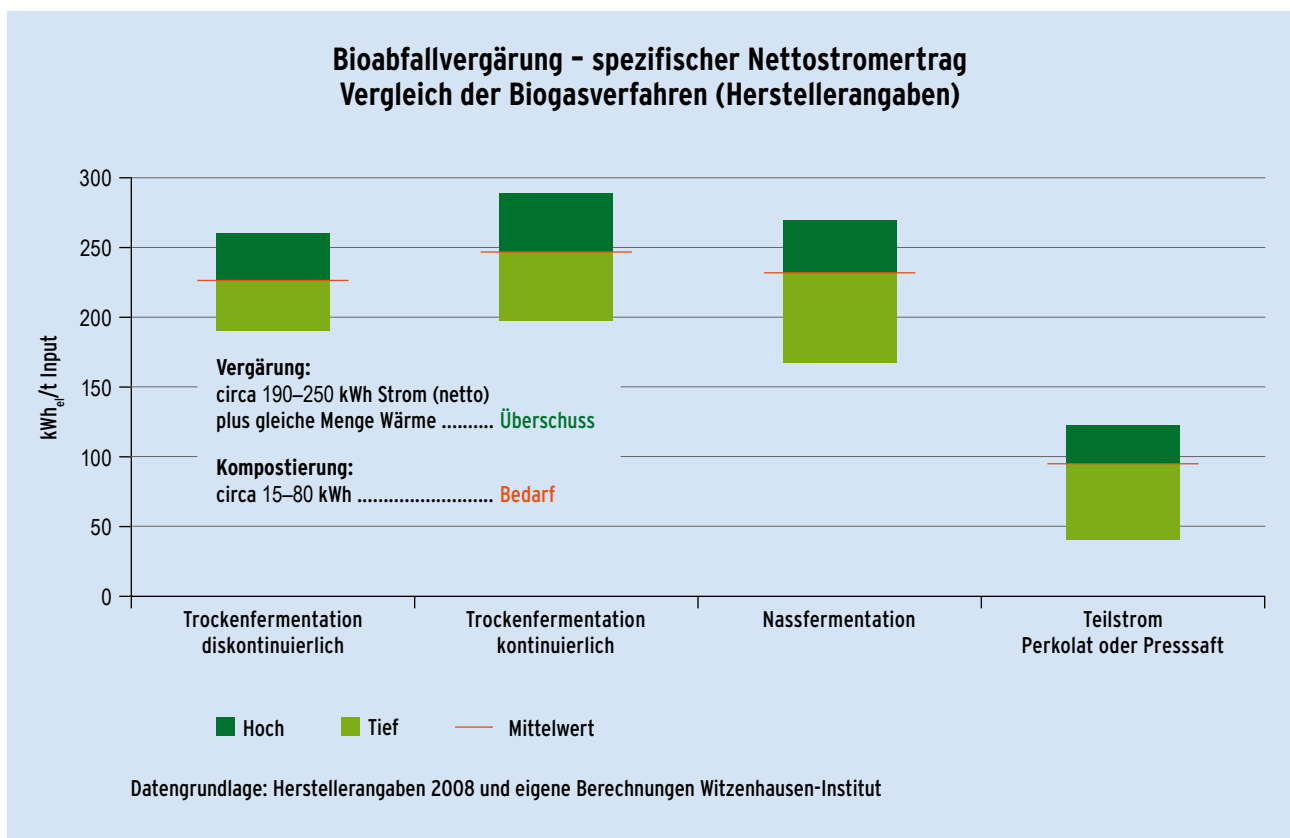
Auch die Vergärung biologischer Abfälle ist mit einem Strombedarf zwischen 30 Kilowattstunden und 60 Kilowattstunden je Tonne Input sowie dem Wärmebedarf für die Fermentation energieaufwändig.

Durch die Nutzung des entstehenden Biogases zur Strom- und Wärmeerzeugung stehen diesen Aufwendungen jedoch spezifische Energiegutschriften in der Größenordnung um 200 Kilowattstunden sowohl für Strom als auch für Wärme gegenüber, so dass der gesamte Prozess deutliche Energieüberschüsse aufweist.

Die dargestellte Ausschleusung geeigneter Holziger Brennstoffe aus dem Grünabfall verbunden mit der Kompostierung der krautigen Anteile führt zu einer deutlich positiven Energiebilanz dieses Nutzungswegs.

#### Fazit:

Bei der reinen Kompostierung muss dem Verwertungsprozess Energie zugeführt werden, während bei der Vergärung mit anschließender Kompostierung des Gärrückstandes Energie gewonnen wird. Soweit bei der Kompostierung eine effiziente thermische Verwertung geeigneter Siebrückstände erfolgt, kann auch dieser Verwertungsweg einen Nettoenergieüberschuss aufweisen.



## 5.4 Klimabilanzen von Kompostierung und Vergärung

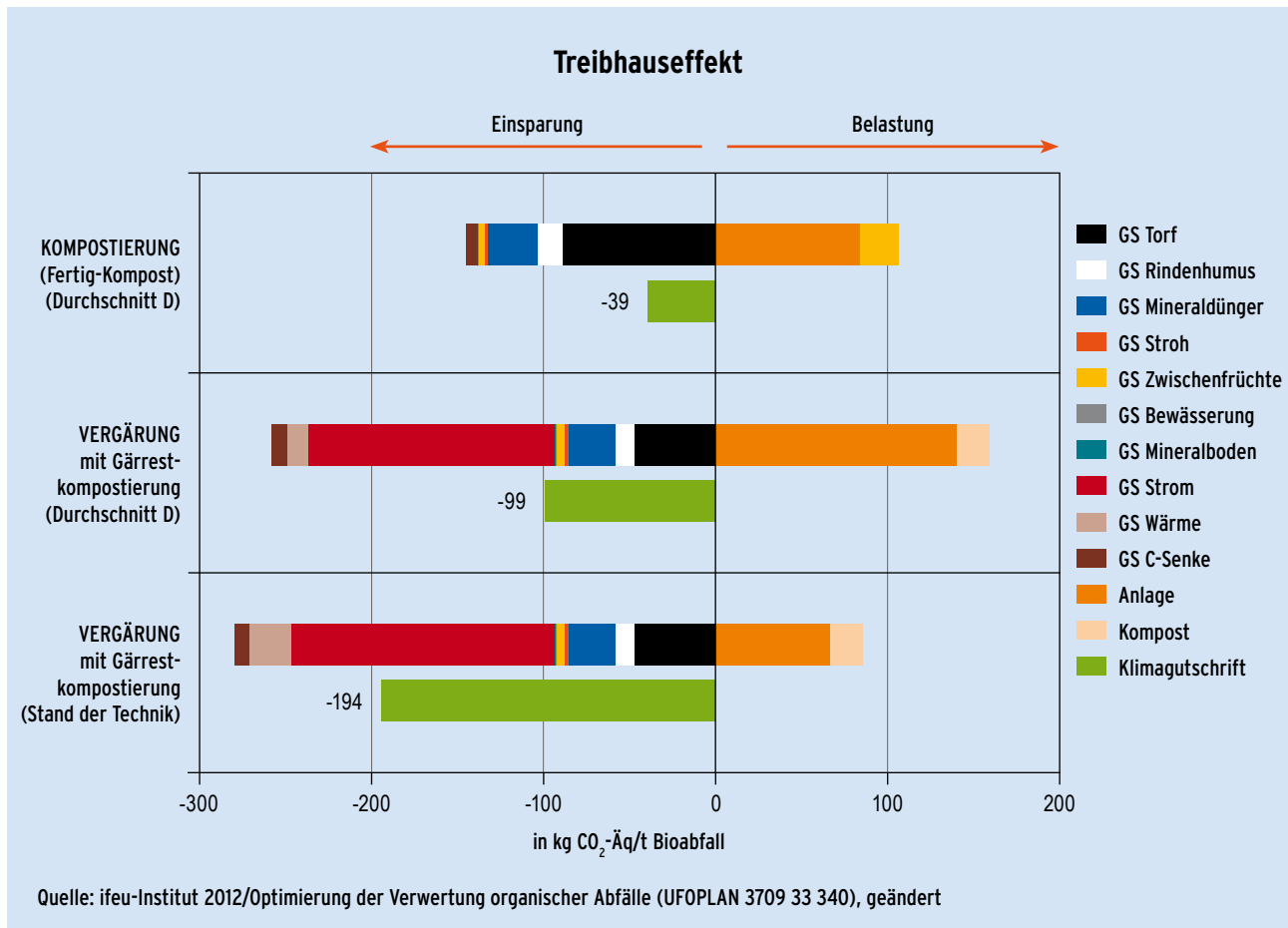
Beim Anlagenbetrieb und der Aufbringung der Komposte beziehungsweise Gärrückstände entstehen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die auf der Nutzung fossiler Energieträger beruhen. Durch den Abbau der organischen Substanz bei der Bioabfallkompostierung und der Kompostierung fester Gärrückstände werden zwar erhebliche Mengen Kohlendioxid freigesetzt, die aber, da sie zuvor durch die Pflanzen aufgenommen wurden, als klimaneutral bewertet werden.

Allerdings entstehen sowohl bei der Kompostierung als auch bei der Vergärung, abhängig von der technischen Ausführung der Anlage und der Ausbringung der Komposte beziehungsweise Gärrückstände, in gewissem Umfang weitere Emissionen (Methan, Lachgas, Ammoniak), die bei der Klimabilanz berücksichtigt werden müssen. Demgegenüber können aber auch verschiedene CO<sub>2</sub>-Gutschriften, zum Beispiel für Substitutionsprodukte wie Torf und Mineraldünger, sowie direkte Energiegutschriften für Strom und Wärme erreicht werden.

Die genannten Belastungen und Einsparungen (Gutschriften) ergeben bei der Kompostierung (Fertigkompost) unter Berücksichtigung der Kohlenstoffsenke eine Klimagutschrift von 39 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je Tonne Bioabfall.

Das Vorschalten einer Vergärung vor die Kompostierung reduziert die CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch eine erhebliche Energiegutschrift (Strom und Wärme) durch die Biogasnutzung. Auf diese Weise kann pro Tonne Bioabfall eine Klimagutschrift von circa 99 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (Durchschnittswerte von Bioabfallvergärungsanlagen in Deutschland) erzielt werden. Berücksichtigt man den Stand der Technik neuerer Bioabfallvergärungsanlagen mit reduzierten Klimagasemissionen, erhöht sich die Gutschrift sogar auf circa 194 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (mit Kohlenstoffsenke).

In der nachfolgenden Abbildung sind wesentliche Be- und Entlastungen der Kompostierung und der Vergärung (Durchschnittswert und Stand der Technik) hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Äquivalente dargestellt. Es ist zu beachten, dass diese Abbildung keine umfassende Ökobilanz, sondern eine reine Klimabetrachtung hinsichtlich des Treibhauseffektes darstellt.





Flüssiger Gärrückstand



Entwässerter Gärrückstand

### Zusammenfassung:

- ▶ Durch die getrennte Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfall lassen sich durch deren Behandlung in Kompostierungs- oder kombinierten Vergärungs- und Kompostierungsanlagen hochwertige Bodenverbesserer und Nährstoffdünger regenerativ herstellen.
- ▶ Die stoffliche Nutzung der Gärrückstände ist als erneuerbare Quelle für Pflanzennährstoffe sowie Humus und dadurch auch für die Klimabilanz wesentlich.
- ▶ Die rechtlichen Rahmenbedingungen und die Gütesicherung garantieren hochwertige Kompost- und Gärprodukte.
- ▶ Die Vergärung erzielt insbesondere durch das entstehende Biogas und damit der Substitution fossiler Energieträger eine positive Energie- und Klimabilanz.
- ▶ Bei der Kompostierung kann eine Klimagutschrift von 39 Kilogramm eingesparten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Tonne Bioabfall erzielt werden. Bei der Vergärung beträgt die Klimagutschrift circa 99 Kilogramm (Durchschnitt der Anlagen) beziehungsweise 194 Kilogramm (Stand-der-Technik-Anlagen) eingesparten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.
- ▶ Ungewollte Emissionen, insbesondere von Methan, Lachgas und Ammoniak, müssen durch technische und betriebliche Maßnahmen weiter reduziert und in der gesamten Prozesskette minimiert werden.

# 6 ÖKONOMISCHE ASPEKTE DER BIOLOGISCHEN ABFALLVERWERTUNG



Komposthaufen im Herbst



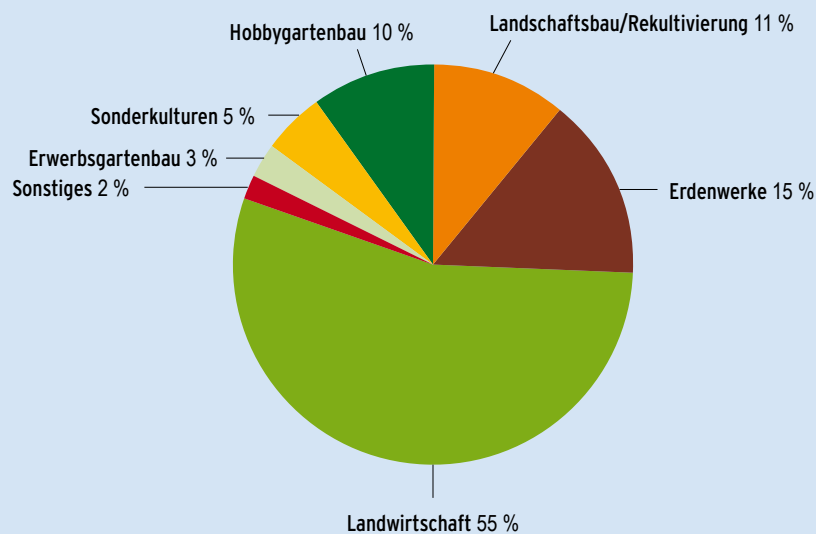
Das Endprodukt: vermarktungsfähiger Qualitätskompost

Kompost ist seit jeher ein beliebter Bodenverbesserer in Privatgärten, der oftmals auf dem eigenen Komposthaufen erzeugt wird. Auch Landwirte, insbesondere im biologischen Landbau, und Gartenbaubetriebe wissen um die Bedeutung des Kompostes für die Nährstoffversorgung und den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit.

## 6.1 Kompostvermarktung

Komposte finden in vielen Bereichen, teilweise durch Regionalstrukturen geprägte Vermarktungswege.

Vermarktungswege von Komposten



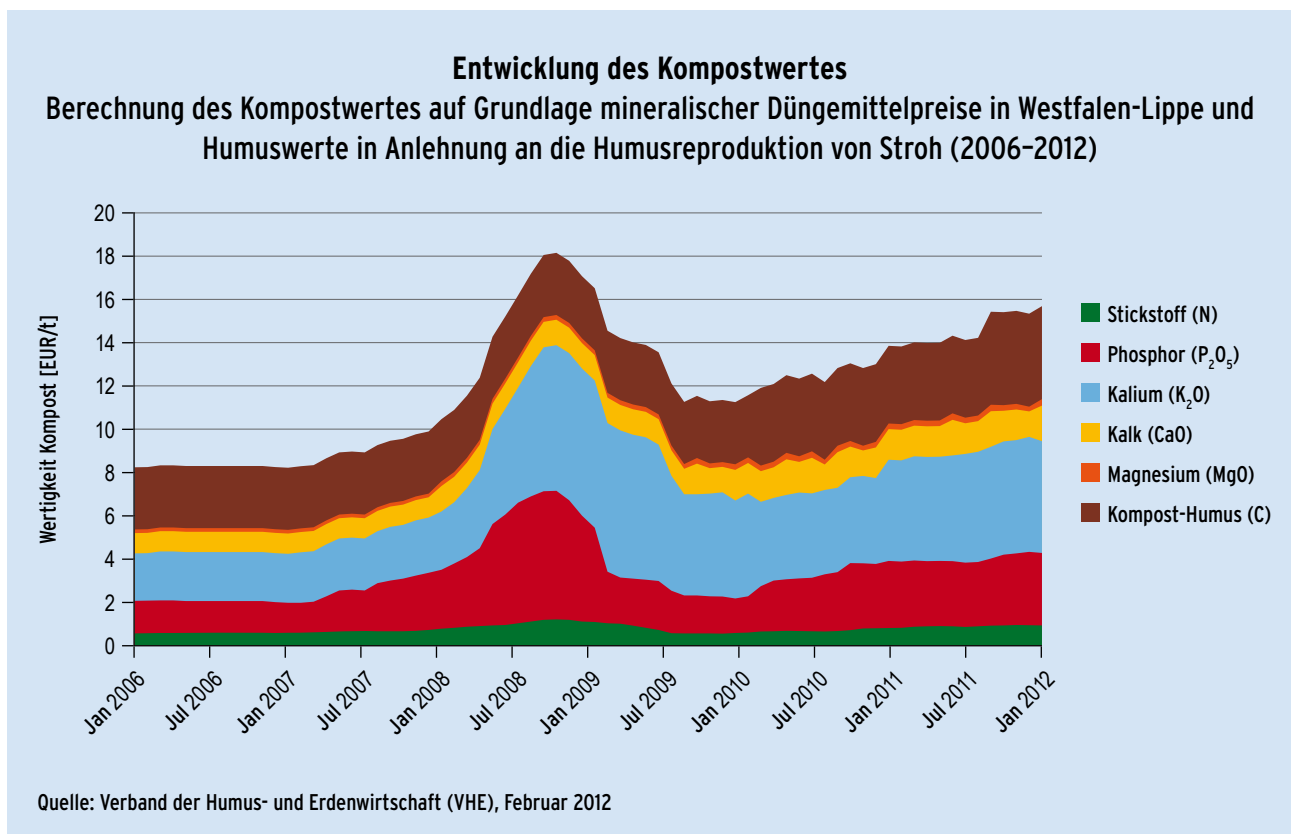
Quelle: Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK), 2011



Oft wird die wirtschaftliche Bedeutung des Einsatzes von Komposten in der Landwirtschaft unterschätzt. Eine stetig steigende Nachfrage zeigt jedoch, dass sich Kompost im Zuge gestiegener Mineraldüngerepreise zusehends zu einem attraktiven Substitutionsprodukt entwickelt. Wurde bis vor wenigen Jahren Kompost beziehungsweise kompostierter Gärrückstand noch gegen Zuzahlung an die Landwirtschaft abgegeben, werden mittlerweile in der Regel Erlöse erzielt.

Flüssiger Gärrückstand kann in Ackerbauregionen mit nicht zu hohem Anteil an Viehhaltung bei Transportentfernungen unter zehn Kilometer kostenneutral eingesetzt werden.

Betrachtet man nur den Düngewert von Kompost auf der Grundlage mineralischer Düngemittelpreise, ergibt sich Anfang 2012 ein Wert von bis zu zwölf Euro pro Tonne Kompost.



Absiebung von kompostiertem Gärrückstand



Fertiger, aufbereiteter Kompost zur Bodenverbesserung

Ein erfolgreiches Konzept für die Kompostvermarktung im Hobby- und Erwerbsgartenbau praktiziert das HUMUSWERK Main-Spessart im Verbund mit der Würzburger Kompostierung: Qualitätskomposte aus den regionalen Kompostanlagen werden vor Ort zu hochwertigen Humusprodukten, wie zum Beispiel Garten- oder Blumenerden, veredelt und gemeinsam mit einem Partner lose und als Sackware lokal unter der Bezeichnung „Unterfränkische Erden“ vermarktet.



Thomas von der Saal, Geschäftsführer des HUMUSWERK Main-Spessart: „Der regionale Produktbezug unserer Komposte und Erden stärkt die Identifikation der Verbraucher mit ‚ihrer‘ Region und trägt zur wachsenden Nachfrage an Regionalprodukten bei. Qualitativ hochwertige Regionalerden genießen ein hohes Verbrauchervertrauen und werden von vielen Kunden beim Kauf bevorzugt.“

## 6.2 Kosten und Erlöse der Kompostierung, der Vergärung und von Kombinationsmodellen (Vorschaltanlagen)

Auf Optionen zur Ausweitung der Erfassung biologischer Abfälle wurde bereits hingewiesen. Dies ist in der Regel auch wirtschaftlich sinnvoll, da die Kosten einer Bioabfallkompostierung oder einer Vergärung mit anschließender Kompostierung noch immer zum Teil deutlich unter den Restabfallbehandlungskosten liegen. Im Jahr 2011 lagen die Restabfallbehandlungskosten zwischen 70 und 150 Euro pro Tonne, während die Bioabfallbehandlung (Kompostierung oder Vergärung) in der Regel Aufwendungen zwischen 30 und 80 Euro pro Tonne verursachte. Die Grünabfallkompostierung liegt mit Kosten von 5 bis 30 Euro pro Tonne sogar deutlich darunter.

Da die meisten der Kompostierungsanlagen Anfang bis Mitte der 1990er Jahre in Betrieb gingen, ist bei einer Vielzahl von Anlagen davon auszugehen, dass Ersatzinvestitionen anstehen. Damit wird die Frage aufgeworfen, ob die Kompostierung erneuert und optimiert oder ob zusätzlich eine Vergärungsstufe integriert werden soll.

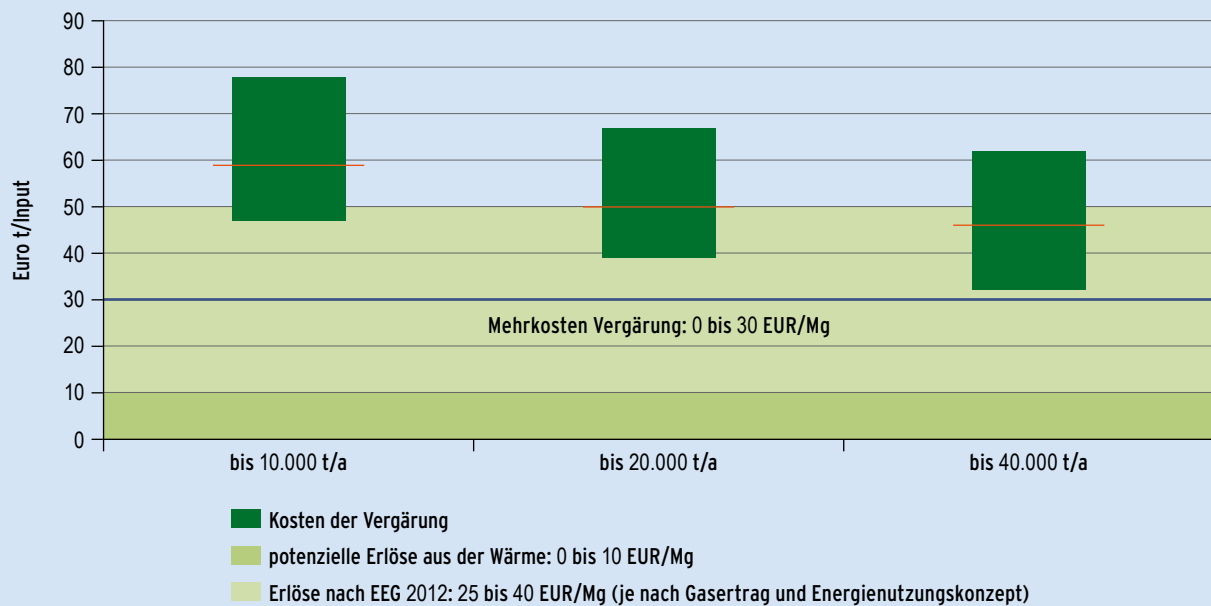
Daneben besteht durch die Förderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes für eingespeisten Strom aus der Vergärung von Bioabfällen mit stofflicher Nutzung des festen Gärrückstandes ein interessanter wirtschaftlicher Anreiz (siehe auch Abschnitt 7).

Geeignet für die Integration einer Vergärungsstufe wären vor allem technisch hochwertige Bioabfallkompostierungsanlagen mit einer Mindestgröße von 15.000 Tonnen im Jahr und mehr. Ideale Voraussetzungen bestehen, wenn die Inputmenge um ein Drittel bis zur Hälfte erhöht werden kann, da dann die bestehende Kompostanlage mit der Weiterverarbeitung des Gärrückstandes voll ausgelastet ist. Die bestehenden Rahmenbedingungen und Optionen sind jedoch im Einzelfall zu prüfen. Im Durchschnitt liegen dann die Mehrkosten einer bestehenden Anlage durch die Nachrüstung um eine Vergärungsstufe bei null bis 30 Euro pro Tonne Bioabfall. Berücksichtigt sind dabei die Erlöse durch Strom- und Wärmeverkauf. In Einzelfällen, gerade bei höheren Bioabfallbehandlungskosten, kann sogar eine Kostenreduktion eintreten. Da auch der feste Gärrückstand kompostiert wird, bleiben in diesem Bereich die Kosten bestehen.



Anlieferung von Bioabfall zur Verwertung

## Wirtschaftliche Betrachtung Vergärungsanlage als Vorschaltanlage



### Zusammenfassung:

- ▶ Durch die Vermarktung von Komposten und Gärückständen als attraktive Substitutionsprodukte für mineralische Dünger und Bodenverbesserer lassen sich in der Regel Erlöse erzielen.
- ▶ Regionale Vermarktungskonzepte und die Erzeugung hochwertiger Erden und Substrate können zu einer Absatzsteigerung von Komposten beitragen.
- ▶ Die Mehrkosten für die Nachrüstung einer Kompostierungsanlage um eine Vergärungsstufe liegen im Schnitt bei null bis 30 Euro pro Tonne Bioabfall. In Einzelfällen kann sogar eine Kostenreduktion eintreten.



Aus Bioabfall wird Energie.

# 7 FÖRDERUNG DER ENERGETISCHEN NUTZUNG VON BIO- UND GRÜNABFÄLLEN DURCH DAS EEG

Die stoffliche und energetische Verwertung biologisch abbaubarer Abfälle wird in Deutschland von einer Reihe gesetzlicher Regelungen gesteuert:

- ▶ energierechtliche Bestimmungen zur Förderung und Optimierung der Nutzungsprozesse (zum Beispiel Erneuerbare-Energien-Gesetz, Biomasseverordnung),
- ▶ anlagenbezogene Vorschriften mit Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von Anlagen (zum Beispiel Bundes-Immissionsschutzgesetz und Verordnungen/Verwaltungsvorschriften auf Grundlage des Gesetzes) und
- ▶ stoffbezogene Regelwerke, die anfallende Materialströme schadlos und effizient in die Wirtschaftskreisläufe lenken sollen (zum Beispiel Bioabfallverordnung, Düngemittelverordnung).

An exponierter Stelle stehen für die Behandlung und Nutzung biogener Abfälle die Anforderungen der Bioabfallverordnung und des Düngemittelrechts, die zulässige Materialien, den Behandlungsprozess und die Verwertungsoptionen umfassend regeln.

## Das Gesetz zum Vorrang erneuerbarer Energien (EEG)

Von besonderer Bedeutung für die energetische Nutzung von Bio- und Grünabfällen ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in der am 1. Januar 2012 in Kraft getretenen novellierten Fassung. Es dient der Förderung und Entwicklung regenerativer Stromerzeugung in Deutschland.

Das EEG garantiert die Einspeisung erneuerbar erzeugten Stroms in das Stromnetz sowie ein Vergütungssystem, das Betreiber von Stromnetzen zur



Fermenter einer Biogasanlage

## Vergütungssätze [Cent/kWh] für Strom aus der Nutzung von Bioabfällen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, 2012)

Elektrische Bemessungsleistung	Stromerzeugung aus der ...		
	Vergärung definierter Bioabfälle (§ 27a)	Vergärung anderer Bioabfälle (§ 27)	thermischen Nutzung holziger Grünabfälle (§ 27)
≤ 150 kW	16,00	14,30	14,30
151–500 kW	16,00	12,30	12,30
501 kW–5 MW	14,00	11,00	11,00
5,001 MW–20 MW	14,00	6,00	6,00

Zahlung einer festen Vergütung an die Erzeuger von Strom aus erneuerbaren Energien verpflichtet. Für die Vergärung bestimmter Bioabfälle wurde mit § 27a EEG eine besondere Vergütungsvorschrift mit etwas erhöhten Vergütungssätzen geschaffen.

Voraussetzung für die Vergütung ist vor allem, dass

- (1) mindestens 90 Masseprozent der Inputstoffe eines Kalenderjahres getrennt erfasste Bioabfälle der Abfallschlüssel-Nummer:
  - 20 02 01 (Garten- und Parkabfälle)
  - 20 03 01 (Biotonne)
  - 20 03 02 (Marktabfälle)

sind,

- (2) die Einrichtungen zur anaeroben Vergärung der Bioabfälle unmittelbar mit einer Einrichtung zur Nachrotte der festen Gärrückstände verbunden sind und
- (3) die nachgerotteten Gärrückstände stofflich verwertet werden.

Sind diese Voraussetzungen sowie einige weitere spezifizierte technische Anforderungen an die Anlagen erfüllt, so wird der Strom bis zu einer Jahresarbeit von 4,38 Millionen kWh<sub>el</sub> (Bemessungsleistung 500 kW<sub>el</sub>) mit 16 Cent/kWh<sub>el</sub> vergütet und darüber hinaus erzeugter Strom (bis max. 20 MW Bemessungsleistung) mit 14 Cent/kWh<sub>el</sub>.

Eine zusätzliche Vergütung kann in diesem Bereich durch die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und Einspeisung in das Erdgasnetz erzielt werden. Je nach Leistungsklasse der Biogasaufbereitungsanlage können dies zusätzlich 1 bis 3 Cent/kWh<sub>el</sub> sein (§ 27c).

Strom aus der Vergärung anderer biogener Abfälle erhält nach § 27 Vergütungssätze zwischen 14,3 Cent/kWh<sub>el</sub> und 6 Cent/kWh<sub>el</sub>. Die gleichen Vergütungssätze können beim Einsatz von Bio- und Grünabfall in Holzheizkraftwerken für den erzeugten Strom erzielt werden.

Für den Einsatz bestimmter biogener Abfälle, wie insbesondere Güllesubstrate, kann zur Grundvergütung nach § 27 eine anteilige einsatzstoffbezogene Zusatzvergütung von bis zu 8 Cent/kWh<sub>el</sub> hinzukommen. Zur Einordnung der Inputstoffe hinsichtlich ihrer Vergütungsklasse wurden in der Biomasseverordnung sogenannte Einsatzstoffvergütungsklassen mit jeweils stoffspezifischem Energieertrag definiert.

### Zusammenfassung:

Mit dem EEG wurde ein Rahmen geschaffen, der die Einspeisung regenerativ erzeugten Stroms in das Stromnetz sowie ein monetäres Fördersystem sicherstellt und damit den Ausbau innovativer Energienutzungskonzepte wie der energetisch-stofflichen Nutzung von Bio- und Grünabfällen vorantreibt.

# 8 HANDLUNGSHILFE FÜR KOMMUNALE ENTSCHEIDUNGSTRÄGER

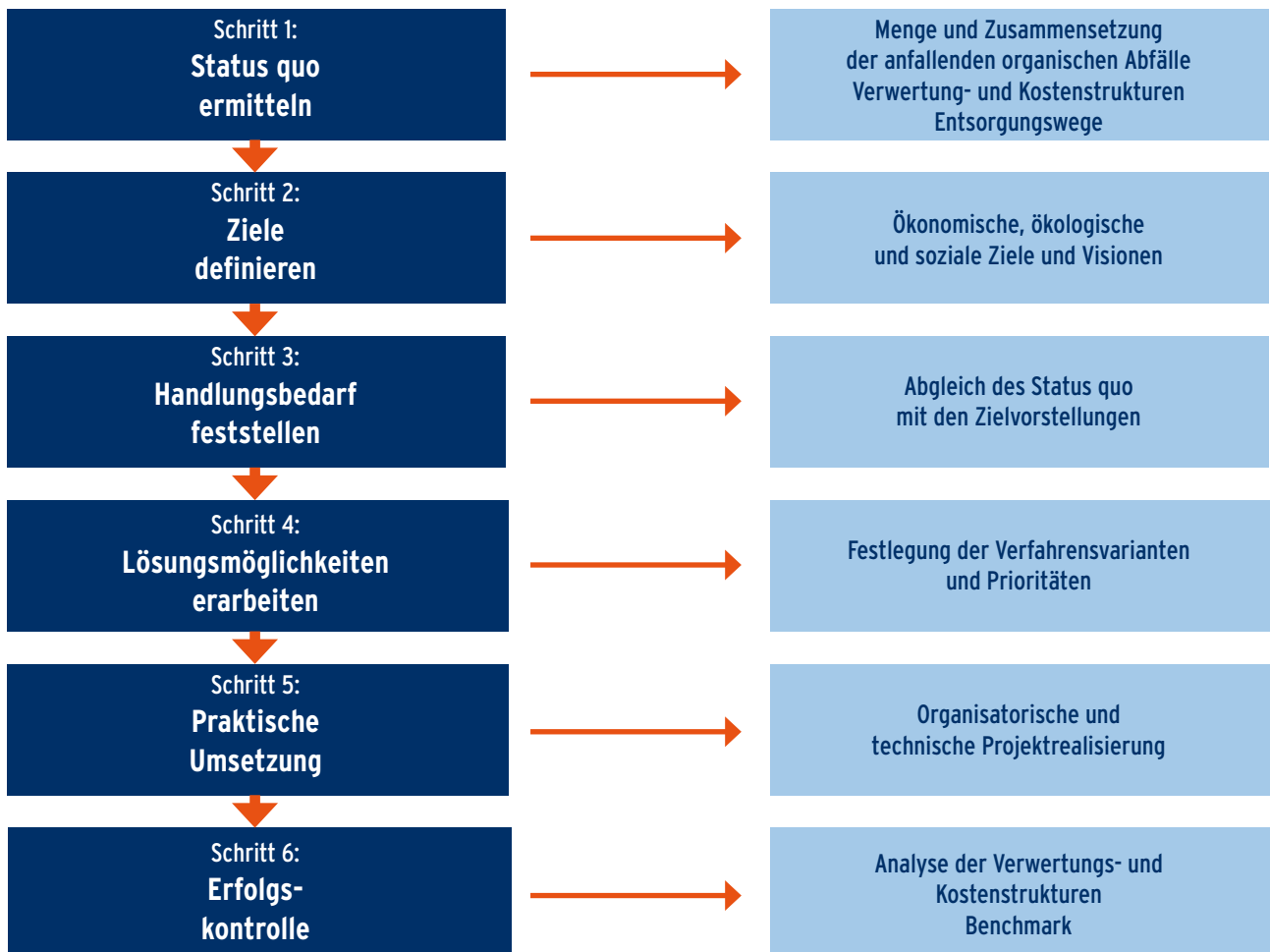
Die vorliegende Broschüre zeigt auch anhand von Praxisbeispielen, dass die separate Erfassung von Bio- und Grünabfall und ihre stofflich-energetische Nutzung Wesentliches zum Erreichen der deutschen Ziele für den Klimaschutz und bei regenerativen Energien beitragen kann. Die folgenden Checklisten sollen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern helfen, ihre

- ▶ gegenwärtige Erfassung von Bio- und Grünabfällen
- ▶ sowie deren Verwertung

zu überprüfen und gegebenenfalls Optimierungs- und Handlungsbedarf aufzeigen.

Die dabei verwendeten zahlenmäßigen Angaben orientieren sich an Erfahrungen und Zielgrößen aus der Praxis.

Das Bewertungsschema soll dazu anregen, sich intensiv mit dem Thema Bioabfall auseinanderzusetzen mit dem Ziel, die Bio- und Grünabfallnutzung zu optimieren. Selbst dort, wo die in den einzelnen Fragen genannten Zielmengen für die Erfassung von Bioabfällen und Grünabfällen bereits erreicht werden, kann natürlich über weitere Optimierungen der Verwertung nachgedacht werden.





Holzabfälle für eine energetische Verwertung

### ZIELVORGABE:

**Bio- und Grünabfälle werden einer hochwertigen stofflichen und/oder energetischen Verwertung zugeführt**

1. Die Verwertung der Bio- und Grünabfälle erfolgt weitgehend in der Region.
2. Es wird ein hochwertiger Kompost beziehungsweise Gärrückstand erzeugt, der eine hochwertige stoffliche Verwertung nach guter fachlicher Praxis ermöglicht.
3. Für die Vergärung besonders geeignete Materialien werden einer Vergärungsanlage (Vorschaltanlage) zugeführt und das Biogas zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt beziehungsweise aufbereitet ins Erdgasnetz eingespeist.
4. Der holzige Anteil der Bio- und Grünabfälle (auch Siebüberlauf) wird abgetrennt und energetisch in einem Biomassekraftwerk oder zur Wärmergewinnung genutzt. Bei der Kompostierung verbleibender Bio- und Grünabfälle sowie Gärreste ist mit Blick auf eine emissionsarme Rotteführung darauf zu achten, dass ausreichend holzige Anteile als Strukturmaterial für eine aerobe Rotte verbleiben.

## Getrennte Erfassung für Bioabfälle (Biotonne) vorhanden

JA

1. Spezifisch erfasste Mengen liegen über 60 kg/Ew\*a.
2. Mehr als zwei Drittel der Haushalte sind an das System angeschlossen.
3. Die Sammelqualität ist ausreichend gut (Störstoffanteil ist kleiner als fünf Prozent).
4. In der Abfall- und Gebührensatzung werden wirtschaftliche Anreize zur getrennten Erfassung von Bioabfällen gegeben.
5. Die Eigenkompostierung wird unterstützt, aber auch kontrolliert.
6. Der Organikanteil im Restmüll ist kleiner als ein Drittel (Hausmüllanalyse).
7. Die Abfallberatung und Öffentlichkeitsarbeit widmet sich regelmäßig dem Thema Bioabfall (gegebenenfalls fremdsprachige Infos).

NEIN

1. Es gibt nachvollziehbare Gründe, die gegen die Einführung eines separaten Erfassungssystems für Bioabfälle sprechen (zum Beispiel aufgrund der Siedlungsstruktur).
2. Mehr als zwei Drittel der Haushalte betreiben eine gut funktionierende Eigenkompostierung (durch Kontrollen belegt).
3. Sehr hohe spezifische Erfassung von Grünabfällen (mehr als 100 kg/E\*a).
4. Der Organikanteil im Restmüll ist kleiner als ein Drittel (Hausmüllanalyse).

## BEWERTUNG

Je geringer die Zahl der angekreuzten Fragen, desto intensiver sollten noch bestehende Optimierungspotenziale bei der Bioabfallererfassung geprüft werden.

Je geringer die Zahl der angekreuzten Fragen, desto intensiver sollte die Einführung der Biotonne geprüft werden.



## Getrennte Erfassung für Grünabfälle vorhanden

JA

1. Die Grünabfallerfassung erfolgt in Kombination mit der Bioabfallsammlung. Die spezifisch erfassten Mengen liegen zusammen (Bio- und Grünabfall) über 110 kg/Ew\*a.
2. Mindestens zweimal im Jahr wird Grünabfall (Baum- und Strauchschnitt, Weihnachtsbäume) beim Bürger gesammelt.
3. Alle Bürger können ihren Grünabfall an einer Sammelstelle abgeben.
4. Die Sammelstelle ist gut erreichbar.
5. Die Eigenkompostierung wird unterstützt, aber auch kontrolliert.
6. Der Organikanteil im Restmüll ist kleiner als ein Drittel (Hausmüllanalyse).
7. Die Abfallberatung und Öffentlichkeitsarbeit widmet sich regelmäßig dem Thema Grünabfälle (gegebenenfalls fremdsprachige Infos).

NEIN

1. Es gibt nachvollziehbare Gründe, die gegen die Einführung eines separaten Erfassungssystems für Grünabfälle sprechen.
2. Sehr hohe spezifische Erfassung von Bioabfällen (Biotonne) (größer 100 kg/E\*a) mit hohem Anteil an Grünabfall.
3. Der Organikanteil im Restmüll ist kleiner als ein Drittel (Hausmüllanalyse).

## BEWERTUNG

Je geringer die Zahl der angekreuzten Fragen, desto intensiver sollten noch bestehende Optimierungspotenziale bei der Grünabfallerfassung geprüft werden.

Je geringer die Zahl der angekreuzten Fragen, desto intensiver sollte die Einführung einer separaten Grünabfallerfassung geprüft werden.

## 9 WEITERGEHENDE INFORMATIONSQUELLEN

Weitere Informationen finden Sie im Internet unter:

- ▶ [www.bmu.de](http://www.bmu.de)  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- ▶ [www.uba.de](http://www.uba.de)  
Umweltbundesamt
- ▶ [www.witzenhausen-institut.de](http://www.witzenhausen-institut.de)  
Witzenhausen-Institut
- ▶ [www.ask-eu.de](http://www.ask-eu.de)  
Wissensportal
- ▶ [www.kompost.de](http://www.kompost.de)  
Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.
- ▶ [www.biogas.org](http://www.biogas.org)  
Fachverband Biogas e. V.
- ▶ [www.vhe.de](http://www.vhe.de)  
Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V.

## 10 GLOSSAR

**Bioabfälle:** Über die Biotonne erfasste Küchenabfälle bei anteiliger Miterfassung von Gartenabfällen (Abfallschlüssel 20030104 „Abfälle aus der Biotonne“; gemäß Statistischem Bundesamt).

**Biogas:** Biogas entsteht durch den bakteriellen Abbau organischer Substanz (Biomasse) unter Luftabschluss (anaerobes Milieu). Hauptkomponente des Biogases ist Methan. Biogas findet sich zum Beispiel in Sümpfen und Mooren, im Verdauungstrakt von Wiederkäuern oder kann in technischen Anlagen aus Biomasse hergestellt werden (Vergärungsanlagen).

**Grünabfälle:** Über separate Sammelsysteme (Hol- und/oder Bringsysteme) erfasste Gartenabfälle und Strauchschnitt (ohne Vermischung mit nassen Küchenabfällen) (Abfallschlüssel 200201 „Biologisch abbaubare Abfälle aus Garten- und Parkabfällen“).

**Gärrückstand:** Bei der Fermentation in der Anaerobphase der Vergärung entstehende Gärreste.

**Gärprodukt:** Bei der Separation von Gärrückständen entstehende Endprodukte, die entweder als flüssige Gärprodukte direkt in die Landwirtschaft abgegeben und stofflich verwertet werden oder dem Stoffkreislauf nach einer Kompostierung als festes Gärprodukt wieder zur Verfügung stehen. Zertifizierte Gärprodukte werden durch unabhängige Überwachung durch eine Gütegemeinschaft qualitätsgesichert.

**Landschaftspflegematerialien<sup>1</sup>:** Unter Landschaftspflegematerialien fallen Garten- und Parkabfälle, Landschaftspflegeabfälle, Gehölzrodungsrückstände, pflanzliche Bestandteile des Treibseils, die unter der Abfallschlüsselnummer biologisch abbaubare Abfälle (20 02 01) zusammengefasst sind.

**Nassfermentation<sup>2</sup>:** Die Vergärung von Flüssigkeiten (in der Regel bei Trockenmassegehalten unter drei Prozent) und die Vergärung von festen Substraten kann mit Verfahren der Nassfermentation erfolgen. Dabei ist der Fermenterinhalt immer pumpfähig. Dieser Zustand kann durch die Zumischung von Flüssigkeiten (zum Beispiel Wasser) erreicht werden.

**Spezifisches Abfallaufkommen:** Das spezifische Abfallaufkommen gibt die Frischmasse eines Abfalls an, der pro Bürger und Jahr anfällt. Die Angabe erfolgt in den meisten Fällen als Angabe in Kilogramm pro Einwohner und Jahr (kg/E\*a).

**Technisches Potenzial<sup>2</sup>:** Das technische Potenzial ist der Teil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung der oben genannten gegebenen Restriktionen tatsächlich nutzbar ist.

**Theoretisches Potenzial<sup>2</sup>:** Das theoretische Potenzial beschreibt das innerhalb eines Zeitraums theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot (zum Beispiel die in der Pflanzenmasse gespeicherte Energie) in einer Region. Wegen unüberwindbarer Hemmnisse (technische, ökologische, strukturelle, administrative Grenzen) kann das theoretische Potenzial in der Regel nur anteilig erschlossen werden.

**Trockenfermentation<sup>2</sup>:** Die Trockenfermentation ist ein Verfahren zur Erzeugung von Biogas durch Vergärung, bei dem ausschließlich feste Substrate mit hohen Trockenmassegehalten (in der Regel oberhalb 20 Prozent) verarbeitet werden. Der Fermenterinhalt ist in diesen Fällen nicht mehr pumpfähig. Er ist jedoch im Normalfall stapelfähig. Eine Verdünnung mit Flüssigkeiten erfolgt nicht.

---

<sup>1</sup> Definition nach Bioabfallverordnung (BioAbfV, 2012).

<sup>2</sup> Definition nach Kaltschmitt, M. et al. (2009): Energie aus Biomasse. 2. Auflage Berlin.

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...“

Grundgesetz, Artikel 20 a

**BESTELLUNG VON PUBLIKATIONEN:**

Publikationsversand der Bundesregierung

Postfach 48 10 09

18132 Rostock

Tel.: 01805 / 77 80 90\*

Fax: 01805 / 77 80 94\*

E-Mail: [publikationen@bundesregierung.de](mailto:publikationen@bundesregierung.de)

Internet: [www.bmu.de/bestellformular](http://www.bmu.de/bestellformular)

(\*0,14 Euro/Minute aus dem deutschen Festnetz; abweichende Preise aus den Mobilfunknetzen möglich)

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.