



Witzenhausen-Institut
für Abfall, Umwelt und Energie GmbH



Optimierung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen

Optimierung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen

Auftraggeber:

Hessisches Ministerium für Umwelt,
ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Postfach 3109 – 65021 Wiesbaden

Auftragnehmer:

**WITZENHAUSEN-INSTITUT
für Abfall, Umwelt und Energie GmbH**

Werner-Eisenberg-Weg 1 – 37213 Witzenhausen

In Zusammenarbeit mit:

**Ingenieurgesellschaft Witzenhausen (IGW)
Fricke & Turk GmbH**

Bischhäuser Aue 12 – 37213 Witzenhausen

Witzenhausen, März 2008

INHALT

Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1	EINLEITUNG	15
2	RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN	17
2.1	Das stoffstrombezogene Recht	17
2.1.1	Bioabfallverordnung	17
2.1.2	Düngemittelverordnung	19
2.1.3	Hygienerechtliche Vorschriften	20
2.2	Das Energierecht.....	21
2.2.1	Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG)	22
2.2.2	Biomasseverordnung	26
2.2.3	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWK-Gesetz)	26
2.2.4	Auswirkungen der energierechtlichen Regelungen auf ausgewählte Stoffströme	27
3	NATIV-ORGANISCHE ABFÄLLE IN HESSEN	29
3.1	Vorgehensweise bei der Erfassung und Bewertung von organischen Abfällen sowie Behandlungsanlagen	29
3.2	Bio- und Grünabfälle.....	30
3.2.1	Erfassung von Bioabfällen	30
3.2.2	Erfassung von Grünabfällen.....	33
3.2.3	Aufkommen	33
3.2.4	Verwertung und Verbleib.....	38
3.2.5	Gebührenerhebung und Kostenprofil der biologischen Behandlung.....	39

3.3	Küchen- und Speiseabfälle	45
3.3.1	Aufkommen / Potenzial	45
3.3.2	Erfasste Mengen	47
3.3.3	Qualität.....	48
3.3.4	Verwertung / Verbleib.....	48
3.4	Organische Gewerbeabfälle.....	50
3.4.1	Aufkommen	50
3.4.2	Qualität.....	58
3.4.3	Verwertung / Verbleib.....	59
3.5	Landschaftspflegematerialien	61
3.5.1	Straßenbegleitgrün.....	61
3.5.1.1	Aufkommen	63
3.5.1.2	Qualität.....	67
3.5.1.3	Verwertung / Verbleib.....	69
3.5.2	Bahnbegleitgrün	70
3.5.2.1	Aufkommen	71
3.5.2.2	Qualität.....	72
3.5.2.3	Verwertung / Verbleib.....	72
3.5.3	Landschaftspflegeholz / Obstbaumbestände	72
3.5.3.1	Aufkommen	72
3.5.3.2	Qualität.....	73
3.5.3.3	Verwertung / Verbleib.....	73
3.6	Aufwuchs von Naturschutzflächen	74
3.6.1	Zusammensetzung, Ausprägung und Verwaltung von Naturschutzflächen in Hessen	74
3.6.2	Aufwuchsmengen.....	79
3.6.3	Qualität.....	82
3.6.4	Verwertung / Verbleib.....	84
3.7	Vollständige Einführung der getrennten Erfassung von Bioabfällen	87
3.8	Organische Abfälle im Restmüll	88

3.8.1	Anteile und Zusammensetzung der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle	88
3.8.2	Hausmüllaufkommen und zusätzlich erfassbares Bioabfallpotenzial.....	89
4	STAND DER KOMPOSTIERUNG UND VERGÄRUNG IN HESSEN.....	91
4.1	Stand der Kompostierung in Hessen	91
4.1.1	Bauausführungen und technische Charakterisierung	95
4.1.2	Inputmengen und -qualitäten	99
4.1.3	Kompostvermarktung	101
4.2	Stand der Vergärung in Hessen.....	104
4.2.1	Übersicht der Biogasanlagen in Hessen	104
4.2.2	Biogasanlagen in Hessen für die Vergärung von Reststoffen.....	105
5	TECHNISCHE KONZEPTE ZUR WEITERENTWICKLUNG DER BIOLOGISCHEN ABFALLBEHANDLUNG IN HESSEN.....	108
5.1	Anaerobtechnik	108
5.1.1	Stand der Bioabfallvergärung in Deutschland	108
5.1.2	Verfahrenstechnik	108
5.1.3	Biogasnutzung	113
5.1.3.1	Hygienisierung	117
5.1.4	Gärprodukte	118
5.1.4.1	Gärreste	118
5.1.4.2	Gärreste und Gärrestbehandlung	119
5.1.4.3	Qualität von Gärprodukten	121
5.1.4.4	Vergleich von kompostiertem Gärrest und Bioabfallkompost.....	124
5.1.5	Kosten und Wirtschaftlichkeit	126
5.1.6	Ökologische Betrachtung	128
5.2	Energetische Nutzung fester biogener Abfallstoffe.....	130
5.2.1	Abtrennung holziger Reststoffe aus dem Grünabfall	131



5.2.2 Verfahren, Technik der Brennstoffnutzung	133
5.2.3 Wirtschaftlichkeit	134
5.2.4 Ökologische Betrachtung	135
6 ENERGETISCHES POTENZIAL EINER OPTIMIERTEN BEHANDLUNG VON ORGANISCHEN ABFALLSTOFFEN IN HESSEN.....	137
6.1 Biogene Abfallstoffe zur energetischen Nutzung	137
6.2 Energiepotenzial aus biogenen Abfallstoffen	138
7 EINZELFALLBETRACHTUNG DER HESSISCHEN KOMPOSTIERUNGSANLAGEN IN DEN KREISEN UND STÄDTEN	145
8 ZUSAMMENFASSENDER BEWERTUNG DER OPTIMIERUNGSPOTENZIALE DER BIOLOGISCHEN ABFALLBEHANDLUNG IN HESSEN UND EMPFEHLUNGEN	147
9 LITERATUR.....	153

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Mindestvergütungssätze für Strom aus Biomasse [Cent/kWh] nach dem EEG	23
Tab. 2:	Grundvergütungen gemäß EEG für die Stromeinspeisung aus Biomasse nach Anlagenleistung und Jahr der Inbetriebnahme der Anlage.....	23
Tab. 3:	Bonusvergütungen für Strom aus Biomasse [Cent/kWh] nach dem EEG	23
Tab. 4:	Summe an Bio- und Grünabfällen für 2006 in Hessen	36
Tab. 5:	Wege der Verwertung hessischer Bio- und Grünabfälle.....	38
Tab. 6:	Regionaler Speiseabfallanteil in der Bundesrepublik Deutschland auf Basis der Erwerbstätigen.....	46
Tab. 7:	Haupterzeuger von organischen Abfällen aus Industrie und Gewerbe.....	50
Tab. 8:	Branchenspiegel der Ernährungsindustrie in Hessen.....	51
Tab. 9:	Anzahl der Schlachtungen (gewerblich und Hausschlachtungen) in Deutschland und Hessen und die daraus resultierenden Abfallmengen	55
Tab. 10:	Abfallmengen der einzelnen Branchen der hessischen Lebensmittelindustrie.....	57
Tab. 11:	Stoffdaten verschiedener Abfälle aus der Lebensmittelindustrie.....	58
Tab. 12:	Gängige Verwertungswege von organischen Gewerbeabfällen und Kriterien der befragten Betriebe für eine Abgabe der Abfälle an eine Vergärungsanlage.....	59
Tab. 13:	Pflegeflächen entlang hessischer Straßen	64
Tab. 14:	Aufkommen jährlich anfallende Biomassen (holzig)	66
Tab. 15:	Flächenanteile und Aufwuchsmengen der offenen Grünlandflächen innerhalb der Natura-2000-Gebiete, von naturschutzfachlich wertvollen Flächen ohne rechtliche Bindung und Vertragsnaturschutzflächen in Hessen.....	81
Tab. 16:	Potenzielle Methan- und Energieerträge aus den Aufwüchsen der erfassten Naturschutzflächen (Flächenanteile gleich Tab. 15).....	83
Tab. 17:	Auszüge aus der Entwicklung des Viehbestandes in Hessen nach 2001	84
Tab. 18:	Alter und Kapazitäten von Kompostanlagen in Hessen 1993 bis 2007	93
Tab. 19:	Durchsatzleistung der hessischen Bioabfallkompostierungsanlagen 2006.....	100
Tab. 20:	Durchsatzleistung der hessischen Grünabfallkompostierungsanlagen 2006.....	100
Tab. 21:	Leistungsparameter ausgewählter Trockenvergärungsanlagen (Herstellerangaben).....	113

Tab. 22:	Mittlere Nährstoff- und Schwermetallgehalte an Inhaltsstoffen in Gärprodukten aus der RAL-Gütesicherung	122
Tab. 23:	Verteilung der Nährstoffe und Salzgehalte - Vergleich für Kompost, Gärprodukt fest und Presswasser.....	122
Tab. 24:	Einzelfallbetrachtung Bioabfallvergärung - Verteilung der Nährstoffe Vergleich für kompostierten Gärrest und Überschusswasser.....	123
Tab. 25:	Kompost aus Bioabfall mit und ohne Integration einer Vergärungsstufe	124
Tab. 26:	Düngewirkung von Komposten und Gärprodukten im Vergleich	125
Tab. 27:	Nutzwert von Bioabfällen bei den verschiedenen Verwertungswegen	126
Tab. 28:	Biomassepotenziale in Hessen 2006.....	137
Tab. 29:	Energetische Nutzungsformen der Stoffströme	138
Tab. 30:	Potenzialbetrachtungen Hessen*	139
Tab. 31:	Stoffstrompotenziale in Hessen	140
Tab. 32:	Kalkulationsgrundlagen für die energetische Bewertung.....	141
Tab. 33:	Energieerträge der verschiedenen Betrachtungspotenziale	142
Tab. 34:	Bereitstellung erneuerbarer Energien in Hessen	144

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Status der Bioabfallgetrennsammlung in Hessen	30
Abb. 2:	Verfügbarkeit der Bioabfallgetrennsammlung 2007	31
Abb. 3:	Kartografischer Überblick über die Einführung der Bioabfallgetrennsammlung in Hessen	32
Abb. 4:	Erfassungssysteme von Grünabfällen in Hessen (Gartenabfälle, Strauchschnitt)	33
Abb. 5:	Vergleich des Bio- und Grünabfallaufkommens in den Bundesländern 2004/ Hessen 2006	34
Abb. 6:	Vergleich des spezifischen Bio- und Grünabfallaufkommens in den Bundesländern 2004 (Hessen 2006) in kg/Ew*a	35
Abb. 7:	Entwicklung des Bio- und Grünabfallaufkommens in Hessen von 1991 bis 2006	37
Abb. 8:	Entwicklung des spezifischen Bio- und Grünabfallaufkommens in Hessen von 1991 bis 2006 in kg/Ew*a	37
Abb. 9:	Gebührenstruktur der Bioabfallsammlung bei den öRE	39
Abb. 10:	Kostenspektrum der Behandlung und Verwertung von Bioabfällen in Hessen	40
Abb. 11:	Mittelwerte der Behandlungs- und Verwertungskosten je Mg Bioabfälle	42
Abb. 12:	Höhe der Behandlungs- und Verwertungskosten je Mg Bioabfälle unter Berücksichtigung der Transportkosten	43
Abb. 13:	Kostenspektrum der Behandlung und Verwertung von Grünabfällen	44
Abb. 14:	Pflege des krautigen/halmartigen Straßenbegleitgrüns (Foto: MULAG, 2003)	64
Abb. 15:	Pflege des holzigen Straßenbegleitgrüns (Foto: MULAG, 2006)	65
Abb. 16:	Rückschnitt der Gehölze im Bereich von Mittelstreifen (Foto: MULAG, 2006)	67
Abb. 17:	Pflege von Randstreifen entlang von Bahnstrecken (Foto: MULAG, 2006)	71
Abb. 18:	Anteile und Zusammensetzung der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle im Jahresmittel	88
Abb. 19:	Hausmüllaufkommen in Hessen - Anteil der Bio- und Grünabfälle und davon erfassbare Bioabfallmenge (Mg/a)	89
Abb. 20:	Anzahl und Art der Kompostierungsanlagen in Hessen	91
Abb. 21:	Verteilung der Bio- und Grünabfallkompostierungsanlagen nach Größenklassen	92
Abb. 22:	Bau von Kompostanlagen in Hessen von 1993 bis 2007	93
Abb. 23:	Durchschnittliches Alter der Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen	94

Abb. 24:	Durchschnittliches Alter der Grünabfallkompostierungsanlagen in Hessen.....	94
Abb. 25:	Entwicklung der Systeme zur Bioabfallbehandlung in Hessen.....	95
Abb. 26:	Baumuster der Bioabfallkompostierung in Hessen.....	96
Abb. 27:	Einhausung der Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen.....	97
Abb. 28:	Belüftung bei Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen.....	97
Abb. 29:	Umsetzung bei Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen.....	98
Abb. 30:	Baumuster der Grünabfallkompostierung in Hessen.....	98
Abb. 31:	Bioabfallkompostierung in Hessen.....	99
Abb. 32:	Kompostvermarktung der Bioabfallkomposte in Hessen 2006.....	101
Abb. 33:	Vermarktungswege der Grünabfallkomposte in Hessen 2006.....	102
Abb. 34:	Vermarktungswege der Bio- und Grünabfallkomposte in Hessen 2006 im Vergleich.....	102
Abb. 35:	Anzahl und installierte elektrische Leistung aller Biogasanlagen in Hessen.....	104
Abb. 36:	Anzahl und installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen in Hessen (keine NawaRo Anlagen).....	105
Abb. 37:	Biogasanlage (2 x 10.800 m ³) zur Vergärung von Klärschlamm und Reststoffen im Industriepark Höchst.....	106
Abb. 38:	Anzahl und installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen für Bioabfall in Hessen.....	107
Abb. 39:	Übersicht über kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren.....	109
Abb. 40:	Schema der kontinuierlichen Nassvergärung von Bioabfällen.....	110
Abb. 41:	Schema für die kontinuierliche Trockenvergärung von Bioabfällen.....	110
Abb. 42:	Vergärungsstufe zur Nachrüstung bestehender Kompostwerke.....	111
Abb. 43:	Schema der Vergärung von Bioabfällen / diskontinuierliche Trockenvergärung.....	112
Abb. 44:	Wärmeeigenbedarf von Vergärungsanlagen in den Wintermonaten.....	114
Abb. 45:	Übersicht zu Biogasnutzungskonzepten.....	115
Abb. 46:	Notwendige Maßnahmen für verschiedene Biogasnutzungskonzepte.....	115
Abb. 47:	Schema der Hygienisierung von Zusatzsubstraten.....	117
Abb. 48:	Begriffsbestimmung bei der Kompostierung und Vergärung von Bioabfällen.....	118
Abb. 49:	Kompostierter Gärrest (KGR) aus der Vergärung mit anschließender Kompostierung von Bioabfall.....	119
Abb. 50:	Stoffflussdiagramm Bioabfallvergärung.....	120
Abb. 51:	Vergärung von Bioabfall in einer kontinuierlichen Trockenvergärung mit anschließender fest-flüssig Trennung des Gärrestes - Aufteilung der Nährstoffe (Medianwerte aus einer Praxisanlage).....	123

Abb. 52:	Kosten der Integration einer anaeroben Vorschaltstufe in eine bestehende Kompostierungsanlage (ohne Erlöse).....	127
Abb. 53:	Entwicklung der Preise für verschiedene Holzsortimente.....	130
Abb. 54:	Aufbereitungsschritte für die Ausschleusung von energetisch nutzbaren Teilströmen aus Baum- und Strauchschnitt.....	131
Abb. 55:	Aufbereitungsschritte für Grünabfall	132
Abb. 56:	Stoffflussdiagramm Biomasse-Kraftwerk (Beispiel: ORC-Technologie)	134
Abb. 57:	Stoffströme zur energetischen Nutzung differenziert nach Aufkommen, technischem und mittelfristig nutzbarem Potenzial.....	140
Abb. 58:	Energiepotenziale Hessen (Strom und Wärme) differenziert nach technischem und mittelfristig nutzbarem Potenzial.....	142
Abb. 59:	Energiepotenziale aus organischen Stoffströmen	143

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
Abt.	Abteilung
AGEH	Arbeitsgemeinschaft Ernährungsindustrie Hessen
Anlief.	Anlieferung
Art.	Artikel
AZV	Abfallzweckverband
BAK	Bioabfallkompost
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
Beih.	Beiheft
BGA	Biogasanlage
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BHKW	Blockheizkraftwerk
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BiomasseV	Biomasseverordnung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
C	Kohlenstoff
Cd	Cadmium
Cr	Chrom
ct	Cent
Cu	Kupfer
DüMV	Düngemittelverordnung
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches
DWA	Druckwechseladsorption
DWW	Druckwasserwäsche
E oder Ew	Einwohner
EEG	Erneuerbare Energiengesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
el.	elektrisch
et al.	und andere
EU	Europäische Union
EuGH	Europäischer Gerichtshof
F+E	Forschung und Entwicklung
FES	Frankfurter Entsorgungs- und Service GmbH
FFH	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
FH	Fachhochschule
FM	Frischmasse
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
Gala	Garten- und Landschaftsbau
Gew.-%	Gewichtsprozent
GFE	Gärrest fest
GIS	Geografisches Informationssystem
Grünabf.	Grünabfälle
GUW	Gärgut Überschusswasser

GV	Großvieheinheit
GWh	Gigawattstunde
h	Stunde
ha	Hektar
HEKUL	Hessisches Kulturlandschaftsprogramm
HELP	Hessisches Landschaftspflegeprogramm
Hg	Quecksilber
HHS	Holz hackschnitzel
HIAP	Hessisches Integriertes Agrarumweltprogramm
hl	Hektoliter
HMULV	Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz
i. V. m.	im Verbund mit
inst.	installiert
Jg.	Jahrgang
K	Kalium
k. A.	keine Angaben
KA	Kompostierungsanlage
Kat.	Kategorie
kg	Kilogramm
KGR	Kompostierter Gärrest
km	Kilometer
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KTBL	Kuratorium für technisches Bauen in der Landwirtschaft
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LK	Landkreis
LPG	Liquified Propane Gas
m	Meter
m ³	Kubikmeter
mbar	Millibar
MEKA	Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich
Mg	Megagramm = 1 Tonne
mg	Milligramm
MHKW	Müllheizkraftwerk
Mio.	Million
mittl.	mittleres
mm	Millimeter
Mrd.	Milliarde
mS	Millisiemens
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
MZV	Müllabhol-Zweckverband Rotenburg
N	Stickstoff
NATUREG	Datenbank für Naturschutzregister Hessen
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
Ni	Nickel
NI	Normliter
Nm	Newtonmeter
ÖQV	Öko-Qualitätsverordnung

ORC	Organic Rankine Cycle
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
org.	organisch
oTM	organische Trockenmasse
P	Phosphor
Pb	Blei
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCT	Polychlorierte Terphenyle
PE	Polyethylen
PKW	Personen-Kraftwagen
PM10	Feinstaub
Pt	Platin
	Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen (Deutsches Institut für Gütesicherung und
RAL	Kennzeichnung)
RP	Regierungspräsidium
Srm	Schüttraummeter
STN	Servicegesellschaft Tierische Nebenprodukte mbH
t	Tonne
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
Tab.	Tabelle
th.	thermisch
TierNebG	Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz
TierNebV	Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
Urt.	Urteil
Veröff.	Veröffentlichung
vgl.	vergleiche
VO	Verordnung der Europäischen Gemeinschaft
zit.	zitiert
Zn	Zink

1 Einleitung

Im Bundesland Hessen wurden im Jahr 2006 ca. 726.000 Mg Bioabfall (Bio- und Gartenabfälle sowie sonstige biogene Abfallstoffe) erfasst und verwertet. Dies entspricht im Mittel ca. 116 kg/Einwohner und Jahr. Grundlage dieser Angaben ist eine landesweite Datenerhebung aus dem Jahr 2007 im Rahmen der vorliegenden Studie.

Gegenwärtig werden diese biogenen Abfallstoffe fast ausschließlich kompostiert oder in benachbarten Bundesländern behandelt und verwertet.

Zum Erfüllen des Ziels des Landes Hessen, 15 % des Endenergieverbrauchs bis zum Jahre 2015 durch regenerative Energien abzudecken, wäre es sinnvoll und notwendig, die energetischen Potenziale dieser Stoffströme durch Biogaserzeugung, Verbrennen holziger Bestandteile etc. auszuschöpfen.

Darüber hinaus gibt es in Hessen weitere biogene Abfallstoffe, die ebenfalls in ein energetisches Stoffstrommanagement-Konzept integriert werden können. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Küchen- und Speiseabfälle, organische Gewerbeabfälle, Landschaftspflegematerialien sowie den Aufwuchs von Naturschutzflächen.

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, die Potenziale der biogenen Abfallstoffe zu ermitteln und mögliche energetische Nutzungspotenziale offen zu legen. Hierbei stehen die Vergärung der Materialien sowie in Teilbereichen die direkte Verbrennung der trockenen biogenen Abfallstoffe im Vordergrund. Ziel ist es, einen öko-effizienten Mix von stofflicher und energetischer Verwertung zu erzielen, um so Synergien zu erschließen.

Aufbauend auf die ermittelten Potenziale wird der Stand der Kompostierung und Vergärung in Hessen dargestellt und bewertet. Hierbei stehen die technische Ausstattung sowie die Vermarktung der erzeugten Komposte im Vordergrund.

Des Weiteren werden technische Konzepte zur Weiterverwertung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen aufgezeigt und in ihren Konsequenzen für den Energie- und Stoffkreislauf beschrieben.

Abschließend werden das energetische Potenzial einer optimierten Behandlung von biogenen Abfallstoffen in Hessen auf der Grundlage verschiedener Szenarien ermittelt und entsprechende Empfehlungen zur Umsetzung erarbeitet.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die stoffliche und energetische Verwertung biogener Abfallstoffe wird von einer Vielzahl gesetzlicher Regelungen gesteuert. Die diesbezüglichen stoffbezogenen Regelwerke sollen die anfallenden Materialströme schadlos und effizient in die Wirtschaftskreisläufe lenken. Die energierechtlichen Bestimmungen dienen insbesondere der Förderung und Optimierung der Nutzungsprozesse.

2.1 Das stoffstrombezogene Recht

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG v. 27.09.1994 zuletzt geändert: 19.07.2007) definiert den Begriff „Abfall“, lenkt diese Materialien im Rahmen der Verwertung vorrangig in die schadlose Kreislaufwirtschaft und leistet mithin einen Beitrag zur Schonung der natürlichen Ressourcen.

Die beiden Verwertungsarten „stoffliche und energetische Verwertung“ stellt das Gesetz in § 6 Abs. 1 S. 1 grundsätzlich gleichrangig nebeneinander und verknüpft diese Regelung mit dem Vorrang der umweltverträglicheren Verwertungsart. Weil der Gesetzgeber es jedoch versäumt hat, Kriterien der Umweltverträglichkeit festzulegen, wird in der Rechtspraxis im Regelfall von einer diesbezüglichen Gleichrangigkeit ausgegangen.

Aktuelle Entwicklungen des europäischen Gesetzgebers (Änderung der EU-Abfallrahmenrichtlinie) deuten jedoch darauf hin, dass künftig ein fünfstufiges Hierarchie-System eingeführt wird. Ob dessen Einführung einen rechtsverbindlichen Vorrang der stofflichen Verwertung zur Folge hat, muss hier zunächst offen bleiben.

Bezogen auf die energetische Verwertung legt das KrW-/AbfG in § 6 Abs. 2 Mindestanforderungen fest, denen jedoch nach der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofes (EuGH) nur eingeschränkte Bedeutung zukommt. Wesentlich ist hingegen, dass jene Kriterien zur energetischen Verwertung erfüllt werden, die der EuGH aufgestellt hat und denen inzwischen auch die nationale Rechtsprechung ohne Einschränkung folgt (zuletzt: BVerwG, Urf. v. 26.04.2007, 7 C 7.06). Beachtlich ist dabei insbesondere die Voraussetzung, dass durch den Abfalleinsatz in Verbrennungsanlagen Primärenergieträger ersetzt werden, die ansonsten hätten eingesetzt werden müssen.

2.1.1 Bioabfallverordnung

Die Bioabfallverordnung (BioAbfV v. 21.09.1998, zuletzt geändert: 20.10.2006) spannt einen gesetzlichen Rahmen, innerhalb dessen die qualitativ und quantitativ schadlose Verwertung von Bioabfällen zum Zwecke der Düngung gewährleistet ist. Aufgrund dieser Ausrichtung lenkt die BioAbfV im Wesentlichen die stoffliche Verwertung von Bioabfällen.

Der legal definierte Begriff „Bioabfall“ ist wegen seiner Bedeutung im Zusammenwirken mit dem EEG (Bioabfälle im Sinne der BioAbfV gelten als Biomasse) sowie wegen seiner

Wirkung auf das Bodenschutzrecht (Zulässigkeit des Materialeinsatzes in und auf Böden) und auf das Düngemittelrecht (Inverkehrbringen als Düngemittel) näher zu betrachten.

Als Bioabfälle gelten „insbesondere“ die in Anhang I Nr. 1 der BioAbfV genannten Abfälle, die nach § 6 Abs. 2 BioAbfV zugelassenen Abfälle sowie flüssige Abfälle, die aus den genannten Bioabfällen entstehen (z.B. Kartoffelfruchtwasser, Sickerwasser aus der Kompostierung). Fehlwürfe, etwa im Rahmen der getrennten Bioabfallsammlung, verändern die Bioabfalleigenschaft nicht. Dagegen führen (gezielte) Vermischungen mit Materialien, die nicht als Bioabfall gelten, dazu, dass das gesamte Gemisch nicht mehr dem Begriff „Bioabfall“ unterfällt.

Werden im Rahmen der Kompostierung/Vergärung von anerkannten Bioabfällen Materialien aus dem Abfallstrom entfernt, so gelten auch diese (noch) als Bioabfälle, soweit sie in ihrer Grundgesamtheit den anerkannten Bioabfällen vergleichbar sind. Aufkonzentrierte, nicht biologisch abbaubare Fremdstoffe können nicht unter dem Begriff „Bioabfall“ im Sinne der BioAbfV subsumiert werden.

Bioabfälle im Sinne der BioAbfV sind im Regelfall – Ausnahmen sind in Spalte 3 im Anhang 1 der BioAbfV aufgeführt - einer Hygienisierung in Form der Kompostierung und/oder Vergärung zu unterziehen.

Die hygienerechtlichen Anforderungen nach BioAbfV stehen neben denen nach dem sonstigen Tiernebenprodukte-Hygienerecht; somit bleibt die Anwendbarkeit dieser Regelungen voneinander unberührt.

Novelle der Bioabfallverordnung 2007/2008

Für die Novellierung der Bioabfallverordnung hat das Bundesumweltministerium im Dezember 2007 einen Referentenentwurf vorgelegt und die Ressortabstimmung und die Anhörung der beteiligten Kreise (Länder, kommunale Spitzenverbände, Verbände, Fachkreise) eingeleitet. Der Begriff Bioabfall im Sinn der Verordnung wird im Referentenentwurf definiert als: *„Abfälle zur Verwertung tierischen oder pflanzlichen Ursprungs oder aus Pilzmaterialien, die durch Mikroorganismen, bodenbürtige Lebewesen oder Enzyme abgebaut werden können, einschließlich Abfälle zur Verwertung mit hohem organischen Anteil tierischen oder pflanzlichen Ursprungs oder an Pilzmaterialien“*. Ausweislich der Begründung zur Novelle ergibt sich hierdurch jedoch keine materielle Änderung.

Die wesentlichen Änderungen der vorgesehenen Novelle können wie folgt zusammengefasst werden:

- Für bestimmte Materialien des Anhanges 1 (v. a. für Schlämme aus der Lebens-, Genuss- oder Futtermittelverarbeitung sowie Fettabscheiderinhalte) wird in § 9a (neu) bestimmt, dass die Eignung des betreffenden Bioabfalls bei der zuständigen Behörde für jede Anfallstelle festzustellen ist.
- Alle Bioabfälle, mit Ausnahme der in § 1 Abs. 3 ausgenommenen Bereiche (z.B. Eigenverwertung von Bioabfällen in landwirtschaftlichen Betrieben auf betriebseigenen

Flächen) und mit Ausnahme der in Anhang 1 Nr. 1 Spalte 3 besonders benannten Bioabfälle müssen gemäß § 3 einer hygienisierenden und gemäß § 3a einer stabilisierenden Behandlung unterzogen werden. Darunter fallen z.B. auch Obst- und Gemüseabfälle aus der Lebensmittelindustrie oder Landschaftspflegeabfälle und Mähgut (wenn nicht direkt am Entstehungsort weiterbehandelt und aufgebracht, wie z.B. durch Häckseln, Mulchen etc.).

- Bei der Abgabe von Bioabfällen (Komposte, Gärprodukte) ist die jeweils zutreffende Chargennummer auszuweisen (§ 11 Abs. 1 S. 5). Ferner hat der Bioabfallbehandler
- für jede Charge die verwendeten Materialien nach Art und Bezugsquelle und bei Materialien nach § 9a auch der Anfallstelle nachzuweisen (§ 11 Abs. 1 S. 1).
- Bei der Behandlung zur Hygienisierung wird die Pasteurisierung (Erhitzung der Bioabfälle auf mindestens 70°C über mindestens eine Stunde) als Alternative zur Prozessprüfung eingeführt. Diese Möglichkeit dürfte v.a. von Vergärungs-/Biogasanlagen genutzt werden (§ 4 Abs. 1 Nr. 1).

2.1.2 Düngemittelverordnung

Die Düngemittelverordnung (DüMV v. 26.11.2003, zuletzt geändert: 27.7.2006) regelt das Inverkehrbringen von Düngemitteln und setzt hierfür voraus, dass die einzusetzenden Materialien einem Düngemitteltyp entsprechen müssen. Dies gilt auch für aus Bioabfällen entstandene Sekundärrohstoffdünger. Letztere dürfen nicht an Dritte abgegeben werden, wenn sie aus Materialien entstanden sind, die nach Bioabfallverordnung nicht zugelassen sind. Gleiches gilt für Wirtschaftsdünger, Kultursubstrate, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenhilfsstoffe, jedoch mit der zusätzlichen Maßgabe, dass sie u.a. keine anderen als die in Tabellen 11 und 12 der Anlage 2 DüMV genannten organischen Ausgangsstoffe enthalten und die in Tabelle 12 genannten Materialien im Produkt nicht überwiegen dürfen.

Keine Wirkung entfaltet die DüMV, wenn Bioabfälle mit Bodenmaterial vermischt werden, und dieses Gemisch nicht als Düngemittel oder Bodenhilfsstoff, sondern z.B. im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen oder im Landschaftsbau eingesetzt wird. In diesen Fällen ist jedoch die Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung v. 12.07.1999, geändert 23.12.2004) zu beachten, die in § 12 Abs. 1 verlangt, dass die zur Vermischung eingesetzten Bioabfälle die qualitativen Anforderungen der BioAbfV erfüllen müssen. Nach BioAbfV unzulässige Materialien dürfen somit auch für solche Maßnahmen nicht verwendet werden.

2.1.3 Hygienerechtliche Vorschriften

Werden bei der biologischen Behandlung tierische Nebenprodukte eingesetzt, sind insbesondere zu beachten:

- EG-Hygiene-Verordnung (VO (EG) Nr. 1774/2002 vom 03.10.2002)
- EG-Verordnung zur Durchführung der EG-Hygieneverordnung (VO (EG) Nr. 181/2006 vom 01.02.2006)
- Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz (TierNebG v. 25.01.2004, zuletzt geändert 13.4.2006)
- Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung (TierNebV v. 27.07.2006, zuletzt geändert 06.07.2007)

Die genannten hygienerechtlichen Vorschriften regeln die Zulassungsanforderungen für die betroffenen Behandlungsanlagen, Art, Beschaffenheit und Zusammensetzung der zugelassenen Einsatzstoffe sowie die Anforderungen an die weitere Verwendung der verbleibenden Reste.

Werden tierische Nebenprodukte durch thermische Verfahren behandelt oder mitbehandelt, bedarf diese Maßnahme der behördlichen Zulassung nach Art. 12 EG-Hygieneverordnung. Dabei sind insbesondere die hygienischen Anforderungen des Anhang IV Kapitel 1 Abs. 1 der EG-Hygieneverordnung zu beachten.

Gleiches gilt nach Maßgabe des Art. 15 EG-Hygiene-Verordnung für stoffliche Verfahren der Kompostierung oder Vergärung. Von dieser Zulassung ausgenommen sind Anlagen, die ausschließlich Küchen- und Speiseabfälle verarbeiten (vgl. § 3 Abs. 1, § 13 Abs. 1 TierNebV). Diese Materialien sind gemäß Artikel 6 Abs. 2 g und Artikel 7 Abs. 1 und 4 der EG-Hygiene-Verordnung auch befreit von den besonderen hygienerechtlichen Anforderungen der Abholung/Sammlung, Beförderung und Lagerung und Behandlung in Biogas- und Kompostanlagen.

Küchen und Speiseabfälle sind in Anhang I der EG-Hygiene-VO Abs. 15 definiert als „alle aus Restaurants, Catering-Einrichtungen und Küchen, einschließlich Groß- und Haushaltsküchen stammende Speisereste“.

Sämtliche Arten tierischer Nebenprodukte sind gemäß EG-Hygiene-VO in eine der nachfolgenden drei Risiko-Kategorien einzuordnen.

Materialien der Kategorie 1 (hohes Risiko)

- Mit Pflicht zur Vorbehandlung (besondere Drucksterilisation):
Zum Beispiel alle TSE-verdächtigen Tierkörper und -teile, Erzeugnisse von Tieren, denen verbotene Stoffe verabreicht wurden, Küchen- und Speiseabfälle von grenzüberschreitenden Beförderungsmitteln sowie gemischte Materialien der Kategorie 1 mit Material der Kategorie 2 oder 3.

Materialien der Kategorie 2 (mittleres Risiko)

- Mit Pflicht zur Vorbehandlung (Drucksterilisation):
Z.B. Körper von Schweinen, Geflügel, untaugliche Schlachtkörperteile.
- Keine Pflicht zur Vorbehandlung:
Gülle, Magen-Darminhalt, Milch und Kolostrum (sofern seuchenhygienisch unbedenklich).

Materialien der Kategorie 3 (geringes Risiko)

- Mit Pflicht zur Vorbehandlung (Pasteurisierung):
Küchen- und Speiseabfälle, Rückstände aus der Lebensmittelproduktion (nicht aus grenzüberschreitenden Beförderungsmitteln), Schlachtkörperteile genusstauglicher Tiere, ehemalige Lebensmittel.
- Keine Pflicht zur Vorbehandlung:
Bei Einsatz von ausschließlich Gülle mit Küchen- und Speiseabfällen.

Als zulässige Einsatzstoffe in Biogasanlagen kommen im Regelfall ausschließlich Materialien der Kategorie 2 oder 3 in Betracht: Werden Materialien der Kategorie 1 eingesetzt, sind besondere Vorbehandlungsmaßnahmen erforderlich. Zudem entfällt gemäß § 3 Nr. 9 a BiomasseV die EEG-Förderung wegen Wegfalls der Eigenschaft als anerkannte Biomasse. Aus gleichem Grund entfällt die EEG-Förderung soweit bestimmte Materialien der Kategorie 3 und 2 verarbeitet werden (vgl. § 3 Nr. 9 b bis d BiomasseV).

Die Aufbringung hygienerelevanter Gärreste auf Weideland ist gemäß Art. 22 Abs. 3 EG-Hygiene-VO ausschließlich für Gülle zulässig. Weitere bodenrelevante Einschränkungen sieht die EG-Hygiene-VO nicht vor. Allerdings gestattet § 23 Abs. 1 TierNebV das Aufbringen von Fermentationsrückständen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten (Acker-)Böden, wenn im Rahmen der Vergärung ausschließlich die in Anlage 4 TierNebV genannten tierischen Nebenprodukte als Ausgangsmaterial verarbeitet worden sind. Hierzu gehören neben Gülle, Magen-, Darm- und Panseninhalten, Milch und Kolostrum auch sonstiges, ordnungsgemäß sterilisiertes Material der Kategorie 2 sowie die Materialien der Kategorie 3 gemäß Artikel 6 Abs. 1 der EG-Hygiene-VO.

2.2 Das Energierecht

Der hier in Betracht kommende Teil des Energierechts soll im Interesse der Allgemeinheit eine sichere, preisgünstige und umweltverträgliche Energieversorgung sicherstellen. Zur Förderung der umweltpolitisch erwünschten Anlagen für erneuerbare Energien wurden in diesem Bereich zahlreiche Regelwerke geschaffen.

2.2.1 Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG)

Das Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG, vom 21.7.2004; zuletzt geändert: 20.11.2006) dient der gezielten Förderung und Entwicklung von effizienten Energieversorgungsanlagen, die unter Einsatz von regenerativen Energiequellen (u.a. Biomasse) betrieben werden.

Eng verknüpft mit dem EEG ist die Biomasseverordnung (vom 21.6.2001; zuletzt geändert: 9.8.2005), die festlegt, welche Materialien als Biomasse gelten und welche Anforderungen förderfähige Verfahren zur Stromerzeugung aus Biomasse erfüllen müssen.

Das Fördersystem des EEG verpflichtet die zuständigen Netzbetreiber zur Abnahme regenerativ erzeugten Stroms in ihre Netze und zur Zahlung einer festen, vom Stromerzeugungsverfahren abhängigen Mindestvergütung an die berechtigten Anlagenbetreiber. Anlagen zur Stromerzeugung unter ausschließlichem Einsatz von Biomasse (Ausschließlichkeitsprinzip) werden in mehrere Leistungsklassen bis einschließlich 20 MW elektrischer Leistung eingeteilt, und diese mit einem Mindestvergütungssatz verknüpft.

Um beim Überschreiten der jeweiligen Schwellenwerte der Anlagen Vergütungssprünge zu vermeiden, ist unter den in der nachfolgenden Tab. 1 dargestellten Leistungsklassen nicht die installierte elektrische Leistung, sondern die durchschnittliche elektrische Jahresarbeit zu verstehen.

Für neu in Betrieb gehende Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Biomasse sind reduzierte Mindestvergütungen zu kalkulieren; diese werden in Abhängigkeit vom Jahr der Inbetriebnahme bestimmt und dann für 20 Jahre garantiert.

Mit jedem Jahr der Inbetriebnahme nach 2005 wird die Mindestvergütung um 1,5 % pro Jahr gesenkt. Für eine in den nächsten Jahren in Betrieb gehende Anlage ergibt sich je nach dem Kalenderjahr der ersten Inbetriebnahme ein zwanzigjähriger Anspruch auf eine diskontierte Grundvergütung (Tab. 2).

Wie in Tab. 3 dargestellt, sind nach EEG weitere Bonuszahlungen möglich.

Gemäß § 8 Abs. 2 EEG können die Mindestvergütungen zusätzlich erhöht werden (so genannter „NawaRo-Bonus“), wenn

- der Strom ausschließlich aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen, die in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben oder im Rahmen der Landschaftspflege anfallen und die keiner weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden oder
- Gülle im Sinne der EG-Hygiene-Verordnung bzw. Schlempe aus landwirtschaftlichen Brennereien oder
- Gemischen aus diesen Stoffen gewonnen wird.

Tab. 1: Mindestvergütungssätze für Strom aus Biomasse [Cent/kWh] nach dem EEG

Vergütung	bis 150 kW _{el}	bis 500 kW _{el}	bis 5 MW _{el}	5 -20 MW _{el}
Alt-Anlagen	9,90		8,90	8,40
Neu-Anlagen	11,50	9,90	8,90	8,40
Anlagen für A III und A IV Altholz (Inbetriebnahme nach 29.06.2006)	3,90 keine Bonuszahlungen			

Tab. 2: Grundvergütungen gemäß EEG für die Stromeinspeisung aus Biomasse nach Anlagenleistung und Jahr der Inbetriebnahme der Anlage

Jahr der Inbetriebnahme	2008			2009			2010		
	≤ 150 kW _{el}	≤ 500 kW _{el}	≤ 5 MW _{el}	≤ 150 kW _{el}	≤ 500 kW _{el}	≤ 5 MW _{el}	≤ 150 kW _{el}	≤ 500 kW _{el}	≤ 5 MW _{el}
Grundvergütung [ct/kWh]	10,83	9,32	8,38	10,67	9,18	8,25	10,51	9,04	8,13

Tab. 3: Bonusvergütungen für Strom aus Biomasse [Cent/kWh] nach dem EEG

		bis 150 kW _{el}	bis 500 kW _{el}	bis 5 MW _{el}	5 -20 MW _{el}
Boni					
NawaRo (für Alt- und Neu-Anlagen)	Energiepflanzen	6,0	6,0	4,0	-
	Holz	6,0	6,0	2,5*	-
KWK	Alt-Anlagen	-	-	-	-
	Neu-Anlagen	2,0	2,0	2,0	2,0
Technologie	Alt-Anlagen	-	-	-	-
	Neu-Anlagen	2,0	2,0	2,0	

* bei Verbrennung von Holz (nicht jedoch bei Holzvergasung, die auch mit 4 Cent/kWh vergütet wird)

Im elektrischen Leistungsbereich bis 500 kW ist der NawaRo-Bonus bei 6 Cent/kWh gesetzlich festgelegt. Bei Anlagenleistungen zwischen 0,5 und 5 MW liegt der zu vergütende Bonus bei 4 Cent/kWh. Ein reduzierter NawaRo-Bonus von 2,5 Cent/kWh wird in diesem Leistungsbereich gewährt, wenn der Strom durch die Verbrennung von Holz gewonnen wird.

Die beschriebene Mindestvergütung wird um 2 Cent je kWh Strom erhöht, wenn die aus Biomasse erzeugte Energie in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage gewonnen und die Wärme tatsächlich außerhalb der Anlage genutzt wird (KWK-Bonus). Wird die erzeugte Wärme nur teilweise genutzt, so wird der KWK-Bonus anteilig gewährt.

Ein weiterer Zuschlag ist zu erreichen (sog. „Innovations-Bonus“), wenn fortschrittliche KWK-Technologien, wie z.B. Dampfmaschinen, Organic-Rankine-Anlagen, Mikrogasturbinen oder Stirling-Motoren, zum Einsatz kommen. Auch für die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität mit anschließender Einspeisung wird der Innovationsbonus gewährt.

Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz wird gegenwärtig novelliert und es liegt nunmehr ein Gesetzesentwurf (Stand 05.12.2007) für die parlamentarische Beratung vor. Die EEG-Novelle soll im Januar 2009 in Kraft treten. Bis dahin bleiben die heute gültigen Einspeisevergütungen und Degressionen bestehen.

Die geplanten hier interessierenden Änderungen im Bereich Strom aus Biomasse werden nachfolgend zusammenfassend dargestellt:

➤ Allgemeines

- Beibehaltung der Grundvergütungssätze unter Berücksichtigung der Degression bis 2009. Lediglich in der untersten Leistungsklasse erfolgt eine Anhebung um 1,0 Cent/kWh.
- Aufhebung der 20 MW-Obergrenze i.V.m. hohen Effizianzorderungen; allerdings erfolgt die Stromvergütung nach dem EEG weiterhin nur bis 20 MW.
- Reduzierung der Degression von 1,5 % auf 1 %. Die Degression wird allerdings auch auf die Boni ausgedehnt.
- Öffnung des Ausschließlichkeitsprinzips: der gemeinsame Einsatz von nach der Biomasseverordnung anerkannter Biomasse mit Deponie- und Klärgas sowie mit anderen Stoffen biogenen Ursprungs ist möglich, sofern die eingesetzten Mengen und resultierenden Strommengen dokumentiert werden. Die Abrechnung des erzeugten Stroms erfolgt nach den jeweiligen Vergütungssätzen.

➤ Technologiebonus

- Streichung der Trockenfermentation als begünstigte Technologie
- Konkretisierungen bei begünstigten Technologien
- Konkretisierung der Anforderung an die Biogasaufbereitung auf Erdgasqualität (Methanschluß, Eigenstrombedarf, Prozesswärme aus regenerativen Quellen, Konditionierung mit LPG zulässig)

- Anhebung des KWK-Bonus von 2 auf 3 Ct./kWh; Konkretisierung des KWK-Begriffs; Vorgabe einer Positiv- und Negativliste hinsichtlich der Abwärmenutzung
- NawaRo-Bonus
 - Anpassung der Höhe der Boni
 - Erhöhung des NawaRo-Bonus in Vergärungsanlagen ≤ 500 kW von 6 auf 8 Cent/kWh.
 - Weitere Erhöhung des Bonus auf 10 Cent/kWh für Vergärungsanlagen mit einer installierten Leistung ≤ 150 kW wenn mindestens 30 Massenprozent des Substrats aus Wirtschaftsdünger bestehen.
 - Besondere Festlegung des NawaRo-Bonus bei der Verbrennung von Holz in Anlagen zwischen 0,5 und 5 MW auf 2,5 Cent/kWh, allerdings für Holz aus Kurzumtriebsplantagen und Landschaftspflege: 4 Cent/kWh.
 - Lockerung des Ausschließlichkeitsgrundsatzes für NawaRo-Vergärungsanlagen: Zulässig ist die Kombination von nachwachsenden Rohstoffen und Gülle mit rein pflanzlichen Nebenprodukten gemäß einer Positivliste. Bei entsprechendem Nachweis über ein Einsatzstofftagebuch ist der Anteil der erzeugten Energie aus nachwachsenden Rohstoffen und Gülle nunmehr bonusberechtigigt.
 - Aufnahme der NawaRo-bonusfähigen Biomassen in Positiv- und Negativlisten:
 - Aufnahme aller Bioabfälle im Sinne der Bioabfallverordnung mit Ausnahme von Tierfäkalien und Abfällen aus der Forstwirtschaft in die Negativliste.
 - Aufnahme aller Pflanzen- und Pflanzenbestandteile aus der Landschaftspflege in die Positivliste.
 - Die oben genannten Regelungen greifen, sobald die Anforderungen erstmals erfüllt sind, d.h. sie können bei entsprechendem Betrieb auch von bestehenden Anlagen geltend gemacht werden.

Vorbehaltlich möglicher Änderungen des Gesetzentwurfs im weiteren parlamentarischen Verfahren ergeben sich für die Stromerzeugung aus biogenen Abfallstoffen folgende besonders relevante Veränderungen mit dem geplanten Inkrafttreten 2009:

- höhere Vergütung im kleinen Leistungsbereich, bzw. anteilig bei größeren Anlagen
- Ermöglichung der gemeinsamen Nutzung von Biomasse mit Deponie- und Klärgas
- kein NawaRo-Bonus für Grünabfälle
- Erhöhung des KWK Bonus
- kein Technologiebonus für Trockenfermentation
- Möglichkeiten zur Mitnutzung rein pflanzlicher Nebenprodukte (gemäß Positivliste V in Anlage 2) in NawaRo-Vergärungsanlagen

2.2.2 Biomasseverordnung

Die Biomasseverordnung (BiomasseV) dient der Klarstellung, welche Materialien als Biomasse im Sinne des EEG einzuordnen sind, und entsprechend unter das beschriebene Fördersystem fallen. Als Biomasse gelten gemäß der Legaldefinition des § 2 Abs. 1 BiomasseV Energieträger aus Phytomasse (pflanzlicher Substanz) und Zoomasse (organische Substanz höherer Organismen) einschließlich der aus ihnen resultierenden Folge- und Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle, deren Energiegehalt aus Phyto- und Zoomasse stammt.

Beispielhaft und nicht abschließend werden in § 2 Abs. 2 BiomasseV die unter den Biomassebegriff fallenden Materialien aufgeführt:

- Pflanzen und Pflanzenbestandteile sowie hieraus hergestellte Energieträger
- Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft aus der Land-, Forst- und Fischwirtschaft
- Bioabfälle im Sinne von § 2 Nr. 1 der Bioabfallverordnung
- Gas aus der Vergasung oder Pyrolyse von Biomasse
- aus Biomasse erzeugte Alkohole
- Pflanzenölmethylester
- Treibsel aus der Gewässerpflege, Uferpflege und -reinhaltung sowie
- durch anaerobe Vergärung erzeugtes Biogas

Besondere Vorschriften gelten für Altholz, das grundsätzlich als Biomasse im Sinne der BiomasseV eingestuft werden kann, wenn der Gehalt an PCB/PCT ≤ 50 mg/kg und/oder Quecksilber ≤ 1 mg/kg beträgt, und die energetische Verwertung auf Grund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes nicht ausgeschlossen wurde.

Altholz, das Rückstände von Holzschutzmitteln (Kategorie A IV) oder halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung (Kategorie A III) enthält, gilt nur dann als Biomasse, wenn es in Anlagen eingesetzt wird, deren immissionsschutzrechtliche Genehmigung bis zum 22.06.2004 erteilt wurde. Im Umkehrschluss gelten A III- oder A IV-Holz nicht als Biomasse im Sinne der BiomasseV, wenn diese kontaminierten Hölzer in anderen Anlagen eingesetzt werden.

2.2.3 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWK-Gesetz)

Das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 19. März 2002; zuletzt geändert: 31.10.2006) fördert die Entwicklung von KWK-Anlagen, die unter Einsatz von fossilen Energieträgern, Abfall oder Biomasse betrieben werden.

Diese Rechtsvorschrift verpflichtet Netzbetreiber zum Anschluss von KWK-Anlagen an ihr Netz, zur Aufnahme des in diesen Anlagen erzeugten Stroms und zur Vergütung eines ausgehandelten bzw. marktüblichen Preises zuzüglich eines gesetzlich festgelegten Zuschlages.

Voraussetzung für den Anspruch auf Zahlung des Zuschlags ist die ordnungsgemäße Zulassung als KWK-Anlage. Die Höhe des Zuschlags ist unter anderem abhängig von Anlagengröße, Modernisierungsgrad und dem Jahr der Inbetriebnahme. Die KWK-Förderung kann nicht mit der nach dem EEG kombiniert werden; die Doppelförderung ist somit ausgeschlossen.

2.2.4 Auswirkungen der energierechtlichen Regelungen auf ausgewählte Stoffströme

Die oben dargelegten Förderbedingungen des KWK-Gesetzes richten sich insbesondere an die technischen und zulassungsrechtlichen Voraussetzungen der Anlagen zur Energieerzeugung. Liegen diese vor, können beim Einsatz der hier interessierenden Materialien die Förderungen nach dem KWK-Gesetz genutzt werden.

Vorteilhaftere Förderbedingungen ergeben sich jedoch auf der Grundlage des EEG. Daher sollen auf dieser Grundlage die Abfallarten Gärreste, Kompostrohstoffe sowie Siebreste aus der Bioabfallaufbereitung einer besonderen Prüfung unterzogen werden.

Gärreste

Gärreste sind als Folge- und Nebenprodukte der Vergärung von Bioabfällen einzuordnen und unterliegen – insoweit vergleichbar den aerob behandelten Kompostrohstoffen - der Legaldefinition Biomasse, wenn die der Vergärung zugeführten Einsatzstoffe im Anhang I Bioabfallverordnung und/oder in § 2 BiomasseV aufgeführt sind.

Kompostrohstoffe

Kompostrohstoffe - hier in Form von getrennt erfasstem Bioabfall sowie Grünschnitt - gelten als Biomasse gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 4 BiomasseV, wenn die der Kompostierung zugeführten Einsatzstoffe dem Bioabfallbegriff des § 2 Nr. 1 Bioabfallverordnung (BioAbfV vom 21. September 1998; zuletzt geändert: 20. Oktober 2006) entsprechen. Dies trifft grundsätzlich für Bioabfälle aus der getrennten Sammlung zu. Gleiches gilt für Folge- und Nebenprodukte aus der Kompostierung, wenn ausschließlich Bioabfälle gemäß Anhang I BioAbfV, oder die im Übrigen zugelassenen Materialien gemäß § 2 BiomasseV eingesetzt werden.

Somit stehen diesen Materialien grundsätzlich die Möglichkeit der Mindestvergütung nach EEG sowie Zuschläge aufgrund KWK-Bonus und Innovations-Bonus offen. Eine zusätzliche Vergütung nach § 8 Abs. 2 Satz 2 EEG (NawaRo-Bonus) ist ausschließlich möglich für unbehandelte Kompostrohstoffe in Form von Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen, die nur zur Nutzung in der Biomasseanlage aufbereitet oder verändert wurden. Unbehandelt bedeutet, analog der allgemeineren diesbezüglichen Legaldefinition des § 2 Nr. 4 Deponieverordnung, dass keine Verfahren der Verwertungsbegünstigung oder Volumenreduzierung durchlaufen werden dürfen.

Das heißt für Kompostrohstoffe und Grünabfälle, dass nur die im Input getrennt gehaltenen Pflanzenbestandteile als Biomasse förderfähig sind, die keinem der in Kompostanlagen typischen Sortier-, Aufbereitungs- oder Hygienisierungsschritte unterzogen wurden.

Werden den Kompostrohstoffen andere als die vorgenannten Einsatzstoffe zugeführt, ist das dabei entstehende Gemisch nicht mehr als anerkannte Biomasse einzuordnen, und somit entfallen die Förderbedingungen des EEG, selbst der Anspruch auf Zahlung der Mindestvergütung.

Siebreste aus der Bioabfallaufbereitung

Im Siebüberlauf aus der Aufbereitung von Bioabfällen finden sich im Regelfall in größerem Umfang Fremdstoffe, die unmittelbar weder der Phytomasse noch der Zoomasse zugeordnet werden können. Sie sind mithin nicht unter den Begriff „Biomasse“ gemäß § 2 BiomassV zu subsumieren und vom EEG-Förderungssystem ausgeschlossen. Dies gilt jedoch dann nicht mehr, wenn der Siebüberlauf noch den Begriff „Bioabfall“ im Sinne des Anhangs I BioAbfV erfüllt.

Liegen die Fremdstoffe im Siebüberlauf in dem Umfang vor, wie sie auch bei der getrennten Sammlung von Bioabfällen anzutreffen sind, so kann für den Siebüberlauf nichts anderes gelten, als für die gesamte getrennt gesammelte Fraktion. In diesem Fall können auch bei der Energiegewinnung aus dem Siebüberlauf in Biomasseanlagen Mindestvergütungen sowie KWK- und Innovationsbonus erzielt werden. Der Erhalt des Zusatzbonus` für nachwachsende Rohstoffe ist wegen der Materialvorbehandlung ausgeschlossen.

Fazit

Zusammenfassend schafft das einschlägige Regelwerk zur biologischen Abfallbehandlung einen weiten Rahmen, innerhalb dessen sich wirtschaftlich vorteilhafte und verlässliche Möglichkeiten der Stoffstromnutzung anbieten. Unsicherheiten ergeben sich allerdings aufgrund der gegenwärtigen Rechtsentwicklung (Novelle BioAbfV, EEG).

3 Nativ-organische Abfälle in Hessen

3.1 Vorgehensweise bei der Erfassung und Bewertung von organischen Abfällen sowie Behandlungsanlagen

Das hessische Umweltministerium beauftragte das Witzenhausen-Institut, mögliche Potenziale zur Optimierung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen zu recherchieren. Die Bearbeitung der Studie erfolgte im Dialog und in Abstimmung mit den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE) sowie den Betreibern der Kompostierungsanlagen.

Grundlage der Erfassung und Bewertung organischer Abfälle in Hessen ist eine im 4. Quartal 2007 landesweit durchgeführte Befragung aller 29 hessischen öRE sowie von 49 Kompostanlagen mit einem Jahresdurchsatz >1.000 Mg/a.

Ziel war u.a. die Ermittlung der Organisationsstrukturen der Bio- und Grünabfallerfassung in den einzelnen öRE, des Mengenaufkommens (Bezugsjahr 2006) und der jeweiligen Gebührenstrukturen der öRE.

Die Kompostanlagenbetreiber wurden über grundsätzliche Anlagenkennzahlen sowie mittelfristige Planungen und Perspektiven befragt. Spezifische Behandlungskosten wurden nicht exakt erfasst, sondern lediglich als Bereichsgröße ermittelt.

Alle 29 Landkreise und kreisfreien Städten sowie alle 49 Kompostierungsanlagen beteiligten sich an der Befragung, so dass der Auswertung eine landesweit flächendeckende Datenbasis mit dem Bezugsjahr 2006 für die Mengenströme und dem Bezugsjahr 2007 für die strukturellen Rahmenbedingungen zugrunde gelegt werden kann.

Die Vorgehensweise im Einzelnen:

- Befragung der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und Auswertung des Fragebogens von öRE und Kompostanlagen in Hessen
- Auswertung der Abfallbilanzen, sonstiger Statistiken, allgemeiner Daten usw.
- Berücksichtigung umfangreicher Daten-Recherchen des Witzenhausen-Instituts
- Befragung und Fachgespräche bei Anlagenbetreibern mit >10.000 Mg Jahresdurchsatz

3.2 Bio- und Grünabfälle

Um die Stoffströme möglichst detailliert erfassen und bewerten zu können, wurden die Bioabfälle für die vorliegende Studie in zwei Teilströme untergliedert.

Den nachstehenden Ausführungen zum Abfallmengenaufkommen werden folgende Definitionen zugrunde gelegt:

Bioabfälle: Über die Biotonne erfasste Küchenabfälle bei anteiliger Miterfassung von Gartenabfällen.

Grünabfälle: Über separate Sammelsysteme erfasste Gartenabfälle und Strauchschnitt (ohne Vermischung mit nassen Küchenabfällen).

3.2.1 Erfassung von Bioabfällen

Die Getrenntsammlung von Organikabfällen ist bei der Mehrzahl der kreisfreien Städte und Landkreise in Hessen seit langem etabliert. 2007 war bei 22 von 29 öRE ein flächendeckendes Angebot der Bioabfallsammlung vorhanden (Abb. 1).

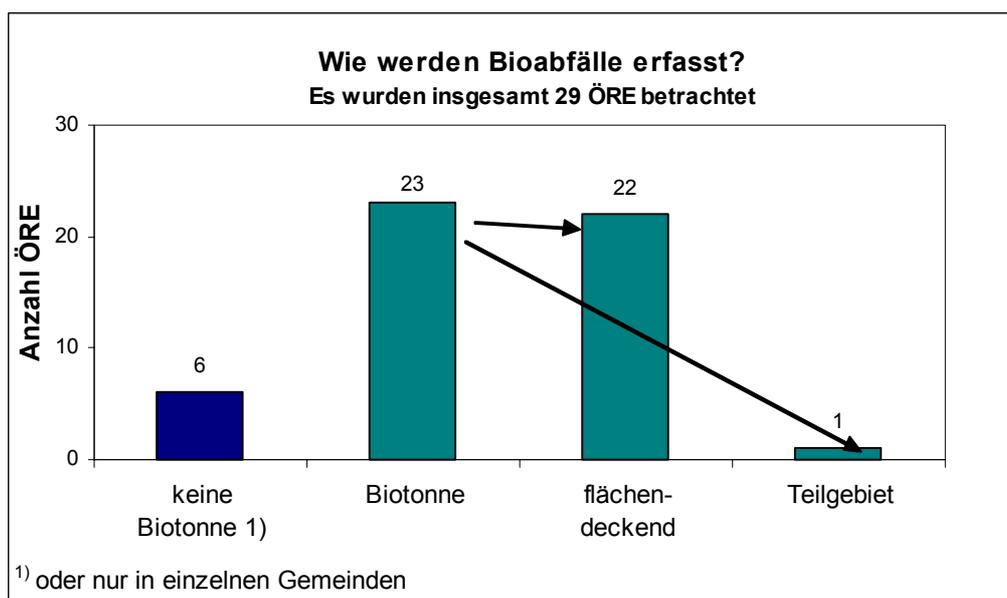


Abb. 1: Status der Bioabfallgetrenntsammlung in Hessen

Bei folgenden öRE kommt der Bioabfallgetrenntsammlung entweder eine untergeordnete Bedeutung zu bzw. wird sie nicht angeboten:

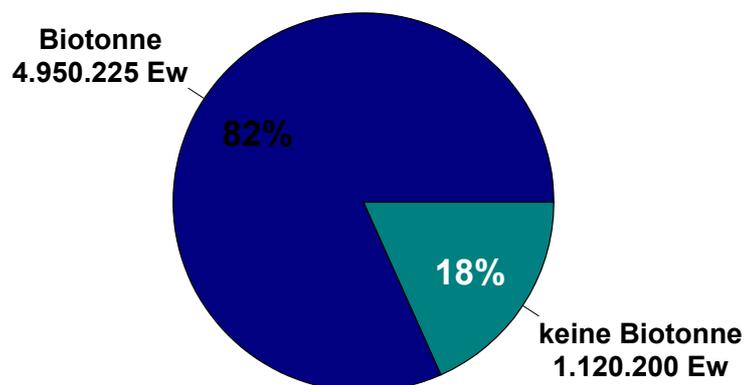
- Schwalm-Eder-Kreis: keine Biotonne
- Stadt Offenbach: keine Biotonne
- Kreis Offenbach: keine flächendeckende Biotonne
Biotonne in den Gemeinden Heusenstamm und Rödermark
- Hochtaunuskreis: keine flächendeckende Biotonne
Biotonne in der Stadt Kronberg
- Main-Taunus-Kreis: keine flächendeckende Biotonne
Biotonne in den Gemeinden Schwalbach (Pilotprojekt) und Sulzbach
- Vogelsbergkreis: keine flächendeckende Biotonne
Seit Januar 2007 werden Bioabfälle im Rahmen eines Pilotprojekts in den Gemeinden Alsfeld, Lauterbach und Schwalmtal gesammelt. Die Getrenntsammlung sollte zunächst gemäß einer Entscheidung des Abfallzweckverbandes Vogelsberg zum Jahresende 2007 eingestellt werden, wird jedoch nun bis mindestens Anfang 2010 fortgeführt.

Im Landkreis Hersfeld-Rotenburg hat darüber hinaus der „Müllabhol-Zweckverband Rotenburg (MZV)“ zum 01. Januar 2007 die Biotonne eingeführt. Im Gebiet des AZV im Landkreis Hersfeld-Rotenburg ist ebenfalls ein Tonnensystem installiert („Braune Tonne“), mit dem jedoch ausschließlich Grünabfälle erfasst werden.

In den öRE mit flächendeckendem Angebot leben ca. 78 % der Einwohner Hessens, in den übrigen Gebieten in Teilgebieten noch einmal ca. 4 %. In der Summe verfügen ca. 82 % der Einwohner prinzipiell über die Möglichkeit zur Nutzung einer Biotonne (Abb. 2; Abb. 3).

Erfahrungswerten zufolge liegt die tatsächliche Inanspruchnahme bei öRE mit flächendeckendem Biotonnenangebot zwischen 50 % und 60 %. Traditionell ist auch die Eigenkompostierung in Hessen gerade in den ländlich strukturierten Gegenden stark ausgeprägt.

Anschlussgrad an die Biotonne in Hessen 2007 ¹⁾



22 Städte und Kreise, inkl. Gemeinden und Teilgebiete mit Biotonne aus Kreisen ohne flächendeckende Angebote

Abb. 2: Verfügbarkeit der Bioabfallgetrenntsammlung 2007

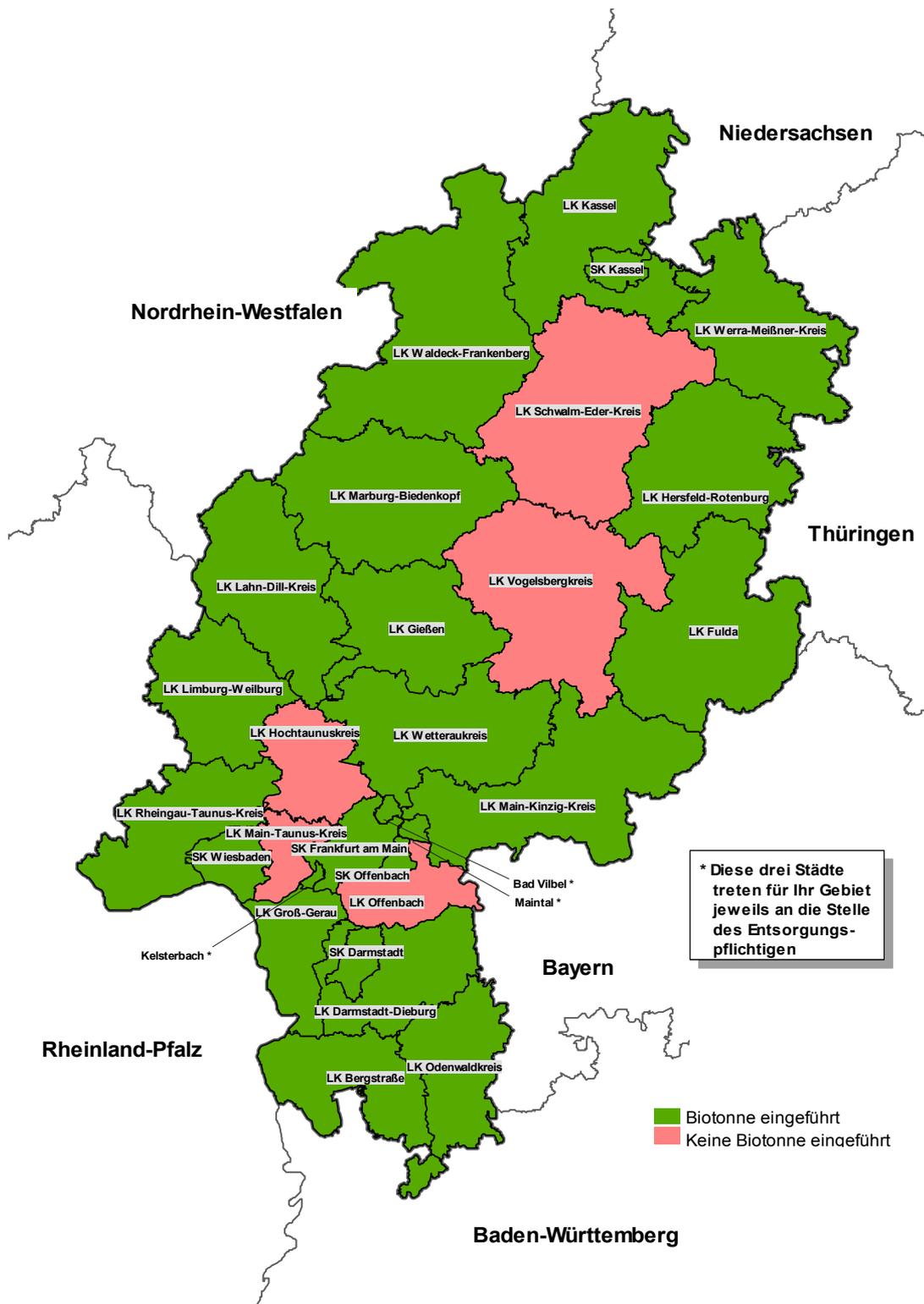


Abb. 3: Kartografischer Überblick über die Einführung der Bioabfallgetrenntsammlung in Hessen

3.2.2 Erfassung von Grünabfällen

Grünabfälle nehmen alle öRE in Hessen an stationären Sammelstellen wie Wertstoff-/Recyclinghöfen, Grünabfallsammelstellen oder direkt auf der Kompostierungsanlage an. Neun öRE bieten darüber hinaus eine jährliche Straßenabfuhr bereitgestellter Grünabfälle an bzw. sieben führen eine saisonale haushaltsnahe Abfuhr durch. Ergänzend kommt i.d.R. die separate Weihnachtsbaumabfuhr hinzu (Abb. 4).

Als Besonderheit in Hessen kann das System des AZV Hersfeld-Rotenburg gelten, der die Grünabfallsammlung mittels haushaltsnahem Tonnensystem durchführt.

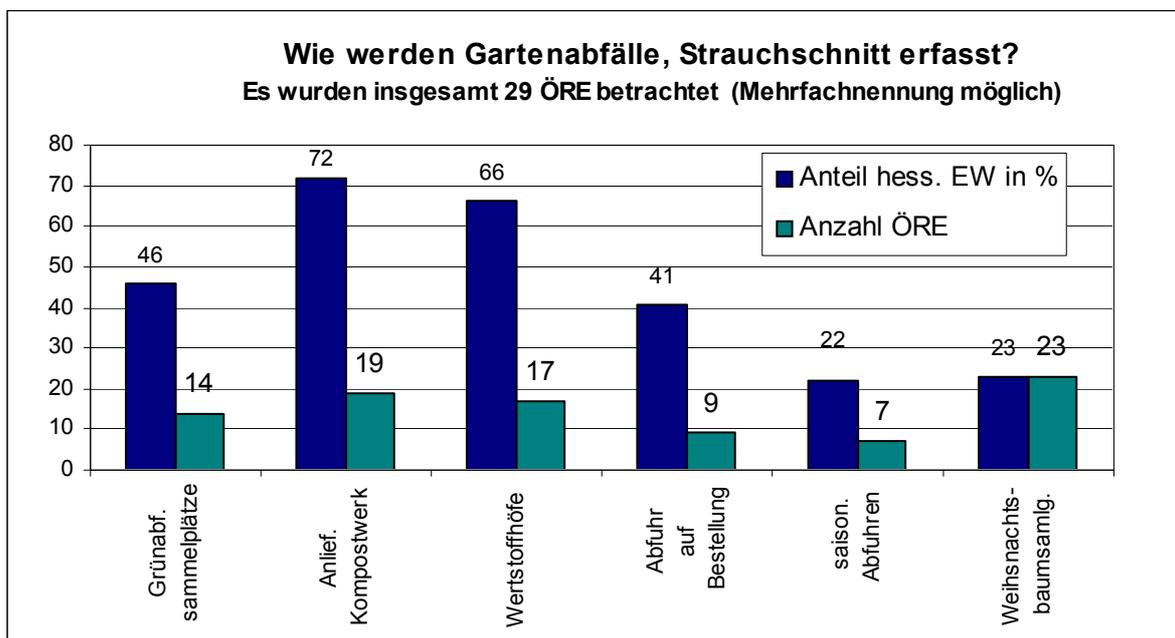


Abb. 4: Erfassungssysteme von Grünabfällen in Hessen (Gartenabfälle, Strauchschnitt)

3.2.3 Aufkommen

2006 wurden in Hessen 725.986 Mg Bio- und Grünabfälle erfasst und einer Verwertung zugeführt. Dies entspricht im Mittel ca. 119 kg je Einwohner und Jahr. Gegenwärtig werden diese Stoffströme in Hessen nahezu ausschließlich kompostiert oder in benachbarten Bundesländern behandelt und verwertet.

Ein Vergleich mit den übrigen Bundesländern für das Bezugsjahr 2004 zeigt, dass Hessen zu den Bundesländern zählt, die bereits ein umfangreiches und gut in Anspruch genommenes Erfassungssystem für Bio- und Grünabfälle unterhalten.

Das insgesamt über Getrenntsammlensysteme erfasste Bio- und Grünabfallaufkommen beläuft sich in Deutschland 2004 nach Auswertung der Abfallbilanzen der Länder auf jährlich 8,3 Mio. Mg. Die höchsten absoluten Mengen werden in den einwohnerstarken Ländern Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg, die geringsten Mengen in den Stadtstaaten sowie in den neuen Ländern erfasst (Abb. 5). In der Abbildung sind für Hessen die Bio- und Grünabfallmengen von 2006 berücksichtigt.

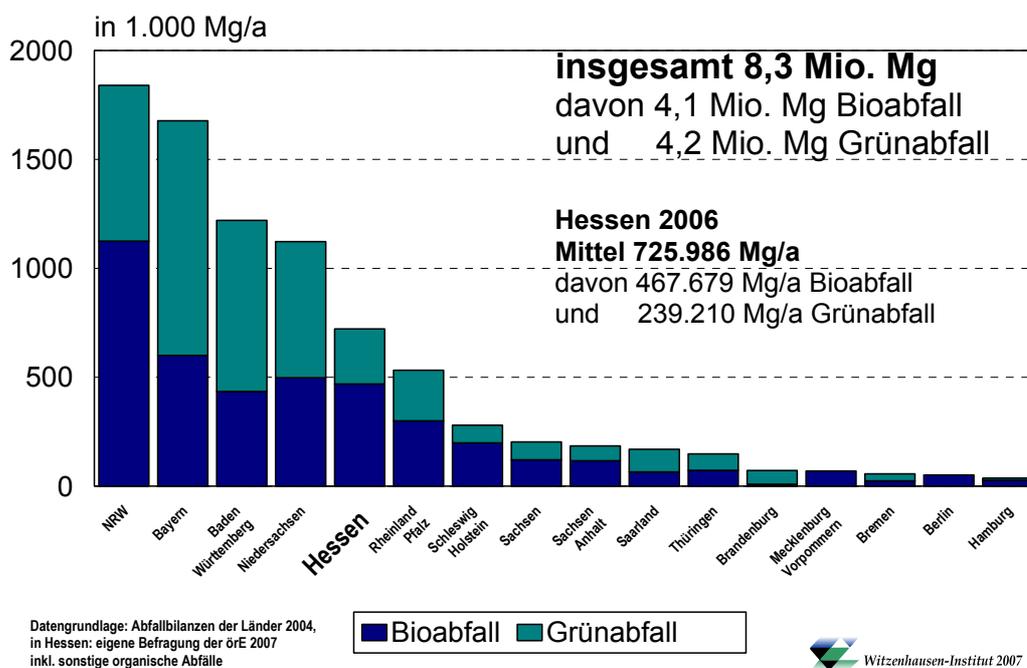
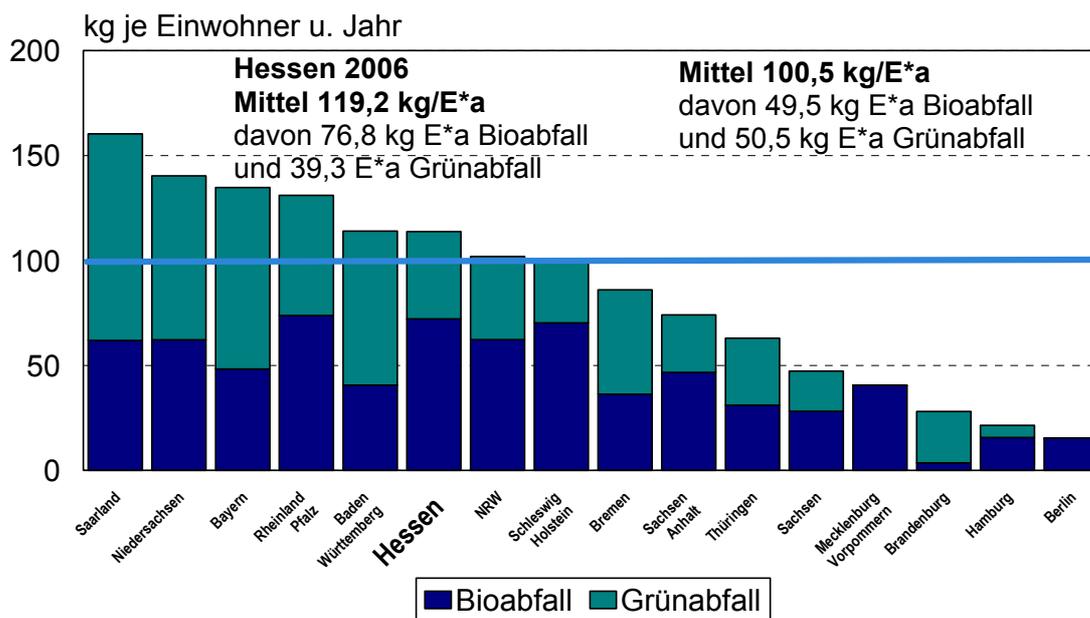


Abb. 5: Vergleich des Bio- und Grünabfallaufkommens in den Bundesländern 2004/ Hessen 2006

Von den 725.986 Mg eingesammelten Bio- und Grünabfällen sind 467.679 Mg Bioabfälle, entsprechend 64,4 %. Im Mittel werden in Hessen ca. 76,8 kg/Ew*a organische Abfälle aus Haushalten über die Biotonne gesammelt (Abb. 6). Damit wird der deutsche Mittelwert von 49,5 kg/Ew*a deutlich übertroffen.

Hierin spiegelt sich unter anderem wider, dass Hessen eines der ersten Bundesländer war, das die separate Bioabfallsammlung einführte und das somit eine Art Vorreiterstatus einnahm. Auch die bundesweit ersten Biotonnenprojekte stammen aus Hessen und wurden Jahre in (Witzenhausen/Werra-Meißner-Kreis) und Aßlar (Lahn-Dill-Kreis) eingerichtet. In den vergleichsweise hohen Sammelmengen zeigt sich auch die gute Systemakzeptanz bei den Bürgern.

Zusätzlich wurden 239.210 Mg Grünabfälle, entsprechend 39,3 kg/Ew*a und 19.097 Mg sonstige organische Abfälle separat gesammelt.



Datengrundlage: Abfallbilanzen der Länder 2004,
 in Hessen: eigene Befragung der öRE 2007
 inkl. sonstige organische Abfälle

Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 6: Vergleich des spezifischen Bio- und Grünabfallaufkommens in den Bundesländern 2004 (Hessen 2006) in kg/Ew*a

Aus vergleichbaren öRE in anderen Bundesländern ist bekannt, dass eine fehlende Bioabfallsammlung oft durch ein gut ausgebautes Grünabfallerfassungssystem mit in der Folge hohen spezifischen Grünabfallmengen kompensiert wird.

Dieses findet sich in den hessischen öRE ohne Biotonne (für Küchenabfälle) bzw. nur mit lokal begrenzter Einführung allerdings nicht. In den Landkreisen Vogelsberg (60 kg/Ew*a), Hersfeld-Rotenburg (32 kg/Ew*a) und Schwalm-Eder (51 kg/Ew*a) liegen die Grünabfallmengen beispielsweise nur leicht über dem hessischen Mittel. Deutlich wird dies auch bei der Gegenüberstellung mit Spitzenwerten von z.B. 134 kg/Ew*a im Rheingau-Taunus-Kreis (zusätzlich 59 kg/Ew*a Bioabfälle) oder dem Odenwaldkreis mit 110 kg/Ew*a Grünabfällen sowie 61 kg/Ew*a Bioabfällen (vgl. Tab. 4).

In der Stadt Offenbach (keine Biotonne) wurden 2006 23 kg/Ew*a Grünabfälle gesammelt. Auch hier kann kein großer Unterschied zu vergleichbaren Gebietsstrukturen mit Biotonne ausgemacht werden. So wurden z.B. in den Städten Darmstadt, Wiesbaden und Kassel zwischen 17 kg/Ew*a und 39 kg/Ew*a erfasst.

Tab. 4: Summe an Bio- und Grünabfällen für 2006 in Hessen

Anzahl	ÖRE	Bioabfälle	Grünabfälle	Sonstige org. Abfälle	Summe Bio + Grünabfälle + sonstig.
		Mg/a	Mg/a	Mg/a	Mg/a
1	Landkreis Darmstadt-Dieburg	42.826	12.824	-	55.650
2	Main-Kinzig-Kreis	39.655	7.066	-	46.721
3	Kreis Bergstraße	31.300	14.300	-	45.600
4	Landkreis Kassel	38.695	3.767	-	42.462
5	Landkreis Groß-Gerau	28.501	13.003	-	41.504
6	Landkreis Gießen	35.577	3.196	-	38.773
7	Kreis Offenbach	891	36.193	-	37.084
8	Rheingau-Taunus-Kreis	10.918	24.761	-	35.679
9	Lahn-Dill-Kreis	32.000	3.000	-	35.000
10	Landkreis Marburg-Biedenkopf	35.000		-	35.000
11	Landkreis Waldeck-Frankenberg	26.389	6.107	-	32.495
12	Wetteraukreis	20.000	8.000	-	28.000
13	Stadt Frankfurt	21.667	4.447	-	26.114
14	Stadt Wiesbaden	15.281	10.094	-	25.375
15	Schwalm-Eder-Kreis		9.803	15.500	25.303
16	Kreis Limburg-Weilburg	20.771	3.104	-	23.875
17	Landkreis Fulda	21.662	2.191	-	23.853
18	Hochtaunuskreis	595	20.779	-	21.374
19	Odenwaldkreis	6.133	11.062	-	17.195
20	Stadt Kassel	8.591	7.523	892	17.006
21	Werra-Meißner-Kreis	12.797	2.182	-	14.979
22	Main-Taunus-Kreis	261	14.399	-	14.660
23	Stadt Darmstadt	10.906	2.345	705	13.956
24	Stadt Maintal	4.035	3.596	-	7.631
25	Vogelsbergkreis		6.934	-	6.934
26	Stadt Offenbach		2.800	2.000	4.800
27	Landkreis Hersfeld-Rotenburg		4.080	-	4.080
28	Stadt Bad Vilbel	2.234	550	-	2.784
29	Stadt Kelsterbach	995	1.104	-	2.099
SUMME		467.679	239.210	19.097	725.986

Ein Blick auf die hessischen Abfallbilanzen für den Zeitraum 1991 bis 2005 sowie die Befragungsergebnisse für 2006 verdeutlicht, dass sich die Erfassung der Bio- und Grünabfälle zuzüglich sonstiger organischer Abfälle auf einen stabilen Wert von ca. 726.000 Mg pro Jahr eingependelt hat (Abb. 7). Dies entspricht für 2006 einem Wert von ca. 119,2 kg/Ew*a (Abb. 8).

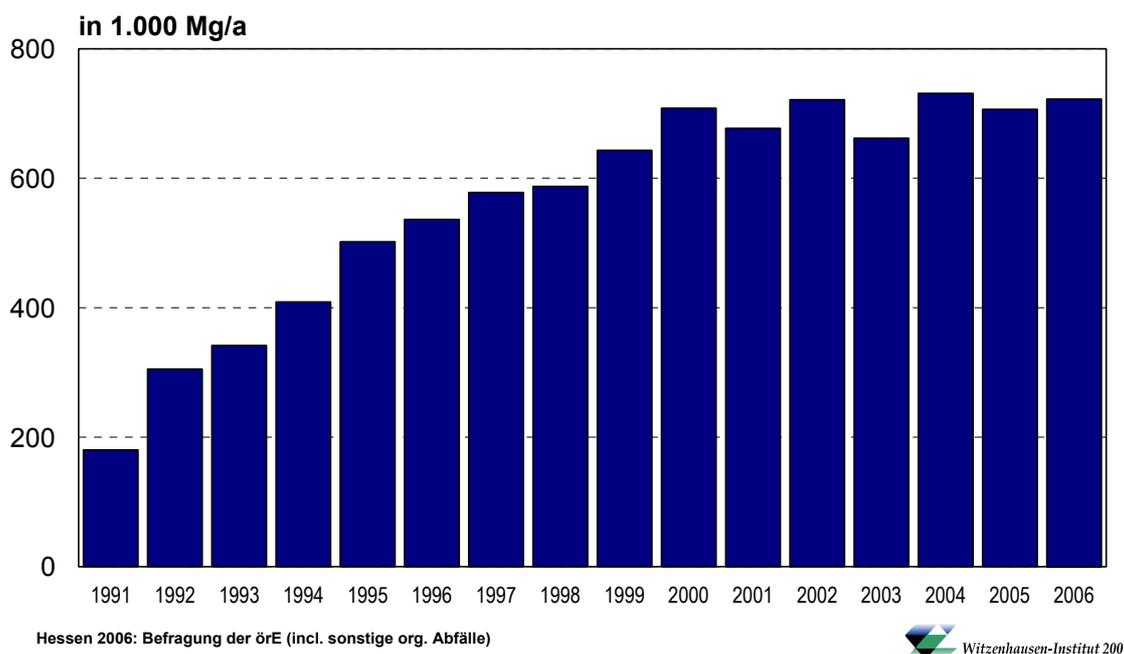


Abb. 7: Entwicklung des Bio- und Grünabfallaufkommens in Hessen von 1991 bis 2006

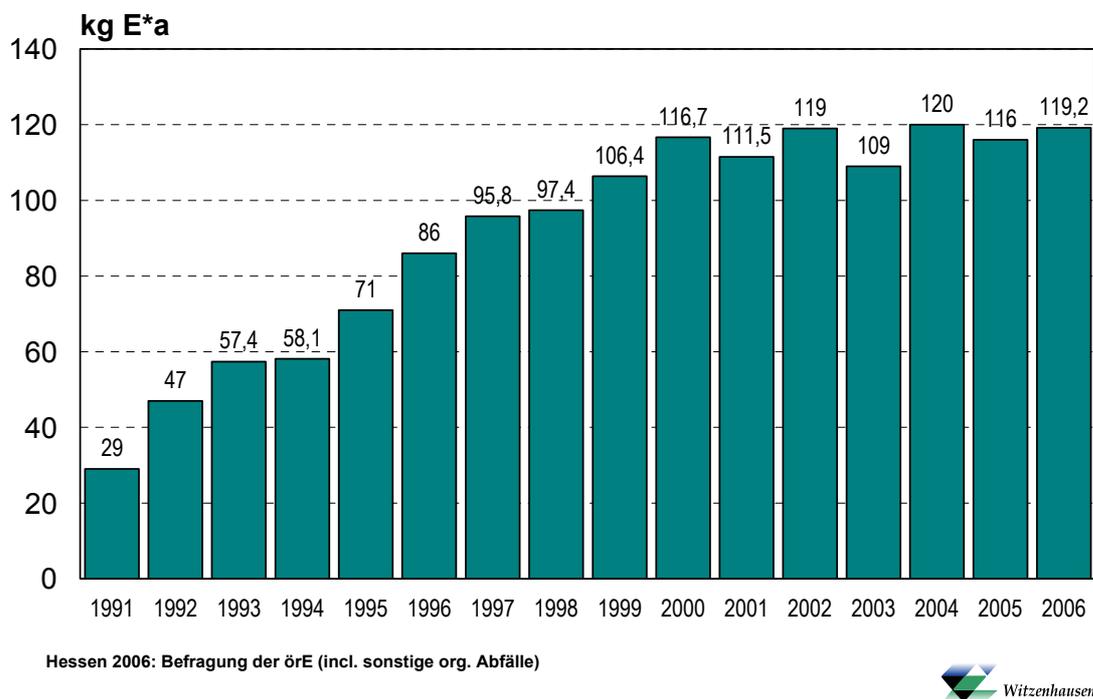


Abb. 8: Entwicklung des spezifischen Bio- und Grünabfallaufkommens in Hessen von 1991 bis 2006 in kg/Ew*a

3.2.4 Verwertung und Verbleib

Die Verwertung der erfassten Stoffströme erfolgt - mit einer Ausnahme - in Kompostierungsanlagen. Lediglich in der Stadt Frankfurt werden Bioabfälle in der Vergärungsanlage der FES auch energetisch genutzt.

Die Anlage der FES verfügt über eine genehmigte Anlagenkapazität von ca. 30.000 Mg/a. Bei einem tatsächlichen Durchsatz aller Behandlungsanlagen in Hessen von 468.109 Mg/a (Tab. 5) entspricht dies also einem Anteil kleiner 3 %.

Tab. 5: Wege der Verwertung hessischer Bio- und Grünabfälle

Von den ÖRE erfasste Mengen				Kapazitäten Behandlungs- anlagen*	Durchsatz Behandlungs- anlagen *	Extern?
Summe Bio-/ Grünabfälle + sonstige	erfasste Bioabfälle in Mg	Gartenabfälle Strauchschnitt in Mg	sonst. in Mg	genehmigte Kapazitäten Mg/a	Durchsatz 2006 in Mg	Mengen außerhalb Hessens Mg/a
725.986	471.759	235.130	19.097	500.383	468.109	257.877
* 49 Kompostanlagen (470.383 Mg Kapazität / 438.109 Mg Durchsatz) + 1 Vergärungsanlage (30.000 Mg Kapazität / Durchsatz)						

Wie der Landesbetrachtung aus Tab. 5 zu entnehmen ist, kann der tatsächliche Verbleib der eingesammelten Bio- und Grünabfälle (725.986 Mg) - auf Basis der vorliegenden Informationen (Angaben der befragten Anlagenbetreiber) - nur bedingt nachvollzogen werden. Zur Erklärung der festgestellten Deckungslücke in Höhe von ca. 258.000 Mg können in einer ersten Annäherung festgehalten werden:

- Ein bedeutender Anteil, insbesondere der Bioabfälle, wird nicht in Hessen verwertet. Allein in Thüringen sind drei Anlagen bekannt, die ca. 110.000 Mg/a hessische Bioabfälle verwerten. Des Weiteren verbringt die Stadt Wiesbaden die eingesammelten Biotonnenninhalte in eine Verwertungsanlage in einem anderen Bundesland.
- Grünabfälle – insbesondere Strauchschnitt – werden teilweise gehäckselt und gesiebt, wobei das Überkorn hohe Anteile verholzten Materials enthält und in Biomassekraftwerken verbrannt wird. Angaben hierüber liegen seitens der Anlagenbetreiber nur punktuell vor.
- Auf zentralen und dezentralen Grünabfallsammelplätzen werden z.T. Grünabfälle gehäckselt und direkt auf der Fläche aufgebracht. Auch diese Mengen sind in der Statistik nicht berücksichtigt. Insbesondere bekannt ist dies aus den Landkreisen Rheingau-Taunus und Schwalm-Eder.

- Neben den ausgewählten befragten Anlagen gibt es in Hessen noch eine relevante Anzahl an sehr kleinen Behandlungseinheiten für Grünabfälle von z.B. <500 Mg/a Durchsatz, die hier statistisch nicht erfasst wurden.

Insgesamt ist die bestehende „Erklärungslücke“ auf dem vorliegenden Stand nicht befriedigend zu schließen.

3.2.5 Gebührenerhebung und Kostenprofil der biologischen Behandlung

Aufgrund der wiederholt beschriebenen „kommunalen Vielfalt“ sind vergleichende Gegenüberstellungen sowohl des kommunalen Leistungsspektrums als auch des Gebührensystems gerade beim Blick auf das Detail mit großen Schwierigkeiten behaftet.

Auch für den Bereich der Bioabfallverwertung und dessen Gebührenrelevanz ist dies nicht anders. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die entstehenden Kosten sich in jedem Fall in den Gebührensätzen niederschlagen. Die Art und Weise, wie dies in den Abfallgebührensatzungen der öRE geregelt ist, ist jedoch sehr unterschiedlich.

Die Mehrzahl der befragten öRE mit einer Bioabfallgetrenntsammlung (14 öRE) erhebt keine separate Biotonnengebühr, sondern legt die Kosten auf die Gebühr für das Restabfallgefäß um („Quersubventionierung“) (Abb. 9). Diese relativ einfach gestalteten Gebührensysteme mit wenigen Gebührentatbeständen sind bundesweit lange Zeit gängige Praxis gewesen.

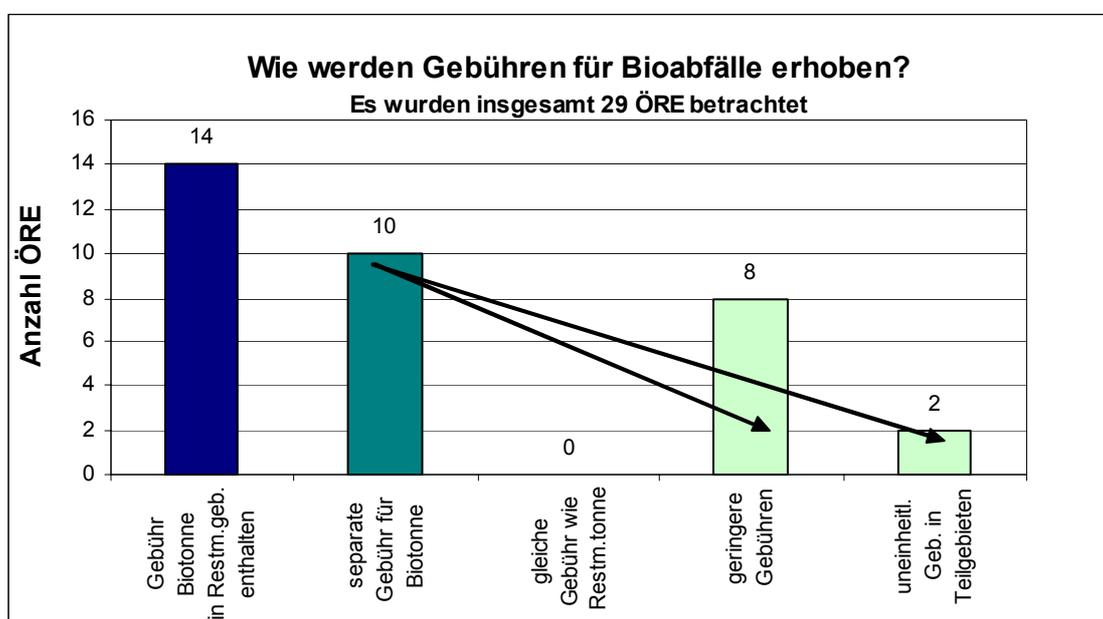


Abb. 9: Gebührenstruktur der Bioabfallsammlung bei den öRE

Nach und nach setzen sich differenziertere Gebührensysteme durch, die verschiedene Gebührentatbestände, wie auch die Biotonnensammlung, mit separaten Gebühren belegen.

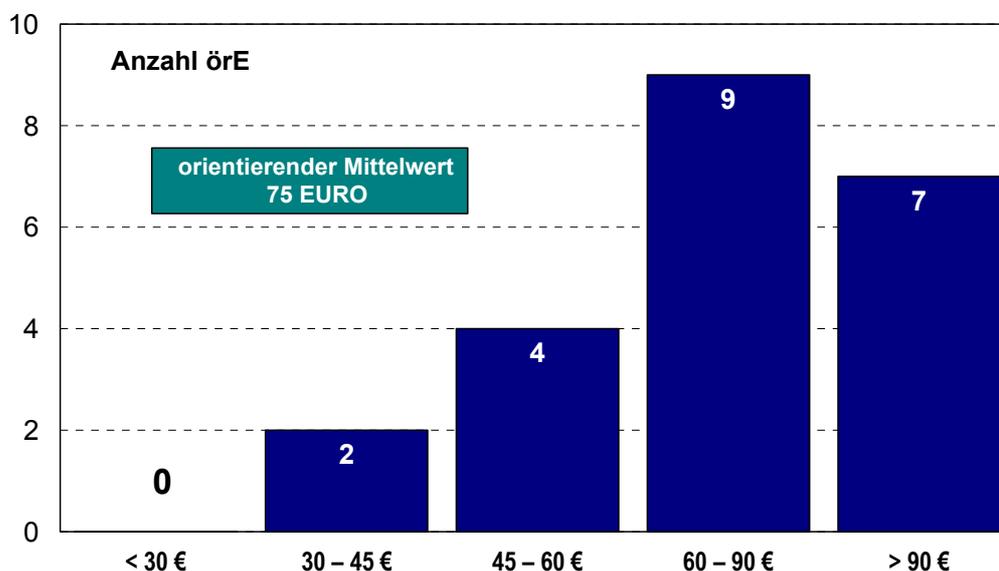
Kombinierte Systeme aus Grund- und Leistungsgebühren setzen sich ebenso durch wie die so genannten verursachergerechten Gebührensysteme, die die Gebührenerhebung an die tatsächliche Inanspruchnahme der Leistung binden. Hierzu zählen die leerungsabhängigen Systeme, die z.B. mittels der elektronischen Identifikation der Behälterabfuhr umgesetzt werden.

Eine separate Biotonnengebühr haben mittlerweile 10 öRE in Hessen eingeführt. Die überwiegende Anzahl der öRE (8 öRE) setzt die spezifische Gebühr (je Liter Behältervolumen) für die Bioabfallentsorgung niedriger an als die Gebühr für die Restabfallabfuhr und nutzt das Gebührensystem zur Steuerung der Bioabfallstoffströme in die „Grüne Tonne“.

Kosten der Bioabfallbehandlung

Die Kosten für die Kompostierung schwanken stark in Abhängigkeit vom Input und Kapazitätsauslegung der Behandlungsanlagen sowie der Anlagentechnik. Insgesamt ist von Kosten für die Kompostierung (ohne Erfassungskosten) zwischen 20 €/Mg und 100 €/Mg auszugehen. In einzelnen Fällen liegen die Kosten auch außerhalb des genannten Bereichs.

In Hessen bewegen sich die Behandlungskosten nach Angaben der öRE zwischen 30 €/Mg und über 100 €/Mg (Abb. 10). Davon liegen in 19 öRE die Kosten höher als 60 €/Mg, davon bei sieben öRE sogar 90 €/Mg.



Datengrundlage: Fragebogenauswertung hessische öRE 2007

 Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 10: Kostenspektrum der Behandlung und Verwertung von Bioabfällen in Hessen

Das Kostenniveau der Bioabfallbehandlung ist für Hessen damit im bundesdeutschen Vergleich als hoch zu kennzeichnen. Eine Begründung dafür ist sicherlich in der großen Anzahl an technologisch aufwändigen Behandlungsanlagen in Hessen zu sehen. Zu diesen zählen insbesondere die in Hessen stark vertretenen Boxenkompostierungsanlagen.

Darüber hinaus sind in Hessen eine vergleichsweise hohe Anzahl an dezentralen Bioabfallkompostierungsanlagen mittlerer Größe errichtet worden. Das hohe technologische Niveau schlägt sich in relativ hohen Kosten nieder.

Der Kostenfaktor „Anlagentechnik“ wird häufig von standortspezifischen Rahmenbedingungen maßgeblich mitbestimmt, wie z.B. im kleinräumigen Maßstab die Nähe zur Wohnbebauung und damit den Kapselungs- und Abluftreinigungsgrad betreffend.

Insbesondere aber offenbaren sich in der makroskopischen Betrachtung drastische Unterschiede hinsichtlich der Kostenstruktur, wobei der untere Kostenbereich von ca. 20 €/Mg nahezu ausschließlich in Anlagen der Neuen Bundesländer erreicht wird. Hier dominieren Anlagen sehr hoher Durchsatzleistungen und sehr niedriger technischer Standards. Aufgrund der steigenden Anforderungen an die Kompostierung ist zukünftig mit tendenziell höheren Kosten zu rechnen.

Infolge der seit Anfang der 90er Jahre extrem günstigen Entsorgungsmöglichkeiten in den Neuen Ländern wurden seit Mitte der 90er Jahre nur noch wenige neue Kompostierungsanlagen gebaut. Seit 2001 sind Baumaßnahmen nach Kenntnis der Gutachter nahezu auf Aus- und Umbauten beschränkt.

Die spezifischen Behandlungskosten wurden bei den öRE als Bereichsgröße ermittelt. Um die mittleren Behandlungskosten angeben zu können, erfolgt eine Abschätzung auf Grundlage der rechnerischen Mittelwerte der jeweiligen Bereiche.

Beispiel: Für die vier öRE, die Kosten zwischen 45 €/Mg und 60 €/Mg angegeben haben (vgl. Abb. 10), werden rechnerisch jeweils 52,20 €/Mg angesetzt. Liegen die Kosten oberhalb 90 €/Mg werden 100 €/Mg angesetzt.

Auf dieser Basis ergeben sich für Hessen durchschnittliche Bioabfallbehandlungskosten von etwa 75 €/Mg (Abb. 11). Signifikante Unterschiede zwischen Städten und Landkreisen bzw. auch regionale sind nicht eindeutig auszumachen.

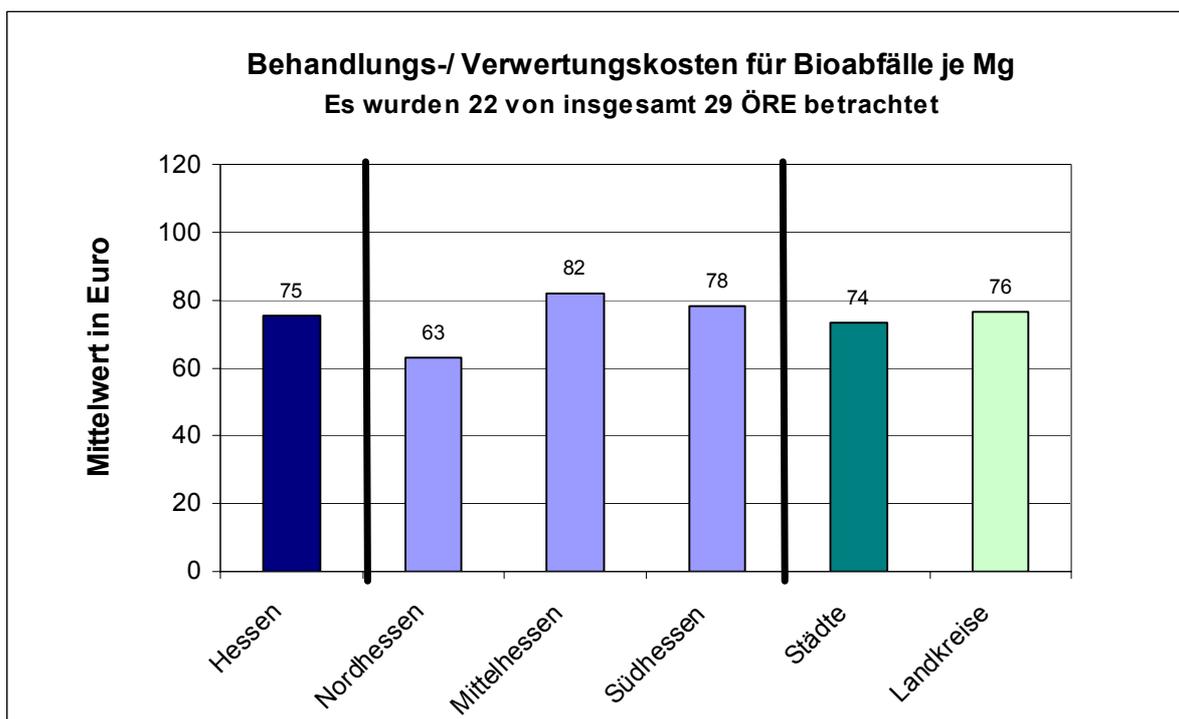


Abb. 11: Mittelwerte der Behandlungs- und Verwertungskosten je Mg Bioabfälle

Einfluss der Transportkosten auf die Gesamtkosten der Bioabfallbehandlung und -verwertung

Einige der öRE haben Kostenangaben inkl. der Transportkosten übermittelt. Wertet man diese gesondert aus und stellt sie den Kostenangaben der öRE gegenüber, die keine Transportaufwendungen berücksichtigt haben, zeigt sich das in Abb. 12 dargestellte Ergebnis. Insgesamt gingen die Nennungen von 22 öRE in die Auswertung ein, die sowohl nach kreisfreien Städten und Landkreisen als auch dem regionalen Bezug (Nord-, Mittel- und Südhessen) differenziert wurden.

Das Ergebnis ist eindeutig, erscheint aber auf den ersten Blick unlogisch. Diejenigen öRE, die die Transportkosten in die Kostenangabe einschließen, zeigen insgesamt geringere Aufwendungen als die öRE, die keine Transportkosten nennen. Der Grund hierfür liegt jedoch auf der Hand.

Bedienen sich öRE eigener oder privatwirtschaftlicher Verwertungsanlagen im Kreisgebiet, sind spezifische Transportkosten nicht zusammen mit den Behandlungskosten ausgewiesen. Dies ist erst bei weiteren Entfernungen und Abfallumschlag der Fall.

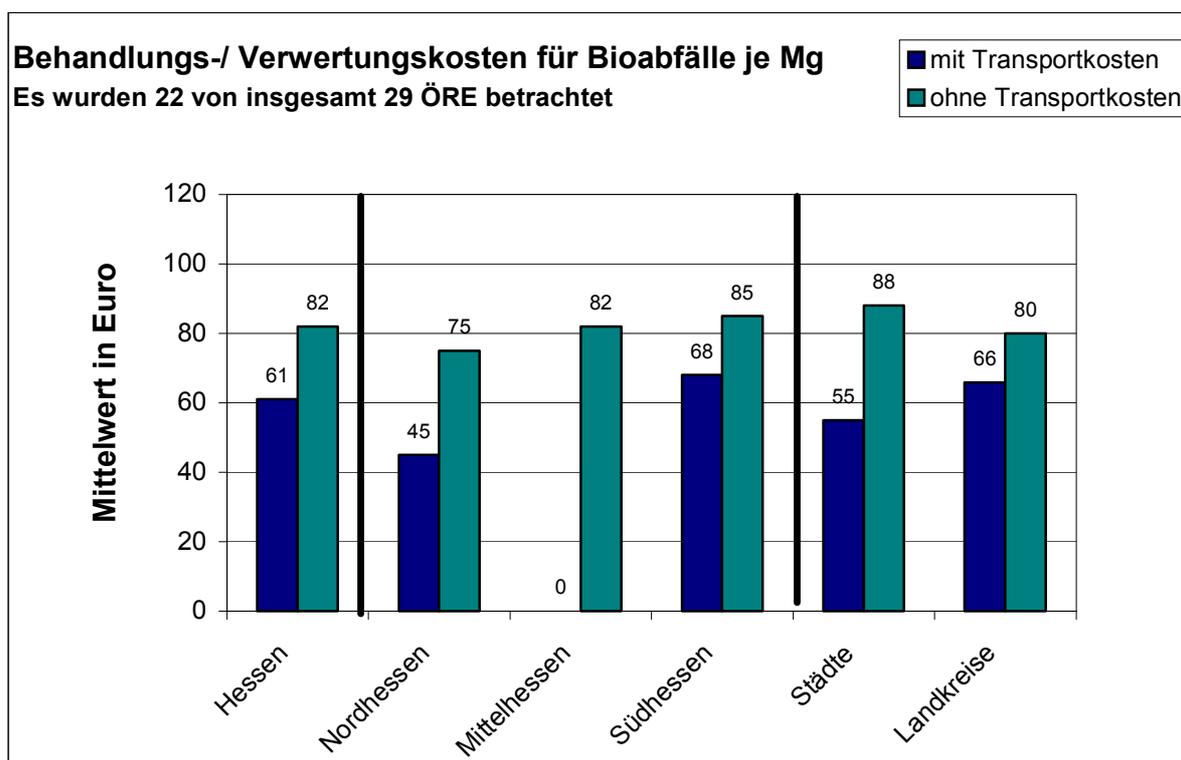


Abb. 12: Höhe der Behandlungs- und Verwertungskosten je Mg Bioabfälle unter Berücksichtigung der Transportkosten

So zeigt eine Gesamtangabe inkl. des Transports häufig eine externe Behandlung und Verwertung an. Diese findet im Fall der hessischen öRE vor allem in den Neuen Ländern statt und bewegt sich auf einem sehr niedrigen Kostenlevel. Also kann schlussgefolgert werden, dass die Angaben lediglich die unterschiedlichen Behandlungskosten in den Neuen Ländern und Hessen anzeigen.

Kosten der Grünabfallbehandlung

Die Kosten für die Behandlung von Grünabfällen liegen deutlich niedriger als für die Bioabfallkompostierung. Es liegen Angaben von 20 öRE vor, wobei die Mehrzahl (11 öRE) die Grünabfallverwertung für Kosten bis zu 45 €/Mg durchführen kann (Abb. 13). Davon geben fünf öRE Kosten von unter 30 €/Mg an.

Bei drei öRE entstehen Kosten größer 90 €/Mg, was für die Grünabfallkompostierung Spitzenwerte sind.

Die Abschätzung der durchschnittlichen Behandlungskosten für die Grünabfallverwertung erfolgt analog der schon für die Bioabfälle beschriebenen Vorgehensweise. Damit ergibt sich ein Durchschnittswert von ca. 45 €/Mg. Der deutliche Kostenunterschied im Vergleich zur Bioabfallbehandlung (Ø 75 €/Mg) bestätigt sich damit.

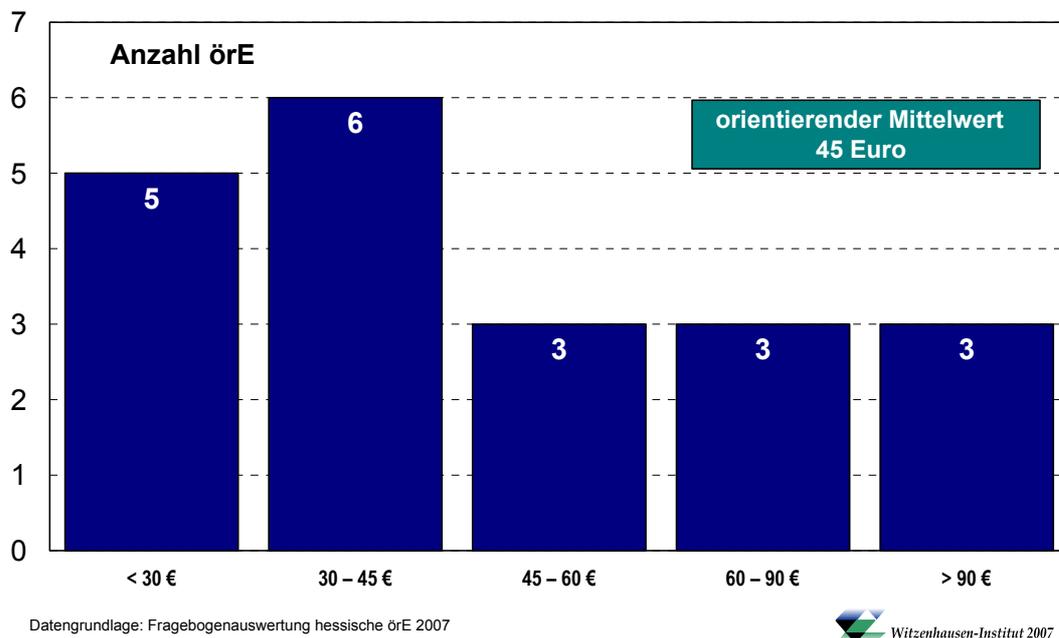


Abb. 13: Kostenspektrum der Behandlung und Verwertung von Grünabfällen

Fazit

2007 war bei 22 von 29 örE ein flächendeckendes Angebot der Bioabfallsammlung vorhanden. Darüber hinaus waren bei einigen örE Teilgebiete bzw. einzelne Kommunen angeschlossen. In der Summe verfügen ca. 82 % der Einwohner prinzipiell über die Möglichkeit zur Nutzung einer Biotonne.

In Hessen wurden 2006 725.986 Mg Bio- und Grünabfälle erfasst und einer Verwertung zugeführt. Dies entspricht im Mittel ca. 119 kg je Einwohner und Jahr. Die Verwertung der erfassten Stoffströme erfolgt mit einer Ausnahme in Kompostierungsanlagen.

In Hessen bewegen sich die Bioabfall-Behandlungskosten nach Angaben der örE zwischen 30 €/Mg und >100 €/Mg. Davon liegen in 19 örE die Kosten >60 €/Mg, davon bei sieben örE sogar >90 €/Mg. Das Kostenniveau der Bioabfallbehandlung ist für Hessen damit im bundesdeutschen Vergleich als hoch zu bezeichnen. Eine Begründung dafür ist sicherlich in der großen Anzahl an technologisch aufwändigen Behandlungsanlagen in Hessen zu sehen.

3.3 Küchen- und Speiseabfälle

Unter „Küchen und Speiseabfälle“ werden in der EG-Hygiene-Verordnung (VO (EG) Nr. 1774/2002 Anhang I Nr. 15) alle aus Restaurants, Catering-Einrichtungen und Küchen einschließlich Groß- und Haushaltsküchen stammenden Speisereste definiert. Im Folgenden werden die aus Haushaltsküchen stammenden Küchen- und Speisereste von der Betrachtung ausgeschlossen, da davon ausgegangen wird, dass diese Art der Speisereste größtenteils mit der Biotonne einer Verwertung zugeführt oder aber über die Restmülltonne entsorgt werden und damit einer separaten energetischen Verwertung nicht zur Verfügung stehen. Auch in der Literatur wird im Zusammenhang mit Küchen- und Speiseabfällen i.d.R. von Abfällen öffentlicher Küchen ausgegangen.

In der Praxis und der Literatur werden im Gegensatz zur eigentlichen Begrifflichkeit „Küchen- und Speiseabfälle“ jedoch häufig auch Abfälle verdorbener und somit nicht mehr für den menschlichen Verzehr geeigneter Lebensmittel aus Supermärkten, Marktabfälle oder Lebensmittelabfälle aus Produktionsbetrieben (z.B. Fleischreste von Wurstwarenherstellern, Bäckereien usw.) gezählt, die im engeren Sinn als organische Gewerbeabfälle zu bezeichnen sind. Bei der Betrachtung der Speiseabfallmengen und deren Qualitäten ist deshalb von besonderer Bedeutung, welche Art von Abfällen unter dem Begriff Speisereste in der Praxis subsumiert wird. In der folgenden Betrachtung wird deshalb jeweils darauf verwiesen, welcher Herkunft die Speiseabfälle sind.

3.3.1 Aufkommen / Potenzial

Küchen- und Speiseabfälle werden in Deutschland nicht von öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern gesammelt oder mengenmäßig erfasst. Die Erzeuger dieser Abfälle wie Restaurantbetreiber, Cateringbetriebe oder Großküchen müssen sich selbst um die schadlose Entsorgung bemühen und bedienen sich deshalb i.d.R. privater Entsorgungsunternehmen.

Aufgrund der fehlenden Mengenerfassung durch öffentliche Körperschaften liegen keine statistischen Daten über die Abfallmengen aus dem Bewirtungsgewerbe vor. Die Zahlen zum Aufkommen an Küchen- und Speiseabfällen, die in der Literatur für Deutschland genannt werden, beruhen auf partiellen Erhebungen, deren Ergebnisse auf Deutschland bzw. einzelne Teilregionen hochgerechnet wurden. Die Hochrechnungen gehen i.d.R. von den Abfallmengen pro bewirteter Person und der Anzahl der Bewirtungsbetriebe aus.

Die Angaben zur Höhe des Aufkommens an Küchen- und Speiseabfällen variieren vergleichsweise stark. Die Literaturwerte geben für Deutschland ein Potenzial von Speiseabfällen an, das von über 1 Mio. Mg (Berichte zur Kreislaufwirtschaft, Markt Sekundärrohstoffe, Teil 7 Nahrungsmittelabfälle 12/97, S. 1) bis 2 Mio. Mg (KOHL, Geschäftsführer des Bundesverbandes der Nahrungsmittel- und Speiseresteverwertung e.V. 2007) variiert.

Neben den Speiseabfällen im engeren Sinn (Speisereste aus Gaststätten und Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung) subsumiert KOHL (2007) auch die Abfälle aus Supermärkten und Produktionsbetrieben zu Speiseabfällen. Die Schätzungen von Kohl basieren im Wesentlichen auf Erhebungen von HILGER (2000), der in seiner Dissertation die Menge an Speiseabfällen (ohne organische Gewerbeabfallchargen) aus der Anzahl der Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung und einem spezifischen Reststoffanfall je Erwerbstätigen ableitet. Er geht von einer durchschnittlichen Restmenge von 175 g pro Essen und jährlich 10,41 Mrd. Mahlzeiten aus allen Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung aus (329.800 Einrichtungen). Das Ergebnis dieser wohl aktuellsten Erhebung zur Fragestellung der Speiseabfallmengen in Deutschland bzw. den einzelnen Bundesländern zeigt Tab. 6.

Tab. 6: Regionaler Speiseabfallanteil in der Bundesrepublik Deutschland auf Basis der Erwerbstätigen

Region	Anteil der einzelnen Bundesländer an der Gesamtmenge der anfallenden Speisereste in Deutschland	
	in Mg	in %
Baden-Württemberg	243.140	13
Bayern	287.431	16
Berlin	80.029	4
Brandenburg	55.373	3
Bremen	18.393	1
Hamburg	47.950	3
Hessen	136.899	8
Mecklenburg-Vorpommern	39.516	2
Niedersachsen	163.669	9
Nordrhein-Westfalen	378.838	21
Rheinland-Pfalz	78.536	4
Saarland	23.012	1
Sachsen	101.418	6
Sachsen-Anhalt	57.961	3
Schleswig-Holstein	56.662	3
Thüringen	53.175	3
Deutschland	1.822.002	100

(Quelle: Kohl, 2007: zit. aus Hilger, 2000, Tabelle 5-3)

3.3.2 Erfasste Mengen

In Veröffentlichungen von KNAPPE et al. (2007) und KNAPPE und BLAZEJCZAK (2007) wird von einer Speiseabfallmengenerfassung in Deutschland vor dem Verfütterungsverbot von 2006 von rd. 360.000 Mg/a bzw. 358.000 Mg/a ausgegangen. Davon wurden 233.000 Mg in der Landwirtschaft dezentral verfüttert, 22.000 Mg gingen in Tierkörperbeseitigungsanlagen und rd. 104.000 Mg in Spezialbetriebe zur Futtermittelherstellung (mündliche Mitteilung KNAPPE, Nov. 2007).

Bricht man diese Zahlen linear pro Einwohner auf Hessen herunter, errechnet sich eine erfasste Speiseabfallmenge von rd. 27.000 Mg, die in die Futtermittelaufbereitung gegangen sind. Hiervon wurden rd. 17.000 Mg dezentral in der Landwirtschaft verfüttert.

Zur Erfassung der aktuellen Speiseabfallsammlung in Hessen wurden im Rahmen der vorliegenden Studie 17 in Hessen zur Speiseabfallsammlung bzw. –beförderung, –behandlung oder –verarbeitung zugelassene Betriebe befragt (Adressen aus BANZ. 2005, S. 12241 vom 23. Juni 2005). Nicht befragt wurden Betriebe, die ihren Firmensitz in anderen Bundesländern haben und deshalb in der Liste der zugelassenen Betriebe für andere Bundesländer gelistet waren¹⁾. Ebenfalls nicht befragt wurden Industriebetriebe, die Kantinenabfälle zusammen mit Produktionsabfällen selbst verwerten (z.B. Fa. Langnese in Heppenheim).

Von den 17 befragten Betrieben haben sechs die Beförderung bzw. Verarbeitung von Speiseabfällen aufgegeben. Es handelt sich bei diesen Betrieben überwiegend um Landwirte, die vor dem Verfütterungsverbot Speiseabfälle gesammelt und im eigenen Betrieb verfüttert haben. Die verbleibenden 11 Betriebe erfassen rd. 37.000 Mg Küchen- und Speiseabfälle aus öffentlichen Restaurants, Catering-Einrichtungen, Kantinen und Großküchen. Diese Menge entspricht ca. 27 % des Potenzials an Speiseabfällen in Hessen.

Gemeinsam mit den Küchen- und Speiseabfällen werden darüber hinaus rd. 8.500 Mg organische Gewerbeabfälle pro Jahr gesammelt. Diese Abfälle bestehen zum überwiegenden Teil aus verpackten Lebensmitteln (6.200 Mg) und Fettabfällen (Fettabscheider und Frittierfette) sowie Knochen- und Fleischresten (Kat. 3).

¹⁾ Die Speiseabfallverordnung vom 5. November 2004 wurde mit Verordnung vom 6. Juli 2007 (BGBl. I S. 1262) aufgehoben. Insofern werden die Betriebe, die Speiseabfälle abholen, sammeln, befördern oder verarbeiten, nach dieser Verordnung nicht mehr erfasst.

Ein Teil dieser Betriebe (insbesondere die Betriebe, die Speiseabfälle sammeln und/oder verarbeiten) werden nun nach der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Oktober 2002 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte erfasst. Eine Liste dieser Betriebe ist auf der Homepage des BMELV unter folgendem Link veröffentlicht: http://www.bmelv.de/clin_045/nn_753008/DE/07SchutzderTiere/Tierseuchen/ZulassungBetriebeNebenprodukte.html__nnn=true

3.3.3 Qualität

Der Trockensubstanzgehalt von Speiseabfällen beträgt zwischen 15 und 25 % und sie eignen sich daher besonders für eine energetische Verwertung über Nassvergärungsverfahren. Die Abfälle weisen einen niedrigen pH-Wert auf, wobei vor allem der pH-Wert von Speiseabfällen unter 4 eine erhöhte Prozesskontrolle zur Vermeidung von Versäuerungen des Reaktorinhaltes erfordert.

Untersuchungen haben gezeigt, dass ein Anteil von 25 % als Co-Substrat störungsfrei zu verarbeiten ist. Größere Mengen Speiseabfälle können jedoch Prozessinstabilitäten hervorrufen. Der Gehalt an organischer Trockenmasse (oTM) liegt zwischen 85 und 94 % die Angaben über den zu erwartenden Biogasertrag liegen zwischen 70 und 170 m³/Mg Frischmasse (KNAPPE und BLAZEJCZAK, 2007; KTBL, 2005; OECHSNER, 1996). Teilweise finden sich in der Literatur höhere Biogaserträge (z.B. GÖRISCH, 2004; WEILAND, 2000), die für einzelne Chargen mit sehr hohen TM- und oTM-Gehalten zutreffen mögen, jedoch für den überwiegenden Anteil der Speiseabfälle nicht angesetzt werden können.

Eine wesentliche Rolle spielt hier der Fettgehalt der Speiseabfälle. Der spezifische Methanertrag von Speiseabfällen je kg oTM ist mit Werten zwischen 450 bis 900 l_N/kg oTM vergleichsweise hoch (Mais: 580–650 l_N/kg oTM).

Ein Großteil der befragten Betriebe in Hessen konnte keine Qualitätsangaben für die erfassten Speiseabfälle geben. Zwei Betriebe gaben jedoch TM-Gehalte von 18–25 % bzw. 20–24 % an.

Keiner der Betriebe hat zudem Probleme mit Störstoffen benannt. Bei Speiseabfällen können vor allem Knochen und Essbestecke zu einer erhöhten Beanspruchung der Zerkleinerungsaggregate führen.

3.3.4 Verwertung / Verbleib

Alle befragten Betriebe, die noch in der Speiseabfallsammlung in Hessen tätig sind, gaben an, dass die Abfälle energetisch verwertet werden. Rund 12.000 Mg der Speiseabfälle werden zunächst aufbereitet (zerkleinert, homogenisiert, von Störstoffen befreit) und dann zur Verwertung in verschiedene Biogasanlagen in Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Thüringen, Bayern und Baden-Württemberg gebracht.

Von den verbleibenden 25.000 Mg der Speiseabfälle werden rd. 13.000 Mg ohne weitere Aufbereitungsschritte ebenfalls an Biogasanlagen außerhalb Hessens geliefert. In Hessen werden in drei Biogasanlagen in Vellmar, Friedberg und Pfungstadt rd. 12.000 Mg der Speiseabfälle und 3.000 Mg organische Gewerbeabfälle verwertet.

Für den Bau einer weiteren Biogasanlage auf dem Firmengelände der Raiffeisen-Warenzentrale Kurhessen-Thüringen in Bebra hat das Regierungspräsidium Kassel kürzlich die Baugenehmigung und die erforderlichen Genehmigungen nach dem Bundesimmissions-

schutzgesetz erteilt. Die Anlage soll 2008 in Betrieb gehen und jährlich rund 18.000 Mg Speiseabfälle und überlagerte Lebensmittel verwerten.

Die weiteren, gemeinsam mit den Speiseabfällen erfassten organischen Gewerbeabfälle werden zum Großteil ebenfalls in den Biogasanlagen außerhalb Hessens verwertet, ein Anteil von ca. 800 Mg (Abfälle von Fettabscheidern) geht in die Biodieselproduktion (Werk Melle NRW).

Zwischen den ermittelten erfassten Speiseabfallmengen von rd. 37.000 Mg/a pro Jahr und dem von HILGER (2000) berechneten Potenzial ergibt sich eine Differenz von rd. 100.000 Mg/a, deren Verbleib im Rahmen der Studie nicht geklärt werden konnte.

Es wird angenommen, dass ein erheblicher Teil der anfallenden Speiseabfallmengen über die Biotonne entsorgt wird. Insbesondere kleinere Catering-, Schnellimbiss- und sonstige kleinere Bewirtschaftungsbetriebe werden zum Teil die Biotonne oder auch die Restmülltonne nutzen und keine separate Abfuhr der Speiseabfälle beauftragt haben.

Weiterhin muss davon ausgegangen werden, dass mit der zunehmenden Schaffung von Vergärungskapazitäten in benachbarten Bundesländern auch Entsorgungsfirmen aus diesen Bundesländern Speiseabfälle in Hessen sammeln.

Darüber hinaus wurde von verschiedenen Speiseabfuhrunternehmen der Verdacht geäußert, dass insbesondere im Regierungsbezirk Frankfurt Speiseabfälle und organische Gewerbeabfälle gemeinsam mit trockenen Gewerbeabfällen der Entsorgung übergeben werden. Inwieweit diese Annahme zutrifft, konnte im Rahmen der Studie nicht ermittelt werden.

Fazit

Das Potenzial an Speiseabfällen in Hessen beträgt rd. 140.000 Mg/a. Gegenwärtig werden in Hessen davon rd. 12.000 Mg in Biogasanlagen verwertet, ab 2008 voraussichtlich 30.000 Mg (neue Anlage in Bebra), d. h. rd. 20 % des Potenzials. Es wird davon ausgegangen, dass ein Großteil des Potenzials gegenwärtig in anderen Bundesländern energetisch verwertet wird, ein geringer Anteil wird wahrscheinlich über die Biotonne der stofflichen Verwertung zugeführt oder auch über den Restmüll entsorgt.

Im Rahmen von Gesprächen mit verschiedenen Gebietskörperschaften wurde deutlich, dass das Interesse an der Mitvergärung von Speiseabfällen mit Bioabfällen sehr groß ist. Inwieweit Speiseabfälle, die gegenwärtig aus Hessen exportiert werden, künftig in Hessen verwertet werden, ist abhängig von den Vergärungskapazitäten, die noch geschaffen werden, und den vertraglichen Bindungen, die zurzeit bestehen.

3.4 Organische Gewerbeabfälle

3.4.1 Aufkommen

Organische Gewerbeabfälle fallen bei Produktionsprozessen auf der Basis pflanzlicher oder tierischer Rohstoffe an. Je nach Branche variieren Aufkommen und stoffliche Eigenschaften. Das Vorkommen bestimmter Branchen ist von gebietsspezifischen Gegebenheiten (z.B. Fischverarbeitung) oder auch Traditionen abhängig (Obstanbaugebiete etc.). Als Haupterzeuger von organischen Industrie- und Gewerbeabfällen kommen insbesondere die in Tab. 7 zusammengestellten Branchen in Frage.

Tab. 7: Haupterzeuger von organischen Abfällen aus Industrie und Gewerbe

Branche	Gewerbe
Ernährungs- und Genussmittelindustrie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mälzereien, Brauereien, Brennereien, Weinkellereien ➤ Stärkeindustrie, Speiseöl- und Fettindustrie, Zuckerfabriken ➤ Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetriebe, Fischverarbeitung ➤ Obst- und Gemüseverarbeitung, Kartoffelverarbeitung ➤ Molkereien, Käsereien ➤ Schokoladenindustrie, Kaffeeindustrie ➤ Hautleim- und Gelatineindustrie ➤ Hefefabriken, Backwarenindustrie ➤ Mahl- und Schälmmühlen
Chemische Industrie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zitronensäureproduktion, Penicillinproduktion
Dienstleistungsgewerbe	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gastronomie, Großküche, Catering und Flughäfen
Handel	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lebensmittelhandel, Wochen- und Privatmärkte, Markthallen, Blumen- Obst- und Gemüsegroßmärkte, Großmärkte
Sonstiges Gewerbe	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ledererzeugung- und Verarbeitung

(Quelle: KAUTZ, 1995, gekürzt um Agrarindustrie und Entsorgungswirtschaft)

Aufgrund der gebietsspezifischen Abhängigkeiten lassen sich deutschlandweit recherchierte oder auch hochgerechnete Daten nicht oder nur mit großen Unwägbarkeiten auf Hessen übertragen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde deshalb der Versuch unternommen, das Aufkommen an organischen Industrie- und Gewerbeabfällen zumindest stichprobenartig abzufragen.

Da die Speiseabfallmengen bereits in einem separaten Kapitel behandelt wurden, beschränkte sich die Abfrage auf den Branchenschwerpunkt Ernährungs- und Genussmittelindustrie. Den Anteil verschiedener Branchen der Ernährungsindustrie in Hessen, deren Beschäftigte sowie die Umsatzzahlen fasst Tab. 8 zusammen.

Tab. 8: Branchenspiegel der Ernährungsindustrie in Hessen

	Anzahl der Betriebe	Beschäftigte	Gesamtumsatz in 1000 €/a
Süßwaren	9	4.716	1.702.077
Milchverarbeitung	14	2.439	1.123.600
Erfrischungsgetränke	22	2.699	656.854
Backwaren	198	11.041	877.905
Fleischverarbeitung	81	4.604	857.747
Brauereien	17	1.875	324.736
Obst- Gemüseverarbeitung	18	1.499	297.961
Wein	5	607	422.408
Sonstige	34	5.506	1.618.467
gesamt	398	34.986	7.881.755

Quelle: (ARBEITSGEMEINSCHAFT ERNÄHRUNGSINDUSTRIE HESSEN, STAND 2004)

Mit rd. 7,9 Mrd. € Umsatz im Jahr 2004 nimmt die Ernährungsindustrie den sechsten Platz im Ranking des verarbeitenden Gewerbes in Hessen ein (Gesamtumsatz 86,3 Mrd. € in 2004). Schwerpunkte bilden die Süß- und Backwarenindustrie, gefolgt von der Milch- und Fleischverarbeitung.

Zur stichprobenartigen Abfrage der Ernährungsindustrie in Hessen wurde eine Adressabfrage bei der Industrie- und Handelskammer beauftragt, da die Arbeitsgemeinschaft Ernährungsindustrie Hessen (AGEH), bei der alle relevanten Betriebe Mitglied sind, leider nicht bereit war, die Adressen zumindest einer Zufallsauswahl zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen der Datenabfrage der IHK konnten leider keine Bäckereien erfasst werden, so dass diese Branche in der Abfrage nicht entsprechend berücksichtigt werden konnte. Lediglich die Adressen von zwei Großbetrieben wurden recherchiert. Insgesamt wurden 48 Betriebe in folgenden Branchen befragt:

➤ Süßwarenindustrie	6 Betriebe
➤ Milchverarbeitung	1 Betrieb
➤ Erfrischungsgetränke	9 Betriebe
➤ Backwaren	2 Betriebe
➤ Fleischverarbeitung	9 Betriebe
➤ Brauereien	5 Betriebe
➤ Obst- und Gemüseverarbeitung	5 Betriebe
➤ Wein und Spirituosen	9 Betriebe
➤ Sonstige Branchen	2 Betriebe

Im Vorfeld der telefonischen Befragung wurde den Betrieben ein Informationsanschreiben zugeschickt. Ungefähr eine Woche nach Versendung der Informationsschreiben wurde mit der telefonischen Befragung begonnen.

Von den angeschriebenen Betrieben waren 37 bereit, Auskunft über ihre Abfallsituation zu geben. Etwa 40 % der befragten Betriebe (16) gaben an, dass bei ihnen keine organischen Abfälle anfallen, davon 9 Produzenten von Erfrischungsgetränken, 2 Betriebe der Obst- und Gemüseverarbeitung, 3 Hersteller von Wein und Spirituosen und 2 Betriebe sonstiger Branchen.

Süßwaren (ohne Speiseeis)

Die Süßwarenindustrie stellt eine breite Produktpalette von Schokoladenerzeugnissen, Zuckerwaren, Dauerbackwaren, aber auch Rohmassen für Bäckereien etc. her. Von den befragten Betrieben wurden als Hauptabfallgruppen Backabfälle (teils fertige Produkte), Schokoladenreste, Getreideabfälle, Zucker, Nüsse, Fette, Milchreste, Obstsaft, Obstreste und abgelaufene Ware benannt.

6 Betriebe gaben Auskunft über die Anzahl der Mitarbeiter, 5 Betriebe über ihre Abfallmengen. Insgesamt werden von den 6 Betrieben rd. 4.315 Mitarbeiter beschäftigt, zu einem geringen Teil auch Zeitarbeiter. Die Betriebsgröße variiert zwischen 75 und 3.600 Mitarbeitern.

Die Abfallmengen betragen in der Summe der 5 Betriebe rd. 16.650 Mg/a bzw. rd. 3,9 Mg je Mitarbeiter und Jahr. Die Variationsbreite der Abfallmengen je Mitarbeiter schwankt zwischen 0,1 und 5,1 Mg je Mitarbeiter und Jahr, wobei ein Betrieb mit 30 Mg Abfall pro Jahr und Mitarbeiter eine deutlich überdurchschnittliche Abfallmenge aufweist.

Mit den 6 befragten Betrieben konnten die wesentlichen Süßwarenproduzenten in Hessen erreicht werden, da von den 4.716 Mitarbeitern, die von der Arbeitsgemeinschaft

Ernährungsindustrie Hessen für 2004 in 9 Betrieben angegeben wurden, 4.315 in den befragten Betrieben beschäftigt sind. Eine Hochrechnung auf die Abfallmengen der Süßwarenindustrie in Hessen ist damit möglich; sie liegt bei rd. 18.500 Mg pro Jahr.

Milchverarbeitung

Da Kuhmilch zu über 85 % aus Wasser besteht, fällt im Rahmen der Milchverarbeitung zum Großteil Molke als Abfallstoff an – Süßmolke bei der Käseherstellung, Sauermolke bei der Herstellung von Sahne, Quark und Butter. Nach Angaben der Landesvereinigung der Bayerischen Milchwirtschaft e.V. werden pro kg Hartkäse ca. 10 kg Milch benötigt. Zur Herstellung von 1 kg Weichkäse (z.B. Camembert) werden dagegen nur ca. 6 bis 7 Liter Milch benötigt. Bei der Quarkherstellung sind je kg Quark ca. 3 kg Milch erforderlich.

Bei der Aufbereitung von Frisch- bzw. haltbarer Milch fallen dagegen keine Abfälle an. Demnach wird das Abfallaufkommen eines Milchverarbeitungsbetriebes stark von der Produktausrichtung bestimmt.

Die Milchproduktion in Hessen betrug im Jahr 2003 1.010.000 Mg, von denen 801.000 Mg in Hessischen Unternehmen verarbeitet wurden (BMVEL, 2005). Nach Angaben des BMVEL (2005) gab es im Jahr 2003 insgesamt 17 Betriebsstätten in Hessen, die in 11 Unternehmen organisiert waren.

Im Rahmen der Befragung zum Abfallaufkommen wurde lediglich ein Betrieb hinsichtlich seiner Abfallmengen befragt. Die Molkerei gab an, dass in ihrem Betrieb 7.800 Mg Sauermolke anfallen, 60 Mg Fehlchargen und Rückläufe und 104 Mg Klärschlämme. Bei rd. 400 Mitarbeitern im Betrieb ergibt sich somit eine Abfallmenge von rd. 20 Mg je Mitarbeiter jährlich. Die entstehende Sauermolke ist ein Abfallprodukt aus der Quark-, Joghurt- und Sahneproduktion. Im Jahr 2003 wurden rd. 218.829 Mg Milch verarbeitet, im Jahr 2006 rd. 212.429 Mg, von denen jeweils zwei Drittel zu Frisch- und H-Milch verarbeitet wurden.

Damit entfällt auf diese Molkerei rd. ein Viertel der in Hessen verarbeiteten Milch (vgl. Angaben BMVEL). Von den in Hessen registrierten Milchverarbeitungsbetrieben hat sich jedoch rd. die Hälfte der Betriebe auf die Käseherstellung spezialisiert, so dass in diesen Betrieben mit einem höheren Abfall- bzw. Molkeaufkommen gerechnet werden muss.

Für die Hochrechnung der Abfallmenge aus den hessischen Milchverarbeitungsbetrieben wurde auf Literaturwerte zurückgegriffen. Allerdings fallen die in der Literatur angegebenen Werte sehr unterschiedlich aus. So werden für das Land Sachsen organische Abfallmengen von rd. 3,4 Mg je Beschäftigtem angegeben (BISCHOFBERGER, 2003).

Auf Basis dieser Angabe würden sich für Hessen lediglich rd. 8.300 Mg organische Abfälle aus Milchverarbeitung ergeben. Diese Zahl ist aufgrund der Tatsache, dass bereits in einem Betrieb Abfälle in Höhe von 7.900 Mg entstehen, viel zu gering. Legt man die Angabe von BAUR und HAAS (2002) von 30 kg je Einwohner und Jahr zugrunde, ergibt sich eine Abfallmenge von rd. 180.000 Mg, die zu hoch sein dürfte.

Rechnet man die 19 Mg je Beschäftigtem in der Milchverarbeitung in Hessen hoch, ergeben sich rd. 49.000 Mg. In Anbetracht der Tatsache, dass der befragte Betrieb rd. ein Viertel der in hessischen Produktionsstätten verarbeiteten Milch umsetzt, und etwa die Hälfte der Milchverarbeitungsbetriebe in der Käseproduktion tätig ist, wird das Abfallaufkommen auf rd. 60.000–70.000 Mg pro Jahr geschätzt.

Backwaren

Die beiden befragten Betriebe gaben an, dass in ihren Betrieben lediglich alte Backwaren als Abfälle anfallen. Zu den Abfallmengen gab nur ein Betrieb Auskunft. In dem Betrieb mit 250 Mitarbeitern fallen jährlich rd. 240 Mg Abfälle an. Dies entspricht rd. 1 Mg Abfall je Mitarbeiter und Jahr. In der Literatur werden 3 kg Backwarenabfälle je Einwohner und Jahr genannt (BAUR UND HAAS, 2002) bzw. 0,7 Mg Abfälle je Beschäftigtem (BISCHOFBERGER et al., 2003).

Hochgerechnet auf Hessen ergeben sich bei 3 kg je Einwohner und Jahr rd. 18.000 Mg Abfälle im Bereich Backwaren; auf Basis von 0,7 Mg Abfällen je Beschäftigtem in der Branche Backwaren ergeben sich rd. 7.700 Mg pro Jahr in Hessen.

Die Hochrechnung von rd. 1 Mg Abfall je Mitarbeiter ergibt eine Abfallmenge von rd. 10.300 Mg pro Jahr. Die Gutachter gehen deshalb von einer jährlichen Abfallmenge in der Branche des Backgewerbes (Brot- und Backwaren) von rd. 10.000 Mg aus.

Schlachtbetriebe und Fleischverarbeitung

Von den 9 befragten Betrieben waren nur 5 Betriebe bereit, an der Befragung teilzunehmen. Bei den befragten Betrieben war zudem kein eigentlicher Schlachtbetrieb, so dass die Abfrage sich rein auf verarbeitende Betriebe bezog. In diesen Betrieben fallen folgende Abfälle an: Fleischabfälle, Fette, Schwarten, Knochen, Darmreste, Wurstabfälle, Speisereste, Fisch, Essig/Öl, Obst, Bratreste. In 4 der Betriebe mit insgesamt 225 Mitarbeitern fallen insgesamt 387 Mg Abfälle an, im Mittel entspricht das einer Menge von 1,7 Mg je Mitarbeiter und Jahr.

Die Schwankungsbreite der spezifischen Abfallmenge liegt jedoch zwischen 0,4 und 4,9 Mg Abfälle pro Mitarbeiter und Jahr, so dass eine Hochrechnung auf Hessen aufgrund der geringen Anzahl der befragten Betriebe nicht möglich ist. Aufgrund dessen und wegen der Tatsache, dass keine Schlachtbetriebe im Rahmen der Befragung Auskunft geben wollten, wurde eine Hochrechnung der Abfallmengen auf Basis der in Hessen bzw. Deutschland vorgenommenen Schlachtungen durchgeführt.

Basisdaten dieser Berechnung sind die Angaben über die Anzahl der Schlachtungen in Hessen und Deutschland des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2006 und die spezifischen Abfallindizes, die das Verhältnis beziffern, in welchem die Abfallmenge zur Gesamtschlachtmenge (Produkt = Fleisch) steht (HEISS, 2003).

Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Tab. 9 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 9: Anzahl der Schlachtungen (gewerblich und Hausschlachtungen) in Deutschland und Hessen und die daraus resultierenden Abfallmengen

	Einheit	Tiere						Summe Schlachtungen
		Rinder	Kälber	Schweine	Schafe	Ziegen	Pferde	
Deutschland	Stück	3.465.825	340.697	50.113.093	1.196.202	23.961	9.567	55.149.345
Schlachtungen Hessen								
Januar	Stück	5.806	151	65.643	24.559	76	56	96.291
Februar	Stück	5.307	148	58.528	14.981	68	50	79.082
März	Stück	6.410	193	66.618	21.336	91	54	94.702
April	Stück	4.542	219	56.478	34.356	722	64	96.381
Mai	Stück	4.437	184	62.496	25.617	66	56	92.856
Juni	Stück	3.706	131	54.835	24.453	71	45	83.241
Juli	Stück	3.072	112	56.306	19.504	55	62	79.111
August	Stück	3.778	142	53.491	20.603	52	55	78.121
September	Stück	4.675	156	55.682	21.413	69	76	82.071
Oktober	Stück	5.632	205	61.833	21.174	695	54	89.593
November	Stück	6.823	244	66.173	21.768	163	94	95.265
Dezember	Stück	5.897	359	60.608	34.356	501	68	101.789
Summe Hessen	Stück	60.085	2.244	718.691	284.120	2.629	734	1.068.503
Schlachtungen Hessen zu Deutschland	%	1,7%	0,7%	1,4%	23,8%	11,0%	7,7%	1,9%
Produktmenge/Schlacht.	kg	319	126	95	22	18	264	
Abfallindex ¹⁾	Faktor	0,69	0,88	0,26	0,97	0,97	0,75	
Abfallmenge	kg	219,8	110,6	24,7	21,3	17,3	198,2	
mittl. Lebendgewicht	kg	538,4	236,3	119,8	43,3	35,2	462,5	
Abfallmenge Hessen	Mg/a	13.208	248	17.768	6.054	46	146	37.469
Abfallmenge Deutschl.	Mg/a	761.863	37.677	1.238.942	25.488	416	1.896	2.066.282

¹⁾ Abfallindex = Masse des anfallenden Abfalls / Masse des verkaufsfertigen Produkts

Die Ausführungen zeigen, dass im Sommer weniger Schlachtungen durchgeführt werden als in den Wintermonaten und der Anteil der Schlachtungen in Hessen mit rd. 2 % im Vergleich mit den Schlachtungen in Deutschland sehr gering ist. Lediglich der Anteil der Schafschlachtungen ist mit rd. 24 % als hoch zu bewerten.

Über die mittlere Produktmenge je Schlachtung (Gesamtschlachtmenge) und den spezifischen Abfallindex lässt sich die Abfallmenge je Schlachtung errechnen, die je nach Tierart stark variiert. Insgesamt ergibt sich in Hessen eine Abfallmenge von Schlachthofabfällen und Abfällen aus der Fleischverarbeitung von rd. 37.500 Mg pro Jahr. Nicht darin enthalten sind die Abfälle aus gefallen Tieren (Tierkadaver).

Somit beträgt der Anteil der Schachtabfälle und tierischen Nebenprodukte aus Hessen lediglich 1,8 % der Gesamtabfallmenge dieser Abfallgruppen in Deutschland, die sich auf rd. 2,1 Mio. Mg/a summiert. Aufgrund der geringen Anzahl von 16 zugelassenen Schlachtbetrieben in Hessen im Vergleich zu den 431 registrierten Betrieben in Deutschland sind auch kaum höhere Abfallmengen in dieser Branche in Hessen zu erwarten.

Die Zahl von 2,1 Mio. Abfällen aus Schlacht- und Zerlegebetrieben (Schlachtnebenprodukte - alle Kategorien) in Deutschland wird für 2006 auch von der STN - SERVICEGESELLSCHAFT TIERISCHE NEBENPRODUKTE MBH (2006) angegeben.

Brauereien

Im Braugewerbe fallen im Wesentlichen die Abfallstoffgruppen Biertreber, Althefer und Kieselgurschlamm an. Den größten Anteil nimmt Biertreber mit 75-90 % ein, gefolgt von Althefen mit 10-15 % und Kieselgurschlamm mit 2-5 %. In Hessen gibt es laut Angaben des DEUTSCHEN BRAUER-BUNDES (2006) gegenwärtig 67 Braustätten. Die Braustätten sind im Besitz weniger Eigentümer; für Hessen werden von der Arbeitsgemeinschaft Ernährungsindustrie 17 Betriebe mit Sitz in Hessen angegeben (vgl. Tab. 8). Die durchschnittliche Produktionskapazität der Hessischen Braustätten liegt bei rd. 52.000 hl im Jahr und ist damit vergleichsweise gering (Bundesdurchschnitt rd. 230.000 hl/a und Braustätte – ohne Bayern).

Von den 5 befragten hessischen Brauereien gaben drei Auskunft über die Zusammensetzung ihres Abfallaufkommens, aber leider nur 2 über die Abfallmengen. Im Mittel ergab sich in den zwei Betrieben eine Abfallmenge von rd. 114 Mg je Beschäftigtem und Jahr.

Da die recherchierten Abfallmengen der befragten Betriebe in Hessen eine Hochrechnung kaum erlauben, wurde für die Ermittlung der Größenordnung der Brauereiabfälle in Hessen auf Daten des Bundeslandes Sachsen zurückgegriffen, für das im Jahr 2000 landesweite Berechnungen durchgeführt wurden, die auf Hessen übertragen werden können (BISCHOFBERGER et al., 2003). In Sachsen gibt es 57 Braustätten, die jedoch mit einer jährlichen Braumenge von rd. 148.000 hl im Mittel größer sind als die hessischen Betriebe. Durchschnittlich fallen in den sächsischen Betrieben jährlich 100 Mg Abfälle pro Beschäftigtem an.

Übertragen auf Hessen ergeben sich somit jährliche Abfallmengen von rd. 188.000 Mg. Es wird deshalb von rd. 190.000 Mg Brauereiabfällen in Hessen ausgegangen.

Obst- und Gemüseverarbeitung

Bei der Verarbeitung von Obst und Gemüse wird eine Vielzahl von Produkten erzeugt. Im Rahmen der Verarbeitung von Frischprodukten fallen Putz- und Schälreste sowie Pressrückstände an. Werden in den Betrieben jedoch bereits aufbereitete Rohwaren, z.B. Konzentrate oder geschälte Ware verarbeitet, fallen nur noch geringe Abfallmengen in Form von Fehlchargen oder verbrauchten Produktionsmitteln, wie z.B. Fette etc., an.

Die befragten Betriebe im Bereich Obst- und Gemüseverarbeitung stellen Obst- und Gemüsesäfte sowie Gewürze her, ein Betrieb verarbeitet Kartoffeln. Die Betriebe der Kartoffelverarbeitung und Gewürzherstellung gaben an, dass bei ihnen keine Abfälle entstehen.

In den Betrieben der Obst- und Gemüsesaftproduktion fallen im Wesentlichen Tresterabfälle an. Angaben zur Abfallmenge machten zwei der Betriebe. In den beiden Betrieben sind 100 Personen beschäftigt und es fallen rd. 2.000 Mg Tresterabfälle an.

Eine Hochrechnung auf alle Betriebe der Obst- und Gemüseverarbeitung in Hessen ist nicht möglich, da nicht bekannt ist, was in den einzelnen Betrieben hergestellt wird, und die Abfallmengen aus der Safterstellung nicht auf andere Produktionszweige übertragen werden können.

Zusammenfassung der Abfallmengen aus der hessischen Lebensmittelindustrie

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die bekannten bzw. geschätzten Abfallmengen der einzelnen Branchen der hessischen Lebensmittelindustrie.

Tab. 10: Abfallmengen der einzelnen Branchen der hessischen Lebensmittelindustrie

	Anzahl der Betriebe	Beschäftigte	geschätzte Abfallmengen (Mg/a)
Süßwaren	9	4.716	18.500
Milchverarbeitung	14	2.439	70.000
Erfrischungsgetränke	22	2.699	k.A.
Backwaren	198	11.041	10.000
Fleischverarbeitung	81	4.604	37.500
Brauereien	17	1.875	190.000
Obst- Gemüseverarbeitung	18	1.499	k.A.
Wein	5	607	k.A.
Sonstige	34	5.506	k.A.
gesamt	398	34.986	326.000

Aus den Recherchen ergibt sich eine Abfallmenge von rd. 330.000 Jahrestonnen organischer Gewerbeabfälle aus 5 der führenden in Hessen vertretenen Lebensmittelbranchen. Eine umfassendere und weiter reichende Recherche, die auch eine Abschätzung der Abfälle der sonstigen Branchen bzw. der Obst- und Gemüseverarbeitungsbetriebe erlaubt, konnte im Rahmen der vorliegenden Studie nicht geleistet werden.

Unter Berücksichtigung der organischen Abfälle, die in Supermärkten anfallen und den weiteren nicht befragten Gewerbebranchen, deren Abfälle zumindest teilweise nativ-organisch sind, werden die Menge organischer Gewerbeabfälle in Hessen auf rd. 400.000 Mg pro Jahr geschätzt.

3.4.2 Qualität

Die organischen Gewerbeabfälle sind hinsichtlich ihrer Qualitätseigenschaften für eine energetische Verwertung unterschiedlich zu beurteilen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass grundsätzlich alle für eine Verwertung in einer Vergärungsanlage geeignet sind.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wertgebenden Eigenschaften der organischen Abfälle aus Gewerbebetrieben.

Tab. 11: Stoffdaten verschiedener Abfälle aus der Lebensmittelindustrie

Substrat	TM		oTM		Methanertrag				Quelle
	%		%		m ³ CH ₄ /kg TM		m ³ CH ₄ /kg oTM		
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	
Apfelschlempe	2	3	95		0,31		0,33		Kuhn
Apfeltrester	16	25	86	97					Kuhn/KTBL
Biertreber	20	24	87	96	0,30	0,63	0,35	0,70	Kuhn/Weiland/KTBL
Hopfentreber	97	97,5	90		0,45	0,50	0,50	0,55	Kuhn
Filtrationskieselgur (Bier)	30		6,3		0,02		0,30	0,35	Kuhn
Gemüseabfall	5	20	76	90	0,30		0,40		Kuhn/Weiland
Altbrot	65	90	96	98	0,67	0,74	0,70	0,75	Kuhn/KTBL
Kakaoschalen	95		91						Kuhn
Kartoffelschlempe	6	15	87	90	0,22	0,50	0,24	0,55	Kuhn/Weiland/KTBL
Molke	4	6	80	92			0,50	0,60	Kuhn/Weiland/KTBL
Obsttrester	22	45	93	98	0,31	0,41	0,27	0,44	Kuhn/Weiland/KTBL
Rebentrester	25	50	75	95					Kuhn
Blutmehl	90		80						Kuhn
Flotatschlamm	5	24	93	98	0,56	0,78	0,60	0,80	Kuhn
Mageninhalt	12	15	80	84	0,16	0,25	0,20	0,30	Kuhn
Panseninhalt (unbehandelt)	11	19	80	88	0,21	0,35	0,26	0,40	Kuhn/Weiland
Panseninhalt (abgepresst)	20	45	90		0,54	0,63	0,60	0,70	Kuhn
Knochenabfälle u. Hautreste	57		63						Baur
Tierkörpermehl	8	25	90		0,45	0,72	0,50	0,80	Kuhn
Separatorfett	25		92						Kuhn
Fett aus Fettabscheidern	2	70	75	98	0,32	0,75	0,42	1,00	Kuhn/Weiland/KTBL

Tab. 11 zeigt, dass die Substrateigenschaften der organischen Gewerbeabfälle erheblich variieren können; so z.B. der TM-Gehalt bei Fett aus Fettabscheidern, der zwischen 2 % und 70 % schwanken kann. Insbesondere die Gehalte an organischer Trockenmasse geben jedoch einen entscheidenden Hinweis auf die mögliche Biogas- bzw. Methanausbeute.

Bei der Verwertung organischer Gewerbeabfälle im Rahmen der Vergärung sind genaue Kenntnisse über die Substrateigenschaften erforderlich, da sie eine entscheidende Grundlage für die Dimensionierung der Anlagenaggregate darstellen. Neben den wertgebenden Eigenschaften (vgl. Tab. 11) gibt es begrenzende Faktoren, wie z.B. den Stickstoffgehalt. So werden mit Schlachtabfällen (Innereien, Blut und Tierfett) und Molkereiabfällen vergleichsweise rasch hohe Stickstoffbelastungen im Substrat erreicht, die nicht nur hemmend sondern sogar toxisch auf die Mikroorganismen wirken können. In diesem Zusammenhang sind auch die pH-Werte der Gewerbeabfälle von Bedeutung.

3.4.3 Verwertung / Verbleib

Bei organischen Gewerbeabfällen handelt es sich i.d.R. um Produktionsrückstände, die bei bekannter gleich bleibender Zusammensetzung bzw. Qualität als Massenabfälle anfallen. Ihre Verwertung bzw. Entsorgung verläuft daher meist in langfristig bestehenden Strukturen. In der folgenden Tab. 12 sind die Angaben über die Verwertungswege der organischen Abfälle der befragten Firmen zusammenfassend dargestellt.

Tab. 12: Gängige Verwertungswege von organischen Gewerbeabfällen und Kriterien der befragten Betriebe für eine Abgabe der Abfälle an eine Vergärungsanlage

	Verwertungswege	Kriterien für die Abgabe der Abfälle an eine Vergärungsanlage
Süßwaren	Futtermittelindustrie, Biogasanlage, Nahrungsmittelrecycling	Preis für die Abfälle, großes Interesse bei denen, die für die Entsorgung zahlen
Milchverarbeitung	Futtermittelindustrie	kurzfristige und tägliche Verfügbarkeit der Anlage
Erfrischungsgetränke	keine Abfälle angegeben	
Backwaren	Biogasanlage	
Fleischverarbeitung	Tierkörperbeseitigung / Tierfutterproduktion, Biogasanlage	Preis für Abfälle, werden z. T. kostenneutral abgegeben z. T. wird zugezahlt
Brauereien	als Futter- oder Düngemittel direkt an Landwirte, Lebensmittelindustrie (Bierhefe)	Preis für Abfälle, werden z. T. kostenneutral abgegeben, interessant für Kieselgur, da hierfür zugezahlt werden muss
Obst- Gemüseverarbeitung	als Futter- oder Düngemittel direkt an Landwirte, Biogasanlage	Kostenneutralität, möglichst wenig Verwaltungsaufwand, hohe Absatzmenge in kurzer Zeit (Sept.-Okt.)

Die Befragung hat gezeigt, dass ein Großteil der organischen Gewerbeabfälle in der Futtermittelindustrie einer stofflichen Verwertung zugeführt wird, ein kleinerer Teil wird bereits in Biogasanlagen verwertet.

Insbesondere von Abfällen aus der Obst- und Gemüseverarbeitung sowie von Brauereien ist jedoch bekannt, dass sie zum Teil auch als Düngemittel direkt auf die Felder gebracht werden. Dieser Verwertungsweg wird mit der neuen Bioabfallverordnung jedoch verwehrt. Wird die gegenwärtige Diskussionsgrundlage der Novelle der Bioabfallverordnung

umgesetzt, müssen alle Bioabfälle² gemäß § 3 einer hygienisierenden und gemäß § 3a einer stabilisierenden Behandlung unterzogen werden. Die Putz- und Schälreste sowie Pressrückstände wie Trester oder Treber etc. müssten dann vor der Ausbringung vorbehandelt werden, was auch in Form einer Vergärung gewährleistet werden kann.

Unter den gegebenen Voraussetzungen ist davon auszugehen, dass künftig größere Abfallmengen, insbesondere aus der Obst- und Gemüseverarbeitung sowie von Brauereien für eine energetische Verwertung zur Verfügung stehen. Der Umfang kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abgeschätzt werden.

Fazit

Das Potenzial an organischen Gewerbeabfällen in Hessen wird auf rd. 400.000 Mg pro Jahr geschätzt. Die Abfälle sind i.d.R. alle als Rohstoff für eine Vergärung nutzbar.

Gegenwärtig wird der Großteil der organischen Gewerbeabfälle als Futtermittel stofflich verwertet, ein geringer Teil wird auch als Düngemittel direkt auf Feldern ausgebracht (Tresterabfälle, Schälreste von Obst und Gemüse).

Der Anteil der organischen Gewerbeabfälle, der mittelfristig in Hessen energetisch verwertet werden kann, wird auf 40 % geschätzt. Die Frage, welche Mengen in eine energetische Verwertung gelangen, wird im Wesentlichen von den Preisen bestimmt, die die Futtermittelindustrie für die Abfälle bezahlt.

² mit Ausnahme der in § 1 Abs. 3 ausgenommenen Bereiche (z.B. Eigenverwertung von Bioabfällen in landwirtschaftlichen Betrieben auf betriebseigenen Flächen) und in Anhang 1 Nr. 1 Spalte 3 besonders benannten Bioabfälle

3.5 Landschaftspflegematerialien

Durch Pflegemaßnahmen fallen in Landschaftsteilen außerhalb von Siedlungsbereichen sowohl krautige bzw. halmartige als auch holzige Biomassen an: krautige/halmartige Biomassen vornehmlich beim Straßenbegleitgrün – holzige Materialien entlang von Straßen und Bahnlinien sowie bei Maßnahmen an Feldgehölzen und in Obstbeständen. Nach ARETZ & HIRSCHL (2007) bieten auch Windschutzpflanzungen und Rechenanlagen wasserbaulicher Einrichtungen holzige Biomassenpotenziale, die mit genutzt werden könnten. KALTSCHMITT et al. (2003) rechnen auch anfallende holzige Biomassen aus Parks, von Sportplätzen und Friedhöfen zu dieser Kategorie.

3.5.1 Straßenbegleitgrün

Das Straßennetz Hessens hat mit einer Länge von 16.389 km einen Anteil am Bundesnetz von rd. 7 %. Im Einzelnen werden von den zuständigen Ämtern für Straßen- und Verkehrswesen folgende Straßenkategorien betreut:

Straßenkategorie	Länge
Autobahnen:	1.256 km
Bundesstraßen:	3.233 km
Landstraßen:	6.977 km
Kreisstraßen:	4.923 km

In der Regel sind die Straßenränder mit einer Vegetationsdecke besiedelt. Meist schließt sich an die Fahrbahndecke ein Streifen mit halmartiger bzw. krautiger Vegetation an, danach oftmals ein Aufwuchs mit Gehölzen (strauch- bzw. baumartig).

Aufgrund rechtlicher Rahmenbedingungen besteht seitens der Ämter für Straßen- und Verkehrswesen die Pflicht zur Pflege der Straßenrandbereiche, die sich in ihrer Intensität, Pflegebreite und -häufigkeit je nach Vegetationsaufwuchs unterscheiden.

Die Pflegearbeiten werden entweder von den zuständigen Straßen- bzw. Autobahnmeistereien oder von beauftragten Dienstleistern durchgeführt.

Halmartige, krautige Biomasse

Die Dichte und Höhe des Aufwuchses wird bei der halmartigen bzw. krautigen Biomasse in erster Linie vom Niederschlag und der natürlichen Zufuhr von Nährstoffen gesteuert. Entlang von landwirtschaftlich genutzten Flächen können auch unmittelbar anthropogen bedingte Nährstoffeinträge auf das Wachstum der Vegetation einwirken. Besonders in und

am Rande nahe gelegener Gräben kann das Vegetationswachstum durch diese Parameter verstärkt werden.

Diese Art von Vegetationsdecke erfährt eine Pflege mittels Mahd oder durch Mulchen.

Im Intensivbereich können jährlich zwei bis drei Mahd-/Mulchtermine notwendig werden, entlang von Strecken mit schwachwüchsigem Aufwuchs auch nur einmalig (KRAUSE, 2007). Die Pflegebreite beträgt bei Bundes-, Land- und Kreisstraßen meist 1 m, bei Autobahnen wird eine Bankette von 3 m Breite gemäht. Zusätzlich sind Mittel- und Trennstreifen sowie Sichtfelder im Bereich von Knotenpunkten zu mähen. Um eine stetige Entwässerung zu gewährleisten, werden Straßenmulden auf einer Gesamtbreite von 2 m gepflegt sowie Böschungen und reine Entwässerungsgräben jeweils innerhalb einer Breite von 1 m.

Auch den Straßen zugehörige Aufenthalts- und Erholungsflächen gehören zu den intensiv gepflegten Bereichen. Weiterhin sind auch die Banketten von Radwegen mit einer Breite von jeweils 0,6 m zu pflegen (vgl. VERBAND DEUTSCHER STRAßENWÄRTER, 2004).

Flächen, die dem Extensivbereich zugeordnet werden, erfahren in der Regel eine einmalige Pflegemaßnahme im Jahr. Dazu gehören insbesondere Grasflächen außerhalb des Straßenrandbereichs, Rückhalte-, Absetz- und Versickerbecken. Entlang von Wildschutz- und Amphibieneinrichtungen kann ebenfalls eine jährliche Pflegemaßnahme notwendig werden.

Nach SPATZ (1994) und BRIEMLE et al. (1991) können die Erträge an halmartiger bzw. krautiger Biomasse auf Grünlandflächen relativ stark schwanken. Auf ärmeren Standorten fallen pro Jahr rd. 3 Mg TS an, mittlere Standorte lassen Erträge um 5 Mg TS zu und gute Standortbedingungen einen Aufwuchs von 7 Mg/ha*a. Nur in Ausnahmefällen (z.B. Regionen in Süddeutschland) werden TS-Erträge von deutlich über 10 Mg TS/ha*a erreicht.

Im Durchschnitt ist an den Straßenrändern von eher mittelmäßigen Standortpotenzialen auszugehen. Da allerdings nicht die gesamten aufwachsenden Biomassen eines Jahres von den Pflegemaßnahmen tangiert werden und durchschnittlich von 2 Pflegezeitpunkten auszugehen ist, wird eine zu beerntende Menge von 4 Mg TS/ha*a unterstellt, was auch dem Mittelwert entspricht, der sich aus dem Biomassenanfall von THRÄN & KALTSCHMITT (2004) mit Massen zwischen 3 und 5 Mg/ha*a herleiten lässt.

Gehölzartige Biomassen

Der gehölzartige Bewuchs entlang von Straßen kann überwiegend durch Strauchgehölze geprägt sein, wenn es sich um Heckenformationen handelt, die entweder natürlich dort siedeln oder künstlich eingebracht worden sind. In vielen Fällen ist der gehölzartige Aufwuchs jedoch Teil von Feldholzkomplexen oder Waldinnenrändern bzw. -außenrändern. Aneinandergereihte Einzelbäume in Form von Alleen stocken z.T. sehr dicht in Fahrbahnrandnähe, Alleenspflanzungen aus der jüngeren Vergangenheit weisen hingegen deutlich weitere Abstände auf.

Zum Intensivbereich der Pflegemaßnahmen gehört der Rückschnitt von Gehölzen im Straßenrandbereich sowie auf Mittel- und Trennstreifen; hier erfolgen die Maßnahmen in der Regel im 3-Jahres-Turnus. Auf Flächen, die den Erholungs- und Aufenthaltsbereichen zuzuordnen sind, wird ein 5-jähriger Pflegezyklus favorisiert.

Zu den Pflegemaßnahmen im Extensivbereich gehören Rückschnitte und Auslichtungen außerhalb des Straßenrandbereichs. In der Hauptsache handelt es sich um Wegeböschungen, auf denen selektiv, z.T. auch in unterschiedlicher Intensität, Gehölze entnommen werden oder Strauchgehölze stark zurück geschnitten werden.

Ähnliche Maßnahmen werden auf Gehölzflächen in der Nähe von Rastanlagen, auf Ausgleichs- und Ersatzflächen und in Rückhalte- und Versickerungsbecken durchgeführt. Rückschnitte oder der Aushieb von Gehölzen können aber auch entlang von Wildzäunen notwendig werden. Häufig wird bei diesen Maßnahmen etwas stärker in den Gehölzbestand eingegriffen, um einen längeren Pflegezyklus zu erreichen.

Sonstige Maßnahmen an Gehölzen fallen meist unregelmäßig an. Hierzu gehört die Freihaltung des Lichtraumprofils, der Rückschnitt von Gehölzen in der Nähe von Kreuzungsbereichen, um das Sichtfeld wieder herzustellen sowie das Sanieren, die Todholzentnahme und das Fällen von Einzelbäumen (z.B. Alleebäume). Nach extremen Witterungsereignissen (Sturm, Eisregen, Nasseschnee) kann es notwendig werden, umgefallene Bäume und damit verbundene Schäden zu beseitigen.

Je nach Art der Bestockung (Sträucher, Bäume), Standortvoraussetzungen (Nährstoffgehalte, Wasserhaushalt) und Alter der Gehölze ist die Eingriffsstärke einer Pflegemaßnahme entsprechend anzupassen.

3.5.1.1 Aufkommen

In jedem Fall muss beim Straßenbegleitgrün zwischen halmartiger bzw. krautiger Biomasse und dem Gehölzaufwuchs differenziert werden. Dies schlägt sich in der Art und Häufigkeit der Pflegemaßnahmen nieder sowie auch in der Höhe der anfallenden Biomassen.

Halmartige, krautige Biomassen

Straßenränder, die mit halmartiger, krautiger Vegetation bewachsen sind, werden, so die Annahme, durchschnittlich zweimal jährlich beidseitig gemäht bzw. gemulcht (s. Abb. 14). Da Bundes-, Land- und Kreisstraßen zwar nur eine Mindestpflegebreite von 1 m haben sollen, an diese sich aber sehr häufig Gräben oder Böschungen anschließen, kann von einer durchschnittlichen Pflegebreite von 2 m ausgegangen werden, so dass je km ca. 0,4 ha Pflegefläche anfallen. Bei den Autobahnen ist die zu pflegende Fläche je km rd. 50 % größer dimensioniert.



Abb. 14: Pflege des krautigen/halmartigen Straßenbegleitgrüns (Foto: MULAG, 2003)

Werden die unterschiedlichen Pflegeintensitäten unterstellt, lässt sich an Hand der zu pflegenden Flächen an Hessens Straßen ein Gesamtaufkommen von über 76.000 Mg Frischmasse errechnen (Tab. 13):

Tab. 13: Pflegeflächen entlang hessischer Straßen

Straßenkategorie	Gesamtlänge	Pflegefläche	Summe Pflegefläche
Autobahnen:	1.256 km	x 0,6 ha	754 ha
Bundesstraßen:	3.233 km	x 0,4 ha	1.293 ha
Landstraßen:	6.977 km	x 0,4 ha	2.791 ha
Kreisstraßen:	4.923 km	x 0,4 ha	1.969 ha
Summe	16.389 km		6.807 ha
6.807 ha x 4 Mg TS = 27.228 Mg TS x f(2,8)			76.240 Mg FM

Gehölzartige Biomassen

Da die mit Gehölzen bewachsenen Straßenrandbereiche bzw. Pflegeflächen hinsichtlich ihrer Flächenausstattung regional sehr unterschiedlich dimensioniert sein können, sind die anfallenden Pflegearbeiten innerhalb der Zuständigkeitsbereiche der Ämter für Straßen- und Verkehrswesen als sehr verschieden einzustufen.

Hinzu kommt die unterschiedliche Ausführung der Arbeiten, die entweder von den Straßenmeistereien selbst oder aber von beauftragten Unternehmen durchgeführt werden. Weiterhin kann auch die Vertragsgestaltung bei ausschreibungspflichtigen Arbeiten unterschiedlich gestaltet sein. So kann der Auftragnehmer beispielsweise bei Gehölzpflegearbeiten (s. Abb. 15) verpflichtet werden, das anfallende Material zu verwerten, zu entsorgen oder aber vor Ort zu belassen, sofern dadurch keine Verkehrsbehinderung gegeben ist.



Abb. 15: Pflege des holzigen Straßenbegleitgrüns (Foto: MULAG, 2006)

Da hinreichendes Datenmaterial über die jeweiligen Parameter wie

- Straßenlänge mit Gehölzbewuchs sowie halmartiger/krautiger Vegetation,
- jährlich zu pflegende Flächen (Gehölzbestände, halmartige/krautige Vegetation),
- Intensität der jeweiligen Pflegemaßnahmen oder der
- jährliche Anfall von Biomassen (halmartig/krautig – gehölzartig)

weder zentral (THEERS, 2007 – Hess. Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen) noch auf Ebene der entsprechenden Ämter für Straßen- und Verkehrswesen erfasst werden, kann eine Biomassenermittlung an Hand einiger realitätsnaher Stichproben erfolgen, die auf eine größere Flächeneinheit extrapoliert werden.

Unterstellt wird in zwei unterschiedlichen Szenarien, dass zum einen 40 % der hessischen Straßenränder mit Gehölzen bewachsen sind, was fast dem Bewaldungsprozent Hessens (42 %) entspricht, zum anderen nur 30 % des Straßennetzes.

Da die gesamte mit Gehölzen besiedelten Straßenränder bzw. Mittelstreifen (s. Abb. 16) nicht jährlich, sondern meist in einem 5-Jahres-Turnus gepflegt werden, reduziert sich auch der jährliche Biomassenanfall auf ein Fünftel. Bei einem beidseitigen Pflegeeingriff von ca. 20 % fallen je Straßenkilometer rd. 80 Srm (Schüttraummeter) gehäckselter Gehölzschnitt an (HARBUSCH, 2007), so dass bei einem Gewicht von rd. 300 kg/Srm ein Aufkommen von rd. 24 Mg Frischmasse (FM) mit einem Wassergehalt von ca. 65 % realisiert werden kann.

Die Herleitung für die jährlich anfallenden Biomassen (holzig) stellt sich wie folgt dar:

Tab. 14: Aufkommen jährlich anfallende Biomassen (holzig)

	Streckenanteil mit Gehölzaufwuchs	
	30 %	40 %
jährliche Pflegestrecke:	990 km / a	1.310 km / a
Biomasseanfall/km: 80 Srm	79.000 Srm	105.000 Srm
jährlicher Biomassenanfall (Srm x 0,3 Mg)	23.700 Mg FM _{65%}	31.500 Mg FM _{65%}

Je nach Szenario ist von einem Biomasseanfall im Bereich des gehölzartigen Aufwuchses an den Straßenrändern von 23.700 Mg bzw. 31.500 Mg Frischmasse auszugehen.



Abb. 16: Rückschnitt der Gehölze im Bereich von Mittelstreifen (Foto: MULAG, 2006)

Zusätzliche Maßnahmen in Gehölzinseln oder in vom Straßenrand weiter entfernten Gehölzstreifen (z.B. durchforstungsähnliche Eingriffe), die Offenhaltung von Lichtraumprofilen oder das Entfernen von Einzelbäumen wurden in dieser Betrachtung noch nicht berücksichtigt. Da es sich hierbei um eher unregelmäßig anfallende Pflegearbeiten mit sehr unterschiedlichen Intensitätsgraden handelt, kann eine Quantifizierung der jährlichen Biomassemengen aus diesem Bereich nicht hinreichend hergeleitet werden.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass auf deutlich kleineren Pflegeflächen z.T. stärkere Eingriffe vorgenommen werden (z.B. Entnahme vorwüchsiger Bäume am Rand von Gehölzinseln). Somit ist von einem zusätzlichen Biomassepotenzial von ca. 10 % der regulär anfallenden Materialien auszugehen.

Insgesamt können Mengen an holzigen Biomassen zwischen ca. 26.000 und 35.000 Mg FM pro Jahr angesetzt werden.

3.5.1.2 Qualität

Die im Rahmen der Pflege des Straßenbegleitgrüns anfallenden Biomassen werden entweder auf der Fläche belassen, entsorgt oder verwertet. Je nach möglicher Art der Verwertung oder Entsorgung sind Fragen hinsichtlich der Biomassequalität zu stellen. Bei den holzigen Materialien sind neben relativ hohen Wassergehalten aufgrund höherer Rindenanteile auch Überlängen beim Häckselgut – vornehmlich bei der Zerkleinerung schwach dimensionierter holziger Biomassen anfallend – zu nennen. Eine Gegenüberstellung zu sonst üblichen Gehalten in Pflanzen und Böden sowie die Orientierung an

den Grenzwerten der RAL GZ 251 (BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST e.V.) findet an Hand der nachfolgend dokumentierten Untersuchungen statt.

Halmartige, krautige Biomassen

Um das bei der Pflege öffentlicher Grünflächen anfallende Mähgut im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu verwerten (z.B. Kompostierungsanlage, Biogasanlage) und später den Nährstoffkreislauf wieder schließen zu können, müssen die Vorgaben der Bioabfallverordnung eingehalten werden.

Im Rahmen von wissenschaftlichen Untersuchungen wurden an der Staatlichen Versuchsanstalt für Gartenbau der FH Weihenstephan von SELING & FISCHER (2003) eine Vielzahl von Mähgutproben hinsichtlich ihrer Schwermetallgehalte analysiert. Zu den Schwermetallen zählen Elemente, die für Mensch, Tier und Pflanze essentiell sind (Cu, Zn), oder nur für Tier und Mensch (Cr) oder aber nur für Pflanzen nützlich sind (Ni). Elemente wie Pb, Cd, Pt und Hg sind für die genannten Organismen weder essentiell noch nützlich.

Bei der Probenziehung wurden auch unterschiedliche Straßenverkehrsbelastungen (602 bis 136.560 PKW-Einheiten pro 24h) sowie zwei verschiedene Mahdzeitpunkte (Sommer- und Herbstmahd) und zwei Arten der Mahdaufnahme (Absaugung, Abbrechen) berücksichtigt, um mögliche Abhängigkeiten aufzeigen zu können.

Die Untersuchungen der Versuchsanstalt haben zu folgenden Ergebnissen und Rückschlüssen geführt:

- Werden die Schwermetallgehalte des Mähguts mit denen sonstiger Pflanzen verglichen, so konnten in den Proben keine erhöhten Belastungen an Cd, Hg, Ni und Zn festgestellt werden, in wenigen Proben jedoch erhöhte Belastungen bei Cr, Cu, Pb und Pt.
- Während die aus der RAL GZ 251 abgeleiteten Schwermetallgrenzwerte für Hg und Ni in keinem Fall überschritten wurden, kam es bei anderen Elementen vereinzelt zu Überschreitungen, was allerdings in der Regel einen Anteil von nur 3,3 % der Proben ausmachte.
- Die Höhe einiger Schwermetallgehalte korrelierte z.T. mit dem Verkehrsaufkommen – eine Grenzverkehrsstärke ließ sich jedoch nicht ermitteln.

Da die Schwermetallgehalte der Proben in Bezug auf die Grenzwerte der RAL GZ 251 nur in wenigen Fällen überschritten wurden, lässt sich nach SELING & FISCHER (2003) eine Ablehnung des untersuchten Mähguts als Ausgangsmaterial für die Kompostherstellung nicht begründen.

Gehölzartige Biomassen

In der Regel fallen holzige Biomassen im Winterhalbjahr während der Pflegemaßnahmen an Straßenrändern an. Zu dieser Zeit sind die Laubbäume ohne Blattanhang, dagegen die Nadelbäume bis auf Lärche mit Nadeln versehen. Ausführungen von FISCHER et al. (2000) und SELING & FISCHER (2003) belegen, dass vereinzelt Falllaub erhöhte Schwermetallgehalte aufweisen kann – vorzugsweise Pappellaub mit höheren Cd- und Zn-Gehalten. SCHOLZ et al. (2004) weisen darauf hin, dass neben der Pappel auch die Weide für eine Cd-Akkumulation bekannt ist.

Trotzdem lässt sich unter Miteinbeziehung des Falllaubs eine Ablehnung des untersuchten Materials für die Kompostherstellung nicht begründen, da Biomassen mit etwas höheren Schwermetallgehalten mengenmäßig einen eher als gering zu bewertenden Einfluss auf die Gesamtbelastung der Materialien besitzen.

Direkt in naturbelassenen Hölzern sind Metalle und Schwermetalle meist nur als Spurenelemente <1 mg/kg vorhanden. Als Ausnahme müssen Pappel und Weide genannt werden, die auch im Holz ein relativ hohes Akkumulationsvermögen an Schwermetallen, insbesondere an Zn und Cd, zeigen. Während bei Zn in den Untersuchungen von SCHOLZ et al. (2004) Werte zwischen 43 und 58 mg/kg nachgewiesen werden konnten, lagen die Cd-Gehalte zwischen 1,2 und 1,6 mg/kg.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass unter entsprechenden Voraussetzungen (geologische Hintergrundwerte, Stoffeinträge) die Cd-Werte bei den Baumarten Pappel und Weide über dem Grenzwert der RAL GZ 251 (<0,75 mg/kg) liegen können. Der Anteil an eventuell mit Cd belasteten Bäumen sollte im speziellen Fall möglichst gering gehalten werden, um durch unbelastete Materialien die durchschnittlichen Gehalte zu senken.

3.5.1.3 Verwertung / Verbleib

Materialien, die aufgrund von Pflegemaßnahmen im Bereich des Straßenbegleitgrüns anfallen, verbleiben entweder auf der Fläche, müssen entsorgt oder können vermarktet werden.

Halmartige, krautige Biomassen

Im Rahmen der Vorgaben für die notwendige Pflege des Straßenbegleitgrüns werden z.T. auch Angaben über den Verbleib der anfallenden Biomasse formuliert. Während die halmartige bzw. krautige Biomasse auf den gepflegten Flächen in der Regel belassen werden kann, muss entlang der Autobahnen das Mähgut aufgenommen und entsorgt werden, damit trockenes Material durch Aufwirbelung nicht den Verkehr behindert. Häufig wird das anfallende Mähgut in nahe gelegenen Kompostierungsanlagen entsorgt. Aufgrund eventueller Störstoffe und vermeintlich höherer Schwermetallgehalte wird Mähgut in Biogasanlagen derzeit zu nur sehr geringen Anteilen verwendet.

Gehölzartige Biomassen

Die Vorgaben zeigen für die anfallenden Gehölzschnitt-Materialien eine wirtschaftliche Verwertung auf. Dazu gehört sowohl die Zerkleinerung des Materials als auch der Vertrieb und der Einsatz zur Energiegewinnung.

Während feinästiges Material an Mittel- und Trennstreifen der Autobahnen grundsätzlich aufgenommen und verwertet oder entsorgt wird, werden stärkere Dimensionierungen oftmals vor Ort zerkleinert und auf der Fläche belassen oder als Hackschnitzel weiter verwertet.

Ähnlich verhält es sich auch mit den Pflegemaßnahmen an Bundes-, Land- und Kreisstraßen. Dabei besitzt die Verwertung derzeit einen noch relativ geringen Stellenwert, sofern es sich nicht um stärkere Dimensionen handelt, die z.T. als reguläres Brennholz (unzerkleinert) an Nachfrager abgegeben werden und entsprechende Holzerlöse erzielen.

Schwach dimensionierte Materialien wie Baumkronen und Strauchgehölze werden dagegen meist zerkleinert (geschreddert, gehäckselt), anschließend auf der Fläche belassen oder in Containern gesammelt, um sie weiter, meist energetisch, zu verwerten. Im Falle der energetischen Verwertung - trotz anfänglicher Wassergehalte von 60-65 % - können allerdings im Vergleich zu reinen Holz hackschnitzeln hierbei meist nur geringere Erlöse erzielt werden.

3.5.2 Bahnbegleitgrün

Während beim Straßenbegleitgrün das Mähen der krautigen Vegetation entlang von Straßen eine herausragende Bedeutung hat, werden Maßnahmen am Bahnbegleitgrün hauptsächlich an Gehölzen durchgeführt, was aus Gründen der Verkehrssicherheit geschieht.

Entlang der Bahnstrecken werden die Randstreifen in einer Tiefe von 4 bis 8 m – je nach Geschwindigkeitskategorie einer Strecke – gepflegt (s. Abb. 17); meist handelt es sich um 6 m breite Streifen (jeweils beidseitig). Gewisse Zwangsabstände von Bäumen zum unmittelbaren Gleiskörper müssen entsprechend eingehalten werden. Der Bereich der Oberleitungen ist beidseitig in einer Breite von 2,5 – 8 m freizuhalten. In der Nähe von Signalanlagen und Bahnübergängen ist der Gehölzaufwuchs entweder zurückzudrängen oder niedrig zu halten, um erforderliche Sichtweiten zu gewährleisten. Maßnahmen auf separaten Flächen mit Gehölzbeständen (z.B. in Bahnhofsbereichen, an Streckenkreuzungen) spielen eine eher untergeordnete Rolle.



Abb. 17: Pflege von Randstreifen entlang von Bahnstrecken (Foto: MULAG, 2006)

Grundsätzlich ist anzumerken, dass für die Durchführung von Maßnahmen an Gehölzen nur in Ausnahmefällen eine Streckensperrung vollzogen werden kann. Somit werden die Schnittmaßnahmen in der Regel nicht vom Gleiskörper aus geführt, sondern erfolgen arbeitstechnisch unmittelbar in den Randbereichen. Besonders schwierig ist die Pflege in Hanglagen, da die Gleiskörper oftmals keine Zuwegung besitzen und größeres technisches Gerät nicht oder nur schwer einsetzbar ist (GRÄSCHKE, 2007).

Die Intensität der Pflegemaßnahmen entlang von Bahnstrecken ist in bewaldeten Gebieten am höchsten, in offenen Landschaften dagegen meist gering.

3.5.2.1 Aufkommen

Von der Deutschen Bahn Services – Fahrwegdienste – werden nur geringe Arbeitsvolumina selbst ausgeführt. Entweder handelt es sich um leichte Pflegemaßnahmen oder um die Beseitigung akuter Schäden oder Entschärfung von Gefahren.

In der Regel werden die intensiveren Maßnahmen von Subunternehmern durchgeführt, die sich oftmals auch technisch auf diese Arbeiten spezialisiert haben. Die anfallenden holzigen Materialien werden aufgrund vertraglicher Regelungen meist von den Unternehmern beseitigt bzw. verwertet und – bei entsprechender Dimensionierung der holzigen Materialien – auch an Dritte abgegeben. Sind sehr schwierige Reliefbedingungen gegeben, verbleiben die Materialien meist auf der Fläche, wenn keine störenden Auswirkungen des belassenen Holzes zu erwarten sind.

Tendenziell fallen entlang der Bahnstrecken in waldreichen Gebieten größere Mengen an Pflegematerialien an als im Bereich der offenen Landschaft. Eine Mengenquantifizierung ist unter den gegebenen Bedingungen nicht darstellbar.

3.5.2.2 Qualität

Die Qualität der anfallenden Materialien des Bahnbegleitgrüns ist durchaus vergleichbar mit der des Straßenbegleitgrüns, da in der Regel ähnlich dimensionierte Gehölzstrukturen gepflegt werden. Bei der sofortigen Verwertung der holzigen Materialien muss mit Wassergehalten zwischen 50 und 65 % gerechnet werden, wobei Sträucher und Feinäste die höchsten Wassergehalte aufweisen.

3.5.2.3 Verwertung / Verbleib

Da die im größeren Umfang notwendigen Maßnahmen am Bahnbegleitgrün überwiegend von Unternehmen durchgeführt werden und diese eine eventuelle Verwertung/Vermarktung selbst vornehmen, können definitiv keine realitätsnahen Mengenangaben formuliert werden.

Bei Verwertung anfallender Biomassen durch Verkauf der Materialien gestaltet sich häufig die Logistik aufgrund der örtlichen Konzentration anfallender Holzmengen relativ schwierig und kostenaufwändig. Versuche zur selbst organisierten Vermarktung von stärker dimensionierten Sortimenten und Abgabe an Dritte (z.B. als Brennholz) schlugen aufgrund der Kosten-Erlös-Divergenz fehl.

3.5.3 Landschaftspflegeholz / Obstbaumbestände

Im Bereich der offenen Landschaft können von Zeit zu Zeit Pflegemaßnahmen an Gehölzen notwendig werden, die entweder auf Kleinflächen, am Rande von Feldwegen, in der Nähe von Waldrändern siedeln oder auf ehemaligen landwirtschaftlichen Flächen zur Verbuschung beitragen. Diese Maßnahmen erfolgen oftmals unregelmäßig und damit je nach Bedarf. Ähnlich ist die Situation bei extensiven Obstbaumbeständen.

Regelmäßig wiederkehrende Schnittmaßnahmen in kürzeren Zeitabständen werden meist mit der Zielsetzung durchgeführt, Landschaftsbestandteile gezielt offen zu halten. Häufiger und damit meist jährlich finden Schnitte an intensiv genutzten Obstbeständen statt.

3.5.3.1 Aufkommen

Nach MEINHARDT et al. (2000) beläuft sich die jährliche Zuwachsrate von Feldgehölzen und Hecken auf rd. 5 Mg/ha*a. Der Zuwachs an Schnittholz in extensiv bewirtschafteten Streuobstbeständen wird mit rd. 4 Mg/ha*a angegeben, da z.T. auch stärkere Dimensionierungen anfallen. Annähernd genaue Mengen sind nur schwer abschätzbar, da die jeweiligen Maßnahmen nicht in einem bestimmten zeitlichen Turnus anfallen.

Für intensiv bewirtschaftete Obstbestände wird aufgrund jährlicher Schnittmaßnahmen und daraus resultierender dünner Astmaterialien von einem Zuwachs von ca. 1 Mg/ha*a ausgegangen, was bei einer Fläche von rd. 1.300 ha Obstplantagen in Hessen ein hohes Aufkommen von 1.300 Mg Materialien bedeutet.

3.5.3.2 Qualität

Die Qualitäten dieser Materialien sind mit denen des holzigen Straßenbegleitgrüns vergleichbar, wenn von regelmäßig wiederkehrenden Maßnahmen im 1- bis 5-Jahres-Turnus ausgegangen wird. Stärkere Durchmesserdimensionen, wie sie bei älteren Gehölzbeständen auftreten, können zu qualitativ hochwertigen Holzhackschnitzeln verarbeitet werden, sofern sie nicht im Vorfeld als stückiges Holz Verwertung finden.

3.5.3.3 Verwertung / Verbleib

Es ist davon auszugehen, dass ein Großteil der anfallenden Materialien keiner gezielten Verwertung zugeführt wird. In ländlich geprägten Gebieten dürften stärker dimensionierte Hölzer oftmals Absatz in Form von stückigen Sortimenten (vornehmlich Brennholz) finden. Schwache holzige Biomassen verbleiben entweder ungeordnet auf den Flächen, werden zu Haufen aufgeschichtet oder aus Gründen mangelnder Lagerungsmöglichkeiten gehäckselt oder gar verbrannt. Ein eher geringer Anteil wird einer Entsorgung (z.B. in Kompostierungsanlagen) zugeführt, da dies häufig mit der Zahlung von Entgelten verbunden ist.

Für die Schnittmaterialien von extern bewirtschafteten Obstbeständen dürften sich ähnliche Verwertungs- bzw. Entsorgungswege – wie zuvor beschrieben – ergeben. Bei jährlich geführten Baumschnitten verbleiben die Zweige oftmals auf den Flächen und werden im Zuge der Mulcharbeiten im Frühsommer mit zerkleinert.

Fazit

Im Rahmen von Pflegemaßnahmen am Straßenbegleitgrün dürften in Hessen jährlich holzige Biomassen in einer Größenordnung zwischen 26.000 und 35.000 Mg Frischmasse anfallen, von denen ein geringer Anteil genutzt wird. Im Mittel ergibt sich eine Menge von 30.500 Mg.

Durch die Pflege an Obstbaumbeständen ist mit einem zusätzlichen Aufkommen holziger Biomassen von ca. 1.300 Mg/a zu rechnen.

Entlang von Bahntrassen konnte die Höhe der anfallenden holzigen Biomassen nicht ausreichend ermittelt werden (Beauftragung von Subunternehmern).

Von den rd. 76.240 Mg an krautiger Biomasse müssen ca. 11 % der Masse aufgenommen werden (Autobahnen).

3.6 Aufwuchs von Naturschutzflächen

3.6.1 Zusammensetzung, Ausprägung und Verwaltung von Naturschutzflächen in Hessen

Naturschutzflächen sind natürlich vorkommende Flächen- oder Gebietseinheiten mit einer besonderen biologischen Wertigkeit oder mit verschiedenen rechtlichen Bindungsformen zur Erhaltung und Pflege von Naturlandschaften oder naturnahen Kulturlandschaften und Naturdenkmälern, von seltenen und in ihrem Bestand gefährdeten Pflanzen- und Tierarten sowie deren Lebensräumen und ihr Schutz vor Zivilisationsschäden. Die wesentlichen Flächen- oder Gebietseinheiten in Hessen lassen sich unter folgenden Sammelbegriffen zusammenfassen:

- Naturschutzflächen ohne rechtliche Bindung
- Förderflächen
- Kompensationsflächen
- Schutzgebiete

Naturschutzflächen ohne rechtliche Bindung

Naturschutzflächen ohne rechtliche Bindung sind naturschutzfachlich wertvolle Flächen, die keinen naturschutzrechtlichen Auflagen unterliegen. Es handelt sich dabei i.d.R. um private Flächen. Die Flächen sind den naturschutzfachlichen Behörden jedoch bekannt und wurden im Rahmen der Umsetzung der FFH-Richtlinie verschiedenen Lebensraumtypen zugeordnet. Der Umfang der offenen Grünländer, Magerrasen und Heiden ohne rechtliche Bindung, deren Aufwuchs aufgrund der für eine Verfütterung vergleichsweise geringen biologischen Wertigkeit für eine energetische Nutzung theoretisch zur Verfügung stehen könnte, wurde von Hessen Forst FENA, Abt. Naturschutz mit rd. 5.800 ha angegeben.

Förderflächen

Naturschutzfachliche Förderflächen lassen sich in zwei Kategorien unterscheiden:

1. Flächen, die mit einmaligen finanziellen Zuwendungen durch das Land Hessen für Investitions- oder Pflegemaßnahmen unterstützt werden und
2. Flächen des Vertragsnaturschutzes wie des Hessischen Landschaftspflegeprogramms (HELP), des Hessischen Kulturlandschaftsprogramms (HEKUL) und die des Hessischen Agrarumweltprogramms (Hessisches Integriertes Agrarumweltprogramm HIAP), dem Nachfolgeprogramm von HELP und HEKUL

1. Flächen mit einmaligen finanziellen Zuwendungen

Förderflächen mit einmaliger finanzieller Zuwendung des Landes Hessen sind sehr unterschiedlich in ihrer Ausprägung. Es kann sich dabei um Wald, Ackerland, Grünland, Wasserflächen, Uferzonen usw. handeln. Die Verwaltung der einmalig bezuschussten Förderflächen erfolgt zurzeit dezentral in den Regierungspräsidien und den Unteren Naturschutzbehörden, eine zentrale Erfassung über das Programm NATUREG³⁾ wird gegenwärtig erstellt. Der Umfang der Flächen und weitere zusammenfassende Aussagen über die Ausprägung der Flächen kann durch das Programm nicht ausgewertet werden. Ein Teil dieser Flächen ist jedoch Bestandteil übergeordneter Biotope bzw. Flächeneinheiten, die erfasst und hinsichtlich ihrer Ausprägung und Pflege bzw. Bewirtschaftung bewertet werden können (z.B. FFH-Gebiete).

2. Flächen des Vertragsnaturschutzes

Die Flächen des Vertragsnaturschutzes werden in den Kreisverwaltungen (Fachdienste ländlicher Raum) verwaltet und zentral im HMULV (Abt. VII 7B - Agrarumweltmaßnahmen/ Umweltmanagementsysteme) erfasst.

Hessisches Landschaftspflegeprogramm (HELP)

Das Landschaftspflegeprogramm HELP wurde zum Ende des Jahres 2006 beendet und wird wie das HEKUL (s. u.) durch das Nachfolgeprogramm HIAP (s. u.) ersetzt. Die bestehenden HEKUL-Verträge laufen zum Ende der Vertragslaufzeit aus. Schwerpunkte von HELP waren die Extensivierung von Grünlandstandorten, die Pflege von Saumbiotopen und die Offenhaltung aufgegebener ehemaliger landwirtschaftlich genutzter Flächen. Leistungen der Landschaftspflege wurden im HELP durch Verträge zwischen Landwirt und Land festgelegt.

Im Gegensatz zum Hessischen Kulturlandschaftsprogramm (HEKUL) konnten auch für einzelne Flurstücke Verträge abgeschlossen werden. Vergütet wurden vertraglich festgelegte Leistungen, bei extensiver Grünlandnutzung z.B. mindestens der Verzicht auf Düngemittel und Pflanzenschutzmittel. Die HELP-Verträge wurden im Rahmen verschiedener EG-Verordnungen mehrjährig sowie außerhalb dieser Verordnungen einjährig vereinbart. Im Okt. 2007 befanden sich noch 19.608 ha in vertraglicher Bindung.

³⁾ Ziel der Datenbank NATUREG ist der Aufbau und die Einführung eines datenbank- und GIS-gestützten Systems für den Aufbau eines Naturschutzregisters für das Land Hessen. Im NATUREG sollen alle Sach- und Geodaten zu den Flächen mit rechtlichen Bindungen (d.h. Schutzgebiete, Förderflächen und Kompensationsflächen) zentral vorgehalten werden.

Hessisches Kulturlandschaftsprogramm (HEKUL)

Das Förderprogramm HEKUL wurde im Jahr 2007 ebenfalls von dem Förderprogramm HIAP abgelöst, das zum 01.01.2008 in Kraft trat. Die Förderanträge konnten unter Vorbehalt bereits bis Mitte Mai 2007 gestellt werden. Die bestehenden Verträge haben jedoch bis zum Ende ihrer Laufzeit Bestand.

Ziel des HEKUL war es, landwirtschaftliche Produktionsverfahren zu fördern, die auf den Schutz und die Verbesserung der Umwelt sowie die Erhaltung des ländlichen Lebensraums ausgerichtet sind, wie z.B.:

1. Ökologischer Landbau
2. Extensive Grünlandnutzung (0,3 bis 1,4 GV je ha Hauptfutterfläche, höchstens 60 kg min. N/ha Dauergrünland, Begrenzung der Dungmenge auf Dauergrünland, Einschränkung der zugelassenen Pflanzenschutzmittel auf Dauergrünland, Einführung einer gesamtbetrieblich zu führenden Schlagkartei)
3. Modulationsmaßnahmen (Mulch- oder Direktsaat oder Mulchpflanzverfahren, Anbau von Zwischenfrüchten)

Die Betriebsinhaber mussten sich für fünf Jahre verpflichten, nach den für die jeweilige Maßnahme vorgesehenen Richtlinien des HEKUL zu wirtschaften.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt werden 62.297 ha Grünland in Hessen nach den Vorgaben von HEKUL gefördert. Beim Förderprogramm HEKUL stand die betriebszweigbezogene Betrachtung im Vordergrund, so dass die entsprechenden Auflagen im Gegensatz zum HELP-Programm auf dem gesamten Betrieb bzw. auf allen Grünlandflächen eingehalten werden mussten.

Hessisches Integriertes Agrarumweltprogramm (HIAP)

Da ab 2007 neue EU-Rahmenvorschriften in Kraft getreten sind, wie z.B. die Einführung von Cross Compliance und die Gewährung dynamischer Grünland- bzw. Flächenprämien als entkoppelte Direktzahlungen, mussten die bisherigen Agrarumweltprogramme HEKUL und HELP den veränderten Rahmenbedingungen angepasst werden.

Darüber hinaus hat die EU ihren Finanzierungsbeitrag für die Entwicklung des ländlichen Raums um rund 22 % gekürzt.

Deshalb wurden die bisherigen Förderkriterien von HEKUL und HELP überarbeitet und in einem neuen Programm, dem Hessischen Integrierten Agrarumweltprogramm, kurz HIAP, zusammengefasst. Eine wichtige Änderung besteht darin, dass in der Regel nicht mehr - wie bisher beim HEKUL - das gesamte Dauergrünland eines Betriebes in die Extensivierung eingebracht werden kann, sondern nur noch einzelne Schläge, die aufgrund ihrer Standortvoraussetzungen für eine extensive Bewirtschaftung besonders geeignet sind.

Mit dem HIAP werden u. a. folgende Förderschwerpunkte verbunden:

- Ökologischer Landbau
- Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten (Winterbegrünung)
- Anlage von Blühflächen oder Schonstreifen
- Standortangepasste Grünlandextensivierung, d. h.
 - auf den geförderten Flächen Verzicht auf den Einsatz chemisch-synthetischer Dünge- und Pflanzenschutzmittel und organischer Düngemittel,
 - Führen von Schlagkarteien für alle Grünlandflächen des Betriebes (Schlagidentifikation und -größe; Angaben zu Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen; Art, Zeitpunkt und Dauer der Nutzung),
 - im gesamten Betrieb kein Dauergrünland umzubrechen,
 - auf den geförderten Flächen mind. einmal jährlich eine Mahd mit Abtransport des Mähgutes durchzuführen.

Im HIAP können Rahmenverträge mit einer Laufzeit von mindestens fünf Jahren abgeschlossen werden. Bislang wurden Verträge über eine standortangepasste Grünlandextensivierung für 15.567 ha abgeschlossen.

Kompensationsflächen

Kompensationsflächen sind Flächen, die im Rahmen der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung mit besonderen Gestaltungs- und Pflegeauflagen belegt werden, um negative Folgen von Eingriffen in Natur und Landschaft (z.B. durch Baumaßnahmen) zu vermeiden bzw. zu minimieren. Kann dies in direkter Umgebung des Eingriffes nicht gewährleistet werden, soll durch eine Aufwertung der biologischen Wertigkeit von Flächen und Lebensräumen an anderer Stelle ein Ersatz für die verloren gegangenen Biotope hergestellt werden.

Zuständig für die Festsetzung von Kompensationsmaßnahmen bzw. die Pflegeauflagen und die Verwaltung der Flächen sind je nach Verfahren die Oberen oder Unteren Naturschutzbehörden oder Kommunen. Die Pflegeauflagen von Kompensationsflächen erfordern i.d.R. eine dingliche Sicherung in Form eines Grundbucheintrages und werden somit dauerhaft festgeschrieben. Auch die Hessischen Kompensationsflächen werden derzeit in die zentrale Datenbank NATUREG eingearbeitet.

Leider ist es zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich, die Daten über Umfang und Qualität der Kompensationsflächen aus dem Programm abzufragen. Der zuständige Koordinator des RP Kassel hat nach mehrmaligen Zusagen über die Übermittlung der Daten eingeräumt, dass eine korrekte Datenabfrage zurzeit nicht möglich ist und das Programm grundlegend überarbeitet werden muss. Eine aussagekräftige Datenermittlung ist frühestens Mitte nächsten Jahres, wahrscheinlicher jedoch gegen Ende des Jahres möglich.

Schutzgebiete

In Hessen sind in den verschiedenen Naturräumen 768 Naturschutzgebiete mit einer Gesamtgröße von 38.419 ha ausgewiesen. Das entspricht einem Flächenanteil von ca. 1,8 % der Landesfläche. Die durchschnittliche Größe eines hessischen Naturschutzgebietes beträgt rund 50 ha (UMWELTATLAS HESSEN, Stand 12/06).

Die Naturschutzgebiete selbst sind Kernzellen eines großräumigen Biotopverbundes, der zum Ziel hat, ein Netzwerk unterschiedlichster Lebensräume für Tiere und Pflanzen zu erhalten oder die Rahmenbedingungen für deren Entwicklung zu schaffen. Die hessischen Biotopverbundflächen sind Bestandteil eines Europäischen Biotopverbundsystems das als Natura 2000 bezeichnet wird. Die als Naturschutzgebiete ausgewiesenen Flächen stellen in diesem Biotopverbund die Zellen höchster Naturnähe und Lebensraumbedeutung dar.

Gemeinsam mit den Naturschutzgebieten als „Kernflächen“ sind weitere Flächen als so genannte FFH-Flächen oder Vogelschutzgebiete im Rahmen der Natura 2000 ausgewiesen, deren naturschutzfachliche Ausprägung meist nicht so hohe Anforderungen erfüllt wie die Naturschutzgebiete selbst. Maßgabe für die Ausweisung dieser Flächen waren die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) und die Vogelschutz-Richtlinie. Insgesamt umfassen die Natura-2000-Gebiete in Hessen eine Fläche von 440.000 ha (ca. 21 % der hessischen Landesfläche).

Für jedes Natura-2000-Gebiet gibt es Erhaltungsziele, die sich an den im Gebiet vorkommenden Lebensraumtypen und Tier- und Pflanzenarten orientieren. Zum Erreichen dieser Ziele werden Maßnahmen- bzw. Pflegepläne erstellt, die sich in den meisten Fällen jedoch auf die Fortsetzung der bisher ausgeübten ordnungsgemäßen Bodennutzung beschränken. Im Einzelfall können darüber hinaus auch naturschutzfachliche Verbesserungen mit dem Eigentümer vertraglich vereinbart werden, etwa um Verschlechterungen an anderer Stelle im Gebiet auszugleichen.

Die Maßnahmenpläne werden für einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren aufgestellt. Sie können jedoch jederzeit im Rahmen der jährlichen Planumsetzung den veränderten Verhältnissen angepasst werden. Verantwortlich für die Aufstellung der Maßnahmenpläne sind die Oberen Naturschutzbehörden. Im Auftrag der Regierungspräsidien werden die Offenlandgebiete von den Landratsämtern und die Waldgebiete vom örtlich zuständigen Forstamt (Landesbetrieb Hessen-Forst) beplant. Die Maßnahmenpläne entfalten keine unmittelbare Verbindlichkeit für den Eigentümer oder Nutzungsberechtigten; dies erfolgt erst durch eine konkrete vertragliche Vereinbarung.

Die Gebiete der Natura-2000, d.h. Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete setzen sich zusammen aus verschiedensten Lebensraumtypen und Habitaten wie Wald, Hecken, Ackerland, Grünland und Wasserflächen unterschiedlicher Ausprägung. In der folgenden Betrachtung werden jedoch ausschließlich Aufwuchsmengen offener Grünlandbereiche behandelt. Gleiches gilt für die weiteren naturschutzfachlich wertvollen Flächen.

3.6.2 Aufwuchsmengen

Für die Bemessung der Aufwuchsmengen naturschutzfachlich wichtiger Flächen sind mehrere Kriterien von entscheidender Bedeutung. Zu nennen sind neben dem Flächenumfang zunächst die naturschutzfachlichen Maßnahmenpläne bzw. Pflegeauflagen und Erhaltungsziele, die mit der Ausweisung und Förderung der Flächen verbunden werden.

Mit der Definition von Pflegeauflagen sollen die naturschutzfachlichen Ziele einer Fläche eingestellt, erhalten oder verbessert werden, wie beispielsweise eine besondere Artenzusammensetzung auf Grünland, die von speziellen Insekten und Vögeln als natürlicher Lebensraum (Nahrungsgrundlage, Brutraum) benötigt werden. Pflegeauflagen können sehr unterschiedlich sein. Beispiele sind:

- Vorgaben zu Ansaatstärken oder -mischungen
- Düngereduzierung oder -verzicht
- Mähzeitpunkt oder Mähverbot (Sukzession)
- Schnitthöhe
- Erntevorgaben, wie z.B. Anwelken oder Trocknen auf der Fläche zur Gewährleistung des Aussamens
- Beweidungskonzepte

Neben den Pflegeauflagen ist zu berücksichtigen, dass Bodenverhältnisse, Klimadaten und Alter bzw. Aushagerungsgrad der Flächen entscheidenden Einfluss auf die Aufwuchsmengen und deren Qualität nehmen.

Wie bereits dargestellt, konnten im Rahmen der Recherche ausschließlich Angaben zum Umfang der Naturschutzflächen ohne rechtliche Bindung, zu Flächen der Natura-2000-Gebiete (FFH- und Vogelschutzgebiete) und des Vertragsnaturschutzes ermittelt werden, da eine Datenabfrage über das Programm NATUREG zu Umfang und Ausprägung der naturschutzfachlichen Kompensationsflächen und der Flächen mit einmaliger finanzieller Zuwendung zurzeit nicht möglich ist.

Die folgenden Hochrechnungen zu Aufwuchsmengen und zu den Energiepotenzialen der Aufwüchse müssen sich deshalb auf die bekannten Flächen beschränken.

Flächenspezifische Angaben zu Pflegeauflagen für die Natura-2000-Flächen werden nicht zentral erfasst. Anhand der Ausweisung von speziellen Lebensraumtypen nach der FFH-Richtlinie ist es jedoch möglich, Rückschlüsse auf die Pflege der Flächen und die zu erwartenden Aufwuchsmengen zu ziehen. Für die Flächen des Vertragsnaturschutzes liegen ebenfalls keine flächenspezifischen Angaben zu Pflegeauflagen vor; bekannt sind lediglich die Extensivierungsmaßnahmen, die aufgrund der Förderung einzuhalten sind.

Die Interpretation dieser Auflagen lässt jedoch ebenfalls Rückschlüsse auf die Ertragserwartungen der Flächen bzw. deren Aufwuchsmengen zu. Relevante Parameter hierfür waren im Wesentlichen die Dauer der Extensivierung der Flächen (Aushagerungsgrad), Nährstoffversorgung und Anzahl sowie Zeitpunkt der Schnitte. Anhand dieser Parameter erfolgte ein Abgleich mit Literaturwerten (NITSCHKE, 1994; LEMMER, 2000; BRIEMLE, 2003; ELSÄßER, 2003) sowie eigenen Erhebungen der IGW (EINZMANN et al., 2006) zum Flächenertrag von Naturschutzflächen verschiedener Ausprägung.

Die folgende Tab. 15 fasst den Flächenumfang und die zu erwartenden Aufwuchsmengen der offenen Grünländer der Natura-2000-Gebiete, der Flächen ohne rechtliche Bindung und der Vertragsnaturschutzflächen zusammen.

Die Aufwuchsmengen je Lebensraumtyp bzw. Förderprogramm schwanken zwischen 1,5 und 8 Mg Trockenmasse je ha/a. Die Lebensraumtypen der Kategorien 2310 bis 6240 erreichen maximal 3 Mg je ha/a, die weiteren Lebensraumtypen bis 6520 lassen i.d.R. einen höheren Flächenertrag erwarten, der zwischen 3 bis 6 Mg je ha/a liegt und insbesondere bei den mageren Flachland-Mähwiesen (6510) Werte von bis zu 8 Mg je ha/a erreichen kann, da hier z.T. mineralische Düngegaben und bis zu drei Schnitte jährlich möglich sind.

Insgesamt sind in Hessen zurzeit rd. 13.000 ha extensive Grünländer, Magerrasen und Heiden innerhalb und außerhalb der FFH- bzw. Natura-2000-Gebiete erfasst. Auf diesen Flächen kann eine Aufwuchsmenge von rd. 62.000 Mg Trockenmasse pro Jahr erwartet werden (vgl. Tab. 15).

Höhere Flächenerträge ergeben sich im Mittel auf den Flächen des Vertragsnaturschutzes, die gegenwärtig einen Umfang von rd. 97.500 ha haben. Auf diesen Flächen sind z.T. geringfügige mineralische oder zumindest organische Düngegaben erlaubt (HEKUL, HIAP). Zudem sind die Flächen nicht dauerhaft aus der herkömmlichen bzw. intensiveren Wirtschaftsweise herausgenommen. Es kann deshalb von Trockenmasseerträgen zwischen 4 und 6 Mg je ha/a ausgegangen werden. Insgesamt ergibt sich somit auf den Vertragsnaturschutzflächen ein Trockenmassepotenzial von rd. 571.000 Mg/a.

Tab. 15: Flächenanteile und Aufwuchsmengen der offenen Grünlandflächen innerhalb der Natura-2000-Gebiete, von naturschutzfachlich wertvollen Flächen ohne rechtliche Bindung und Vertragsnaturschutzflächen in Hessen

Lebensraumtypen nach FFH-Richtlinie (Natura-2000-Flächen und Flächen ohne rechtliche Bindung)		gemeldete Flächen ¹⁾ ha	Aufwuchs- erwartung Mg TM/a Hessen
2310	Trocken Sandheiden mit Calluna und Genista	30	60
2330	Dünen mit offenen Grasflächen mit <i>Corynephorus</i> und <i>Agrostis</i>	200	400
4030	Trockene europäische Heiden	140	280
5130	Formationen von <i>Juniperus communis</i> auf Kalkheiden und -rasen	200	400
6110	Lückige basophile oder Kalk-Pionierrasen (<i>Alyso-Sedion albi</i>)	11	22
6120	Trockene, kalkreiche Sandrasen	40	80
6210	Naturnahe Kalk-Trockenrasen und deren Verbuschungsstadien (<i>Festuco-Brometalia</i>)	1.400	2.800
6212	Submediterrane Halbtrockenrasen (Mesobromion)	24	49
6214	Halbtrockenrasen sandig-lehmiger basenreicher Böden (<i>Koelerio Phleion phleoides</i>)	7	13
6230	Artenreiche montane Borstgrasrasen auf Silikatböden	650	1.950
6240	Subpannonische Steppen-Trockenrasen (<i>Festucetalia vallesiaca</i>)	9	18
6410	Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden	308	1.078
6430	Feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe	367	1.468
6431	Feuchte Hochstaudenfluren, planar bis montan	20	81
6440	Brenndolden-Auenwiesen (<i>Cnidion dubii</i>)	97	486
6510	Magere Flachland-Mähwiesen (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	8.000	48.000
6520	Berg-Mähwiesen	1.700	5.100
	Summe	12.974	61.826
Flächen des Vertragsnaturschutzes			
	HELP-Flächen	19.608	88.236
	HEKUL-Flächen	62.297	404.931
	HIAP-Flächen	15.567	77.835
	Summe	97.472	571.002

- ¹⁾ Angaben in kursiver Schrift: Bericht nach Art. 17 FFH-Richtlinie, 2007: Mitteilung von Fr. Bütchorn, Hessen Forst, FENA, Fachbereich III Naturschutz
Angaben nicht kursiv: http://interweb1.hmulv.hessen.de/natura2000/Sdb/Lrt_I/Irtliste_gesamt.html

3.6.3 Qualität

In Abhängigkeit von Biotop- bzw. Lebensraumtyp und den entsprechenden Pflegevorgaben variieren die Qualitätsparameter wie Trockensubstanzgehalt, Gehalt an organischer Trockenmasse, Rohprotein- und Fettgehalt und als Folge dieser Parameter die zu erwartenden Biogas- bzw. Methanerträge.

Die Datengrundlage zu Energieerträgen der Aufwüchse unterschiedlicher Biotoptypen ist vergleichsweise gering. Untersuchungen zu dieser Fragestellung haben im Wesentlichen OECHSNER et al. (2002) und LÜTKE ENTRUP et al. (2005) veröffentlicht. Neben diesen Werten wurden Angaben aus dem KTBL (2005) und eigene Erhebungen der IGW (EINZMANN et al. (2006) zu Biogaserträgen von Aufwüchsen von Naturschutzflächen in den Berechnungen berücksichtigt.

Für die Energieertragsberechnung wurden von den errechneten Aufwuchsmengen (vgl. Tab. 15) zunächst 6 % abgezogen, um den Anwelk- und Silierverlusten Rechnung zu tragen. Weiterhin wurde für alle Biotoptypen ein mittlerer Gehalt an organischer Trockenmasse (oTM) von 90 % angenommen. Der spezifische Methangasertrag je kg oTM variiert zwischen 100 und 320 NI. Der spezifische Energiegehalt eines m³ Methangases wurde mit 9,96 kWh angesetzt.

Die Ergebnisse der Energiepotenziale der bekannten Naturschutzflächen sind in Tab. 16 zusammenfassend dargestellt. Das Energiepotenzial, das für die Aufwüchse der offenen Grünländer der Natura-2000-Gebiete und die naturschutzfachlich wertvollen Flächen ohne rechtliche Bindung angesetzt werden kann, beträgt rd. 146.000 MWh pro Jahr. Das Energiepotenzial der Biomassen von den Flächen des Vertragsnaturschutzes liegt bei rd. 1,272 GWh pro Jahr.

Tab. 16: Potenzielle Methan- und Energieerträge aus den Aufwüchsen der erfassten Naturschutzflächen (Flächenanteile gleich Tab. 15)

Lebensraumtypen nach FFH-Richtlinie (Natura-2000-Flächen und Flächen ohne rechtliche Bindung)		Ertrags erwartung ¹⁾ Mg TM/a	Energieertrag ²⁾ (gerundet)		
			CH ₄ m ³ /a ²⁾	CH ₄ m ³ /a	MWh / a
2310	Trocken Sandheiden mit Calluna und Genista	56	5.076	5.100	51
2330	Dünen mit offenen Grasflächen mit <i>Corynephorus</i> und <i>Agrostis</i>	376	33.840	33.800	337
4030	Trockene europäische Heiden	263	23.688	23.700	236
5130	Formationen von <i>Juniperus communis</i> auf Kalkheiden und -rasen	376	33.840	33.800	337
6110	Lückige basophile oder Kalk-Pionierrasen (<i>Alyso-Sedion albi</i>)	21	1.883	1.900	19
6120	Trockene, kalkreiche Sandrasen	75	6.768	6.800	67
6210	Naturnahe Kalk-Trockenrasen und deren Verbuschungsstadien (<i>Festuco-Brometalia</i>)	2.632	236.880	236.900	2.359
6212	Submediterrane Halbtrockenrasen (Mesobromion)	46	4.117	4.100	41
6214	Halbtrockenrasen sandig-lehmiger basenreicher Böden (<i>Koelerio Phleion phleoides</i>)	13	1.129	1.100	11
6230	Artenreiche montane Borstgrasrasen auf Silikatböden	1.833	263.952	264.000	2.629
6240	Subpannonische Steppen-Trockenrasen (<i>Festucetalia vallesiacae</i>)	17	1.523	1.500	15
6410	Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden	1.014	91.235	91.200	909
6430	Feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe	1.380	248.457	248.500	2.475
6431	Feuchte Hochstaudenfluren, planar bis montan	77	13.773	13.800	137
6440	Brenndolden-Auenwiesen (<i>Cnidion dubii</i>)	456	123.220	123.200	1.227
6510	Magere Flachland-Mähwiesen (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	45.120	12.994.560	12.994.600	129.426
6520	Berg-Mähwiesen	4.794	647.190	647.200	6.446
	Summe	58.116	14.692.214	14.692.200	146.334
Flächen des Vertragsnaturschutzes					
	HELP-Flächen	82.942	22.394.297	22.394.300	223.047
	HEKUL-Flächen	380.635	85.642.801	85.642.800	853.002
	HIAP-Flächen	73.165	19.754.523	19.754.500	196.755
	Summe	536.741	127.791.621	127.791.600	1.272.805

¹⁾ berücksichtigt sind 6 % Massenverlust beim Silieren und durch Rückstände am Feld

²⁾ oTM-Gehalt 90 %

3.6.4 Verwertung / Verbleib

Über die Verwertungswege der Aufwüchse sind zurzeit keine zentralen Datenabfragen möglich. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der Aufwüchse von Flächen des Vertragsnaturschutzes im Bereich der Viehwirtschaft als Futter verwertet wird. Gleiches gilt für die Naturschutzflächen ohne rechtliche Bindung und die Flächen der Natura-2000-Gebiete.

Der Anteil der Aufwüchse, der von diesen Flächen für eine energetische Verwertung zur Verfügung steht, ist regional sehr unterschiedlich und steht in direktem Zusammenhang mit dem Viehbesatz eines Landkreises. Je geringer der Viehbesatz und dessen Nachzucht ist, umso geringer sind sinnvolle Verwertungsmöglichkeiten für den Grünlandaufwuchs.

Der Besatz an Pferden, Schafen und Ziegen ist ebenfalls von Relevanz, spielt aufgrund der insgesamt geringen Besatzdichten in Hessen jedoch eher eine untergeordnete Rolle bei der Verwertung hochwertigen Grünlandaufwuchses (Vertragsnaturschutzflächen). Pferde, Schafe und Ziegen sind aber im Gegensatz zu Hochleistungstieren in der Milchwirtschaft in der Lage, auch geringwertige Aufwüchse sehr extensiver Grünländer, wie z.B. Aufwüchse von Magerrasen und Heiden oder sehr spät gemähten Grünländern, zu verwerten.

Die Verwertungsmöglichkeiten extensiv bewirtschafteter Grünlandflächen über die Viehwirtschaft sind den letzten Jahren mit den rückläufigen Tierbeständen in Hessen stetig zurückgegangen. Wie in Tab. 17 dargestellt, hat sich die Summe der Raufutterverwerter um rd. 98.000 Stück Vieh verringert, das entspricht einem Rückgang um rd. 13 %.

Tab. 17: Auszüge aus der Entwicklung des Viehbestandes in Hessen nach 2001

Viehart	2001	2003	2007*
Rindvieh insgesamt	542.600	504.800	472.900
Pferde insgesamt	34.500	35.800	33.900
Schafe insgesamt	181.200	183.700	153.700
Summe Raufutterverwerter	758.300	724.300	660.500

* Vorläufiges hochgerechnetes Repräsentativergebnis
(Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt, 2007)

Die Autoren gehen deshalb davon aus, dass die für eine energetische Verwertung verfügbaren Biomassen von naturschutzfachlich wertvollen Flächen steigen werden. Der Anteil der gegenwärtig zur Verfügung steht, kann nur geschätzt werden und wird mit 15-20 % angesetzt.

Mittelfristig wird von einem Anteil der Naturschutzflächen von 20-30 % ausgegangen, deren Aufwüchse nicht in der Viehwirtschaft verwertet werden können. Diese Entwicklung ist

insbesondere vor dem Hintergrund weiterhin zu erwartender rückläufiger Viehbestände und der Zielsetzung des Bundesnaturschutzgesetzes (§ 3) zu sehen, nach dem in Deutschland ein Biotopverbundsystem auf mindestens 10 % der Landesfläche entwickelt werden soll. Die aus fachlicher Sicht für die Umsetzung dieses Biotopverbundes zu betrachtende Flächenkulisse ist zudem weitaus größer als der im Gesetz verankerte Wert von 10 % der Landesfläche.

Als problematisch für eine umfassende energetische Nutzung der Aufwüchse von Naturschutzflächen, die nicht verfüttert werden können, ist die geringe Transportwürdigkeit der Biomasse. Aufgrund der Struktur (große Volumina) und der vergleichsweise geringen Energiedichte⁴⁾ in den Aufwüchsen von Naturschutzflächen steht dem Energieertrag ein relativ hoher Transportaufwand gegenüber. Hinzu kommt, dass die Naturschutzflächen häufig klein sind und weit zerstreut liegen. Vor diesem Hintergrund können Aufwüchse von Naturschutzflächen nur dezentral verwertet werden, da lange Transportwege das Material für eine energetische Verwertung zu stark verteuern.

Fazit

Für eine energetische Verwertung stehen in erster Linie die Aufwüchse der weniger ertragreichen und stark extensivierten Natura-2000-Flächen zur Verfügung, weil der Futterwert dieser Aufwüchse in der modernen Viehwirtschaft nicht mehr ausreichend ist. Aufgrund des stark rückläufigen Viehbestandes in Hessen werden jedoch auch zunehmend Aufwüchse von Vertragsnaturschutzflächen für eine energetische Verwertung frei werden. Aufgrund der vergleichsweise geringen Energiedichte der Biomasse von Naturschutzflächen steht dem Energieertrag ein vergleichsweise hoher Transportaufwand gegenüber, der einer überregionalen Verwertung entgegensteht.

Damit die regional verfügbaren Biomassen von Naturschutzflächen als solche von den Biogasanlagenbetreibern wahrgenommen werden, ist eine intensive Aufklärungsarbeit in den Unteren und Oberen Naturschutzbehörden zu leisten. Insbesondere das Vorurteil, dass zugunsten der energetischen Verwertung Nachteile für die naturschutzfachlichen Ziele in Kauf genommen werden müssen, ist zu diskutieren. Gleichzeitig sollte jedoch auch vermittelt werden, dass flächenintensive naturschutzfachliche Maßnahmen auch den Abtransport und die Verwertung der Aufwüchse berücksichtigen und langfristig sicherstellen müssen.

Aufgrund der lückenhaften und z.T. auch fehlenden zentralen Erfassung wesentlicher Grundlagendaten für die Berechnung des Aufwuchses von Naturschutzflächen in Hessen stellen die ermittelten Mengen und Qualitätsangaben eine Abschätzung dar. Nicht oder nur teilweise berücksichtigt in der Datenerfassung sind z.B. Aufwüchse

⁴⁾ Während bei Biomasse von Naturschutzflächen ein Biogasertrag von 100 - 400 NI Biogas/kg oTM erwartet werden kann, wird mit Maissilage ein Biogasertrag von 650 NI Biogas/ kg oTM erzielt.

von naturschutzfachlichen Kompensationsflächen oder Naturschutzflächen mit einmaliger Förderung.

Das Potenzial an Biomasse der erfassten Naturschutzflächen wird für Hessen auf rd. 600.000 Mg Trockenmasse (TM) pro Jahr geschätzt. Davon stammen rd. 60.000 Mg von Flächen, die im Natura-2000-Programm aufgenommen sind, d.h. Dauerflächen, und rd. 540.000 Mg von Vertragsnaturschutzflächen, die sich zu 100 % in landwirtschaftlicher Nutzung befinden. Das energetische Potenzial der Flächen beträgt rd. 1,4 GWh pro Jahr.

Das Biomassepotenzial, das für eine mittelfristig zu realisierende energetische Verwertung zur Verfügung steht, wird für die Natura-2000-Flächen auf 30–40 % geschätzt. Der Biomassenanteil der Vertragsnaturschutzflächen ist geringer, da hier höherwertige Futtermittel erzeugt werden können; der Anteil wird auf 10 % geschätzt.

Da für die energetische Verwertung des Aufwuchses von Naturschutzflächen noch erhebliche Informationsarbeit geleistet werden muss und eine Verwertung auch nur regional erfolgen kann, werden die Biomassepotenziale in der Hochrechnung für Hessen nicht berücksichtigt.

3.7 Vollständige Einführung der getrennten Erfassung von Bioabfällen

Nachfolgend wird das Potenzial der Bioabfälle ermittelt, die einer energetischen Nutzung zur Verfügung stünden, würde landesweit eine vollständige Erfassung aller biologischen Abfällen erfolgen.

Wie bereits in Kapitel 3.2.1 dargestellt, war im Bezugsjahr 2006 in Hessen in sechs Städten bzw. Kreisen keine Biotonne eingeführt. Insgesamt waren in diesen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern insgesamt rund 1.120.000 Einwohner nicht an die getrennte Abfuhr biologischer Abfälle angeschlossen. Weiter wurde ausgeführt, dass derzeit Bioabfälle in einer Größenordnung von durchschnittlich 76,8 kg/EW*a erfasst werden.

Ausgehend von der Annahme, dass bei den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern, die bisher keine Biotonne eingeführt haben, die Eigenkompostierung gut eingeführt ist, wird von einem noch erreichbaren Potenzial von ca. zwei Dritteln des hessischen Mittelwertes für Bioabfälle ausgegangen. Damit ergibt sich eine theoretisch abzuschöpfende Bioabfallmenge von rund 51 kg/EW*a.

Rechnerisch ergibt sich somit:

$$1.120.000 \text{ EW} * 51 \text{ kg/EW*a} = 57.000 \text{ Mg/a}$$

Hessenweit würde bei einer vollständigen Einführung der getrennten Bioabfallerfassung unter Einbeziehung der derzeit 1.120.000 nicht angeschlossenen Einwohner ein zusätzliches Potenzial von rund 57.000 Mg/a energetisch verwertbarer Bioabfälle zur Verfügung stehen. Im Jahre 2007 wurde die Umsetzung der Biotonne weiter vorangebracht. So wird beispielsweise im Verbandesgebiet des MZV (Landkreis Hersfeld-Rotenburg) die Biotonne mittlerweile flächendeckend angeboten.

Fazit

Im Bezugsjahr 2006 waren in Hessen 1.120.000 Einwohner nicht an die getrennte Erfassung von Bioabfällen angeschlossen. Gelänge es, dieses Potenzial abzuschöpfen, entspräche dies einer Steigerung der energetisch nutzbaren Bioabfälle um 57.000 Mg/a.

3.8 Organische Abfälle im Restmüll

Für die Ermittlung der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle wurden die Ergebnisse von Hausmüllanalysen in 22 verschiedenen Städten und Landkreisen herangezogen. Hierbei wurden sowohl öRE mit als auch ohne Biotonne berücksichtigt, so dass diese Ergebnisse repräsentativ und auf Hessen übertragbar sind.

3.8.1 Anteile und Zusammensetzung der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle

Im Mittel beträgt der Anteil der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle ca. 40 Gew.-%. Menge und Zusammensetzung sind dabei abhängig von der Jahreszeit sowie von den Maßnahmen, die zur separaten Erfassung der Bio- und Grünabfälle getroffen wurden (Biotonne, Grünabfallsammelplätze, saisonale Grünschnittabfuhr), und wie diese von den Bürgern angenommen wurden.

Im Jahresmittel ist von der folgenden Zusammensetzung auszugehen:

Anteile und Zusammensetzung der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle im Jahresmittel

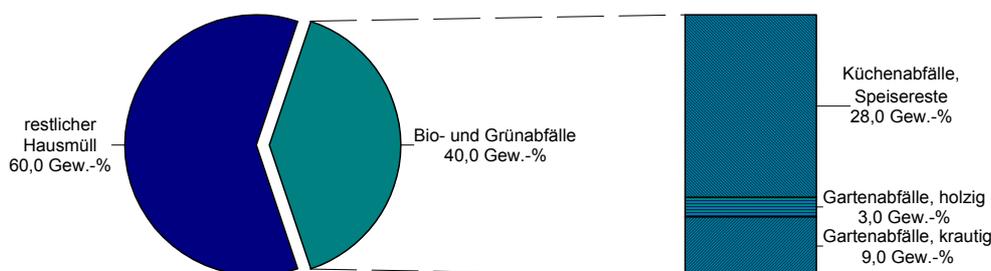


Abb. 18: Anteile und Zusammensetzung der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle im Jahresmittel

Etwa ein Drittel der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle sind Gartenabfälle, von diesen sind wiederum etwa drei Viertel krautig (Unkraut, Laub, Rasenschnitt, Fallobst) und etwa ein Viertel holzig (Strauchschnitt). Zwei Drittel der im Hausmüll enthaltenen Bio- und Grünabfälle sind Küchenabfälle und Speisereste (Obst- und Gemüseschalen, überlagerte und verdorbene Lebensmittel, gekochte und fleischhaltige Speisereste, Brot und Gebäck, Molkereiprodukte).

Bezogen auf die Korngrößenzusammensetzung finden sich 60 % der Bio- und Grünabfälle in der Grobmüllfraktion >40 mm (Strauchschnitt, Fallobst, verdorbene Lebensmittel, Speisereste, Backwaren) und 40 % in der Mittel- und Feinmüllfraktion <40 mm (Nadeln, Blätter, Rasenschnitt, Obst- und Gemüseschalen, Kaffeesatz).

3.8.2 Hausmüllaufkommen und zusätzlich erfassbares Bioabfallpotenzial

Das Hausmüllaufkommen in Hessen beläuft sich auf ca. 1,1 Mio. Mg/a. Der Anteil der darin enthaltenen Bio- und Grünabfälle beträgt im Mittel 40 Gew.-%, d.h. im Hausmüll ist ein theoretisches Bioabfallpotenzial von 444.000 Mg/a enthalten. Insbesondere dort wo die Biotonne auf freiwilliger Basis eingeführt wurde, ist davon auszugehen, dass bei den Bürgerinnen und Bürger ein vergleichsweise hoher Anteil an biogenen Abfällen im Hausmüll ist.

Durch eine Effizienzsteigerung bei der Sammlung (mehr ausgegebene Biotonnen, Abfallberatung, Kosteneinsparung bei effizienter Nutzung usw.) ist eine ca. 30 %ige Abschöpfung der biogenen Abfälle aus dem Hausmüll prinzipiell möglich. Könnte diese Quote erreicht werden, würden zusätzlich ca. 133.000 Mg/a Bioabfälle aus dem Hausmüll abgeschöpft werden.

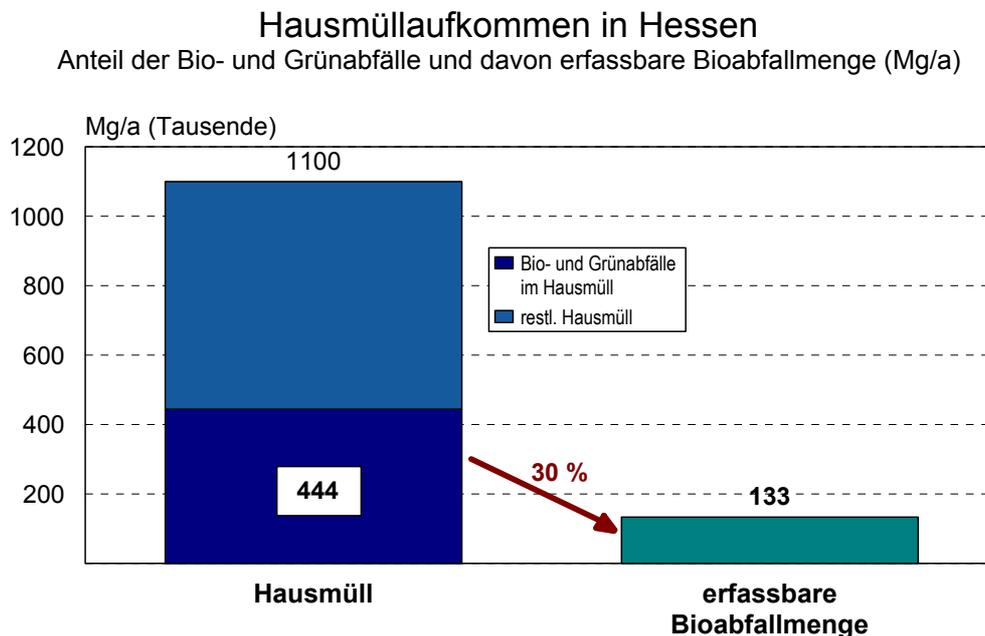


Abb. 19: Hausmüllaufkommen in Hessen - Anteil der Bio- und Grünabfälle und davon erfassbare Bioabfallmenge (Mg/a)

Fazit

Zur Zeit werden in Hessen 726.000 Mg/a Bio- und Grünabfälle separat erfasst. Eine zusätzliche Abschöpfung der aus dem Hausmüll (ca. 1,11 Mio. Mg/a) erfassbaren Bioabfallmenge um ca. 30 % würde eine Steigerung um ca. 133.000 Mg/a Bioabfälle bedeuten. Dies ist insbesondere dort denkbar, wo die getrennte Sammlung noch überwiegend auf freiwilliger Basis beruht und/oder wo noch ungenügende Anreize zur Getrenntsammlung von Bioabfällen gegeben werden.

4 Stand der Kompostierung und Vergärung in Hessen

Im Folgenden werden die gegenwärtig in Hessen betriebenen Anlagen zur Behandlung biogener Abfälle hinsichtlich Art, installierter Technik und Vermarktung dokumentiert und bewertet. Datengrundlage ist eine Befragung aller hessischen Kompostierungsanlagen mit mehr als 1.000 Mg Jahresdurchsatz. Teilweise wurden auch Anlagen kleiner 1.000 Mg/a erfasst.

4.1 Stand der Kompostierung in Hessen

Aktuell werden in Hessen 49 Anlagen >1.000 Mg zur Behandlung von Bio- und Grünabfallfällen betrieben. Damit stellt die Kompostierung den Hauptentsorgungsweg dar. Vervollständigt wird der Anlagenpark durch eine Bioabfallvergärungsanlage (FES).

In der überwiegenden Anzahl der Anlagen (26 Anlagen) werden Bioabfälle behandelt und verwertet (Abb. 20). Die anteilige Mitbehandlung von begrenzten Mengen an Grünabfällen als Strukturmaterialien ist dabei Standard und auch zur Aufrechterhaltung eines optimalen aeroben Abbauprozesses erforderlich. 23 Anlagen werden ausschließlich als Kompostierungsanlagen für separat erfasste Grünabfälle betrieben.

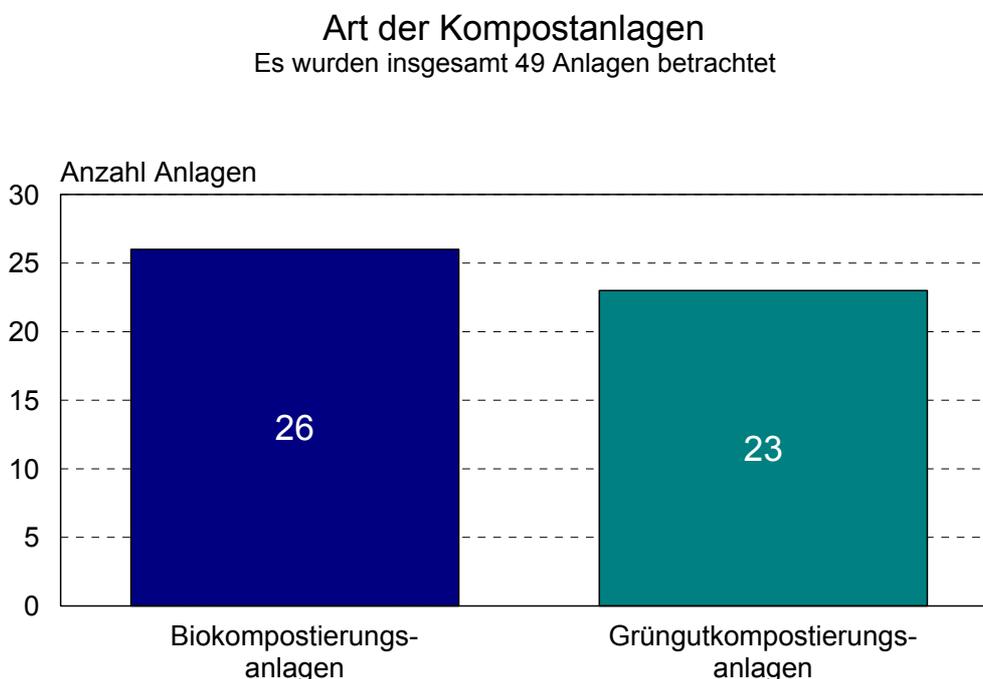


Abb. 20: Anzahl und Art der Kompostierungsanlagen in Hessen

Bioabfallkompostierungsanlagen sind überwiegend als zentrale Behandlungsanlagen ausgelegt und weisen folglich auch größere Einzugsgebiete als Grünabfallbehandlungs-

anlagen auf. Darüber hinaus sind - gegenüber der reinen Grünabfallkompostierung - infolge der höheren Investitionskosten und des insgesamt kostenintensiveren Betriebs größere Einheiten aus wirtschaftlichen Gründen weiter verbreitet.

Dies bestätigt die Gegenüberstellung der zwei Anlagenarten differenziert nach der genehmigten Jahresdurchsatzleistung, wobei eine Gruppierung in Größenklassen vorgenommen wurde. So weisen bei der Kompostierung von Bioabfällen zwei Drittel der Anlagen (16 von 26 Anlagen) eine genehmigte Jahresdurchsatzleistung von mehr als 10.000 Mg auf (Abb. 21). Bei den Grünabfallkompostierungsanlagen ist dies lediglich jede sechste Anlage (4 von 23 Anlagen).

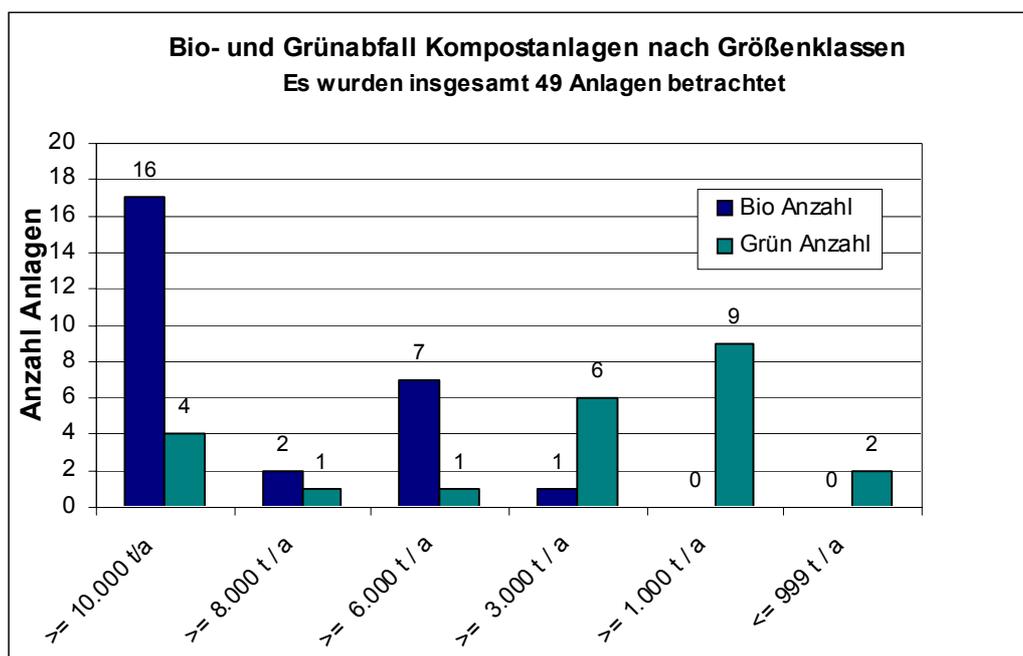


Abb. 21: Verteilung der Bio- und Grünabfallkompostierungsanlagen nach Größenklassen

Im Bereich der Bioabfallkompostierung findet sich des Weiteren noch eine relevante Anzahl Anlagen mit 6.500 Mg/a, die noch nach dem ehemals gültigen vereinfachten Genehmigungsverfahren geplant und genehmigt wurden. Sie finden sich in der Größenklasse >6.000 Mg/a aufsummiert.

Im Bereich der Grünabfallkompostierung herrschen kleinere Anlagen mit Jahresdurchsatzleistungen <3.000 Mg vor. Von den hier dokumentierten 23 Anlagen sind dies drei Viertel (17 Anlagen). Gerade bei den Grünabfällen konnte allerdings eine unbekannte Anzahl sehr kleiner Anlagen <1.000 Mg/a nicht erfasst werden, so dass die Auswertung nur als eine Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse anzusehen ist.

Im Wesentlichen geht die vorgefundene Anlagenstruktur auf Bautätigkeiten aus der ersten Hälfte der 90er Jahre zurück. Ende 1996 waren nach Auswertung der vorliegenden Angaben der Betreiber fast drei Viertel der Anlagen bereits in Betrieb (Tab. 18; Abb. 22).

Tab. 18: Alter und Kapazitäten von Kompostanlagen in Hessen 1993 bis 2007

Inbetriebnahme der Anlagen	Anzahl Anlagen	Mittelwert Alter der Anlagen in Jahren	genehmigte Gesamtkapazität in Mg	Anteil an der genehmigten Gesamtkapazität für Hessen in %
bis 1993	18	16	134.634	28,6
1993-1996	17	13	234.700	49,9
1997-2001	5	9	77.449	16,5
ohne Angabe	9	-	23.600	5,0
Summe	49	14,1 Jahre	470.383	100,0

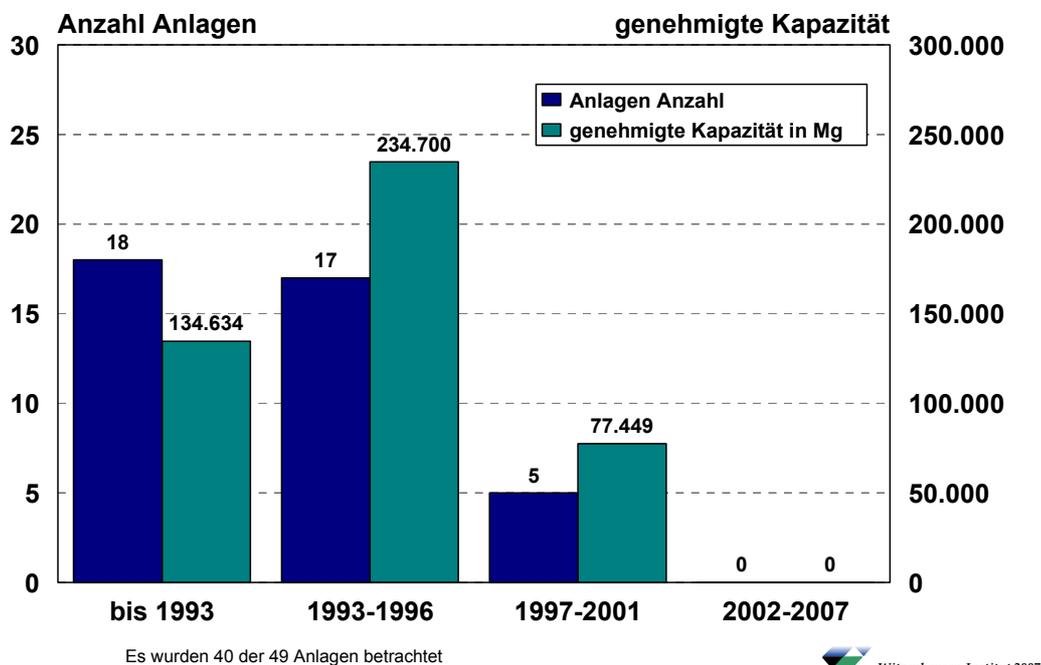
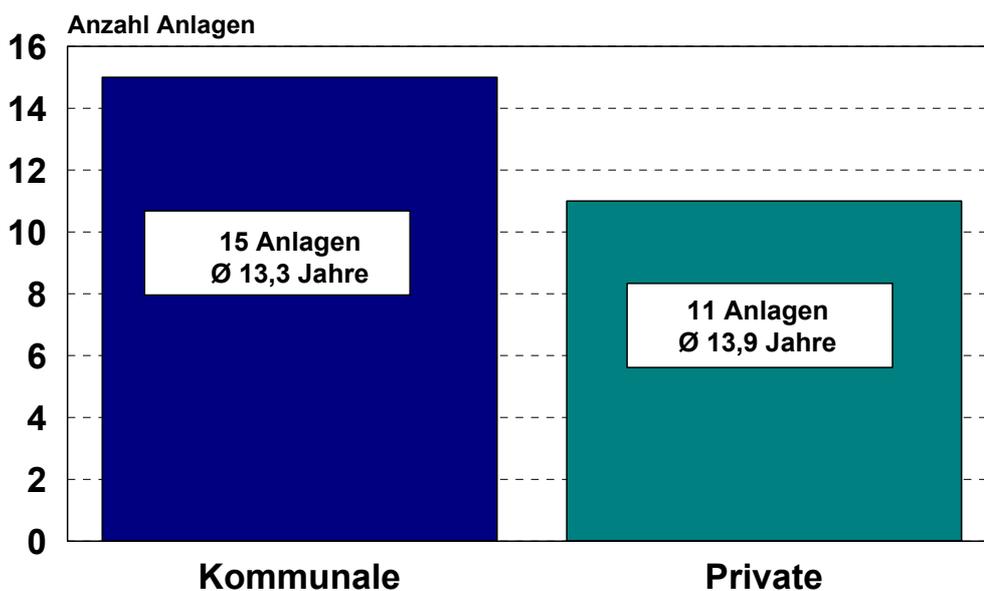


Abb. 22: Bau von Kompostanlagen in Hessen von 1993 bis 2007

Die hessischen Bioabfallkompostierungsanlagen weisen im Mittel eine durchschnittliche Betriebsdauer von ca. 13,5 Jahren auf (7 bis 17 Betriebsjahre) (Abb. 23). Anlagen zur ausschließlichen Behandlung von Grünabfällen sind im Mittel rund 15 Jahre alt, bei einer Spannweite von 6 bis 20 Jahren Betriebsdauer (Abb. 24).

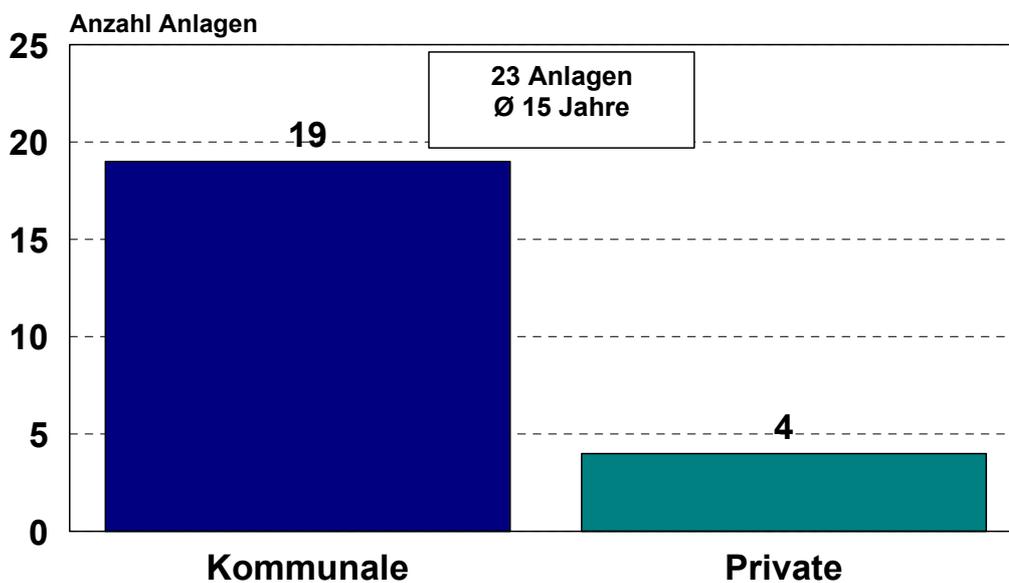
Damit ist die Ausgangssituation für eine Weiterentwicklung und Optimierung der biologischen Abfallbehandlung vergleichsweise gut, da ein Großteil der Abschreibungen der Investitionen durch die Anlagenbetreiber geleistet wurde.



Grundlage: 26 Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen (2006)

Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 23: Durchschnittliches Alter der Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen



Grundlage: 23 Grünabfallkompostierungsanlagen in Hessen (2006)

Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 24: Durchschnittliches Alter der Grünabfallkompostierungsanlagen in Hessen

Die i.d.R. kleineren und technisch einfacher ausgeführten Anlagen zur Grünabfallkompostierung werden überwiegend kommunal betrieben (19 von 23 Anlagen), wogegen der Anteil der privatwirtschaftlichen Betriebe bei der Bioabfallkompostierung deutlich höher liegt.

4.1.1 Bauausführungen und technische Charakterisierung

Unter anderem infolge des Erlasses zur flächendeckenden Einführung der Biotonne in Hessen im Jahr 1990 wurde in den 90er Jahren in vielen Städten und Kreisen die Bioabfallgetrennsammlung eingeführt. Parallel entstanden zahlreiche Anlagen zur Behandlung der eingesammelten Bioabfälle, wobei zunächst offene Mietenkompostierungen geringerer Durchsatzleistungen dominierten.

Binnen weniger Jahre wurden technisch aufwändigere Konzepte der gekapselten Intensivrottesysteme realisiert, vorwiegend modulare Boxenkompostierungen nach dem Herhof-Verfahren. Mit wachsenden Prozessenerfahrungen nahmen die installierten Anlagenkapazitäten deutlich zu (Abb. 25). 1997 war der Ausbau der Bioabfallkompostierung im Grunde abgeschlossen. Die letzte Kompostierungsanlage ging 2000 in Niddatal-Ilbenstadt in Betrieb, anschließend wurden nur noch zwei Vergärungsanlagen errichtet.

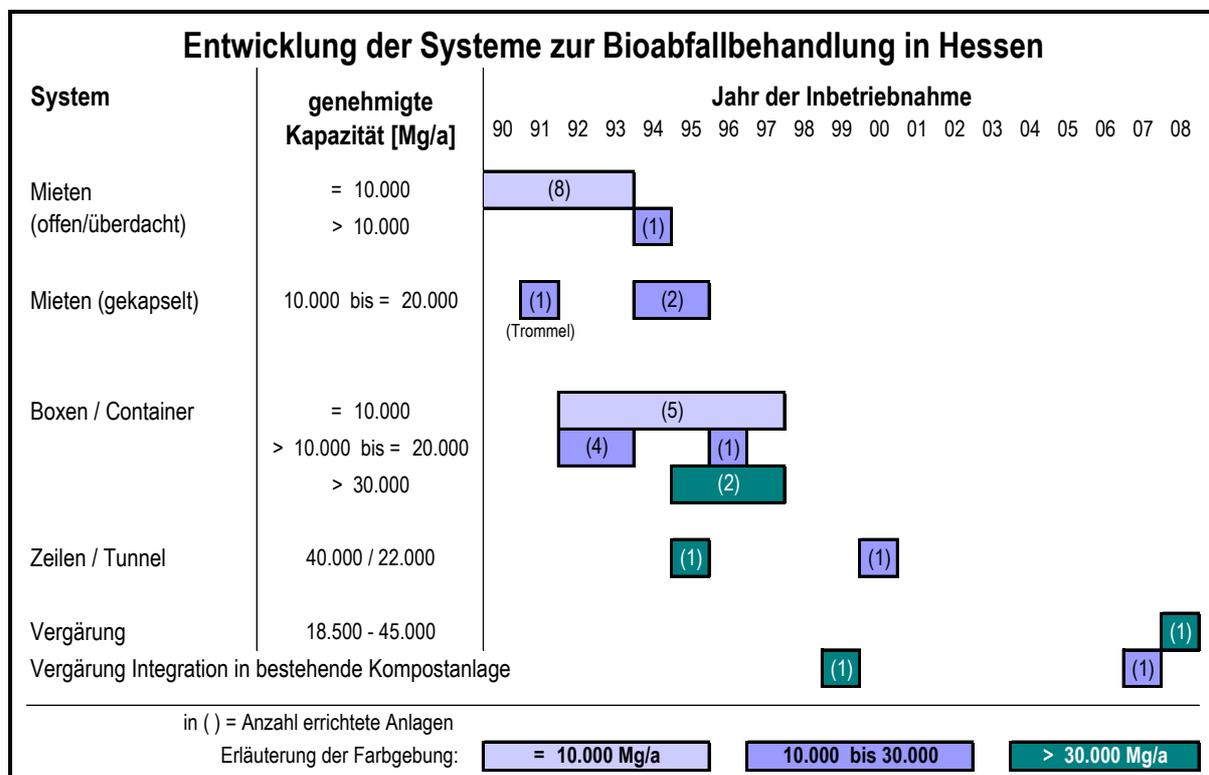
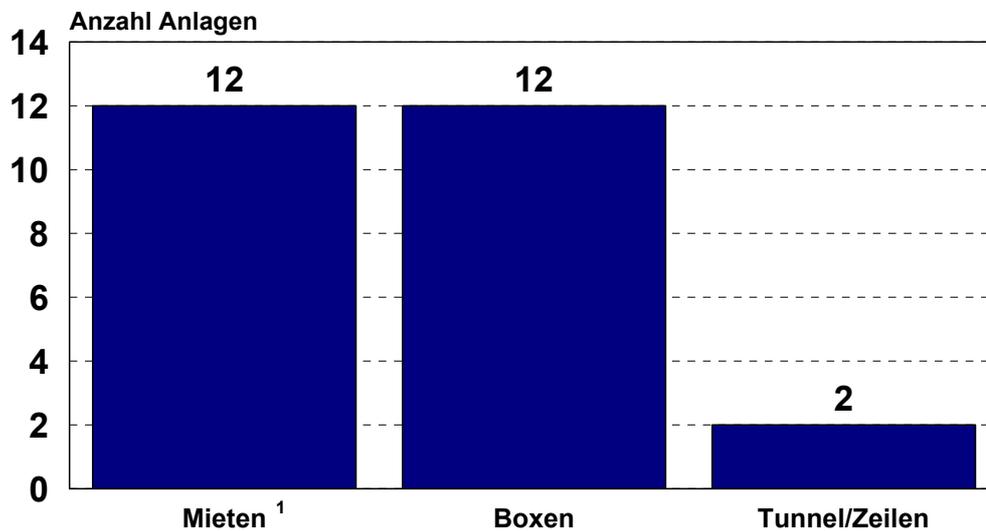


Abb. 25: Entwicklung der Systeme zur Bioabfallbehandlung in Hessen

Von den 26 Anlagen zur Bioabfallkompostierung sind 12 Anlagen als Mietenkompostierung konzipiert (Abb. 26), wobei geringe Ausbaugrößen mit offener bzw. überdachter Ausführung der Intensivrotte dominieren (Abb. 25). Bei drei als Mietenkompostierung eingestuft Anlagen verläuft die Intensivrotte vollständig gekapselt ab, wobei in einem Fall eine dreiwöchige Intensivrotte in einer Rottetrommel vorgeschaltet ist (Anlage Brunnenhof) und in einem zweiten Fall die Kapselung nach dem Membranverfahren umgesetzt ist (Anlage Cyriaxweimar).

Mieten- und Boxen-/Containerkompostierungen halten sich mit jeweils 12 Anlagen die Waage (Abb. 26). Die modular aufgebauten Boxenkompostierungen weisen Durchsatzkapazitäten von 6.500 Mg/a bis zu 36.000 Mg/a (Anlage Beselich) auf. Die größeren Anlagen (<30.000 Mg/a) nahmen zwischen 1995 und 1997 ihren Betrieb auf.



1) eine Mietenkompostierung mit vorgeschalteter Trommel

Grundlage: 26 Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen (2006)

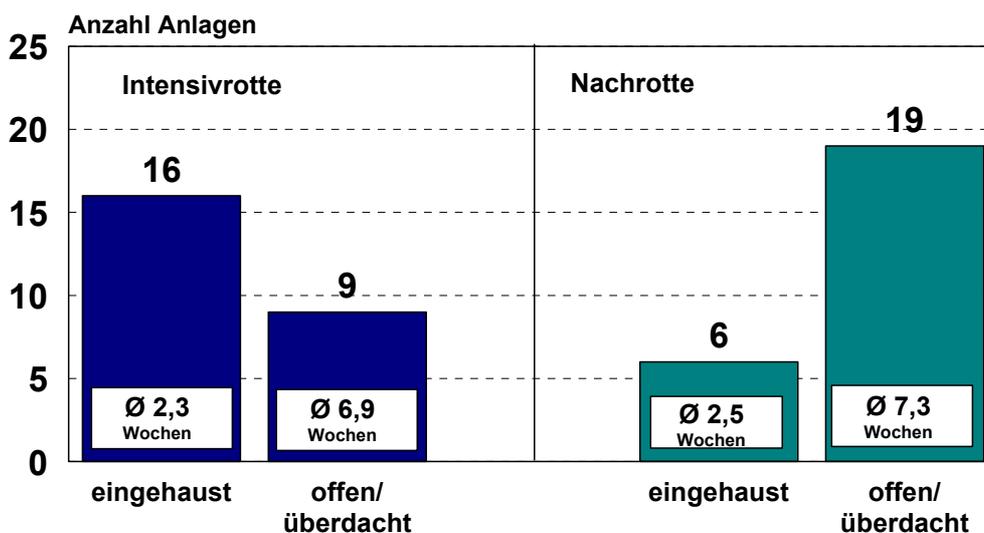

 Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 26: Baumuster der Bioabfallkompostierung in Hessen

Insgesamt überwiegen mit 16 Anlagen die technisch aufwändig gekapselten Systeme (Mieten-, Boxen- und Tunnelkompostierung), bei einer durchschnittlichen Intensivrottendauer von 2,3 Wochen (Abb. 27), wobei überwiegend eine Druckbelüftung des Rotteguts erfolgt (Abb. 28).

Offen ausgeführte Intensivrotteverfahren bedingen aufgrund des verzögerten mikrobiellen Abbaus i.d.R. eine längere Rottendauer (im Mittel 6,9 Wochen, vgl. Abb. 27). Ausnahmen finden sich auch hier wie beispielsweise bei den Anlagen Gründau-Lieblos und Hofgeismar mit einer 3- bzw. 4-wöchigen Intensivrotte. Bei der Anlage Hofgeismar findet sich darüber hinaus eine verlängerte Nachrottephase (10 Wochen). Der Mietenkörper wird bei offener Ausführung grundsätzlich nicht zwangsbelüftet.

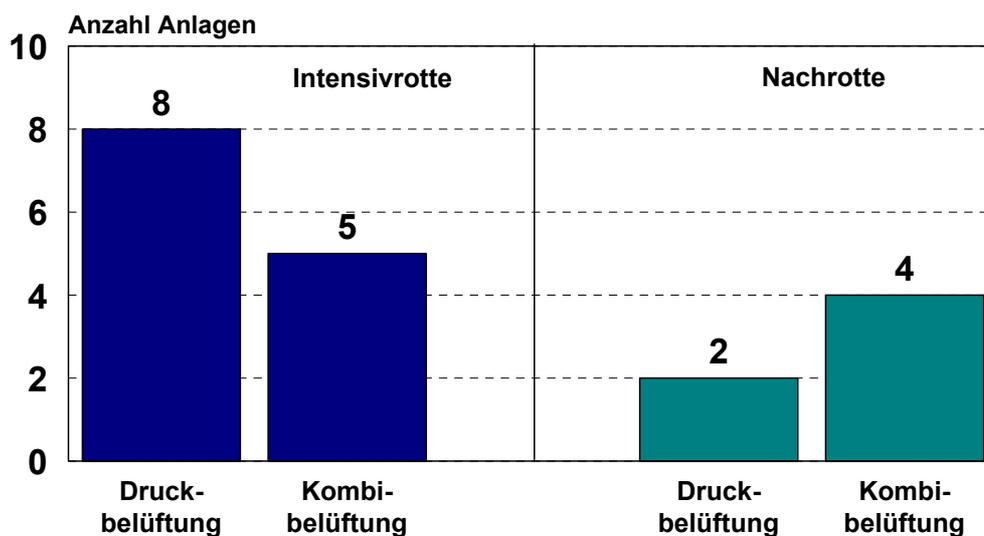
Die Anlagen mit offener bzw. überdachter Intensivrotte weisen überwiegend Ausbaugrößen von 5.000 Mg/a bis 6.500 Mg/a auf. Die Anlage Diemelsee-Flechtorf verfügt über eine Durchsatzkapazität von 16.000 Mg/a.



Grundlage: 25 Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen (2006)

Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 27: Einhausung der Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen

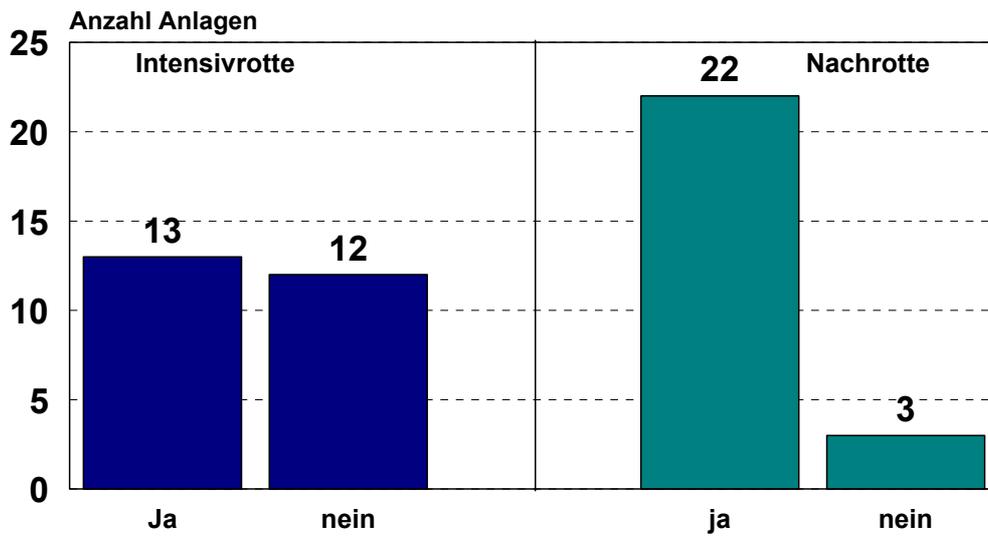


Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 28: Belüftung bei Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen

Bei der Kompostierung in geschlossenen Reaktoren wie den Rotteboxen wird das Material i.d.R. nicht umgesetzt, was allerdings nicht in jedem Fall gilt. Ebenso ist eine Mietenrotte meist mit einem regelmäßigen Umsetzen verbunden, wobei es auch hier einige Ausnahmen gibt. Eine Übersicht über die vorgefundenen Verfahrensweisen gibt Abb. 29.

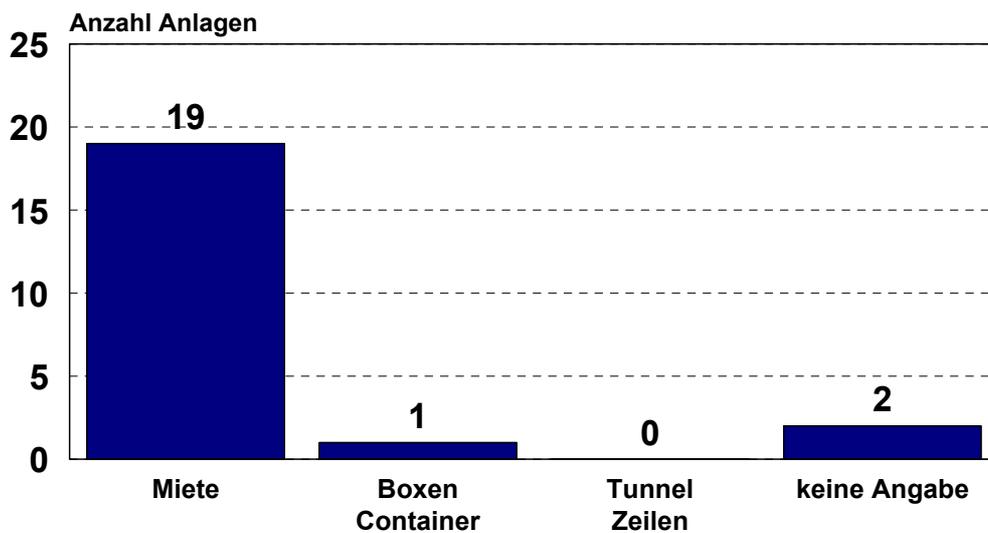
Grünabfälle werden zumeist in offenen Mietensystemen behandelt. Technisch aufwändige Systeme mit Kapselung des Intensivrottebereichs bzw. mit Zwangsbelüftung sind selten (Abb. 30).



Grundlage: 25 Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen (2006)

Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 29: Umsetzung bei Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen



Grundlage: 22 Grünabfallkompostierungsanlagen in Hessen (2006)

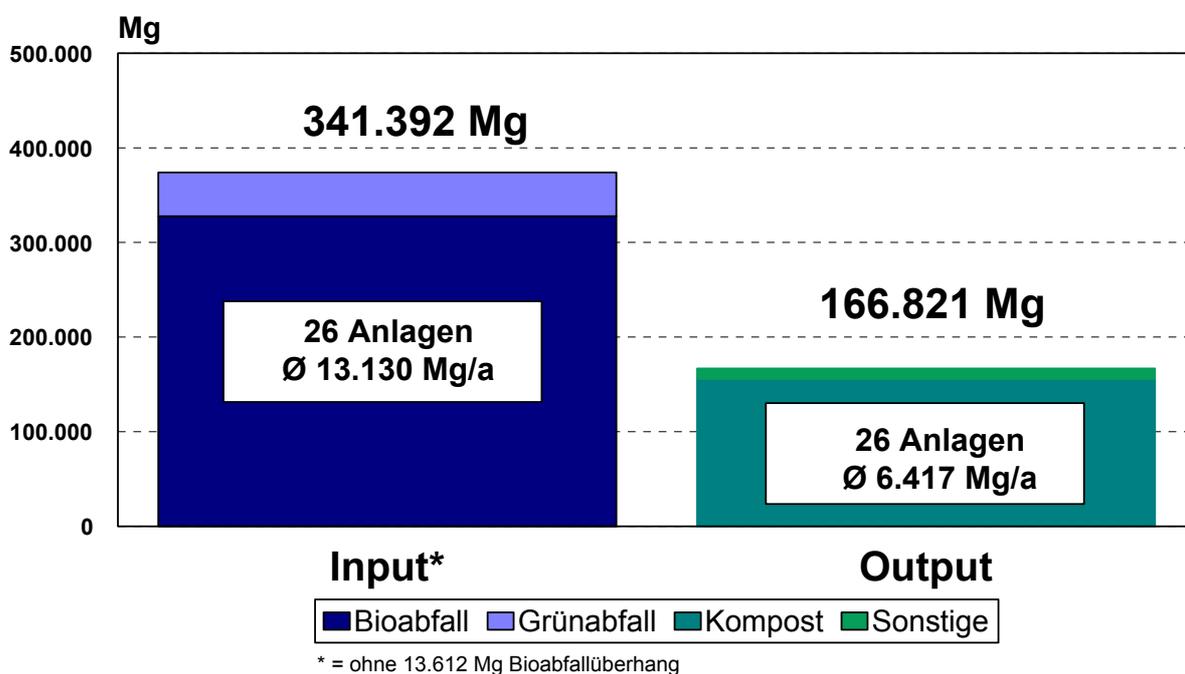
Witzenhausen-Institut 2007

Abb. 30: Baumuster der Grünabfallkompostierung in Hessen

4.1.2 Inputmengen und -qualitäten

Insgesamt wurden in hessischen Bioabfallkompostierungsanlagen 2006 341.392 Mg verarbeitet (Abb. 31), was einer durchschnittlichen Menge von 13.130 Mg/a entspricht. Ausgeschleust wurden 166.821 Mg/a, wovon ca. 155.828 Mg/a Kompost waren. Das entspricht einem Anteil am Input von ca. 46 %. Zusätzlich wurden ca. 10.900 Mg/a sonstige Stoffe, wie z.B. Siebüberlauf, aus dem Prozessverlauf ausgeschleust.

Im Detail sind die Anlagendurchsätze der Bioabfallkompostierungsanlagen in Abb. 31 sowie die Anlagendurchsätze der Bio- und auch der Grünabfallkompostierungsanlagen im Einzelnen in Tab. 19 und Tab. 20 aufgeführt.



Grundlage: 26 Bioabfallkompostierungsanlagen in Hessen (2006)

Abb. 31: Bioabfallkompostierung in Hessen

Tab. 19: Durchsatzleistung der hessischen Bioabfallkompostierungsanlagen 2006

Nr.	Bioabfallkompost-Anlage	Durchsatz 2006 in Mg	Überhang Mg
1	KOA Darmstadt-Kranichstein	13.251	0
2	KOA Wembach-Hahn /Reinheim	7.910	0
3	KOA Weiterstadt	7.288	0
4	KOA Weinbach-Gräveneck	6.740	0
5	KOA Vollmershausen	21.000	0
6	KOA Schlüchtern-Hohenzell	6.014	5.612
7	KOA Rabenau	38.000	0
8	KOA Pfungstadt-Eschollbrücken	6.511	0
9	KOA Oberscheld	17.620	0
10	KOA Maintal-Dörnigheim	9.892	0
11	KOA Lampertheim	12.200	0
12	KOA Kirchhain-Stausebach	7.993	0
13	KOA Hofgeismar	3.000	8.000
14	KOA Gründau-Lieblos	6.023	0
15	KOA Groß-Umstadt/Semd	16.875	0
16	KOA Fulda	11.000	0
17	KOA Frankenberg-Geismar	10.000	0
18	KOA Diemelsee-Flehtdorf	23.000	0
19	KOA Cyriaxweimar	10.000	0
20	KOA Brunnenhof	15.000	0
21	KOA Beselich	24.600	0
22	KOA Aßlar	24.474	0
23	KOA Alsbach-Hähnlein	6.795	0
24	KOA Witzenhausen	5.234	0
25	KOA Niddatal-Ilbenstadt	22.000	0
26	KOA Beilstein	8.972	0
Summe:		341.392	13.612

Tab. 20: Durchsatzleistung der hessischen Grünabfallkompostierungsanlagen 2006

Nr.	Grünabfallkompost-Anlage	Durchsatz 2006 in Mg	Überhang Mg
1	Grün-KOA Taunstein-Orlen	6.500	0
2	Grün-KOA Shredderplatz Taunusstein-Orlen	11.800	0
3	Grün-KOA Rodgau	3.750	0
4	Grün-KOA Hainburg	2.320	0
5	Grün-KOA Flörsheim-Weilbach	15.000	0
6	Grün-KOA des MZVO Kirch-Brombach	10.062	0
7	Grün-KOA des MZVO Beerfelden	1.000	0
8	Grün-KOA Beuerbach	5.400	0
9	Grünabfall KA Ulrichstein	630	0
10	Grünabfall KA Schotten	1.399	0
11	Grünabfall KA Schlitz	1.113	0
12	Grünabfall KA Scherz	3.000	0
13	Grünabfall KA Mücke-Merlau	1.070	0
14	Grünabfall KA Künzell	1.422	0
15	Grünabfall KA Hünfeld	1.700	0
16	Grünabfall KA Homberg/Ohm "Rote Kuh"	686	0
17	Grünabfall KA Heppenheim	8.300	15.000
18	Grünabfall KA der Stadt Kelsterbach	1.104	0
19	Grünabfall KA Billertshausen	2.009	0
20	Grünabfall KA Homberg (Efze)	9.803	0
21	Grünabfall KA "Finkenberg"	5.849	0
22	Kompostplatz Viernheim	1.800	0
23	Kompostplatz Bürstadt	1.000	0
Summe:		96.717	15.000

4.1.3 Kompostvermarktung

In Hessen wurden 2006 summarisch 191.594 Mg Kompost erzeugt. Mit 155.828 Mg stammte der größte Anteil aus der Bioabfallkompostierung, bei der je verarbeiteter Tonne Bioabfall durchschnittlich 46 % Kompost verbleiben (Abb. 32). Aus Grünabfallkompostierungsanlagen wurden 35.766 Mg Kompost ausgeschleust, was einem verbleibenden Kompostanteil von 37 % je Tonne Grünabfall entspricht (Abb. 33).

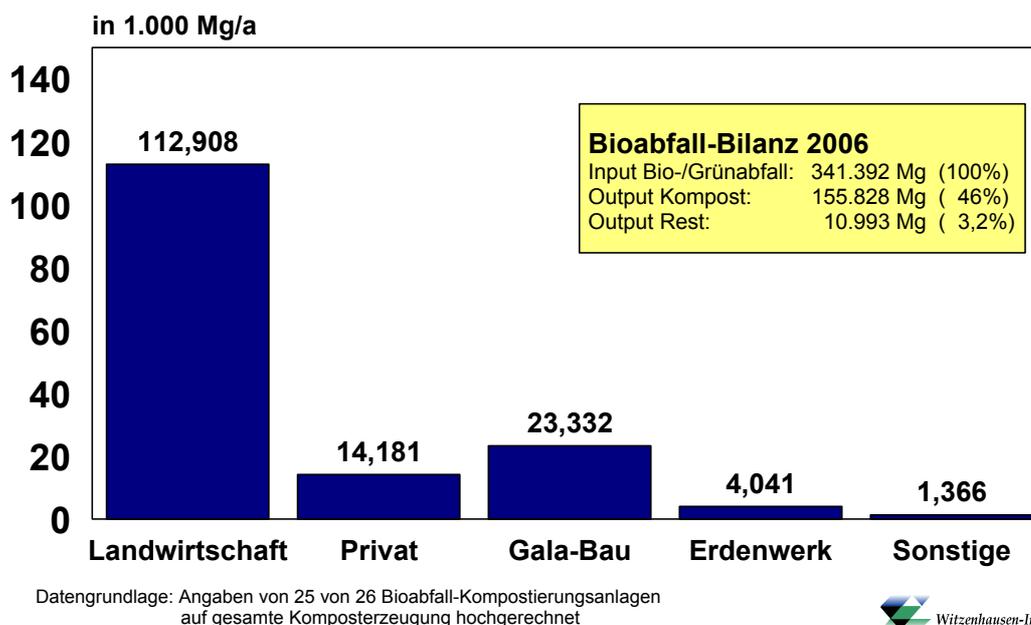


Abb. 32: Kompostvermarktung der Bioabfallkomposte in Hessen 2006

Hauptabsatzwege für Bioabfallkomposte waren mit einem Anteil von 72,5 % die Landwirtschaft (Abb. 34), gefolgt vom Garten- und Landschaftsbau (15,0 %) und privaten Anwendern (9,1 %). In die Erdenwirtschaft gingen lediglich 3,0 % der Komposte.

Die Veredlung von Komposten in der Erdenwirtschaft spielt bei der Vermarktung von Grünabfallkomposten eine größere Rolle. Die salz- und nährstoffärmeren Grünabfallkomposte werden hier insbesondere zu Torfersatzprodukten weiterverarbeitet. Der Anteil der Erdenwerke belief sich 2006 auf 18,8 % (Abb. 34). Bedeutendster Abnehmer war jedoch auch hier die Landwirtschaft mit 43,7 %.

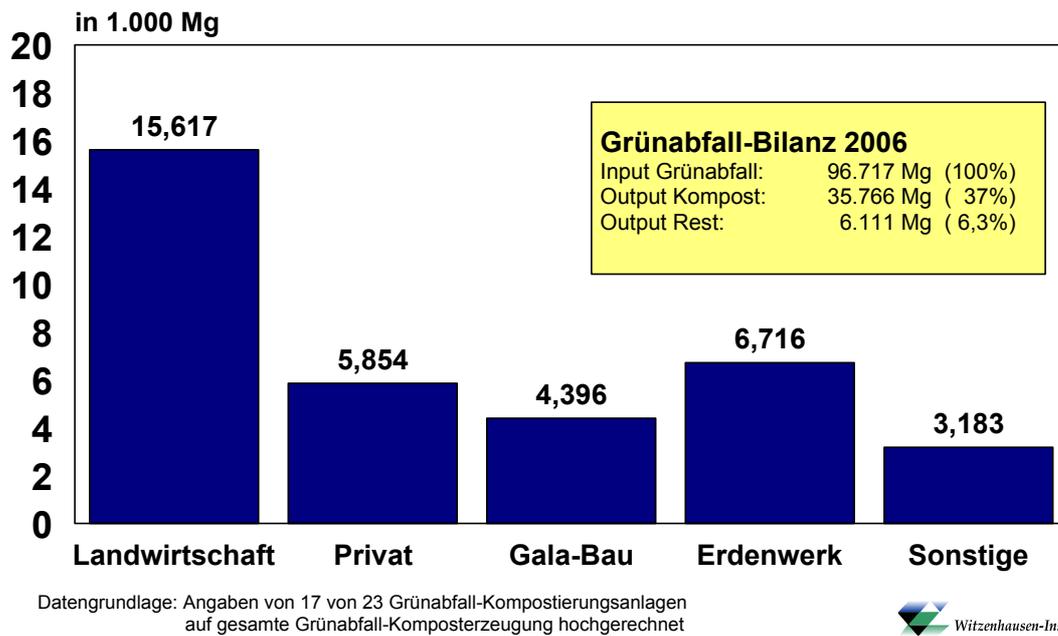


Abb. 33: Vermarktungswege der Grünabfallkomposte in Hessen 2006

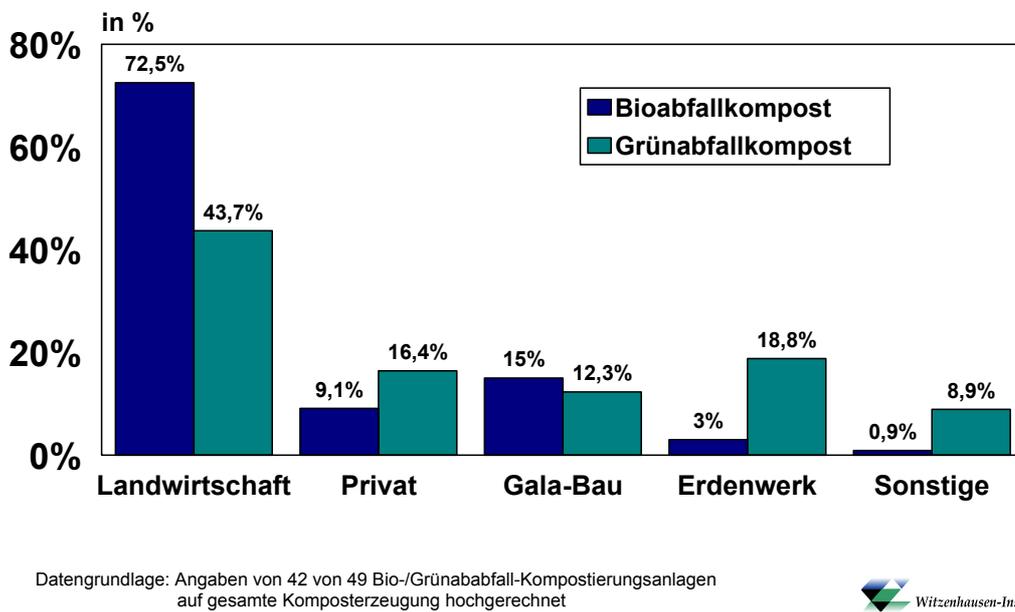


Abb. 34: Vermarktungswege der Bio- und Grünabfallkomposte in Hessen 2006 im Vergleich

Fazit

Aktuell werden in Hessen 26 Bioabfallkompostierungsanlagen und 23 Grünabfallkompostierungsanlagen betrieben. Im Wesentlichen geht die vorgefundene Anlagenstruktur auf Bautätigkeiten aus der ersten Hälfte der 90er Jahre zurück. Ende 1996 waren nach Auswertung der vorliegenden Angaben der Betreiber fast drei Viertel der Anlagen bereits in Betrieb.

Aus den 2006 in Hessen rund 438.000 Mg durchgesetzten Bio- und Grünabfällen wurden knapp 192.000 Mg Kompost erzeugt. Davon waren fast 156.000 Mg Bioabfallkompost und ca. 36.000 Mg Grünabfallkompost. Über zwei Drittel der gesamten Komposte (rund 128.500 Mg) wurden in der Landwirtschaft verwertet, wovon 113.000 Mg aus der Bioabfallkompostierung stammten. Annähernd 19 % der Grünabfallkomposte (6.700 Mg) und nur 3 % der Bioabfallkomposte (4.000 Mg) wurden in Erdenwerken veredelt (Torfersatz).

Die 26 hessischen Bioabfallkompostierungsanlagen weisen eine durchschnittliche Betriebsdauer von 13,5 Jahren mit einer durchschnittlichen Jahresleistung von 13.100 Mg auf. Damit ist die Ausgangssituation für eine Weiterentwicklung und Optimierung der biologischen Abfallbehandlung vergleichsweise gut, da ein Großteil der Abschreibungen der Investitionen durch die Anlagenbetreiber geleistet wurde. Darüber hinaus ist bei einigen Anlagen Nachrüstungsbedarf zu vermuten.

4.2 Stand der Vergärung in Hessen

4.2.1 Übersicht der Biogasanlagen in Hessen

In Hessen werden gegenwärtig 68 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 21,1 MW betrieben (Abb. 35). Der überwiegende Anteil (>80 %) sind Anlagen, welche ausschließlich mit Energiepflanzen und Gülle als Inputmaterial gefüttert werden und damit bei der Einspeisung des Stroms eine zusätzliche Vergütung, den „NawaRo-Bonus“, von bis zu 6 Cent/kWh erhalten. Die anderen Anlagen basieren auf Gülle und landwirtschaftlichen Reststoffen sowie verschiedenen biogenen Abfällen als Cofermenten. Lediglich eine Anlage bei Frankfurt ist auf die Vergärung reiner Bioabfälle ausgelegt.

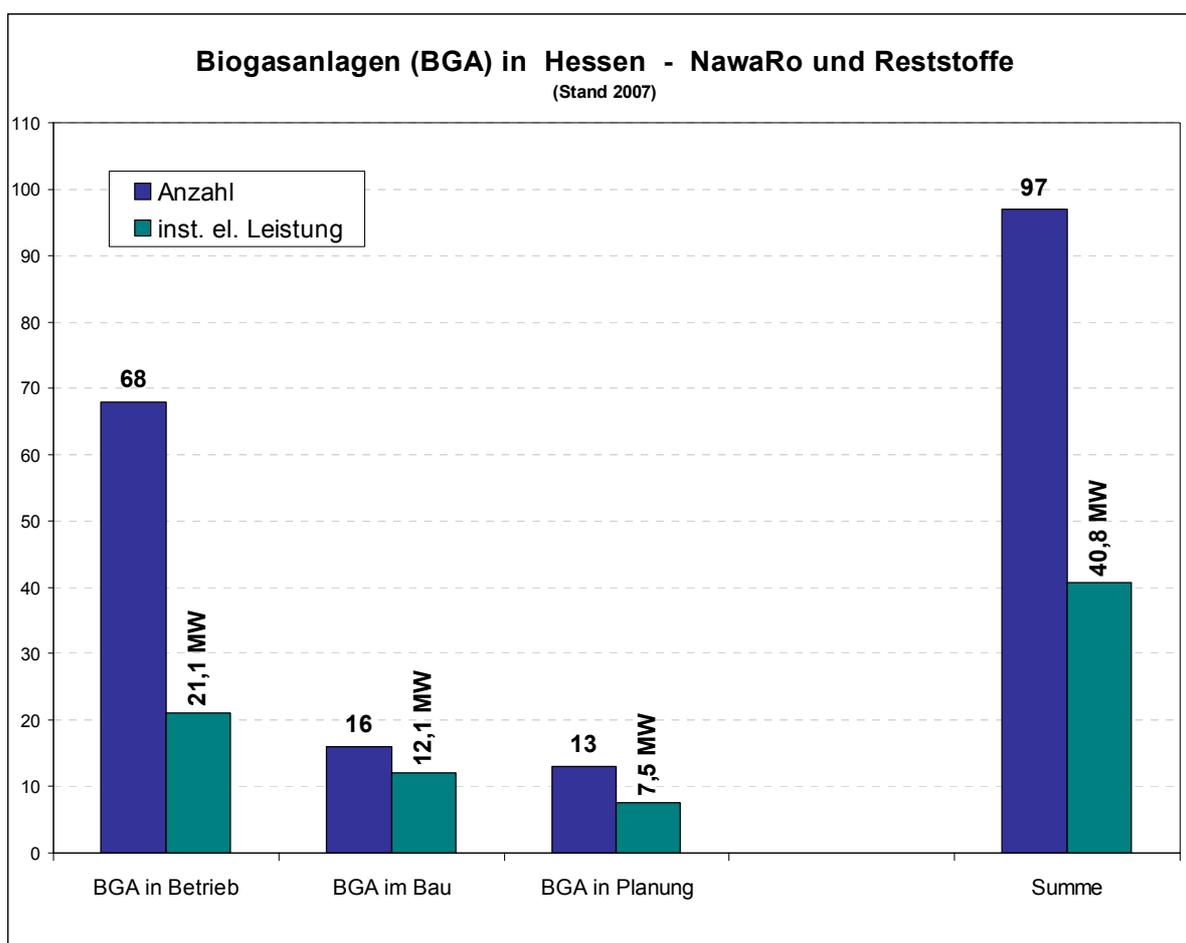


Abb. 35: Anzahl und installierte elektrische Leistung aller Biogasanlagen in Hessen

(Quelle: KOMPETENZTEAM BIOGAS HESSEN 2007)

Zu diesen Anlagen kommen 29 weitere Anlagen, die im Bau bzw. in der konkreten Planung sind, hinzu. Somit ist annähernd von einer Verdoppelung der installierten elektrischen Leistung (von 21,1 MW auf 40,8 MW) auszugehen. Bei allen derzeit betriebenen Anlagen wird das Biogas zur Stromerzeugung in BHKW genutzt.

Eine Aussage über die Wärmenutzung konnte nicht gemacht werden. Bei zwei geplanten Anlagen ist die Einspeisung in das Erdgasnetz vorgesehen.

Von den 16 derzeit im Bau befindlichen Anlagen sind 12 (ca. 7 MW el.) NawaRo-Anlagen, während vier Anlagen für die Vergärung von Reststoffen ausgelegt sind. Auch von den 13 geplanten Anlagen sind ebenfalls 11 für NawaRo (7,6 MW el.) vorgesehen, während die beiden anderen Speisereste bzw. Speisereste und Bioabfall verarbeiten sollen. Aufgrund der gestiegenen Rohstoffpreise werden vermutlich nicht alle Bauvorhaben im Bereich der NawaRo-Anlagen umgesetzt.

4.2.2 Biogasanlagen in Hessen für die Vergärung von Reststoffen

Werden nur die Anlagen betrachtet, welche Reststoffe vergären (d.h. keine reinen NawaRo-Anlagen), dann sind in Hessen derzeit 12 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 4,4 MW in Betrieb (Abb. 36). Die damit verbundene Behandlungskapazität für biogene Abfälle in Tonnen lässt sich nur schwer ermitteln, da die Anlagen i.d.R. eine Zulassung für sehr unterschiedliche Inputstoffe haben, die sich in Menge, Konsistenz, Qualität und Gasertrag stark unterscheiden können.

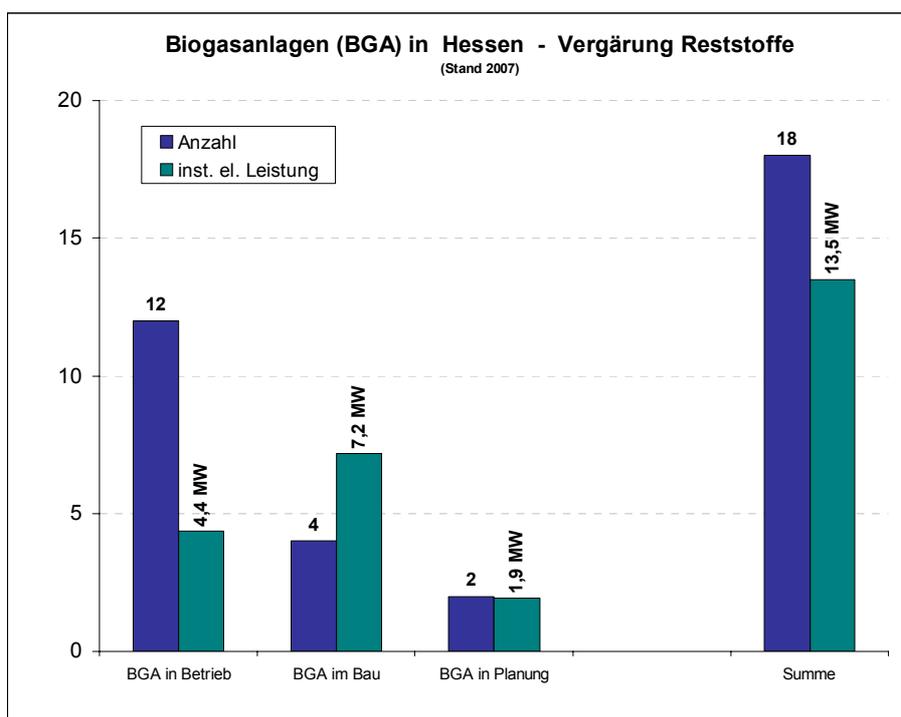


Abb. 36: Anzahl und installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen in Hessen (keine NawaRo Anlagen)

In diesen Anlagen, die in der Regel auf landwirtschaftlichen Betrieben angesiedelt sind, werden neben landwirtschaftlichen Reststoffen und Gülle überwiegend Speisereste und andere biogene Abfälle (Schlachtabfälle, Fettabscheider, Backabfälle etc.) vergoren und Biogas erzeugt. Zunehmend entstehen jedoch auch Anlagen im industriellen Maßstab.



Abb. 37: Biogasanlage (2 x 10.800 m³) zur Vergärung von Klärschlamm und Reststoffen im Industriepark Höchst

(Quelle: WWW.PROCESS.VOGEL.DE)

Eine Anlage im Industriepark Höchst (im Bau 3,6 MW) befindet sich derzeit in der Inbetriebnahme. Die Anlage wurde im Juli 2007 mechanisch fertig gestellt und es sollen 310.000 Mg/a Klärschlamm mit 90.000 m³/a Reststoffen (Cosubstrate) in zwei Fermentern vergoren werden (Abb. 37).

Die Vergärung von Reststoffen zeigt eine deutliche Zunahme in der installierten elektrischen Leistung (von 4,4 MW auf 13,5 MW).

Von den zwei geplanten Biogasanlagen ist eine Anlage für die Vergärung von Speiseresten und überlagerten Lebensmitteln (18.000 Mg/a) am Standort Bebra geplant. Die zweite Anlage in Limburg-Weilburg ist geplant zur Vergärung von Speiseabfällen und Bioabfällen (26.000 Mg/a). In dieser sollen 20.000 Mg/a Speisereste und überlagerte Lebensmittel sowie optional weitere 6.000 Mg/a Bioabfall verarbeitet werden.

Bei den vier Biogasanlagen für Reststoffe, welche sich im Bau befinden, handelt es sich um Anlagen, die Ende 2007 noch in Betrieb genommen wurden beziehungsweise noch in der Inbetriebnahmephase sind.

Unter diesen Anlagen befinden sich zwei Anlagen für die Vergärung von Bioabfall :

- a) Niddatal-Ilbenstadt (0,65 MW el.) im Kreis Wetterau
Integration in das vorhandene Kompostwerk (Teilstromvergärung 18.500 Mg/a)
Inbetriebnahme IV. Quartal 2007 / System Kompogas
- b) Flörsheim Wicker (1,4 MW el.) im Kreis Main Taunus
Biogaskraftwerk – Deponie Flörsheim-Wicker (45.000 Mg/a)
Inbetriebnahme I. Quartal 2008 / System Kompogas

Von den 12 Anlagen, die Reststoffe vergären, ist nur eine Biogasanlage, welche Bioabfall vergärt (Abb. 38). Diese Anlage in Frankfurt ist in eine Kompostanlage integriert, dort wird ein Teilstrom vom Bioabfall vergoren. Die Kompostanlage ist seit 1999 in Betrieb und verarbeitet ca. 30.000 Mg/a Bioabfall.

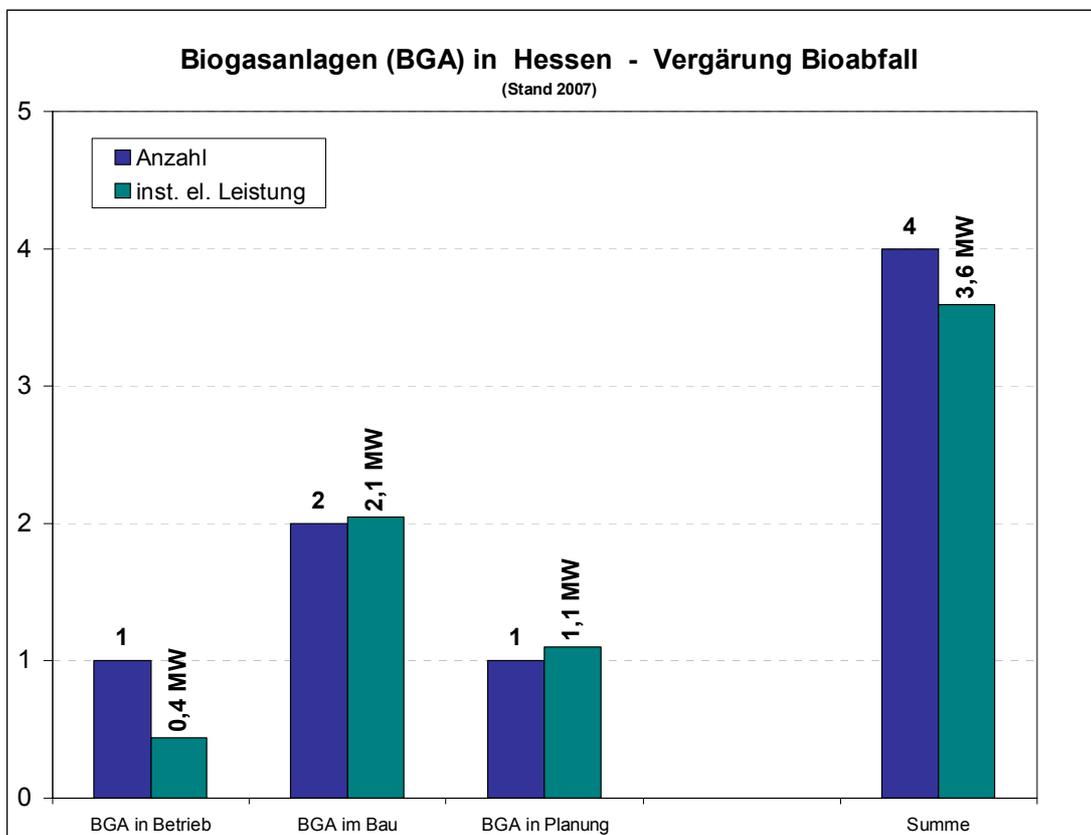


Abb. 38: Anzahl und installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen für Bioabfall in Hessen

Durch die aufgezeigte Entwicklung dürften sich die Erfahrungen mit der Vergärung von Bioabfall in Hessen deutlich erweitern. Mit den gewählten Vergärungsverfahren werden an anderen Standorten in Deutschland gute Erfahrungen gemacht, so dass ein technisch stabiler und wirtschaftlicher Betrieb dieser neuen Anlagen erwartet werden kann. Daraus könnten mittelfristig auch Anstöße für die Integration von Vergärungsstufen an anderen Standorten in Hessen ausgehen.

5 Technische Konzepte zur Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen

5.1 Anaerobtechnik

5.1.1 Stand der Bioabfallvergärung in Deutschland

In den vergangenen Jahren hat die anaerobe Behandlung von nativ-organischen Abfällen zusehends an Bedeutung gewonnen. Entscheidende Faktoren für die gestiegene Akzeptanz sind die Möglichkeiten der energetischen Nutzung des anfallenden Biogases sowie die Kapselung des eigentlichen Gärprozesses und die dadurch im Vergleich zur Kompostierung besser beherrschbaren Geruchsemissionen. Die Vergütung der Stromerzeugung aus regenerativen Energien (EEG) hat den positiven Trend bei der Bioabfallvergärung unterstützt.

In einer Aufstellung der BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST (2003) sind 813 Kompostierungsanlagen ausgewiesen, die gemäß einer aktuellen Abschätzung der BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST (2006) über eine genehmigte Kapazität von 10,1 Mio. Mg/a verfügen. Mittlerweile gibt es über 70 Vergärungsanlagen für Bioabfälle, wobei z.T. auch Co-Fermentationsanlagen berücksichtigt sind. Damit hat sich die Anzahl der Vergärungsanlagen für Bioabfall in den letzten zehn Jahren von ca. 20 Vergärungsanlagen mehr als verdreifacht.

5.1.2 Verfahrenstechnik

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

Als wesentliches Merkmal zur Einteilung der Vergärungsverfahren kann die Betriebsweise heran gezogen werden, wobei kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren (Abb. 39) zu unterscheiden sind.

Bei den kontinuierlichen Verfahren wird dem Fermenter in regelmäßigen Zeitintervallen Substrat zugeführt und der Ablauf des Gärrests ist entsprechend. Hierdurch wird eine kontinuierliche Biogasproduktion mit gleich bleibender Qualität angestrebt.

Bei diskontinuierlichen Verfahren hingegen werden die Fermenter nach entsprechenden Verweilzeiten von mehreren Wochen entleert und neu befüllt. Damit ist die Biogasproduktion der einzelnen Fermenter nicht kontinuierlich, was durch die Parallelschaltung mehrerer Fermenter, die zeitversetzt arbeiten, und durch Perkolatspeicher weitgehend kompensiert wird.

Als für die Praxis wesentliche Auswirkung ist festzuhalten, dass bei den diskontinuierlichen Verfahren ein stapelbarer Gärrest anfällt, der ohne weitere Behandlung kompostierbar ist.

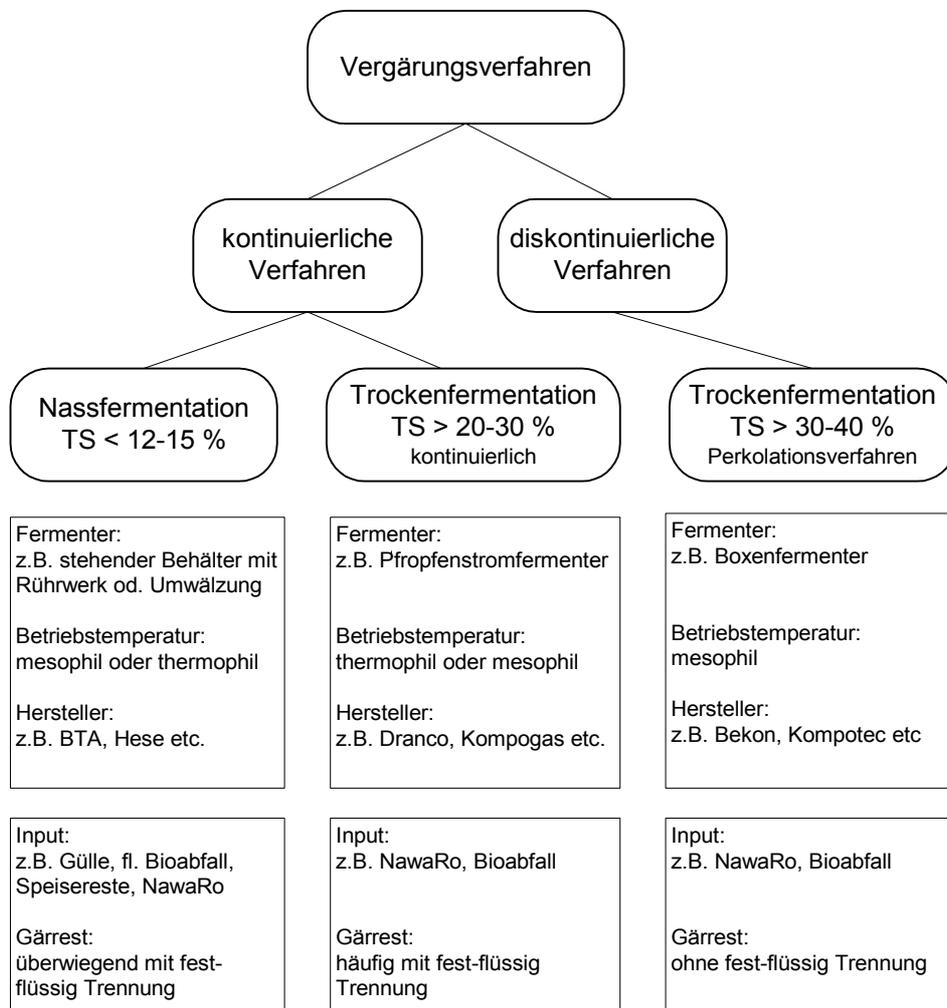


Abb. 39: Übersicht über kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal stellt der Trockensubstanzgehalt (TS) im Fermenter dar. Die Vergärungsverfahren lassen sich je nach Feststoffgehalt im Reaktorzulauf bzw. des Inputmaterials in Nass- und Trockenverfahren (siehe auch Abb. 39) unterteilen.

Bei den Nassvergärungsverfahren (siehe Schema in Abb. 40) wird durch die Zugabe von Flüssigkeit (in der Regel Presswasser aus der Gärrestaufbereitung) das Substrat auf einen Trockensubstanzgehalt von bis zu 15 % angemaischt, so dass es pump- und rührfähig ist.

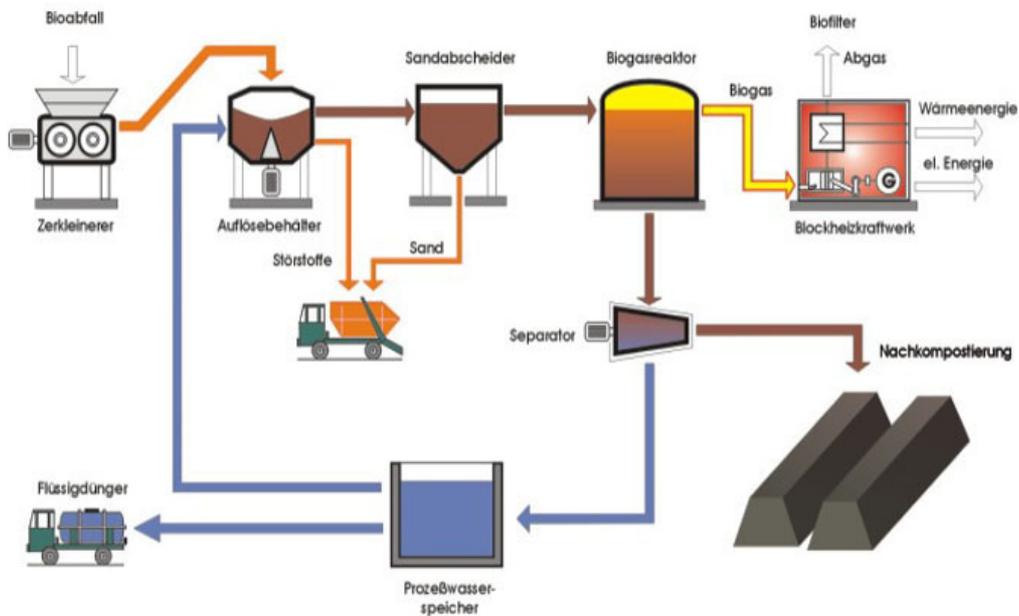


Abb. 40: Schema der kontinuierlichen Nassvergärung von Bioabfällen.
(Quelle: Fa. BTA)

Kontinuierliche Trockenverfahren (

Abb. 41 und Abb. 42) arbeiten bei Feststoffgehalten zwischen 20 und 40 %. Feststoffgehalte oberhalb von 40 % führen zu Abbauhemmungen infolge von Wassermangel. Bei der kontinuierlichen Trockenfermentation wird das Inputmaterial ebenfalls vor der Fermentation mit Presswasser verdünnt, um entsprechende Trockensubstanzgehalte einzustellen.

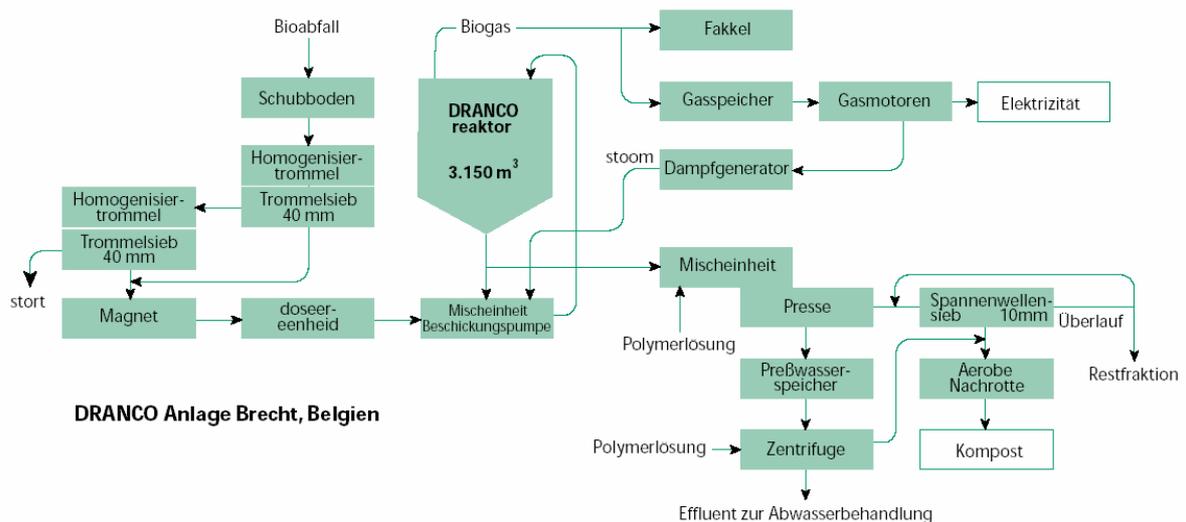
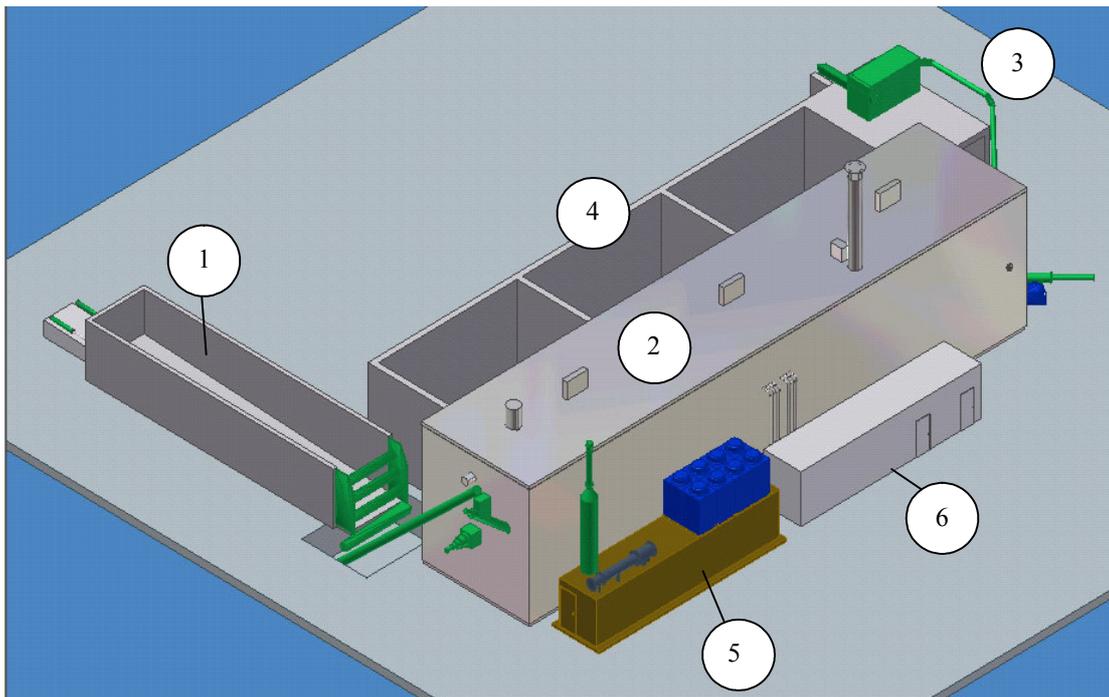


Abb. 41: Schema für die kontinuierliche Trockenvergärung von Bioabfällen
(Quelle: Fa. OWS)



1=Zwischenspeicher; 2=Fermenter; 3=Entwässerung; 4= Presswasserbecken; 5=BHKW; 6=Infrastrukturcontainer (Quelle: ZEIFANG, 2007)

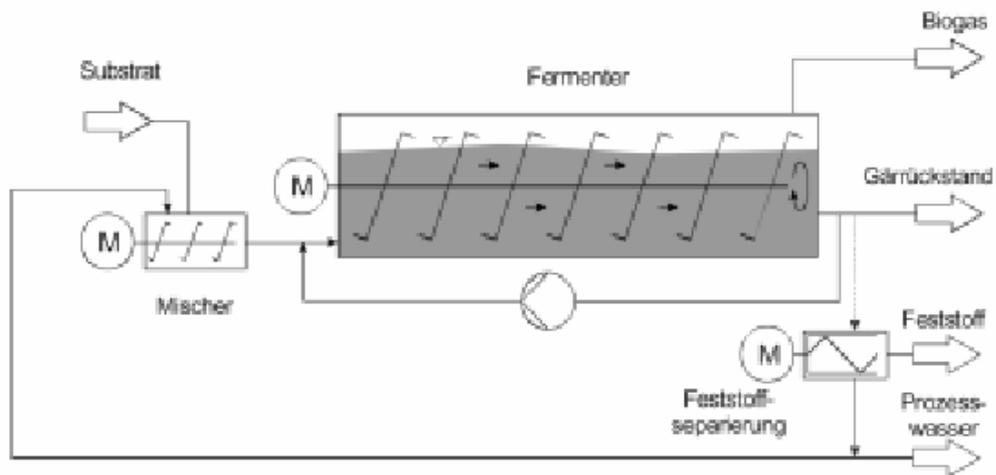


Abb. 42: Vergärungsstufe zur Nachrüstung bestehender Kompostwerke (Quelle: Fa. Kompogas)

Seit einigen Jahren kommen bei der Vergärung von Rest- oder Bioabfällen sowie auch bei der NawaRo-Vergärung, so genannte Perkulationsverfahren oder Boxenvergärung zum Einsatz (Abb. 43). Bei dieser diskontinuierlichen Trockenvergärung wird das stapelfähige Material in abgeschlossenen Boxen mit Perkolat berieselt, wodurch in den Boxen Biogas entsteht. Zusätzlich wird auch Biogas aus dem Perkolatspeicher gewonnen.

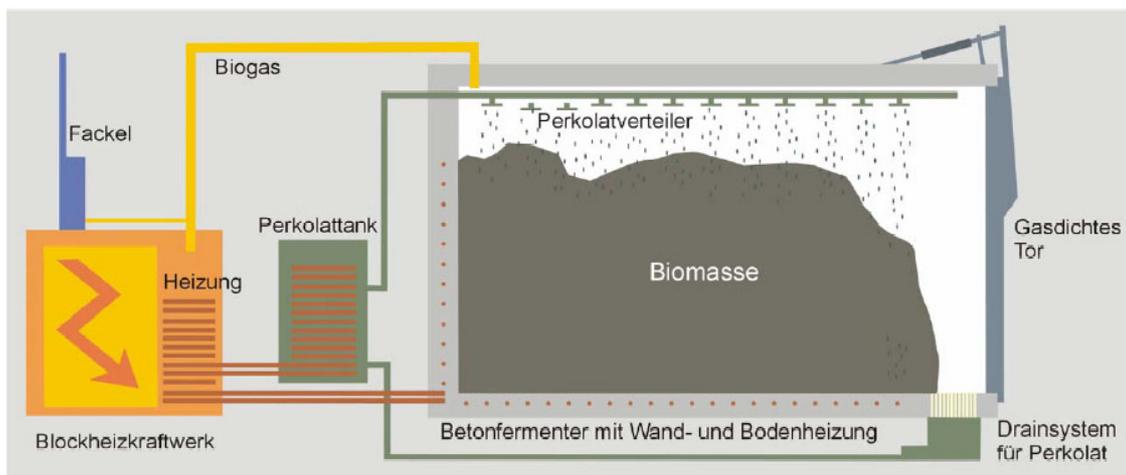


Abb. 43: Schema der Vergärung von Bioabfällen / diskontinuierliche Trockenvergärung
(Quelle: Fa. Bekon)

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Vergärungsverfahren ist die Prozesstemperatur, die in der Praxis entweder im mesophilen Bereich zwischen 33 und 37°C oder bei thermophilen Temperaturen zwischen 55 und 60°C eingestellt wird. Die Temperatur wird durch entsprechendes Beheizen der Fermenter eingestellt. Die Heizenergie wird aus der Abwärme der Verstromung gewonnen. Dieser Anteil, der bei thermophilen Verfahren höher ist, steht allerdings externer Wärmenutzung nicht mehr zur Verfügung.

Die Prozesstemperatur übt einen maßgeblichen Einfluss auf die Abbaurate und die Gasausbeuten aus. Bei thermophiler Betriebsweise werden höhere Gasausbeuten und Abbauraten erreicht. Demgegenüber ist die mesophile Betriebsweise durch eine höhere Prozessstabilität gekennzeichnet.

Eine Übersicht über mögliche Gaserträge und Durchsatzmengen bei Bioabfall ist in Tab. 21 dargestellt. Tendenziell sind die Gaserträge bei den Perkolationsverfahren niedriger. Dem steht ein einfacheres Materialhandling durch geringeren Technikeinsatz gegenüber. Die Gaserträge sind zudem immer eine Funktion der Verweilzeit.

Tab. 21: Leistungsparameter ausgewählter Trockenvergärungsanlagen (Herstellerangaben)

Verfahren	Abfallart	Jahresdurchsatz	TS-Gehalt im Fermenter	Verweilzeit	Gasertrag Biogas			Volumen-konzentration
		[Mg/a]	[%]		[Nm ³ /Mg oTS]	[Nm ³ /Mg TS]	[Nm ³ /Mg Input]	
3A	Bioabfall			45-50	410	285	100	55
BEKON	Bioabfall		≤ 50	28-35	240-530	170-370	60-130	55-60
BIOFERM	Bioabfall		≤ 60					
KOMPO-GAS	Bioabfall, Grünabfall	20000	35	15-20	380	245	85	50-63
ATF	Bioabfall	1000	35-50	15-25	120-400	96-320	30-96	55-65
DRANCO	Bioabfall	20000	18-26	20-30	550-780	390-550	120-170	50-65
DRANCO	Restabfall	13500	56	25	460-490	240-250	133-144	55
VALORGA	Bioabfall	52000	30-35	24	390-410	175-185	80-85	55-60
VALORGA	Bioabfall	10000	35	24	380-460	285-340	100-120	60

(Quelle: KRAFT, 2004)

5.1.3 Biogasnutzung

Die bei Weitem überwiegende Nutzung von Biogas findet über die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken statt, die meist in unmittelbarer Nähe zur Biogasanlage betrieben werden. Diese Blockheizkraftwerke erreichen in der Praxis elektrische Wirkungsgrade bis 41 % und thermische Wirkungsgrade von etwa 46 %. Ein Teil der Wärme wird zur Beheizung der Fermenter benötigt. Insbesondere bei thermophilem Anlagenbetrieb ist dieser Anteil erheblich. Während der Wintermonate, wenn auch externe Wärmeabnehmer bereit stehen, ist der Eigenverbrauch der Biogasanlage am höchsten.

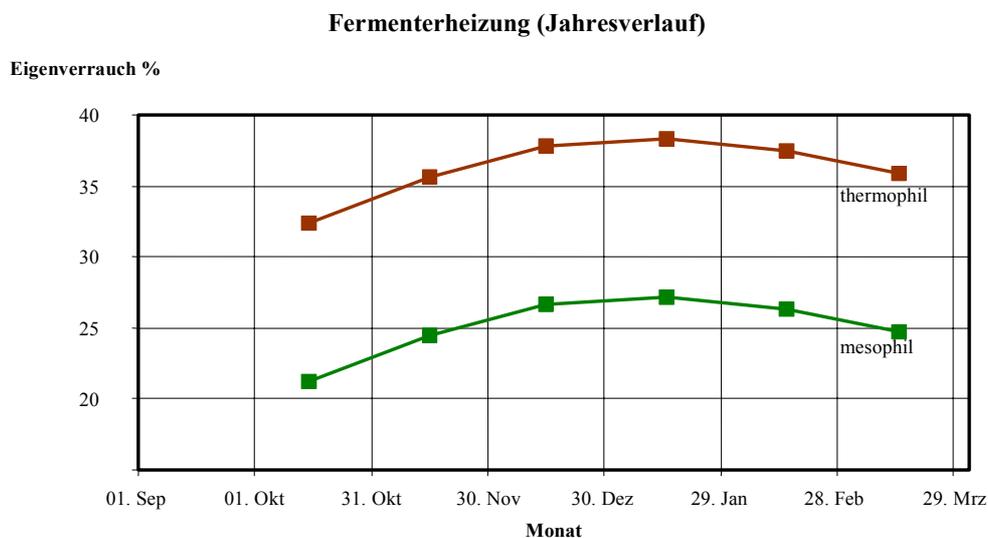


Abb. 44: Wärmeeigenbedarf von Vergärungsanlagen in den Wintermonaten

Alternativ zu Blockheizkraftwerken werden an ersten Praxisanlagen auch Mikrogasturbinen eingesetzt. Trotz geringerem elektrischen Wirkungsgrad (+/- 30 %) bieten diese Aggregate durch erheblich geringeren Wartungsaufwand und bessere Abwärmenutzungsoptionen (das gesamte Abwärmepotenzial fällt in einem Wärmestrom mit einem hohen Temperaturniveau von 250°C bis 300°C an), je nach Rahmenbedingungen Vorteile (Abb. 45). Im Bereich von Abfallvergärungsanlagen werden auch erste Erfahrungen mit Brennstoffzellen gesammelt.

Neben der Auswahl alternativer Energieerzeugungsaggregate können durch die Entwicklung von Gesamtkonzepten ökologisch und ökonomisch verbesserte Projekte umgesetzt werden. Hierbei spielen die typischen Standorte von Bioabfallvergärungsanlagen in größerer Entfernung von Wohn- und Gewerbebebauung eine besondere Rolle. Daher ist häufig nur eine teilweise Wärmenutzung zum Betrieb der Vergärungsanlage selbst bzw. Nachbereiten von Gärresten und Kompost sowie anderen Substraten möglich.

Durch andere in Abb. 45 dargestellte Konzepte sind standortangepasste energetisch optimierte Lösungen mit verbesserter Wirtschaftlichkeit möglich.

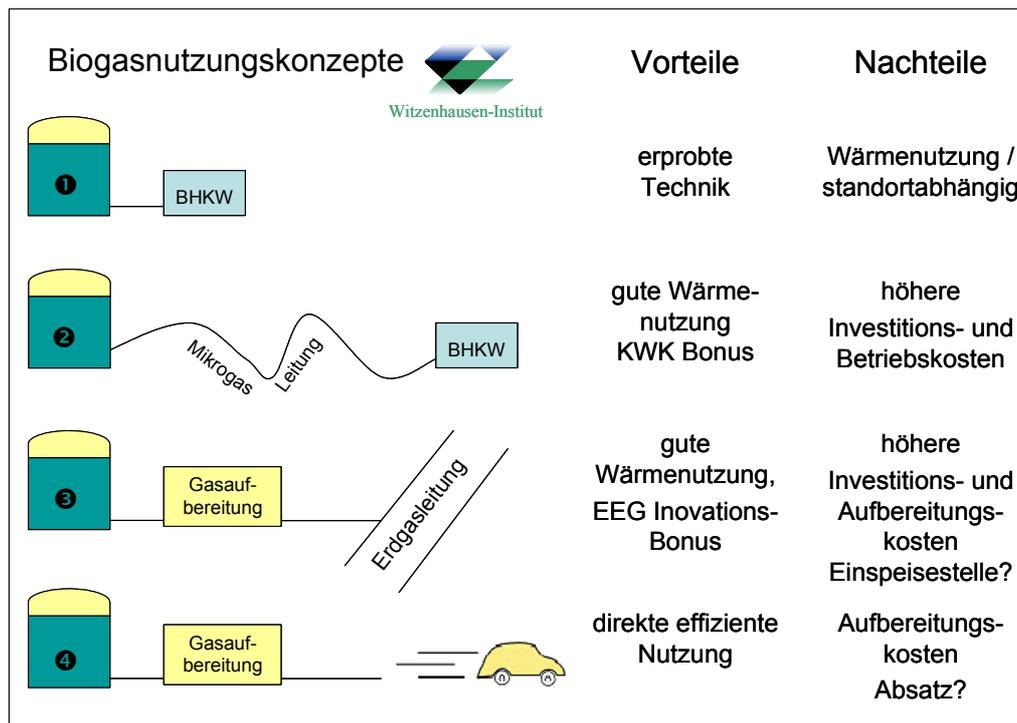


Abb. 45: Übersicht zu Biogasnutzungskonzepten

Je nach Nutzungskonzept wird ein unterschiedlicher Aufwand für die Gasaufbereitung sowie -verdichtung und -leitung notwendig (vgl. Abb. 46).

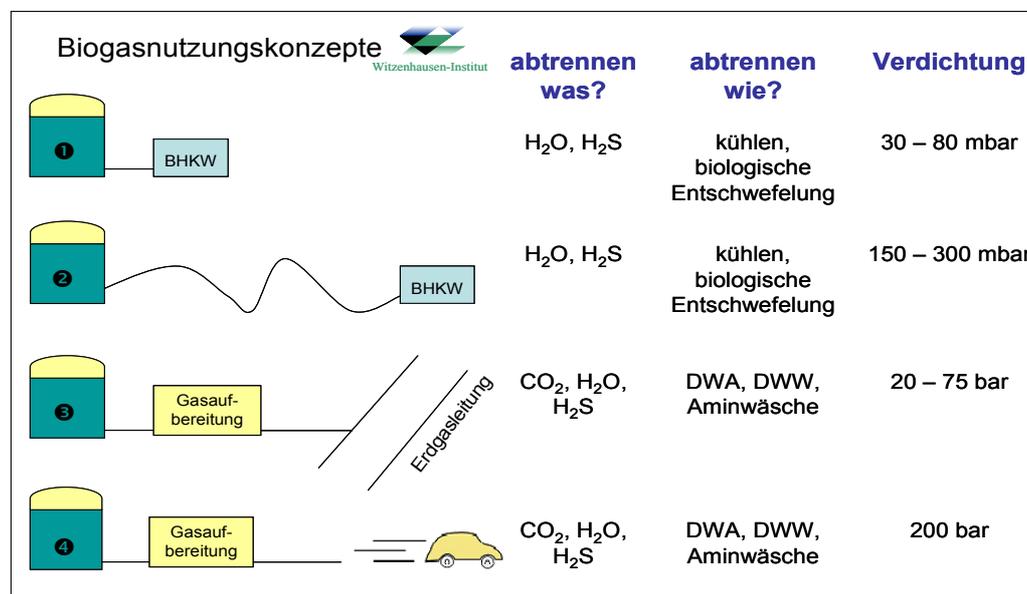


Abb. 46: Notwendige Maßnahmen für verschiedene Biogasnutzungskonzepte

Die Nutzungskonzepte können wie folgt beschrieben werden:

② Biogasnahleitung (Mikrogasnetz)

Sind in einem Umkreis von bis zu 10 km um eine Biogasanlage gute, ganzjährige Wärmenutzer vorhanden, bietet sich die Verlegung einer Biogasleitung an. Dabei kommen PE-Rohrleitungen zum Einsatz, die unter Beachtung der entsprechenden DGWV-Regeln in mindestens 1 m Tiefe zu verlegen sind. Zum störungsfreien Transport des Biogases ist das Biogas zu trocknen, ggf. enthaltene Partikel abzuscheiden und im Bereich von 100 bis 400 mbar zu verdichten.

Die Investitionskosten liegen in starker Abhängigkeit vom Trassenverlauf in der Größenordnung von 100.000 bis 300.000 €. Die Betriebsaufwendungen für Verdichtung und Kühlung sind gering. Dabei sind Anlagengröße und Leitungslänge sowie die Qualität des Biogases wesentliche Einflussgrößen für die Kostenstruktur.

③ Einspeisung in das Erdgasnetz

Sofern in einem Umkreis von bis zu 10 km um die Biogasanlage eine geeignete Einspeisemöglichkeit vorhanden ist, kann die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und seine anschließende Einspeisung bei größeren Vergärungsanlagen interessant sein. Zur Aufbereitung muss im Wesentlichen der Brennwert durch Abtrennung des Kohlendioxids angehoben werden.

Daneben muss das Biomethan entschwefelt und getrocknet werden sowie den Anforderungen der DVGW entsprechen. Für die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität werden derzeit drei Verfahren angewandt:

- Druckwechseladsorption
- Druckwasserwäsche
- Aminwäsche

Im Rahmen der Novellierung der Gasnetzzugangsverordnung liegt die Verantwortung für die Verdichtung und Odorierung des Einspeisegases sowie für die Messstrecke zukünftig beim Netzbetreiber.

④ Biogaskraftstoff

Dort, wo keine Einspeisemöglichkeit für Bioerdgas besteht, kann aufbereitetes Biogas als Kraftstoff genutzt werden. Für die Gasaufbereitung kommen die oben skizzierten Verfahren zum Einsatz. Die Verdichtung von Erdgaskraftstoffen erfolgt auf 200 bar.

Der Anbau von Energiepflanzen für die Erzeugung von Biogaskraftstoff ist unwirtschaftlich, da die Verstromung des Biogases unter Ausnutzung des im EEG vorgesehenen NawaRo-Bonus wirtschaftlicher ist. Für Biogaskraftstoffe ist ein Bonussystem nicht vorgesehen. Im Gegenteil, es muss mit dem ebenfalls steuerbefreiten Kraftstoff Erdgas konkurrieren. Dennoch sind hier wirtschaftliche Lösungen darstellbar, insbesondere wenn der Absatz der Biogaskraftstoffe über Flotten (Nahverkehr, Abfallwirtschaft etc.) gesichert werden kann.

Die hier skizzierten Nutzungsoptionen für Biogas aus biogenen Reststoffen zeigen das breite Feld der Möglichkeiten, die in Abhängigkeit von den Standortfaktoren und von den herrschenden Rahmenbedingungen jeweils ökonomisch und ökologisch vorzüglich sein können. Die möglichst ganzheitliche Nutzung des Biogases über intelligente Kraft-Wärme-Kopplungsansätze (Mikrogasnetz, Einspeisung) oder als Kraftstoff ist für die Wirtschaftlichkeit des gesamten Ansatzes von erheblicher Bedeutung.

5.1.3.1 Hygienisierung

Bei thermophilen Prozessen und einer Verweildauer von >14 Tagen im Fermenter findet gleichzeitig eine Hygienisierung des Materials statt. Entsprechend muss bei mesophil behandeltem Gärgut für die anschließende Hygienisierung während der Kompostierung genügend Restorganik vorhanden sein.

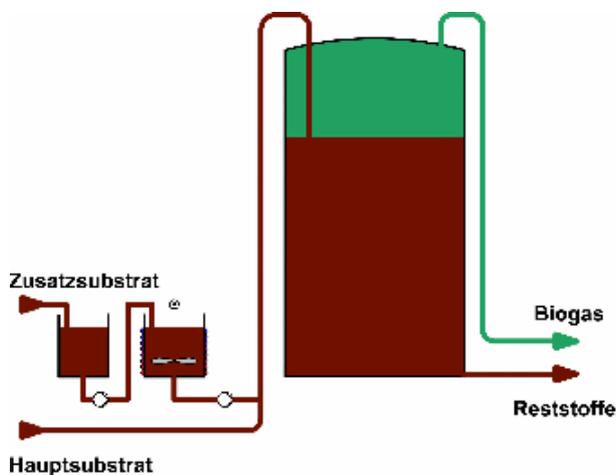


Abb. 47: Schema der Hygienisierung von Zusatzsubstraten
(Quelle: Fa. Pondus)

Bei dem Einsatz von Zusatzsubstraten, wie z.B. Speiseresten oder Schlachtabfällen, muss immer eine Hygienisierung von mind. 1 Stunde bei 70°C, alternativ eine Drucksterilisation über 20 min bei 120°C stattfinden. Dabei ist die maximale Teilchengröße auf eine Kantenlänge von maximal 12 mm begrenzt. Hierfür sind gesonderte Zerkleinerungstechniken und Hygienisierungsverfahren erforderlich (Abb. 47).

Der Wärmebedarf der Hygienisierung kann im Allgemeinen über die Abwärme des BHKW gedeckt werden und ist daher bei vorgesehenem Wärmeverkauf als Eigenbedarf zu berücksichtigen. Insbesondere wenn die Hygienisierung nicht kontinuierlich betrieben wird, kommt es unvermeidlich zu Leistungsspitzen.

Alternativ zur Hygienisierung des Inputmaterials kann auch der Output hygienisiert werden, es müssen jedoch der gesamte Strom und nicht nur die o.g. Zusatzstoffe hygienisiert werden.

5.1.4 Gärprodukte

5.1.4.1 Gärreste

Aufgrund der verschiedenen Verfahren, Inputstoffe und Nachbehandlungsmethoden des Gärrestes entstehenden auch unterschiedliche Gärreste, wobei die jeweiligen Zwischen- und Endprodukte unterschiedlich bezeichnet werden, was zu Fehlinterpretationen führen kann. In Anlehnung an die Literatur (KIRSCH, 2002) wird bei der Behandlung von Bioabfall unterschieden zwischen:

- Bioabfallkompost (BAK): Bioabfall, der in einer Kompostanlage mittels einer aeroben Behandlung zu Kompost verarbeitet wird.
- Kompostierter Gärrest (KGR): Bioabfall, der zunächst anaerob in einer Vergärungsanlage behandelt wird und der dabei anfallende (feste) Gärrest kompostiert wird (siehe auch Abb. 49).
- Gärrest fest (GFE): Gärgut am Austritt der Vergärung, welcher (je nach Verfahren) einen für die Kompostierung ausreichenden Trockenmassegehalt aufweist bzw. zusätzlich entwässert werden muss.
- Gärgut Überschusswasser (GUW): Flüssiger Anteil des Gärrestes, der (je nach Verfahren) nach der Vergärung durch Abtrennen der flüssigen Phase vom Gärgut anfällt oder als Überschusswasser bei Perkolationsverfahren auftritt.

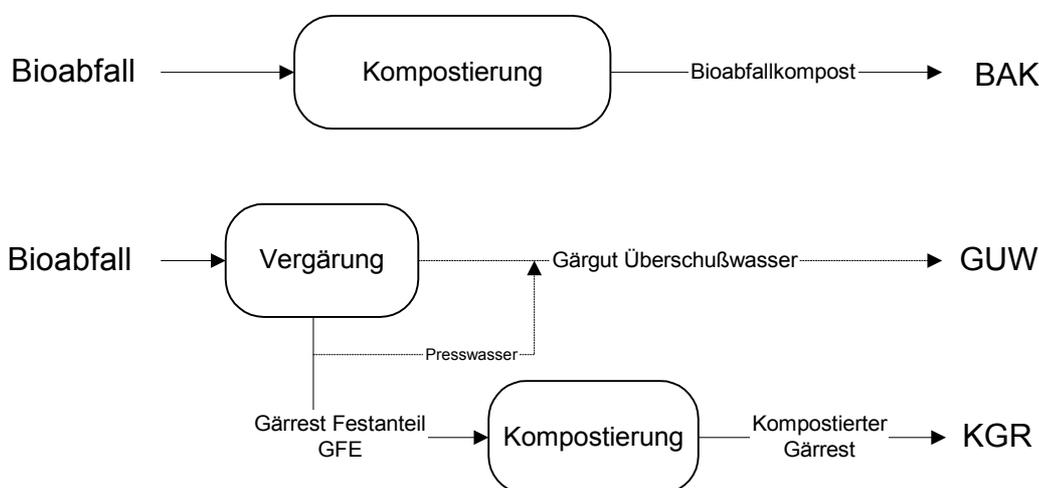


Abb. 48: Begriffsbestimmung bei der Kompostierung und Vergärung von Bioabfällen

Bei der Aufbereitung der Gärreste fallen zwischen 0,08 – 0,5 m³ Prozesswasser je Mg Input an. Die Menge an Überschusswasser wird maßgeblich durch die fest-flüssig-Trennung des Gärrestes bestimmt sowie durch den in den Prozess zurückgeführten Anteil des Presswassers. Auch bei den Perkolationsverfahren fällt, wenn auch in geringerem Umfang, Überschusswasser an.

Im gesamten Bundesgebiet werden Bioabfälle in etwa gleichen Teilen in Nass- und Trockenvergärungsverfahren verarbeitet. In Hessen werden (inklusive der zur Zeit im Bau befindlichen Anlagen) alle drei Anlagen nach dem kontinuierlichen Trockenfermentationsverfahren betrieben. Bei zwei Anlagen wird der Gärrest einer Kompostierung zugeführt. Bei der Anlage in Flörsheim ist die Vortrocknung der Gärreste und die nachfolgende Verwertung als Rohkompost oder als Ersatzbrennstoff geplant.



Abb. 49: Kompostierter Gärrest (KGR) aus der Vergärung mit anschließender Kompostierung von Bioabfall

5.1.4.2 Gärreste und Gärrestbehandlung

Im Gegensatz zu der Behandlung von Restabfällen können die Gärreste aus Bioabfallvergärungsanlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verwertet werden, falls ausschließlich durch die BioAbfV zugelassene Abfälle verarbeitet werden (siehe auch Kapitel 2).

Der Masse des festen Gärrestes (GFE) entspricht etwa 40-65 % des Inputmaterials (Abb. 50). Die Gärreste müssen nach dem Vergärungsprozess für die weiteren Verwertungs- und Behandlungsprozesse konfektioniert werden. Bei mesophiler Vergärung muss außerdem die Hygienisierung sicher gestellt werden.

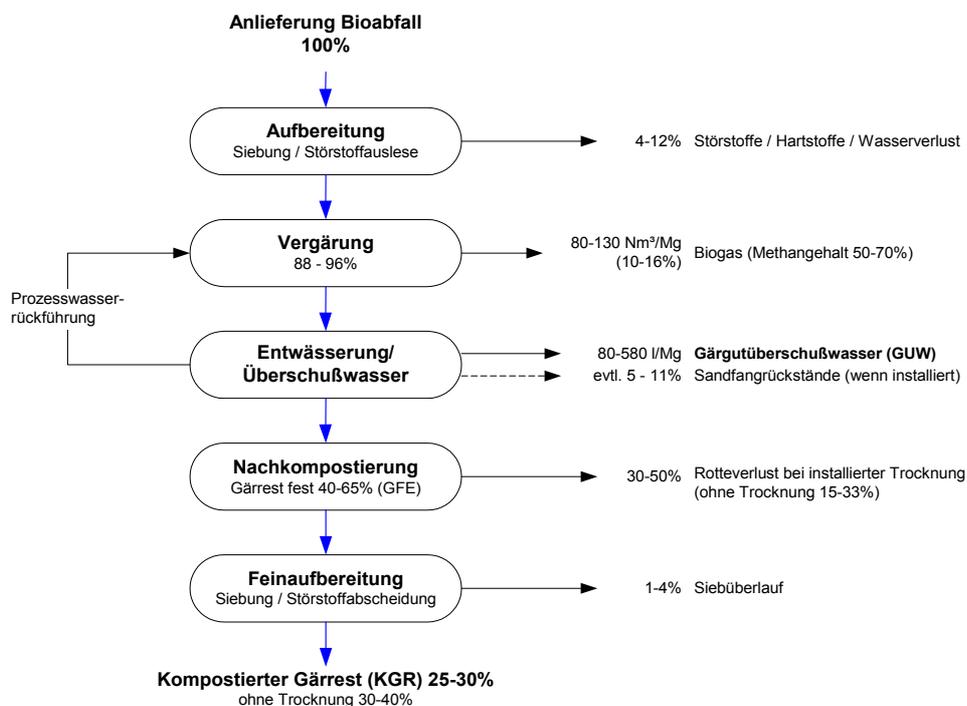
Die der je nach Verfahren der Vergärung nachgeschalteten Entwässerungsstufen bedingen einen ausreichenden Strukturanteil des festen Gärrestes, der die Nachkompostierung ermöglicht. Bei Bedarf kann weiteres Strukturmaterial, z.B. Grünabfall oder Material aus der Landschaftspflege, nach der Vergärung zugegeben werden.

Im Gegensatz zu Kompostprodukten mit einem Rottegrad zwischen II und III aus der aeroben Behandlung weisen Gärreste mit gleichem Rottegrad starke Geruchsemissionen auf, die insbesondere durch Ammoniak, der aus der Mineralisierung der organischen

Stickstoffverbindungen im Gärmaterial gebildet wird, hervorgerufen werden. Pflanzenverträgliche Kompostprodukte sind nur mit einer nachgeschalteten Aerobbehandlung zu erzielen.

Die Dauer der Nachrotte variiert in Abhängigkeit von dem angestrebten Reifegrad zwischen zwei und sechs Wochen. In den ersten etwa sieben Tagen sollte die Nachrotte mit einer aktiven Be- und Entlüftung durchgeführt werden, da bei der Umstellung auf die aerobe Behandlung in diesem Zeitraum verstärkt Ammoniak und Geruchsemissionen freigesetzt werden. Geschlossene Kompostierungsverfahren, wie Boxen-, Container-, Tunnel- und Zeilenverfahren, sind in Verbindung mit Biofiltern und Wäschern besonders für die Austreibung der Geruchsstoffe geeignet. Eine geschlossene Ausführung der gesamten Nachrotte ist nicht zwingend erforderlich, so dass eine Kombination aus geschlossenem und offenem Verfahren eingesetzt werden kann.

Stoffflussdiagramm Vergärung von Bioabfällen* (Trockenfermentation)



* Witzhausen-Institut u. hinzugezogene externe Quellen: igw [2006], Dube [2005], Zeifang [2005], Bidlingmaier/Müsken [2001], Firmeninfos Linde-KCA, Kompogas, Valorga International

Abb. 50: Stoffflussdiagramm Bioabfallvergärung

Die Menge an Überschusswasser (GUW), d.h. Presswasser oder Perkolat, welches nicht in den Prozess zurückgeführt werden kann, wird wesentlich durch den Wassergehalt der Inputstoffe und das Vergärungsverfahren bestimmt und unterliegt daher großen Schwankungen. Dieses Wasser wird häufig auch als flüssiger Gärrest bezeichnet.

Die periodische Ausschleusung von Überschusswasser zur Vermeidung von Anreicherungen feindisperser Stoffe und Abbauprodukte, wie beispielsweise Ammonium, ist unumgänglich. Die Mengen können je nach Verfahren bis zu ca. 50 % vom Inputmaterial erreichen und sind daher bei der Planung einer Vergärung besonders zu berücksichtigen.

Im Vordergrund steht hierbei die weitere Verwertung als Flüssigdünger oder die Entsorgung als Abwasser. Bei der Düngerverwertung müssen entsprechende Lagerkapazitäten (ca. die Hälfte der Jahresmenge) vorgehalten werden und der Absatz sicher gestellt sein. Ist eine Düngeverwertung nicht möglich, entstehen zum Teil erhebliche Aufwendungen für die notwendige Abwasseraufbereitung.

Die Vergärung von Reststoffen wie z.B. Schlachtabfällen, Speisresten oder abgelaufenen Lebensmitteln erfolgt überwiegend in der Nassvergärung. Eine intensive Aufbereitung dieser Stoffe (Störstoffabtrennung, Zerkleinerung, Hygienisierung) erfordert fließfähige Substrate. Die entsprechenden flüssigen Gärreste aus diesen Behandlungsanlagen haben einen entsprechend niedrigen TS-Gehalt (z.B. 5-10 %) und erfordern in der Regel eine aufwändige Technik zur Gärrestaufbereitung. Hier kommen wie bei der Gülleaufbereitung zunehmend Verfahren mit Eindickung und Eindampftechnik zum Einsatz.

5.1.4.3 Qualität von Gärprodukten

Der Abbau der organischen Substanz im Rahmen des Vergärungsprozesses ist abhängig von den Ausgangssubstraten sowie der Dauer der Fermentation. Dabei wird ein Teil des organischen Kohlenstoffs zu Methan abgebaut, wohingegen keine Nährstoffverluste (N, P, K, Mg) auftreten (REINHOFER, 2006). Weiterhin überführt der anaerobe Abbau der organischen Substanz einen Teil des organisch gebundenen Stickstoffs in Ammonium.

Ein weiterer Effekt ist die Einengung des Kohlenstoff-Stickstoffverhältnisses durch den Abbau von Kohlenstoffverbindungen. Außerdem steigt der pH-Wert durch die Fermentationsvorgänge an. Entscheidend für die anschließende Kompostierung des Gärgutes ist unter anderem das Vorhandensein von genügend Restorganik und Strukturmaterial sowie eine ausreichende Entwässerung.

Aus einer Reihe von Bioabfallvergärungsanlagen in Deutschland liegen Daten über die Zusammensetzung der Gärprodukte vor. Diese Daten der BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST sind gemittelt aus Vergärungsanlagen, mit über 80 % Bioabfall im Input (Tab. 22). Die Angabe „Gärprodukt flüssig“ ist jedoch nicht eindeutig. Es handelt sich hierbei nur zum Teil um Gärgutpresswasser (Überschusswasser), aber überwiegend um Gärgut aus der Nassvergärung, bei welchem in der Regel nachträglich noch Wasser mechanisch abgetrennt wird.

Tab. 22: Mittlere Nährstoff- und Schwermetallgehalte an Inhaltsstoffen in Gärprodukten aus der RAL-Gütesicherung

	TM [%]	Ges. Nährstoffgehalt [%TM]				Schwermetall [mg/kg TM]		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Pb	Cd	Cr
1) 28 Proben / > 80% Bioabfall								
2) 77 Proben / > 80% Bioabfall								
Gärprodukt flüssig ¹⁾	10,1	2,65	1,64	3,35	0,89	25,5	0,46	21,9
Gärprodukt fest ²⁾	38,27	2,64	1,18	0,87	0,84	49,6	0,6	36,1

(Quelle: BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST, 2002)

Untersuchungen zu den Nährstoffgehalten von festem Gärgut und Presswasser gegenüber Kompost (Tab. 23) zeigen, dass die leicht löslichen Bestandteile vor allem im Presswasser zu finden sind. So weist dieses hohe Konzentrationen an mineralisiertem Stickstoff auf. Presswasser wird daher in der Regel als schnellwirksames Düngerkonzentrat in die Landwirtschaft abgegeben. Auffallend sind auch die hohen Gehalte an (leicht löslichen) Salzen in der flüssigen Phase. Diese Entfrachtung des festen Gärrestes von Salzen verbessert die Qualität des Gärrestes, kann aber andererseits zu Nachteilen bei der Nutzung bzw. Entsorgung des Presswassers führen. Berichte aus der Praxis zeigen, dass der Absatz, ähnlich wie bei der Gülleverwertung, nicht immer gegeben ist.

Tab. 23: Verteilung der Nährstoffe und Salzgehalte - Vergleich für Kompost, Gärprodukt fest und Presswasser

	TM [%]	Ges. Nährstoffgehalt [%TM]				Salzgehalte [mS]
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
Komposte (Median Werte)	47,9	1,3	0,62	1,05	0,65	2,5
Gärgut (Median Werte)	51,1	1,26	0,72	1,03	0,63	2,7
Presswasser (Median Werte)	11,1	3,53	0,62	1,43	0,95	16

(Quelle: FUCHS, 2007)

Eine Gegenüberstellung der Median- oder Mittelwerte (Tab. 22: und Tab. 23) ist nur bedingt aussagekräftig, da hier aus vielen unterschiedlichen und zum Teil unbekanntem Randbedingungen gemittelt wurde. Die Zahlen stellen daher lediglich einen Trend dar.

Dagegen ist eine ausgewählte Bioabfallvergärung (kontinuierliche Trockenfermentation) in nachfolgender Tabelle (Tab. 24) in Form einer Einzelbetrachtung dargestellt. In dieser Anlage wird ausschließlich Bioabfall in die Vergärung gegeben und ein geringer Anteil Grünschnitt zur Nachkompostierung zugeführt.

Tab. 24: Einzelfallbetrachtung Bioabfallvergärung - Verteilung der Nährstoffe
Vergleich für kompostierten Gärrest und Überschusswasser.

	TM [%]	Ges. Nährstoffgehalt [%TM]				Schwermetall [mg/kg TM]		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Pb	Cd	Cr
Kompostierter Gärrest (KGR)	58,2	1,28	0,98	1,31	1,16	23,7	0,3	29,9
Gärgut Überschusswasser (GUW)	16	4,36	1,41	2,93	1,36	36	0,7	48,8

(Quelle: Witzzenhausen-Institut, 2008)

Die jährlichen Nährstofffrachten einer solchen typischen Bioabfallvergärung sind, wie in Abb. 51 darstellt, zum einen erheblich und zum anderen relativ gleichmäßig in der festen und flüssigen Phase verteilt.

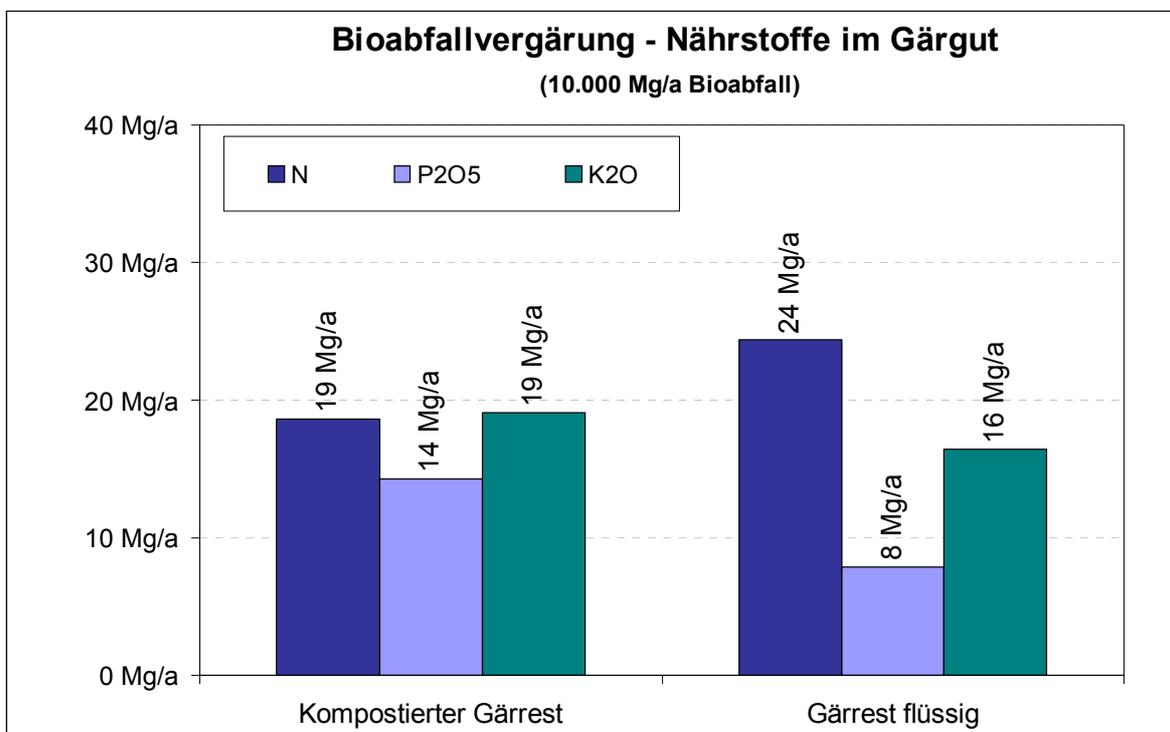


Abb. 51: Vergärung von Bioabfall in einer kontinuierlichen Trockenvergärung mit anschließender fest-flüssig Trennung des Gärrestes - Aufteilung der Nährstoffe (Medianwerte aus einer Praxisanlage)

Die dargestellten Daten zeigen deutlich, dass mit dem Abtrennen der flüssigen Phase auch ein erheblicher Teil der Nährstoffe abgetrennt wird. Insbesondere die Mineralisierung von Stickstoff während der Vergärung führt zu einem hohen Anteil in der flüssigen Phase. Insofern kommt der Verwertung der flüssigen Phase erhebliche Bedeutung zu: Als Flüssigdünger substituiert sie schnellwirkende Mineraldünger, während sie als Abwasser erhebliche Aufbereitungskosten verursacht.

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

Eine qualitative Beurteilung von Gärprodukten und Komposten als Dünger oder Bodenverbesserer anhand der Hauptnährstoffe ist nur bedingt aussagekräftig. Daneben sind Schwermetallgehalte, Pflanzenverfügbarkeit, pH-Wert und der Störstoffanteil von Bedeutung. Auch der Humusbildung kommt erhebliche Bedeutung zu.

5.1.4.4 Vergleich von kompostiertem Gärrest und Bioabfallkompost

Gärprodukte liefern - wie Kompost - Humus- und Nährstoffe und tragen somit ebenfalls zu einem gesunden Bodenleben und Pflanzenwachstum bei.

Eine Bewertung von Kompostierung und Vergärung ist nur unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen (Art der Inputstoffe, Wirtschaftlichkeit, klimapolitische Aspekte, Emissionsschutz usw.) möglich [HK, 2007]. Daher liegen kaum Daten vor, die einen Vergleich von Bioabfallkompost und kompostierten Gärresten zulassen.

Um die Auswirkung der Vorschaltung einer Vergärungsstufe auf die Kompostqualität aufzuzeigen, wurden von einer ausgewählten Praxisanlage die Kompostdaten vor und nach der Integration einer Vergärung (kontinuierliche Trockenfermentation) gegenüber gestellt (siehe Tab. 25).

Tab. 25: Kompost aus Bioabfall mit und ohne Integration einer Vergärungsstufe

	TM [%]	Ges. Nährstoffgehalt [%TM]				Schwermetall [mg/kg TM]		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Pb	Cd	Cr
Kompostierter Gärrest (KGR)	69	1,14	0,83	1	0,8	44	0,3	0,2
Bioabfallkompost (BAK)	64	1,3	0,95	1,58	0,62	41	0,2	14,2

(Quelle: Witzenhausen-Institut, 2008)

Die dargestellten Daten zeigen leicht reduzierte Nährstoffgehalte (mit Ausnahme von MgO) im Endprodukt durch die Integration der Vergärung. Dies ist auf die zuvor dargestellten Nährstofffrachten im flüssigen Gärrest zurückzuführen.

Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass die Kompostmenge aufgrund der Vergärungsstufe abnimmt. Die Nährstoffentfrachtung des festen Gärrestes ist für die Nutzung der daraus produzierten Komposte im Bereich der Substrate für den Erwerbsgartenbau von Vorteil.

KLUGE (2008) kommt in einer Analyse umfangreicher Datensätze (5.700 Kompostproben und 130 Gärrestproben) zu der in Tab. 26 dargestellten vergleichenden Düngewirkung.

Wesentlicher Unterschied ist die deutlich wirksamere Stickstoffdüngewirkung der Gärprodukte sowie deren Beitrag zur Magnesiumversorgung der Kulturen.

Tab. 26: Düngewirkung von Komposten und Gärprodukten im Vergleich

Nährstoffe	Komposte	Gärprodukte
Stickstoff - N	Düngewirkung gering <ul style="list-style-type: none"> ➤ Löslichkeit minimal, nur 3–5 % jährlich anrechenbar ➤ weiteres C/N-Verhältnis, langsame N-Mineralisierung 	Düngewirkung hoch <ul style="list-style-type: none"> ➤ Löslichkeit hoch, ähnlich Gülle, N-Zufuhr voll anrechenbar ➤ engeres C/N-Verhältnis, hohe N-Verfügbarkeit
Phosphor - P, Kalium - K, Magnesium - Mg	Düngewirkung bei P und K gut <ul style="list-style-type: none"> ➤ Löslichkeit mittel, aber gute Pflanzenverfügbarkeit ➤ Zufuhr mittelfristig voll düngewirksam, deshalb voll anrechenbar, entspricht Grunddüngung Mg-Düngewirkung gering	Düngewirkung hoch <ul style="list-style-type: none"> ➤ Löslichkeit hoch, höher als bei Komposten, gute Pflanzenverfügbarkeit ➤ Zufuhr mittelfristig voll düngewirksam, deshalb voll anrechenbar, entspricht Grunddüngung

(Quelle: Kluge 2008, modifiziert)

Einer allgemeinen Gegenüberstellung der BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST zufolge sind die Pflanzennährstoffbilanzen bei Kompostierung und Vergärung gleichwertig. Lediglich im Bereich der Humusreproduktion liefert die Vergärung geminderte Nutzwerte im Vergleich zur Kompostierung. Weiterhin entfällt bei der Flüssig-Vergärung der positive Aspekt der Torfsubstitution.

Auch die von Kluge (2008) ausgewerteten Datensätze zeigen bei praxisüblichen Gaben beider Sekundärrohstoffdünger eine deutlich höhere Kohlenstoffzufuhr für Kompost im Vergleich zu flüssigem Gärresten. Dies liegt nicht nur an der höheren Gesamtzufuhr, ausgedrückt als Kohlenstoffmenge (in Mg Kohlenstoff/ha), sondern auch an dem höheren Anteil des für die Humusbildung wesentlichen reproduzierbaren Kohlenstoffs. Er beträgt bei Komposten etwa 50 %, bei Gärprodukten dagegen nur etwa 20–30 % der C-Gesamtzufuhr.

In der gängigen Methode zur Humusbilanzierung [VDLUF, 2004] wird dagegen für die Humus-Reproduktion von Fertigkompost aus Bioabfall und kompostierten Gärückständen mit jeweils 70 kg Humus-C je Tonne Substrat (bei TS = 60 %) der gleiche Wert angegeben.

Tab. 27: Nutzwert von Bioabfällen bei den verschiedenen Verwertungswegen

Verwertungswege	Kompostierung	Vergärung	
	stofflich - fest -	energetisch/stofflich - fest -	energetisch/stofflich - flüssig -
Humusreproduktion	+++	++	+
Torfsubstitution	++	++	-
Pflanzennährstoffe:			
Stickstoff	+	+	+
Phosphor	++	++	++
Sonstige Nährstoffe	++	++	++
Energie, Wärme	-	+	+

(Quelle: BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST 2008)

5.1.5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

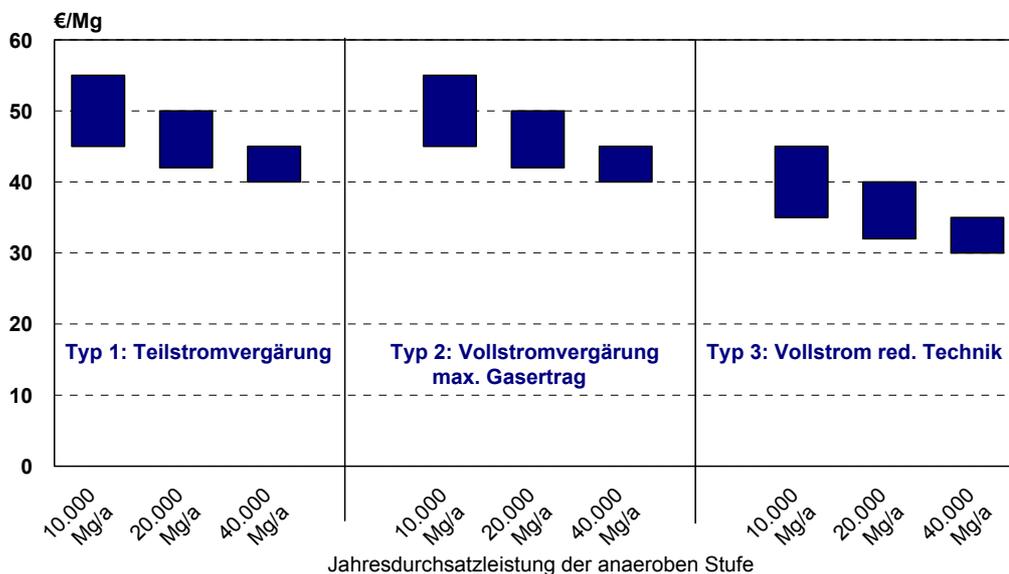
Die Vorschaltung einer Vergärungsstufe in Kompostierungsanlagen ist durch die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2004 deutlich interessanter geworden. Je nach Technik und Nutzungskonzept können auf der Grundlage des EEG unter Berücksichtigung möglicher Boni Erlöse für die Stromeinspeisung von 20 € bis 35 € je Tonne Bioabfall erzielt werden.

Weitere Erlöse sind durch die Nutzung der anfallenden Abwärme aus der Stromerzeugung zu generieren. Der Erlös bei der Bioabfallvergärung wird wesentlich durch folgende Faktoren mitbestimmt:

- Verwertungs- und Absatzwege der Gärreste (insbesondere Press- bzw. Überschusswasser als Düngekonzentrat oder Abwasser)
- Biogaserträge (verfahrens- und substratabhängig)
- Geeignete Wärmekonzepte und Verkauf von Überschusswärme

Den Erlösen stehen aber zusätzliche Investitions- bzw. Betriebskosten für die Vergärungsanlage gegenüber, die in Abb. 52 zusammenfassend dargestellt sind.

Kosten der Integration einer anaeroben Vorschaltstufe in eine bestehende Kompostierungsanlage * (ohne Berücksichtigung der Erlöse)



* ausschließlich Kosten der anaeroben Stufe, ohne Grobaufbereitung, aerobe Behandlung etc.

Abb. 52: Kosten der Integration einer anaeroben Vorschaltstufe in eine bestehende Kompostierungsanlage (ohne Erlöse)
(Quelle: WITZENHAUSEN-INSTITUT + IGW, 2008)

Bei den technisch aufwändigen Anlagentypen 1 und 2 ist von Zusatzkosten in Höhe von 40 €/Mg bis 55 €/Mg auszugehen, wobei mit steigender Anlagenkapazität eine Kostendegression besteht. Die Verfahrenslösung gemäß Typ 3 zeichnet sich demgegenüber durch ca. 10 €/Mg günstigere Betriebskosten aus.

Bei optimalen Randbedingungen lässt sich eine Integration einer Vergärungsstufe in eine Kompostierungsanlage bereits heute wirtschaftlich darstellen.

Hierbei kommen insbesondere standort- und gebietskörperschaftsspezifische Synergien sowie kommunale umwelt- und klimapolitische Ziele zum Tragen. Im Einzelnen sind dies:

- Durchsatzsteigerung für die biologische Behandlung der Anlage auf der gleichen Fläche von bis zu 40 % des bisherigen Inputs
- Geruchsminderung durch den anaeroben Abbau
- Umwelt- und klimarelevante Vorteile durch die Erzeugung und Nutzung von Bioenergie (Biogas)

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass zum weiteren Ausbau der Vergärung von Bioabfällen entweder weitere wirtschaftliche Anreize zur Verbesserung der Erlössituation (höhere Vergütungssätze) oder zur Reduktion der Kosten (z.B. zinsgünstige Kredite) erforderlich sind.

5.1.6 Ökologische Betrachtung

Einer aktuellen Studie (UBA, 2007) zum Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen kommt zu dem Ergebnis, dass mit einer Verschiebung der Biomasseströme „Bioabfall aus Haushalten“ von der gängigen Kompostierung hin zu einer optimierten Vergärung ein deutlicher Erfolg verbunden ist. Die vorgenommene Ökobilanzierung zeigt folgende wesentliche Ergebnisse:

- Eine Verringerung des Treibhauseffektes wird wesentlich durch den Umgang mit dem erzeugten Kompost bestimmt. Gelingt es, durch eine Stickstoffverringerung im Vergärungsrückstand und durch eine Nachkompostierung des Gärrückstands, Kompost in einer Qualität zu erzeugen, der in Substraten in Konkurrenz zu Torf eingesetzt werden kann, sind damit große positive Effekte verbunden. Torf gilt als fossiler Kohlenstoff. Die Substitution des Einsatzes von Torf wirkt sich daher rechnerisch unmittelbar positiv auf das Ergebnis aus. Dieser Effekt aus der Torfsubstitution ist in etwa gleichbedeutend zu dem Effekt aus der Bereitstellung von Energie aus der Biogasnutzung.
- Auch beim Kriterium „Schonung fossiler Ressourcen“ ist eine deutliche Netto-Entlastung durch die Vergärung der Bioabfälle gegenüber ihrer Kompostierung nachweisbar. Voraussetzung dafür ist allerdings eine möglichst vollständige Wärmenutzung. Allerdings wird bei dieser Betrachtung auch der Energieaufwand für die Bioabfallsammlung in Anrechnung gebracht, der unabhängig vom gewählten Verwertungsweg auftritt.
- Bei den Umweltwirkungskriterien Versauerung, terrestrische Eutrophierung und PM10-Risiko schneidet die optimierte Vergärung immer deutlich besser als die Kompostierung der Bioabfälle ab. So sind die Emissionen deutlich niedriger, während sich die Substitutionserfolge in ihren Beträgen kaum unterscheiden.

Fazit

Die kombinierte energetische und stoffliche Nutzung biogener Abfallstoffe durch die Integration einer Vergärungsstufe in Kompostierungsanlagen ist technischer Standard und ökologisch sinnvoll, bietet allerdings in der Regel keine besonderen wirtschaftlichen Anreize.

Die zusätzlichen Kosten durch die Integration einer Vergärungsanlage werden durch die Stromerlöse allein häufig nicht vollständig abgedeckt. Eine möglichst vollständige Wärmenutzung muss daher angestrebt werden.

Praxistaugliche Anlagentechnik für die Vergärung biogener Abfallstoffe steht zur Verfügung. Gegenwärtig werden in zwei Vergärungsanlagen Bioabfälle vergoren (Frankfurt und Wetteraukreis). Weitere Anlagen sind im Bau bzw. in der Planung.

Hinsichtlich der Anlagentechnik für die u. U. notwendige Gärrestebehandlung besteht noch Entwicklungs- und Optimierungspotenzial.

In der Ökobilanzierung verursacht die Integration einer Vergärungsstufe deutliche positive Impulse für die wesentlichen Parameter der Ökobilanzierung.

5.2 Energetische Nutzung fester biogener Abfallstoffe

Neben ökologischen Gesichtspunkten, dem Klimaschutz sowie der Stärkung einer langfristigen Energieversorgungssicherheit hat vor allem die Preisentwicklung für fossile Energieträger zu einer Rückbesinnung auf traditionelle biogene Festbrennstoffe für die Wärme- und Stromerzeugung geführt. So ist die Nutzung von Festbrennstoffen mit 40 % (Stand 2006) der regenerativen Primärenergieerzeugung die bei weitem wichtigste regenerative Energie in Deutschland (BMU, 2007). Dies hat unter anderem zu den in Abb. 53 dargestellten Preisanstiegen für typische Energieholzsortimente geführt.

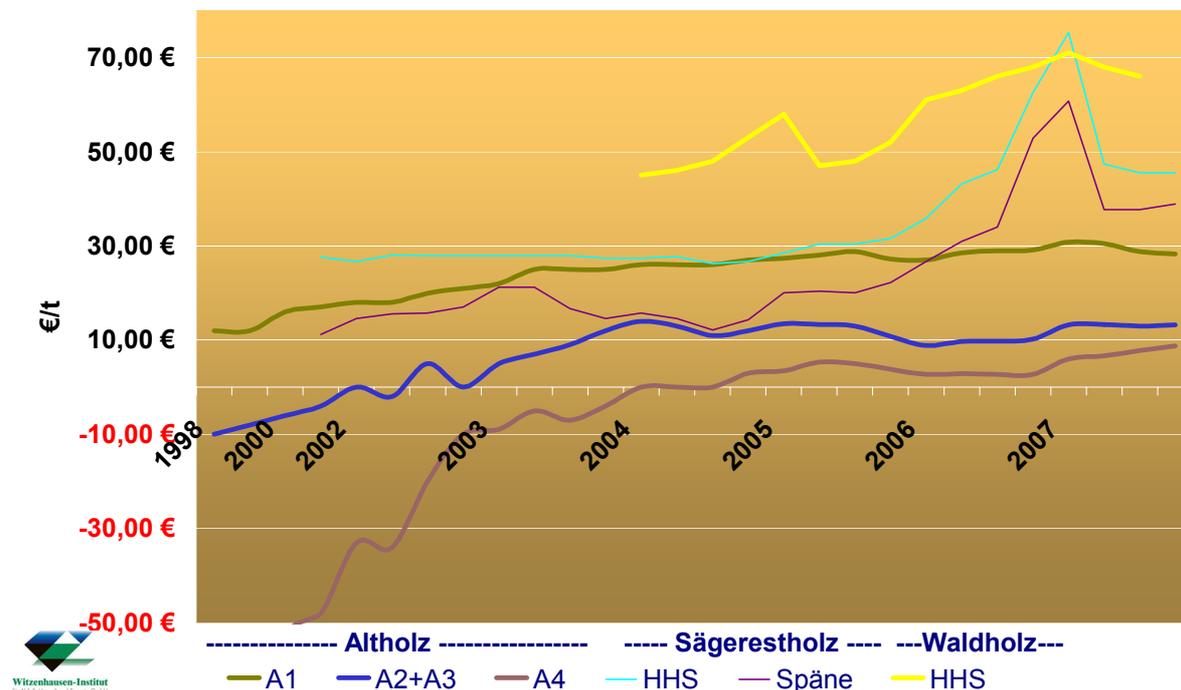


Abb. 53: Entwicklung der Preise für verschiedene Holzsortimente

Als Folge dieser Preisentwicklungen ist das Interesse an Alternativen gestiegen. Während sich halmgutartige Brennstoffe in Deutschland bisher nicht durchsetzen konnten, steigt das Interesse an Holzreststoffen aus verschiedenen Nischenbereichen wie Grünabfall oder Landschaftspflegeholz. Dabei steht –nach entsprechender Aufbereitung (siehe 5.2.1)– der holzige Anteil des Grünabfalls im Vordergrund.

In kleinen Mengen wird dieser auch in Kleinfeuerungsanlagen eingesetzt. Aufgrund der niedrigeren Holzqualitäten (höhere Feuchtigkeit, ungleichmäßigere Stückigkeit, mineralische Anhaftungen) erfolgt der Einsatz von Hölzern aus dem Grünabfall in der Regel jedoch in größeren Heizanlagen sowie in Heizkraftwerken.

5.2.1 Abtrennung holziger Reststoffe aus dem Grünabfall

Zur Aufbereitung von Grünabfall ist zunächst eine Materialzerkleinerung erforderlich, wobei anders als bei der Aufbereitung für die Kompostierung grobes Schredder- oder Hackgut erzeugt werden soll. Anschließend wird i.d.R. das Grobmaterial mittels eines Trommel- oder Sternsieves abgetrennt. Auf diese Weise lassen sich mit in der Regel auf Kompostierungsanlagen vorhandenen Maschinen preislich interessante Brennstoffe gewinnen. Wegen des geringen Verunreinigungsgrads von Grünabfällen kann auf eine Störstoffentfrachtung des Materials in der Regel verzichtet werden. Der Energieaufwand für die Aufbereitung des Grünguts zu einem verwertbaren Brennstoff und für Transporte ist gering.

Untersuchungen des Witzenhausen-Instituts haben gezeigt, dass bis zu 30 Gew.-% des Grünabfallaufkommens sinnvoll als Brennstoff ausgeschleust werden können (Abb. 54 und Abb. 56).

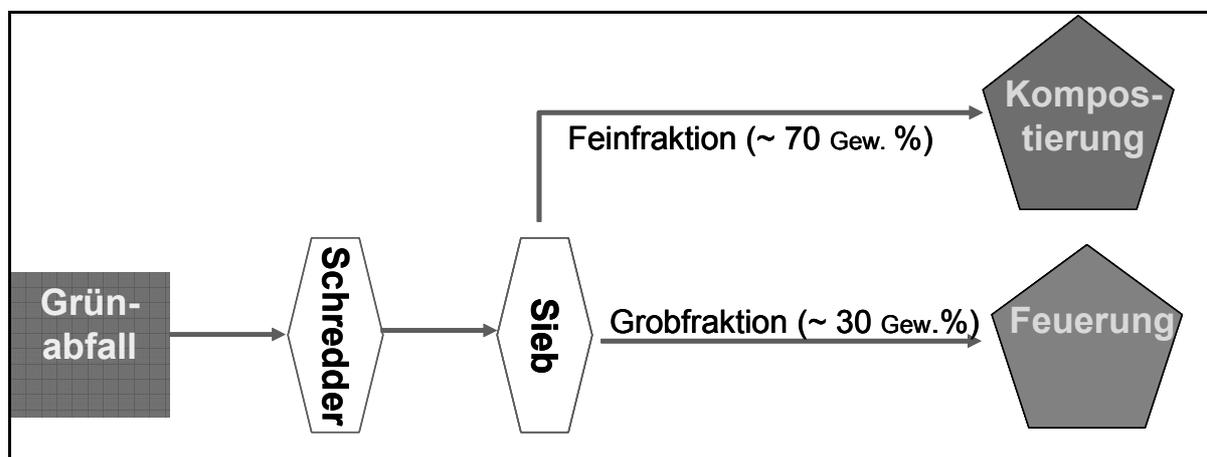


Abb. 54: Aufbereitungsschritte für die Ausschleusung von energetisch nutzbaren Teilströmen aus Baum- und Strauchschnitt

Die verbleibende Fraktion, i.d.R. <40 mm, steht als Strukturmaterial für die Kompostierung zur Verfügung oder kann ggf. der Vergärung zugeführt werden. Bei größerem spezifischem Bedarf an Strukturmaterial kann durch entsprechende Wahl des Siebschnitts eine Anpassung erfolgen.



Sieben von zerkleinerten Grünabfällen



Grobfraktion



Feinfraktion

Abb. 55: Aufbereitungsschritte für Grünabfall

In der Praxis wird eine derartige Ausschleusung holzigen Materials als Brennstoff bereits an einer Reihe von Standorten in Hessen durchgeführt. Dabei wird derzeit ein Preis von etwa 15 bis 25 €/Mg (frei Anlage) für den Brennstoff erzielt. Dieser liegt deutlich unter den Kosten von Sägeresthölzern (53 €/Mg) oder Waldhackschnitzeln, die im Jahresmittel 2007 für etwa 70 €/Mg („sommertrocken“, d.h. Wassergehalt = 35 %) gehandelt wurden.

Häufig wird das aufbereitete Grüngut in einem Brennstoffmix mit anderen trockeneren Materialien verwendet (vgl. Abb. 56). In dafür ausgelegten Heiz(kraft)werken kann das Material aus dem Baum- und Strauchschnitt 50 % bis 70 % des Brennstoffs ausmachen.

5.2.2 Verfahren, Technik der Brennstoffnutzung

Für die Verbrennung holziger Anteile des Grünabfalls sind keine speziellen Anlagen notwendig. Bedingt durch die ungleichmäßige Größenverteilung des Brennstoffes, insbesondere wenn er durch Schreddern gewonnen wurde, ist jedoch auf eine robuste Ausführung der Förderaggregate (Brennstoffzufuhr und auch Ascheaustrag) zu achten. Hier sollten statt Förderschnecken hydraulische Aggregate, Kratzkettenförderer oder Ähnliches zum Einsatz kommen. Wegen der häufig höheren Feuchtigkeit der Hölzer ist eine ausreichende Dimensionierung der Verbrennungsroste und entsprechende Luftführung zur Vortrocknung wichtig.

Für die Nutzung der holzigen Grünabfälle in Heizanlagen kommen vielfältige Anlagenkonzepte in Frage, die ab Größenordnungen von etwa 50 kW_{th} interessant werden. Grundsätzlich sind diese wie konventionelle Holzhackschnitzelfeuerungsanlagen ausgeführt, sollten jedoch die zuvor genannten Anforderungen für die Fördertechnik und ggf. Vortrocknung des Brennstoffes aufweisen. Eine aktuelle Marktübersicht der FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (2007) zu Holzhackschnitzel-Heizungen zeigt, dass die Zuführung von aufbereitetem Grünabfall jeweils mit den Herstellern abgestimmt werden muss und nicht als Standard-Brennstoff betrachtet werden kann.

Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis von aufbereitetem Grünschnitt in Heizkraftwerken ist wegen der aufwändigeren Anlagentechnik und der Verfügbarkeit praxistauglicher Stromerzeugungsaggregate erst ab einer Größenordnung von 300 kW_{el} ökonomisch. Im Praxisbetrieb sind in Deutschland bereits über 20 Anlagen in Betrieb (INSTITUT FÜR ENERGIETECHNIK, 2007), deren Biomassefeuerungen mit nachgeschalteter ORC-Stromerzeugungsaggregaten ausgerüstet sind.

Während Dampfturbinen erst im Bereich über einem Megawatt elektrischer Leistung wirtschaftlich interessant sind, können ORC-Module in kleineren Anlagen und insbesondere auch bei feuchteren Brennstoffen eingesetzt werden. ORC-Anlagen werden als Kraft-Wärme-Kopplungen betrieben, was auch nach dem EEG besonders begünstigt wird. Eine gesicherte Wärmeabnahme zumindest im Winterhalbjahr ist in der Regel Voraussetzung für einen ökonomischen Betrieb und ökologisch sinnvoll. Des Weiteren gewährt das EEG für Strom aus ORC-Anlagen einen Technologiebonus.

Derzeit werden Module in einem Leistungsbereich zwischen 0,4 bis 2 MW_{el} angeboten. Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades des Moduls und der Feuerungsanlage ergeben sich erforderliche Feuerungswärmeleistungen von 2 MW bis 15 MW. Bei einer Leistung von 2 MW_{FL} liegt der Brennstoffbedarf bei etwa 5.000 Mg/a.

Typische Stoffflüsse sowie der grundsätzliche Verfahrensablauf für ein ORC-Heizkraftwerk mit Nutzung von holzigem Grünabfall und Landschaftspflegeholz sind in Abb. 56 im Überblick beschrieben. Als Varianten eingefügt sind mögliche Inputströme zur Herstellung eines Brennstoffmixes, bei dem neben technischen Fragestellungen auch die Auswirkungen hinsichtlich der Stromvergütung nach EEG („nawaro Bonus“) zu berücksichtigen ist.

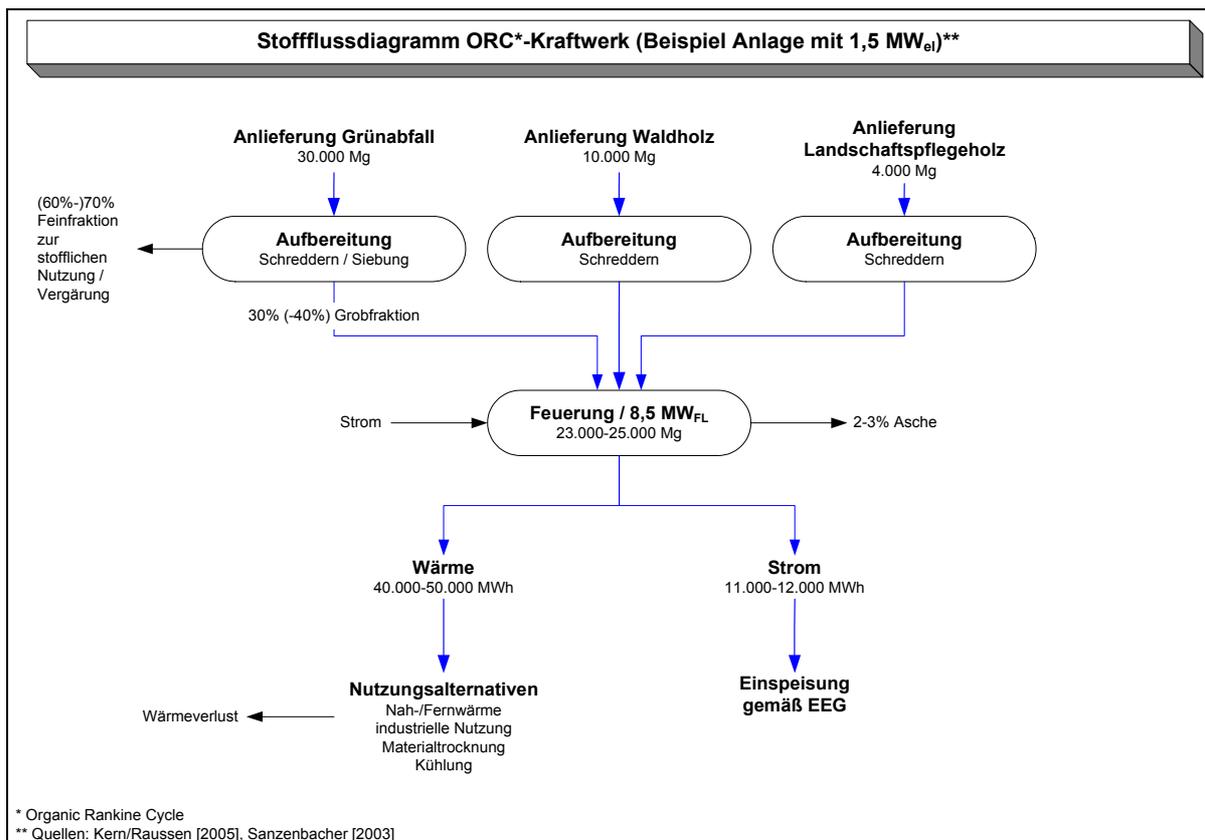


Abb. 56: Stoffflussdiagramm Biomasse-Kraftwerk (Beispiel: ORC-Technologie)

5.2.3 Wirtschaftlichkeit

Die Kompostierung von Grünabfällen ist mit Aufwendungen verbunden, wohingegen Erlöse für den Kompost i.d.R. nur erzielt werden, wenn dieser zur Herstellung hochwertiger Erden und Substrate genutzt wird. Insofern reduziert die Ausschleusung des holzigen Materials in einer Größenordnung von ca. 30 % die Kompostierungskosten. Wesentliche Voraussetzung ist, dass ausreichend Strukturmaterial im Feinanteil verbleibt, um eine qualitativ hochwertige Kompostierung des Feinanteils durchzuführen.

Auf die günstigen Beschaffungskosten für Energieholz aus Grünabfall wurde hingewiesen (5.2.1). Allerdings stehen diesen günstigen Rohstoffpreisen höhere Investitions- und häufig auch Wartungskosten für die Anlagen gegenüber. Dennoch zeigt das Monitoring zum Erneuerbare-Energien-Gesetz (INSTITUT FÜR ENERGIETECHNIK, 2007), dass gerade der Einsatz von Hölzern aus der Landschaftspflege und dem Grünabfall rapide ansteigt.

In Anlagen zur Stromerzeugung sind holzige Grünabfälle besonders interessant, wenn ansonsten nur Wald- und Landschaftspflegehölzer, aber keine Resthölzer eingesetzt werden. Dann wird der Strom nach dem aktuellen EEG zusätzlich mit dem NawaRo-Bonus

vergütet. Allerdings ist im Kabinettsentwurf für die Novellierung des EEG zum 01.01.2009 für die energetische Nutzung von Grünabfällen kein NawaRo-Bonus mehr vorgesehen.

Unter der Annahme, dass 50 % der Wärme genutzt werden, würden nach dem gegenwärtigen EEG unter Berücksichtigung sämtlicher Boni eine Stromvergütung von ca. 190 €/MWh_{el} bzw. ca. 100 € je Mg aufbereiteten Grünabfall sowie gleichzeitig für die Wärme Einnahmen von 30 bis 40 € je Mg erzielt.

5.2.4 Ökologische Betrachtung

Unter den beschriebenen sich entwickelnden Rahmenbedingungen wird sich die energetische Nutzung von holzigen Teilströmen aus dem Grünabfall und der Landschaftspflege rasch weiter entwickeln. Bei der Nutzung von 1,5 Mio. Mg holzreicher Fraktionen des getrennt erfassten Grünabfalls (siehe Abschnitt 3.2.2) kann von einem Energiepotenzial von etwa 4.500 GWh/a ausgegangen werden, was ca. 400.000 Tonnen Heizöl und um 1 Mio. Tonnen reduzierten CO₂-Emissionen entspricht (KERN et al., 2003). Die Nutzung dieses Brennstoffs könnte vorzugsweise in einer Vielzahl dezentraler Anlagen zur Wärmeerzeugung bzw. zur gekoppelten Kraft-Wärme-Erzeugung erfolgen.

Durch die energetische Nutzung von holzigem Grüngut und Landschaftspflegematerial können also fossile Brennstoffe substituiert werden. Nachteilig ist demgegenüber, dass im Vergleich zu stofflichen Verwertungswegen die Nährstoffrückführung und Humusbildung aus den thermisch genutzten Teilströmen über die Ascheverwertung geringer ausfallen. Darüber hinaus ist die land- und forstwirtschaftliche Verwertung von Rostaschen nur sehr eingeschränkt zulässig. Allerdings stehen nach den dargestellten Konzepten 70 % des Grünabfalls und der gesamte Bioabfall als Humus- und Nährstoffträger weiterhin zur Verfügung.

In Ökobilanzen (VOGT et al., 2002) zur Bioabfallverwertung wird die energetische Verwertung von Hölzern aus biogenem Abfall weniger günstig als stoffliche Alternativen bewertet. Dieses Ergebnis beruht im Wesentlichen auf der Annahme, dass diese Hölzer in Kleinf Feuerungsanlagen mit geringem Wirkungsgrad und relativ hohem Schadstoffausstoß verbrannt werden.

Wie zuvor dargestellt, ist die Nutzung dieser Holzsortimente in Kleinf Feuerungsanlagen, die über keine Abgasreinigung verfügen, die Ausnahme. Der Einbau entsprechender (Zyklon- und Elektro-)Filter ist bei automatisch beschickten Holzfeuerungsanlagen Stand der Technik. Durch diese Filter lassen sich 95 % der Staubemissionen vermeiden, wodurch sich die Ökobilanz deutlich verbessert. Gegenüber der Kompostierung weist die energetische Nutzung dann Vorteile in Form eines deutlich verminderten Treibhauseffektes, einer Schonung fossiler Ressourcen und eines verminderten Eintrags von Schwermetallen in Böden und Gewässer auf.

Fazit

Feste Biomasse ist der wichtigste regenerative Energieträger in Deutschland. In diesem Sektor findet weiterhin ein rascher Ausbau statt, der zu Verknappungen und Verteuerungen von Holzsortimenten führt.

Hölzer aus dem Grünabfall und der Landschaftspflege sind eine wirtschaftlich und ökologisch interessante Ergänzung bestehender Energieholzsortimente, die ohne wesentliche Einschränkung der stofflichen Nutzungspotenziale einer energetischen Verwertung zugeführt werden können.

Die dafür notwendigen Aggregate sind auf Kompostierungsanlagen in der Regel vorhanden und der wirtschaftliche Absatz der produzierten Holzsortimente in eigenen Feuerungsanlagen oder solchen Dritter gesichert.

Bei verschiedenen Grünabfallkompostierungsanlagen in Hessen werden bereits holzige Anteile aus dem Grünabfall abgetrennt und einer direkten energetischen Verwertung zugeführt.

6 Energetisches Potenzial einer optimierten Behandlung von organischen Abfallstoffen in Hessen

6.1 Biogene Abfallstoffe zur energetischen Nutzung

Nachfolgend wird das energetische Potenzial auf der Grundlage der bereits vorhandenen bzw. der noch zu erschließenden organischen Abfallströme ermittelt. Im Einzelnen werden die in Kapitel 3 ermittelten Stoffströme berücksichtigt – mit Ausnahme der im Naturschutz theoretisch anfallenden Potenziale.

Insgesamt ist von einer gesamten Menge von ca. 1,56 Mio. Mg organischen Abfällen auszugehen (Tab. 28).

Tab. 28: Biomassepotenziale in Hessen 2006

Biomassepotenziale in HESSEN 2006	Aufkommen
Stoffstrom	Mg/a
Bioabfall - Getrennte Sammlung	467.679
Grünabfall - (holzig 30 %)	77.492
Grünabfall - (krautig 70 %)	180.815
Küchen- und Speiseabfälle	140.000
Organische Gewerbeabfälle	400.000
Landschaftspflegematerial - krautig	76.240
Landschaftspflegematerial - holzig	31.800
Einführung Bioabfallsammlung	57.000
Effizienzsteigerung Bioabfallsammlung (Organikreduktion im Hausmüll)	133.000
SUMME	1.564.026

Die größte Fraktion bilden hierbei die getrennt erfassten Bioabfälle, die ca. 30% des Gesamtaufkommens ausmachen. An zweiter Stelle, allerdings mit größeren Unsicherheiten in der Datenerhebung, werden die organischen Gewerbeabfälle auf ca. 400.000 Mg/a (ca. 25 %) abgeschätzt. Danach folgen die Grünabfälle mit insgesamt 258.000 Mg (16 %). Bei den Grünabfällen wurde jeweils 30 % einer holzigen und 70 % der krautigen Fraktion zugeordnet.

Des Weiteren wurden ca. 108.000 Mg/a Landschaftspflegeabfälle abgeschätzt, wobei ebenfalls ca. 70 % krautige und ca. 30 % holzige Materialien sind.

Für die Potenzialbetrachtung wurde ebenfalls der noch zu erschließende Anteil an Bioabfällen ermittelt. Demnach würde bei vollständiger Einführung der Biotonne bei sämtlichen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern, die derzeit noch keine Biotonne eingeführt haben, ein zusätzliche Potenzial von ca. 57.000 Mg/a Bioabfälle zu erschließen sein.

Weiterhin wurde unterstellt, dass bei einer Optimierung der Getrennterfassung von Bioabfällen bei öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern, die bereits die Biotonne eingeführt haben, ein Potenzial von 133.000 Mg Bioabfall pro Jahr aus dem Hausmüll zu generieren wäre.

6.2 Energiepotenzial aus biogenen Abfallstoffen

Den ermittelten Stoffströmen wurden energetische Nutzungsformen zugeordnet. Beispielsweise wurde für Bioabfälle die Vergärung als Nutzungsform festgelegt. Nachfolgend werden die entsprechenden Nutzungsformen der Stoffströme dargestellt (Tab. 29).

Tab. 29: Energetische Nutzungsformen der Stoffströme

Stoffströme	Energetische Nutzungsform
Bioabfall - Getrennte Sammlung	Biogas
Grünabfall - (holzige 30 %)	Thermische Nutzung 50 % direkt Wärmenutzung, 50 % in ORC-Anlagen
Grünabfall - (krautig 70 %)	Biogas
Küchen- und Speiseabfälle	Biogas
Organische Gewerbeabfälle	Biogas
Landschaftspflegematerial - krautig	Biogas
Landschaftspflegematerial - holzig	Thermische Nutzung 50 % direkt Wärmenutzung, 50 % in ORC-Anlagen
Einführung Bioabfallsammlung	Biogas
Effizienzsteigerung Bioabfallsammlung (Organikreduktion im Hausmüll)	Biogas

Aufbauend auf das reale bzw. ermittelte Aufkommen wurden nach der Festlegung der energetischen Nutzungsform für die verschiedenen Stoffströme jeweils vereinfachend zwei verschiedene Potenzialbetrachtungen durchgeführt.

Tab. 30: Potenzialbetrachtungen Hessen*

Potenzialabschätzung HESSEN							
Potenzial HESSEN % vom Aufkommen	Nutzung	Biogas %	Biogas %	thermisch %	thermisch %		stofflich %
Bioabfall	Biogas	80	50				50
Grünabfall (holzig 30%)	ORC/Thermisch			90	70		30
Grünabfall (krautig 70%)	Biogas	70	25				75
Küchen- und Speiseabfälle	Biogas	95	90				10
Org. Gewerbeabfälle	Biogas	75	40				60
Landschaftspflegematerial-krautig	Biogas	50	35				10
Landschaftspflegematerial-holzig	ORC/Thermisch			50	35		5
Einführung Bioabfallsammlung	Biogas	80	50				50
Effizienzsteigerung Bioabfallsammlung (aus dem Hausmüll)	Biogas	80	50				50

 = Technisch Potenzial

 = Mittelfristig nutzbares Potenzial

* Die bei den Landschaftspflegematerialien (sowohl krautig, als auch holzig) fehlenden Mengen verbleiben auf der Fläche.

Technisches Potenzial:

Bei dem technischen Potenzial wurden Abschläge vorgenommen, insbesondere vor dem Hintergrund ökologischer und technischer Randbedingungen. So wurde beispielsweise bei Regionen mit geringem Aufkommen das energetische Nutzungspotenzial beschränkt. Für Bioabfälle wurde ein technisches Nutzungspotenzial von 80 % unterstellt.

Mittelfristig nutzbares Potenzial:

Das mittelfristig nutzbare Potenzial wurde als ambitionierte Zielgröße für das Land Hessen festgelegt. Als mittelfristig wird hierbei der Zeitraum bis zum Jahr 2015 verstanden. Für Bioabfälle wurde ein mittelfristig nutzbares Potenzial in Biogasanlagen von 50 % abgeschätzt, für organische Gewerbeabfälle von 40 %.

In Abb. 57 und Tab. 31 werden die Stoffströme zur energetischen Nutzung dargestellt.

Stoffstrompotenziale zur energetischen Nutzung in Hessen

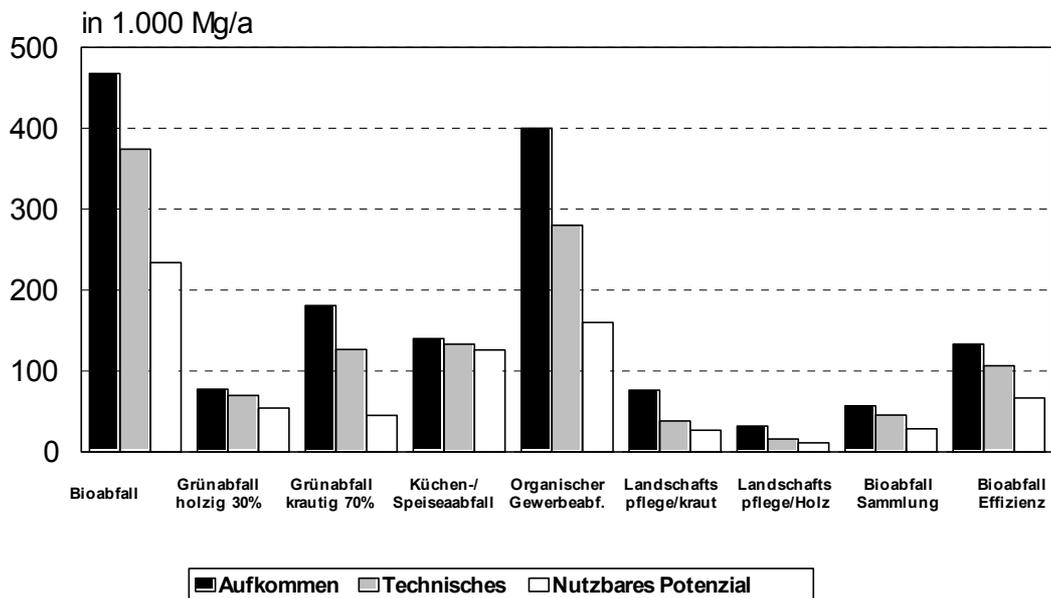


Abb. 57: Stoffströme zur energetischen Nutzung differenziert nach Aufkommen, technischem und mittelfristig nutzbarem Potenzial

Tab. 31: Stoffstrompotenziale in Hessen

Stoffströme Hessen			
	Aufkommen	Technisches Potenzial	Nutzbares Potenzial
	Mg/a	Mg/a	Mg/a
Bioabfall	467.679	374.143	233.840
Grünabfall (holzig 30%)	77.492	69.743	54.244
Grünabfall (krautig 70%)	180.815	126.570	45.204
Küchen- und Speiseabfälle	140.000	133.000	126.000
Org. Gewerbeabfälle	400.000	280.000	160.000
Landschaftspflegematerial-krautig	76.240	38.120	26.684
Landschaftspflegematerial-holzig	31.800	15.900	11.130
Einführung Bioabfallsammlung	57.000	45.600	28.500
Effizienzsteigerung Bioabfall(Hausmüll)	133.000	106.400	66.500
SUMME	1.564.026	1.189.477	752.102

Abschließend wurde für jeden der Stoffströme das energetische Potenzial ermittelt. Hierbei wurde in erzeugbaren Strom (KWh/a) und Wärme KWh/a differenziert. Bei der Wärme wurde lediglich die Nettowärme nach Abzug des erforderlichen Eigenwärmebedarfs bei der Vergärung berücksichtigt. Unberücksichtigt bleibt die tatsächliche Nutzungsmöglichkeit der Wärme am Standort.

Grundlage der Kalkulation sind die in Tab. 31 dargestellten Annahmen. Bei den Biogaserträgen wurde von mittleren Erträgen ausgegangen. Vereinfachend wurden die krautigen Landschaftspflegematerialien und die krautige Grünabfallfraktion zusammengefasst und auf einen mittleren Wert ausgelegt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass im Jahresverlauf unterschiedliche Materialqualitäten (z.B. Grasschnitt, Laub usw.) mit unterschiedlichen Gaserträgen anfallen. Ebenfalls wurden die für Hessen abgeschätzten organischen Gewerbeabfälle auf ein mittleres Biogasertragspotenzial abgeschätzt.

Bei der Biogasnutzung wurde ein BHKW mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 38 % unterstellt. Zur Ermittlung des Wärmeüberschusses (Nettowärme) wurde ein Eigenwärmebedarf der Biogasanlage von 20-25 % unterstellt.

Bei den holzigen Landschaftspflegematerialien und Grünabfällen wurde unterstellt, dass eine Hälfte zur direkten Wärmegewinnung und die andere Hälfte mittels ORC-Anlagen mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 18 % verstromt werden.

Tab. 32: Kalkulationsgrundlagen für die energetische Bewertung

Stoffströme	Verfahren	Biogas Heizwert (Hu)		Biogasertrag
		Nm ³ /Mg FM	MWh/Mg	
Bioabfall	Biogas	110		TM 30%, oTM=60%, IN/kg OTM =610; Methan=55-60%
Küchen- und Speiseabfälle	Biogas	92		TM 15%, oTM=87%, IN/kg OTM =708; Methan=55-60%
Org. Gewerbeabfälle	Biogas	177		TM 25%, oTM=85%, IN/kg OTM =833,3 Methan=55-60%
Grünabfall, Landschaftspflegematerial krautig	Biogas	90		TM 25%, oTM=75%, IN/kg OTM =480 Methan=55-60%
Grünabfall, Landschaftspflegematerial holzig	ORC		2,8	
Grünabfall, Landschaftspflegematerial holzig	Wärmenutzung		2,8	

Tab. 33 und Abb. 58 zeigen die gesamten ermittelten Energieerträge der verschiedenen Betrachtungspotenziale.

Tab. 33: Energieerträge der verschiedenen Betrachtungspotenziale

Stoffströme Hessen	Technisches Potenzial		Mittelfristig nutzbares Potenzial		
	Aufkommen	Strom	Wärme	Strom	Wärme
	Mg/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Bioabfall	467.679	86.016	79.225	53.760	49.516
Grünabfall (holzig 30%)	77.492	17.575	151.342	13.670	117.710
Grünabfall (krautig 70%)	180.815	23.808	21.928	8.503	7.832
Küchen- und Speiseabfälle	140.000	28.018	25.806	26.543	24.447
Organische Gewerbeabfälle	400.000	113.005	104.083	64.574	59.476
Landschaftspflegematerial krautig	76.240	7.170	6.604	5.019	4.623
Landschaftspflegematerial holzig	31.800	8.014	34.503	5.610	24.152
Einführung Bioabfallsammlung	57.000	10.483	9.656	6.552	6.035
Effizienzsteigerung Bioabfallsammlung (Hausmüll)	133.000	24.461	22.530	15.288	14.081
SUMME	1.564.026	318.550	455.678	199.519	307.873

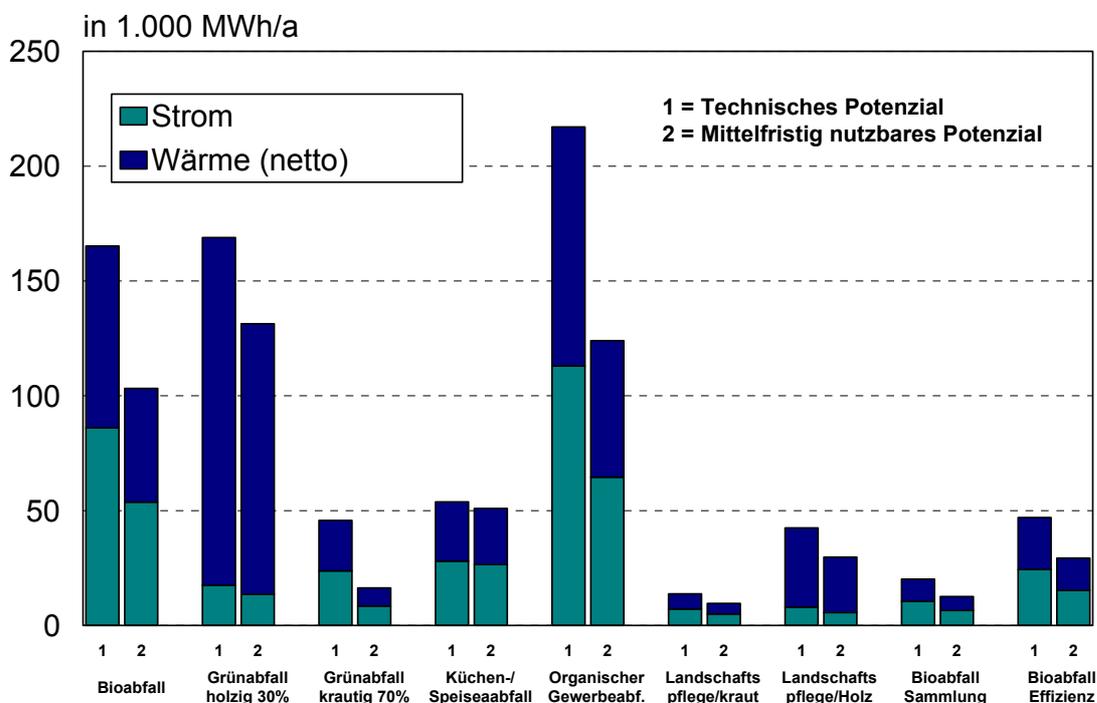


Abb. 58: Energiepotenziale Hessen (Strom und Wärme) differenziert nach technischem und mittelfristig nutzbarem Potenzial

Summarisch ergeben sich die in Abb. 59 dargestellten Energiepotenziale für Hessen.

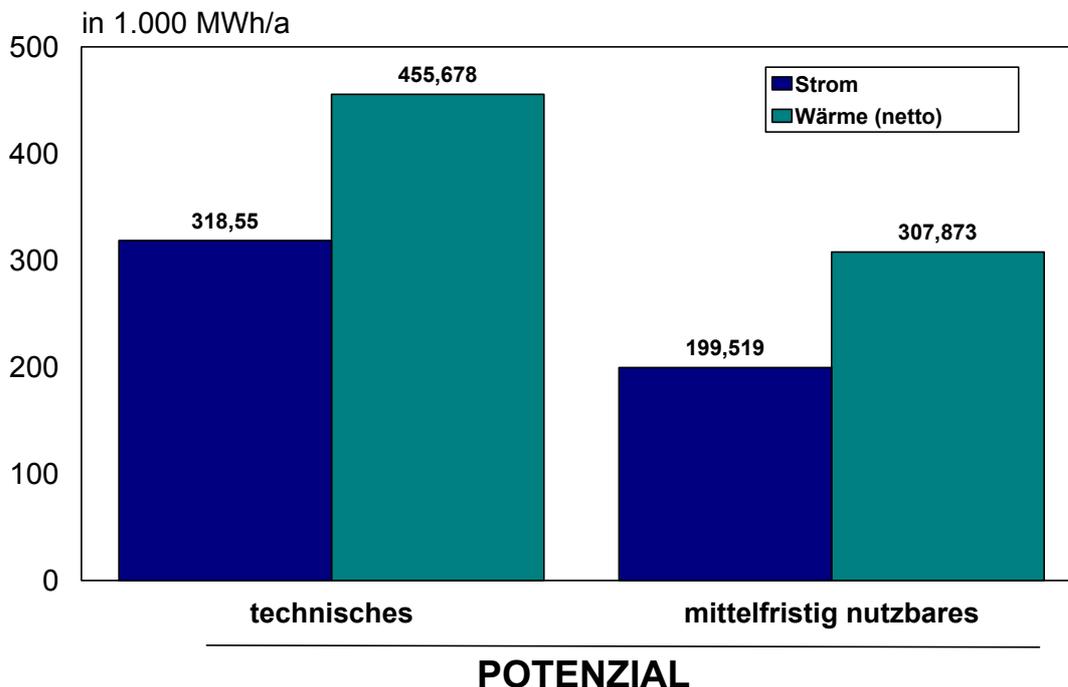


Abb. 59: Energiepotenziale aus organischen Stoffströmen

In der Abschätzung des mittelfristig nutzbaren Potenzials werden für Hessen ca. 200.000 MWh Strom und ca. 308.000 MWh Wärme quantifiziert. Von den hierfür benötigten Mengen von 752.000 Mg/a würden über 90 % direkt in Biogasanlagen genutzt werden. Lediglich ca. 8 % der überwiegend holzigen Materialien werden thermisch (direkte Wärmeerzeugung oder in ORC-Anlagen) genutzt.

Der mögliche Energieerlös entspricht bei angenommenen 8.000 Jahresstunden einer installierten Leistung von ca. 25 MW_{elektrisch} bzw. 39 MW_{thermisch} (Wärme netto). Im Vergleich dazu waren 2007 ca. 68 Biogasanlagen (überwiegend NawaRo-Anlagen) mit einer installierten Leistung von ca. 21 MW_{elektrisch} in Hessen in Betrieb.

Betrachtet man den Anteil des regenerativen Energieeinsatzes in Hessen 2005 (Tab. 34) zeigt sich, dass das mittelfristig nutzbare energetische Potenzial an biogenen Abfällen ca. 10 % der gesamte gegenwärtigen genutzten regenerativen Energie ausmacht bzw. bezogen auf den gesamten Energieverbrauch 2004 (ohne den Verkehrssektor) ca. 0,41 % bereitstellen könnte.

Dies mag zwar insgesamt gering erscheinen, aber umgerechnet auf „Hektar Energiemaisäquivalente“ entspricht dies je nach Flächenertrag zwischen 7.000 bis 9.000 Hektar Energiemaisanbau bzw. annähernd 2 % der hessischen Ackerlandfläche.

Tab. 34: Bereitstellung erneuerbarer Energien in Hessen

Energiebereitstellung erneuerbarer Energien in Hessen 2005		
	Energiebilanz Hessen Stand 2005	Mittelfristig nutzbares Potenzial biogene Abfallstoffe
Stromerzeugung	1.358 GWh	200 GWh
Endenergiebereitstellung zur Wärmeerzeugung	4.462 GWh	308 GWh
Summe Reg Endenergiebereitstellung	5.820 GWh	508 GWh
Endenergieverbrauch 2004 (ohne Verkehrssektor / Energiebericht)	123.637 GWh	123.637 GWh
Anteil regenerativer Energien*	4,70%	0,41%

* ohne biogene Kraftstoffe (300 GWh) und MHKW

Fazit

Von den ermittelten 1,56 Mio. biogener Abfälle (ohne Aufwuchs von Naturschutzflächen) stehen mittelfristig ca. die Hälfte als nutzbares Potenzial zur energetischen Verwertung zur Verfügung. Grundlage hierfür ist, dass mittelfristig ca. 50 % der Bioabfälle, ca. 40 % der organischen Gewerbeabfälle und ca. 90 % der Speisereste energetisch verwertet werden. Als energetische Nutzungsform wird für ca. 90 % der Abfälle die Vergärung favorisiert.

Mittelfristig könnten somit ca. 200.000 MWh Strom und ca. 308.000 MWh Wärme generiert werden. Dies entspricht einer installierten Leistung von ca. 25 MW_{elektrisch} bzw. 39 MW_{thermisch} (Wärme netto). Im Vergleich dazu waren 2007 ca. 68 Biogasanlagen (überwiegend NawaRo-Anlagen) mit einer installierten Leistung von ca. 21 MW_{elektrisch} in Hessen in Betrieb.

Bezogen auf den gesamten Energieverbrauch 2004 (ohne den Verkehrssektor) könnten damit ca. 0,41 % Energie substituiert werden. Das Energiepotenzial entspricht in etwa dem Anbau von ca. 7.000 bis 9.000 Hektar Energiemais und somit ca. 2 % der hessischen Ackerfläche.

7 Einzelfallbetrachtung der hessischen Kompostierungsanlagen in den Kreisen und Städten

Abschließend werden die gesamten Kompostierungsanlagen in Hessen mit einem Jahresdurchsatz von mehr als 10.000 Jahrestonnen auf ihre Planungen sowie ihre technischen Nachrüstungspotenziale hin untersucht.

Grundlage der Einzelfallbetrachtung sind die Befragungsergebnisse der verschiedenen Anlagen. Darauf aufbauend wurde ein Gespräch mit den Anlagenbetreibern durchgeführt sowie verschiedene Aspekte der Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung vorgestellt und diskutiert. Wesentliche Inhalte des Gespräches waren:

- Stand der Kompostierungsanlagen hinsichtlich Technik, Mengen und Qualitäten
- Rechtliche Rahmenbedingungen, insbesondere EEG bzw. aktueller Stand der Novellierung
- Wirtschaftliche Aspekte der energetischen Nutzung von Bio- und Grünabfällen (Kosten, Erlöse und Fördermöglichkeiten durch Land, Bund u.a.)
- Mögliche Energienutzungskonzepte
- Diskussions- und Planungsstand für eine mögliche Weiterentwicklung
- Mögliche Hilfestellungen durch das HMULV
- Mögliche nächste Schritte

Zusammenfassend lassen sich folgende grundsätzlichen Erkenntnisse festhalten:

1. Fast alle Anlagenbetreiber von Bio- und Grünabfallkompostierungsanlagen haben sich mit der Thematik „energetische Nutzung“ unterschiedlich intensiv auseinandergesetzt.
2. Die mit dem EEG verbundenen wirtschaftlichen Chancen zur Weiterentwicklung wurden positiv wahrgenommen.
3. Bei kommunal betriebenen Kompostierungsanlagen war man insgesamt der Vergärung als Vorschaltanlage aufgeschlossener als bei privat betriebenen Anlagen. Dies ist wesentlich darauf zurückzuführen, dass als Drittbeauftragter primär die Vertragserfüllung im Vordergrund steht.
4. Die Abtrennung der holzigen Grünabfallfraktion wird bei verschiedenen Grünabfallkompostierungsanlagen praktiziert.
5. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen des EEG alleine reichen in der Regel bei fast allen biogenen Abfallstoffen nicht, um die energetische Verwertung, insbesondere die Vergärung, umzusetzen.

6. Der Dialog zwischen Anlagenbetreiber, öffentlich-rechtlichem Entsorgungsträger sowie dem Ministerium bzw. dem beauftragten Büro wurde überwiegend begrüßt. Einige Anlagenbetreiber sahen allerdings gegenwärtig keinen Gesprächs- und Handlungsbedarf bzw. wollten ihre Überlegungen erst einmal unabhängig von Dritten weiterentwickeln.

Zu den Ergebnissen der Gespräche wird auf die separaten Protokolle verwiesen.

8 Zusammenfassende Bewertung der Optimierungspotenziale der biologischen Abfallbehandlung in Hessen und Empfehlungen

Wesentliches Ziel der Studie war es, die Strukturen der biologischen Behandlung in Hessen für die zwei wichtigsten Fraktion Bio- und Grünabfall offen zulegen sowie darüber hinaus weitere Potenziale an biogenen Abfällen in Hessen zu identifizieren.

Insgesamt konnte ein Potenzial an nativ-organischen Abfällen von ca. 1,56 Mio. Mg in Hessen ermittelt werden. Für die Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen wurden grundsätzlich positive Voraussetzung vorgefunden:

- Der Bestand an Kompostierungsanlagen ist bedingt durch die frühzeitige Umsetzung der getrennten Erfassung und Kompostierung von Bioabfällen vergleichsweise alt, so dass viele Anlagen kurz- bis mittelfristig erneuert werden müssen. Im Rahmen dieser Erneuerung kann auch eine energetische Nutzung berücksichtigt werden.
- Bedingt durch die stark dezentrale Struktur der Behandlungsanlagen ist mit ca. 75 €/Mg Bioabfall ein vergleichsweise hohes Kostenniveau vorzufinden, so dass durch eine Umstrukturierung hin zu Vergärungsanlagen grundsätzlich nicht von einer Kostensteigerung auszugehen ist. Im Gegenteil dürfte bei einigen Anlagen nach einer Neukonzeption mit einer Vergärungsanlage sogar von geringeren Behandlungskosten auszugehen sein.

Bei der Ermittlung der Potenziale ist von einem mittleren energetisch nutzbaren Potenzial von ca. 752.000 Mg nativ-organischer Abfälle auszugehen, die überwiegend der Vergärung zugeführt werden könnten.

In der Abschätzung des mittelfristig nutzbaren Potenzials könnten ca. 200.000 MWh Strom und ca. 308.000 MWh Wärme aus nativ-organischen Abfallstoffen erzeugt werden.

Diese ambitionierten Ziele erfordern einen breiten Maßnahmenkatalog, der auf verschiedenen Ebenen und bei verschiedenen Akteuren eingreifen muss.

Empfehlungen für das Bundesland Hessen

a) Allgemeine Empfehlungen

Stoffliche Nutzung von biogenen Abfallstoffen

Die Synergie der stofflichen und energetischen Verwertung von biogenen Abfallstoffen soll verstärkt werden. Insbesondere die hochwertige stoffliche Verwertung als Torfersatz soll unterstützt werden. Von Seiten des Ministeriums soll die energetische Verwertung von biogenen Abfällen durch vielfältige Angebote gefördert werden.

Verbreitung und Kommunikation der Ergebnisse

Die Ziele der Landesregierung sowie die Ergebnisse der Studie sollten der Fachöffentlichkeit sowie den politischen Entscheidungsträgern in Hessen zugänglich gemacht werden. Zielsetzung ist hierbei der aktive Dialog zur Weiterentwicklung der Nutzung biogener Abfallstoffe. Darüber hinaus sollten die Ergebnisse und Lösungsansätze der Studie auf Ebene der drei Regierungspräsidien in Hessen vorgestellt und mit relevanten Akteuren diskutiert werden (in Analogie zur Umsetzung der Ergebnisse der Biomasse-Potenzialstudie).

Kommunale Beschlüsse

Das Ministerium fördert und unterstützt kommunale Gremien in der Fassung von Beschlüssen, die die stoffliche und/oder energetische Verwertung von biogenen Abfall- und Reststoffen zum Ziel haben.

„BiomasseRegio“ in Hessen

Im Bereich der biogenen Abfallstoffe sollte eine regionale bzw. überregionale Zusammenarbeit mit dem Ziel einer ökoeffizienten Nutzung der unterschiedlichen Reststoffströme von Seiten des Ministeriums forciert und gefördert werden. Hierbei ist es wichtig, dass neben den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern insbesondere auch die Akteure aus dem Bereich der organischen Gewerbeabfälle sowie der Landschaftspflege zusammengeführt werden, da oftmals sinnvolle Konzepte an zu geringen Mengen scheitern. In Analogie zur „Bioregio Holz“ sollte erstmals modellhaft eine „BiomasseRegio“ geschaffen werden. Wünschenswert wäre es, im Land Hessen ein übergeordnetes organisches Stoffstrommanagement auf der Basis der energetischen Nutzung zu installieren und dieses aktiv durch das Ministerium zu begleiten. Verschiedene Regionen würden sich hierfür besonders eignen.

Zinsgünstige Kredite

Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit energetischer Verwertungsanlagen für biogene Abfälle in Hessen wäre es wünschenswert, wenn von Seiten der öffentlichen Hand finanzielle Hilfestellungen beispielsweise in Form zinsgünstiger Kredite für die Investition von energetischer Verwertungsanlagen bereit gestellt werden könnten.

Genehmigung von energetischen Behandlungsanlagen

Bei der Umsetzung von energetischen Verwertungsanlagen sollte sich das Ministerium für eine kooperative Zusammenarbeit einsetzen.

Modifikation EEG

Der Entwurf der Novellierung des EEG bringt zwar eine deutliche Verbesserung für NawaRo-Anlagen, bietet aber wenig Handlungsanreize und bringt sogar teilweise Verschlechterungen für energetische Behandlungsanlagen von nativ-organischen Abfall- und Reststoffen. Insbesondere durch den Wegfall des Trockenfermentationsbonus wird sich die wirtschaftliche Lage für Vergärungsanlagen verschlechtern.

- **Technologie-Bonus Mikrogasnetz**
Das Ministerium sollte darauf hinwirken, dass Mikrogasnetze (wie im Referententwurf der Novellierung) mit dem Technologie-Bonus versehen werden, da bei bestehenden Kompostierungsanlagen in der Regel keine Wärmesenken vorhanden sind, so dass hier über Mikrogasnetze sinnvolle Energie- und Wärmekonzepte realisiert werden können.
- **NawaRo-Bonus für Grünabfälle**
Bisher gilt noch die Praxis, dass für die energetische Verwertung von Grünabfällen (holziges Material zur Verbrennung) der NawaRo-Bonus gewährt wird. Durch den Wegfall dieses Bonus verschlechtert sich die wirtschaftliche Situation für die energetische Verwertung von strukturreichen holzigen Grünabfällen. Das Ministerium sollte sich für die Beibehaltung des NawaRo-Bonus für Grünabfälle einsetzen.
- Bei einer Verwertung von NawaRo mit biogenen Abfallstoffen sollte der anteilige NawaRo-Bonus erhalten bleiben.

Monitoring

Von Seiten des Ministeriums wird in regelmäßigen Abständen ein Monitoring-Bericht „Energie aus biogenen Abfall- und Reststoffen“ herausgegeben.

b) Empfehlungen Bio- und Grünabfälle

Effizienzsteigerung bei der Erfassung und weitere Umsetzung der Flächendeckung bei der Bioabfallsammlung

Das Ministerium unterstützt alle Initiativen und Maßnahmen die zum Ziel eine Effizienzsteigerung bei der Erfassung von Bioabfällen sowie eine weitere Umsetzung und Ausweitung der Flächendeckung der Bioabfallsammlung haben. Hierzu gehören insbesondere satzungsrechtliche Maßnahmen, welche die Attraktivität der getrennten Bioabfallsammlung steigern

Fortsetzung des Dialogs

Das Ministerium führt den Dialog mit den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern zur Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen fort. Dies geschieht im Rahmen von Fachveranstaltungen und Seminaren.

Dokumentation von Gute-Praxis-Beispielen in Hessen

Mit den neu installierten Vergärungsanlagen in Niddatal (Wetteraukreis) sowie Flörsheim sind Gute-Praxis-Beispiele realisiert worden, die insbesondere auf kommunaler Ebene entsprechend propagiert werden sollten.

Stofflich-/energetische Verwertung von Grünabfällen

Die stoffliche und energetische Verwertung von Grünabfällen soll verstärkt werden. Gerade Grünabfallkomposte eignen sich in besondere Weise als Torfersatz. Von Seiten des Ministeriums wird die energetische Verwertung von Grünabfällen (nur holzige Bestandteile) bei gleichzeitiger Erweiterung der hochwertigen Grünabfallverwertung favorisiert.

c) Empfehlungen Speiseabfälle

Optimierung der Erfassung und energetischen Verwertung von Speiseabfällen

Eine Optimierung der Erfassung von Speiseabfällen kann ggf. durch eine bessere Trennung der Speiseabfälle aus dem Restmüll bzw. aus dem Gewerbemüll erzielt werden. Um dies zu erreichen, wäre eine Verstärkung der Kontrollen vor Ort, insbesondere in kleinen Betrieben, erforderlich. Diesbezüglich wird empfohlen, die Veterinärämter, die für die Kontrollen der sachgerechten Entsorgung der Abfälle im Gastronomiebereich und sonstigen gewerblichen Küchen zuständig sind, entsprechend zu informieren und zu bitten, künftig den Aspekt der Speiseabfallentsorgung bei den Gesprächen mit den Betriebsinhabern verstärkt aufzugreifen.

Eine Intensivierung der energetischen Verwertung von Speiseabfällen in Hessen kann nur erzielt werden, wenn in Hessen weitere Speiseabfallvergärungs- bzw. Ko-Vergärungsanlagen errichtet werden, oder bestehende Anlagen verstärkt Speiseabfälle mitverarbeiten. Alle Abfälle, die aufgrund ihrer Qualitätseigenschaften auf dem Markt der Vergärungsrohstoffe zur Verfügung stehen (und nicht in die Futtermittelproduktion gehen), werden der Vergärung bereits zugeführt; dies geschieht aufgrund fehlender Anlagenkapazitäten in Hessen zum Großteil in außerhessischen Anlagen. Der Druck auf den Markt der Speiseabfälle ist groß, die Verwerter stehen in erheblicher Konkurrenz.

In jedem Fall sollte im Rahmen von Beratungsgesprächen zur Implementierung von Vergärungsanlagen immer der Aspekt einer Mitvergärung von Speiseabfällen berücksichtigt und eine Recherche der bestehenden Möglichkeiten vor Ort durchgeführt werden. Insbesondere die Frage möglicher Potenziale und Kunden ist zu klären.

Optimierung der energetischen Verwertung von organischen Gewerbeabfällen

Die stoffliche Verwertung von organischen Gewerbeabfällen im Rahmen einer Rückführung in die Futtermittelproduktion sollte nicht in Konkurrenz zur energetischen Verwertung dieser Abfälle gedrängt werden. Gleichwohl sollten insbesondere kleine und mittelständische Gewerbebetriebe in Hessen nochmals hinsichtlich der Möglichkeiten einer energetischen Verwertung ihrer organischen Abfallströme informiert werden.

Als Anlass für eine Informationskampagne, die zunächst in Form eines Anschreibens erfolgen sollte, könnten die Neuerungen der Bioabfallverordnung hinsichtlich § 3 und § 3a dienen, die besagen, dass alle Bioabfälle einer hygienisierenden und stabilisierenden Behandlung unterzogen werden müssen. Darunter fallen u. a. neben Grünabfällen (Garten- und Parkabfälle) auch Obst- und Gemüseabfälle aus der Lebensmittelindustrie, die gegenwärtig noch unbehandelt auf Ackerflächen ausgebracht werden. Im Zuge dieses Hinweises sollten Beratungsgespräche angeboten werden, in denen detaillierte Daten zu den Verwertungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der vorhandenen Mengen (im Jahresverlauf) und Qualitäten der organischen Abfälle aufgenommen werden. Diese könnten dann

ausgewertet und auf Wunsch an die potenziellen Biogasanlagenbetreiber weitergeleitet werden.

d) Empfehlungen im Bereich Naturschutz

Optimierung der energetischen Verwertung des Aufwuchses von Naturschutzflächen

Für die energetischen Verwertungsmöglichkeiten des Aufwuchses von Naturschutzflächen muss bei einem Großteil der involvierten Entscheidungsträger ein Bewusstsein und eine Bereitschaft für die Berücksichtigung dieser Option in ihren Planungen und Handlungsanweisungen geschaffen werden. Um dies zu erreichen, sind folgende Akteure in einen Prozess integrativer Informations- und Beratungsgespräche und im Weiteren in konstruktive Arbeitsgruppen einzubinden:

- Untere und Obere Naturschutzbehörden des Landes
- Straßenverkehrsämter und ihre Meistereien
- Institutionen bzw. Berufsgruppen, die für die Pflege und den Erhalt der relevanten Flächen nach deren Ausweisung verantwortlich sind (Landwirte bzw. deren Verbände und Vertreter, Bundesfinanzverwaltung, ggf. Umweltschutzgruppen wie z.B. Ornithologen, die spezielle Gebiete betreuen, etc.)
- Wissenschaftlicher und spezifisches Fachpersonal aus dem Bereich des Naturschutzes und der Biomasseverwertung, die aufgrund ihrer Tätigkeiten Erfahrungen zum Thema mitbringen (technische und wirtschaftliche Rahmendaten von Biomasseanlagen bezüglich der Verwertung verschiedener Biomassequalitäten, Biodiversität und Ertragserwartungen je Flächeneinheit, gute landwirtschaftliche Praxis versus naturschutzfachliche Zielsetzungen etc.)

Parallel zu diesen bereichsübergreifenden Gesprächen und Arbeitsgruppen sollte das im Aufbau befindliche Datenerfassungssystem NATUREG dahingehend ausgewertet und ggf. modifiziert werden, dass regional und überregional abgerufen werden kann, welche Flächen bzw. Aufwuchsmengen für eine energetische Verwertung zur Verfügung stehen. Diesbezüglich sollten sich Fachleute aus dem Bereich der Biomasseverwertung (Anlagenplanung mit wissenschaftlichem Erfahrungshintergrund) mit den Verantwortlichen der Programmverwaltung zusammensetzen und festlegen, welche Kriterien bei der Flächenerfassung für diesen Bewertungsschritt erforderlich sind.

Das im Landkreis Werra-Meißner geplante Erprobungs- und Entwicklungsprojekt zur Schaffung eines Biotopverbundsystems, in dem Elemente des naturverträglichen Energiepflanzenanbaus mit denen extensiver Grünlandflächen verbunden werden und dessen Aufwuchs gemeinsam in einer Biogasanlage verwertet werden soll, ist beispielhaft für viele Fragestellungen, die im Bereich der energetischen Verwertung des Aufwuchses von Naturschutzflächen auftreten. Das Projekt könnte ein Leuchtturmprojekt für ganz Hessen und über die Landesgrenzen hinaus werden und die Akzeptanz und Bereitschaft für die energetische Verwertung dieser Materialien sowohl auf Seiten des Naturschutzes als auch auf Seiten der Landwirte bzw. der Biomasseanlagenbetreiber erhöhen.

e) Empfehlungen im Bereich Landschaftspflege

Offenlegung der Handlungsstrukturen bei Maßnahmen am Verkehrsbegleitgrün

Da der Umgang mit Materialien aus Pflegemaßnahmen am Straßenbegleitgrün von den ausführenden Stellen unterschiedlich gehandhabt wird, ist die Erfassung der Handlungsstrukturen ratsam, um zunächst die Handlungsweisen offen zu legen und Voraussetzungen für spätere Vernetzungen zu schaffen.

Förderung der Verwertung von Materialien des Verkehrsbegleitgrüns (Straßen, Bahnlinien, Gewässer)

Holzige Materialien, die bei Pflegemaßnahmen entlang von Verkehrswegen (Straße, Bahn, Gewässer) anfallen, sollten verstärkt der Verwertung zugeführt werden, um die energetischen Potenziale der holzigen Massen auszuschöpfen und Kostensenkungspotenziale bei Pflegemaßnahmen nutzen zu können, statt meist ungenutzt vor Ort zu verbleiben.

Statt krautige bzw. halmartige Materialien in Kompostierungsanlagen gegen Entgelt entsorgen zu lassen, könnten diese Biomassen in regional verfügbaren Biogasanlagen mit eingesetzt werden.

Offenlegung regionaler Biomassenpotenziale des Verkehrsbegleitgrüns

Aufgrund regional unterschiedlicher Verkehrs- und Wuchsstrukturen des Begleitgrüns sind die anfallenden Mengen an Biomassen sehr unterschiedlich. Erhebungen über die tatsächlich verwertbaren Materialien in Regionen mit hohem Biomasseanfall wären äußerst hilfreich.

Vernetzung zwischen Zuständigkeiten unterschiedlicher Ministerien

Unterschiedliche Zuständigkeiten für die Maßnahmen am Verkehrsbegleitgrün (Straßen, Bahn, Gewässer) bedingen verschiedene Handlungsstrukturen. Eine Vernetzung der beteiligten Behördenbereiche könnte helfen, diese Strukturen, insbesondere was den Umgang anfallender Biomassen angeht, zu vereinheitlichen.

9 Literatur

- ARETZ, A. U. B. HIRSCHL (2007): Biomassepotenziale in Deutschland – Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden. Dendrom-Diskussionspapier Nr. 1. Studie im Rahmen des Verbundprojektes DENDROM – Zukunftsrohstoff Dendromasse. DENDROM-Koordinationsbüro, Fachhochschule Eberswalde
- BRIEMLE, G. (2003): Ansprache und Förderung von Extensiv-Grünland. Neue Wege zum Prinzip der Honorierung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft in Baden-Württemberg, Naturschutz und Landschaftsplanung 32. Jg. Nr. 6: S. 171-175
- BRIEMLE, G., D. EICKHOFF U. WOLF, R. (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht – Praktische Anleitung zur Erkennung, Nutzung und Pflege von Grünlandgesellschaften. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., 60 : S. 1-160. G
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. (2002): Auswertung vorliegender Untersuchungsergebnisse der RAL-Gütesicherung Gärprodukt (RAL-GZ 256/1), Stand 9.10.2002
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. (2007): Nutzwertindex: Eine Methode zur einheitlichen Bewertung von organischen Bodenverbesserungs- und Düngemitteln (Kompost, Gärprodukte, Gülle, Stallmist, Klärschlamm). www.bgkev.de/infodienste
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. (HRSG./2007): Humus & Kompost Aktuell - II 2007 / 2. Jahrgang 11/07
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. (HRSG./2008): Humus & Kompost Aktuell - I 2008 / 3. Jahrgang 01/08
- EINZMANN, U., R. GRASS, W. HAAß, M. KAHLERT U. U. ROTH (2006): Management von Biotopverbundflächen in Mittelgebirgslandschaften, Abschlussbericht Voruntersuchung zum gleichnamigen F+E-Vorhaben, Förderkennzeichen: Z1.3 – 892 11 – 3/05, BfN, unveröffentlicht, 276 S.
- ELSÄßER, M. (2004): Alternative Verwendung von in der Landschaftspflege anfallendem Grünlandmähgut: verbrennen, vergären, kompostieren, mulchen oder extensive Weide?, In: Natur und Landschaft, 79. Jahrgang, S. 110-117
- ELSÄßER, M. U. R. OPPERMAN (2003): Futterwert, Schnitzeitpunkt und Düngung artenreicher Wiesen - Erfahrungen und Empfehlungen aus der Praxis, In: OPPERMAN, R. & H.U. GUJER (Hrsg.), 2003: Artenreiches Grünland bewerten und fördern, MEKA und ÖQV in der Praxis, Ulmer Verlag, 196 S.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) E.V. (2007): Marktübersicht Hackschnitzel-Heizungen. Gülzow

- FISCHER, P., KRONAWITTER, H., U. A. WIETHALER (2000): Schwermetallbelastung von Laub aus öffentlichem Grün – Ist die Schwermetallbelastung von Fallaub aus dem öffentlichen Grün bedenklich? In: Stadt und Grün 12: S. 859-864
- FUCHS, J. (2007): Aus Gärgut Qualitätskompost? Vortrag im Rahmen der IGA-Praxistag 2007
- GÖRISCH, U. (2004): Verwertung von biogenen Abfällen in Nassvergärungsanlagen, In: Müll und Abfall, 11/04, S. 568 - 569
- GRÄSCHKE, M. (2007): Informationen über Maßnahmen am Bahnbegleitgrün. Mündliche Mitteilung. Berater für den Bereich „Vegetation und Naturschutz“. DB Netz AG
- HARBUSCH, M. (2007): Informationen über Maßnahmen am Straßenbegleitgrün. Mündliche Mitteilung. Harbusch-Forst GmbH. Hess. Lichtenau
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2006): Abfallmengenbilanz des Landes Hessen 2005. Wiesbaden
- HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT (2007): <http://www.statistik-hessen.de/themenauswahl/landwirtschaft/landesdaten/tierische-produktion/viehbestaende-in-den-landwirtschaftlichen-betrieben/index.html>
- HILGER, J. (2000): Struktur- und Absatzplanung für die Verwertung von Speiseresten als Futtermittel, Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, 311 S.
- INSTITUT FÜR ENERGETIK (IE) et al. (2007): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Leipzig http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endbericht_eeg_monitoring.pdf
- KALTSCHMITT, M., D. MERTEN, N. FRÖHLICH U. M. NILL (2003): Energiegewinnung aus Biomasse. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 „Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Berlin, Heidelberg
- KERN, M., T. RAUSSEN, T. TURK U. K. FRICKE (2003) Energiepotenzial für Bio- und Grünabfall. In: Fricke et al. (Hrsg.) Die Zukunft der Getrenntsammlung von Bioabfällen. Schriftenreihe des ANS, S. 355-374
- KIRSCH, A. (2002): Einsatz kompostierter Gärreste in der Landwirtschaft, Dissertation, Kirsch Verlag, Nümbrecht 2002
- KLUGE, R. (2008): Gärprodukte und Komposte im Vergleich – Düngewirkung und Humusbildung. In: Witzenhausen-Institut (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung. stofflich – energetisch III.
- KNAPPE F. et al. (2007): Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle, Umweltbundesamt (Hrsg.) Texte 04/07, S. 138, ISBN 1862 – 4804

- KNAPPE, F. U. J. BLAZEJCZAK (2007): Potentialanalyse der deutschen Entsorgungswirtschaft, Endbericht des UFO-Plan-Vorhabens, S. 41 - 42, Hrsg.: Umweltbundesamt
- KOHL, U. (2007): Anfall, Behandlung und Verwertung von Speiseresten in Deutschland und der EU, Vortrag zum Seminar „Verwerten und Entsorgen von Speiseresten“ in Hamburg am 26. Oktober 2007, S. 1 - 2, unveröffentlicht
- KOLL, P. (1997): Der Markt für Sekundärrohstoffe, Teil 7: Nahrungsmittelabfälle; aus: Berichte zur Kreislaufwirtschaft 12/97, S. 1, Informationsbüro Kreislaufwirtschaft, MTE Umweltberatung GmbH, Oberhausen
- KRAFT, E. (2004): Trockenfermentation – Brücke zwischen Abfallbehandlung und Landwirtschaft / Gülzower Fachgespräch „Trockenfermentation“/ Bauhaus-Universität Weimar / Feb. 2004
- KRAUSE, F. (2007): Informationen über Maßnahmen am Straßenbegleitgrün. Mündliche Mitteilung. Amt für Straßen und Verkehrswesen, Eschwege
- KTBL (2005): Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), KTBL-Arbeitsgruppe „Biogaserträge“, Landwirtschaftsverlag, Münster
- LEMMER, A. U. H. OECHSNER (2000): Einsatz von Mähgut landwirtschaftlich genutzter Flächen in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, BIOGAS Journal (2000) 2, S. 6-9
- LÜTKE ENTRUP, N. UND F.-F. GRÖBLINGHOFF (2005): Erzeugung von Biomasse vom Grünland und im Ackerbau; Fachvortrag auf der Biogastagung NRW 2005 „Biogas effektiv erzeugen“; Veranstalter: Landwirtschaftskammer NRW, Haus Düsse, Bad Sassendorf
- MEINHARDT, N., LENZ, R. U. G. NÜRK (2000): Energieholz in Baden-Württemberg – Potenziale und derzeitige Verwertung. Diplomarbeit an der Fachhochschule Nürtingen, Fachbereich Landespflege.
- NITSCHKE, S. U. L. NITSCHKE, (1994): Extensive Grünlandnutzung, Neumann Verlag, 247 S.
- OECHSNER, H. (1996): Kofermentation von Flüssigmist und Speiseabfällen, Landtechnik 51 4/96, S. 216-217
- OECHSNER, H. U. A. LEMMER (2002): Gras vergären: Eine Alternative für Restgrünland? In: Biogas – Strom aus Gülle und Biomasse, Hrsg.: top agrar, Landwirtschaftsverlag, Münster
- REINHOFER, M., P. TRINKAUS U. A. STUHLBACHER (2006): Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen. Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme – JOINTS / Frohnleiten

- SCHOLZ, V., H. J. HELLEBRAND U. A. HÖHN (2004): Energetische und ökologische Aspekte der Feldholzproduktion. In: Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 35 „Energieholzproduktion in der Landwirtschaft – Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie“ S. 15-31
- SELING, S. U. P. FISCHER (2003): Schadstoffbelastung von Straßenbegleitgrün – I. Gehalte des Mähgutes an Schwermetallen (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Pf, Zn). In: Müll und Abfall 6: 289-293.
- SPATZ, G. (1994): Freiflächenpflege. Ulmer Verlag. Stuttgart
- THEERS, R. (2007): Informationen über Maßnahmen am Straßenbegleitgrün. Mündliche Mitteilung. Hess. Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen. Wiesbaden.
- THRÄN, D. U. M. KALTSCHMITT (2004): Status Quo und Potenziale der energetischen Biomassenutzung in Deutschland – Wozu sollen welche Biomassepotenziale genutzt werden? In: Ausbau der Bioenergie – im Einklang mit dem Natur- und Umweltschutz? Eine Standortbestimmung. Tagungsband 2004. Bundesverband BioEnergie e. V. und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. [Hrsg.] S. 45-66
- UMWELTBUNDESAMT – UBA (2007): Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Umweltbundesamt, Dessau. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3135.pdf>
- VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORTBILDUNGSANSTALTEN - VDLUFA (2004): Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Bonn
- VERBAND DEUTSCHER STRASSENWÄRTER (2004): Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen – Leistungsbereich 2: Grünpflege. Köln
- VOGT, R., KNAPPE, F., GIEGRICH, J. U. A. DETZEL (2002): Ökobilanz Bioabfallverwertung. DBU Initiativen zum Umweltschutz 52, Osnabrück
- WEILAND, P. (2000): Stand und Perspektiven der Biogasnutzung und -erzeugung in Deutschland, S. 12, In: Energetische Nutzung von Biogas: Stand der Technik und Optimierungspotenzial, Gülzower Fachgespräche, Hrsg.: FNR e. V.
- ZEIFANG, M. (2007): Das KOMPOGAS-Verfahren - Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung. In: Witzenhausen-Institut (Hrsg.): - Neues aus Forschung und Praxis.