

Brandenburgische Technische Universität
Cottbus-Senftenberg

ARBEITSPAPIER ZUM ARBEITSPAKET 1: UPDATE GESCHÄFTSFELDDANALYSEN

Querschnittsprojekt 1, Aufstockung
im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens LaTerra

Querschnittsprojektleitung: Prof. Dr. Stefan Zundel, BTU Cottbus-Senftenberg
Verbundleitung: Prof. Dr. mult. Konstantin Terytze, FU Berlin

Erstellt von Viktoria Witte

Unter Mitarbeit von Stefan Zundel

Senftenberg, 10. Oktober 2016

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FKZ 033L021E



INHALTSVERZEICHNIS

Tabellenverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1. Fragestellung und Überblick.....	1
2. Geschäftsfeldanalysen - Update	2
2.1. Kaskadennutzung in der Landwirtschaft.....	2
2.1.1. Biokohle als Futtermittelzusatz.....	3
2.1.2. Biokohle als Einstreu.....	5
2.2. Biokohle in der Kompostierung: Limitierung von Klimagasemissionen und Kompostveredelung am Beispiel der B.A.T. GmbH.....	7
3. Zusammenfassung und Ausblick.....	11
Literaturverzeichnis.....	V

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kostenvergleich Futtermittel mit und ohne Biokohlezusatz.....	4
Tabelle 2: Kostenvergleich Einstreu mit und ohne Biokohlezusatz	6
Tabelle 3: Kostenvergleich für eine Umstellung der Grüngut-Kompostierungsanlage Templin auf Biokohlezusatz	9

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Kaskadennutzung Biokohle als Futterzusatz.....	3
Abbildung 2: Kaskadennutzung Biokohle als Einstreu	5
Abbildung 3: Flächenbedarf der Grüngut-Kompostierung mit und ohne Biokohlezusatz	8
Abbildung 4: Stoffstromszenario für die Herstellung von Grüngutkompost ohne und mit Biokohlezusatz bei der B.A.T. GmbH	9

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

B.A.T. GmbH	Biologische Abfallverwertung GmbH Templin
BK	Biokohle
BKS	Biokohlesubstrat
Düngemittelverordnung (DüMV)	
EBC	European Biochar Certificate (Europäisches Pflanzenkohle Zertifikat)
FM	Frischmasse
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
ME	Mengeneinheit
NPK-Düngung	mineralische Düngung mit Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K)
THG	Treibhausgas
Vol.-%	Volumenprozent /-anteil

1. FRAGESTELLUNG UND ÜBERBLICK

Biokohle (BK) und Biokohlesubstrate (BKS) können mit ihren vielfältigen positiven Eigenschaften in vielen verschiedenen Einsatzbereichen genutzt werden. Neben der Einbringung in den Boden, kann Biokohle u.a. als Sorptionsmittel für kontaminierte Böden und Gewässer, als Bestandteil in Brennstoffzellen, für die Biogasproduktion und zur Wasser- und Abwasserbehandlung eingesetzt werden. (u.a. Schmidt 2012, Qian et al. 2015)

In der Geschäftsfeldanalyse von Schatz/Zundel (2014) wurden Geschäftsfelder zur Herstellung und zu möglichen Nachnutzungsoptionen von Biokohle und Biokohlesubstraten analysiert. Nachdem die potenziellen Stoffströme (vgl. Eidner 2011, Flesch 2013) und Akteure (vgl. Schatz 2013) in den vorhergehenden Arbeitspaketen erfasst und ausgewertet sowie Gespräche zu Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten für Biokohlesubstrate in den Regionen geführt wurden, sollten durch eine technische und wirtschaftliche Analyse der identifizierten, potenziellen Geschäftsfelder die Chancen für ihre Anwendung im Vergleich zu den konventionellen Varianten ermittelt werden. Insgesamt wurden dabei fünf Geschäftsfelder betrachtet (Schatz/Zundel 2014):

a) **Verkauf von Biokohle an private Endverbraucher:** Die Herstellungskosten lagen hier im Rahmen der Preise einer Marktanalyse und ermöglichen somit einen gewinnbringenden Erlös. Es existiert bereits ein kleiner Markt für EBC-zertifizierte und nicht zertifizierte Biokohle.

b) **Verkauf von Biokohlesubstrat an private Endverbraucher:** Die Herstellungskosten lagen auch hier im Rahmen der Preise aus einer Marktanalyse und ermöglichen einen gewinnbringenden Erlös. Das Produkt kann sowohl mit ähnlichen Produkten als auch mit Premium-Pflanzenerden in Konkurrenz treten.

c) **Landwirtschaftliche Nutzung als Düngemittel:** Eine mögliche Wirtschaftlichkeit von BKS muss in der Landwirtschaft aus Ertragssteigerungen und -überschüssen resultieren, da die Herstellungskosten nicht konkurrenzfähig sind zu den Preisen für eine konventionelle NPK-Düngung. Trotz simulierter Ertragssteigerungen ließ sich dieses Geschäftsfeld unter den angenommenen, regionalen Bedingungen (sandige Böden, ertragsarme Früchte) nicht wirtschaftlich darstellen.

d) **Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften:** Auch eine Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften ist mit BKS nicht betriebswirtschaftlich darstellbar. Der Jahresüberschuss war trotz simulierter Ertragssteigerung und Substitution der mineralischen Düngung stark negativ.

e) **Sanierung kontaminierter Flächen:** Die Sanierung mit BKS (sowohl der Bodenaushub als auch das Einpflügen von BKS) hingegen ist eine erstzunehmende und sinnvolle Alternative zur konventionellen Sanierung.

Aufgrund der Aktualität der Ergebnisse der Geschäftsfeldanalysen von Schatz/Zundel (2014) (Fertigstellung im Jahr 2014) werden die fünf analysierten Geschäftsfelder nicht noch einmal betrachtet. Stattdessen soll in der vorliegenden Fortschreibung auf zwei weitere Geschäftsfelder eingegangen werden, die sich im Verlauf der Projektaufstockung als interessant und vielversprechend gezeigt haben: die Kaskadennutzung in der Landwirtschaft und die Limitierung von Klimagasemissionen bei der Kompostierung mit gleichzeitiger Kompostveredelung. Beide Geschäftsfelder eröffnen neue Möglichkeiten die positiven Eigenschaften der Biokohle mehrfach zu nutzen und die wirtschaftliche Situation des jeweiligen Geschäftsfeldes zu verbessern. Insbesondere für den großen potenziellen Anwendungsbereich in der Landwirtschaft eröffnet die Kaskadennutzung die Möglichkeit, Biokohle trotz der hohen Herstellungskosten wirtschaftlich einzusetzen.

2. GESCHÄFTSFELDANALYSEN - UPDATE

2.1. KASKADENNUTZUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT

Kaskadennutzung bedeutet, einen Rohstoff mehrfach zu nutzen und ihn somit möglichst lang und nachhaltig im System zu halten. Dies geschieht beispielsweise durch Recycling oder Neubearbeitung des Rohstoffes, wodurch der Lebenszyklus deutlich verlängert wird. Meist findet dabei eine abnehmende Wertschöpfung statt, bis der Rohstoff am Ende, nach mehreren Nutzungskaskaden, energetisch verwertet wird. (Arnold et al., 2009)

Auch Biokohle kann insbesondere in der Landwirtschaft einer Kaskadennutzung zugeführt werden, wenn sie nach Herstellung durch Nutzung von ungenutzten Biomassen nicht direkt in den Boden eingebracht wird, sondern vorher noch andere Nutzungsstufen durchläuft. Die Mehrfachnutzung der Biokohle senkt dabei einerseits die Gesamtkosten der Biokohle, die bei den bisherigen Geschäftsfeldbetrachtungen in der Landwirtschaft zu hoch und nicht konkurrenzfähig zur konventionellen Düngung waren. Andererseits kommen durch die Mehrfachnutzung der Biokohle auch mehrfach ihre positiven Eigenschaften zum Tragen. Im Folgenden sollen zwei Varianten der Kaskadennutzung von Biokohle in der Landwirtschaft betrachtet werden:

- a) Biokohle als Futtermittelzusatz mit anschließender Ausbringung auf dem Feld und
- b) Biokohle als Einstreu in Tierställen mit anschließender Ausbringung auf dem Feld.

In beiden Varianten wird die Biokohle am Ende des Verwendungsprozesses als Bodenhilfsstoff auf der landwirtschaftlichen Fläche ausgebracht.

2.1.1. BIOKOHLE ALS FUTTERMITTELZUSATZ

Die Verfütterung von Aktivkohle ist in Deutschland und international bereits bekannt und gewinnt immer mehr an Bedeutung. Biokohle kann im Magen-Darm-Trakt positive Wirkungen entfalten, ist nicht toxisch und wirksam gegen absorbiertes Gift. (Gerlach, 2012) Es ist nachgewiesen dass sich die verabreichte Pflanzenkohle positiv auf das Wohlbefinden und Wohlergehen der Tiere auswirkt und den allgemeinen Gesundheits- und Pflegezustand verbessert sowie die Vitalität der Tiere steigert. Auch auf das Wachstum von Jungtieren wurde ein positiver Einfluss festgestellt. (Gerlach/Schmidt, 2012) Mit den positiven gesundheitlichen Effekten auf die Tiere gehen sinkende Kosten für Tierarztbehandlungen und Medikamente einher. Gleichzeitig werden Mist und Gülle durch die gefressene Biokohle aufgewertet und können als Dünger auf den Feldern ausgebracht werden. Reine Biokohle braucht bei direkter Anwendung im Boden mehrere Jahre um biologisch aktiv zu werden, bei Verfütterung lädt sie sich bereits bei der Verdauung mit Nährstoffen und Mineralien auf. Somit wird die Qualität des Düngers maßgeblich verbessert und die Nährstoffe halten sich über längere Zeit im Boden. Abbildung 1 stellt die Kaskadennutzung von Biokohle als Futterzusatz graphisch dar:

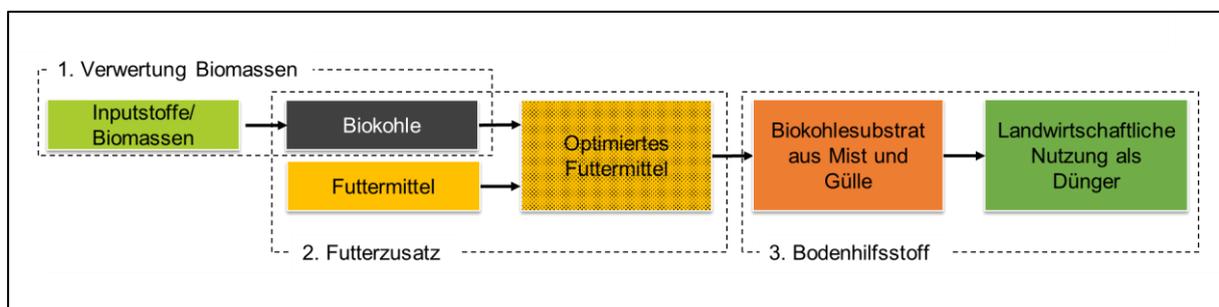


ABBILDUNG 1: KASKADENNUTZUNG BIOKOHLE ALS FUTTERZUSATZ

Quelle: Eigene Darstellung.

Der erste Kaskadenschritt ist die Herstellung von Biokohle aus dem Rohstoff Biomasse. Bevor die Biokohle wie in den bisherigen Betrachtungen als Düngemittel in den Boden gebracht wird, wird sie nun zunächst in einem zweiten Kaskadenschritt dem Tierfutter beigemischt. Durch Vermischung der Komponenten entsteht ein optimiertes Futtermittel, das durch den Biokohlezusatz positive Auswirkungen auf das Tierwohl hat. Die anschließenden Ausscheidungen der Tiere werden als Dünger oder zur Herstellung von Biokohlesubstrat verwendet. Durch die bei der Verdauung aktivierte Biokohle besitzt das fertige Substrat ein besonderes Potenzial als Bodenhilfsstoff und kann auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden.

Eine entsprechende Kostenanalyse wurde am Beispiel der Rinderhaltung unter folgenden Annahmen durchgeführt:

- Ein ausgewachsenes Rind frisst pro Tag etwa 16 bis 20 Kilogramm Trockenmasse, z.B. Gras- oder Maissilage, Getreide, Krafftutter.
- Der empfohlene Zusatz an Pflanzenkohle liegt bei 0,5 % zur Masse des Futtermittels (100g). Bisherige Versuche mit positiven Effekten wurden jedoch mit 200 bis 300g pro Rind durchgeführt. (Gerlach, 2012) Es wird als Mittelwert von einem Biokohlezusatz in Höhe von 200g (1%) je Tier und Tag ausgegangen.
- Um dem Risiko einer Blockierung essentieller Nährstoffe vorzubeugen, wird die Pflanzenkohle nur durchschnittlich 20 Tage im Monat verfüttert (alle 14 Tage wird für 5 Tage auf den Zusatz verzichtet). (Schmidt, 2011)

In Tabelle 1 werden die Kosten für die Futtermittel ohne und mit Biokohlezusatz für ein Rind und ein Jahr unter den erläuterten Annahmen gegenübergestellt. Dabei wird aufgrund des geringen BK-Zusatzes in Höhe von 1% in beiden Varianten von den gleichen Kosten für Grund- und Krafftutter ausgegangen.

Futterkomponenten	Futtermittel ohne BK	Futtermittel mit BK*
Grundfutter:	450 €/Rind/Jahr	450 €/Rind/Jahr
Krafftutter:	513 €/Rind/Jahr	513 €/Rind/Jahr
Biokohle (1%):		43,24 €/Rind/Jahr
Kosten gesamt	963 €/Rind/Jahr	1.006,24 €/Rind/Jahr

* Da der BK-Anteil mit 1% zu gering ist, um Futter und somit Kosten einzusparen, werden die gleichen Kosten für Grund- und Krafftutter angenommen.

TABELLE 1: KOSTENVERGLEICH FUTTERMITTEL MIT UND OHNE BIOKOHLEZUSATZ

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Galinsky/Stolle, 2015.

Ein Kostenvergleich der Futtermittelkosten ohne und mit Biokohlezusatz ergibt einen Kostenanstieg in Höhe von ca. 5%. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass sich bei Zufütterung von Biokohle Kosten für Tierarztbesuche und Medikamente reduzieren, gleichzeitig Kosten durch einen Rückgang der Mortalitätsrate gesenkt und die Produktqualität durch eine Zunahme von Milchinhaltsstoffen verbessert werden kann. Auch die verbesserte Düngerqualität durch den mit Biokohle versetzten Mist dürfte positive Auswirkungen auf die Kostenbilanz haben. Genaue Kosteneinsparungen lassen sich bisher jedoch leider noch nicht quantifizieren.

Behandlungen beispielsweise am Euter eines Rindes belaufen sich auf Kosten zwischen 30 und 60€; Behandlungen an den Klauen eines Tieres auf 15-180€ (Schellenbach, 2015). Ins-

besondere auf diese Körperteile eines Rindes hat der Futterzusatz von BK positive Auswirkungen womit eine Tendenz hin zu einem möglichen Ausgleich der Zusatzkosten für die Biokohle erkennbar ist (Gerlach, 2012).

2.1.2. BIOKOHLE ALS EINSTREU

Eine weiteres Einsatzgebiet von Biokohle und gleichzeitig eine Produktionsstätte für Biokohlsubstrate sind Tierställe. Durch die Vermischung flüssiger und fester Ausscheidungen, kommt es zu Fäulnis und Gestank in den Ställen der Tiere. Bleiben Kot und Urin getrennt, wird der unerwünschte Effekt der Entstehung von Gerüchen und Fäulnis weitgehend vermieden. Urin und Kotwasser werden bei den auf der Weide lebenden Tieren vom Boden aufgesaugt. Sämtliche Feststoffe im Kot werden langsam von Bodenorganismen abgebaut und zu einem Teil als Humus in die Bodenmatrix eingearbeitet. Dieser Prozess kann auch in den Ställen umgesetzt werden, wofür gewöhnlich eine saugfähige Unterlage aus Stroh genutzt wird. Stroh hat allerdings nur eine begrenzte Möglichkeit Flüssigkeit aufzunehmen und ist damit auch nur bedingt geeignet. (Schmidt, 2013)

Eine Schicht aus Einstreu, Pflanzenkohle und Bentonit besitzt die gleichen Eigenschaften wie der Boden auf einer Weide. Feststoffe werden rasch abgebaut, kompostiert und in stabile Kohlenstoffverbindungen (Humus) umgewandelt. Gleichzeitig werden Flüssigkeiten wie ein Schwamm aufgenommen (1 Liter Pflanzenkohle besitzt die Eigenschaft, bis zu 5 Liter Urin aufzusaugen). Mit dem Zusatz von Gesteinsmehl und Tonerde wird der Vorgang der Komplexbildung von organischer Substanz unterstützt. (Schmidt, 2013) Abbildung 2 stellt die Kaskadennutzung von Biokohle als Stalleinstreu graphisch dar:

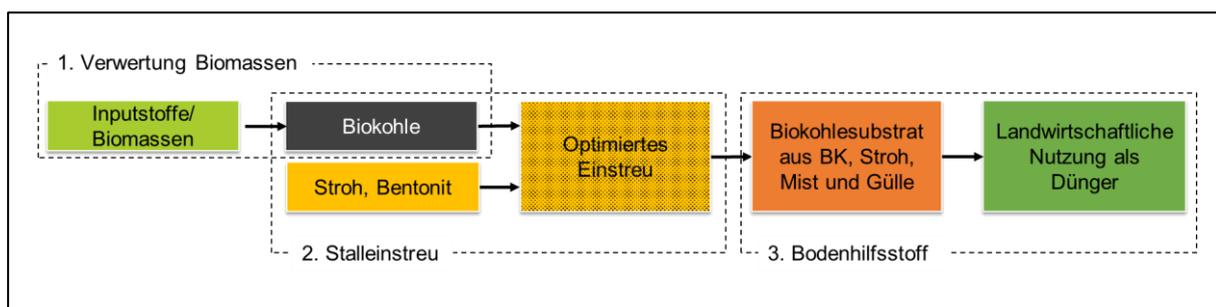


ABBILDUNG 2: KASKADENNUTZUNG BIOKOHLE ALS EINSTREU

Quelle: Eigene Darstellung.

Der erste Kaskadenschritt ist die Herstellung von Biokohle aus dem Rohstoff Biomasse. Bevor die Biokohle wie in den bisherigen Betrachtungen als Düngemittel in den Boden gebracht wird, wird sie nun zunächst in einem zweiten Kaskadenschritt der Stalleinstreu beigemischt. Durch Vermischung der Komponenten entsteht eine optimierte Stalleinstreu, die durch den Biokoh-

lezusatz positive Auswirkungen auf das Stallklima und das Tierwohl hat. Neben einer Reduzierung der Feuchtigkeit in der Einstreu, werden Nährstoffe fixiert, Ammoniak- und Methanemissionen sowie Fuß-/Hufinfektionen reduziert. Es schließt sich der dritte Kaskadenschritt an, wenn durch die Mischung von Einstreu, Biokohle, Mist und Gülle ein Biokohlesubstrat entsteht, das durch die in der Einstreu verwendete Biokohle bereits mit Nährstoffen aktiviert ist. Dieses Substrat kann nach einer gewissen Lagerungszeit als Düngemittel und Bodenverbesserer genutzt werden. (Schmidt, 2013)

Eine entsprechende Kostenanalyse wurde unter folgenden Annahmen durchgeführt:

- Zusatz von 10 % Pflanzenkohle zur üblichen Einstreu. (Gerlach/Schmidt, 2012)
- Eine Schicht aus Pflanzenkohle und Bentonit wird unter die täglich wachsende Strohschicht (20 cm) eingetragen.

In Tabelle 2 werden die Kosten für die Einstreu ohne und mit Biokohlezusatz für ein Rind unter den erläuterten Annahmen gegenübergestellt. Dabei ist jedoch einschränkend zu bemerken, dass kein Faktor für die Verweildauer der Einstreu im Stall berücksichtigt wurde. Es ist denkbar, dass die Einstreu mit Biokohlezusatz länger im Stall belassen werden kann, wodurch auf lange Sicht Einstreu eingespart werden könnte. Hierfür wurden jedoch keine Belege gefunden.

Einstreukomponenten	Einstreu ohne BK	Einstreu mit BK
Stroh (2,5m ² * 0,2m):	6,30 €/Rind	6,30 €/Rind
Bentonit (0,25%):	0,08 €/Rind	0,08 €/Rind
Biokohle (10%):		1,56 €/Rind
Kosten gesamt	6,38 €/Rind	7,94 €/Rind

TABELLE 2: KOSTENVERGLEICH EINSTREU MIT UND OHNE BIOKOHLEZUSATZ

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Galinsky/Stolle, 2015.

Ausgehend von den recherchierten bzw. angenommenen Werten, ergibt sich eine Kostensteigerung von rund 25 % für den Zusatz von Biokohle. Auch hier sind jedoch wieder die gesundheitlichen Aspekte zu beachten, die sich finanziell in einer Reduzierung von Medikamenten und Tierarztkosten widerspiegeln werden, allerdings schwer zu quantifizieren sind. Gleichzeitig müssen auch mögliche Ertragssteigerungen durch das entstehende, qualitativ hochwertigere Düngemittel berücksichtigt werden.

2.2. BIOKOHLE IN DER KOMPOSTIERUNG: LIMITIERUNG VON KLIMAGASEMISSIONEN UND KOMPOSTVEREDELUNG AM BEISPIEL DER B.A.T. GMBH (nach Reinhold, 2016)

Neben einer möglichen Angebotserweiterung durch die Herstellung und den Abverkauf von hochwertigen Biokohlekomposten, stehen Grüngutkompostierungsanlagen der zukünftigen Herausforderung gegenüber, dass das Umweltbundesamt plant, klimarelevante Emissionen aus der offenen Mietenkompostierung zu limitieren. Eine Limitierung der THG-Emissionen lässt sich sowohl durch geringere Mietenhöhen (verbunden mit höherem Flächenbedarf), eine kostenintensive Einhausung oder durch den Zusatz von Biokohle erzielen.

Das betrachtete Geschäftsmodell zum Einsatz von Biokohle in der Kompostierung und zur Herstellung von Biokohlesubstraten zielt somit auf eine weitere Kaskadennutzungsmöglichkeit von Biokohle:

- a) die Limitierung von THG-Emissionen aus der offenen Mietenkompostierung und
- b) die Herstellung hochwertiger Biokohlesubstrate.

Die Geschäftsidee beruht auf einer Nutzung von nach Düngemittelverordnung (DüMV) zugelassener Holzkohle als emissionslimitierender Zuschlagsstoff bei der Behandlung von Grün- und Parkabfällen in offener Mietenkompostierung, verbunden mit der Herstellung und dem Abverkauf hochwertiger Biokohlekompostprodukte nach DüMV. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Herstellung der benötigten Holzkohle durch Pyrolyse von separierten unbehandelten Holzanteilen der zur Verwertung angenommenen Grün- und Parkabfälle erfolgt, allerdings in einer gesonderten Behandlungsanlage außerhalb der Grüngutkompostierungsanlage, um im betrachteten Beispiel genehmigungsrechtliche Zusatzaufwände zu vermeiden. Die Separierung unbehandelter Holzanteile wird in die schon derzeit in der Grüngutkompostierungsanlage Templin stattfindende Herstellung einer heizwertreichen Grüngut-Fraktion zur energetischen Verwertung in Biomassekraftwerken eingebunden. Dementsprechend mindert sich die Herstellung heizwertreicher Grüngutfraktionen für die Versorgung von Biomassekraftwerken. Für die unbehandelten Holzanteile zur Biokohleherstellung ist auf eine Vermeidung nichtholziger Fremdbestandteile zu achten. In der Startphase kann die Holzkohle auch zugekauft werden, wobei auch höhere Marktpreise als die hier angenommenen 300 € je t auftreten können.

Für den ersten Schritt zur Limitierung von THG-Emissionen, insbesondere von Methan, wird davon ausgegangen, dass dieses Ziel sowohl durch die Umsetzung der Empfehlungen zur Limitierung klimarelevanter Emission aus der offenen Mietenkompostierung (LUGV, 2015) als auch nach Larsen (2015) durch einen Zusatz von etwa 7 FM-% ($\approx 10 - 15$ Vol.-%) Holzkohle beim Ansetzen der Grüngutkompostmieten erreichbar ist. Anhand einer Untersuchung der Po-

rengaszusammensetzung in Grüngutkompostierungsmieten unterschiedlicher Höhe kann geschlossen werden, dass durch eine Verminderung der Mietenhöhe von derzeit 3 m auf lediglich 2 m die Methanemission der Anlage um mindesten ein Drittel gemindert werden kann. Das wäre jedoch mit einem höheren Flächenbedarf für die gleiche Menge an Grüngutkompostierung verbunden, wobei zugleich eine Verringerung der zur Hygienisierung erforderlichen Rottedauer angenommen werden kann.

Entsprechend den Ausführungen von Larsen (2015) kann mit einer vergleichbaren Minderung der Methanemissionen von etwa einem Drittel durch Zusatz von 5 bis 10 % Holzkohle (hergestellt aus holziger Fraktion von Grüngut) gerechnet werden. Bezüglich der Emissionslimitierung sind also die Reduzierung der Mietenhöhe von 3 auf 2 m und der Zusatz von etwa 7 % Holzkohle substituierbar, sodass die Mietenhöhe von 3 m (verbunden mit geringerem Rotteflächenbedarf) bei Holzkohlezusatz beibehalten werden kann. Welche Auswirkungen ein Holzkohlezusatz auf die Anzahl der nötigen Umsetzprozesse und die Verkürzung der Rottezeit hat, ist aktuell nicht bekannt.

Abbildung 3 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** stellt den Flächenbedarf der Grüngut-Kompostierung am Beispiel der B.A.T. GmbH (3.000 t Biomasse-Input pro Jahr) mit und ohne Zusatz von Biokohle unter der Annahme einer Feuchtrohdichte in Höhe von 0,5 t/m³ gegenüber:

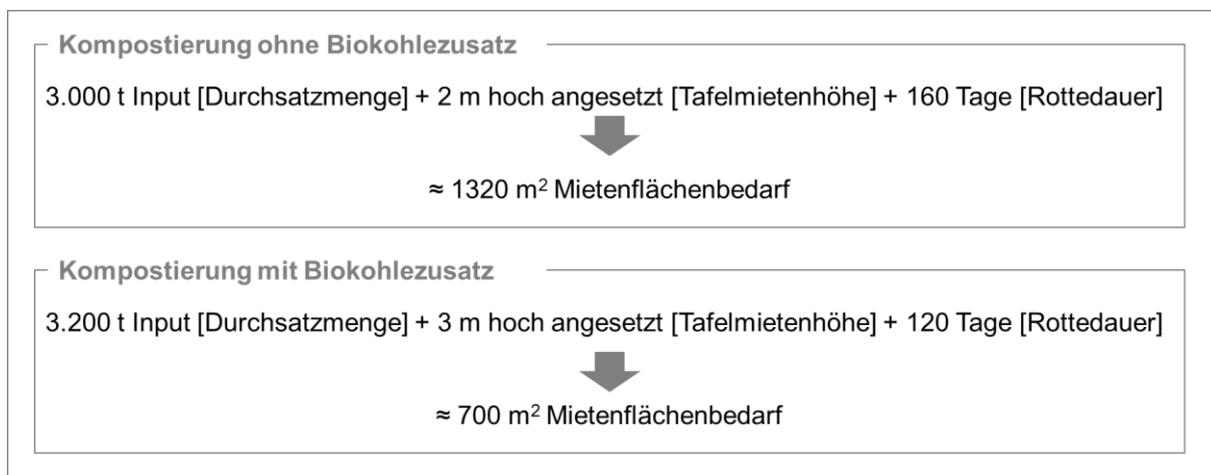


ABBILDUNG 3: FLÄCHENBEDARF DER GRÜNGUT-KOMPOSTIERUNG MIT UND OHNE BIOKOHLEZUSATZ

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: Reinhold, 2016.

Die dem Rotteprozess als emissionslimitierender Zuschlagsstoff zugeführte Holzkohle wird während der Kompostierung nur unwesentlich mikrobiologisch abgebaut, sodass dieser Anteil direkt zu einer Erhöhung der Kompostmenge führt. Die bisherigen und die zu entwickelnden Stoffströme der Grüngutkompostierungsanlage Templin sind in Abbildung 4 dargestellt:

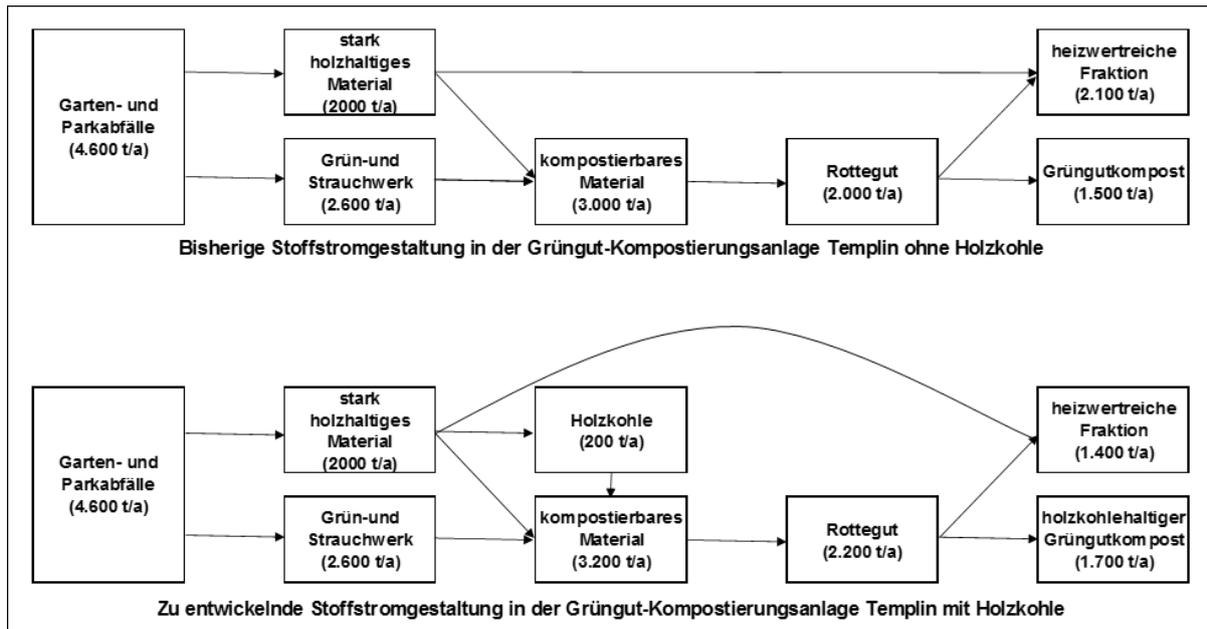


ABBILDUNG 4: STOFFSTROMSZENARIO FÜR DIE HERSTELLUNG VON GRÜNGUTKOMPOST OHNE UND MIT BIOKOHLEZUSATZ BEI DER B.A.T. GMBH

Quelle: Reinhold, 2016.

Auf der Grundlage der zu erwartenden Änderungen des Stoffstroms in der Grüngutkompostierungsanlage Templin durch Umstellung auf Holzkohlezusatz zum Rotteprozess in offener Mietenkompostierung können die damit verbundenen finanziellen Auswirkungen abgeschätzt werden (siehe Tabelle 3 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Dabei werden die spezifischen Kosten und Erlöse berücksichtigt, wie sie aktuell (Stand November 2015) in der B.A.T. GmbH auftreten. Die Kosten für die Holzkohle sind im unteren Bereich der bisher üblichen Spanne von 300 bis 600 € je t angesiedelt.

Position	ohne Holzkohle			mit Holzkohle		
	€/ME	Menge/a	€/a	€/ME	Menge/a	€/a
Kostenschätzung						
Holzkohleeinsatz in t	0,00	0,00	0,00	300,00	200,00	60000,00
An- und Umsetzen in t	6,00	3000,00	18000,00	6,00	3200,00	19200,00
Konfektionierung in t	5,00	2000,00	10000,00	5,00	2200,00	11000,00
Transport in t	5,00	4100,00	20500,00	5,00	3600,00	18000,00
Flächenpacht in m ²	10,00	1320,00	13200,00	10,00	700,00	7000,00
sonstige Kosten			60000,00			60000,00
Summe Kosten			121700,00			175200,00
Erlösschätzung						
Grüngutannahme in t	23,50	4600,00	108100,00	30,60	4600,00	140760,00
Abgabe heizwertreiche Fraktion in t	8,00	2100,00	16800,00	8,00	1400,00	11200,00
Abgabe Grüngut-Kompost in t	5,00	1500,00	7500,00	20,00	1700,00	34000,00
Summe Erlös			132400,00			185960,00
Gewinn			10700,00			10760,00

TABELLE 3: KOSTENVERGLEICH FÜR EINE UMSTELLUNG DER GRÜNGUT-KOMPOSTIERUNGSANLAGE TEMPLIN AUF BIOKOHLEZUSATZ

Quelle: Reinhold, 2016.

Für die Grüngutannahme und die Kompostabgabe sind lediglich für den bisherigen Anlagenbetrieb ohne Holzkohlezusatz die aktuellen Erlöse berücksichtigt. Für die Abgabe von Holzkohle-Grüngutkompost wird davon ausgegangen, dass dieser als Substratkompost den im Land Brandenburg dafür üblichen Abgabepreis von höchstens 20 €/t rechtfertigt. Die dafür erforderlichen hochwertigen Absatzbedingungen müssen aber noch akquiriert bzw. entwickelt werden. Die notwendigen Erlöse für die Grüngutannahme lassen sich unter Vorgabe einer unveränderten Ergebnissituation der Grüngutkompostierungsanlage mit Holzkohlezusatz rechnerisch ableiten. Hier ist eine Erhöhung von 23,50 €/t auf 30,60 €/t für angenommenes Grüngut erforderlich. Diese Erhöhung der Preise für die Grüngutannahme kann als Äquivalent für die mit dem Holzkohlezusatz verbundene Emissionsminderung angesehen werden. Da diese Preiserhöhung bei dem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger geltend zu machen ist, kann deren vorhandenes Interesse an geringen Klimagasemissionen bei der Bedienung ihrer Entsorgungspflichten hilfreich sein.

Durch den Holzkohlezusatz von 7 FM-% (\approx 10 bis 15 TM-%) zum Grüngut entsteht insgesamt eine 44 %ige Kostenerhöhung, die nur durch entsprechende Mehreinnahmen von 40 % ausgeglichen werden kann. Die Kostenerhöhung könnte durch Preissteigerungen für die Grüngutannahme von 23,50 €/t auf 30,60 €/t und für die Kompostabgabe von 5,00 €/t auf 20,00 €/t ausgeglichen werden. Damit kann die vorgestellte Geschäftsidee grundsätzlich auch finanziell als umsetzbar gelten – verlangt jedoch noch weiterführende Anstrengungen die neue Hochwertigkeit regional anerkannt zu bekommen.

Die vorgestellte Geschäftsidee zeigt, dass eine Herstellung von Biokohle-Grüngutkompost in eine, nach dem bisherigen Stand der Technik betriebene Grüngutkompostierungsanlage auf eigener Ausgangsstoffbasis und bei geringerer Emission von Klimagasen, insbesondere Methan, und damit auch von Gerüchen, durch eine anzupassende Stoffstromgestaltung nahtlos integrierbar ist. Die Herstellung von Biokohlesubstraten ist ein mit der aufgezeigten Emissionslimitierung verbundener Kaskadeneffekt, was den Gebrauchswert des Holzkohlezusatzes in einer Grüngutkompostierungsanlage deutlich erweitert.

Die Umstellung der Grüngutkompostierungsanlage auf den emissionslimitierenden Zusatz von Holzkohle zum Rotteprozess und auf die Herstellung von hochwertigem Biokohlesubstrat ist an eine Reihe von notwendigen Voraussetzungen gebunden, die vor allem durch den Anlagenbetreiber zu gewährleisten bzw. zu berücksichtigen sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es um komplexe Veränderungen geht, die sowohl die Stoffströme von der Grüngutgetrennsammlung bis hin zur Produktvermarktung betreffen als auch mit deutlich höheren finanziellen Anforderungen verbunden sind.

3. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Biokohlen und Biokohlesubstrate bieten viele Nutzungsmöglichkeiten und Vorteile. Neben den bereits durch Schatz/Zundel (2014) untersuchten, für die Untersuchungsregionen besonders interessanten Geschäftsfeldern ergeben sich neue, vielversprechende Einsatzmöglichkeiten. Im vorliegenden Arbeitspapier wurden zwei dieser Geschäftsfelder näher betrachtet: die Kaskadennutzung in der Landwirtschaft und die Limitierung von Klimagasemissionen bei der Kompostierung mit gleichzeitiger Kompostveredelung. Beide Geschäftsfelder eröffnen neue Möglichkeiten die positiven Eigenschaften der Biokohle mehrfach zu nutzen und die wirtschaftliche Situation des jeweiligen Geschäftsfeldes zu verbessern.

Die Kaskadennutzung von Biokohle als Futtermittel mit anschließender Ausbringung auf dem Feld erscheint als eine sinnvolle Möglichkeit um Biokohle in der Landwirtschaft zu integrieren. Zwar ergeben sich für das optimierte Futtermittel reine Mehrkosten in Höhe von 5%, jedoch sind in dieser Betrachtung die beobachteten positiven Effekte auf die Tiergesundheit, die Mortalitätsrate und die Verbesserung der Bodeneigenschaften mit gleichzeitigen potenziellen Ertragssteigerungen nicht berücksichtigt. Die Vermutung liegt nahe, dass sinkende Ausgaben für Medikamente und Tierarztbesuche bei gleichzeitigen Ertragssteigerungen der Feldfrüchte die 5%ige Kostensteigerung kompensieren können.

Die Kaskadennutzung von Biokohle in der Einstreu mit anschließender Ausbringung auf dem Feld erscheint hingegen als weniger wirtschaftlich. Es wurden reine Mehrkosten in Höhe von ca. 25% ermittelt, wobei auch hier die beobachteten positiven Effekte auf die Tiergesundheit, und die Verbesserung der Bodeneigenschaften mit gleichzeitigen potenziellen Ertragssteigerungen noch zu berücksichtigen sind. Damit würde sich dieses Geschäftsfeld unter Umständen trotzdem als wirtschaftlich darstellen lassen.

Die Emissionsreduzierung bei offener Mietenkompostierung bei gleichzeitiger Herstellung von mit Biokohle veredelten Komposten lässt sich nur bei steigenden Abgabepreisen für die nun erzeugten Biokohle-Grüngutkomposte wirtschaftlich darstellen. Das wiederum verlangt die Erschließung hochwertiger Marktsegmente und überregionaler Absatzwege. Gleichzeitig bedarf dieses Geschäftsfeld viel Unterstützungsarbeit: Bei den für die Getrenntsammlung für Bioabfälle und damit auch für Grün- und Parkabfälle verantwortlichen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern muss ein Bewusstsein gefördert bzw. entwickelt werden, was seine Verantwortung für eine emissionslimitierte Bioabfallbehandlung und was die Herstellung hochwertiger Erzeugnisse, insbesondere durch stoffliche Verwertung betrifft. Das schließt die notwendige Bereitschaft ein, ein erweitertes Leistungsspektrum bei der Grüngutverwertung auch finanziell anzuerkennen. Die bisher häufig anzutreffende Strategie, dass ein Angebot nur nach dem

geringsten finanziellen Aufwand bewertet wird, ist also zu überwinden. Es muss stärker auf ein Kosten-Nutzen-Verhältnis orientiert werden, bei dem aktuelle umweltschonende Anforderungen anerkannt werden. Hier ist Überzeugungsarbeit zu leisten, vorzugsweise am praktischen Beispiel. Ein Verbund mehrerer Fördervorhaben – beginnend mit der Getrenntsammlung von Grüngut, weiterführend mit Pilotanlagen zur Umstellung der Grüngutkompostierung auf Holzkohlezusatz und zur Pyrolyse von holzigen Fraktionen aus der Grüngutseparierung und letztendlich mit der Entwicklung neuer hochwertiger Marktsegmente für die Anwendung von Holzkohle-Grüngutkompost – sollte in diesem Sinne angestrebt werden. (Reinhold, 2016)

Sowohl die positiven Auswirkungen der Nutzung von Biokohle als Futtermittel- oder Einstreuzusatz als auch von Holzkohlezusatz auf die Emissionsminderung bei der Grüngutbehandlung in offener Mietenkompostierung sind eine Grundvoraussetzung für die hier vorgestellten Geschäftsideen. Für einen Nachweis der praktischen Umsetzung muss sowohl eine Steuerung als auch eine Überwachung der erreichten Effekte sowie Langzeituntersuchungen gewährleistet werden.

Alles in allem zeigt sich auch hier: Biokohle und Biokohlesubstrate haben viel Potenzial, sind aber für viele vielversprechende Anwendungen aufgrund der hohen Investitionen und Betriebskosten noch zu teuer. Ziel sollte es deshalb nach wie vor sein, die Entwicklung einer Produktionsanlage voranzutreiben, die in Nischen- oder Kleinanwendungen in vielen Bereichen nutzbar ist, möglichst mit einem kleinen Investitionsvolumen (< 20.000€). Die große Mehrheit der Produktionsanlagen ist aktuell im Stadium der Kleinstserie oder ist ein Unikat. Diese noch stark vorherrschende Herstellung von vornehmlich Unikaten für den einzelnen Kunden resultiert in den nach wie vor hohen Preisen für eine BK-Produktionsanlage. Der Schritt in Richtung Kostensenkungspotenzial ist nur möglich, wenn eine Entwicklung hin zu ersten Serien realisiert wird, um den Prozess der Erfahrungskurve mit Lern-, Spezialisierungs- und Losgrößendegressionseffekten in Gang zu setzen.

Mit der letzten Änderung vom 27. Mai 2015 (BGBl. I S. 886) an der Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482) wurde die zukünftige Anwendung von Biokohlen und BKS zusätzlich erschwert: In der Anlage 2 zu den zulässigen Ausgangsstoffen für Düngemittel wurde im Punkt 7.1.10 die Angabe „Holzkohle aus chemisch unbehandeltem Holz“ um den Passus „mit einem Kohlenstoffgehalt von mindestens 80% C in der TM“ ergänzt. Viele im Rahmen des Projektes untersuchte Kohleproben erfüllen die Anforderung des Europäischen Pflanzenkohle Zertifikates (EBC) nach einem C-Gehalt von mindestens 50 %, nicht aber den Mindestgehalt von 80 % C laut neuer Düngemittelverordnung. Eine fachliche Begründung für diesen Passus ist leider nicht ersichtlich. Die Düngemittelverordnung lässt zudem nur "Holzkohle aus chemisch unbehandeltem Holz" zu, was die Verwertung vornehmlich ungenutzter Biomassen, die rein technisch für eine Pyrolysierung geeignet wären, nicht erlaubt und somit die

Schließung von Stoffströmen erschwert. Für einen umfassenden Überblick zur rechtlichen Situation der Anwendung von Biokohle in Deutschland siehe: Vogel et al. (2015). Eine wirtschaftliche Anschlussfähigkeit ist unter den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen nur unter der Bedingung gegeben, dass die beschriebene Änderung der Düngemittelverordnung wieder liberalisiert wird. Im Vergleich zur Schweiz, hat Deutschland in Bezug auf die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Biokohle aktuell einen Sonderweg gewählt.

LITERATURVERZEICHNIS

Arnold, K., Geibler von, J., Bienge, K., Stachura, C., Borbonus, S., Kristof, K. (2009): Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen: ein Konzept zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Landnutzung, Wuppertal Papers, Wuppertal Inst. für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal.

Böhmer, J., Eidner, F., Flesch, F. (2013): Arbeitspapier zum Querschnittsprojekt 1, Der Einsatz von Terra Preta in ausgewählten Regionen – Analysen, Bewertungen und Empfehlungen für ein regionales Stoffstrommanagement, im Rahmen des Verbundvorhabens LaTerra, Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, PDF.

Flesch, F., Böhmer, J., Hildebrandt, J. (2013): Arbeitspapier zum Arbeitspaket 1.3 „Ökologische Bewertung der Stoffstromszenarien“, Querschnittsprojekt 1 im Rahmen des Verbundvorhabens LaTerra, Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, PDF.

Galinsky, M., Stolle, S. (2015): Kaskadennutzung von Biokohle und Biokohlesubstraten in der Landwirtschaft, Studienarbeit im Fach Fachübergreifende Projektarbeit, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik, PDF.

Gerlach, A. (2012): Pflanzenkohle in der Rinderhaltung, in: Ithaka Journal, Nr. 1/ 2012, S. 80–84.

Gerlach, H./Schmidt, H.-P. (2012): Pflanzenkohle in der Geflügelhaltung, in: Ithaka Journal, Nr. 1/ 2012, S. 26–28.

Larsen, O. (2015): Einfluss von Biokohle auf Treibhausgasemissionen aus der Grünschnittkompostierung, Terra BoGa – Abschlussworkshop, Berlin, 23./24. Juni 2015.

LUGV (2015): Empfehlungen zur Limitierung klimarelevanter Emission aus der offenen Mietenkompostierung, Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, unveröffentlicht.

Qian, K., Kumar, A., Zhang, H., Bellmer, D., Huhnke, R. (2015): Recent advances in utilization of biochar, in: Renewable and Sustainable Energy Reviews, Nr. 42/2015, S. 1055–1064.

Reinhold, J. (2016): Limitierung von Klimagasemissionen bei der offenen Mietenkompostierung und deren künftige Weiterentwicklung durch Biokohlezusätze – eine Analyse am Beispiel der B.A.T.-GmbH Templin, LaTerra – Abschlussworkshop, Berlin, 14. Dezember 2015.

Schatz, K. (2013): Arbeitspapier Akteursanalyse Teltow-Fläming und Niederlausitz, im Rahmen des Verbundvorhabens LaTerra, Querschnittsprojekt 1: Der Einsatz von Biokohlesubstraten in ausgewählten Regionen – Analysen, Bewertungen und Empfehlungen für ein regionales Stoffstrommanagement, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU CS), PDF.

Schatz, K., Zundel, S. (2014): Arbeitspapier zum Arbeitspaket 2.2: Geschäftsfeldanalysen, Querschnittsprojekt 1 im Rahmen des Verbundvorhabens LaTerra, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, PDF.

Schellenbach, A. (2015): Die Gebührenordnung für Tierärzte der Bundesrepublik Deutschland, URL: <http://www.vetvita.de/tierrecht/got/gotgeb.shtml>, abgerufen am 20.03.2015.

Schmidt, H.-P. (2011): Güllebehandlung durch Pflanzenkohle, in: Ithaka Journal, Nr. 1/ 2011, S. 94–97.

Schmidt, H.-P. (2012): 55 Anwendungen von Pflanzenkohle, in: Ithaka Journal, Nr. 1/ 2012, S. 99–102.

Schmidt, H.-P. (2013): Kaskadennutzung von Pflanzenkohle in der Tierhaltung (Teil 1: Einstreu), Journal für Terroirwein und Biodiversität, URL: <http://www.ithaka-journal.net/kaskadennutzung-von-pflanzenkohle-in-der-tierhaltung-teil-1-einstreu>, abgerufen am 25.02.2016.

Vogel, I., Schatten, R., Wagner, R., Terytze, K. (2015): Rechtliche Situation der Anwendung von Biokohle in der Bundesrepublik Deutschland. In: Müll und Abfall, 47 Jahrgang, S. 362-367.