

Organische Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft für den ökologischen Landbau - Charakterisierung und Empfehlungen für die Praxis

Evaluation of the characteristics of commercial organic fertilizers for use in intensive organic cropping systems

FKZ: 11OE034

Projektnehmer:

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt

Tel.: +49 6151 7001-0

Fax: +49 6151 7001-123

E-Mail: ktbl@ktbl.de

Internet: www.ktbl.de

Autoren:

Möller, Kurt; Schultheiß, Ute

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft



Organische Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft für den ökologischen Landbau – Charakterisierung und Empfehlungen für die Praxis

Förderkennzeichen: 2811OE034

Schlussbericht

Projektnehmer:

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
Bartningstr. 49
64289 Darmstadt

Autoren: PD Dr. Kurt Möller & Dr. Ute Schultheiß (u.schultheiss@ktbl.de)

Laufzeit des Vorhabens: 1. Dezember 2011 bis 31. Juli 2013

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

Darmstadt, Juli 2014

Kurzfassung in deutscher und englischer Sprache

Kurzfassung:

Organische Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft für den ökologischen Landbau – Charakterisierung und Empfehlungen für die Praxis

Im ökologischen Landbau werden neben Wirtschaftsdüngern verstärkt betriebsfremde Düngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft eingesetzt. Im Anhang I der Durchführungsverordnung (EG) Nr. 889/2008 zur EG-Öko-Verordnung (EG Nr. 834/2007) sind die im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemittel sowie Natur- und Hilfsstoffe gelistet. Durch die Ausweitung des Marktes für ökologisch erzeugte Produkte nimmt die Spezialisierung der Betriebe weiter zu. Intensiv wirtschaftende Ökobetriebe, insbesondere Gemüseanbauer und viehlose Marktfruchtbetriebe, sind auf die Zufuhr von externen Nährstoffen angewiesen, da große Nährstoffmengen mit den Ernteprodukten exportiert werden und Wirtschaftsdünger oft nicht in hinreichender Menge zur Verfügung stehen. Für eine ausreichende Nährstoffversorgung spielen die organischen Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft somit eine zentrale Rolle. Für zahlreiche dieser Stoffe fehlen allerdings umfassende Informationen zur Herkunft, stofflichen Zusammensetzung und sachgerechten Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis.

Ziel des Projektes war es, die im ökologischen Landbau zugelassenen organischen NPK-Düngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft anhand verschiedener Kriterien zu charakterisieren, ihre Vorzüglichkeit und Grenzen aufzuzeigen sowie Anwendungsempfehlungen für die Praxis zusammenzustellen.

Im Rahmen des Projektes wurden die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zum derzeitigen Status quo des ökologischen Gemüseanbaus zusammengetragen und eigene Untersuchungen zur Zusammensetzung der Inhaltsstoffe (Nähr- und Schadstoffe) von organischen Handelsdüngemitteln durchgeführt. Darüber hinaus wurden Grundlagen für eine Bewertung herausgearbeitet und Anwendungsempfehlungen für die Handelsdüngemittel zusammengestellt.

Summary:

Evaluation of the characteristics of commercial organic fertilizers for use in intensive organic cropping systems

In organic farming commercial fertilizers are increasingly being used. Intensively managed organic farms such as horticulture and cash crop farms without animal husbandry need externally supplied nutrients and organic matter to achieve the high nutrient demand, e.g. of vegetables. Commonly, commercial organic fertilizers derived from animals or plants are used in intensively managed organic farming systems. However, for many of these materials only little information is available on their origin, their chemical composition and their proper use. The project aims to characterize organic NPK-fertilizers derived from animal and plant residues applicable in organic farming. The fertilizer value and the restrictions for their use as well as recommendations for their application will be compiled.

The aim of the project was to compile data and information on the commercial organic fertilizers currently available on the market for use in organic farming. In a stepwise procedure, the fertilizers were described using analysis data and literature information. For each fertilizer a specification sheet were produced with relevant information on the characterization. With these data farmers and the extension services will get aggregated information on the fertilizers which will help to appropriately choose of the type of fertilizer and to get the optimal fertilizer value.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Gegenstand des Vorhabens	1
1.2	Ziele und Aufgabenstellung, Bezug zu den Zielen des BÖLN	1
1.3	Planung und Ablauf des Projektes	2
2	Wissenschaftlich-technischer Stand zu Projektbeginn	3
3	Material und Methoden	5
3.1	Zusammenstellung von Daten und Informationen	5
3.2	Auswahl, Probenahme und Analyse von organischen NPK-Düngemitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft	5
4	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	7
4.1	Literatur	7
4.2	Preise ausgewählter organischer Düngemittel	7
4.3	Analysen	9
4.4	Bewertungsparameter	11
4.5	Eigenschaften ausgewählter organischer Handelsdüngemittel	13
5	Diskussion der Ergebnisse	29
6	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	41
7	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen, Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	41
8	Zusammenfassung und Ausblick	42
9	Literaturverzeichnis	43
10	Übersicht der Veröffentlichungen im Berichtszeitraum, geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse	55
10.1	Tagungsbeiträge	55
10.2	Vorträge vor Praktikern und Beratern	56
10.3	Sonstige Veröffentlichungen	56

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht zu den Düngemitteln und geplanter Analyseumfang

Tab. 2: Durchschnittliche Preise ausgewählter organischer Düngemittel (Umfrage bei Herstellern und Anbietern im Frühjahr 2012)

Tab. 3: Durchschnittliche Inhaltsstoffgehalte [% in der TM] von organischen Handelsdüngemitteln (eigene Untersuchungen)

Tab. 4: Durchschnittliche Spurenelement- und Schwermetallgehalte [mg kg^{-1} TM] von organischen Handelsdüngemitteln (eigene Untersuchungen)

Tab. 5: Gehalte an organischen Schadstoffen sowie Anzahl der Positivbefunde auf Salmonellen und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in organischen Handelsdüngemitteln (eigene Untersuchungen)

Tab. 6: Bewertungsparameter für ausgewählte organische Handelsdüngemittel

Tab. 7: Spezifische Eignung organischer Handelsdüngemittel für die Verwendung auf Ackerflächen und intensiv bewirtschafteten Gemüsebauflächen

1 Einführung

Im ökologischen Landbau werden neben Wirtschaftsdüngern auch verstärkt betriebsfremde Düngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft eingesetzt. Im Anhang I der Durchführungsverordnung (EG) Nr. 889/2008 zur EG-Öko-Verordnung (EG Nr. 834/2007) sind die im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemittel sowie Natur- und Hilfsstoffe gelistet. Durch die Ausweitung des Marktes für ökologisch erzeugte Produkte nimmt die Spezialisierung der Betriebe weiter zu. Intensiv wirtschaftende Ökobetriebe, insbesondere Gemüseanbauer und viehlose bzw. vieharme Marktfruchtbetriebe, sind auf die Zufuhr von externen Nährstoffen oder organischer Substanz angewiesen, da nicht in ausreichendem Maße Wirtschaftsdünger zur Verfügung stehen. Hier spielen die organischen Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft eine zentrale Rolle. Für zahlreiche dieser Stoffe fehlen allerdings umfassende Informationen zur Herkunft, zur stofflichen Zusammensetzung und sachgerechten Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis.

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Gegenstand des hier vorgestellten Vorhabens war die Charakterisierung von organischen Handelsdüngemitteln, die üblicherweise v. a. in intensiv geführten Gemüsebaukulturen im ökologischen Landbau eingesetzt werden.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung, Bezug zu den Zielen des BÖLN

Ziel des Projektes war es, die im Ökolandbau zugelassenen Düngemittel anhand verschiedener Kriterien (Nährstoffe, Schadstoffe) zu charakterisieren, ihre Vorzüglichkeit und ihre Grenzen aufzuzeigen und Anwendungsempfehlungen für die Praxis zusammenzustellen. Das Vorhaben trägt somit zur Qualitätssicherung im ökologischen Landbau bei.

Das Vorhaben umfasste folgende Bereiche:

- a. Charakterisierung von organischen Düngemitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft – Nährstoffe, Schadstoffe (Eigene Untersuchungen, Literaturdaten).
- b. Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Praxis und Beratung: Mit einer Empfehlung zum Einsatz betriebsfremder Düngemittel auf Basis definierter Kriterien erhalten Betriebsleiter mehr Sicherheit bei Entscheidungen über die Zufuhr externer Nährstoffquellen in ihren Betrieb, Beratern wird eine fundierte Empfehlung möglich.

c. Einsatzwürdigkeit organischer Handelsdüngemittel: Mit der Charakterisierung organischer Düngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft wird eine Entscheidungsgrundlage für die Novellierung von Verordnungen und Richtlinien geboten.

Im Hinblick auf den Bezug des Projektes zu den Zielen des BÖLN wurden im Vorhaben zahlreiche Ziele des BÖLN berücksichtigt bzw. erreicht. Die Erhebung des Status Quo ermöglichte eine übergreifende Darstellung des Stands der Forschung zur Düngung in intensiven ökologisch bewirtschafteten Gemüsebausystemen (Freiland, Gewächshaus). Die Herausarbeitung der derzeitigen Probleme bzw. Schwächen des Systems (z. B. Nährstoffungleichgewichte) kann einerseits zu einer höheren Nährstoffeffizienz und andererseits zu einer geringeren Umweltbelastung, zu geringeren Risiken und demnach zu einer höheren Nachhaltigkeit der Systeme führen. Die Zusammentragung des Wissens in einem Buch verbessert den Wissenstransfer von Wissenschaft zur Praxis und führt auf diesem Weg zu einer Optimierung der Produktionssysteme. Zugleich wird der Handlungsbedarf aufgezeigt (z. B. stärkere Beachtung von Nährstoffgleichgewichten bzw. möglichen Ungleichgewichten). Durch eine optimierte Strategie zur Grunddüngung (z. B. Verwendung von Gärprodukten an Stelle von Komposten) könnte der Einsatz von teuren organischen Handelsdüngemitteln (z. B. Keratine wie Horndünger oder Vinasse, Kartoffelfruchtwasserkonzentrate etc.) reduziert und damit eine Strategie zu kostengünstigeren Lösungen für die Düngung im ökologischen Gemüsebau aufgezeigt werden. Die Darstellung der komplexen Zusammenhänge, die bei der Verwendung von organischen Düngemitteln zu beachten sind, kann einen wichtigen Beitrag zur Entideologisierung des ökologischen Landbaus darstellen.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Die Projektbearbeitung wurde im Dezember 2011 mit einer umfassenden Literaturrecherche gestartet. Parallel hierzu wurden Marktteilnehmer (Berater, Anbieter von organischen Handelsdüngemitteln) kontaktiert, um deren Einschätzung zu verschiedenen Fragen (Fruchtfolgen, wichtigste Kulturpflanzen, am häufigsten eingesetzte organische Handelsdüngemittel und Mengen etc.) einzuholen.

Zu Projektbeginn wurden bundesweit Forschungs- und Beratungseinrichtungen (Hochschulen, Landesanstalten etc.) sowie die Träger der Düngemittelverkehrskontrolle um Übermittlung von Forschungsergebnissen und vorhandenen Laboranalysen angefragt.

Im Frühjahr und Sommer 2012 wurden von Beratern des ökologischen Landbaus bundesweit Düngemittelproben auf ökologisch bewirtschafteten Betrieben gezogen und ein Prüflabor mit der Analyse beauftragt.

Zur fachlichen Begleitung des Projektes wurde eine KTBL-Arbeitsgruppe mit Vertretern aus den Bereichen Düngung, Düngerecht, ökologischer Landbau und Systembewertung gegründet. Die Arbeitsgruppe „Düngemittel im ökologischen Landbau“ hat sich im Dezember 2008 konstituiert. Im Projektzeitraum wurden drei Sitzungen der Arbeitsgruppe durchgeführt. Die Arbeitsgruppe hat die Auswahl der Düngemittel sowie die Kriterien und die Methodik zur Beschreibung der Düngemittel abgestimmt und das Projekt bis zum Projektabschluss inhaltlich begleitet. Mitglieder und Gäste der KTBL-Arbeitsgruppe waren:

- Dr. Martin Bach, JLU Gießen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Gießen
- Dr. Hartmut Kolbe, Sächs. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat Pflanzenbau, Nachwachsende Rohstoffe, Leipzig
- Martin Koller, FiBL Schweiz., Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick, Schweiz
- Rolf Mäder, FiBL Deutschland e.V., Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frankfurt (in Vertretung für Dr. Klaus-Peter Wilbois)
- Dr. Hans Jürgen Reents, TU München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Freising-Weihenstephan (in Vertretung für Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen)
- Eckhard Reiners, Bioland e.V., Mainz
- Hans-Walter Schneichel, SGD Nord, Koblenz (Vorsitzender der Arbeitsgruppe)
- Günter Semmler, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Kassel
- Dr. Karl Severin, LWK Niedersachsen, Hannover

2 Wissenschaftlich-technischer Stand zu Projektbeginn

Aufgrund der zunehmenden Ausdehnung und Spezialisierung im ökologischen Landbau besteht die Tendenz, die pflanzliche Produktion von der Tierhaltung zu entkoppeln. Damit geht ein vermehrter Bedarf für eine Rückführung exportierter Nährstoffe durch externe Nährstoffquellen einher. Zur Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und der Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen im viehlosen Betrieb spielt die Zufuhr organischer Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft eine immer größere Rolle. Dies gilt besonders für Gemüse-, Obst- und Weinbaubetriebe, aber auch für eine zunehmende Zahl landwirtschaftlicher Betriebe mit niedrigem Tierbe-

satz. Nach wie vor bestehen bei den Betriebsleitern teilweise Unsicherheiten darüber, welche Stoffe für den ökologischen Landbau nicht nur zulässig sondern besonders geeignet sind.

Die FiBL-Betriebsmittelliste (FiBL 2013) enthält Angaben zu Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln und Bodenhilfsstoffen. Die Listung erfolgt jedoch nur auf Antrag der Hersteller und nicht gemäß ihrer Verbreitung auf dem Markt, die Bewertung beruht nur auf Herstellerangaben. Über wertmindernde Inhaltsstoffe werden in der FiBL-Liste keine Aussagen getroffen. Nach Anhang 1 Verordnung (EG) Nr. 889/2008 sind NPK-Dünger zugelassen, die aus organischen Ausgangsstoffen gewonnen werden. Vielfach sind diese Ausgangsstoffe jedoch Nebenprodukte bzw. Reststoffe anderer Produktionsrichtungen. Daher ist nicht in jedem Fall sichergestellt, dass die für die Düngemittelproduktion erforderlichen Rahmenbedingungen eingehalten werden und dass sich keine unzulässigen Hilfsstoffe im Düngemittel wiederfinden. Hinzu kommt, dass viele organische Ausgangsstoffe tierischen oder pflanzlichen Ursprungs aus Übersee bzw. Nicht-EU-Ländern importiert werden und deren Herstellung nicht immer einer dauerhaften verlässlichen Kontrolle unterworfen ist.

Bisher weitgehend unbekannt ist, inwieweit organische Düngemittel tierischer Herkunft, z. B. Hornmehl, Feder- und Haarmehl oder Fleischknochenmehl, im Hinblick auf ihre seuchenhygienischen Eigenschaften Anlass zur Beanstandung geben. Möglicherweise weisen diese Düngemittel auch Rückstände von Tiermedikamenten auf bzw. Chemikalien, die zur Gerbung (Keratine, Leder) eingesetzt werden.

Bei organischen Düngemitteln pflanzlicher Herkunft wie Rapsschrot, Leguminosenschroten oder Kartoffelfruchtwasser kann eine Verschleppung von Pflanzenkrankheiten nicht ausgeschlossen werden. Bei organischen Düngemitteln aus anderen Stoffen bzw. Herkünften – hierunter fallen auch verschiedene Komposte - kann es zu einer Akkumulation der o. g. Risiken kommen, da hier sowohl Stoffe pflanzlichen als auch tierischen Ursprungs eingesetzt werden.

Im Rahmen des EU-Projektes "Evaluating Inputs for Organic Farming - A New System, Proposed Criteria Matrix" (www.organicinput.org) wurde ein Bewertungssystem geschaffen, um die Eignung von Ausgangsstoffen und Düngern zur Übernahme in den Anhang der EU-Öko-Verordnung beurteilen zu können. Basierend auf dieser generellen Einstufung und unter Einbeziehung der Zusammenstellung des FiBLs, sollte in diesem Vorhaben eine weitergehende Charakterisierung der sich aktuell auf dem

Markt befindlichen organischen Handelsdüngemittel hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe und Umweltwirkung, Anwendung und Bedeutung für den ökologischen Landbau vorgenommen werden.

3 Material und Methoden

3.1 Zusammenstellung von Daten und Informationen

Zur Charakterisierung der ausgewählten organischen NPK-Düngemittel wurden bereits vorliegende Analysedaten, Publikationen in wissenschaftlichen Journalen, Veröffentlichungen, die der „grauen Literatur“ zuzuordnen sind, unveröffentlichte Berichte, Produktbeschreibungen sowie Anwendungsempfehlungen gesichtet und zusammengestellt; im Einzelnen:

- Untersuchungen öffentlicher und privater AnalySELabors, d. h. vorliegende Analyseergebnisse anerkannter, zertifizierter Prüflabore
- Untersuchungen der Bundesländer, d. h. vorliegende Analyseergebnisse und sonstige Daten zu Düngemitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft bei Landwirtschaftskammern und Landesanstalten
- Anwendungsempfehlungen landwirtschaftlicher Beratungsinstitutionen, insbesondere der Beratung im Ökolandbau
- Informationen von Düngemittelproduzenten aus dem landwirtschaftlichen, gewerblichen und industriellen Bereich
- Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen
- KTBL-Daten zu organischen und organisch-mineralischen Abfällen
- Ergebnisse aus dem benachbarten Ausland

Die Sichtung und Zusammenführung bundesweit vorliegender Literaturdaten sowie von Analyseergebnissen diente auch der Identifikation von Daten- und Kenntnislücken und somit dem Aufzeigen von weiterem Forschungsbedarf.

3.2 Auswahl, Probenahme und Analyse von organischen NPK-Düngemitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft

Neben der o. g. Literaturrecherche wurden – um die Aktualität der Daten und Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse zu gewährleisten sowie Informationslücken zu schließen – zahlreiche organische Düngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft untersucht. Dabei variierte der Analyseumfang in Abhängigkeit vom zu untersuchenden Stoff. Stoffgruppen mit hohem Einsatzumfang in der Praxis wurden häufiger beprobt und dadurch intensiver untersucht als solche mit geringerer Verbreitung.

Auswahl der Düngemittel, Natur- und Hilfsstoffe

Auf der Basis der für den ökologischen Anbau in Deutschland zugelassenen Düngemittel (Anhang I der EG-Öko-Verordnung) und unter Berücksichtigung der Daten aus der FIBL-Betriebsmittelliste sowie Befragungen von Beratern und anderen Sektorbeteiligten, wurde in Abstimmung mit der KTBL-Arbeitsgruppe eine Stoffliste der derzeit in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzten Düngemitteln zusammengestellt. Aus dieser Stoffliste wurden die zu untersuchenden Stoffe gemäß ihrer derzeitigen Bedeutung im ökologischen Landbau in Deutschland ausgewählt, es sollten möglichst viele auf dem Markt befindliche organische NPK-Düngemittel beschrieben werden. Bei der Projektbearbeitung stellte sich heraus, dass aus etwa 20 organischen Rohstoffen eine Vielzahl von verschiedenen Handelsdüngemitteln zusammengestellt werden, die als Mischdüngemittel vermarktet werden. Daher wurde nach Gesprächen mit Beratern des ökologischen Landbaus und Mitgliedern der KTBL-Arbeitsgruppe beschlossen, vorwiegend einzelne Rohstoffe zur Düngemittelherstellung zu beproben und zu charakterisieren sowie in der Praxis bedeutsame „Mischdüngemittel“ zu berücksichtigen. Die abgestimmte Liste umfasste folgende Düngemittel (Tab. 1):

- Organische Handelsdüngemittel tierischer Herkunft:
Haarmehlpellets, Hornprodukte, Federmehl, Fleischknochenmehl.
- Organische Handelsdüngemittel pflanzlicher Herkunft:
Vinsasse, Kartoffelfruchtwasser und dessen Konzentrate, Reststoffe der Maisverarbeitung, Schlempen, Malzkeime (Maltaflor).
- Sonstige organische Düngemittel:
Leguminosendünger, Biosol, Hydrolysate (OPF etc.).

Bereitstellung von Proben

Für die Bereitstellung von Proben wurden Berater der Landwirtschaftskammern sowie Berater des ökologischen Landbaus angesprochen. Von diesen Beratern wurden 77 Düngemittelproben auf landwirtschaftlichen Betrieben gezogen und anschließend deren Nähr- und Schadstoffgehalte in einem unabhängigen Labor analysiert.

Tab. 1: Übersicht zu den Düngemitteln und Analyseumfang

Düngemittel	Nährstoffgehalt	organische Substanz	chem.-phys. Eigenschaften	Cu, Zn	Schwermetalle nach DüMV	PFT	PCDD/F und dioxinähn. PCB	Phytohygiene (BioAbfV)	Seuchenhygiene (DüMV; BioAbfV)	Antibiotika	gentechnisch veränderte MO
Modul 1: organische NPK-Dünger tierischer Herkunft	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Modul 2: organische NPK-Dünger pflanzlicher Herkunft	X	X	X	X	X	X	X	X			X
Modul 3: sonstige organische NPK-Düngemittel	X	X	X	X	X	X	X	(X)	(X)	(X)	

4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Literatur

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurde eine Vielzahl an Literaturstellen gesichtet. Bei diesen Quellen handelt es sich überwiegend um Artikel aus redigierten Zeitschriften, ein bedeutender Anteil machen auch Projektberichte und Beratungsunterlagen aus; vereinzelt wurde nicht öffentlich zugängliche Literatur ausgewertet.

4.2 Preise ausgewählter organischer Düngemittel

Zur Ermittlung der Düngemittelpreise wurde im Frühjahr 2012 eine Umfrage im Landhandel und bei Düngemittelherstellern durchgeführt. Die Preise der organischen Handelsdüngemittel werden maßgeblich von deren alternativen Nutzungsmöglichkeiten bestimmt und können je Einheit Stickstoff stark schwanken (Tab. 2). Zahlreiche Reststoffe können auch als Futtermittel in der Nutztierhaltung eingesetzt werden, die Preise werden durch ihren Futterwert bestimmt. Preiswert sind Reststoffe aus der Geflügelhaltung und der Kartoffelverarbeitung, die keine alternativen Nutzungsmöglichkeiten aufweisen. Teuer sind Flüssigdüngemittel auf Basis von Hydrolysaten.

Tab. 2: Durchschnittliche Preise ausgewählter organischer Düngemittel (Umfrage bei Herstellern und Anbietern im Frühjahr 2012)

Düngemittel	Herkunft	Gebinde	Preis netto	
			€ kg ⁻¹ FM	€ kg ⁻¹ N
Handelsdüngemittel tierischen Ursprungs				
Fleischknochenmehl	drucksterilisiertes vermahlene Fleisch und Knochen von Schlachthöfen	Big Bag	0,40	4,44
Haarmehl	getrocknete Schweineborsten aus Schlachtabfällen	Big Bag	0,64	4,66
Horndünger	getrocknete Hufe und Hörner von Rindern	gesackt	0,99	7,07
Knochenmehl	drucksterilisierte vermahlene Knochen aus Schlachthöfen	Big Bag	0,49	8,58
Handelsdüngemittel pflanzlichen Ursprungs				
Ackerbohnschrot			-	-
Ecofert 8-3-3 (flüssig)		IBC ¹⁾	1,72	21,50
Erbsenschrot	gemahlene Körnererbsen		-	-
Luzernemehl		Big Bag	0,35	11,30
Maiskleberfutter	Mischung aus Maiskleber, -keime, -kleie, -quellwasser	Big Bag	0,01	2,84
MALTaflor [®]	Mischung aus Malzkeimen, Getreide- bzw. Malzstaub und Vinasse	gesackt	0,57	12,90
Organic Plant Feed (OPF) 8-3-3 (flüssig)	homogenisiertes Luzernemehl, Melasse, Vinasse, Steinmehl und Netzmittel Yucca	IBC	1,50	18,80
Phytopellets	Maiskleber, pelletiert	Big Bag	0,50	7,10
Kartoffelfruchtwasserkonzentrat (PPL - Potato Protein Liquid)	eingedicktes Kartoffelfruchtwasser	Tankwagen	0,05	1,95
Rapsextraktionsschrot		Big Bag	0,27	4,22
Vinasse (flüssig)	Nebenerzeugnis der Melasse nach Zuckerherstellung	IBC	0,36	6,89
Sonstige Düngemittel, Mischdüngemittel				
Bioilsa [®] 11	Mischdüngemittel auf der Basis Federmehl	gesackt	0,53	4,81
Biosol [®]	Pilzbiomasse aus der Penicillinherstellung	Big Bag	0,61	8,71
Hühnertrockenkot		Big Bag	0,02	0,46

1) IBC = Intermediate Bulk Container.

4.3 Analysen

In den Tabellen 3 bis 5 sind die Ergebnisse der 77 eigenen Analysen dargestellt.

Tab. 3: Durchschnittliche Inhaltsstoffgehalte [% in der TM] von organischen Handelsdüngemitteln (eigene Untersuchungen)

Düngemittel	N	TM	OM	C	N	NH ₄ ⁺ -N	CaCl ₂ -lösl. N	P	K	Ca	Mg	S	W _{bas}	Salzgehalt
Düngemittel tierischer Herkunft:														
Hornprodukte	13	88,5	93,7	49,8	14,8	-	0,36	0,38	0,29	1,32	0,15	2,26	2,69	1,40
Haarmehlpellets	7	93,6	96,0	52,0	13,7	-	0,16	0,52	0,28	0,99	0,09	1,79	1,97	1,39
Fleischknochenmehl	3	92,2	75,4	41,8	10,0	-	0,14	3,58	0,64	7,90	0,25	0,97	2,57	3,00
Knochenmehl	2	96,4	52,5	29,5	7,50	-	0,05	8,78	0,22	18,7	0,37	0,32	3,55	0,84
Schafwolle	1	89,5	77,7	42,1	7,40	-	0,03	0,32	4,65	1,00	0,31	1,60	3,10	4,90
Mischdüngemittel	2	92,7	93,7	51,4	11,0	-	0,24	0,40	1,62	0,85	0,18	1,40	1,10	3,15
Federmehlbasis	4	94,3	78,5	42,7	10,5	-	0,04	1,00	0,20	6,13	0,11	4,25	1,58	4,38
Bioilsa®														
Düngemittel pflanzlicher Herkunft:														
Ackerbohnen	2	87,6	95,9	46,9	4,75	-	0,04	0,70	1,41	0,25	0,20	0,18	1,65	1,75
Klee gras(cobs)	2	91,5	88,2	38,9	1,90	-	0,02	0,28	2,41	0,95	0,25	0,14	1,20	3,10
Wickenschrot	1	89,5	95,2	45,7	4,60	-	0,11	0,52	1,00	0,40	0,20	0,21	<1,1	1,60
Vinasse	9	66,3	78,0	37,0	5,83	1,26	1,33	0,32	7,29	0,69	0,14	0,99	<1,1	13,9
Kartoffelfruchtwasserkonzentrat (PPL)	1	56,8	68,1	34,6	4,60	0,67	<0,01	1,14	13,0	0,20	0,69	1,40	<1,8	15,5
OPF-flüssig	4	44,5	89,6	33,3	17,2	3,26	3,91	2,45	2,18	0,63	0,30	1,59	<1,7	12,4
Kakaoschalen	2	90,8	90,2	50,6	2,60	-	0,05	0,38	2,61	0,35	0,47	0,19	<1,1	2,50
Leindotterpresskuchen	1	91,2	94,4	50,0	5,40	-	0,01	1,09	1,33	0,40	0,47	0,71	1,30	1,40
Maiskleber(futter)	4	92,5	76,2	39,7	6,50	-	0,05	2,22	2,28	4,78	0,86	2,63	5,30	4,45
Maltaflor®	7	92,7	86,8	40,7	4,33	-	0,96	0,58	4,06	0,66	0,19	3,27	<1,1	9,09
Solafert	2	91,6	63,2	34,7	3,65	-	0,10	2,86	2,86	1,75	0,83	0,95	<1,1	1,80
Traubentrester	2	91,5	96,2	55,4	2,10	-	0,03	0,20	0,60	0,95	0,12	0,21	<1,1	1,01
Trockenschlempe	7	89,9	90,4	47,6	5,60	-	0,02	1,26	1,81	1,49	0,46	0,60	<1,1	3,37
Sonstige Düngemittel:														
Biosol®	1	90,1	94,0	47,8	7,30	-	0,24	0,61	0,52	0,40	0,07	2,00	<1,1	4,00

Tab. 4: Durchschnittliche Spurenelement- und Schwermetallgehalte [mg kg⁻¹ TM] von organischen Handelsdüngemitteln (eigene Untersuchungen)

Düngemittel	n	Na	Cl	B	Fe	Co	Mo	Mn	Se	Cu	Zn	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl
Düngemittel tierischer Herkunft:																		
Hornprodukte	13	2460	2877	6,99	3025	-	-	45,4	<2,2	34,7	179	<2,2	20,9	<0,2	-	-	<0,05	<0,1
Haarmehlpellets	7	1686	1743	<5,2	518	<0,5	0,57	22,4	<2,1	16,2	192	<2,1	<1,1	<0,2	5,58	1,51	<0,05	<0,1
Fleischknochenmehl	3	4800	8667	12,0	655	<0,5	0,57	25,0	<2,1	9,48	116	<2,1	<1,1	0,23	3,20	1,40	<0,05	<0,1
Knochenmehl	2	6200	2500	<5,1	175	<0,5	<0,5	5,47	<2,1	<0,5	121	<2,1	<1,0	<0,2	1,04	0,72	<0,05	<0,1
Schafwolle	1	3000	4400	13,4	2680	1,09	0,91	125	<2,1	21,9	120	<2,2	3,69	<0,2	5,45	3,70	<0,06	<0,1
Mischdüngemittel	2	1750	3200	10,6	362	<0,5	0,93	37,8	<2,1	22,8	120	<2,1	<1,1	<0,2	2,24	1,84	<0,05	<0,1
Federmehlbasis	2	1750	3200	10,6	362	<0,5	0,93	37,8	<2,1	22,8	120	<2,1	<1,1	<0,2	2,24	1,84	<0,05	<0,1
Bioilsa®	4	7800	6633	<5,3	526	-	-	17,9	<2,1	5,69	61,5	<2,1	<1,1	<0,2	32,9	-	<0,05	<0,1
Düngemittel pflanzlicher Herkunft:																		
Ackerbohnen	2	<1100	<1100	15,5	82,8	<0,5	2,25	30,3	<2,3	18,6	61,6	<2,3	<1,1	<0,2	<0,6	3,67	<0,05	<0,1
Kleegras(cobs)	2	<1100	2850	16,1	1630	0,86	2,80	164	<2,2	7,76	28,5	<2,2	2,48	<0,2	4,43	3,77	<0,05	<0,1
Wickenschrot	1	<1100	2200	32,3	885	<0,6	2,60	47,2	<2,2	10,9	48,5	<2,2	<1,1	<0,2	2,04	3,55	<0,05	<0,1
Vinasse	9	31889	30025	20,0	323	1,82	1,92	117	<2,8	8,71	32,3	<2,8	<1,4	<0,3	0,97	7,93	0,07	<0,1
Kartoffelbruchwasser- konzentrat (PPL)	1	3700	1270	24,6	172	<8,8	2,30	46,5	<3,5	16,8	125	<3,5	<1,8	<0,4	<8,8	<0,9	<0,09	<0,2
OPF-flüssig	4	17500	11050	14,0	329	1,30	0,92	66,4	<3,4	<8,5	34,3	<3,4	<1,7	<0,4	3,01	3,64	<0,08	<0,2
Kakaoschalen	2	<1100	3300	43,4	1119	1,46	0,60	78,8	<2,2	40,9	64,3	<2,2	1,24	<0,2	5,74	10,4	<0,05	<0,1
Leindotterpresskuchen	1	<1100	<1100	24,1	151	<0,6	1,5	38,4	<2,2	10,9	74,5	<2,2	<1,1	<0,2	0,60	1,78	<0,06	<0,1
Maiskleber(futter)	4	6550	5275	23,9	1373	0,57	3,98	59,2	<2,2	11,4	316	2,18	1,60	0,32	21,8	12,3	0,09	0,13
Maltaflor®	7	6160	3671	<5,4	488	<0,5	1,14	50,9	<2,1	10,8	69,8	<2,1	<1,1	<0,2	3,10	1,48	<0,05	<0,1
Solafert	2	4200	6700	18,5	54200	2,62	8,05	588	<2,2	79,1	362	3,12	14,7	1,6	40,4	17,2	0,07	0,20
Traubentrester	2	<1100	3500	24,1	531	<0,5	<0,5	34,7	<2,2	63,5	22,1	<2,2	1,63	<0,2	2,32	1,30	<0,05	<0,1
Trockenschlempe	7	5514	2814	10,0	403	0,87	1,63	53,3	<2,2	8,08	109	2,35	2,28	0,51	4,28	3,60	<0,05	<0,1
Sonstige Düngemittel:																		
Biosol®	1	8500	1100	<5,6	319	-	-	9,31	<2,2	11,4	12,5	<2,2	<1,1	<0,2	-	-	<0,05	<0,1

Tab. 5: Gehalte an organischen Schadstoffen sowie Anzahl der Positivbefunde auf Salmonellen und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in organischen Handelsdüngemitteln (eigene Untersuchungen)

Düngemittel	n	Σ PFT [µg/kg FM]	PCDD/F [ng/kg FM]	dl-PCB [ng/kg FM]	ndl-PCB [µg/kg FM]	Anzahl Positiv- befunde Salmo- nellen	Anzahl Positiv- befunde Pflan- zenschutzmittel
Düngemittel tierischer Herkunft:							
Hornprodukte	13	<10	0,378	0,113	3,07	0	-
Haarmehlpellets	7	<10	0,190	0,033	3,00	0	-
Fleischknochenmehl	3	11	0,093	0,072	3,00	0	-
Knochenmehl	2	<10	0,090	0,031	3,00	1	-
Schafwollpellets	1	<10	0,120	0,073	3,00	0	-
Mischdüngemittel auf Federmehlbasis	2	<10	0,095	0,031	3,00	0	-
Bioilsa®	4	<10	0,090	0,032	3,00	0	0
Düngemittel pflanzlicher Herkunft:							
Ackerbohnen(schrot)	2	<10	0,090	0,029	3,00	-	-
Kleegrass(cobs)	2	<10	0,100	0,050	3,00	-	-
Wickenschrot	1	<10	0,100	0,075	3,00	-	-
Vinasse	9	<10	0,100	0,029	3,00	-	0
Kartoffelfruchtwas- serkonzentrat (PPL)	1	<10	0,090	0,029	3,00	-	0
Organic plant feed (OPF)	4	<10	0,090	0,029	3,00	-	0
Kakaoschalen	2	<10	0,105	0,029	3,00	-	1
Leindotterpressku- chen	1	< 10	0,240	0,036	3,00	-	-
Maiskleber(futter)	4	<10	0,180	0,054	3,05	-	1
Maltaflor®	7	<10	0,091	0,055	3,07	-	7
Solafert	2	<10	1,800	0,351	3,00	-	2
Traubentrester	2	<10	0,100	0,084	3,00	-	2
Trockenschlempe	7	<10	0,090	0,034	3,00	-	1
Sonstige Düngemittel:							
Biosol®	1	<10	0,150	0,029	3,00	-	0

PFT= Perfluorierte Tenside; PCDD/F = Polychlorierte Dibenzo(p)-dioxine und -furane; dl-PCB = dioxinartige polychlorierte Biphenyle; ndl-PCB = nicht dioxinartige polychlorierte Biphenyle

Ausgewählte pflanzliche Düngemittel wurden auf mögliche Rückstände von gentechnisch verändertem Material hin untersucht. Dabei zeigte sich, dass alle 11 Proben aus der Maisverarbeitung (Maiskleber, Maiskleberfutter sowie aus Mais erzeugte Trockenschlempen) GVO-frei waren.

4.4 Bewertungsparameter

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Bewertungsparameter herausgearbeitet und für im ökologischen Landbau häufig eingesetzte organische Handelsdüngemittel dargestellt (Tab. 6).

Tab. 6: Bewertungsparameter für ausgewählte organische Handelsdüngemittel

	C/N	N-Verfügbarkeit ¹⁾ [%]	N-Effizienz ²⁾ [%]	N/P	N _{eff} /P	N/K	K/S	Humus-C [kg je t]			Schwermetallindices		
								TM ³⁾	C _{org} ⁴⁾	OM ⁴⁾	SMN ⁵⁾	Vorsorge-Index ⁶⁾	mg Cd/kg P
Düngemittel tierischer Herkunft:													
Horndünger	3,3	75	80	76,7	61,4	105	0,1	-	-	-	0,07	0,7	109
Haarmehlpellets	3,7	75	80	37,3	29,8	75,3	0,1	-	-	-	0,06	0,7	57,9
Fleischknochenmehl	4,2	75	80	1,7	1,4	16,1	1,6	-	-	-	0,04	0,9	4,1
Knochenmehl	3,7	75	80	0,6	0,5	35,1	0,7	-	-	-	0,04	1,3	2,7
Federmehl	3,6	75	80	70,6	56,5	122	0,06	-	395	760	0,03	0,5	47,7
Düngemittel pflanzlicher Herkunft:													
Vinasse (Rüben)	7,0	50-60	80	42,7	34,2	0,9	7,0	-	352	183	0,06	1,1	158
Kartoffel-fruchtwasser	4,7	55-65	80	7,8	6,2	0,6	12,2	137	560	265	0,03	-	55,4
Potato Protein Liquor (PPL)	7,2	55-65	80	5,2	4,2	0,4	16,9	137	560	265	0,04	1,3	40,8
Ackerboh-nenschrot	9,9	35-45	70	7,5	5,3	3,5	7,0	-	-	-	0,08	1,1	33,4
Erbsen-schrot	13,3	30-40	65	8,1	5,3	3,3	4,6	-	-	-	-	-	-
Legumino-sengras	17,1	25-50	70	6,7	4,7	1,1	5,7	80	500	236	0,07	1,6	58,4
Wicken-schrot	9,9	40-50	65	8,8	5,7	4,6	4,7	-	-	-	0,09	1,2	42,0
Maltaflor®	9,5	30-40	65	8,4	5,5	1,1	1,4	-	-	-	0,06	0,8	5,5
Maiskleber	4,3	30-40	70	21,2	14,8	86,7	0,3	-	-	-	0,04	-	6,7
Maiskleber-futter	-	20-30	65	7,4	4,8	12,6	3,4	-	-	-	0,07	-	5,7
Sonstige Düngemittel:													
Schlempe, Getreide	7,9	30-40	70	7,1	5,0	3,6	-	-	250	146	-	-	-
Schlempe, Kartoffel	9,7	30-40	70	8,3	5,8	0,8	-	-	250	146	0,17	1,0	36,4
Schlempe, Kartoffelab-fälle	-	30-40	70	1,1	0,8	1,1	-	-	250	146	-	-	-
Biosol® Organic	6,3	40-50	75	14,1	10,6	12,9	1,1	-	-	-	0,03	0,8	13,8
Plant Feed (OPF)	2,8	65-75	80	6,9	5,5	7,6	3,4	-	-	-	0,03	0,8	20,8

¹⁾ N-Verfügbarkeit im Jahr der Anwendung (sog. scheinbare N-Verwertung in %), abgeleitet vom C/N-Verhältnis und dem Ammonium-N-Gehalt; ²⁾ Langfristige N-Verwertung (N-Verwertung im Jahr der Anwendung + Nachwirkungen in den Folgejahren) in Anlehnung an Literaturdaten und eigenen Schätzungen; ³⁾ umgerechnet nach den Werten der VDLUFA-Methode Humusbilanzierung, ⁴⁾ Humusreproduktionsleistung in Abhängigkeit der ausgebrachten Menge an C_{org} bzw. organischer Masse nach eigenen Berechnungen; ⁵⁾ Schwermetall/Nährstoffwert unter voller Anrechnung der K-Gehalte: beschreibt Verhältnis von Schwermetall- zu Nährstoffgehalten N, P und K; ⁶⁾ Vorsorgeindex nach BGK

4.5 Eigenschaften ausgewählter organischer Handelsdüngemittel

I) Horndünger, Hufdünger

Ausgangsstoffe:

Hörner und Hufe von geschlachteten Klautentieren. Hornsubstanz wird von der Haut gebildet und besteht hauptsächlich aus verhornten, also mit Keratin, einem zystinreichen Eiweiß, angefüllten, abgestorbenen Zellen (Keratinocyten). Weitere Bestandteile können Reste bzw. Anhaftungen von Fell, Fleisch, Knochen und/oder Kot sein, da es sich um ein ungewaschenes Produkt handelt.

Marktverfügbarkeit:

Handelsüblich sind Mischungen aus Kopf- und Hufhorn. In Europa werden Hörner und Hufe häufig den übrigen Schlachtnebenprodukten zugeschlagen und nicht separat verarbeitet. Europäische Herkünfte sind deshalb selten und sehr teuer. Derzeit wird von steigenden Preisen ausgegangen, denn Hornprodukte finden eine zunehmende Verwertung in den Ursprungsländern. Wichtige Exportländer sind: Indien, Ägypten, Nigeria, Pakistan, Brasilien. Die verfügbaren Mengen sind unbekannt.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Das Material wird im Rahmen der Aufbereitung getrocknet und zerkleinert. Es besteht eine Behandlungspflicht nach der EG-Verordnung Nr. 142/2011 zur Hygienisierung (z. B. Röstung, Dämpfung, Behandlung mit Propionsäure).

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung sind Horndünger rechtlich meistens dem Typ organische N-Düngemittel, partiell auch einem NP-Düngemittel zuzuordnen. Die Gehalte an Kalium liegen häufig unter der Kennzeichnungsschwelle, die Kennzeichnungsschwelle für Schwefel wird stets überschritten und die für Mg nicht erreicht. Horndünger werden traditionell als N-Düngemittel im ökologischen Landbau eingesetzt.

Anwendungshinweise:

- Horndünger sind für Kulturen mit hohem N-Bedarf geeignet. Horndünger haben eine starke Direktwirkung im Jahr der Anwendung, aber eine geringe Nachwirkung.
- Aufgrund des weiten N/P-Verhältnisses gut geeignet als Ergänzungsdüngemittel für Grunddüngemittel mit einem phosphorbetonten Nährstoffspektrum und einem engem N/P-Verhältnis (z. B. Komposte, Festmist und Festmistkomposte, Hühner-trockenkot). Horndünger enthalten niedrige K-Gehalte im Verhältnis zu den N- und

S-Gehalten. Dies sind eher ungünstige Eigenschaften für eine Verwendung zu K-bedürftigen Kulturen im geschützten Anbau.

- Nach heutigem Kenntnisstand sind Horndünger neben Phyt pellets die am besten geeigneten Düngemittel zur Verwendung in Topfkulturen. Eine konzentrierte Ablage – Depot- bzw. Punktapplikation – im unteren Bereich des Topfes reduziert die Gefahr von Auflaufschäden und den Befall mit Trauermücken.

II) Haarmehl(pellets)

Ausgangsstoffe:

Haarmehl wird aus Schweineborsten in Schlachtereien gewonnen. Haare bzw. Schweineborsten werden von der Haut aus verhornten, also mit Keratin angefüllten, abgestorbenen Zellen (Keratinocyten) gebildet. Es sind keine weiteren Bestandteile bekannt.

Marktverfügbarkeit:

Handelsüblich wird Haarmehl v. a. in Reinform als Pellet (Abb. 8) angeboten und nur selten als Bestandteil von Mischdüngemitteln. Wichtige Exportländer sind Belgien und die Niederlande. Verfügbare Mengen sind nicht bekannt. Im Frühjahr kann es zeitweise zu Engpässen in der Versorgung kommen.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Pasteurisierung, Trocknung, Zerkleinerung und Pelletierung.

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung ist Haarmehl rechtlich dem Typ der organischen NP-Düngemittel zuzuordnen. Die Gehalte an Kalium liegen häufig unter der Kennzeichnungsschwelle von 0,5 % K_2O , die Kennzeichnungsschwelle für Schwefel (0,3 % S in der TM) werden stets überschritten und die für Magnesium (0,3 % MgO in der TM) nicht erreicht. Haarmehl bzw. -pellets werden wegen ihrer hohen N- und S-Gehalte eingesetzt, die P-Gehalte sind im Verhältnis dazu niedrig.

Anwendungshinweise:

- Haarmehle sind für Kulturen mit hohem N-Bedarf geeignet. Haarmehl zeigt eine starke Direktwirkung im Jahr der Anwendung, aber eine geringe Nachwirkung.
- Aufgrund des weiten N/P-Verhältnisses ist das Düngemittel gut als Ergänzungsdüngemittel für Grunddüngemittel mit einem phosphorbetonten Nährstoffspektrum und einem engem N/P-Verhältnis wie Komposte, Festmist bzw. Festmistkomposte sowie Hühnertrockenkot geeignet. Haarmehle enthalten niedrige K-Gehalte im Verhältnis zu den N- und S-Gehalten, dies sind eher ungünstige Eigenschaften für eine Verwendung auf kaliumbedürftigen Flächen im geschützten Anbau.

- Angaben zur Eignung von Haarmehl als Düngemittel zur Jungpflanzenaufzucht und zur Erzeugung von Topfkräutern konnten nicht ermittelt werden. Haarmehle dürften allerdings aufgrund ihrer biochemischen Zusammensetzung ähnlich wie Horndünger geeignet sein.
- Haarmehle entwickeln eine starke Geruchsbildung nach Ausbringung, dies ist v. a. relevant bei einer Anwendung im Gewächshaus.

III) Fleischknochenmehl (einschließlich Knochen- und Fleischmehl)

Ausgangsstoffe:

Fleischknochenmehl entsteht als Nebenprodukt beim Schlachten. Bei Fleischknochenmehlen zur Verwendung als Düngemittel handelt es sich meistens um Kategorie-2-Material nach (EG) Nr. 1069/2009. Zum Kategorie-2-Material gehören Fleisch und Nebenprodukte mit einem Risiko nicht übertragbarer Krankheiten und getötete, also nicht geschlachtete Tiere, tierische Nebenprodukte, z. B. Milch, importiertes und nicht ausreichend kontrolliertes Material sowie tierische Produkte mit Rückständen von Medikamenten. Bei Kategorie-2-Material ist der Zusatz eines anorganischen oder unverdaulichen Markierungsstoffs, z. B. kohlensaurer Kalk, Glycerintriheptanoat, Brillantgrün oder Titanoxid zur Vermeidung einer Verfütterung an Nutztiere vorgeschrieben. Mit Kategorie-3-Material werden v. a. Abfälle und Nebenprodukte aus Schlachtbetrieben, Küchen- und Speiseabfälle, für den menschlichen Verzehr nicht mehr geeignete Lebensmittel tierischen Ursprungs, Rohmilch, frischer Fisch oder frische Fischnebenprodukte bezeichnet. Daneben enthält es auch Tierteile, die zwar zum menschlichen Verzehr geeignet sind, für die es jedoch keine Nachfrage gibt, z. B. Kutteln, Zunge und weitere Innereien.

Marktverfügbarkeit:

Das Abfallaufkommen im Schlachthof beträgt bei Rindern 56 %, bei Lämmern ca. 49 % und bei Schweinen 22 % des Lebendgewichts. In Europa fallen etwa 18 Mio. t a⁻¹ an Schlachthofabfällen an, in Deutschland sind es ca. 2,94 Mio. t a⁻¹ bei einer Fleischerzeugung von 6–7 Mio. t. Davon werden 1,02 Mio. t als Kategorie-1-Material vernichtet, 0,13 Mio. t als Kategorie-2-Material zur Düngemittelherstellung und 1,6 Mio. t als Kategorie-3-Material u. a. zur Herstellung von Düngemitteln und Kleintierfutter verwertet.

Die P-Menge des in Deutschland jährlich anfallenden Fleischknochenmehls beträgt rund 13 300 t (= 20 450 t P₂O₅) bzw. 10 % des mineralischen P-Düngemittelseinsatzes. Wichtige Hersteller und Anbieter sind auf der Homepage des Dachverbandes

der Verarbeiter tierischer Nebenprodukte <http://www.stn-vvtn.de/index.php> unter der Rubrik Verarbeitungsbetriebe aufgeführt.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Die gängigen Behandlungsmethoden sind Pasteurisierung bzw. Drucksterilisation, Trocknung und Zerkleinerung bzw. Vermahlung und Pelletierung.

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung ist Fleischknochenmehl rechtlich dem Typ der organischen NPK-Düngemittel zuzuordnen. Auch die Gehalte von Schwefel und Magnesium und einiger Spurennährstoffe liegen über den Kennzeichnungsschwellen der DüMV. Dieses Düngemittel findet traditionell Einsatz zur N- und P-Düngung im ökologischen Landbau. Pflanzenbaulich ist das N/P-Verhältnis besonders zu beachten. Es variiert stark in Abhängigkeit von den Knochenanteilen. Fleischmehle und Fleischknochenmehle können verbrannt, deponiert, zur Düngemittelherstellung, in der chemischen Industrie, in der Biogas- und Kompostherstellung oder als Futtermittel in der Kleintierhaltung bzw. Aquakultur verwendet werden.

Anwendungshinweise:

- Fleischknochenmehle sind für Kulturen mit hohem N-Bedarf geeignet, sofern gleichzeitig ein Ausgleich von P-Exporten über die Verkaufsfrüchte angestrebt wird. Sie zeigen im Jahr der Anwendung eine hohe N-Düngewirkung aber eine geringe Nachwirkung in den Folgejahren. Sie können daher besonders gut zur Düngung von früh angebauten Ackerkulturen mit kurzem Wachstumszyklus angewendet werden.
- Aufgrund der hohen P-Gehalte sind Fleischknochenmehle für intensiv gartenbaulich genutzte Böden weniger geeignet, wenn gleichzeitig phosphorbetonte Grunddüngemittel wie Kompost oder Festmist eingesetzt werden.
- Es besteht keine kurzfristige P-Verfügbarkeit für Pflanzen auf Böden mit einem pH-Wert > 6,5.
- Nutztiere dürfen weder unmittelbar noch mittelbar mit tierischen Nebenprodukten, verarbeiteten Erzeugnissen und tierische Nebenprodukte enthaltenden Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln in Berührung kommen. Sie sind getrennt von Einstreu und Futtermitteln aufzubewahren.
- Bei der Ausbringung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten oder Pflanzenhilfsmitteln, die Fleischknochen-, Knochen- und Fleischmehl enthalten, sind die Vorschriften der DüV zu beachten. Fleischknochenmehl darf nur ausgebracht werden, wenn es sofort in den Boden eingearbeitet wird. Daher ist der Einsatz im Grünland oder zur Kopfdüngung im Ackerbau sowie im Gemüseanbau verboten. Zusätzlich bestehen nach § 7 Absatz 2 DüV umfangreiche Aufzeichnungspflichten für die Ausbringung: Innerhalb eines Monats sind Schlag, Flurstück, Kultur, Art, Menge, Nährstoffgehalte, Ausbringungstermin, Inverkehrbringer sowie Typ zu dokumentieren.

- Die Verwendung von Fleischknochenmehlen ist nach der EU-Verordnung zum ökologischen Landbau zugelassen. Demgegenüber sind abweichende privatrechtliche Regelungen der Öko-Anbauverbände zu beachten, z. T. ist der Einsatz von Fleischknochenmehlen verboten.

IV) Federmehl

Ausgangsstoffe:

Federmehle werden aus Federn hergestellt, die beim Schlachten von Geflügel anfallen. Weitere Bestandteile sind Anhaftungen von Haut, Kotresten und sonstige Verschmutzungen aus dem Stall, ggf. Zusätze wie Enzyme, Mikroorganismen, Säuren oder Laugen bei der Herstellung von Hydrolysaten.

Marktverfügbarkeit:

Das Federaufkommen im Schlachthof beträgt einschließlich der Anhaftungen etwa 7–8 % des Lebendgewichtes bzw. bei einem Schlachtgewicht von 1,8–1,9 kg fallen etwa 180 g Federn an. In Deutschland liegt das Aufkommen von Federmehl bei etwa 20 000 t a⁻¹. Hersteller und Anbieter sind auf der Homepage des Dachverbandes der Verarbeiter tierischer Nebenprodukte <http://www.stn-vvtn.de/index.php> unter der Rubrik Verarbeitungsbetriebe aufgeführt.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Die Federn werden nach der Schlachtung pasteurisiert, getrocknet, zerkleinert und ggf. pelletiert. Federn werden häufig mit anderen Düngemittelkomponenten (Rapsextraktionsschrote, Kartoffelfruchtwasserkonzentrate, Vinasse, Kakaoschalen etc.) zu Mischdüngemitteln verarbeitet.

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung sind Federmehle rechtlich dem Typ der organischen NP-Düngemittel (> 1 % N bzw. 0,3 % P₂O₅) zuzuordnen. Die Gehalte an Kalium liegen häufig unter dem Grenzwert von 0,5 % K₂O, die Kennzeichnungsschwelle für Schwefel (0,3 % S in der TM) wird stets überschritten und die für Magnesium (0,3 % MgO in der TM) nicht erreicht. Pflanzenbaulich werden Federmehle wegen des hohen N-Gehaltes eingesetzt. Nach Hygienisierung erfolgt ein Einsatz als Düngemittel mit ähnlichem Einsatzspektrum wie bei Horndünger und Haarmehl. Federmehle können nach einer Hydrolyse als Blattdünger oder als Futtermittel eingesetzt werden. Eine Vergärung in Biogasanlagen ist wegen der geringen Abbaubarkeit von Keratinen unter anoxischen Bedingungen schwierig.

Anwendungshinweise:

- Für Kulturen mit hohem N-Bedarf geeignet. Federmehle zeigen eine starke Düngewirkung im Jahr der Anwendung, aber eine geringe N-Nachwirkung.
- Aufgrund des weiten N/P-Verhältnisses sind Federmehle ein gutes Ergänzungsdüngemittel für Grunddüngemittel mit einem phosphorbetonten Nährstoffspektrum und einem engem N/P-Verhältnis, z. B. Komposte, Festmist bzw. Festmistkomposte, Champost sowie Hühnertrockenkot.
- Federmehle sind – ähnlich wie Horndünger – zur Verwendung in der Jungpflanzenaufzucht und als Düngemittel zur Erzeugung von Topfkräutern geeignet. Versuche deuten auf eine etwas schnellere N-Freisetzung als bei Horndüngern hin.
- Der Vermahlungsgrad (fein: 0,5 mm vs. grob: 1 mm) hat nur einen geringen Einfluss auf die N-Verfügbarkeit im Jahr der Anwendung.

V) Vinasse

Ausgangsstoffe:

Das Wort Vinasse stammt aus dem Lateinischen „vinaceus“, die ursprüngliche Bedeutung war Weinhefe. Vor etwa 100 Jahren wurde in Europa das Wort Vinasse als Bezeichnung für eingedickte, vergorene Zuckerrübenmelasse gebräuchlich. International wird Vinasse oft CMS (Condensed Molasses Solubles) genannt, der Begriff wird auch allgemeiner für Schlempen aller Art verwendet. Unter Vinasse wird heute fermentierte Melasse aus der Zuckerrüben- und Zuckerrohrverarbeitung verstanden. Weitere Zusatzstoffe beim Verarbeitungsprozess sind Kalkstein (Calciumhydroxid – $\text{Ca}(\text{OH})_2$), Kohlendioxid (CO_2), Schwefelsäure (H_2SO_4), Gips (CaSO_4), Natronlauge (NaOH), Hefe, Nährsalze, Belagverhinderer am Verdampfer, Magnesiumionen (Magnesiumchlorid – MgCl_2), ggf. Ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Marktverfügbarkeit:

In Europa gibt es fast ausschließlich Vinasse aus der Produktion von Alkohol und Hefe aus Zuckerrübenmelasse. Der Anfall an eingedickter Vinasse (~ 65 % TM) wird für die Hauptproduktionsländer Europas auf 1,2 Mio. t a⁻¹ und für die Bundesrepublik Deutschland auf 50 000 t a⁻¹ geschätzt. Die in Deutschland eingesetzte Zuckerrübenvinasse stammt größtenteils aus dem Inland oder benachbarten Staaten. Deutschland importiert erhebliche Mengen an Zuckerrohrmelasse, die nach Verwertung ebenfalls als Vinasse auf den Düngemittelmarkt kommen kann.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Die Vinasse wird eingedickt. Zur Herstellung von Futtermitteln wird Kalium teilweise entfernt; es fallen neben Futtervinasse Vinasse-Kali an.

Anwendung:

Entsprechend den Nährstoffgehalten ist Vinasse rechtlich dem Typ organische NPK-Düngemittel zuzuordnen. Die Kennzeichnungsschwellen für Schwefel (0,3 % S in der TM) werden stets und die für Magnesium (0,3 % MgO in der TM) häufig überschritten. Unter pflanzenbaulichen Aspekten wird Vinasse vornehmlich wegen ihrer N-, K- und S-Gehalte eingesetzt. Die P-Gehalte sind im Verhältnis dazu niedrig. Vinasse wird traditionell im ökologischen Landbau verwendet, insbesondere bei Sonderkulturen als rasch fließende N-Quelle sowie vereinzelt im Getreideanbau. Vinasse wird als Einzeldüngemittel oder als Bestandteil von handelsüblichen Düngemittelmischungen wie MALTaflor® und Manna Bio NPK angeboten. Mit Ammoniumsulfat behandelte Vinasse darf im ökologischen Landbau nicht eingesetzt werden, da Ammoniumsulfat nicht in Anhang I der EU-Öko-Verordnung (EG) Nr. 889/2008 geführt wird. Alternativ stellt Vinasse ein eiweißreiches Futtermittel dar. Weiterhin kann es zur Staubbindung oder als Substrat in Biogasanlagen verwendet werden. Vereinzelt wird Vinasse auch im Kernobstbau zur Beschleunigung des Laubabbaus zur indirekten Bekämpfung von Schorfkrankheiten eingesetzt, die Versuchsergebnisse hierzu führen jedoch zu widersprüchlichen Einschätzungen. Als Kompostzusatz beschleunigt Vinasse die Kompostierung.

Anwendungshinweise:

- Vinasse ist für Kulturen mit hohem N-, K- und S-Bedarf geeignet, insbesondere zur Bewässerungsdüngung und zur vegetationsbegleitenden Düngung von Kulturen mit einer langen Vegetationsperiode, z. B. Tomaten oder Gurken im Unterglasanbau.
- Vinasse zeigt bei hohen und auch bei niedrigen Temperaturen eine starke N-Direktwirkung, aber eine geringe N-Nachwirkung. Sie ist besonders gut zur Düngung von früh angebauten Gemüsekulturen mit kurzer Wachstumszeit oder zur vegetationsbegleitenden Düngung von Kulturen mit langer Kulturdauer geeignet (Tomaten, Gurken etc.). Die Eindickung kann eine Verringerung der Düngewirkung im Jahr der Anwendung bewirken, besonders stark ist dieser Effekt bei Vinasse aus Zuckerrüben. Demgegenüber kann Wasserzusatz durch eine bessere Einsickerung der Vinasse in den Boden zu einer Erhöhung der N-Verfügbarkeit im Anwendungsjahr führen.
- Bei Verwendung von Vinasse als Blattdüngemittel sind die geringe N-Verwertung und die große Gefahr von Blattschäden zu beachten. Aus diesen Gründen ist eine Blattdüngung nicht zu empfehlen.
- Die Dichte von Vinasse liegt bei 1,2–1,3 kg l⁻¹, daher ist bei der Dosierung und bei Preisvergleichen auf die Angabe – l oder kg – zu achten.
- Die Viskosität der Vinasse hängt vom TM-Gehalt und dem Rohmaterial ab. Da Zuckerrüben-Vinasse weniger viskos ist, kann das Produkt auf 65–70 % TM eingedickt werden. Durch den hohen Anteil an Asche und der dadurch bedingten Sedi-

mentation muss das unbehandelte, eingelagerte Produkt vor der Nutzung durch Pumpen homogenisiert werden. Zuckerrohrvinasse kann nur bis 55 % TM eingedickt werden, da sie aufgrund ihrer hohen Wachs- und Harzanteile sonst nicht mehr pumpfähig ist. Für beide Vinassen gilt: Je höher der TM-Gehalt (> 60 %), desto höher ist die Gefahr einer Sedimentbildung durch Ausfällung von Kaliumchlorid (KCl) und/oder Kaliumsulfat (K_2SO_4) und anderer Begleitstoffe.

- In der Regel gilt der Grundsatz: Je höher die K-Gehalte, desto niedriger sind die N-Gehalte. Je höher die N-Gehalte, desto höher der Preis der Vinasse. N-Gehalte von > 5 % in der FM und NH_4^+ -N-Anteile > 6 % am Gesamt-N deuten auf den Zusatz von Ammoniumsulfat im Produktionsprozess hin, solche Produkte dürfen im ökologischen Landbau nicht eingesetzt werden.
- Vinassen weisen hohe Salzgehalte auf, insbesondere Keimlinge und junge Pflanzen reagieren darauf empfindlich; daher eignen sich vinassehaltige Düngemittel weniger für eine Beimischung zu Anzuchtsubstraten. Für die langfristige Versalzungsgefahr, z. B. im Gewächshausanbau, ist allerdings nicht die Gesamthöhe der Salzgehalte, sondern die Na- und Cl-Gehalte entscheidend. Vinasse aus Zuckerrüben zeichnet sich durch hohe Na- und Cl-Konzentrationen aus, die langfristig zu Versalzungsproblemen im Unterglasanbau und zu Strukturproblemen in Folge verminderter Aggregatstabilität führen können. Im Vergleich hierzu enthält Kartoffelfruchtwasser zwar höhere Salzgehalte, die Gehalte an Na^+ und Cl^- sind allerdings niedrig, sodass die langfristige Versalzungsgefahr viel geringer ist als bei Anwendung von Vinasse. Das K/S-Verhältnis von Kartoffelfruchtwasser und deren Konzentrate ist weiter als das von Vinasse, auch dies wirkt der Versalzung von Gewächshausböden durch SO_4^{2-} -Anreicherung in der Bodenlösung entgegen. Aus diesen Gründen ist auf gefährdeten Standorten (z. B. geschützter Anbau) Kartoffelfruchtwasser und deren Konzentrate der Anwendung von Vinasse vorzuziehen.

VI) Kartoffelfruchtwasser und Kartoffelfruchtwasserkonzentrate (= PPL, Potato Protein Liquor)

Ausgangsstoffe:

Kartoffelfruchtwasser und ihre Konzentrate sind Nebenprodukte der Kartoffelstärkeherstellung. Zusätze sind Enzyme (Pektinasen, Zellulasen, Amylasen und Proteasen) zum Zellaufschluss und z. T. HCl oder $FeCl_3$ zur pH-Wert-Absenkung und Eiweißdenaturierung bei der Kartoffeleiweißherstellung oder bei der Lagerung.

Marktverfügbarkeit:

In Deutschland liegt die Verarbeitungskapazität von Kartoffeln zu Stärke bei ca. 3,4 Mio. t a^{-1} . Je Tonne verarbeiteter Kartoffeln fallen ungefähr 240 kg Pülpe sowie 760 l Kartoffelfruchtwasser und 400–600 l sogenanntes Prozesswasser an. Das im Kartoffelfruchtwasser verfügbare Nährstoffpotenzial wird mit 8 100 t N, 1 250 t P und 13 600 t K in Deutschland veranschlagt.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

In einigen Fällen wird ein Teil des Eiweißes entfernt und anschließend eingedickt.

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung sind Kartoffelfruchtwasser und dessen Konzentrate rechtlich dem Typ organischer NPK-Düngemittel zuzuordnen. Die Nährstoffgehalte in der TM liegen über der Kennzeichnungsschwelle von 1 % N, 0,3 % P₂O₅ und 0,5 % K₂O. Die Kennzeichnungsschwellen für Schwefel und Magnesium (jeweils 0,3 % in der TM) werden stets überschritten. Pflanzenbaulich werden Kartoffelfruchtwasser und dessen Konzentrate v. a. wegen der hohen N- und K-Gehalte eingesetzt, die P- und S-Gehalte sind durchschnittlich. Kartoffelfruchtwasser wird direkt ohne Entwässerung oder in eingedickter Form als Kartoffelfruchtwasserkonzentrat (KFW-Konzentrat) – auch „Potato Protein Liquid“ (PPL) genannt – als Düngemittel angeboten. In Fabriknähe wird unverdünntes Kartoffelfruchtwasser auch verregnet. Kartoffelfruchtwasser kann darüber hinaus in Futtermitteln entweder zur Eiweißanreicherung oder als Staubbremse bzw. Bindemittel eingesetzt werden. Eine weitere mögliche Verwertung besteht als Substrat für Biogasanlagen.

Anwendungshinweise:

- Kartoffelfruchtwasser bzw. Kartoffelfruchtwasserkonzentrat ist besonders stickstoff- und mineralstoffreich und daher für Kulturen mit hohem N-, K- und S-Bedarf geeignet, insbesondere zur Bewässerungsdüngung von Kulturen mit langer Vegetationsperiode (z. B. Tomaten und Gurken im Unterglasanbau). Kartoffelfruchtwasser und dessen Konzentrate zeigen eine starke N-Direktwirkung im Jahr der Anwendung, aber eine geringe N-Nachwirkung.
- Nicht enteweißtes Kartoffelfruchtwasser enthält deutlich höhere N-Gehalte und damit ein engeres C/N-Verhältnis als Kartoffelfruchtwasser nach der Kartoffeleiweißherstellung. Dies dürfte einen Einfluss auf die kurzfristige N-Düngewirkung haben. Das N/P-Verhältnis von nicht enteweißtem Kartoffelfruchtwasser ist ebenfalls deutlich günstiger für den Einsatz in intensiv gartenbaulich genutzten Flächen als das von enteweißtem Kartoffelfruchtwasserkonzentrat. Kartoffelfruchtwasserkonzentrate werden i. d. R. aus enteweißtem Kartoffelfruchtwasser hergestellt.
- Während Konzentrate teilweise über längere Entfernungen vertrieben werden, wird Kartoffelfruchtwasser direkt an landwirtschaftliche Betriebe in Fabriknähe verkauft. Eine Ausbringung erfolgt vom Kampagnestart im August bis in den Herbst, hierbei sind die Vorgaben der DüV zu beachten. Da Kartoffelfruchtwasser der Sperrfrist nach DüV unterliegt, kann es siliert von November bis Ende Januar zwischengelagert und anschließend zur Frühjahrsdüngung in Verkehr gebracht werden.
- Auf Grünland bzw. als Kopfdünger ist Kartoffelfruchtwasserkonzentrat wegen möglicher Blattschäden – Verbrennungsgefahr – entsprechend verdünnt auszubringen.
- Bei Ausbringung von Kartoffelfruchtwasser und dessen Konzentrate können Geruchsbelästigungen auftreten.

- Nicht eingedicktes Kartoffelfruchtwasser weist eine Dichte von 1 auf. Konzentrate haben eine hohe Viskosität und eine Dichte von 1,2–1,3 kg l⁻¹, daher ist bei der Dosierung und bei Preisvergleichen auf die Angabe – l oder kg – zu achten.
- Grundsätzlich kann Kartoffelfruchtwasser oder PPL Flüssigmisten zugemischt werden. Bei Abgabe des Gemisches an Dritte sind die Vorschriften der BioAbfV zu beachten.

VII) Leguminosendünger (Körnerleguminosenkörner, Klee- bzw. Luzernegras-aufwüchse)

Ausgangsstoffe:

Ausgangsstoffe sind Körner von Ackerbohnen, Erbsen, Wicken, Lupinen und Soja sowie Sprossmasse von Klee bzw. Luzerne mit und ohne Gras. Weitere Zusätze werden i. d. R. nicht eingesetzt, ggf. Silierhilfsmittel. Die Herkunft ist meistens regional, da z. B. Silagen infolge der niedrigen TM eine geringe Transportwürdigkeit aufweisen.

Marktverfügbarkeit:

Körnerleguminosen und Leguminosen-Gras-Gemenge werden als Futtermittel angeboten oder können auf dem Betrieb selbst erzeugt werden. Zum gezielten Anbau für Düngungszwecke und somit zum Mengenaufkommen sind keine Daten bekannt. Bei einer Eigenerzeugung werden bei Körnerleguminosen etwa 100 bis 130 kg N ha⁻¹ als Korn produziert, beim Anbau von Klee- oder Luzernegras ca. 250–400 kg N ha⁻¹. Vereinfacht entspricht die N-Menge im oberirdischen Aufwuchs bzw. in den Körnern jeweils den erzielten N-Inputs via symbiotische N₂-Fixierung. Beim Anbau von Leguminosen-Gras-Gemengen kann die Erntemenge anhand der Höhe des Bestandes und der Schnitthöhe abgeschätzt werden: Ab einer Bestandeshöhe von 30 cm entsprechen 10 cm Schnitt einer Erntemenge von ca. 1 t TM ha⁻¹ mit einem durchschnittlichen TM-Gehalt von etwa 17 %, umgerechnet ca. 23,5 t FM ha⁻¹. Bei einem N-Gehalt von 6 kg t⁻¹ FM entspricht dies ca. 141 kg N ha⁻¹. Bei Bestandeshöhen unter 20 cm steigt der Anteil der auf dem Feld verbleibenden Reste überproportional an.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Die Leguminosen werden geschrotet, siliert, getrocknet oder/und pelletiert.

Anwendung:

Werden Leguminosen als Düngemittel in Verkehr gebracht, gelten die Regelungen der DüMV. Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung sind Leguminosendünger rechtlich als organische NPK-Düngemittel einzuordnen. Die Gehalte in der TM liegen über den Kennzeichnungsschwellen von 1 % N, 0,3 % P₂O₅, und 0,5 % K₂O. Die Kennzeichnungsschwellen für Magnesium (0,3 % MgO in der TM) werden erreicht, die für Schwefel (0,3 % S in der TM) nur zu ca. 50 %. Leguminosendünger werden pflanzenbaulich vor allem wegen ihrer N-Wirkung eingesetzt. Dünger aus Sprossmaterial, z. B. Klee gras, enthalten relativ hohe K-Gehalte, solche aus Körnern relativ hohe P- und geringe K-Gehalte. Alternative Nutzungen sind die Verwendung als Futtermittel oder als Substrat zur Energieerzeugung in Biogasanlagen.

Anwendungshinweise:

- Klee- bzw. Luzernegras aufwüchse werden als Silagen, Mehl oder Pellets zur Grunddüngung verwendet, v. a. als langsam fließende Nährstoffquelle für Kulturen mit langer Wachstumsperiode. Körner von Körnerleguminosen werden als relativ schnellwirkende Düngemittel in Form von Schrotten oder als ganze Körner in Dichtsaaten verwendet.
- Die Körner von Körnerleguminosen eignen sich aufgrund des engen N/P-Verhältnisses und der geringen K-Gehalte nicht als Ergänzungsdüngemittel zu Grunddüngemitteln mit engem N/P-Verhältnis, z. B. Komposte, Festmist und Festmistkompost, Hühnertrockenkot.
- Leguminosendünger können auch zur Depotdüngung von Topfsubstraten verwendet werden.
- Körnerleguminosenschrote können bei nachfolgenden Säukulturen und bei der Anzucht von Jungpflanzen und Topfkräutern eine Keimhemmung bewirken. Daher sollte nach der Düngung eine Anbaupause von mindestens 14 Tagen eingehalten werden, da sonst Auflaufschäden zu verzeichnen sind. Die toxische Wirkung hängt mit einer raschen Freisetzung von NH₄⁺ zusammen. In Substraten, die eine schnelle Mineralisierung begünstigen, werden solche Wirkungen eher beobachtet als in Substraten mit einer langsamen N-Mineralisierung. Luzernepellets können Substraten ebenfalls als langsam fließende Nährstoffquelle etwa 1–3 Wochen vor der Aussaat zugesetzt werden, ca. 0,6–1,2 % der Substratmasse.
- Bei einer Dichtsaat von Körnerleguminosen ist auf eine frühzeitige Ausbringung der Saat zu achten, um eine rechtzeitige Keimung der Samen vor der Etablierung der nachfolgenden Kultur zu gewährleisten. Während des Keimungsprozesses werden die energiereichen Reservestoffe teilweise veratmet, sodass das C/N-Verhältnis von 8,5–9,0 : 1 im Saatgut auf etwa 6,0 : 1 zwei Wochen nach Aussaat erheblich eingeeengt wird, infolge wird eine erhebliche Erhöhung der Netto-N-Mineralisierung bewirkt. Sobald die Photosynthese in der auflaufenden Pflanze einsetzt, erweitert sich das C/N-Verhältnis durch die Bildung von Photosyntheseprodukten, die Wirkung des C-Abbaus bei der Keimung kann sich in das Gegenteil verkehren, sodass die kurz- und mittelfristige N-Verfügbarkeit reduziert wird.

- Sowohl Körnerleguminosen als auch Leguminosen-Gras-Gemenge eignen sich gut zur Vergärung in Biogasanlagen. Aufgrund der starken Abbaubarkeit führt die Verwendung von Körnerleguminosen als Substrat zu Gärprodukten mit hohen N-Gehalten in der TM und hohen NH_4^+ -N-Gehalten und damit zu einer hohen Düngewirkung im Jahr der Anwendung.

VIII) Maltaflor

Ausgangsstoffe:

MALTaflor® ist ein Mischdüngemittel und besteht aus Malzkeimen, Vinasse und Vinasse-Kali. Weitere Ausgangsstoffe sind ggf. Spelzen.

Marktverfügbarkeit:

Der Anfall an Malzkeimen in der Mälzerei beträgt etwa 3–5 % des Malzgewichts. In Deutschland werden etwa 1,8 Mio. t a⁻¹ Malz erzeugt, entsprechend dürfte der Anfall an Malzkeimen bei ca. 72 000 t a⁻¹ liegen. Ein Verzeichnis der bedeutendsten Mälzereien in Deutschland mit entsprechendem Anfall an Malzkeimen kann beim Deutschen Mälzerbund (<http://www.deutscher-maelzerbund.de/>) eingesehen werden.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Malzkeime werden zur Düngemittelproduktion getrocknet und pelletiert.

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung sind MALTaflor® und Malzkeime rechtlich dem Typ der organischen NPK-Düngemittel zuzuordnen. Die Nährstoffgehalte in der TM liegen über den Deklarationswerten von 1 % N, 0,3 % P₂O₅ und 0,5 % K₂O. Die Kennzeichnungsschwellen für Schwefel (0,3 % S in der TM) werden stets überschritten und meistens auch für Magnesium (0,3 % MgO in der TM). Die Einzelbestandteile können sowohl als Futtermittel, als Substrate zur Vergärung in Biogasanlagen oder auch als Düngemittel verwendet werden.

Anwendungshinweise:

- MALTaflor® wird als gleichmäßig fließende Nährstoffquelle für Kulturen mit langer Wachstumsperiode und hohem S-Bedarf oder zur Düngung von Topfsubstraten verwendet.
- Das N/P-Verhältnis von MALTaflor® ist in etwa ausgewogen zum Nährstoffspektrum von Gemüsekulturen, die K-Gehalte sind allerdings eher niedrig und die S-Gehalte eher hoch. Daher ist MALTaflor® nur bedingt als Ergänzungsdüngemittel zu Grunddüngemitteln mit engem N/P-Verhältnis und relativ niedrigen K-Gehalten (Komposte, Festmist und Festmistkompost, Hühnertrockenkot) geeignet.

- Malzkeime werden in Kombination mit Vinasse oder auch mit anderen Düngemittelrohstoffen angeboten, z. B. mit gemahlene[n] Fell- und Hautteilen.

IX) Maiskleber und andere Rückstände der Maisstärkeherstellung

Ausgangsstoffe:

Hauptbestandteil ist Körnermais. Weitere Bestandteile sind Fermentierungshilfsmittel wie z. B. Schwefeldioxid (SO₂).

Marktverfügbarkeit:

In Europa herrscht aufgrund des hohen Bedarfs für die Tierernährung teilweise Mangel an diesen Produkten, sodass Importe aus Asien und Nordamerika nötig sind. Hierbei kann es zu Beimengungen von GVO-Material kommen.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Neben getrocknetem Maiskleberfutter kann in einzelnen Regionen auch feuchtes Maiskleberfutter bezogen werden.

Anwendung:

Entsprechend den Nährstoffgehalten sind Reststoffe aus der Maisverarbeitung rechtlich meistens dem Typ organische NPK-Düngemittel zuzuordnen. Die Kennzeichnungsschwellen für Schwefel (0,3 % S in der TM) werden stets und die für Magnesium (0,3 % MgO in der TM) nur bei bestimmten Reststoffen überschritten. Nebenerzeugnisse aus der Maisverarbeitung, v. a. Maiskleber, werden im ökologischen Landbau als Einzelbestandteil von Düngemitteln oder als Bestandteil von Mischdüngemitteln verwendet. Nebenerzeugnisse mit geringen N-Gehalten werden z. T. als Streckungsmittel eingesetzt, um niedrigere N- und höhere P-Gehalte in der Düngemittelmischung einzustellen. Bestimmte Nebenerzeugnisse werden als Substrat zur Herstellung von Hydrolysaten verwendet, z. B. Maiskleber. Weitere Verwendungen bestehen als teils eiweißreiche, teils stärkereiche Futtermittel, als Substrat zur Energieerzeugung in Biogasanlagen oder als Substrat für die Herstellung von Antibiotika, Enzymen, Hefen usw.

Anwendungshinweise:

- Maiskleber wird v. a. als langsam fließende Nährstoffquelle für Kulturen mit langer Wachstumsperiode oder zur Düngung von Topfsubstraten eingesetzt.
- Das Nährstoffspektrum der verschiedenen Reststoffe unterscheidet sich stark, entsprechend auch die Eignung als Ergänzung zu Grunddüngemitteln.

- Zahlreiche Nebenprodukte der Nassmüllerei sollen aufgrund ihrer phytotoxischen Wirkungen auch unkrautunterdrückende Wirkungen aufweisen.
- Zur Vermeidung von Pflanzenschäden sollten Nebenerzeugnisse der Maisverarbeitung bei Anwendung in Erden und Substraten mindestens zwei Wochen vor der Aussaat dem Substrat beigefügt werden.

X) Schlemphen

Ausgangsstoffe:

Schlemphen sind Nebenprodukte der Alkoholgewinnung. Wichtigste Rohstoffe sind v. a. Körnermais und Getreide, z. T. werden auch Kartoffeln verwendet. Weitere Zusatzstoffe sind Verflüssigungsenzyme, Amylasen, Hefen, Ammoniumsulfat bzw. Natriumphosphat zum Ausgleich von Nährstoffungleichgewichten während der Fermentation, pH-Pufferlösungen, Entschäumungsmittel, ggf. antimikrobielle Zusätze wie Schwefeldioxid, Hopfenextrakte sowie in Nicht-EU-Ländern auch Antibiotika.

Marktverfügbarkeit:

Die in Deutschland eingesetzten Schlemphen stammen größtenteils aus dem Inland oder aus benachbarten Staaten. Bei der Aufbereitung von Fermentationsgemischen fällt je Volumeneinheit an produziertem Ethanol etwa die 10- bis 15-fache Menge Schlempe als Fermentationsrückstand an. Die Mengen unterscheiden sich v. a. in Abhängigkeit des eingesetzten Rohstoffs: Aus 1 t Weizen werden 372 l Ethanol und 457 kg Pressschlempe oder 295 kg Trockenschlempe mit Feinbestandteilen gewonnen, während aus 1 t Körnermais etwa 378 l Ethanol plus 479 kg Pressschlempe oder 309 kg Trockenschlempe mit Feinbestandteilen erzeugt werden. Das Aufkommen der Schlempe aus Bioethanolanlagen in Deutschland wird auf rund 4 Mio. t a⁻¹ geschätzt. Dies entspricht der sechsfachen Menge, die sich aus der Alkoholerzeugung ergibt. Die anfallende Schlempe aus Bioethanolanlagen wird überwiegend eingedampft und getrocknet. In Deutschland wird der größte Teil der Schlemphen aus der Alkoholherstellung direkt als Pressschlemphen verwertet.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Schlemphen werden durch Zentrifugation eingedickt oder durch Erhitzen getrocknet.

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung sind Schlemphen rechtlich dem Typ der organischen NPK-Düngemittel zuzuordnen. Die Gehalte an Magnesium und

Schwefel liegen meistens über den Kennzeichnungsschwellen. Schlempe wird auch als Substrat in Biogasanlagen oder als Futtermittel verwendet.

Anwendungshinweise:

- Schlempen weisen eine relativ niedrige N-Verfügbarkeit im Jahr der Anwendung auf und sind somit für Gemüsekulturen mit einem hohen N-Bedarf weniger geeignet. Sie eignen sich im Feldgemüsebau besonders für den Einsatz als Grunddüngemittel von Kulturen mit geringem bis mittlerem N-Bedarf.
- Je nach verwendetem Substrat – verschiedene Getreidearten oder Kartoffeln – und Aufbereitungsverfahren, z. B. Anteile der zugeführten Dünnschlempe, sind erhebliche Unterschiede in der Nährstoffzusammensetzung und Düngewirkung zu verzeichnen. Entsprechend verschieden ist das Nährstoffspektrum der Schlempen. Damit unterscheidet sich auch die Eignung von Schlempen als Ergänzungsdüngemittel. Schlempen weisen teilweise hohe S-Gehalte im Verhältnis zu den N- und den K-Gehalten auf.
- Trockenschlempen zeigen bei hohen Aufwandmengen eine unkrautunterdrückende Wirkung.
- Bei der Fermentation werden teilweise Ammoniumsulfat bzw. Natriumphosphat als Fermentationshilfsstoffe hinzugegeben. Die daraus erzeugten Schlempen und Trockenschlempen dürfen nach derzeitigem EU-Recht dennoch zur Düngung im ökologischen Landbau verwendet werden, weil dies zur Optimierung des Fermentationsprozesses und nicht zur Verbesserung der Düngewirkung erfolgt.

XI) Biosol (ehemals Agrobiosol)

Ausgangsstoffe:

Biosol® besteht aus dem Substrat und der abgetöteten Pilzbiomasse aus der Penicillinherstellung. Das Substrat besteht aus Maissirup, Sojamehl, Baumwollsaatmehl, Maisquellwasser, Spurenelementen, Vitaminen sowie Bagasse als inerten Trägerstoff – ein Reststoff der Zuckerherstellung aus Zuckerrohr. Weitere Zusätze sind pH-Pufferlösungen, Ammonium, Schwefel- und Phosphorsäure sowie organische Lösungsmittel (Butylacetat) zur Extraktion des Penicillins.

Marktverfügbarkeit:

Ca. 8.000 - 9.000 t a⁻¹.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Die Düngemittel werden erhitzt, getrocknet und pelletiert in Verkehr gebracht.

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung ist Biosol® rechtlich als organisches NPK-Düngemittel zu deklarieren. Die Kennzeichnungsschwellen für Schwefel und Magnesium (jeweils 0,3 % in der TM) werden meist überschritten.

Anwendungshinweise:

- Biosol® wird v. a. als gleichmäßig fließende Nährstoffquelle für Kulturen mit langer Wachstumsperiode und hohem S-Bedarf oder zur Düngung von Topfsubstraten eingesetzt. Aufgrund der günstigen hygienischen Eigenschaften ist es zur Grunddüngung von Gemüse zum Frischkonsum gut geeignet.
- Zu beachten ist, dass ein erheblicher Anteil des Stickstoffs aus langsam abbaubarem Chitin-N besteht, daher ist die N-Verfügbarkeit im Jahr der Anwendung deutlich niedriger als vom C/N-Verhältnis zu erwarten wäre.
- Aufgrund eines relativ weiten N/P-Verhältnisses ist es gut als Ergänzungsdüngemittel zu Grunddüngemitteln mit engem N/P-Verhältnis geeignet. Allerdings sind das N/K- sowie das K/S-Verhältnis im Vergleich zum Nährstoffspektrum von Gemüsekulturen eng.
- Die Verwendung von Biosol® als Düngemittel soll eine pilzbekämpfende Nebenwirkung aufweisen, z. B. gegen *Pyrenochaeta lycopersici*, dem Erreger der Korkwurzelkrankheit von Tomaten, und gegen *Plasmodiophora brassicae*, dem Erreger der Kohlhernie.

XII) Hydrolysate

Ausgangsstoffe:

Je nach Art des Hydrolysats sind die Ausgangsstoffe Fleischmehl, Feder-, Fisch-, Ledermehl bzw. pflanzliche Biomasse wie Luzernemehl und Vinasse oder Meeralgen. Weitere Bestandteile können Steinmehl, Netzmittel Yucca oder Laugen (KOH, NaOH) sein.

Marktverfügbarkeit:

Hierzu sind keine Daten bekannt.

Behandlung vor Inverkehrbringen:

Die Düngemittel aus dieser Gruppe können verschiedenen Hydrolyseverfahren unterzogen worden sein.

Anwendung:

Entsprechend der Nährstoffzusammensetzung sind Hydrolysate nach DüMV i. d. R. dem Typ der organischen NPK-Düngemittel zuzuordnen. Hydrolysate werden als Düngemittel, Pflanzenhilfsmittel und/oder Futtermittel angeboten.

Anwendungshinweise:

- Hydrolysate weisen eine rasche N-Wirkung auf und eignen sich zu einer Bewässerungs- bzw. einer Blattdüngung. Bei Ausbringung in den Boden oder Applikation über das Bewässerungswasser ist von einer hohen N-Verfügbarkeit im Jahr der Anwendung auszugehen. Bei Verwendung als Blattdünger ist die N-Düngewirkung deutlich geringer.
- Hydrolysate können wegen der Gefahr von Blattverbrennungen als Folge hoher Salzgehalte und einer damit einhergehenden Dehydrierung des Blattapparates nur in verdünnter Form als Blattdünger eingesetzt werden.
- Die Salzgehalte bzw. die Salzwirkung von Hydrolysaten sind auch bei der Herstellung von Kultursubstraten zu beachten. Bei Verwendung des Hydrolysates „Organic Plant Feed“ (OPF) zur Herstellung von Kultursubstraten für den Topfkräuteranbau kann es zu erheblichen Verlusten kommen. Dies wird mit einer hohen Salzwirkung, der schnellen N-Freisetzung und der Auswaschung der Nährstoffe aus dem Substrat in Verbindung gebracht. Zur Düngung wachsender Topfkulturen soll OPF allerdings eine bessere Eignung als Vinasse aufweisen.
- Bestimmte Hydrolysate sollen eine pflanzenstärkende Wirkung haben (Erhöhung der Resistenz bzw. Toleranz gegen Krankheiten, Förderung des Wurzelwachstums etc.).

5 Diskussion der Ergebnisse

Die Ausweitung des Marktes für ökologisch erzeugte Produkte führt zu einer weiteren Spezialisierung der Betriebe. Intensiv wirtschaftende Ökobetriebe, insbesondere Gemüseanbauer und viehlose Marktfruchtbetriebe, sind auf die Zufuhr von externen Nährstoffen angewiesen, da bei hohem Nährstoffexport über die Ernteprodukte einerseits nicht in ausreichendem Maße Wirtschaftsdünger und Leguminosen zur Verfügung stehen, um den N-Bedarf der Kulturpflanzen zu decken, andererseits die über die Ernteprodukte exportierte Nährstoffe ersetzt werden müssen. Somit werden verstärkt betriebsfremde organische Düngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft eingesetzt. Im Anhang I der Durchführungsverordnung (EG) Nr. 889/2008 zur EG-Öko-Verordnung (EG Nr. 834/2007) sind die im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemittel sowie Natur- und Hilfsstoffe gelistet. Für zahlreiche dieser Stoffe fehlen allerdings umfassende Informationen zur Herkunft, zur stofflichen Zusammensetzung und sachgerechten Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis. In diesem Bericht sind Informationen und Daten für die im ökologischen Landbau zugelassenen organischen Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft zusammengestellt (KTBL 2014). Eine Charakterisierung der Düngemittel erfolgte anhand verschiedener Kriterien. Die Vorzüglichkeit und Grenzen zahlreicher Handelsdüngemittel werden aufgezeigt und Anwendungsempfehlungen gegeben.

Es wurden Daten aus nationalen und internationalen Veröffentlichungen ausgewertet. Zudem wurden eigene Untersuchungen zur Inhaltsstoffzusammensetzung von organischen Handelsdüngemitteln durchgeführt, um die Datenbasis zu verbessern und Informationslücken zu schließen, insbesondere zu einer möglichen Belastung mit organischen Schadstoffen und Rückständen von Antibiotika.

Die Auswertungen zeigen, dass die vorhandene Datenbasis zur Inhaltsstoffzusammensetzung je nach Düngemittel und Parameter unterschiedlich ist: Für zahlreiche Stoffe sind nur wenige Daten vorhanden, selbst bei häufig untersuchten Düngemitteln sind die Datensätze meist unvollständig. Wenige Daten liegen für Schwefel und zahlreiche Spurenelemente vor. Ferner gibt es kaum Daten zu den Salzgehalten, zu den Gehalten an basisch wirksamen Substanzen und zur Humusreproduktionsrate. Energie- und Ökobilanzen zu organischen Handelsdüngemitteln sind nur vereinzelt durchgeführt bzw. veröffentlicht worden. In diesem Zusammenhang gilt zu beachten, dass insbesondere bei einer Düngung in intensiven Systemen mit hohem Nährstoffinput dem Anwender die Inhaltsstoffgehalte sämtlicher Hauptnährstoffe, einschließlich Schwefel, sowie einzelner Spurennährstoffe, wie z. B. Bor, bekannt sein sollten, um die Nährstoffflüsse berechnen und Ungleichgewichten frühzeitig entgegenwirken zu können. Dies schließt im Gewächshaus auch die Stoffflüsse für Natrium und Chlor ein. Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, beim Zukauf von Komposten und Gärprodukten den Anlagenbetreiber nach den Ergebnissen der Gütesicherung über einen längeren Zeitraum (z. B. aus den vergangenen 12 Monaten) zu fragen, um eine Abschätzung der Qualitätsschwankungen der Düngemittel vornehmen zu können.

Im ökologischen Landbau basiert die Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen idealerweise auf einem ausgewogenen Gleichgewicht zwischen legumen und nicht legumen Kulturpflanzen und einem effizienten Kreislauf der zirkulierenden Nährstoffe. Dies schließt auch Recyclingströme aus dem Siedlungsbereich ein. Die Grunddüngung mit wirtschaftseigenen Düngemitteln bzw. zugekauften Komposten oder Gärprodukten soll zum einen organische Substanz zuführen und zum anderen die Nährstoffexporte über die verkauften Ernteprodukte möglichst weitgehend ausgleichen. Dies kann allerdings je nach Betriebsausrichtung mittel- und langfristig mit erheblichen Nährstoffungleichgewichten verbunden sein, die durch Einsatz von organischen Handelsdüngemitteln ausgeglichen werden sollten. Im ökologischen Gemüsebau werden ergänzend organische N-Düngemittel mit einer hohen Stickstofffreisetzung

im Jahr der Anwendung zur Sicherstellung einer ausreichenden Stickstoffversorgung eingesetzt.

Die im ökologischen Landbau verwendeten organischen Handelsdüngemittel werden entweder als einzelne Komponente aus einem Produktionsprozess der Lebensmittelindustrie gewonnen, z. B. Vinasse, Horndünger, Haarmehle, oder als Mischdüngemittel aus verschiedenen Komponenten hergestellt, z. B. Mischung von Vinasse und Kartoffelschalen oder Vinasse und Malzkeimen. Weiterhin hat sich gezeigt, dass nahezu alle organischen Handelsdüngemittel aus Rohstoffen konventioneller pflanzlicher Erzeugung oder konventioneller Tierhaltung produziert werden. Pflanzliche Produkte gehen häufig aus aufwendigen und komplexen industriellen Prozessen hervor. Insgesamt handelt es sich um einen überregionalen bis internationalen Markt. Zahlreiche organische Handelsdüngemittel werden aus Ländern der EU (z. B. Federmehl, Haarmehle, Traubentrester) oder von außerhalb der EU (z. B. Horndünger, Sojaextraktionsschrote) importiert. In Deutschland wird die Verarbeitung zu Düngemitteln durch den einzelnen Anbieter häufig zentral durchgeführt und die Ware mit entsprechenden Transportwegen bundesweit vertrieben. Organische Handelsdüngemittel unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung, ihrem Nährstoffspektrum und Düngewirkung infolge unterschiedlicher Rohstoffe sowie möglicher im Produktionsprozess eingesetzter Hilfsmittel stark voneinander. Dies führt zu großen Unterschieden in der kurzfristigen N-Verfügbarkeit im Jahr der Anwendung, im Nährstoffspektrum der Makro- und Mikronährstoffe sowie in den Salzgehalten usw.

Im Hinblick auf eine Charakterisierung von Handelsdüngemitteln waren geeignete Bewertungskriterien herauszuarbeiten. Dabei zeigte sich, dass die Bewertung der Nährstoffgehalte, der Nährstoffwirkung sowie die Ersetzbarkeit von organischen Handelsdüngemitteln nur im Kontext des jeweiligen Anbausystems möglich sind. Hierzu gehören die Ausgestaltung und Intensität des Anbausystems (Fruchtfolge, Anteil legumer Kulturen, Ertragsniveau etc.), aber auch die Eigenschaften der eingesetzten Düngemittel zur Grunddüngung (Nährstoffspektrum, Dynamik der Nährstofffreisetzung, wie z. B. die kurz- und langfristige N-Düngewirkung etc.).

Aus dem Nährstoffspektrum und der Dynamik der Nährstofffreisetzung lässt sich die spezifische Eignung organischer Düngemittel für verschiedene Einsatzzwecke ableiten (Tab. 7). Viele organische Düngemittel, die zur Grunddüngung eingesetzt werden, wie Kompost, Festmist und Gärprodukte, enthalten im Verhältnis zum Nährstoffspektrum von Gemüsekulturen zu geringe Kaliummengen. Bei Komposten und

Festmist, teilweise auch Gärprodukten, reicht zudem der Anteil an pflanzenverfügbarem Stickstoff nicht für eine angemessene Versorgung der meisten Gemüsearten aus. In Komposten und Festmist ist das N/P-Verhältnis im Vergleich zum Nährstoffspektrum von Gemüsepflanzen zu eng. Eine auf Stickstoff ausgerichtete Düngung kann zu einer Überversorgung an Phosphor und damit zu einer langfristigen P-Anreicherung in vornehmlich intensiv gemüsebaulich genutzten Böden führen. Ein enges K/S-Verhältnis in Kombination mit einem Kaliumausgleich mit entsprechenden mineralischen Kaliumdüngemitteln kann zu einer Überversorgung mit Schwefel führen, da die im ökologischen Landbau zugelassenen mineralischen Kaliumdüngemittel hohe S-Gehalte aufweisen (Patentkali: 5,5 % S, Kalisulfat: 6 % S, Kieserit: 6,6 % S). Schwefelüberschüsse können auf Freilandflächen zu einer schnelleren Versauerung des Bodens und in Gewächshäusern zu einer stärkeren Versalzung des Bodens durch eine Anreicherung im Oberboden führen. Aus den genannten Gründen ist bei Verwendung von organischen Düngemitteln mit relativ hohen Phosphorgehalten und geringen Stickstoff- und Kaliumgehalten (z. B. Festmiste, Komposte) als Grunddüngemittel im Gemüsebau ein angemessener Nährstoffausgleich nur mit Düngemitteln mit einem weiten N/P-Verhältnis und ggf. hohen K-Gehalten möglich. Daher sind stickstoffreiche und zugleich phosphorarme Düngemittel, wie Horndünger, Haarmehle und Federmehle sowie Biosol®, unverzichtbar als Ergänzungsdüngemittel im Gemüsebau. Unter den organischen Düngemitteln pflanzlichen Ursprungs kann diese Ergänzung von Komposten und Festmistern von Düngemitteln auf Basis von Vinasse und Maiskleber erbracht werden, mit Einschränkungen auch Kartoffelfruchtwasser und dessen Konzentrate. Bei einer Bewertung von organischen Handelsdüngemitteln zur Verwendung in Gewächshausflächen muss zusätzlich zum Verhältnis der Hauptnährstoffe die Bilanz der Elemente mit Salzwirkung (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-}) im Boden beachtet werden. Besonders relevant ist daher neben den Na- und Cl-Frachten das K/S-Verhältnis und die Zufuhr von Magnesium und Calcium durch die Düngung. Gerade eine ausgewogene K/S-Düngung ist im geschützten Anbau schwierig. Für solche komplexe Bilanzierungen wäre die Entwicklung und Bereitstellung von entsprechenden EDV-gestützten Bilanzierungsprogrammen hilfreich.

Gegenüber dem Gemüsebau sind für die Charakterisierung von organischen Düngemitteln im Ackerbau andere Bewertungsmaßstäbe anzulegen. Getreide als eine der wichtigsten Verkaufsfrüchte zeichnet sich im Vergleich zu den Gemüsekulturen durch hohe Phosphor- und relativ niedrige Kaliumgehalte aus. Der Gesamt-N-Bedarf

ist erheblich niedriger als bei vielen Gemüsearten und der relative Beitrag der biologischen N_2 -Fixierung durch Leguminosenanbau zur Gesamt-N-Versorgung häufig deutlich höher. Der relative Bedarf an Phosphor zum Ausgleich von Nährstoffexporten ist entsprechend höher. Daher sind Düngemittel mit einem hohen Phosphorgehalt besser für Acker- als für Gemüsekulturen geeignet. Dies gilt insbesondere für Champost, Komposte und Festmist. Auch stickstoffreiche Düngemittel mit hohem Phosphorgehalten wie Knochen-, Fleischknochen- und Fleischmehl, Hühnertrockenkot sowie Geflügelmist eignen sich besonders zur Düngung von Ackerkulturen mit hohem Stickstoffbedarf, z. B. Feldgemüse, Kartoffeln, Weizen. Allerdings sind auch im Ackerbau das Anbausystem, z. B. Fruchtfolge, N-Inputs durch symbiotische N_2 -Fixierung, Acker-Grünland-Verhältnis und Erträge bzw. Nährstoffaufnahme in der Erntemasse sowie das Spektrum der Verkaufsfrüchte wichtige Kriterien im Hinblick auf die Bewertung der eingesetzten Düngemittel. Werden hohe Mengen an Produkten verkauft, die aus vegetativen Sprosstteilen bestehen, z. B. Kartoffeln, Zuckerrüben oder Feldgemüse, sind an organische Handelsdüngemittel ähnliche Kriterien wie im Gemüseanbau anzulegen.

Ursachen für die Unterschiede im Nährstoffspektrum von organischen Düngemitteln im Vergleich zu dem der Spross- bzw. Erntemasse von Gemüsekulturen liegen bereits in deren Ausgangsstoffen. Krafftterreiche Futterrationen in Kombination mit Stroheinstreu führen zu Düngemitteln mit engem N/P-Verhältnis, da sowohl Kraffttermittel als auch Stroh ein enges N/P-Verhältnis aufweisen. Während der einfachen Lagerung in offenen Mieten oder während des Behandlungsprozesses (Kompostierung) führen gasförmige Stickstoffverluste sowie Stickstoff- und Kaliumauswaschung im Sickerwasser zu einer relativen Anreicherung des Phosphors. Ein ausgeglichenes Nährstoffspektrum weisen am ehesten flüssige Gärprodukte auf, da während des Behandlungsprozesses und der Lagerung nahezu keine Nährstoffverluste auftreten. Werden Gärprodukte an Stelle von Kompost oder Festmist zur Grunddüngung im intensiven Gemüsebau eingesetzt, sinkt der Bedarf eines N-Ausgleiches durch einen Einsatz von organischen Handelsdüngemitteln erheblich. Das durchschnittliche N/P-Verhältnis von Gärprodukten ist im Vergleich zu den Ernteprodukten von Gemüsekulturen nahezu ausgewogen, die längerfristige (20–40 Jahre) N-Effizienz ist mit ca. 70–80 % des eingesetzten Stickstoffs wesentlich höher als bei Festmist (ca. 60 %) bzw. Bioabfall- und Grüngutkomposten (ca. 40 %). Die Eignung verschiedener organi-

scher Handelsdüngemittel zur Düngung von Gemüse bzw. Ackerkulturen wird zusammenfassend in Tabelle 7 dargestellt.

Tab. 7: Spezifische Eignung organischer Handelsdüngemittel für die Verwendung auf Ackerflächen und intensiv bewirtschafteten Gemüsebauflächen

Düngemittel	Spezifische Eignung
Horndünger	Hohe N- und S-Gehalte kombiniert mit niedrigen P- und K-Gehalten Aufgrund hoher N-Freisetzung im Jahr der Anwendung und der niedrigen P-Gehalte gute Eignung zur Verwendung im intensiven Gemüsebau (Freiland); im Gewächshaus besteht Gefahr einer S-Anreicherung Notwendigkeit zum K-Ausgleich gegebenenfalls beachten Gut geeignet zur Verwendung auf Ackerflächen, allerdings zu teuer
Haarmehl	Siehe Horndünger
Federmehl	Siehe Horndünger; höhere S-Gehalte
Fleischknochenmehl	Hohe N-Gehalte und hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung, kombiniert mit hohen P-Gehalten Besonders für den Einsatz von N-bedürftigen Kulturen im Ackerland geeignet Für eine Verwendung im Gemüsebau weniger empfehlenswert
Knochenmehl	Aufgrund der hohen P-Gehalte v. a. geeignet zur Verwendung auf Ackerflächen zu Kulturen mit hohem N-Bedarf und Ausgleich der P-Entzüge Geringe Eignung zur Verwendung in intensiv gemüsebaulich genutzten Flächen
Vinasse	Hohe N- und K-Gehalte und niedrige P-Gehalte Hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung Gute Eignung zur Verwendung im Gemüseanbau (Freiland) oder zur Düngung von Qualitätsweizen Bei einer Verwendung im Gewächshaus hohe Na-Gehalte beachten (Versalzungsgefahr)
Kartoffel-fruchtwasser und dessen Konzentrate	Hohe N- und K-Gehalte Hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung Im Verhältnis zu Stickstoff und Kalium ausgewogene P-Gehalte Gute Eignung zur Verwendung im Gemüseanbau, sowohl im Freiland als auch im Gewächshaus (niedrige Na-Gehalte)
Körnerleguminosen	Mittlere N- und P-Gehalte kombiniert mit niedrigen K-Gehalten Mittlere N-Freisetzung im Jahr der Anwendung Weniger gut geeignet als Ausgleich von Grunddüngemitteln mit einem phosphorbetonten Nährstoffspektrum wie Kompost, Festmist etc. Am besten geeignet zur Düngung von N-bedürftigen Ackerkulturen Weniger geeignet zur Verwendung auf intensiv gemüsebaulich genutzten Flächen
Klee- bzw. Luzernegras-aufwüchse	Ausgewogenes Nährstoffspektrum (NPKS) kombiniert mit niedrigen Natriumgehalten Gut geeignet zur Düngung von Gemüsekulturen, sowohl im Gewächshaus als auch im Freiland Vergärung verbessert Dünggeeignung durch Erhöhung der N-Effizienz (sofern gasf. N-Verluste bei der Ausbringung vermieden werden) Kompostierung reduziert die Eignung durch einseitige N- und ggf. K-Verluste und einer damit einhergehenden unerwünschten Verschiebung des Nährstoffspektrums (N/P-

Düngemittel	Spezifische Eignung
	Verhältnis)
Maltaflor®	<p>Mittlere N-, P-, K-Gehalte kombiniert mit hohen S-Gehalten Mäßige N-Freisetzung im Jahr der Anwendung Weniger gut geeignet als Ausgleichsdünger von Grunddüngemitteln mit einem phosphorbetonten Nährstoffspektrum wie Kompost, Festmist etc. Am besten geeignet zur Düngung von N-bedürftigen Ackerkulturen Weniger gut geeignet zur Verwendung auf intensiv gemüsebaulich genutzten Flächen. Die zugeführte Vinasse ist Ursache für hohe Na-Gehalte und schränkt die Eignung zur Verwendung im Gewächshaus ein</p>
Rückstände der Nassmüllerei (Maiskleber, Maiskleberfutter)	<p>Mittlere N- und P-Gehalte kombiniert mit niedrigen K- und hohen S-Gehalten und damit ein eher ungünstiges Nährstoffspektrum N-Freisetzung im Jahr der Anwendung ist niedriger als vom C/N-Gehalt abzuschätzen wäre Am besten für den Einsatz zu N- und S-bedürftigen Kulturen im Freiland geeignet Weniger gut für den Einsatz im Gewächshaus geeignet Geeignet auch für Verwendung im Topfkräuteranbau</p>
Schlempen	<p>Düngemittel mit mittleren Nährstoffgehalten und je nach Substrat unterschiedlichen Nährstoffgehalten und Nährstoffspektrum N-Freisetzung im Jahr der Anwendung niedrig Trocknung führt zur Bildung schwer abbaubarer N-Verbindungen</p>
Biosol®	<p>Mittlere Nährstoffgehalten und weites N/P-Verhältnis Gut geeignet als Ergänzungsdüngemittel zu Grunddüngemitteln mit einem phosphorbetonten Nährstoffspektrum N-Freisetzung im Jahr der Anwendung niedrig aufgrund der hohen Gehalte an Chitin-N, einer abbaustabilen Eiweißverbindung Gut geeignet zur Verwendung im Gemüsebau, insbesondere bei Kulturen mit langem Wachstumszyklus Aufgrund der hohen S- und Na-Gehalte sowie der niedrigen K-Gehalte weniger gut zur Verwendung im Gewächshaus geeignet</p>
Hydrolysate	<p>Düngemittel mit unterschiedlichen Nährstoffgehalten und unterschiedlichem Nährstoffspektrum je nach verwendeten Substraten Hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung, daher gut geeignet zur Überwindung kurzfristigen N-Mangels Besonders geeignet zur vegetationsbegleitenden Düngung von Kulturen mit langem Wachstumszyklus</p>
Pilzkultursubstrate, abgetragen	<p>Geringe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung Hohe P- und S-Gehalte im Verhältnis zu den N- und K-Gehalten kombiniert mit hohen Aschegehalten Besonders geeignet zur Verwendung auf P- und S- bedürftigen Ackerflächen (Kruziferen) Düngung von intensiv gemüsebaulich genutzten Flächen durch die P-Frachten begrenzt Bei einer Verwendung im Gewächshaus sind die hohen S-Frachten zu berücksichtigen Insgesamt geringe Eignung zur Verwendung auf intensiv gemüsebaulich genutzten Flächen</p>
Geflügelmist	Hohe N- und hohe P-Gehalte

Düngemittel	Spezifische Eignung
	Hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung Besonders für den Einsatz zu N-bedürftigen Kulturen im Ackerland auf Standorten mit geringen P-Gehalten geeignet Weniger empfehlenswert für eine Verwendung im Gemüsebau
Hühnertrockenkot	Hohe N-Gehalte und hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung kombiniert mit hohen P-Gehalten Besonders für den Einsatz von N-bedürftigen Kulturen im Ackerland geeignet Weniger empfehlenswert für eine Verwendung im Gemüsebau
Gärprodukte	Hohe N- Gehalte und ausgewogenes N/P-Verhältnis Hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung Häufig relativ geringe K-Gehalte Insgesamt stark schwankende Nährstoffgehalte und Nährstoffspektrum in Abhängigkeit der eingesetzten Gärsubstrate Besonders geeignet als Grunddüngemittel, sowohl auf Gemüsebau- als auch auf Ackerflächen Bei der Bemessung der Ausbringungsmengen ggf. Salzgehalte und bei der Abschätzung der Eignung zur Verwendung im geschützten Anbau die NaCl-Gehalte beachten
Bioabfall- und Grüngutkomposte	Niedrige N- und K-Gehalte im Verhältnis zu den P-Gehalten Hohe Aschegehalte Besonders geeignet zur Verwendung auf Ackerflächen zum Ausgleich von Mineralstoffexporten Verwendung zur Düngung von intensiv gemüsebaulich genutzten Flächen durch die P-Frachten begrenzt Geringe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung

Ein weiteres wichtiges Kriterium zur Verwendung eines Düngemittels ist das mögliche Hygienierisiko; dieses ist beim Einsatz von organischen Handelsdüngemitteln sowie Wirtschaftsdüngern und Komposten auszuschließen. Grundsätzlich ist zwischen dem Risiko der Verbreitung von menschen- und tierpathogenen Keimen, z. B. Colibakterien, Salmonellen, dem Risiko der Verbreitung pflanzenpathogener Keime (z. B. Kohlhernie, Kartoffelkrebs) und der Verbreitung von Unkrautsamen zu unterscheiden. Das Hygienierisiko wird durch die Ausgangsbelastung der verwendeten Komponenten oder Stoffe und durch die hygienisierende Wirkung der Behandlungs- und Verarbeitungsprozesse sowie der Lagerung bestimmt. Bei der Verwendung von Gülle, Festmist oder Kompost, teilweise auch Gärprodukten, besteht die Gefahr der Verbreitung von einzelnen Unkrautsamen und menschenpathogenen Keimen. Die üblichen Verfahren der Lagerung, Behandlung und Hygienisierung von Grunddüngemitteln eignen sich nicht zur vollständigen Abtötung aller Erreger und Unkrautsamen. Hierbei nimmt das Risiko in folgender Reihenfolge ab: Gülle, Festmist, Gärprodukte, Grüngut- bzw. Bioabfallkomposte, pasteurisierte Gärprodukte. Demgegen-

über werden organische Handelsdüngemittel während des Aufbereitungsprozesses häufig hohen Temperaturen ausgesetzt, sodass von einer weitgehenden oder vollständigen Hygienisierung ausgegangen werden kann. Somit ist deren Hygienierisiko deutlich geringer als das von Wirtschaftsdüngern und Komposten.

Ungeachtet dieser Einschätzung dürfen gemäß § 3 DüMV Düngemittel nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie auch hinsichtlich ihrer nicht typbestimmenden Bestandteile bei sachgerechter Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Menschen, Tieren und Nutzpflanzen nicht schädigen und den Naturhaushalt nicht gefährden. Im Hinblick auf eine mögliche Schadstoffbelastung von organischen Handelsdüngemitteln hat die Auswertung der Literatur ergeben, dass die Belastung mit Schwermetallen, Rückständen von Tierarzneimitteln und organischen Schadstoffen insgesamt gering und meist deutlich niedriger als bei Wirtschaftsdüngern oder Komposten ist. Darüber hinaus wurden im Rahmen der eigenen Analysen folgende Ergebnisse erzielt:

- **Schwermetalle:** Die festgestellten Gehalte in organischen Handelsdüngemitteln sind im Vergleich zu Wirtschaftsdüngern oder Bioabfall- bzw. Grüngutkomposten niedrig. Bestimmte Rohstoffe können bei einzelnen Elementen hohe Schwermetallgehalte aufweisen, z. B. Zink und Cadmium in Kartoffelschalen oder Zink in Rückständen der Verarbeitung von Körnermais.
- **Rückstände von Arzneimitteln:** In den untersuchten Düngemitteln wurden nur bei einer Probe von Schafwollpellets Rückstände von Antibiotika festgestellt (Oxytetracyclin). Es wird vermutet, dass dies durch eine Zumischung oder Verunreinigung (HTK und/oder Geflügelmist) zustande gekommen ist.
- **Organische Schadstoffe:** Die festgestellten Gehalte in organischen Handelsdüngemitteln waren insgesamt niedrig, sie bewegten sich im Bereich der Nachweisgrenze.
- **Gentechnisch veränderte Organismen:** Alle untersuchten Proben aus der Maisverarbeitung (Maiskleber, Maiskleberfutter sowie aus Mais erzeugte Trockenschlempen) waren GVO-frei.
- **Hygiene:** Bei den im Projekt untersuchten Düngemitteln wurde nur an einer Probe (Knochenmehl) eine Kontamination mit Salmonellen festgestellt.

Im Hinblick auf eine Bewertung von Schwermetallgehalten ist zu berücksichtigen, dass keine allgemein anerkannten Methoden für eine vergleichende Bewertung von

Schwermetall- bzw. Schadstoffgehalten in Düngemitteln vorhanden sind. Üblicherweise werden die Schwermetallgehalte anhand ihrer absoluten Konzentrationen in der TM eines Düngemittels erfasst und bewertet. Diese Vorgehensweise berücksichtigt allerdings nicht, dass sich die Gehalte an Nährstoffen sowie Stoffen mit bodenverbessernder und somit „nützlicher“ Wirkung der eingesetzten Grund- und Handelsdüngemittel stark unterscheiden können. Beispielsweise sind die Nährstoffkonzentrationen von Komposten oft deutlich niedriger als von Gärprodukten. Einheitliche Grenzwerte auf TM-Basis führen dazu, dass organische Düngemittel mit hohen Schwermetallgehalten häufig nicht mehr eingesetzt werden dürfen, obwohl bei einer nährstoffäquivalenten Bemessung u. U. deutlich geringere Schwermetallfrachten in Kauf genommen werden müssten. Zum Vergleich und zur Beurteilung der Schwermetallgehalte einzelner Düngemittel wurden in der Literatur verschiedene Indizes entwickelt, die das Verhältnis von Schwermetallgehalten zum „Nutzwert“ (Nährstoffgehalt, ggf. bodenverbessernde Wirkung) aufzeigen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden der Vorsorgeindex der Bundesgütegemeinschaft Kompost und der Schwermetall-Nährstoff-Wert aus der Schweiz einbezogen. Mit beiden Bewertungsansätzen werden ähnliche Ergebnisse erzielt. Der „Nutzwert“-bezogene Ansatz zur Bewertung von Schwermetallgehalten führte teils zu überraschenden Ergebnissen: Grüngutkomposte weisen von den untersuchten Düngemitteln das ungünstigste Verhältnis von Schwermetall- zu den Nährstoffgehalten auf, die Werte sind häufig sogar ungünstiger als bei Klärschlämmen. Dagegen ist das Verhältnis von Schwermetallen zu Nährstoffen in Gärprodukten aus der getrennten Hausmüllsammlung mit einer zulässigen Verwendung im ökologischen Landbau vergleichbar mit der von Wirtschaftsdüngern wie Gülle und Stallmist. Noch günstiger ist das Verhältnis bei Gärprodukten, die hohe Nährstoff- mit niedrigen Schwermetallgehalten kombinieren, aber nicht im ökologischen Landbau eingesetzt werden dürfen. Hierzu gehören Gärprodukte aus dem gewerblichen Bereich (Speise- und Kantinenabfälle, überlagerte Lebensmittel, Schlachthofabfälle etc.).

Diese Ergebnisse zeigen, dass die derzeitige Zulässigkeit organischer Düngemittel im ökologischen Landbau (Anlage 1 EU-Öko-Verordnung) nicht ausreichend systematisch, teils widersprüchlich und bisweilen kaum zu begründen ist. Die aktuellen Regelungen zur Zulässigkeit von Rohstoffen und Düngemitteln im ökologischen Landbau beinhalten folgende Aspekte:

- Lokal verfügbare Gärprodukte aus Biogasanlagen werden aus agrarpolitischen

Gründen („Vermaisung“ der Landschaft) oder/und wegen ihrer „konventionellen Wirkung“ (hohe Ammonium-Gehalte) abgelehnt. Demgegenüber werden Handelsdüngemittel wie Keratine oder Vinasse gerade wegen ihrer raschen Nährstoffwirkung bevorzugt. Zu beachten ist zudem, dass diese Düngemittel, sofern es sich um Importe aus Tropen bzw. Subtropen handelt, teilweise weite Transportwege zurücklegen oder aus aufwendigen industriellen Aufbereitungsprozessen stammen.

- Nährstoffreiche, hygienisierte und gering mit Schwermetallen belastete Gärprodukte aus Speiseresten sind nicht erlaubt, während nährstoffarme und im Verhältnis zum Nutzwert stärker belastete Grüngutkomposte (EU, Verbände) bzw. Bioabfallkomposte (EU) eingesetzt werden dürfen.
- Gärprodukte aus NawaRo-Anlagen sind nach den Richtlinien einzelner nicht zulässig, während Trockenschlempen aus der Bioethanolherstellung zur Düngung erlaubt sind. In beiden Prozessen werden z. T. ähnliche Substrate eingesetzt, vorwiegend Mais, aber auch Zuckerrüben, Kartoffeln, Getreide, und tragen damit gleichermaßen zur „Vermaisung“ der Landschaft bei.
- Der energieintensive Aufschluss von P-Düngemitteln ist nicht erlaubt, demgegenüber aber der ebenso aufwendige Aufschluss von N-Düngemitteln zu Hydrolysaten. Bei dem Aufschluss von P-Düngemitteln wird eine erhebliche Verbesserung der Düngewirkung erzielt, während eine Hydrolyse von z. B. Fleischknochenmehlen oder Federmehlen die N-Düngewirkung im Jahr der Anwendung nur wenig beeinflusst.
- Konventionelle Geflügelmiste aus Bodenhaltung sind nicht zugelassen, sofern am Erzeugungsort keine ausreichenden Flächen zur Verbringung dieser Wirtschaftsdünger nachgewiesen werden, da gemäß den Richtlinien bei einem GV-Besatz $> 2,5$ eine „industrielle Tierhaltung“ vorliegt. Die gleichen Geflügelmiste dürfen aber im ökologischen Landbau eingesetzt werden, wenn der Anbieter mit seinen Nachbarbetrieben entsprechende Verbringungsvereinbarungen schließt, die jedoch dann nicht eingelöst werden müssen, weil der Betrieb den Geflügelmist verkaufen darf.

Darüber hinaus besteht teilweise ein grundsätzlicher Widerspruch zwischen den ethischen und den naturwissenschaftlichen Anforderungen an Herkunft, Zusammensetzung, Nährstoffspektrum und Wirkungsweise von organischen Düngemitteln, der

unter den gegebenen Bedingungen nur schwer zu lösen ist und keine einfachen Antworten erlaubt.

Aufgrund der dargestellten Sachverhalte sollten die Kriterien zur Zulassung von Düngemitteln im ökologischen Anbau weiterentwickelt werden. Empfohlen wird eine nachvollziehbare Klassifizierung mit dem Ziel, Einzelfallentscheidungen möglichst gering zu halten. Möglich wäre die Bildung von Klassen mit Ausweisung vorzüglicher, weniger vorzüglicher und nicht erlaubter Düngemittel:

Klasse I – bevorzugte Düngemittel aus Recyclingströmen ohne alternative Nutzungsmöglichkeiten aus regionaler Herkunft:

- Getrennt gesammelte organische bzw. biogene Siedlungs- und Industrieabfälle wie Komposte und Gärprodukte aus der Biotonne, aus gewerblichen Abfällen, Speiseabfällen
- Fleischknochenmehle, Keratine aus der EU und Kartoffelfruchtwasser
- Alkalische Hydrolysate aus der Sterilisierung von Risikomaterial nach EG Nr. 1069/2009 bzw. EU Nr. 142/2011
- Aschen (Klärschlamm, Kategorie-1-Tiermehl, Holz), ggf. nach Aufbereitung zur Entfernung von Schwermetallen und anderen Schadstoffen

Klasse II – weniger vorzügliche Düngemittel mit alternativen Nutzungsmöglichkeiten bzw. Importe aus Übersee:

- Vinasse, Schlempe, Extraktions- und Leguminosenschrote, Luzerne, Keratine
- Recyclingdüngemittel aus der Agro-Treibstoffproduktion (Bioethanolschlempe, NawaRo-Gärprodukte)
- Hydrolysate zur Beeinflussung der Düngewirkung bei der Herstellung von N-Flüssigdüngemitteln
- Wirtschaftsdünger aus extensiver konventioneller Tierhaltung

Klasse III – nicht erlaubte Düngemittel:

- Nicht aufbereitete Klärschlämme
- Wirtschaftsdünger aus intensiver konventioneller Tierhaltung
- Düngemittel aus GVO-Rohstoffen

Weiterhin ist zu überlegen, ob die Behandlungsverfahren (Kompostierung, Hydrolyse, Biogasgärung, Trocknung) zunächst nach Aspekten von Klima- und Energiebilanzen, Erhaltung der Nährstoffe im Kreislauf sowie Hygiene und erst an zweiter Stelle nach deren Düngeeigenschaften (z. B. Düngewirkung, NH_4^+ -N-Gehalte) bewertet

werden sollten. Derzeit besteht die Situation, dass viele ökologisch wirtschaftende Betriebe Komposte gegenüber Gärprodukten bevorzugen, obwohl unter den Aspekten der Klima- und Energiebilanz die Verwendung von Gärprodukten vorzüglicher ist und zudem über eine Reduzierung des Einsatzes von teuren N-Düngemitteln, wie Keratine oder Vinasse, eine erhebliche Kostenreduktion und damit eine Win-Win-Situation erreicht werden kann. Ferner ist zu prüfen, die Zulässigkeit eines Düngemittels nicht nur an feste Grenzwerte für Schadstoffgehalte zu koppeln, sondern nutzwertabhängige Indizes zu ergänzen, um einen objektiven Vergleich zwischen verschiedenen Rohstoffen bzw. Düngemitteln zu ermöglichen.

Für den ökologischen Landbau ist die Verbraucherakzeptanz ein wichtiges Kriterium bei der Beurteilung von organischen Düngemitteln. Die Herausforderung besteht darin durch entsprechende Aufklärung Akzeptanz für Düngemittel zu erzeugen, die aus fachlicher Sicht bedenkenlos eingesetzt werden können. Zur besseren Verbraucherkommunikation sollten die angewendeten Kriterien auf möglichst einfachen Grundsätzen beruhen. Schadstoffgehalte, Klima- und Energiebilanzen, die Regionalität der Produkte sowie der Recyclingcharakter der Düngemittel sind Eigenschaften, die mit den Grundideen des ökologischen Landbaus in Einklang stehen und einfach zu kommunizieren sind.

6 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurde der Stand des Wissens zur Eignung und zum Einsatz sehr unterschiedlicher Düngemittel für den ökologischen Landbau zusammengefasst. Für die Sektorbeteiligten werden die Ergebnisse in Form einer KTBL-Schrift in einer übersichtlichen und kompakten Art und Weise verfügbar gemacht. Zugleich werden Forschungsdefizite und mögliche Problembereiche herausgearbeitet.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen, Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Durch eine Kombination aus Zusammentragen von Daten, intensiven Literaturrecherchen sowie eigenen Düngemittelanalysen wurden die Ziele des Projektes erreicht. Ursprünglich, d. h. zum Zeitpunkt der Projektbeantragung, geplant war, in Anlehnung an die Angaben der FiBL-Betriebsmittelliste eine Analyse von ca. 65 verschiedenen Düngemitteln vorzunehmen. Während der Projektbearbeitung stellte sich

jedoch heraus, dass es sich hierbei um einen hohen Anteil an sogenannten Mischdüngemitteln handelt, die aus verschiedenen Einzelkomponenten zusammengesetzt sind. Im Einvernehmen mit der projektbegleitenden KTBL-Arbeitsgruppe wurde beschlossen, die Probenahmen auf die verwendeten Einzelrohstoffe zu konzentrieren und nur sehr gebräuchliche Mischdüngemittel in das Beprobungsprogramm aufzunehmen.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Im ökologischen Landbau werden neben Wirtschaftsdüngern verstärkt betriebsfremde Düngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft eingesetzt. Im Anhang I der Durchführungsverordnung (EG) Nr. 889/2008 zur EG-Öko-Verordnung (EG Nr. 834/2007) sind die im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemittel sowie Natur- und Hilfsstoffe gelistet. Durch die Ausweitung des Marktes für ökologisch erzeugte Produkte nimmt die Spezialisierung der Betriebe weiter zu. Intensiv wirtschaftende Ökobetriebe, insbesondere Gemüseanbauer und viehlose Marktfruchtbetriebe, sind auf die Zufuhr von externen Nährstoffen angewiesen, da große Nährstoffmengen mit den Ernteprodukten exportiert werden und Wirtschaftsdünger nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen. Für eine ausreichende Nährstoffversorgung spielen die organischen Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft somit eine zentrale Rolle. Für zahlreiche dieser Stoffe fehlen allerdings umfassende Informationen zur Herkunft, stofflichen Zusammensetzung und sachgerechten Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis.

Ziel des Projektes war es, die im ökologischen Landbau zugelassenen organischen NPK-Düngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft anhand verschiedener Kriterien zu charakterisieren, ihre Vorzüglichkeit und Grenzen aufzuzeigen sowie Anwendungsempfehlungen für die Praxis zusammenzustellen.

Im Rahmen des Projektes wurden die vorliegenden Untersuchungen zum derzeitigen Status quo des ökologischen Gemüseanbaus zusammengetragen, und eigene Untersuchungen zur Zusammensetzung der Inhaltsstoffe (Nähr- und Schadstoffe) von organischen Handelsdüngemitteln durchgeführt. Darüber hinaus wurden Grundlagen für eine Bewertung herausgearbeitet und Anwendungsempfehlungen für die Handelsdüngemittel zusammengestellt. Im Rahmen der eigenen Analysen wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- Schwermetalle: Die festgestellten Schwermetallgehalte in organischen Handels-

düngemitteln sind im Vergleich zu Wirtschaftsdüngern oder Bioabfall- bzw. Grün-
gutkomposten sehr niedrig. Einzelne Rohstoffe können bei Einzelementen hohe
Schwermetallgehalte aufweisen, z. B. Kartoffelschalen oder bestimmte Rückstän-
de der Verarbeitung von Körnermais.

- Rückstände von Arzneimitteln: In den untersuchten Düngemitteln wurden nur bei
einer Probe Schafwollpellets Rückstände von Antibiotika festgestellt. Es wird
vermutet, dass dies aus einer Zumischung/Verunreinigung mit anderen Kompo-
nenten zustande gekommen ist.
- Organische Schadstoffe: Die festgestellten Gehalte in organischen Handelsdün-
gemitteln sind insgesamt niedrig.

Im Hinblick auf die Zulässigkeit organischer Düngemittel im ökologischen Landbau
(Anlage 1 EU-Öko-Verordnung) wird angeregt in einem Abstimmungsprozess über
eine neue Klassifizierung zu diskutieren.

9 Literaturverzeichnis

Literatur zur Charakterisierung von Horndüngern:

- Boysen, P. (1992): Schwermetalle und andere Schadstoffe in Düngemitteln. Forschungsbericht 107
01 016/01, UBA-FB, S. 92–104
- Bremner, J.M.; Shaw, K. (1957): The mineralization of some nitrogenous materials in soil. *J Sci Food
Agric* 8, S. 341–347
- Ciavatta, C.; Govi, M.; Vittori Antisari, L.; Sequi, P. (1990): An enzymatic approach to the determina-
tion of the degree of stabilization of organic carbon in fertilizers. *Fertilizer Research* 25, S. 167–174
- Dittrich, B.; Klose, R. (2008): Bestimmung und Bewertung von Schwermetallen in Düngemitteln, Bo-
denhilfsstoffen und Kultursubstraten. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Land-
wirtschaft (Hg.), Heft 3, Dresden
- ecoinvent Centre (2013): ecoinvent data v3.0, Swiss Centre for Life Cycle Inventories,
www.ecoinvent.ch, Dübendorf, CH
- Eurich-Menden, B.; Döhler, H. (1999): Erstellung einer Datenbank zur stofflichen Charakterisierung
organischer und mineralischer Abfälle, Schwerpunkt Bioabfallverwertung. Abschlussbericht, KTBL
(Hg.), Darmstadt
- Frischknecht, R.; Jungbluth, N.; Althaus, H.J.; Doka, G.; Dones, R.; Heck, T.; Hellweg, S.; Hischer, R.;
Nemecek, T.; Rebitzer, G.; Spielmann, M. (2005): The ecoinvent database: Overview and method-
ological framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 10, S. 3–9
- Hamence, J.H. (1948): The effect of organic manures on the auxin content of soils and the “auxin bal-
ance” in soils. *J Soc Chem Ind, Lond.*, 67, S. 277–281
- Hamence, J.H. (1950): A method for the determination of the relative availability of nitrogen in nitroge-
nous fertilizers. *J Sci Food Agric* 1, 92
- Heuberger, H.; Kreuzmair, A.; Weh, F.; von Tucher, S.; Schnitzler, W.H. (2005): Vegetabile Dünger als
Stickstoffquelle für Topfbasilikum – Freisetzung und Aufnahme von Stickstoff aus vegetabilen Dün-
gern bei Basilikum (*Ocimum basilicum* L.) in Topfkultur. *Z Arzn Gew Pfl* 3, S. 140–143
- Kolbe, H. (2007): Wirkungsgrad organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im
ökologischen Landbau. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Hg.),
Heft 9, S. 22–46
- Kerschberger, M.; Franke, G.; Schuricht, W. (2001): Schwermetallgehalte in landwirtschaftlich relevan-
ten Stoffen. *Arch Acker Pfl Boden* 46, S. 147–164
- Korniłowicz-Kowalska, T.; Bohacz, J. (2011): Biodegradation of keratin waste: Theory and practical
aspects. *Waste Manage* 31, S. 1689–1701

- Laber, H. (2013): Zügiger Umsatz bei vielen im Brutversuch getesteten organischen Handelsdünger. Versuche im deutschen Gartenbau, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Gartenbau, Dresden-Pillnitz
- Müller, T.; von Fragstein und Niemsdorff, P. (2006): Organic fertilizers derived from plant materials Part I: Turnover in soil at low and moderate temperatures. *J Plant Nutr Soil Sc* 169, S. 255–264
- Owen, O.; Rogers, D.W.; Winsor, G.W. (1950): The nitrogen status of soils. Part I. The nitrification of some nitrogenous fertilizers. *J Agr Sci* 40, S. 185–190
- Owen, O.; Winsor, G.W.; Long, M.I.E. (1953): Laboratory Tests on some Hoof and Horn Materials used in Horticulture. 1. Raw Samples without Preliminary Heat Treatment. *J Sci Food Agric* 4, S. 415–422
- Owen, O.; Winsor, G.W.; Long, M.I.E. (1953): Laboratory Tests on some Hoof and Horn Materials used in Horticulture. 2. Materials Heat-treated during Processing. *J Sci Food Agric* 4, S. 423–430
- Riehle, J.; Schulz, R.; Müller, T. (2007a): Purchasable and on farm produced plant based organic fertilizers: II. Yield response in organic vegetable production and nitrogen turnover (pot experiments). *VDLUFA Kongressband 2006*, S. 413–416
- Riehle, J.; Schulz, R.; Müller, T. (2007b): Purchasable and on farm produced plant based organic fertilizers. III. Yield response in organic vegetable production and nitrogen turnover (field experiments). *VDLUFA Kongressband 2006*, S. 417–420
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P. (1994): Verschiedene Horndünger in Mineralböden. *Deutscher Gartenbau* 48, S. 406–408
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P. (2003): Vegetabile Dünger in Substraten für den ökologischen Gemüsebau. *Gemüse* 2, S. 18–22
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P. (2009): Vegetabile Dünger für die Anzucht von Salat-Jungpflanzen. www.berater-lkp.de, Zugriff am 16.11.2011
- Warren, R.G.; Cooke, E.H.; Cooke, G.W. (1958): Field experiments on concentrated nitrogen fertilizers. *J Agric Sci* 50, S. 273–283

Literatur zur Charakterisierung von Haarmehlpellets:

- Katroschan, K.-U.; Elwert, A.; Jakobs, M. (2011): N-Verfügbarkeit von Gärrückständen aus der Biogasproduktion und Ertragswirkung bei Blumenkohl. Abschlussbericht LFA-Thema 5/08.04
- Kolbe, H. (2007): Wirkungsgrad organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im ökologischen Landbau. In: *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*, Heft 9/2007, S. 22–46
- Korniłowicz-Kowalska, T.; Bohacz, J. (2011): Review: Biodegradation of keratin waste: Theory and practical aspects. *Waste Manage* 31, S. 1689–1701
- Laber, H. (2013): Zügiger Umsatz bei vielen im Brutversuch getesteten organischen Handelsdünger. Versuche im deutschen Gartenbau, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Gartenbau, Dresden Pillnitz
- Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) (2011): *Beratungsgrundlagen für die Düngung im Ackerbau und auf Grünland in Baden-Württemberg*
- Riehle, J.; Schulz, R.; Müller, T. (2007a): Purchasable and on farm produced plant based organic fertilizers: II. Yield response in organic vegetable production and nitrogen turnover (pot experiments). *VDLUFA Kongressband 2006*, S. 413–416
- Riehle, J.; Schulz, R.; Müller, T. (2007b): Purchasable and on farm produced plant based organic fertilizers. III. Yield response in organic vegetable production and nitrogen turnover (field experiments). *VDLUFA Kongressband 2006*, S. 417–420
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P. (2003): Vegetabile Dünger in Substraten für den ökologischen Gemüsebau. *Gemüse* 2, S. 18–22
- Schmitz, H.J.; Fischer, P. (2009): Vegetabile Dünger für die Anzucht von Salat-Jungpflanzen. www.berater-lkp.de, Zugriff am 01.04.2012

Literatur zur Charakterisierung von Federmehl:

- Bhat, N.R.; Albaho, M.; Suleiman, M.K.; Thomas, B.; George, P.; Isat Ali, S.; Al-Mulla, L.; Lekha, V.S. (2013): Fertilizer Formulations and Methods of their Application Influences Vegetative Growth and Productivity in Organic Greenhouse Tomato. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 5, S. 67–70
- Brodersen, J.; Rießen, S.; Antranikian, G.; Märks, H. (2003): Umweltfreundliche Aufbereitung von Hühnerfedern mittels extremthermophiler Bakterien und thermostabilen Enzym. *Transkript Sonderband 2003*, S. 17–19
- Cao, Z.-J.; Lu, D.; Lou, L.-S.; Deng, Y.-X.; Bian, Y.-G.; Zhang, X.-Q.; Zhou, M.-H. (2012): Composition

- analysis and application of degradation products of whole feathers through a large scale of fermentation. *Environ Sci Pollut Res* 19, S. 2690–2696
- Ciavatta, C.; Sequi, P. (1989): Evaluation of chromium release during the decomposition of leather meal fertilizers applied to the soil. *Fertilizer Research* 19, S. 7–11
- Cuijpers, W.; Hospers-Brands, M. (2008): Hulpmeststoffen – Beschikbaarheid en opname van stikstof in de biologische teelt van zomertarwe. Louis Bolk Instituut, Driebergen (Hilfsmiststoffe: Verfügbarkeit und Aufnahme von Stickstoff im biologischen Anbau von Sommerweizen)
- Daley, P.G. (1994): Utilization of waste feather from poultry slaughter for production of a protein concentrate. *Bioresource Technol* 48, S. 265–267
- Eurich-Menden, B.; Döhler, H. (1999): Erstellung einer Datenbank zur stofflichen Charakterisierung organischer und mineralischer Abfälle, Schwerpunkt Bioabfallverwertung. Abschlussbericht
- Gagnon, B.; Berrouard, S. (1994): Effects of several organic fertilizers on growth of greenhouse tomato transplants. *Can J Plant Sci* 74, S. 167–168
- Gale, E.S.; Sullivan, D.M.; Cogger, C.G.; Bary, A.I.; Hemphill, D.D.; Myhre, E.A. (2006): Estimating Plant-Available Nitrogen Release from Manures, Composts, and Specialty Products. *J Environ Qual* 35, S. 2321–2332
- Grazziotin, A.; Pimentel, F.A.; Sangali, S.; de Jong, E.V.; Brandelli, A. (2007): Production of feather protein hydrolysate by keratinolytic bacterium. *Vibrio sp. kr2*. *Bioresource Technol* 98, S. 3172–3175
- Gruhn, K.; Zander, R. (1977): Technische und chemische Bearbeitung von Schweineborsten und Hühnerfedern zur Gewinnung proteinreicher Futtermittel. *Tierzucht* 31, S. 374–376
- Gurav, R.G.; Jadhav, J.P. (2013): A novel source of biofertilizer from feather biomass for banana cultivation. *Environ Sci Pollut R* 20, S. 4532–4539
- Hadas, A.; Kautsky, M. (1994): Feather meal, a semi-slow release nitrogen fertilizer for organic farming. *Fert Res* 38, S. 165–170
- Hammermeister, A.M.; Astatkie, T.; Jeliaskova, E.A.; Warman, P.R.; Martin, R.C. (2006): Nutrient supply from organic amendments applied to unvegetated soil, lettuce and orchardgrass. *Can J Soil Sci* 86, S. 21–33
- Hartz, T.K.; Johnstone, P.R. (2006): Nitrogen availability from high-nitrogen containing organic fertilizers. *Hort Tech* 16, S. 39–42
- Jenkins, W.K. (2009): Evaluation of four organic fertilizers for vegetable and herb transplant production. Masterarbeit. http://athenaeum.libs.uga.edu/bitstream/handle/10724/11178/jenkins_wesley_k_200905_ms.pdf?sequence=1, Zugriff am 16.02.2012
- Karthikeyan, R.; Balaji, S.; Sehgal, P.K. (2007): Industrial applications of keratin – A review. *J Sci Ind Res* 66, S. 710–715
- Kim, W.K.; Patterson, P.H. (2000): Nutritional Value of Enzyme- or Sodium Hydroxide-Treated Feathers from Dead Hens. *Poultry Sci* 79, S. 528–534
- Koller, M.; Lichtenhahn, M. (2004): Stickstoffversorgung im Freiland-Biogemüsebau. *Der Gemüsebau/Le Maraicher* 3, S. 18–21
- Koller, M.; Alföldi, T.; Siegrist, M.; Weibel, F. (2004): A comparison of plant and animal based fertiliser for the production of organic vegetable transplants. *Acta Hort* 631, S. 209–215
- Korniłowicz-Kowalska, T.; Bohacz, J. (2011): Review: Biodegradation of keratin waste: Theory and practical aspects. *Waste Manage* 31, S. 1689–1701
- Lasekan, A.; Abu Bakar, F.; Hashim, D. (2013): Review: Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Manage* 33, S. 552–565
- Latshaw, J.D. (1990): Quality of feather meal as affected by feather processing conditions. *Poultry Sci* 69, S. 953–958
- Latshaw, J.D.; Musharaf, N.; Retrum, R. (1994): Processing of feather meal to maximize its nutritional value for poultry. *Animal Feed Science and Technology* 47, S. 179–188
- Müller-Langer, F.; Schneider, S.; Witt, J.; Thrän, D. (2006): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung. Zwischenbericht. DBFZ (Hg.), Leipzig
- Pansu, M.; Thuriès, L. (2003): Kinetics of C and N mineralization, N immobilization and N volatilization of organic inputs in soil. *Soil Biol Biochem* 35, S. 37–48
- Schulz, R.; Zhang, F.S.; Römheld, V. (1996): Eignung von Federmehl als organischer Stickstoffdünger. *VDLUFA-Kongressband*, S. 561–564
- Simpson, T.W. (1990): Agronomic use of poultry industry wastes. *Poultry Sci* 70, S. 1126–1131
- Thuriès, L.; Pansu, M.; Feller, C.; Herrmann, P.; Rémy, J.-C. (2001): Kinetics of added organic matter decomposition in a Mediterranean sandy soil. *Soil Biol Biochem* 33, S. 997–1010
- Thuriès, L.; Pansu, M.; Larré-Larrouy, M.C.; Feller, C. (2002): Biochemical composition and mineralization kinetics of organic inputs in a sandy soil. *Soil Biol Biochem* 34, S. 239–250
- Verenitch, S.; Mazumder, A. (2012): Carbon and Nitrogen Isotopic Signatures and Nitrogen Profile to

Identify Adulteration in Organic Fertilizers. *J Agric Food Chem.* 60, S. 8278–8285
Wainwright, M.; Nevell, W.; Skiba, U. (1985): Fertilizer potential of some commercially available forms of keratin and microbial biomass. *Enzyme Microb Technol* 7, S. 108–110

Literatur zur Charakterisierung von Fleischmehl, Fleischknochenmehl und Knochenmehl:

- Albert, E. (2005): Zur Stickstoff- und Phosphorwirkung von Fleischknochenmehl – Ergebnisse aus Gefäßversuchen. *VDLUFA-Kongressband*, S. 251–259
- Albert, E. (2007): Wirksamkeit organischer Dünger: Berechnung der pflanzenbaulichen Wirksamkeit der Nährstoffe organischer Dünger. In: *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Hg.)*, Dresden
- Albert, E. (2008): Optionen der landwirtschaftlichen Verwertung von P aus Schlachtnebenprodukten. http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_koordinierend/bs_naehrstofftage/phosphor_landwirtschaft/12_Albert.pdf, Zugriff am 16.04.2012
- Albert, E. (2012): Tierisch düngen. *Dlz agrarmagazin* 9, S. 62–65
- Bøen, A.; Haraldsen, T. (2011): Recycled organic fertilizers – potentials and obstructions for efficient P cycles. In: *Proceedings NJF Seminar 443: Utilisation of manure and other residues as fertilizers*. Falköping, Schweden, 29.-30.11.2011. *NJF Report* 7, S. 39–41
- Brod, E.; Haraldsen, T.K.; Breland, T.A. (2012): Fertilization effects of organic waste resources and bottom wood ash: results from a pot experiment. *Agric Food Sci* 21, S. 332–347
- Coelenbier, P. (2006): Overview of the European byproducts in 2005. <http://www.stn-vvtn.de/archiv/coelenbier.pdf>, Zugriff am 20.12.2011
- de Vos, C.J.; Heres, L. (2009): The BSE Risk of Processing Meat and Bone Meal in Nonruminant Feed: A Quantitative Assessment for the Netherlands. *Risk Analysis* 29, S. 541–557
- Dittrich, B.; Klose, R. (2008): Bestimmung und Bewertung von Schwermetallen in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten. In: *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Hg.)*, Heft 3, Dresden
- Engelke, L.; Severin, K. (2010): Düngemittel aus Reststoffen – Merkblätter für Landwirte, Berater, Düngemittelhersteller und Händler. *Landwirtschaftskammer Niedersachsen*
- Franke-Whittle, I.H.; Insam, H. (2013): Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: A review. *Crit Rev Microbiol* 39, S. 139–151
- Garcia, R.A.; Rosentrater, K.A.; Flores, R.A. (2006): Characteristics of North American meat and bone meal relevant to the development of non-feed applications. *Appl Eng Agric* 22, S. 729–736
- Genisel, M.; Erdal, S.; Turk, H.; Dumlupinar, R. (2012): The availability of bone powder as inorganic element source on growth and development in wheat seedlings. *Toxicol Ind Health* 28, S. 458–462
- Gwyther, C.L.; Williams, A.P.; Golyshin, P.N.; Edwards-Jones, G.; Jones, D.L. (2011): The environmental and biosecurity characteristics of livestock carcass disposal methods: A review. *Waste Manage* 31, S. 767–778
- Hejnfelt, A.; Angelidaki, I. (2009): Anaerobic digestion of slaughterhouse by-products. *Biomass Bioenerg* 33, S. 1046–1054
- Hendriks, W.H.; Butts, C.A.; Thomas, D.V.; James, K.A.C.; Morel, P.C.A.; Verstegen, M.W.A. (2005): Nutritional Quality and Variation of Meat and Bone Meal. *Asian-Aust J Anim Sci* 15, S. 1507–1516
- Herter, U.; Külling, D. (2001): Risikoanalyse zur Abfalldüngerverwertung in der Landwirtschaft. Bericht Juli 2001. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Reckenholz (Hg.), Zürich
- Jayathilakan, K.; Sultana, K.; Radhakrishna, K.; Bawa, A.S. (2012): Utilization of by-products and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *J Food Sci Technol* 49, S. 278–293
- Jeng, A.; Haraldsen, T.K.; Vagstad, N.; Grønlund, A. (2004): Meat and bone meal as nitrogen fertilizer to cereals in Norway. *Agricultural and Food Science* 13, S. 268–275
- Jeng, A.S.; Haraldsen, T.K.; Grønlund, A.; Pedersen, P.A. (2006): Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. *Nutr Cycl Agroecosys* 76, S. 183–191
- Kaye, G.I.; Weber, P.B.; Evans, A.; Venezia, R.A. (1998): Efficacy of Alkaline Hydrolysis as an Alternative Method for Treatment and Disposal of Infectious Animal Waste. Department of Pathology and Laboratory Medicine and Department of Biochemistry and Molecular Biology, Albany Medical College
- Knappe, F.; Böß, A.; Fehrenbach, H.; Giegrich, J.; Vogt, R. (2007): Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. <http://www.umweltbundesamt.de>, Zugriff am 23.04.2012
- Körner, U.; Kühne, M.; Wenzel, S. (2001): Tetracycline residues in meat and bone meals. Part 1:

- Methodology and examination of field samples. *Food Addit Contam* 18, S. 293–302
- Kühne, M.; Wegmann, S.; Kobe, A.; Fries, R. (2000): Tetracycline residues in bones of slaughtered animals. *Food Control* 11, S. 175–180
- Kühne, M.; Hamscher, G.; Körner, U.; Schedl, D.; Wenzel, S. (2001): Formation of anhydro-tetracycline during a high-temperature treatment of animal derived feed containing tetracycline. *Food Chem* 75, S. 29–35
- Lhafi, S.; Hashem, A.; Zierenberg, B.; Kühne, M. (2008): Untersuchungen zur aktuellen Belastung von Tiermehlen mit Tetracyclinen. *J Verbr Lebensm* 3, S. 159–164
- Mondini, C.; Cayuela, M.L.; Sinicco, T.; Sánchez-Monedero, M.A.; Bertolone, E.; Bardi, L. (2008): Soil application of meat and bone meal. Short-term effects on mineralization dynamics and soil biochemical and microbiological properties. *Soil Biol Biochem* 40, S. 462–474
- Müller-Langer, F.; Schneider, S.; Witt, J.; Thrän, D. (2006): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung. Zwischenbericht. DBFZ (Hg.), Leipzig
- NABC (2004): Carcass disposal: a comprehensive review. Report written for the USDA Animal and Plant Health Inspection Service. National Agricultural Biosecurity Centre, Kansas State University
- Nelson, N.O.; Janke, R.R. (2007): Phosphorus Sources and Management in Organic Production Systems. *HortTechnol.* 17, S. 442–454
- Nielsen, P.H. (2003): Bone, blood and meat meal production. <http://www.lcafood.dk/processes/industry/bonemeall.htm>, LCA food, Tjele, Denmark, Zugriff am 20.04.2012
- Owen, O.; Rogers, D.W.; Winsor, G.W. (1950): The nitrogen status of soils. Part I. The nitrification of some nitrogenous fertilizers. *J Agr Sci* 40, S. 185–190
- Rodehutschord, M.; Abel, H.J.; Friedt, W.; Wenk, C.; Flachowsky, G.; Ahlgrimm, H.-J.; Johnke, B.; Kühl, R.; Breves, G. (2002): Consequences of the ban of by-products from terrestrial animals in livestock feeding in Germany and the European Union: alternatives, nutrient and energy cycles, plant production, and economic aspects. *Arch Anim Nutr* 56, S. 67–91
- Sahlström, L. (2003): A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants. *Bioresource Technol* 87, S. 161–166
- Saunders, O.; Harrison, J.; Fortuna, A.M.; Whitefield, E.; Bary, A. (2012): Effect of Anaerobic Digestion and Application Method on the Presence and Survivability of *E. coli* and Fecal Coliforms in Dairy Waste Applied to Soil. *Water Air Soil Poll* 223, S. 1055–1063
- Schreuder, B.E.C.; Geertsma, R.E.; van Keulen, L.J.; van Asten, J.A.; Enthoven, P.; Oberthur, R.C.; de Koeijer, A.A.; Osterhaus, A.D. (1998): Studies on the efficacy of hyperbaric rendering procedures in inactivating bovine spongiform encephalopathy (BSE) and scrapie agents. *The Veterinary Record* 142, S. 474–480
- Scheurer, K.; Baier, U. (2001): Biogene Güter in der Schweiz. Massen- und Energieflüsse. Schlussbericht Projektnummer 39 573 des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Wädenswil
- Schüler, G.; Balanda, A.; Bihl, C.M.; Weismüller, I. (2004): Erschließung von Sekundärrohstoffen als Puffersubstanzen für Bodenschutzmaßnahmen im Wald bei gleichzeitiger Entwicklung von mobilen Aufbereitungs- und Mischanlagen. Abschlussbericht DBU-Projekt AZ 15016
- Strauch, D.; Ballarini, G. (1994): Hygienic aspects of the production and agricultural use of animal wastes. *J Vet Med B* 41, S. 176–228
- Tandon, H.L.S. (1995): Recycling of Crop, Animal, Human and Industrial Wastes in Agriculture. Fertiliser Development and consultation Organisation. New Dehli
- Taylor, D.M.; Fraser, H.; McConnell, I.; Brown, D.A.; Brown, K.L.; Lamza, K.A.; Smith, G.R. (1994): Decontamination studies with the agents of bovine spongiform encephalopathy and scrapie. *Arch Virol* 139, S. 313–326
- Taylor, D.M.; Woodgate, S.L.; Atkinson, M.J. (1997): Inactivation of the bovine spongiform encephalopathy agent by rendering procedures. *The Veterinary Record* 137, S. 605–610
- Thiele-Bruhn, S. (2003): Pharmaceutical antibiotic compounds in soils – a review. *J Plant Nutr Soil Sc* 166, S. 145–167
- Varel, V.H.; Wells, J.E.; Shelver, W.L.; Rice, C.P.; Armstrong, D.L.; Parker, D.B. (2012): Effect of anaerobic digestion temperature on odour, coliforms and chlortetracycline in swine manure or monensin in cattle manure. *J Appl Microbiol* 112, S. 705–715
- Ylivainio, K.; Uusitalo, R.; Turtola, E. (2008): Meat bone meal and fox manure as P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on a limed soil. *Nutr Cycl Agroecosys* 81, S. 267–278

Literatur zur Charakterisierung von Vinasse:

- Assimakopoulos, J.H. (2000): Effect of sodium-vinasse application on seed germination and growth of three species differing in salt tolerance. *Commun Soil Sci Plan* 31, S. 2803–2818

- BayLfU (2007): Biogashandbuch Bayern – Materialband. 1.6: Umweltwirkungen. Augsburg
- Belz, J.; Rueß, F. (2003): Untersuchungen zum Einsatz von Blattdüngern im ökologischen Obstbau – Status Quo Analyse und Prüfung von Blattdüngern. Schlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 02OE568, Weinsberg
- Casarini, D.C.P.; Cunha, R.C.D.; Masei Filho, B. (1987): Effect of irrigation with Vinasse and the dynamics of its constituents in the soil: II – Microbiological aspects. *Water Sci Technol* 19, S. 167–176
- Chaves, B.; De Neve, S.; Boeckx, P.; Van Cleemput, O.; Hofman, G. (2005): Screening organic biological wastes for their potential to manipulate the N release from Nrich vegetable crop residues in soil. *Agric Ecosyst Environ* 111, S. 81–92
- Conde Bueno, P.; Martin Rubí, J.A.; Garcia Giménez, R.; Jiménez Ballesta, R. (2009): Impacts caused by the addition of wine Vinasse on some chemical and mineralogical properties of a Luvisol and a Vertisol in La Mancha (Central Spain). *J Soils Sediments* 9, S. 121–128
- Cuijpers, W.; Hospers-Brands, M. (2008): Hulpmeststoffen – Beschikbaarheid en opname van stikstof in de biologische teelt van zomertarwe. Louis Bolk Instituut, Driebergen (Hilfsmiststoffe: Verfügbarkeit und Aufnahme von Stickstoff im biologischen Anbau von Sommerweizen)
- Cunha, R.C.; de Costa, A.C.S.; Maset Filho, B.; Casarini, D.C.P. (1987): Effect of irrigation with Vinasse and the dynamics of its constituents in the soil: I – Physical and Chemical Aspects. *Water Sci Technol* 19, S. 155–165
- Delin, S.; Engström, L. (2010): Timing of organic fertilizer application to synchronise nitrogen supply with crop demand. *Acta Agriculturae Scan, Sect. B – Soil and Plant Science* 60, S. 78–88
- ecoinvent Centre (2013): ecoinvent data v3.0, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, www.ecoinvent.ch, Dübendorf
- Eurich-Menden, B.; Döhler, H. (1999): Erstellung einer Datenbank zur stofflichen Charakterisierung organischer und mineralischer Abfälle, Schwerpunkt Bioabfallverwertung. Abschlussbericht. KTBL (Hg.), Darmstadt
- Frischknecht, R.; Jungbluth, N.; Althaus, H.J.; Doka, G.; Dones, R.; Heck, T.; Hellweg, S.; Hischier, R.; Nemecek, T.; Rebitzer, G.; Spielmann, M. (2005): The ecoinvent database: Overview and methodological framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 10, S. 3–9
- Gemtos, T.A.; Chouliaras, N.; Marakis, St. (1999): Vinasse Rate, Time of Application and Compaction Effect on Soil Properties and Durum Wheat Crop. *Journal of Agricultural and Engineering Research* 73, S. 283–296
- Grigatti, M.; Barbanti, L.; Ciavatta, C. (2010): Soil Respiration and Nitrogen Mineralization Kinetics of Compost and Vinasse Fertilized Soil in an Aerobic Liquid-Based Incubation. *Environ Eng Sci* 27, S. 65–73
- Kelderer, M.; Stimpfl, E.; Thalheimer, M. (2008): Stickstoffmineralisierung von organischen Bodenverbessernern und Handelsdüngern bei unterschiedlichen Temperaturen (8 °C/16 °C) – Übersicht über die Düngemittel. Versuchsbericht des Land- und Forstwirtschaftlichen Versuchszentrums Laimburg/Südtirol
- Kelderer, M.; Topp, A.; Matteazzi, A.; Gramm, D. (2012): Langfristige Beobachtungen zur Stickstoffmineralisierung verschiedener organischer Handels- und Wirtschaftsdünger unter konstanten Bedingungen. Versuchsbericht des Land- und Forstwirtschaftlichen Versuchszentrums Laimburg/Südtirol. http://www.laimburg.it/download/Serie_3_Version_DEUT.pdf, Zugriff am 15.03.2013
- Kernmayer, I. (2002): Organische Handelsdünger – Rechtliche Situation, Inhaltsstoffe, Versuchsergebnisse. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten, Klosterneuburg, S. 363–365
- Köhl, J. (2007): Replacement of copper fungicides in organic production of grapevine and apple in Europe (REPCO). Publishable Final Activity Report, 501452. S. 70
- Kolbe, H. (2007): Wirkungsgrad organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im ökologischen Landbau. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Hg.), Heft 9/2007, S. 22–46
- Koller, M. (2002): Organische Handelsdünger: FiBL-Merkblatt, Frick
- Koller, M.; Alföldi, T.; Siegrist, M.; Weibel, F. (2004): A Comparison of Plant and Animal Based Fertiliser for the Production of Organic Vegetable Transplants. In: S. Nicola, J. Nowak, C.S. Vavrina (Hg.): Proc. XXVI IHC – Transplant Production and Stand Establishment. *Acta Hort* 631, ISHS 2004, <http://orgrprints.org/00002743/>, Zugriff am 27.10.2012
- Koller, M.; Fuchs, J.; Bruns, C. (2005): Ökologische Jung- und Zierpflanzenproduktion: Herstellung und Einsatz komposthaltiger Pflanzensubstrate. FiBL-Merkblatt, Frick
- Laber, H. (2013): Zügiger Umsatz bei vielen im Brutversuch getesteten organischen Handelsdünger. Versuche im deutschen Gartenbau. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hg.), Abteilung Gartenbau, Dresden-Pillnitz

- Lewicki, P. (2001): An introduction to Vinasse (cms) from beet and sugar cane molasses fermentation. *Intern Sugar J* 103, S. 126–128
- Madejon, E.; Lopez, R.; Murillo, J.M.; Cabrera, F. (2001): Agricultural use of three (sugarbeet) vinasse composts: Effect on crops and chemical properties of a Cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain). *Agric Ecosyst Environ* 84, S. 53–65
- Navarro, A.R.; del C. Sepúlveda, M.; Rubio, M.C. (2000): Bioconcentration of vinasse from the alcoholic fermentation of sugar cane molasses. *Waste Manage* 20, S. 581–585
- Nezhad, A.H. (2008): Materialwissenschaftliche Untersuchungen von Rohstoff, Zwischenprodukten und Finalprodukt im Rübenzuckerfabrikationsprozess. Diss. TU Berlin
- Parnaudeau, V.; Condom, N.; Oliver, R.; Cazevieuille, P.; Recous, S. (2008): Vinasse organic matter quality and mineralization potential, as influenced by raw material, fermentation and concentration processes. *Bioresource Technol* 99, S. 1553–1562
- Paturau, J.M. (1982): Sugar Series 3: By-products of the cane sugar industry. Elsevier, Amsterdam
- Rosabal, A.; Morillo, E.; Undabeytia, T.; Maqueda, C.; Justo, A.; Herencia, J.F. (2007): Long-Term Impacts of Wastewater Irrigation on Cuban Soils. *Soil Sci Soc Am J* 71, S. 1292–1298
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P. (2003): Vegetabile Dünger in Substraten für den ökologischen Gemüsebau. *Gemüse* 2, S. 18–22
- Schmitz, H.J.; Fischer, P. (2009): Vegetabile Dünger für die Anzucht von Salat-Jungpflanzen. www.berater-lkp.de, Zugriff am 07.01.2012
- Stemme, K.; Gerdes, B.; Harms, A.; Kamphues, J. (2005): Beet-vinasses (condensed molasses solutions) as an ingredient in diets for cattle and pigs – nutritive value and limitations. *J Ani Physiol Ani Nutr* 89, S. 179–183
- Tejada, M.; Gonzalez, J.L. (2005): Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affects soil properties and yield. *Eur J Agron* 23, S. 336–347
- Tejada, M.; Garcia, C.; Gonzalez, J.L.; Hernandez, M.T. (2006): Organic Amendment Based on Fresh and Composted Beet Vinasse. *Soil Sci Soc Am J* 70, S. 900–908
- Tejada, M.; Gonzalez, J.L. (2006): Effects of two beet vinasse forms on soil physical properties and soil loss. *Catena* 68, S. 41–50
- Theurl, M.C. (2008): CO₂-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien. *Social Ecology Working Paper* 110, Wien
- Timmermans, B.G.H.; Jansonius, P.J.; Bruinenberg, R. (2010): Effects of beetroot Vinasse on ascospore formation of *Venturia pirina* in a one-year field trial on an organic Conference orchard. In *Proceedings of the Ecofruit Conference, Short contributions*, S. 322–325
- Werner, W.; Trimborn, M. (2006): Komplementäre Nährstoffträger: Potenziale und Probleme. In: *VDLUFA-Kongressband, VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 61/2006*, S. 25–39

Literatur zur Charakterisierung von Kartoffelfruchtwasser und dessen Konzentrate:

- Bayer, U. (1988): Einsatz von Abwasser aus der Kartoffelstärkeproduktion in der Landwirtschaft im Hinblick auf Nährstoffverwertung und Umweltbelastung. Diss. TU München
- De Haan, F.A.M.; Hoogeveen, G.J.; Riem Fies, F. (1973): Aspects of agricultural use of potato starch waste water. *Neth J Agric Sci* 21, S. 85–94
- Diez, Th.; Sommer, G. (1976): Auswirkungen langjähriger Kartoffelfruchtwassererregung auf Boden und Pflanzenwachstum. *Bayer Landw Jahrb* 53, S. 643–661
- Engelke, L.; Severin, K. (2010): Düngemittel aus Reststoffen – Merkblätter für Landwirte, Berater, Düngemittelhersteller und Händler. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Hannover
- Eurich-Menden, B.; Döhler, H. (1999): Erstellung einer Datenbank zur stofflichen Charakterisierung organischer und mineralischer Abfälle, Schwerpunkt Bioabfallverwertung. Abschlussbericht. KTBL (Hg.), Darmstadt
- FNR (2006): Handreichung Biogas. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hg.), Gülzow
- Förster, L.; Tucharth, R. (1987): Untersuchungen zum Stickstoffmineralisierungsäquivalent von Abwässern aus der kartoffelverarbeitenden Industrie. *Arch Acker Pfl Boden* 31, S. 725–729
- Freiherr Tucher von Simmeldorf, T. (1990): Einsatz von Abwasser aus der Kartoffelstärkeproduktion in landwirtschaftlichen Fruchtfolgen. Diss. TU München
- Gschwendtner, O. (2000): Anreicherung von Pflanzenproteinen mit Hilfe der adsorptiven Zerschäumung. Diss. TU München
- Kolbe, H. (2007): Wirkungsgrad organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im ökologischen Landbau. In: *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Hg.)*, Heft 9, S. 22–46
- lfl (2005): Merkblatt: Was ist bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Bioabfällen zu beachten? http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/merkblaetter_url_1_24.pdf, Zugriff am 20.04.2013

- Robbins, C.W.; Smith, J.H. (1977): Phosphorus movement in Calcareous Soils Irrigated with Waste Water from Potato Processing Plants. *J Environ Qual* 6, S. 222–225
- Ryll, J. (2005): Fermentative Gewinnung von Paramylon aus *Euglena gracilis* auf Nebenprodukten der Stärkeindustrie in einer Pilotanlage. Diss. Univ. Hannover
- Scherer, H.W. (1994): Recycling von Industrieabfällen pflanzlicher Herkunft. In: *Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit*, Band 6: Recycling kommunaler und industrieller Abfälle in der Landwirtschaft, S. 66–82. Parey, Berlin
- Smith, J.H. (1986): Decomposition of Potato Processing Wastes in Soil. *J Environ Qual* 14, S. 13–16
- Smith, J.H. (1976): Treatment of Potato Processing Waste Water on Agricultural Land. *J Environ Qual* 5, S. 113–116
- Smith, J.H. (1975): Sprinkler irrigation of potato processing waste water for treatment and disposal on land. In: *Waste Water Resource Manual*, Edward Norum, (Hg.), Sprinkler Irrigation Assn., Silver Spring
- Smith, J.H.; Hayden, C.W. (1984): Nitrogen Availability from Potato-Processing Wastewater for Growing Corn. *J Environ Qual* 13, S. 151–156
- Smith, J.H.; Peterson, J.R. (1982): Recycling of Nitrogen Through Land Application of Agricultural, Food Processing, and Municipal Wastes. In: ASA-CSSA-SSS (Hg.): *Nitrogen in Agricultural Soils*. Agronomy Monograph 22, S. 791–831
- Smith, J.H.; Robbins, C.W.; Bondurant, J.A.; Hayden, C.W. (1978): Treatment and Disposal of Potato Processing Waste Water by Irrigation. U.S. Department of Agriculture Conservation Research Report 22, 37 S.
- Smith, J.H.; Gilbert, R.G.; Miller, J.B. (1976): Redox Potentials and Denitrification in a Cropped Potato Processing Waste Water Disposal Field. *J Environ Qual* 5, S. 397–399
- Smith, J.H.; Robbins, C.W.; Hayden, C.W. (1975): Plant nutrients in potato processing waste water used for irrigation. In: *Proc. 26th Ann. Pae. NW Conf.*, Salt Lake City, July 15–17, S. 159–165
- Trojanowski, J.; Kharazipour, A.; Mayer, F.; Huttermann, A. (1995): Verwendung von Kartoffelpulpe und Kartoffelfruchtwasser als Nährmedium zur Anzucht von Laccase produzierenden Pilzen. *Starch/Stärke* 47, S. 116–118
- Urber, R. (2002): Biotechnologische Methoden zur effizienten Rohstoffnutzung. Habilitationsschrift, Univ. Hannover
- Werner, W.; Trimborn, M. (2006): Komplementäre Nährstoffträger: Potenziale und Probleme. In: *VDLUFA-Kongressband, VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 61/2006*, S. 25–39

Literatur zur Charakterisierung von Leguminosendüngern:

- Bedoussac, L.; Journet, E.-P.; Hauggaard-Nielsen, H.; Naudin, C.; Corre-Hellou, G.; Prieur, L.; Jensen, E.S.; Justes, E. (2012): Eco-functional intensification by cereal-grain legume intercropping in organic farming systems for increased yields, reduced weeds and improved grain protein concentration. In: *Organic Farming, prototype for sustainable agricultures?* Springer, Berlin
- Bibak, A.; Behrens, A.; Stürup, S.; Knudsen, L.; Gundersen, V. (1998): Concentrations of 55 Major and Trace Elements in Danish Agricultural Crops Measured by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. 2. Pea (*Pisum sativum* Ping Pong). *J Agric Food Chem* 46, S. 3146–3149
- Braun, A. (1999): Stickstoffversorgung im Ökologischen Frühgemüseanbau und Eignung von Körnerleguminosenschroten als organische N-Dünger. Diplomarbeit, Universität Gesamthochschule Kassel-Witzenhausen
- Bueno, P.; Tapias, R. López, F.; Díaz, M.J. (2008): Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. *Bioresource Technol* 99, S. 5069–5077
- Chae, Y.M.; Tabatabai, M.A. (1985): Mineralization of Nitrogen in Soils Amended with Organic Wastes. *J Environ Qual* 15, S. 193–198
- Crews, T.E.; Peoples, M.B. (2004): Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agric Ecosyst Environ* 102, S. 279–297
- Cuijpers, W.; Hospers-Brands, M. (2008): Hulpmeststoffen – Beschikbaarheid en opname van stikstof in de biologische teelt van zomertarwe. Louis Bolk Instituut, NL. (Hilfsmeststoffe: Verfügbarkeit und Aufnahme von Stickstoff im biologischen Anbau von Sommerweizen). Driebergen
- Ells, J.E.; MeSay, A.E.; Workman, S.M. (1991): Toxic Effects of Manure, Alfalfa, and Ammonia on Emergence and Growth of Cucumber Seedlings. *HortScience* 26, S. 380–383
- Engelmann, P.; Scheu-Helgert, M.; Schubert, W.; Rascher, B.; von Mansberg, A. (2008): Stickstoffdynamik im ökologischen Gemüsebau im Freiland mit organischen Düngern unter besonderer Berücksichtigung von Flachabdeckungen zur Verfrühung und Verlängerung der Anbausaison. Projektendbericht BLE-Projekt FKZ: 03OE031. Veitshöchheim
- Katroschan, K.-U. (2011): Narrow-leaved Lupine (*Lupinus angustifolius* L.) as Nitrogen Source in Or-

- ganic Vegetable Production Systems. Diss. Univ. Hannover
- Katroschan, K.-U.; Stützel, H. (2008): Mineralization of lupine seed meal and seedlings used as N fertilizer in organic vegetable production. <http://orprints.org/12677>, Zugriff am 15.12.2011
- Katroschan, K.-U.; Texeira, G.; Kahlen, K.; Stützel, H. (2012): Decomposition of lupine seeds and seedlings as N fertilizer in organic vegetable production. *Plant Soil* 357, S. 59–71
- Kelderer, M.; Topp, A.; Matteazzi, A.; Gramm, D. (2012): Langfristige Beobachtungen zur Stickstoffmineralisierung verschiedener organischer Handels- und Wirtschaftsdünger unter konstanten Bedingungen. Versuchsbericht des Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrums Laimburg/Südtirol. http://www.laimburg.it/download/Serie_3_Version_DEUT.pdf, Zugriff am 15.03.2013
- Koller, M., Alföldi, T. (2001): Düngemittel: Welche Dünger für die nächste Saison bestellen? *Bioaktuell* 9/01, S. 19–21
- Laber, H. (2007): Abschätzung der N-Freisetzung aus unterschiedlich bewirtschafteten Klee-, Klee- und Luzernebeständen im Verlauf nachfolgender Weißkohlkulturen und im zweiten Jahr nach Umbruch. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 19, Dresden
- Li, Z., Schulz, R.; Müller, T. (2009): Short term nitrogen availability from lupine seed meal as organic fertilizer is affected by seed quality at low temperatures. *Biol Agric Hort*, 26, S. 337–352
- Müller, T.; von Fragstein und Niemsdorff, P. (2006): Organic fertilizers derived from plant materials. Part I: Turnover in soil at low and moderate temperatures. *J Plant Nutr Soil Sc* 169, S. 255–264
- Nair, A.; Ngouajio, M.; Biernbaum, J. (2011): Alfalfa-based Organic Amendment in Peat-compost Growing Medium for Organic Tomato Transplant Production. *HortScience* 46, S. 253–259
- Qian, P.; Schoenau, J. J.; King, T.; Fatteicher, C. (2008): Effect of soil amendment with alfalfa pellets and glycerol on nutrition and growth of wheat. *Soils and Crops Workshop*. Saskatoon, Canada: University of Saskatchewan
- Rietberg, P.; ter Berg, C. (2012): BioKennis bericht Groene maaimeststoffen. Louis Bolk Instituut, Driebergen
- Sabahi, H.; Schulz, R.; Müller, T.; Li, Z. (2009): Nitrogen turnover of legume seed meals as affected by seed meal texture and quality at different temperatures. *Arch Acker Pfl Boden* 55, S. 671–682
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P. (2003): Vegetabile Dünger in Substraten für den ökologischen Gemüsebau. *Gemüse* 2, S. 18–22
- Scholberg, J.; ter Berg, C.; Staps, S.; van Strien, J. (2010): Minder en anders bemesten – Voordelen van maaimeststoffen voor de teelt van najaarsspinazie Resultaten veldproef bij Joost van Strien in Ens, 2009. Louis Bolk Instituut, Driebergen
- Sørensen, J.N.; Thorup-Kristensen, K. (2011): Plant-based fertilizers for organic vegetable production. *J Plant Nutr Soil Sc* 2011, 174, S. 321–332
- Stadler, Chr. (2006): Nitrogen release and nitrogen use efficiency of plant derived nitrogen fertilisers in organic horticultural soils under glasshouse conditions. Diss. TU München
- Stadler, Chr.; von Tucher, S.; Schmidhalter, U.; Gutser, R.; Heuwinkel, H. (2006): Nitrogen release from plant-derived and industrially processed organic fertilizers used in organic horticulture. *J Plant Nutr Soil Sc* 2006, 169, S. 549–556
- Stadler, Chr.; Heuwinkel, H. (2008): Vegetabile N-Dünger im ökologischen Gemüsebau. *Schule und Beratung*, Heft 1-2, S. III–9 – III–11
- Tabil, L.G.; Sokhansanj, S. (1997): Bulk properties of Alfalfa Grind in Relation to its Compaction Characteristics. *Appl Eng Agric* 13, S. 499–505
- van der Burgt, G.H.M.; Timmermans, B.G.H.; ter Berg, C. (2010): Minder en Anders Bemesten: Onderzoeksresultaat akkerbouw op klei. Maaimeststoffen bij aardappel, Van Strien 2010. Rapport 2010-023LbP. Louis Bolk Instituut, Driebergen
- van der Burgt, G.H.M.; Staps, J.J.M. (2010): Minder en Anders Bemesten. Onderzoeksresultaten tuinbouw op zand. Van Lierop 2008-2010. Rapport 2010-028LbP. Louis Bolk Instituut, Driebergen
- van der Burgt G.J.; Rietberg, P. (2011): Toepassing van maaimeststoffen. Publikationsnummer 2012-027 LbP. Louis Bolk Instituut, Driebergen
- van der Burgt, G.J.H.M.; ter Berg, C.; van Strien, J.; en Bokhorst, J. (2011): Stikstofvoorziening uit maaimeststoffen – Bedrijfsontwerp. Louis Bolk Instituut, Driebergen. Publikationsnummer 2011-008 LpB
- van der Burgt, G.J.H.M.; Timmermans, B.G.H.; Staps, J.J.M.; Haagsma, W. (2011): Minder en Anders Bemesten: Resultaten van een vierjarig project over innovatieve bemesting. Rapport 2010-032 LbP. Louis Bolk Instituut, Driebergen
- van Kessel, J.S.; Reeves III, J.B.; Meisinger, J.J. (2000): Nitrogen and Carbon Mineralization of Potential Manure Components. *J Environ Qual* 29, S. 1669–1677
- White, C.L.; Staines, V.E.; Staines, M. (2007): A review of the nutritional value of lupins for dairy cows. *Australian Journal of Agricultural Research* 58, S. 185–202

Xuan, T.D.; Tsuzuki, E. (2001): Effects of application of alfalfa pellet on germination and growth of weeds. *Journal of Crop Production* 4, S. 303–312

Literatur zur Charakterisierung von Maltaflor:

- Cuijpers, W.; Hospers-Brands, M (2008): Hulpmeststoffen – Beschikbaarheid en opname van stikstof in de biologische teelt van zomertarwe. Louis Bolk Instituut, Driebergen. (Hilfsmiststoffe: Verfügbarkeit und Aufnahme von Stickstoff im biologischen Anbau von Sommerweizen)
- Kolbe, H. (2007): Wirkungsgrad organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im ökologischen Landbau. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 9, S. 22–46
- Mietke, H.; Kretzschmar, A. (2004): Mikrobiologische Untersuchungen von Malzkeimen. VDLUFA-Kongressband 2004, S. 309–315
- Mietke-Hofmann, H.; Kretzschmar, A.; Gareis, M.; Bucher, E. (2008): Mikrobiologie von Malzkeimen. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hg.), Heft 31, Dresden
- Riehle, J.; Schulz, R.; Müller, T. (2007a): Purchasable and on farm produced plant based organic fertilizers. II. Yield response in organic vegetable production and nitrogen turnover (pot experiments). VDLUFA Kongressband 2006 Freiburg, S. 413–416
- Riehle, J.; Schulz, R.; Müller, T. (2007b): Purchasable and on farm produced plant based organic fertilizers. III. Yield response in organic vegetable production and nitrogen turnover (field experiments). VDLUFA Kongressband 2006 Freiburg, S. 417–420
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P. (2003): Vegetabile Dünger in Substraten für den ökologischen Gemüsebau. *Gemüse* 2, S. 18–22
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P. (2009): Vegetabile Dünger für die Anzucht von Salat-Jungpflanzen. Aus: www.berater-lkp.de, Zugriff am 01.02.2012

Literatur zur Charakterisierung von Maiskleber und anderen Rückständen der Maisstärkeherstellung:

- ADM (2008): Feed Ingredients Catalog. <http://www.adm.com/en-US/products/Documents/ADM-Feed-Ingredients-Catalog.pdf>, Zugriff am 01.04.2013
- Bangemann, B.R.; Christians, N.E. (1995): Greenhouse screening of com gluten meal as a natural control product for broadleaf and grass weeds. *HortScience* 30, S. 1256–1259
- Bothast, R.J.; Schlicher, M.A. (2005): Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Appl Microbiol Biotechnol* 67, S. 19–25
- Christians, N.; Liu, D.; Unruh, J.B. (2010): The Use of Protein Hydrolysates for Weed Control. In: Protein Hydrolysates in Biotechnology, Hg. V.K. Pasupuleti, A.L. Demain, S. 127–133
- Funaba, M.; Tanaka, T.; Kaneko, M.; Iriki, T.; Hatano Y.; Abe, M. (2001): Fish meal vs. corn gluten meal as a protein source of dry cat food. *J Vet Med Sci* 63, S. 1355–1357
- Funaba, M.; Matsumoto, C.; Matsuki, K.; Gotoh, K.; Kaneko, M.; Iriki, T.; Hatano, Y.; Abe, M. (2002): Comparison of corn gluten meal and meat meal as a protein source in dry foods formulated for cats. *Am J Vet Res* 63, S. 1247–1251
- Funaba, M.; Oka, Y.; Kobayashi, S.; Kaneko, M.; Yamamoto, H.; Namikawa, K.; Iriki, T.; Hatano, Y.; Abe, M. (2005): Evaluation of meat meal, chicken meal, and corn gluten meal as dietary sources of protein in dry cat food. *Can J Vet Res* 69, S. 299–304
- Huige, N.J. (2006): Brewery By-Products and Effluents. In: F.G. Priest, G.G. Stewart (Hg.), *Handbook of Brewing*, S. 655–713
- Hull, S.R.; Montgomery, R.M. (1995): Myo-Inositol phosphates in corn steep water. *J Agric Food Chem* 43, S. 1516–1523
- Hull, S.R.; Yang, B.Y.; Venzke, D.; Kulhavy, K.; Montgomery, R. (1996): Composition of Corn Steep Water during Steeping. *J Agric Food Chem* 44, S. 1857–1863
- Imam, S.H.; Gordon, S.H. (2002): Biodegradation of Coproducts from Industrially Processed Corn in a Compost Environment. *Journal of Polymers and the Environment* 10, S. 147–154
- Liu, D.L.; Christians, N.E. (1994): Isolation and identification of root-inhibiting compounds from corn gluten hydrolysate. *J Plant Growth Regul* 13, S. 227–230
- Liu, D.L.; Christians, N.E. (1997): Inhibitory activity of com gluten hydrolysate on monocotyledonous and dicotyledonous species. *HortScience* 32, S. 243–245
- Liu, D.L.; Christians, N.E.; Garbutt, J.T. (1994): Herbicidal activity of a hydrolyzed com gluten meal on three grass species under controlled environments. *J Plant Growth Regul* 13, S. 221–226
- McDade, M.C.; Christians, N.E. (2000): Corn gluten meal – a natural preemergence herbicide: effect on vegetable seedling survival and weed cover. *Am J Alternative Agr* 15, S. 189–191
- Schroeder, J.W. (2012): Corn Gluten Feed – Composition, Storage, Handling, Feeding and Value.

- <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1127.pdf>, Zugriff am 09.05.2013
- Schultheiß, U.; Döhler, H.; Roth, U.; Eckel, H.; Goldbach, H.; Kühnen, V.; Wilcke, W.; Uihlein, A.; Fruchtenicht, K.; Steffens, G. (2004): Erfassung von Schwermetallströmen in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben und Erarbeitung einer Konzeption zur Verringerung der Schwermetalleinträge durch Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in Agrarökosysteme. Forschungsbericht 299, S. 72–104, UBA-FB 000580. KTBL (Hg.), Darmstadt
- Stadler, Chr. (2006): Nitrogen release and nitrogen use efficiency of plant derived nitrogen fertilisers in organic horticultural soils under glasshouse conditions. Diss. TU München
- Stadler, Chr.; von Tucher, S.; Schmidhalter, U.; Gutser, R.; Heuwinkel, H. (2006): Nitrogen release from plant-derived and industrially processed organic fertilizers used in organic horticulture. *J Plant Nutr Soil Sc* 169, S. 549–556
- Wang, W.-X.; Onsanit, S.; Dang, F. (2012): Dietary bioavailability of cadmium, inorganic mercury, and zinc to a marine fish: Effects of food composition and type. *Aquaculture* 356–357, S. 98–104
- Wilcke, W.; Döhler, H. (1995): Schwermetalle in der Landwirtschaft. KTBL-Arbeitspapier 217. KTBL, Darmstadt

Literatur zur Charakterisierung von Schlemphen:

- Alotaibi, K.D.; Schoenau, J.J. (2012): Biofuel Production Byproducts as Soil Amendments. In: E. Lichtfouse (Hg.): *Organic Fertilisation, Soil Quality and Human Health, Sustainable Agriculture Reviews* 9, S. 67–91
- Aufhammer, W.; Kübler, E.; Kaul, H.P. (1996): Untersuchungen zur Anpassung des Stickstoffangebots aus unterschiedlichen N-Quellen an den Verlauf der N-Aufnahme von Maisbeständen. *Z Pflanzenernähr Boden* 159, S. 471–478
- Behmel, U.; Gleixner, A. (1998): Biogaserzeugung aus Brennereischlempe – Eine wirtschaftliche Ergänzung zum Brennereibetrieb. *Handb. Brennerei- Alkoholwirtsch* 45, S. 331–349
- Belyea, R.; Eckhoff, S.; Wallig, M.; Tumbleson, M. (1998): Variability in the nutritional quality of distillers solubles. *Bioresource Technol* 66, S. 207–212
- Belyea R.; Clevenger, T.; Singh, V.; Tumbleson, M.; Rausch, K. (2006): Element concentrations of dry-grind corn-processing streams. *Appl Biochem Biotech* 134, S. 113–128
- Bosch, J. (1991): Die Schlempe aus landwirtschaftlichen Brennereien als Dünger für die Felder. *Handb. Brennerei- Alkoholwirtsch* 38, S. 457–456
- Cayueta, M.L.; Oenema, O.; Kuikman, P.J.; Bakker, R.R.; van Groenigen, J.W. (2010): Bioenergy by-products as soil amendments? Implications for carbon sequestration and greenhouse gas emissions. *GCB Bioenergy* 2, S. 201–213
- España-Gamboa, E.; Mijangos-Cortes, J.; Barahona-Perez, L.; Dominguez-Maldonado, J.; Hernández-Zarate, G.; Alzate-Gaviria, L. (2011): Vinasses: characterization and treatments. *Waste Manage Res* 29, S. 1235–1250
- Fauth, G. (1998): Schlempe im neuen Düngemittelrecht. *Handb. Brennerei- Alkoholwirtsch* 45, S. 359–366
- Gangl, C. (2004): Ethanolherzeugung aus stärkehaltigen Rohstoffen für Treibstoffzwecke. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Institut für Agrar- und Forstökonomie, Wien
- Gutser, R. (1998): Stickstoffumsatz, Lagerverhalten und optimale Verwertung von Schlempe auf landwirtschaftlichen Flächen. *Branntweinwirtsch.* 138, S. 2–6
- Gutser, R. (2004): Organische Stoffe bewerten. *DLG-Mitteilungen* 12, S. 12–15
- Gutser, R.; Amberger, A. (1989): Verwertung von Schlempe als organischer Dünger in der Landwirtschaft. *Branntweinwirtsch.* 129, S. 178–180
- Hiendl, J.G. (2010): Untersuchungen zum ruminalen Abbau des Proteins von Nebenprodukten aus der Bioethanolherstellung in situ und mit einer neuen in vitro-Methode sowie Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die praktische Milchkuhfütterung. Diss. Universität Leipzig
- Liu, K.; Han, J. (2011): Changes in mineral concentrations and phosphorus profile during dry-grind processing of corn into ethanol. *Bioresource Technol* 102, S. 3110–3118
- Moore, A. (2011): Fertilizer Potential of Biofuel Byproducts. In: *Biofuel Production-Recent Developments and Prospects*, Hg. M.A. dos Santos Bernardes. <http://www.intechopen.com/books/biofuel-production-recent-developments-and-prospects/fertilizer-potential-of-biofuel-byproducts>, Zugriff am 24.02.2013
- Nelson, K.A.; Motavalli, P.P.; Smoot, R. L. (2009): Utility of Dried Distillers Grain as a Fertilizer Source for Corn. *Journal of Agricultural Science* 1, S. 1–12
- Noureddini, H.; Malik, M.; Byun, J.; Ankeny, A.J. (2009): Distribution of phosphorus compounds in corn processing. *Bioresource Technol* 100, S. 731–736
- Pedersen, C.; Jonsson, H.; Lindberg, J.E.; Roos, S. (2004): Microbiological Characterization of Wet

- Wheat Distillers' Grain, with Focus on Isolation of Lactobacilli with Potential as Probiotics. *Appl Environ Microbiol* 2004, S. 1522–1527
- Qian, P.; Schoenau, J.J.; King, T.; Fatteicher, C. (2011): Effect of soil amendment with alfalfa powders and distillers grains on nutrition and growth of canola. *J Plant Nutr* 34, S. 1403–1417
- Rausch, K.; Belyea, R. (2006): The future of coproducts from corn processing. *Appl Biochem Biotech* 128, S. 47–86
- Rosenberger, A.; Kaul, H.P.; Senn, T.; Aufhammer, W. (2000): Optimierung der Produktion von Wintergetreide zur Bioethanolherstellung durch unterschiedlich intensive Anbauverfahren. *J Agron Crop Sci* 185, S. 55–65
- Schmitz, N. (2003): Bioethanol in Deutschland. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster
- Sosulski, K.; Wang, S.; Ingledew, W.; Sosulski, F.; Tang, J. (1997): Preprocessed barley, rye, and triticale as a feedstock for an integrated fuel ethanol-feedlot plant. *Appl Biochem Biotech* 63, S. 59–70
- Wilkie, A.; Riedesel, K.; Owens, J. (2000): Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass Bioenerg* 19, S. 63–102

Literatur zur Charakterisierung von Biosol:

- Dierend, W.; Schacht, H.; Fründ, H.-C.; Schütt, C. (2006): N-Freisetzung von organischen N-Düngern unter überdachten Bracheparzellen. *Erwerbs-Obstbau* 48, S. 99–107
- Heijnen, J.J.; Roels, J.A.; Stouthamer, A.H. (1979): Application of Balancing Methods in Modeling the Penicillin Fermentation. *Biotechnol Bioeng* 21, S. 2175–2201
- Heller, W.E.; Neuweiler, R.; Krauss, J. (2007): Erste Erfahrungen mit dem Einsatz von Chitin gegen die Kohlhernie. *Der Gemüsebau* 6, S. 15–17
- Heller, W.E. (2009): Einsatz von Chitin als Bodenverbesserungsmittel gegen *Pyrenochaeta lycopersici*. In: Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.-13.02.2009, Hg. J. Mayer et al., S. 342–343
- Kelderer, M.; Topp, A.; Matteazzi, A.; Gramm, D. (2012): Langfristige Beobachtungen zur Stickstoffmineralisierung verschiedener organischer Handels- und Wirtschaftsdünger unter konstanten Bedingungen. Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg/Südtirol. http://www.laimburg.it/download/Serie_3_Version_DEUT.pdf, Zugriff am 15.03.2013
- Stadler, Chr. (2006): Nitrogen release and nitrogen use efficiency of plant derived nitrogen fertilisers in organic horticultural soils under glasshouse conditions. Diss. TU München
- Stadler, Chr.; von Tucher, S.; Schmidhalter, U.; Gutser, R.; Heuwinkel, H. (2006): Nitrogen release from plant-derived and industrially processed organic fertilizers used in organic horticulture. *J Plant Nutr Soil Sc* 169, S. 549–556

Literatur zur Charakterisierung von Hydrolysaten:

- Basu, B.; Banik, A.J. (2005): Production of protein rich organic fertilizer from fish scale by a mutant *Aspergillus niger* AB100 – A media optimization study. *J Sci Ind Res India* 64, S. 293–298
- Brodersen, J.; Rießen, S.; Antranikian, G.; Märks, H. (2003): Umweltfreundliche Aufbereitung von Hühnerfedern mittels extremthermophiler Bakterien und thermostabilen Enzymen. *Transkript Sonderband* 2003, S. 17–19
- Cao, Z.-J.; Lu, D.; Lou, L.-S.; Deng, Y.-X.; Bian, Y.-G.; Zhang, X.-Q.; Zhou, M.-H. (2012): Composition analysis and application of degradation products of whole feathers through a large scale of fermentation. *Environ Sci Poll Res* 19, S. 2690–2696
- Cavani, L.; Ciavatta, C.; Gessa, C. (2003): Determination of free L- and D-alanine in hydrolysed protein fertilisers by capillary electrophoresis. *J Chromatogr A* 985 S. 463–469
- Chalamaiah, M.; Dinesh Kumar, B.; Hemalatha, R.; Jyothirmayi, T. (2012): Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry* 135, S. 3020–3038
- Choi, J.-M.; Nelson, P.V. (1996): Developing a Slow-release Nitrogen Fertilizer from Organic Sources: II. Using Poultry Feathers. *J Amer Soc Hort Sci* 121, S. 634–638
- Chojnacka, K.; Górecka, H.; Michalak, I.; Górecki, H. (2011): A Review: Valorization of Keratinous Materials. *Waste Biomass Valor* 2, S. 317–321
- Dalev, P.G. (1994): Utilization of waste feather from poultry slaughter for production of a protein concentrate. *Bioresource Technol* 48, S. 265–267
- Franke-Whittle, I.H.; Insam, H. (2013): Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: A review. *Crit Rev Microbiol* 39, 139–151

- Gousterova, A.; Nustorova, M.; Christov, P.; Nedkov, P.; Neshev, G.; Vasileva-Tonkova, E. (2008): Development of a biotechnological procedure for treatment of animal wastes to obtain inexpensive biofertilizer. *World J Microbiol Biotech* 24, S. 2647–2652
- Grazziotin, A.; Pimentel, F.A.; de Jong, E.V.; Brandelli, A. (2007): Nutritional improvement of feather protein by treatment with microbial keratinase. *Anim Feed Sci Tech* 126, S. 135–144
- Gwyther, C.L.; Williams, A.P.; Golyshin, P.N.; Edwards-Jones, G.; Jones, D.L. (2011): The environmental and biosecurity characteristics of livestock carcass disposal methods: A review. *Waste Manage* 31, S. 767–778
- Kaye, G.I.; Weber, P.B.; Evans, A.; Venezia, R.A. (1998): Efficacy of Alkaline Hydrolysis as an Alternative Method for Treatment and Disposal of Infectious Animal Waste. Department of Pathology and Laboratory Medicine and Department of Biochemistry and Molecular Biology, Albany Medical College
- Kelderer M.; Matteazzi, A.; Topp, A.; Gramm, D. (2010): Längerfristige Beobachtungen zur Stickstoffmineralisierung verschiedener organischer Handels- und Wirtschaftsdünger unter konstanten Bedingungen – Eine Übersicht. Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg/Südtirol
- Kristinsson, H.G.; Rasco, B.A. (2000): Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical, and Functional Properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 40, S. 43–81
- Lasekan, A.; Abu Bakar, F.; Hashim, D. (2013): Review: Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Manage* 33, S. 552–565
- Latshaw, J.D.; Musharaf, N.; Retrum, R. (1994): Processing of feather meal to maximize its nutritional value for poultry. *Anim Feed Sci Tech* 47, S. 179–188
- Murphy, R.G.L.; Scanga, J.A.; Powers, B.E.; Pilon, J.L.; Vercauteren, K.C.; Nash, P.B.; Smith, G.C.; Belk, K.E. (2009): Alkaline hydrolysis of mouse-adapted scrapie for inactivation and disposal of prion-positive material. *J Anim Sci* 87, S. 1787–1793
- NABC (2004): Carcass disposal: a comprehensive review. Report written for the USDA Animal and Plant Health Inspection Service. National Agricultural Biosecurity Centre, Kansas State University, Kansas
- Neyens, E.; Baeyens, J.; Creemers, C. (2003): Alkaline thermal sludge hydrolysis. *J Hazard Mater* 97, S. 295–314
- Nustorova, M., Braikova, D., Gousterova, A., Tonkova, E.V., Nedkov, P., (2006): Chemical, microbiological and plant analysis of soil fertilized with alkaline hydrolysate of sheep's wool waste. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 22, S. 383–390
- Onifade, A.A.; Al-Sane, N.A.; Al-Musallam, A.A.; Al-Zarban, S. (1998): A review: potentials for biotechnological applications of keratin-degrading microorganisms and their enzymes for nutritional improvement of feathers and other keratins as livestock feed resources. *Bioresource Technol* 66, S. 1–11
- Paul, T.; Halder, S.K.; Das, A.; Bera, S.; Maity, C.; Mandal, A.; Das, P.S.; Das Mohapatra, P.K.; Pati, B.R.; Mondal, K.C. (2013): Exploitation of chicken feather waste as a plant growth promoting agent using keratinase producing novel isolate *Paenibacillus woosongensis* TKB2. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 2, S. 50–57
- Shafer, D.J.; Carey, J.B.; Burgess, R.P.; Conrad, K.A.; Prochaska, J.F. (2000): Chemical preservation of whole broiler carcasses utilizing alkaline hydroxides. *Poultry Sci* 79, S. 1517–1523
- Shafer, D.J.; Burgess, R.P.; Conrad, K.A.; Prochaska, J.F.; Carey, J.B. (2001): Characterization of alkaline hydroxide-preserved whole poultry as byproduct meal. *Poultry Sci* 80, S. 1543–1548
- Thacker, H.L. (2004): Alkaline Hydrolysis. In: National Agricultural Biosecurity Center Consortium (Hg.): *Carcass Disposal: A Comprehensive Review*. Kansas State University, Kansas
- Thuriès, L.; Pansu, M.; Feller, C.; Herrmann, P.; Rémy, J.-C. (2001): Kinetics of added organic matter decomposition in a Mediterranean sandy soil. *Soil Biol Biochem* 33, S. 997–1010

10 Übersicht der Veröffentlichungen im Berichtszeitraum, geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

10.1 Tagungsbeiträge

- Möller, K. (2013): Stickstoff- und Phosphorversorgung im ökologischen Gemüsebau. Beitrag im Rahmen des Workshops „Stickstoffversorgung im ökologischen Gemüsebau“. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Bonn.

- Möller, K. & U. Schultheiß (2013): Charakterisierung und Eignung von organischen Handelsdüngemitteln für den Einsatz im ökologischen Landbau. In: D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm & U. Köpke (Hrsg.): Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau - Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landbewirtschaftung. Köster, Berlin, S. 224-227.
- Möller, K. & U. Schultheiß (2013): Evaluation of the characteristics of commercial organic fertilizers for use in intensive vegetable organic cropping systems. In: Book of Abstracts RAMIRAN 2013-Tagung, Versailles 3.-5. Juni 2013, S. 145.
- Möller, K. & U. Schultheiß (2013): Fertilizer management and evaluation of the characteristics of commercial organic fertilizers for use in intensive vegetable organic cropping systems. Vortrag im Rahmen des 2nd International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture, 28.-31. Oktober in Avignon/Frankreich.

10.2 Vorträge vor Praktikern und Beratern

- 9. November 2012: Schwedische Landbauuniversität in Alnarp bei Malmö.
- 4. Dezember 2012: Praktikertagung in Bad Sassendorf bei Soest „Feldgemüsebau – professionell Gemüse anbauen und vermarkten“ mit dem Titel „Charakterisierung und Eignung von organischen Handelsdüngemitteln für den Einsatz in intensiven Gemüsebaukulturen“.
- 23. Januar 2013: Jahrestagung der Soil Association, der britischen Gesellschaft für Ökologischen Landbau.
- 24. Januar 2013: Rauischholzhausen, Gärtnertagung, Titel „Charakterisierung und Eignung von organischen Handelsdüngemitteln für den Einsatz in intensiven Gemüsebaukulturen“.
- 28. Januar 2013: Bioland-Wintertagung in Hamm/Westfalen: „Charakterisierung und Eignung von organischen Handelsdüngemitteln für den Einsatz in intensiven Gemüsebaukulturen“.
- 04. Februar 2013: Praktikertagung „Feldgemüsebau“ in Bad Kreuznach: „Charakterisierung und Eignung von organischen Handelsdüngemitteln für den Einsatz in intensiven Gemüsebaukulturen“.
- 25. März 2013: Arbeitsgruppentreffen der EU-Cost Action FA 1105 „Biogreenhouse – Towards a sustainable and productive organic greenhouse horticulture“.
- 25.-27. November 2013: Öko-Gemüsebauseminar in Dachau bei München. Gemeinschaftstagung der Verbände Bioland, Naturland und Demeter.
- 14.-17. Januar 2014: Bioland-Wintertagung in Baden-Württemberg.

10.3 Sonstige Veröffentlichungen

KTBL (2014): Organische Handelsdüngemittel im ökologischen Landbau - Charakterisierung und Empfehlungen für die Praxis. KTBL-Schrift 499.

Diese KTBL-Schrift enthält Datenblätter und Merkblätter mit einer ausführlichen Beschreibung der Düngemittel und Anwendungsempfehlungen, die für alle Regionen einsetzbar sind. Zielgruppe sind vor allem Praxis und Beratung des ökologischen Landbaus sowie Wissenschaft, Institutionen, Firmen und Industrievertreter.

- Möller, K., U. Schultheiß (2013): Organische Handelsdünger genauer betrachtet. Bioland, Heft 06, S. 14-15.

10.4 Geplante wissenschaftliche Veröffentlichungen:

- Möller, K., Schultheiß, U.: Survey of the nutrient and pollutant contents of commercial organic fertilizers used in intensive organic cropping systems and their implications for fertilization management.
- Möller, K., Schultheiß, U.: Parameters to characterize and evaluate the composition of commercial organic fertilizers used in intensive organic cropping systems.