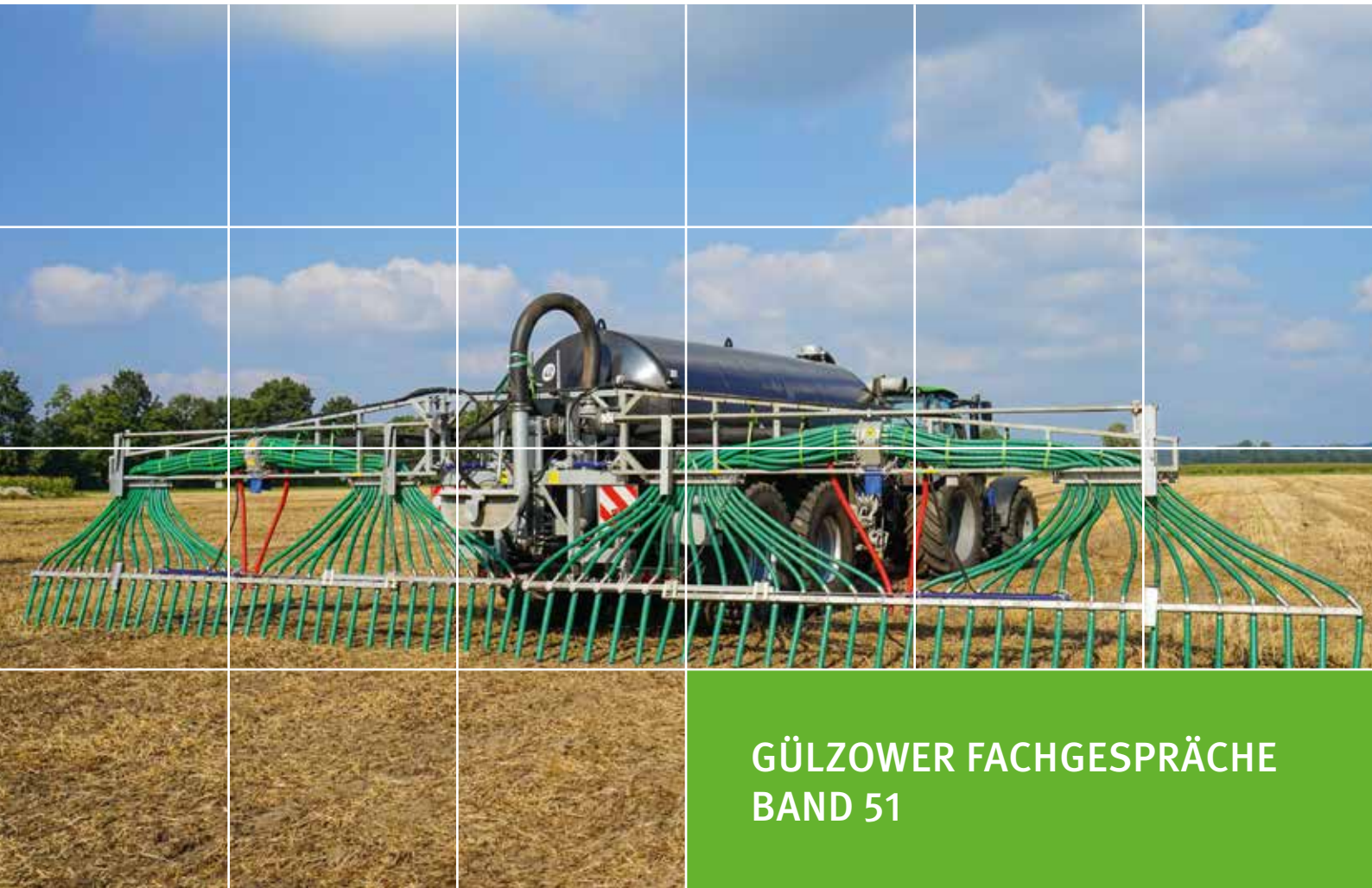


fnr.de

PFLANZENBAULICHE VERWERTUNG VON GÄRRÜCKSTÄNDEN AUS BIOGASANLAGEN

FACHTAGUNG • 10.–11. MÄRZ 2015 • BERLIN



GÜLZOWER FACHGESPRÄCHE
BAND 51

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages


Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: countrypixel/fotolia.com

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Artikelnummer 794
FNR 2015

Alle Rechte vorbehalten.

Für die Ergebnisdarstellung mit Schlussfolgerungen, Konzepten und fachlichen Empfehlungen sowie die Beachtung etwaiger Autorenrechte sind ausschließlich die Verfasser zuständig. Daher können mögliche Fragen, Beanstandungen oder Rechtsansprüche u. ä. nur von den Verfassern bearbeitet werden. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dergleichen in dieser Veröffentlichung berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei betrachtet und damit von jedermann benutzt werden dürften. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen. Die aufgeführten Bewertungen und Vorschläge geben nicht unbedingt die Meinung des Herausgebers wieder.

ISBN 978-3-942147-27-9

GÜLZOWER FACHGESPRÄCHE

BAND 51

FACHTAGUNG PFLANZENBAULICHE VERWERTUNG VON
GÄRRÜCKSTÄNDEN AUS BIOGASANLAGEN
AM 10.–11. MÄRZ 2015 IN BERLIN

Veranstalter

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Ideeller Partner

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der
Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)
Philippstraße 13
10115 Berlin
www.iasp.asp-berlin.de

Fachliche Koordination

Sarah Becker, Detlef Riesel, Dr. Petra Schüsseler, Henryk Stolte –
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Dr. Stefan Köhler – Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der
Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

Organisation

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Abteilung Öffentlichkeitsarbeit
<http://veranstaltungen.fnr.de/gaerresttagung2015>

Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), OT Gülzow, Hofplatz 1, 18276 Gülzow-Prüzen

INHALT

Impressum 2

Inhalt 4

ERÖFFNUNG UND GRUSSWORTE

Grußwort 7

Dr.-Ing. Andreas Schütte, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Forschung zu Gärrückständen im Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe 8

Dr. Steffen Daebeler, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Die neue Düngeverordnung unter besonderer Berücksichtigung organischer Düngemittel

Hubert Honecker, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Kurzversion 9

Ausführlicher Tagungsbeitrag 10

CHARAKTERISIERUNG UND AUFBEREITUNG VON GÄRRÜCKSTÄNDEN

Verfahren der Aufbereitung von Gärrückständen

Dr. Sebastian Wulf, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.

Kurzversion 19

Ausführlicher Tagungsbeitrag 20

Verwertung innovativer Gärprodukte zur langfristigen Verbesserung des Bodenlebens und der Bodenfunktionen im Landbau

Prof. Dr. Rainer Horn, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Kurzversion 35

Ausführlicher Tagungsbeitrag 37

Innovative Makroverkapselung von Gärresten

Prof. Dr. Satyanarayana Narra, Technischer Umwelt- und Klimaschutz, Fachhochschule Lübeck

Kurzversion 46

Ausführlicher Tagungsbeitrag 47

Untersuchungen zur Aufbereitung und Verwertung von Gärrückständen aus der Bioabfallvergärung

Dr. Verena Wragge, Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin

Kurzversion 54

Ausführlicher Tagungsbeitrag 55

PFLANZENBAULICHE ASPEKTE

GÄRWERT – Düngungsversuche und Charakterisierung der Aufbereitungsprodukte aus pflanzenbaulicher Sicht

Dr. Kurt Möller, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften der Universität Hohenheim

Kurzversion	63
Ausführlicher Tagungsbeitrag	64

Eigenschaften von Gärresten und deren Wirkung auf Ertrag und Bodeneigenschaften

Dr. Gerd Reinhold, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

Kurzversion	73
Ausführlicher Tagungsbeitrag	74

Optimierter Gärrest-Einsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA

Jonas Haag, Technologie- und Förderzentrum Bayern

Kurzversion	87
Ausführlicher Tagungsbeitrag	88

STOFFKREISLÄUFE: DÜNGUNG UND NÄHRSTOFFE

Mobilität von Stickstoff aus Gärrückständen

Dr. Jürgen Reinhold, Förderverband Humus e. V.

Kurzversion	99
Ausführlicher Tagungsbeitrag	101

Landtechnische Aspekte der Ausbringung von Gärrückständen

Norbert Bleisteiner, Landmaschinenschule Triesdorf

Kurzversion	112
Ausführlicher Tagungsbeitrag	113

Gärrückstände als Alternativdünger für die Algenproduktion

Rudolf Cordes, NOVAgreen Projektmanagement GmbH

Kurzversion	142
Ausführlicher Tagungsbeitrag	143

STOFFKREISLÄUFE: HUMUS UND THG

Mineralisierung von Gärprodukten im Boden

Kerstin Nielsen, Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin

Kurzversion	152
Ausführlicher Tagungsbeitrag	153

Humuswirkung, Humusreproduktionskoeffizienten und Gärrückstände

Prof. Dr. Christof Engels, Albrecht Daniel Thaer-Institut, Humboldt-Universität zu Berlin

Kurzversion	160
Ausführlicher Tagungsbeitrag	161

Treibhausgasemissionen nach der Düngung mit Gärrückständen

Prof. Dr. Jürgen Augustin, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Landschaftsbiogeochemie

Kurzversion	174
Ausführlicher Tagungsbeitrag	175

ÖKONOMISCHE UND RECHTLICHE ASPEKTE

Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens von Gärrückständen zu Düngezwecken

Karin Luyten-Naujoks, Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.

Kurzversion	183
Ausführlicher Tagungsbeitrag	185

Vermarktung von Biogas-Gärprodukten – die Perspektive der Anbieter

Prof. Dr. Carsten Herbes, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Kurzversion	204
Ausführlicher Tagungsbeitrag	206

Ökonomische Betrachtung der Ausbringung von Gärrückständen

Prof. Dr. Joachim Aurbacher, Institut für Betriebslehre der Agrarund Ernährungswirtschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen

Kurzversion	215
Ausführlicher Tagungsbeitrag	216

ÖKOLOGISCHE ASPEKTE

Einfluss des Biogasprozesses auf die hygienische Qualität von Gärresten

Dr. Helge Lorenz, Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH

Kurzversion	228
Ausführlicher Tagungsbeitrag	229

Gärrückstände und Gewässerschutz

Dr. Christine v. Buttler, Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt

Kurzversion	243
Ausführlicher Tagungsbeitrag	244

Wechselwirkung zwischen Gärprodukten und der mikrobiologischen Aktivität

Prof. Dr. Manfred Bölter, Institut für Ökosystemforschung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Kurzversion	255
Ausführlicher Tagungsbeitrag	256

Standortabhängige Bilanzierung ökologischer Faktoren beim Einsatz von Gärrückständen

Dr. Matthias Wilms, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V.

Kurzversion	267
Ausführlicher Tagungsbeitrag	268

GRUSSWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,
im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft richtete die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) am 10. und 11. März 2015 die zweite Fachtagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“ aus. Das Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin hat die Fachveranstaltung als wissenschaftlicher Partner begleitet.

Die in den fast 8.000 deutschen Biogasanlagen anfallende Menge an Gärrückständen kann sowohl in der konventionellen Landwirtschaft als auch im ökologischen Landbau zu einer Substitution anderer organischer und mineralischer Düngemittel beitragen und helfen, Bodenfruchtbarkeit und Bodenstruktur zu verbessern. Beim Einsatz der Gärrückstände sind jedoch auch die Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Luft und Klima zu berücksichtigen. Auf der Fachtagung wurden neue Entwicklungen und der aktuelle Stand der Forschung zum Einsatz von Gärrückständen aufgezeigt und diskutiert. Dies betrifft insbesondere Ergebnisse zur Humus- und Nährstoffwirkung, anwendbare rechtliche Rahmenbedingungen und einige praktische Fragen der Düngung mit Gärrückständen.

Die Fachtagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“ richtete sich an Biogasanlagenbetreiber, Landwirte, Umweltverbände, Wissenschaftler sowie politische und kommunale Entscheidungsträger. Sie legte den derzeitigen Wissensstand dar, stellte aktuelle Forschungsprojekte vor, zeigte Potenziale und Grenzen der Gärrestnutzung auf und hilft mit, durch diese besseren Kenntnisse eine breitere Akzeptanz der verantwortungsvollen pflanzenbaulichen Gärrestnutzung zu schaffen.



Dr.-Ing. Andreas Schütte
Geschäftsführer, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.



Forschung zu Gärrückständen im Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe

Dr. Steffen Daebeler (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.)

Die Produktion von Biogas hat in Deutschland mit ca. 8.000 betriebenen Biogasanlagen und einer installierten Leistung von ca. 4 GW einen wichtigen Stellenwert im Segment erneuerbare Energien. In diesen Anlagen fallen neben dem Energieträger Biogas jährlich mehrere Millionen Tonnen Gärrückstände an. Als Grundlage für die Gestaltung möglichst ausgeglichener Humus- und Nährstoffbilanzen wächst in der landwirtschaftlichen Praxis die Bedeutung der pflanzenbaulichen Verwertung anfallender Gärprodukte. Sowohl in der konventionellen Landwirtschaft als auch im ökologischen Landbau kann somit ein Beitrag zur Substitution anderer organischer und mineralischer Düngemittel geleistet werden.

Fachgespräche, Rückkopplungen aus der Praxis sowie wissenschaftliche Ergebnisse aus der Forschung ergaben erheblichen Forschungsbedarf für den Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung organischer Reststoffe aus Biomassekonversionsanlagen. Der im Jahr 2011 veröffentlichte Förderschwerpunkt „Untersuchungen zur Humus- und Nährstoffwirkung organischer Reststoffe aus Biomassekonversionsanlagen“ im Sondervermögen „Energie- und Klimafonds“ der Bundesregierung greift entsprechende Fragestellungen auf. Gegenstand des Schwerpunktes sind dabei neben der direkten pflanzenbaulichen Wirkung der organischen Düngung auch umweltrelevante Untersuchungen, welche die Schutzgüter Boden, Klima, Wasser und Biodiversität betreffen sowie ökonomische Betrachtungen.

Seit der Erweiterung des Förderprogramms Nachwachsende Rohstoffe um den Bereich Biogas im Jahr 2001 beinhaltet die Projektförderung der FNR insgesamt rund 350 laufende und abgeschlossene Projekte im Bereich Biogas. Mit der umfassenden Thematik der Gärrestnutzung befassen sich aktuell 13 laufende Projekte. Im Vordergrund der Untersuchungen stehen dabei die Aufbereitung von Gärrückständen und deren Humus- und Nährstoffwirkung. Betrachtungen von Stoffkreisläufen, sowie ökologische und ökonomische Aspekte beim Einsatz von Gärresten sind ebenso Gegenstand aktueller Forschung.

Die positive Resonanz der erstmalig im Jahr 2013 durchgeführten Fachtagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“ bestätigte die Aktualität und Praxisrelevanz der Thematik. Die hohe praktische Bedeutung der vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gemeinsam mit der FNR deutlich verstärkten Forschungsförderung zur pflanzenbaulichen und ökologischen Wirkung organischer Reststoffe aus Biomassekonversionsanlagen wurde mit den Ergebnissen der Veranstaltung bestätigt.

Inzwischen liegen Forschungsergebnisse der letzten zwei Jahre vor, sodass die diesjährige Fachtagung helfen soll, den derzeitigen Wissensstand, aktuelle Forschungsprojekte und Ergebnisse vorzustellen, sowie Entwicklungen bezüglich des Einsatzes von Gärrückständen, insbesondere in der Düngungspraxis aufzuzeigen. Mit der Novellierung der Düngeverordnung, deren Entwurf im Dezember 2014 vorgelegt wurde, zeichnen sich Änderungen der beim Düngereinsatz einzuhaltenden rechtlichen Rahmenbedingungen ab. Über die geplanten Auswirkungen der Novelle auf den Einsatz von Gärrückständen wird informiert. Potenziale und Grenzen der Gärrestnutzung werden aufgezeigt und durch diese besseren Kenntnisse eine breitere Akzeptanz der verantwortungsvollen pflanzenbaulichen Gärrestnutzung geschaffen.

Ich wünsche allen eine informative Lektüre und bedanke mich für die gute Zusammenarbeit mit dem Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin.

Die neue Düngeverordnung unter besonderer Berücksichtigung organischer Düngemittel

Hubert Honecker (*Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft*)

Der Referentenentwurf der Bundesregierung zur Düngeverordnung wurde am 19.12.2014 in die Länder- und Verbändebeiträge gegeben. Diese haben zwischenzeitlich Ihre Stellungnahmen abgegeben. Aus der Länder- und Verbändebeiträge sind zahlreiche Anregungen hervorgegangen, die jetzt zu prüfen sind und zu denen wir mit den Ressorts und der EU-Kommission eine gemeinsame Haltung erarbeiten werden.

In dem Entwurf den das BMEL vorgelegt hat, wurde jedoch aus BMEL Sicht in den konstruktiven Ressortverhandlungen insgesamt ein tragfähiger Kompromiss für die Landwirtschaft und den Gewässerschutz erreicht.

Kernpunkte der neuen Düngeverordnung sind:

- Das System der Düngebedarfsermittlung wurde weiterentwickelt und präzisiert. Die Kommission hat sich intensiv mit der vorgenommenen Weiterentwicklung unseres bisherigen Systems befasst und dieses zwischenzeitlich anerkannt. Damit gewährleisten wir auch künftig die Produktion von hochwertigen Nahrungs- und Futtermitteln sowie von Rohstoffen zur Energieerzeugung in Deutschland. Es ist somit gelungen feste Obergrenzen wie z. B. in Dänemark durch ein am Nährstoffbedarf der Pflanzen orientiertes System in Deutschland zu ersetzen.
- Das Zeitfenster für die Düngung im Herbst musste weiter eingeschränkt werden, aber es wurde ein für die Landwirtschaft und die Wasserwirtschaft akzeptabler Kompromiss gefunden, wenn Kulturen mit Stickstoffbedarf im Herbst folgen. Grundsätzlich werden die Sperrzeiten ausgedehnt, zusätzlich sollen die Länder diese Sperrzeiten flexibel gestalten, d. h. verschieben können, um auf regionale Bestands- und Witterungsverhältnisse im Sinne des Gewässerschutzes angemessen reagieren zu können.
- Im Sinne eines ausreichenden Gewässerschutzes waren wir auch gezwungen, die Mindestabstände bei der Stickstoff- und Phosphatdüngung zu Oberflächengewässern zu erweitern.
- Bei der Hangneigung haben wir uns in Deutschland auf ein System verständigt, das ein Verbot der Düngung ab einer bestimmten Hangneigung wie von der EU-Kommission ursprünglich gefordert nicht vorsieht.
- Um in Gebieten, die bereits eine hohe Belastung mit Nitrat im Grundwasser aufweisen die Nährstoffeinträge gezielt verringern zu können, werden die Länder dazu ermächtigt, in besonders mit Nitrat belasteten Gebieten, zusätzliche Maßnahmen zu erlassen, die dann an die Gegebenheiten des jeweiligen Standortes adaptiert werden können.
- Um die Anstrengungen für einen ressourceneffizienten und gewässerschonenden Umgang mit Phosphor weiter voranzubringen, dürfen ab 2018 auf sehr hoch mit Phosphat versorgten Böden phosphathaltige Düngemittel nur noch maximal bis in Höhe von 75 % der Nährstoffabfuhr aufgebracht werden, ab 2020 nur noch maximal 50 % der Nährstoffabfuhr.

Damit auch künftig die Stoffkreisläufe in der landwirtschaftlichen Produktion nachhaltig und ressourceneffizient erfolgen, haben wir uns mit dem BMUB geeinigt, die Zweckbestimmung des Düngegesetzes zu erweitern und die Rechtsgrundlage für die Einführung einer betrieblichen Gesamtbilanz zu schaffen. Die Grundlagen einer solchen Bilanzierung sollen bis 2018 erarbeitet werden. Das Verfahren soll ab 2018 für größere Betriebe mit hohem Viehbesatz durchgeführt werden (angedacht sind: mehr als 2.000 Mastschweineplätze je Betrieb oder mehr als 3 GV/ha).



Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus der Biogaserzeugung

Fachkongress der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe in Berlin, am 10. und 11. März 2015

Die neue Düngeverordnung unter besonderer Berücksichtigung organischer Düngemittel

Stand 01.03.2015



Honecker, BMEL, Ref. 511 www.bmel.de

Stand 01.03.2015

Die Novellierung der Düngeverordnung

1. Ausgangssituation
2. Nitratbelastung in Deutschland
3. Elemente der neuen Düngeverordnung
 - = Grundlagen
 - = Düngebedarfsermittlung
 - = P-Düngung
 - = Frühjahrsdüngung
 - = Gewässerabstände
 - = Einarbeitungs- und Ausbringungsvorschriften
 - = 170 kg/ha Ausbringgrenze
 - = Sperrzeiten
 - = Nährstoffvergleich
 - = Geräteanforderungen
 - = Lagerung von Wirtschaftsdünger
 - = Länderermächtigungen

Honecker 511 | Folie 2

Stand 01.03.2015

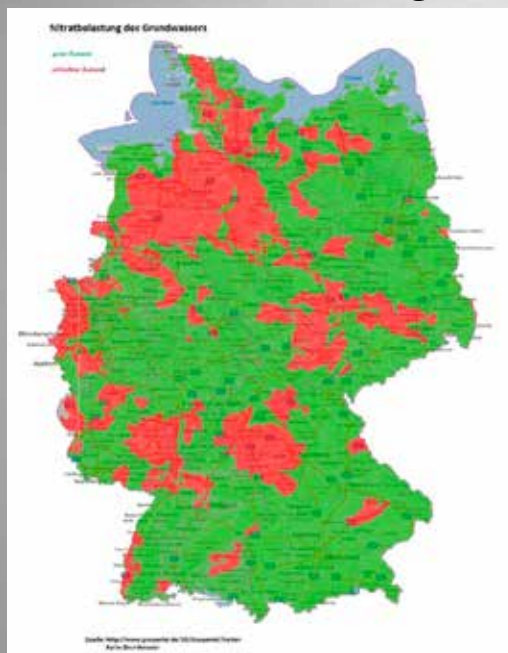
Die Novellierung der Düngeverordnung

Welche Interessen und gesetzlichen Grundlagen sind zu berücksichtigen?



Stand 01.03.2015

Nitratbelastungssituation in Deutschland



Gem. Belastungsmessnetz weisen 49 % der deutschen Brunnen Nitratwerte über 50 mg/ltr. aus! Das sind rd. 28% der Fläche Deutschlands.

Insbesondere in Gebieten mit

- hohen Tierbeständen
- intensivem Gemüseanbau
- Konzentration von Biogasanlagen
- geringer Grundwasserneubildungsrate

Tendenz in einigen Regionen steigend!

Honecker 511 | Folie 4

Stand 01.03.2015

Aus § 3 - Grundsätze der Anwendung

- Bedarfsgerechte Nährstoffversorgung der Pflanzen
- Düngebedarfsermittlung vor der Düngung schriftlich erstellen.
- Nur besondere Umstände erlauben ggfls. eine nachträgliche Überschreitung des Düngebedarfs (Witterung, Bestandesentwicklung etc.).
- Die Nährstoffgehalte von organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln müssen bekannt sein. (N_{ges} , N_{verf} , und P).
- Für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft können auch die Werte aus Anlage 1 Tabelle 1 verwendet werden.
- Wirksamkeit von Dünger im Jahr der Aufbringung: Mineraldünger = 100%, Schweinegülle 60%, Rindergülle 50%, flüssiger Gärrest 50%, Festmist 25 - 30%, Kompost 5% im 1. Jahr, Weidegang 50%.
- **P-Düngung**
 - oberhalb von 20 mg P_2O_5 bis in Höhe des Entzuges;
 - oberhalb von 35 mg P_2O_5 (Versorgungsstufe E)
 - ab 2018 max. 75 % des Entzuges und
 - ab 2020 max. 50% des Entzuges gedüngt werden.

Honecker 511 | Folie 5

Stand 01.03.2015

Aus § 4 - Düngebedarfsermittlung (DBE)

- Die DBE ist die **Ermittlung des Bedarfs an Stickstoff** für eine bestimmte Kulturpflanze in einem bestimmten Betrieb bei einem gegebenen tatsächlichen Ertragsniveau. Dabei sind detaillierte Kalkulationsvorgaben zu beachten.
- Die DBE stellt einen **betriebsindividuellen Wert** dar, der in der gleichen Form nicht für Nachbarbetriebe ohne entsprechende Anpassung der Datengrundlage übertragen werden kann.
- D.h. jeder Betriebsinhaber muss **jährlich** für seinen Betrieb eine neue an die aktuellen Daten **angepasste DBE** erstellen.

Honecker 511 | Folie 6

Stand 01.03.2015

Aus § 5 - Besondere Vorgaben

- Die Ausbringung von Düngemitteln ist verboten, bei überschwemmtem, wassergesättigtem, schneebedecktem und gefrorenem Boden.
- Auf zuvor gefrorenen Boden darf erst gedüngt werden, wenn der Boden tagsüber auftaut, bzw. seine Ackerkrume aufgetaut ist, er somit aufnahmefähig wird für Nährstoffe und ein Abschwemmen der Nährstoffe in Gewässer und Nachbarflächen nicht zu befürchten ist und der Boden pflanzenbedeckt ist und keine Gefahr von Strukturschäden besteht.

Bei der sehr frühen N₁-Düngung ausgangs Winter (zu Vegetationsbeginn) dürfen max. 60 kg N/ha gedüngt werden!



Honecker 511 | Folie 7

Stand 01.03.2015

Aus § 5 - Besondere Vorgaben

- Um einen direkten Eintrag in Gewässer zu verhindern ist stets ein ausreichender Abstand einzuhalten.
- Entlang von Gewässern gelten im Übrigen folgende Bedingungen für die Düngung:
 - = 1 Meter ab Böschungsoberkante darf nicht gedüngt werden.
- Wenn entlang von Gewässern auf den ersten 20 Metern die Hangneigung
 - = 5-10% beträgt, dürfen 4 m,
 - = >10% beträgt, dürfen 5 m
 nicht gedüngt werden.



Honecker 511 | Folie 8

Aus § 6 - Zusätzliche Vorgaben

Stand 01.03.2015

Organische und organisch-mineralische Düngemittel und Harnstoff mit einem wesentlichen Gehalt an verfügbarem Stickstoff ($> 1,5\% N_{ges}$) müssen:

- = bei unbestellten Ackerflächen innerhalb von 4 Stunden eingearbeitet werden,
- = wenn dies wegen schwieriger Witterung nicht möglich ist muss die Einarbeitung sofort nach Wiederbefahrbarkeit erfolgen,
- = die Regelung gilt nicht für Festmist und Kompost.

- Flüssige organische und organisch-mineralische Düngemittel dürfen:
 - = ab 01.02.2020 auf bestelltes Ackerland nur noch streifenförmig oder direkt in den Boden eingebracht werden,
 - = ab 01.02.2025 gelten diese Vorgaben auch für den Feldfutterbau und auf Grünland
 - = die Länder können in hängigem Gelände Ausnahmen gestatten.



Honecker, 511 | Folie 9

Aus § 6 - Zusätzliche Vorgaben

Stand 01.03.2015

- Organische und organisch-mineralische Düngemittel aus tierischer und pflanzlicher Herkunft dürfen künftig nur bis zu max. **170 kg N_{ges} /ha** eingesetzt werden.
- Die unter dem Begriff „**Derogation**“ bekannte Regelung zur Ausbringung höherer Mengen (bis 230 kg N/ha/a) wird nach Verabschiedung der Novelle der Düngeverordnung wieder im EU-Nitratausschuss beantragt und nach Zustimmung der EU-Kommission für alle organischen und organisch-mineralischen Düngemittel wieder eingeführt werden.

Honecker 511 | Folie 10

Aus § 6 - Zusätzliche Vorgaben



Sperrzeiten, in denen Düngemittel nicht aufgebracht werden dürfen:

1. auf **Ackerland** nach der Ernte der letzten Hauptfrucht bis zum 31.01. des Folgejahres.
Ausnahmen gelten bis zum 01.10. für:
 - Zwischenfrüchte, Winterraps und Feldfutter und einer Aussaat vor dem 15.09. sowie
 - Wintergerste nach Getreide und einer Aussaat vor dem 01.10. dazu dürfen im Herbst bis zu 60 kg N_{ges}/ha gedüngt werden.
 - Gemüsekulturen, die bis zum 01.12. gedüngt werden können.
2. auf **Grünland** und Flächen mit mehrjährigem **Feldfutterbau** beginnt die Sperrzeit am 01.11. und endet am 31.01.
3. Für **Festmist und Kompost** gilt eine Sperrzeit vom 15.11. bis zum 31.01.



Die zuständige Landesstelle kann auf Antrag alle Sperrzeiten um 4 Wochen verschieben, dabei darf die Dauer der Sperrzeit insgesamt nicht verkürzt werden.

Honecker 511 | Folie 11

Aus § 8 - Nährstoffvergleich

Stand 01.03.2015



- Der Nährstoffvergleich stellt die zugeführten Nährstoffe den abgefahrenen Nährstoffen gegenüber.
- Er ist **jährlich zum 31.03.** des auf die Ernte folgenden Jahres für den Betrieb zu erstellen.
- Die Nährstoffvergleiche sind zu einem **dreijährigen Vergleich** zusammenzustellen.
- Als Überprüfungsinstrument gilt derzeit ein **Kontrollwert** als Differenz zwischen Zu- und Abfuhr von **60 kg N/ha/a**.
 - zunächst keine Änderungen gegenüber bisher!
- Der Kontrollwert sinkt ab dem **Jahr 2018 auf 50 kg N/ha/a**.
- Nach 2018 soll anstatt der bisher geltenden Feld-Stallbilanz die sog. Hoftorbilanz eingeführt werden. (BLAG erarbeitet Vorschlag!)

Honecker 511 | Folie 12

Stand 01.03.2015

Aus § 9 - Bewertung des Nährstoffvergleichs

- Wird bei der **N-Düngung** der Kontrollwert nicht eingehalten:
 - = muss der Betriebsinhaber an einer, von der zuständigen Behörde anerkannten Schulung zur Düngung teilnehmen.
- wird der Kontrollwert im darauffolgenden Jahr erneut überschritten:
 - = muss der Betriebsinhaber die nächste Düngebedarfsermittlung vor dem 31.03. d.J. der zuständigen Behörde zur Prüfung vorlegen.
- Bei der **Phosphatdüngung** entscheidet die alle 6 Jahre durchzuführende P-Untersuchung über die Einstufung einer Fläche in die entsprechende P-Versorgungsstufe.

Honecker 511 | Folie 13

Stand 01.03.2015

Aus § 11 - Anforderungen an Geräte

- Geräte zum Aufbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten oder Pflanzenhilfsmitteln müssen den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.
 - Nicht entsprechen:
 - Festmiststreuer ohne geregelte Zufuhr
 - Gülle- und Jauchewagen mit freiem Auslauf auf den Verteiler
 - Prallverteiler, die nach oben abstrahlen,
 - Güllewagen mit senkrecht angeordneter Schleuderscheibe
 - Drehstrahlverregner für unverdünnte Gülle
- diese Geräte dürfen ab dem 31.12.2015 nicht mehr verwendet werden!
- = geltende DüV
- Für das Aufbringen von Mineraldünger dürfen ab dem 01.01.2020 nur noch Geräte eingesetzt werden, die DIN EN 13739-1 erfüllen. (Grenzstreueinrichtung)
 - Neue Geräte, die ab der Verkündung dieser VO erstmalig eingesetzt werden müssen folgende Anforderungen erfüllen:
 - bei Mineraldüngerstreuern die DIN EN 13739- 1 und -2 vom Mai 2012
 - bei Flüssigmisttankwagen die DIN EN 13406 vom Februar 2003
 - bei Festmiststreuern die DIN EN 13080 vom Februar 2003



20.02.2015 | Folie 14

Stand 01.03.2015

Aus § 12 - Lagerung von Wirtschaftsdünger

- Grundsatz:
Das Fassungsvermögen der Behälter muss größer sein, als die erforderliche Kapazität während des längsten Zeitraums, in dem das Aufbringen von Wirtschaftsdünger verboten ist.
- Unabhängig davon gelten Mindestlagerkapazitäten für bestimmte Wirtschaftsdüngerarten, Tierhaltungsdichten und flächenlose Betriebe:
 - = für Jauche, Gülle, Silagesickersäfte oder flüssige Gärrückstände beträgt die Lagerkapazität mindestens 6 Monate;
 - = Betriebe, die diese Wirtschaftsdünger erzeugen und einen Viehbestand von mehr als 3 Großvieheinheiten, oder die über keine eigenen Ausbringflächen verfügen, müssen ab dem 01.01.2020 eine Lagerkapazität von 9 Monaten vorhalten;
 - = Betriebe, die Festmist oder feste Gärrückstände lagern, müssen ab dem 01.01.2018 über eine Lagerkapazität von 4 Monaten verfügen

20.02.2015 | Folie 15

Stand 01.03.2015


Aus §3 + §13 – Länderermächtigungen

Die Länder können in Gebieten

- mit besonderen Belastungssituationen im Grundwasser weitergehende Regelungen und zusätzliche Restriktionen zur Begrenzung der P-Düngung erlassen! (§3 Abs. 7)
- in denen die **Nitratgehalte im Grundwasser >50 mg/l oder >40 mg/l mit steigender Tendenz** erreichen (§13)
 - = bei zusätzlichem Bedarf im Frühjahr die zusätzliche Düngung auf max. 10% des insgesamt errechneten Düngebedarfs beschränken,
 - = die Lagerkapazität von 6 auf 7 Monate erhöhen,
 - = die Sperrfrist für Gemüse um 4 Wochen verlängern,
 - = die Bagatellgrenze für Aufzeichnungspflichten auf 10 Hektar LF/1ha Gemüse/Wein bzw. 500 kg N-Einsatz absenken
- Liste ist noch in der Diskussion

20.01.2015 | Folie 16

Novellierung der Düngeverordnung



Meine Damen und Herren,
herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Verfahren der Aufbereitung von Gärrückständen

*Dr. Sebastian Wulf (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.);
Helmut Döhler (DöhlerAgrar)*

Die einfachste Art der Verwertung von Gärresten ist deren unmittelbare Ausbringung zur Düngung. In immer mehr Regionen ist eine solche Verwertung betriebsnah nicht oder nur in eingeschränktem Maße möglich. Hohe Pachtpreise für geeignete Flächen oder hohe Transportkosten können eine wirtschaftlich sinnvolle Verwertung der Gärreste erschweren. Dies liegt vor allem daran, dass die Nährstoffgehalte der Gärreste bezogen auf deren Transportmasse verhältnismäßig gering sind. Die Ziele der Gärrestaufbereitung sind daher die Verminderung des Wasseranteils und die gezielte Aufkonzentration von Nährstofffraktionen. Für die Aufbereitung von Gärresten kann man zwischen verschiedenen Intensitäten der Aufbereitung unterscheiden.

Die **Separierung** ist das grundlegende Verfahren der Gärrestaufbereitung. Auf einigen Biogasanlagen wird die TS-reduzierte Flüssigphase zur Rückführung in den Fermenter benötigt. Es kommt zu einer Auftrennung der Nährstoffe, da der lösliche, mineralische Stickstoff überwiegend in der Flüssigphase verbleibt, während organisch gebundener Stickstoff und Phosphat zu größeren Teilen mit der Festphase abgetrennt werden. Die Ausbringung der Flüssigphase auf mit P gut versorgten Flächen wird damit erleichtert. Eine Reduzierung des Gesamtvolumens an Gärresten wird durch die Separierung nicht erreicht.

Eine **Trocknung der Festphase** kann sinnvoll sein, wenn diese nicht unmittelbar ausgebracht werden kann. In anderen Bereichen bereits etablierte Verfahren können angewendet werden. Dies sind z. B. Trommel-, Band- oder Schubwendetrockner. In den meisten Systemen wird die Wärme durch heiße Luft übertragen, die das Trockengut über- oder durchströmt. Hierfür bietet sich bei Biogasanlagen die Nutzung von Abwärme an, falls diese nicht anderweitig genutzt werden kann. Die geringeren TS-Gehalte der separierten Flüssigphase erleichtern die Lagerung und Ausbringung im Vergleich zum unbehandelten Gärrest. Häufig ist jedoch eine weitere Volumenreduzierung bzw. Nährstoffanreicherung in der Flüssigphase erwünscht.

Die **Membrantechnik** besteht aus einer Kombination von Filtrationsverfahren, gefolgt von einer Umkehrosmose aus der ein mit Ammonium und Kalium angereichertes Konzentrat und ein Permeat entsteht, das soweit aufgereinigt ist, dass es als Reinigungswasser genutzt werden kann oder sogar einleitfähig ist. Das Permeat kann bis zu 50% des Volumens der Flüssigphase ausmachen. Die **Eindampfung** von Gärresten ist für Biogasanlagen interessant, die über einen hohen Überschuss an Wärme verfügen, da je m³ verdampftes Wasser etwa 300 kWh Wärme benötigt werden. Zur **Strippung** werden Gase (Luft, Wasserdampf) durch den Gärrest geleitet und Ammonium als Ammoniak ausgetrieben. Dieser Prozess kann durch Temperatur- und pH-Wert-Erhöhungen unterstützt werden. In einem nachgeschalteten Schritt wird das Ammoniak aus dem Gasstrom entfernt. Als Endprodukte erhält man in der Regel Ammoniumsulfat oder Ammoniakwasser.

Bei allen Verfahren zur Aufbereitung der Flüssigphase ist ein wichtiger Aspekt, welche Qualität das abgeschiedene Wasser hat. Nur in wenigen Fällen bzw. mit großem Aufwand kann Einleitqualität erreicht werden. Für den wirtschaftlichen Betrieb ist daher von entscheidender Bedeutung, welche Verwertungspfade hierfür zur Verfügung stehen. Die Verfahren zur Separierung und Trocknung sind etabliert und in der Regel technisch robust. Für Verfahren zur Aufbereitung der Flüssigphase sind Fortschritte gemacht worden, sie sind jedoch z. T. noch mit größeren technischen Risiken behaftet. Wirtschaftlich sinnvoll sind die Verfahren nur, wenn geeignete Verwertungspfade für die Aufbereitungsprodukte vorliegen. Insbesondere für Verfahren zur Aufbereitung der Flüssigphase besteht weiterhin großer Entwicklungsbedarf. In der Regel werden diese für mittelgroße und kleiner Biogasanlagen (< 1 MW_e) selten geeignet sein.

Verfahren der Aufbereitung von Gärrückständen

FNR-Tagung Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen
10./11. März 2015

Gliederung

Einleitung

Verfahren

Produkte &
Kosten

Zusammen-
fassung

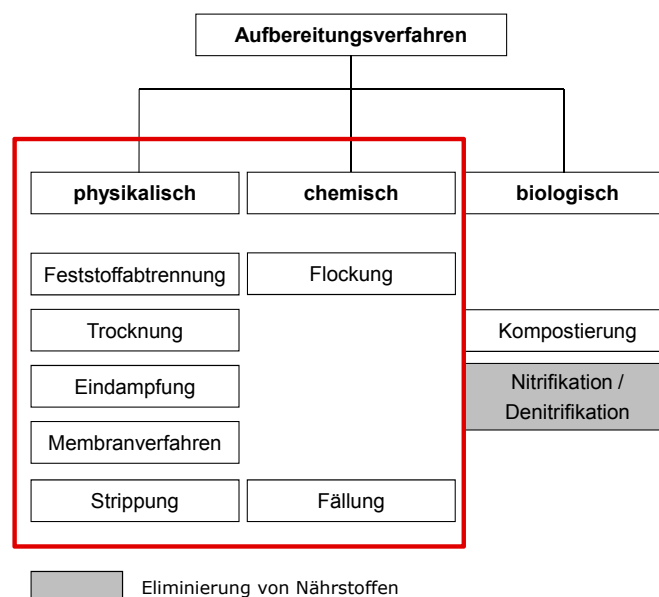
- Ziele der Aufbereitung von Gärresten
- Verfahrensbeispiele anhand eines Modellbetriebes
- Kosten der Aufbereitungsverfahren
- Beschreibung der Stoffflüsse und Produkteigenschaften
- Zusammenfassung und Ausblick

Warum Gärreste behandeln ?

- „Export“ von Nährstoffen
- Einsparung von Lagerungs- und Ausbringungskosten
- Verkauf von Aufbereitungsprodukten
 - Transport- und lagerungsfähige flüssige Dünger
 - Kompost
- Minderung von Umweltbelastungen
 - Nährstoffentlastung der Flüssigphase
 - Vermeidung flüchtiger Luft- und Atmosphärenschaadstoffe
 - Abbau geruchsintensiver Komponenten

Nach Weiland, KTBL 2001, verändert

Allgemeine Verfahrensprinzipien der Gärrestaufbereitung



Modellbiogasanlage (Berechnungen DBU-Vorhaben 2008)

50 % Rindergülle
50 % Maissilage



BHKW
(500 kW_{el} / 650 kW_{th})

Output: 20.000 m³ Gärreste

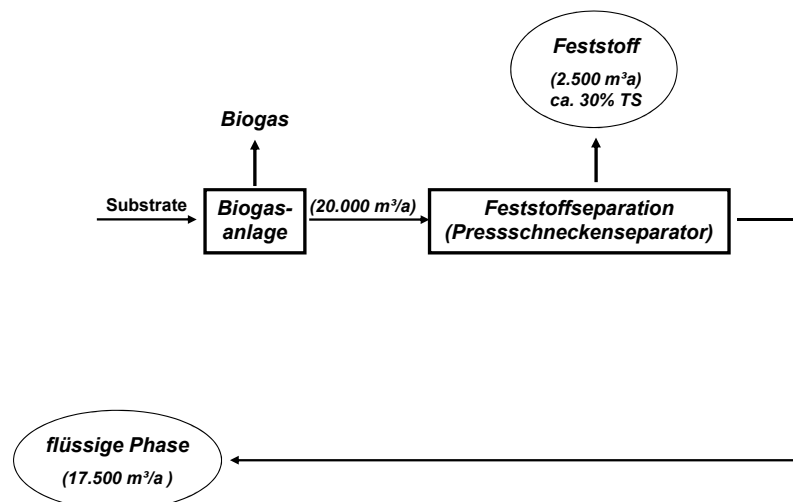
TS	Nges	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O
[%]	[g/kg]			
7,75%	5,6	3,6	2,1	6,17

Aufbereitung

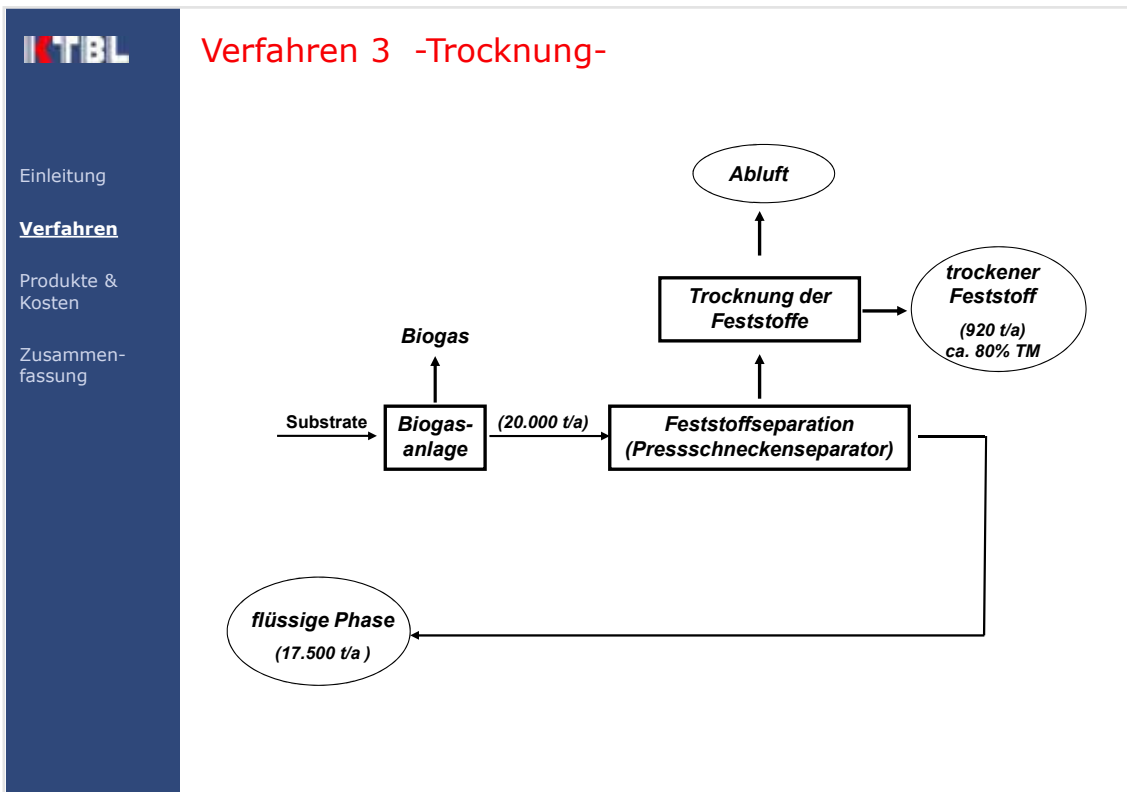
Ausbringung auf hofnahen
Flächen (330 ha)

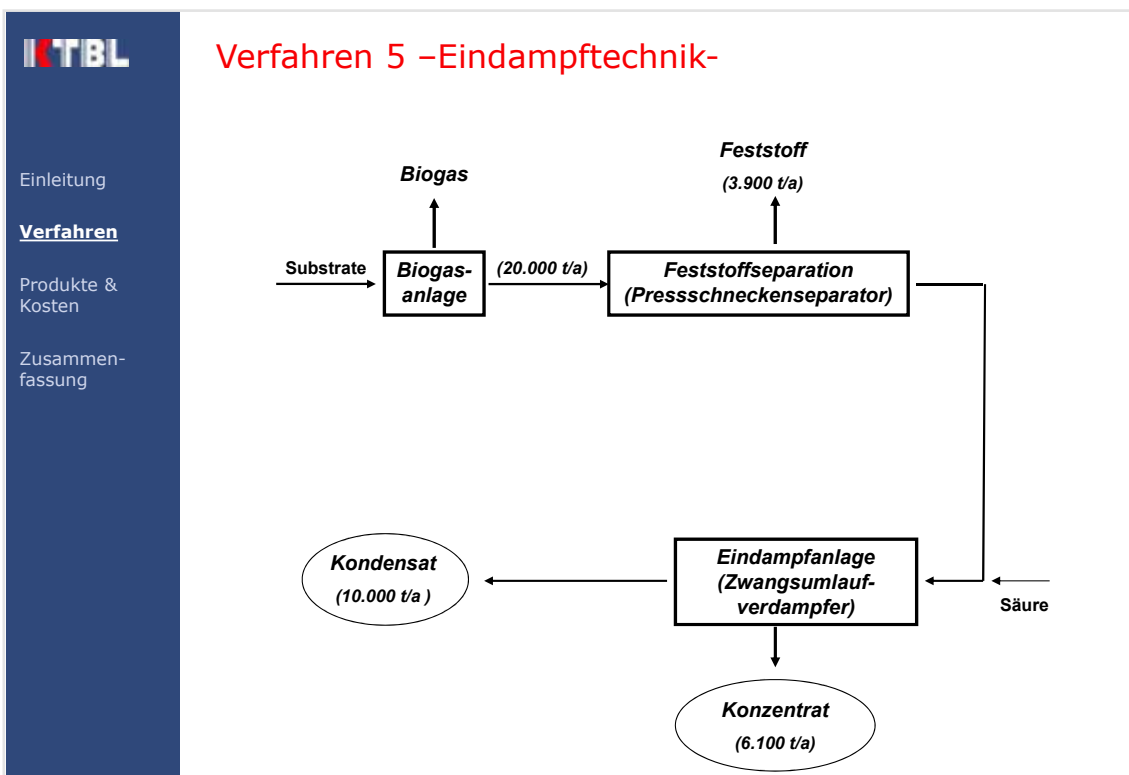
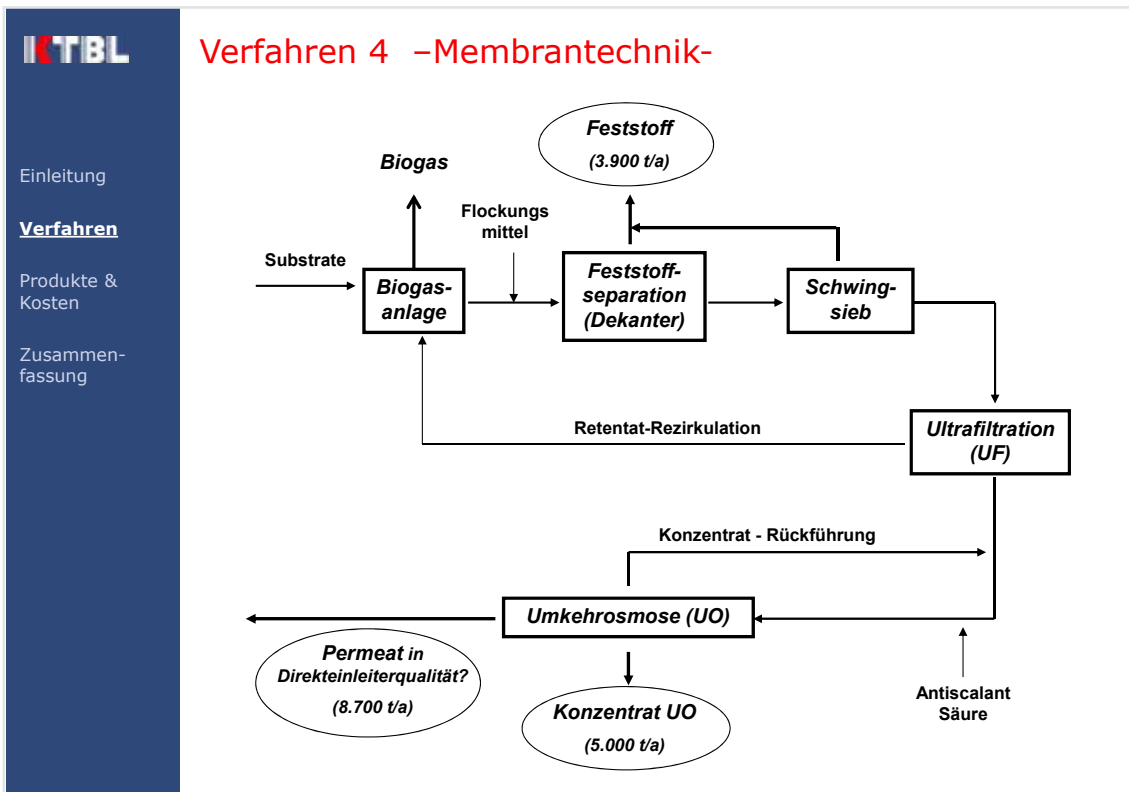
hofferne Flächen (20 km)

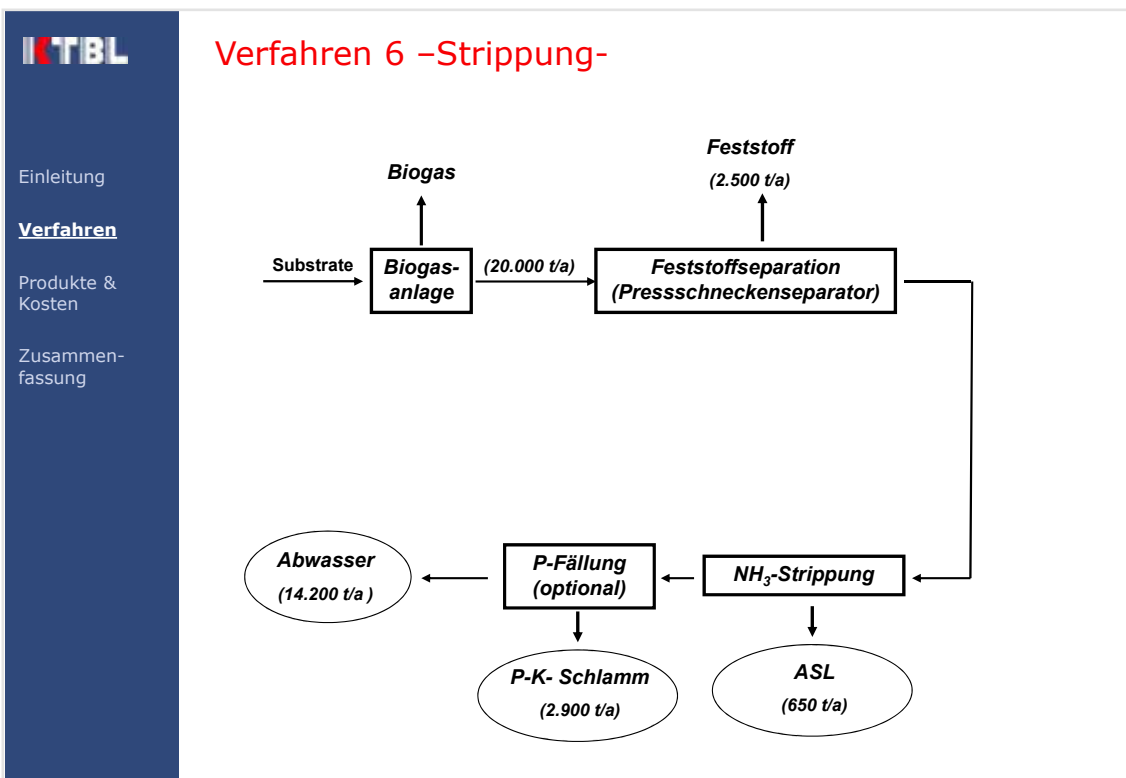
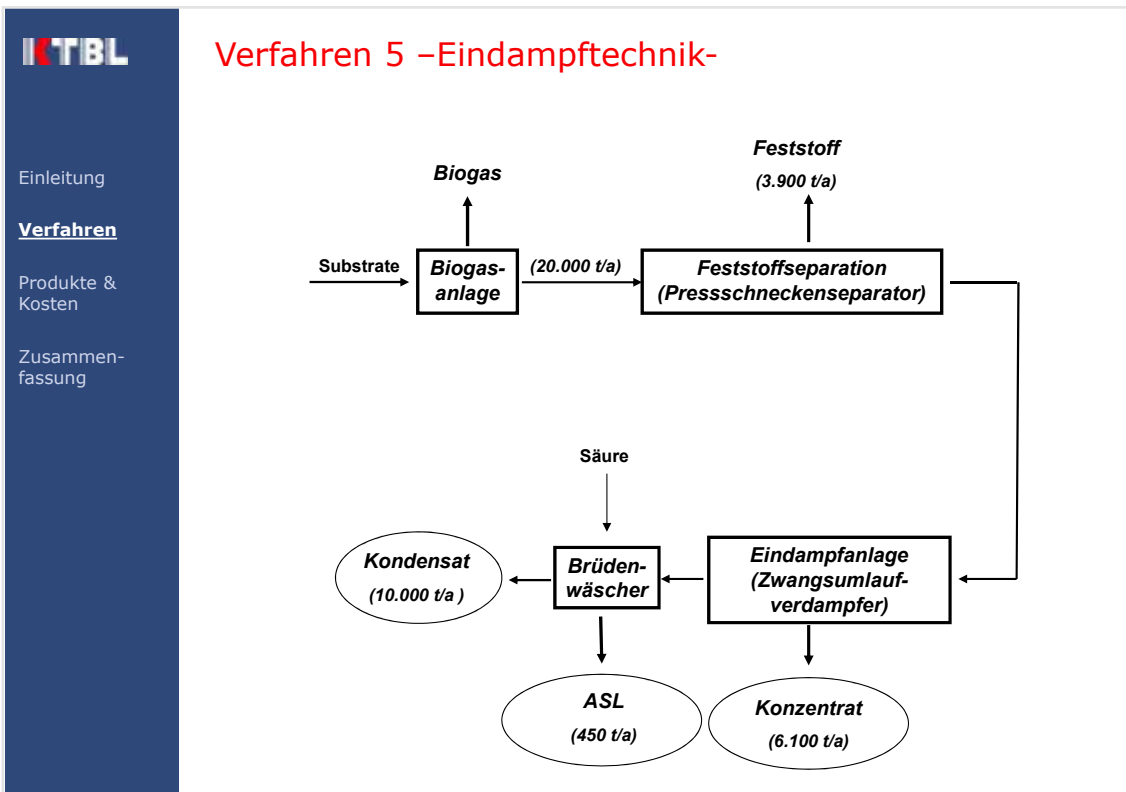
Verfahren 2 -Separierung und Ausbringung-

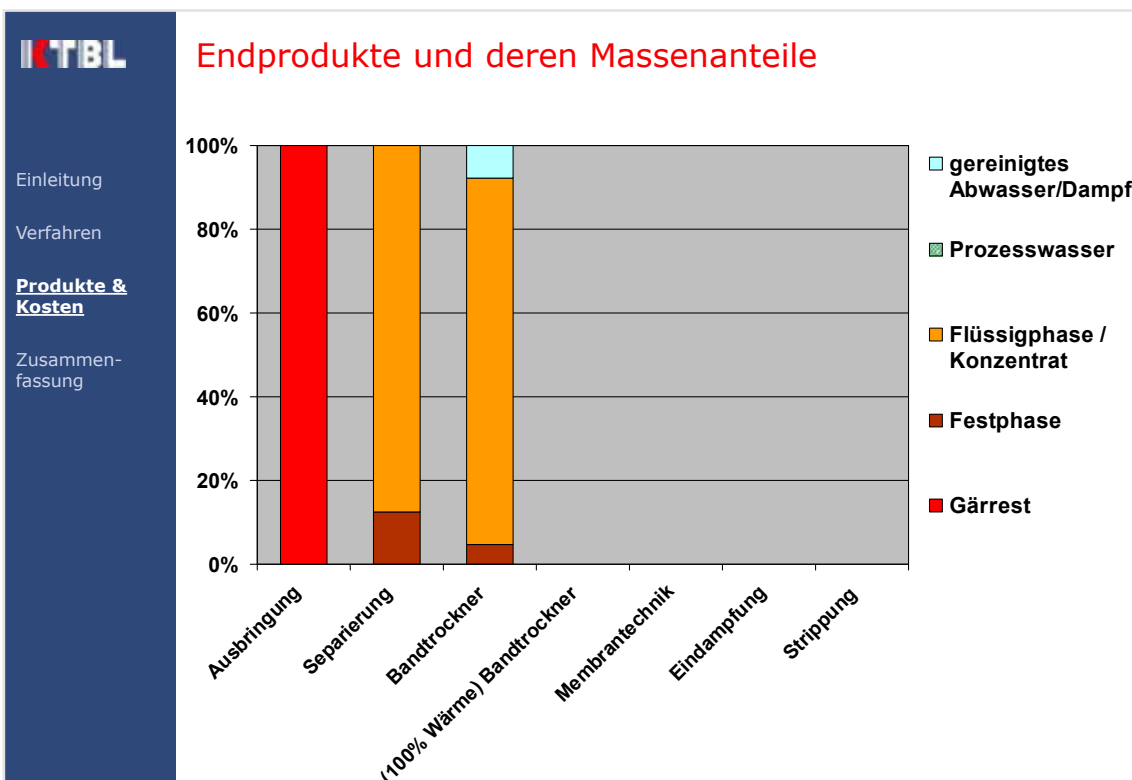
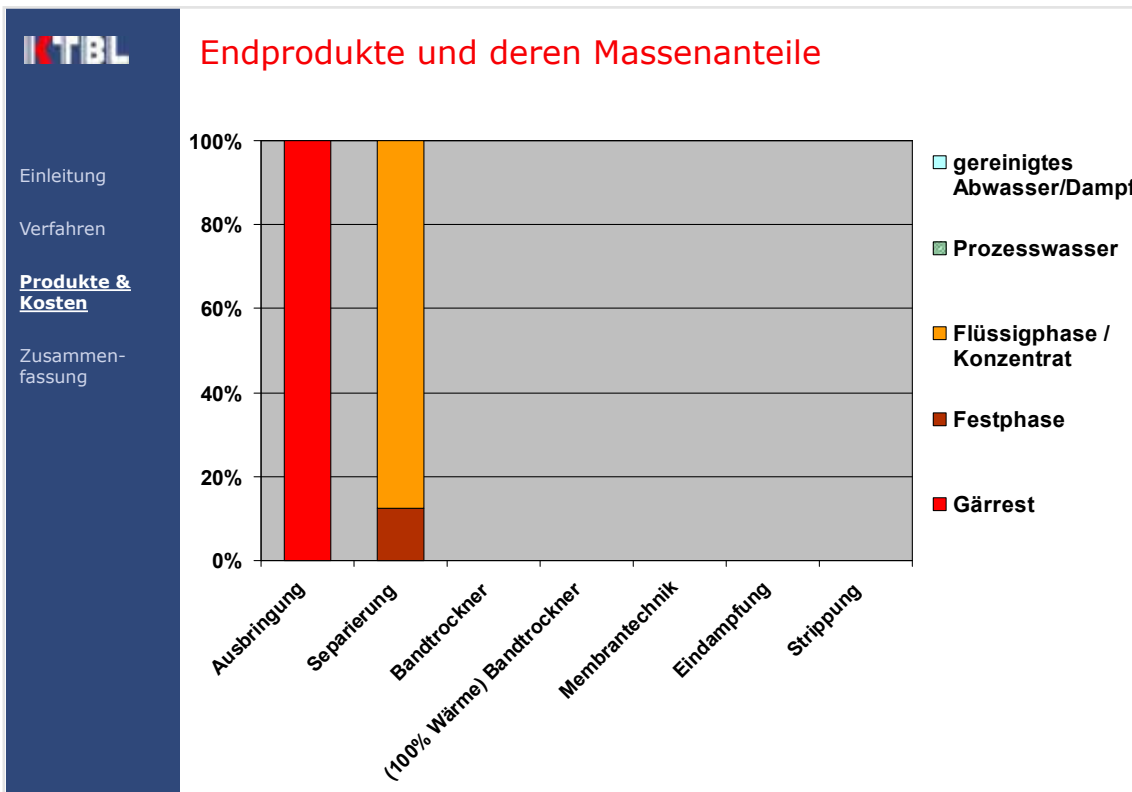


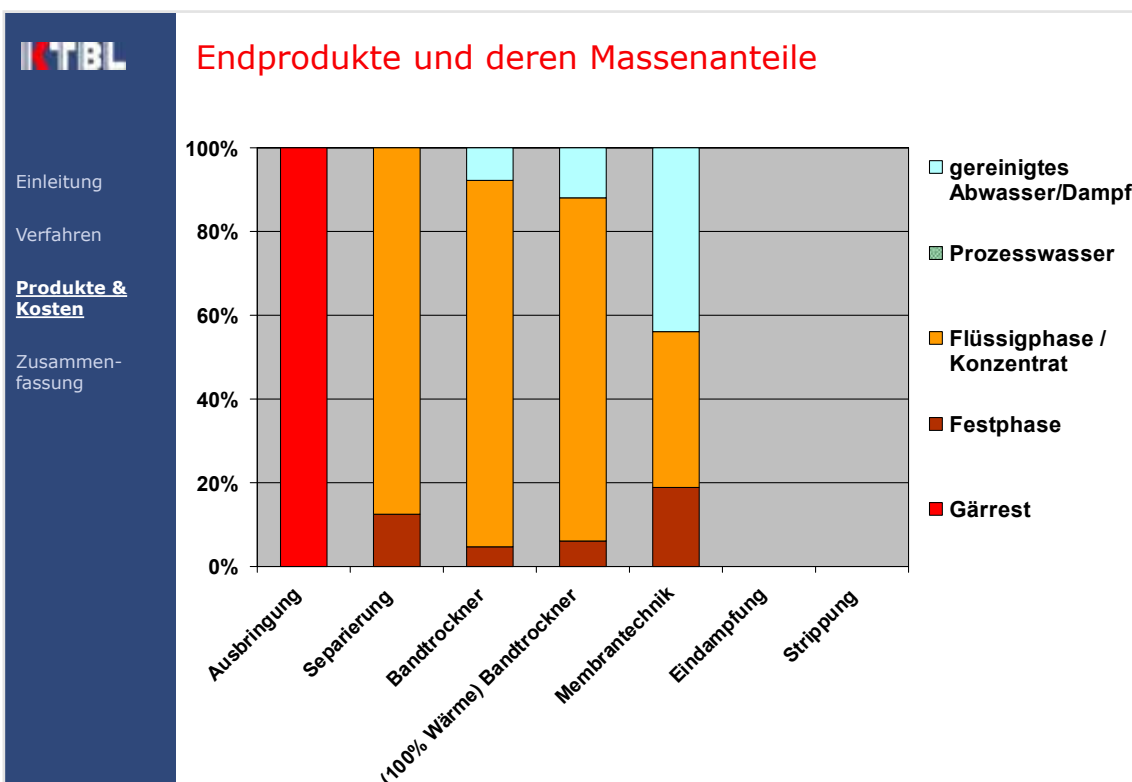
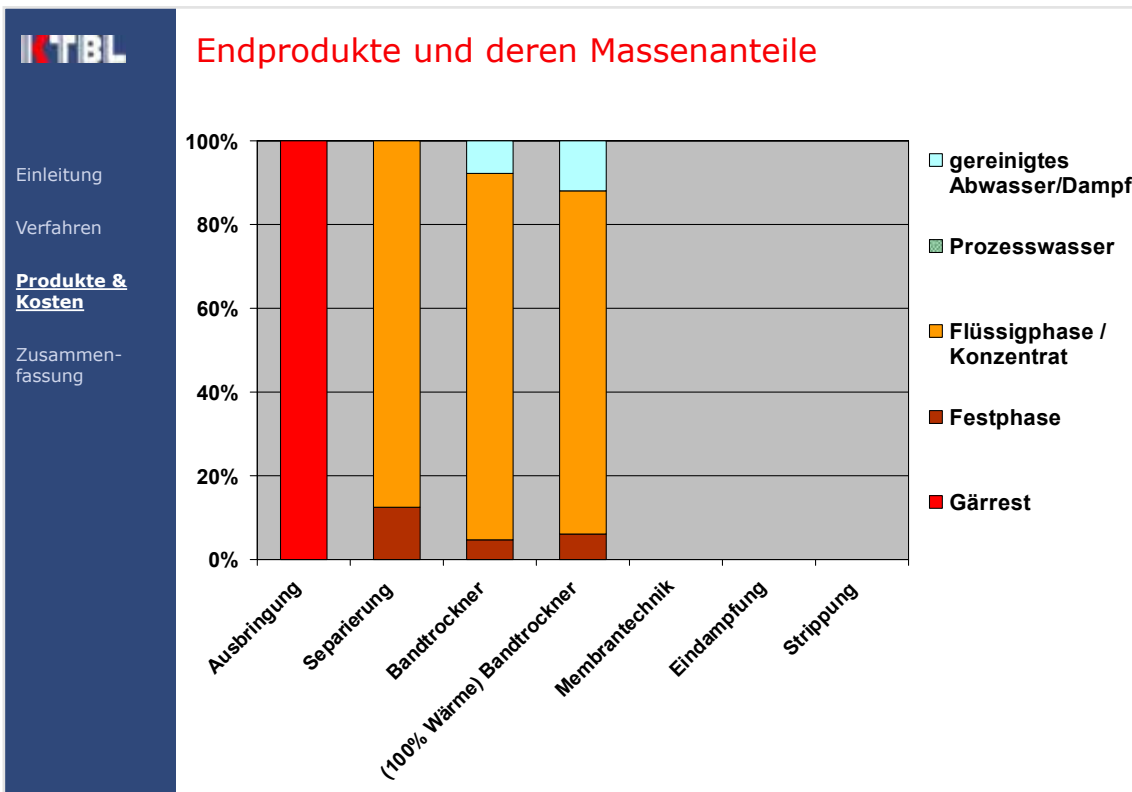
! Fest-Flüssigtrennung ist Grundvoraussetzung für alle weiteren Verfahren

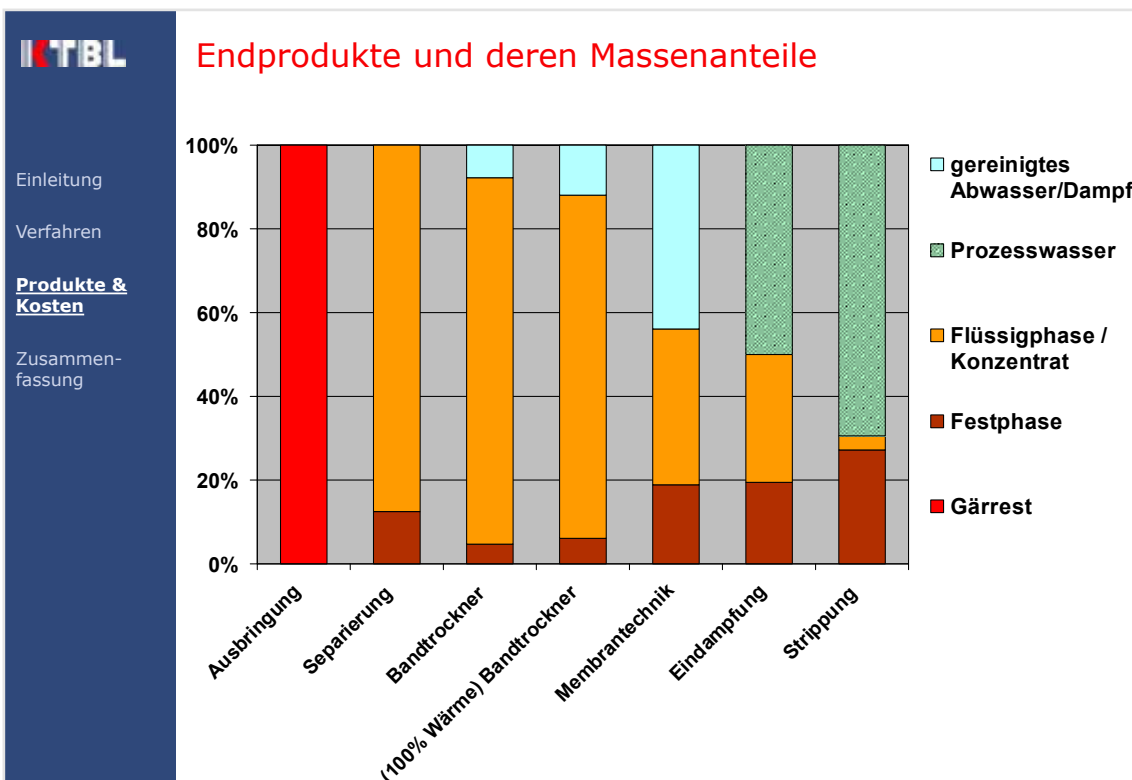
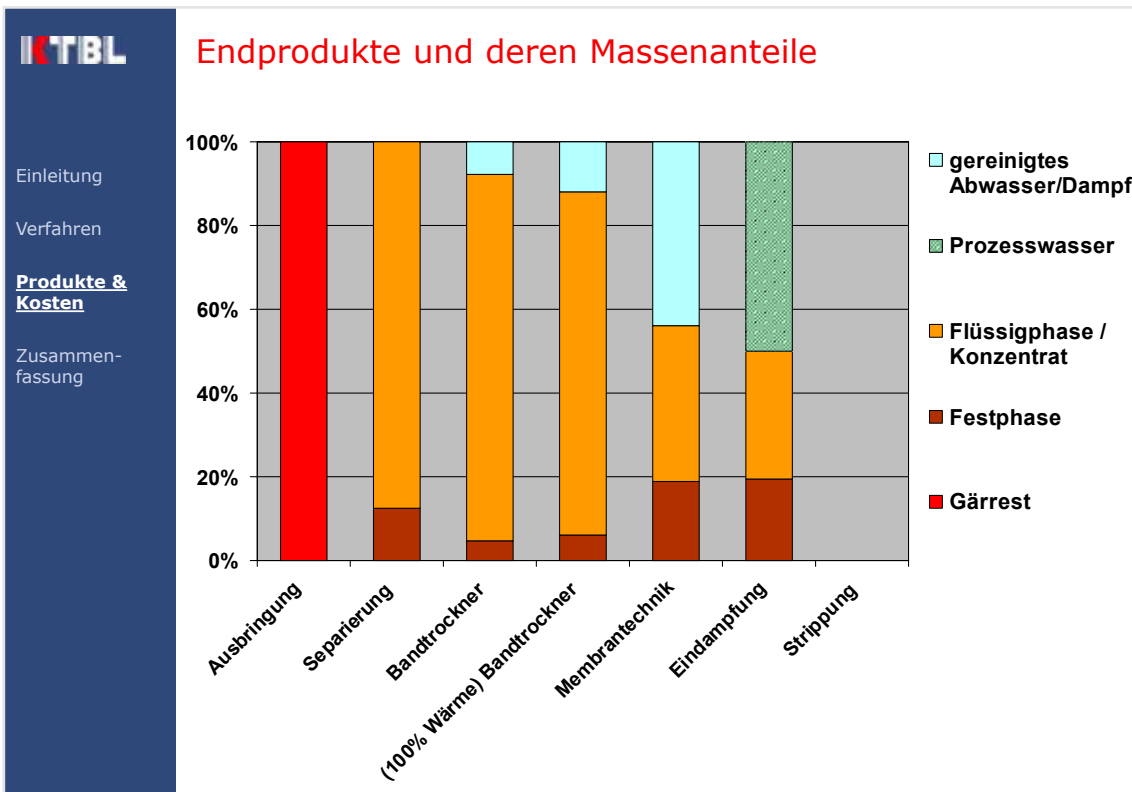














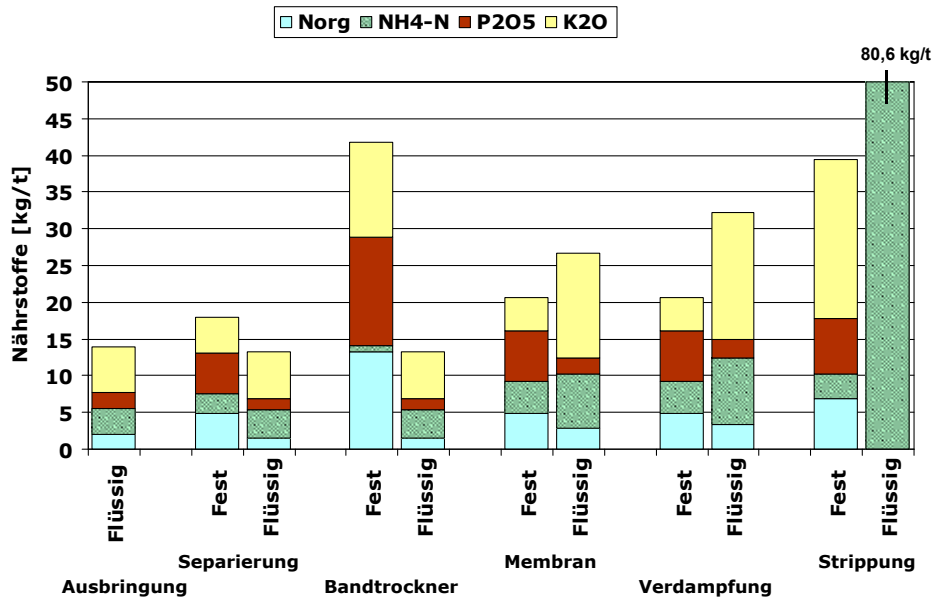
Nährstoffkonzentrationen der Produkte

Einleitung

Verfahren

Produkte & Kosten

Zusammenfassung



Spezifische Kosten der Verfahren

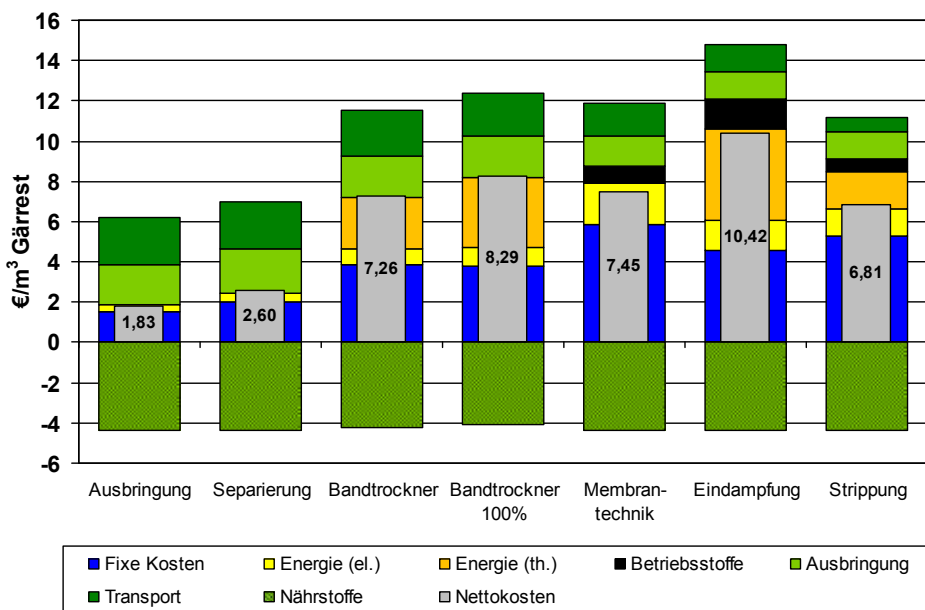
Berechnungsstand 2008!

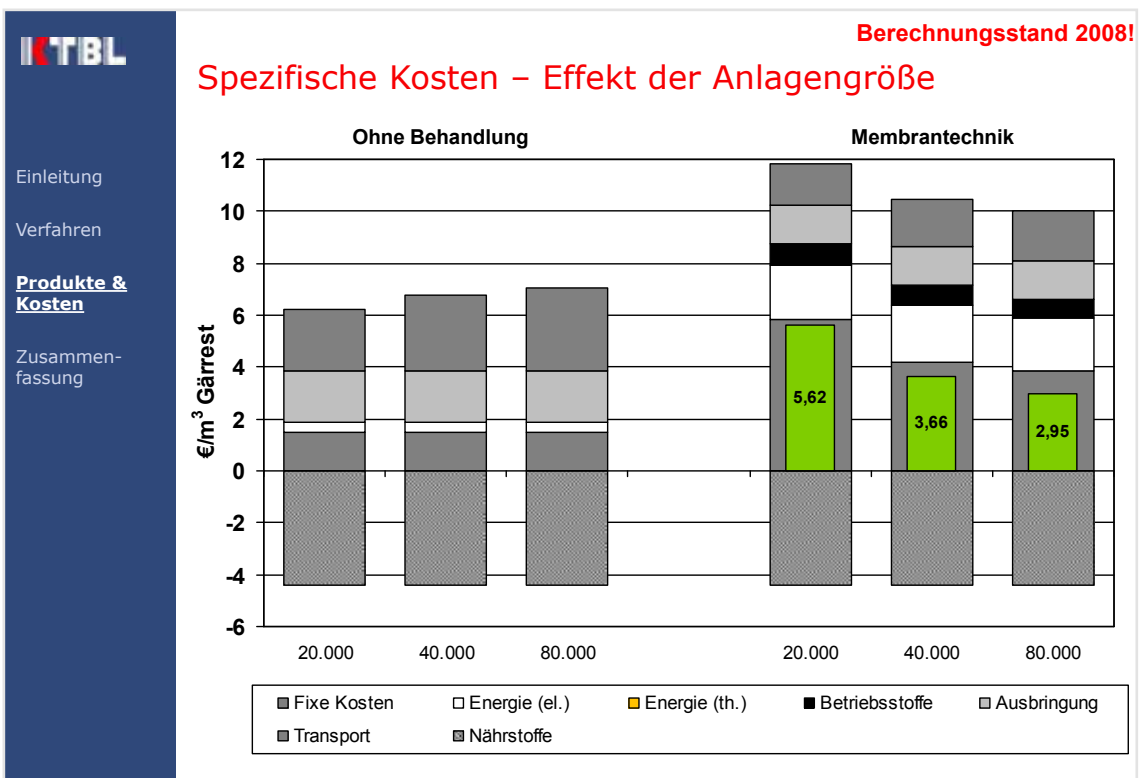
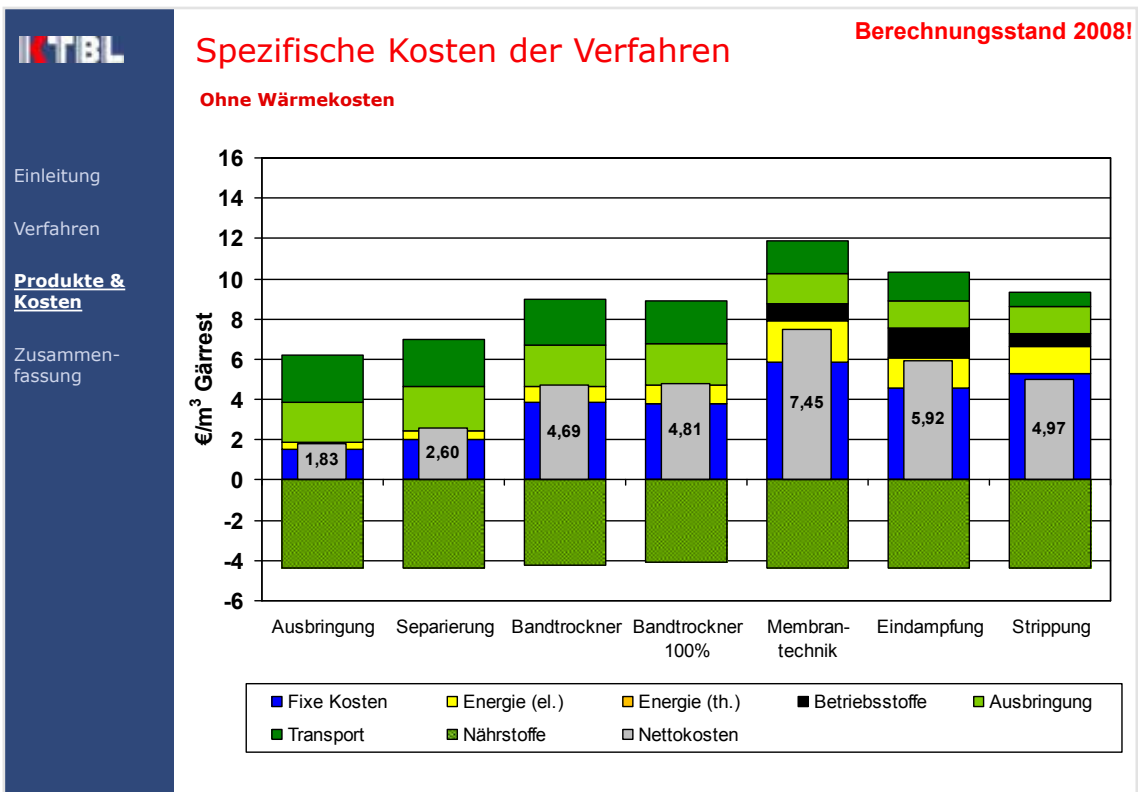
Einleitung

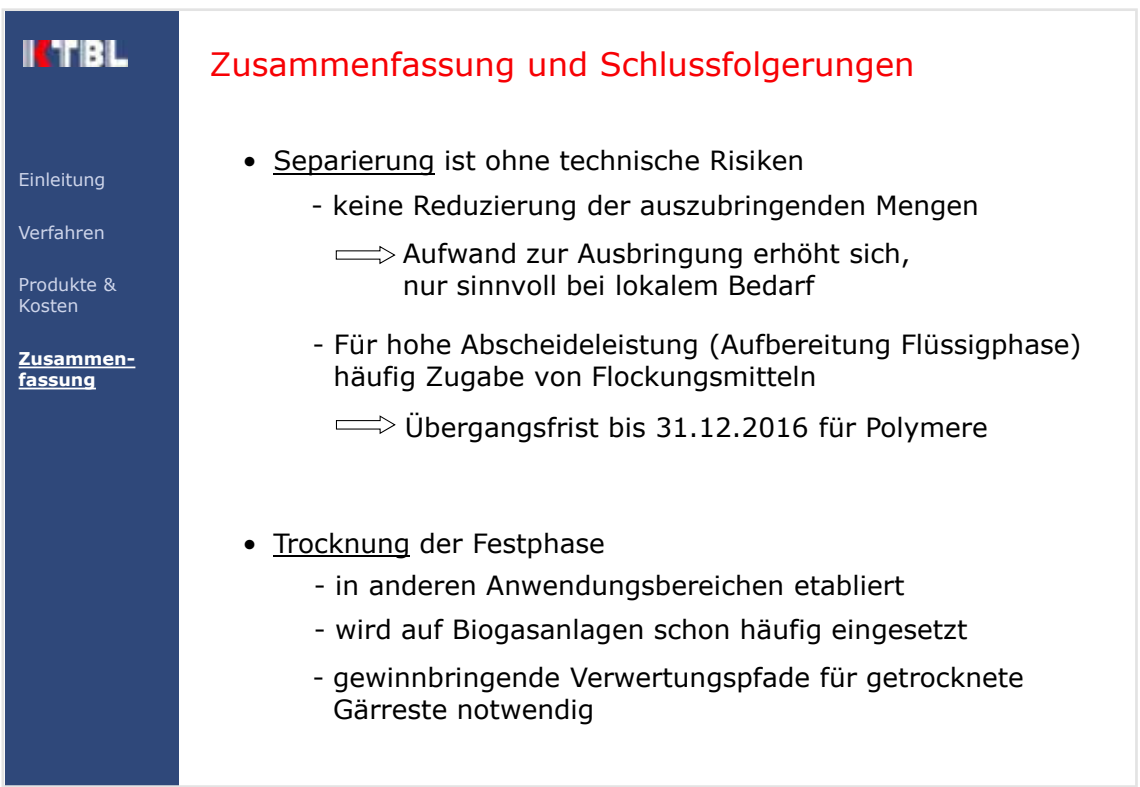
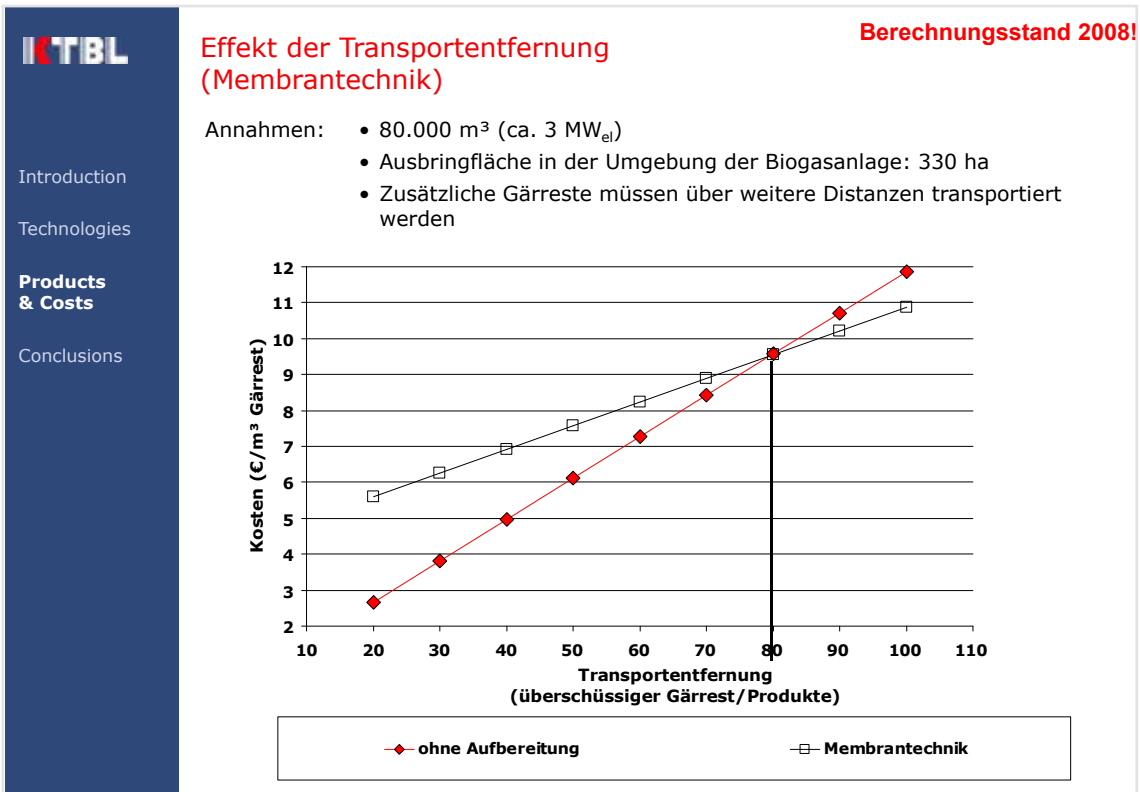
Verfahren

Produkte & Kosten

Zusammenfassung







Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Verfahren zur Behandlung der Flüssigphase:
 - Eindampfung
 - Anlagen bereits in einem weiten Leistungsspektrum vorhanden (300 kW_{el} bis > 5 MW_{el})
 - In der Regel kein einleitfähiges Abwasser
 - Membranverfahren
 - Referenzanlagen vorhanden, Fortschritte bei Standzeit von Membranen
 - Einleitqualität erreichbar
 - Weitere Reduzierung von Energie- und Wartungsaufwand für stabilen Betrieb notwendig
- Kombinationen von Verfahren (inkl. Strippung) um handelsfähige Dünger zu erhalten

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Entwicklungsbedarf zusätzlich in:
 - Herstellung vermarktungsfähiger Düngemittel
 - ⇒ möglichst hohe Nährstoffanreicherung im Endprodukt
- Standortspezifische Umsetzbarkeit
 - Verwertungsmöglichkeiten ohne Aufbereitung
 - Vermarktungsstrukturen für Aufbereitungsprodukte
 - Bei Aufbereitung der Flüssigphase:
 - ⇒ Verwertungsmöglichkeit für „Abwasser“
 - evtl. Verfügbarkeit von Wärme

Ausblick

- Projekt GÄRWERT (FNR-Förderung)
- Gärprodukte ökologisch optimiert und wertorientiert aufbereiten und vermarkten (Laufzeit 06/2016)
 - ⇒ Technische, ökonomisch und ökologische Bewertung von Verfahren der Gärrestaufbereitung
 - HfWU Nürtingen-Geislingen (Ökonomie)
 - TU-Berlin (Technik)
 - Universität Hohenheim (Pflanzenbauliche Verwertung)
 - KTBL (Umweltbewertung)

Gefördert durch

- Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe





**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

**FNR-Tagung Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen
10./11. März 2015**

Verwertung innovativer Gärprodukte zur langfristigen Verbesserung des Bodenlebens und der Bodenfunktionen im Landbau

*Prof. Dr. Rainer Horn, MSc. Amrei Völkner, Dr. Susanne Ohl und Prof. Dr. Eberhard Hartung
(Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)*

Ziel des hier vorgestellten Verbundvorhabens ist es, präzise und verallgemeinerbare Aussagen zu den Auswirkungen von Gärprodukten aus Biogasanlagen auf Bodenfunktionen hinsichtlich der Bodenstruktur und Mikrobiologie zu gewinnen.

Hauptaufgabe des 1. Teilvorhabens ist die Erstellung von definierten Gärprodukten, die an die Teilvorhaben 2 und 3 zur weiteren Verarbeitung weitergeleitet werden. Die Gärprodukte werden in Fermentationsversuchen im Labormaßstab in Mono- bzw. Kofermentation von frischen oder speziell silierten Pflanzensubstraten erzeugt, die spezifische Methanproduktion wird bestimmt. Darüber hinaus liegen weitere Schwerpunkte auf der Beschreibung von Silierverlauf, Substratqualität, der während der Silierung auftretenden Trockenmasseverluste, der Fermentationskinetik sowie auf der Untersuchung des Einflusses der Kofermentation auf die Höhe des spezifischen Methanertrages.

Die Pflanzensubstrate Mais, Gras, Weizen und Zuckerrübe wurden nach der Ernte zerkleinert (ca. 1 bis 2 cm), anschließend für das 1. Versuchsjahr bei 58 °C getrocknet und auf 1 mm vermahlen, für das 2. Versuchsjahr im Labormaßstab in Weckgläsern bzw. Folienbeuteln für 90 Tage siliert. Proben des frischen Ausgangsmaterials und der Silagen wurden auf Rohrnährstoffe und Gärqualität untersucht (externes Labor).

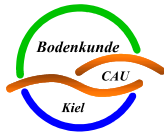
Die Fermentation erfolgte in diskontinuierlichen Gärtests in einer 1l-Batch-Anlage entsprechend DIN 38414-8 nach den Vorgaben der VDI 4630 (2006) bei 37,5 °C für 28 Tage. Als Inokulum diente Klärschlamm (1 mm gesiebt). Die Substrate wurden jeweils in Mono- als auch in Kofermentation zweier Mischungspartner (20/80, 50/50, 80/20) eingesetzt. Nach Versuchsende wurden die Gärreste einer Variante zu einer Mischprobe vereint, diese wurde den Projektpartnern zur Verfügung gestellt, Unterproben dienten zur Inhaltstoffanalyse (externes Labor).

Die spezifische Methanproduktion betrug bei Monofermentation im 1. Jahr im Mittel 333 l_N/kg_{oTS} bei Mais, 309 l_N/kg_{oTS} bei Gras, 314 l_N/kg_{oTS} bei Weizen und 366 l_N/kg_{oTS} bei Zuckerrübe. Die Höhe des gemessenen spezifischen Methanertrages bei Kofermentationen entsprach ungefähr dem anhand der Anteile der Mischungspartner berechneten Methanertrag. Im 2. Jahr erzielten die Silagen in Monofermentation spezifische Methanerträge von 318 bis 358 l_N/kg_{oTS} (Mais), 351 bis 399 l_N/kg_{oTS} (Gras), 359 bis 400 l_N/kg_{oTS} (Weizen) und 335 bis 388 l_N/kg_{oTS} (Zuckerrübe), bei den Mischungen konnten wieder keine Kofermentationseffekte beobachtet werden.

Der Einfluss der aus dem ersten Teilvorhaben gewonnenen Gärprodukte auf physikochemische Bodeneigenschaften wurde im Teilprojekt 2 untersucht. Da sich die Biogasproduktion in den letzten Jahren in allen Naturräumen Schleswig-Holsteins ausgeweitet hat, wurden für die Untersuchungen zwei repräsentative Bodentypen ausgewählt, die, in Abhängigkeit von der Bodentextur, eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber Gärrestgaben aufweisen. Die Gärrestaufbringung erfolgte auf einem sandigen sowie einem lehmigen Boden. Im ersten Schritt wurde der Einfluss einer praxisüblichen Menge an Gärresten (entsprechend 30 m³ ha⁻¹) auf einen vollständig homogenisierten Boden mit definierter Lagerungsdichte von 1,45 g cm⁻³ aufgebracht. Dabei zeigte der sandige Boden eine zunehmende Benetzungshemmung, während der lehmige Boden hingegen keine Reaktion hinsichtlich seiner Benetzbarkeit zeigte. Diese wird erst nach mechanischer Einarbeitung der Gärreste herabgesetzt, da hierdurch eine verbesserte Erreichbarkeit der Sorptionsflächen erzielt wurde.

Die Applikation der Gärreste führte zu einer steigenden Dispergierung und folglich zu einer Schwächung der Bodenstruktur, wenn Gärrest aus Mais appliziert wurde. Dabei zeigte der lehmige Boden aufgrund seines höheren Tonanteils eine deutlich gesteigerte Anfälligkeit gegenüber Dispergierung als der sandige Boden. Im zweiten Schritt wurden die Gärreste auf strukturierte Kleinlysimeter appliziert. Hier induzierten die Gärreste eine Reduktion der Benetzbarkeit in beiden Böden, die allerdings schwächer ausfiel als in den homogenisierten Bodenproben. Der Anteil an dispergiertem Ton liegt in den strukturierten Lysimetern höher als in den strukturbereinigten Proben. Hier wird der starke Einfluss der spezifischen Oberfläche deutlich, die aufgrund im Feld erfolgter Aggregation in den strukturierten Proben geringer ist. Daher können mit dem Gärrest zugeführte Ionen hier zu stärkeren Dispergierungsprozessen führen.

Einfluss von Gärrückständen auf ausgewählte Böden Schleswig-Holsteins



Prof. Prof. h.c. Dr. Dr. h.c. R.Horn
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Fachtagung
Pflanzliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen

10.-11. März 2015 in Berlin

tal pūdy Udongo mulla ๓๓
Boden ๒๒๖
maa talaj ๒๒๖
botten ๒๒๖
приземен ๒๒๖
tokēs ๒๒๖
kásáa ๒๒๖
ground ๒๒๖
ile ๒๒๖
ùir ๒๒๖
почва ๒๒๖
днище ๒๒๖
मैदान २२६
soil ๒๒๖
मिट्टी २२६
ЗЕМЛЯ ๒๒๖

sol beheko ๒๒๖
grond ๒๒๖
botten ๒๒๖
приземен ๒๒๖
tokēs ๒๒๖
kásáa ๒๒๖
ground ๒๒๖
ile ๒๒๖
ùir ๒๒๖
почва ๒๒๖
днище ๒๒๖
मैदान २२६
soil ๒๒๖
मिट्टी २२६
ЗЕМЛЯ ๒๒๖

augšnes ๒๒๖
भूमि ๒२६
அடர்விலு ๒२६
inhlabathi ๒๒๖
dhulka ah ๒๒๖
έδαφος ๒๒๖
solului ๒๒๖
mät bång ๒๒๖
Zem ๒๒๖
mark ๒๒๖
toprak ๒๒๖
خاک ๒๒๖
tla ๒๒๖
solo ๒๒๖
gleba ๒๒๖

ithir ๒๒๖
terra ๒๒๖
maaperän ๒๒๖
suelo ๒๒๖
dhulka ah ๒๒๖
έδαφος ๒๒๖
solului ๒๒๖
mät bång ๒๒๖
Zem ๒๒๖
mark ๒๒๖
toprak ๒๒๖
خاک ๒๒๖
zemplja ๒๒๖
yokutshuna ๒๒๖
மண்வெட்டி ๒२६

dirvožemio ๒๒๖
pôda ๒๒๖
maaperän ๒๒๖
suelo ๒๒๖
dhulka ah ๒๒๖
έδαφος ๒๒๖
solului ๒๒๖
mät bång ๒๒๖
Zem ๒๒๖
mark ๒๒๖
toprak ๒๒๖
خاک ๒๒๖
zemplja ๒๒๖
yokutshuna ๒๒๖
மண்வெட்டி ๒२६

tal pūdy Udongo mulla ๓๓
Boden ๒๒๖
maa talaj ๒๒๖
botten ๒๒๖
приземен ๒๒๖
tokēs ๒๒๖
kásáa ๒๒๖
ground ๒๒๖
ile ๒๒๖
ùir ๒๒๖
почва ๒๒๖
днище ๒๒๖
मैदान २२६
soil ๒๒๖
मिट्टी २२६
ЗЕМЛЯ ๒๒๖

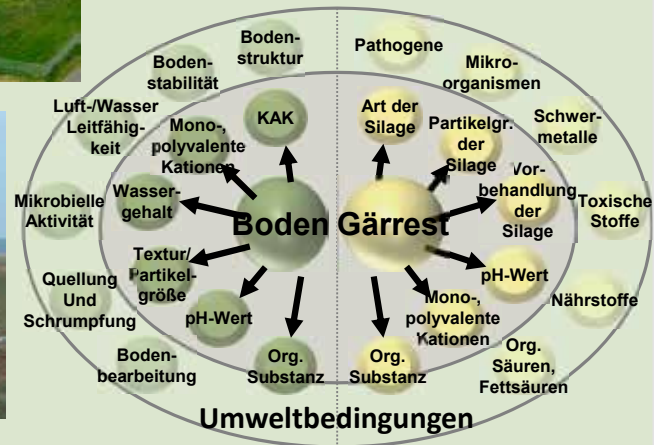
sol beheko ๒๒๖
grond ๒๒๖
botten ๒๒๖
приземен ๒๒๖
tokēs ๒๒๖
kásáa ๒๒๖
ground ๒๒๖
ile ๒๒๖
ùir ๒๒๖
почва ๒๒๖
днище ๒๒๖
मैदान २२६
soil ๒๒๖
मिट्टी २२६
ЗЕМЛЯ ๒॒๒

augšnes ๒๒๖
भूमि २२६
அடர்விலு ๒२६
inhlabathi ๒๒๖
dhulka ah ๒๒๖
έδαφος ๒๒๖
solului ๒๒๖
mät bång ๒๒๖
Zem ๒๒๖
mark ๒๒๖
toprak ๒๒๖
خاک ๒๒๖
tla ๒๒๖
solo ๒๒๖
gleba ๒๒๖

ithir ๒๒๖
terra ๒๒๖
maaperän ๒๒๖
suelo ๒๒๖
dhulka ah ๒๒๖
έδαφος ๒๒๖
solului ๒๒๖
mät bång ๒๒๖
Zem ๒๒๖
mark ๒๒๖
toprak ๒๒๖
خاک ๒๒๖
zemplja ๒๒๖
yokutshuna ๒๒๖
மண்வெட்டி ๒२६

dirvožemio ๒๒๖
pôda ๒๒๖
maaperän ๒๒๖
suelo ๒๒๖
dhulka ah ๒๒๖
έδαφος ๒๒๖
solului ๒๒๖
mät bång ๒๒๖
Zem ๒๒๖
mark ๒๒๖
toprak ๒๒๖
خاک ๒๒๖
zemplja ๒๒๖
yokutshuna ๒๒๖
மண்வெட்டி ๒२६

Auswirkungen der Maisernte und der Gärrestapplikation auf den Bodenstrukturzustand.

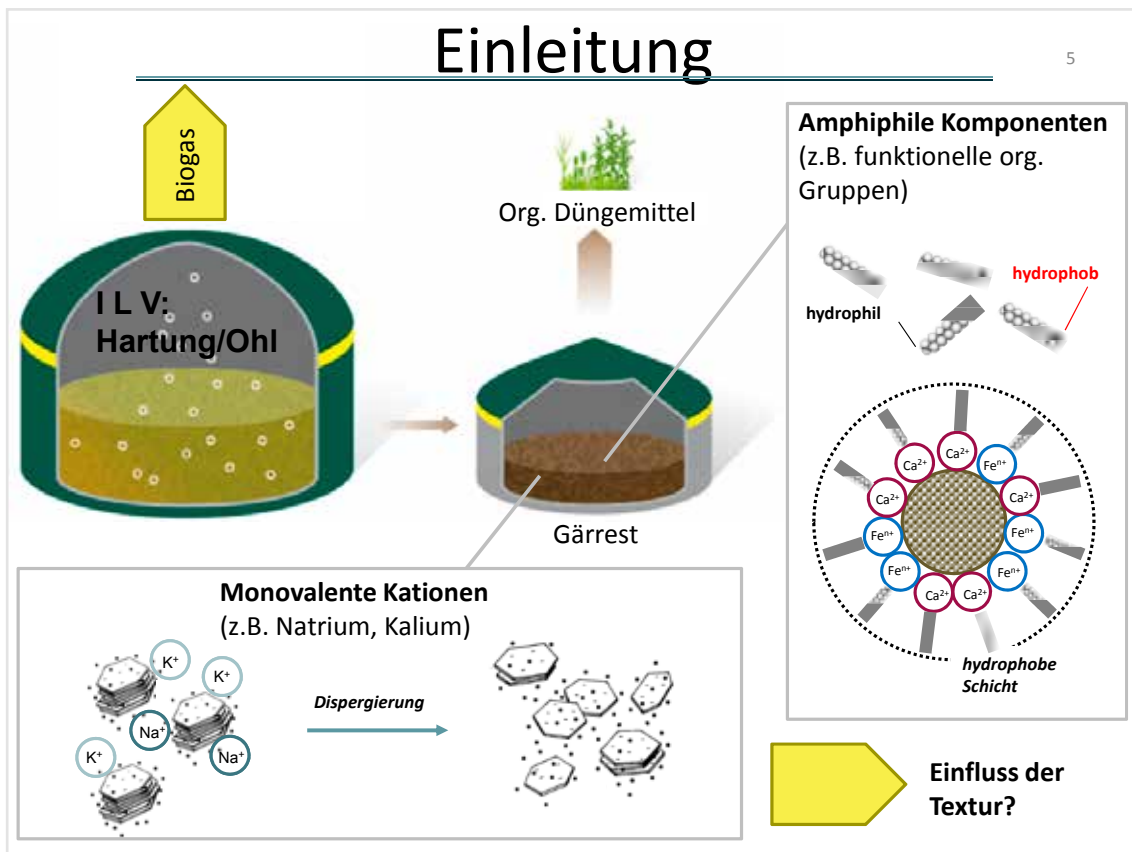


Aus Voelkner 2015

Gliederung

4

- Herstellung der Gärreste/Energieanalytik
- Mögliche Interaktionen zwischen Gärrückstand und Boden
- Einfluss der Gärreste auf die Benetzbarkeit
- Bedeutung der Gärreste für die Dispergierung
- Zusammenfassung



TP1 Methoden: AG Hartung/Ohl (ILV)

Batch Test

- VDI Richtlinie 4630
- Mesophiler Temperaturbereich
- 28 Tage

HBT

- 48 Fermenter (1l) mit Eudiometer
- Wasserbad
- 800 ml Inokulum (Klärschlamm)
- 8 g Substrat (frisch, getrocknet, gemahlen) bzw. 30 g Substrat (frisch/siliert, zerkleinert <1 cm)
- 9 Wiederholungen bei Gärrestweitergabe (Mono- / Kofermentation)
- 4 Wiederholungen für andere Varianten

- Kolbenprober (100 ml)
- Trockenschrank
- 30 ml of Inokulum (Klärschlamm)
- 300 mg Substrat (frisch, getrocknet, gemahlen) in Mono-/Kofermentation
- 3 Wiederholungen
- 30 Varianten
- nur im 1. Versuchsjahr

TP1 Ergebnisse Fermentation



Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Substratvariante	Spezifische Methanproduktion [l_N/kg_{OTS}] Batch				
	2012/2013	2013/2014			
100% Mais	333	318	332	334	358
100% Weizen	314	359	387	388	400
100% Zuckerrübe	366	335	364	381	388
80% Mais 20% Zuckerrübe	329	347			
20% Mais 80% Zuckerrübe	355	378			
80% Weizen 20% Zuckerrübe	319	392			
20% Weizen 80% Zuckerrübe	346	388			

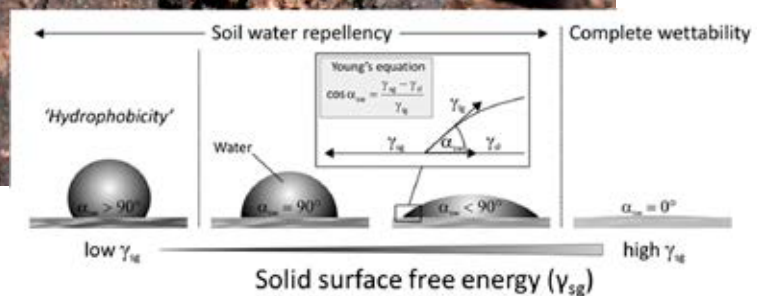
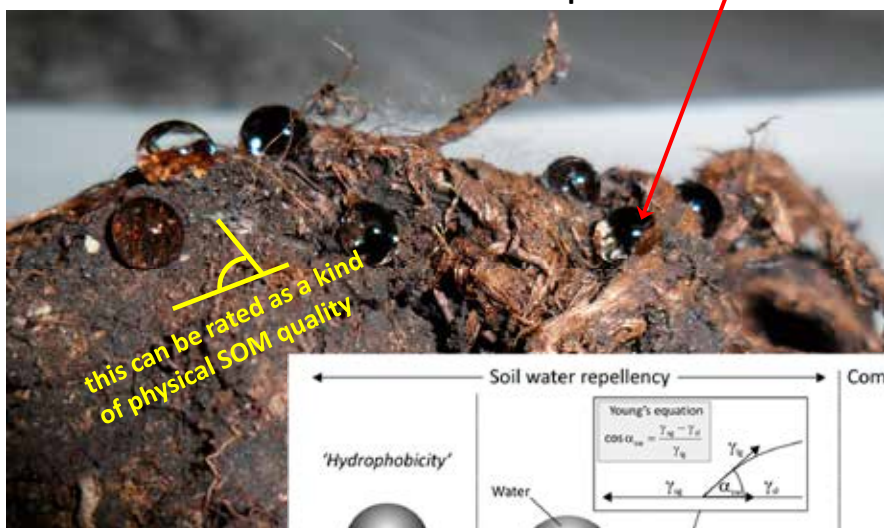
- Um alle Mischungsvarianten in 1 Versuchsansatz untersuchen zu können, wurden von den Monovarianten jeweils 4 verschiedene Silagen untersucht.
- Kofermentationseffekte konnten nicht festgestellt werden.
- Die Zuckerrübe zeichnet sich durch eine sehr schnell einsetzende Gasbildung aus, die nach ca. 1 Woche fast vollständig abgeschlossen ist, bei Mais und Weizen setzt die Gasbildung später ein und dauert deutlich länger.

Was bedeutet Benetzungshemmung/ Benetzbarkeit

What is physical OM quality?

In some cases: ...Water do not behave than expected....

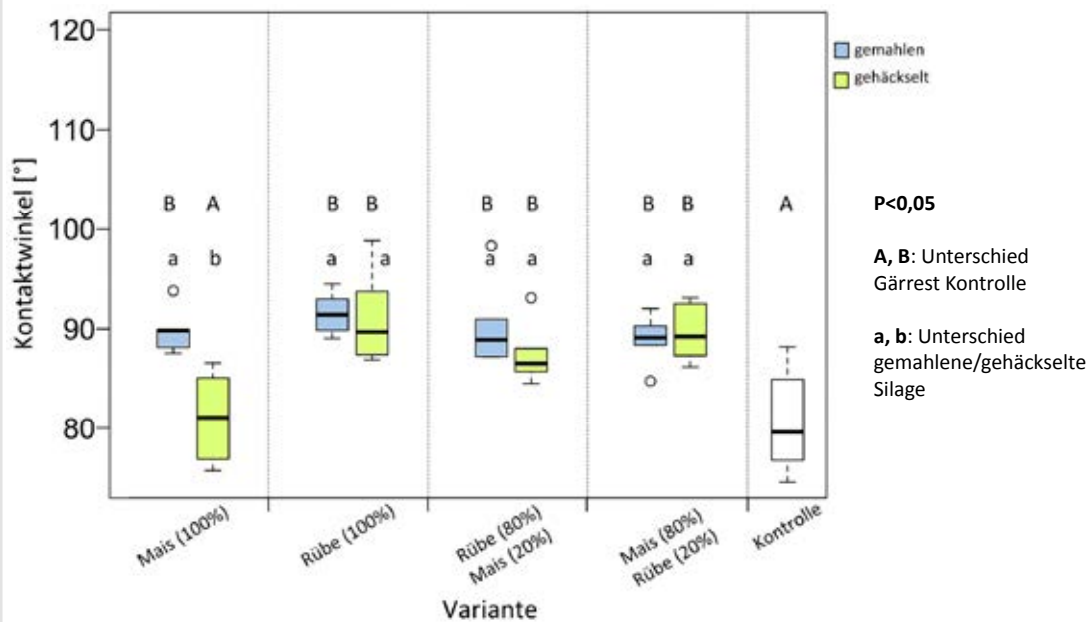
Water droplets!



Aktuelle Benetzbarkeit

9

Lehmige Parabraunerde

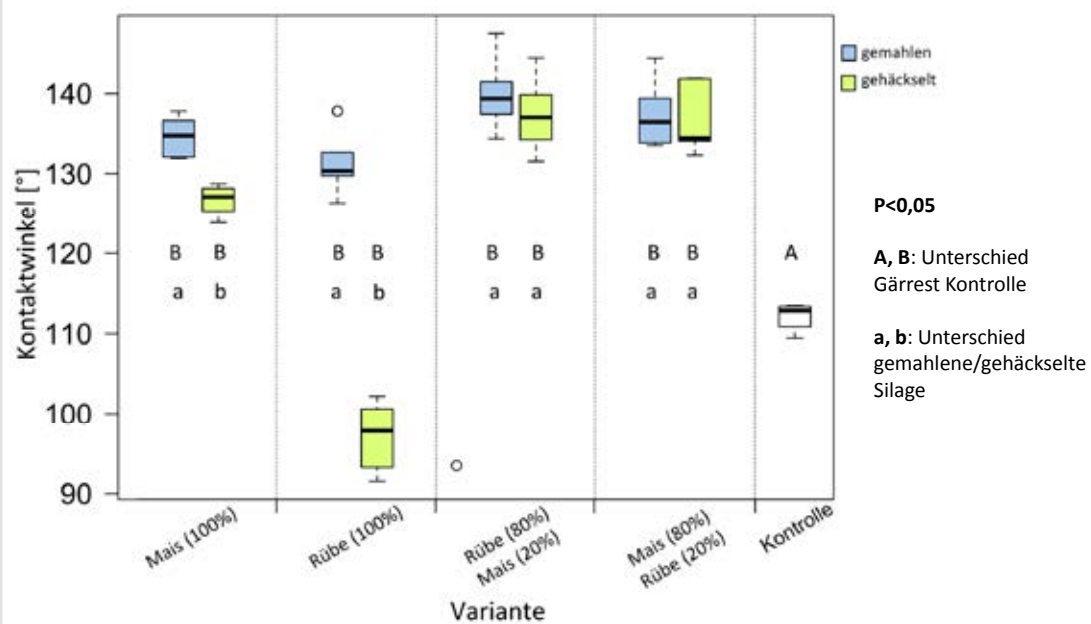


Bestimmung des Kontaktwinkels mit der Wilhelmy-Platten-Methode, n=6

Aktuelle Benetzbarkeit

10

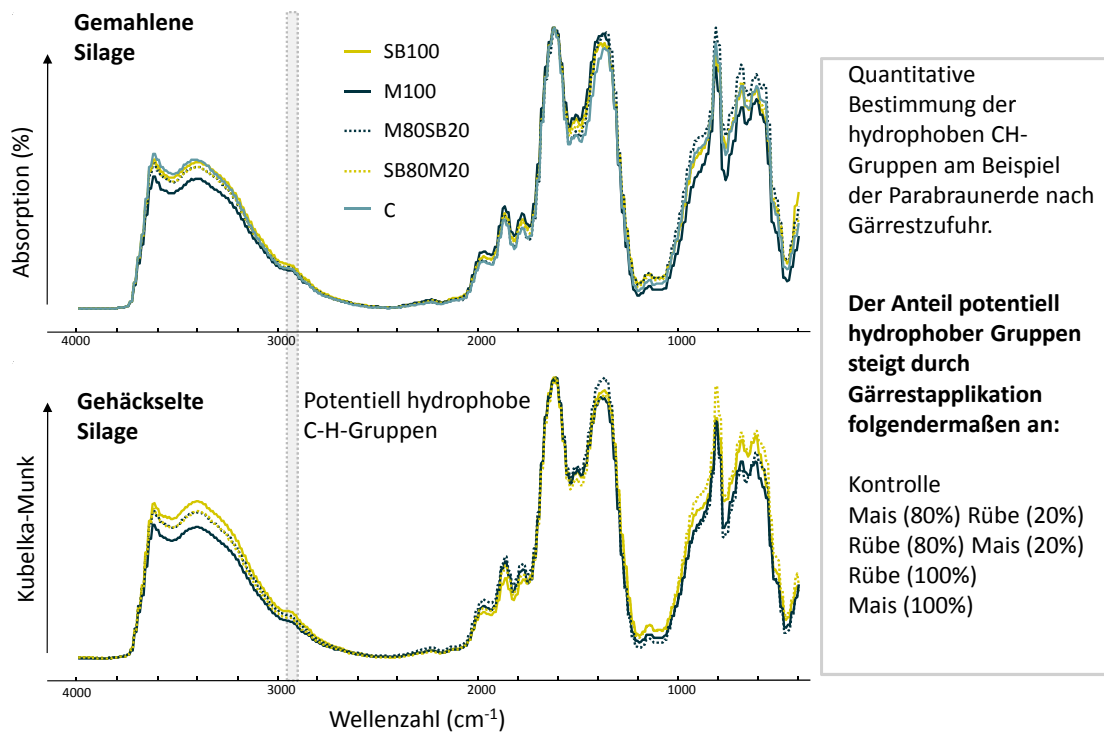
Sandiger Podsol



Bestimmung des Kontaktwinkels mit der Wilhelmy-Platten-Methode, n=6

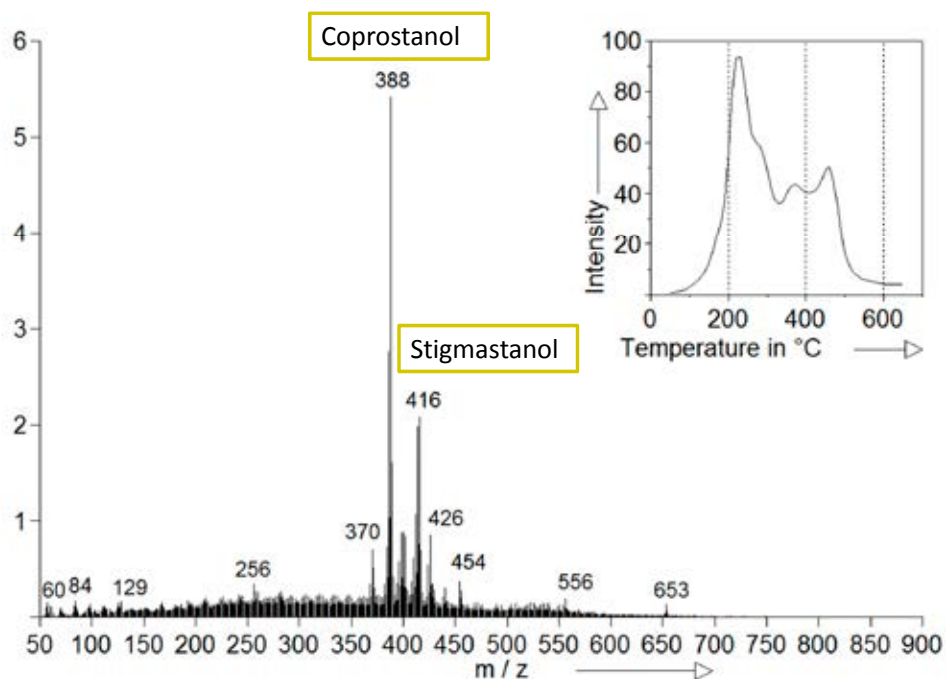
Potentielle Benetzbarkeit

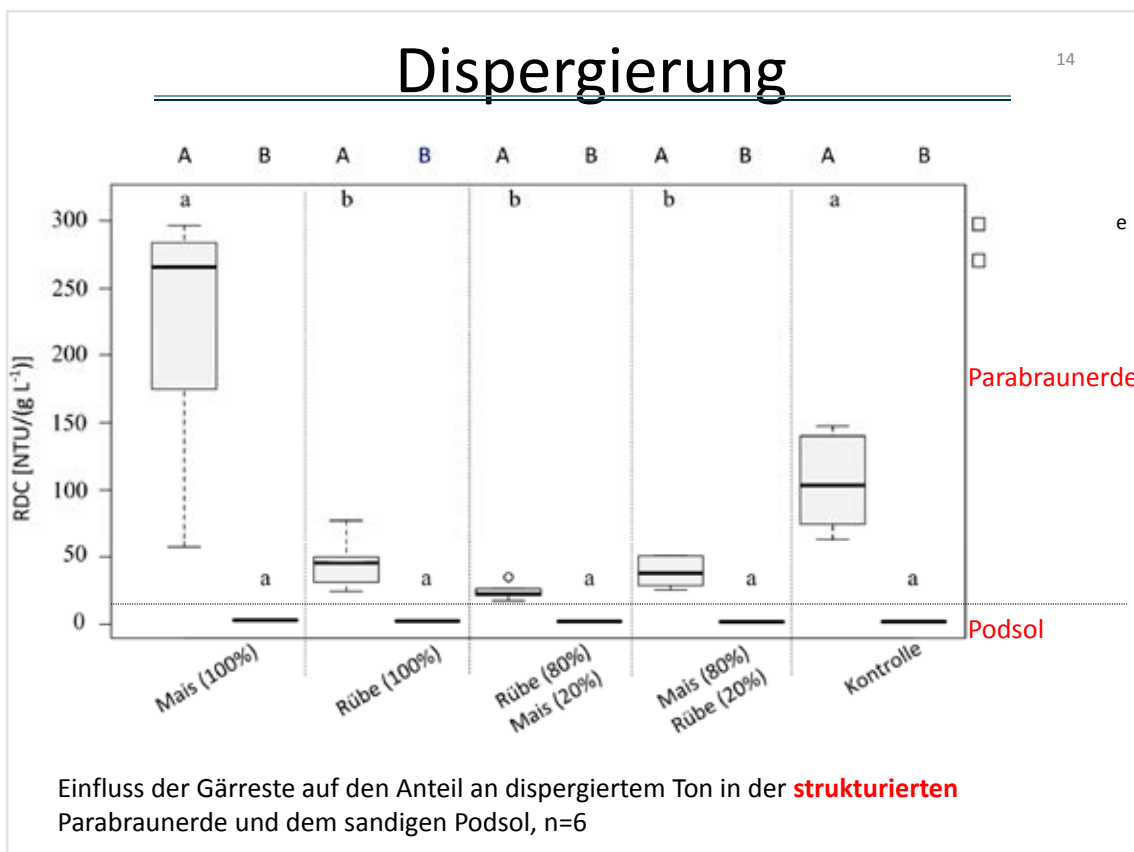
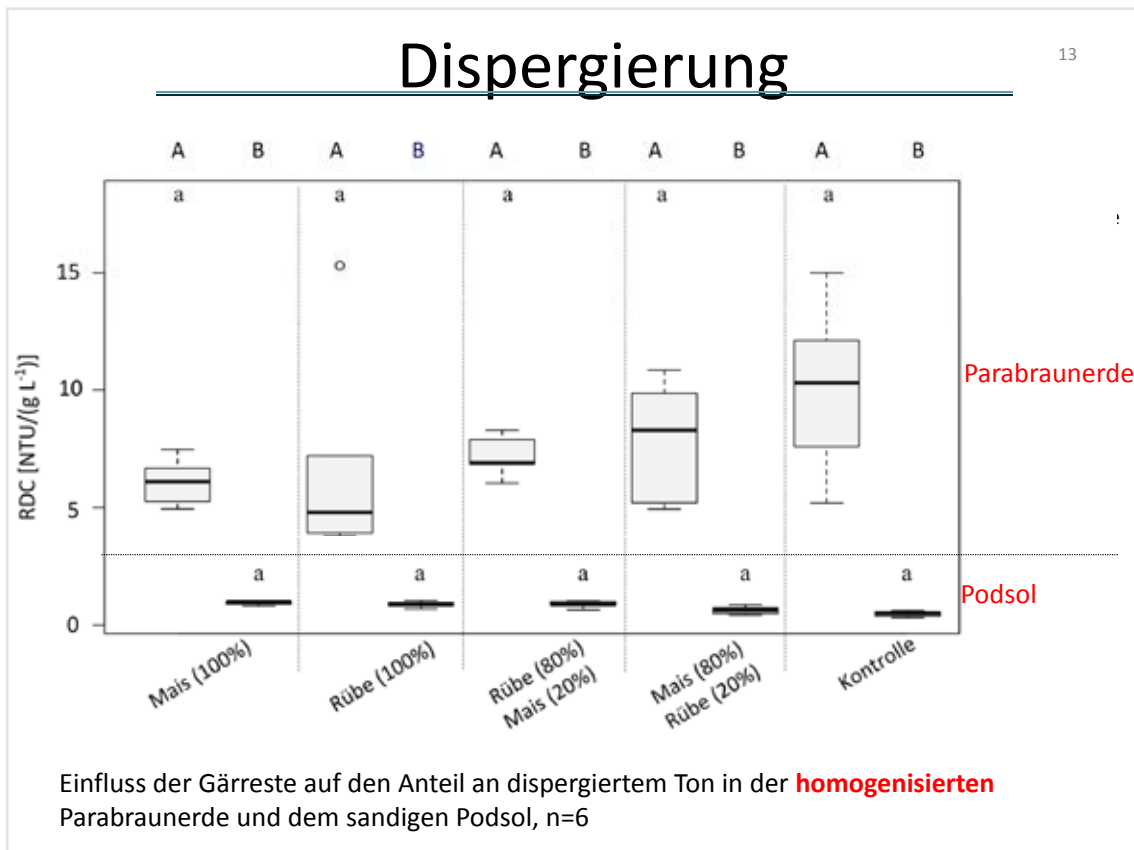
11

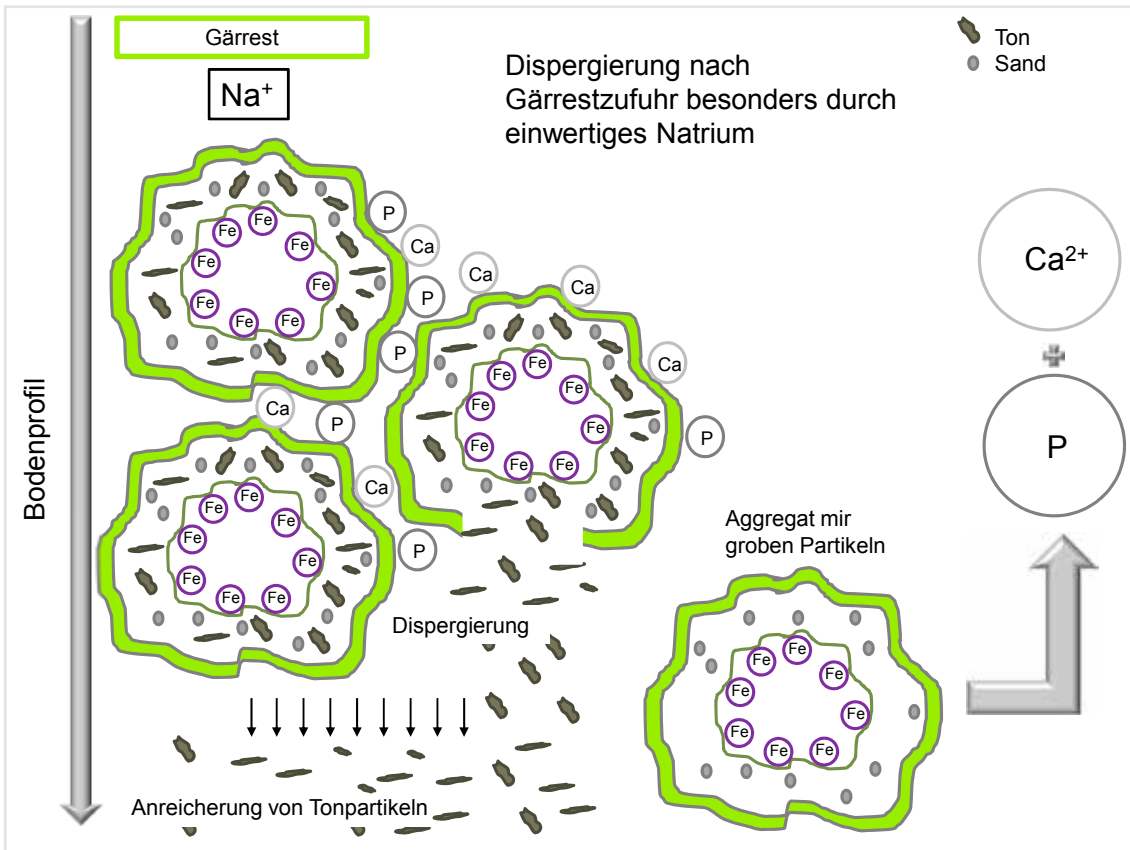


Anteile an Sterolen im Gärrest

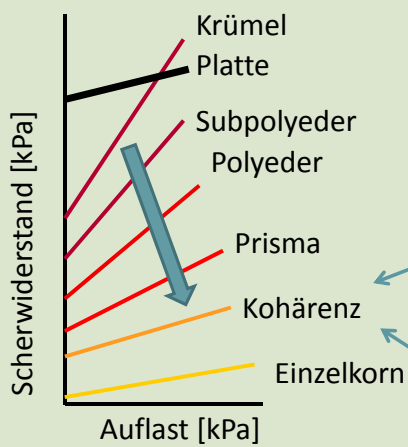
12







Bodendegradation wird nach jetziger Erkenntnis verstärkt und die Prozesse sind mit dem vorhandenen Knowhow zu quantifizieren!



Zusammenfassung

17

- Reduzierung der Benetzbarkeit beider Böden durch Gärrestzufuhr.
- Die Benetzbarkeit wird im sandigen Podsol aufgrund der geringeren spezifischen Oberfläche stärker herabgesetzt als in der lehmigen Parabraunerde.
- Mit den Gärresten werden potentiell hydrophobe funktionelle Gruppen in den Boden eingetragen, ihr Anteil nach Zufuhr von Gärrest aus Mais ist am höchsten.
- Die aktuelle Benetzbarkeit des Bodens nach Gärrestzufuhr korreliert sowohl positiv mit dem Anteil an hydrophoben funktionellen Gruppen und dem Anteil an Sterolen.
- Dispergierungsprozesse setzen nach Applikation der Gärreste v.a. im strukturierten Boden ein und sind durch den Gärrest aus Mais besonders ausgeprägt.
- Trotz seines hohen Anteils an der Kationenaustauschkapazität wird das Calcium durch eine mögliche Fällung mit Phosphat unwirksam.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Innovative Makroverkapselung von Gärresten

Prof. Dr. Satyanarayana Narra (Technischer Umwelt- und Klimaschutz, Fachhochschule Lübeck)

Die Erzeugung und Nutzung von Biogas hat in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Damit einhergehend ist die Menge an Biogastrückständen stetig angewachsen. Die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Biogastrückstände variieren je nach den eingesetzten Substraten und Substratmischungen, was sich in der Zusammensetzung, den Eigenschaften und der Düngewirkung der Rückstände widerspiegelt.

Herkömmlich werden die Biogastrückstände einer Fest-Flüssig-Trennung unterzogen. Das Restwasser wird entweder als Flüssigdünger ausgebracht oder nach entsprechender Reinigung in den Vorfluter eingeleitet. Düngung wird generell in der Wachstumsperiode (Frühjahr, Sommer) durchgeführt, während in der Wintersaison ein Ausbringeverbot besteht. Damit stellen die Gärreste aufgrund ihres hohen Wassergehalts (80 bis 95 %, abhängig vom Substrat) ein Problem bezüglich Lagerung, Handhabung und Transport dar. Die gewonnene Feststoffphase wird konventionell einer Pressagglomeration zugeführt. Durch die vorangegangene Fest-Flüssigtrennung verringert sich die Düngewirkung (durch N, P, K) in den Agglomeraten um bis zu 50 %. Insgesamt stellen sich die konventionellen Aufbereitungsprozesse als kostenintensives Verfahren dar.

Im Rahmen dieser Grundlagenuntersuchung werden durch die Anwendung von innovativen Verkapselungsprozessen Möglichkeiten und Varianten zur Erzeugung von Düngemittelkapseln vorgestellt, in denen durch gemeinsamen Einschluss der festen und flüssigen Phase die Inhaltsstoffe erhalten bleiben. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit einer kontrollierten Abgabe der Inhaltsstoffe, was zu einer effizienten Langzeitdüngewirkung führt.

Die Agglomeration von Biogastrückständen erfolgte in einem Pelletierteller mit dem Einsatz verschiedener Zusatzstoffe und Bindemittel. Weiterhin wurden Versuche zur Verkapselungen mit PLA-Folien und Gelantinekapseln durchgeführt. Die Auswahl der Zusatzstoffe (Kalk), Bindemittel (Stärke, Gelatine, CMC), PLA-Folien und Gelantinekapseln in den Agglomeratbildungsprozess erfolgte unter den Gesichtspunkten von Bodenverträglichkeit, biologischen Abbaubarkeit und der Einbindung beider Phasen (Fest- und Flüssigphase).

Die Ergebnisse zeigen, dass die eingesetzten Bindemittel vorteilhaft gegenüber den gewählten Zusatzstoffen sind. Das Bindemittel CMC erzielt die besten Resultate bezüglich der Agglomeratstabilität, wobei aber nur 50 % der Nährstoffe erhalten bleiben. Mit dem Bindemittel Gelatine können bis zu 90 % der Nährstoffe erhalten werden. In den verkapselten Agglomeraten können 100 % der Nährstoffe erhalten werden. Gleichzeitig sind weniger Prozessschritte gegenüber dem konventionellen Verfahren notwendig.

In dieser Arbeit werden unterschiedliche innovative Agglomerationsverfahren dargestellt. Durch die Einbindung der innovativen Prozessschritte in bestehende konventionelle Aufbereitungs- und Veredlungsverfahren gelingt es, die Verfahren bezüglich ihrer Effizienz sowie das Produkt und die Produkteigenschaften zu verbessern. Die erzeugten Produkte können vielfältig genutzt und eingesetzt werden. Damit erhöht sich die effiziente-, nachhaltige- und Kaskadennutzung von biogenen Roh- und Reststoffen.



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Innovative Makroverkapselung von Gärrückständen

Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
10. März 2015

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

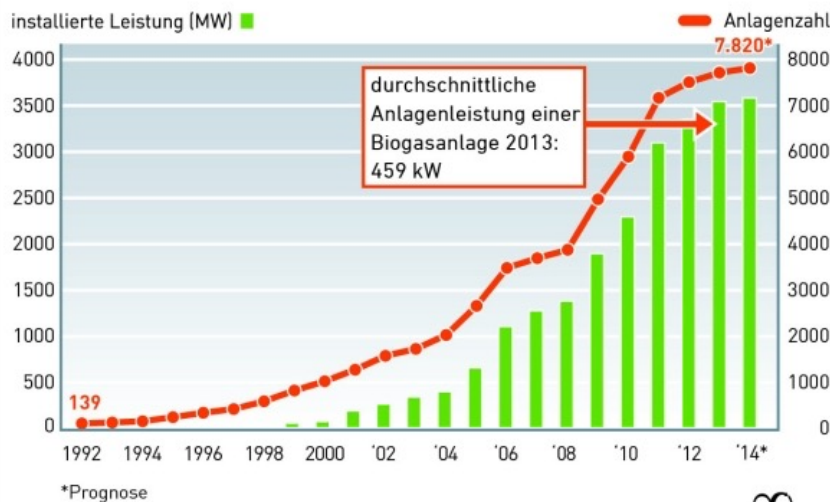
1



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



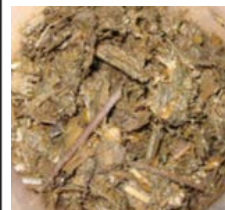
Biogasanlagen in Deutschland 1992-2014



Tendenz steigend



Verbunden ist Anstieg der anfallenden Gärreste



Quellen: AGEE-Stat, FVB; Stand: 05/2014

www.unendlich-viel-energie.de



10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

2



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Biogasarückstände:

- Flüssig- und Festphase
- Hohe Anteile von Stickstoff und Kalium
- Pflanzendünger

Probleme:

- Hoher Flüssigkeitsgehalt
- Hohe Transportkosten
- Hohe Lager- und Handhabungskosten
- Ökonomisch nur sinnvoll auf regionaler Ebene ($r < 35$ km)
- Ausbringeverbot in Wintermonaten
- Eutrophierung.....(Gewässerkontamination).....

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

3



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Konventionelle Lösung:

Agglomeration der Biogasarückstände mit den Materialien der Festphase (Fasern) nach einer **Fest-Flüssig-Trennung**

 **Verminderter Düngeeffekt**

Agglomerate aus Biogasarückständen der Flüssigphase:

- Bestimmte optimierte Techniken und Veredlungen
- Mit oder ohne Zugabe von Bindemitteln

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

4



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Grundlagenuntersuchung:

Innovative Agglomeration und Verfeinerung durch Verkapselung von Biogastrückständen zur effizienten langfristigen Nutzung (mit kontrollierter Freisetzung) als Düngemittel.

Schwierigkeiten Mikroverkapselungstechnologie bei Gärrückständen:

Eigenschaften der Biogastrückstände:

- Lange Fasern
- Große Partikel
- Ungleichmäßige Teilchengrößenverteilung
- Hohe Feuchtigkeit
- Usw.

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

5



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



a) Gärreste

b) 10 mm Sieb

c) 6 mm Sieb

Innovative Lösung:

Überführung der Mikroverkapselung in Makroverkapselung:

Agglomerate / langfasrige Pellets / große Partikel

1 bis 10 cm Länge und bis zu 1 cm Durchmesser

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

6



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Vorteile der Makroverkapselung von Biogärresten:

- Zerkleinerung von Biogärresten nicht notwendigerweise erforderlich,
- Entwässerung von Biogärresten nicht notwendigerweise erforderlich,
- Vollständige Fixierung der Nährstoffgehalte,
- Reduktion der Lachgasemissionen,
- Verbesserung der Handhabungseigenschaften,
- Langzeit-Düngewirkung durch Stickstofffixierung und kontrollierte Freisetzung,
- Hohe Düngewirkung.

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

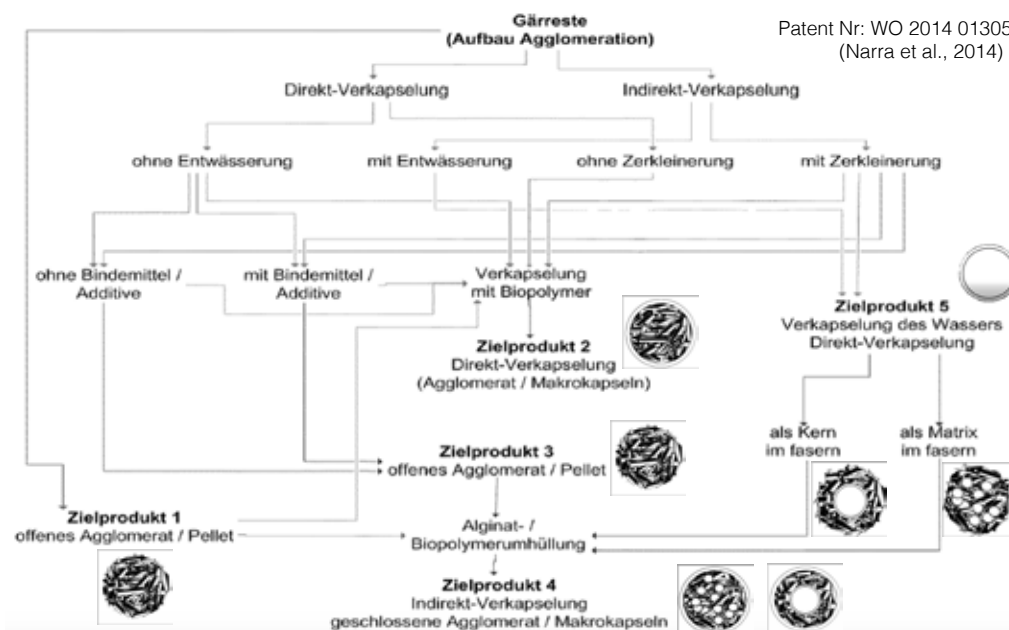
7



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Patent Nr: WO 2014 0130586 A1
(Narra et al., 2014)



10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

8

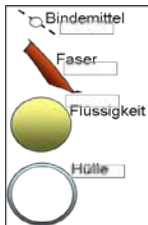


Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Patent Nr: WO 2014 0130586 A1
(Narra et al., 2014)

Verkapselung von Biogastrückständen



Die Idee: Festen und Flüssigen Phasen zusammenzuhalten.

- Vorteile:**
- Höhere Düngerwirkung
 - Verringerung der Verfahrensschritte
 - Vermeidung die Gefahr einer Überdüngung
 - Die kontrollierte Freisetzung von Inhaltsstoffen
 - Vermeidung von Grundwasser- und Gewässerverschmutzung etc.

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

9

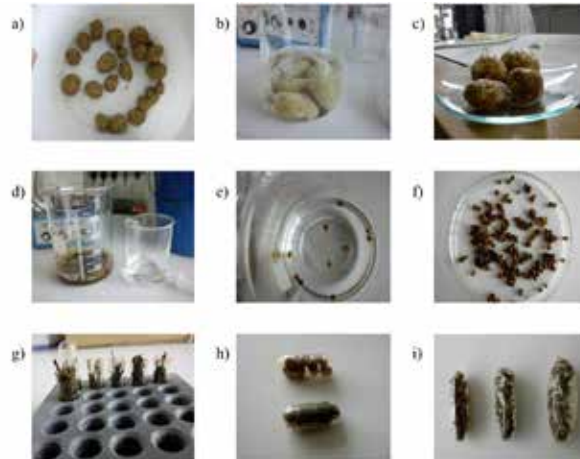


Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



(Narra et al., 2014)

Variants	Wet Residues (wt. %)			Additives / Binders (wt. %)				Products
	6 mm	10 mm	Dewatering (t/ton / 10t/ton)	Line (%)	Starch (%)	Gelatin (%)	CMC (%)	
Additive								
L1	50			50				Product 1
L2	52			48				
L3	54			46				
L4	56			44				
L5	58			42				
L6	60			40				
Binders								
L7		50		50				Product 3
L8		52		48				
L9		54		46				
L10		56		44				
L11		58		42				
L12		60		40				
Binders								
S1			92.5		7.5			Product 3
S2			90		10			
S3			80		20			
Binders								
G1				90		10		Product 3
G2				80		20		
G3				70		30		
Binders								
CMC1			97.5				2.5	Product 3
CMC2			92.5				7.5	
CMC3			80				10	
Encapsulants								
AL1				1.7-100				Product 3
AL2				1.7-100				
AL3				1.7-100				
Encapsulants								
AL-S1			92.5		7.5			Product 3
AL-S2			90		10			
AL-S3			80		20			
Encapsulants								
AL-G1			92.5		7.5			Product 4
AL-G2			90		10			
AL-G3			80		20			
Encapsulants								
AL-CMC1			97.5				2.5	Product 4
AL-CMC2			92.5				7.5	
AL-CMC3			80				10	
Encapsulants								
AL-LG1				1.7-100				Product 2
AL-LG2				1.7-100				
AL-LG3				1.7-100				
Encapsulants								
GC1			100					Product 2
GC2			100					
GC3			50% OC2 + 50% AL1					
Encapsulants								
PEA			100					Product 2
Cont.								
C1			100					Product 1
C2			100					



10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

10

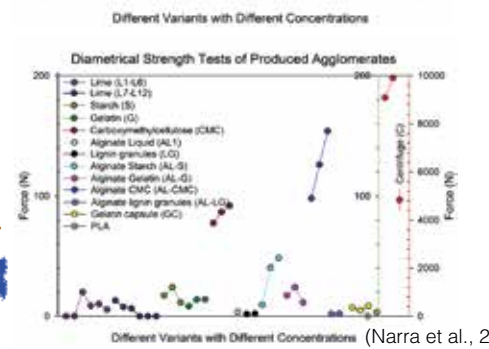
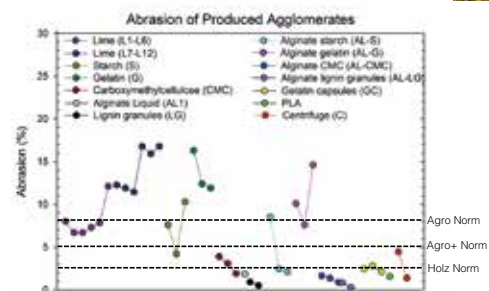


Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Variants	Nitrogen and Ammonium Contents		Products	
	N g/kg TS	NH ₄ g/kg TS		
Biogas Residues	18.400	1.669		
Additive	L1	2.280	0.643	Product 3
	L2	2.110	0.636	
	L3	1.130	0.631	
	L4	1.710	0.622	
	L5	1.810	0.618	
	L6	0.830	0.631	
	L7	2.830	0.634	
	L8	2.100	0.638	
	L9	1.150	0.627	
	L10	1.310	0.624	
	L11	0.950	0.641	
	L12	0.720	0.619	
Binders	S1	7.510	0.396	Product 3
	S2	7.280	0.849	
	S3	6.360	0.738	
	G1	18.040	1.015	
	G2	17.710	1.074	
	G3	17.340	0.932	
CMC	CMC1	7.970	0.340	Product 3
	CMC2	6.230	0.435	
	CMC3	5.210	0.419	
Encapsulations	AL1	3.920	0.810	Product 3
	LG1	2.740	0.660	
	LG2	3.850	0.790	
	AL-S1	7.690	0.590	
	AL-S2	7.430	0.510	
	AL-S3	6.510	0.828	
	AL-G1	18.190	0.978	
	AL-G2	17.800	0.894	
	AL-G3	17.490	0.811	
	AL-CMC1	7.590	0.370	
	AL-CMC2	6.320	0.523	
	AL-CMC3	5.300	0.509	
AL-LG	AL-LG1	2.840	0.690	Product 3
	AL-LG2	3.820	0.880	
	AL-LG3	18.130	1.025	
GC	GC1	18.360	1.041	Product 2
	GC2	18.130	1.020	
	GC3	17.560	0.954	
Gel	C1	15.530	0.100	Product 1
	C2	16.430	0.690	

50 %
100 %



(Narra et al., 2014)

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

11



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Vorteile der im weiterentwickelten Verkapselungsprozess produzierten Agglomerate:

Flüssig- als auch Festphase der Rückstände **eingebunden** / gehalten.

Probleme, welche mit flüssigen Biogasarückständen oder **konventionell** produzieren **Agglomeraten** anfallen, werden **gelöst**.

Minimale Anzahl von Verarbeitungsschritten

Gemeinsame Verkapselung der **Flüssig- und Festphasen** garantiert eine **kontrollierte Freisetzung** der **Düngungsnährstoffe**

- Verbesserung der Bodenqualitäten
- Keine negativen Auswirkungen auf Grundwasser

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

12



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Ausblick

- Produktion der Agglomerate erfolgte im **Labormassstab**
- Agglomerate sind bezüglich ihrer **charakteristischen Eigenschaften** mit anderen Gärrestedüngemitteln **vergleichbar, bzw. vorteilhafter** (Nährstoffgehalt)

Weiterführung des Projektes: **Zielgerichtete Anwendungsforschung**

- Upscaling
- Untersuchungen zur Düngewirkung und Bodenwirksamkeit (Freiland und Gewächshaus)
- Kostenabschätzung

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

13



Prof. Dr. habil. Satyanarayana Narra
Technischer Umwelt- und Klimaschutz
Fachhochschule Lübeck



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

10.03.2015

E-Mail: s.narra@fh-luebeck.de; Tel: 0451/3005064

14

Untersuchungen zur Aufbereitung und Verwertung von Gärrückständen aus der Bioabfallvergärung

*Dr. Verena Wragge, MSc. Christina-Luise Roß, Kerstin Nielsen und Karen Sensel-Gunke
(Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin)*

Die getrennte Sammlung und stoffliche Verwertung von Bioabfall ist seit dem 1. Januar 2015 deutschlandweit verpflichtend. Dabei wird eine kombinierte energetisch-stoffliche Verwertung der Bioabfälle (Kaskadennutzung) als besonders ökologisch vorteilhaft angesehen. Zudem wurde mit dem EEG 2012 das Ausschließlichkeitsprinzip aufgehoben, wodurch nun Bioabfälle, Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen gemischt als Substrat in Biogasanlagen eingesetzt werden dürfen. Daraus ergibt sich eine zunehmende Anzahl an Biogasanlagen, die Bioabfall als Substrat einsetzen. Bioabfälle enthalten wertvolle Pflanzennährstoffe, sodass sie nach einer Behandlung als Dünger genutzt werden können. Durch eine unsaubere Trennung hervorgerufene Verunreinigungen wie Plastik oder Glas oder auch erhöhte Schwermetallgehalte mindern wiederum den Wert der Produkte. Im Projekt „Grundlagenuntersuchungen zur Verwertung und Nährstoffnutzung sowie zur boden- und pflanzenbezogenen Wirkung von Gärrückständen aus der Abfallvergärung (VeNGA)“, gefördert vom BMBF, werden die verschiedenen Aspekte der landwirtschaftlichen Nutzung von vergorenen Bioabfällen untersucht. Mit diesem Ziel wurden vier Produkte auf der Basis von anaerob vergorenen und anschließend kompostierten Bioabfällen entwickelt. Die Vergärung wurde in einer speziell für strukturreiches Material entwickelten zweiphasigen diskontinuierlichen Trockenfermentation mit Perkolation der Firma GICON durchgeführt und die festen Gärprodukte anschließend kompostiert. Aus dem Kompost entstanden zwei unbehandelte Produkte (Kompost fein und Kompost grob) sowie zwei weiter aufbereitete Produkte (Agglomerat und Pellet). Für die Produktion vermarktungsfähiger Dünger sollten neben der Düngewirkung auch die Umweltauswirkungen sowie die Stabilität der organischen Substanz im Boden bekannt sein.

Der Einfluss der vier Produkte auf die Umwelt wurde mittels Biotests mit Regenwürmern und Pflanzen untersucht. Die Regenwürmer zeigten gegenüber den getesteten Kompostkonzentrationen (100 bis 400 kg ha⁻¹ N) kein Vermeidungsverhalten und auch das Auflaufen und frühe Wachstum von Hafer und Rüb- sen wurden sogar bei sehr hohen N-Aufwandmengen von bis zu 900 kg ha⁻¹ nicht negativ beeinflusst.

Die Stabilität der organischen Substanz wurde über die Messung der Bodenatmung bei einer Aufwandmenge von 200 kg ha⁻¹ N bestimmt. Die organische Substanz der unbehandelten Komposte wurde über 56 Tagen zu 17,6 bzw. 16,3 % mineralisiert, die organische Substanz in den aufbereiteten Produkten nur zu 11,1 bis 12,2 %. Dies gibt Hinweise darauf, wie die Humusreproduktionsleistung sowie die Nährstoffnachlieferung der Produkte im Feld ist.

Die Düngewirkung der Produkte wird mit einem 2014 angelegten Feldversuch auf der Versuchsstation des IASP in Berge (Brandenburg) untersucht. Alle Kompostprodukte werden zum einen mit einer Aufwandmenge von 200 kg ha⁻¹ N sowie zum anderen mit 100 kg ha⁻¹ N, aufgedüngt auf eine verfügbare N-Menge von 120 kg ha⁻¹ N mit Kalkammonsalpeter, getestet. Zum Vergleich dienen eine reine Mineraldüngervariante sowie eine ungedüngte Kontrolle. Die bisherigen Ergebnisse einer Senf-Ernte zeigen, dass der agglomerierte Kompost kombiniert mit einer KAS-Düngung die beste Düngewirkung erzielt.

Untersuchungen zur Aufbereitung und Verwertung von Gärrückständen aus der Bioabfallverwertung

Verena Wragge

Christina-Luise Roß

Kerstin Nielsen

Karen Sensel-Gunke



FNR-Fachtagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“
10. März 2015

Hintergrund



Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Bioabfall#mediaviewer/File:M%C3%BClltonnen_diverse.JPG



Quelle: M. Tietze, Gicon

- Aufhebung des Ausschließlichkeitsprinzips mit dem EEG 2012
- Getrennte Sammlung und stoffliche Verwertung von Bioabfall ist seit dem 1. Januar 2015 in Deutschland verpflichtend
- Abfallhierarchie nach Europäischer Abfallrichtlinie 2008/98/EC:
Vermeidung > Wiederverwendung > Recycling > Verwertung > Beseitigung
- Vorteile einer anaeroben Vergärung von Bioabfall:
 - Energiegewinnung
 - Stabilisierung und Hygienisierung des Abfalls
 - Gärprodukte können als Dünger / Bodenverbesserer in der Landwirtschaft genutzt werden
- Nachteile einer landwirtschaftlichen Nutzung der Gärprodukte:
 - Hohe Gehalte an Verunreinigungen wie Schadstoffe (z. B. Schwermetalle) oder Plastik- und Glasanteile können ein Problem für die Umwelt darstellen

Ziele im Projekt



Im Rahmen des VeNGA-Projekts sollen verschiedene Aspekte der Behandlung und landwirtschaftlichen Verwertung von Bioabfall untersucht werden:



Produktion von vermarktungsfähigen Düngern

(Biogas-Pilotanlage der Firma GICON und Aufbereitungsversuche von GICON und der btu Cottbus)



Effekte auf Boden und Pflanze
(Feld- und Gefäßversuche)



Einfluss auf die Umwelt (Biotests
mit Regenwürmern und Pflanzen)



Stabilität der organischen
Substanz (Bodenatmungstests)

Ökonomische und ökologische Bewertung der landwirtschaftlichen Nutzung
von Gärprodukten aus Bioabfällen

Substrate



- Getrennt gesammelte Bioabfälle aus Sachsen
- Zugabe von Strukturmaterial (Grünschnitt) und grobe Zerkleinerung
- 14-21 Tage Vergärung durch den GICON®-Prozess – speziell entwickelt für stoff- und strukturreiche Materialien als Substrat

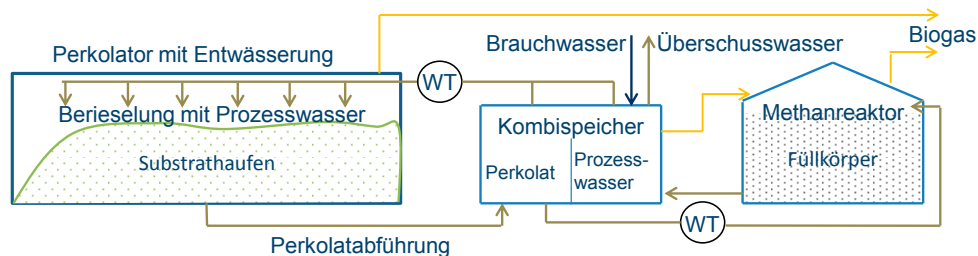


Quelle: M. Tietze, Gicon

GICON®-Biogasverfahren



Zweiphasige, zweistufige, diskontinuierliche Trockenfermentation – Schema des GICON-Verfahrens



Ansatz:

- Getrennte Regelung der Hydrolyse und Methanogenese
→ Optimierte Bedingungen für die jeweiligen Mikroorganismen
- Hydrolyse nur im Perkolator
- Methanisierung im Hochleistungsreaktor, dadurch:
 - Regelbarkeit der Biogasproduktion
 - Deutlich höherer Methangehalt des Biogases

Patent Germany:

10 2004 053 615.5

Patent USA: 7854840

Entwickelt in Zusammenarbeit mit



© GICON

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

5/16

Aufbereitung der Gärprodukte – Schritt 1



- Nach der Vergärung werden die Gärprodukte in einer intensiven Kompostierung über 5-6 Wochen behandelt
 - (Biologische) Trocknung der Gärprodukte erhöht die Trockenmasse von ca. 25 % auf > 50 %
- Entfernen der Verunreinigungen, insbes. Plastik
 - Sieben auf 20 mm (Kompost fein, Produkt 1)
 - Handsortierung (Kompost grob, Produkt 2)



Gärprodukt nach intensiver Rotte



Sieben



Kompost fein (nach dem sieben)



Verunreinigungen

Quelle aller Fotos: M. Tietze, Gicon

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

6/16

Aufbereitung der Gärprodukte – Schritt 2



- Der gesiebte Kompost (fein) wurde nochmals mit zwei ausgewählten Methoden behandelt

Pelletierung (Pellets = Produkt 3)



Pelletierung 3 x 20 mm Durchmesser, Fa. Lehmann

Agglomeration (Agglomerate = Produkt 4)



Agglomeration 94 % ≤ 10 mm Durchmesser, Fa. Eirich

Quelle aller Fotos: M. Tietze, Gicon

Stoffliche Beschaffenheit



Produkt 1: Kompost fein (gesiebt)



Produkt 2: Kompost grob (handsortiert)



Produkt 3: Pellet



Produkt 4: Agglomerat

Produkt	TS [%]	oTS [% i. TM]	C _{org} [g kg ⁻¹ TM]	N _{ges} [g kg ⁻¹ TM]	NH ₄ -N [g kg ⁻¹ TM]	P _{ges} [g kg ⁻¹ TM]	K _{ges} [g kg ⁻¹ TM]
Bioabfall	33,1	78,4	381,8	18,7	-	1,5	8,1
Gärprodukt	29,1	80,5	376,1	18,2	-	2,3	12,3
1) Kompost fein	74,0	53,8	259,9	21,0	0,12	3,7	18,0
2) Kompost grob	86,4	62,6	289,6	17,9	0,14	3,9	16,2
3) Pellet	80,0	53,3	286,7	20,2	0,12	3,6	17,0
4) Agglomerat	76,7	51,6	256,0	21,2	0,21	4,0	18,4

Feldversuch - Anlage



Fruchtfolge:

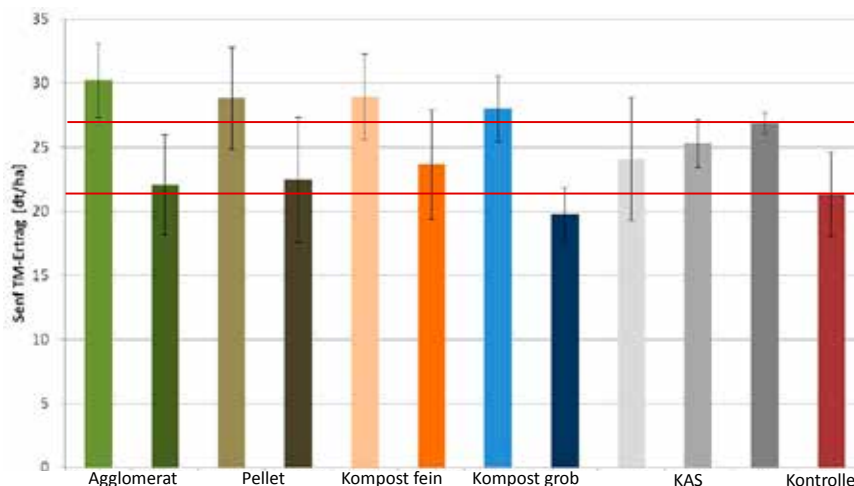
Senf – Winterroggen – Mais – Winterweizen

Faktoren:

- 1) Keine Düngung (**Kontrolle**)
- 2) 100 kg ha⁻¹ N aus **Agglomerat**, aufgedüngt mit KAS auf 120 kg ha⁻¹ N_{verfügbar}
- 3) 200 kg ha⁻¹ N aus Agglomerat
- 4) 100 kg ha⁻¹ N aus **Pellet**, aufgedüngt mit KAS auf 120 kg ha⁻¹ N_{verfügbar}
- 5) 200 kg ha⁻¹ N aus Pellet
- 6) 100 kg ha⁻¹ N aus **Kompost fein**, aufgedüngt mit KAS auf 120 kg ha⁻¹ N_{verfügbar}
- 7) 200 kg ha⁻¹ N aus Kompost fein
- 8) 100 kg ha⁻¹ N aus **Kompost grob**, aufgedüngt mit KAS auf 120 kg ha⁻¹ N_{verfügbar}
- 9) 200 kg ha⁻¹ N aus Kompost grob
- 10) 30 kg ha⁻¹ N aus **KAS**
- 11) 60 kg ha⁻¹ N aus KAS
- 12) 120 kg ha⁻¹ N aus KAS



Feldversuch - Senferträge



	[kg ha ⁻¹ N]											
N _{ges.} aus org. Dünger	100	200	100	200	100	200	100	200	-	-	-	-
N _{verf.} aus org. Dünger	10	20	12,4	24,8	10,2	20,5	11,7	23,4	-	-	-	-
N _{verf.} aus KAS	110	-	107,6	-	109,8	-	108,3	-	30	60	120	-
N _{verf.} Gesamt	120	20	120	25	120	21	120	23	30	60	120	-

Phytotoxizitäts-Test - Methode



- DIN ISO 11269-2:2012:
Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Wirkungen von Schadstoffen auf die Bodenflora – Teil 2: Wirkungen von verunreinigten Böden auf Saatauflauf und frühes Wachstum höherer Pflanzen
- Testpflanzen: Rübsen (*Brassica rapa*) (und Hafer (*Avena sativa*))
- Konzentrationen: 100, 200, 400, 600 und 900 kg ha⁻¹ N aus Kompost oder Kalkammonsalpeter (KAS) + unbehandelte Kontrolle
- Vier Wiederholungen je Behandlung
- Testdauer: 19 Tage (Rübsen)
- Messungen: Trockenmasse (und Auflaufen der Pflanzen)



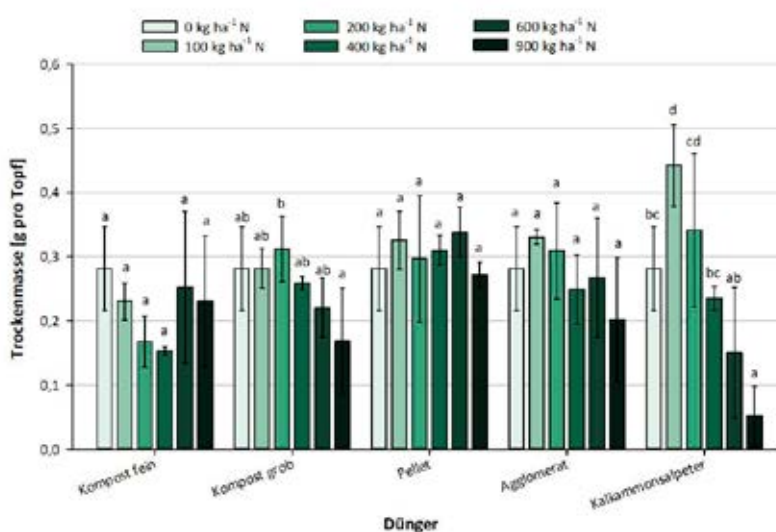
Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

11/16

Phytotoxizitäts-Test - Ergebnisse



Trockenmasse von Rübsen in Abhängigkeit von der Konzentration und Art des Düngers



- Rübsen stellte sich sensibler als Hafer heraus
- Keine signifikanten negativen Effekte bei Kompost
- Hohe Konzentrationen an unbehandeltem Kompost können aber das Auflaufen der Pflanzen tendenziell negativ beeinträchtigen (Ergebnisse nicht gezeigt)
- Gemessen am N-Gehalt zeigt der kommerziell verfügbare KAS-Dünger die stärksten phytotoxischen Effekte

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

12/16

Regenwurmvermeidungstest - Methode



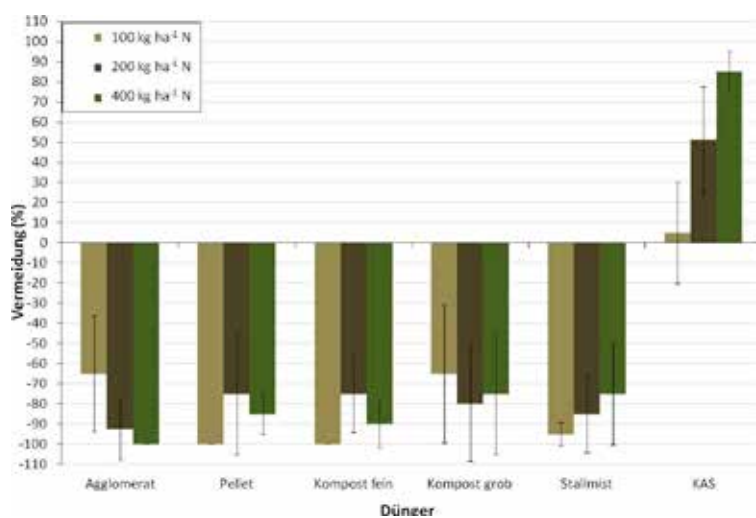
- DIN ISO 17512-1:
Bodenbeschaffenheit – Vermeidungsprüfung zur Bestimmung der Bodenbeschaffenheit und der Auswirkungen von Chemikalien auf das Verhalten – Teil 1: Prüfung von Regenwürmern (Eisenia fetida und Eisenia andrei)
- Test Organismus: *Eisenia fetida*
- Konzentrationen: 100, 200 und 400 kg ha⁻¹ N aus Kompost, Stallmist und KAS in Boden + unbehandelte Kontrolle
- Vier Wiederholungen je Behandlung
- Messungen: Vermeidungsverhalten
- Testdauer: 48 h



Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

13/16

Regenwurmvermeidungstest - Ergebnisse



- *Eisenia fetida* ist ein Kompostwurm und wird standardmäßig in Biotests eingesetzt
- *E. fetida* bevorzugt die Kompost- und Stallmist-Varianten auch in hohen Aufwandmengen, vermeidet aber KAS
- Eine Vermeidung > 80 % weist darauf hin, dass der Boden keine Lebensraumfunktion für die Würmer erfüllt

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

14/16

Schlussfolgerungen



- Produktion werthaltiger Dünger aus abfallbasierten Gärprodukten ist möglich
- Die N-Düngewirksamkeit der vier Produkte im Feld ist im ersten Jahr gering, positive Effekte sind eher langfristig sowie auf die Bodenstruktur zu erwarten
- Sogar bei sehr hohen Aufwandmengen der vier getesteten Komposte traten keine Phytotoxizität oder Regenwurmvermeidungsverhalten auf
- Der kommerziell verfügbare KAS zeigte die stärksten negativen Effekte gegenüber Pflanzen und Regenwürmern bei sehr hohen (im Feld nicht auftretenden) N-Aufwandmengen
- Neben den ökologischen Auswirkungen sollen in der folgenden Projektlaufzeit auch die ökonomischen Aspekte betrachtet werden



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

GÄRWERT – Düngungsversuche und Charakterisierung der Aufbereitungsprodukte aus pflanzenbaulicher Sicht

Dr. Kurt Möller (Institut für Kulturpflanzenwissenschaften der Universität Hohenheim)

Die Untersuchungen an Gärprodukten unterschiedlicher Provenienz (Art der vergorenen Substrate, Art der Aufbereitung nach der Vergärung) an der HfWU Nürtingen-Geislingen und an der Universität Hohenheim umfassen verschiedene Arbeitspakete. Grundlage ist eine umfassende Analyse ihrer Inhaltsstoffe (Nährstoffe, Schwermetalle, Salze, organische Substanz, van Soest Analyse). In Feldversuchen wird der Einfluss von verschiedenen Behandlungskaskaden (Separierung und weitere Aufbereitung) auf die Mineraldüngeräquivalente bei Silomais und Sommergetreide untersucht. Diese Experimente werden durch einen zweiten Feldversuch zur Untersuchung zur Eignung von flüssigen Aufbereitungsprodukten als Düngemittel im intensiven ökologischen Gemüsebau sowie durch Messung der Lachgasemissionen nach ihrer Ausbringung ergänzt. In Gefäßversuchen werden die N-Düngewirkung und die Auswirkungen auf die Kohlenstoffgehalte im Boden nach wiederholter Gärrestdüngung in einer „Fruchtfolge“ aus Weidelgras und Mais untersucht. Es sollen sechs Düngezyklen durchgeführt werden, mit einem siebenten Durchgang zur Untersuchung der N-Nachwirkung. Die Abbaustabilität der organischen Masse wird zusätzlich durch Inkubationsversuche untersucht, bei denen die CO₂-Entwicklung eines Bodens nach Gärrestzugabe gemessen wird. Schließlich wird in Keimpflanzentests die Pflanzenverträglichkeit der verschiedenen Aufbereitungsprodukte untersucht.

Die Untersuchungen wurden im Winter 2013/14 gestartet, es werden erste Ergebnisse der Charakterisierung der Gärreste, des Feldversuchs zur Ermittlung der Mineraldüngeräquivalente bei Silomais, des Keimpflanzentests und des bereits angelegten Gefäßversuchs vorgestellt.

GÄRWERT- Düngungsversuche und Charakterisierung der Aufbereitungsprodukte aus pflanzenbaulicher Sicht

PD Dr. Kurt Möller, Ioana Petrova, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim

Prof. Dr. Carola Pekrun, Institut für Angewandte Agrarforschung, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU)

Tagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“, Berlin 10.3.2015

UNIVERSITÄT HOHENHEIM



Gliederung

- Einleitung
- Arbeitsprogramm und Hypothesen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

GÄRWERT-Projekt

- GÄRWERT – GÄRprodukte ökologisch optimiert und WERTorientiert aufbereiten und vermarkten
- Ziele:
 - Bewertung der Eignung verschiedener **Gärrest-Aufbereitungsverfahren** unter technischen, ökologischen und ökonomischen Aspekten,
 - Bewertung der **Nähstoffverfügbarkeit, Düngewirkung, Pflanzenverträglichkeit**, usw.
 - Bewertung der **Umweltwirkungen** (Emissionen und Treibhausgas-Bilanzen von der Herstellung bis zur Anwendung)
 - Beschreibung geeignete **Nutzungspfade für Gärrest-aufbereitungsprodukte**,

Arbeitsprogramm Pflanzenbau/-ernährung

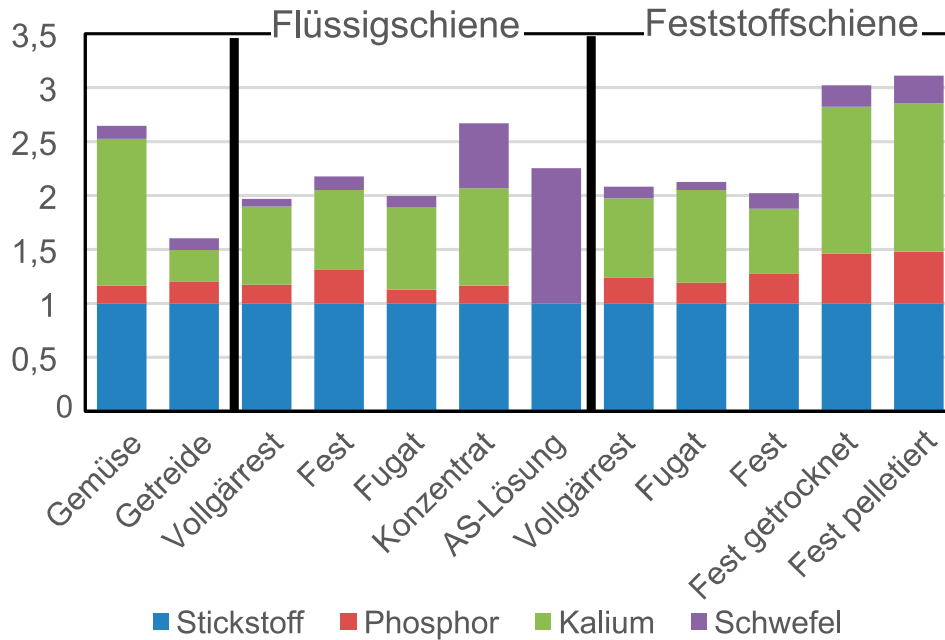
- **Feldversuche** mit Silomais und Sommerweizen zur **MDÄ-Bestimmung**
- **Gefäßversuche** mit einer Fruchtfolge (Weidelgras-Mais...) zur Bestimmung der N-Düngewirkung und der C_{org}-Anreicherung im Boden
- **Inkubationsversuch** zur Bestimmung der C-Abbaustabilität
- **Feldversuche** zur Bestimmung der **N₂O-Entgasung** nach Gärrestapplikation
- **Feldversuch** zur Eignung von Gärresten und Fugaten zur **Düngung von Brokkoli im ökolog. Landbau**

Hypothesen

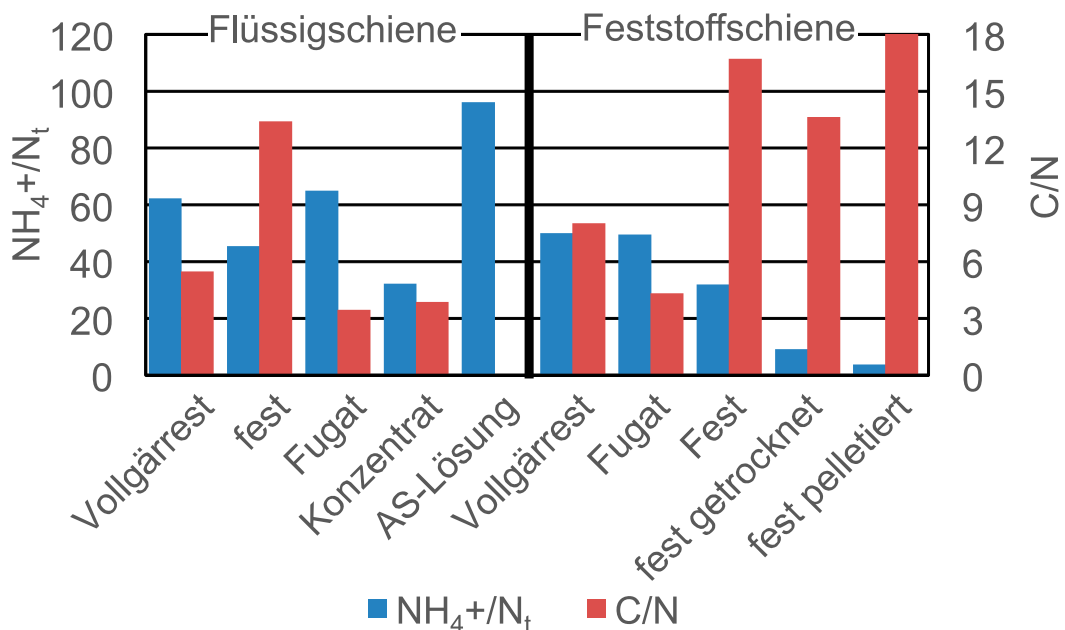
- Herkunft Gärsubstrate und Gärrestaufbereitung wirken sich auf die Zusammensetzung der Düngemittel aus:
 - Organik → Humuswirkung, N-Immobilisierung,
 - Nährstoffspektrum → Eignung für Spezialanwendungen
 - C/N-Verhältnis: Düngewirkung im Jahr der Anwendung
- Je höher der Aufbereitungsgrad flüssiger Gärreste, desto:
 - enger das C/N-Verhältnis,
 - höher die direkte N-Düngewirkung (MDÄ),
 - höher die Eignung für Spezialanwendungen
- Je stärker die Trennung von C und N, desto niedriger die N₂O-Entgasung nach Gärrestausbringung
- Fugate eignen sich besser als Vollgärreste und Horndünger als Düngemittel für den intensiven Gemüsebau im ökologischen Landbau

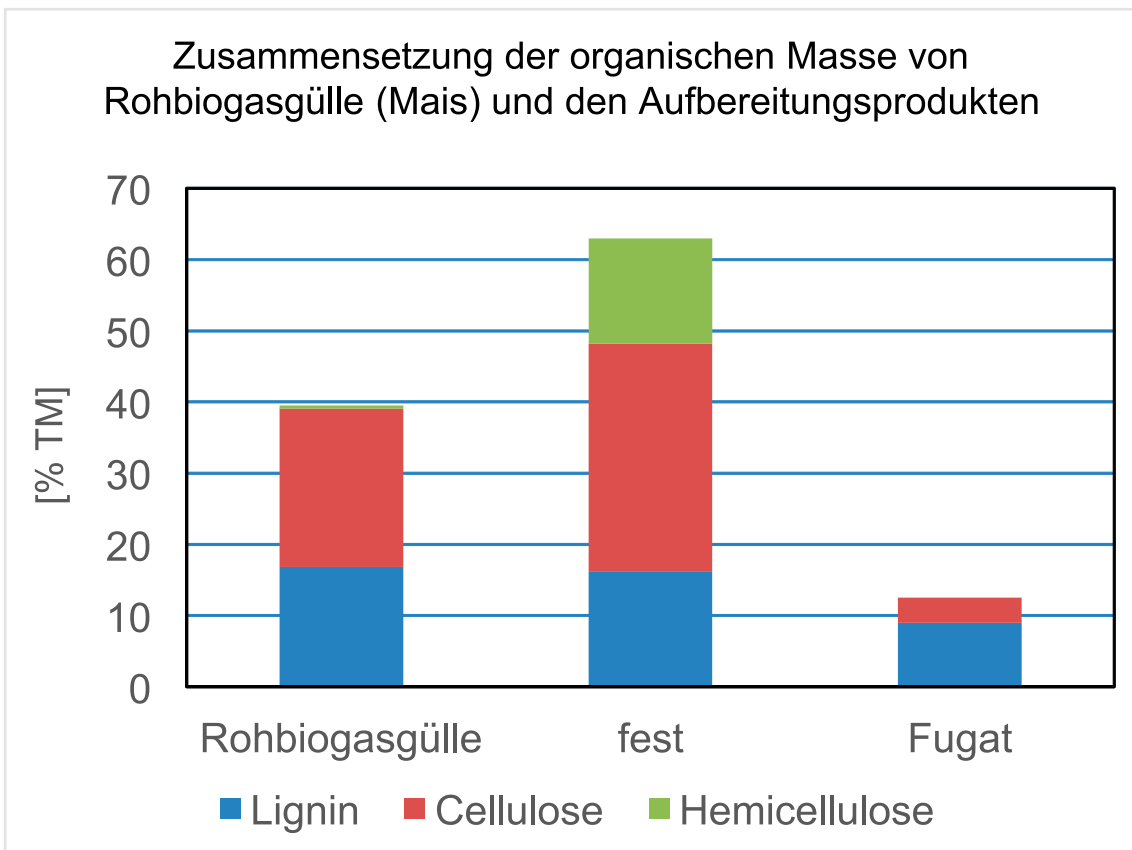
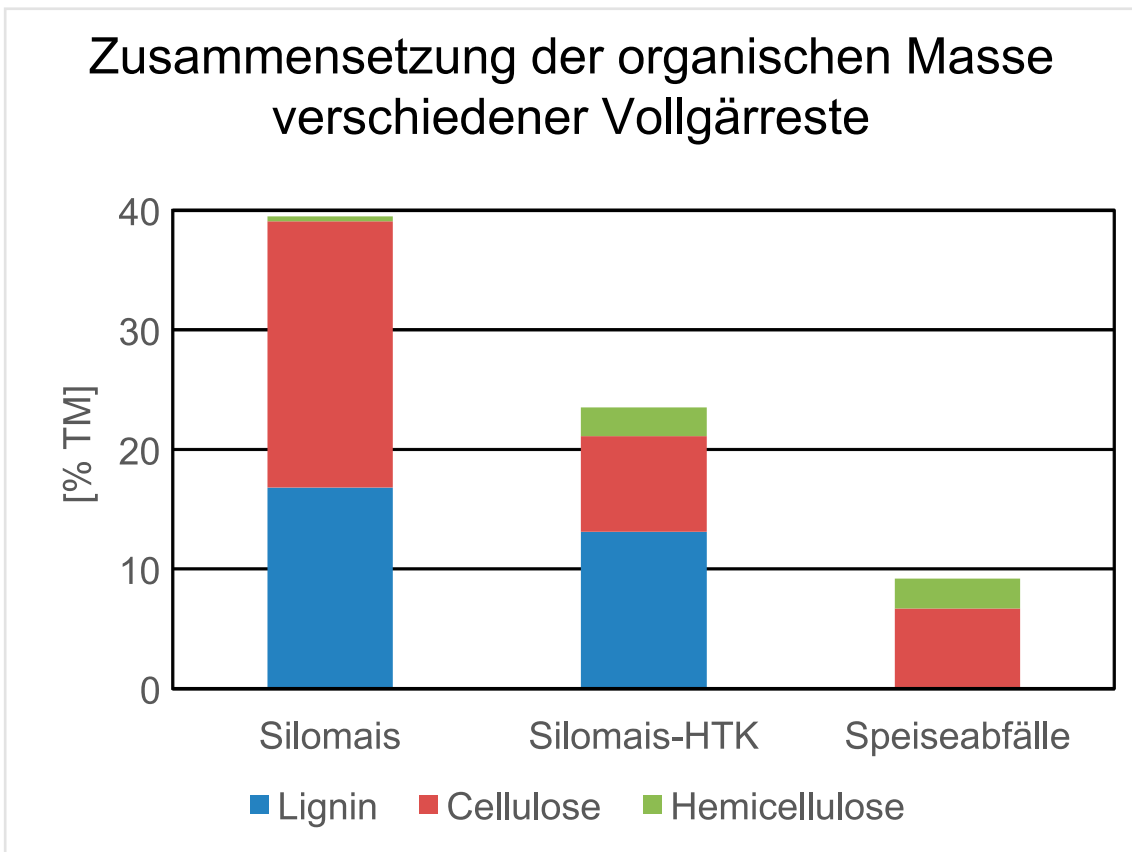
Ergebnisse

Einfluss der Aufbereitung auf das Nährstoffspektrum von Gärresten im Vergleich zu Gemüse/Getreide

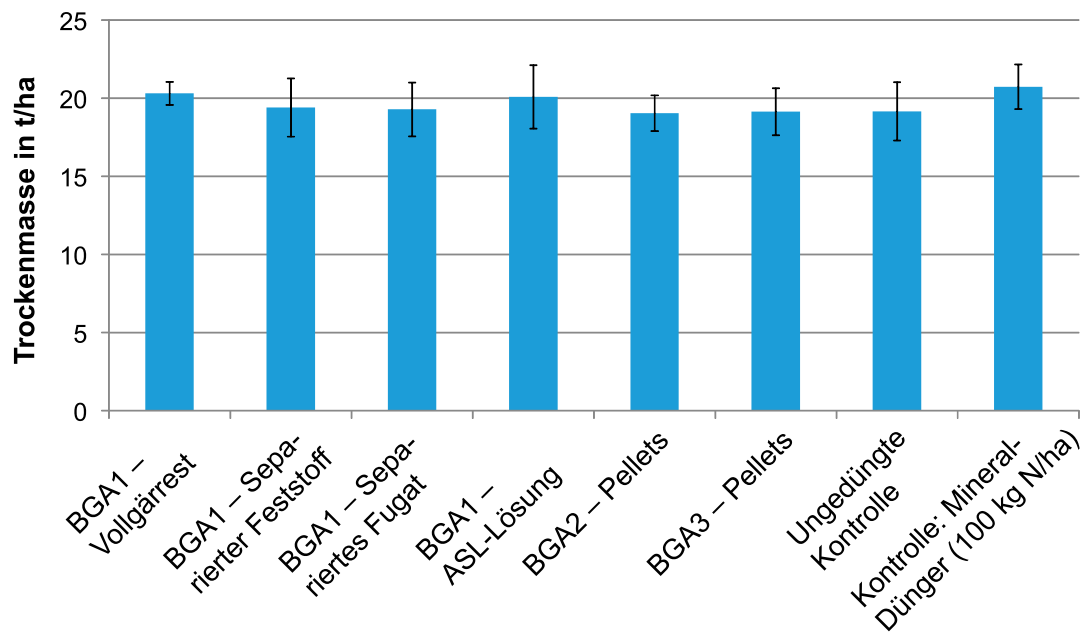


Einfluss der Gärrestaufbereitung auf $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{N}_t$ - und C/N-Verhältnis





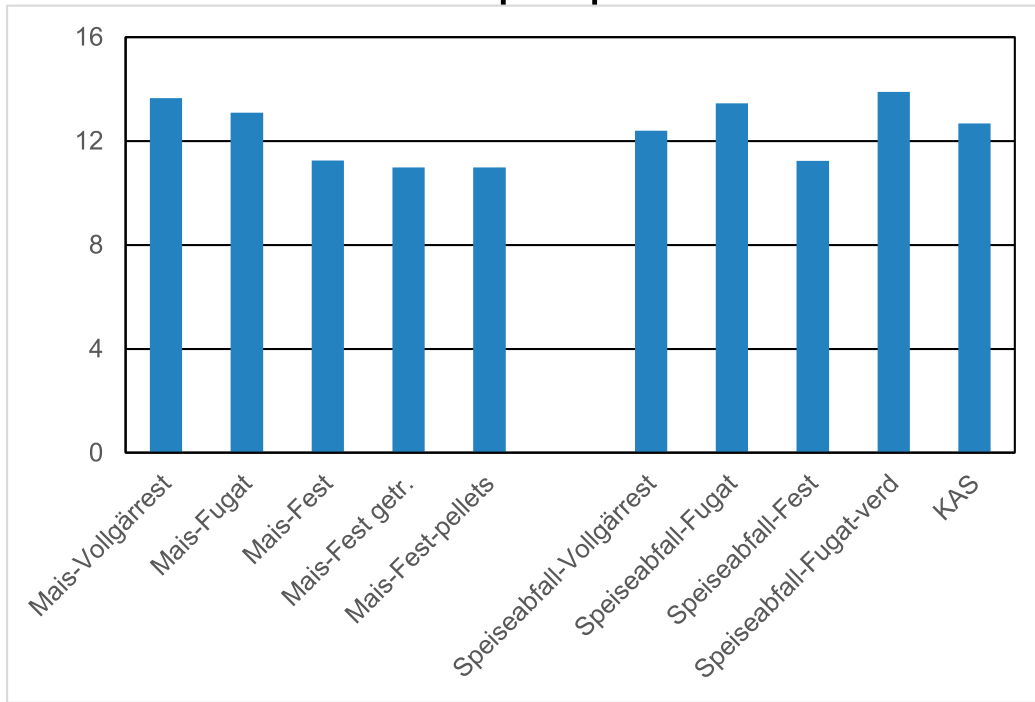
Feldversuch mit Silomais: TM-Ertrag bei ausgewählten Varianten (Tachenhausen 2014)



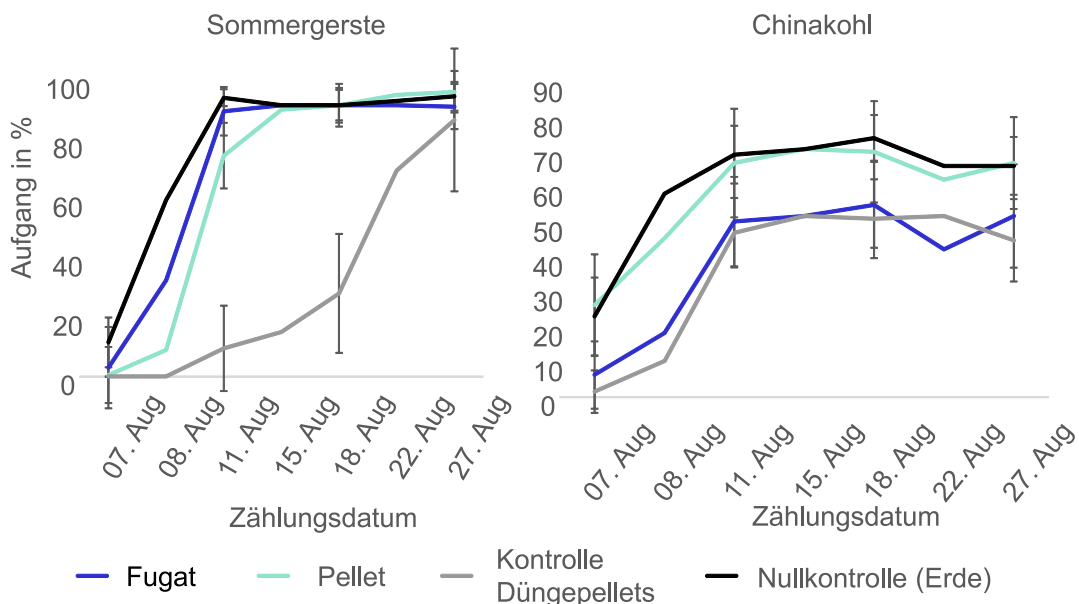
Erste Eindrücke Gefäßversuch



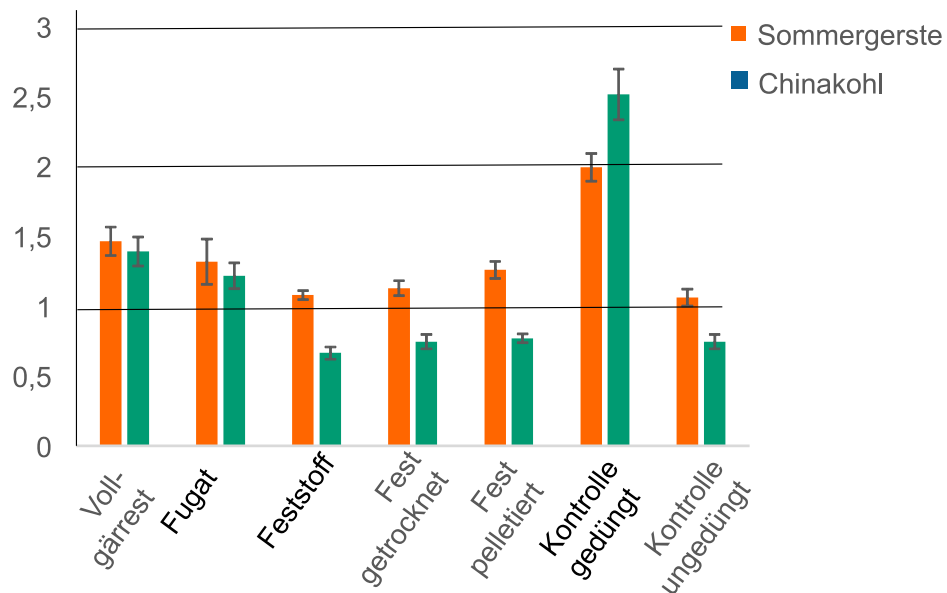
Gefäßversuch mit Weidelgras: Pflanzenhöhe [cm] am 6.3.2015



Pflanzenverträglichkeit - Entwicklung der Keimung im Keimpflanzentest



TM-Bildung im Keimpflanzenversuch



Schlussfolgerungen

- Effekte Aufbereitung:
 - Feststoffe: P-Anreicherung, N-Verluste, höhere C/N- und engere N/P- sowie N/Lignin-Verhältnisse
 - Fugate: P-Abreicherung, engeres C/N und weitere N/P- sowie Lignin/N-Verhältnisse
- Bemessung Ausbringungsmenge zuvorderst Funktion der P-Flüsse: Feststoffdüngung erfordert deutlich höheren Anteil an mineralischer N-Ergänzung (ca. 70-80%)
- Feldversuch: keine signifikanten Wirkungen in 2014
- Gefäßversuch: es deuten sich erhebliche Unterschiede in der N-Düngewirkung von Gärresten an
- Pflanzenverträglichkeit: Fugate können im Keimpflanzenversuch zu erheblichen Verzögerungen im Pflanzenaufgang führen

Publikation

Agron. Sustain. Dev.
DOI 10.1007/s13593-015-0284-3

REVIEW ARTICLE

Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review

Kurt Möller

Accepted: 13 January 2015
© INRA and Springer-Verlag France 2015

<http://link.springer.com/article/10.1007/s13593-015-0284-3>

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Die Forschungsarbeit wurde im Rahmen des Forschungsprojektes GÄRWERT (FKZ 22402312) durchgeführt. Die Förderung des Projektes erfolgt durch finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe



Eigenschaften von Gärresten und deren Wirkung auf Ertrag und Bodeneigenschaften

Dr. Gerd Reinhold und Dr. Wilfried Zorn (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft)

Mit der Entwicklung der Biogaserzeugung stieg in den letzten 10 Jahren der Anfall von Wirtschaftsdüngern inkl. der Gärprodukte um ca. 25 % auf ca. 190 Mio. t/a. Diese gilt es wirtschaftlich zu verwerten. Die anfallenden 80 Mio. t Gärprodukte machen davon bereits mehr als 40 % aus. Knapp die Hälfte der Gärprodukte stammt aus den eingesetzten NawaRo.

Die Erzeugung von Biogas aus NawaRo führt dazu, dass durch Änderung des Fruchtartenspektrums (z. B. Anbau von Grünpflanzen statt Stoppelweizen in vielen Ackerbaubetrieben) wesentliche Nährstoffanteile im internen Kreislauf der Landwirtschaft verbleiben und nicht mit dem Verkauf von Marktfrüchten den Landwirtschaftsbetrieb verlassen. Einerseits reduziert sich damit der Bedarf an mineralischen Düngemitteln, aber andererseits steigt der Bedarf an Verwertungsfläche für organische Dünger an. In den Veredlungsregionen führt dies allerdings zur weiteren Verschärfung der Verwertungsprobleme. So sind die Optionen zur Verwertung der Gärprodukte immer differenziert in Abhängigkeit vom GV- und kW-Besatz zu beurteilen.

Die eingesetzten Substrate und die Vergärungsbedingungen bestimmen die Eigenschaften der Gärprodukte. So sind Gärprodukte aus BGA mit überwiegender Gülleeinsatz (> 85 %) durch niedrigere TS-Gehalte (5 bis 6 %) im Vergleich zu Produkten aus Anlagen mit mehr als 75 % NawaRo-Einsatz (TS-Gehalte ca. 10 %) gekennzeichnet. Der Anteil von Ammonium-N ist bei BGA mit hohen Anteilen an Schweinegülle und/oder Trockenkot (> 80 % $\text{NH}_4\text{-N}$ von N_{ges}) deutlich höher als bei Anlagen mit hohem NawaRo- oder Rindergüleeinsatz (ca. 60 % $\text{NH}_4\text{-N}$ vom N_{ges}), was wiederum deutlichen Einfluss auf die Düngewirkung hat. Insgesamt ist ein Verlust an Stickstoff in der Größenordnung von ca. 10 % im Biogasprozess festzustellen.

Die Feldversuche zur Düngung mit Gärprodukten ergaben folgende Ergebnisse:

- Eine Bodenversauerung konnte in der nunmehr 6-jährigen Versuchszeit nicht beobachtet werden. Die Gärrestdüngung führte auch nicht zu befürchteten wesentlichen Änderungen in der Kationenbelegung am Sorptionskomplex des Bodens.
- Der mit den Gärprodukten zugeführte Kohlenstoff ist relativ stabil. Im Vergleich zur Mineraldüngung ist mit Gärprodukten bei deutlich geringerer C-Zufuhr fast die gleiche Steigerung des C-Vorrats im Boden festzustellen wie bei Rohgüleeinsatz.
- Das N-MDÄ bezogen auf den Gesamt-N-Gehalt von Gärprodukten, korreliert deutlich mit dem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalten und erreicht Werte von 60 bis 100 % in Abhängigkeit von Jahresbedingungen und der angebauten Fruchtart.
- Tendenziell wird mit Gärprodukten bei gleicher N-Zufuhr, wahrscheinlich bedingt durch den höheren $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil, ein höherer Ertrag im Vergleich zur Rindergüledüngung erreicht.

Der Wert der Gärprodukte leitet sich aus den Nährstoffgehalten unter Beachtung des Mineraldüngeräquivalents für Stickstoff ab und wird somit vom Substrateinsatz bedingt. Im Mittel haben Gärprodukte von wirtschaftsdüngerdominierten Anlagen einen Wert von ca. 6 €/t, der auf ca. 8 €/t bei hohem NawaRo-Einsatz steigt. Davon sind die Transport- und Applikationskosten (3 bis 5 €/t) abzuziehen, sodass bei bedarfsge-rechter Düngung ein Mehrwert erwirtschaftet werden kann. Das setzt allerdings voraus, dass in Abhängigkeit vom GV-Besatz und dem kW-Besatz in der Regel weniger als 2/3 des Nährstoffbedarfs mit Gärprodukten aufgebracht werden. Die Beachtung des kW-Besatzes je ha ist erforderlich, da der N-Anfall je kW aus NawaRo-Einsatz realisierter Bemessungsleistung annähernd dem einer Großvieheinheit entspricht. Eine Wertminderung durch Verringerung des C-Gehaltes im Wirtschaftsdünger durch einen Abbau der Trockensubstanz ist nicht anzusetzen, da erstens in Auswertung der Ergebnisse des VDLUFA Standpunktes „Humusbilanzierung“ eine Stabilisierung des Kohlenstoffes erfolgt (Wirtschaftsdünger ca. 90 kg Humus-C/t TS, Gärprodukte ca. 140 kg Humus-C/t TS) und zweitens mit dem NawaRo-Anteil zusätzlich Kohlenstoff zugeführt wird.

Eigenschaften von Gärresten und deren Wirkung auf Ertrag und Bodeneigenschaften

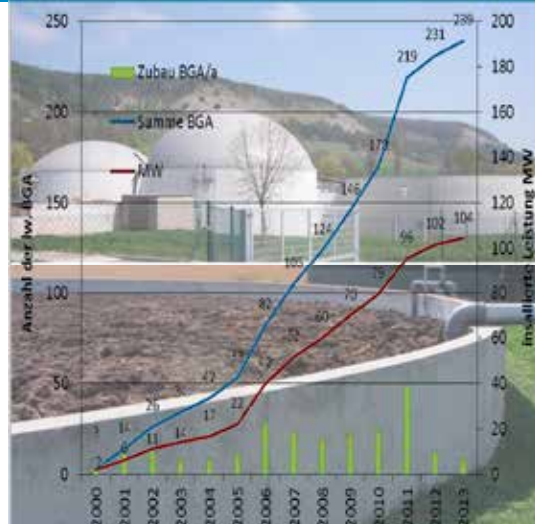
Fachtagung

„Pflanzenbauliche Verwertung von Gärresten aus Biogasanlagen“

10. März 2015, Berlin

G. Reinhold und W. Zorn

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
gerd.reinhold@tll.thueringen.de



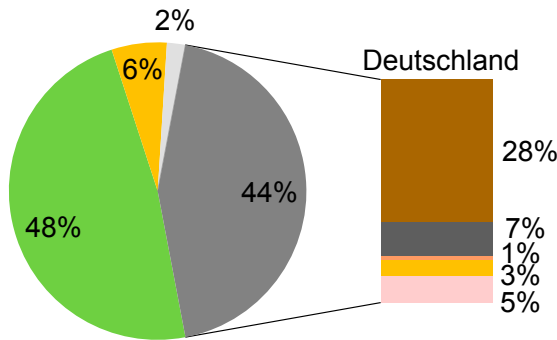
Agenda

- **Inhaltsstoffe, Eigenschaften und Anfall** von Wirtschaftdünger und Substraten
- Wirkung von BGA-Fütterung auf **Gärprodukt-eigenschaften**
- **Wert von Gärprodukten** und dessen Realisierbarkeit
- **Zusammenfassung / Schlussfolgerungen**



Substrateinsatz in BGA und Gärprodukthanfall

Quelle: DBFZ Betreiberbefragung 2014



BGA-Besatz Deutschland 0,24 kW/ha LF

- NAWARO
- lw. Reststoffe
- Kommunaler Bioabfall
- Wirtschaftsdünger
- Rindergülle (63,6%)
- Schweinegülle (15,9%)
- HTK (2,3 %)
- Stallmist (6,8%)
- nicht spezifiziert (WD 11,4 %)

Größenabhängigkeit des WD-Einsatzes

installierte el. Anlagenleistung ¹ [kW _e]	NawaRo [%]	Exkremente [%]
≤ 70	16	83
71 - 150	34	65
151 - 500	45	53
501 - 1 000	51	40
> 1 000	50	32

WD-Einsatz ist stark abhängig Stallanlagengröße und nicht vom Tierbesatz

www.thueringen.de/th8/tll



WD- und Gärprodukthanfall

Deutschland 48 % NAWARO, 44 % WD, BGA-Besatz 0,24 kW/ha LF



Wirtschaftsdüngeranfall: 152,2 Mio. t (Quelle KTBL, 2010)
(110,8 Mio. t Gülle, 9,6 Mio. t Jauche, 31,8 Mio. t Mist)

Gärprodukt aus NAWARO: 36 Mio. t
(1,25 Mio. ha (FNR 2014) * 40 t/ha * 10 % Siliiverlust * Fugatfaktoren 0,8)

Gärprodukte aus Reststoffen (8,1 % der Substrate) → ca. 6 Mio. t

→ **Rund 190 Mio.t WD + Gärprodukte** (Anstieg um ca. 25 %)

1 GV/ha + 0,24 kW/ha → Erhöhung des Futter- und Düngungsflächenbedarfs

→ **Anstieg des NPK-Anfalls (Verwertungsflächenbedarf)**

→ **Verwertungsprobleme in Veredlungsregion**

Gärprodukt aus WD (44 % der Substrate) → **ca. 35 Mio.t** (nur 23 % Nutzung)
Thüringen > 55 % Nutzung

Gesamt Gärprodukthanfall: → **ca. 80 Mio. t (42 % der WD)**

TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Kritiken an der Gärproduktverwertung



➤ Förderung der Bodenversauerung

Entwicklung pH-Werte im Dauerdüngungsversuch Bad Salzungen, (Schröder 2014)

Prüfglied	vor Anlage	09/2009	08/2010	07/2011	08/2012	08/2013	09/2014
ohne N	5,6	5,6	5,7	5,7	6,1	5,5	5,5
miner. N	5,6	5,3	5,3	5,3	5,0	5,0	5,2
GR-SLR	5,7	5,5	5,5	5,6	5,9	5,4	5,8
RG-roh	5,5	5,7	5,7	5,8	6,0	5,6	5,7
RG-verg.	5,5	5,7	5,7	5,8	6,0	5,7	5,9

TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll

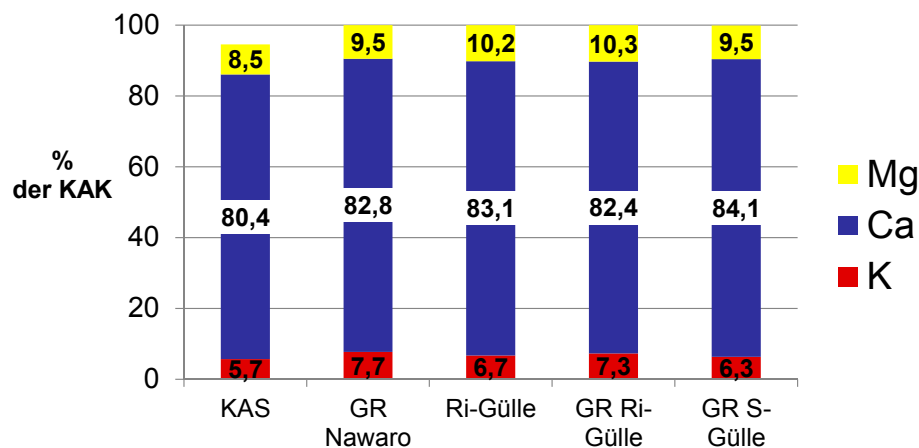


Kritiken an der Gärproduktverwertung



- Förderung der Bodenversauerung
- „Innere Bodenerosion“ Disharmonien am Sorptionskomplex

Wirkung langjähriger Gärrestdüngung auf die Kationenbelegung am Sorptionskomplex des Bodens (Dornburg, nach Ernte 2012)



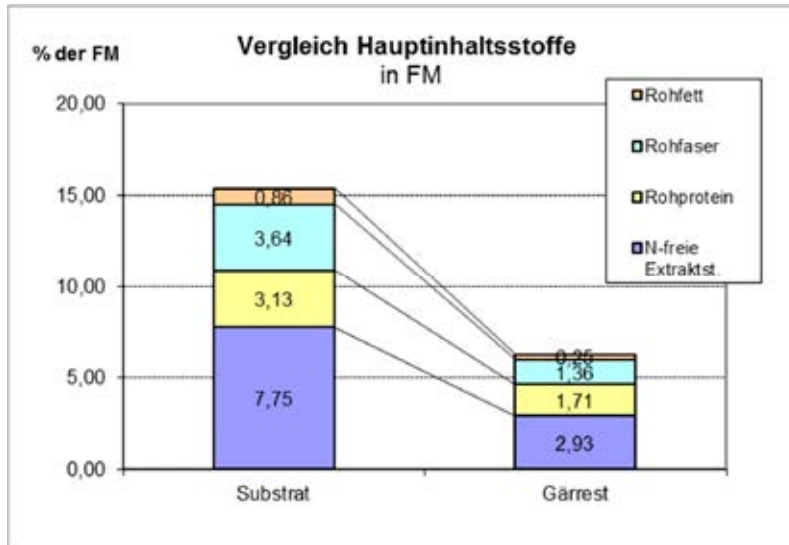
TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Abbau der Hauptbestandteile

Thüringer Monitoring BGA 2004 ... 2013, n=46



Biogas = $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$

→ Hauptnährstoffe bleiben im Gärprodukt

→ BGA ist vergleichbar mit dem Tier („Betonkühe“)

Abbau der Inhaltsstoffe auf:
 TS - 50 %, XL - 35 %, XF und XX - 40 %, XP - 60 %

TLL, Reinhold / Zorn 2015 www.thueringen.de/th8/tll

Ermittlung des Gärprodukthanfalls und der Nährstoffgehalte



Fugatfaktoren = Masseverringering

Konvertierung von Biomasse zu Biogas (1,2 ... 1,3 kg/m³)

- Gülle 98 %
- Stallmist 90 %
- HTK 80 %
- Silage 75 %
- GPS 70 %
- Getreide 20 %

www.tll.de/ainfo

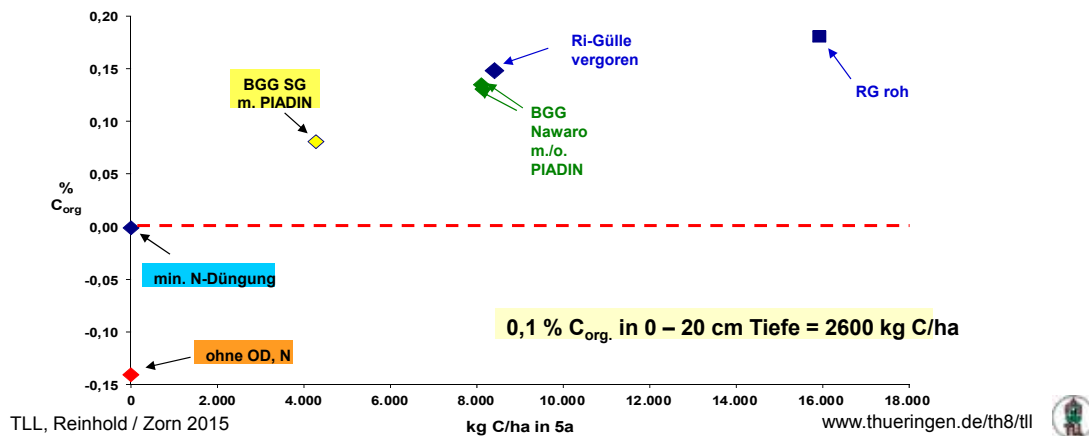
TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll

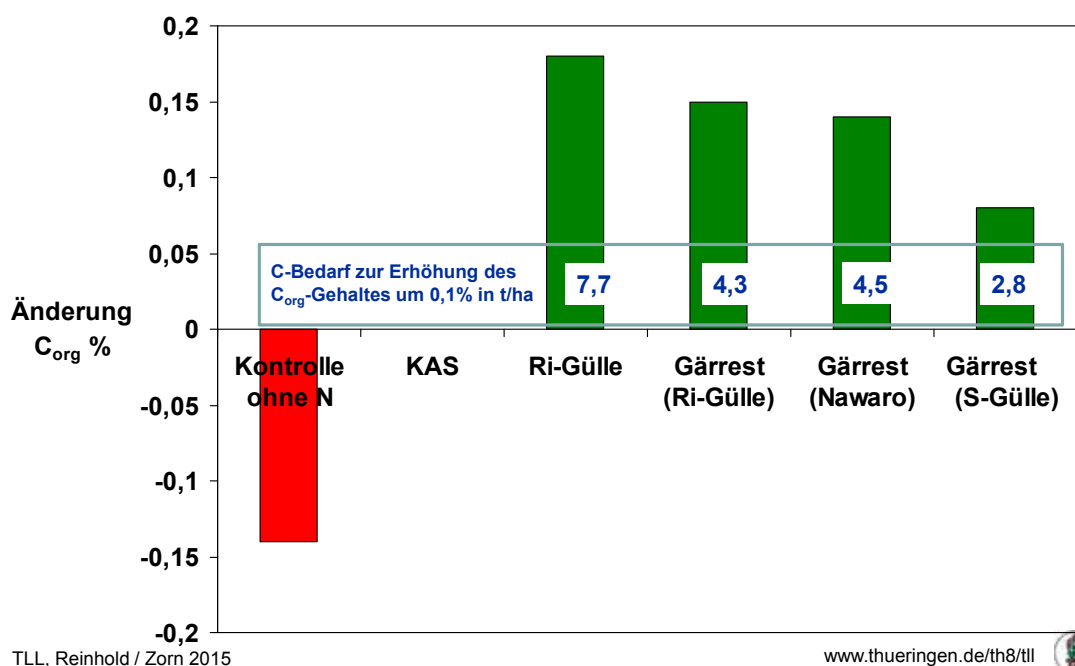
Kritiken an der Gärproduktverwertung

- Förderung der Bodenversauerung
- „Innere Bodenerosion“ Disharmonien am Sorptionskomplex
- P-Festlegung im Boden nach Fe-Einsatz zur Entschwefelung
- Verringerung des Humusgehaltes im Boden

Änderung des C_{org} -Gehaltes im Boden in Abhängigkeit von der C-Fracht
(Kastenparzellenversuch Jena-Zwätzen nach 5 Jahren Laufzeit, Mittel von 4 Böden)



Änderung des C_{org} -Gehaltes durch differenzierte Düngung 2007 – 2011 (Mikroparzellenversuch Jena-Zwätzen, Mittel von 4 Böden)



N-Gehalt, NH₄-N-Anteil u. pH-Wert von Substratmischung und Gärprodukt

(Mittel von 57 Biogasanlagen)

	vor Vergärung	nach Vergärung
N _t %	0,48	0,42
NH ₄ -N % von N _t	41	73
pH	6,71	7,90



N-Verlust während der Vergärung: 12%



Mögliche Ursache für N-Verluste

- Übergang von NH₄-N zu NH₃ in die Gasphase im Fermenter
- beeinflussbare Lagerungs- und Applikationsverluste

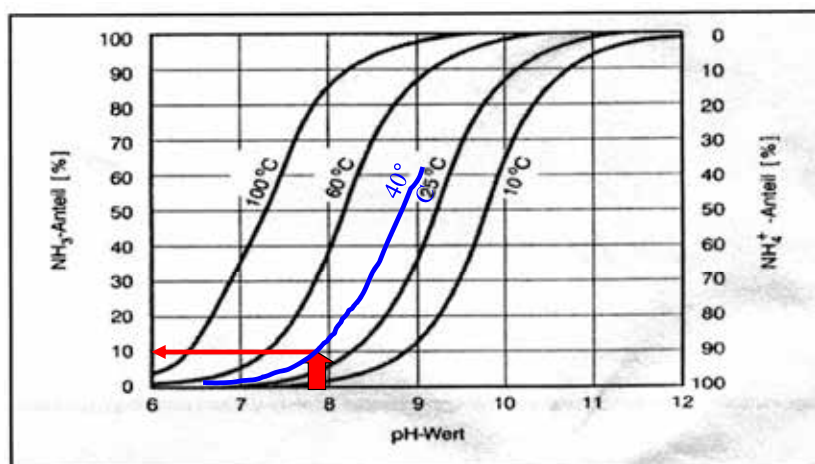


Abbildung 10: Ammonium- Ammoniak- Gleichgewicht von Wasser in Abhängigkeit von pH- Wert und Temperatur¹ MEYER, M 1995



Wirkung der Substrate auf die Gärprodukteigenschaften

(Thüringer Monitoring BGA 2004...2013)



Hauptsubstrat:		RG	SG	TK-SG	NaWaRo
		> 85 % RG	>85 % SG	> 70 % TK+SG	> 70 % NaWaRo
TM	%	6,04	4,36	4,16	10,02
oTS	% d. TM	72	69	67	76
Nt	% der FM	0,41	0,51	0,50	0,60
NH ₄ -N	% d Nt	64	83	81	58
C/N		6,11	3,32	3,32	6,72
S	mg/kg TM	8282	8360	7515	4650
P	% d. FM	0,076	0,087	0,075	0,092
	% d. TM	0,48	0,40	0,34	0,96
K	% d. FM	0,30	0,25	0,30	0,49
	% d. TM	1,89	1,15	1,31	5,27

TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Bemessung der Düngung im Mikroparzellenversuch



PG	Bezeichnung	Bemessung der Düngung
1	ohne N	ohne N
2	KAS	einheitliche N-Düngung (Bezugsbasis: Gesamt-N, ohne Anzug von Verlusten) Höhe nach Beratungsempfehlung Stickstoff-Bedarfs-Analyse der TLL
3	Rindergülle	
4	Gärprodukt (Rindergülle)	
5	Gärprodukt (Nawaro + Stm.)	
6	Gärprodukt (Schweinegülle)	
7	Gärprodukt (Nawaro + Stm.) + PIADIN	
8	Gärprodukt (Schweinegülle) + PIADIN	

Gärrestaubsbringung:
(Gießkanne)

Getreide: Zeitpunkt der 1. N-Gabe (Wi-Weizen: 2 Gaben)
Silomais: vor Saat (Einarbeitung)

TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Mikroparzellenversuch

(Parzellengröße: 0,5 m²) Jena-Zwätzen



- 4 Böden: Löß, Gneis, Muschelkalk, Buntsandstein
- Fruchtfolge 2007: Silomais 2010: Fu-Roggen/Silomais
- 2008: Fu-Roggen/Silomais 2011: Winterweizen
- 2009: Winterweizen 2012: Sommerfuttergerste



www.thueringen.de/th8/tll



Einfluss des NH₄-N auf N-MDÄ

Quelle: Zorn 2014

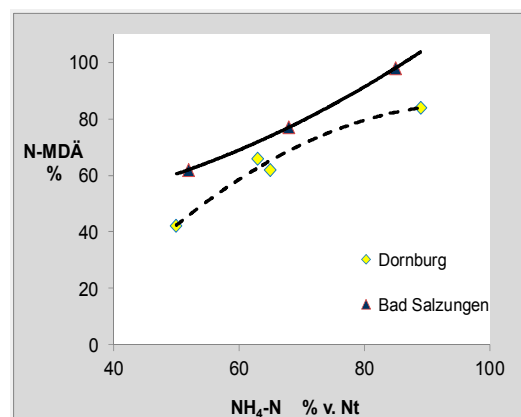


Mikroparzellen (2007 – 2012),
8 Versuchsernten, Mittel von 4 Böden);

Prüfglied	NH ₄ -N % v. Nt	N-MDÄ %
miner. N	-	100
Rindergülle	50	57
Gärrest (Ri-Gülle)	63	72
Gärrest (Nawaro)	65	60
Gärrest (S-Gülle)	89	92
Gärrest (Nawaro) + PIADIN ¹⁾	65	63
Gärrest (S-Gülle) + PIADIN ¹⁾	89	98

1) N-Fracht über PIADIN von 1,8 kg N/ha bei der Betrachtung vernachlässigt

Feldversuch
Dornburg und Bad Salzungen



TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Feldversuch praxisnahe Gülleversuchstechnik



Foto: Zorn, TLL



TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Feldversuche zur Ermittlung von Ertrags- wirkung und N-MDÄ von Gärresten (Dornburg, Bad Salzungen)



Dornburg		Bad Salzungen	
Lößparabraunerde LÖ1c auf Muschelkalkverwitterung		Braunerde V4a aus Buntsandsteinverwitterung	
stark toniger Schluff	Az 70	lehmiger Sand	Az 32
260 m ü. NN	8,3° C	280 m ü. NN	7,7° C
584 mm Niederschlag		566 mm Niederschlag	
Mineral. N-Düngung als KAS (0/50/75/100% des N-Bedarfs)		Mineral. N-Düngung als KAS (0/60/100/140% des N-Bedarfs)	
Org. N-Düng.: 100% N-Bedarf (+ 0 / 25 / 50 % als KAS) 1 Rindergülle, 3 Gärreste insgesamt 16 Prüfglieder		Org. N-Düng.: 100% N-Bedarf (+ 0 / 40 % als KAS) 1 Rindergülle, 2 Gärreste insgesamt 10 Prüfglieder	
Fruchtfolge:	2009 2010 2011	Silomais Winterweizen Wintergerste	
	2012 : Dornburg: Winterraps,	Bad Salzungen: Weidelgras	

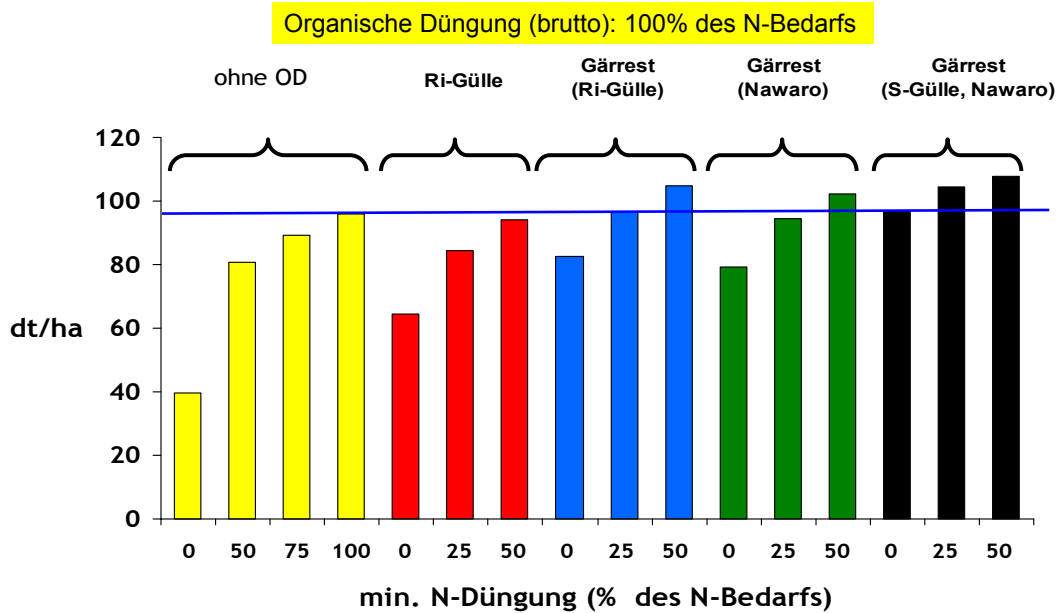
TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Kornertrag Winterweizen

in Abhängigkeit von der organischen und mineralischen Düngung (Dornburg, 2010)



TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Nährstoffwert der Gärprodukte

bei 60 % N-MDÄ (Thüringer Monitoring BGA 2004...2013)



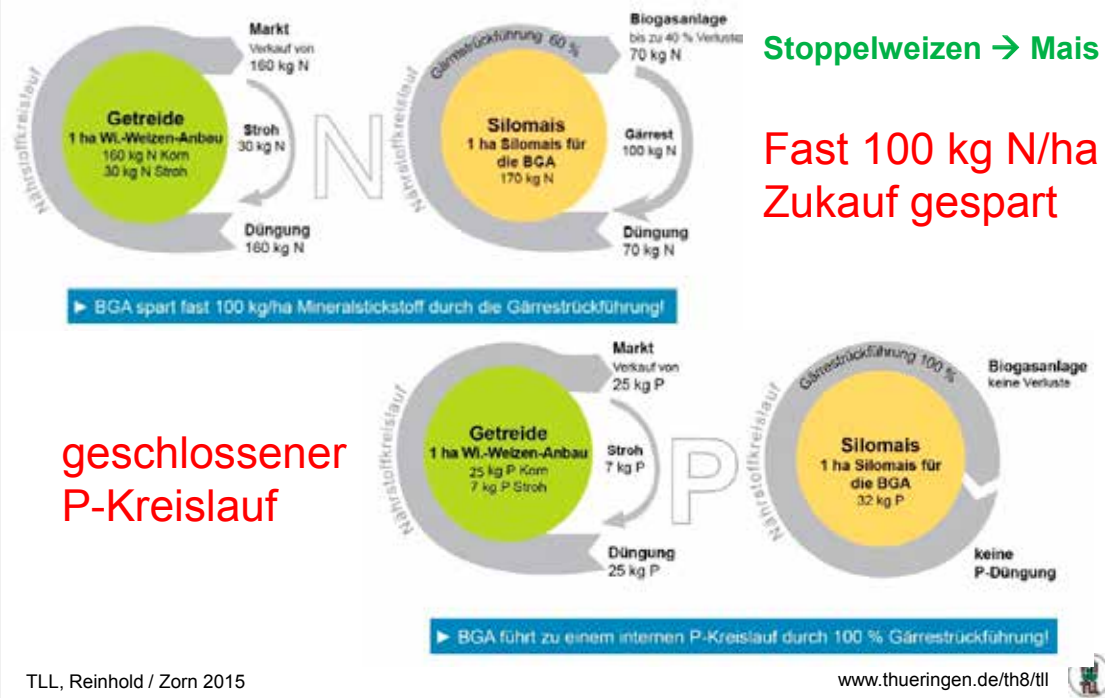
Hauptsubstrat:		RG	SG	TK-SG	NaWaRo
		> 85 % RG	>85 % SG	> 70 % TK+SG	> 70 % NaWaRo
N (0,85 €/kg)	€/t FM	3,48	4,34	4,25	5,06
N bei 60 % MDÄ	€/t FM	2,09	2,06	2,55	3,03
P (1,40 €/kg)	€/t FM	1,07	1,21	1,05	1,28
K (0,70 €/kg)	€/t FM	2,13	1,77	2,11	3,44
Mg (1,40 €/kg)	€/t FM	0,42	0,38	0,30	0,44
Ca (1,40 €/kg)	€/t FM	0,08	0,05	0,06	0,09
S (1,40 €/kg)	€/t FM	0,17	0,11	0,13	0,16
Summe:	€/t FM	5,97	6,13	6,21	8,46
		Rindergülle	Schweinegülle		Stallmist
		6,15	5,66		10,68

TLL, Reinhold / Zorn 2015

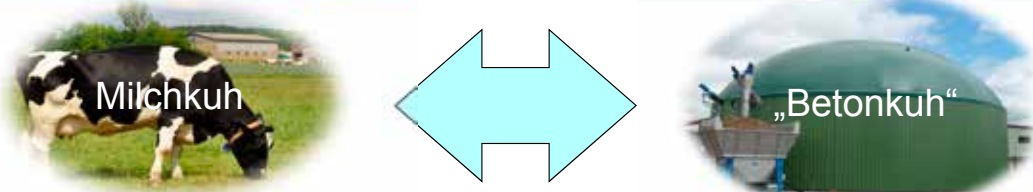
www.thueringen.de/th8/tll



Wirkung auf Nährstoffkreislauf - Veränderter Anbau durch BGA



Gemeinsamkeiten von Milchkuh und „Betonkuh“



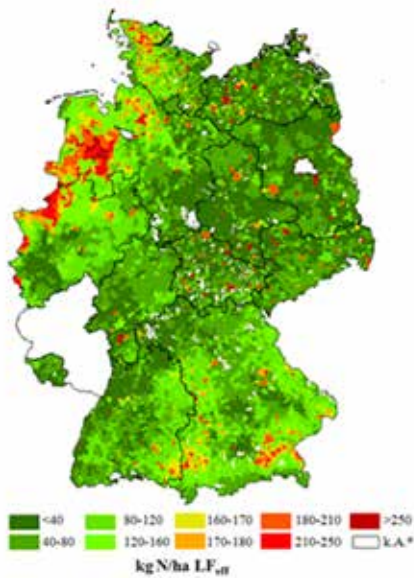
Milchkuh (1 GV)	Parameter	BGA - Mais (1 kW)
0,5 ha/GV Grundfutter	Flächenbedarf	0,5...0,55 ha/kW _{inst.}
Energiekonzentration	Futteranforderungen	Verdaulichkeit
80 - 90 kg/GV netto	N-Anfall	86 - 95 kg/kW
14 - 16 kg/GV	P-Ausscheidung	16 - 18 kg/kW
100 - 110 kg/GV	K-Ausscheidung	85 - 95 kg/kW

► - BGA wirkt wie Tierhaltung
 - 1 kW Biogas = 1 GV hinsichtlich Futterfläche und Düngungsfläche

N-Anfall auf Gemeindeebene

Stand 2010 Quelle: Wüstholtz, et.al. 2014, Berichte über Landwirtschaft Band 92, Heft 3

Tierhaltungsbeding



Biogasanlagen

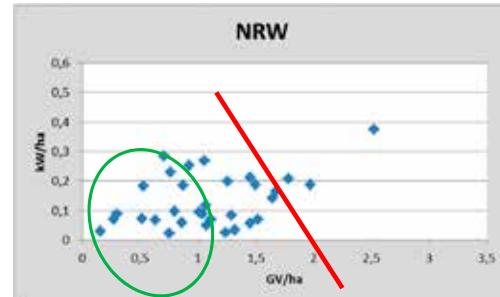
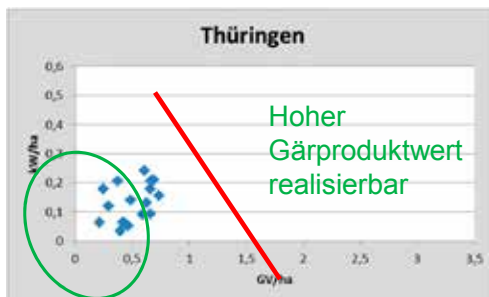
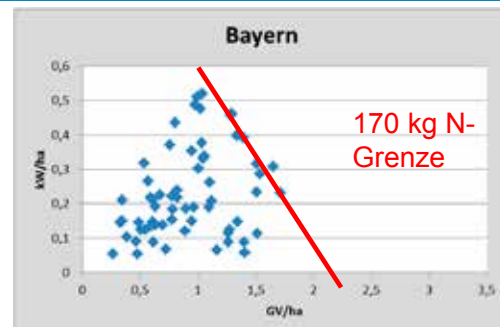
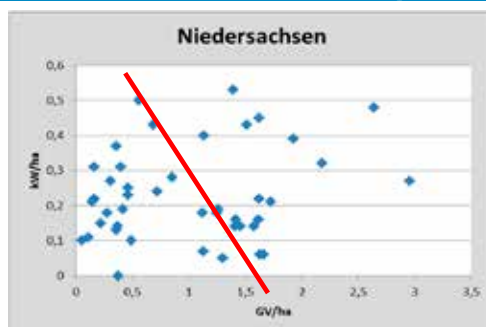


TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



GV- und kW-Besatz (Landkreise) Effizienz der Düngung



TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th8/tll



Effekte der Novellierung

DVO und AwSV (9 Monate Lagerraum für BGA)

- *Verlängerung Sperrzeit, weniger Herbstbegüllung*
- *Anrechnung der Gärreste auf Obergrenze,*
- *Sinkende Obergrenzen*
- Lagerbedarf steigt (**Kosten:** 1 ct/kWh NAWARO- , 2 ct/kWh Gülle-BGA)
 - Gasdichte GRL an der BGA oder Feldrandlager
 - aber Restlaufzeit der BGA beachten
- mehr Frühjahrs-Begüllung (in wenigen Feldarbeitstagen)
 - Höhere Schlagkraft der Technik nötig
 - schlechtere Technikauslastung
 - Reduzierte Strohrotte bei Getreide betonten Fruchtfolgen
- **Deutliche Mehrkosten für die Landwirte**
- **Höhere N-Effizienz ???**



Zusammenfassung

- **Fütterung** bestimmt die Nährstoffgehalte der Gärprodukte
 - NAWARO-BGA → hoher TS-Gehalt, geringerer $\text{NH}_4\text{-N}$ Anteil
 - Gülle-BGA → niedriger TS- Gehalt, hoher $\text{NH}_4\text{-N}$ Anteil
- Hohe **Variabilität der Gärrest** zwischen den BGA
- N-MDÄ der Gärprodukte korreliert mit $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt (Analysen!)
- **Wert der Gärprodukte wird durch Nährstoffgehalte** realisiert
 - Tier- und BGA-Besitzer bestimmen die Realisierbarkeit des Wertes
- Im Vergleich zu Rindergülle sind positive Ertragseffekte möglich
- **hoher Veredlungsbesatz (GV+kW) pro ha** führt
 - Verschlechterte Düngewirkung der Gärprodukte und
 - zu ökonomischen Nachteilen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Optimierter Gärrest-Einsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA

Jonas Haag und Dr. Maendy Fritz (Technologie- und Förderzentrum Bayern)

Optimierter Gärrest-Einsatz berücksichtigt ökologische, ökonomische, pflanzenbauliche und verfahrenstechnische Aspekte. In der Praxis gilt es die beeinflussbaren Faktoren (Ausbringttechnik, Applikationszeitpunkt und Düngemenge) an die vorhandenen Standorteigenschaften (Boden, Klima usw.) mittels guter Planung anzupassen. Dabei wird eine hohe Pflanzenverfügbarkeit der im Gärrest enthaltenen Nährstoffe angestrebt, um Stoffkreisläufe weitest möglich zu schließen und folglich Kosten und negative Umweltwirkungen zu reduzieren.

Im Rahmen des vom BMEL über die FNR geförderten Verbundvorhabens EVA wird der Gärrest-Einsatz in zwei Versuchen untersucht. Diese Versuche werden bundesweit an sechs Standorten in Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen (nur „Kleiner Gärrestversuch“), Thüringen, Baden-Württemberg und Bayern durchgeführt.

Im sogenannten „Kleinen Gärrestversuch“ werden drei Varianten (mineralische Düngung, reine Gärrestdüngung und kombinierte 50/50-Düngung) verglichen. Die Varianten werden über eine insgesamt vierjährige Energiepflanzen-Fruchtfolge (Mais – Winterroggen – Sorghum – Wintertriticale – einjähriges Weidelgras) ausgewertet. Im Abschlussjahr wird Winterweizen als Marktfrucht angebaut.

Im „Großen Gärrestversuch“ ist die Bestimmung des optimalen Düngezeitpunktes in einer Hauptfrucht (Durchführung mit einer Anlage Mais/Sorghum und einer Anlage Wintertriticale) mit standortspezifischer Folgefrucht das Ziel. Neben der Ertragsauswertung wird die angestrebte Risikominimierung der Nitratauswaschung über den Winter untersucht. Um die statistische Absicherung der Ergebnisse zu verbessern, werden beide Versuche jährlich versetzt wiederholt (der „Kleine Gärrestversuch“ mit 2 Anlagen, der „Große Gärrestversuch“ mit 3 Anlagen).

Außerdem werden Boden- und Pflanzenproben analysiert und Bestandesbonituren ausgewertet. Dadurch können z. B. Aussagen zur Kulturentwicklung und zur Verlagerung des gedüngten Stickstoffes im Boden getroffen werden. Weitere ökonomische und ökologische Indikatoren werden von Projektpartnern innerhalb des EVA-Verbundes bestimmt.



FNR-Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen

Optimierter Gärrest-Einsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA

Vortrag am 10. März 2015 in Berlin

Jonas Haag und Dr. Maendy Fritz



Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 001

Folie 1

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Übersicht

- Motivation
- Beteiligte Standorte
- Der Kleine Gärrestversuch
- Die Großen Gärrestversuche Triticale und Mais
- Fazit



Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 002

Folie 2

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



eva VERBUND

Motivation

Optimierter

Gärrest-Einsatz

in Energiepflanzen-

Fruchtfolgen

Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 003

Folie 3

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

eva VERBUND

Futterbau-Region

Werthe (LWK NS)

Weizen-Raps-Region

Gülzow (LFA)

Roggen-Kartoffel-Region

Trossin (LfULG)

Eliteweizen-Region

Dornburg (TLL)

Körnermais-Region

Ettlingen (LTZ)

Vorgebirgslage

Ascha (TFZ)

▲ Kleiner Gärrestversuch
■ Großer Gärrestversuch

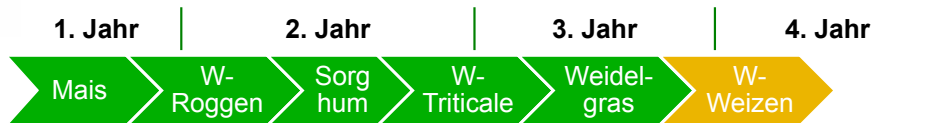
100 km

Formowitz,
P 15 P Hg 001
15 P Hg 004

Technologie- und Förderzentrum
Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Der Kleine Gärrrestversuch



Ziele

Ertragseffekte überprüfen
 Nährstoffkreisläufe schließen
 Standortangepasste Empfehlungen

3 Varianten

100% Gärrrest-N mit 70% MDÄ
 50% Gärrrest-N + 50% min.-N
 100% Mineralische N-Düngung



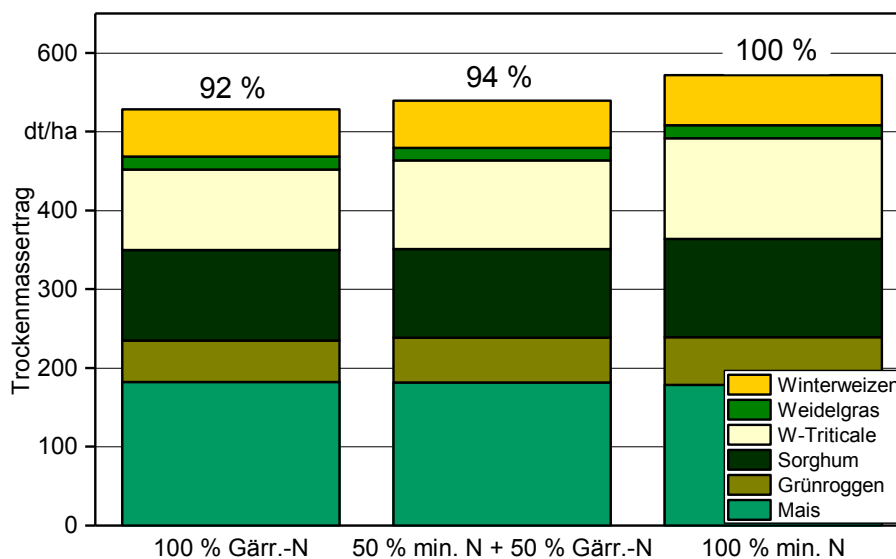
Formowitz, Haag
 P 15 P Hg 001
 15 P Hg 005 Folie 5

Technologie- und Förderzentrum
 im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



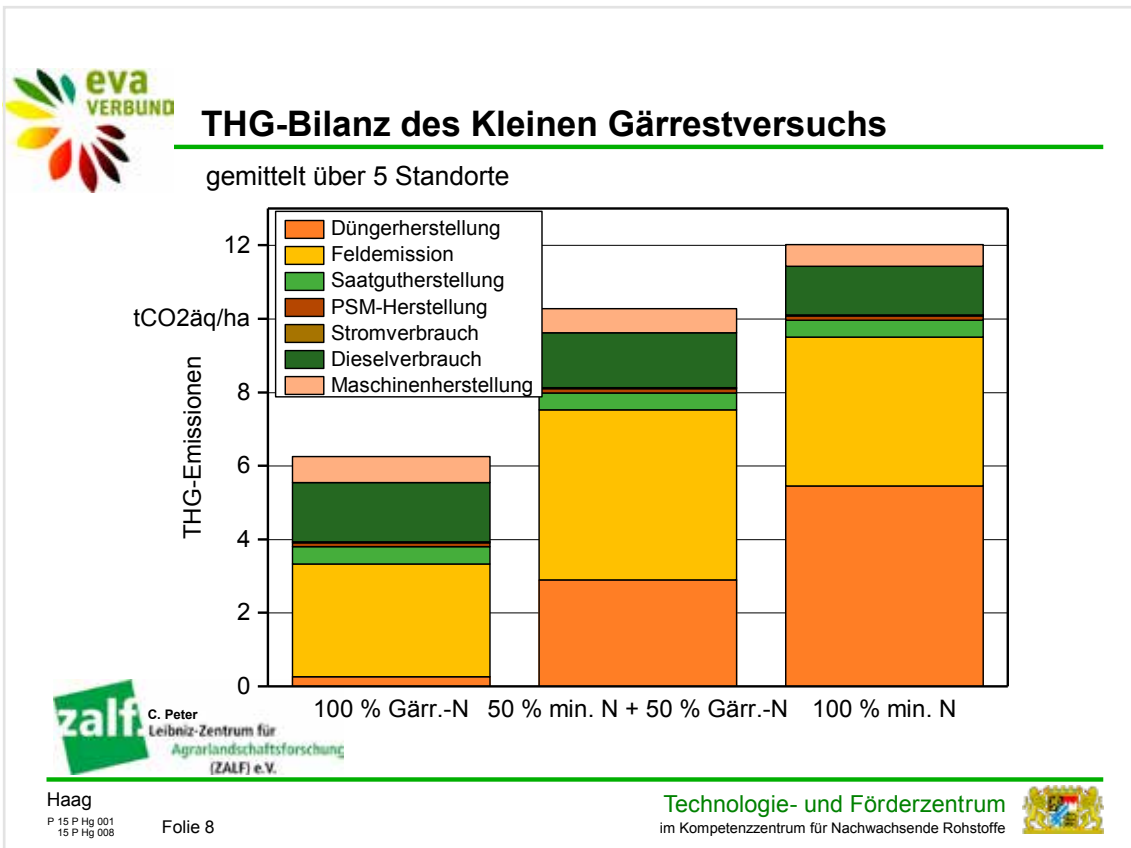
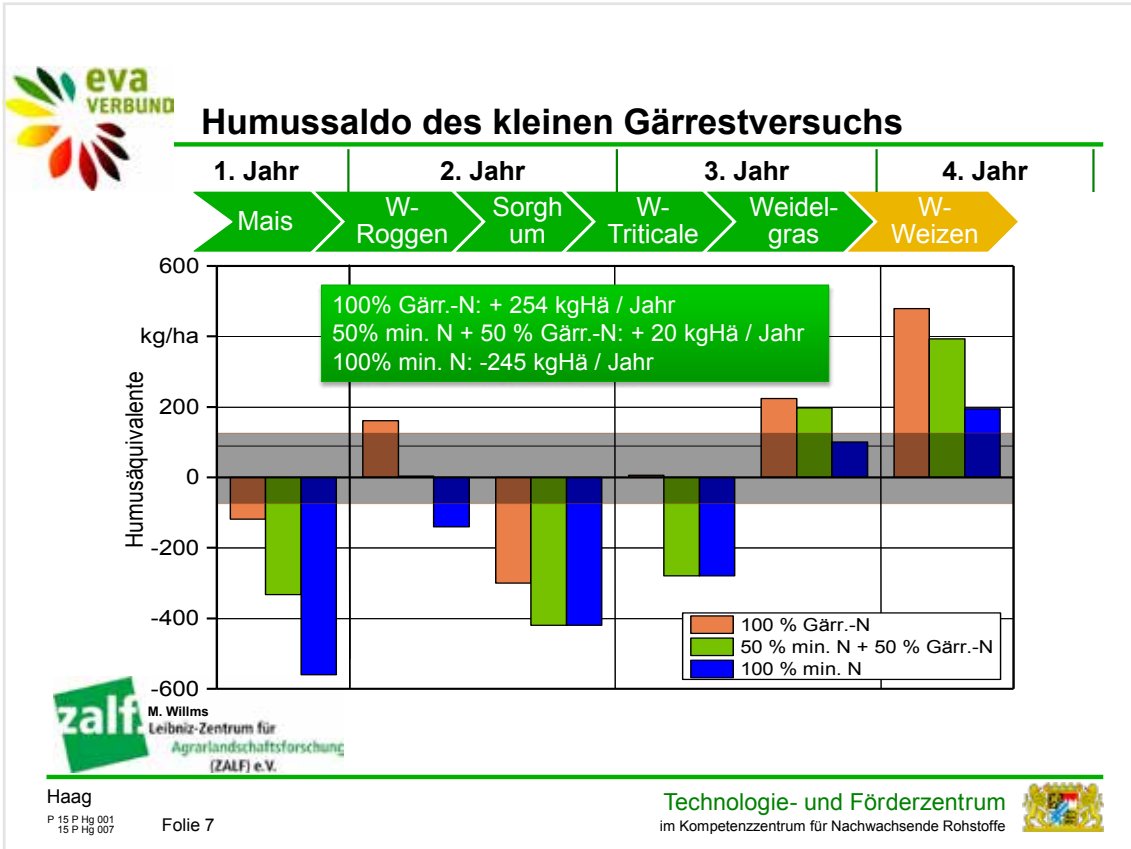
Erträge des Kleinen Gärrrestversuchs

gemittelt über 5 Standorte (2009 – 2014), Gärrrest mit 70 % MDÄ



Haag
 P 15 P Hg 001
 15 P Hg 006 Folie 6

Technologie- und Förderzentrum
 im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe





Der Große Gärrestversuch Triticale



Winter-Triticale



Folgefurcht

Ziele

Aussagen zum optimalen Ausbringtermin für Gärrest am Standort
Überprüfen der Aufnahme von überschüssigem N durch die Folgefurcht

Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 018

Folie 9

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Der Große Gärrestversuch Triticale

Ausgebrachte Gärrestmenge mit 70% MDÄ und 15% Verlusten

Variante	Kultur	N-Düngung	Kultur	N-Düngung
Kontrolle	W-Triticale	-----	Folgefurcht*	-----
1	W-Triticale	Mineralisch	Folgefurcht*	-----
2	W-Triticale	Gärrest Herbst + Mix Frühjahr	Folgefurcht*	-----
3	W-Triticale	Mix Frühjahr	Folgefurcht*	-----
4	W-Triticale	Mineralisch	Folgefurcht*	Gärrest Sommer
5	W-Triticale	Gärrest Herbst + Mix Frühjahr	Folgefurcht*	Gärrest Sommer
6	W-Triticale	Mix Frühjahr	Folgefurcht*	Gärrest Sommer

* Welsches Weidelgras bzw. W-Raps

Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 019

Folie 10

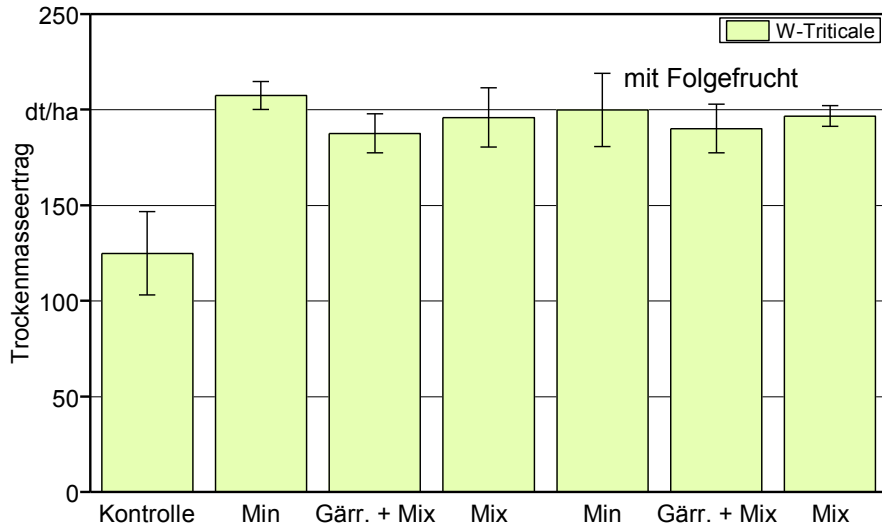
Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe





W-Triticale in Dornburg 2014

Ausgebrachte Gärrestmenge mit 70% MDÄ und 15% Verlusten



Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 020

Folie 11

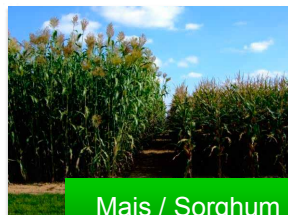
Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



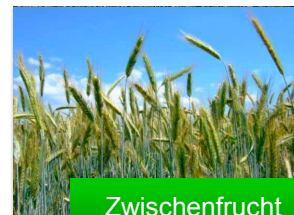
Der Große Gärrestversuch Mais



Zwischenfrucht



Mais / Sorghum



Zwischenfrucht

Ziele

Aussagen zum optimalen Ausbringtermin für Gärrest am Standort
Überprüfen der Aufnahme von überschüssigem N durch die Zwischenfrucht

Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 009

Folie 12

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe





Der Große Gärestversuch Mais

Ausgebrachte Gärestmenge mit 70% MDÄ und 15% Verlusten

Variante	Kultur	Kultur	N-Düngung	Kultur
Kontrolle	Senf	Mais	-----	W-Roggen
1	-----	Mais	mineralisch	-----
2	Senf	Mais	Gärrest vor Saat	-----
3	Senf	Mais	Gärrest in den Bestand	-----
4	Senf	Mais	Mineralisch	W-Roggen
5	Senf	Mais	Gärrest vor Saat	W-Roggen
6	Senf	Mais	Gärrest in den Bestand	W-Roggen
7	Senf	Sorghum	mineralisch	W-Roggen
8	Senf	Sorghum	Gärrest vor Saat	W-Roggen
9	Senf	Sorghum	Gärrest in den Bestand	W-Roggen

Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 010

Folie 13

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Standort Ascha in Bayern



Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 011

Folie 14

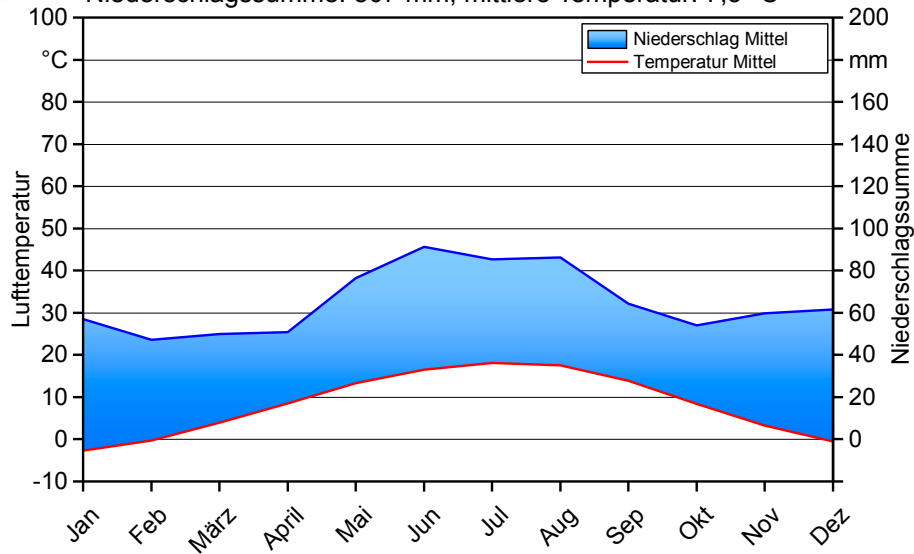
Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe





Klima in Ascha – langjähriges Mittel

Niederschlagssumme: 807 mm, mittlere Temperatur: 7,5 °C



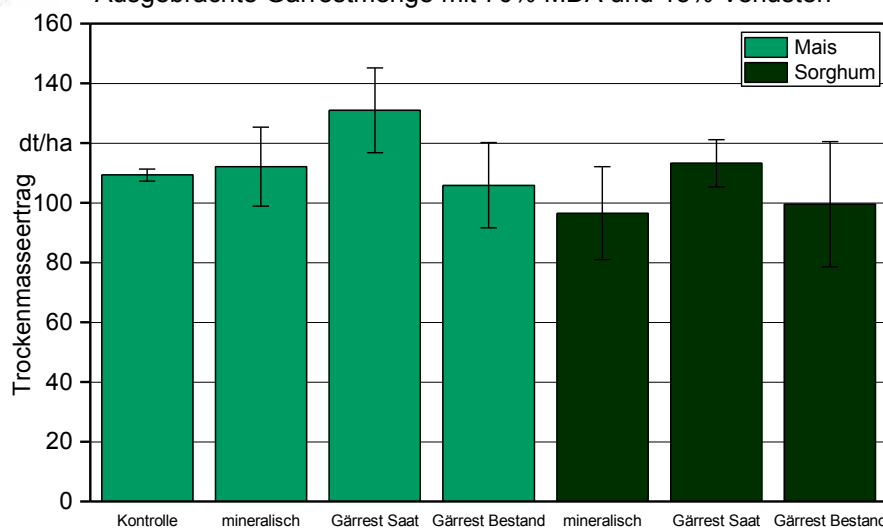
Grieb, Zander, Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 012 Folie 15

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Ertrag in Ascha 2013

Ausgebrachte Gärrestmenge mit 70% MDÄ und 15% Verlusten

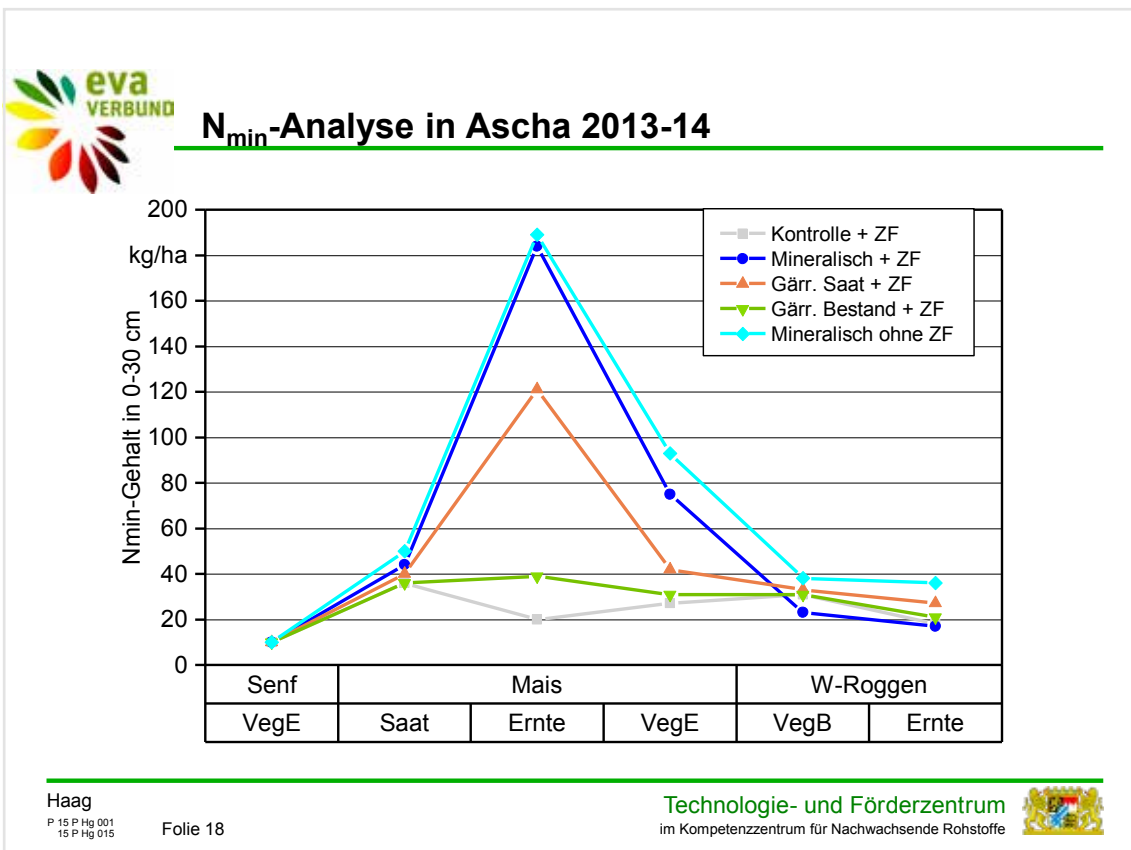
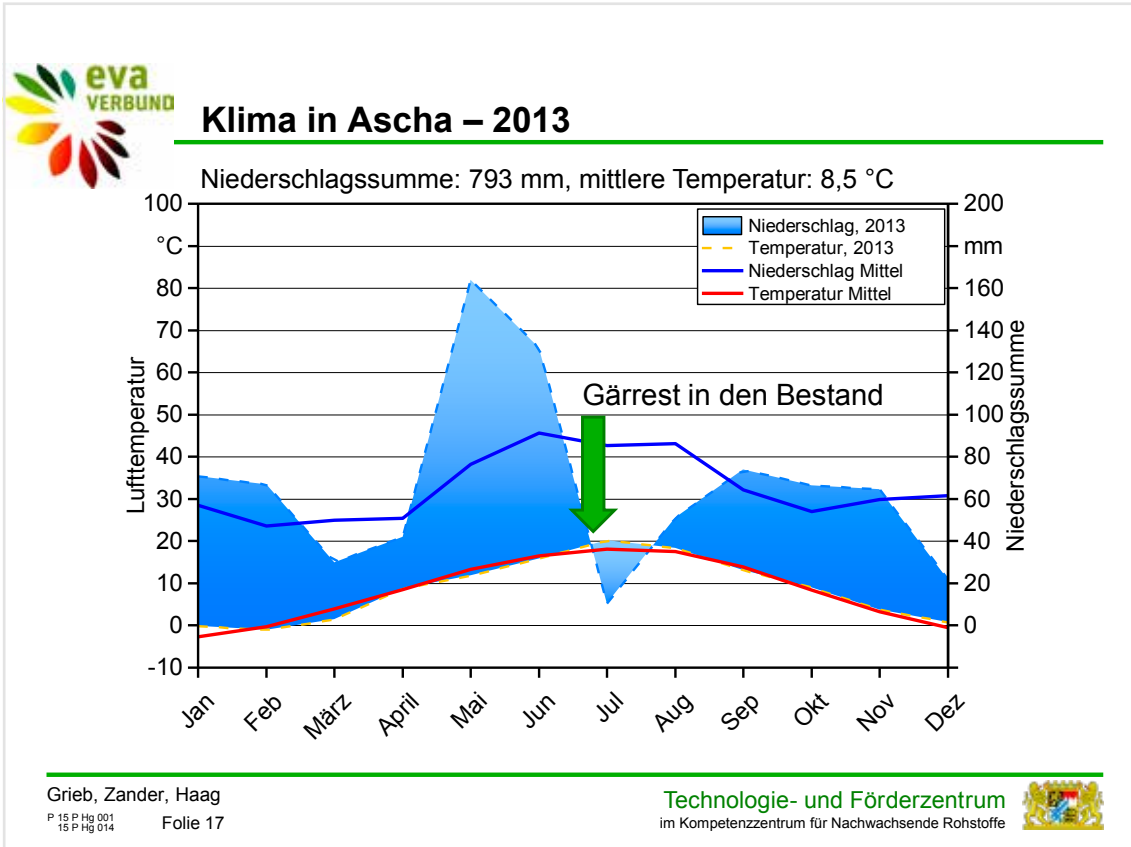


Durchschn. Maisertrag am Standort (2009-2012 und 2014): 167 dt/ha

Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 013 Folie 16

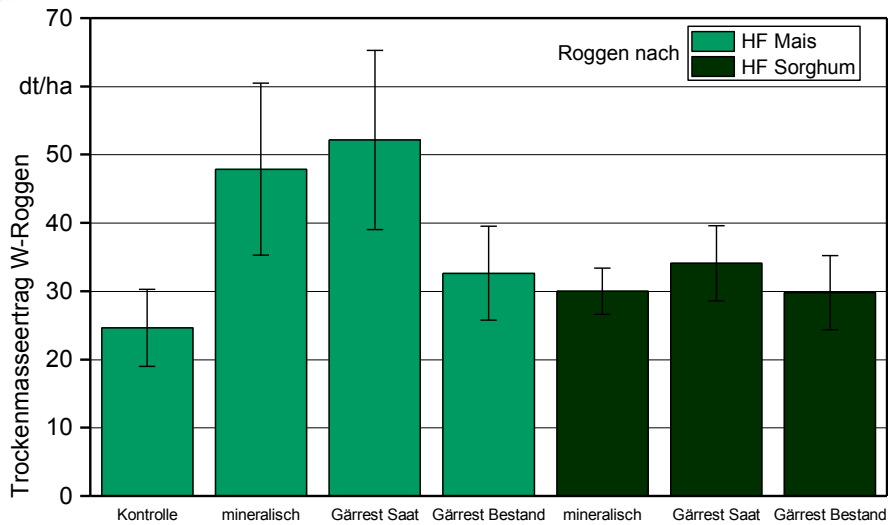
Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe







W-Roggen Ertrag in Ascha 2013/2014



Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 016

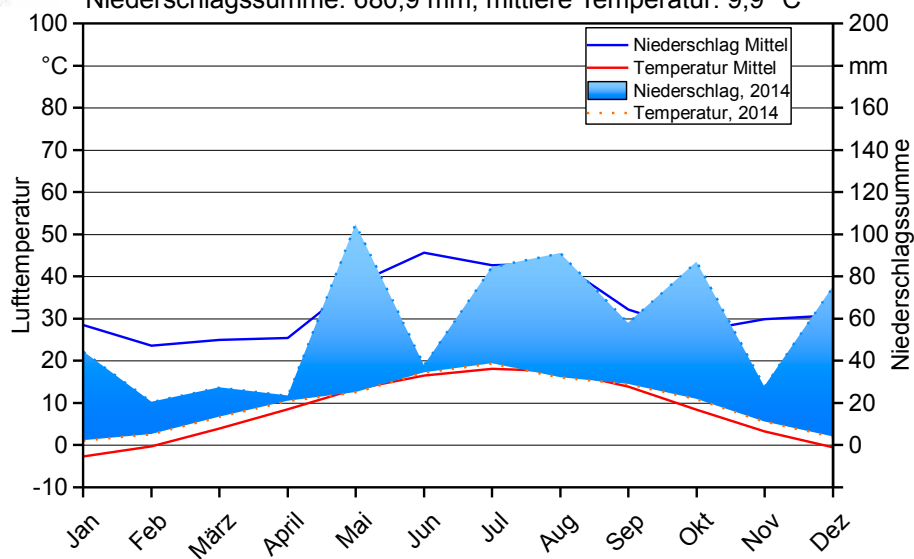
Folie 19

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Klima in Ascha – 2014

Niederschlagssumme: 680,9 mm, mittlere Temperatur: 9,9 °C



Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 017

Folie 20

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe





Vorläufiges Fazit Gärrestdüngung erweist sich als...

- **gleichauf beim Ertrag** mit den mineralisch gedüngten Varianten (Ausgebrachte Gärrestmenge mit MDÄ 70%)
- **klimafreundlich** durch Kreislaufwirtschaft und geringeren Mineraldüngerbedarf
- **weniger humuszehrend** durch ausgebrachte organische Substanz
- **Aber:**
 - Termingerechte **Ausbringung in Bestand kritisch:** witterungsabhängig und höheres Risiko THG-Emissionen
 - **Einarbeitung** des Gärrestes verringert Risiko von N-Verlusten und Klimabelastung



Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 021

Folie 21

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Vielen Dank...

- ... dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft sowie der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. für die Förderung
- ... allen EVA-Projektpartnern, insbesondere TLL, LFA, LTZ Augustenberg, LfULG und LWK NI sowie der Uni Gießen und dem ZALF für die gute Zusammenarbeit
- ... für Ihre Aufmerksamkeit!



Gefördert durch:
 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

www.eva-verbund.de

Haag
P 15 P Hg 001
15 P Hg 022

Folie 22

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Mobilität von Stickstoff aus Gärrückständen

Dr. Jürgen Reinhold (Förderverband Humus e. V.)

Die Stickstoffwirkung organischer Dünger ist weit komplexer und damit schwieriger zu prognostizieren als die der Mineraldüngemittel. Eine erhöhende Wirkung organischer Dünger auf den Humusgehalt wird einerseits durch deren stabilisierte organische Substanz (z. B. lignifiziert, inkohlt) mit meist geringen N-Gehalten (weites C:N-Verhältnis) und andererseits durch das Stabilisierungspotenzial des Bodens (z. B. Ton-Humus-Komplex, Mikroporen) verursacht. Dieser Vorgang wird auch als Humusreproduktion bezeichnet. Die kurzfristige N-Wirkung wird vor allem durch hohe Anteile an mineralischem Stickstoff (bei flüssigen organischen Düngern überwiegend als $\text{NH}_4\text{-N}$) sowie durch leicht abbaubare organische Anteile (meist N-reiche proteinartige Verbindungen) der organischen Düngemittel bestimmt. Diese N-Anteile können im Jahr der Anwendung der organischen Düngemittel bzw. in den ersten beiden Folgejahren wirksam werden.

Die organischen Dünger müssen wegen unterschiedlicher Trockenmasse, C_{org} - und N-Gehalte sowie deren Mobilität bzw. Abbaustabilität aus ökologischer und ertragswirksamer Sicht hinsichtlich ihrer Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze differenziert bewertet werden. Das gilt auch für die Gärprodukte aus Biogasanlagen, die jedoch nicht, wie bei tierischen Wirtschaftsdüngern üblich, anhand ihres jeweiligen Herkunftsbereichs kalkulativer schätzbar sind. Zur Bewertung der Gärproduktwirkung auf die Nährstoff- und Humusversorgung von Ackerböden sollten daher kontinuierliche Inhaltsstoffuntersuchungen erfolgen. Das kann durch freiwillige Fremdüberwachung der Gärprodukte (z. B. RAL-Gütesicherung) erfolgen. Als Ergebnis liegt dann eine anlagenspezifische Produktzertifizierung vor, die eine effiziente Anwendung der Gärprodukte möglich macht.

In dem vorliegenden Beitrag wurde anhand von ausgewählten Untersuchungsergebnissen in Verbindung mit den Stabilitätskoeffizienten für organische Dünger nach VDLUFA-Standpunkt „Humusbilanzierung“ nicht nur die kurzfristig pflanzenbaulich wirksamen mobilen N-Anteile (Mineraldüngeräquivalenz) abgeleitet, sondern darüber hinaus die temporär in den Bodenumus für mehrere Jahre eingehenden organischen N-Anteile ausgewiesen (höhere Abbaustabilität → längere temporäre Stabilisierung im Bodenumus). Durch die Ableitung der leicht abbaubaren organischen N-Anteile konnte die N-Mineraldüngeräquivalenz für das Anwendungsjahr und zwei Folgejahre abgeschätzt werden.

Für die in den Bodenumus temporär eingehende abbaustabile organische Substanz der organischen Dünger kann mit einer Verweilzeit im Boden zwischen drei bis über zehn Jahre gerechnet werden. Die Menge an temporär im Boden stabilisiertem N_{org} kann wie folgt benannt werden:

1 Häq (Humusäquivalent nach VDLUFA) bindet im Boden 0,1 kg Stickstoff

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass auch diese stabilisierten N-Mengen langfristig mineralisiert werden können. Diese N-Freisetzungen durch Humusmineralisierung sollten durch N_{min} -Untersuchungen erfasst und können dann für die Ableitungen von Düngungsempfehlungen sowie für die Nährstoffvergleiche nach Düngeverordnung genutzt werden.

Für die Gärprodukte haben die oben beschriebenen Zusammenhänge unterschiedliche Bedeutung. Während die flüssigen Gärprodukte mit meist relativ geringen Anteilen abbaustabiler organischer N-Verbindungen mit der bisherigen Form der Düngungsempfehlungen und Nährstoffvergleiche in den meisten Fällen relativ gut bewertbar sind, sieht das besonders für feste und oft aerob nachgerottete Gärprodukte aber auch für bestimmte Ausgangsstoffe (z. B. Schlempe) ganz anders aus. Diese für einen Humusaufbau besonders geeigneten Gärprodukte weisen nur eine geringe N-Mineraldüngeräquivalenz, aber besonders hohe Anteile von organischem N mit hoher Abbaustabilität auf.

Als wesentlich für die Ableitung von Fraktionen unterschiedlicher N-Mobilität von Gärprodukten hat sich der Stabilitätsfaktor nach VDLUFA-Standpunkt „Humusbilanzierung“ erwiesen. Für dessen Quantifizierung besteht bei den Gärprodukten aktueller Forschungsbedarf. Bisher werden nur vorläufige Expertenschätzungen genannt. Notwendig ist jedoch, dass künftig einerseits allgemeine Einstufungen von Gärprodukten, andererseits aber auch durch Schnellmethoden eine reale Bemessung der Abbaustabilität der organischen Substanz möglich wird – vergleichbar der bei Komposten.



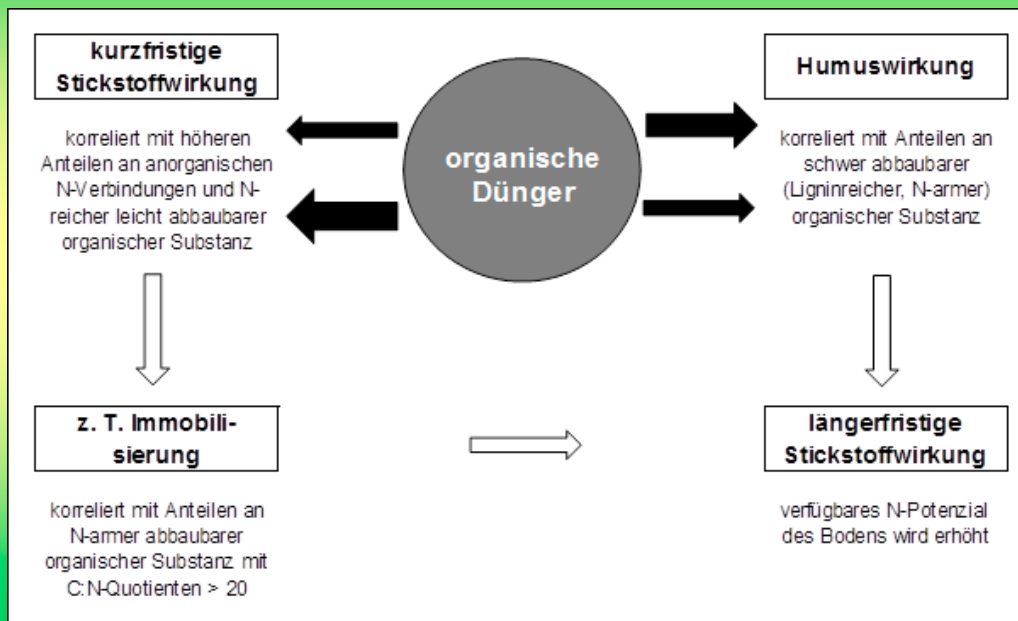
Mobilität von Stickstoff aus Gärrückständen

Dr. Jürgen Reinhold
Förderverband Humus e.V.

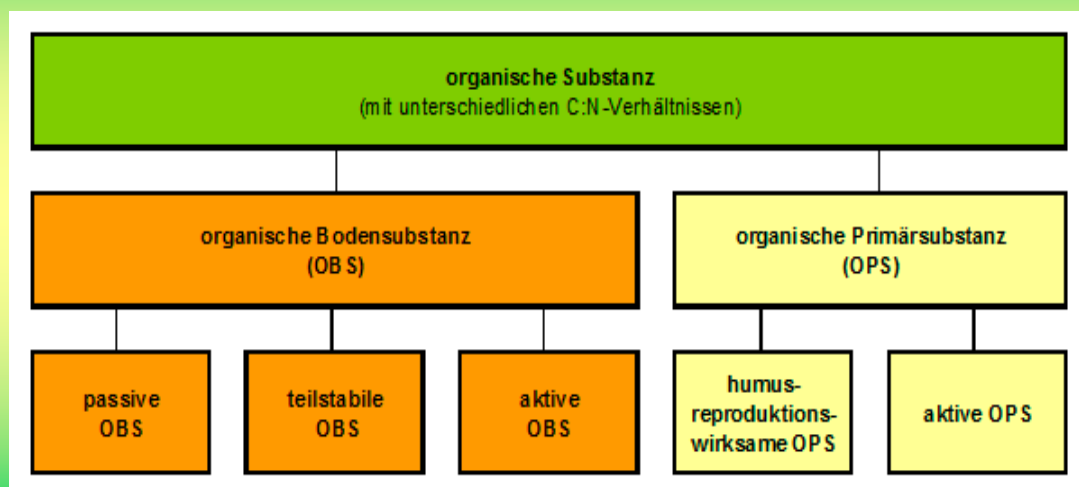
Fachtagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“
Berlin, den 10. und 11. März 2015

Grundlagen zur Mobilität von Stickstoff aus Gärrückständen

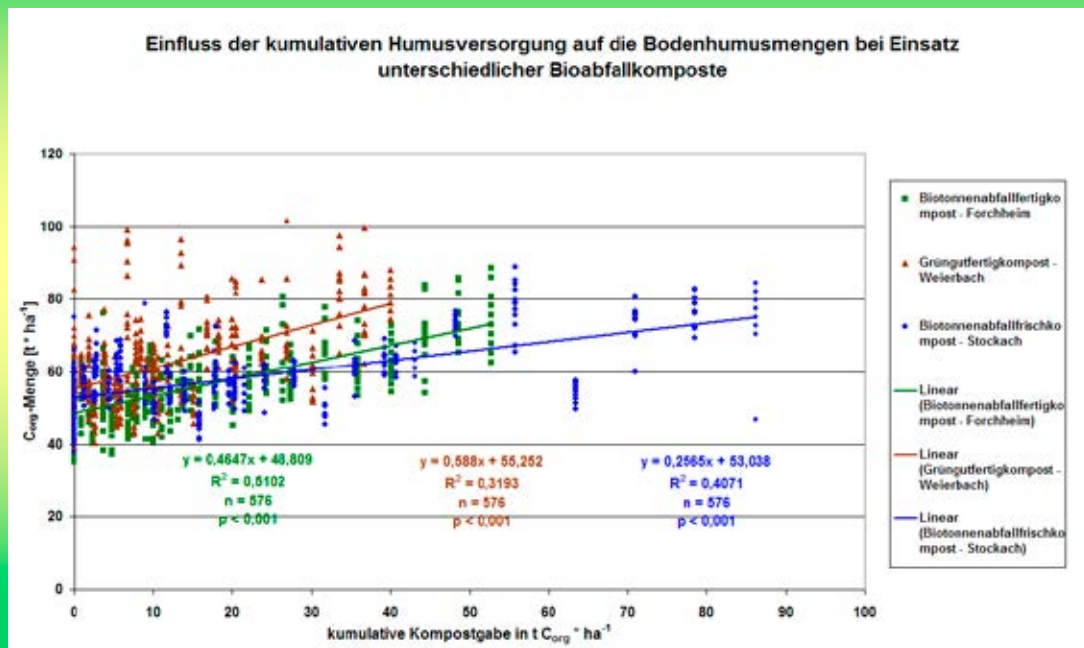
Stickstoff- und Humuswirkung organischer Dünger (nach Gutser und Ebertseder 2006)



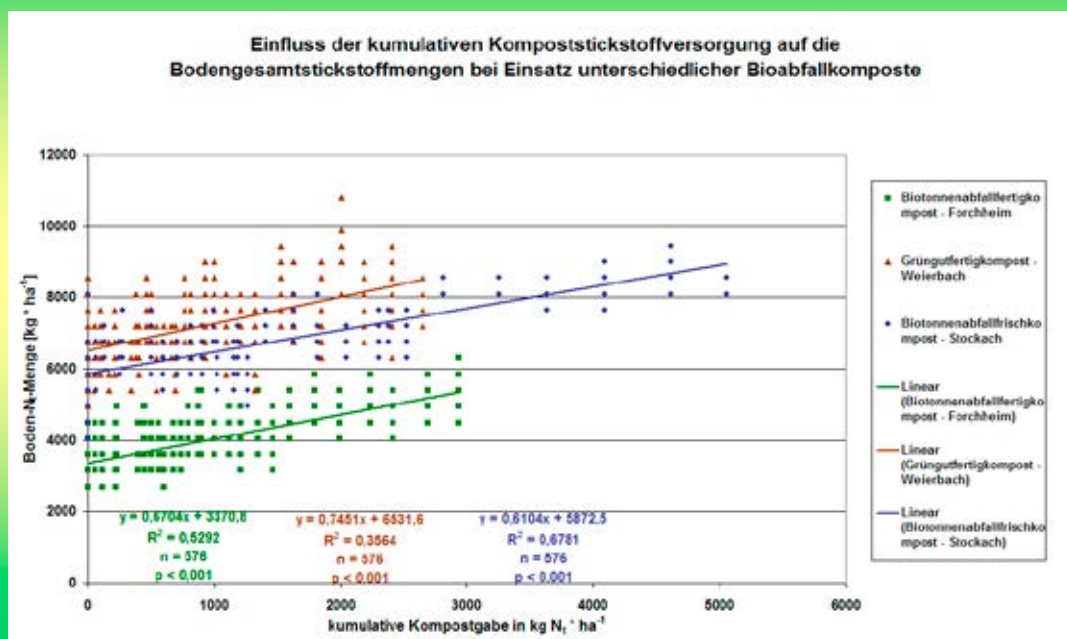
Pools der organischen Substanz im Boden und in organischen Primärsubstanzen (in Engels et al. 2010 - erweitert nach v. Lützw, M. et al, 2008)



Einfluss der kumulativen Kompost-C_{org}-Gaben auf den Boden-C_{org}-Vorrat bei Einsatz biologisch stabilisierter organischer Dünger



Einfluss der kumulativen Kompost-N_t-Gaben auf den Boden-N_{ges}-Vorrat bei Einsatz biologisch stabilisierter organischer Dünger



Fazit aus den LTZ Augustenberg-Versuchen mit biologisch stabilisierten organischen Düngern

In 12 Versuchsjahren hat sich kein Fließgleichgewicht aus Zufuhr und Abbau von Kompost-C_{org} eingestellt

durchgehend linearer Anstieg

Die Humusaufbauleistung folgt der Abbaustabilität:

Grüngut-Fertigkompost > Biogut-Fertigkompost > Biogut-Frischkompost

Bei Anwendung biologisch stabilisierter organischer Dünger ist der Humusaufbau verbunden mit

N_{org}-Anreicherung (bis 75 %) > C_{org}-Stabilisierung (bis 58 %)

Die Humusbilanzierung bringt folgenden Kenntniszuwachs für die Abschätzung des kurzfristig pflanzlich wirksamen N-Anteils organischer Dünger

Für die organischen Dünger ist der Anteil ihres C_{org}-Gehalts definierbar, der im Boden humusproduktionswirksam (temporär stabilisiert) wird.

Beim Einbau von Dünger-C_{org} in den Bodenumus kann von einer Angleichung an dessen C:N-Verhältnis von ≈10:1 ausgegangen werden, wodurch die N_{org}-Bindung an die reproduzierte Humusmenge ableitbar wird.

Aus der Differenz der Analyseergebnisse organischer Dünger auf N_{ges} und N_{min} sowie dem berechneten N-Bedarf zur Humusreproduktion kann der Anteil des leicht abbaubar organisch gebundenen Dünger-N abgeleitet werden.

Anhand der unterschiedlich mobilen N-Fractionen organischer Dünger kann der durchschnittliche Zeitverlauf für N-MDÄ wie folgt angenommen werden:

- im Anwendungsjahr: N_{min} + 25 % vom organisch leicht abbaubaren N
- im 1. Folgejahr: 50 % vom organisch leicht abbaubaren N
- im 2. Folgejahr: 25 % vom organisch leicht abbaubaren N

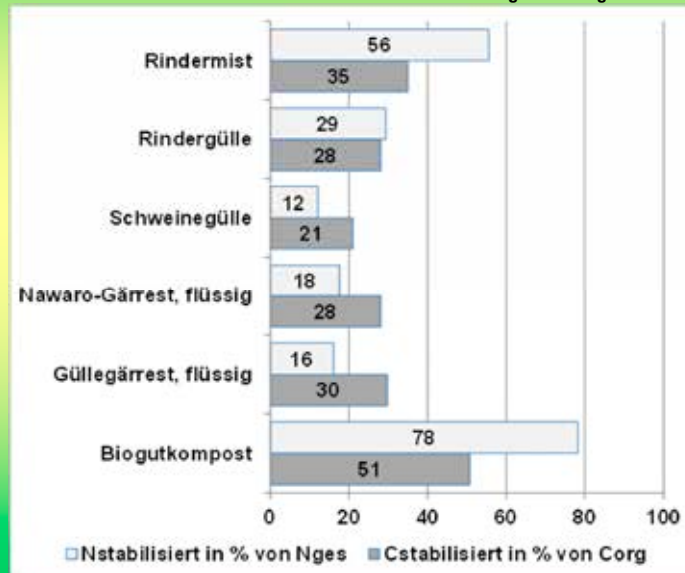
Betrachtung von Szenarien zur Mobilität von Stickstoff aus Gärrückständen

Humus- und stickstoffversorgungsrelevante Eigenschaften verschiedener Gärreste aus Biogasanlagen im Vergleich zu anderen organischen Düngern

organisches Material	TM in FM-%	C _{org} in TM-%	Stabilitätsfaktor (nach Ebertseder et al. 2014)	Stickstoff in TM-%		C:N	Quelle
				gesamt	löslich		
Biogutkompost	63,5	22,5	1,45	1,46	0,07	15,4	BGK (2013)
Biogutgärrest, fest	34,1	32,5	1,00	2,49	0,19	13,1	BGK (2013)
Biogutgärrest, flüssig	4,4	34,6	0,90	11,17	6,59	3,1	BGK (2013)
Nawaro-Gärrest, separiert fest	22,5	44,7	0,90	2,58	0,98	17,3	Wragge et al. (2013)
Nawaro-Gärrest, separiert flüssig	6,7	37,8	0,80	7,91	4,48	4,8	Wragge et al. (2013)
Gülle-gärrest, flüssig	5,8	39,2	0,85	7,25	5,35	5,4	Reinhold & Zorn (2008)
Nawaro-Gärrest, flüssig	7,0	42,3	0,80	6,71	2,57	6,3	Wragge et al. (2013)
Schlempegärrest, flüssig	7,4	53,1	0,80	4,15	0,49	12,8	Reinhold (2014)
Kartoffelabfallgärrest, flüssig	2,1	36,0	0,90	11,40	7,62	3,2	Wragge et al. (2013)
Maissilagegärrest, flüssig	7,1	45,9	0,70	7,18	5,77	6,4	Wragge et al. (2013)
Maissilagegärrest, fest	16,1	46,4	0,90	3,66	1,24	12,7	Wragge et al. (2013)
Gärrest, flüssig Rind	7,3	41,9	0,80	6,50	3,70	6,5	Kluge et al. (2008b)
Gärrest, flüssig Schwein	5,6	41,6	0,80	9,30	6,50	4,5	Kluge et al. (2008b)
Gärrest, flüssig viehlos	6,5	42,6	0,80	7,20	4,20	5,9	Kluge et al. (2008b)
Gülle-gärrest, flüssig	7,8	43,7	0,80	6,70	3,80	6,5	Kluge et al. (2008b)
Gülle	9,1	46,6	0,70	4,80	2,30	9,7	Kluge et al. (2008b)
Schweinegülle	5,5	41,8	0,80	7,27	5,64	5,8	Reinhold & Zorn (2008)
Rindergülle	7,3	47,4	0,80	4,52	2,19	10,5	Reinhold & Zorn (2008)
Rindermist	30,6	40,0	1,00	2,52	0,46	15,9	Wragge et al. (2013)
Maissilage	30,4	47,0	0,30	1,51	0,13	31,1	Reinhold (2014)

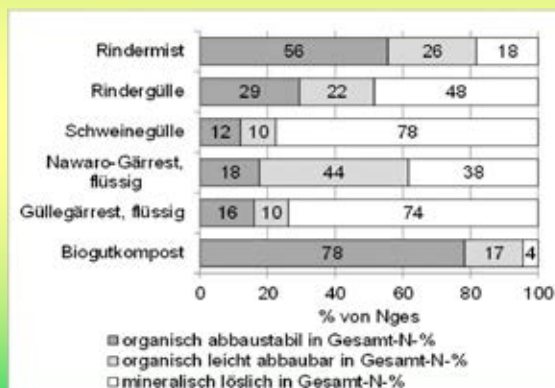
Humusreproduktionsleistung und N-Mobilität traditioneller organischer Dünger und Nassgärprodukte

Temporäre Stabilisierung von C_{org} und N_{ges}

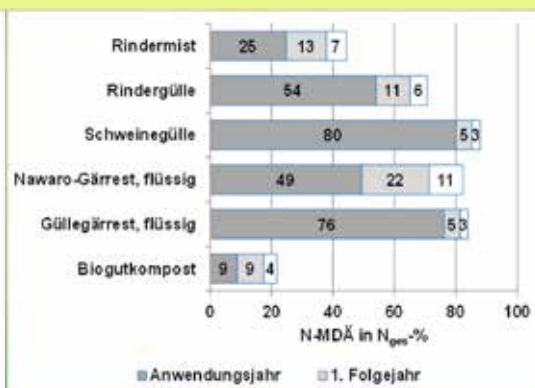


Humusreproduktionsleistung und N-Mobilität traditioneller organischer Dünger und Nassgärprodukte

Mittlere Anteile unterschiedliche mobiler N-Fractionen

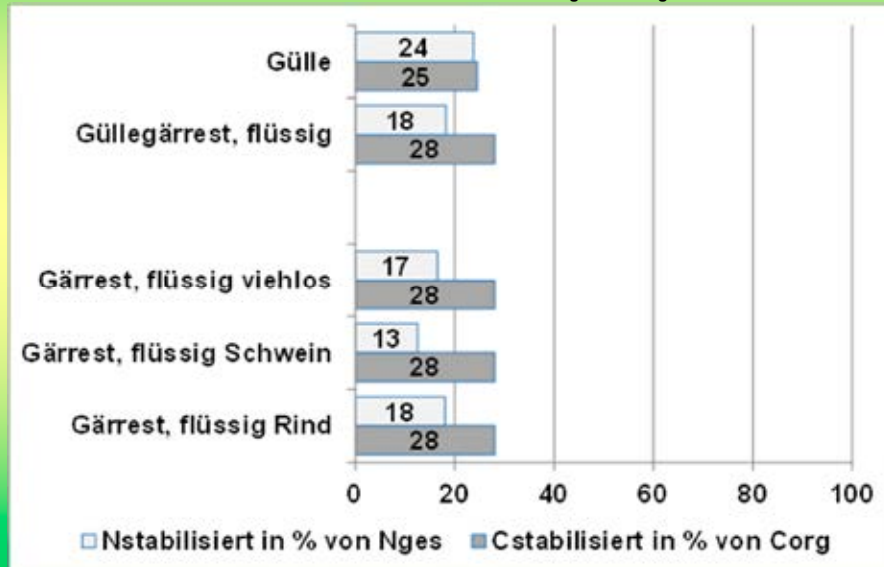


N-Mineraldüngeräquivalenz



Humusproduktionsleistung und N-Mobilität bei der Güllevergärung

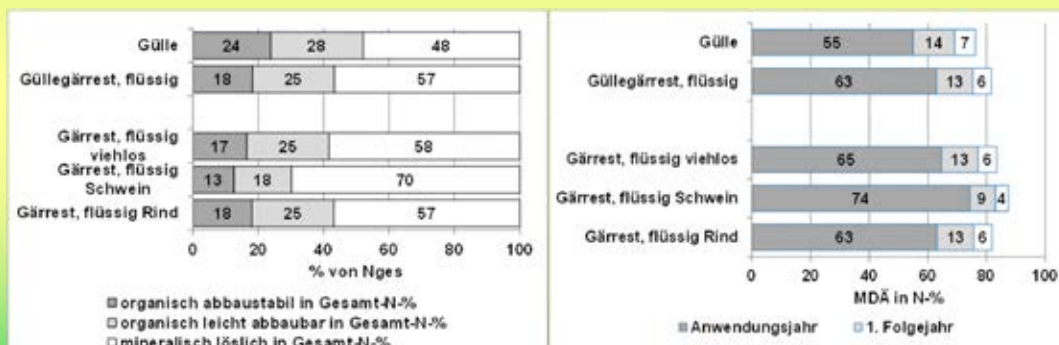
Temporäre Stabilisierung von C_{org} und N_{ges}



Humusproduktionsleistung und N-Mobilität bei der Güllevergärung

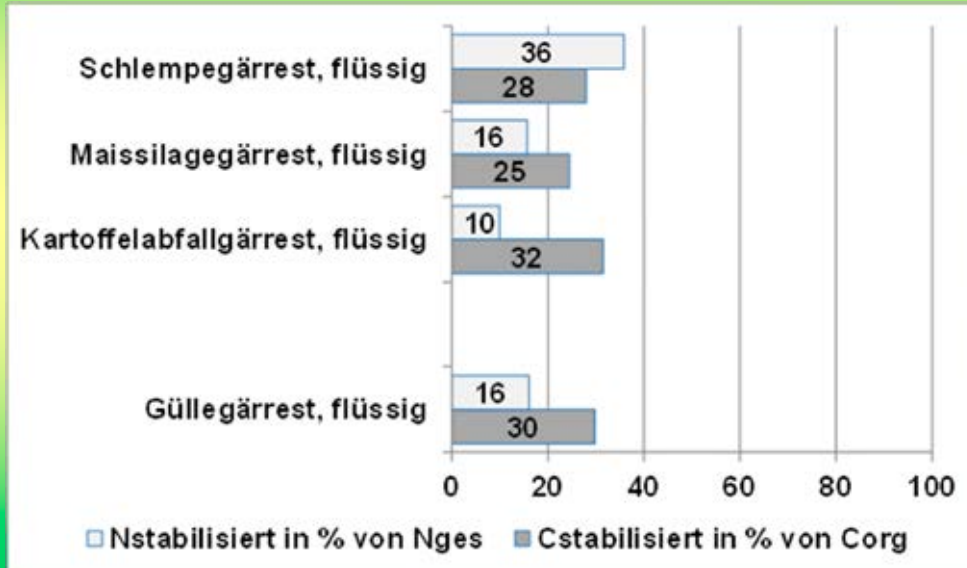
Mittlere Anteile unterschiedliche mobiler N-Fractionen

N-Mineraldüngeräquivalenz



Humusreproduktionsleistung und N-Mobilität bei der Vergärung verschiedener pflanzlicher Ausgangsstoffe

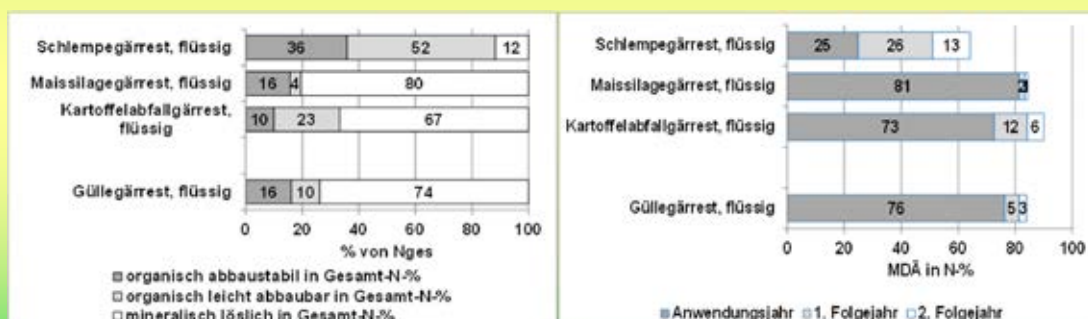
Temporäre Stabilisierung von C_{org} und N_{ges}



Humusreproduktionsleistung und N-Mobilität bei der Vergärung verschiedener pflanzlicher Ausgangsstoffe

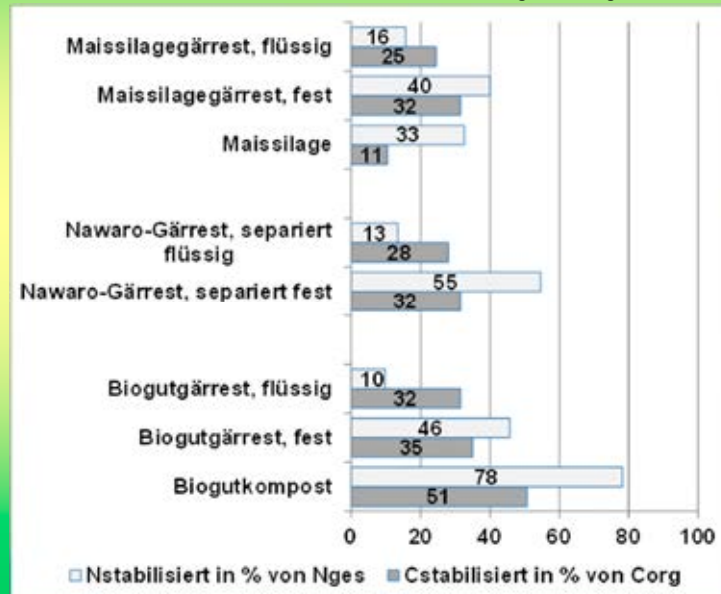
Mittlere Anteile unterschiedliche mobiler N-Fractionen

N-Mineraldüngeräquivalenz



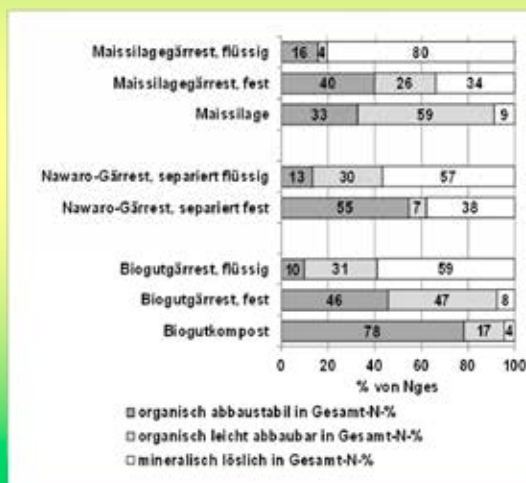
Humusreproduktionsleistung und N-Mobilität fester und flüssiger Gärprodukte

Temporäre Stabilisierung von C_{org} und N_{ges}

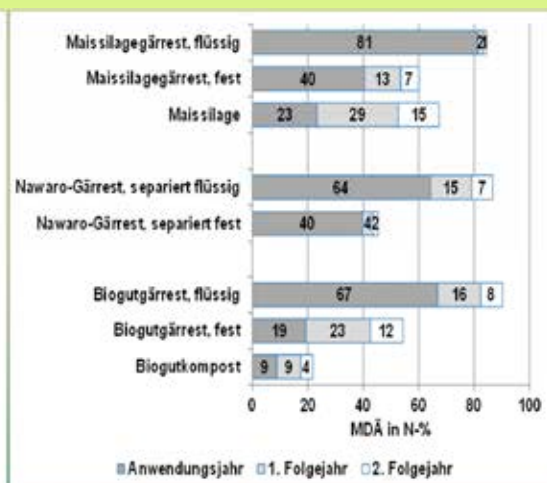


Humusreproduktionsleistung und N-Mobilität fester und flüssiger Gärprodukte

Mittlere Anteile unterschiedliche mobiler N-Fractionen

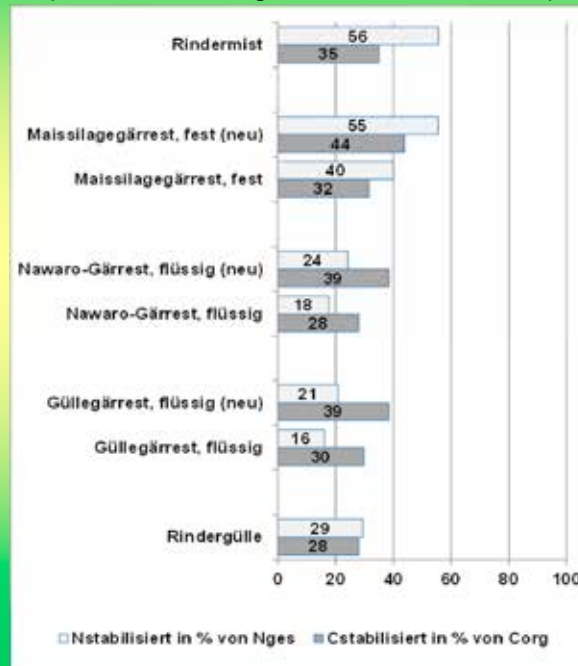


N-Mineraldüngeräquivalenz



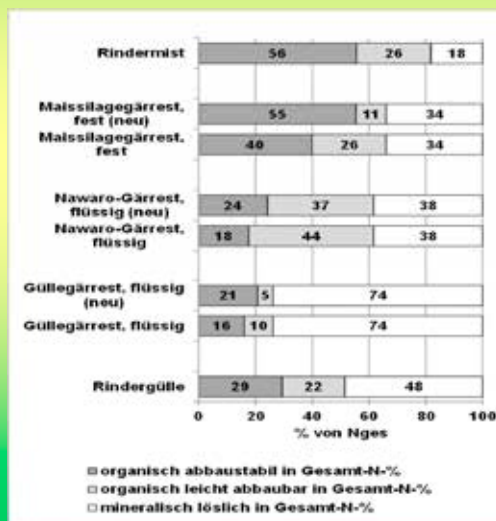
Humusreproduktionsleistung und N-Mobilität bei erhöhter Abbaustabilität von Gärprodukten

(Stab.-Faktor: flüssig 0,8-0,9 → 1,1; fest 1,0 → 1,25)

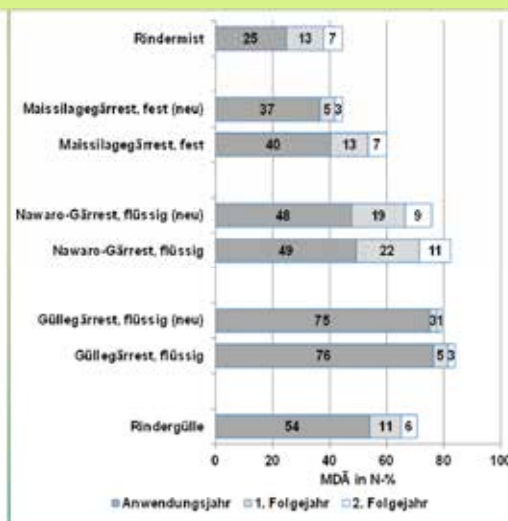


Humusreproduktionsleistung und N-Mobilität bei erhöhter Abbaustabilität von Gärprodukten

Mittlere Anteile unterschiedliche mobiler N-Fractionen



N-Mineraldüngeräquivalenz



Fazit

1. Zur Bewertung der Gärproduktwirkung auf die Nährstoff- und Humusversorgung von Ackerböden sollte deren kontinuierliche Inhaltsstoffuntersuchungen (auch Abbaustabilität) gewährleistet werden.
2. Dafür ist eine freiwillige Gütesicherung der Gärprodukte ist empfehlenswert
 - anlagenspezifische Produktzertifizierung
 - effizientere Anwendung der Gärprodukte.
3. Es können kurzfristig pflanzenbaulich wirksame mobile N-Anteile (MDÄ) abgeleitet und die temporär in den Bodenhumus für mehrere Jahre eingehenden stabile organischen N-Anteile ausgewiesen werden (1 Häq nach VDLUFA stabilisiert im Boden temporär 0,1 kg Stickstoff).
 - jährliche Abschätzung der N-Mineralisierung durch N_{\min} -Untersuchung bzw. Humusmodelle (z. B. CCB)
4. Flüssige Gärprodukte sind in der Regel durch N_{\min} -Anteile bestimmt und zeigen vorwiegend eine direkte N-Wirkungen im Anwendungsjahr. Feste Gärprodukte und vor allem deren Nachrotteprodukte (Komposte) lassen sich eher als „Humusdünger“ kennzeichnen (Stab.-Faktor $\geq 1,0$; C:N $\geq 12:1$)



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit
**Förderverband Humus
e.V.**

Geschäftsstelle

Vorsitzender Dr. R. Schmidt

Nächst Neuendorfer Landstr. 6a
15806 Nächst Neuendorf

Leibniz-Institut für Gemüse- und
Zierpflanzenbau Großbeeren und Erfurt
e.V., Theodor-Echtermeyer-Weg 1 14979
Großbeeren

Landtechnische Aspekte der Ausbringung von GÄrrückständen

Norbert Bleisteiner (Landmaschinenschule Triesdorf)

Einführend erfolgt auf der Basis der Triesdorfer Praxiserfahrungen eine Einschätzung des Status quo bei der GÄrrestausbringung. Ausgewählte GÄrrestausbringungstechniken werden anhand wichtiger Kriterien bzgl. ihrer Einsatzmöglichkeiten beurteilt. Detailliert werden alle aktuellen Verfahren analysiert und die Effekte eines zweiphasigen Ausbringsystems ausgearbeitet.

Schlagkräftige Technik und Bodenschutz können zu einem Zielkonflikt führen. Lösungsansätze werden im Vortrag angesprochen.

Die zu erwartenden Veränderungen der Düngeverordnung bzgl. des Technikeinsatzes finden Berücksichtigung. Die Veränderungen werden für einen Beispielsbetrieb aufgezeigt.

Eine schematische ökonomische Beurteilung schließt sich an. Strategische unternehmerische Entscheidungshilfen bilden den Abschluss des Vortrages.



Landtechnische Aspekte der Ausbringung von GÄrrückständen

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Gliederung



- Triesdorfer Aktivitäten
- Nährstoffermittlung & homogenisieren
- Verteiltechniken
- Strategievorschlag
- Fazit

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Triesdorfer Gülletage 2011 -2014



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Güllegrubber



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Triesdorfer Gülletag 2013



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Nährstoffermittlung & homogenisieren

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Probenzettel eines Güllebehälters im Original



Werte für Berechnung der Ausbringungsmenge

Standardwerte

Gärrückstand - Nährstoffgehalte										
	Anlage	1	2	3	4	5	6	7	Rindergülle	Schweinegülle
	Einheit	Theoriewerte (Berechnung)								
TS	%	8,00	7,30	8,80	10,90	8,30	8,90	7,40	7,50	7,50
Gesamt - N	kg/cbm	3,29	4,27	6,23	6,73	4,99	6,20	6,97	3,70	6,50
NH ₄ - N	kg/cbm	2,22	3,19	4,25	5,17	3,71	4,37	5,48	1,90	4,50
P ₂ O ₅	kg/cbm	2,11	1,26	1,56	1,20	1,33	1,58	2,43	1,50	3,30
K ₂ O	kg/cbm	3,94	2,18	4,44	4,34	2,49	3,87	4,57	5,10	3,30
CaO	kg/cbm	11,27			0,78		1,80	2,15	1,90	
MgO	kg/cbm	2,26			0,58		0,98	1,22	0,90	
		Laborwerte (Untersuchung)								
TS	%	7,70	6,90	6,50	8,10	5,70	7,30	3,90	11,00	4,10
Gesamt - N	kg/cbm	3,16	5,42	4,23	4,68	4,18	4,90	4,81	3,18	4,27
NH ₄ - N	kg/cbm	2,00	4,09	2,96	3,07	2,74	3,45	4,12	1,71	3,52
P ₂ O ₅	kg/cbm	1,74	2,22	1,90	2,46	1,73	2,48	1,89	2,05	2,75
K ₂ O	kg/cbm	3,15	3,15	4,54	5,10	3,16	4,80	3,89	3,82	2,45
CaO	kg/cbm	13,30	2,37	1,89	1,36	2,05	2,25	1,34	10,90	2,08
MgO	kg/cbm	3,16	0,78	0,90	0,86	0,48	1,24	0,85	2,19	1,30

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de






Funktionsschema VAN-Control am Gülletankwagen



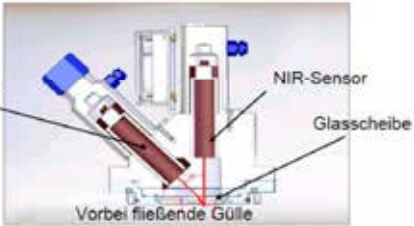
ZUNHAMMER GmbH

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf www.triesdorf.de 




Der Nah-Infrarot-Messkopf

- Eine Lampe beleuchtet das durchfließende Medium
- Die Licht-Reflexion wird als Spektrum zerlegt und digitalisiert



Die gewonnenen Daten werden mit einer Datei verglichen und so die Inhaltsstoffe bestimmt.

ZUNHAMMER GmbH

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf www.triesdorf.de 

VAN-Control Zunhammer Triesdorf



Norbert Bleisteiner Landmaschi


www.triesdorf.de




Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf


www.triesdorf.de







Status Quo

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf www.triesdorf.de 





Verlustarme Ausbringung

- Gülle und Gärrest dürfen auf bewachsenen Flächen auf Ackerland bis 2020, auf Grünland bis 2025 nur noch mit mit Geräten mit streifenförmiger Ablage oder anderer Verlustmindernder Technik ausgebracht werden.
- Auf unbewachsenen Flächen darf auch mit Prallteller verteilt werden, wenn die Gülle sofort (4 Stunden) eingearbeitet wird.



4 h



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf www.triesdorf.de 

Einbeziehung der Gärreste



- Die Obergrenze für die Ausbringung von Gülle und Mist bleibt bei 170 kg N/ha
- In Zukunft sind zusätzlich **alle** organischen Düngemittel, also auch Gärreste, Kompost, Klärschlämme anzurechnen.

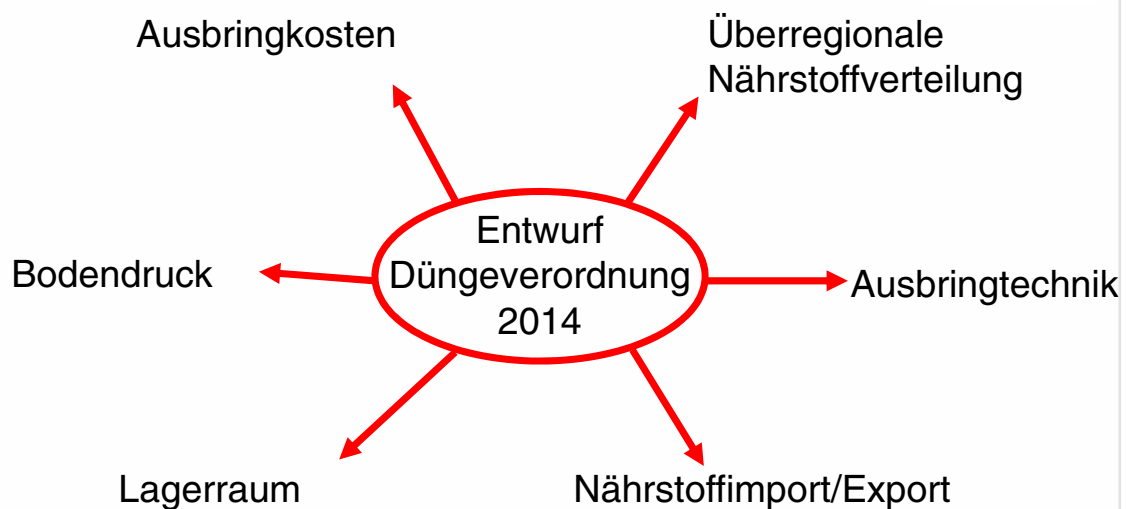


Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Auswirkung der Düngeverordnung



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Herkömmlicher Pralltellerverteiler gehört der Vergangenheit an!!

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



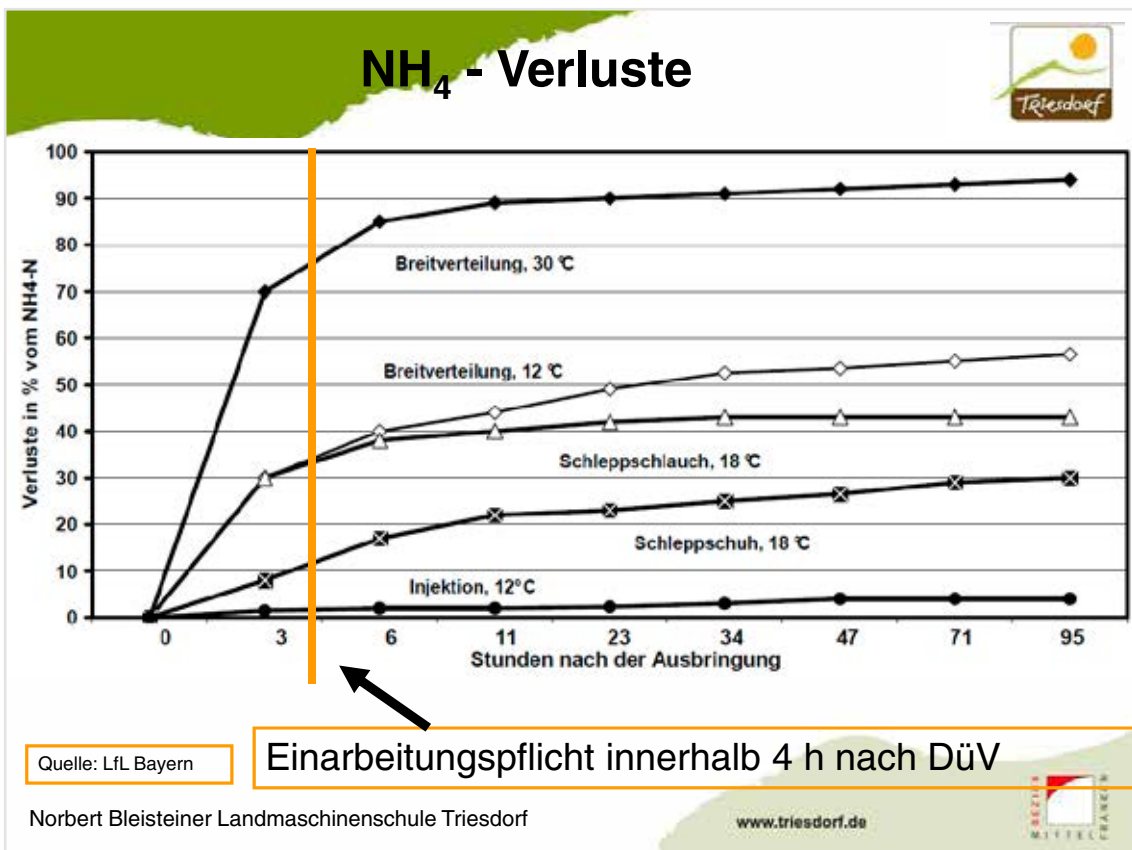
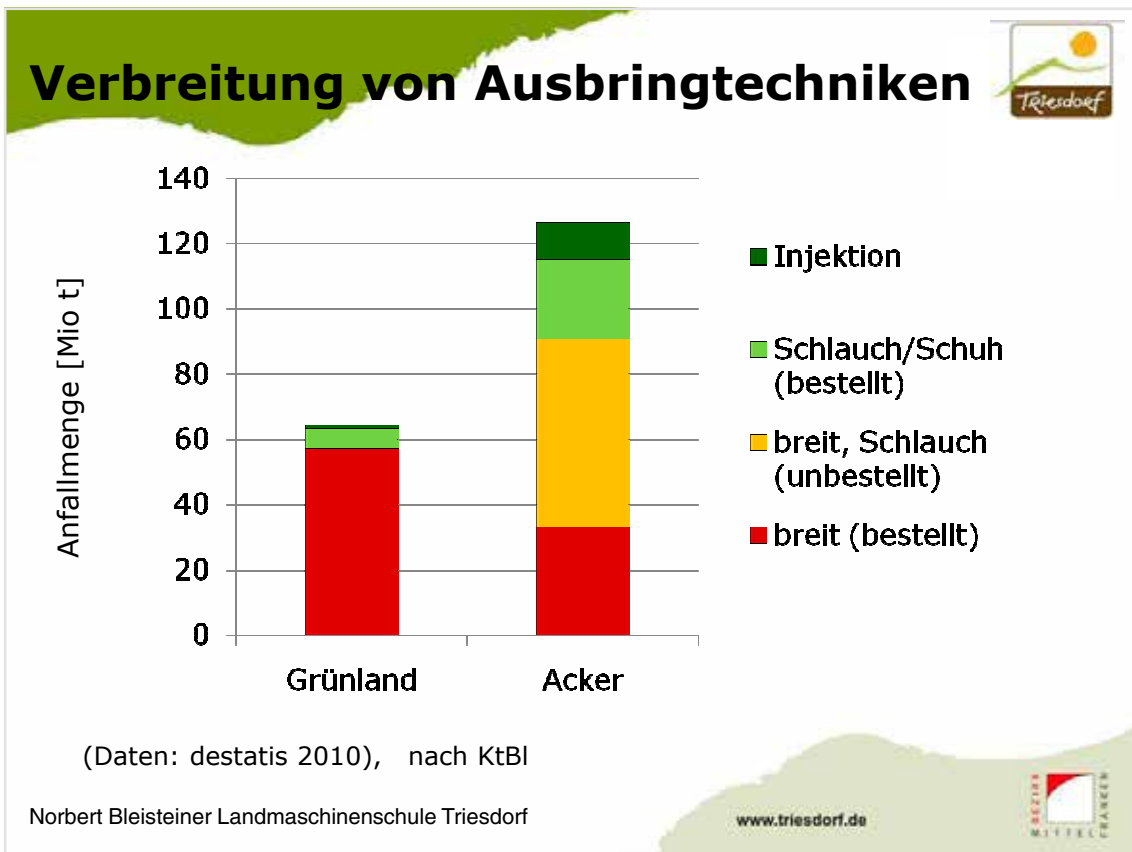
Technik 2014 ???



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





DüV / Verteiltechnik



- Senkung der Ammoniakemissionen und damit Erhöhung der Düngeneffizienz zwingend erforderlich (N-Bilanz)
- Anforderungen steigen!
- Langfristig ist die bodennahe Ausbringung unumgänglich

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Konsequenzen der DüV: Ausdehnung der Sperrfristen im Herbst



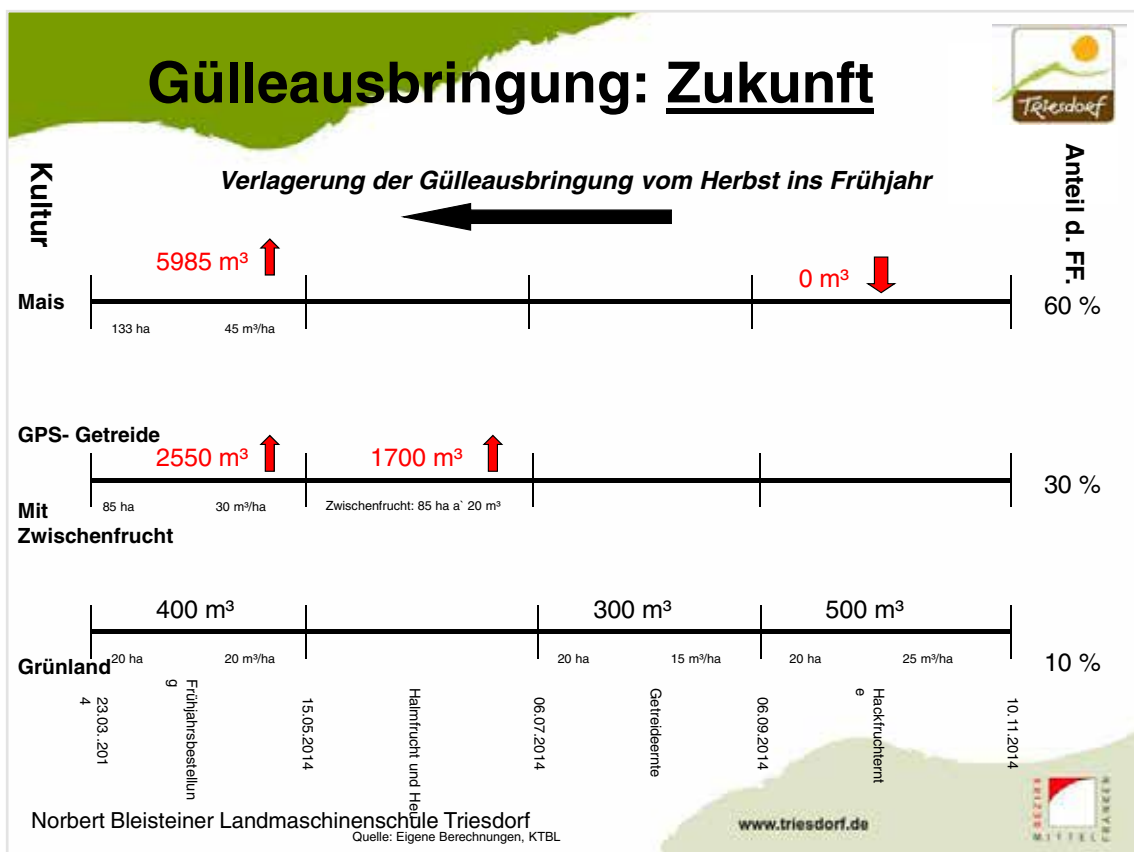
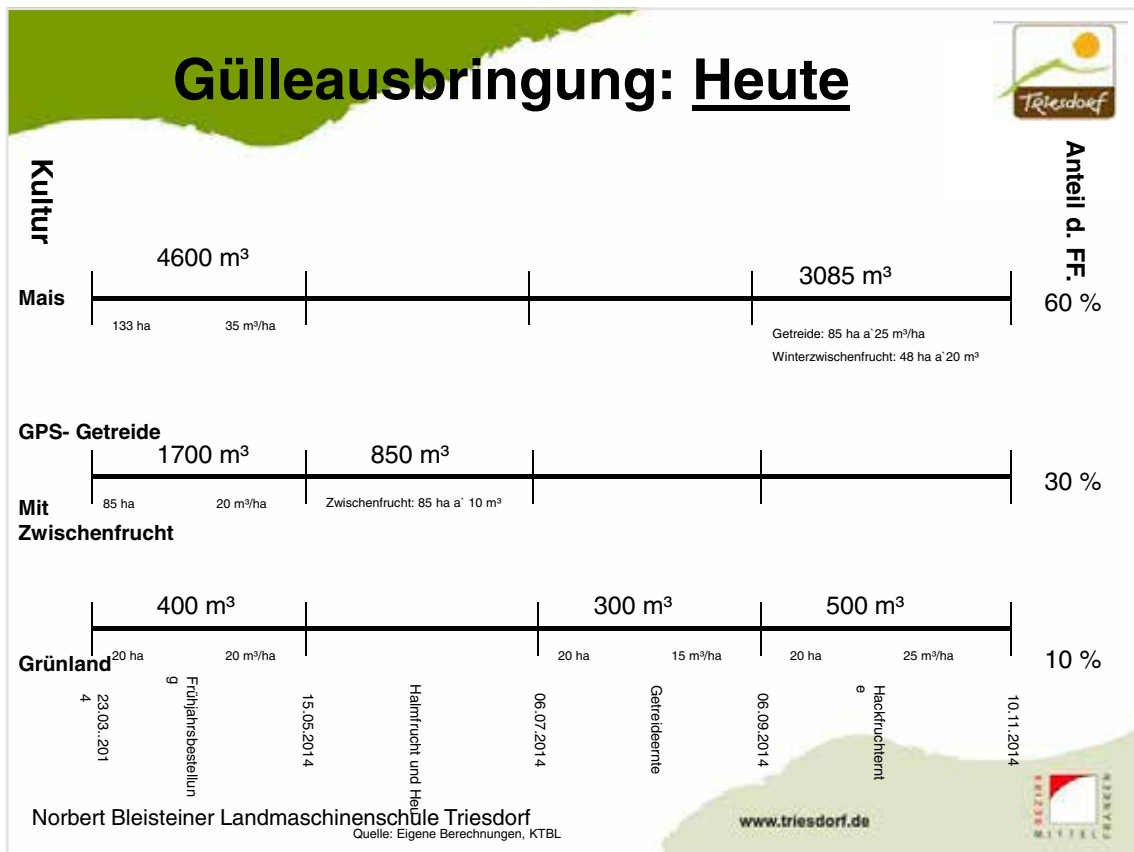
Praxisbeispiel :

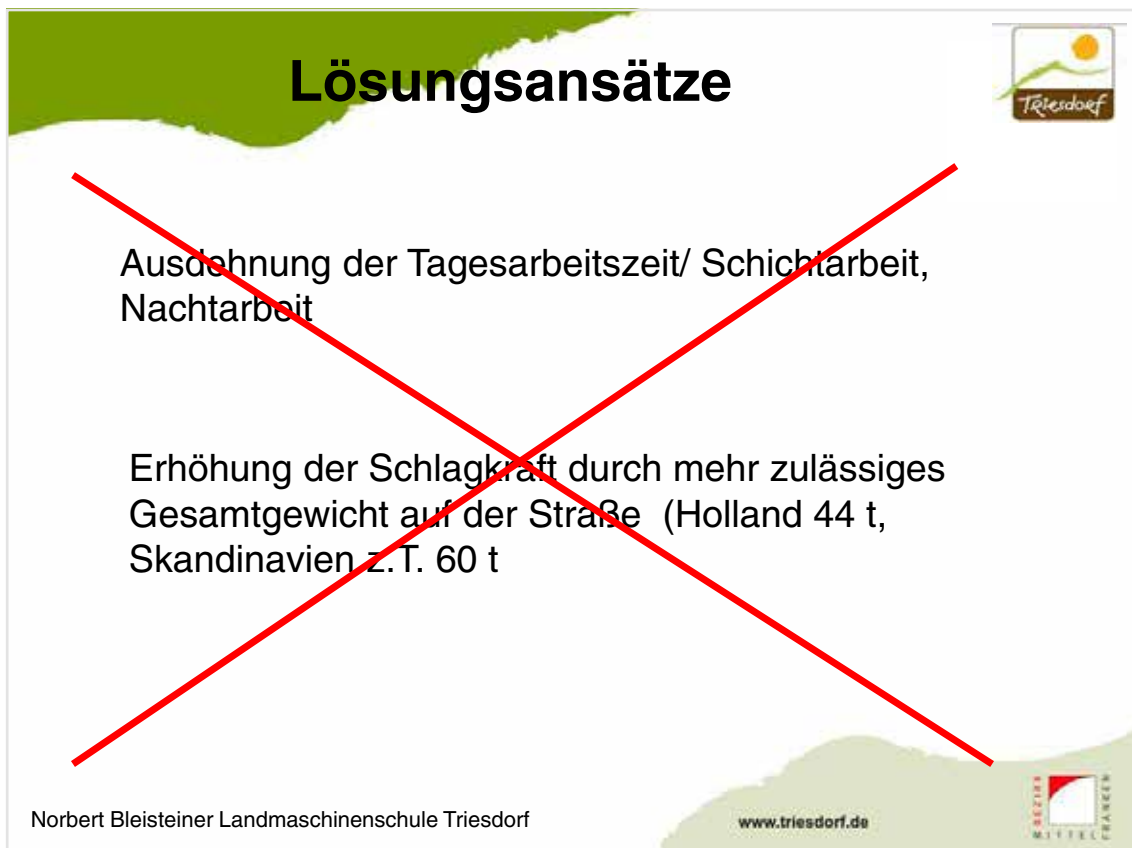
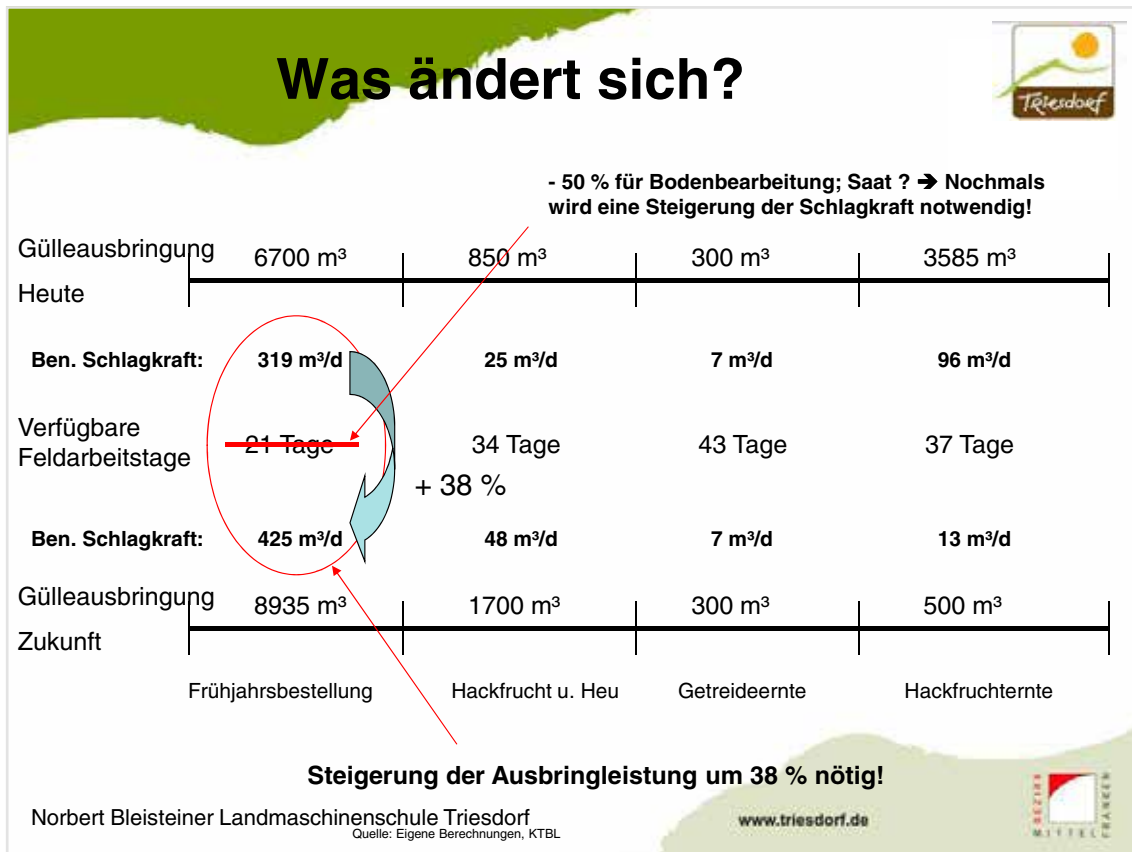
- Annahmen:
 - 500 kW Nawaro Biogasanlage mit 35 % Gülle
 - Gärrestmenge → 11435 m³ pro Jahr inkl. Sickersaft
 - Flächennutzung :
 - » 60 % Maissilage
 - » 30 % Getreideganzpflanzensilage
 - » 10 % Grünland

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de







Lösungsansätze



Höhere Schlagkraft - angepasste Technik,
- absätziges Verfahren

Separation



Quelle: Agrartechnik im Einsatz

Ausbringung von Gülle /
Gärrest im stehenden
Maisbestand



Kulturen mit breiteren
Ausbringfenstern

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Bodendruck



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Spuren mit Straßenluftdruck (4 bar, hinten im Bild) und Ackerluftdruck (1 bar, vorne im Bild) beim Güllefaß

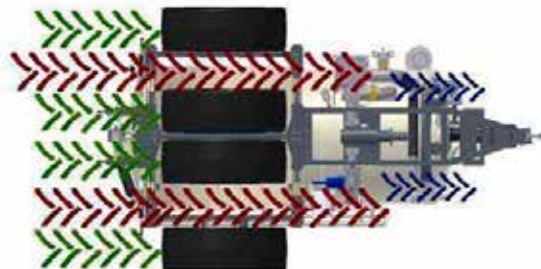


Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Kaweco Güllefaß Double Twin Shift



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Schuitemaker Exacta 800 Grünlandinjektor



Quelle: Schuitemaker



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Verteiltechniken

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Düsenbalkenverteiler



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Fazit: Breitverteilung (Prallkopf, Schwenkverteiler)

- Anschaffungskosten niedrig
- Arbeitsbreite - 24 m
- Gewicht gering
- Ammoniakemissionen hoch
- Verteilgenauigkeit mittel – schlecht
- Abdriftempfindlichkeit hoch
- einphasiges Verfahren

Quelle: Nesor LfL
Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Schleppschlauch mit 9 - 36 m AB



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Double-Swing Vogelsang



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Fazit: Schleppschauch

- Anschaffungskosten mittel –niedrig
- Arbeitsbreite 9 – 36 m
- Gewicht relativ gering
- Ammoniakemissionen hoch
- Verteilgenauigkeit gut
- Abdriftempfindlichkeit niedrig
- einphasiges Verfahren

Quelle: Nesper LfL
Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Fazit: Schleppschuh

- Anschaffungskosten mittel
- Arbeitsbreite 9 – 36 m
- Gewicht mittel - gering
- Ammoniakemissionen mittel
- Verteilgenauigkeit gut
- Abdriftempfindlichkeit niedrig
- einphasiges Verfahren

Quelle: Nesper LfL
Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

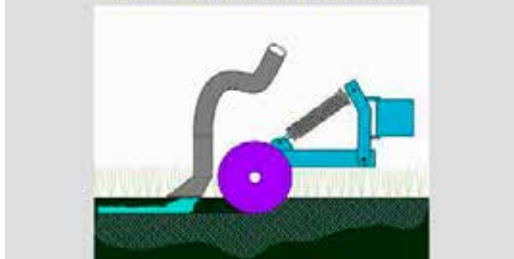
www.triesdorf.de



Scheibeninjektor



Duport- Einscheiben-Einphasen-Schlitzgerät, das Einphasensystem hat sich in den Niederlanden durchgesetzt, 50 kg per Scheibe, mit Zusatzdruck durch Fahrzeug bis 120 Kg per Scheibe



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Hier Schlitzgerät in Weizen nach Silomais
(pfluglos) ca. 13-14 Km Fahrgeschwindigkeit

03/28/2008 14:17

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Fazit: Schlitzgerät

- Anschaffungskosten hoch
- Arbeitsbreite - 9 m
- Gewicht hoch
- Ammoniakemissionen niedrig
- Verteilgenauigkeit sehr gut
- Abdriftempfindlichkeit nicht vorhanden
- absätziges Verfahren

Quelle: Nesper LfL
Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Vergleich Grünland Deutschland: Breitverteilung zu Injektion, Erträge mit Injektion bis zu 15 % höher



Und zum Schluss doch wieder ein Supergrünland an Weihnachten nach 250mm Niederschlag



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Güllegrubber



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Strip Till Verfahren mit Güllebandablage (bis 25 cm, ca. - 30 m³)



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Zubringetechniken



zweiphasiges Verfahren
d.h. Trennung von Straße und Feld



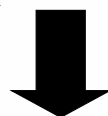
im Feld:

hochwertige,
bodenschonende,
schlagkräftige Technik



auf der Straße:

günstige, schnelle und
schlagkräftige Zubringung



Injektionsverfahren

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Einfaches Ausbringfass als Zubringer



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Schlepperzufuhr mit umgenutzten Tankanhängern



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Schlepperzufuhr mit Sattelaufleger und Dolly



Bild LU Lange

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Feldrandcontainer mit LKW Zufuhr



Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de





Ökonomischer Verfahrenvergleich

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Berechnungsmethodik



+ Feste Kosten (Abschreibung, Zinsanspruch, Versicherung)

+ Variable Kosten (Reparatur-, Dieselkosten, Lohnanspruch)

= **Technikkosten der Gülleausbringtechnik**

+ ggf. Kosten für den absetzigen Transport

+ ggf. Kosten für die getrennte Einarbeitung

= **Verfahrenskosten**

+/- Korrektur um unterschiedliche Nährstoffverwertung (z.B. Ammoniakverluste)

+/- Korrektur bei unzureichender Nährstoffverteilung

+/- Korrektur um Effekte der Bodenschädigung/-schonung (schwierig zu quantifizieren)

+/- Terminkosten (aufgrund nicht termingerechter Ausbringung, Ertragseinbußen)

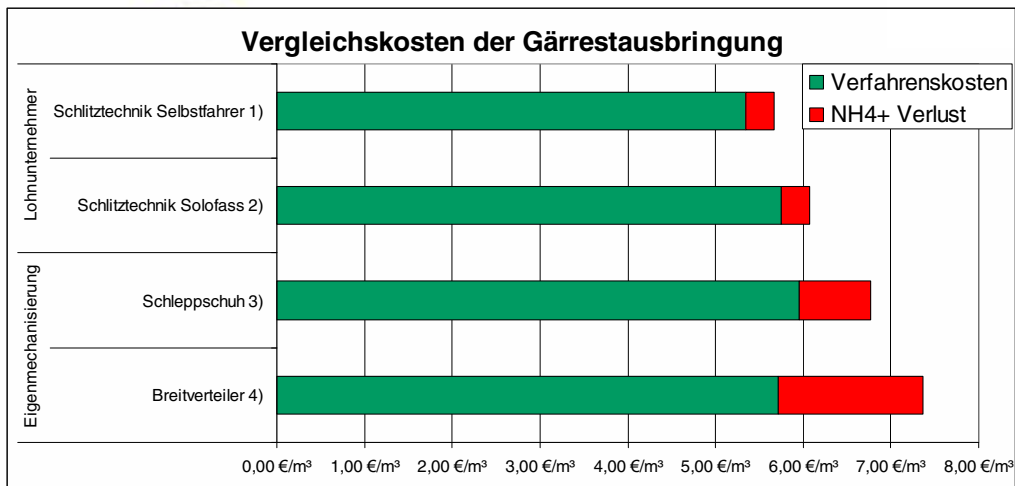
= **Vergleichskosten**

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Vergleichskosten Gärrestausbringung



- 1) Selbstfahrer 15 m³ Schlitztechnik; 3 Zubringer; Feld-Hof-Entfernung 8 km; 10 % NH4+ Verluste
- 2) Solofass 14 m³ Schlitztechnik; 3 Zubringer; Feld-Hof-Entfernung 8 km; 10 % NH4+ Verluste
- 3) Fass 18 m³; Schlepper 200 PS; Feld-Hof-Entfernung 8 km; Anschaffung Fass 70 t€; 25 % NH4+ Verluste
- 4) Fass 18 m³; Schlepper 200 PS; Feld-Hof-Entfernung 8 km; Anschaffung Fass 50 t€; 50 % NH4+ Verluste

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Fazit



- Ein enormes Wertschöpfungspotential ist vorhanden.
- Bei der ökologischen Beurteilung ist das Gesamtsystem zu betrachten.
- Technologische Weiterentwicklungen sind zu erwarten, besonders im Hinblick standortangepasster Einbringsysteme.
- Die Variationsbreite und Flexibilität der Einbringsysteme wird zunehmen.
- Das Thema Bodenschonung muss weiter an Bedeutung gewinnen.
- Gemeinsame Aufklärungs- und Informationsarbeit ist notwendig um die gesellschaftliche und politische Akzeptanz zu verbessern.

Norbert Bleisteiner Landmaschinenschule Triesdorf

www.triesdorf.de



Gärückstände als Alternativdünger für die Algenproduktion

Rudolf Cordes (NOVAgreen Projektmanagement GmbH)

Der Beitrag beschäftigt sich mit der Aufbereitung und Nutzbarmachung organischer Rohstoffquellen aus der Landwirtschaft und aus Biogasanlagen als N- und P-Quelle für die industrielle Mikroalgenproduktion.

Die NOVAgreen ist Partner im BMEL-Forschungsprojekt AUFWIND, koordiniert durch das Forschungszentrum Jülich. Die Kosten für die Düngemedien, speziell die Aufwendungen für N und P, sind bei der großtechnischen Produktion von Algen ein wichtiger Faktor. Andererseits werden Reststoffe aus der Landwirtschaft und aus Biogasanlagen kostenpflichtig entsorgt bzw. soweit aufbereitet, dass sie in das reguläre Wasser-Netz eingeleitet werden können. NOVAgreen nutzt die neuesten Technologien der Gülle- und Gärrestaufbereitung, um u. a. kostengünstigen Algendünger zu bekommen.

Die Reststoffe werden einer mehrstufigen Aufbereitung unterzogen, die mit üblichen Pressschneckenseparatoren beginnt. In mehreren Verfahren werden immer feinere Filter eingesetzt, die Verunreinigungen und Partikel aus dem Substrat entfernen. Die abschließende Aufarbeitung des Reststoffmaterials erfolgt mittels Umkehrosmose. Als besonders für Algen geeignet hat sich das Retentat der Umkehrosmose gezeigt.

Im Rahmen des Vorhabens werden jeweils zwei Gülle- und Gärrestkonzentrate nach Aufarbeitung auf ihre Eignung zur Verwendung als Algendünger getestet. Nach eingehender Analyse des jeweiligen Substrates wird es auf seine Eignung als Algendünger untersucht. Standardkulturen von Referenzalgen werden mit bereits industriell verwendetem Dünger (z. B. Fertyl 2) und mit den jeweiligen erhaltenen Substraten parallel getestet. Gegebenenfalls werden die Substrate auf das N/P-Verhältnis optimiert. Nach Abschluss der Labortestung wird die geeignete Fraktion in der Pilotanlage in Jülich evaluiert. Innerhalb des Aufwind-Konsortiums ist die Verwertung offensichtlich, nämlich die Bereitstellung kostengünstigen Düngers für eine Demonstrator-Anlage.

Fossile Energieträger sind eine der wesentlichen Ursachen des Anstiegs der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und damit des prognostizierten Klimawandels. Sie zu ersetzen muss eines der wichtigsten Ziele heutiger Forschung und Entwicklung sein. Die Landwirtschaft bietet dazu mehrere Lösungswege an. So liefert die Erzeugung von Biomasse, z. B. Algen, und deren Konversion zu Treibstoff einen bedeutsamen Beitrag zu einer positiven CO₂-Bilanz. Verstärkt wird dies durch die Verzahnung mit nachhaltiger Energieerzeugung in der Landwirtschaft. Hier nehmen Biogasanlagen eine wichtige Funktion wahr, da sie mit der Gas- aber auch Stromerzeugung gleich mehrfache Beiträge liefern. Dabei nimmt ihre Bedeutung in Deutschland zu. Darüber hinaus bieten die erzeugte Abwärme aber auch das freigesetzte CO₂ weitere wichtige integrale Bestandteile im Gesamt-Kreislaufkonzept zur CO₂-Verminderung und zum Ressourcenschutz. Das CO₂ dient im Stoffkreislauf der Düngung der Mikroalgen und die Abwärme trägt zur positiven Energiebilanz der Produktionsprozesse bei. Ein weiterer Beitrag zur positiven CO₂-Bilanz ergibt sich daraus, dass Biogasanlagen zunehmend auf Gaseinspeisung auf- und umgerüstet werden. Mit neuen Keramikmembranen werden Methan zur Einspeisung in das Erdgasnetz und sehr sauberes CO₂ gewonnen, welches bisher in die Umwelt geblasen wird (50:50). Zusammen mit dem aufbereiteten Gärsubstraten sind diese Anlagen ideale Standorte für die Produktion von kostengünstigem Flüssigdünger und CO₂-Dünger für Mikroalgen großprojekte.

Aus Sicht einer ökologischen aber auch ökonomischen Gestaltung der gesamten Wertschöpfungskette wird die Rückgewinnung von Algen-Nährstoffen/Dünger im Rahmen eines möglichst geschlossenen Stoffkreislaufs betrieben. Als weitere Komponente des Gesamtkonzeptes werden Kaskaden- bzw. Koppelnutzungskonzepte verfolgt, um weitere nachhaltige und teilweise sehr hochwertige Produkte für verschiedenste Marktsegmente (Nahrungsmittel, Kunststoffe, Kosmetika, Pharmazeutika, etc.) zu erzeugen und dadurch neben der Gesamt-Wirtschaftlichkeit auch die Gesamt-Nachhaltigkeit zu erhöhen. Zur Kostensenkung und zur Erhöhung der Wertschöpfung ist auch die energetische Nutzung der Restbiomasse wie z. B. in Biogasanlagen bei gleichzeitiger Rückgewinnung der Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor als Produktionsfaktoren zu überprüfen und zu optimieren.



**„Gärresten als
Alternativdünger für die
Algenproduktion“**

Berlin, 10.03.2015



NANOfactory for BIOfuels



Mikroalgen unter Strom

„Phyto-Voltaik-Systems“

- Wie geht das??

Das „Phyto-Voltaik-Systems“ der NOVAgreen...



...bringt 630 KWp Solarstrom, 80.000 kg/a Mikroalgen und 100 % KWK-Bonus neben einer Biogasanlage



400.000 Algenarten beherbergt unsere Erde.

40.000 haben heute einen Vor- und Nachnamen.

40 Algenarten haben wir im Labor gezüchtet.

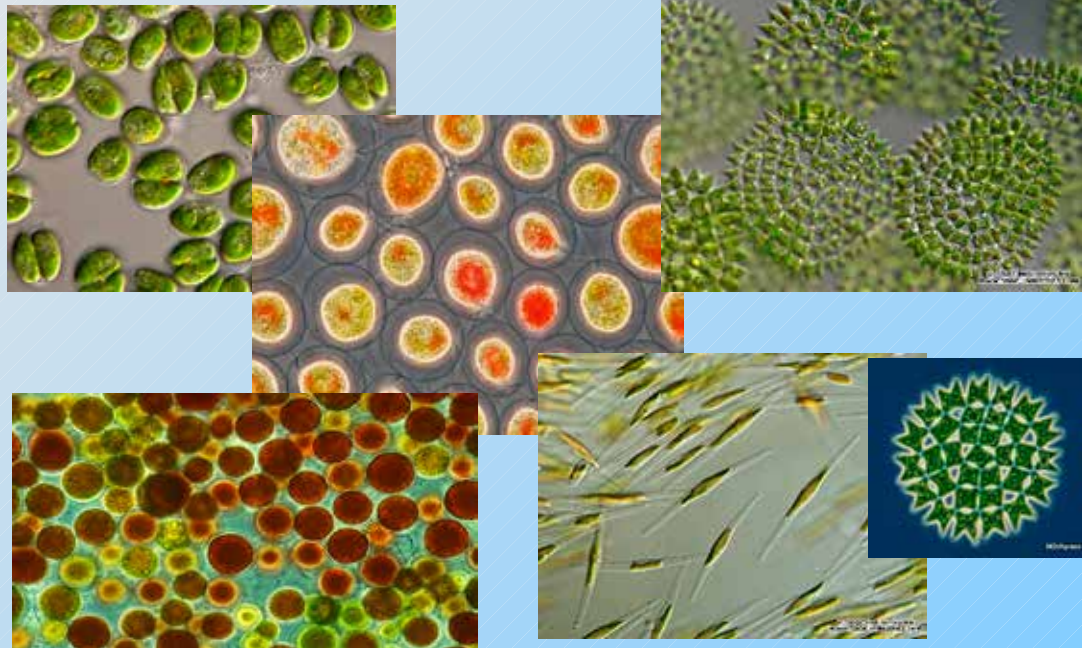
4 Mikroalgenarten beherrschen wir in der Kultur für die industrielle Produktion.

Die NOVAgreen unterhält ein eigenes Algen-Stammkulturen-Labor für Kunden.



Sterile Elitekulturen im 5 Liter-Maßstab gehen in die Produktionsanlagen.

NOVAgreen Projektmanagement GmbH



Ein V-Reaktor enthält 35 Liter.

Ein Modul besteht aus 144 V-Systemen = ca. 5.000 Liter Reaktorvolumen

Ein Hektar produziert mit 180 Modulen 50–100 Tonnen Trockensubstanz / Jahr.



Die NOVAgreen hat einen eigenen Einwegreaktor als V-System entwickelt.

Der Einwegreaktor aus Folienschläuchen, dient 12 – 18 Monate der Algenproduktion und wird danach recycelt zu Trägern für Mikroorganismen.



Für den Aufbau werden bewährte Materialien aus dem Gartenbau genutzt.
Die Folien bestehen aus einem 3-Schicht-System.

Innen... Lebensmittelecht
Mittig... Farbfilter
Außen... Strecheffekt



**Sensorabfrage
(Qualitätssicherung - Steuerung)**

- pH-Wert / CO₂
- ec-Wert (Salz und Leitfähigkeit)
- Dichte
- Temperatur (Wasser, Luft)
- Fluoreszenz
- O₂ (Sauerstoff)
- Ammonium, Phosphor



Erntetechnologie

Ein weiterer großer Kostenfaktor in der Algenproduktion ist die Ernte.



Die NOVAgreen hat eine Erntetechnologie entwickelt, die sehr energiesparend eine Algenmasse mit 25 %TS erreicht.

Düngung: So oder so ?



Mikroalgen benötigen zum Wachstum Licht, CO₂ und Nährsalze. Die NOVAgreen entwickelt Verfahren zur Produktion von Algendüngern aus organischen Reststoffen der Landwirtschaft, wie Gärsubstrat, Gülle und Waschmedien aus der Abluftreinigung.



**Filtern, Filtern, Filtern
Konzentrieren**



**Forschungsprojekt: „AUFWIND“
Teilvorhaben: Alternativer Algendünger aus der Landwirtschaft**

2014



**Aufbereitung und Nutzbarmachung
organischer Rohstoffquellen aus der
Landwirtschaft als
N- und P-Quelle für die industrielle
Mikroalgenproduktion.**

2008



**Algen-Dünger aus der
Flüssigphase des Gärsubstrates
Konzentrat aus der Umkehrosmose 1:5**



RWE-Projekt 2008

**NOVAgreen baut und liefert
Algenproduktionsanlagen
und Rauchgaswäsche.**

Mikroalgen lieben Rauchgas!!

**„AUFWIND“
Jülich – Airbus
2013-2016**

Jetfuel aus Mikroalgen



**Grüne Kondensstreifen
für die Zukunft**



Kaskadensystem – Biogasanlage

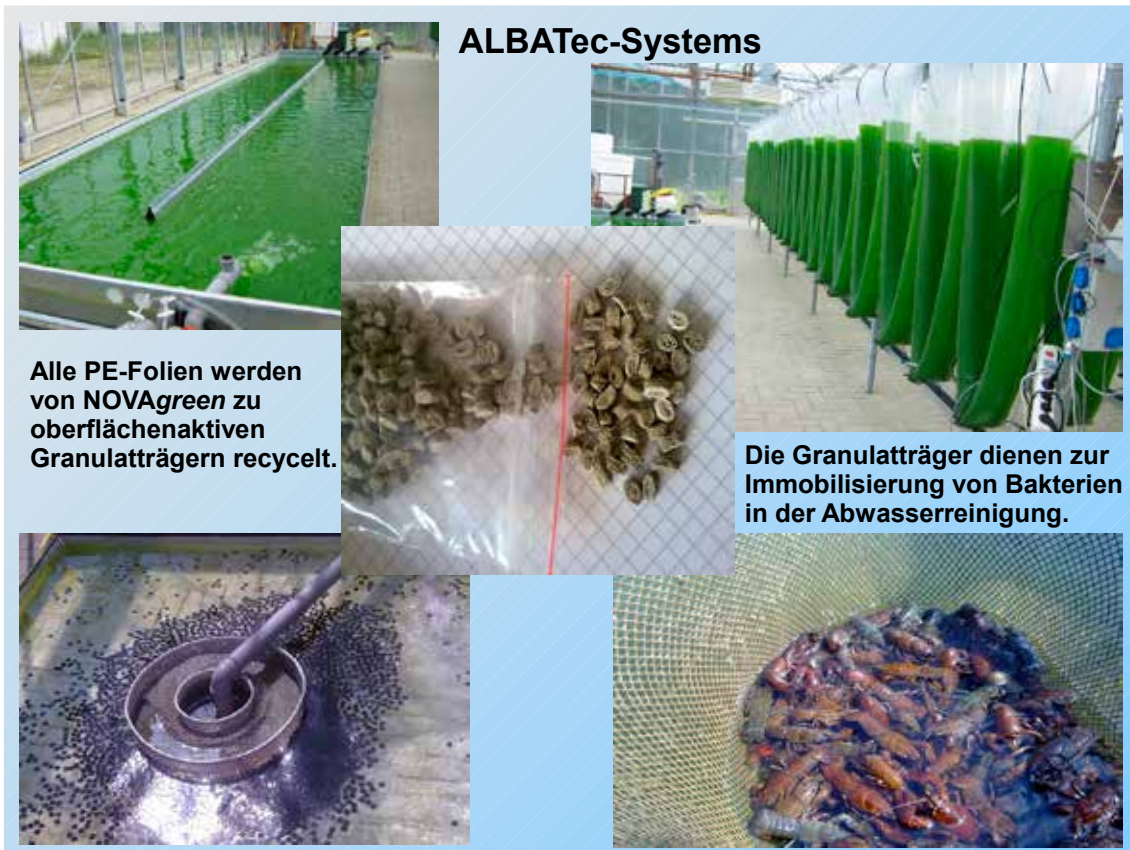
- Gärsubstrat-Nutzung
- CO₂-Nutzung
- Wärmenutzung
- Dachnutzung



Zur Produktion von

- Mikroalgen (hochwertige essentielle Wertstoffe)
- Solarstrom (Dachvergütung auf genehmigungsfreien Gewächshäusern)
- NawaRo-Pellets (Trocknung über KWK-Bonus)

ALBATec-Systems



Alle PE-Folien werden von NOVAgreen zu oberflächenaktiven Granulatträgern recycelt.

Die Granulatträger dienen zur Immobilisierung von Bakterien in der Abwasserreinigung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Man sieht sich zum Algenblütenfest 2015 !

Mineralisierung von Gärprodukten im Boden

Kerstin Nielsen und Karen Sensel-Gunke (Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin); Jorita Krieger, Marieke Hoffmann und Prof. Dr. Frank Ellmer (Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau)

Am Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte (IASP) werden zusammen mit dem Fachgebiet für Acker- und Pflanzenbau der Humboldt-Universität zu Berlin seit 2002 Untersuchungen zur Auswirkung von Gärproduktdüngung auf das System Pflanze-Boden durchgeführt. Im Rahmen der vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) in Projektträgerschaft der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. geförderten Forschungsprojekte wurde im Jahr 2011 auf der Versuchsstation Berge (Kreis Havelland/Brandenburg) ein statischer Feldversuch zur Kohlenstoffdynamik des Bodens beim Einsatz von Gärprodukten angelegt. Dazu werden in einer Energiepflanzenfruchtfolge $12,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ organische Düngung (Stallmist-Äquivalent mit N-Ausgleichsdüngung) eingesetzt. Es kommen fünf Gärprodukte aus Praxisanlagen mit verschiedenen Inputsubstraten und unterschiedlichen verfahrenstechnischen Parametern sowie Rindergülle, Stallmist und Kalkammonsalpeter zum Einsatz. In begleitenden Inkubationsversuchen werden Untersuchungen zur Abbaustabilität der organischen Substanz aus Gärprodukten im Boden durchgeführt. Nach 100 Tagen Inkubation von organischem Dünger im Boden bei 20°C waren 57 % des durch die Rindergülle, 30 bis 43 % des durch Gärprodukte aus Biogasanlagen sowie 15 % des durch kompostierten Stallmist zugeführten organischen Kohlenstoffs mineralisiert. Die Gärprodukte aus Biogasanlagen weisen teilweise geringere Gehalte an organischem Kohlenstoff in der Trockenmasse als das Vergleichssubstrat Rindergülle auf. Insgesamt wurden bei den untersuchten Gärprodukten 25 bis 60 % höhere Mengen relativ stabilen Kohlenstoffs in der Trockenmasse als in Rindergülle ermittelt.

Die Entwicklung des Humusgehaltes in Ackerböden wird durch diverse Parameter, wie Zusammensetzung und Menge zugeführter organischer Substanz, Bodenstruktur, Bodenorganismen, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge, klimatische Bedingungen etc. beeinflusst. Die Humusdynamik läuft langsam ab und kann erst durch kontinuierliche Untersuchungen in längerfristigen Feldversuchen erfasst werden. Die C_{org} -Gehalte der Böden des im Jahr 2011 angelegten Feldversuches zur Kohlenstoff-Dynamik von Gärprodukten zeigen bis jetzt noch keine signifikanten Änderungen.

Im dem seit 2014 laufenden Projekt „Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beim Einsatz von Gärprodukten aus Biogasanlagen“ werden mittels Inkubationsversuchen von Boden-Düngermischungen sowie in-situ-Untersuchungen im statischen Feldversuch weiterführende Erkenntnisse hinsichtlich der Kohlenstoff- und Nährstoffumsetzungen aus Gärprodukten gewonnen. Darüber hinaus steht die mikrobielle Aktivität sowie die Differenzierung von Ober- und Unterboden im Fokus.

Mineralisierung von Gärprodukten aus Biogasanlagen

Kerstin Nielsen*, Karen Sensel-Gunke*,

Jorita Krieger**, Marieke Hoffmann**, Frank Ellmer**

*Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

**Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau



- **Einleitung**
- **Charakterisierung der Gärprodukte**
- **Inkubationsversuche**
- **Feldversuch**
- **Ausblick**






Welche Wirkung zeigen Gärprodukte aus Biogasanlagen im System Pflanze-Boden?

Untersuchungen zu Fragestellungen der pflanzenbaulichen Verwertung von Gärprodukten werden am IASP zusammen mit der HU Berlin, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau seit dem Jahr 2002 durchgeführt.

Förderung:
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Projektträger:
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)

Laufendes Projekt:
„Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beim Einsatz von Gärprodukten aus Biogasanlagen“ (2014-2017)

Gefördert durch:





aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Kerstin Nielsen
Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen
Berlin, 10./11.03.2015
3

Charakterisierung der Gärprodukte/ organischen Dünger

Gärprodukt/ organischer Dünger (n=8)	Inputssubstrat	Verfahrens- technische Parameter	Analyseparameter							
			TS [%]	oTS [% TS]	N [% TS]	NH ₄ ⁺ -N [% TS]	Corg [% TS]	Cellu- lose [% TS]	Hemi- cellu- lose [% TS]	Lignin [% TS]
GM	Schweinegülle (50 %), Maissilage (50 %)	Nassfermentation, mesophil	4,2 (± 0,7)	68,2 (± 6,0)	8,7 (± 4,0)	5,5 (± 3,8)	37,2 (± 3,8)	7,4 (± 4,6)	8,6 (± 4,6)	8,9 (± 4,0)
TR	Rindergülle (50 %), Maissilage (35 %), Grassilage (15 %)	Nassfermentation, mesophil	6,3 (± 0,6)	72,3 (± 1,3)	6,8 (± 0,6)	3,6 (± 0,5)	39,1 (± 1,5)	7,6 (± 2,0)	8,1 (± 2,1)	12,3 (± 2,7)
SE	Maissilage (100 %)	Nassfermentation, thermophil	7,7 (± 1,3)	78,8 (± 2,5)	7,6 (± 1,0)	4,9 (± 0,7)	46,6 (± 1,4)	12,1 (± 4,4)	2,0 (± 3,4)	16,4 (± 2,8)
RB-fest	Rindergülle (30 %), Stallmist (10 %)	Nassfermentation, mesophil,	22,1 (± 2,7)	77,7 (± 3,4)	2,6 (± 0,3)	1,0 (± 0,4)	39,4 (± 3,9)	23,8 (± 4,2)	14,6 (± 5,7)	19,3 (± 5,0)
RB-flüssig	Maissilage (30 %), Grassilage (30 %)	Gärprodukt- Separation	6,6 (± 0,8)	65,5 (± 2,0)	7,6 (± 0,6)	4,6 (± 0,7)	37,9 (± 2,2)	4,6 (± 1,0)	n.b.	14,6 (± 2,3)
Stallmist			26,9 (± 6,2)	65,0 (± 12,9)	2,5 (± 0,5)	0,4 (± 0,4)	33,3 (± 9,2)	15,8 (± 9,6)	8,3 (± 6,6)	16,9 (± 4,5)
Rindergülle			7,9 (± 1,4)	81,3 (± 2,7)	4,2 (± 0,5)	2,0 (± 0,3)	43,1 (± 1,4)	17,7 (± 1,7)	16,3 (± 1,5)	8,8 (± 1,4)

Mittelwert (± Standardabweichung)

Kerstin Nielsen
Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen
Berlin, 10./11.03.2015
4

IASP

Inkubationsversuche

Aerobe Bebrütungsversuche von Dünger-Boden-Gemischen (mittels CarbO₂Bot[®])

- Untersuchungen zur Abbaustabilität der organischen Substanz in Gärprodukten im Boden
- Substrate:
 - 5 Gärprodukte aus Biogasanlagen
 - Rindergülle
 - Stallmist
 - Standards: Glucose, Cellulose, Humussäure
- Eingesetzte Substratmenge 3,5 g Corg je kg Boden
- 6-fach Wiederholungen
- Temperatur: 20 ± 1 °C
- Bodenfeuchte: 60 % der WHK_{max}
- stündliche Messung der kumulierten Bodenatmung über 100 Tage
- 4 Versuchswiederholungen





CarbO₂Bot

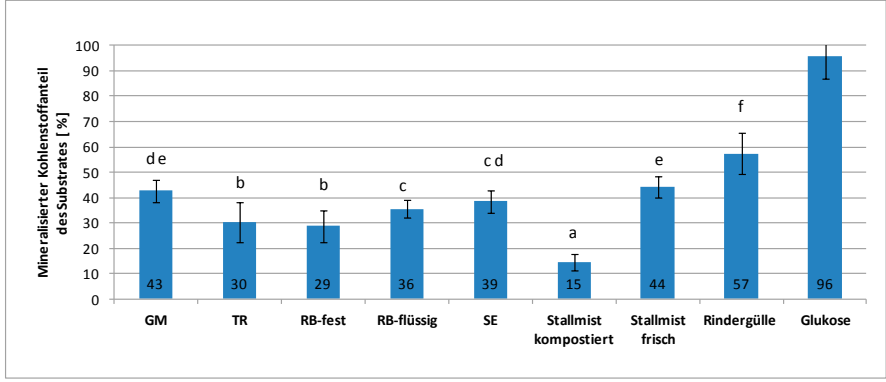
- Gummistopfen
- Platinelektrode
- KOH-Lösung
- Probe

Kerstin Nielsen
Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen
Berlin, 10./11.03.2015
5

IASP

Inkubationsversuche

Mineralisierter C-Anteil der Substrate nach 100-tägiger Inkubation im Boden



Substrat	Mineralisierter Kohlenstoffanteil [%]	Signifikanz
GM	43	de
TR	30	b
RB-fest	29	b
RB-flüssig	36	c
SE	39	cd
Stallmist kompostiert	15	a
Stallmist frisch	44	e
Rindergülle	57	f
Glukose	96	

Tukey- B -Test, α = 0,05

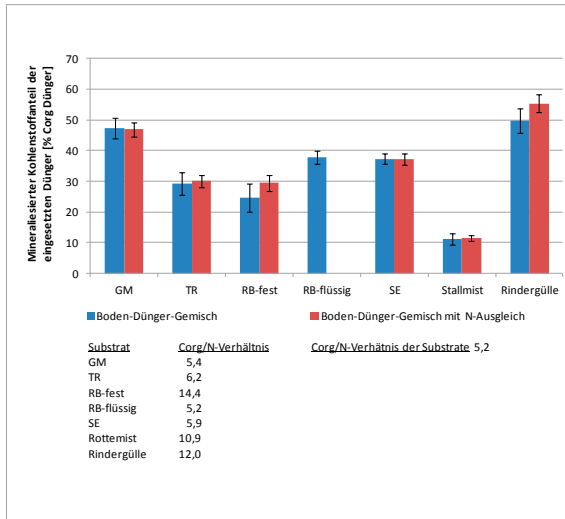
Die untersuchten Gärprodukte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Abbaustabilität signifikant von Rindergülle und kompostiertem Stallmist.

Kerstin Nielsen
Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen
Berlin, 10./11.03.2015
6

Inkubationsversuche



Einfluss des C/N-Verhältnisses auf die Kohlenstoffmineralisierung



Bei Rindergülle und dem festen Gärprodukt waren die C-Abbauraten bei den Varianten mit N-Ausgleich erhöht. Allerdings konnte keine signifikante Steigerung des Kohlenstoffumsatzes durch N-Ausgleich mit Kalkamonsalpeter (KAS) nachgewiesen werden.

Bei den flüssigen Gärprodukten ist nicht von Limitierung des C-Abbaus durch Stickstoffmangel auszugehen.

Kerstin Nielsen

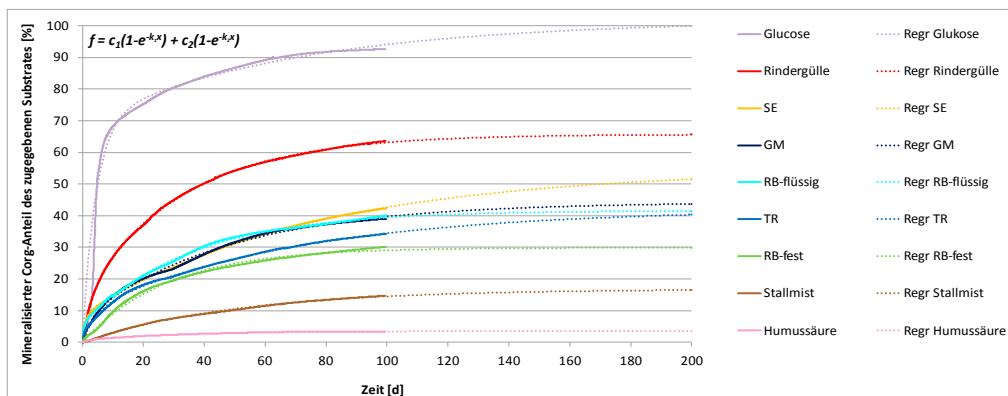
Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärückständen aus Biogasanlagen Berlin, 10./11.03.2015

7

Inkubationsversuche



Zeitlicher Verlauf der C-Mineralisierung und mathematische Beschreibung



$c_1 + c_2$ lässt sich als gut abbaubarer Kohlenstoffpool beschreiben

Inkubationsversuche

Beurteilung der Stabilität der organischen Substanz in Gärprodukten

	Mineralisierbarer Anteil des Kohlenstoff nach Modell (c ₁ +c ₂) [%]	TS [%]	Stabiler Kohlenstoff (nach Modell) kg Corg t ⁻¹ FM	VDLUFH Humusäquivalente (Häq) je t Frischmasse
GM	51 (± 11)	7	14 (± 3)	9
TR	36 (± 8)	7	18 (± 2)	9
SE	50 (± 6)	7	16 (± 3)	9
RB-flüssig	45 (± 5)	7	15 (± 2)	9
Rindergülle	61 (± 5)	7	11 (± 1)	9
RB-fest	30 (± 2)	25	69 (± 7)	36
Stallmist frisch	48 (± 2)	25	40 (± 8)	36
Stallmist kompostiert	18 (± 8)	25	79 (± 5)	45

Die flüssigen Gärprodukte besitzen bei vergleichbarem Trockensubstanzgehalt eine 30-60 % höhere relativ abbaustabile Kohlenstoffmenge in der Frischmasse als das Vergleichssubstrat Rindergülle.

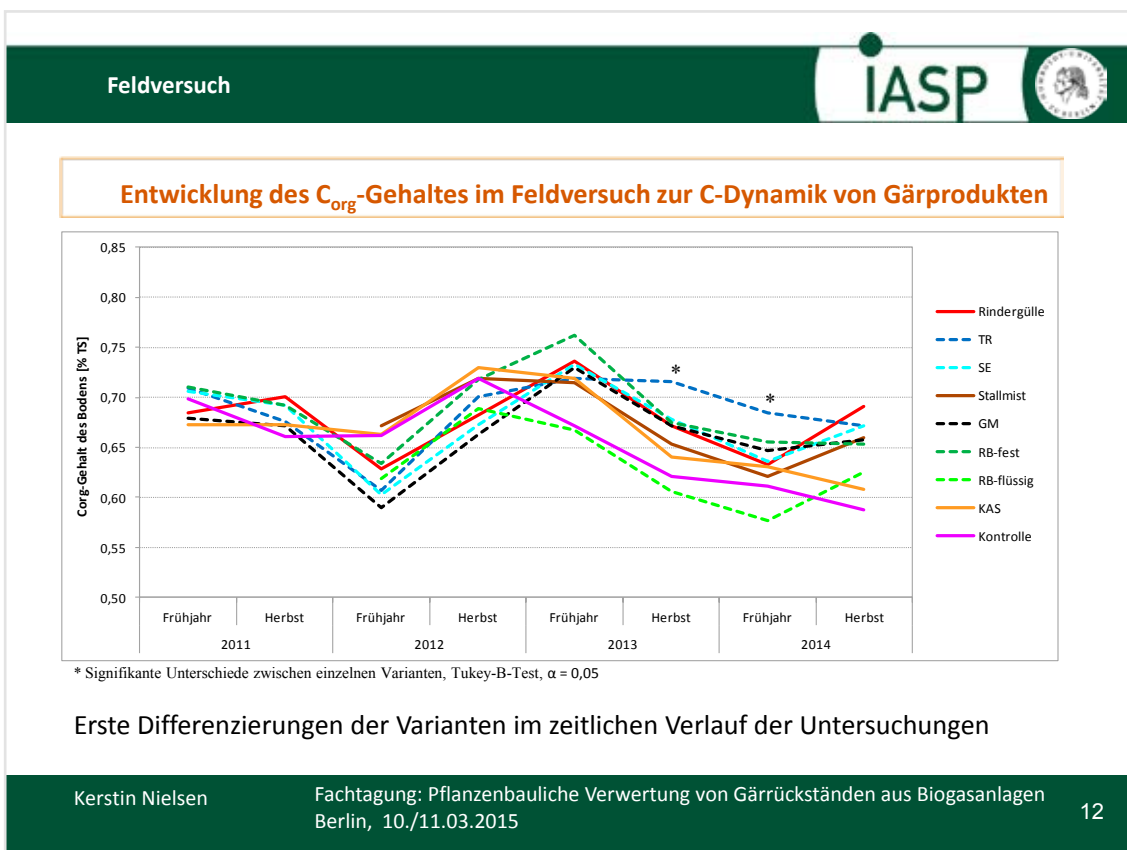
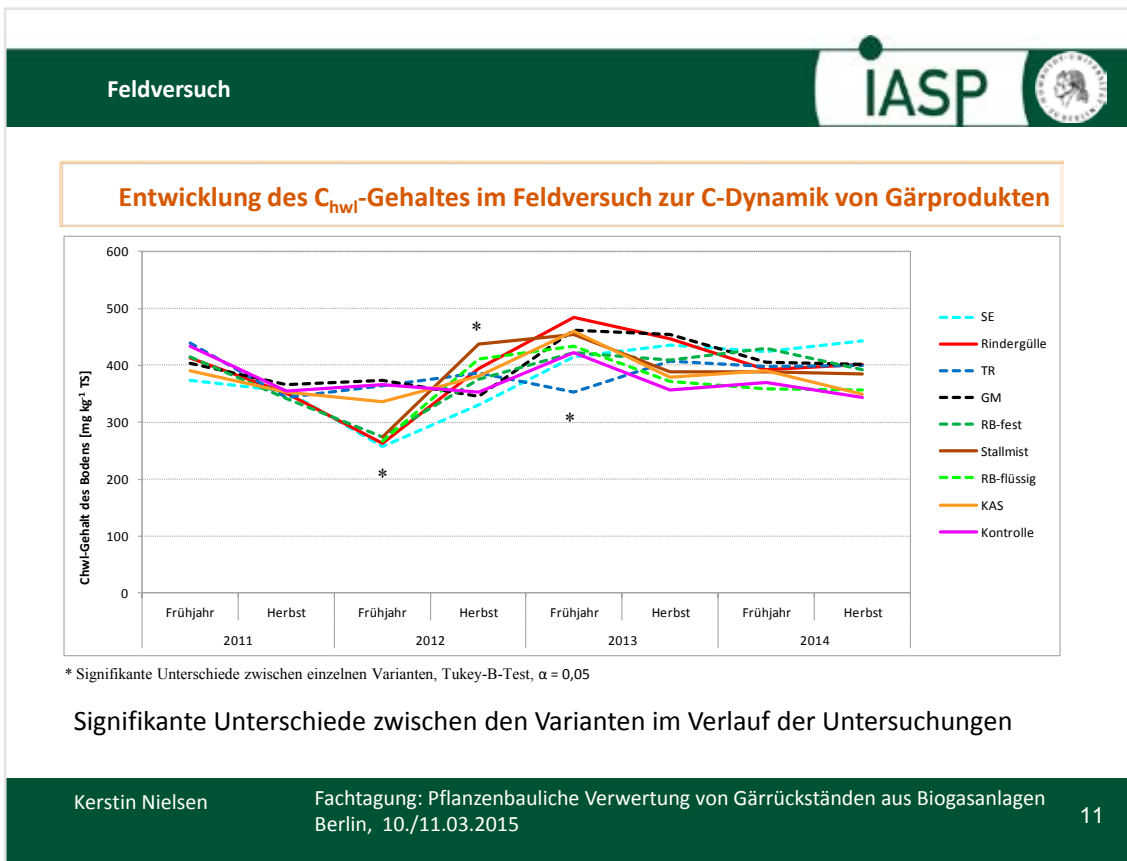
Kerstin Nielsen
Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen Berlin, 10./11.03.2015
9

Feldversuch

Freilandversuch zur Kohlenstoffdynamik

- Statischer Kleinparzellen-Versuch (seit 2011)
- Energiefruchtfolge (Silomais – Grünroggen (ZF) – Sorghum)
- einfaktorieller Versuch mit 9 Faktorstufen (5 Gärprodukte, Rindergülle, Stallmist, Mineral-N, Kontrolle)
- 12,5 t ha⁻¹ a⁻¹ Stallmistäquivalent, Corg-bezogen
- N-Ausgleich (KAS)
- Bodenanalyse: u.a. Corg und Chwl

Kerstin Nielsen
Fachtagung: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen Berlin, 10./11.03.2015
10



Projekt „Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beim Einsatz von Gärprodukten aus Biogasanlagen“ (2014-2017)

Inkubationsversuche

- Stickstoff- und Kohlenstoffmineralisierung
- Mikrobiologische Aktivität (Dehydrogenaseaktivitätsbestimmung)

Feldversuch

- Kontinuierliche und vertiefende Untersuchungen zur Kohlenstoff- und Nährstoffdynamik
- Untersuchungen zu mikrobiologischen Parametern
- Messung der Aggregatstabilität



Humuswirkung, Humusreproduktionskoeffizienten und Gärrückstände

Prof. Dr. Christof Engels (Albrecht Daniel Thaer-Institut, Humboldt-Universität zu Berlin)

Der organische Kohlenstoff, der in der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Pflanzenproduktion primär bei der Photosynthese gebildet wird, kann als Nahrungs- und Futtermittel oder zur stofflichen oder energetischen Verwertung genutzt werden. Bei allen Verwertungsrichtungen fallen organische Reststoffe an, wie z. B. Stroh, Stallmist oder Gärreste, die dem Boden als exogene organische Substanz (EOS) zugeführt werden können, um den mit der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion verbundenen Humusverlust zu ersetzen und die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Der Humusgehalt ist auch ein Maß für die Kohlenstoffsequestrierung im Boden und damit für die Fähigkeit des Bodens das Treibhausgas CO₂ zu binden. Im Boden wird ein Teil der EOS humifiziert, d. h. durch biologische, chemische und physikalische Prozesse stabilisiert. Der Anteil des in der EOS enthaltenen organischen Kohlenstoffs, der im Boden humifiziert wird, ist nicht nur von Standorteigenschaften, wie z. B. der Bodenart und dem Klima abhängig, sondern auch von der stofflichen Zusammensetzung der EOS. Die Menge und Zusammensetzung des organischen Kohlenstoffs, der dem Boden mit EOS zugeführt wird, unterscheidet sich stark je nach Verwertungsrichtung, also z. B. Produktion von Nahrungsmitteln oder Bioenergie. Daraus ergibt sich die Frage nach der Auswirkung von Bioenergieproduktion auf den Bodenhumushaushalt.

In Deutschland wird in der landwirtschaftlichen Praxis eine vom Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungs-Anstalten (VDLUFA) empfohlene Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerböden verwendet (VDLUFA, 2014). Bei dieser Methode wird mithilfe von fruchtartsspezifischen Richtwerten für den Humusreproduktionsbedarf, der durch den Anbau entsteht und materialspezifischen Richtwerten für die Humusreproduktionsleistung von organischen Materialien (Humusreproduktionskoeffizienten) ein Humussaldo ermittelt. Diese Methode wurde ursprünglich für eine auf die Nahrungsmittel- und Futterproduktion ausgerichtete Bodenbewirtschaftung entwickelt. Fruchtartenspezifische Richtwerte für den Humusreproduktionsbedarf in Energiepflanzenanbausystemen fehlen. Für Gärprodukte aus Biogasanlagen werden nur vorläufige, auf Expertenschätzung beruhende Humusreproduktionskoeffizienten angegeben. In dem Vortrag werden Methoden zur Ermittlung der fehlenden Richtwerte vorgestellt.

VDLUFA 2014. Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerböden.



Humuswirkung, Humusreproduktionskoeffizienten und Gärrückstände

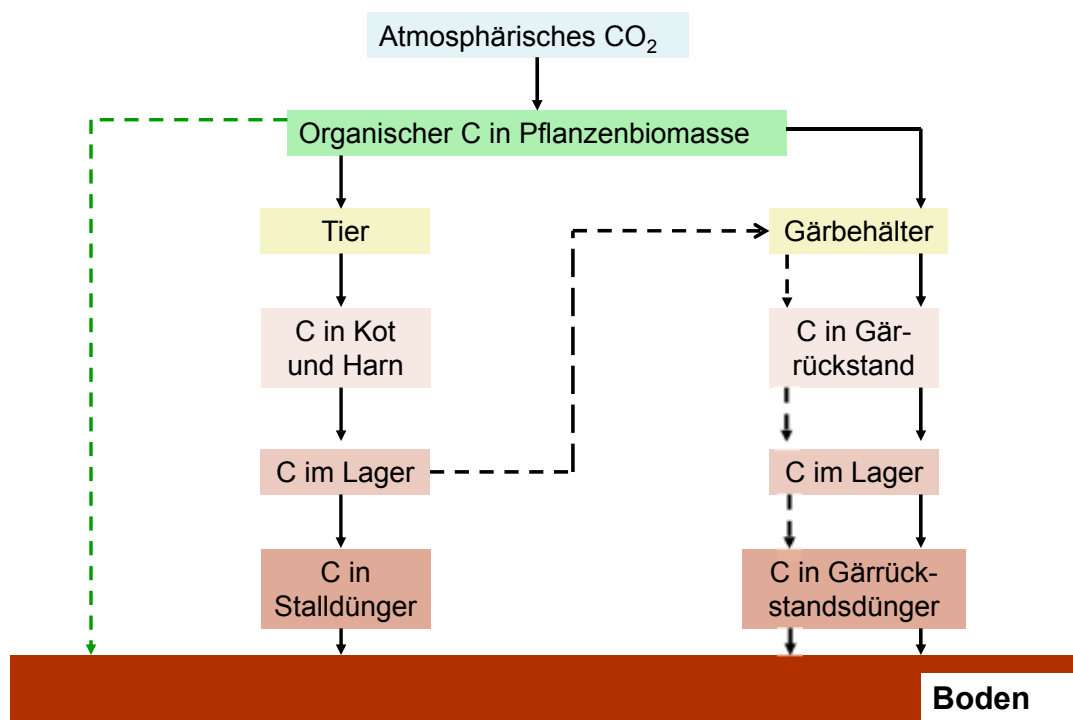
Christof Engels, Paul Mewes, Sven Höcker

Albrecht Daniel Thaer-Institut, Fachgebiet Pflanzenernährung und Düngung

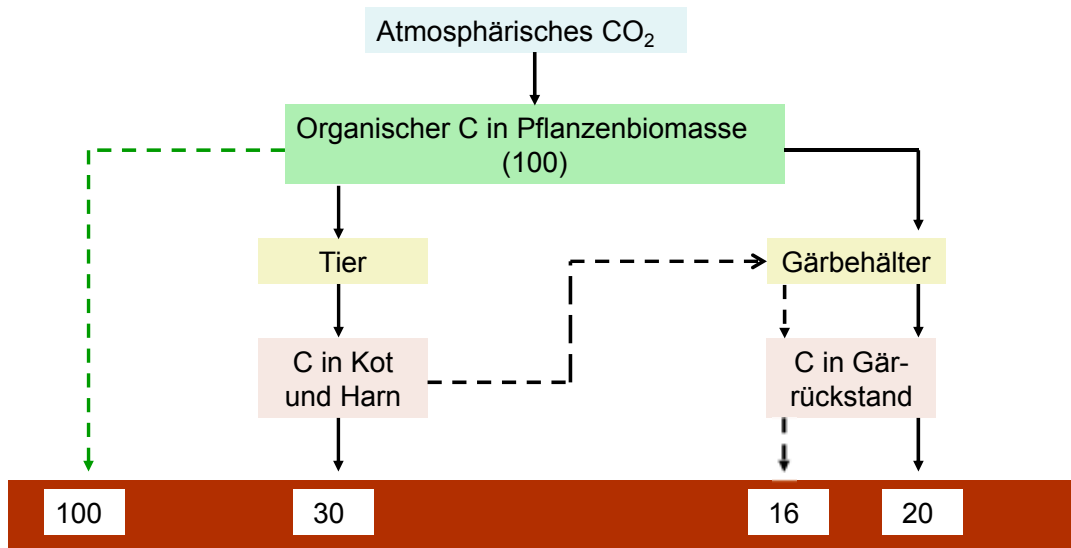
Humboldt-Universität zu Berlin

- Kohlenstoffverluste auf verschiedenen Eintragungspfad von der Pflanze in den Boden (**Nährhumuswirkung**)
- Ermittlung der Humusreproduktionswirkung von organischen Düngern (**Dauerhumuswirkung**)
 - Feldversuch
 - Inkubationsversuch
- Wissenslücken/Forschungsbedarf

Pfade für den Transfer von organischer Substanz in den Boden

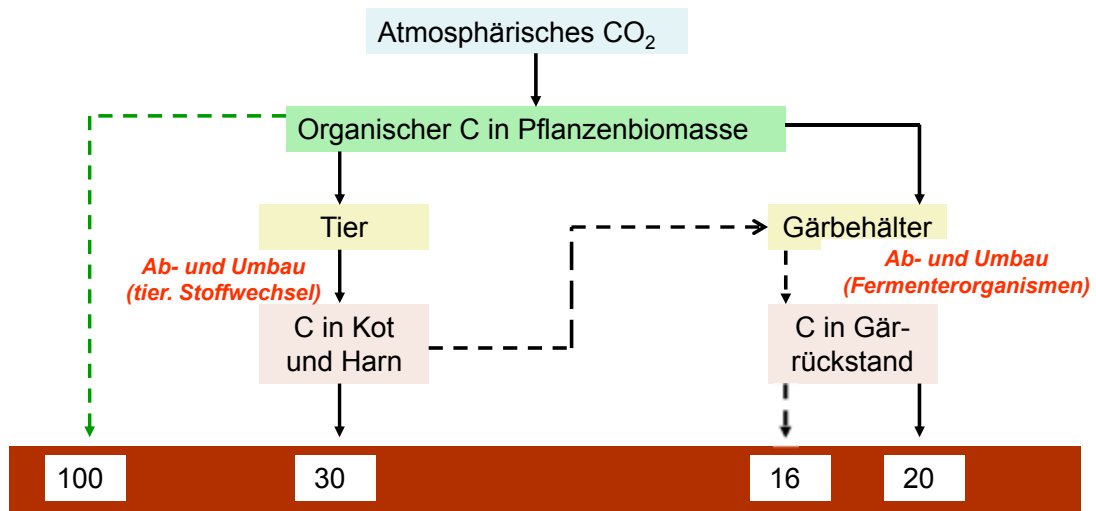


Wie viel organischer C geht auf den verschiedenen Pfaden in den Boden verloren?



Basierend auf Thomsen IK et al 2013 Soil Biology & Biochemistry 58, 82-87.

Wie verändert sich die Zusammensetzung des organischen C auf den unterschiedlichen Pfaden in den Boden?



nach Thomsen IK et al 2013 Soil Biology & Biochemistry 58, 82-87.

Veränderung der Zusammensetzung der organischen Substanz auf den unterschiedlichen Pfaden in den Boden

Organisches Material	Tr.masse mg g ⁻¹	Ges. C	Ges. N	NDF	ADF	Lignin
		mg g ⁻¹ Trockenmasse				
Futter	479	422	24	493	227	43
Vergorenes Futter	82	385	74	387	331	164
Dung	171	424	29	624	402	132
Vergorener Dung	90	388	50	535	438	238

nach Thomsen IK et al 2013. Soil Biology & Biochemistry 58, 82-87.

Die mit der Biogasgewinnung verbundenen C-Verluste sind höher als die N-Verluste.

→ Im Vergleich zur Düngung unvergorener Ausgangsprodukte ist die Düngung von Gärrückständen mit einer Abnahme des C-Eintrags in den Boden verbunden (N-Fracht-basierte C-Zufuhr nimmt ab).

Welche Wirkungen haben die Veränderungen der Menge und Zusammensetzung des in den Boden eingetragenen organischen Kohlenstoffes auf die biologische Aktivität im Boden (Nährhumuswirkung)?

Microcosmos-Experiment, Düngung 140 kg NH₄-N ha⁻¹ in Form von Rindergülle oder vergorener Gülle (co-fermentiert mit Gras- und Maissilage), 6 Wochen Inkubation bei 15°C

→ N-Fracht-basierte Nährhumuswirkung

Behandlung	Mikrobieller Biomasse-C µg C g ⁻¹ Boden	Mikrobieller Biomasse-N µg N g ⁻¹ Boden
Kontrolle	33	7,3
Gülle	113	54
Gärrest	46	18

nach Ernst G et al 2008 Soil Biology & Biochemistry 40, 1413-1429.

Humuswirkung, Humusreproduktionskoeffizienten und Gärrückstände

Christof Engels, Sven Höcker, Paul Mewes

Albrecht Daniel Thaer-Institut, Fachgebiet Pflanzenernährung und Düngung

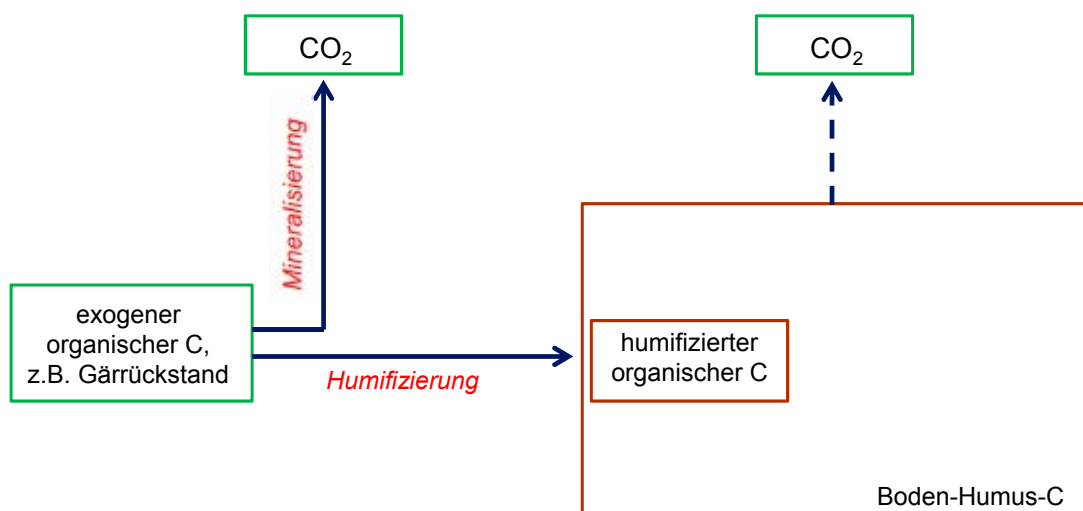
Humboldt-Universität zu Berlin

- Kohlenstoffverluste auf verschiedenen Eintragungspfaden von der Pflanze in den Boden (Nährhumuswirkung)
- **Ermittlung der Humusreproduktionswirkung von organischen Düngern (Dauerhumuswirkung)**
 - **Feldversuch**
 - Inkubationsversuch
- Wissenslücken/Forschungsbedarf

„Our results further indicate that strong manure digestion puts pressure on future soil organic matter levels suggesting a trade-off with bio-energy production“

(Verloop J et al 2015 Geoderma 237/238, 159-167).

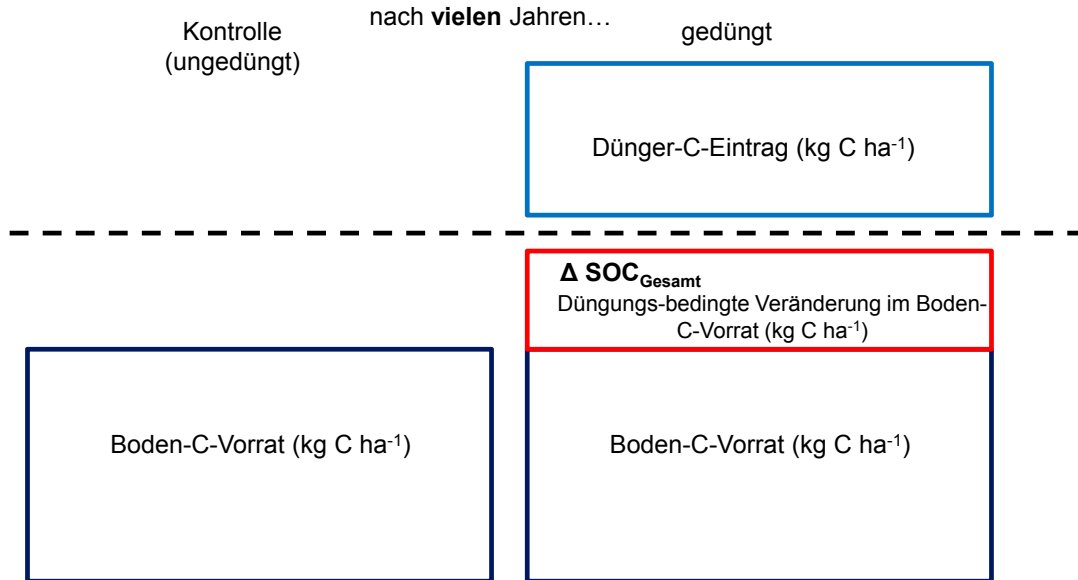
Schematische Darstellung der Mineralisierung und Humifizierung von exogenem organischen Kohlenstoff



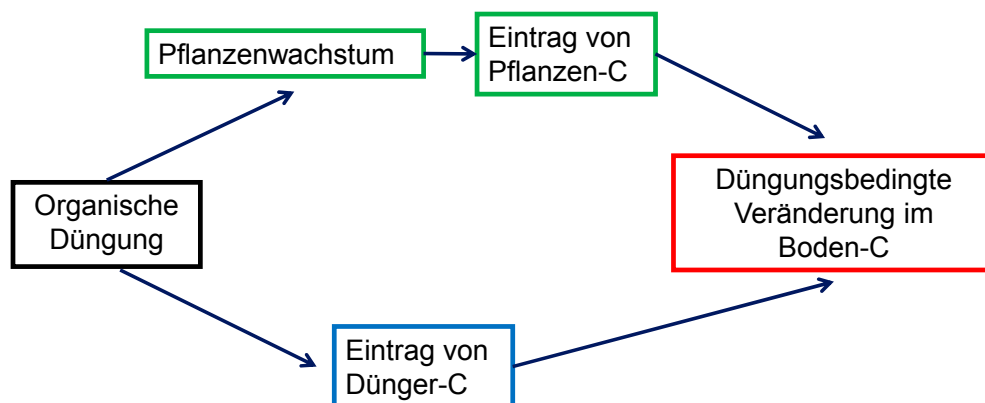
**Humifizierungskoeffizient (Humusreproduktionskoeffizient) =
humifizierter organischer C / exogener organischer C**

Prinzip der Ermittlung der Humusreproduktionswirkung von exogenem organischen Kohlenstoff (EOC) durch langjährige Dauerversuche

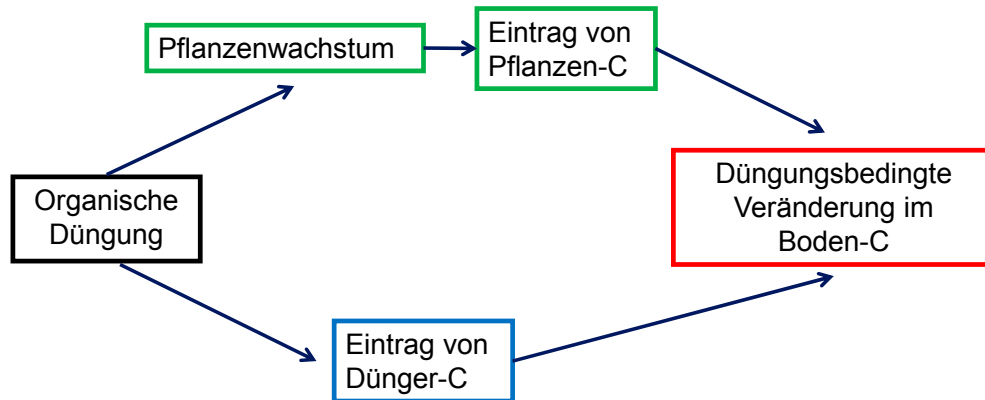
- 1) Ermittlung der Differenz im Boden-C-Vorrat zwischen einer gedüngten und einer ungedüngten Variante ($\Delta \text{SOC}_{\text{Gesamt}}$)
wiederholte Messungen über den gesamten Zeitraum; **beachte Bodendichte, Bodentiefe**



Wirkung von organischer Düngung auf den Bodenhumusvorrat (schematisch)



Wirkung von organischer Düngung auf den Bodenumhumusvorrat (schematisch)



Welche quantitative Bedeutung hat der Eintrag von Pflanzenbürtigem-C (im Vergleich zum Eintrag über organische Düngung (z.B. mit Gärrückständen)?

Fruchtartspezifischer C-Eintrag in den Boden durch oberirdische Bestandesabfälle, Stoppeln und Wurzeln (ohne Rhizodeposition)

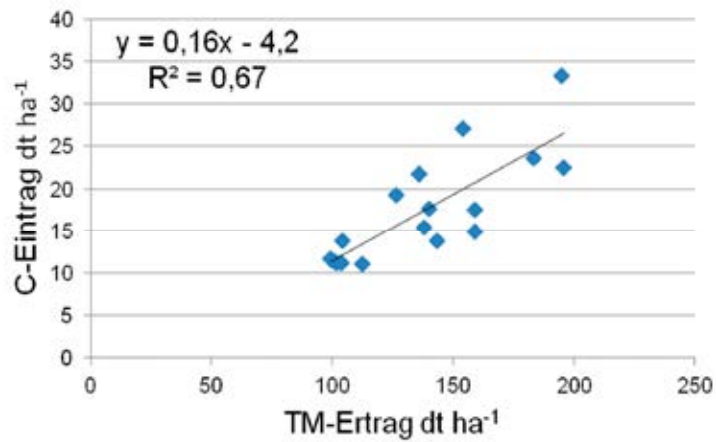
Mittelwerte über mehrere Standorte, Anbaujahre und Düngungsstufen; WG Wintergetreide, ZF Zweitfrucht

Fruchtart	C-Eintrag ($10^3 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$)
Erbse	0,3
Wintergetreide (Vollreife)	0,9
Mais	1,0
<i>Sorghum bicolor</i>	1,9
Mais/ <i>S.bicolor</i>	1,6
Grünroggen – Zweitfrucht <i>S.bicolor</i>	2,3

Höcker & Engels, unveröffentlicht

C-Eintrag mit 100 kg Gärrest-N (C/N-Verhältnis 8): **0,8 $10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$**

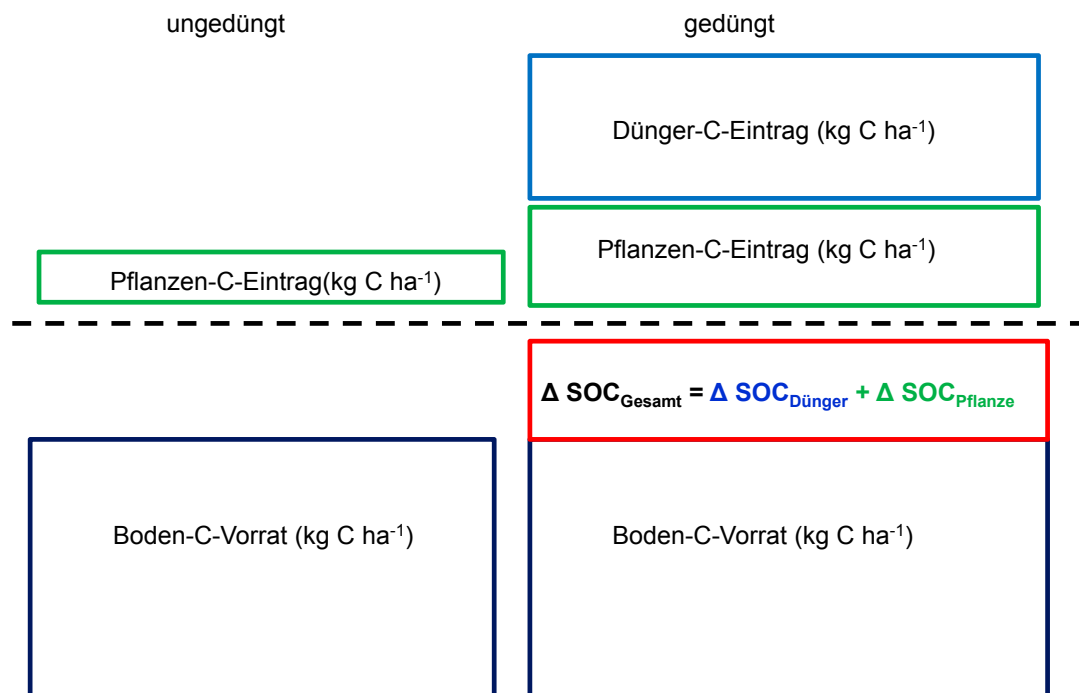
Beziehung zwischen dem Eintrag von Pflanzenbürtigem organischen C in den Boden und dem Trockenmasseertrag von Sudangras



Höcker & Engels, unveröffentlicht

C-Eintrag mit 100 kg Gärrest-N (C/N-Verhältnis 8): **8 dt C ha⁻¹ a⁻¹**
 Erhöhung des Eintrages von Pflanzenbürtigem C durch eine Düngungsbedingte Steigerung des Ertrages um 20%: **3,2 dt C ha⁻¹ a⁻¹**

Ermittlung der Humusreproduktionswirkung von organischen Düngern im Feldversuch nach **vielen** Jahren...



Prinzip der Ermittlung der Humuswirkung von exogenem organischen Kohlenstoff (EOC) durch langjährige Dauerversuche

- 1) Ermittlung der Differenz im Boden-C-Vorrat zwischen einer gedüngten Variante und einer ungedüngten Variante ($\Delta \text{SOC}_{\text{Gesamt}}$)
wiederholte Messungen über den gesamten Zeitraum; **beachte Bodendichte, Bodentiefe**
- 2) Ermittlung des direkten Beitrages des Dünger-C auf die Düngungsbedingte Veränderung im Boden-C-Vorrat.
 - a) Ermittlung der durch die Düngung bewirkten Erhöhung des Eintrages an Pflanzen-C
 - b) Ermittlung der Wirkung des Pflanzen-C auf den Boden-C-Vorrat ($\Delta \text{SOC}_{\text{Pflanze}}$)
 - c) Ermittlung der Wirkung des Dünger-C auf den Boden-C-Vorrat ($\Delta \text{SOC}_{\text{Dünger}}$)

$$\Delta \text{SOC}_{\text{Dünger}} = \Delta \text{SOC}_{\text{Gesamt}} - \Delta \text{SOC}_{\text{Pflanze}}$$
 - d) Ermittlung des Humusreproduktionskoeffizienten (HK)

$$\text{HK} = \Delta \text{SOC}_{\text{Dünger}} / \text{Dünger-C-Eintrag}$$

Humuskoeffizienten von organischen Düngern (Dauerversuche im Feld)

Dünger	g C kg ⁻¹ EOC	Quelle
Grümdünger	130	Gerzabek et al 1997
Grasschnitt	190	Kätterer et al 2014
Dung	120	Maillard & Angers 2014 (Meta-Analyse)
Dung	270	Bergkvist et al 2003
Dung	250	McGrath et al 2000; Hao et al 2003
Dung	400	Delas & Molot 1983
Stallmist	460-560	Kätterer et al 2014
Klärschlamm	340-370	Kätterer et al 2014
Klärschlammkompost	500	McGrath et al 2000
Torf	570	Bergkvist et al 2003
Bioabfallkompost	720-790	Kätterer et al 2014

Für Gärrückstände liegen keine veröffentlichten Daten aus Dauerversuchen vor.

Humuswirkung, Humusreproduktionskoeffizienten und Gärrückstände

Christof Engels, Paul Mewes, Sven Höcker

Albrecht Daniel Thaer-Institut, Fachgebiet Pflanzenernährung und Düngung

Humboldt-Universität zu Berlin

- Kohlenstoffverluste auf verschiedenen Eintragungspfaden von der Pflanze in den Boden (Nährhumuswirkung)
- **Ermittlung der Humusreproduktionswirkung von organischen Düngern (Dauerhumuswirkung)**
 - Feldversuch
 - **Inkubationsversuch**
 - **Prinzip**
 - **Daten**
- Wissenslücken/Forschungsbedarf

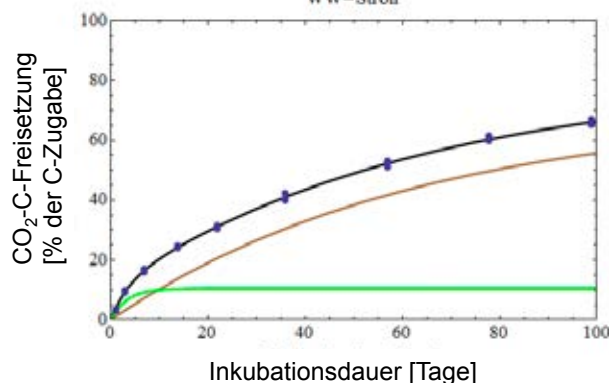
Inkubationsversuche DIN ISO 16072:2005-6



Inkubation von Boden mit und ohne Zusatz der zu prüfenden organischen Substanz
Messung der CO₂-Freisetzung aus dem Boden

Zweikomponentenmodell $C(t) = C_1(1 - e^{-k_1 t}) + C_2(1 - e^{-k_2 t})$

WW-Stroh



Strohdüngungsbedingte CO₂-Freisetzung aus dem Boden
22°C, ohne N, 400 mg C/100 g Boden

Mewes & Engels, unveröffentlicht

**Düngungsbedingte CO₂-C-Verluste während einer 77-tägigen Inkubation
verschiedener organischer Materialien**

22°C, 77 d; 60% WHK, 400 mg C/100 g Boden, mit N (100 mg / kg Boden) +P (20 mg / kg Boden)

Material	C-Verlust (g C / g C-Zugabe)
Stroh (Weizen, Roggen Raps)	0,59 – 0,62
Stalldünger (verschiedene Stallmiste, Rindergülle)	0,16 – 0,60
Gärrückstände flüssig (Biotonne, Mais, Mais/Sch.gülle)	0,18 – 0,34
Gärrückstände fest	0,03 – 0,22
Frischkompost (Biotonne, Garten/Park-Abfälle)	0,09 – 0,16
Fertigkompost (Biotonne, Grüngut, Gartenabfälle)	0,04 – 0,07
Biokohlen (HTC Weizenstroh, Pappelholz; Biokohle)	0 – 0,40
Feinwurzeln (verschiedene Kulturarten)	0,20 – 0,35

Mewes, Bürger, Engels, unveröffentlicht

**Düngungs-bedingte CO₂-Freisetzung (g C / g C-Zugabe) aus dem Boden nach
Zugabe von Gärresten und anderen organischen Materialien (Literatur)**

Material	Freisetzung	Bedingungen	Autoren
Gärrückstand (Mais)	0,21	42 d, 13,5°C	Sänger A et al 2011
Gärrückstand Rinderdung	0,24	245 d, 20°C	Thomsen LK et al 2013
Rinderdung	0,52		
Gärrückstand	0,25	100 d, 22°C	Sensel et al. 2012
Rindergülle	0,75		
Frischer Stallmist	0,66		
Gärrückstand (koferm. Rindergülle)	0,30	56 d, 26°C	Albuquerque JA et al 2011
Gärrückstand (Mais)	0,38	42 d, 23,5°C	Sänger A et al 2010
Gärrückstand (Mais)	0,54	140 d, 13,5°C	Sänger A et al 2010
Rindermist kompostiert	0,27		
Gärrückstand Pflanzensilage	0,42	245 d, 20°C	Thomsen LK et al 2013
Grüdünger	0,86		
Verschiedene Gärrückstände	0,16 - >1	56 d, 26°C	Albuquerque JA et al 2012
Verschiedene Gärrückstände	0,03 – 0,34	77 d, 22°C	Mewes & Engels, unveröff.

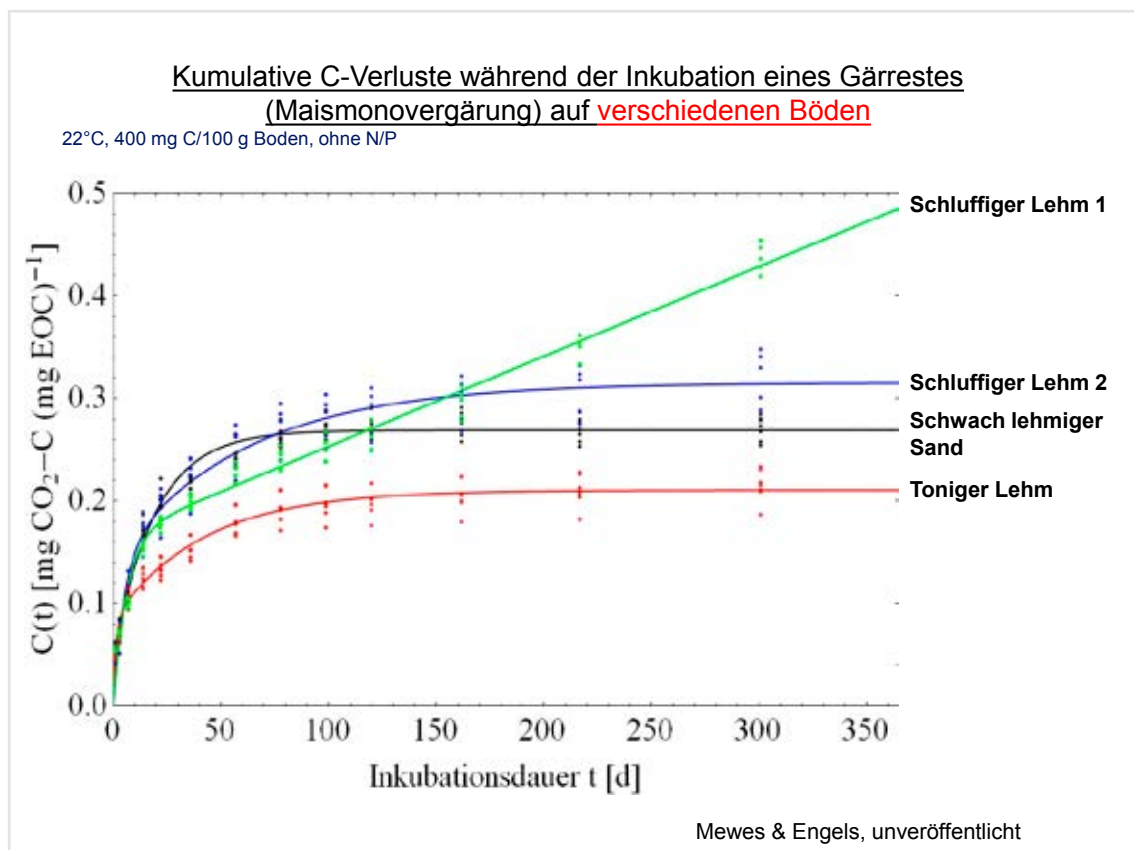
Humuswirkung, Humusreproduktionskoeffizienten und Gärrestände

Christof Engels, Paul Mewes, Sven Höcker

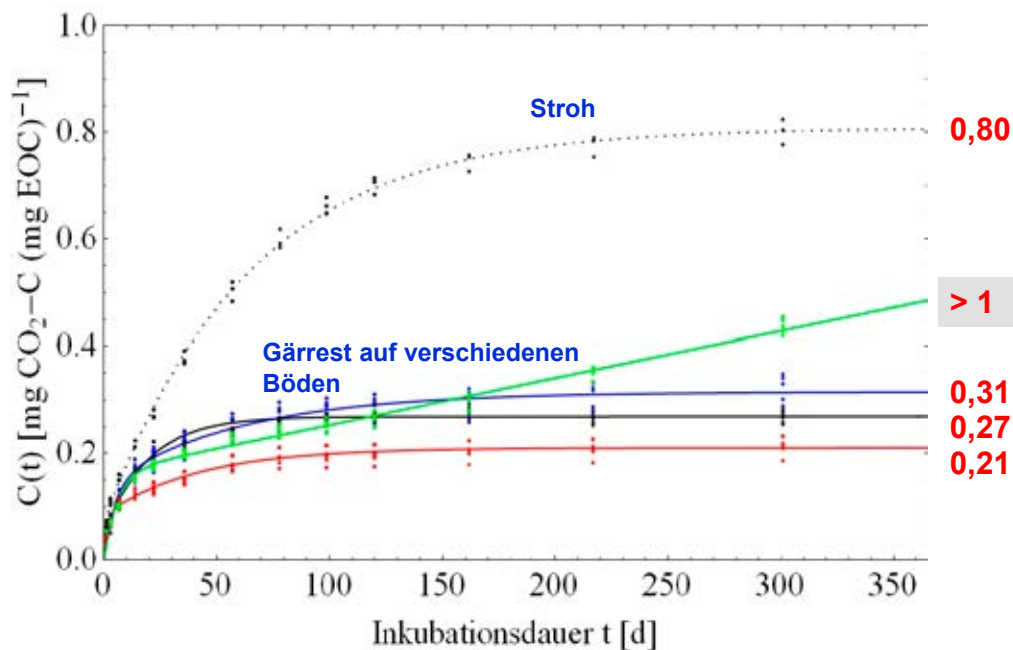
Albrecht Daniel Thaer-Institut, Fachgebiet Pflanzenernährung und Düngung

Humboldt-Universität zu Berlin

- Kohlenstoffverluste auf verschiedenen Eintragspfaden von der Pflanze in den Boden (Nährhumuswirkung)
- Ermittlung der Humusreproduktionswirkung von organischen Düngern (Dauerhumuswirkung)
 - Feldversuch
 - Inkubationsversuch
- **Wissenslücken/Forschungsbedarf**
 - **Wirkung der Inkubationsbedingungen**
 - **Datenauswertung (Modell für Inkubationsversuch)**
 - **Zusammenhang zwischen biochemischen Kennwerten und Humusreproduktionsleistung**



Kumulative C-Verluste während der Inkubation eines Gärrestes (und von Stroh)
(Maismonovergärung) auf verschiedenen Böden und aus dem Kurvenverlauf
modellierten Gesamtverlusten ($\lim C(t), t \rightarrow \infty$)



Mewes & Engels, unveröffentlicht

Kann man die aufwendigen Inkubationsversuche zur Ermittlung der Abbaustabilität von Gärresten vermeiden? Kann man Gärresten aufgrund von biochemischen Eigenschaften klassifizieren?

Korrelationskoeffizienten zwischen dem während einer 56-tägigen Inkubation bei 28°C mineralisiertem C ($\mu\text{g C g}^{-1}$ Boden) und

- der nach 7 d mineralisierten C-Menge $r = 0,948^{**}$
- dem Gehalt an löslichem organischen C im Gärrest $r = 0,943^{**}$
- dem 24 h Biologischen O₂-Bedarf (BSB_{24h}) $r = 0,950^{**}$

Alburquerque JA et al 2012 Agriculture, Ecosystems and Environment 160, 15-22.

Nach der Inkubation im Boden verbleibender Anteil des anfangs mit den EOM zugeführten organischen C (I_{ROC}) in g kg^{-1} zugeführtem C:

$$I_{\text{ROC}} = 445 + 0,5 \text{ SOL} - 0,2 \text{ CEL} + 0,7 \text{ LIC} - 2,3 \text{ C}_{3\text{d}}$$

SOL = Lösliche Fraktion* ($\text{g Organische Masse kg}^{-1}$ Gesamt-Organische Masse)

CEL = Cellulose ($\text{g Organische Masse kg}^{-1}$ Gesamt-Organische Masse)

LIC = Lignin-ähnliche Fraktion ($\text{g Organische Masse kg}^{-1}$ Gesamt-Organische Masse)

C_{3d} = nach 3 d im Inkubationsversuch mineralisierter C

*Lösliche Fraktion: in kochendem Wasser extrahierbare org. Substanz + NDF Fraktion bei der Van Soest-Extraktion

Lashermes G et al 2009. European Journal of Soil Science 60, 297-310.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Vergleich zur Düngung unvergorener Ausgangsprodukte ist die Düngung von Gärrückständen mit einer Abnahme des C-Eintrags in den Boden (N-Frachtbasierte C-Zufuhr nimmt ab) und der Nährhumuswirkung verbunden.

Zur Dauerhumuswirkung (Humusreproduktionswirkung) von Gärrückständen liegen keine Daten aus langjährigen Feldversuchen vor.

Die in Inkubationsversuchen ermittelte Humusreproduktionswirkung von Gärrückständen variiert zwischen kleiner 0 (positiver priming-Effekt) und „besser als kompostierter Rindermist“ (**Humusreproduktionskoeffizienten < 0 bis 0,85**).

Für die Abschätzung der Humusreproduktionswirkung von Gärrückständen in Inkubationsversuchen ist ein besseres Prozessverständnis über die Wirkung der stofflichen Zusammensetzung der Gärrückstände und der Inkubationsbedingungen auf die C-Retention erforderlich, um eine Standardisierung der Inkubationsbedingungen zu ermöglichen.

Die Arbeitsgruppe wird finanziell durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe unterstützt (FKZ 22401112 „Ermittlung von Humusbedarfskoeffizienten für Energiepflanzenarten und Energiepflanzenproduktionssysteme“).



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Treibhausgasemissionen nach der Düngung mit Gärrückständen

Prof. Dr. Jürgen Augustin (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Landschaftsbiogeochemie)

In Deutschland zeichnet die Landwirtschaft für etwa 15 % der vom Menschen verursachten Treibhausgas-(THG)-Emissionen verantwortlich. Bisher ist aber nicht geklärt, welche Rolle dem Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion dabei zukommt. Einerseits wird erwartet, dass das zur Minderung der Klimawirkung der Landnutzung beiträgt. Andererseits gibt es aber auch Hinweise auf eine erhöhte Freisetzung von Treibhausgasen wie Kohlendioxid (CO₂) und Lachgas (N₂O) und anderen umweltbelastenden Gasen wie Ammoniak (NH₃) infolge der Produktion von Energiepflanzen. Während die CO₂-Freisetzung vor allem auf Verluste an organischer Bodensubstanz durch konzentrierten Anbau humuszehrender Pflanzen zurückgehen soll, stehen die bei der Erzeugung von Biogas anfallenden Gärrückstände im Verdacht, als eine neue starke Quelle für Ammoniak- und auch Lachgas zu wirken.

Ziel eines von der FNR zu dieser Thematik geförderten Verbundvorhabens war es daher, präzise und verallgemeinerbare Aussagen zur NH₃-Verflüchtigung, Veränderungen im Vorrat des Bodens an organischer Substanz (C-Vorrat) sowie zu Klima- und Ökobilanzen beim Energiepflanzenanbau zur Biogaserzeugung, speziell dem Einsatz von Gärrückständen, zu gewinnen und Maßnahmen zur Minderung der Klimawirkung und der NH₃-Verflüchtigung abzuleiten. Grundlage dafür bilden Langzeitmessungen zur Verflüchtigung von NH₃, dem Austausch der klimarelevanten Spurengase CO₂ (netto), Methan (CH₄) und N₂O sowie die Ermittlung von Bilanzgliedern des Boden-C-Vorrats (C-Export, C-Import) auf Flächen des Verbundvorhabens EVA und weiteren repräsentativen Standorten. Die Resultate dienen zur Ermittlung von Emissionsraten bzw. -faktoren für die Treibhausgase und von NH₃ bzw. von standortspezifischen Bodenkohlenstoff-, Klima- und Ökobilanzen. Auf allen Standorten des Verbundvorhabens erfolgten die Untersuchungen mit dem gleichen methodischen Ansatz. In zusätzlichen Labor- und Feldexperimenten wurden ausgewählte Maßnahmen zur Minderung der NH₃-Verflüchtigung und der Freisetzung klimarelevanter Spurengase geprüft.

Die Gärrestapplikation mit Schleppschlauch führte nur dann zu extrem hohen NH₃-Verlusten (bis zu 30 kg NH₃-N ha⁻¹), wenn die Einarbeitung zu spät erfolgte oder unterblieb. Allerdings kam es auch nach Injektion manchmal zu geringen NH₃-Emissionen. Zwischen den Untersuchungsstandorten ergaben sich multifaktoriell bedingte Unterschiede. Das Niveau der kumulierten N₂O-Emissionen war mit Ausnahme des Standortes Ascha in der Regel niedrig (1 bis 5 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹). Insgesamt hatte die applizierte Gärrestmenge nur einen geringen Einfluss auf die kumulierten N₂O-Flüsse. Daraus resultierten N₂O-Emissionsfaktoren, die überwiegend unter dem IPCC-Richtwert von 1 % der ausgebrachten N-Menge lagen. Nur in wenigen Fällen wurden Werte zwischen 1 bis 10 % erreicht. Unabhängig vom Standort ergaben sich nennenswerte N-Gesamtverluste erst bei N-Gaben von mehr als 200 kg ha⁻¹. In der Regel wiesen Pflanzen mit längerer Standzeit und intensiven Wachstum geringere Verluste an organischer Bodensubstanz auf als solche mit kurzer Standzeit und geringer Produktivität. Die von der Jahreswitterung bestimmte interanuelle Variabilität der Vorräte an organischer Substanz fiel stärker als erwartet aus. Davon wurden die Wirkungen der Gärrestdüngung auf den C-Vorrat des Bodens überprägt. Es zeigte sich zudem, dass der Einsatz von Gärresten nicht immer ausreichte, um die aus dem Anbau von Energiepflanzen resultierenden Verluste an organischer Bodensubstanz auszugleichen.



Treibhausgasemissionen nach der Düngung mit Gärrückständen

J. Augustin, U. Hagemann, M. Drösler, S. Glatzel, H. Kage, A. Pacholski, K.H. Mühling,
u.a.

2. Fachtagung Verwertung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015

J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015



FNR-Verbundvorhabens „Klimawirkung von Energiepflanzen zur Biogasgewinnung“ (2010-2015)

Zielstellungen

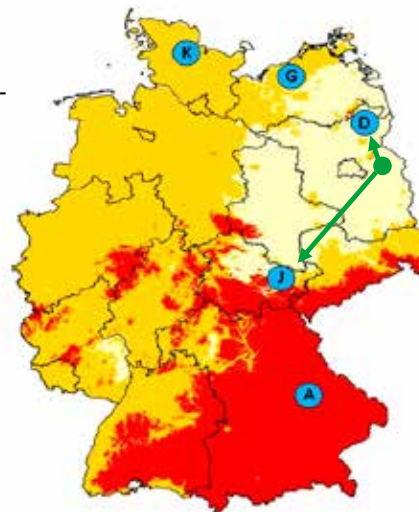
- Einfluss von Gärresten, Fruchtart, Fruchtfolge und Standort auf N_2O -, CH_4 - und CO_2 -Flüsse und die resultierende Klimawirkung sowie die NH_3 -Verflüchtigung
- Abschätzung der regionalen Relevanz des Anbaus von Energiepflanzen als Quelle und Senke von Treibhausgasen
- Erstellen standortspezifischer Ökobilanzen des Energiepflanzenanbaus
- Empfehlungen für Anbausysteme mit reduzierter Klimawirkung und Erhaltung des Vorrates an organischer Bodensubstanz

J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015

zalf. Vorgehensweise

- Durchführung von identischen Untersuchungen auf breitem Standortsspektrum in Kopplung mit dem EVA-Projekt

- Hohenschulen (K)
- Gülzow (G)
- Dedelow (D; CARBO-ZALF)
- Dornburg (J)
- Ascha (A)



Precipitation-Frost-Classes



Abb. nach Jungkunst et al. 2006

J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015

zalf. Versuche und Varianten

„**Kleiner Gärrestversuch**“ (Triticale-Mais-Winterweizen-Senf-Mais-Roggen-Sorghum)
Einfluss von Fruchtfolge und Gärresten auf Klima- und Boden-C-Bilanz

- 100% Mineral-N
 - 50% Mineral-N + 50% Gärrest-N
 - 100% Gärrest-N
- (doppelt, um ein FF-Jahr versetzt)

„**Großer Gärrestversuch**“ (Mais)
Einfluss von Gärrestapplikation auf N₂O-, CH₄- und NH₃-Emission

- Ohne N-Düngung
- Mineralisch mit ortsüblicher N-Menge (Kontrolle)
- 50 % Gärrest-N
- 75 % Gärrest-N
- 100 % Gärrest-N
- 125 % Gärrest-N
- 200 % Gärrest-N



J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015

zalf NH₃-, CO₂-, N₂O- und CH₄-Austausch

CO₂-, N₂O- und CH₄-Austausch (→ Klimawirkung)
manuelle (bzw. automatische) Großhauben in Kombination mit Modellierung

NH₃-Austausch
Träger Tube Methode, Passivsammler und meteorologische Verfahren

(N₂-Freisetzung: He-Inkubationsmethode im Labor)

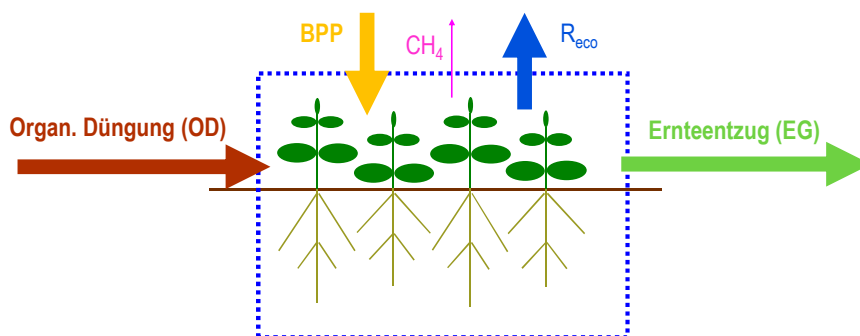


J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015

zalf Veränderungen im Vorrat an Bodenkohlenstoff (SC)

Kombination von einer C-Flächenbilanz (Import & Export) mit den jährlichen Netto-CO₂- (NEE) und CH₄-Austauschraten

$$\Delta SC = NEE + CH_4-C + (EG - OD)$$



J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015



Ergebnisse

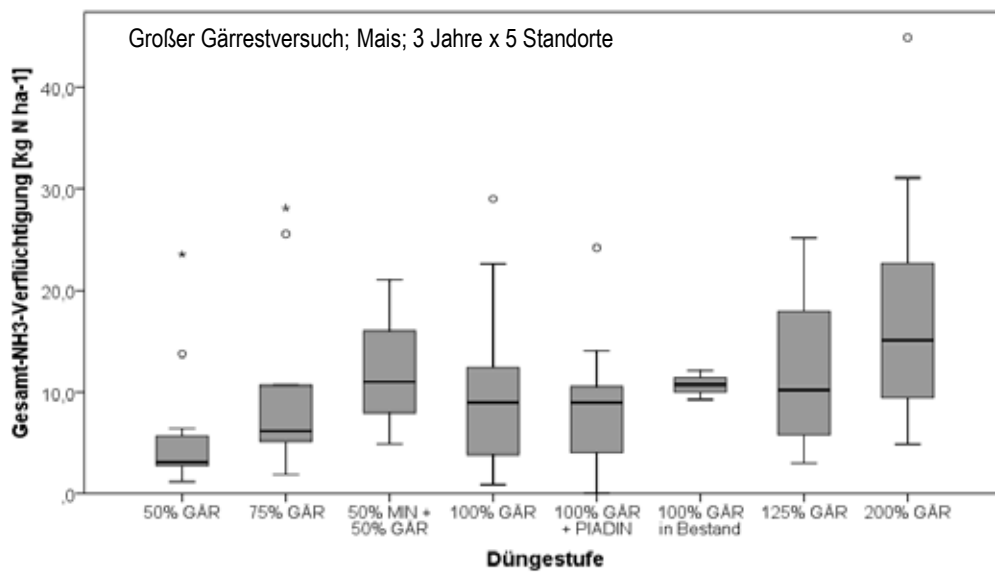


J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015



NH₃-Verflüchtigung 1

Die applizierte Gärrestmenge hat nur begrenzten Einfluss; Wirkung von Piadin nicht erkennbar, mittlere N-Verluste im Bereich von 4-22 kg N ha⁻¹

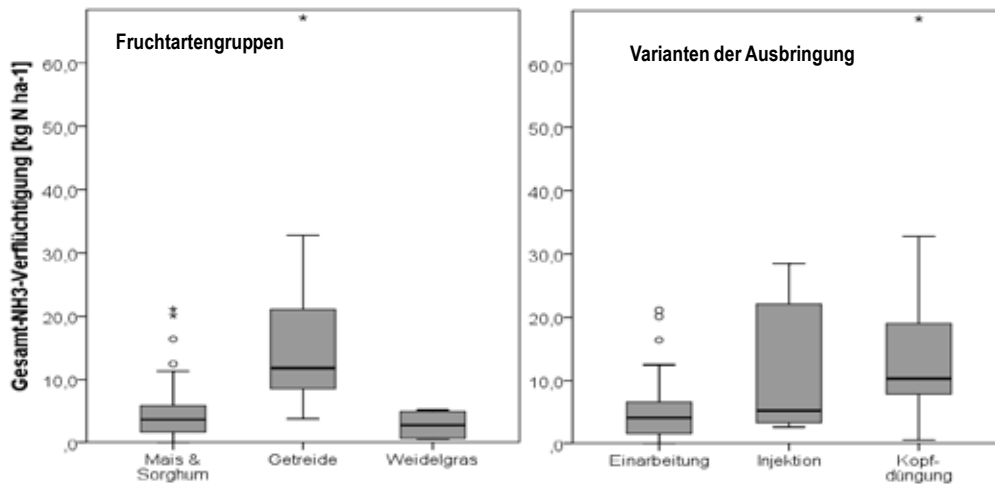


J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015

zalf NH₃-Verflüchtigung 2

Höherer Verluste bei Getreide bzw. Kopfdüngung als bei Mais und Hirse bzw. Einarbeitung;
Wirkung der Injektion sehr variabel

Kleiner Gärrestversuch; unterschiedliche Fruchtarten; 4 Jahre x 5 Standorte

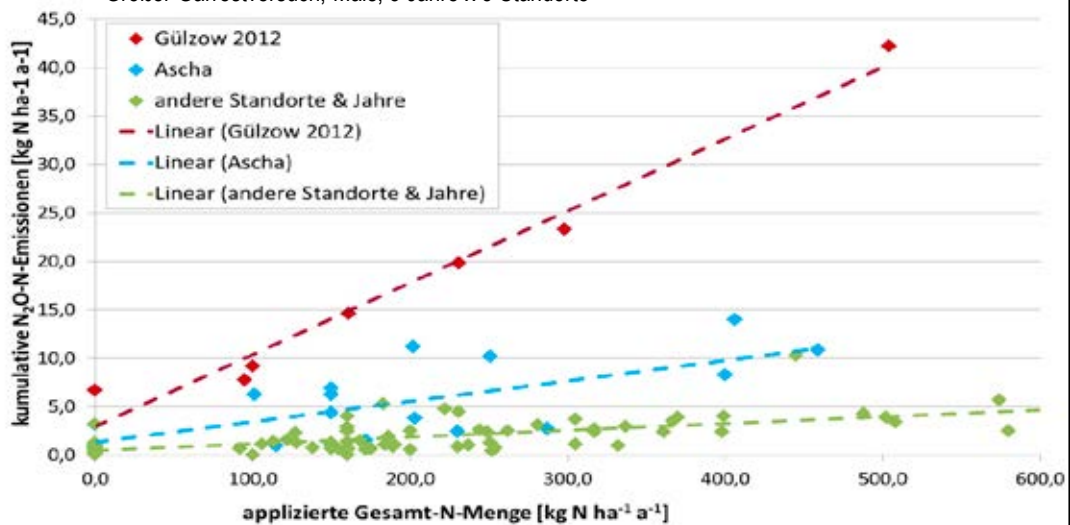


J. Augustin, 2. Fachtagung Gärreststände, Berlin 10. und 11. März 2015

zalf N₂O-Emissionen

Mit Ausnahme des (süddeutschen) Standortes Ascha hat Gärrestmenge nur geringe Wirkung (Gülzow 2012 seltener, unklarer Extremfall), mittlere N-Verluste zwischen 1-5 kg N ha⁻¹ (Ascha 5-14 kg N ha⁻¹)

Großer Gärrestversuch; Mais; 3 Jahre x 5 Standorte

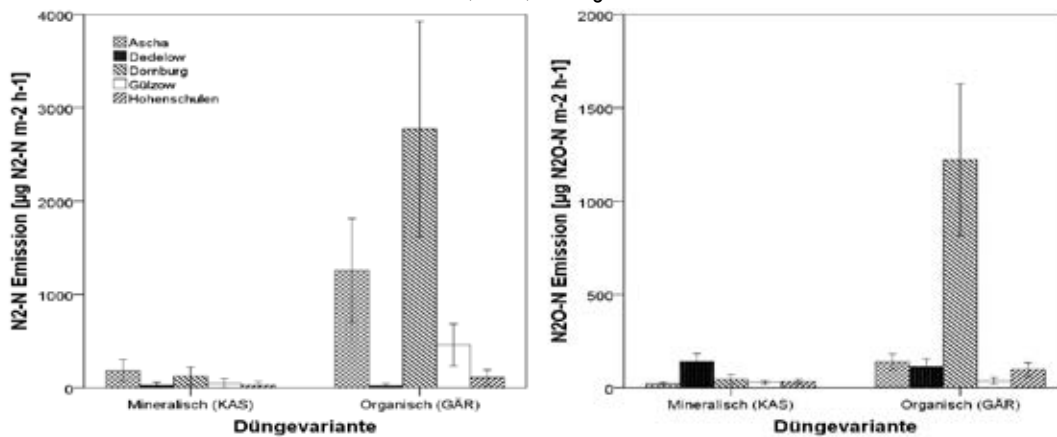


J. Augustin, 2. Fachtagung Gärreststände, Berlin 10. und 11. März 2015

Verhältnis zwischen N₂O- und N₂-Emissionen (Inkubationsversuch)

Gärreste bewirken (kurzfristig) höhere N₂O- und vor allem N₂-Verluste als Mineral-N; N₂O stärker von Standort und Bodenfeuchte, N₂ stärker von Düngevariante und NH₄-N beeinflusst; potenzielle N-Verluste durch N₂ ähnlich hoch wie NH₃-Verflüchtigung

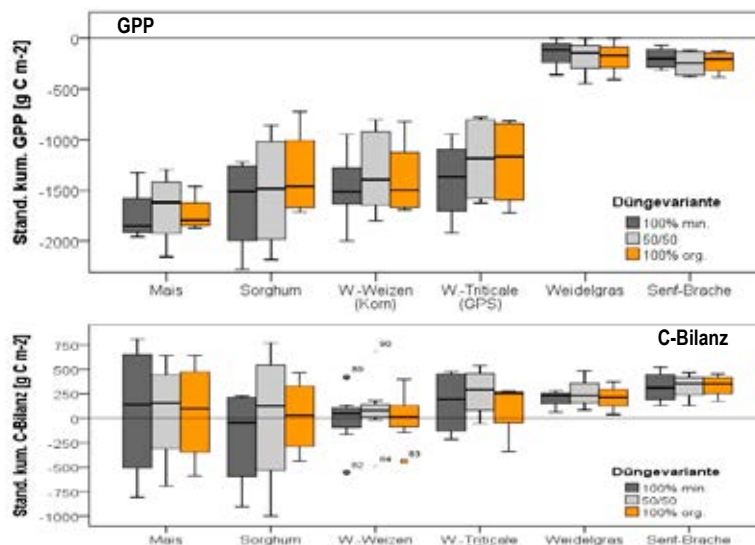
Großer Gärrestversuch 2012; Mais; 2 Düngevarianten x 5 Standorte



J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015

CO₂-Austausch und C-Bilanzen 1: Fruchtarten-Effekte

GPP und C-Bilanzen fallen bei Pflanzen mit hoher Produktivität (Mais!) bzw. solchen mit langen Standzeiten (Wintergetreide) höher bzw. positiver aus



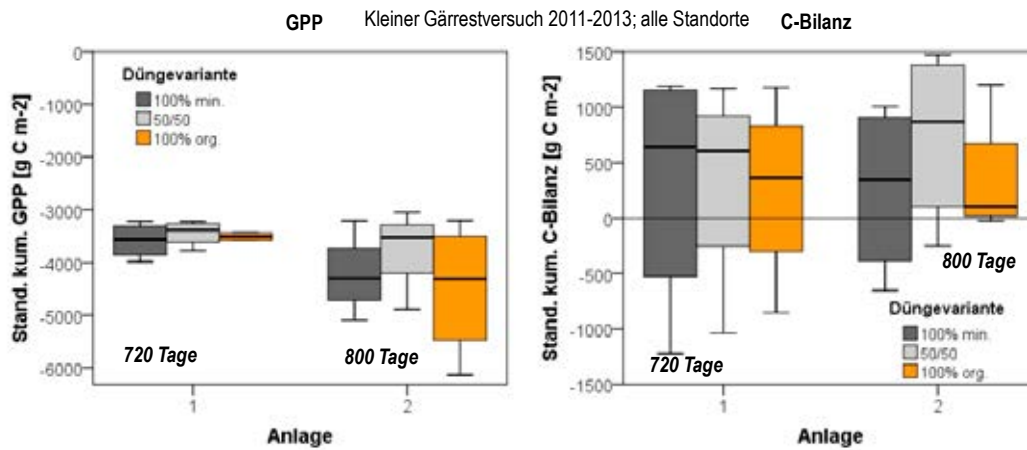
Kleiner Gärrestversuch 2011-2013; alle Standorte

J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015



CO₂-Austausch und C-Bilanzen 2: Gärrestwirkung

Wirkung der Gärreste auf GPP und C-Bilanzen ist begrenzt
 Daher nur bedingt Ausgleich der tendenziellen Boden-C-Verluste in der Fruchtfolge durch Gärreste



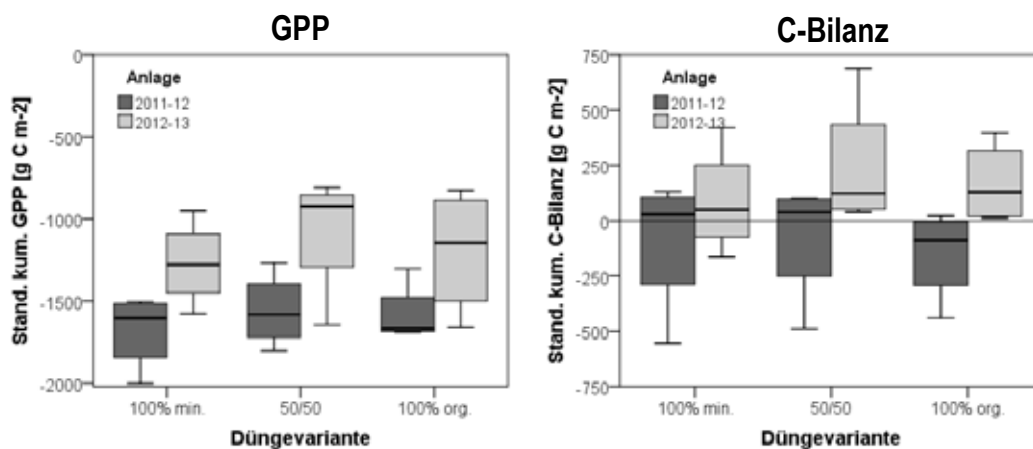
J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015



CO₂-Austausch und C-Bilanzen 3: Einfluss der Jahreswitterung

Einfluss der Jahreswitterung auf GPP und C-Bilanz ist deutlich größer die Wirkung der Gärresteffekte

Kleiner Gärrestversuch 2011-2013; nur Winterweizen; alle Standorte



J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015



Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Gärrestmenge hat begrenzte Wirkung auf $\text{NH}_3\text{-N}$ -, $\text{N}_2\text{O-N}$ -Verluste und starke Wirkung auf potenzielle $\text{N}_2\text{-N}$ -Verluste, Verlustraten fallen in der Regel niedrig bis mäßig aus

NH_3 -Verflüchtigung wird stark von der Art der Ausbringung und die N_2O -Emission vor allem von den Standortverhältnissen beeinflusst

CO_2 -Flüsse und C-Bilanzen fallen bei Pflanzen mit hoher Produktivität (Mais!) bzw. solchen mit langen Standzeiten (Wintergetreide) höher bzw. positiver aus

Tendenziell Verluste an Boden-C in der Fruchtfolge, Gärrestapplikation reicht nicht immer zum Schließen der Bilanzlücke aus

Jahreswitterung überdeckt Wirkung der Gärreste auf CO_2 -Flüsse und C-Bilanzen

Eindeutige und verallgemeinerbare Aussagen zur Gärrestwirkung auf CO_2 -Flüsse und C-Bilanzen sind erst nach Abschluss der Auswertung möglich

J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!



J. Augustin, 2. Fachtagung Gärrückstände, Berlin 10. und 11. März 2015

Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens von Gärrückständen zu Düngezwecken

Karin Luyten-Naujoks (Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.)

Anforderungen zu Qualität (Schadstoffgehalte, Hygieneanforderung) und Anwendung (Aufwandmengen, Dokumentation) von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Pflanzenhilfsmitteln sowie Kultursubstraten resultieren aus der Zielsetzung des Düngegesetzes und der daraus folgenden Düngeverordnung und der Düngemittelverordnung. Es gilt die Ernährung von Nutzpflanzen sicherzustellen, die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten, Gefahren für die Gesundheit von Menschen, Tieren und dem Naturhaushalt fern zu halten und Vorgaben der Europäischen Union über den Verkehr mit oder die Anwendung von Düngemitteln umzusetzen.

Neben diesem grundsätzlich geltenden Rechtsbereich sind in Abhängigkeit von den Ausgangsstoffen weitere Rechtsbereiche zu beachten. Für Ausgangsstoffe tierischen Ursprunges sind die EU-Hygieneverordnung und die entsprechende nationale Gesetzgebung (Tierische Nebenprodukte Beseitigungsgesetz und -verordnung) zu beachten. Für die Anwendung ausschließlich pflanzlicher Abfälle greift die Bioabfallverordnung, die eine Umsetzung des Kreislaufwirtschaft-/Abfallgesetzes resultiert.

Die **Düngemittelverordnung** formuliert produktbezogene Anforderungen zu Seuchen- und Phytohygiene, Schadstoffen, Düngemitteltypen, Ausgangsstoffen und zur Kennzeichnung als Voraussetzung für das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln. Stoffe die nicht in einer Liste zulässiger Ausgangsstoffe der Düngemittelverordnung aufgeführt werden, sind nicht für die Anwendung in der Landwirtschaft zulässig! Beispiele für zulässige Ausgangsstoffe sind die bei Biogasanlagen üblichen Stoffe wie Gülle, nachwachsende Rohstoffe, Inhalte der Biotonne, Rasenschnitt, etc.

Abgabe an andere (Inverkehrbringen): Werden Gärreste aus Wirtschaftsdüngern, betriebseigenem Pflanzenabfall oder auch nachwachsenden Rohstoffen überbetrieblich auf betriebsfremden Flächen eingesetzt, ist neben der Düngeverordnung zusätzlich die Düngemittelverordnung zu beachten. In diesem Zusammenhang muss sowohl der abgebende als auch der annehmende Landwirt auf die ordnungsgemäße Deklaration der Gärreste achten. Abgesehen von einer Eigenverwertung wird eine Kennzeichnung nach DüMV grundsätzlich erforderlich.

Kennzeichnungspflicht: Beim Inverkehrbringen ist eine Kennzeichnung für das Düngemittel erforderlich. Gärprodukte sind üblicherweise als organische Mehrnährstoffdüngemittel einzustufen. Bei der Abgabe dieser Erzeugnisse sind daher die komplexen Kennzeichnungsvorgaben der DüMV für diese Stoffgruppe zu beachten. Eine ordnungsgemäße Kennzeichnung enthält Angaben zum Düngemitteltyp (z. B. organischer NPK-Dünger), zu den Nährstoffgehalten sowie zu den verwendeten Ausgangsstoffen. Zusätzlich sind hier Anwendungsempfehlungen und Angaben zu Anwendungsbeschränkungen aufzuführen. In den Dokumenten der Gütesicherung sind solche rechtskonformen Kennzeichnungen nach DüMV regelmäßig enthalten.

Düngeverordnung: Die Düngeverordnung regelt die gute fachliche Praxis bei der Anwendung von Düngemitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und das Vermindern von stofflichen Risiken durch die Anwendung von Düngemitteln. Sie dient somit auch der Umsetzung wasserrechtlicher Vorgaben. Ermächtigungsgrundlage zum Erlass der Düngeverordnung ist das Düngegesetz.

Beim Inverkehrbringen des Gärproduktes muss sichergestellt sein, dass alle Informationen für eine ordnungsgemäße und sachgerechte Anwendung dem Landwirt bekannt sind. So werden beispielsweise Düngemittel mit wesentlichen Nährstoffgehalten (Nährstoffgehalt in der Trockenmasse von mehr als 1,5 % Gesamtstickstoff oder 0,5 % Phosphat) und wesentlichen Gehalten an verfügbarem Stickstoff (löslicher Anteil von über 10 % bei einem Gesamtstickstoffgehalt in der Trockenmasse von mehr als 1,5 %) unterschieden, und differenzierte Vorgaben zur Anwendung (z. B. Sperrfristenregelung) gemacht. In der Regel handelt es sich bei Gärprodukten um Dünger mit wesentlichen Nährstoffgehalten und wesentlichem Gehalt an verfügbarem

barem Stickstoff, für die entsprechend Vorgaben für die Düngebedarfsermittlung, maximale Aufwandmengen, Anwendungsvorgaben und Einbindung in den zu erstellenden Nährstoffvergleich einzuhalten sind.

Die **EU-Hygieneverordnung** EG-VO 1069 (und untergeordnete Regelwerke) enthält „Hygieneanforderungen für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte“. Das Grundkonzept der Verordnung besteht in der Definition von 3 Risiko-Kategorien an tierischen Nebenprodukten. Diesen Kategorien werden Vorgaben zu Transport, Behandlung, Verwertung und Beseitigung zugeordnet. Auch Anforderungen an Behandlungsanlagen und deren Zulassung werden formuliert. Beispiele für hier beregelte Ausgangsstoffe, die auch in Biogasanlagen eingesetzt werden, sind Lebensmittelabfälle, Speisereste und Gülle.

- Gülle fällt grundsätzlich auch unter den Rechtsbereich der EU-Hygieneverordnung; allerdings sind in Deutschland hiermit keine Anforderungen an die Hygienisierung verbunden.
- Tierische Nebenprodukte: Sobald Bioabfälle tierische Bestandteile enthalten, fallen diese unter den Rechtsbereich der EU Hygieneverordnung (EG-VO 1069) und unterstehender Rechtsvorgaben. Für die tierischen Ausgangsstoffe ist ein Handelspapierverfahren nach der Verordnung zur Durchführung der Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung (TierNebV) durchzuführen. Hier werden u. a. Angaben zur Beschreibung des Materials, der Herkunft, Art und Verfahren der Hygienisierung und des Beförderungsunternehmens gemacht.

Bioabfallverordnung – Die Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden gilt für die Anwendung als Düngemittel in der Landwirtschaft und für die Behandlung und Untersuchung von pflanzlichen Bioabfällen, die in einer Ausgangsstoffliste aufgeführt sind. Die Regelung umfasst Vorgaben zu Qualität (Phyto- und Seuchenhygiene, Grenzwertregelungen zu Schadstoffen) und Aufwandmengen. Werden diese Vorgaben nicht eingehalten, so ist das Gärprodukt nicht verkehrsfähig. Zudem wird ein Lieferscheinverfahren gemäß Bioabfallverordnung erforderlich, welches beim Inverkehrbringen des Gärproduktes zum Zwecke der Düngung landwirtschaftlicher Flächen durchzuführen ist. Dieses unterscheidet sich in Abhängigkeit davon, ob es sich um ein Gärprodukt handelt, welches einem Qualitätssicherungsverfahren unterliegt oder nicht. Erfolgt die Vermarktung nicht zum Zwecke der Düngung in der Landwirtschaft, so ist dieses Lieferscheinverfahren nicht erforderlich.

- Abfall i.S. Kreislaufwirtschafts-/Abfallgesetzes (Pflanzliche Bioabfälle): In Vergärungsanlagen können rein pflanzliche Bioabfälle eingesetzt werden, z. B. Schlämme aus der Lebensmittelverarbeitung (Obst-, Getreide und Kartoffelverarbeitung oder pflanzliche Speisefett- und Speiseölfabrikation). Gärrückstände aus diesen Stoffen unterliegen auch bei der Anwendung auf betriebseigenen Flächen der Düngemittelverordnung (durch Verweis der DüV § 8 (1) Satz1) und der Bioabfallverordnung



Fachtagung Pflanzenbaulicher Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen 10./11. März 2015, Berlin

Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens von Gärprodukten zu Düngezwecken

Karin Luyten-Naujoks, Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.

Folie 1

RAL-Gütesicherung



Gliederung

- Relevante Rechtsbereiche
- Inverkehrbringen von NawaRo Gärprodukten
- Inverkehrbringen von Gärprodukten aus Bioabfällen und tierischen Nebenprodukten
- Ausblick auf das Inverkehrbringen aufbereiteter Gärprodukte

Folie 2

RAL-Gütesicherung



Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens von Gärprodukten zu Dünge Zwecken

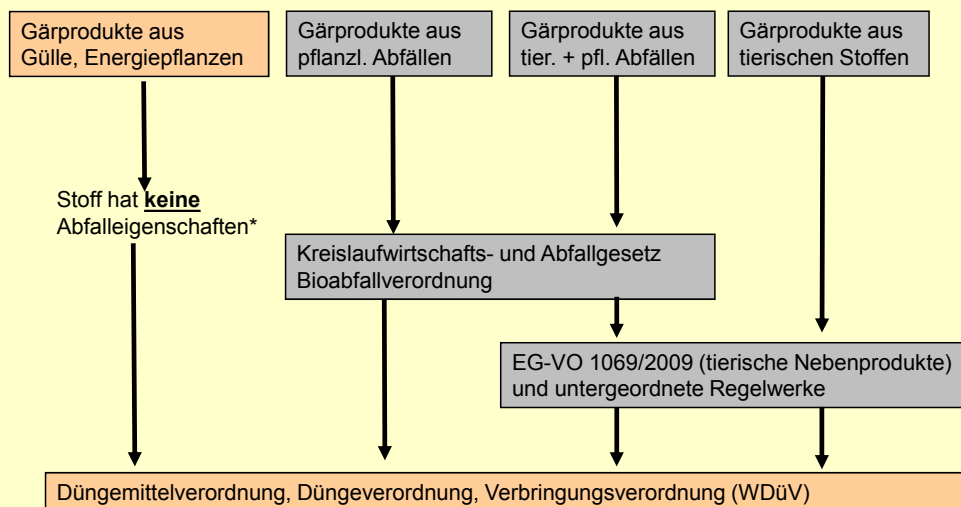
Relevante Rechtsbereiche

Folie 3

RAL-Gütesicherung



Rechtsbereiche zum Inverkehrbringen von Gärprodukten



* Abfalleigenschaften gemäß § 3 Abs. 1 KrW/AbfG

www.kompost.de



Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens von Gärprodukten zu Düngezzwecken

Inverkehrbringen von NawaRo-Gärprodukten

Folie 5

RAL-Gütesicherung



Inverkehrbringen von NawaRo Gärprodukten

- Düngemittelverordnung
- Düngeverordnung in Verbindung mit der DüMV
- Wirtschaftsdünger-Verbringungsverordnung (WDüngV) und Landesrechtliche Regelwerke z. B. Wirtschaftsdünger Nachweisverordnung (WDüngNachwV)

www.kompost.de



Inhalte der Düngemittelverordnung

- Geltungsbereich
- Definitionen (Düngemittel, Wirtschaftsdünger,...)
- Grundsätzliche Anforderungen
- Seuchen- und Phytohygiene
- **Schadstoffe**
- **Düngemitteltypen:** Typbestimmende Hauptbestandteile, Nebenbestandteile
- Ausgangsstoffe
- **Kennzeichnung**

www.kompost.de



Beispieldeklaration Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdünger flüssig

Gärprodukt unter Verwendung von Silomais und Schweinegülle

Gesamtstickstoff (N)	0,84 % FM
Gesamtstickstoff (N) aus tierischer Herkunft	0,30 % FM
Stickstoff verfügbar (NH ₄ -N)	0,24 % FM
Gesamtphosphat (P ₂ O ₅)	0,18 % FM
Gesamtkalium (K ₂ O)	0,44 % FM
Gesamtzink (Zn)	0,0021 % FM

Masse/Volumen

Hersteller oder Inverkehrbringer

Ausgangsstoffe:
70 % Pflanzliche Stoffe aus der Landwirtschaft, Gülle

Nebenbestandteile:
Organische Substanz 5 %

Lagerungshinweise:
Lagerung nur in geeigneten und zugelassenen Behältern/Anlagen...

Anwendungshinweise:
Kalium und Phosphat können in der Fruchtfolge zu 100 % ...
ohne Gewähr

Zu beachten sind:

Kennzeichnungsschwellen
Aufbereitungshilfsmittel
Anwendungshilfsmittel
Fremdbestandteile
Schadstoffe
Zulässige weitere Angaben

www.kompost.de



Beispieldeclaration NPK Dünger

Warendeklaration der RAL-Gütesicherung¹⁾

Kennzeichnung

gemäß Düngemittelverordnung

Organischer NPK-Dünger 0,47-0,18-0,44 mit Spurennährstoffen
unter Verwendung von pflanzlichen Stoffen aus der Landwirtschaft, tierischen Nebenprodukten

0,47 % N Gesamtstickstoff
0,18 % P₂O₅ Gesamtphosphat
0,44 % K₂O Gesamtkaliumoxid
0,0021 % Zn Gesamtzink

Nettomasse und ggf. Volumen: siehe Lieferschein

Inverkehrbringer:
Mustermann GmbH
Muster Allee 1
04567 Musterstadt

Ausgangsstoffe:

Pflanzliche Stoffe aus der Landwirtschaft (80%), Gülle.

Nebenbestandteile:

0,24 % N Ammoniumstickstoff
0,08 % MgO Gesamtmagnesiumoxid
0,03 % S Schwefel
0,33 % CaO Basisch wirksame Bestandteile
4,71 % Organische Substanz

Hinweise zur Lagerung:

Lagerung nur in geeigneten und zugelassenen Behältern/Anlagen unter Berücksichtigung anderer Rechtsbestimmungen. Vor der Entnahme ausreichend durchmischen.

Hinweise zur Anwendung:

Hinweise zur sachgerechten Anwendung siehe Anlage LW. Die Empfehlungen der amtlichen Beratung sind vorrangig zu berücksichtigen.

Anwendungsvorgaben:

Bei Anwendung dieses Düngemittels sind die Sperrfristen der Düngerverordnung in den Wintermonaten zu beachten.

Sonstige Angaben:

Hygieneanforderungen geprüft und eingehalten.

Frei von keimfähigen Samen und austriebfähigen Pflanzenteilen

Düngewert²⁾ 6,66 €/t 6,66 €/m³
Humuswert⁴⁾ 1,39 €/t 1,39 €/m³

Stickstoff aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft 0,9 kg/t FM

Zu beachten sind:

- Kennzeichnungsschwellen
- Aufbereitungshilfsmittel
- Anwendungshilfsmittel
- Fremdbestandteile
- Schadstoffe
- Zulässige weitere Angaben

www.kompost.de



Nährstoffgehalte in NawaRo Gärprodukten

Mittelwert; Spannweite als 10/90er Perzentil

Merkmale	NawaRo-Gärprodukt	NawaRo-Gärprodukt
	- flüssig -	- fest* -
Trockenmasse (%)	6,9 4,6 – 10,1	27,5 21,1 – 30,1
Gesamtstickstoff (N) (kg/t bzw. kg/m ³)	4,9 3,3 – 7,1	6,8 4,3 – 9,6
Stickstoff, mineral. (kg/t bzw. kg/m ³)	2,4 1,0 – 4,5	1,4 0,7 – 3,1
Phosphat (P ₂ O ₅) (kg/t bzw. kg/m ³)	2,0 0,9 – 3,6	6,9 2,8 – 21,2
Kalium (K ₂ O) (kg/t bzw. kg/m ³)	5,2 3,7 – 6,6	7,5 3,5 – 7,8
pH-Wert	7,9 7,5 – 8,3	8,6 8,1 – 8,9
Organ. Substanz (kg/t bzw. kg/m ³)	29,2 18,5 – 43,4	134 96,8 – 143,7
Probenzahl	107	34

*Hier werden feste Gärprodukte mit einem Trockenmasseanteil von < 70 % ausgewertet, um getrocknete Gärprodukte auszuschließen.

Quelle: Daten der BGK in: DLG Merkblatt „Gärprodukte effizient einsetzen“ 2013

www.kompost.de



Nährstoffgehalte in Gärprodukten

Mittelwert; Spannweite als 10/90er Perzentil

Merkmale	Gärprodukt (Bioabfälle)	Gärprodukt (Bioabfälle)
	- flüssig -	- fest* -
Trockenmasse (%)	6,5 2,5 – 13,6	35,6 24,5 – 48,1
Gesamtstickstoff (N) (kg/t bzw. kg/m ³)	4,8 2,7 – 6,7	9,2 4,6 – 21,2
Stickstoff, mineral. (kg/t bzw. kg/m ³)	3,0 1,3 – 4,8	1,3 0,2 – 3,3
Phosphat (P ₂ O ₅) (kg/t bzw. kg/m ³)	1,8 0,7 – 2,8	6,6 3,0 – 11,8
Kalium (K ₂ O) (kg/t bzw. kg/m ³)	2,5 1,2 – 4,3	4,3 2,8 – 6,3
pH-Wert	8,1 7,7 – 8,6	8,1 7,5 – 8,7
Organ. Substanz (kg/t bzw. kg/m ³)	20,0 8,0 – 39,1	113,2 77,4 – 148,2
Probenzahl	879	62

*Hier werden feste Gärprodukte mit einem Trockenmasseanteil von < 70 % ausgewertet, um getrocknete Gärprodukt auszuschließen .

Quelle: Daten der BGK in: DLG Merkblatt „Gärreste effizient einsetzen“ 2013

www.kompost.de



Grenzwerte für Wirtschaftsdünger und NPK Dünger

Schadstoffe in Wirtschaftsdüngern **nur bei begründetem Verdacht** zu analysieren (in mg/kg TM deklarieren; Anlage 2 Tabelle 1.4 DüMV):

Schadstoff	Kürzel	deklarieren ab	Grenzwert
Arsen	As	20 mg/kg TM	40 mg/kg TM
Blei	Pb	100 mg/kg TM	150 mg/kg TM
Cadmium	Cd	1 mg/kg TM	1,5 mg/kg TM
Chrom ges.	Cr	300 mg/kg TM	
Chrom VI	CrVI	1,2 mg/kg TM	2 mg/kg TM
Nickel	Ni	40 mg/kg TM	80 mg/kg TM
Quecksilber	Hg	0,5 mg/kg TM	1 mg/kg TM
Thallium	Tl	0,5 mg/kg TM	1 mg/kg TM
Perfluorierte Tenside	PFT	0,05 mg/kg TM	0,1 mg/kg TM
I-TE Dioxine und dl-PCB			30 ng WHO-TEQ

Es wird empfohlen, Schadstoffe einmalig untersuchen zu lassen. Solange Haltungssystem und Fütterung (auch bei Biogasanlagen) sich nicht ändern und Schadstoffgehalte unterhalb der Kennzeichnungsschwelle liegen, ist keine erneute Untersuchung auf Schadstoffe notwendig.

Quelle: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, 1/2013

Hinweis: Dioxingrenzwerte gelten nicht für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft und Gärreste ohne Biofall

www.kompost.de



DüV in Verbindung mit der DüMV

	Nährstoffe	Werte DüV	Gärprodukte	NawaRo Gärprodukte
Flüssige Gärprodukte mit wesentlichen Nährstoffgehalten	N-gesamt in % TM P ₂ O ₅ % TM	>1,5 oder >0,5	100 % n=1896	100 % n= 235
Flüssige Gärprodukte mit wesentlichen Gehalten an verfügbarem Stickstoff	N-gesamt in % TM N-verfügbar	>1,5 > 10 % von N-ges.	99 %	99 %
Feste Gärprodukte mit wesentlichen Nährstoffgehalten	N-gesamt in % TM P ₂ O ₅ % TM	>1,5 oder >0,5	100 % n=152	100 % n=87
Feste Gärprodukte mit wesentlichen Gehalten an verfügbarem Stickstoff	N-gesamt in % TM N-verfügbar	>1,5 > 10 % von N-ges.	46 %	36 %

www.kompost.de



Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger (WDüngV)

WDüngV gilt für

das Inverkehrbringen, das Befördern und die Übernahme von Wirtschaftsdüngern sowie von Stoffen, die als Ausgangsstoff oder Bestandteil Wirtschaftsdünger enthalten

WDüngV gilt nicht

für einen Beförderungsumkreis von 50 km (auch zwischen Betrieben) wenn ein Betrieb nicht mehr als 200 t pro Kalenderjahr aufnimmt wenn der abgebende Betrieb nicht aufzeichnungspflichtig i.S. DüV ist die Abgabe in Gebinden kleiner 50 kg an Verbraucher abgegeben werden

www.kompost.de



Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger (WDüngV)

Lieferschein mit Angaben zu

1. Name und Anschrift des Abgebers,
2. Datum der Abgabe, des Beförderns oder der Übernahme,
3. Menge in Tonnen Frischmasse und Angabe der Wirtschaftsdüngerart oder des sonstigen Stoffes
4. Gehalte an Stickstoff (Gesamt N) und Phosphat (P_2O_5) in kg/t FM
Menge Stickstoffs aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft
5. Name und Anschrift des Beförderers,
6. Name und Anschrift des Empfängers.

Abgeber, Beförderer sowie Empfänger unterschreiben und haben eine dreijährige Aufbewahrungspflicht

www.kompost.de



Melde- und Mitteilungspflicht

Meldepflicht

Betriebe, die Wirtschaftsdünger aus anderen Staaten oder anderen Bundesländern aufnehmen (verwerten, handeln) müssen diese Tätigkeit jährlich der zuständigen Behörde für das vorangegangene Jahr bis spätestens 31. März melden. (§ 4)

Mitteilungspflicht

Betriebe, die Wirtschaftsdünger erstmalig in den Verkehr bringen, (abgeben, befördern, handeln) müssen dies einen Monat vor der erstmaligen Tätigkeit der zuständigen Behörde einmalig mitteilen. Gleiches gilt beim erstmaligen Import (§5) aus dem Ausland.

www.kompost.de



Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens von Gärprodukten zu Dünge Zwecken

Inverkehrbringen von Gärprodukten aus Bioabfällen und tierischen Ausgangsstoffen

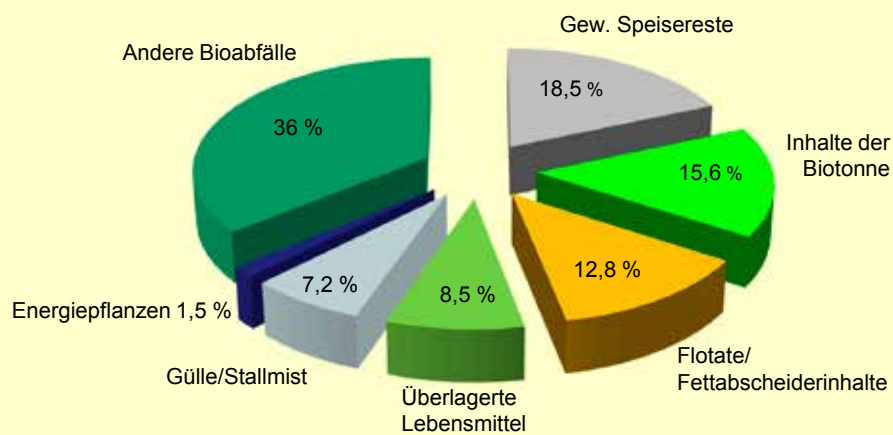
Folie 17

RAL-Gütesicherung



Inputstoffe abfallvergärender Biogasanlagen

(Daten aus der RAL-Gütesicherung, Stand 2014)

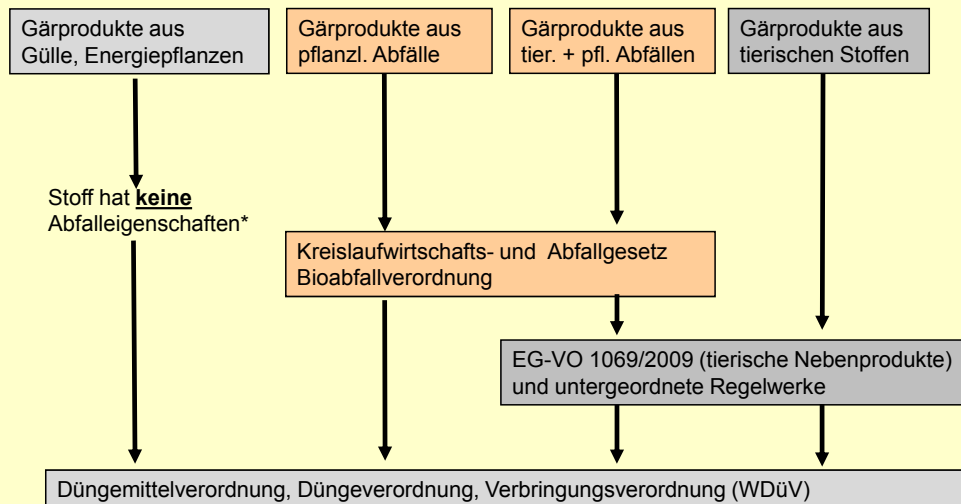


Datenbasis 2014
121 Biogasanlagen
3,2 Mio. t Inputstoffe

www.kompost.de



Rechtsbereiche zum Inverkehrbringen von Gärprodukten



* Abfalleigenschaften gemäß § 3 Abs. 1 KrW/AbfG

www.kompost.de



Inhalte der Bioabfallverordnung

Themenbereiche:

- Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden
- Anwendung Behandlung und Untersuchung von **pflanzlichen Bioabfällen** (Ausgangsstoffliste)
- Qualität (Phyto- und Seuchenhygiene, Schwermetallgrenzwerte,...)
- Rückverfolgbarkeit
- **Lieferscheinverfahren**
- Aufwandmengen
- Anforderungen an Gütesicherungssystemen

www.kompost.de



Lieferscheinverfahren

(HzV S. 87)

Kann der abgegebene Bioabfall nicht mit einem Gütezeichen ausgewiesen werden oder ist eine Befreiung vom Lieferscheinverfahren nicht gegeben:

- Verpflichtende Verwendung des Lieferscheins nach Anhang 4
→ auf der Internetseite des BMUB und BGK.net
- Bei jeder Abgabe von Bioabfällen und Gemischen
- Merkblatt für die Dokumentations- und Meldepflicht des Bewirtschafters und des Zwischenabnehmers www.kompost.de und www.bmu.de/N40696

www.kompost.de



Kennzeichnungs- und Berichtspflichten

Voraussetzung für die Befreiung vom Lieferscheinverfahren:

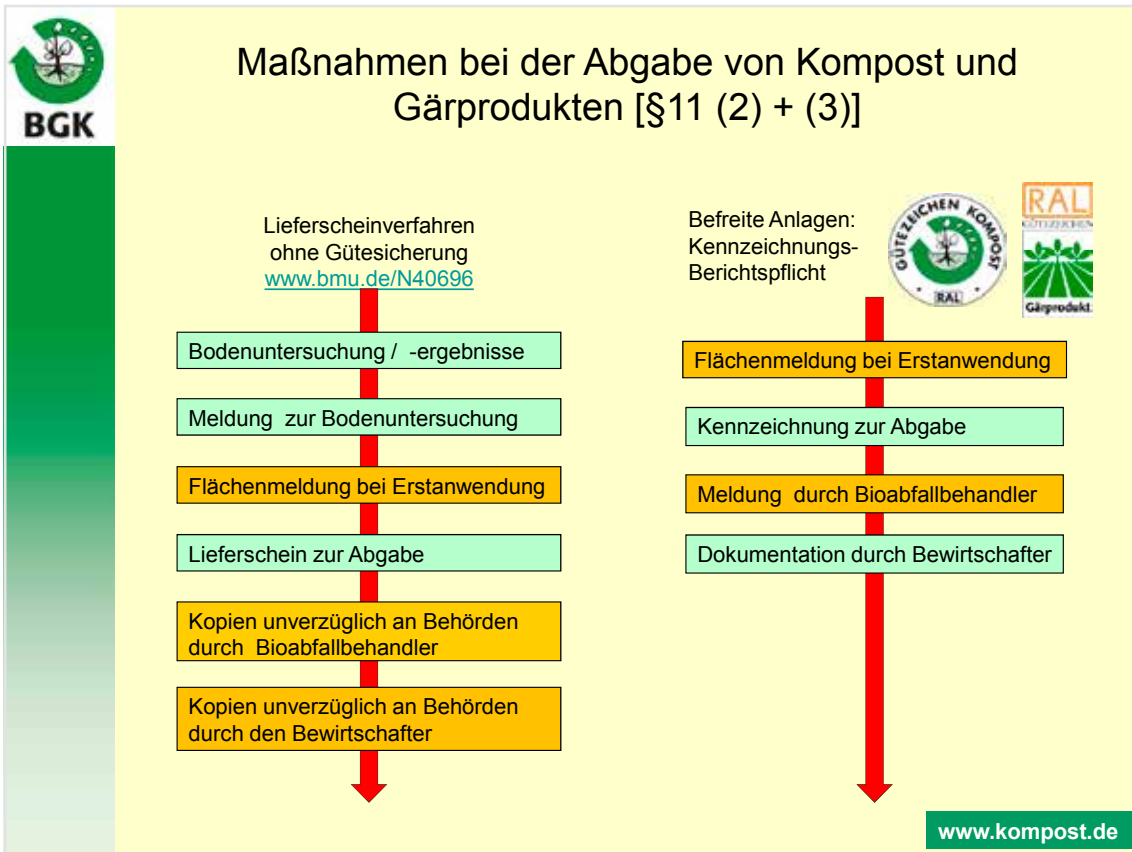
- Berechtigung zur Führung des Gütezeichens
 - Mitgliedschaft allein ist nicht ausreichend
- Befreiung durch die für die Behandlungsanlage zuständige Behörde
 - erfolgt nicht „automatisch“

Meldung an die für die Ausbringungsfläche zuständige Behörde

→ Diese erhält nicht zwangsläufig den Bescheid zur Befreiung

- Merkblatt für den Bewirtschafters und den Zwischenabnehmer zur Umsetzung der „vereinfachten“ Dokumentations- und Meldepflicht unter www.kompost.de

www.kompost.de



Angaben im Prüfzeugnis (Seite 1)

RAL Prüfzeugnis
 RAL-GZ 251 PZ-Nr.: 9999-1404-023
 Fertigkompost (feinkörnig)

RAL-Gütesicherung Kompost
 Chargenprüfzeugnis
 Seite 1 von 2
 Anlage Musterwahl (BGK-Nr. 9999)
 Muster-Artikel 1
 400E7 Musterwahl
 Prüfdatum: 14.03.2014

Rechtsbestimmungen:

- Bioabfallverordnung
- Düngemittelverordnung
- EU-Umweltzeichen

Regelwerke:

- RAL-Gütesicherung (RAL-GZ 251) (Biomasseverwertungs)
- Wasserschutzgebiete (gemäß für MZG 4)
- Betriebsmittel für den Ökolanbau (FBL Nr. 12/04)

Warenbeschreibung
 Düngemittel MZG (Anlage 1) RAL-GZ 251
 mit Nährstoffzusatz
 Düngemittel MZG (Anlage 1) RAL-GZ 251
 mit Nährstoffzusatz
 Düngemittel MZG (Anlage 1) RAL-GZ 251
 mit Nährstoffzusatz

Ergebnisse und Einzelwerte

Einzelwert	Min.	Max.
Bioeffizienz (gem. 40)	8,57	9,32
Bioeffizienz (gem. 50)	9,23	9,23
Bioeffizienz (gem. 60)	9,74	9,74
Phosphor (gem. P ₂ O ₅)	4,25	3,39
Kalium (gem. K ₂ O)	7,49	5,25
Nitrogen (gem. N ₂ O)	4,37	3,21
Bioeffizienz (gem. C ₂ H ₅)	29,39	29,37
pH-Wert	8	
Säuregrad	4,12	gf
Cl ₂ -Verhältnis	12	
Organische Substanz	239	kg/t
Humus C	79	kg/t

Anwendungsempfehlungen

- Landschaftbau
- Landschaftbau
- Erdbeeren

Anwendungsempfehlungen

- Landschaftbau siehe Anlage 1/2
- Landschaftbau siehe Anlage 1/3

Abgabe als biologisch stabilisierter und hygienisierter Bioabfall

Ggf. Hinweis auf Grünlandverbot

www.kompost.de



Angaben im Prüfzeugnis (Seite 2)

RAL Untersuchungsbericht
RAL-GZ 251 PZ-Nr.: 9999-1404-023
Fertigkompost (feinkörnig)

Bioherwand (BGK-Nr.: 9999)
Seite 2 von 2
Datum: 20.10.2014
Probefrist: am 14.03.2014
Tgl.-Nr. 2014
Prüfabor: BGK-Nr.: 130

Allgemeine Angaben
Auftraggeber / an: Musterfrau-Scholz
Mustername: Herr Mustermann
Prüfnummer / an: BGK-Nr.: 9999
Prüfobjekt: Lager-Müschelweiz (SGL-Nr.: 433)
Ursprungsland: Österreich
Produktionsort: 14.03.2014
Anfertigungs- oder Liefer-: 14.03.2014
Bestimmte Erzeugnisse: Fertighäckerl (5 - 12 mm)
Euse Ware
Produktionsart: Mez
Chargenbezeichnung: 2014-01-01
SE Prozessüberwachung geprüft, nicht beanstandet

Ausgangsstoffe¹⁾
Arzt...
20% - 42 Gersten und Futtermittel
40% - AT Inhalt der Substrate

Werte
1) Ausgangsstoffe gemäß Liste zulässiger Ausgangsstoffe für die Herstellung organischer Komposte und Gärsubstrate der BGK

Bemerkung Probefristnehmer / an:
Bemerkung Prüflabor:
Die Probefrist und Untersuchung wurde gemäß dem Methodenbuch der BGK e.V. durchgeführt.
Musterbuch, den 14.04.2014

Analysenergebnisse

Parameter	Wert	Einheit
Phosphorsäurestoff	1,26	% TM
Stickstoff, gesamt (N)	0,57	% TM
Phosphat, gesamt (P ₂ O ₅)	1,54	% TM
Kalkumstoff, gesamt (K ₂ O)	0,73	% TM
Magnesiumstoff, gesamt (MgO)	30	mg/kg FM
Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	200	mg/kg FM
Phosphat-Milch (P ₂ O ₅)	1980	mg/kg FM
Kalkumstoff-Milch (P ₂ O ₅)	2460	mg/kg FM
Substratbestandteile		
Organische Substrate (200 ANFC)	37,5	% TM
Reststoffe weiche Bestandteile (GW)	4,30	% TM
Phosphorsäure	703	g/l
Stickstoff	26,5	g/l FM
Substrat (Euse 1-5)	4,12	g/l FM
pH-Wert (pH ₂₅)	8,0	
Kohlensäure (V ₂₀)	5	(24°C)
Freisäure + Stärke gesamt	0,38	% TM
Wasserlöslich	0,08	% TM
Wasserlöslichkeit (Flächenanalyse)		
Nach 10 min	1,00	% TM
Biologische Parameter/Werte		
Pflanzenerkranktheit:		
bei 20% Prüfabstrichanteil	100	%
bei 50% Prüfabstrichanteil	99	%
Kornfähige Samen / keimf. Pflanzenteile	0	g/l FM
Schwermetalle		
Blei (Pb)	37,0	mg/kg TM
Calcium (Ca)	0,38	mg/kg TM
Chrom (Cr)	21,7	mg/kg TM
Kupfer (Cu)	20,0	mg/kg TM
Nickel (Ni)	13,2	mg/kg TM
Zink (Zn)	0,39	mg/kg TM
Zusätzliche Parameter		
Zusätzliche Parameter		

Chargenkennzeichnung:
Untersuchte Charge
Ausweisung im Lieferschein

Untersuchungsstelle und
Zeitpunkt der Untersuchung

Beschreibung der Materialien

Untersuchungsergebnisse des
Bioabfalls

www.kompost.de



Angaben im Prüfzeugnis (Seite 3)

RAL Anwendung Landwirtschaft
RAL-GZ 251 Anlage LW zum PZ-Nr.: 9999-1404-023
Fertigkompost (feinkörnig)

Bioherwand (BGK-Nr.: 9999)

Tabelle 1: Daten zur Düngerechnung
(Angebot in der Frischmasse)

Substrat	%	kg/t	kg/m ³
Stroh/Heu (gesamt) (St)	0,89	8,97	8,22
Stroh/Heu (Misch) (St)	0,81	8,10	7,22
Stroh/Heu (einzelartig) (St)	0,57	5,70	5,20
Stroh/Heu (einzelartig) (St)	0,24	2,39	2,18
Phosphat (gesamt) (P ₂ O ₅)	0,43	4,26	3,89
Kalkumstoff (K ₂ O)	0,25	2,48	2,26
Magnesiumstoff (MgO)	0,48	4,67	4,21
Rest weiche Bestandteile (GW)	2,46	24,6	22,1
Organische Substrate	23,9	236	217
Humus-C	7,54	75,4	69,3

Tabelle 2: Kalkulationswerte für Aufwendungen
(Hier: Umrechnung von Stickstoff in P₂O₅-Angebot gemittelt)

P ₂ O ₅ -Aufwandmenge (t/ha)	N ₂₀ (kg/ha)	N ₁₅ (kg/ha)	N ₁₀ (kg/ha)	CaO (kg/ha)
10	1,7	0,9	19	67
30	5,2	2,7	59	201
50	8,7	4,6	98	336

Tabelle 3: Mittlere Aufwendungen und Düngewert
(Bei Bedarf einer dreijährigen Fruchtfolge)

Aufwandmenge (t/ha)	Düngewert ¹⁾ (kg N ₂₀ /t)	Humuswert ²⁾ (t/ha)
jährlich 14	30	158
alle 3 Jahre ³⁾ 42	90	475

Umrechnungsfaktor zur Angabe der Aufwandmenge in TS

Höchstzulässige Ausbringungsmenge 20 oder 30 t/ha in 3 Jahren

Zulässigkeit der Ausbringung auf Grünland und mehrschnittigen Feldfutterflächen

Umrechnungsfaktor zur
Angabe der Aufwandmenge
in TS

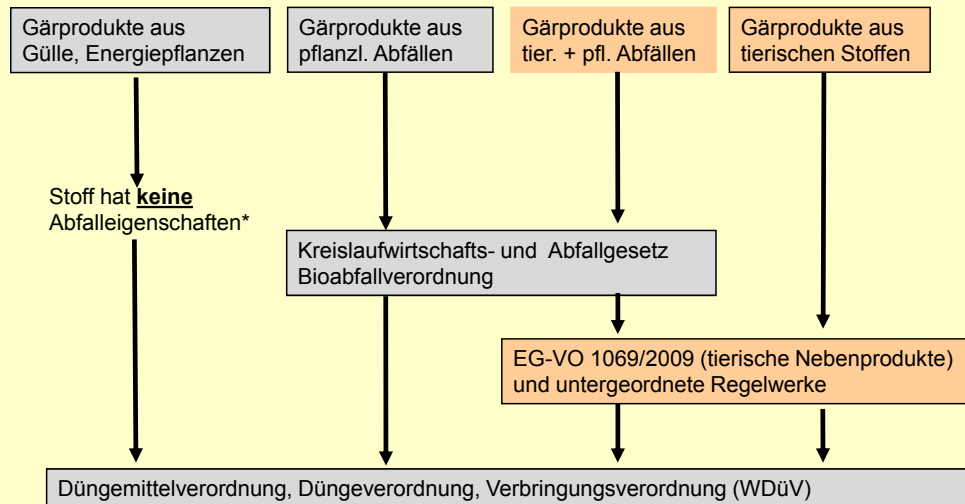
Höchstzulässige
Ausbringungsmenge
20 oder 30 t/ha in 3 Jahren

Zulässigkeit der Ausbringung
auf Grünland und mehr-
schnittigen Feldfutterflächen

www.kompost.de



Rechtsbereiche zum Inverkehrbringen von Gärprodukten



* Abfalleigenschaften gemäß § 3 Abs. 1 KrW/AbfG

www.kompost.de



Regelungsbereiche tierischer Nebenprodukte

EU Hygieneverordnung (EG VO 1069/2009)

„Hygieneanforderungen an nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte“:

Definition von 3 Risikogruppen an tierischen Nebenprodukten an diese Einteilung werden Vorgaben gebunden:
Transport, Behandlung, Verwertung bzw. Beseitigung,
Anforderungen an Behandlungsanlagen und deren Zulassung

=> DüMV: Stoffe der Kategorie I werden ausgeschlossen
=> z.B. Tierkörpermehle (Kat. II) nach DüMV zugelassen,

Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung

Registrierungspflicht für Transporteure und Behandlungsanlagen

(Liste im Internet unter www.bmel.de)

Handelspapierverfahren für die Rückverfolgbarkeit

Untersuchungspflichten

Behandlungspflichten (z.B. Speisereste nach nationalem Recht

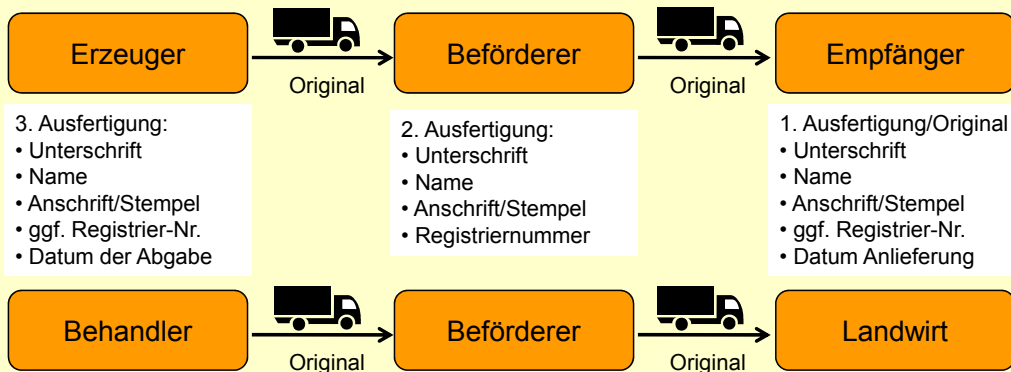
=> Pasteurisierung oder thermophile Behandlung nach BioAbfV)

www.kompost.de



Handelspapierverfahren nach TierNebV - dreifach

Magen- und Darminhalte, Fermentationsrückstände und Komposte, Wolle, Eierschalen

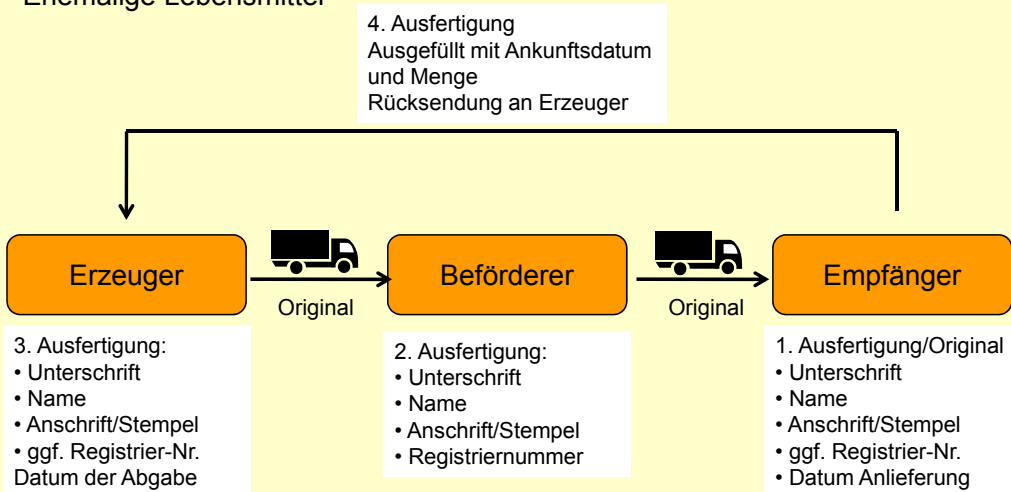


www.kompost.de



Handelspapierverfahren nach TierNebV - vierfach

Ehemalige Lebensmittel



www.kompost.de



Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens von Gärprodukten zu Düngezwecken

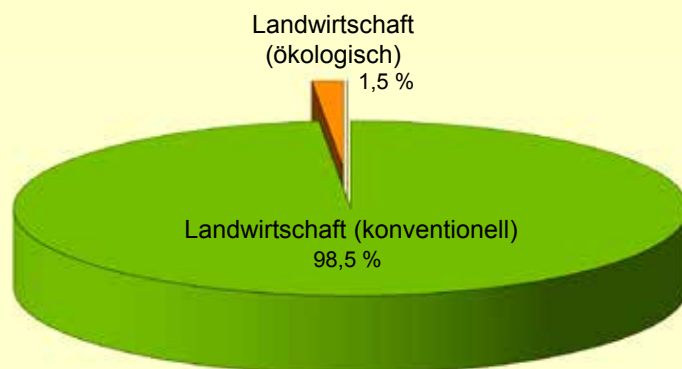
Ausblick auf das Inverkehrbringen aufbereiteter Gärprodukte

Folie 31

RAL-Gütesicherung



Aktuelle Vermarktungswege der Gärprodukte (NawaRo-Gärprodukte, Daten aus der RAL-Gütesicherung)

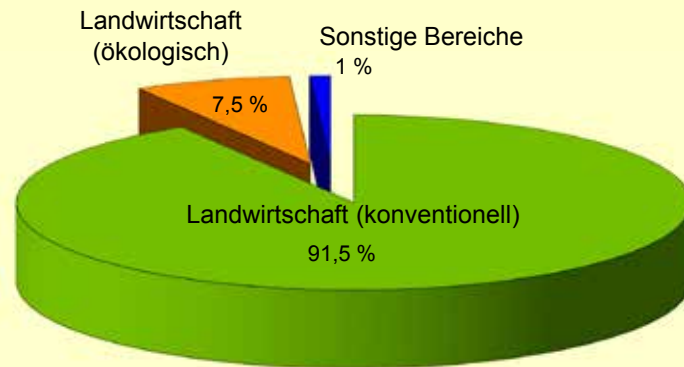


Datenbasis 2014
21 Biogasanlagen
880.000 t Inputstoffe

www.kompost.de



Aktuelle Vermarktungswege der Gärprodukte (flüssige Gärprodukte, Daten aus der RAL-Gütesicherung)

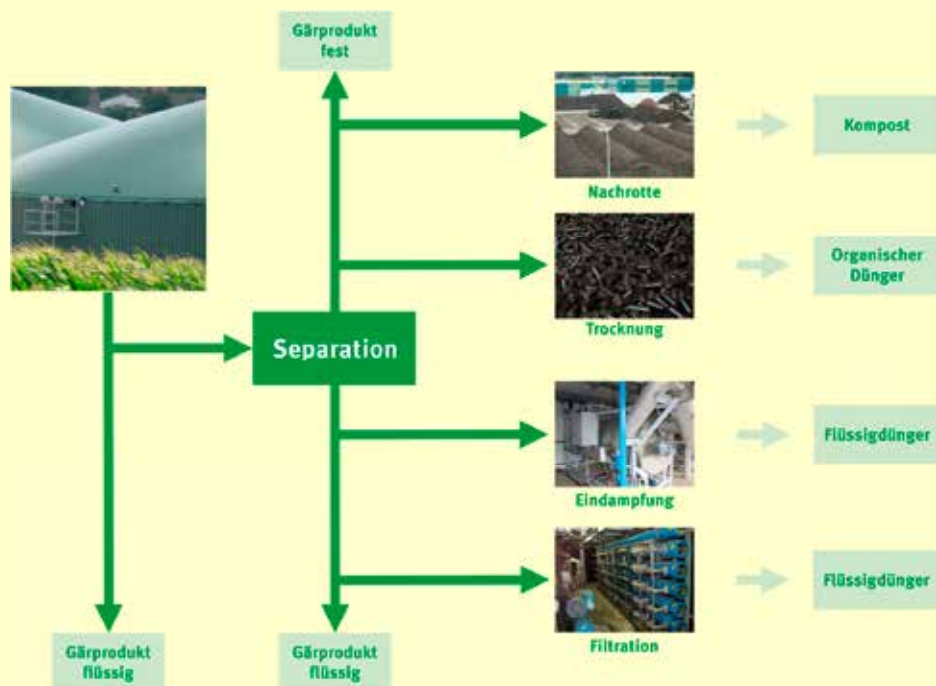


Datenbasis 2014
120 Biogasanlagen
3,1 Mio. t Inputstoffe

www.kompost.de



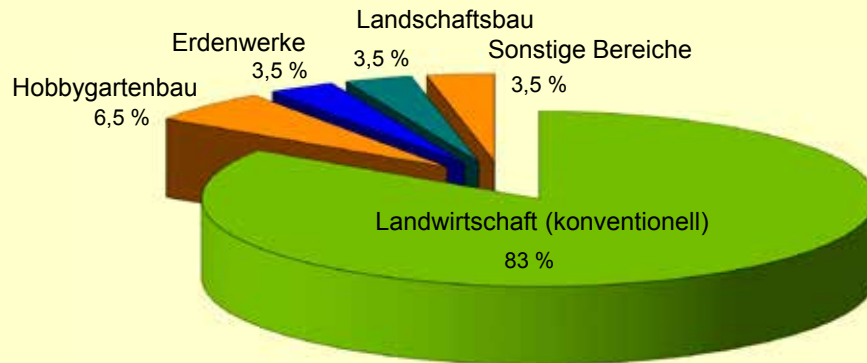
Düngemittel aus der Gärproduktaufbereitung



www.kompost.de



Aktuelle Vermarktungswege der Gärprodukte (feste Gärprodukte, Daten aus der RAL-Gütesicherung)



Datenbasis 2014
23 Biogasanlagen
104.000 t Inputstoffe

www.kompost.de



Ausblick für aufbereitete Gärprodukte

- Neue marktfähige Düngeprodukte
- Zielgerichteter Einsatz in der Landwirtschaft
- Vermarktung auch außerhalb der Landwirtschaft möglich

- ➔ Welche Kennzeichnung ist nach der Aufbereitung vorzunehmen?
- ➔ Handelt es sich nach der Aufbereitung um ein neu entstandenes Düngemittel/Produkt?
- ➔ Sind für das aufbereitete Gärprodukt Vorgaben der Bioabfallverordnung oder der Düngeverordnung gültig?
- ➔ Greift die Produkthaftung?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Diese und weitere Informationen unter:
www.Kompost.de

www.kompost.de

Vermarktung von Biogas-Gärprodukten – die Perspektive der Anbieter

MSc. Johannes Dahlin (Universität Rostock, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen); Prof. Dr. Carsten Herbes (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen); Prof. Dr. Michael Nelles (Universität Rostock, Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH)

In Europa werden über 95 % der produzierten Gärprodukte im landwirtschaftlichen Bereich eingesetzt¹. In Regionen mit einem Nährstoffüberschuss oder bei Mangel an eigenen Ausbringungsflächen auf Seiten der Anlagenbetreiber ist der Einsatz im unmittelbaren Umfeld schwer zu realisieren. Ein möglicher Ansatz ist, die Gärprodukte in Regionen mit Nährstoffbedarf zu transportieren oder in den nicht landwirtschaftlichen Bereich (GaLaBau, Privatkunden) zu vermarkten.

Um hemmende sowie fördernde Faktoren bei der Vermarktung von Gärprodukten zu ergründen, wurden 16 Interviews mit Vermarktern von Gärprodukten durchgeführt und in einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Von den Vermarktern wird u.a. Zeit- und Ressourcenmangel sowie eine geringe Produktvielfalt und Menge des eigenen Angebots als Hemmnis für eine professionelle Vermarktung empfunden. Die interviewten Personen waren meist Biogasanlagenbetreiber sowie Lohnunternehmer und Erden- bzw. Düngemittelhersteller. Gärprodukte sind abhängig vom eingesetzten Substrat sehr inhomogen und können eine hohe Varianz bei den Inhaltsstoffen und Trockensubstanzgehalten aufweisen². Rohe Gärprodukte können technisch (Separation, Trocknung) sowie stofflich (Zusatz von organischen und mineralischen Produkten) aufgewertet werden. Zielmärkte der Befragten waren der gesamte Agrarbereich sowie der Garten- und Landschaftsbau und der Privatbereich. Für den Agrarbereich als Zielmarkt kommt eine Vielzahl von Produkten (fest, flüssig, unbehandelt, aufbereitet) in Frage. Im Privat- und Gartenbaubereich wurden nur feste und aufbereitete Produkte, z. B. Granulate, Pellets oder Pulver ausfindig gemacht. Eine Kombination von organischen und mineralischen Stoffen (Hornmehl, Stickstoff, etc.) wurde in diversen Fällen zur Realisierung gewünschter Eigenschaften eingesetzt. Die Herkunft des Ausgangssubstrates hat einen wichtigen Einfluss bei der Vermarktbarkeit des Gärproduktes. Einige Vermarkter lehnen z. B. den Einsatz von Gärprodukten aus Abfallanlagen ab. Dies ist u. a. auf höhere gesetzliche Anforderungen sowie auf mögliche Störstoffe im Gärprodukt zurückzuführen.

Die erzielten Preise sind sehr inhomogen und abhängig vom regionalen Kontext sowie dem Aufbereitungsgrad und dem Zielmarkt. Bei unbehandelten Gärprodukten werden Preise von 5 €/m³ bis –15 €/m³ erzielt. Pellets und Kügelchen erzielten bei Großkunden Preise von 0 bis 100 €/t. Für Pellets, die als Hühnerestreue eingesetzt werden können, wurden Preise von bis zu 200 €/t genannt. Auf Seiten der Privatkonsumenten werden bis zu 9 €/Liter als Endverkaufspreis erzielt. Die relativ hohen Preise bei den Privatkonsumenten müssen jedoch wegen der Handelsmargen bis 60% und des Verpackungsaufwands mit Vorsicht betrachtet werden. Private Konsumenten haben laut Vermarkter eine eher negative Einstellung zu Biogas. Daher sollte die Biogasherkunft ihrer Meinung nach auf einem Produkt nicht hervorgehoben werden. Ebenso ist bei der Anwendung der Produkte im Hobbybereich der Geruch z. T. als negativ empfunden worden. Die Wahrnehmung der Konsumenteneinstellungen durch die Hersteller ist allerdings durch direkte Konsumentenbefragungen noch zu überprüfen.

¹ Saveyn, H., & Eder, P. (2014). End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals. 25

² Nkoa, R. (2014). Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 473–492.

Viele BGA-Betreiber haben aufgrund der kleinen Strukturen sowie mangelnder Ressourcen nicht die Möglichkeit sich um die Vermarktung zu kümmern und ein Produktsortiment aufzubauen. Ein vielversprechender Ansatz zur Verbesserung der Aufbereitung und Vermarktung von Gärprodukten könnte der Zusammenschluss mehrerer BGA sein. Durch eine Ressourcenbündelung mehrerer Anlagen könnten Investitionen sowie Marketingaktivitäten leichter realisiert und das Risiko des Einzelnen minimiert werden.

Die Forschungsarbeit wurde im Rahmen des Forschungsprojektes GÄRWERT (FKZ 22402312) durchgeführt. Die Förderung des Projektes erfolgt durch finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe



Vermarktung von Biogas-Gärprodukten - die Perspektive der Anbieter

C. Herbes¹, J. Dahlin^{1,2}, M. Nelles^{2,3}

¹ Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Neckarsteige 6-10, D-72622 Nürtingen,

² Universität Rostock, ³ Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ)



Das Projekt GÄRWERT

- GÄRreste ökologisch optimiert und WERTorientiert aufbereiten und vermarkten
- Ziel: Transparenz über die Aufbereitung, Vermarktung und Anwendung von Gärprodukten zu schaffen
 - Technische Aspekte
 - Ökologische Aspekte
 - Pflanzenbauliche Aspekte
 - **Ökonomische Aspekte (Vermarktung und Kosten)**
- Verbundpartner:

Inhaltlich unterstützt:

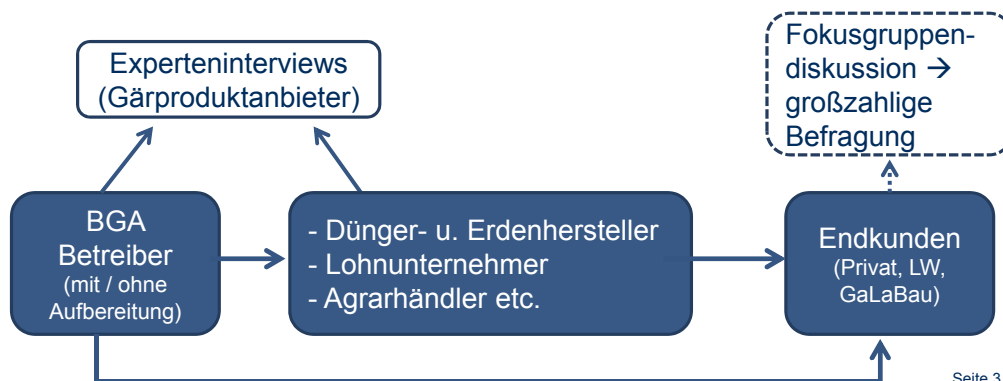


Seite 2

Vorgehen zur Untersuchung der Vermarktung

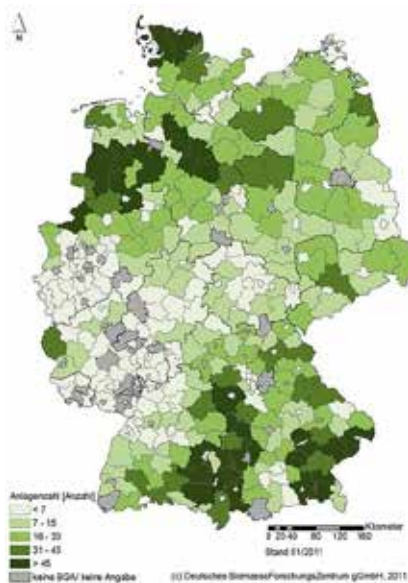
Empirisches Vorgehen

1. Experteninterviews → qualitativ
2. Fokusgruppendifkussion → qualitativ
3. Großzahlige Befragung → quantitativ



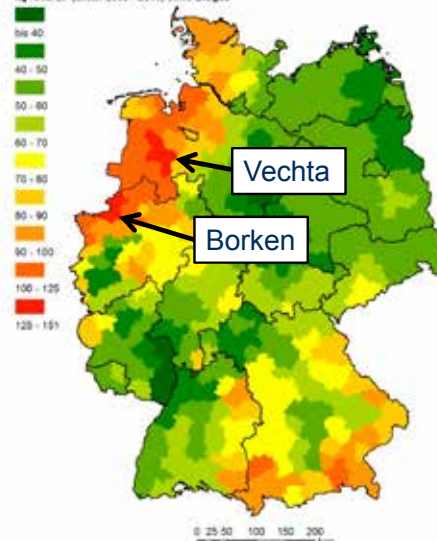
Seite 3

Nährstoffüberschüsse als Anstoß zur Aufbereitung



N-Überschuss für Kreise in Deutschland

kg N/ha L.F. (Mittel 2009 - 2011) ohne Biogas

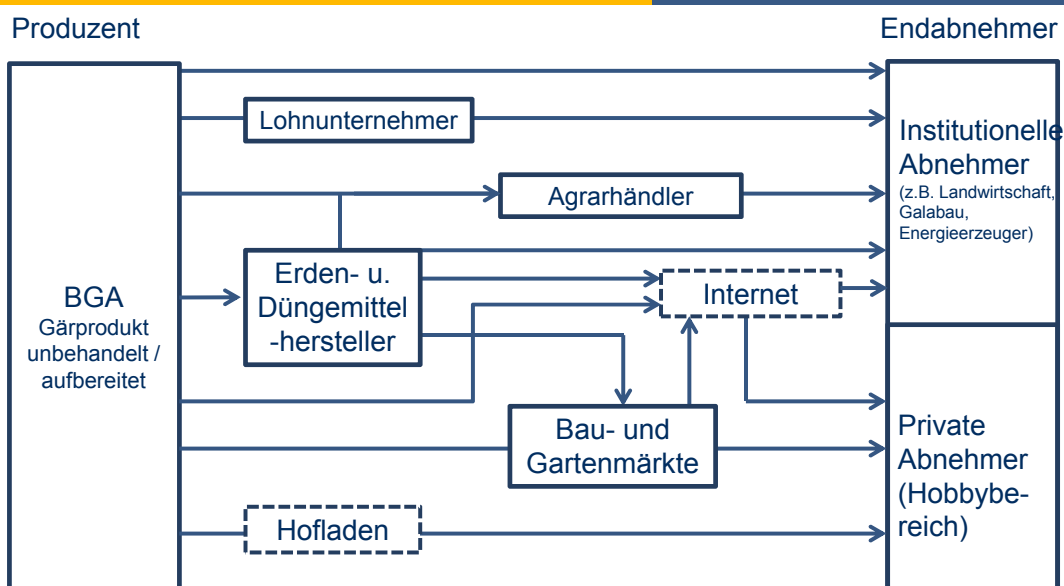


Einflussfaktoren und Motive

- **Regionen mit Nährstoffüberschüssen**
(25 €/t werden an der NL-Grenze für die Gülleentsorgung gezahlt)
- **Rechtliche Restriktionen u. Anreize**
Düngeverordnung, Abfallverordnung, KWK Bonus
- **Kein verfügbares Land auf Seiten der BGA**
Abhängigkeit von LW u. Lohnunternehmern
- **Unternehmerische Idee (Erden- u. Düngerhersteller)**
- **Vorwärtsintegration von Aufbereitungstechnologieherstellern**

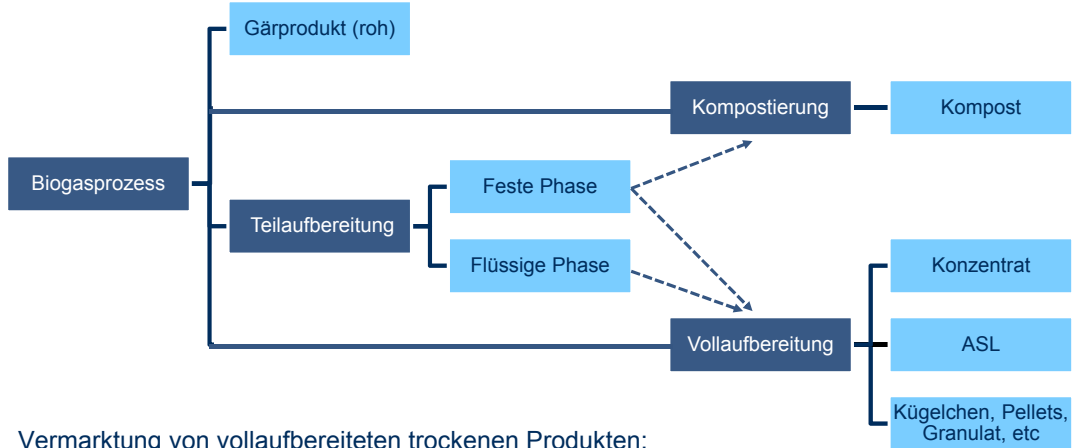
Seite 5

Akteure und Vertriebswege



Seite 6

Produkte



Vermarktung von vollaufbereiteten trockenen Produkten:

- Vermarktung als 100%iges Gärprodukt oder als Mischprodukt
- Zugabe von:
 - Hornmehl, Kakaoschalen, Stickstoff (mineralisch)
 - Torf, Sand

Seite 7

Produkte



Produkte und Verpackung



- Verpackung und Größen
 - Frei Anlage / Feld (Tanker, Fass, etc.)
 - BigBag (1000L)
 - Kleinstmengen (1-50 L) (Säcke, Eimer, offener Verkauf)

Seite 9

Preise - Einflussfaktoren



Seite 10

Preise

- Ohne Aufbereitung: -15€ bis +5€/Tonne
(hohe regionale u. saisonale Preisdifferenzen)
- Aufbereitete Großmengen: 0-100€/Tonne (Düngerpellets/-kügelchen)
bis 200€/Tonne (Einstreupellets)
- Aufbereitete Kleinmengen: bis zu 9€/Liter

Seite 11

Kommunikation

- Tag der offenen Tür u. Anlagenbesichtigungen
- Feldtage für LW
- Workshops bezüglich der Kompostnutzung
- Spezielle Dienstleistungen (Erde ausfahren / Anlieferung in den Garten)
- Internet



Quellen Bilder: Webseiten der Anbieter

Seite 12

Kundenwahrnehmung aus Sicht der Anbieter

- **LW Kunden**
 - Generelle Zufriedenheit
 - Besonders bei Biobauern hohe Akzeptanz
 - Akzeptanz ist gestiegen
 - Reduzierte Akzeptanz bei Produkten aus Abfallanlagen
- **Kunden aus dem Gartenbaubereich (Profi, privat)**
 - Zufrieden mit der Wirkung/Eigenschaft (Komposte, org. Dünger)
 - Starker Geruch ist hemmender Faktor beim Verkauf
 - Biogasherkunft wird eher negativ bewertet
 - Organischer Dünger, nachwachsend, regional, torffrei / torfreduziert ist positiv

Seite 13

Barrieren für die erfolgreiche Vermarktung

- **BGA Betreiber**
 - Energieerzeugung steht im Fokus, begrenzte Ressourcen (Zeit, Geld)
 - Geringe Mengen an Gärprodukten (kleine BGAs), aber hohe Fixkosten für das Marketing
 - Schwierigkeiten, mit großen Strukturen zu konkurrieren
 - Transportdistanz von Gärprodukten ist begrenzt
- **Erden- und Düngerhersteller**
 - Inhomogene Nährstoffgehalte bei Gärprodukten
 - Alternative Substrate oft preiswerter
- **Bau- und Gartenmärkte**
 - Produktvielfalt erwünscht, durch Einzelanlagenbetreiber kaum zu leisten

Seite 14

Mögliche Lösungsansätze

- Stark variierende regionale u. Anlagen- bzw. produktspezifische Unterschiede
- Spezialisierung (LW hat meist keine Zeit für Marketing etc.)
- Zusammenarbeit mit Großabnehmer
- Zusammenschluss von BGAs (Pooling)
- Franchisemodell

Seite 15

Vielen Dank!

Die Forschungsarbeit wurde im Rahmen des Forschungsprojektes GÄRWERT (FKZ 22402312) durchgeführt. Die Förderung des Projektes erfolgt durch finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe



Seite 16

Ansprechpartner

Prof. Dr. Carsten Herbes

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

**Institute for International Research on Sustainable
Management and Renewable Energy (ISR)**

Neckarsteige 6-10

72622 Nürtingen

Telefon: 49 (0) 151-17124882

E-Mail: carsten.herbes@hfwu.de



Ökonomische Betrachtung der Ausbringung von Gärrückständen

Prof. Dr. Joachim Aurbacher, Peter Kornatz und Janine Müller (Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen)

Im Rahmen des EVA-Projektes wurde die Wirkung der Gärrestausbringung anhand verschiedener Versuche untersucht. Bei der ökonomischen Auswertung wurden die Kosten der Gärrestausbringung und der Wert der in den Gärrückständen enthaltenden Nährstoffe mit berücksichtigt. Es zeigte sich, dass der Wert der Gärreste aufgrund der enthaltenen Nährstoffe nicht zu unterschätzen ist. Auch die Pflanzenverfügbarkeit und damit die Düngewirkung haben sich in den Versuchen als gut erwiesen. Gärrest sollte deshalb gezielt als Dünger pflanzenbaulich eingesetzt werden. Eine unterwertige Verwendung des Gärrestes verschenkt dieses Potenzial und schwächt auch die Wirtschaftlichkeit der Substratanbauverfahren. Beim Einsatz von Gärrest sollte berücksichtigt werden, dass anfallender Gärrest auf jeden Fall ausgebracht werden muss, sollten die Ausbringungskosten dem Verfahren angelastet werden, das zur Substratproduktion eingesetzt wurde. In diesem Fall zeigt sich, dass in den meisten Fällen ein kompletter Ersatz des mineralischen Düngers durch Gärrest die ökonomisch günstigste Variante darstellt. Meist schneidet diese Variante vorzüglicher ab als ein teilweiser oder vollständiger Ersatz der Gärrestdüngung durch Mineraldünger.

Der Vorzüglichkeit von Gärrest sind lediglich durch die Transportkosten Grenzen gesetzt. Bei durchschnittlicher Gärrestqualität beträgt der Wert der Nährstoffe zwischen 10 und 15 €/t. Dem stehen Ausbringungskosten im Nahbereich von 3 bis 4 €/t gegenüber. Erst ab größeren Entfernungen von ca. 15 bis 40 km übersteigen die Kosten der Ausbringung (abzüglich gesparter Ausbringungskosten für Mineraldünger) den Nährstoffwert und führen somit zu höheren Kosten als eine Mineraldüngung. Aber auch bei weiten Entfernungen sollte Gärrest keinesfalls „entsorgt“ werden, denn die Düngewirkung kann auch auf Kulturen realisiert werden, die nicht dem Substratanbau dienen. Hier bietet sich eine Kooperation auch mit Nachbarbetrieben an, die nicht an der Biogasanlage durch Substratlieferung beteiligt sind. Eine Ausbringung auf anlagennahen Marktfruchtflächen ist sehr wahrscheinlich ein Win-Win-Geschäft für beide Seiten.



Ökonomische Betrachtung der Ausbringung von Gärrückständen

Fachtagung Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen

10.-11. März 2015
Berlin






Fachagentur Nachhaltigende Rohstoffe e.V.



Gründer durch
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

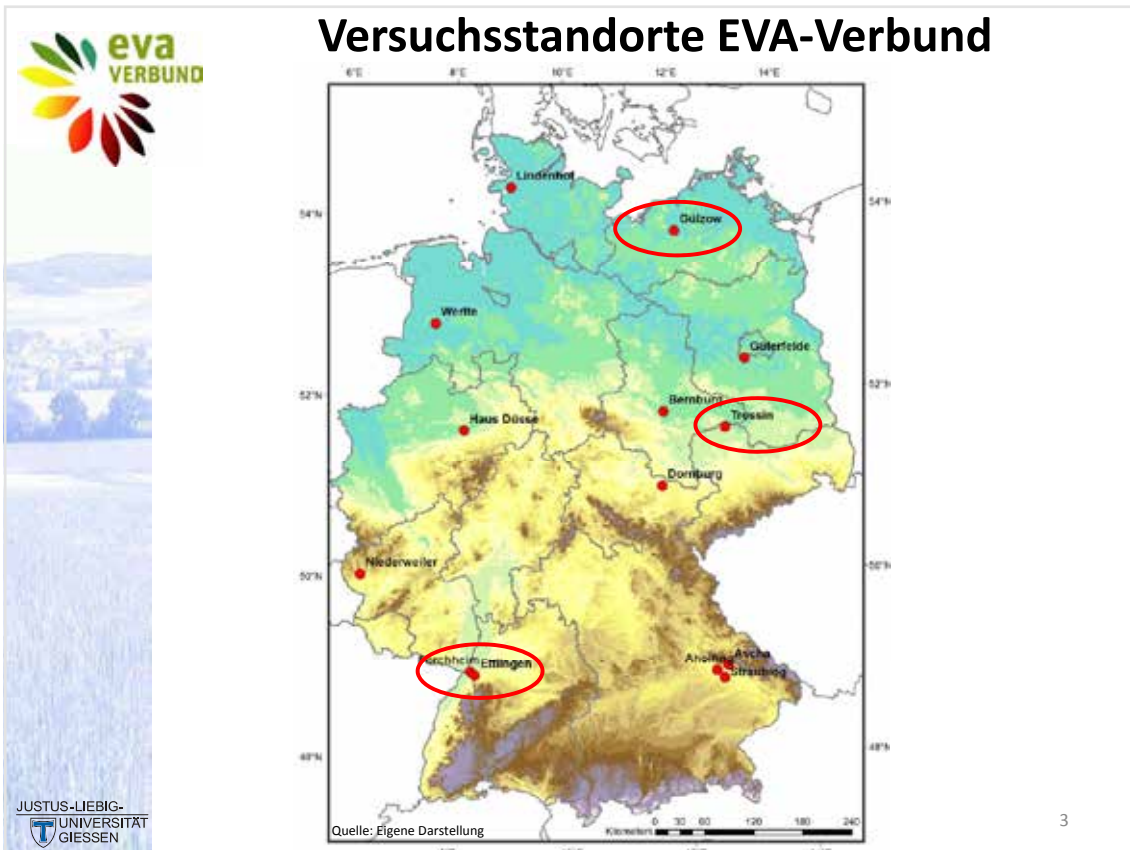
Prof. Dr. Joachim Aurbacher, Dipl. Geogr. Peter Kornatz, M. Sc. Janine Müller,
Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Uni Gießen



Überblick

1. Überblick Ergebnisse kleiner Gärrestversuch
2. Wert von Gärrest
3. Welche Rolle spielt die Entfernung?

2



Der sog. „kleine Gärrestversuch“

- Düngung einer Fruchtfolge von Kulturen mit drei unterschiedlichen Gärrestregimes:
 - Nur Mineraldünger (100 %)
 - 50 % Mineraldünger + 50 % Gärrest (gemessen am Stickstoff)
 - Nur Gärrestdüngung (100 %)Unterstellung eines Mineraldüngeräquivalents von Stickstoff von 70 %
- Erhebung und Auswertung von Verfahrensgängen, Erträgen, TM-Gehalten etc.
- Fruchtfolge: - **Mais** (Hauptfrucht)
 - W-Roggen (Winterzw.-frucht) + **Sorghum** (Zweitfrucht)
 - **W-Triticale** (Hauptfr.) + Weidelgras (Sommerzw.-frucht)
 - Winterweizen (Marktfrucht)

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

4

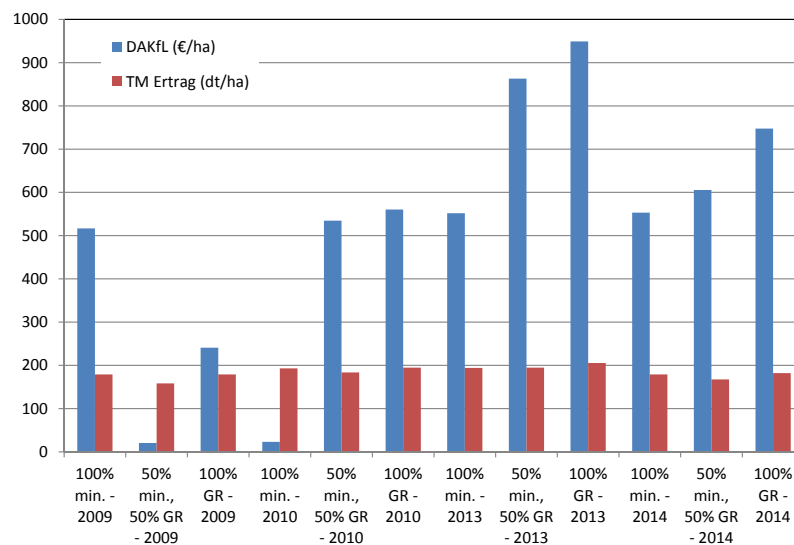


Methodik

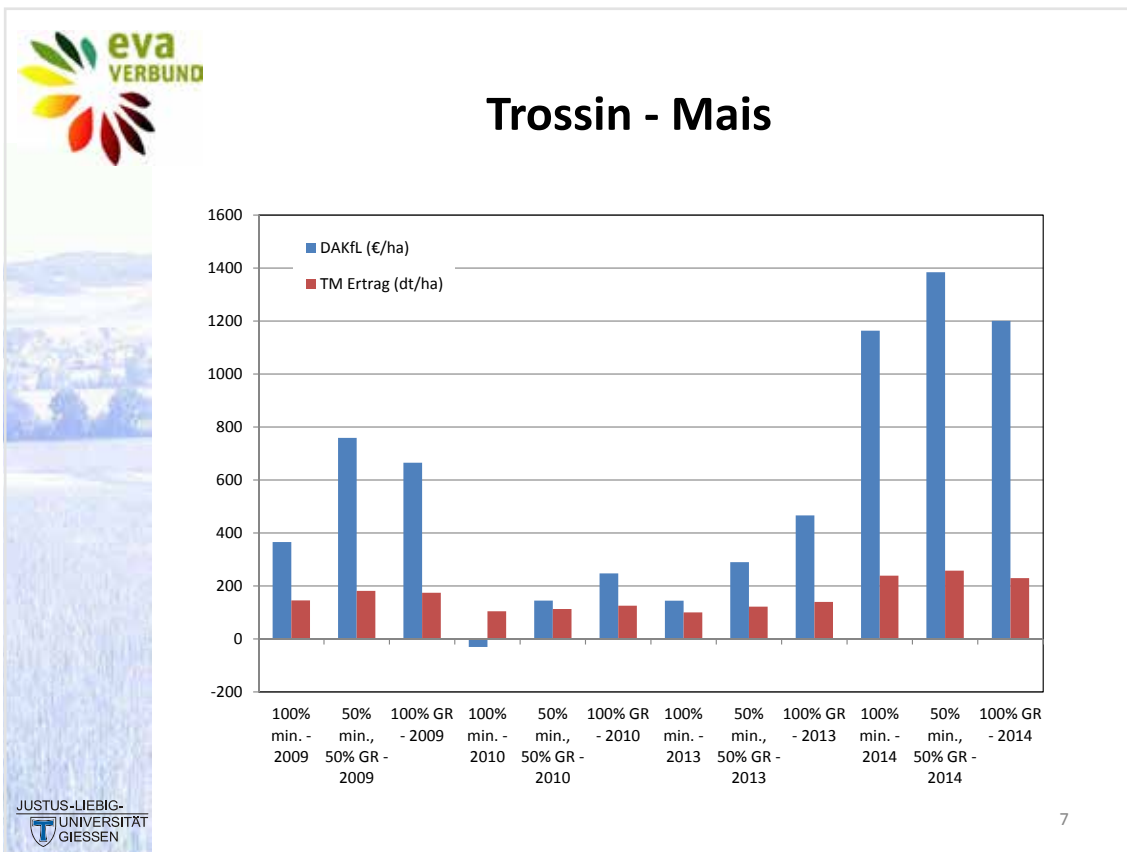
- Bewertung der Verfahren mittels einer Leistungs-Kosten-Rechnung
- Berücksichtigung von allen Arbeitsgängen, Produktionsfaktoren und Erträgen
- Bewertung von Methan mit $0,33 \text{ €/m}^3_{\text{N}}$
- Bewertung von Gärrest nicht ganz einfach:
Wert könnte im Grundsatz am Wert der enthaltenen Nährstoffe orientiert werden. (Evtl. Abschlag für nicht düngewirksamen Stickstoffanteil (MDÄ von 70 %))
Phosphat und Kali verbleibt bei Überdüngung im Boden → Leistung für den Bodenvorrat wird am einfachsten dadurch berücksichtigt, dass Gärrest weder auf Input- noch auf Output-Seite berücksichtigt wird (Hoftorbilanz)
Kosten der Ausbringung werden aber berücksichtigt



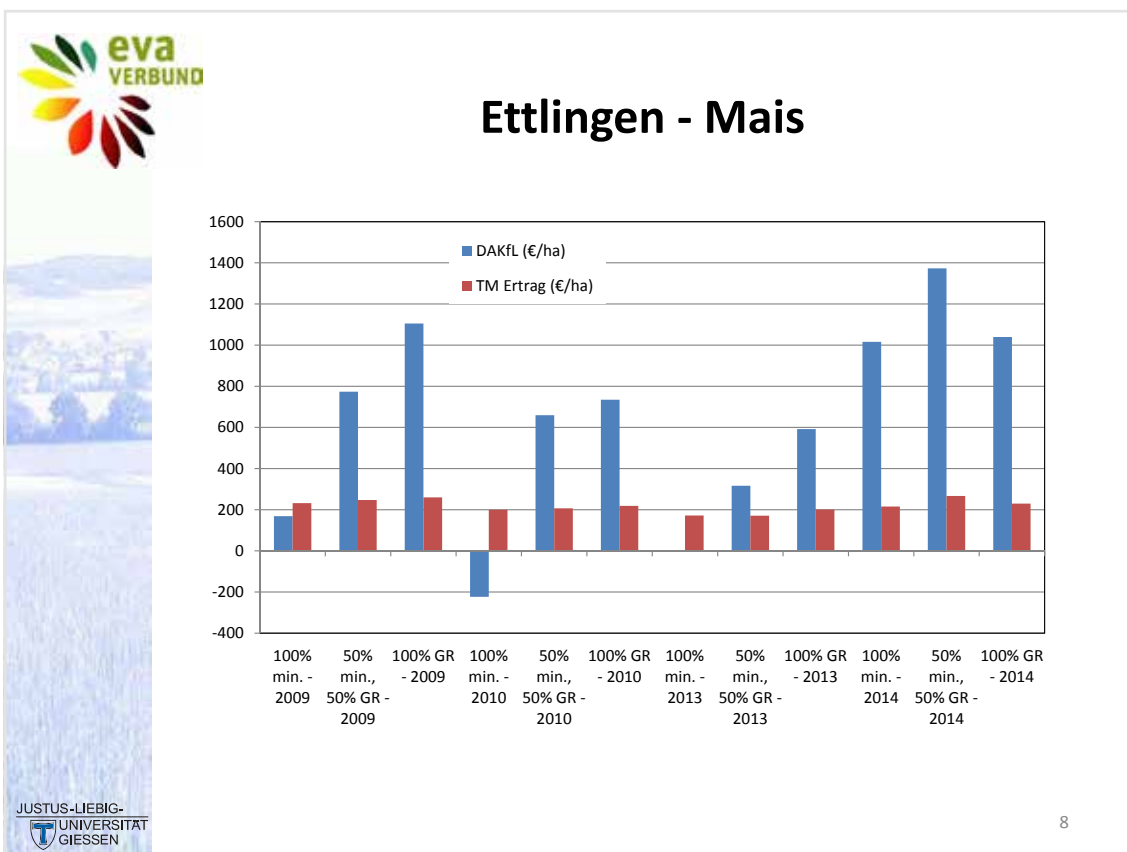
Kleiner Gärrestversuch Gülzow – Mais



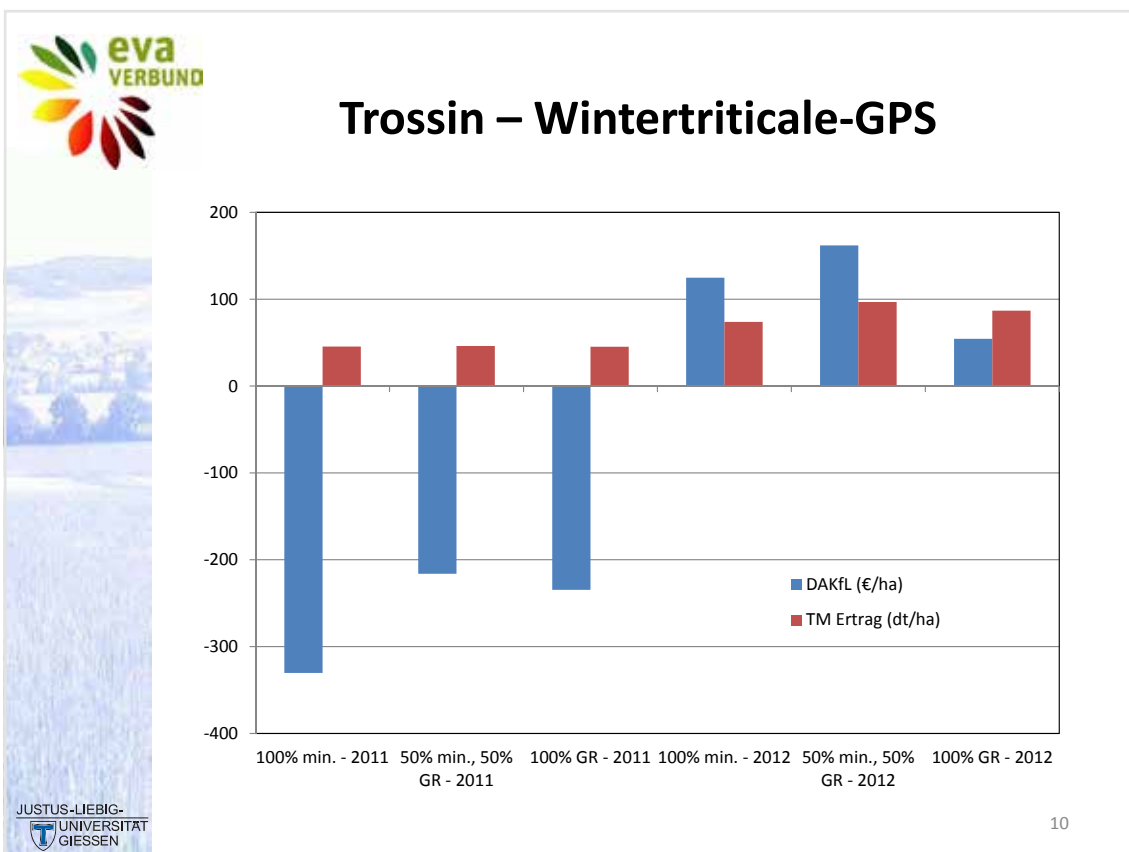
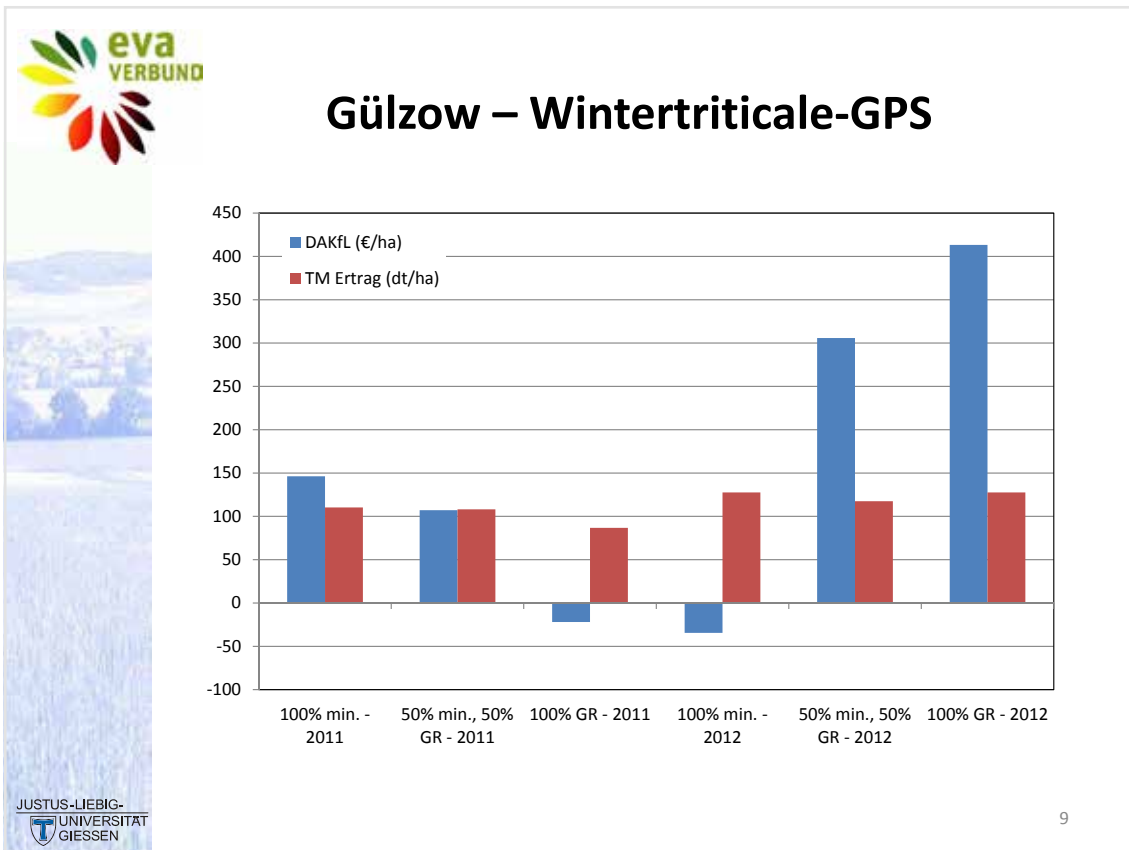
Diese und die folgenden Auswertungen sind als vorläufig zu verstehen, wobei einzelne Fehlerwerte möglich sind.

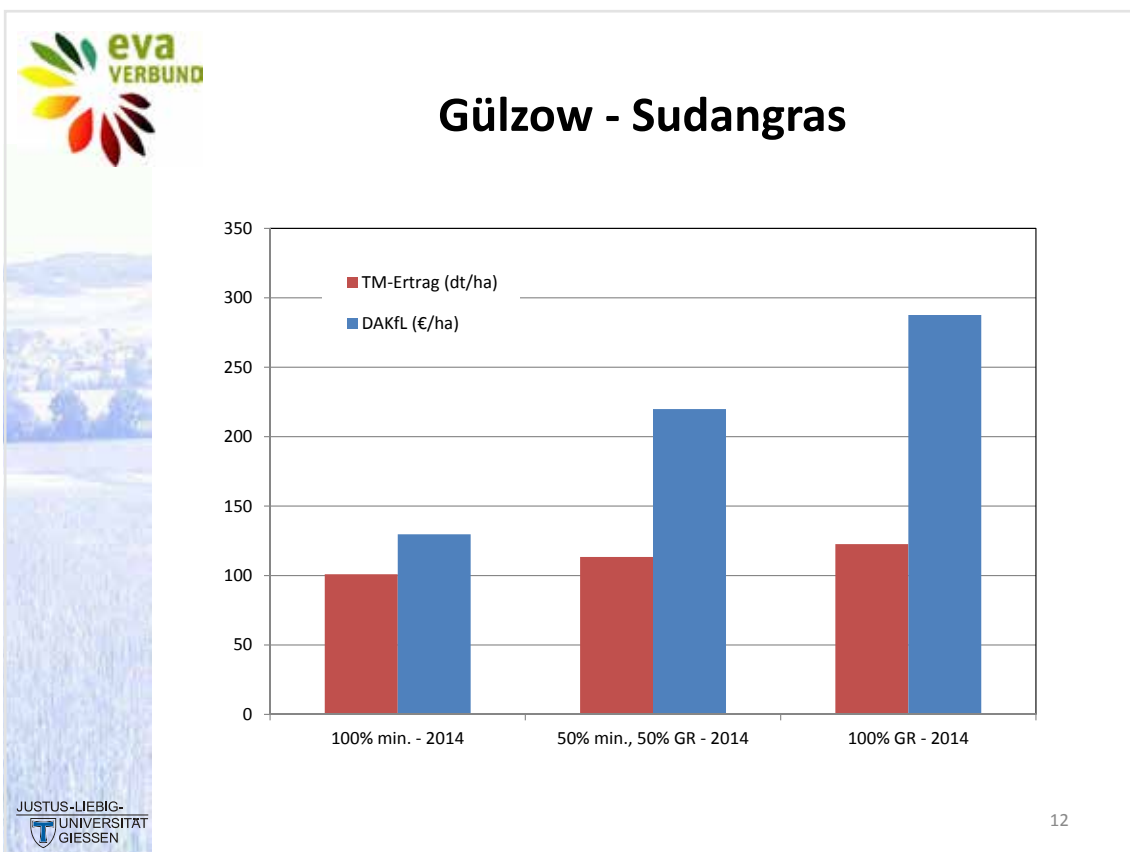
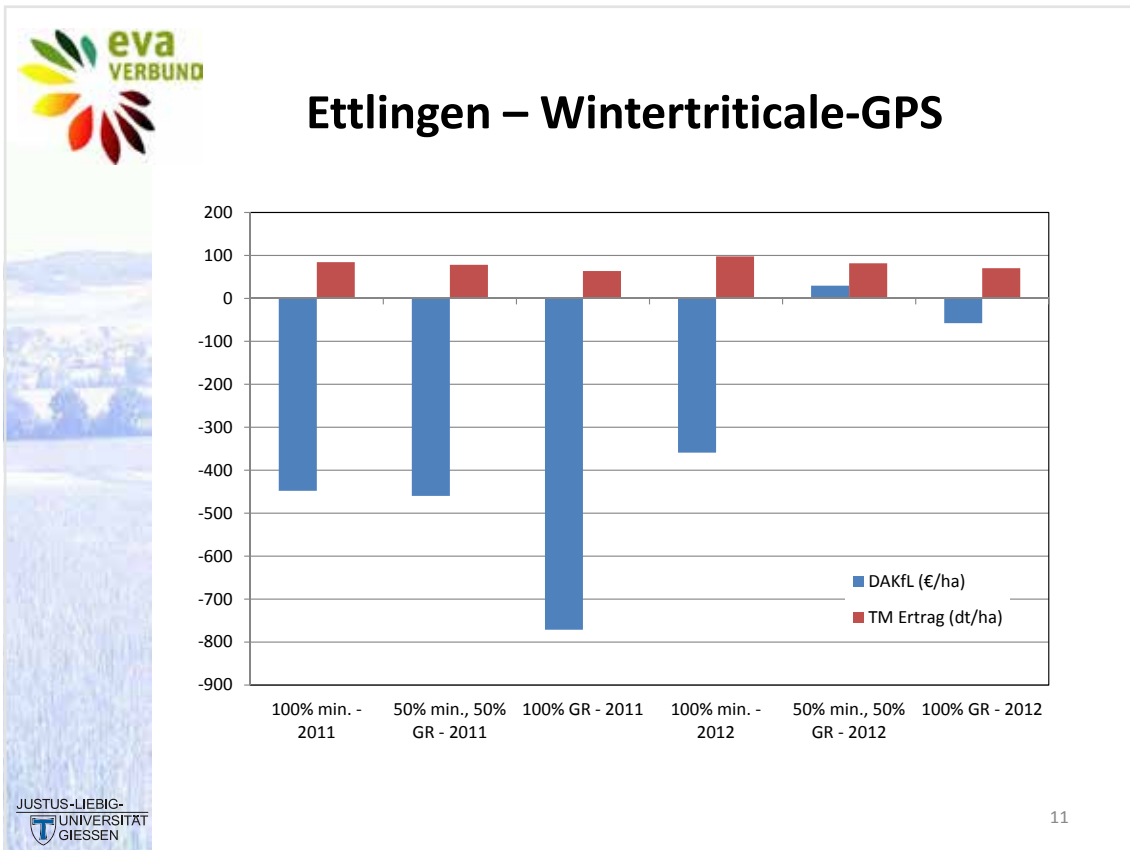


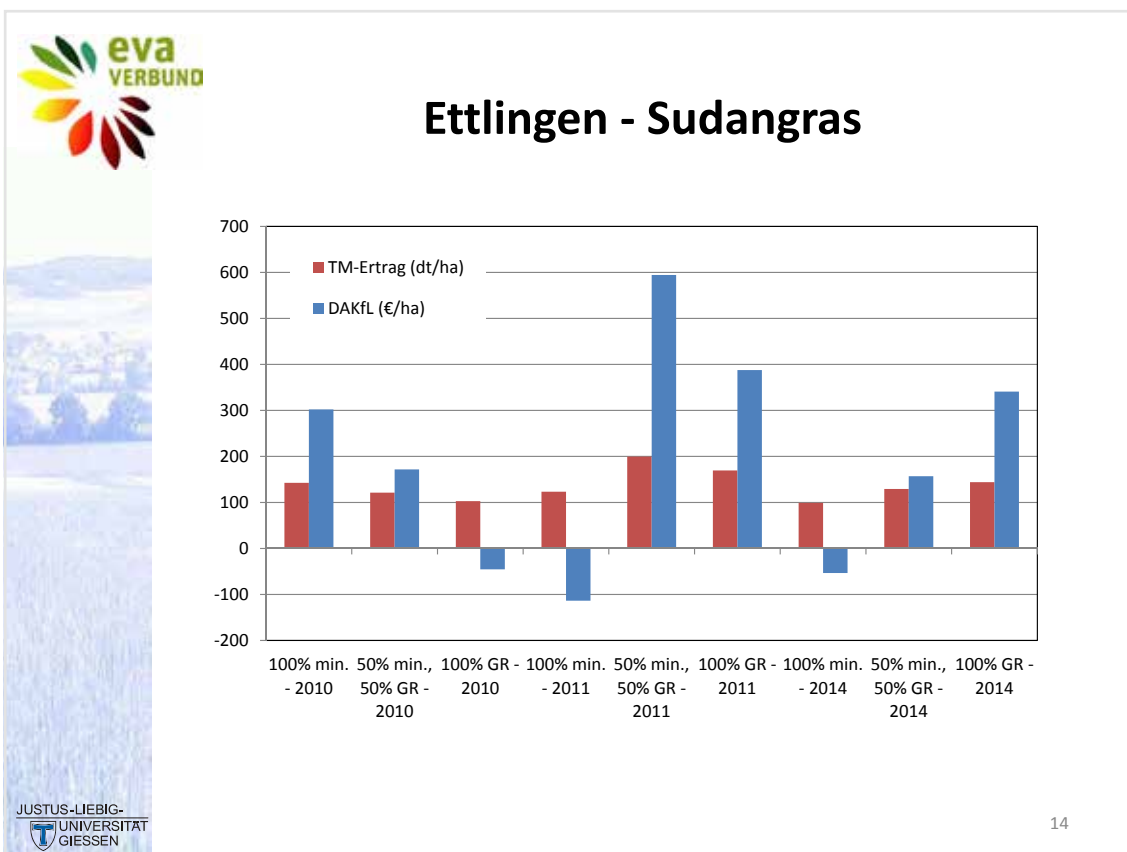
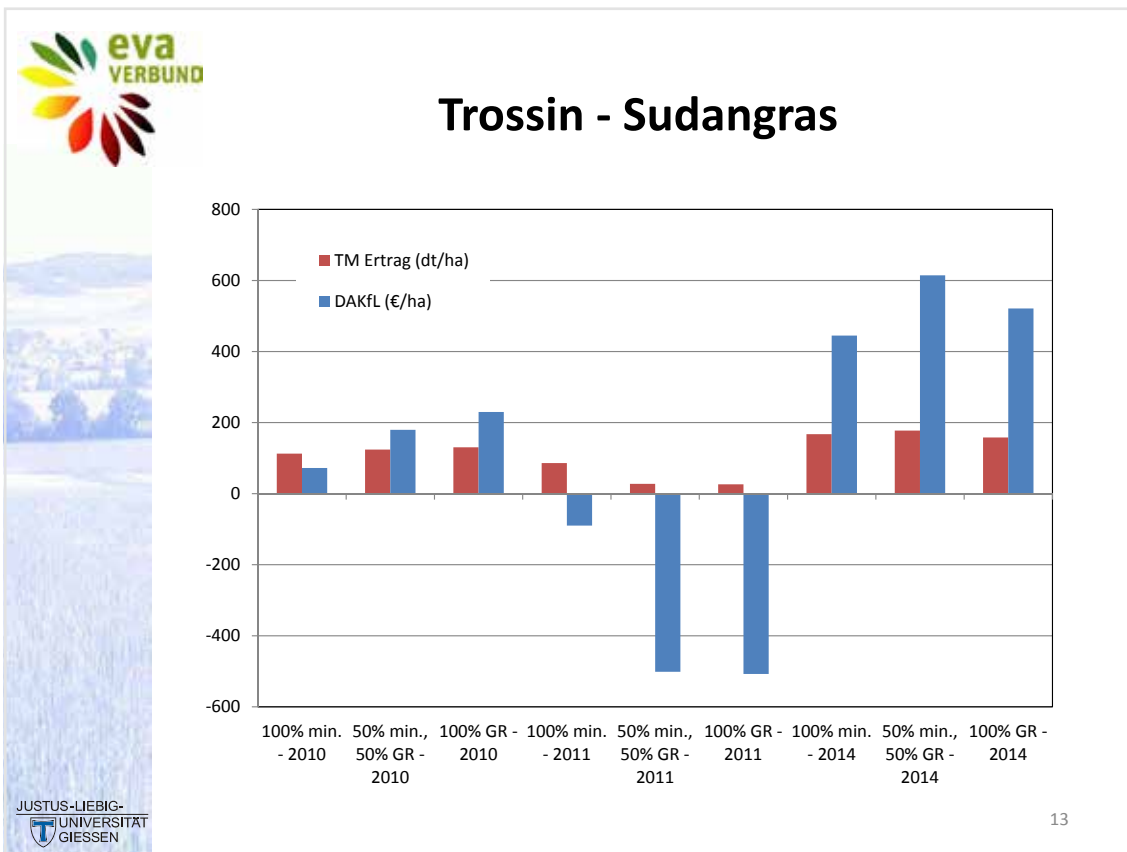
7

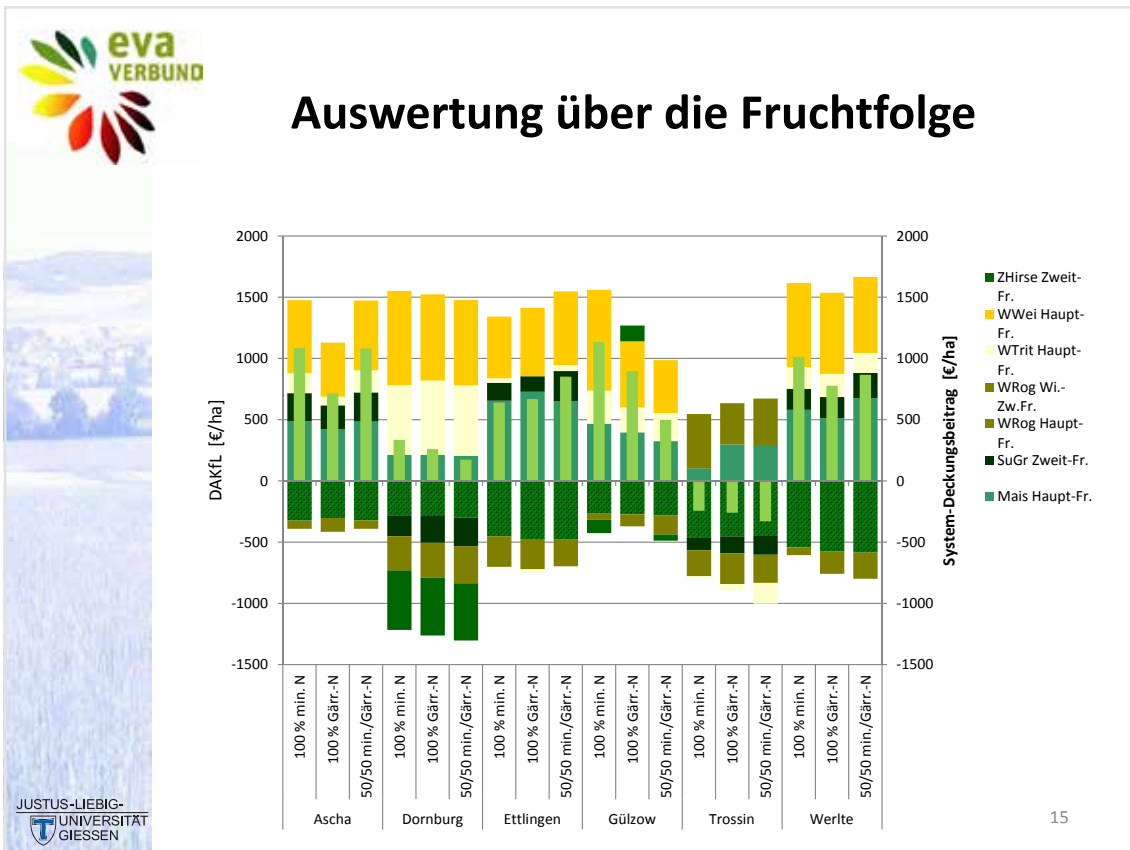


8









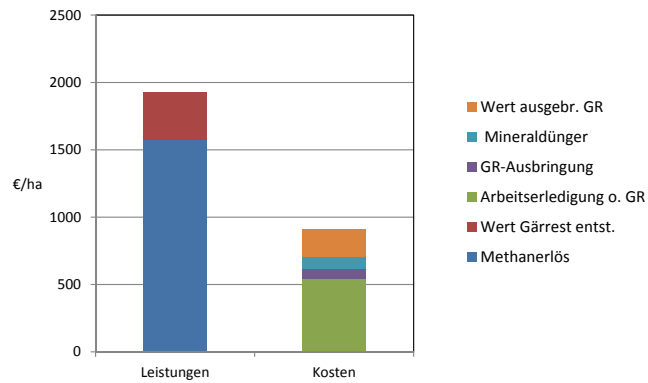
-
- ### Fazit kleiner Gärrestversuch
- Erträge mehr oder weniger auf dem selben Niveau bei Gärrestdüngung wie bei Mineraldüngung
 - MDÄ von 70 % wurde knapp bestätigt
 - Verwendung von Gärrest ermöglicht Einsparung von entsprechendem Mineraldünger in Höhe von mehreren Hundert Euro pro Hektar
 - Je nach Jahr, Kultur und Standort sind Abweichungen nach unten oder oben möglich
- JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN
- 16



Bedeutung des Gärrestes

Aufschlüsselung der Kosten- und Leistungs-Positionen
(Beispiel Mais – Gülzow, 2014)

50 % Mineral-/ 50 % Gärrestdüngung



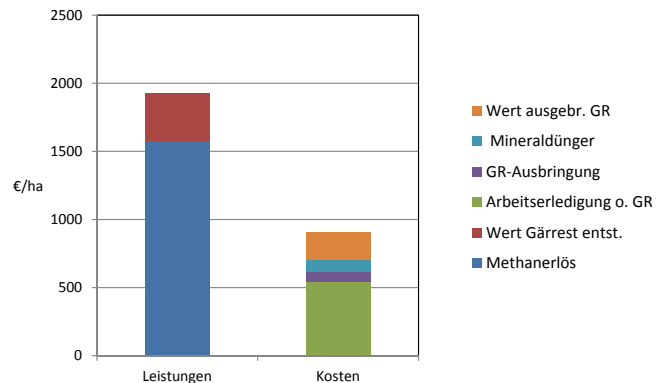
→ Wert des Gärrestes macht ca. 20 % des Produktionswertes aus

→ Scheinbar hohe Gärrestkosten kommen aber auch noch der Nachfrucht zu Gute



Bedeutung des Gärrestes

50 % Mineral-/ 50 % Gärrestdüngung





Gärrestausbringungskosten in Abhängigkeit zur Ausbringungsmenge und Hof-Feld Entfernung

- Ausbringungskosten nach KTBL Feldarbeitsrechner
- 10 ha Schlaggröße
- Hof-Feld Entfernung variabel
- 160 kW Schlepper
- Pumptankwagen mit 24 m³ Fassungsvermögen
- 12 Meter Schleppschauchverteiler

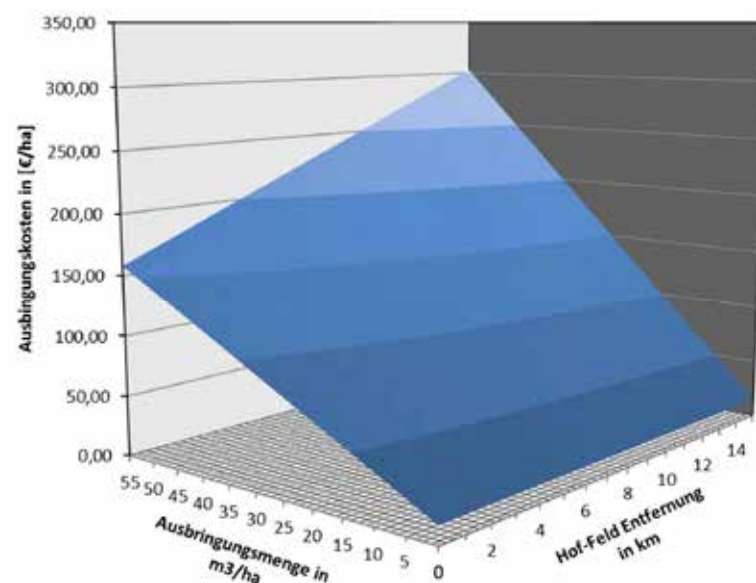
$$K_{GR} = 14,703 + Q_{GR} * D_{GR} * 0176 + Q_{GR} * 2,604$$

Darin sind:

- K_{GR} = Kosten der Gärrestausbringung in €/ha
 Q_{GR} = Ausgebrachte Gärrestmenge in m³/ha
 D_{GR} = Hof-Feldentfernung in km

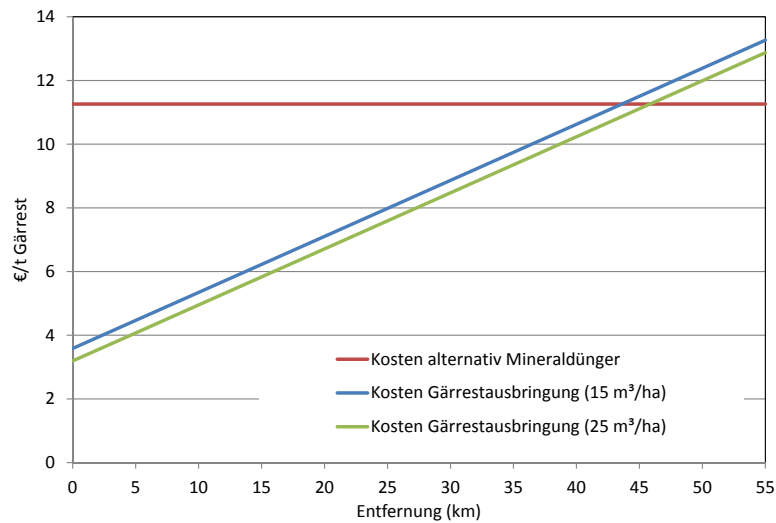


Gärrestausbringungskosten in Abhängigkeit zur Ausbringungsmenge und Hof-Feld Entfernung





Kosten des Gärrestes in Abhängigkeit der Entfernung

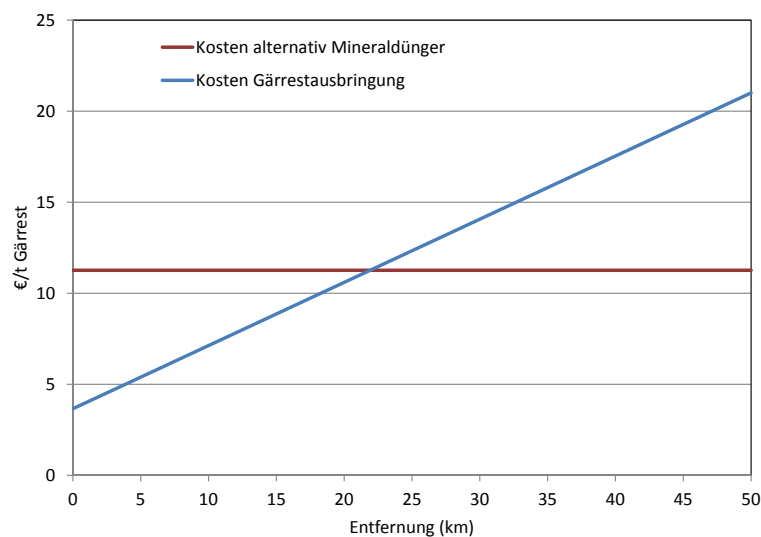


→ Aufgrund des hohen Wertes der Gärreste lohnt sich eine relative weite Fahrt

→ Ausbringungsmenge von geringer Bedeutung



Situation bei 5 m³-Fass-Mechanisierung



→ Ohne zeitgemäße Technik lohnt sich die Ausbringung nur in der näheren Umgebung



Fazit

- Gärrestdüngung kann eine Mineraldüngung beim Gärsubstratanbau vollständig ersetzen
- Ein Ersatz von Mineraldünger durch Gärrest erhöht die Wirtschaftlichkeit der Verfahren
- Die Entfernung zur Ausbringung sollte nicht zu groß werden: Es empfiehlt sich eine Einbeziehung von anderen Fruchtfolgegliedern in die Gärrestdüngung
- Auch eine Änderung der Düngeverordnung kann dazu führen, dass die 100 % -Variante nicht mehr möglich ist, auch hier müssen andere Fruchtfolgeglieder mit einbezogen werden



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Einfluss des Biogasprozesses auf die hygienische Qualität von Gärresten

Dr. Helge Lorenz (Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH)

Der Bedarf an Biomasse wird in den kommenden Jahren signifikant zunehmen; dies gilt sowohl für den Lebensmittel- als auch für den Rohstoff- und Energiemarkt. Es wird geschätzt, dass sich der weltweite Energiebedarf aufgrund der zunehmenden Bevölkerung sowie des zunehmenden Wohlstandes in Entwicklungs- und Schwellenländern in den nächsten 40 Jahren verdoppeln wird. Gleichzeitig wird es schwieriger, zusätzliche Biomasseressourcen zu erschließen. Daher gibt es zum einen eine Notwendigkeit für eine effiziente Nutzung von Biomasse und zum anderen wird die Verwendung von Gülle, Klärschlamm und Bioabfällen an Bedeutung zunehmen. Ein umweltpolitisches Ziel der Bundesregierung stellt die deutliche Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Strom- und Wärmeerzeugung dar. Zu diesem Technologiebereich zählen auch Biogasanlagen, die in den letzten Jahren rasant auf circa 7.700 Anlagen zugenommen haben. Diese für die Förderung der erneuerbaren Energien einerseits positive Entwicklung beinhaltet andererseits offene Fragen hinsichtlich des Vorkommens und der Tenazität von Infektionserregern in Gärsubstraten und einer möglichen Verbreitung von Krankheitserregern mit den Gärresten bei der Verwertung. Es besteht die Notwendigkeit die Hygienisierung von Gärresten während des Biogasprozesses zu evaluieren.

Das Deutsche Biomasseforschungszentrum gGmbH und das Institut für Umwelt- und Tierhygiene an der Universität Hohenheim engagieren sich gemeinsam im aktuellen Forschungsvorhaben „Einfluss der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung auf die Qualität von Gärresten: Bewertung des Einflusses des Biogasprozesses auf die Inaktivierung von Erregern von Bestandserkrankungen (BIOGAS-SANITATION)“, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Das Vorhaben zielt darauf ab, eine nachhaltige dezentrale regenerative Energieversorgung auf der Grundlage von Biomasse ohne eine seuchen- und umwelthygienische Gefährdung von Mensch und Tier durch Pathogene in regionalen Stoff- und Wasserkreisläufen sicherzustellen. Dabei soll ausgehend von einer neutralen Position wissenschaftlich fundiert dokumentiert werden, ob überhaupt Risiken bestehen und wenn ja, wie damit umzugehen ist.

Insbesondere zu den Erregern Chlamydien, *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* und Coxiellen ist im Vergleich zu Salmonellen und *E. coli* wenig zum Vorkommen, zur Tenazität und zu effektiven Nachweismethoden aus Substraten wie Biogasgülle bzw. Gärprodukten bekannt. Die Dauer der Überlebensfähigkeit von Salmonellen, Chlamydien, *Coxiella burnetii*, Mycobakterien (*M. bovis*, *M. caprae*), *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* (MAP), MRSA-Staphylokokken, Enterobakterien (*E. coli*, ESBL, EHEC) sowie Enteroviren (ECBO) und Parvo-Viren wird im Biogasprozess und in den Gärprodukten durch längerfristige Lagerung in bestimmten Temperaturbereichen untersucht. Im Rahmen der Gesamtbewertung werden Steckbriefe für relevante Pathogene erarbeitet. Diesen Steckbriefen sind in Kurzform bereits publizierte und im Vorhaben erarbeitete Angaben zu entnehmen, die ein Handling des Erregers bei einem eventuellen Auftreten im Biogasbereich erleichtern werden.

Offene Fragestellungen werden in der Erforschung des Risikos relevanter mikrobieller Stämme hinsichtlich von Antibiotika-Resistenzen und genotoxischer Effekte (z.B. durch Aflatoxine) in der Biokonversion gesehen. Durch genotoxische Effekte könnten potenziell pathogene Erreger eine erhöhte Virulenz, jedoch auch eine verminderte erhalten. Bisher können insgesamt noch keine allgemeingültigen Aussagen zum anaeroben Abbau von pharmakologisch wirksamen und toxischen Stoffen gemacht werden.

Einfluss des Biogasprozesses auf die hygienische Qualität von Gärresten

Helge Lorenz, Peter Fischer, Jürgen Pröter, Jan Liebetrau



2. Fachtagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Berlin, 10. und 11. März 2015

Einfluss des Biogasprozesses auf die hygienische Qualität von Gärresten

Gliederung

- Substrate (Mengen Bioabfall, Gülle)
- Hygienierisiken (Güllezusammensetzung, Biogasanlagen, Humanpathogene, Infektionskreislauf)
- Phytohygiene
 - Fallbeispiel Unkrautsamen
- Seuchenhygiene
 - Fallbeispiele *Escherichia coli*, Salmonellen
- Zusammenfassung (Hygienisierungsparameter, Fazit)
- Ausblick und Danksagung
- Publikationsverzeichnis

Substrate - Bioabfälle



EU Countries	Amount (t/a)	Year	References
Germany	9,454,000	2010	DESTATIS, 2012
United Kingdom	4,035,246	2008	EUROSTAT, 2012
France	3,364,000	2008	CGDD, 2010
Italy	3,326,060	2008	EUROSTAT, 2012
Netherlands	1,718,126	2008	EUROSTAT, 2012
Belgium	960,330	2008	FOD, 2012
Austria	714,900	2008	EUROSTAT, 2012
Poland	608,500	2010	GUS, 2011
Sweden	490,144	2008	EUROSTAT, 2012
Spain	403,332	2008	EUROSTAT, 2012
Finland	178,600	2008	EUROSTAT, 2012
Czech Republic	131,785	2008	EUROSTAT, 2012
Slovakia	88,442	2008	EUROSTAT, 2012
Ireland	85,259	2010	EPA, 2012
Portugal	80,420	2010	INDE, 2012
Luxembourg	71,298	2008	EUROSTAT, 2012
Hungary	55,357	2008	EUROSTAT, 2012

“Animal and vegetal waste generated by households per year”

Deutschland 1999:
1,2 Mio. t in BGA

Tabelle aus: Lorenz et al. 2013

3

Substrate - Gülle



Mengen an Gülle (Beispiele)

- Frankreich: 300 Mio. t/a
- Deutschland: 160-280 Mio. t/a
- Großbritannien: 155 Mio. t/a
- Spanien: 140 Mio. t/a
- Schweden: 26 Mio. t/a [1]

Entwicklung in der Tierproduktion 1965-1990 (Schweden)

- Zunahme der Ausscheidung: + 20 kg Fäzes, + 5 kg Urin (Rind pro Tag)
- Abnahme der Einstreu: von 4-6 auf 0-1,5 kg (Rind pro Tag)
- Geringe TS-Gehalte: keine Selbsterhitzung gelagerter Gülle [2]

[1] Lorenz et al. 2013, [2] Strauch 1991

4

Substrate: Gülle



Bestandteile von Gülle / Mist

- Exkreme (Fäzes, Urin)
- Einstreu (Stroh, Heu), Futterreste, Wasser (Reinigung)
- Sekretionen aus Nasen, Pharynx, Vagina, Milchdrüse
- Blut, Haut, Plazenta, Milch, Sperma [1, 2]

→ Jeder vom Nutztier ausgeschiedene Krankheitserreger im Sammelgut

Verwertung in Biogasanlagen:

- Deutschland: 3 % verwerten ausschließlich Gülle und Mist, 80 % verwerten Gülle mit Kosubstraten (ca. 29 Mio. t Gülle/a) [3]

[1] Strauch 1991, [2] Pell 1997, [3] DBFZ 2015

5

Hygienerisiken



Gülle

- Intensivierung und Konzentration der Tierproduktion
- Überbetriebliche Gülleverwertung, zunehmende EU-weite Transporte

Praxis-Biogasanlagen

- Zunehmende Komplexität der Verfahren sowie der Substratströme (nicht klassifizierbare Substratmischungen, unbekannte Quellen)
- Verschleppung durch Fahrzeuge / Radlader zwischen Eingangs- und Gärrestlager (fehlende Trennung rein-unrein-Bereiche)
- Mindestverweilzeit (MGRT) meist wesentlich kürzer (Minuten, Stunden) als durchschnittliche hydraulische Verweilzeit (Tage)

[1] DBFZ 2015

6

Hygienerisiken



Humanpathogene

- 1.407 Arten (davon ca. 60 % Zoonosen):
 - 208 Viren / Prionen
 - 538 Bakterien (z.B. pathogene *E. coli*, Salmonellen (Zoonosen))
 - 317 Pilze
 - 57 Protozoen
 - 287 Helminthen [1]
- Zeitraum 1975-1995:
 - Entdeckung 30 neuer Bakterien und Viren, die schwere Infektionskrankheiten hervorrufen können (z.B. Ebola, HIV, EHEC) [2]

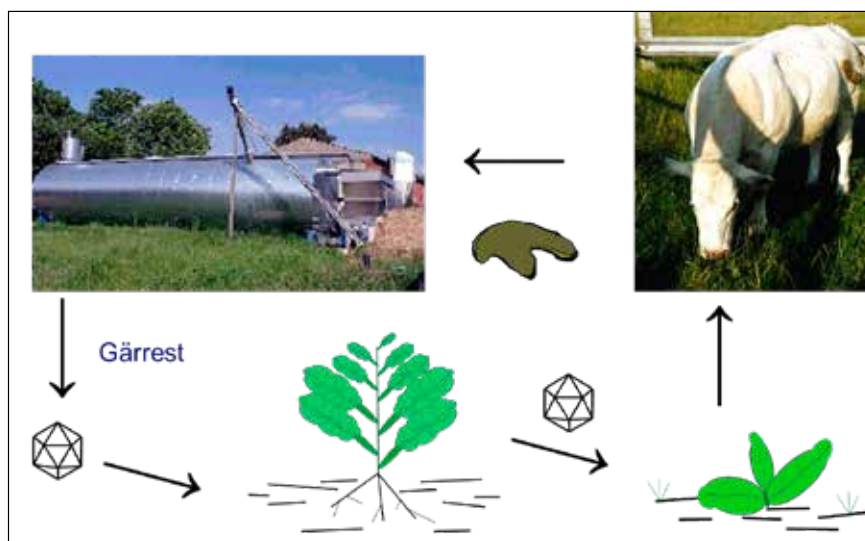
[1] Hoppenheidt 2012, [2] WHO 1995

7

Hygienerisiken



Schließung von Infektionskreisläufen



Schema aus: Lorenz 2006

8

Fallbeispiel Unkrautsamen



Hintergrund – Handlungsbedarf?

- Besonders widerstandsfähig:
 - Hartschalige, endozoochore Samen
 - Trockene, dormante Samen
- Unkräuter mit Samenbildung > 20 cm Höhe: im Häckselgut nachwachsender Rohstoffe (Mais):
 - *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß) bis zu 150.000 Samen/m²
 - *Echinochloa crus-galli* (Hühnerhirse) bis zu 5.000 Samen/m² [1]
- Nachweis großer Samenmengen z.B. im Bioabfall (Tomaten) und in Gülle / Mist (Ampfer = Problemunkraut der alpenländischen Grünlandwirtschaft)

[1] Gerowitt & Westerman 2012

9

Fallbeispiel Unkrautsamen



Hygienisierung (1)

- Thermale Tenazität Tomatensamen (feucht):
 - 66-67 ° C, 10 min, 0 % Keimung [1]
- Silierung Tomatensamen:
 - 0 % Keimung [2]
- Lagerung in Rindergülle:
 - 35 ° C, 7-21 d, 0 % Keimung (*C. album*) [3]
 - 50 ° C, ≤ 24 h, 0 % Keimung (*C. album*) [3]

[1] Lorenz 2006, [2] Gerowitt & Westermann 2012, [3] Weinhappel et al. 2012

10

Fallbeispiel Unkrautsamen



Hygienisierung (2)

- Anaerobe Vergärung im Labormaßstab (Tomatensamen)
 - 33-35 ° C, ≤ 14 d, 0 % Keimung [1]
 - 50-56 ° C, ≤ 11 h, 0 % Keimung [2]
 - 52-57° C, ≤ 24 h, 0 % Keimung [1]
- Anaerobe Vergärung im Praxismaßstab (Tomatensamen)
 - 35 ° C, ≤ 19 d, 0 % Keimung [3]
 - 38-40 ° C, 24 h, 0,2 % Keimung [1]
 - 44-52 ° C, ≤ 24 h, 0 % Keimung [1]

[1] Lorenz 2006, [2] Kübler 1994, [3] Engeli et al. 1993

11

Fallbeispiel *Escherichia coli*



Hintergrund

- Stäbchenförmiges, fakultativ anaerobes Bakterium (*Enterobacteriaceae*)
- Darm-Normalflora Mensch, Tier (Fäzes: 10^4 - 10^9 KBE/g)
- Trinkwasser, Nahrung: Indikator für fäkale Verunreinigung
- Pathogene Stämme:
 - ETEC (enterotoxisch), EPEC (enteropathogen), EHEC (enterohämorrhagisch), EIEC (enteroinvasiv), EAEC (enteroaggregativ), STEC (Shigatoxin produzierend)...
 - Enteritis: meldepflichtige Infektionskrankheit (Infektionsdosis: bei 10^6 - 10^8 : ≤ 25 % und bei 10^{10} : 76-100 % Erkrankungen [1])

[1] Philipp 1996

12

Fallbeispiel *Escherichia coli*



EHEC

- Stämme bilden Toxine vergleichbar dem Ruhr-Erreger *Shigella dysenteriae* (Shigatoxine)
- Humanpathogen: Entzündung des Dickdarms, Toxinanreicherung in Nieren (blutige Diarrhö & Nierenversagen = Hämolytisch Urämisches Syndrom (HUS))
- Infektionsdosis: 10-100 [1, 2] bzw. ≥ 100 Keime [3]
- Erstnachweis: 1982 USA
- Krankheitsausbrüche: 1991 USA, 1996 Japan & Schottland (EHEC O157:H7), 2000 Kanada (O157:H4, 18 Todesfälle), 2011 Deutschland (EAEC O104:H4 EHEC/EAggEC, 50 Todesfälle, 226 Mio. € EU-Kompensationszahlungen an betroffene Landwirte)

[1] Schindler 2004, [2] Philipp & Hölzle 2013, [3] Hoppenheidt 2012

13

Fallbeispiel *Escherichia coli*



Handlungsbedarf?

- *E. coli* in potentiellen Gärs substraten (Beispiele):
 - Bioabfall: 50 % Proben mit 10^5 - 10^7 KBE/g [1]
 - Rindergülle: $2,3 \times 10^5$ (10^4 - 10^9) KBE/g [2]
- *E. coli* in Praxis-Biogasanlagen (Beispiele):
 - 9 BGA: 29 % Proben STEC-positiv, 6 % Proben EPEC-positiv [3]
 - 9 BGA: in 4 BGA $> 5 \times 10^3$ KBE/g [4]
- Richtwert Gärrückstände: < 10 KBE/g (*Enterobacteriaceae*) [5]

[1] Scherer 1992, [2] Geldreich 1978, [3] Messelhäuser et al. 2014, [4] Philipp et al. 2003, [5] EG1069/2009, EG142/2011

14

Fallbeispiel *Escherichia coli*



Hygienisierung (1)

- Thermale Tenazität *E. coli*:
 - 55 ° C, ≤ 24 h, n.n. (45 min Reduktion um 14 log₁₀) [1]
 - 65 ° C, 10 min, n.n. [1]
- Lagerung in Rindergülle:
 - 10 ° C, 20 Wochen, Reduktion um 6 log₁₀ (EAEC O104:H4) [2]
 - 50 ° C, 18 h, Reduktion um 5 log₁₀ (EAEC O104:H4) [2]
 - 60 ° C, ≤ 4 h, n.n. (EAEC O104:H4) [2]

[1] Lorenz et a. 2015, [2] Philipp & Hölzle 2013

15

Fallbeispiel *Escherichia coli*



Hygienisierung (2)

- Anaerobe Vergärung im Labormaßstab
 - 32 ° C, 28 d, Reduktion um 4 log₁₀ [1]
 - 40 ° C, 21 d, Reduktion um 7 log₁₀ [2]
 - 51 ° C, 14 d, Reduktion um 7 log₁₀ (2 h Reduktion um 3 log₁₀) [2]
- Anaerobe Vergärung im Praxismaßstab
 - Mesophil (37-42 ° C): Mehrzahl der Gärreste nicht frei von Fäkalkeimen; aber keine Vermehrung, sondern Reduktion um 2-3 log₁₀ [3]
 - 51 ° C, ≤ 24 h, n.n. [4]

[1] Willinger & Thiemann 1983, [2] Lorenz et a. 2015, [3] Philipp 2012, [4] Knie et al. 2001

16

Fallbeispiel Salmonellen



Hintergrund

- Stäbchenförmige, fakultativ anaerobe Bakterien, eng verwandt mit Gattung *Escherichia* (*Enterobacteriaceae*)
- Fäzes klinisch unverdächtigter Tierbestände: bis zu 10^7 KBE/g [1]
- Regional 1/3 der Schlachtschweine, > 50 % des Geflügels infiziert [2]
- Infektionsdosis Kälber: 10^1 - 10^3 [3]
- Pathogenität: > 2.500 Serotypen, obligat humanpathogen
 - Typhus-Paratyphus-Gruppe (in Deutschland selten)
 - Salmonellen-Enteritis: Infektionsdosis: 10^5 - 10^6 [4], 1992: 195.000 Erkrankungen in Deutschland [5]

[1] Pell 1997, [2] Strauch 1991, [3] Philipp 1996, [4] Bornheff 1982, [5] Mücke & Lemmen 1997

17

Fallbeispiel Salmonellen



Handlungsbedarf?

- Salmonellen in potentiellen Gärs substraten (Beispiele):
 - Bioabfall: 74 % Proben bis zu 10^4 KBE/g, Vermehrung möglich [1]
 - Bioabfall: 31 % Proben mit 10^4 - 10^7 KBE/g [2]
 - Wirtschaftsdünger (Gülle): bis zu 5 % positiv [3]
 - Klärschlamm: 1993: 51 % belastet [4]; Klärschlamm-Düngung von Weiden führte zur Verbreitung in Milchviehbeständen [5]
- Salmonellen in Praxis-Biogasanlagen (Beispiele):
 - 87 BGA: 19,6 % Proben positiv [6]
 - 11 BGA: n.n. [7]
- Richtwert Gärrückstände: n.n. [8]

[1] Roth 1994, [2] Scherer 1992, [3] Philipp et al. 2003, [4] Philipp 1996, [5] Strauch 1991, [6] Much et al. 2004, [7] Fröschle & Leubhn 2012, [8] BioAbfV 2013, TierNebV 2012, EG1069/2009, EG142/2011

18

Fallbeispiel Salmonellen



Hygienisierung (1)

- Thermale Tenazität (*S. enterica* ssp. *enterica*):
 - 55 ° C, ≤ 1 h, n.n. [1]
 - 60 ° C, 10 min, n.n. [1]
- Lagerung in Rindergülle:
 - 10 ° C, 113-140 d, n.n. (*S. typhimurium*) [2]
 - 30 ° C, 30 d, Reduktion um 2,47 log₁₀ (*S. senftenberg*) [3]
 - 35 ° C, > 10 d, n.n. (*S. typhimurium*) [4]
 - Lagerung in Gülle von mindestens 1 Monat = wichtiger Schritt zur Inaktivierung von Salmonellen [2]

[1] Lorenz et al. 2015, [2] Jones 1976, [3] Yen-Phi et al. 2009, [4] Kearney et al. 1993

19

Fallbeispiel Salmonellen



Hygienisierung (2)

- Anaerobe Vergärung im Labormaßstab (*S. enterica* ssp. *enterica*)
 - 33 ° C, ≥ 21 d, n.n. [1]
 - 40 ° C, 9-12 d, n.n. [2]
 - 47 ° C, 8-9 d, n.n. [2]
- Anaerobe Vergärung im Praxismaßstab (*S. enterica* ssp. *enterica*)
 - 38-40 ° C, ≤ 24 h, n.n. [3]
 - 45-49 ° C, 24-48 h, n.n. [3]
 - 52-55 ° C, ≤ 24 h, n.n. [3]

[1] Knie et al. 2001, [2] Lorenz et a. 2015, [3] Ade-Kappelmann et al. 2004

20

Zusammenfassung



Hygienisierungsparameter der anaeroben Vergärung

- Temperatur – Verweilzeit (Mindestverweilzeit)
- Änderung des pH-Wertes – toxische Effekte:
 - Versauerung, hemmende Wirkung organischer Säuren (VFA)
 - Alkalisierung, bei pH-Werten > 8 Ammoniakbildung (viruzide Wirkung)
- Anaerobiose (inaktivierendes Milieu für aerobe Mikroorganismen, Samen, vegetative Pflanzenteile)
- Protektive Effekte: Verklumpungen, Einschlüsse in Pflanzengewebe, Adsorption an Substrat-Bestandteile (Einfluss des TS-Gehaltes)
- Mikrobieller Antagonismus und mikrobieller Abbau
- Nährstoffmangel (Lagerung)

21

Zusammenfassung



Fazit

- Mesophile Bedingungen (37-42 ° C):
 - Günstige Bedingungen zur Vermehrung von *E. coli*, Salmonellen; dennoch wird Reduzierung erreicht, Großteil phytopathogener Erreger wird innerhalb weniger Tage inaktiviert
- Thermophile Bedingungen (≥ 50 ° C, ≥ 24 h) bzw. Pasteurisierung (≥ 70 ° C, ≥ 1 h):
 - Inaktivierung vegetativer Bakterien, moderat thermoresistenter Viren (z.B. *Picornaviridae*), infektiöser Parasitenstadien (z.B. *Ascaris* Eier)
- Pasteurisierung (90 ° C, ≥ 1 h)
 - Inaktivierung thermoresistenter Viren (z.B. TMV, BPV), Reduktion hitzesensitiver Bakteriensporen (z.B. *Clostridium perfringens*)

22

Zusammenfassung



Fazit

- Hygienerisiken u.a. abhängig von der Substratart, der Erreger-Ausgangskonzentration im Substrat und den Lagerungsbedingungen
- Kein Einsatz stark belasteter Substratpartien in Biogasanlagen
- Keine Vermehrung von humanpathogenen Keimen in Biogasanlagen, Reduktion auch unter mesophilen Bedingungen möglich
- Tenazität vieler Erreger in Gärsubstraten geringer als in vergleichbaren Wasser / Puffer-Systemen
- Bisher keine epidemiologischen Befunde über eine Verschleppung von Krankheitserregern mit Gärrückständen
- Bei Einhaltung gesetzlicher Vorgaben (BioAbfV 2013, TierNebV 2012, DüMV 2012, EG 1069/2009, EG 142/2011) können hygienisch unbedenkliche Gärrückstände erzeugt werden

23

Ausblick und Danksagung



Aktuelles Projekt

- Forschungsprojekt des DBFZ und der Universität Hohenheim, Institut für Umwelt- und Tierhygiene (Prof. L. E. Hölzle, Dr. W. Philipp, T. Schilling, N. Hartmann)
 - u.a. Langzeit-Lagerungsversuche zu *Mycobacterium* sp., *Coxiella* sp., *Enterobacteria* (*E. coli*, EHEC, ESBL), *Salmonella typhimurium*, MRSA, Chlamydien, Parvovirus, ECBO (...)

Danksagung

- Wir danken für die finanzielle Förderung dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)



24

Publikationsverzeichnis



- Ade-Kappellmann et al. 2004: Überprüfung der phyto- und seuchenhygienischen Unbedenklichkeit von Vergärungsrückständen aus der anaeroben Behandlung von Bioabfällen. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 200 33 331), Institut für Umwelt- und Tierhygiene, Universität Hohenheim
- Bornheff 1982: zitiert in Scherer 1992
- DBFZ 2015: Daten DBFZ
- Engeli et al. 1993: Survival of plant pathogens and weed seeds during anaerobic digestion. In: *Water Science and Technology* 27 (2): 69-76
- Fröschle & Leuhn 2012: Abtötung von Salmonellen im Biogasprozess. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan
- Geldreich 1978: zitiert in Schindler 2004
- Gerowitt & Westerman 2012: Unkrautsamen in der Biogas-Prozesskette. In: Untersuchungen zum phytosanitären Risiko bei der anaeroben Vergärung von pflanzlichen Biomassen in Biogasanlagen. KTBL-Fachgespräch, 14. November 2011, Berlin: 30-36
- Hoppenheidt 2012: Hygieneaspekte bei Sammlung und Behandlung von Bioabfällen. Handlungsoptionen Bioabfall, Tagung ZMS, Schwandorf
- Jones 1976: The effect of temperature, solids content and pH on the survival of salmonellas in cattle slurry. In: *British Veterinary Journal* 132: 284-293
- Kearney et al. 1993: The effect of slurry storage and anaerobic digestion on survival of pathogenic bacteria. In: *Journal of Applied Bacteriology* 74: 86-93
- Knie et al. 2001: Untersuchungen zur Seuchen- und Phytohygiene in Anaerobanlagen (Halb- bzw. großtechnische Anlagen). Teil 2 A: Untersuchungen zur Inaktivierung von Indikatororganismen in anaeroben Kofermentationsanlagen, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben UTOX 98009, Institut für Umwelt- und Tierhygiene, Universität Hohenheim
- Kübler 1994: Versuch zur thermophilen Faulung von kommunalem Bioabfall. In: *Müll und Abfall* 26 (8): 478-488
- Lorenz 2006: Phytohygiene der biologischen Abfallbehandlung bei Kompostierung und Vergärung. Dissertation, Verlag Mensch und Buch
- Lorenz, H. et al. 2013: Current EU-27 technical potential of organic waste streams for biogas and energy production. In: *Waste Management* 33: 2434-2448
- Lorenz et al. 2015: aktuelle Forschungsergebnisse aus FNR-Projekt (FKZ 22016512)
- Messelhäuser et al. 2014: Detection of Shigatoxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and Enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) in biogas plants in combination with germ carrier experiments. In: 2nd International Conference on Biogas Microbiology ICBM held in Uppsala, June 10-12, 2014 (Mitschrift)

25

Publikationsverzeichnis



- Much et al. 2004: Hygienestatus von Gärrückständen aus österreichische Biogasanlagen. 10. Alpenländisches Expertenforum, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irnding
- Mücke & Lemmen 1997: Mikroorganismen und mikrobielle Stoffwechselprodukte zwischen Nutzen und Risiko. In: *Hygienefragen in der Abfallwirtschaft*. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Wackersdorf: 7-34
- Pell 1997: Manure and microbes: Public and animal health problem? In: *Journal of Dairy Science* 80: 2673-2681
- Philipp 1996: Die Bedeutung kommunaler Rest- und Abfallstoffe bei der Verbreitung bakterieller Zoonosenerreger. In: Böhm, R. (Hrsg.): 6. Hohenheimer Seminar: Vorbeugemaßnahmen bei der Zoonosenbekämpfung, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V., Gießen: 68-88
- Philipp 2012: Bedingungen zum Erhalt phyto- und seuchenhygienisch unbedenklicher Gärprodukte in Biogasanlagen. KTBL-Fachgespräch, 14. November 2011, Berlin: 75-76
- Philipp et al. 2003: Aspekte zur Seuchen- und Phytohygiene: Konsequenzen für die novellierte Bioabfallverordnung. In: 8. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, Fachhochschule Münster 6: 336-343
- Philipp & Hölzle 2013: Keimminderung in Biogasanlagen. In: *Biogas Journal* 5: 102-106
- Roth 1994: zitiert in: Hoppenheidt et al. 1997: Hygienekontrollen bei Verfahren und Produkten der biologischen Abfallbehandlung. In: *Hygienefragen in der Abfallwirtschaft*. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Wackersdorf: 139-155
- Scherer 1992: Hygienische Aspekte bei der getrennten Abfallsammlung. In: K. J. Thomé-Kozmiensky; P. A. Scherer (Hrsg.): *Getrennte Wertstofffassung und Biokompostierung*. EF - Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin: 135-161
- Schindler 2004: Fäkale Verunreinigungen im Trinkwasser. Beitrag im Rahmen des FLUGS-Seminars „Wasser – Reservoir des Lebens. Aktuelle Fragen zu Wasserversorgung und -hygiene“ (6. Oktober 2003, Nürnberg), Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
- Strauch 1991: Survival of pathogenic micro-organisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge. In: *Revue scientifique et technique Office international des Epizooties* 10: 813-846
- Weinhappel et al. 2012: Untersuchungen zur Verbreitungsgefahr von samenübertragbaren Krankheiten und Unkrautarten durch Fermentationsendprodukte aus Biogasanlagen in Österreich. In: Untersuchungen zum phytosanitären Risiko bei der anaeroben Vergärung von pflanzlichen Biomassen in Biogasanlagen. KTBL-Fachgespräch, 14. November 2011, Berlin: 37-45
- Willing & Thiemann 1983: Survival of resident and artificially added bacteria in slurries to be digested anaerobically. In: *Hygienic Problems of Animal Manures: Proceedings of a Joint Workshop of Expert Groups Held at Hohenheim-Stuttgart, October 11-13, 1982*: 210-216
- WHO 1995: zitiert in Mücke & Lemmen 1997
- Yen-Phi 2009: Hygienic effects and gas production of plastic bio-digester under tropical conditions. In: *Journal of Water and Health* 07.4: 590-596

26

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH



**Forschung für die Energie der Zukunft –
Wir laden Sie ein!**

Ansprechpartner

Dr. rer. nat. Helge Lorenz

**DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434 – 112
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

Gärrückstände und Gewässerschutz

Dr. Christine v. Buttlar (Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt)

Ziel der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind die Erreichung bzw. der Erhalt eines „Guten Zustandes“ des Grundwassers und der Oberflächengewässer. Dies bedeutet im Hinblick auf das Grundwasser die Erreichung eines chemischen und mengenmäßig „guten Zustands“. Für Nitrat ist hier die Einhaltung des Grenzwertes von 50 mg Nitrat/Liter maßgeblich. Für die oberirdischen Gewässer bedeutet der „gute Zustand“ die Erreichung eines guten ökologischen und chemischen Zustandes. Hier kommt der Verminderung von Phosphateinträgen durch Bodenabtrag (Erosion) sowie der Vermeidung von Pflanzenschutzmitteleinträgen in die Gewässer besondere Bedeutung zu. Hinsichtlich Nitrat befinden sich derzeit 36 % der deutschen Grundwasserkörper in einem schlechten Zustand, erreichen also die genannten Ziele nicht (UBA 2010).

Ursachen sind überwiegend diffuse N-Einträge aus der Landwirtschaft, hier insbesondere in intensiven Viehhaltungs- und Ackerbauregionen. Vermehrt wird aber auch die gesteigerte Biogasnutzung und damit zusammenhängend eine Zunahme des Maisanbaus und der Gärproduktausbringung mit der Thematik in Zusammenhang gebracht.

Der Vortrag geht auf aktuelle Ergebnisse einer Befragung der Wasserwirtschaftsabteilungen der Landesministerien der deutschen Flächen-Bundesländer zum Thema „Auswirkungen des Energiepflanzenanbau auf die Zielerreichung der Wasserrahmenrichtlinie“ ein. Handlungsbedarf aus wasserwirtschaftlicher Sicht besteht vorwiegend im Erhalt der Kulturartenvielfalt, der Vermeidung von Erosionsschäden sowie der Vermeidung von Nährstoffüberhängen in Folge der Gärproduktverwertung. Diese Forderungen werden auch an alle anderen Nutzungsrichtungen gestellt.

Das der Energiepflanzenanbau durchaus gewässerschonend erfolgen kann, zeigen erste Versuchsergebnisse zum gewässerschonenden Energiepflanzenanbaus aus dem aktuellen Forschungsvorhaben EVA III. Dazu muss die Palette der derzeit zur Verfügung stehenden Steuerungsmöglichkeiten im Anbau genutzt werden. Hierzu gehören neben einer an Grundwasserschutzzielen orientierten gärrestbasierten Düngestrategie auch der Kulturartenwechsel sowie u. a. eine konsequente ganzjährige Bodenbedeckung.



Gärrückstände und Gewässerschutz Ergebnisse aus Praxisversuchen



Dr. agr. Christine von Buttlar, IGLU

FNR Fachtagung „Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen“
10 und 11. März 2015, Berlin

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Tops

- Einführung
 - WRRL
 - Einschätzungen aus Sicht der Wasserwirtschaftsabteilungen der Landesbehörden
- Versuchsergebnisse:
 - Teilprojekt Grundwasserschonender Biomasseanbau nach den Anforderungen der EG Wasserrahmenrichtlinie im Verbundvorhaben EVA III
 - aus der WRRL Beratung
- Fazit

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de





Einführung: Anforderungen durch die EG-WRRL

- Ziel: Erreichung und Erhaltung eines guten Zustandes der Grund- und Oberflächengewässer bis Ende 2015 (max. 2027)



■ Guter chemischer Zustand (Nitrat)
■ Schlechter chemischer Zustand (Nitrat)

Quelle: BMU 2010

Grundwasser: Ziel guter mengenmäßiger u. chemischer Zustand

- Nitrat: flächendeckender Grenzwert 50 mg NO₃/l
- **38% der GW-Körper zeigen einen schlechten chemischen Zustand!**
- Ursache überwiegend diffuse Einträge aus der Landwirtschaft

Oberflächengewässer: Ziel guter ökologischer und chemischer Zustand

- Phosphateinträge durch Erosion
- PSM-Einträge

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Einführung: Standortabhängige Nitratverlagerung - Beispiele

Podsol (mS)



Braunerde (Ls2)



Löß-Para-
braunerde (Ut3)



Tonreiche
Böden (Tu3)



Maximal tolerierbarer N-Austrag:
(entspricht rechnerisch 50 mg Nitrat/l)

Annahmen:
Niederschlag: 650 mm;
Bodenaufgabe: >1m
Denitrifikationsprozesse o.ä.
nicht berücksichtigt



christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



eva VERBUND **Verbreitung von Biogasanlagen und Einstufung der GW-Körper**

Installierte Leistung je ha LN

Grundwasserkörper: Chemischer Zustand (Nitrat): Gut = Grün; Schlecht = Rot

Quelle: BMU 15.5. 2010

Installierte elektrische Anlagenleistung (Biogas) bezogen auf 1 000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LF). Bezugsgebiete: Länder (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER).

- Bayern, Niedersachsen u. Schleswig-Holstein mit Anzahl und Leistung führend.
- Erhöhtes Vorkommen von Viehhaltung und Biogasanlagen auf Standorten mit hohem Verlagerungsrisiko (Geest, flachgründige Böden).
- Biogasanlagen finden sich gehäuft in Regionen mit GW-Körper in schlechtem Zustand

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de

ZALF **IGLU**

eva VERBUND **Expertenbefragung: Zusammenhang zur Biogasentwicklung?**

Wie schätzen Sie die Biogasentwicklung aus Sicht des Gewässerschutzes ein?

positiv; 0
k.A.; 0

negativ; 6

neutral; 7

Quelle: Bericht Befragung von Experten der Wasserwirtschafts-abteilungen der Landesministerien aus 13 Bundesländern. IGLU u. ZALF 2015 unveröff.

- **Die Hälfte der Befragten erwartet negative Auswirkungen der Biogasentwicklung für den Gewässerschutz.**
- Probleme bereiten: überhöhte Gärrestausbringungen in Hofnähe, insgesamt hohe Wirtschaftsdünger- und Gärrestaufkommen sowie Erosionsgefahr
- Eine neutrale Einschätzung geben die Länder, die in den 90iger Jahren schon hohe Maisbestände hatten.
- Auch zunehmende Wirtschaftsdüngerimporte sind problematisch.
- Die derzeit ergriffenen Maßnahmen werden von 10 Befragten als nicht ausreichend bezeichnet

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de

ZALF **IGLU**



Gärrestmanagement: Worauf kommt es aus Wasserschutzsicht an?

Gebietsebene

- Berücksichtigung von Schutzkulissen (WRRL, WSG..)
- Dokumentation verbessern (Nährstoffberichte)

In Nährstoff-überschussgebieten:

- Verbringungs-gesellschaften aufbauen
- Exportwürdigkeit steigern (Separierung)
- Zusätzliche Nährstoffimporte vermeiden
- Stellschraube: Reduktion Mineraldüngerzufuhr

Betriebsebene

- Rechl. Vorgaben: DüV
- Ausreichend Lagerraum
- Flächenverfügbarkeit für Gärrestausringung
- Angepasstes Nährstoffmanagement
- Fruchtfolgen auch im Hinblick auf Ausbringungs-fenster
- Bei Nährstoff-überschuss externe Abnehmer einbinden

Schlagebene

- Nährstoffgehalte zeitnah analysieren
- Sperrfristen berücksichtigen
- Ausbringung zu Zeiten pflanzlichen Bedarfs
- N- und P-Grenzen beachten
- Emissionsarme Techniken einsetzen
- Witterung beachten
- Mineraldüngeräquivalent richtig bewerten
- Angepasste Düngegaben wählen
- Anbauoptionen nutzen (Untersaaten, Zwischenfrüchte)

Gilt prinzipiell für alle Wirtschaftsdünger!

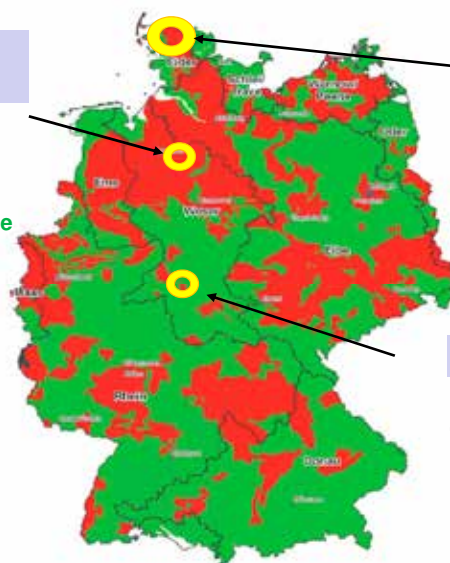
christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Untersuchungsstandorte: Lage der untersuchten Praxisbetriebe

Nordost-Niedersachsen

- BGA: 620 kW_{el}, Gemeinschaftsanlage
- Energie-F-Folge: SM-SM-GPS Getreide
- 150 ha, davon 75 ha Ackerbau
- 800 mm NS; 7,6 °C
- Sand, sandiger Lehm



■ Guter chemischer Zustand (Nitrat)
■ Schlechter chemischer Zustand (Nitrat)

Schleswig-Holstein

- Praxisergebnisse aus der WRRL-Beratung
- Futterbau- und Biogasregion
- 800 mm NS,
- Geest

Nordhessen

- BGA: 700 kW_{el}, Gemeinschaftsanlage
- EnergieFolge: SM-SM-WW-WW bzw. Maisfolge
- 880 ha, davon ~795 ha Ackerbau
- 800 mm NS; 7,8 °C
- sandiger Lehm, schluffiger Ton

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de





Wieviel N braucht der Mais?: Anpassung der Gesamtdüngergabe

Daten: Niedersächsischer Praxisbetrieb 2010-2014

- Düngung im Praxisversuch zu Anpassung der N-Düngung:
 - Ausgangssituation sind betriebsübliche Düngegaben, im Versuch zusätzliche Staffeln des Düngenniveaus
 - N- Gabe berechnet sich aus: $N_{min} + \text{ggf. N-mineralisch} + \text{N-organisch (Gärrest)}$ bei 70% Anrechnung von Gesamt-N.
 - Ertragserfassung: Teilflächen mit 4 Wiederholungen und gesamter Schlag

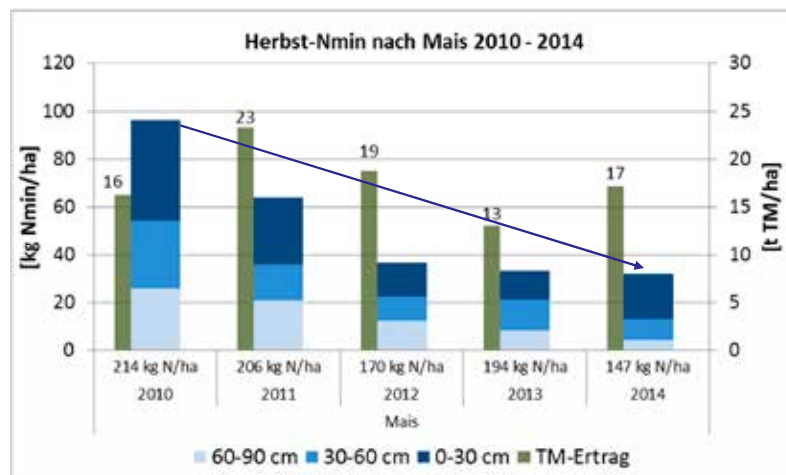


christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Wieviel N braucht der Mais?: Anpassung der Gesamtdüngergabe Herbst Nmin Ergebnisse 2010 - 2014

Daten: Niedersächsischer Praxisbetrieb 2010-2014



- 2010: Betriebsübliche N-Gaben hinterlassen hohe Herbst-Nmin Werte
- Anpassung der N-Gaben führt zu niedrigen Herbst-Nmin Werten unter 40 kg N/ha bei hohem Ertragsniveau
- Ertragsschwankungen erfolgen witterungsbedingt.

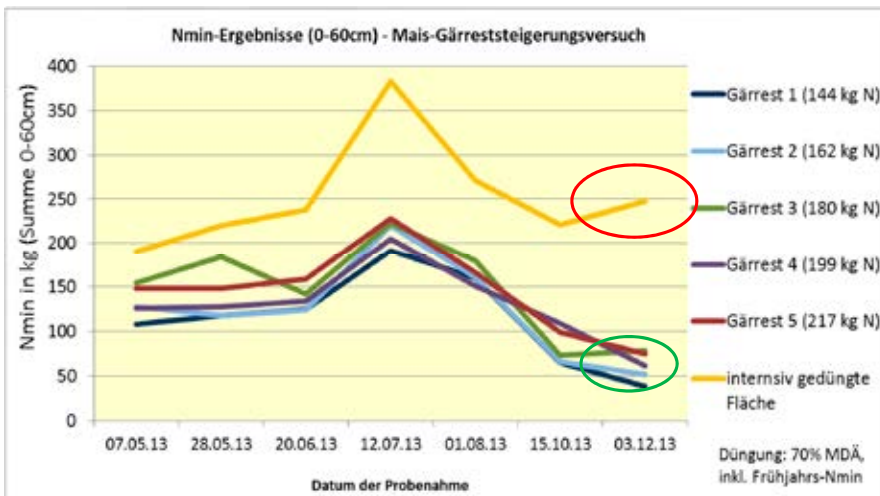
christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de





Bedarfsgerechte Ausbringungsmenge: Nmin-Verläufe im Gärreststeigerungsversuch

Daten: Hessischer Praxisbetrieb 2013



- Bis 162 kg N/ha: niedrige Herbst Nmin-Werte unter 50 kg/ha!
- Hohe N-Gaben werden nicht aufgenommen u. zeigen deutlich zu hohe Herbst Nmin-Werte ⇒ Verlagerungsrisiko
- **Angepasste N- Düngung aus Wasserschutzsicht dringend erforderlich!**

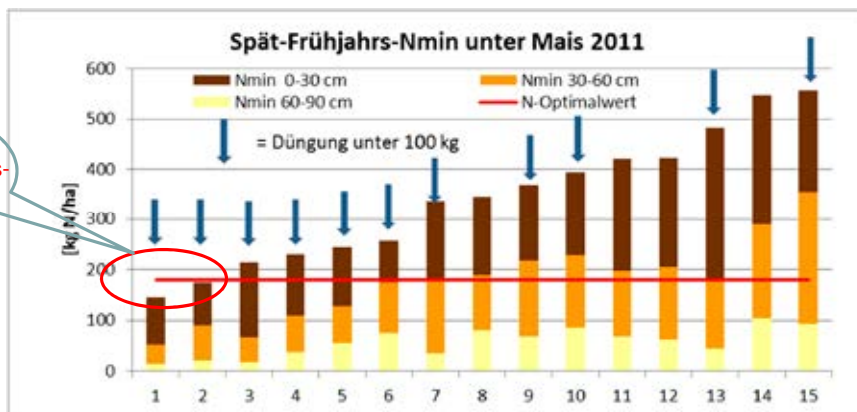
christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Düngesteuerung: Vorteile von Spätfrühjahrs Nmin und geteilten Gaben im Mais nutzen

- **Ziel:** Bessere Anpassung an tatsächlichen Nährstoffbedarf des Bestandes
- **Methode:** N-Optimalwert bestimmen: hier 180 kg N/ha abzügl. Frühjahrs-Nmin. **Max. 100 kg N/ha Andüngung zur Saat erlaubt.** Anrechnung 50% MDÄ.
 - Bestimmung des N-Versorgungszustandes durch spätes Nmin im 6-Blattstadium.
 - **Nachdüngen nur, wenn der Boden Unterversorgung zeigt.**

Nachdüngungsbedarf



Daten aus der WRRL-Beratung im nördlichen Schleswig-Holstein (BG1) im Auftrag des MELUR

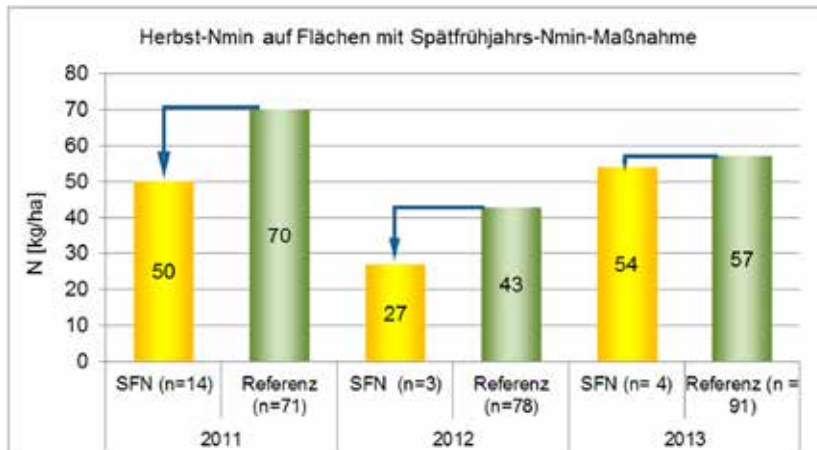
christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de





Düngesteuerung: Vorteile von Spätfrühjahrs Nmin und geteilten Gaben im Mais nutzen - Ergebnis

Daten aus der WRRL-Beratung im nördlichen Schleswig-Holstein (BG1) im Auftrag des MELUR



- Nur 9% der Schläge mussten nachgedüngt werden.
- Rund 20 kg N/ ha niedrigere Herbst Nmin-Werte.
- **Geeignet für langjährig mit Wirtschaftsdünger versorgte Standorte mit starker Mineralisation aus dem Boden.**

Ergebnisse F.13-15 sind veröffentlicht: BUTTLAR VON C., MÜLLER-THOMSEN, U., JOHNNEN, T. 2014: Führen Pilotmaßnahmen zu sauberem Grundwasser? Erfahrungen aus dem Beratungsgebiet „Lecker und Bredstedter Geest“. Bauernblatt Schleswig-Holstein. 27.9.14. S. 55-57

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Anrechnung: Welches Mineräldüngeräquivalent ansetzen?

- **Ziel:** Bessere Anpassung an tatsächliche N-Freisetzung aus dem Gärrest/Gülle
- **These:** vielfach werden eine bessere Düngewirkung und zu hohe N-Überhänge nach der Ernte festgestellt. Das heißt, das MDÄ wurde zu tief angesetzt. Emissionsarme Ausbringungstechnik verbessert die Anrechenbarkeit weiter.
- **Methode:**
 - **85% ige Anrechnung des Gülle- und Gärrest-N im Mais + Direkteinarbeitung.** (Bedarf 180 kg N/ha, minus Frühjahrs-Nmin, minus N-mineralisch (Unterfuß) = Bedarf organisch aus Gülle/Gärrest mit 85% Anrechnung.
 - Referenz: 50% Anrechnung überwiegend Schleppschlauchverteilung und Breitverteiler



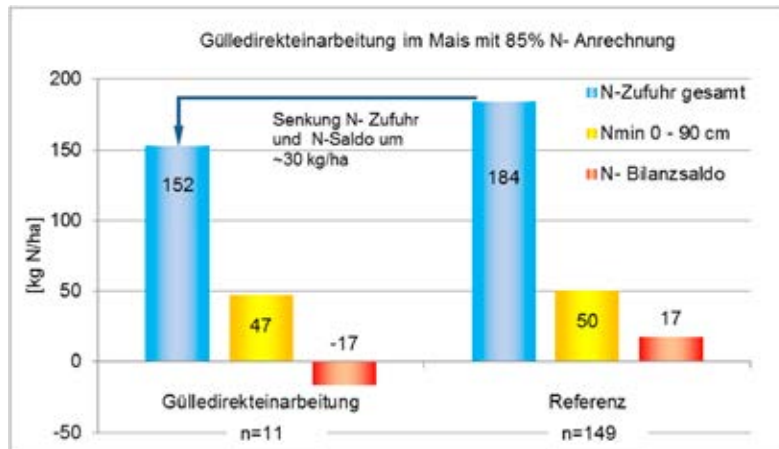
christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de





Anrechnung: Welches Mineräldüngeräquivalent ansetzen?

Versuchsjahre 2012 und 2013



Daten aus der WRRL-Beratung im nördlichen Schleswig-Holstein (BG1) im Auftrag des MELUR

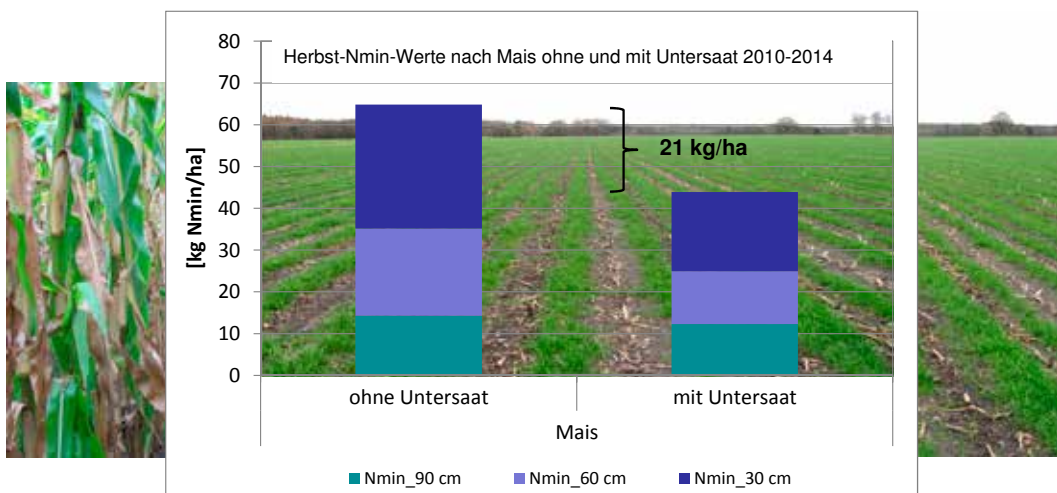
- Senkung der N- Zufuhr um ~ 30 kg N/ha bei gleicher Ertragsleistung.
- Dies macht sich direkt in einer Abnahme des N-Saldos bemerkbar.
- Im Herbst-Nmin konnte noch keine Änderung festgestellt werden (auch in Referenzbetrieben niedriges Niveau durch Gewässerschutzberatung).

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Anbauoptionen: N- Austragsrisiko mindern durch Untersaaten

(Praxisbetrieb Niedersachsen Mittel 2011-2014)



- Ertragsniveau trotz Untersaaten stabil (Wasserfügbarkeit standortabhängig!)
- Untersaat im Mais senkt Herbst Nmin-Wert ~20 kg.
- Gleichzeitig schützen Untersaaten vor Boden- und Nährstoffabtrag durch Erosion und verbessern die Humusbilanz und die Befahrbarkeit.
- Nutzung im Folgejahr möglich

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de





Anbauoptionen nutzen: N-Bindung durch Zwischenfrüchte

Praxisversuch Standort Niedersachsen 2014

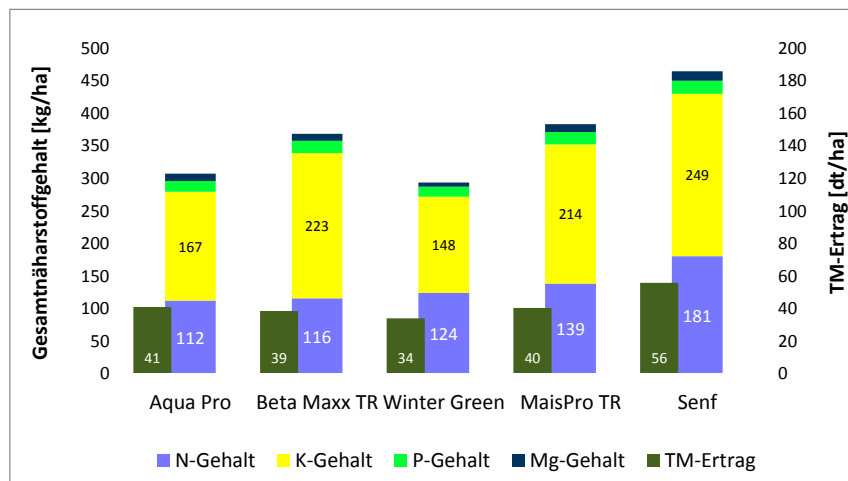
WinterGreen	Senf	MaisPro TR	BetaMaxx TR	AquaPro
Grünroggen	Senf	Felderbse	Alexandrinerklee	Rauhafer
Welsches Weidelgras		Futterroggen	Rettich Deeptill	Sonnenblume
Winterwicke		Inkarnatklee	Felderbse	Ramtilkraut
Inkarnatklee		Phacelia	Phacelia	Öllein
		Buchweizen	Ramtilkraut	Buchweizen
		Sonnenblumen	Rauhafer	Phacelia
		Schweden+Perserklee	Sommerwicke	Saflor
		Öllein	Sonnenblume	
		Leindotter		
		Pannonische Wicke		
		Ramtilkraut		
		Rettich Deeptill		
Winterhart	Solo	Leguminose + Rettich	Leguminose + Rettich	Leguminosenfrei

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Ergebnisse: Aufwuchsleistung und Nährstoffzüge Zwischenfrüchte

Praxisversuch Standort Niedersachsen, Betriebsübliche Düngung



- Aufwuchsleistung um 4 - 6 t TM/ha
- Hohe N- und K-Aufnahme der unterschiedlichen Z-Früchte
- Deutliche Verbesserung der Bodenstruktur und Erosionsminderung
- Flexible N-Anrechnung in der Düngeplanung der Folgekultur entscheidend (50 kg/ha sind möglich)

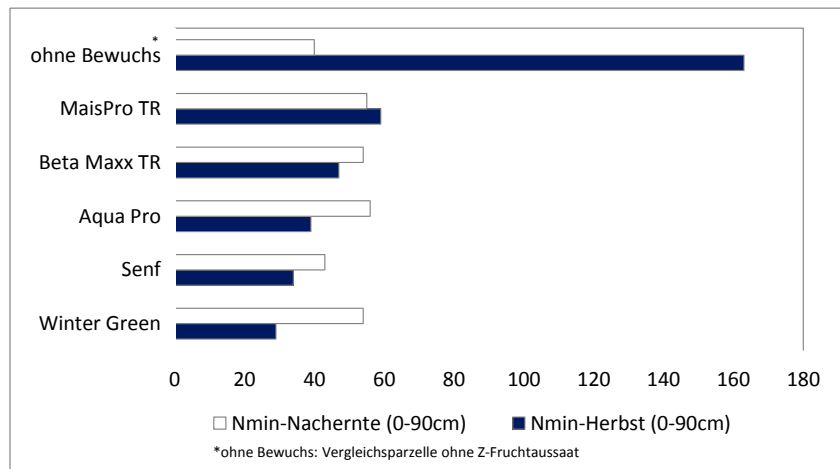
christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de





Ergebnisse: Nmin-Gehalte unter Zwischenfrüchten (Nds. 2014)

Praxisversuch Standort Niedersachsen 2014



- Ohne Bewuchs – Vergleichsparzelle zeigt das hohe Mineralisationspotential des Standortes im Herbst 2014 auf
- Hohe Grundwasserschutzleistung der Z-Früchte
- Hohe N-Nachlieferung unter der Folgekultur zu erwarten. Anrechnung erforderlich!

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Fazit und Ausblick

- **Rahmenbedingungen müssen stimmen:**
 - Nährstoffüberschüsse vermeiden, sowohl im Betrieb als auch regional.
 - Lagerraumverfügbarkeit ist Grundlage einer bedarfsgerechten Ausbringung
 - Konsequente Einhaltung der bestehenden Vorgaben und ergänzende grundwasserschonende Maßnahmen
- **Gärreste- ein wertvoller Dünger:**
 - Gärrückstrände zeigen wie alle Wirtschaftsdünger schwer kalkulierbare N-Freisetzung
 - Nährstoffgehalte richtig berücksichtigen und Düngebedarf standortangepasst und vegetationsbegleitend nachjustieren
 - Spätes Nmin, Anpassung des MDÄ und verlustarme Technik helfen, die N-Austräge zu reduzieren
- **Anbauoptionen nutzen:**
 - Untersaaten halten Stoffausträge unter Mais niedrig
 - Zwischenfrüchte binden N nach GPS-Getreide und frühräumenden Hauptkulturen
 - Sie bieten zusätzlich Erosionsschutz und verbessern die Humusbilanz

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de





Kontakt der Autorin:
IGLU-Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt
Bühlstraße 10, 37073 Göttingen. Tel.: 0551-54885-21; Fax.: 0551-54885-11; www.iglu-goettingen.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Weitere Informationen unter: www.eva-verbund/themen/oekologie.de

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 22006112 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Geördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de



Wechselwirkung zwischen Gärprodukten und der mikrobiologischen Aktivität

Prof. Dr. Manfred Bölter (Institut für Ökosystemforschung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Landwirtschaftlich genutzte Böden unterliegen verschiedenen, zum Teil sehr starken, Einflüssen durch Bewirtschaftungsmaßnahmen. Das sind mechanische, chemische und biochemische Störungen, bzw. Stressoren, die auf das Bodenleben wirken. Da der wesentliche Teil dieses Bodenlebens und der biologischen Prozesse durch Mikroorganismen dargestellt wird, fällt bei einer Betrachtung der Bodennutzung auf sie das Hauptaugenmerk solcher Untersuchungen.

Neben den kontinuierlich wirkenden Einflussgrößen auf mikrobiologische Prozesse, Temperatur, Wassergehalt und Nährstoffverfügbarkeit, sind Bodenbearbeitung und Düngung singuläre Störungen, deren Auswirkungen unterschiedliche Zeiträume haben. Zu beachten sind bei entsprechenden Untersuchungen die sehr verschiedenen Zeit- und Raumskalen, in denen die (mikrobiellen) Bodengemeinschaften wirken.

In einem ersten Zeitraum des an der CAU Kiel durchgeführten Projektes zur Reaktion von Böden auf die Ausbringung von Gärresten wurden Laborversuche und Messreihen zur Erfassung der anorganischen (Wassergehalt, Ammoniak, Nitrit, Nitrat, Phosphat, pH) und organischen (Gesamt-C, Glukose-Äquivalente) Substanz sowie zur Beschreibung der mikrobiellen Gemeinschaft (Zellzahl, Biomasse) durchgeführt.

Die eingesetzten Gärreste waren verschiedener Herkunft (Mais, Weizen, Rübe und Mischungen). Sie zeigten unterschiedliche Qualität in ihren Zusammensetzungen und führten demzufolge zu unterschiedlichen Reaktionen der Böden. Dabei zeigten sich die Reaktionen der Böden nicht in erster Linie bei der Menge der Gärrest-Zugaben, sondern insbesondere hinsichtlich deren Qualität. Die Verläufe der Versuche (bis 32 Tage) zeigten keine durchgehend steigende oder fallende Tendenz der Messgrößen, vielmehr traten nach unterschiedlichen Zeiträumen in den Parametern der Gemeinschaften, aber auch der Substanzen, unklare Verläufe auf, sodass zunächst nur Trends der Verläufe zur Interpretation vorliegen.

Diese Versuchsabläufe können nur dadurch erklärt werden, indem folgende grundsätzliche Verhältnisse der mikrobiellen Systeme in Betracht gezogen werden: Störung und Wiederfinden eines Gleichgewichts zwischen Nährstoffangebot und -verbrauch, Veränderungen und Neuorganisation der mikrobiellen Gemeinschaften durch Faktoren aus Resilienz und Resistenz der Systeme, ihre Hysteresis und/oder Pufferkapazität gegenüber Störungen und die Bedeutung von Schwellenwerten einer an Agrarstrukturen angepassten mikrobiellen Gemeinschaft.

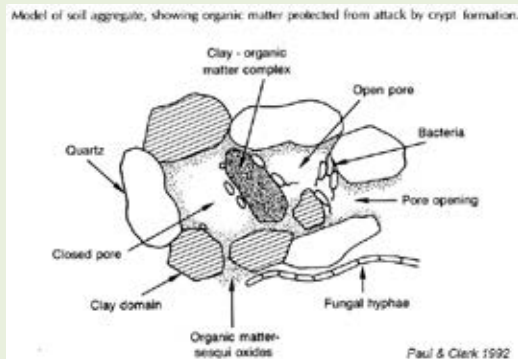
Wechselwirkung zwischen Gärprodukten und der mikrobiologischen Aktivität

Manfred Bölter
Institut für Ökosystemforschung
Universität Kiel

Gärrestzugaben = Veränderungen des
Systems

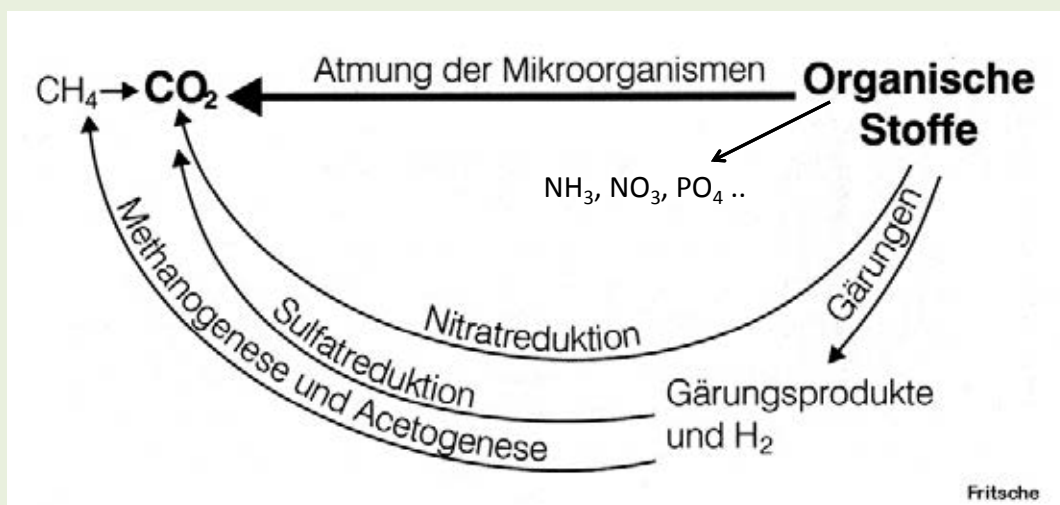


Das Milieu

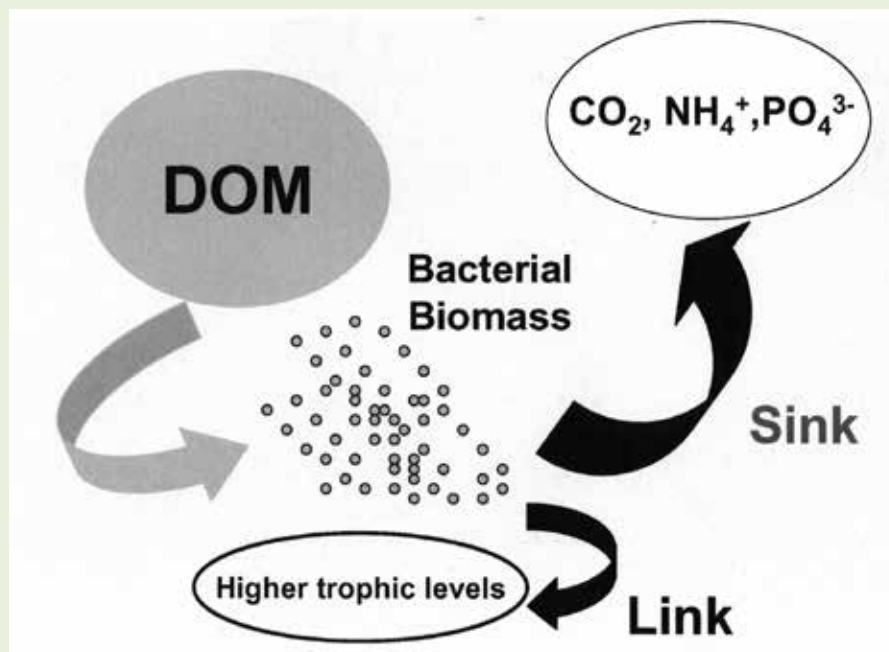


Weise & Rheinheimer 1978

Prozesse, Kreisläufe



Link und Sink



Versuchsverlauf

- **Gärrestherstellung** (Labor ILV, Dr. S. Ohl)
 - Analysen der Gärprodukte
- **Bodenproben der Standorte HS und KD**
 - Bodenanalysen (T₀)
- **Aufbringung der Gärprodukte im Laborversuch**
 - Mengenstaffelung (10, 100, 450; 125, 250, 500 µl/cm²)
 - Probenentnahme (T₄, T₈, T₁₆, T₃₂)
- **Analytik zu**
 - Bodenmilieu
 - Mikroorganismen

Gärprodukte

- Weizen (100 %)
- Mais (100 %)
- Rübe (100 %)
- Mais/Rübe (20/80 %)
- Mais/Rübe (80/20 %)
- Weizen/Rübe (80/20 %)

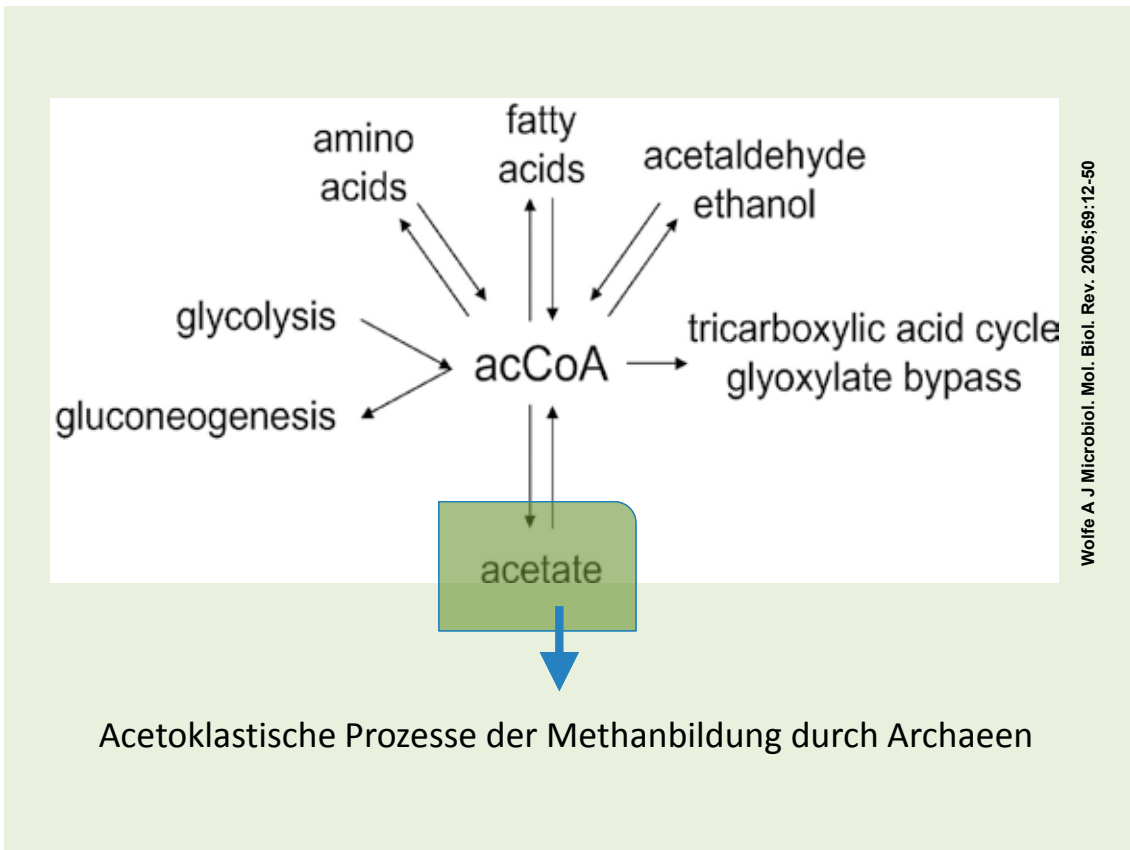
Beimpfung in 4 verschiedenen Intensitäten: bis 30.06.13 mit 0, 0,1 m³/ha, 10 m³/ha und 45 m³/ha (0, 10, 100 und 450 µl/cm²), ab dem 01.07.13 mit 0 m³/ha, 12,5 m³/ha, 25 m³/ha und 50 m³/ha (0, 125, 250 und 500 µl/cm²).

Organ. Substanz in Gärresten

	R100	W100	M100	W20/R80	W80/R20	R80/M20	R20/M80
Essigs. ¹⁾	<0,05	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Propions. ¹⁾	<0,05	0,81	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
ES-Äquiv. ¹⁾	250	240	390	380	300	170; 240	250
TS (% OS)	2,6	2,8	2,8	2,9	2,8	2,9	2,8

	RS100	MS100	WS20/RS80	RS80/MS20	RS20/MS80
Essigs. ¹⁾	0; 0,24	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Propions. ¹⁾	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
ES-Äquiv. ¹⁾	140; 424	170; 570	300	170	270
FOS ²⁾	2400	1600	nd	nd	nd
TAC ²⁾	6300	9600	nd	nd	nd
TS (% OS)	2,8; 4,1	3; 7,2	2,5	2,8	3,2

¹⁾ g/kg OS
²⁾ mg/l



Anorg. und org. Substanz in den Gärprodukten

Datum	Gärrest	pH	TG	LOI	Glc	PO4	NH4	NO2	NO3
			%	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
7.11.12	M100	7,88	2,66	588	18,02	3,02	7,52	0,01	0,79
7.11.12	W100	7,89	2,74	595	18,41	2,86	8,09	0,01	0,65
17.3.13	M20/R80	7,62	2,78	574	0,691	0,11	0,01	0,12	0,08
17.3.13	R100	7,59	2,77	562	0,641	0,11	0,01	0,01	0,07
2.9.13	W80/R20	7,70	2,95	554	19,93	0,65	6,96	0,01	1,01
23.1.14	Ms100	7,74	2,87	529	18,59	0,57	5,45	0,03	1,19
18.2.14	W100	7,71	2,87	545	13,98	1,26	4,43	0,01	1,13
19.2.14	R100	7,93	2,76	541	10,79	1,34	8,45	0,03	1,13

Anorg. und org. Substanz in den Böden

Ort		pH	D	WG	LOI	Glc	PO ₄	NH ₄	NO ₂	NO ₃
			g/cm ³	% v. FG	mg/g	mg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
HS	Mittel	6,89	1,41	12,83	342,9	0,378	4,02	0,58	0,26	72,9
	Min	6,28	1,21	9,46	290,0	0,094	1,34	0,06	0,04	26,4
	Max	7,44	1,97	20,10	487,8	0,790	9,61	1,05	1,43	173,9
	Vk(%)	4,62	17,78	27,49	15,75	59,9	55,5	80,3	163,5	61,5
	N	10	6	10	10	9	10	10	10	10
KD	Mittel	4,43	1,34	13,68	561,3	0,596	6,21	1,33	0,29	129,0
	Min	3,58	1,15	10,32	530,0	0,128	3,48	0,06	0,16	31,8
	Max	5,45	1,45	20,56	597,2	0,842	16,7	5,34	0,39	226,0
	Vk(%)	16,22	8,10	23,85	4,10	44,2	67,7	162,6	24,5	41,4
	N	9	8	9	9	8	9	9	9	9

Reaktionen auf Gärrestzugabe - 1 (HS, 32 Tage)

Gärrest: Mais-Mono (1)	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	--	---	++	#	++	-
(10 µl/cm ³)	--	---	++	#	++	+
(100 µl/cm ³)	---	---	++	#	++	+
(450 µl/cm ³)	---	---	+++	---	+	+

Gärrest: Mais-Mono (2)	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	--	---	++	++	++	-
(10 µl/cm ³)	--	---	++	-	++	--
(100 µl/cm ³)	-	---	+++	--	++	-
(450 µl/cm ³)	--	---	+++	---	--	--

Gärrest: Weizen-Mono	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	0	--	++	+	++	-
(10 µl/cm ³)	--	--	++	+	++	+
(100 µl/cm ³)	--	---	++	++	++	-
(450 µl/cm ³)	--	---	+++	-	+++	-

Mais-Mono (1): 3.12.12-6.1.13), Mais-Mono (2): 15.4.13-15.5.13, Weizen-Mono: 4.12.13-7.1.13

Reaktionen auf Gärrrestzugabe - 2 (HS,KA 32 Tage)

Gärrest: Weizen	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	--	--	++	--	++	-
(10 µl/cm ³)	--	--	+	++	+	0
(100 µl/cm ³)	--	--	++	--	++	-
(450 µl/cm ³)	--	--	++	--	--	-

Gärrest: M20/R80	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	+	--	++	+++	++	--
(10 µl/cm ³)	+++	--	+++	---	--	+
(100 µl/cm ³)	--	--	++	---	--	-
(450 µl/cm ³)	--	--	++	---	--	-

Gärrest: M80/R20	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	--	--	++	--	-	+
(10 µl/cm ³)	--	--	++	---	--	-
(100 µl/cm ³)	--	--	++	---	--	+
(450 µl/cm ³)	--	--	+++	---	--	-

GP4-Weizen (HS): 16.4.-16.5.13, M20/R80 (KD); 1.7.-3.8.2013, M80/R20 (KA): 2.7.-3.8.2013

Reaktionen auf Gärrrestzugabe - 3 (KD 32 Tage)

Gärrest: R100	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	++	-	++	+	--	++
(10 µl/cm ³)	++	--	++	--	--	+
(100 µl/cm ³)	++	--	++	---	--	+
(450 µl/cm ³)	+	--	+++	---	--	-

Gärrest: M100	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	++	-	++	0	--	-
(10 µl/cm ³)	-	--	++	---	--	-
(100 µl/cm ³)	++	--	++	---	--	+
(450 µl/cm ³)	++	--	+++	---	--	--

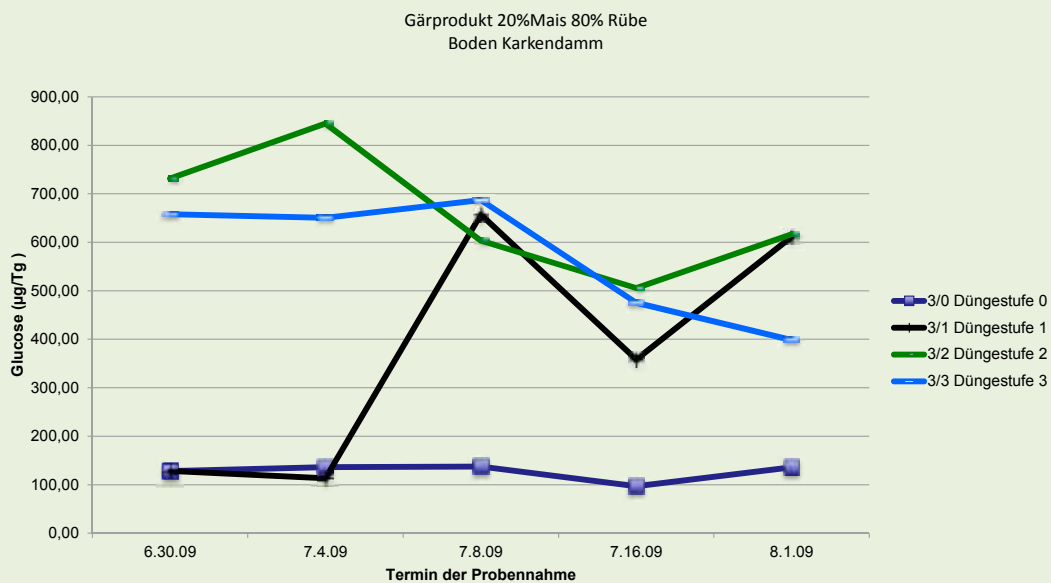
Gärrest: W80/R20	Glc	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	pH
(Kontr.)	+	++	++	---	--	++
(10 µl/cm ³)	++	-	++	++	+	-
(100 µl/cm ³)	-	--	++	---	--	-
(450 µl/cm ³)	+	--	+++	---	---	--

R100(KD): 11.7.-19.8.13, M100(KD); 12.7.-20.8.2013, W80/R20 (KD): 2.9.-7.10.2013

Veränderung Glukose

Versuch	Gärrest	Einfluss auf Ausgangsmaterial	Verhalten im Versuchsablauf
a) HS (3.12.12-6.1.13)	Mais-Mono	Starke Glc-Erhöhung	Reduzierung auf Kontrollwert
b) HS (4.12.12-7.1.13)	Weizen-Mono	Geringe Glc-Erhöhung	Keine Veränderung
c) HS (15.4.-16.5.13)	GP3-Mais	Geringe Glc-Erhöhung	Geringer Veränderung
d) HS (16.4.-16.5.13)	GP4-Weizen	Geringe Glc-Erhöhung	Leichte Erniedrigung
e) KA (1.7.-3.8.13)	Mais/Rübe (20/80)	Starke Glc-Erhöhung	Weiterer Glc-Anstieg
f) KA (2.7.-3.8.13)	Mais/Rübe (80/20)	Hohe Glc-Ausgangskonzentration, geringer Veränderung	Geringer Abbau zum Ausgangswert
g) KA (11.7.-19.8.13)	Rübe 100	Hohe Glc-Ausgangskonzentration, geringer Veränderung	Geringe Glc-Erhöhung
h) KA (12.7.-20.8.13)	Mais 100	Hohe Glc-Ausgangskonzentration, geringer Veränderung	Geringe Glc-Erhöhung
i) KA (2.9.-7.10.13)	Weizen/Rübe (80/20)	Hohe Glc-Ausgangskonzentration, geringer Veränderung	Geringe Glc-Erhöhung

Beispiel: Glukoseveränderung



Veränderung anorg. Stoffe und pH

Phosphat

HS: Freisetzung bei Mais-Mono und Weizen-Mono, nicht bei GP3-Weizen

KD: Freisetzung bei MR und WR, weniger stark bei M und R (100)

Nitrit

HS: Vorhanden nur im Winter, ein zusätzlicher Eintrag durch GR

KD: Geringe Mengen nachweisbar, aber kein Effekt durch GR

Nitrat

HS: In den Ausgangsproben vorhanden, Erhöhung im Vers.-Verlauf

KD: In den Ausgangsproben vorhanden, Abnahme bei MR und WR, Zunahme bei M und R (100)

Ammonium

HS: Geringe/keine Menge in Startproben, keine Einfluss der GR

KD: Geringe/niedrige Werte in Startproben, GR erhöhen die Mengen, die dann aber rückläufig sind

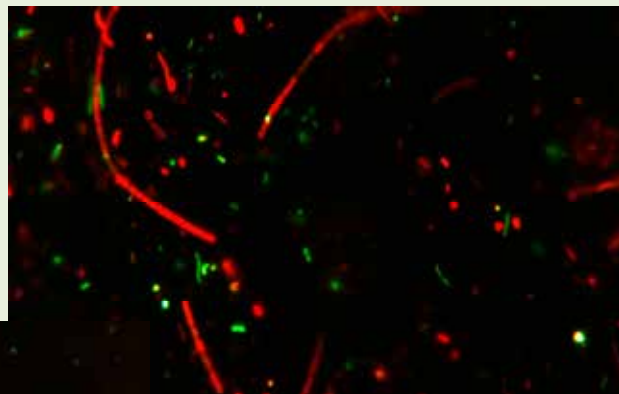
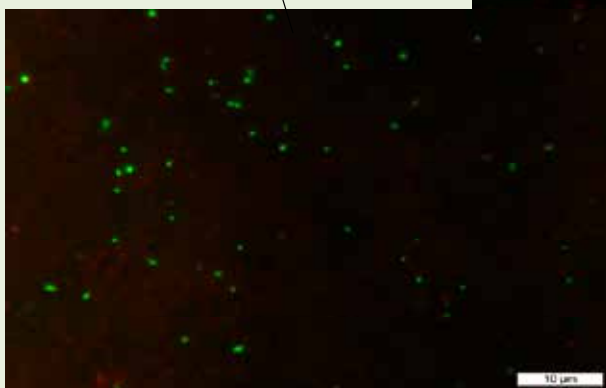
pH

HS: Keine deutliche Beeinflussung durch GR, leichte Abnahmen

KD: GR führen zu Erhöhung des pH, die sich im Vers.-Verlauf wenig ändern

Mikroskopie

Boden +Gärrest



Klärschlamm verdünnt

Veränderung mikrobiol. Parameter

Zellzahl

HS: M, W Deutliche Erhöhung bei Versuchen im Dezember, aber unterschiedlich bei versch. GR-Mengen, nur geringer Effekt bei W (April)

KD: MR Kein direkter Effekt bez. GR-Menge bei MR 80/20, R und MR 20/80 mit deutlichem Effekt

Kokken%

HS: W W mit deutlicher Abnahme der Kokken

KD: MR MR mit Abnahme der Kokken, R leichte Zunahme

Biomasse

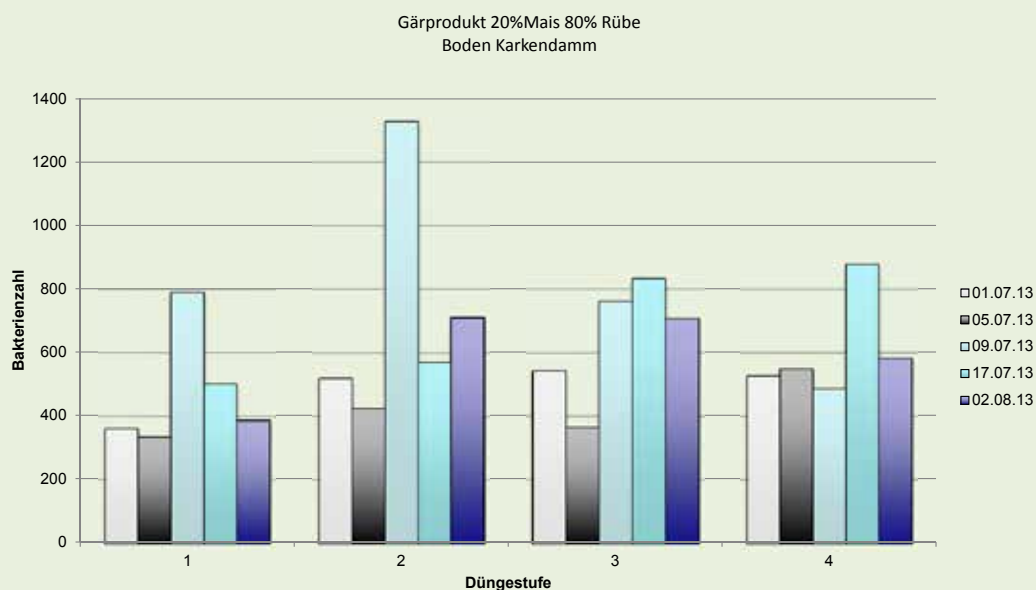
HS: Keine Zunahme, kurzfristige Änderungen im Versuch

KD: MR mit starker Zunahme

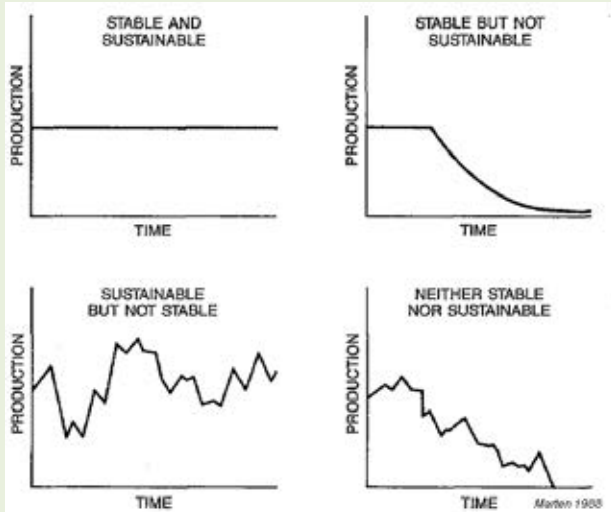
BSB

nur geringe (erhöhende) Auswirkungen feststellbar

Beispiel: Verläufe Bakterienzahlen



Eindeutig – Variabel – Resilient ?



Reaktionen des Systems
Anhängig von
Ausgangszustand
Flexibilität
Qualität der Störung



Mit Dank an die Arbeitsgruppe und an Sie für Ihre Geduld!

Standortabhängige Bilanzierung ökologischer Faktoren beim Einsatz von Gärrückständen

*Dr. Matthias Willms, Anne-Katrin Prescher, Christiane Peter und Dr. Michael Glemnitz
(Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V.)*

Landwirtschaftliche Produktion findet in der Natur statt, basierend auf natürlichen Prozessen und interagiert mit dem landschaftlichen Umfeld. Jede Änderung der Bewirtschaftung führt zwangsläufig zu einer Änderung der Umweltwirkungen in positiver oder negativer Weise: Im EVA-Verbund¹ werden zahlreiche Anbauoptionen des Energiepflanzenanbaus (Fruchtfolgen, Fruchtarten und ihre Anbauverfahren) hinsichtlich ihrer ackerbaulichen Eignung sowie ihrer ökonomischen und ökologischen Effekte vergleichend untersucht. Im Rahmen der ökologischen Bewertung werden die Umweltwirkungen mit den Indikatoren Humusbilanz, Energiebilanz, Nitrataustrag, Treibhausgasemissionen und Biodiversität bewertet.

Gärreste sind ein Spezifikum des Energiepflanzenanbaus die im Biogasprozess anfallen und die eine Nährstoffrückführung ermöglichen. Die in großen Mengen anfallenden Gärrückstände sind dabei nicht nur als zu entsorgendes Nebenprodukt zu verstehen, sie eröffnen gleichzeitig eine neue Ära für die organische Düngung. Die Gärreste können dabei gezielt eingesetzt werden, um das Bodenleben zu stimulieren oder Humusbilanzdefizite zu reduzieren. Es ist jedoch auch bekannt, dass bei Gärrestdüngung die Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen und die Verhinderung unerwünschter Stoffausträge schwerer zu steuern sind, da sie stärker durch externe Faktoren beeinflusst werden.

In diesem Vortrag erfolgt ein Vergleich von Anbau-Optionen für Energiepflanzen mit unterschiedlichen Anteilen der N-Düngung aus Gärresten. Dabei werden die unterschiedlichen Düngeregime in ihrer Wirkung auf verschiedene Umweltindikatoren untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von Gärresten zur Verbesserung der ökologischen Effekte des Energiepflanzenanbaus beitragen kann. Sehr unterschiedliche Anbaumaßnahmen können für eine Verbesserung einzelner Umwelteffekte eingesetzt werden. Für alle Indikatoren gilt, dass die Fruchtfolge und die Fruchtartenwahl eine wesentliche Steuergröße sind. Zusätzliche Einflussfaktoren aus Sicht der Humusbilanz sind: Gärrestdüngung, Stroh- und Gründüngung. Bei dem Energieaufwand für den Anbau sind die steuernden Einflussgrößen die Höhe und Form der N-Düngung sowie der Maschinenaufwand. Die Treibhausgasemissionen werden im Wesentlichen durch die Höhe der N-Düngung und den Anteil an organischer Düngung beeinflusst. Der Stickstoffaustrag aus der durchwurzelten Zone ist wesentlich vom Standort geprägt (Boden und Klima) und kann durch N-Düngung, Fruchtart und Zwischenfrüchte gesteuert werden. Die Wirksamkeit der Gärreste für die Bodenmesofauna (Collembolen, Milben) wird durch die Bodenfeuchte interagiert, was bei der Terminierung der Ausbringung zu berücksichtigen ist. Die Gärrestrückführung wirkt jedoch grundsätzlich stimulierend auf die Aktivitätsdichten der Organismen im Boden.

Trotz unterschiedlicher Haupt-Einflussgrößen auf die einzelnen Indikatoren konnten Empfehlungen für ökologisch vorteilhafte Anbauverfahren aus den EVA-Projektergebnissen abgeleitet werden.




Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research

Fachtagung pflanzenbauliche Verwertung von
Gärrückständen aus Biogasanlagen:

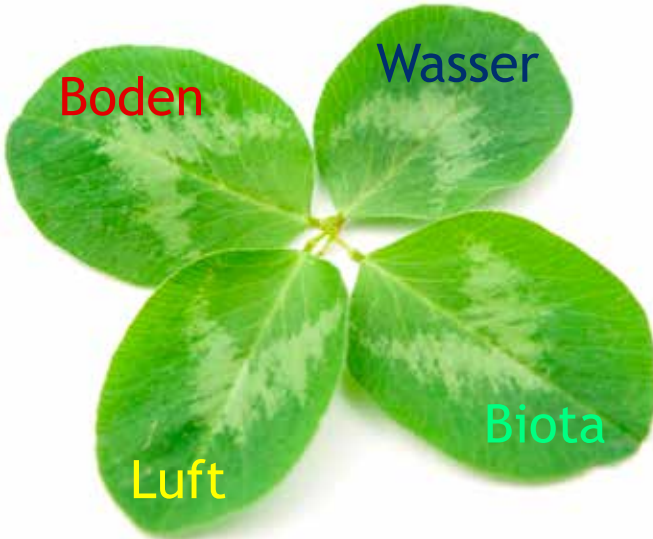

Standortabhängige Bilanzierung ökologischer Faktoren beim Einsatz von Gärrückständen

Matthias Willms, Christiane Peter, Anne-Katrin Prescher, Ralph Platen
Michael Glemnitz

Berlin 11. März 2015



Schutzgüter



Boden Wasser
Luft Biota

Standortabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrückständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz

zalf Indikatoren der Schutzgüter eva VERBUND GfNR

Humusbilanzsaldo

Nitrataustrag

Wasser

Boden

Luft

Biota

THG-Emissionen
[flächenbezogen]

Bodentiere:
Collembolen

Standorttabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrückständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz

zalf Versuch Gärrestdüngung eva VERBUND GfNR

„Kleiner Gärrestversuch“, EVA-Projekt:

- Ziel: Effekte der Gärrestdüngung: Erträge, Ökonomie, Ökologie, 6 Standorte, Anlage 1: 2009-2012, Anlage 2: 2010-2013
3 Varianten:
- N mineralisch,
- 50% mineralisch / N 50% organisch,
- N 100% organisch

Veg. Periode 1

Veg. Periode 2

Veg. Peride 3

Veg. Periode 4

Silomais

W. Roggen, Gp

Sudangras

Triticale, Gp

Wel. Weidelgras

W. Weizen, Korn

Mrz 1

Mai 1

Jul 1

Sep 1

Nov 1

Jan 2

Mrz 2

Mai 2

Jul 2

Sep 2

Nov 2

Jan 3

Mrz 3

Mai 3

Jul 3

Sep 3

Nov 4

Jan 4

Mrz 4

Mai 4

Jul 4

Standorttabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrückständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz



Humusbilanz – Methoden



- Bemessung der optimalen Menge organischer Substanz zum Erhalt der C_{org} -Konzentration im Boden
- Methode: VDLUFA, 2014, untere Werte,
- Humusproduktion von Gärresten: Verwendung der vorläufigen Werte auf Basis von Expertenschätzungen aus: VDLUFA, 2014
- Einheit: kg Häq/ha, Häq = Humusäquivalente

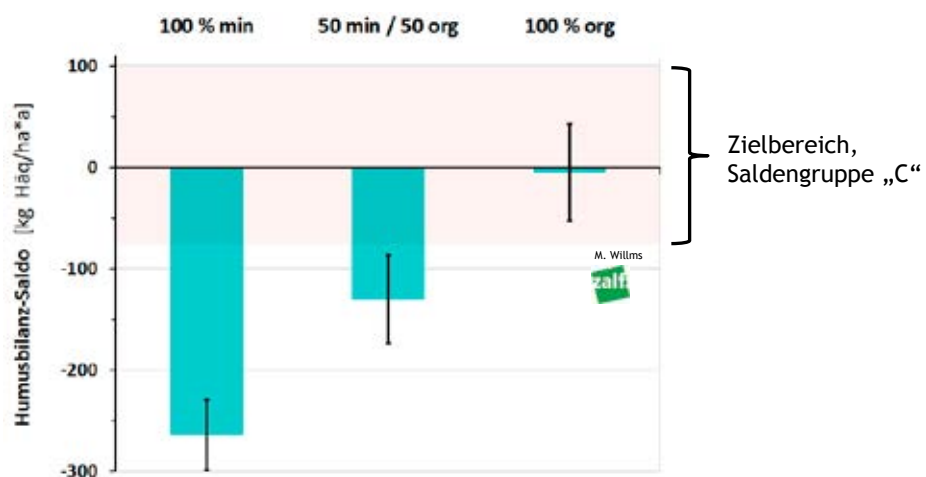
Standortabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrückständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz



Humusbilanz

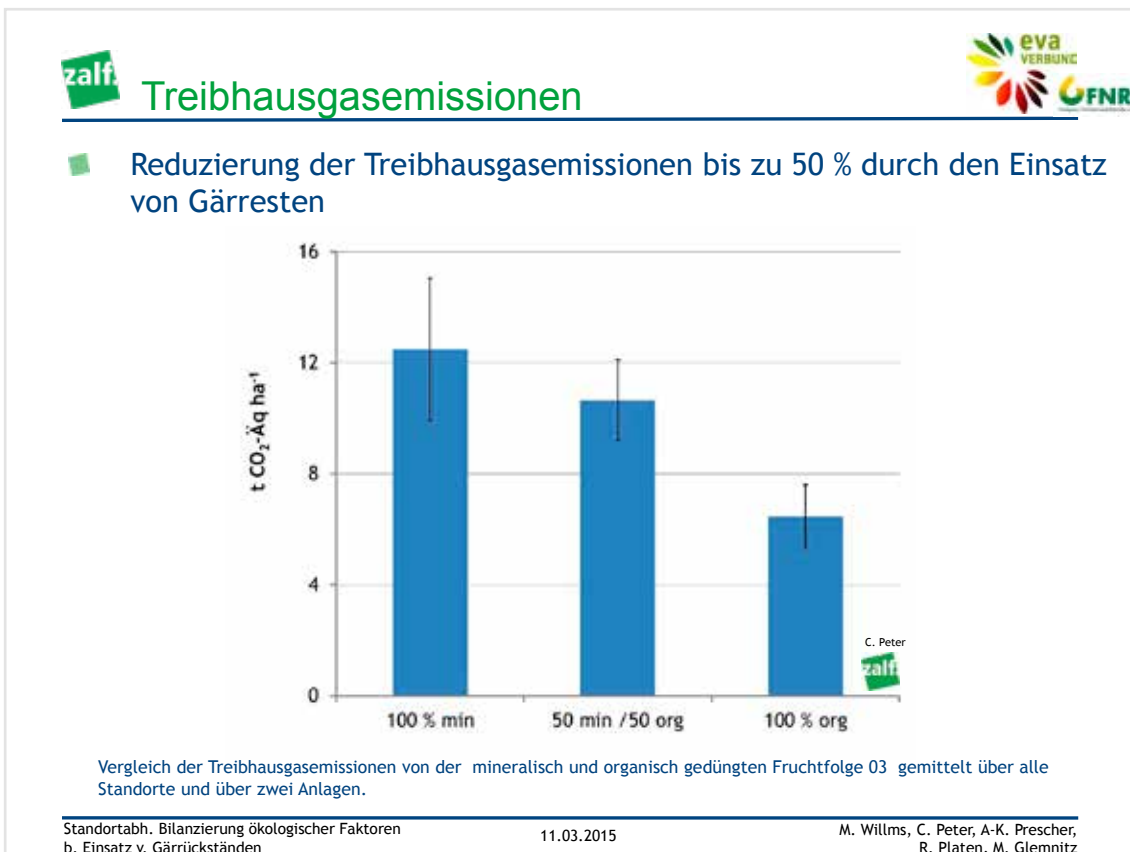
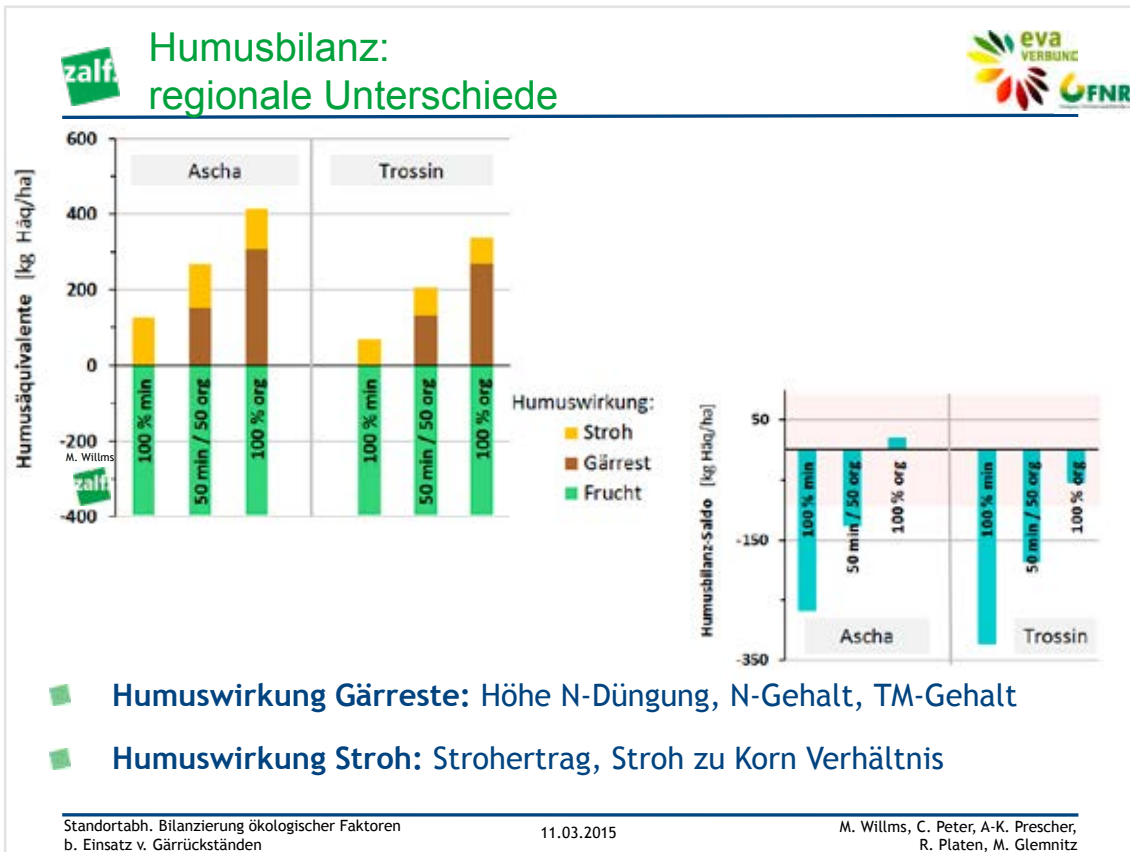


Vergleich der jährlichen Humusbilanz-Salden der mineralisch und organisch gedüngten Fruchtfolge 03, gemittelt über 6 Standorte und über zwei Anlagen.

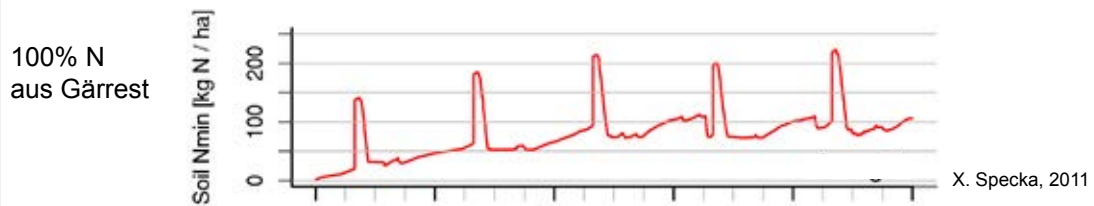
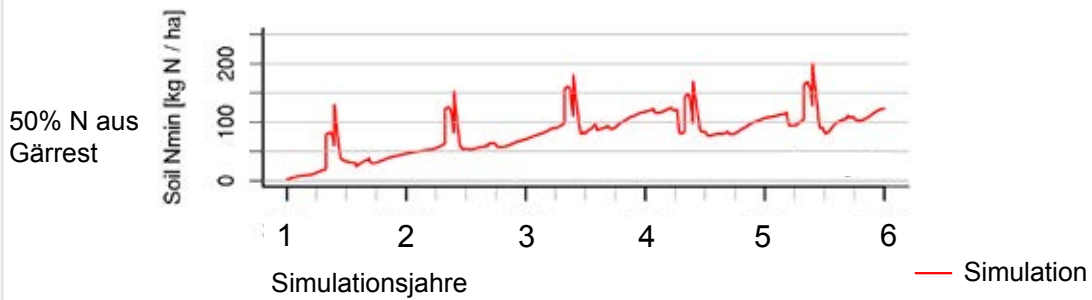
Standortabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrückständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz



zalf Gärrestdüngung 5 Jahre Simulation, N_{min} in 0-90 cm Tiefe 



■ Simulationsrechnung mit dem Modell „MONICA“, Standort Trossin, Vorläufiges Ergebnis, vereinfachte Annahme Gärrest = Rindergülle

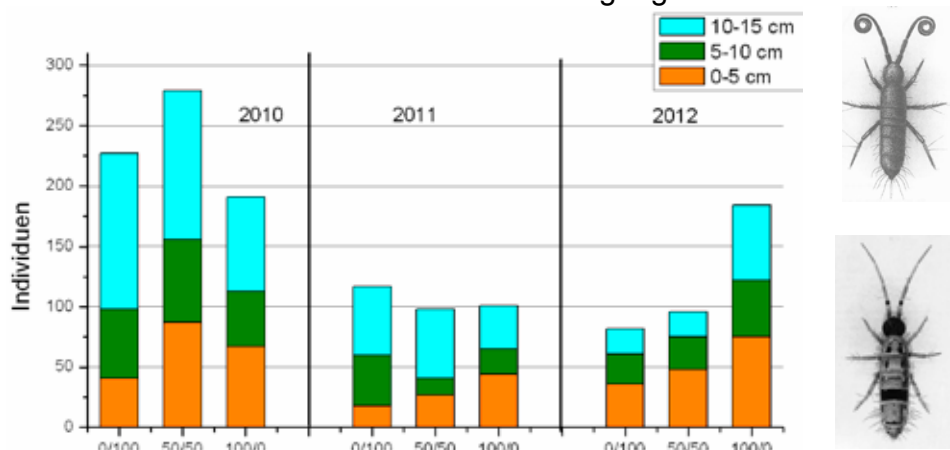
Standortabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrestständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz

zalf Bodentiere: Collembolen (Springschwänze) 

Anzahl der Collembolenindividuen in drei Bodenschichten bei unterschiedlichen Gärrestanteilen an der N-Düngung



Achtung: Die zeitliche Aktivität der Collembolen verläuft synchron zur Bodenfeuchte! (u.a. vor Winter!), Standort Dedelow

Standortabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrestständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz

zalf Zusammenfassung 1



Gärrestdüngung beim Anbau von Energiepflanzen:

- **Humusbilanz:** durch Gärresteinsatz wird der Saldo angehoben
- **Treibhausgasemissionen:** Verminderung, da die Aufwendungen zur Düngerherstellung entfallen
- **NO₃-Austräge:** Mineralisierungspotenzial wird erhöht,
- Ausbringung von Gärresten fördert den **Collembolen**-Bestand
- Frage der Bemessung der N-Menge ist sehr entscheidend für die Quantifizierung der Effekte!
- Zusammenführung der Indikatoren =>

Standortabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrückständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz

zalf Zusammenfassung 2



Indikator	minaralisch	Gärrestdüngung
Humusbilanz		
Treibhausgasemissionen		
Nitrataustrag		
Collembolen		

orange - Verschlechterung
weiß - neutral
grün - Verbesserung

Standortabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrückständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz

zalf. Dank!



Unser Dank gilt:

- dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe die das EVA-Projekt ermöglichen!
- den EVA-Projektpartnern, die diese Auswertung erst möglich machen!



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Standortabh. Bilanzierung ökologischer Faktoren
b. Einsatz v. Gärrückständen

11.03.2015

M. Willms, C. Peter, A-K. Prescher,
R. Platen, M. Glemnitz



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Artikelnummer 794
FNR 2015

