

# **Abschlussbericht**

---

Projektnummer:

**BAL 2941**

Titel des Projektes:

## **Nährstoffgehalt von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und deren Einsatz im Dauergrünland**

**Nutrient content of fermentation residues from agricultural biogas  
systems and their utilization on permanent grassland**



Projektleiter: **Univ.Doz. Dr. Erich M. Pötsch**

Stichworte: **Biogasgülle, Gärrückstände, Nährstoffgehalt, Hygienestatus**

Laufzeit: **2001 - 2004**

Kooperationspartner: **AGES - Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung,  
AGES- Institut für Veterinärmedizinische Untersuchungen,  
Landeslandwirtschaftskammern, ÖAG, Fachbeirat für Boden-  
fruchtbarkeit und Bodenschutz**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	3
<b>2. Aufgaben- und Problemstellung</b>	4
<b>3. Material und Methodik</b>	5
3.1 Beprobung der Gärrückstände	5
3.2 Durchgeführte Untersuchungen	5
3.3 Exaktfeldversuch im Grünland	6
<b>4. Ergebnisse und Diskussion</b>	7
4.1 Anlagenkennwerte	7
4.1.1 Anlagensystem und Anlagengröße	7
4.1.2 Verwendete Ausgangsmaterialien zur Fermentation	7
4.1.3 Fermentations- und Betriebskennwerte	8
4.2 Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Biogäulen/Gärrückständen	9
4.2.1 Trockenmassegehalte	10
4.2.2 Gesamtstickstoff- und Ammoniumstickstoffgehalt	11
4.2.3 pH-Wert	12
4.2.4 Weitere Hauptnährstoffe und Spurenelemente	13
4.2.5 Schwermetalle	15
4.3 Hygienestatus von Biogäulen/Gärrückständen	17
4.3.1 Beschreibung der Erreger	18
4.3.2 Beurteilung des Hygienestatus	19
4.4 Ausbringungseigenschaften von Biogäulen/Gärrückständen	21
4.4.1 Ablaufverhalten	21
4.4.2 Geruch	22
4.5 Ergebnisse aus dem Biogäuleversuch Gumpenstein	23
4.5.1 Trockenmasseertrag	23
4.5.2 Futterqualität und Pflanzenbestand	24
4.5.3 Nitratatrag über das Sickerwasser	25
4.6 Hygienisierung von Unkrautsamen in Biogäulanlagen	25
4.7 Empfohlener und tatsächlich durchgeführter Untersuchungsrythmus für Biogäulen/Gärrückstände	26
4.8 Subjektive Beurteilung der Wirkung von Biogäulen/Gärrückständen	28
<b>5. Zusammenfassung</b>	28
<b>6. Literatur</b>	29
<b>7. Bisherige Umsetzung des gegenständlichen Forschungsprojektes mittels Veröffentlichungen, Vorträgen und Tagungen</b>	30
<b>8. Anhang</b>	32

## 1. Einleitung

Die Erzeugung von Biogas aus der Vergärung von Wirtschaftsdüngern und organischen Co-Substraten verzeichnet in den letzten Jahren einen starken Zuwachs in der österreichischen Landwirtschaft. Während es 1993 Österreichweit nur knapp 20 Biogasanlagen gab, waren es 1998 rund 50 Einheiten - derzeit sind bereits etwa 130 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von ca. 8 MW in Betrieb und noch weitere 120 in der Planungs- bzw. Bauphase. Mit dem Ökostromgesetz, das seit 1.1.2003 in Kraft ist, hat Österreich einen weiteren, wichtigen Impuls für die Entwicklung erneuerbarer Energieträger gesetzt. Durch die Staffelung der für eine Dauer von 13 Jahren ab Inbetriebnahme der Anlage garantierten Einspeisetarife soll auch kleineren, landwirtschaftlichen Betrieben diese Form der alternativen Energieproduktion als Einkommensergänzung ermöglicht werden.

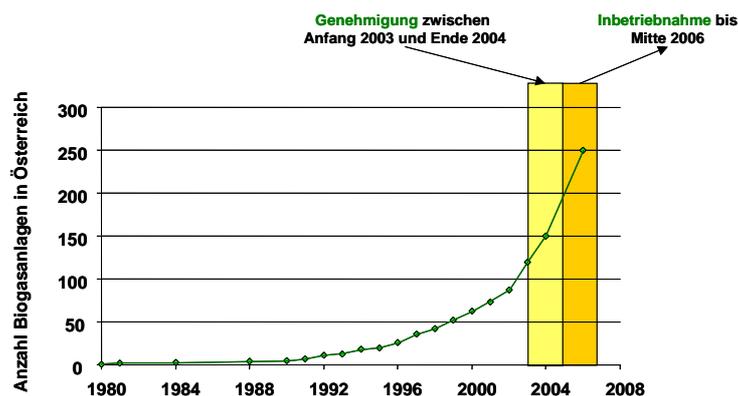


Abbildung 1: Entwicklung und Anzahl von Biogasanlagen in Österreich (Quelle: PÖTSCH, E.M., 2004)

Die landwirtschaftliche Biogaserzeugung aus Energiepflanzen und Wirtschaftsdüngern birgt erhebliche Potentiale im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes. Die Landwirtschaft ist insgesamt mit einem Anteil von knapp 9% an der Emission von treibhausrelevanten Gasen (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> sowie F-Gase) beteiligt, wobei diesbezüglich in den vergangenen Jahren eine abnehmende Tendenz festgestellt werden kann. Im Bereich des Methanausstoßes, der rund 10% des gesamten CO<sub>2</sub>-Äquivalentes beträgt, liegt der Anteil der Landwirtschaft allerdings bei ca. 55%, wobei ein Großteil dieser CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Tierhaltung stammt (Abbildung 2).

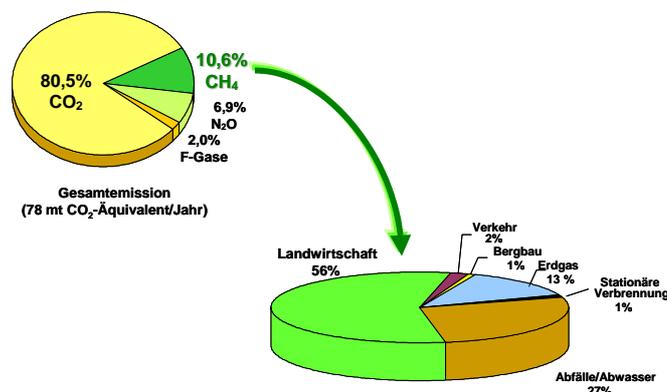


Abbildung 2: Quantität und Verursacher von Treibhausemissionen in Österreich

Die Biogasproduktion verringert den Einsatz fossiler Brennstoffe und leistet damit einen Beitrag zur Reduktion des klimawirksamen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes (geschätzte potentielle Nettoverringerung von mehr als 5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Jahr in Österreich) sowie zur Minderung von Methanemissionen während der Lagerung von Wirtschaftsdüngern. Aus der

Biomasse des Wirtschaftsdüngers und der Energiepflanzen von 10% der Ackerfläche und 25% des Grünlandes, könnten zusammen pro Jahr bis zu 17.000 GWh nutzbare Energie erzeugt werden (AMON u.a., 2003). Das entspricht einer Gesamtleistung von 2000 MW, wobei dieses Potential von den derzeit bestehenden Anlagen nur zu rund 5 % ausgeschöpft wird. Es bestehen also nach wie vor große Chancen für die Landwirtschaft, sich diese neue Einkommensmöglichkeit zu erschließen.

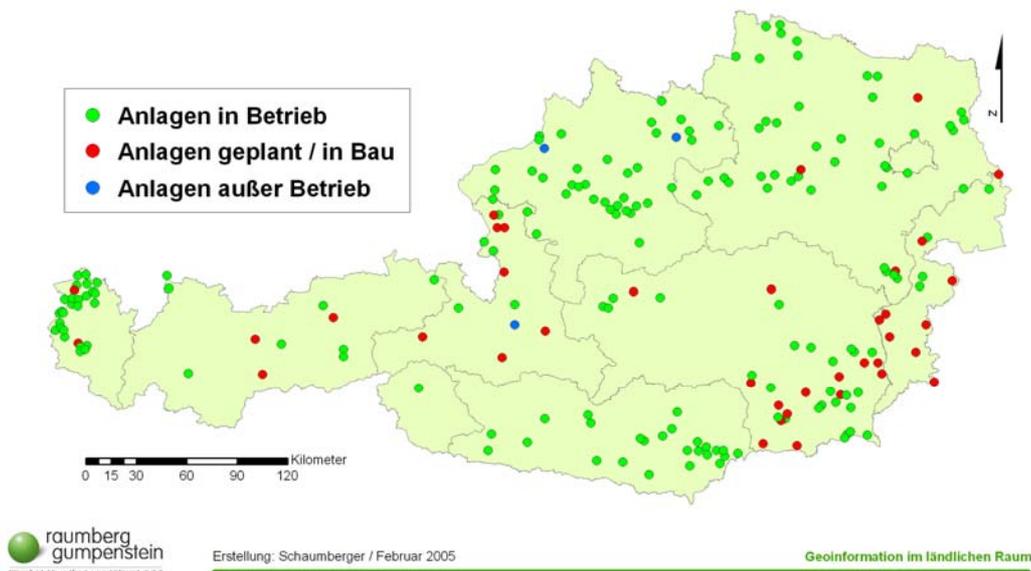


Abbildung 3: Geographische Verteilung der Biogasanlagen in Österreich (Stand Februar 2005)

## 2. Aufgaben- und Problemstellung

Neben der Produktion von Biogas, das im angeschlossenen Blockheizkraftwerk zu Wärme und elektrischer Energie umgesetzt wird, entsteht im Rahmen des Gärprozesses auch ein stoffliches Endprodukt, nämlich der so genannte Gärrückstand - vielfach auch als Biogasgülle bezeichnet. Die Gärrückstände werden in der Praxis, ähnlich den Wirtschaftsdüngerformen Gülle bzw. Jauche, auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zur Nährstoffversorgung unterschiedlicher Kulturpflanzen eingesetzt. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Gärrückstände aus Biogasanlagen, die unter Einsatz von Wirtschaftsdüngern entstehen, auch bei zusätzlicher Verwendung von betriebsexternen Co-Substraten unter die entsprechenden gesetzlichen Regelungen fallen, die für Ausscheidungen aus der Tierhaltung gelten.

Nicht zuletzt aufgrund der noch relativ jungen und sich erst zurzeit stark entwickelnden Energiegewinnungsform, scheinen die Gärrückstände jedoch in den einschlägigen Gesetzen, Richtlinien und Normen zur Düngung derzeit nicht oder nur in sehr eingeschränkter Form auf. Daraus ergibt sich eine Reihe von offenen Fragen, deren Beantwortung hinsichtlich einer sach- und umweltgerechten Düngung sowie dem Themenfeld „cross compliance“ von großem Interesse erscheint. Diese Fragen betreffen vor allem folgende Aspekte von Gärrückständen:

- stoffliche Zusammensetzung (Hauptnährstoffe, Spurenelemente, Schwermetalle, organische Schadstoffe)
- Wirksamkeit der Nährstoffe (insbesondere der düngerrelevanten Hauptnährstoffe N, P, K) unter Berücksichtigung von Ertragsquantität und -qualität
- Ausbringungseigenschaften (Geruch, Ablauf-, Infiltrationsverhalten)
- Hygienestatus (vor allem Enterobacteriaceae, Salmonellen und Wurmeier)
- Nährstoffabgasungs- und auswaschungspotential

Ein Großteil der landwirtschaftlichen Biogasanlagen wird aus Gründen einer Maximierung der Energieausbeute nicht nur mit wirtschaftseigenen Düngern sondern in verstärktem Maße mit Co-Substraten beschickt (HELMS, 1994; BRAUN, 1995; KUHN, 1995; BASERGA, 2000). Diese Co-Substrate (Speisereste, Öle, Fette, Schlachtabfälle etc.) bewirken nicht nur eine erhöhte Gas- resp. Energieausbeute sondern auch eine quantitative und vor allem auch eine qualitative Veränderung des anfallenden Gärrückstandes. Im Hinblick auf den stark verbreiteten Einsatz von meist betriebsexternen Co-Substraten steht auch die Frage nach der Veränderung des gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushaltes im Interesse. Dabei geht es nicht nur um die Einhaltung entsprechender Nährstoff- bzw. Schadstoffgrenzwerte und Frachtenregelungen sondern auch um förderungsrelevante Auflagen im Rahmen des ÖPUL (z.B. Tierbesatzgrenzen, Auflagen für Betriebe mit biologischer Wirtschaftsweise).

Zahlreiche Forschungsprojekte haben sich bisher im zum Thema „Biogasproduktion“ mit gärobiologischen und verfahrenstechnischen Problemstellungen befasst (Egger u.a., 1991; Baserga u.a., 1994; Beck u.a., 1995; Schelle und Linke, 1995; AMON u.a., 1995), nur wenige aktuelle Studien allerdings mit der Qualität und den Eigenschaften der entstehenden und zu verwertenden Gärrückständen (Price and Cheremisinoff, 1981; Merz, 1988; Messner, 1988; Rückert, 1991; Amon und Lindworsky, 1996; ZETHNER u.a., 2002). Zielsetzung des Forschungsprojektes BAL 2941 „Nährstoffgehalt von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und deren Einsatz im Dauergrünland und Ackerbau“ war es daher, im Rahmen einer österreichweiten Erhebung (RESCH u.a., 2004) und Beprobung, einen Überblick über die Qualität von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen zu erhalten. Durch die Weiterführung des Feldversuches aus dem Forschungsprojekt BAL 23 01/98 „Einsatz von Biogasgülle im Dauergrünland im Vergleich mit konventionellen Wirtschaftsdüngersystemen“ konnten auch wesentliche Daten über die Düngerwirksamkeit von Gärrückständen sowie deren Auswirkung auf das Grundwasser unter Dauergrünland gewonnen werden.

### **3. Material und Methodik**

Im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes wurden Ende 2002/Anfang 2003 Österreichweit auf insgesamt 86 Biogasanlagen umfangreiche Erhebungen vorgenommen und spezifische Untersuchungen durchgeführt. Zur Charakterisierung der Biogasanlagen und zur Ermittlung anlagenrelevanter Kennwerte wurde vor Ort eine Befragung in Form eines Interviews mit den Anlagenbetreibern vorgenommen. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand die Beurteilung der im Zuge des Fermentationsprozesses anfallenden Gärrückstände, die in der landwirtschaftlichen Praxis meist als Biogasgülle bezeichnet werden.

#### **3.1 Beprobung der Gärrückstände**

Nach Möglichkeit wurden die Proben aus dem Endlager mittels eines Probenziehgerätes aus dem mittleren Füllstandsbereich gezogen. Wo dies aufgrund hermetisch abgeschlossener Endlager (zur weiteren Nachgärung) nicht möglich war, wurde die Beprobung am Überlauf vorgenommen. Es wurden jeweils drei mal 1 Liter Probenmaterial entnommen, das in Kühlboxen transportiert und bis zur weiteren Untersuchung bei einer Temperatur von +4°C im Kühllager aufbewahrt wurde.

Gleichzeitig mit der Beprobung der Gärrückstände erfolgte auch eine entsprechende Erfassung wichtiger Betriebs- und Anlagendaten, unter Berücksichtigung der im Jahresdurchschnitt eingesetzten Co-Substrate. Die Teilnahme an der Beprobung und Betriebserhebung erfolgte freiwillig – die Einzeluntersuchungsdaten zu den Gärrückständen wurden den Betriebsleitern in Form eines schriftlichen Befundes übermittelt und werden im Zuge der Projektauswertungen anonymisiert ausgewertet.

#### **3.2 Durchgeführte Untersuchungen**

Die chemischen Untersuchungen wurden an der BAL Gumpenstein sowie von der AGES (Bereich Landwirtschaft, Wien ehemals BFL Hirschstetten) nach den einschlägigen Methoden zur Untersuchung von flüssigen Wirtschaftsdüngern durchgeführt.

Die Untersuchungen zu den Ausbringungseigenschaften erfolgte an der BAL Gumpenstein, wobei die Geruchsbonitierung nach der Methode (O'SULLIVAN, 1969 modifiziert nach BUCHGRABER, 1982) durchgeführt wurde, zur Ermittlung des Ablaufverhaltens wurden Kunststofftäfelchen mit unterschiedlichen Oberflächen (a. leicht aufgeraute, durchgehende Fläche bzw. b. Gitterstruktur) in die jeweiligen Gärrückstände eingetaucht und nach einer definierten Zeit das Gewicht der noch anhaftenden Düngermenge durch Differenzbildung ermittelt.

Die Hygieneuntersuchungen wurden von der AGES (Veterinärmedizinische Untersuchungen, Mödling) vorgenommen und wurden zudem im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur in Wien weiter bearbeitet (MUCH u.a., 2004; PÖTSCH et al., 2004; SINGER, 2005).

### 3.3 Exaktfeldversuch im Grünland

Die in dieser Arbeit angeführten Ergebnisse zur Ertragsleistung von Gärrückständen im Dauergrünland stammen aus einem 1999 an der BAL Gumpenstein angelegten Feldversuch mit sechs Versuchsvarianten in je vier Wiederholungen (Abbildung 4). Die in diesem Feldversuch eingesetzten Wirtschaftsdünger stammten aus zwei unterschiedlichen Betrieben, wobei jeweils die unfermentierte Rindergülle sowie die entsprechende Biogasgülle aus demselben Betrieb eingesetzt wurden.

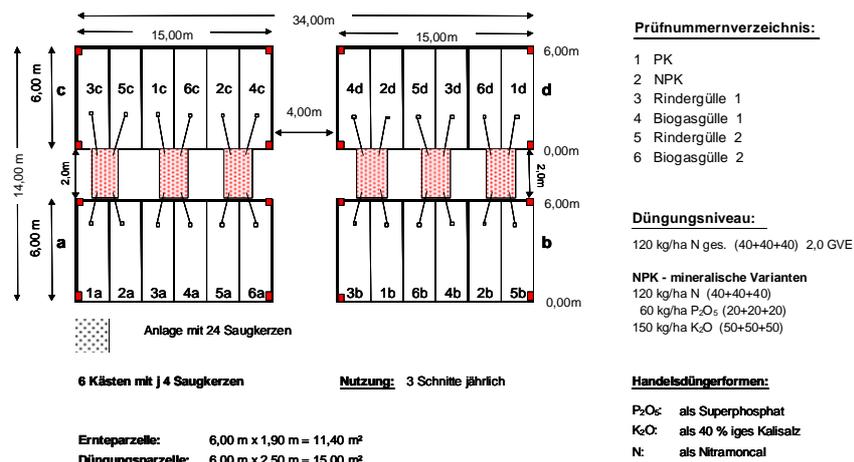


Abbildung 4: Design des Biogasgülleversuches Gumpenstein mit integrierter Saugkerzenanlage

Die Nutzung der Versuchsfläche erfolgte in drei Schnitten pro Jahr, wobei jeder einzelne Aufwuchs hinsichtlich der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und des Artengruppenverhältnisses bonitiert wurde. Neben der Bestimmung der Rohnährstoffe nach Weender sowie der wichtigsten Mengen- und Spurenelemente wurde das Futter auch hinsichtlich Verdaulichkeit und Energiegehalt geprüft. Eine umfassende Beprobung des Versuchsbodens vor Beginn und nach Ende der Projektphase (Abschluss Ende 2004) soll mögliche Einflüsse der Biogasgülleanwendung vor allem auf den Kohlenstoff- und Stickstoffhaushalt dokumentieren.

In Kombination mit dem bestehenden Feldversuch wurden auch Saugkerzen zur Prüfung von Einflüssen der unterschiedlichen Düngersysteme auf die Sickerwasserqualität installiert. Durch die Anwendung der Saugkerzentechnik ist es möglich, ohne großräumige Zerstörung der Bodenstruktur wertvolle Informationen über den Wasserhaushalt der Versuchsfläche zu erhalten. Die Saugkerzen sind laut beiliegendem Versuchsplan installiert, die Betreuung und Probennahme erfolgt über begehbare Holzschächte. Der manuell angelegte Unterdruck auf den Saugkerzen betrug 0,3 bar und wurde während der Vegetationszeit regelmäßig kontrolliert und eingestellt.

## 4. Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Anlagenkennwerte

#### 4.1.1 Anlagensystem und Anlagengröße

Bei 71 % der in der Befragung erfassten österreichischen Biogasanlagen handelt es sich um das System einer Speicherdurchflussanlage, 27 % sind als Rohrfermenteranlagen konzipiert. Die restlichen 2 % der Anlagen entfallen auf ein Zweikammersystem oder ein Kombisystem aus Speicherdurchfluss- und Rohrfermenteranlage. Die Größenkennwerte der Biogasanlagen in Österreich (siehe Tabelle 1) zeigen, dass die Rohrfermenteranlagen sowohl in der Kubatur der Fermenter als auch der Nachgärbehälter kleiner dimensioniert sind als die Speicherdurchflussanlagen.

	Fermenter (m <sup>3</sup> )	Nachgärbehälter (m <sup>3</sup> )	Endlager (m <sup>3</sup> )
Speicherdurchflussanlagen	367	510	1010
Rohrfermenter	224	434	631
Sonstige	225	450	850

Tabelle 1: Behältergrößen von Biogasanlagen in Abhängigkeit vom Fermentersystem

Die Anlagengröße der neu geplanten resp. in Bau befindlichen Biogasanlagen in Österreich hängt stark mit der im Ökostromgesetz (2003) enthaltenen Einspeistarifregelung zusammen (Verordnung BGBl. II Nr. 508/2002). Kleinanlagen (< 100kW) erhalten mit 16,5 Cent/kWh eine deutlich höhere Dotierung als Großanlagen (> 1000 kW) mit 10,3 Cent/kWh. Der nach dieser Regelung für einen Zeitraum von 13 Jahren garantierte Einspeistarif unterliegt allerdings einer 25-%igen Reduktion im Falle des Einsatzes bestimmter Co-Substrate (Stoffstromerlass gemäß § 7 Ökostromgesetz).

#### 4.1.2 Verwendete Ausgangsmaterialien zur Fermentation

In einem Großteil der österreichischen Biogasanlagen erfolgt eine Fermentation von Wirtschaftsdüngern als Basissubstanz unter Co-Fermentation von organischen Abfällen und nachwachsenden Rohstoffen (Abbildung 5). Die gesamte Menge an fermentierten organischen Substraten betrug zum Zeitpunkt der Erhebung rund 175.000 m<sup>3</sup>, wobei in nur 3 Anlagen das Biogas ausschließlich aus organischen Abfällen und Nawaros erzeugt wurde.

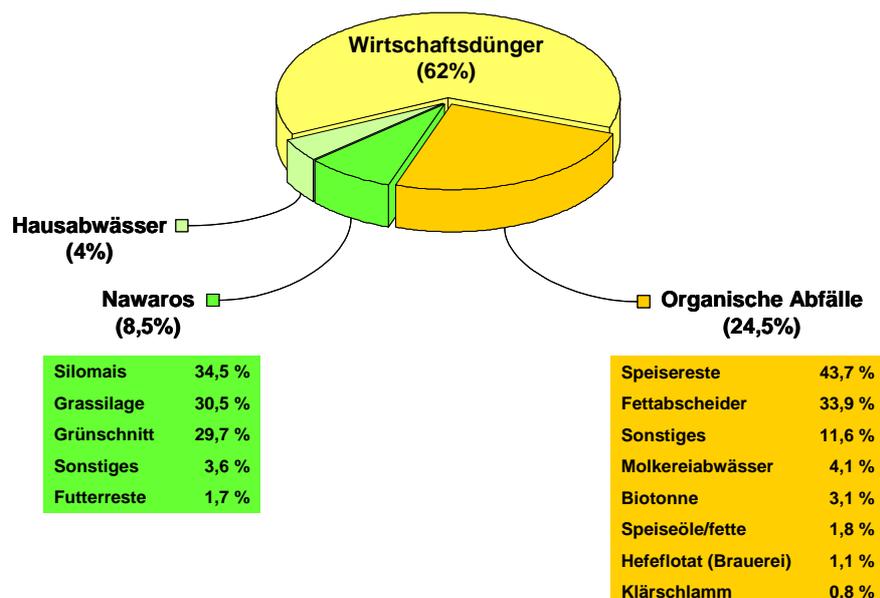


Abbildung 5: Menge und Art von fermentierten Substraten in österreichischen Biogasanlagen

Neben Wirtschaftsdüngern, organischen Abfällen und Nawaros werden zur Biogasgewinnung in einigen Anlagen auch Hausabwässer eingesetzt. Bei den organischen

Abfällen stehen Speisereste und Fettabscheider als Energie- und Kohlenstoffquellen im Vordergrund, daneben werden auch Molkereiabwässer, Biotonneninhalte, Speiseöle/fette und Hefeflotat verwendet. Die Gruppe „Sonstige“ umfasst unterschiedlichste Stoffe und Produkte aus dem Bereich der Urproduktion aber auch aus dem Bereich der Ver- und Bearbeitung von Lebensmitteln (Schokoladeabfälle, Reste aus der Kartoffelchippproduktion etc.) und sonstigen Veredelungsbereichen (z.B. Schlichte = Waschwasser aus der Stoffproduktion).

Die Nawaros spielen mit weniger als 9% Anteil an der Gesamtfermentationsmenge eine überraschend geringe Rolle, allerdings sind von den in Planung bzw. Bau befindlichen Biogasanlagen viele in Richtung des Einsatzes von Nawaros konzipiert. Innerhalb der Nawaros stehen Silomais, Grassilage und Grünschnitt im Vordergrund, angesichts der zukünftig frei werdenden landwirtschaftlichen Nutzflächen scheint diesbezüglich auch ein beachtliches Potential gegeben.

Die zur Biogasgewinnung eingesetzten Wirtschaftsdünger - mit Stand März 2003 waren es tierische Ausscheidungen von rund 7.300 GVE - stammen zu 47 % aus der Rinderhaltung, 42 % aus der Schweine-, 9 % aus der Geflügelproduktion und zu 2 % aus sonstiger Tierhaltung.

#### 4.1.3 Fermentations- und Betriebskennwerte

Die Erhebungen zeigten, dass die Fermentation mit Ausnahme einer einzigen Anlage im mesophilen Bereich stattfindet, wobei der Schwankungsbereich von 27°C bis knapp 50°C reicht (Abbildung 6). Die durchschnittliche, theoretische Verweildauer des Gärsubstrates im Fermenter beträgt knapp 48 Tage mit einer ebenfalls sehr starken Variationsbreite (Abbildung 7).

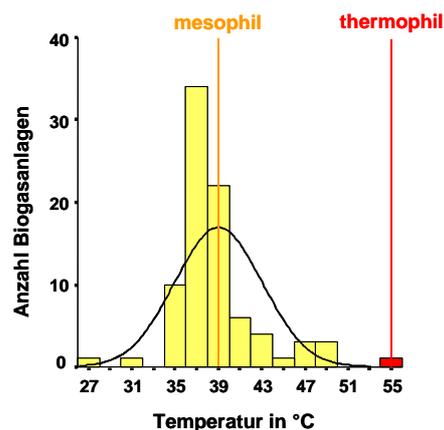


Abbildung 6: Fermentertemperaturen in österreichischen Biogasanlagen

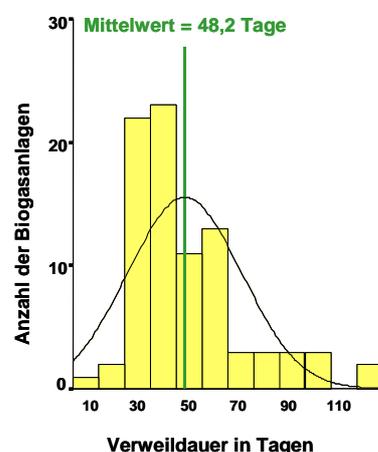


Abbildung 7: Verweildauer des Gärsubstrates in österreichischen Biogasanlagen

Bei der Abfrage zur Höhe des Methangehaltes im Biogas stellte sich heraus, dass nur 9 der Anlagenbetreiber entsprechende Messungen durchführen. 3 Anlagenbetreiber berechnen den Gehalt über den Gasverbrauch des Motors, 26 schätzen den Gehalt an Methan, 39 machten bisher keinerlei Messungen und 2 konnten keine Angabe zu dieser Frage geben. Eine Entschwefelung des Biogases wird von 87% der Betriebe durchgeführt, die am häufigsten verwendete Technik dazu ist die Reinigung des Biogases mittels eingeblasener Luft.

#### **4.2 Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Biogasgülle/Gärrückständen**

Je nach Anlagengröße und jährlich eingesetzter Menge an betriebsexternen Co-Substraten sollten die entstehenden Gärrückstände entsprechend der Richtlinie für den sachgerechten Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland (BMLFUW, 2001) auf unterschiedliche Parameter (Nährstoffe, Schwermetalle, anorganische Schadstoffe, Hygiene) untersucht werden. Für Biogasanlagen, die ausschließlich Wirtschaftsdünger und eigene nachwachsende Rohstoffe vergären, sind nur wenige Untersuchungen vorgeschrieben, für Betriebe mit einem hohen Einsatz an externen (vor allem bedenklichen) Co-Substraten (Speisereste aus Großküchen, Fettabscheider, Panseninhalte etc.) bestehen allerdings sehr strenge Auflagen.

Die im Zuge der Österreichweiten Beprobung untersuchten Gärrückstände wurden unabhängig von den spezifischen Auflagen der oben genannten Richtlinie umfassend analysiert, um einerseits einen Gesamtüberblick zu erhalten und andererseits Grundlagendaten für zukünftige Regelwerke zu erarbeiten.

Die in den nachfolgenden Auswertungen präsentierten Analysendaten werden hinsichtlich der statistischen Kennwerte jeweils in einer Gesamtbetrachtung (unabhängig einer tierartenmäßigen Zuordnung der in der Biogasanlage eingesetzten Wirtschaftsdünger) sowie zusätzlich für die Hauptgruppen Rinder, Schweine sowie Rinder + Schweine dargestellt. 47 der untersuchten Biogasanlagen setzten entweder ausschließlich oder zum überwiegenden Anteil Wirtschaftsdünger aus der Rinderhaltung ein. 16 Betriebe verwendeten ausschließlich oder vorwiegend Wirtschaftsdünger aus der Schweinehaltung, in 11 Betrieben wurden Wirtschaftsdünger sowohl aus der Rinder- als auch aus der Schweinehaltung in unterschiedlichen Verhältnissen eingesetzt.

Die weiteren Kategorien (Geflügel, Schwein + Geflügel, Rinder + Schweine + Geflügel) wiesen eine nicht repräsentative Klassenbesetzung von maximal 3 auf und werden daher nicht gesondert angeführt. Durch die starke Präsenz von Betrieben mit Schwerpunkt Rinderhaltung werden die nachfolgende Untersuchungsdaten dieser Kategorie mehrfach mit Daten verglichen, die aus insgesamt 1639 an der BAL Gumpenstein untersuchten Proben von unfermentierten Rindergüllen stammen (Tabelle 2). Die darin enthaltenen Angaben beziehen sich für die Hauptnährstoffe auf die Frischmasse und für die Spurenelemente sowie Schwermetalle auf die Trockenmasse, nachdem auch die entsprechenden Grenzwerte für Schwermetalle auf Trockenmassebasis ausgewiesen sind. Für die Gärrückstände aus dem Schweinebereich werden Vergleichsdaten von unfermentierten Schweinegülle (n=51) aus einer in Oberösterreich durchgeführten Erhebung von AICHBERGER (1995) herangezogen.

Die vorgenommenen Vergleiche zwischen fermentierten und unfermentierten Güllen berücksichtigen noch nicht den Einfluss der in sehr unterschiedlicher Menge und Art in den Anlagen eingesetzten Co-Substrate. Da es sich bei dem durchgeführten Projekt nicht um einen systematischen Versuchsansatz sondern um eine Praxiserhebung handelt, kann ein möglicher Einfluss von Co-Substraten auf den Nähr- und Schadstoffgehalt der Gärrückstände nur betriebsspezifisch interpretiert werden.

	n	% TM	ph-Wert	N <sub>t</sub>	g.kg <sup>-1</sup> FM			Ca	Mg
					NH <sub>4</sub> -N	P	K		
Rindergülle	1639	7,51	7,4	3,2	1,4	0,6	3,8	1,4	0,5
Schweinegülle	51	4,10	7,7	4,4	3,1	1,5	2,6	1,9	0,7

	mg.kg <sup>-1</sup> TM							
	Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Cr	Ni	Pb
Rindergülle	4.169	48,9	180,8	298,7	0,89	5,87	6,0	3,87
Schweinegülle	2.930	453	1.270	560,0	0,71	13,4	16	3,50

Tabelle 2: Durchschnittlicher Mengen-, Spurenelement- und Schwermetallgehalt von Rindergülle und Schweinegülle (POETSCH et al., 2004; AICHBERGER, 1995)

#### 4.2.1 Trockenmassegehalte

Im Verlauf des anaerob verlaufenden Gärprozesses wird organische Trockenmasse abgebaut, ein Teil der Kohlenstoffverbindungen wird zu Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) umgesetzt. Der Ø TM-Gehalt aller untersuchten Gärrückstände liegt bei 3,91% (Abbildung 8), die niedrigsten Werte zeigen die Gärrückstände aus dem Schweinebereich mit Ø 3,03 % TM (-26% gegenüber unfermentierter Schweinegülle), jene aus dem Rinderbereich liegen im Durchschnitt bei 4,18% und damit deutlich (-44%) niedriger als unfermentierte Rindergüllen (ZETHNER u.a., 2002, PÖTSCH, 2004).

Kategorie	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	3,91	3,62	0,51	9,18	2,10	7,08
Rind	47	4,18 <sup>a</sup>	3,89	1,10	9,18	2,13	7,13
Schwein	16	3,03 <sup>a</sup>	2,88	0,52	6,66	1,85	6,66
Rind + Schwein	11	3,34 <sup>a</sup>	3,00	0,52	6,66	2,07	6,66

Tabelle 3: Trockenmassegehalte der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Die Gärrückstände aus den „gemischten“ Anlagen (Rind + Schwein) liegen hinsichtlich des TM-Gehaltes mit Ø 3,34% zwischen den beiden Hauptkategorien.

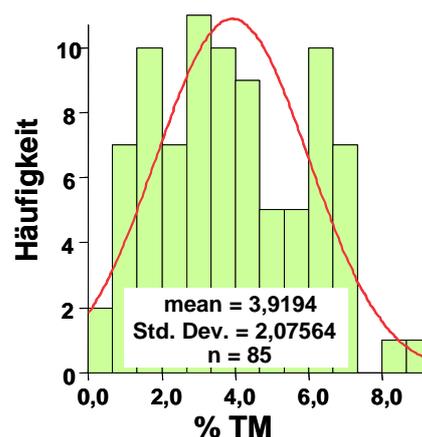


Abbildung 8: Histogramm der TM-Werte aller im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Die Reduktion des Trockenmassegehaltes weist auf die Dauer und Intensität des im Fermenter ablaufenden Abbaues der organischen Substanz hin und beeinflusst zugleich maßgebliche Lagerungs- und Ausbringungseigenschaften (MESSNER, 1988; ZETHNER u.a., 2002; PÖTSCH, 2004). Die Reduktion des TM-Gehaltes kann aber auch über die Zufuhr von Co-Substraten mit geringen Trockenmassegehalten wie etwa Weizenschlempe, Molke oder Schlichte (Waschwasser aus der Stoffindustrie) mitbeeinflusst werden, die in einigen Betrieben in zum Teil hohen Mengen eingesetzt werden. Umgekehrt weisen eine

Reihe von Co-Substraten wie etwa Bioabfall, Nawaros oder zahlreiche agroindustrielle Abfälle (Trester, Treber, Extraktionsschrote) auch deutlich höhere TM-Werte als unfermentierte Gülle auf.

#### 4.2.2 Gesamtstickstoff- und Ammoniumstickstoffgehalt

Der Stickstoffgehalt von Düngemitteln spielt hinsichtlich der einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen eine zentrale Rolle. Dies betrifft vor allem die Begrenzung der maximal erlaubten jährlichen Stickstoffzufuhr im Dauergrünland (210 kg/ha) und Ackerbau (175 kg/ha) gemäß WRG (1959, zuletzt novelliert 2003) sowie die im Aktionsprogramm 2003 (gem. § 55 b Abs.1 WRG 1959) festgeschriebene Obergrenze der N-Düngung aus Wirtschaftsdüngern mit jährlich 170 kg/ha. Der Stickstoffgehalt von Gärrückständen limitiert daher auch die mögliche Applikationsmenge/ha und Jahr bzw. pro ha und Aufwuchs unter Berücksichtigung der Empfehlungen der Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 1999) für die Stickstoffdüngung. Die Einhaltung dieser Empfehlungen ist wiederum Grundbedingung für die Teilnahme an bestimmten ÖPUL-Maßnahmen.

Kategorie	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	3,22	2,95	0,46	8,43	1,48	5,89
Rind	47	2,63 <sup>a</sup>	2,60	1,07	4,23	0,90	4,05
Schwein	16	3,72 <sup>b</sup>	3,90	1,20	6,40	1,46	6,40
Rind + Schwein	11	3,19 <sup>ab</sup>	3,34	0,46	5,28	1,55	5,28

*Tabelle 4: N-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände*

Der Gesamtstickstoffgehalt der Gärrückstände liegt im Durchschnitt bei 3,2 g/kg FM, die Gärrückstände aus dem Rinderbereich liegen bei Ø 2,63 g/kg FM jene aus dem Schweinebereich bei Ø 3,7 g/kg FM. Verglichen mit unfermentierten Rindergüllen liegt der N-Gehalt der Gärrückstände aus dem Rinderbereich in der Frischmasse um ca. 20% niedriger, bezogen auf die Trockenmasse allerdings um knapp 50% höher. Ähnliches gilt auch für die Gärrückstände aus dem Schweinebereich, deren N<sub>t</sub>-Gehalt in der Frischmasse um ca. 15% unter dem von unfermentierten Güllen liegt. Die auf die Frischmasse bezogen, geringeren Stickstoffkonzentrationen der Gärrückstände erklären sich auch durch den niedrigen N-Gehalt vieler Co-Substrate (BMLFUW, 2001; ZETHNER u.a., 2002). Zur Ausbringung einer definierten, gleich bleibenden Stickstoffmenge muss daher eine größere Menge an Gärrückständen ausgebracht werden als bei unfermentierten Güllen.

Maßgeblich für die pflanzenbauliche Wirksamkeit des Düngerstickstoffs ist unter anderem dessen Bindungsform. In den Wirtschaftsdüngern liegt der Stickstoff je nach Tierart und Düngerart in unterschiedlichen Anteilen organisch gebunden oder mineralisch in Form von NH<sub>4</sub>-N vor. Je höher der Anteil des Ammoniumstickstoffes ist, umso rascher steht der Stickstoff der Pflanze zur Verfügung, aber umso höher ist auch das vor allem temperatur- und pH-Wert-abhängige Potential der Ammoniakabgasung bei der Lagerung und insbesondere bei der Ausbringung (MENZI, 1996; AMON u.a., 1998).

Kategorie	n	Ø	Anteil an N <sub>t</sub>	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	1,78	54%	1,50	0,35	6,16	1,03	3,60
Rind	47	1,27 <sup>a</sup>	50%	1,25	0,46	2,31	0,43	2,20
Schwein	16	2,20 <sup>b</sup>	61%	2,13	0,70	3,60	0,73	3,60
Rind + Schwein	11	1,83 <sup>b</sup>	59%	2,03	0,35	3,15	0,93	3,15

*Tabelle 5: NH<sub>4</sub>-N Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände sowie dessen prozentueller Anteil am Gesamtstickstoff*

Verglichen mit unfermentierten Rindergüllen liegt der leichtlösliche NH<sub>4</sub>-N Anteil in den untersuchten fermentierten Rückständen aus der Rinderhaltung um Ø 5% höher. Bezogen auf die Gesamtdaten erreicht der NH<sub>4</sub>-N einen Anteil am Gesamtstickstoff von maximal 88%,

bei den Rinderbetrieben bis maximal 71%, bei den Schweinebetrieben bis zu 88% und den Anlagen mit Rinder- und Schweinehaltung von bis zu 76%.

#### 4.2.3 pH-Wert

Im Zusammenhang mit der unter 4.2.2 genannten Gefahr einer Ammoniakabgasung bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern – ca. 80% des an die Atmosphäre abgegebenen Ammoniaks stammt aus der Landwirtschaft - spielt die Azidität des Düngers eine entscheidende Rolle (AMON u.a., 1998). Das Dissoziationsgleichgewicht zwischen  $\text{NH}_4$  und  $\text{NH}_3$  verschiebt sich mit steigendem pH-Wert (ab ca. 7,0) in Richtung Ammoniak, der in Abhängigkeit weiterer Faktoren (TM- und  $\text{NH}_4$ -N Gehalt des Düngers, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windstärke etc.) in die Atmosphäre entweicht (KATZ, 1996; FRICK und MENZI, 1997). Diese Abgasung weist nicht nur umweltrelevante Auswirkungen auf (direkte Toxizität und erhöhte Stressanfälligkeit für Pflanzen, Bodenversauerung und Eutrophierung durch N-Deposition, verstärkte Bildung von Aerosolen etc.) sondern bedeutet auch einen Nährstoffverlust und damit letztlich eine verminderte Wirksamkeit des Düngers.

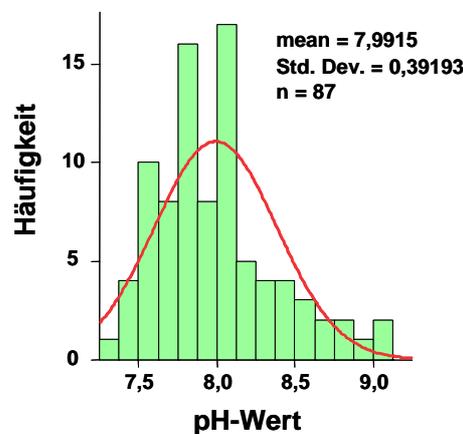


Abbildung 9: Histogramm der pH-Werte aller im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Kategorie	n	$\bar{x}$	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	7,99	7,99	7,32	9,11	0,39	8,79
Rind	47	7,96 <sup>a</sup>	8,04	7,32	8,79	0,36	8,60
Schwein	16	7,95 <sup>a</sup>	7,82	7,43	9,05	0,43	9,05
Rind + Schwein	11	8,14 <sup>a</sup>	7,99	7,57	9,11	0,43	9,11

Tabelle 6: pH-Werte der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Der pH-Wert von unfermentierter Rindergülle liegt bei  $\bar{x}$  7,4 Einheiten, jener von vergorener Rindergülle um rund 0,5 Einheiten höher, im Vergleich zu unfermentierten Güllen betrug der Anstieg im Schweinebereich hingegen nur knapp 0,3 Einheiten (MESSNER, 1988; AICHBERGER, 1995; PÖTSCH et al., 2004). Insgesamt muss jedenfalls durch die Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen durch den Anstieg des pH-Wertes und der Erhöhung des  $\text{NH}_4$ -N Anteiles von einer Erhöhung des Abgasungsrisikos für  $\text{NH}_3$  ausgegangen werden.

Daher sollte bei der Applikation der Gärrückstände besonderes Augenmerk auf die Ausbringungsbedingungen gelegt werden. Bodennahe, großtropfige Ausbringung bei kühler, windstillen Witterung (idealerweise bedecktes und leicht regnerisches Wetter) kann die  $\text{NH}_3$ -Abgasungsverluste deutlich reduzieren. Als günstig erweist sich auch eine Ausbringung in den Abendstunden sowie in kleineren Teilgaben (FRICK und MENZI, 1997). Eine Einarbeitung auf Ackerböden sollte unbedingt innerhalb weniger Stunden nach der Ausbringung erfolgen, um die unvermeidbaren Abgasungsverluste zu minimieren.

#### 4.2.4 Weitere Hauptnährstoffe und Spurenelemente

Neben dem Stickstoff sind aus der Sicht der Düngung vor allem Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium von stärkerer Bedeutung und im Rahmen der Düngerplanung entsprechend zu berücksichtigen.

Kategorie	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	0,53	0,56	0,05	2,07	0,36	1,09
Rind	47	0,43 <sup>a</sup>	0,42	0,14	1,09	0,21	0,84
Schwein	16	0,60 <sup>a</sup>	0,52	0,14	1,95	0,47	1,95
Rind + Schwein	11	0,52 <sup>a</sup>	0,41	0,05	1,43	0,40	1,43

Tabelle 7: P-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Die Ø P-Gehaltswerte in den untersuchten Gärrückstände liegen für den Bereich Rinder (Ø 0,6 g/kg FM) knapp unter, für den Bereich Schweine (Ø 1,6 g/kg FM) jedoch deutlich unter den Werten von unfermentierten Gülle. Ähnlich wie beim Stickstoff müsste also auch beim Phosphor zur Ausbringung einer definierten, gleich bleibenden P-Fracht eine höhere Menge an Gärsubstrat ausgebracht werden.

Kategorie	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	2,57	2,49	0,32	7,14	1,12	4,40
Rind	47	2,66 <sup>a</sup>	2,66	0,32	5,62	1,01	4,40
Schwein	16	1,89 <sup>b</sup>	1,68	0,66	3,32	0,73	3,32
Rind + Schwein	11	2,39 <sup>ab</sup>	2,57	0,92	3,14	0,70	3,14

Tabelle 8: K-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Beim Kaliumgehalt ist bezogen auf die Frischmasse bei beiden Hauptgruppen eine deutliche Reduktion festzustellen (Rind -30%, Schwein -28%), ebenso beim Gehalt an Calcium (Rind -25%, Schwein -44%) und Magnesium (Rind -24%, Schwein -60%). Bezogen auf den Trockenmassegehalt liegen die Werte für P, K, Ca und Mg in den Gärrückständen um ca. 20-30% höher als in den vergleichbaren, unfermentierten Gülle.

Kategorie	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	1,19	1,04	0,05	4,92	0,80	2,72
Rind	47	1,05 <sup>a</sup>	0,97	0,22	2,15	0,50	1,85
Schwein	16	1,08 <sup>a</sup>	0,93	0,05	3,08	0,79	3,08
Rind + Schwein	11	1,17 <sup>a</sup>	0,81	0,11	3,29	1,04	3,29

Tabelle 9: Ca-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Kategorie	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	0,36	0,30	0,03	1,29	0,23	0,72
Rind	47	0,38 <sup>a</sup>	0,36	0,06	0,78	0,19	0,71
Schwein	16	0,28 <sup>a</sup>	0,26	0,05	0,60	0,17	0,60
Rind + Schwein	11	0,32 <sup>a</sup>	0,31	0,03	0,74	0,23	0,74

Tabelle 10: Mg-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Kategorie	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
gesamt	87	585,2	437,0	87,0	2.374,0	442,3	1.402,0
Rind	47	403,9 <sup>a</sup>	350,0	87,0	950,0	195,4	741,0
Schwein	16	861,0 <sup>b</sup>	668,0	227,0	2.374,0	574,3	2.374,0
Rind + Schwein	11	600,1 <sup>ab</sup>	427,0	281,0	1.396,0	379,0	1.396,0

Tabelle 11: Na-Gehalt (mg/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Hinsichtlich der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen sind vom Landwirt grundsätzlich alle einschlägigen gesetzlichen Rahmenbedingungen einzuhalten. Für die Bemessung der Düngermengen für unterschiedliche Kulturen (Grünland, Ackerbau, Wein- und Obstbau) gelten insbesondere die Empfehlungen der Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 1999). Zur Einhaltung dieser Empfehlungen (Nährstoffmengen/ha und Jahr) sind entweder Tabellenwerte (mit Anfallsmengen und Nährstoffgehalten von Wirtschaftsdüngern) oder tatsächliche Analysendaten heranzuziehen. Wie bereits angemerkt, ist der Bereich der Gärrückstände aus Biogasanlagen in dieser Richtlinie nicht enthalten. Im folgenden wird daher versucht, anhand unterschiedlicher Ausbringungsmengen von Gärrückständen unter Verwendung der in diesem Projekt ermittelten Gehaltswerten, die damit ausgebrachten Nährstofffrachten darzustellen und mögliche kritische Punkte aufzuzeigen (vergleiche auch ZETHNER u.a., 2002).

	15 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	45 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>
N <sub>t</sub>	39,5	78,9	118,4	157,8
NH <sub>4</sub> -N	19,1	38,1	57,2	76,2
P	6,5	12,9	19,4	25,8
K	39,9	79,8	119,7	159,6
Ca	15,8	31,5	47,3	63,0
Mg	5,7	11,4	17,1	22,8

Tabelle 12: Nährstofffrachten bei der Ausbringung unterschiedlicher Mengen der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände aus dem Rinderbereich

Aus den in Tabelle 12 angeführten Zahlen geht hervor, dass die im Aktionsprogramm mit 170 kg/ha und Jahr festgelegte Obergrenze für Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern auch bei der Ausbringung hoher Gärrückstandsmengen nicht überschritten und erst bei einer Menge von knapp 65 m<sup>3</sup>/ha und Jahr erreicht wird. Das für die Grünlanddüngung (dem Hauptanwendungsbereich der Gärrückstände aus dem Rinder- und Milchviehbereich) interessante Verhältnisses zwischen N und P erweitert sich geringfügig in nachteiliger Weise, jenes zwischen N und K engt sich günstigerweise etwas ein.

	15 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	45 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>
N <sub>t</sub>	55,8	111,6	167,4	<u>223,2</u>
NH <sub>4</sub> -N	33,0	66,0	99,0	132,0
P	9,0	18,0	27,0	36,0
K	28,4	56,7	85,1	113,4
Ca	16,2	32,4	48,6	64,8
Mg	4,2	8,4	12,6	16,8

Tabelle 13: Nährstofffrachten bei der Ausbringung unterschiedlicher Mengen der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände aus dem Schweinebereich

Bedingt durch die teilweise deutlich höheren Nährstoffkonzentrationen in den Gärrückständen aus dem Schweinebereich, ergibt sich hinsichtlich der einzuhaltenden Stickstoffobergrenze ein Limit von knapp 45 m<sup>3</sup>/ha und Jahr. Bei der Angabe von Tabellenwerten für die Nährstoffzusammensetzung von Gärrückständen als Basis der Düngungsplanung müsste daher zumindest eine Grundunterscheidung nach (Haupt)Tierart erfolgen, um eine Überschreitung von Grenzwerten zu vermeiden. Eine zusätzliche

Untergliederung (etwa nach Art und Menge an eingesetzten Co-Substraten) erscheint aufgrund der starken Streubreite der Nährstoffgehalte wünschenswert.

Im Idealfall sollte jedenfalls einmal jährlich eine Untersuchung auf N, P und K durchgeführt werden, wie dies auch in der Richtlinie zum sachgerechten Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland (BMLFUW, 2001) empfohlen wird. Falls die Beschickung der Biogasanlage mit Wirtschaftsdüngern und Co-Substraten hinsichtlich Menge und Art konstant bleibt, erscheint auch ein längeres Untersuchungsintervall als ausreichend.

#### 4.2.5 Schwermetalle

Gärrückstände aus Biogasanlagen sollten die in der Düngemittelverordnung (DMVO 1994, i.d. Fassung von 2004) resp. der EU-VO 2092/91 (für den ökologischen Landbau) angegebenen Schwermetallgrenzwerte für Düngemittel mit mehr als 20% organischer Substanz i.d. TM nicht überschreiten (Tabelle 14). Einige der als Kohlenstoffquelle zur Erhöhung der Methanausbeute eingesetzten Co-Substrate, wie etwa Fette oder Speisereste können relativ hohe Schwermetallkonzentrationen aufweisen und damit auch deren Gehalt im Gärrückstand beeinflussen.

Schwermetall	Pb	Cd	Cr	Cu*	Ni	Hg	Zn*
Grenzwert mg/kg TM (alt)	150	1	100	-	60	1	-
Grenzwert mg/kg TM (neu)	100	3	100	-	100	1	-
Grenzwert mg/kg TM (Bio)	45	0,7	70	70	25	0,4	200

\* Spuren-Nährstoffgehalt soll bei der Bemessung der Ausbringungsmenge berücksichtigt werden

Tabelle 14: Grenzwerte für Schwermetalle in Gärrückständen gemäß DMVO 2004 sowie EU-VO 2092/91

Bezogen auf die gültigen Schwermetallgrenzwerte für Gärrückstände in Österreich, kam es bei 15% der untersuchten Proben zu einer Überschreitung bei Cadmium (Maximum 19,48 mg Cd.kg<sup>-1</sup> TM) und bei 8% zu einer Überschreitung bei Chrom (Maximum 536 mg Cr.kg<sup>-1</sup> TM). Betroffen waren von diesen, in den Tabellen 15 bis 17 durch Fettdruck hervorgehobenen Überschreitungen sämtliche unterschiedenen Teilgruppen (Rind, Schwein Rind + Schwein). Hinsichtlich der aktuellen Grenzwerte für Schwermetalle (DMVO 2004) reduzieren sich die Überschreitungen für Cadmium auf 2%, jene für Chrom bleiben mit 8% unverändert. Beim Einsatz von Gärrückständen in Biobetrieben sind die in der EU-VO 2092/91 enthaltenen Grenzwerte einzuhalten, die zum Teil deutlich unter jenen der DMVO liegen.

Wie bereits aus dem Vergleich von unfermentierten Rinder- und Schweinegülle bekannt, weisen auch die Gärrückstände aus dem Schweinebereich signifikant höhere Gehaltswerte für Kupfer und Zink auf (AICHBERGER, 1995). Für diese beiden Schwermetalle bestehen allerdings keine Grenzwerte nach der DMVO 1994. Die in dieser Arbeit nicht dargestellten Analysenwerte für Quecksilber lagen insgesamt unter 0,18 mg/kg TM und damit weit unter dem bestehenden Grenzwert von 1 mg/kg TM.

Schwermetall	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
Fe	47	3.120	2.818	636	7.327	1.401	6.364
Cu	47	73	72	7,0	225	37,8	141
Zn	47	304	282	122	1.118	154	447
Mn	47	313	285	123	652	131	604
Cd	47	0,61	0,56	0,19	<b>1,82</b>	0,31	1,25
Cr	47	36,1	7,6	2,2	<b>536,4</b>	104,3	122,9
Ni	47	9,5	8,1	0,0	50,0	7,6	20,6
Pb	47	6,5	6,7	1,7	16,4	3,1	12,7

Tabelle 15: Schwermetallgehalte (mg/kg TM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände aus dem Rinderbereich

Schwermetall	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
Fe	16	3.004	2.838	963	7.118	1.645	7.118
Cu	16	189	136	19,3	454	123	454
Zn	16	865	621	229	1.171	573	2.287
Mn	16	317	233	19,3	1.182	278	1.182
Cd	16	<b>1,80</b>	0,60	0,0	<b>19,5</b>	4,72	19,5
Cr	16	31,8	14,8	3,9	<b>161,4</b>	45,3	161,4
Ni	16	16,1	14,9	6,5	34,9	8,6	34,9
Pb	16	8,9	6,3	2,1	41,2	9,1	41,2

Tabelle 16: Schwermetallgehalte (mg/kg TM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände aus dem Schweinebereich

Schwermetall	n	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
Fe	11	2.830	2.905	194	4.447	1.118	4.447
Cu	11	112	109	19,4	191	51,4	191
Zn	11	467	438	19,6	908	229	908
Mn	11	288	267	19,4	531	156	531
Cd	11	<b>2,74</b>	1,12	0,43	<b>19,4</b>	5,6	19,4
Cr	11	40,9	10,9	3,9	<b>293,3</b>	86,1	293,3
Ni	11	11,6	10,9	6,2	26,7	5,7	26,7
Pb	11	6,9	6,7	2,2	19,1	4,7	19,1

Tabelle 17: Schwermetallgehalte (mg/kg TM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände aus dem Bereich Rinder + Schweine

Neben der Konzentrationsregelung gilt für den Schwermetallgehalt von Düngemitteln auch eine Begrenzung in der Frachtenregelung, wobei hier zwischen Acker und Grünland unterschieden wird (DMVO 1994). Bereits bei der Festlegung der im Zeitraum von 2 Jahren maximal zulässigen Obergrenzen für eine Schwermetallbefrachtung wurde eine Halbierung dieser Werte ab dem Jahr 2004 vorgesehen, die allerdings nicht für Zink und Kupfer anzuwenden ist. Mit dieser Frachtenbeschränkung soll eine langfristige, irreversible Anreicherung von Schwermetallen in landwirtschaftlich genutzten Böden verhindert werden.

Schwermetall	g/ha in 2 Jahren			
	Acker bisher	Acker aktuell	Grünland bisher	Grünland aktuell
Pb	1.250	600	625	600
Cd	20	10	10	10
Cr	1.250	600	625	600
Cu	1.250	700	625	700
Ni	750	400	375	400
Hg	20	10	10	10
Zn	5.000	3.000	2.500	3000

Tabelle 18: Befrachtungsobergrenzen für Schwermetalle auf Acker und Grünland gemäß DMVO 1994 bzw. 2004

In Anlehnung an die unter 4.2.4 durchgeführte Berechnung von Nährstofffrachten bei unterschiedlichen Applikationsmengen, enthalten die Tabellen 19 und 20 die jeweils damit ausgebrachten jährlichen Mengen an Schwermetallen (für die Quecksilberfracht wurde der in der Untersuchung gemessene Höchstwert unterstellt). Selbst bei sehr hohen jährlichen Applikationsmengen von 60 m<sup>3</sup> (die N-Obergrenze wird bei knapp 65 m<sup>3</sup> erreicht – siehe 4.2.4) besteht bei Unterstellung der durchschnittlichen Schwermetallgehaltswerte keine Gefahr einer Überschreitung der bestehenden Befrachtungsobergrenzen (ZETHNER u.a., 2002).

	15 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	45 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>
Pb	4,1	8,2	12,2	16,3
Cd	0,4	0,8	1,1	1,5
Cr	22,6	45,3	67,9	90,5
Cu	45,8	91,5	137,3	183,1
Ni	6,0	11,9	17,9	23,8
Hg	0,1	0,2	0,3	0,5
Zn	190,6	381,2	571,8	762,4

Tabelle 19: Schwermetallbefrachtung (g/ha und Jahr) mit unterschiedlichen Ausbringungsmengen von Gärrückständen aus der Rinderhaltung

Anders stellt sich die Situation dar, wenn die Grenzwerte für die Schwermetallkonzentration bereits überschritten werden. In diesem Fall kann schon bei relativ geringen Applikationsmengen eine Überfrachtung mit Schwermetallen stattfinden.

	15 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	45 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>
Pb	4,0	8,1	12,1	16,2
Cd	0,8	1,6	2,5	3,3
Cr	14,5	28,9	43,4	57,8
Cu	85,9	171,8	257,7	343,6
Ni	7,3	14,6	22,0	29,3
Hg	0,1	0,2	0,2	0,3
Zn	393,1	786,3	1179,4	1572,6

Tabelle 20: Schwermetallbefrachtung (g/ha und Jahr) mit unterschiedlichen Ausbringungsmengen von Gärrückständen aus der Schweinehaltung

Bei den Gärrückständen aus dem Schweinebereich kommt es durch deutlich höhere Werte für Kupfer und Zink auch zu entsprechend hohen Befrachtungswerten, die allerdings ebenfalls unter den jeweiligen Befrachtungsobergrenzen liegen. Die Limitierung der Applikationsmenge ergibt sich bei dieser Art von Gärrückständen durch die Stickstofffracht (siehe 4.2.4), zudem erfolgt die Ausbringung von Gärrückständen aus der Schweinehaltung vornehmlich auf Ackerflächen, auf denen eine doppelte Befrachtungsmenge zulässig ist. Für die Gärrückstände aus dem gemischten Rinder + Schweinebereich wurden keine Frachtenberechnungen durchgeführt, da sowohl Trockenmasse- als auch Nährstoffgehaltswerte größtenteils zwischen den beiden anderen Gruppen liegen.

### 4.3 Hygienestatus von Biogasgülle/Gärrückständen

Im Zuge des gegenständlichen Forschungsprojekts wurden insgesamt 87 Gärrückstände parallel zur Bestimmung des Nährstoffgehalts und der Ausbringungseigenschaften auch mikrobiologisch auf deren Hygienestatus hin untersucht. Dabei wurde der Schwerpunkt auf die hygienische Unbedenklichkeit nach der EU-Klärschlammrichtlinie 86/278/EWG des Rates gelegt. Eine hygienische Unbedenklichkeit ist nach der Empfehlung über den sachgerechten Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz dann gegeben, wenn in 50 Gramm Nasssubstanz keine Salmonellen, nicht mehr als 5000 Kolonie-bildende Einheiten pro Gramm (KBE/g) Nasssubstanz Enterobacteriaceae und keine gefährlichen Wurmeier enthalten sind. Anzumerken ist jedoch, dass nach den geltenden österreichischen Richtlinien (BMLFUW, 2001) primär nur für jene Biogasbetriebe, die organische Abfälle der Gruppe 3 als Co-Substrate einsetzen, eine Hygieneuntersuchung des Gärrückstandes empfohlen wird.

Neben der Untersuchung auf Salmonellen, Wurmeier und Enterobacteriaceae wurden die Gärrückstände in einer umfangreichen Zusatzuntersuchung auch hinsichtlich des Gehaltes an *E. coli*, enterohämorrhagischen *E. coli*, *Campylobacter* spp., Enterokokken, Listerien inkl. *Listeria monocytogenes* und *Clostridium perfringens* analysiert (SINGER, 2005).

#### 4.3.1 Beschreibung der Erreger

Die Familie der *Enterobacteriaceae* stellen eine große Gruppe von meist fakultativ pathogenen Organismen dar, das sind Mikroorganismen, die nur unter Vorliegen infektionsbegünstigender Faktoren Krankheiten auslösen können, zu denen aber auch die Gattung der Salmonellen, aber auch die species *Escherichia coli*, auch als *E. coli* bezeichnet, oder der Erreger der Pest, *Yersinia pestis* zählen. Die fakultativ pathogenen Vertreter dieser Familie stellen einen Teil der normalen Darmflora beim Menschen und den meisten Warmblütern dar. Gelangen diese Erreger z. B. nach Verletzungen in die Blutbahn können sie schwerste Infektionen, so genannte Blutvergiftungen auslösen. Zur Gruppe der obligat pathogenen *E. coli* gehören unter anderem auch die enterohämorrhagischen *E. coli*, (= EHEC), die schwere Entzündungen des Dickdarmes, aber auch Symptome außerhalb des Darmes auslösen können. Diese EHEC-Bakterien bilden dabei ein Gift, das als Shiga Toxin bezeichnet wird. Dieses Toxin kann in die Nieren gelangen, wo es sich sammelt und schwere Schäden verursacht, die zur Funktionsunfähigkeit der Nieren führen können. Die Erkrankung kann mit einer Nierentransplantation enden, kann aber auch zum Tode führen. Diese Komplikationen, die auch als Hämolytisch Urämisches Syndrom (HUS) bezeichnet werden, treten vor allem bei Kindern auf, was eine EHEC-Infektion besonders dramatisch macht. Solche Bakterien, die vom Tier auf den Menschen und umgekehrt übertragen werden, nennt man Erreger von Zoonosen, die u. a. über rohes Fleisch oder über kontaminierte Milch ihren Weg in die menschliche Nahrungskette finden.

Die Spezies der Salmonellen, ebenfalls Zoonoseerreger, sind bekannt als wichtige darmpathogene Krankheitserreger, die durch Wasser und durch verseuchte Nahrungsmittel übertragen werden. Viele der humanen darmpathogenen *Salmonella*-Varianten haben ihren ursprünglichen Lebensraum im Darm oder sogar im Magen von Tieren, ihre hohe Widerstandsfähigkeit ermöglicht ihnen das wochen- bzw. monatelange Überleben in der kontaminierten Umwelt. Werden sie von Wiederkäuern, Geflügel oder Schweinen auf den Menschen übertragen – dies kann durch kontaminiertes Fleisch oder durch infizierte Eier geschehen-, dann lösen sie Darminfektionen – die Salmonellosen aus. Die Salmonellosen äußern sich nach einer Inkubationszeit von meist nur 5 – 72 Stunden durch Durchfälle, Leibschmerzen, Fieber Übelkeit Erbrechen und Kopfschmerzen. Pathogene Salmonellen können in menschliche Zellen eindringen, und sich in einem durch Membranen umhüllten, vor dem Immunsystem geschützten Raum, der Vakuole vermehren. Dadurch können sich Dauerausscheider entwickeln, die 3-6 Wochen, Säuglinge noch länger, Salmonellen ausscheiden und damit für das Umfeld wiederum Ansteckungsquellen darstellen.

Einen weiteren bedeutsamen Erreger von Zoonosen stellen die *Campylobacter*-Bakterien dar, die ebenfalls als Kommensalen des Gastrointestinaltrakts von Haus- und Wildtieren vorkommen aber bei den genannten Tieren und dem Menschen Darmerkrankungen auslösen, bei Menschen vermutlich sogar das wichtigste bakterielle durchfallauslösende Agens darstellen; diese Mikroorganismen können beim Menschen auch extraintestinale, neurologische Komplikationen verursachen, die zu schlaffen Lähmungen führen.

Ein anderer Darmbewohner sind die Enterokokken, die außerhalb des Darmes, wie schon weiter oben für die Enterobakterien beschrieben, wenn sie an den falschen Ort im Körper geraten, Blutvergiftungen oder Harnwegsinfektionen auslösen können. Ungefährliche Arten der Enterokokken werden in der Milchverarbeitenden Industrie, zum Beispiel für die Herstellung von Joghurts verwendet.

Die beiden letzten Bakterienfamilien, auf die noch kurz beschrieben werden sollen, stellen die Listerien und Clostridien dar. Diese beiden sind ubiquitär in der Umwelt, besonders in der Erde vorhanden, wodurch sie von unseren pflanzenfressenden Haustieren besonders leicht aufgenommen und deshalb ebenfalls im Darm häufig angetroffen werden können. Die Listerien weisen die Fähigkeit des Wachstums bei niedrigen Temperaturen, z. B. bei 4°C auf,

was zur Folge hat, dass sich ein krankmachender Vertreter dieser Gruppe, nämlich *Listeria monocytogenes* in kontaminierten Speisen wie Käse, Salat oder Fleisch auch im Kühlschrank vermehren kann. Nehmen schwangere Frauen diese Keime auf, besteht die Möglichkeit eines Übergangs der Infektion auf das ungeborene Kind mit der Gefahr, dass das Kind infiziert geboren wird oder es zu einer Früh- oder Totgeburt kommt. Bei den Clostridien möchte ich nur auf *Clostridium perfringens* eingehen, die entweder Wundinfektionen, den Gasbrand oder schwere Darminfektionen, den Darmbrand auslösen können. Diese Bakterien weisen als Besonderheit die Fähigkeit auf, dass sie Dauerformen, so genannte Endosporen ausbilden können, die unter für das Bakterium ungünstigen Lebensbedingungen gebildet werden und in diesem Stadium jahrelang überleben können, ähnlich, wie es für den Erreger des Milzbrandes, *Bacillus anthracis* bekannt ist. Wurmeier von Parasiten, die z. B. die Lunge, die Gallengänge der Leber oder den Darm von Mensch und Tier besiedeln können und dann über den Darm ausgeschieden werden, können im Menschen als Endwirt, Zwischenwirt oder auch als Fehlwirt, abhängig vom betroffenen Organ Krankheiten auslösen.

#### 4.3.2 Beurteilung des Hygienestatus

Die Beurteilung der mikrobiologischen Untersuchungen der Gärrückstände nach den Empfehlungen des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz – keine Salmonellen in 50 g Nasssubstanz, weniger als 5000 KBE je Gramm *Enterobacteriaceae*, keine gefährlichen Wurmeier - ergab, dass 32 Gärrückstände, das sind 36,8 % der untersuchten Proben einen bedenklichen Hygienestatus aufwiesen. Dabei konnten Wurmeier in keinem der untersuchten Gärrückstände nachgewiesen werden. In 6 der hygienisch bedenklichen Proben wurden sowohl Salmonellen als auch eine zu hohe Anzahl von Enterobakterien gefunden, in 15 Proben lag nur die Anzahl der Enterobakterien über dem empfohlenen Wert und in 11 weiteren Proben wurden nur Salmonellen nachgewiesen (Abbildung 10).

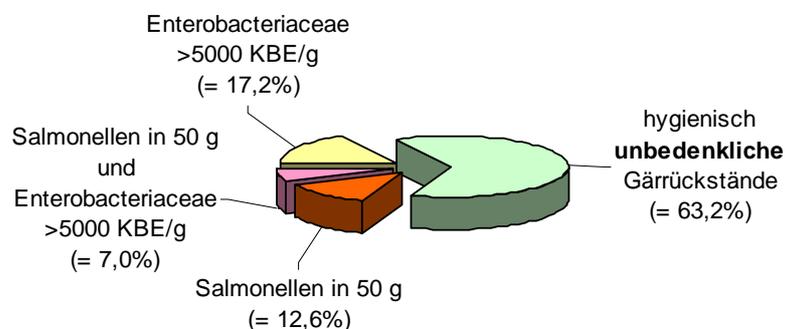


Abbildung 10: Hygienestatus der untersuchten Gärrückstände sowie die Verteilung der für die hygienische Bedenklichkeit relevanten Bakterien (MUCH u.a., 2004)

Die Auswertungen der im Fragebogen erhobenen sowie der mikrobiologisch ermittelten Daten zeigt, dass die hygienische Beschaffenheit der Gärrückstände zum Teil vom verwendeten Substrat abhängig sein kann. So fällt auf, dass die untersuchten Rückstände aus Anlagen mit eingeleiteter Gülle aus der Milchkuhhaltung (n = 54) zu 50%, aber aus Anlagen ohne Gülle aus der Milchkuhhaltung (n = 31) nur zu 16% hygienisch bedenklich waren. Interessant erscheint auch, dass, wenn kein organischer Abfall (n=10) verwendet wurde, nur 10% der untersuchten Proben hygienisch bedenklich waren, hingegen 40% jener Gärrückstände aus Anlagen, in denen auch organische Abfälle eingeleitet wurden. Keinen entscheidenden Einfluss auf die hygienischen Aspekte scheint der Einsatz nachwachsender Rohstoffe, wie Grassilage, Grünschnitt oder Silomais zu haben, ebenso wie das Einleiten häuslicher Abwässer, wobei aber darauf hingewiesen werden soll, dass die untersuchten Gärrückstände mit eingeleiteten häuslichen Abwässern zu einem geringeren Anteil hygienische Bedenklichkeit aufwiesen.

Die Auswirkung der Fermentertemperatur auf den Hygienestatus von 86 Gärrückständen (zu 1 Probe waren keine Angaben verfügbar), dargestellt in Abbildung 11 zeigt, dass wie zu erwarten mit der Erhöhung der Temperatur im Fermenter die hygienische Bedenklichkeit abnimmt. Als so genannter „Ausreißer“ in dieser Abbildung sind die Werte für den Temperaturbereich >49°C zu sehen, da insgesamt nur 4 Fermenteranlagen in diese Kategorie fielen. Überraschend erscheint, dass es im Temperaturbereich von 37°C bis 42°C, in dem sich Salmonellen und *E. coli* bekanntermaßen gut vermehren, trotzdem zu einer gewissen Hygienisierung kommen muss.

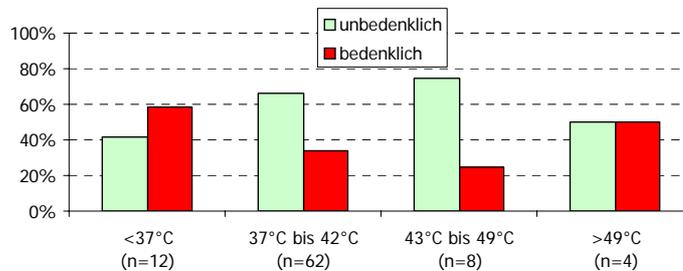


Abbildung 11: Auswirkung der Fermentertemperatur auf den Hygienestatus der untersuchten Gärrückstände (MUCH u.a., 2004)

Die Verteilung der hygienischen Beschaffenheit der Gärrückstände in den Bundesländern mit der Anzahl der untersuchten Proben kann der Abbildung 12 entnommen werden, wobei nur 2 Gärrückstände aus burgenländischen Anlagen untersucht wurden.

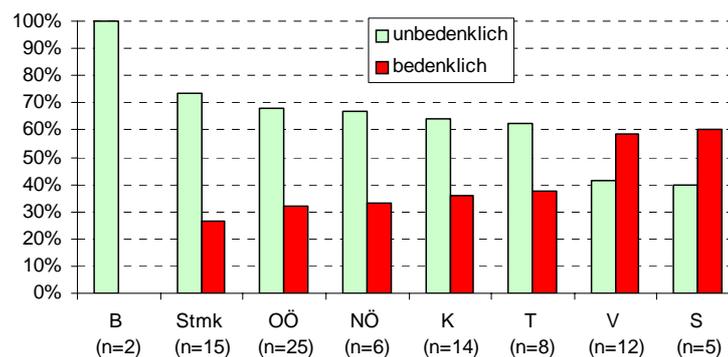


Abbildung 12: Hygienische Beschaffenheit der untersuchten Gärrückstände in den einzelnen Bundesländern (MUCH u.a., 2004)

Ein Blick auf zeitliche Verteilung der Probenziehung (November 2002 bis März 2003) zeigt, dass sich das Verhältnis an hygienisch bedenklichen zu unbedenklichen Fermentationsendprodukten in später gezogenen Proben zu früher gezogenen nicht verändert hat. Das dürfte ein Hinweis darauf sein, dass die Vielfalt der bakteriellen Spezies und die Gesamtkeimzahl nach Abschluss der Fermentation über einen langen Zeitraum erhalten bleiben. Diese Beobachtung deckt sich mit Literaturstellen, in denen beschrieben ist, dass pathogene Mikroorganismen mit der Zeit absterben, die Absterberate aber von den Umweltfaktoren abhängt, wobei unter einigen Bedingungen, wie pH-Wert, Temperatur, Anzahl und Art der enthaltenen pathogenen Bakterien, Anteil an kompetitiven Mikroorganismen die Bakterien etliche Monate überleben können.

Die Ergebnisse aus den weiteren mikrobiologischen Untersuchungen sind in der Abbildung 13 dargestellt. Es fällt dabei auf, dass Campylobakter, EHEC, Listerien, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* und Enterokokken zu einem höheren Prozentsatz in den hygienisch bedenklich eingestuftem Gärrückständen gefunden wurden.

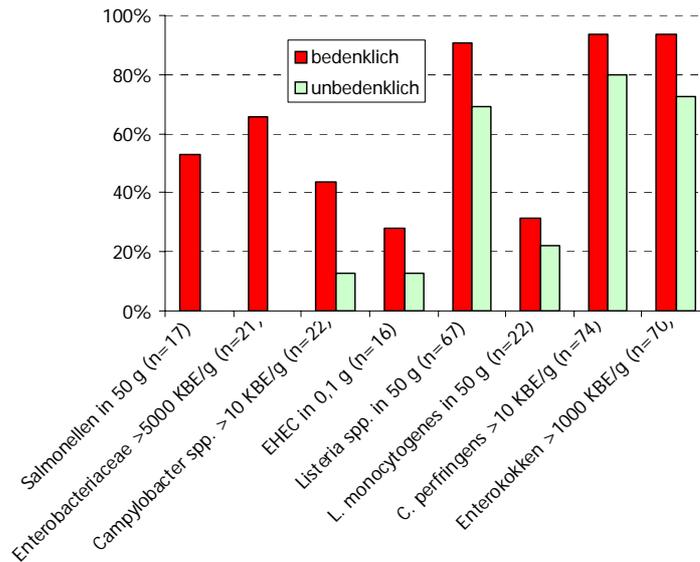


Abbildung 13: Vergleich der hygienisch bedenklichen und unbedenklichen Gärrückstände hinsichtlich des Gehaltes an untersuchten Bakterien (MUCH u.a., 2004)

Abschließend muss festgehalten werden, dass über ein Drittel der untersuchten Gärrückstände den Empfehlung über den sachgerechten Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland, festgelegt vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz entsprechend der EU-Klärschlammrichtlinie 86/278/EWG, für die hygienische Unbedenklichkeit, wonach Salmonellen in 50 g Nasssubstanz und Wurmeier nicht nachgewiesen werden sollen, die Anzahl an *Enterobacteriaceae* in 1 g unter 5000 KBE liegen sollen, nicht entsprochen haben. Wie weit nun von den pathogenen Keimen in diesen Rückständen eine Gefahr ausgehen kann, hängt von vielen Faktoren ab, u.a. wie lange die Gülle gelagert wird, wie und zu welchem Zeitpunkt in der Vegetationsphase sie ausgebracht wird, wie lange nach der Ausbringung mit der Beweidung gewartet wird und natürlich welche klimatischen Bedingungen jeweils vorliegen.

**Hinsichtlich der in diesem Forschungsprojekt durchgeführten mikrobiologischen Untersuchungen wird auf die im Anhang befindliche Diplomarbeit (SINGER, 2005) verwiesen, in denen eine detaillierte Darstellung und Interpretation der Ergebnisse sowie eine Darstellung des daraus resultierenden Risikopotentials erfolgt.**

#### 4.4 Ausbringungseigenschaften von Biogasgülle/Gärrückständen

Im Vergleich zu mineralischen Düngemitteln stellen die wirtschaftseigenen Dünger hinsichtlich einer entsprechenden Dosierung und Verteilung eine ganz besondere Herausforderung dar. Dies betrifft nicht nur die große Variationsbreite im Nährstoffgehalt sondern bei den Flüssigdüngern auch eine Reihe von wesentlichen Problembereichen wie Fließfähigkeit, Ablauf- und Infiltrationsverhalten sowie die Geruchsentwicklung. Sowohl bei Festmist als auch Flüssigmist wird durch unterschiedliche Behandlung der Wirtschaftsdünger versucht, die genannten Ausbringungseigenschaften zu verbessern (PÖLLINGER u.a., 1998; PÖTSCH und HUMER, 1998; PÖLLINGER und PÖTSCH, 2000).

##### 4.4.1 Ablaufverhalten

Die Futtermittelverschmutzung stellt im Grünlandbereich ein großes Problem dar, weil damit ganz wesentlich die Qualität des Grundfutters und dessen Konservierungseignung beeinflusst wird. Bei der Ausbringung von Flüssigmisten spielt daher dessen Ablaufverhalten vom

Pflanzenbestand eine maßgebliche Rolle. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden das Ablaufverhalten durch das Eintauchen und Benetzen von Kunststoffblättchen mit unterschiedlich strukturierten Oberflächen (leicht aufgeraute durchgehende Oberfläche bzw. Gitterstruktur) simuliert. Nach einer definierten Abtropfzeit (30 Sekunden) wurde eine Gewichtsfeststellung durchgeführt und über Differenzbildung die noch anhaftende Düngermenge ermittelt.

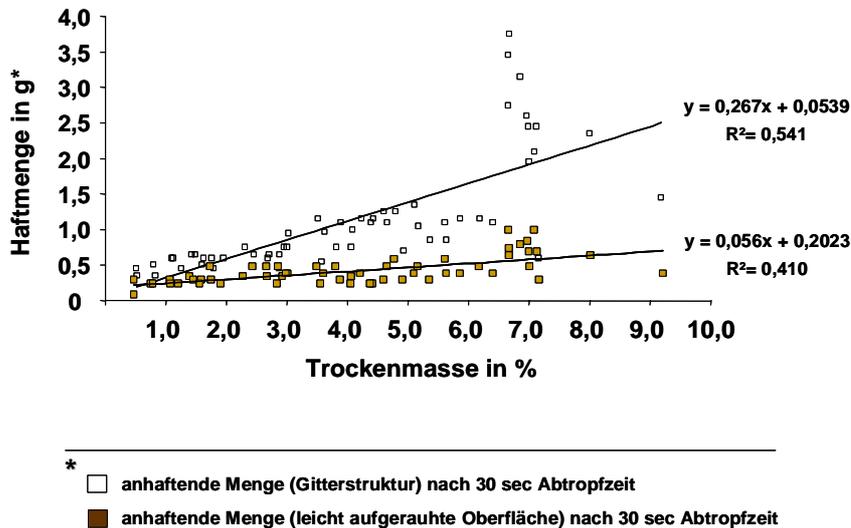


Abbildung 14: Ablaufverhalten der untersuchten Gärrückstände in Abhängigkeit des Trockenmassegehaltes

Abbildung 14 zeigt, dass mit Zunahme des Trockenmassegehaltes die anhaftende Menge an Gärrückstand ansteigt. Dieser Anstieg ist bei der nur leicht aufgerauten Oberfläche etwas schwächer ausgeprägt, während bei Verwendung einer Gitterstruktur doch deutliche Unterschiede erkennbar sind. Vergleicht man die Differenz der Haftmenge zwischen einem TM-Gehalt von 4% (entspricht etwa dem durchschnittlichen TM-Wert aller untersuchten Gärrückstände) und 7,5% (durchschnittlicher TM-Wert von unfermentierten Rindergüllen) so reduziert sich die anhaftende Menge bei relativ glatten Oberflächen um durchschnittlich 30%, bei stark strukturierten Oberflächen sogar um ca. 45%.

Erkennbar ist in der Abbildung 14 jedoch auch, dass insbesondere bei stark strukturierten Oberflächen, Gärrückstände mit hohen TM-Gehalten überproportional hohe Haftmengen aufweisen. Dies könnte unter Umständen auf eine zu geringe Fermentationsintensität und/oder einen höheren Gehalt an fetthaltigen, gut anhaftenden Substanzen hinweisen.

#### 4.4.2 Geruch

Die auftretenden Geruchsemissionen beim Anfall, bei der Lagerung und insbesondere bei der Ausbringung von wirtschaftseigenen Düngern stehen immer wieder im Mittelpunkt der öffentlichen Kritik und sorgen für Konflikte zwischen Landwirten und Anrainern. Maßnahmen zur Senkung der Geruchsbelastung wie Güllezusätze, Gülleverdünnung oder Güllebelüftung werden daher immer wieder thematisiert. Subjektive Angaben der Biogasanlagenbetreiber zur Geruchssituation weisen auf eine starke Verbesserung hin, immer wieder betonen die Landwirte auch, dass sie positive Rückmeldungen seitens der Anrainer erhalten.

Aus Abbildung 15 geht klar hervor, dass Gärrückstände in allen untersuchten Verdünnungsstufen eine deutliche Verbesserung hinsichtlich der Geruchsintensität aufweisen (PÖTSCH, 2001a). Aber auch Gärrückstände sind nicht geruchsfrei und sollten daher vor allem auch hinsichtlich des  $\text{NH}_3$ -Abgasungsrisikos nach Möglichkeit bei eher kühleren, feuchten Bedingungen ausgebracht werden.

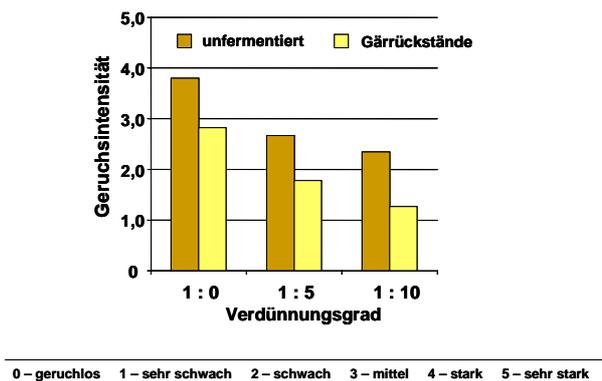


Abbildung 15: Geruchsintensität der untersuchten Gärrückstände im Vergleich zu unfermentierten GülLEN

#### 4.5 Ergebnisse aus dem Biogasgülleversuch Gumpenstein

Die nachfolgenden Ergebnisse aus dem unter Punkt 3 angeführten und beschriebenen Exaktfeldversuch mit integrierter Saugkerzenanlage umfassen den Zeitraum von 1999 bis 2003. Aufgrund noch ausstehender Analysendaten kann in diesem Abschlussbericht nur auf die Ertragssituation und den Nitrataustrag über das Sickerwasser eingegangen werden.

##### 4.5.1 Trockenmasseertrag

Neben mineralisch gedüngten Varianten (PK bzw. NPK) wurden in diesem Feldversuch auch Rindergüllen sowie die aus denselben Betrieben stammenden BiogasgülLEN eingesetzt. Um einen direkten Vergleich dieser Versuchsvarianten zu ermöglichen, wurde auf Stickstoffgleichheit gedüngt und einheitlich 120 kg Gesamtstickstoff/ha und Jahr ausgebracht. Abbildung 16 zeigt die Ertragssituation für den Zeitraum von 1999 bis 2003 auf einer Dauerwiese (Dreischnittnutzung). Die beiden Rindergülle- und BiogasgülLEvarianten wurden jeweils aufgrund der sehr geringen Unterschiede zusammengefasst und nicht nach den beiden Betrieben getrennt ausgewertet bzw. dargestellt.

Den signifikant geringsten Ertrag zeigte die mineralisch gedüngte PK-Variante, die hinsichtlich der Stickstoffversorgung vor allem auf die biologische N-Bindung durch die Leguminosen sowie die N-Nachlieferung aus dem Boden angewiesen ist, aber dennoch ein beachtliches Ertragsniveau erreichte. Den höchsten Ertrag wies die mineralisch gedüngte NPK-Variante auf, die beiden Wirtschaftsdüngervarianten lagen nur knapp 5% dahinter und unterschieden sich nur zufällig voneinander ( $p > 0,05$ ).

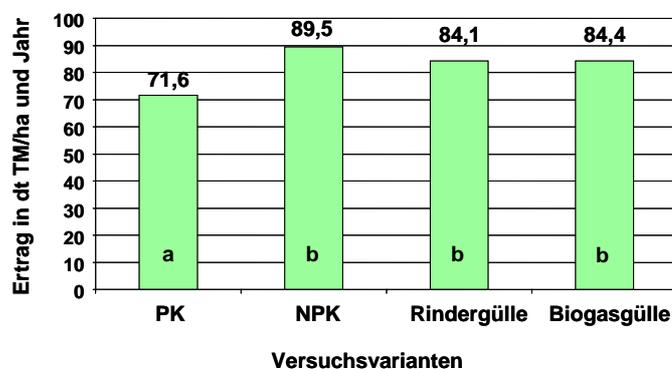


Abbildung 16: Bruttoerträge im Biogasgülleversuch Gumpenstein ( $\varnothing$  von 1999 – 2003)

Der durch den höheren  $\text{NH}_4\text{-N}$  Anteil und die günstigeren Ausbringungseigenschaften zu erwartende Vorteil der fermentierten Rindergüllen, wurde hinsichtlich der Ertragsleistung nicht umgesetzt. Auch am an sich niederschlagsreichen und kühleren Standort Gumpenstein, lagen die Temperaturen in den vergangenen drei Vegetationsperioden höher

als im langjährigen Durchschnitt. Dies könnte im Zusammenhang mit den unter 4.2 diskutierten Aspekten bei den Biogasgüllele durchaus zu höheren NH<sub>3</sub>-Verlusten geführt und damit eine noch bessere Ertragsleistung verhindert haben.

#### 4.5.2 Futterqualität und Pflanzenbestand

Die Daten zur Futterqualität zeigen, dass die eingesetzten Biogasgüllele im Vergleich zu den unfermentierten Rindergüllele bei konstantem N-Niveau von 120 kg/ha nur eine geringfügige, nicht signifikante Auswirkung auf die Verdaulichkeit der organischen Masse, den Energiegehalt des Futters und den Energieertrag aufweisen. Gegenüber der NPK-Variante besteht bei der Variante Rindergüllele und Biogasgüllele ein signifikant höherer Wert für die Verdaulichkeit des Futters, dieser Vorteil geht aber hinsichtlich des Energieertrages vor allem durch die etwas geringeren Erträge wieder verloren.

Düngervariante	N-Düngung kg/ha*a	VOM %	MJ NEL/kg TM	GJ NEL/ha
PK	0	70,0 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	39,0 <sup>a</sup>
NPK	120	68,8 <sup>b</sup>	5,35 <sup>a</sup>	47,9 <sup>b</sup>
Rindergüllele	120	70,0 <sup>a</sup>	5,38 <sup>a</sup>	45,2 <sup>b</sup>
Biogasgüllele	120	69,7 <sup>a</sup>	5,38 <sup>a</sup>	45,3 <sup>b</sup>

Tabelle 21: Kenndaten zur Futterqualität aus dem Biogasgülleleversuch Gumpenstein (Ø von 1999 – 2003)

Düngervariante	N-Düngung kg/ha*a	P in g/kg TM	K in g/kg TM	Ca in g/kg TM	Mg in g/kg TM
PK	0	4,02 <sup>a</sup>	19,45 <sup>a</sup>	9,15 <sup>a</sup>	3,26 <sup>a</sup>
NPK	120	3,65 <sup>b</sup>	17,10 <sup>b</sup>	8,52 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>
Rindergüllele	120	3,59 <sup>b</sup>	17,66 <sup>b</sup>	8,30 <sup>a</sup>	3,17 <sup>a</sup>
Biogasgüllele	120	3,72 <sup>b</sup>	17,68 <sup>b</sup>	8,45 <sup>a</sup>	3,38 <sup>a</sup>

Tabelle 22: Kenndaten zur Futterqualität (Mineralstoffgehalt) aus dem Biogasgülleleversuch Gumpenstein (Ø von 1999 – 2003)

Hinsichtlich des Mineralstoffgehaltes des geernteten Futters zeigen sich für Phosphor und Kalium signifikant höhere Werte für die Versuchsvariante PK, alle anderen dargestellten Unterschiede liegen im Zufallsbereich ( $\alpha=0,05$ ). Die signifikant höheren Werte der PK-Variante für die Mineralstoffe P und K sind eindeutig auf die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes zurückzuführen – diese Variante weist gegenüber den restlichen Versuchsvarianten einen deutlich geringeren Gräseranteil und einen signifikant höheren Leguminosenanteil auf (Tabelle 23). Deutlich erkennbar ist der leguminosenverdrängende Effekt der N-Düngung, wobei dieser bei der mineralischen N-Düngung noch stärker ausgeprägt ist (PÖTSCH, 1997). Zwischen den Varianten Rindergüllele und Biogasgüllele bestehen hinsichtlich des Artengruppenverhältnisses keine signifikanten Unterschiede.

Düngervariante	N-Düngung kg/ha*a	Gräser %	Leguminosen %	Kräuter %
PK	0	40,2 <sup>a</sup>	13,2 <sup>a</sup>	46,6 <sup>a</sup>
NPK	120	47,3 <sup>a</sup>	3,3 <sup>b</sup>	49,4 <sup>a</sup>
Rindergüllele	120	45,4 <sup>a</sup>	6,7 <sup>b</sup>	47,9 <sup>a</sup>
Biogasgüllele	120	46,5 <sup>a</sup>	6,7 <sup>b</sup>	46,8 <sup>a</sup>

Tabelle 23: Artengruppenverhältnis im Biogasgülleleversuch Gumpenstein (Ø von 1999 – 2003)

#### 4.5.3 Nitrataustrag über das Sickerwasser

Hinsichtlich des laut Trinkwassernitratverordnung (1989) bestehenden Grenzwertes von 50 mg NO<sub>3</sub>/l Wasser, kommt dem Nährstoffaustrag über das Sickerwasser eine ganz besondere Bedeutung zu. Sämtliche Versuchsvarianten wurden im Biogasgülleversuch Gumpenstein wiederholungsscharf mit Saugkerzen der Type SPE20 (Fa. UMS, München/Graz) ausgestattet. Die Durchlässigkeit des gut mit Wasser versorgten Versuchsbodens, bei dem es sich um eine kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus kolluvial überlagerten fluvioglazialen Sedimenten handelt, ist als mäßig einzustufen.

Insgesamt wurden im fünfjährigen Versuchszeitraum 855 Sickerwasseruntersuchungen durchgeführt, wobei neben dem Nitratgehalt auch der Gehalt an Nitrit, Ammoniumstickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Natrium untersucht wurde. Bezogen auf das umwelt- und wasserwirtschaftlich relevante Nitrat, zeigen sich sehr niedrige, für die Kulturart Grünland typische Werte (Abbildung 17 sowie Tabelle 24).

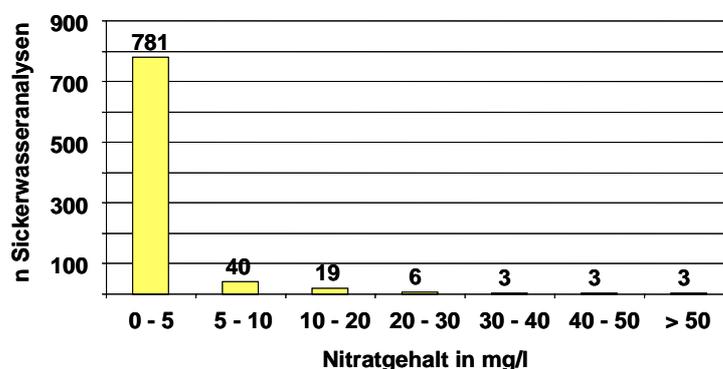


Abbildung 17: Verteilung der Nitratgehalte im Sickerwasser des Biogasgülleversuches Gumpenstein (1999 – 2003)

Der weitaus größte Teil der Messwerte liegt im Bereich von 0 bis 5 mg NO<sub>3</sub>/l Wasser, nur 3 Einzelwerte lagen insgesamt über dem Grenzwert von 50 mg NO<sub>3</sub>/l. Die Nitratgehalte im Sickerwasser der Variante Biogasgülle lagen signifikant unter jenen der mineralischen Volldüngervariante und zeigen ganz deutlich, dass verglichen mit den traditionellen Wirtschaftsdüngern bei dem untersuchten Düngungsniveau kein höheres Risiko einer Nitratauswaschung besteht.

Düngervariante	N-Düngung kg/ha*a	Ø	Median	min.	max.	s	95-er Perzentil
PK	0	1,49 <sup>ab</sup>	0,44	0,0	22,6	3,04	8,01
NPK	120	3,32 <sup>a</sup>	0,61	0,0	65,7	8,28	12,44
Rindergülle	120	2,47 <sup>ab</sup>	0,48	0,0	130,4	9,88	9,12
Biogasgülle	120	1,35 <sup>b</sup>	0,44	0,0	44,1	3,55	5,36

Tabelle 24: Statistische Kennwerte zu den Nitratgehalten im Sickerwasser der Düngungsvarianten des Biogasgülleversuches Gumpenstein (1999 – 2003)

#### 4.6 Hygienisierung von Unkrautsamen in Biogasanlagen

Im Zusammenhang mit der Fermentation von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen wird seitens der Landwirtschaft immer wieder die Frage gestellt, ob sich durch den Fermentationsprozess die Keimfähigkeit von Unkrautsamen verändert. Im Mittelpunkt des Interesses steht dabei der Ampfer, insbesondere der Stumpfblättrige Ampfer, der das Problemunkraut im Grünland darstellt (PÖTSCH, 2001b, 2001c).

In einer mehrwöchigen Versuchsreihe wurden Samen des Stumpflättrigen Ampfers (*Rumex obtusifolius* L.) und des Krausen Ampfers (*Rumex crispus* L.) in permeablen Säckchen eingenäht in den Fermenter einer Biogasanlage eingebracht und in festgelegten Intervallen entnommen und hinsichtlich ihrer Keimfähigkeit untersucht (SONNLEITNER und SONNLEITNER, 2004). Daneben wurden die Ampfersamen auch in vom selben Betrieb stammenden, unfermentierter Gülle sowie in Jauche eingebracht und ebenfalls im selben Rhythmus bezüglich der Veränderung der Keimfähigkeit geprüft.

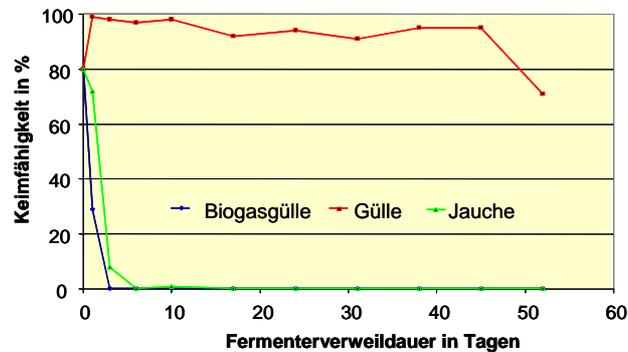


Abbildung 18: Entwicklung der Keimfähigkeit von Samen des Stumpflättrigen Ampfers in unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern (SONNLEITNER und SONNLEITNER, 2004)

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in den Abbildungen 18 und 19 dargestellt und belegen eindrucksvoll, dass es im Fermenter bereits innerhalb weniger Tage zunächst zu einer starken Abnahme und anschließend zum völligen Verlust der Keimfähigkeit von Ampfersamen kommt. Ein sehr ähnliches Bild zeigte sich bei den in aggressive Jauche eingebrachten Ampfersamen, während in der unfermentierten Gülle beim Stumpflättrigen Ampfer eine nur langsame Abnahme der Keimfähigkeit verfolgt werden konnte. Die etwas widerstandsfähigeren Samen des Krausen Ampfers hingegen, wiesen in der Gülle über beinahe den gesamten Zeitraum eine konstant hohe Keimfähigkeit auf. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass es im Zuge der Fermentation in der Biogasanlage zu einer wirksamen und nachhaltigen Unterbrechung des betriebsinternen Samenkreislaufes von Ampfersamen kommt.

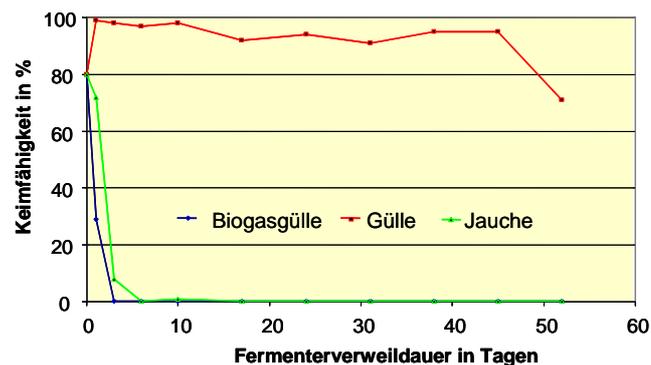


Abbildung 19: Entwicklung der Keimfähigkeit von Samen des Krausen Ampfers in unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern (SONNLEITNER und SONNLEITNER, 2004)

#### 4.7 Empfohlener und tatsächlich durchgeführter Untersuchungsrythmus für Biogasgüllen/Gärrückständen

Die Betreiber von Biogasanlagen sind nach österreichischer Rechtslage grundsätzlich gesetzlich nicht verpflichtet, den Gärrückstand in dafür autorisierten Labors analysieren zu lassen. Jedoch besteht nach der Anwendungsrichtlinie für den sachgerechten Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland (BMLFUW, 2001) eine Empfehlung

zur Gärrückstandsuntersuchung in Abhängigkeit der jährlich eingesetzten Co-Substratmenge sowie deren Herkunft. In der Anwendungsrichtlinie des BMLFUW werden die zur Fermentation geeigneten Rohstoffe nach der Nachvollziehbarkeit ihrer Herkunft und ihrem Belastungspotenzial mit Schadstoffen in Stoffgruppen eingeteilt.

Die Stoffgruppe 1 umfasst Wirtschaftsdünger, organische Reststoffe aus der landwirtschaftlichen Produktion (z.B. Ernterückstände, verdorbene Silage) und zum Zwecke der Vergärung angebaute nachwachsende Rohstoffe. Die Vergärung dieser Materialien führt zum Endprodukt *Biogasgülle*.

Die Verwendung von organischen Rohstoffen der Stoffgruppe 2 (Rückstände der Nahrungs-, Genuss- und Futtermittelindustrie) und Stoffgruppe 3 (kommunale Garten- und Parkabfälle, Küchen- und Kantinenabfälle, Bioabfall aus Haushalten, tierische Nebenprodukte) ergibt einen *Gärrückstand*, der nach dem Bundes-Abfallwirtschaftsgesetz bis zur Verwertung Abfall bleibt. Bezüglich des Gehaltes an Schwermetallen und organischen Schadstoffen weisen die Abfälle der Stoffgruppe 2 ein geringeres Risikopotential als jene der Gruppe 3 auf, weil Herkunft, Gleichmäßigkeit der Qualität sowie das Entstehen der Abfälle verfahrensbedingt bekannt und nachvollziehbar sind.

Mit der begrifflichen Trennung der vergorenen Substrate in Biogasgülle und Gärrückstände wollten die Mitglieder der Arbeitsgruppe Biogas im Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz auch auf das höherer Belastungspotenzial der Materialien der Stoffgruppen 2 und 3 hinweisen.

Für *Biogasgülle* wird, da die Ausgangsmaterialien dieser Stoffgruppe hinsichtlich der Schwermetallbelastung und der Belastung mit organischen Schadstoffen in der Regel unbedenklich sind, in Hinblick auf die sachgerechte Verwertung in der Landwirtschaft lediglich eine Nährstoffanalyse (Hauptnährstoffe N, P und K) vor der Ausbringung – wenigstens einmal im Jahr – empfohlen. Zur Sicherstellung der erforderlichen Qualität der Gärrückstände empfiehlt der Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz den Biogasanlagenbetreibern zusätzlich zu den Nährstoffuntersuchungen eine regelmäßige Untersuchung auf Schwermetalle, organische Schadstoffe und Hygieneparameter bei einer befugten Fachperson oder Fachanstalt durchführen zu lassen.

	<b>Biogasgülle (Gruppe 1)</b>	<b>Gärrückstand (Gruppe 2)</b>	<b>Gärrückstand (Gruppe 3)</b>
<b>Ausgangsmaterialien</b>	aus land- u. forstwirtschaftlicher Urproduktion	aus Rückständen der Be- und Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte	andere biogene Reststoffe (Bioabfall, Tierische Nebenprodukte)
<b>Analysenumfang</b>	Nährstoffe (N, P, K)	Nährstoffe, Schwermetalle und organische Schadstoffe	Nährstoffe, Schwermetalle, organische Schadstoffe und Hygiene

*Tabelle 25: Empfohlener Analysenumfang zur Untersuchung von Biogasgülle und Gärrückständen (BMLFUW, 2001)*

Die Untersuchung des Hauptnährstoffgehaltes (N, P, K) sollte sowohl bei Biogasgülle und Gärrückständen unabhängig von der Menge der jährlich eingesetzten Co-Substrate 1x pro Jahr erfolgen. Der Gehalt an Schwermetallen (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn) und organischen Schadstoffen (PAK – polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, AOX – Summe der halogenierten organischen Verbindungen, LAS – Alkylbenzosulfonate, NPE – Nonylphenole) in den Gärrückständen der Gruppe 2 sollte bei Einsatz von < 300 t Co-Substraten/Jahr alle drei Jahre, bei 300-4000 t Co-Substraten/Jahr alle 2 Jahre und bei > 4000 t C-Substraten/Jahr jedes Jahr ermittelt werden. Für die Gärrückstände der Gruppe 3 wird noch zusätzlich die Ermittlung des unter 4.3.2 behandelten Hygienestatus empfohlen, der

Untersuchungsrhythmus variiert je nach eingesetzter Co-Substratmenge zwischen zweijährig und monatlich.

Die Befragung der Biogasanlagenbetreiber ergab, dass nur etwa ein Drittel, eine regelmäßige Untersuchung der Biogasgülle resp. des Gärrückstandes durchführen lässt. Rund ein Drittel der Befragten gab an, fallweise (bei näherem Nachfragen bedeutet dies meist eine einmalige Analyse im Zeitraum der Inbetriebnahme der Anlage) eine Untersuchung durchzuführen, ein Drittel der Biogasanlagenbetreiber hat bisher noch nie eine Beprobung resp. Untersuchung vorgenommen.

Die daraus resultierende, allgemein mangelhafte Kenntnis über die Inhaltsstoffe von Biogasgülle/Gärrückständen erscheint aus pflanzenbaulicher und umweltökologischer Hinsicht bedenklich. Dies umso mehr als in den Betrieben organische Materialien sowohl quantitativ als auch qualitativ sehr unterschiedlich anfallen und eingesetzt werden und bis dato auch keine allgemein gültigen Tabellenwerte für die daraus entstehenden Biogasgülle/Gärrückstände verfügbar sind. Eine derartige Gehaltswerttabelle lässt sich auch nicht aus den in diesem Projekt durchgeführten Untersuchungen ableiten, da die Kombinationsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Stoffgruppen sehr hoch sind und in den einzelnen Biogasanlagen sehr spezifische Beschickungsmuster vorliegen. Dennoch bieten die vorliegenden Ergebnisse einen wertvollen Anhaltspunkt und zeigen durch die Angabe der Variationsbreite auch sehr klar die in der österreichischen Biogasanlagenpraxis auftretenden Werte für Nährstoffe, Schwermetalle und Hygienestatus auf.

#### 4.8 Subjektive Beurteilung der Wirkung von Biogasgülle/Gärrückständen

Im Rahmen der Erhebungen wurden die Biogasanlagenbetreiber auch hinsichtlich ihrer subjektiven Beurteilung zu den Eigenschaften und der Wirkung der Biogasgülle/Gärrückstände befragt.

Einstufung	Wuchswirkung	Ausbringungseigenschaften	Geruchsintensität
sehr gut	51,8	81,2	70,6
gut	31,8	8,2	17,6
gleich	3,5	2,4	2,4
schlechter	1,2	0,0	0,0
keine Erfahrungen	10,6	5,9	5,9
keine Angabe	1,2	2,4	3,5

*Tabelle 26: Subjektive Einstufung der Biogasgülle/Gärrückstände im Vergleich zum bisher eingesetzten Wirtschaftsdünger*

Im Vordergrund stand die gefühlsmäßige, subjektive Bewertung der Biogasgülle/Gärrückstände im Vergleich zum vorher verwendeten Wirtschaftsdüngersystem. Insgesamt zeigen die in Tabelle 26 zusammengefassten Ergebnisse, dass in allen drei abgefragten Bereichen eine deutliche Verbesserung (gut bis sehr gut) angegeben wird und die Eigenschaften der Biogasgülle/Gärrückstände, die zu 60% auf Grünland und 40% auf Ackerland ausgebracht werden, allgemein sehr positiv bewertet werden.

#### 5. Zusammenfassung

In einer Österreichweiten Beprobung von landwirtschaftlichen Biogasanlagen wurden die Gärrückstände auf ihren Gehalt an Nährstoffen, Spurenelementen und Schwermetallen untersucht sowie die im Rahmen der Richtlinie für den sachgerechten Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland (BMLFUW, 2001) vorgesehenen Hygieneparameter überprüft.

Der im Biogasprozess entstehende Gärrückstand stellt für den Betrieb einen wertvollen organischen Dünger dar, der gegenüber unfermentierten Wirtschaftsdüngern einige

spezifische Besonderheiten aufweist. So handelt es sich um einen sehr gut wirksamen Mehrnährstoffdünger, der auf Grund des engen CN-Verhältnisses rasch abgebaut wird und einen höheren Anteil an leicht löslichem und pflanzenverfügbarem Stickstoff beinhaltet. Deutlich verbessert sind auch wichtige Ausbringungseigenschaften wie Ablauf- und Infiltrationsverhalten und die aus der Sicht der Nichtlandwirte besonders häufig kritisierte Geruchsintensität. Allerdings kann es, vor allem bedingt durch den Einsatz externer Co-Substrate, auch zu Problemen im Gehalt an Schwermetallen sowie im Hygienebereich kommen. Als zusätzlicher, positiver Effekt der Fermentation konnte die rasche Reduktion der Keimfähigkeit von Ampfersamen nachgewiesen werden, wodurch es zu einer wirksamen Unterbrechung des innerbetrieblichen Samenkreislaufes kommt.

Die in einem mehrjährigen Feldversuch geprüfte Ertragsleistung auf Dauergrünland zeigt eine, verglichen mit einer mineralischen Volldüngung, sehr gute Ertragsleistung der Biogasgülle, die sich aber nicht von jener der unfermentierten Rindergülle unterscheidet. Durch den Einsatz von Biogasgülle besteht bei dem untersuchten Düngungsniveau von 120 kg N/ha und Jahr kein erhöhtes Risiko einer Nitratauswaschung.

## 6. Literatur

- AICHBERGER, K. (1995): Die Ergebnisse einer Untersuchung von Wirtschaftsdüngern in Oberösterreich. Schriftenreihe Umweltschutz des Amtes der OÖ Landesregierung
- AMON, T. und J. Lindworsky (1996): Umwelt- und Düngewirkung von Biogasgülle. In: Biogas für Österreich. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft sowie Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien; 2. überarbeitete Auflage
- AMON, T., BOXBERGER, J., BLOCHBERGER, F. u.a. (1995): Biogastechnologie – ein Beitrag zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft. Reihe Forschung 5, Akademie für Umwelt und Energie – Bundesministerium für Umwelt und Energie, Wien
- AMON, B. T. AMON und J. BOXBERGER (1998): Untersuchung der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft Österreichs zur Ermittlung der Reduktionspotentiale und Reduktionsmöglichkeiten. Abschluss des Forschungsberichtes L 883/94
- AMON, T., D. JEREMIC und J. BOXBERGER (2001): Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und organischen Reststoffen – Potentiale und Technik. 6. Wissenschaftstagung zum ökologischen Land- und Gartenbau, Technische Universität München Freising-Weihenstephan
- BASERGA, U., K. EGGER und A. WELLINGER (1994): Biogas aus Festmist. FAT-Berichte, Nr. 451
- BMLFUW (2001): Der sachgerechte Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland. Hrsg: Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Wien
- BRAUN, R. Hrsg. (1995): Internationale Erfahrungen mit der Verwertung biogener Abfälle zur Biogasproduktion (IFA Tulln, 1996), vol. 14 of Tagungsberichte, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Umweltbundesamt
- BUCHGRABER, K. (1982): Vergleich der Wirksamkeit konventioneller und alternativer Düngungssysteme auf dem Grünland hinsichtlich Ertrag, Futterqualität und Güte des Pflanzenbestandes. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien
- EGGER, K. et al. (1991): Erneuerbare Energien in der Landwirtschaft - Planungsgrundlagen. PACER-Dokumentation, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern
- FRICK, R. und H. MENZI (1996): Ammoniakverluste nach der Hofdüngeranwendung. FAT-Berichte Nr. 486
- HELMs (1994): Kofermentation von Gülle- und Speiseresten im Großmaßstab. Diplomarbeit, Fachhochschule Gießen-Friedberg
- KATZ, P. (1996): Ammoniakemissionen nach der Gülleanwendung auf Grünland. Dissertation an der ETH Zürich Nr. 11382
- KUHN, E. (1995): Kofermentation. KTBL-Schrift 219, KTBL Darmstadt
- MENZI, H. (1996): Ammoniakverluste reduzieren – warum? „Die Grüne“ 36/96, 12-13
- MERZ, H.-U. (1988): Untersuchungen zur Wirkung von unbehandelter und methanvergorener Rindergülle auf den N-Umsatz unter *Dactylis glomerata* L. sowie auf das Keimverhalten verschiedener Pflanzenarten. Dissertation, Universität Hohenheim
- MESSNER, H. (1988): Düngewirkung anaerob fermentierter und unbehandelter Gülle. Dissertation, TU-München Weihenstephan
- MUCH, P., M. SINGER, E. PFUNDTNER und E.M. PÖTSCH (2004): Hygienestatus von Gärrückständen aus österreichischen Biogasanlagen“. 10. Alpenländisches Expertenforum

„Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein

O’SULLIVAN, R.J. (1969): Preliminary air pollution survey of odorous compounds. US. Dep. of Health, Education and Welfare. Raleigh

PÖLLINGER, A. und E.M. PÖTSCH (1998): Wirtschaftsdüngerbehandlung – so veredeln Sie Ihren Hofdünger. Der Fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage Heft 15/98

PÖLLINGER, A. und E.M. PÖTSCH (2000): Optimale Technik zur Flüssigmistausbringung. Der Fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage Heft 6/2000

PÖTSCH, E.M. und J. HUMER (1998): Güllezusätze – Problemlösung oder fauler Zauber? Der Fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage Heft 12/98

PÖTSCH, E.M. (2001a): Einsatz von Biogasgülle im Dauergrünland im Vergleich mit konventionellen Wirtschaftsdüngersystemen. Abschlussbericht des Projektes BAL 2301/98

PÖTSCH, E.M. (2001b): Historisches zum Ampfer. Bericht zum 7. Alpenländischen Expertenforum „Bestandesführung und Unkrautregulierung im Grünland“, BAL Gumpenstein

PÖTSCH, E.M. (2001c): Wissenswertes zur mechanischen und chemischen Ampferbekämpfung. Bericht zum 7. Alpenländischen Expertenforum „Bestandesführung und Unkrautregulierung im Grünland“, BAL Gumpenstein

PÖTSCH, E.M. (2004): Biogasproduktion – Energiegewinnung und Veredelung von Wirtschaftsdüngern. 10. Wintertagung des Ökosozialen Forums, Aigen im Ennstal, in Druck

PÖTSCH, E.M., E. PFUNDTNER and P. MUCH (2004): Nutrient content and hygienic properties of fermentation residues from agricultural biogas plants. 19th EGF-Meeting in Luzern, CH

PRICE, E.C. and P.N. CHEREMISINOFF (1981): Biogas- Production & Utilization. Ann Arbor Science Publishers, USA

RESCH, R., E.M. PÖTSCH und E. PFUNDTNER (2004): „Biogasanlagen in Österreich – ein aktueller Überblick“. 10. Alpenländisches Expertenforum „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein

RÜCKERT, V. (1991): Mikrobiologische Untersuchungen zur aeroben und anaeroben Flüssigmistbehandlung

SHELLE, H. und B. LINKE (1995): Biogas aus Reststoffen - Kompostierung und Biomethanisierung halbfeuchter organischer Reststoffe der Landwirtschaft. Landtechnik, 50.Jhg. 6/95

SINGER, M. (2005): Erfassung des hygienischen Zustandes von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und Darstellung des daraus resultierenden Risikopotentials. Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur.

SONNLEITNER, L. und P. SONNLEITNER (2004): „Beeinflussung der Keimfähigkeit von Samen des Rumex Obtusifolius und Rumex Crispus im innerbetrieblichen landwirtschaftlichen Kreislauf“. Diplommaturaarbeit an der HBLA Raumberg, 27s

ZETHNER, G., E. PFUNDTNER und J. HUMER (2002): Qualität von Abfällen aus Biogasanlagen. Monographien des Umweltbundesamtes, Wien, Band 160, 50s

## **7. Bisherige Umsetzung des gegenständlichen Forschungsprojektes mittels Veröffentlichungen, Vorträgen und Tagungen**

### *7.1 Publikationen*

MUCH, P., M. SINGER, E. PFUNDTNER und E.M. PÖTSCH (2004): Hygienestatus von Gärrückständen aus österreichischen Biogasanlagen“. 10. Alpenländisches Expertenforum „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein

PÖTSCH, E.M. (2004): Biogasproduktion – Energiegewinnung und Veredelung von Wirtschaftsdüngern. 10. Wintertagung des Ökosozialen Forums, Aigen im Ennstal, in Druck

PÖTSCH, E.M. (2004): Gärrückstände von Biogasanlagen. Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppe Nr. 31, März 2004, 8

PÖTSCH, E.M. (2004): Gülle aus Biogasanlage. Leseranfrage 70\_2004, Fortschrittll. Landwirt (14), 9.

PÖTSCH, E.M. (2005): Produktion von Biogas – Energiegewinnung und Veredelung von Wirtschaftsdüngern. Landkalender 2005, Leopold Stocker Verlag, Graz, 124-131.

PÖTSCH, E.M. (2005): Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen. Skriptum für den Biogas-Expertenlehrgang, Feldbach

PÖTSCH, E.M., R. RESCH, P. MUCH und E. PFUNDTNER (2004): Biogasproduktion – eine Produktionsalternative für die Landwirtschaft. Bericht 13th Conference on nutrition of domestic animals „Zdravec-Erjavec Tage“, Radenci, 4.-5.11.2004, 214-226.

PÖTSCH, E.M., E. PFUNDTNER, R. RESCH und P. MUCH (2004): Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen. Bericht 10. Alpenländisches Expertenforum „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“. Gumpenstein, 18.-19.03.2004, 37-47.

PÖTSCH, E.M., E. PFUNDTNER and P. MUCH (2004): Nutrient content and hygienic properties of fermentation residues from agricultural biogas plants. 19th EGF-Meeting in Luzern, CH, 21.-24. June 2004, 1055-1057.

RESCH, R., E.M. PÖTSCH und E. PFUNDTNER (2004): „Biogasanlagen in Österreich – ein aktueller Überblick“. 10. Alpenländisches Expertenforum „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein

SINGER, M. (2005): Erfassung des hygienischen Zustandes von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und Darstellung des daraus resultierenden Risikopotentials. Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur.

SONNLEITNER, L. und P. SONNLEITNER (2004): „Beeinflussung der Keimfähigkeit von Samen des *Rumex Obtusifolius* und *Rumex Crispus* im innerbetrieblichen landwirtschaftlichen Kreislauf“. Diplommaturaarbeit an der HBLA Raumberg, 27s

## 7.2 Vorträge

MUCH, P.: Hygienestatus von Gärrückständen aus österreichischen Biogasanlagen. 10. Alpenländisches Expertenforum „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein, 19.3.2004

RESCH, R.: Biogasanlagen in Österreich – ein aktueller Überblick. 10. Alpenländisches Expertenforum „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein, 18.3.2004

PÖTSCH, E.M.: Der sachgerechte Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen in der Landwirtschaft. Biogas – Informations- und Weiterbildungsveranstaltung, Hohenems, 14.12.2002

PÖTSCH, E.M.: Energetische Nutzung von Grünlandbiomasse in Biogasanlagen. Fachtag an der LFS Grabnerhof „Zukunftsorientierte Bewirtschaftung des Berggrünlandes“, 5.6.2003

PÖTSCH, E.M.: Biogasproduktion in Österreich und düngungsrelevante Eigenschaften von Gärrückständen. Vorlesungsseminar Grünlandwirtschaft II der Universität für Bodenkultur, BAL Gumpenstein, 19.5.2003

PÖTSCH, E.M.: Der sachgerechte Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Biogasseminar des LFI, Linz, 18.9.2003 und 16.10.2003

PÖTSCH, E.M.: Biogasproduktion – Energiegewinnung und Veredelung von Wirtschaftsdüngern. 10. Wintertagung, Aigen/Ennstal, 12.2.2004

PÖTSCH, E.M.: Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen. 10. Alpenländisches Expertenforum „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein, 18.3.2004

PÖTSCH, E.M.: Hygienische und nährstoffspezifische Aspekte beim Einsatz von Biogasgülle. Grünlandtag an der LFS Hafendorf, 18.6.2004

PÖTSCH, E.M.: Biogasproduktion – eine Produktionsalternative für die Landwirtschaft. „Zdravec-Erjavec Tage“, Radenci, SI, 5.11.2004

PÖTSCH, E.M.: Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen. Skriptum für den Biogas-Expertenlehrgang, Feldbach, 15.2.2005

PÖTSCH, E.M.: Rechtliche und fachliche Aspekte bei der Ausbringung von Gärrückständen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Welser Messe, 4.3.2005

SINGER, M.: Erfassung des hygienischen Zustandes von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und Darstellung des daraus resultierenden Risikopotentials. Vorstellung erster

Ergebnisse im Rahmen des Diplomandenseminars an der Universität für Bodenkultur, Wien, 15.12.2003

### 7.3 Poster

PÖTSCH, E.M., E. PFUNDTNER and P. MUCH (2004): Nutrient content and hygienic properties of fermentation residues from agricultural biogas plants. 19th EGF-Meeting in Luzern, CH, 21.-24. June 2004

**Zentrale Ergebnisse des Forschungsprojektes BAL 2941 wurden im Rahmen des 10. Alpenländischen Expertenforums „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“ an der BAL Gumpenstein einem breiten nationalen und internationalen Publikum vorgestellt.**

**Die Ergebnisse des Forschungsprojektes finden auch unmittelbar Eingang in die Neuauflage der „Richtlinien für den sachgerechten Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland“ (BMLFUW, 2001) sowie in die Neuauflage der „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ (BMLFUW, 1999).**

## 8. Anhang

- 8.1 *Diplomarbeit* von SINGER, M. (2005): Erfassung des hygienischen Zustandes von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und Darstellung des daraus resultierenden Risikopotentials. Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur. Betreuung und Begutachtung: Univ. Doz. Dr. Erich M. PÖTSCH und O.Univ.Prof. DDr. Helmut FOISSY
  
- 8.2 *Bericht* zum 10. Alpenländisches Expertenforum „Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein, 18. und 19. 3.2004, 64 s