

# Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen

E.M. PÖTSCH, E. PFUNDTNER, R. RESCH und P. MUCH

## 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 Einkommenser-gänzung ermöglicht werden.

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 ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  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  $\text{CO}_2$ -Äquivalentes be-trägt, liegt der Anteil der Landwirtschaft allerdings bei ca. 55 %, wobei ein Großteil dieser  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus der Tierhaltung stammt.

Die Biogasproduktion verringert den Einsatz fossiler Brennstoffe und leistet damit einen Beitrag zur Reduktion des

klimawirksamen  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes (geschätzte potentielle Nettoverringerung von mehr als 5 Mio. t  $\text{CO}_2$ -Äquivalente/Jahr in Österreich) sowie zur Minderung von Methanemissionen während der Lagerung von Wirtschaftsdüngern. Aus der Biomasse des Wirtschaftsdüngers und der Energiepflanzen zusammen, könnten pro Jahr 4.900 GWh elektrische Energie und 6.700 GWh Wärmeenergie erzeugt werden (AMON, 2001). Das entspricht ca. 10 % der inländischen Stromerzeugung oder dem optimierten Wärmeenergiebedarf von ca. 450.000 Einfamilienhäusern. Dieses Potential wird von den derzeit bestehenden Anlagen nur zu rund 5 % ausgeschöpft. Es bestehen also nach wie vor große Chancen für die Landwirtschaft, sich diese neue Einkommensmöglichkeit zu erschließen.

## 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 Gasresp. Energieausbeute sondern auch eine quantitative und vor allem auch eine qualitative Veränderung des anfallenden Gärrückstandes. Im Hinblick auf den

**Autoren:** Univ.Do. Dr. Erich M. PÖTSCH, Ing. Reinhard Resch, BAL Gumpenstein, Abteilung Grünland, A-8952 IRDNING; Dr. Erwin PFUNDTNER, AGES, Bereich Landwirtschaft, Spargelfeldstraße 191, A-1226 WIEN, Dr. Peter MUCH, AGES, Veterinärmedizinische Untersuchungen, Robert Koch-Gasse 17, A-2340 MÖDLING

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 zum Thema „Biogasproduktion“ mit gärbiologischen 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

#### 3.1 Gärrückstände

Im Zuge einer österreichweiten Untersuchung wurden Ende 2002/Anfang 2003 in insgesamt 86 Biogasanlagen Beprobungen des Gärrückstandes vorgenommen. 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 Kühlager 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.

#### 3.1.1 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 erfolgten an der BAL Gumpenstein, wobei die Geruchsbonitierung nach der Methode (O'SULLIVAN, 1969 modifiziert nach BUCHGRABER, 1982) durchgeführt wurde, zur Ermittlung des Ablaufverhal-

tens wurden Kunststoffäfelchen 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 werden zudem im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur in Wien betreut (MUCH u.a., 2004; PÖTSCH et al., 2004).

#### 3.2 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 1). 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. Die Nutzung der Versuchsfläche erfolgte in drei Schnitten pro Jahr, wobei jeder einzelne Aufwuchs hinsichtlich der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und des Artgruppenverhältnisses bonitiert wurde. Neben der Bestimmung der Rohnährstoffe nach Weender sowie der wichtigsten Mengen-

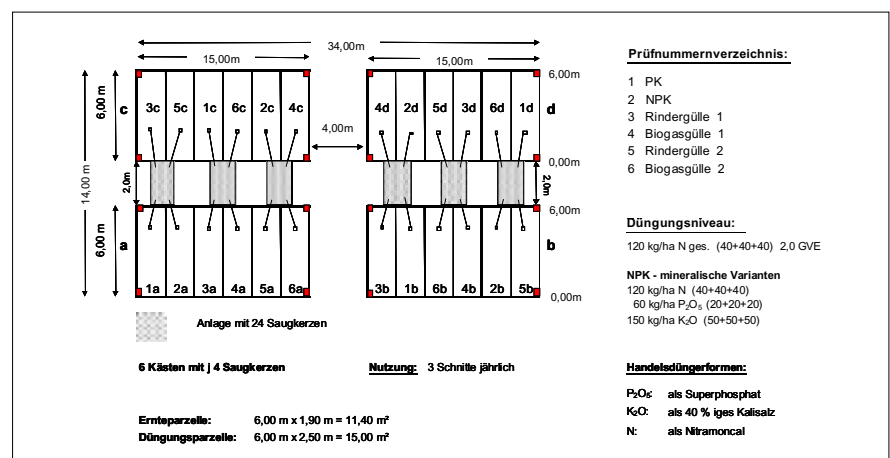


Abbildung 1: Design des Biogasgülleversuches Gumpenstein mit integrierter Saugkerzenanlage

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 Versuchsfäche zu erhalten. Die Saugkerzen sind laut beiliegendem Versuchsplan installiert, die Betreuung und Probenahme 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**

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

**Tabelle 1: Durchschnittlicher Mengen-, Spurenelement- und Schwermetallgehalt von Rindergülle und Schweinegülle (POETSCH et al., 2004; AICHBERGER, 1995)**

	n	% TM	ph-Wert	g.kg <sup>-1</sup> FM							
				N <sub>t</sub>	NH <sub>4</sub> -N	P	K	Ca	Mg		
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		

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.

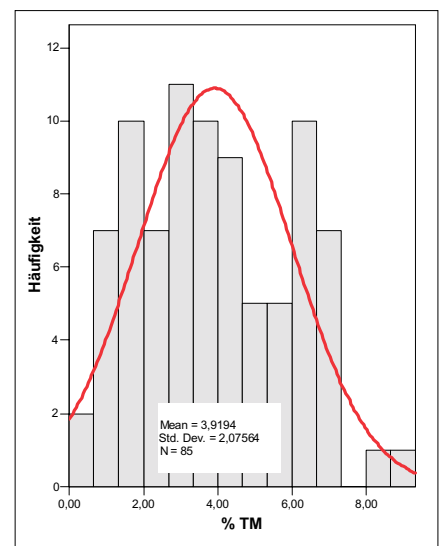
Die weiteren Kategorien (Geflügel, Schwein + Geflügel, Rinder + Schweine + Geflügel) wiesen eine nicht repräsentative Klassenbesetzung von maximal 3 auf und werden daher nicht gesondert angeführt. Durch die starke Präsenz von Betrieben mit Schwerpunkt Rinderhaltung werden die nachfolgenden Untersuchungsdaten dieser Kategorie mehrfach mit Daten verglichen, die aus insgesamt 1639 an der BAL Gumpenstein untersuchten Proben von unfermentierten Rindergüllen stammen (Tabelle 1).

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.

**4.1 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 %, die niedrigsten Werte zeigen die Gärrückstände aus dem Schweinebereich mit Ø 3,03 % TM (-26 % gegenüber unfermentierter



**Abbildung 2: Histogramm der TM-Werte aller im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände**

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). Die Gärrückstände aus den „gemischten“ Anlagen (Rind + Schwein) liegen hinsichtlich des TM-Gehaltes mit  $\bar{\varnothing}$  3,34 % zwischen den beiden Hauptkategorien. 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 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. Der Gesamtstickstoffgehalt der Gärrückstände liegt im Durchschnitt bei 3,2 g/kg FM, die Gärrückstände aus dem

Rinderbereich liegen bei  $\bar{\varnothing}$  2,63 g/kg FM, jene aus dem Schweinebereich bei  $\bar{\varnothing}$  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>i</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).

Verglichen mit unfermentierten Rindergüllen liegt der leichtlösliche NH<sub>4</sub>-N Anteil in den untersuchten fermentierten Rückständen aus der Rinderhaltung um  $\bar{\varnothing}$  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 %.

**Tabelle 2: Trockenmassegehalte der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände**

Kategorie	n	$\bar{\varnothing}$	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: N-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände**

Kategorie	n	$\bar{\varnothing}$	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: NH<sub>4</sub>-N Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände sowie dessen prozentueller Anteil am Gesamtstickstoff**

Kategorie	n	$\bar{\varnothing}$	Anteil an N <sub>i</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: pH-Werte der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände**

Kategorie	n	$\bar{\varnothing}$	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

### 4.3 pH-Wert

Im Zusammenhang mit der unter 4.2 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  $NH_4$  und  $NH_3$  verschiebt sich mit steigendem pH-Wert (ab ca. 7,0) in Richtung Ammoniak, der in Abhängigkeit weiterer Faktoren (TM- und  $NH_4$ -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. Der pH-Wert von unfermentierter Rindergülle liegt bei  $\bar{\varnothing}$  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  $NH_4$ -N Anteiles von einer Erhöhung des Abgasungsrisikos für  $NH_3$  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  $NH_3$ -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.

### 4.4 Weitere Hauptnährstoffe und Spurenelemente

Neben dem Stickstoff sind aus der Sicht der Düngung vor allem Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium von starker Bedeutung und im Rahmen der Düngerplanung entsprechend zu berücksichtigen. Die  $\bar{\varnothing}$  P-Gehaltswerte in den untersuchten Gärrückständen liegen für den Bereich Rinder ( $\bar{\varnothing}$  0,6 g/kg FM) knapp unter, für den Bereich Schweine ( $\bar{\varnothing}$  1,6 g/kg FM) jedoch deutlich unter den Werten von unfermentierten Güllen. Ähnlich wie beim Stickstoff müsste also auch beim Phosphor zur Ausbringung einer definierten, gleich bleibenden P-Fracht eine höhere Menge an Gärsubstrat ausgebracht werden. 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 Güllen. Hinsichtlich der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen sind vom Landwirt grundsätzlich alle einschlägigen gesetzlichen Rahmenbe-

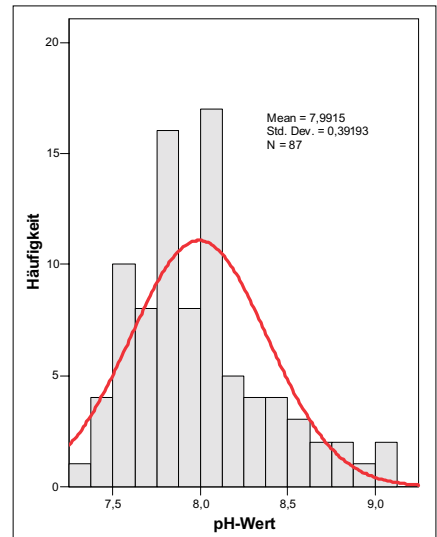


Abbildung 3: Histogramm der pH-Werte aller im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

dingungen 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

Tabelle 6: P-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Kategorie	n	$\bar{\varnothing}$	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: K-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Kategorie	n	$\bar{\varnothing}$	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: Ca-Gehalt (g/kg FM) der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände

Kategorie	n	$\bar{\varnothing}$	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



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). Aus den in *Tabelle 11* 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 Verhältnis zwischen N und P erweitert sich geringfügig in nachteiliger Weise, jenes zwischen N und K engt sich günstigerweise etwas ein. 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.

#### 4.5 Schwermetalle

Gärrückstände aus Biogasanlagen sollten die in der Düngemittelverordnung

(DMVO) 1994 angegebenen Schwermetallgrenzwerte für Düngemittel mit mehr als 20 % organischer Substanz i.d. TM nicht überschreiten (*Tabelle 13*). 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. 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 14 bis 16* durch Fettdruck hervorgehobenen Überschreitungen sämtliche unterschiedenen Teilgruppen (Rind, Schwein, Rind + Schwein). 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 bzw. 2004. 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. 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 bzw. 2004). 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. In Anlehnung an die unter 4.4 durchgeführte Berechnung von Nährstofffrachten bei unterschiedlichen Applikationsmengen, enthalten die *Tabellen 18 und 19* die jeweils damit ausgebrachten jährlichen Mengen an Schwermetallen (für die Quecksilberfracht wurde der in der Untersuchung gemessene Höchstwert unterstellt). Selbst bei sehr hohen jährlichen

**Tabelle 9: Mg-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: Na-Gehalt (mg/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: Nährstofffrachten bei der Ausbringung unterschiedlicher Mengen der im Projekt BAL 2941 untersuchten Gärrückstände aus dem Rindbereich**

	15 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	45 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>
N <sub>i</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 Schweinebereich**

	15 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	45 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>
N <sub>i</sub>	55,8	111,6	167,4	223,2
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

Applikationsmengen von 60 m<sup>3</sup> (die N-Obergrenze wird bei knapp 65 m<sup>3</sup> erreicht - siehe 4.4) besteht bei Unterstellung der durchschnittlichen Schwermetallgehaltswerte keine Gefahr einer Überschreitung der bestehenden Befruchtungsobergrenzen (ZETHNER u.a., 2002). 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. Bei den Gärrückständen aus dem Schweinebereich kommt es durch deutlich höhere Werte für Kupfer und Zink auch zu entsprechend hohen Befruchtungswerten, die allerdings ebenfalls unter den jeweiligen Befruchtungsobergrenzen liegen.

Die Limitierung der Applikationsmenge ergibt sich bei dieser Art von Gärrückständen durch die Stickstofffracht (siehe 4.4), zudem erfolgt die Ausbringung von Gärrückständen aus der Schweinehaltung vornehmlich auf Ackerflächen, auf denen eine doppelte Befruchtungsmenge zulässig ist. Für die Gärrückstände aus dem gemischten Rinder + Schweinebereich wurden keine Frachtenberechnungen durchgeführt, da sowohl Trockenmasse- als auch Nährstoffgehaltswerte großteils zwischen den beiden anderen Gruppen liegen.

#### 4.6 Ausbringungseigenschaften

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).

#### 4.6.1 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 4* 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

**Tabelle 13: Grenzwerte für Schwermetalle (mg/kg TM) in Gärrückständen gemäß DMVO 1994 bzw. 2004**

Schwermetall	Pb	Cd	Cr	Cu*	Ni	Hg	Zn*
Grenzwert 1994	150	1	100	-	60	1	-
Grenzwert ab 2004	100	3	100	-	100	1	-

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

**Tabelle 14: 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	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 Schweinebereich**

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 Bereich Rinder und Schweine**

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

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 4* 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.

#### 4.6.2 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 5* geht klar hervor, dass Gärrückstände in allen untersuchten Verdünnungsstufen eine deutliche Verbesserung hinsichtlich der Geruchsintensität aufweisen (PÖTSCH, 2001). 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.

#### 4.7 Ergebnisse aus dem Biogasgülleversuch Gumpenstein

Die nachfolgenden Ergebnisse aus dem unter 3. angeführten und beschriebenen Exaktfeldversuch mit integrierter Saugkerzenanlage umfassen den Zeitraum von 1999 bis 2003. Aufgrund noch ausstehender Analysendaten wird in dieser Arbeit nur auf die Ertragssituation und

**Tabelle 17: Befruchtungsobergrenzen für Schwermetalle auf Acker und Grünland gemäß DMVO 1994 bzw. 2004**

Schwermetall	Acker bisher	g/ha in 2 Jahren		Grünland aktuell
		Acker aktuell	Grünland bisher	
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	3.000

**Tabelle 18: Schwermetallbefruchtung (g/ha und Jahr) mit unterschiedlichen Ausbringungsmengen von Gärrückständen aus der Rinderhaltung**

	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: Schwermetallbefruchtung (g/ha und Jahr) mit unterschiedlichen Ausbringungsmengen von Gärrückständen aus der Schweinehaltung**

	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

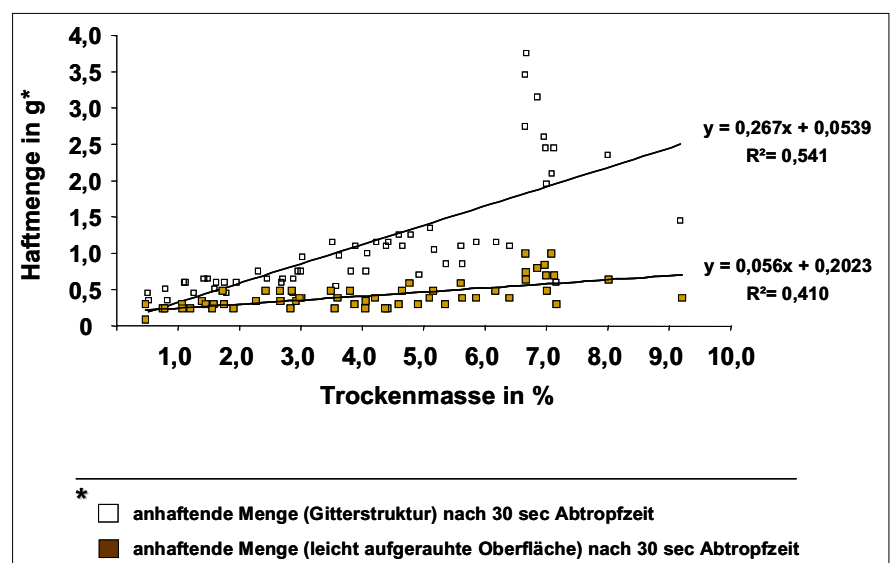
den Nitrataustrag über das Sickerwasser eingegangen.

#### 4.7.1 Trockenmasseertrag

Neben mineralisch gedüngten Varianten (PK bzw. NPK) wurden in diesem Feldversuch auch Rindergüllen sowie die aus denselben Betrieben stammenden Biogasgülle eingesetzt. Um einen direkten Vergleich dieser Versuchsvarianten zu ermöglichen, wurde auf Stickstoffgleichheit gedüngt und einheitlich 120 kg Gesamtstickstoff/ha und Jahr ausgebracht.

*Abbildung 6* zeigt die Ertragssituation für den Zeitraum von 1999 bis 2003 auf einer Dauerwiese (Dreischrittnutzung). 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



**Abbildung 4: Ablaufverhalten der untersuchten Gärrückstände in Abhängigkeit des Trockenmassegehaltes**



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 ( $p > 0,05$ ).

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 dem unter 4.2 und 4.3 diskutierten Aspekten bei den Biogasgüllele durchaus zu höheren  $\text{NH}_3$ -Verlusten geführt haben und damit eine noch bessere Ertragsleistung verhindert hat.

Die Daten zur Futterqualität (Verdaulichkeit, Energiegehalt sowie Roh Nährstoffe und Mineralstoffe), zur botanischen Zusammensetzung der gedüngten Pflanzenbestände sowie zum Einfluss der unterschiedlichen Düngung auf Bodenkennwerte stehen erst für den Abschlussbericht des Forschungsprojektes zur Verfügung.

#### 4.7.2 Nitrataustrag über das Sickerwasser

Hinsichtlich des laut Trinkwassernitratverordnung (1989) bestehenden Grenzwertes von  $50 \text{ mg NO}_3/\text{l}$  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 Lo-

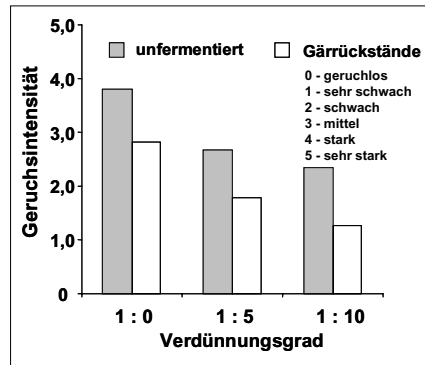


Abbildung 5: Geruchsintensität der untersuchten Gärrückstände im Vergleich zu unfermentierten Güllen

ckersediment-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 7 sowie Tabelle 20). Der weitaus größte Teil der Messwerte liegt im Bereich von 0 bis  $5 \text{ mg NO}_3/\text{l}$  Wasser, nur 3 Einzelwerte lagen über dem Grenzwert von  $50 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ . Die Nitrat-

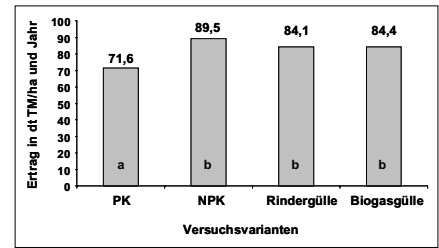


Abbildung 6: Bruttoerträge im Biogasgülleversuch Gumpenstein ( $\varnothing$  von 1999 - 2003)

gehalte 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.

#### 4.8 Hygienisierung von Unkrautsamen

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).

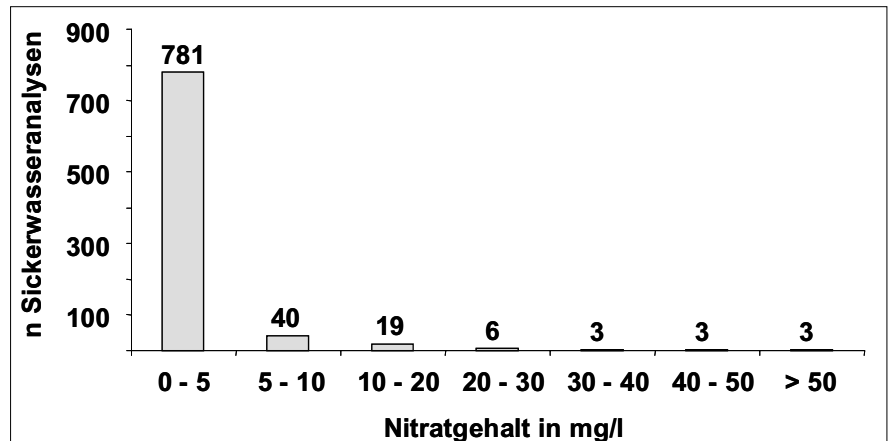


Abbildung 7: Verteilung der Nitratgehalte im Sickerwasser des Biogasgülleversuches Gumpenstein (1999 - 2003)

Tabelle 20: Statistische Kennwerte zu den Nitratgehalten im Sickerwasser der Düngungsvarianten des Biogasgülleversuches Gumpenstein

Düngervariante	N-Düngung kg/ha*a	$\varnothing$	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

In einer mehrwöchigen Versuchsreihe wurden Samen des Stumpfblättrigen 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.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in den *Abbildungen 8* und *9* 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 Stumpfblättrigen 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.

## 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 ei-

nen 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 Düngungs niveau von 120 kg N/ha und Jahr kein erhöhtes Risiko einer Nitratauswaschung.

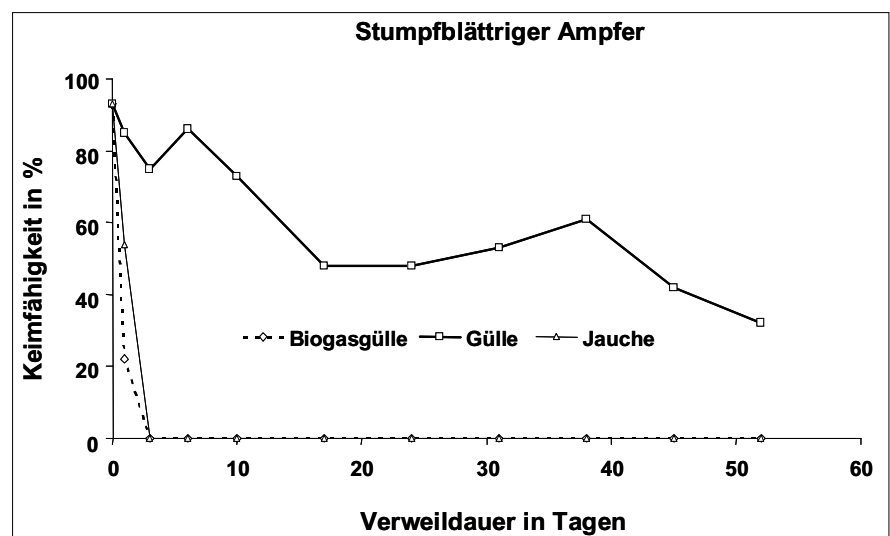


Abbildung 8: Entwicklung der Keimfähigkeit von Samen des Stumpfblättrigen Ampfers in unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern (SONNLEITNER und SONNLEITNER, 2004)

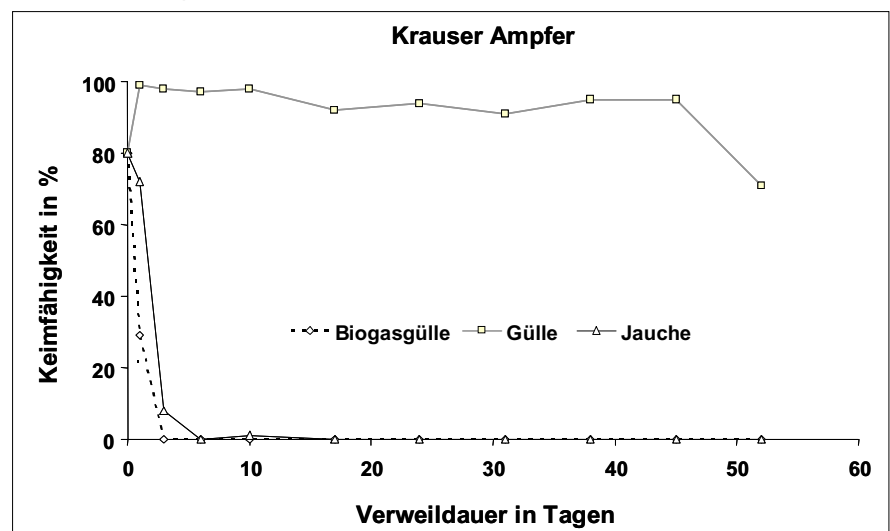


Abbildung 9: Entwicklung der Keimfähigkeit von Samen des Krausen Ampfers in unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern (SONNLEITNER und SONNLEITNER, 2004)

## 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., J. BOXBERGER, F. BLOCHBERGER 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 Biomassennutzung 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 und P. MUCH, 2004: Nutrient content and hygienic properties of fermentation residues from agricultural biogas plants. 19th EGF-Meeting in Luzern, CH (in Druck)
- PRICE, E.C. and P.N. CHEREMISINOFF, 1981: Biogas-Production and 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 Biomassennutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft“, BAL Gumpenstein
- RÜCKERT, V., 1991: Mikrobiologische Untersuchungen zur aeroben und anaeroben Flüssigmistbehandlung
- SCHELLE, H. und B. LINKE, 1995: Biogas aus Reststoffen - Kompostierung und Biomethanisierung halbfeuchter organischer Reststoffe der Landwirtschaft. Landtechnik, 50.Jhg. 6/95
- SONNLEITNER, L. und P. SONNLEITNER, 2004: „Beeinflussung der Keimfähigkeit von Samen unterschiedlicher Ampferarten im innerbetrieblichen landwirtschaftlichen Kreislauf“. Diplommaturaarbeit an der HBLA Raumberg, in Druck
- ZETHNER, G., E. PFUNDTNER und J. HUMER, 2002: Qualität von Abfällen aus Biogasanlagen. Monographien des Umweltbundesamtes, Wien, Band 160, 50 S.