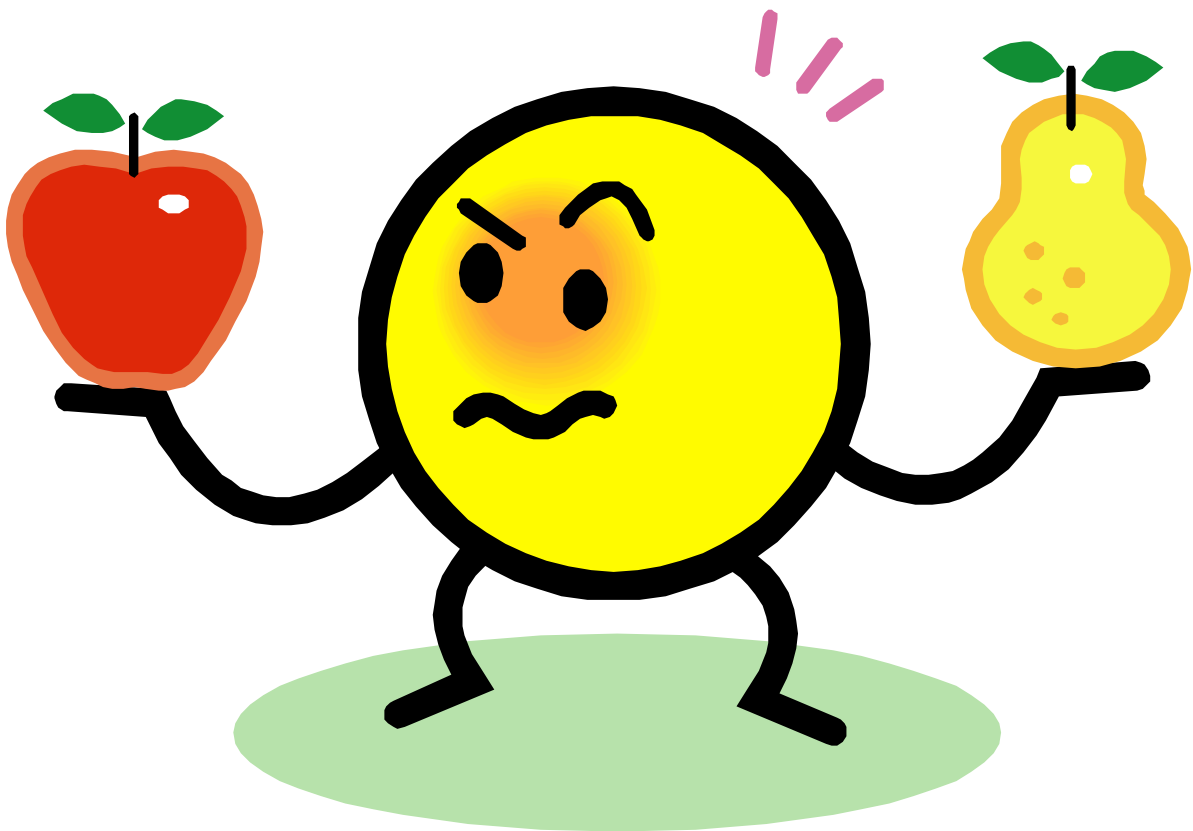


## Reduktion von Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft

### Güllezusätze

---



Kempton, den 26. August 2009

## **1. Güllezusätze, welche die Ammoniakfreisetzung hemmen (Gruppe A)**

### **1.1.Säurezugabe**

Das Gleichgewicht zwischen Ammonium-N in einer Lösung und flüchtigem Ammoniak hängt u.a. vom pH-Wert (Säuregehalt) ab. Ein hoher pH-Wert begünstigt Ammoniakverluste, während ein niedriger pH-Wert das Vorliegen von Ammonium-N begünstigt. In Labor- und Feldversuchen konnte nachgewiesen werden, dass pH-senkende Güllezusätze die Ammoniakverluste deutlich verringern können (Vandré 1997, zit. In Hersener et al. (2002). Eine Absenkung des pH-Werts von Gülle auf einen stabilen Wert von 6 ist in der Regel ausreichend, um die Ammoniakemissionen um mindestens 50% zu reduzieren. Bei der Säurezugabe ist die Pufferkapazität der Gülle zu berücksichtigen. Diese hängt auch ab von der CO<sub>2</sub> Produktion und der Löslichkeit.

Die direkte Säurezugabe zur Absenkung des pH-Wertes von Gülle ist zwar wirksam in Bezug auf Ammoniakemissionen, erfordert aber große Mengen von anorganischen oder organischen Säuren. Neben hohen Kosten sind damit auch Risiken im Umgang mit aggressiven Chemikalien verbunden. Zudem können auch andere Emissionen (z.B. Lachgas, Schwefelwasserstoff) hervorgerufen werden. Bislang gibt es aus Versuchen unter Praxisbedingungen laut UNECE nur wenige positive Ergebnisse für diese Methode, sie wird daher als ungeeignet angesehen.

### **1.2.Zugabe von Urease-Inhibitoren**

Der von Tieren ausgeschiedene Harnstoff wird umgehend durch das Enzym Urease abgebaut, wodurch sich Ammoniak, respektive Ammonium bildet. Laufflächen mit Urease-Inhibitoren zu spülen versprechen daher ein hohes Ammoniakreduktionspotential (Zähner et al. 2005), weil sie die Ammoniakbildung bereits am Ort der Entstehung verhindern.

Neuere Untersuchungen von Leinker (2007) belegen ein Minderungspotential der Ammoniakemissionen bei Milchviehhaltung auf befestigten Stallböden von 40 % bis 50 %. Das Ammoniakminderungspotential im Schweinestall wird auf 30 % bis 40 % geschätzt. Auch er unterstreicht die Notwendigkeit einer wiederholten Applikationsweise. Die Kosten belaufen bei 40 % Ammoniakminderung auf etwa sechs Euro bis etwa 32 Euro je kg gemindertem Ammoniak, abhängig von Entmistungstechnik, Applikationstechnik und dem Preis des Urease-Inhibitors. Forschungsbedarf besteht bei der technischen Umsetzung in bestehende Ställe, der Untersuchung der Auswirkungen auf die Verfahrenskette sowie weiterführenden Untersuchungen zur Realisierung des Inhibitoreinsatzes im Bereich der Schweinehaltung.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Applikation von Urease-Inhibitoren auf befestigten Stallböden in Rinderlaufställen grundsätzlich eine wirkungsvolle Maßnahme zur Minderung von Ammoniakemissionen darstellt. Hohe Mittel- und Applikationskosten, verursacht durch häufig zu wiederholende Anwendungen verhindern jedoch bislang den Eingang in die Praxis. Neuere Ansätze befinden sich noch im Stadium der Forschung und Entwicklung.

## **2. Güllezusätze, welche die mikrobielle Umsetzungen der Gülle fördern oder steuern (Gruppe B)**

### **2.1.Zugabe organischer Stoffe**

Durch Zugabe von organischen Stoffen (zuckerhaltige Melasse, Bioabfälle) kann die Veratmung von Kohlenstoff und damit die CO<sub>2</sub>-Produktion ansteigen. In wässriger Lösung entsteht Kohlensäure und

durch die damit verbundene pH Absenkung können Ammoniakemissionen um bis 45% verringert werden (KTBL 1995, Zähler et al. 1995).

Problematisch bei der Zugabe organischer Zuschlagstoffe ist aber neben einer gesteigerten Geruchsentwicklung (Schwefelwasserstoff, org. Säuren) vor allem der Anstieg der Emissionen von anderen Treibhausgasen, insbesondere von Methan, weshalb dieses Verfahren außerhalb von Biogasanlagen nicht empfohlen werden kann.

Andere organische Zuschlagstoffe (Torf, Braunkohlenstaub) wirken vorrangig über Sorptionsmechanismen an den Oberflächen. Torf kann 2,5% des Eigengewichts als  $\text{NH}_3\text{-N}$  binden (Peltola 1986 zit. in Mc Crory und Hobbs 2001) und dient auch der Bodenverbesserung. Braunkohlestaub kann in Gülle eingeblasen werden und führte bei Feldversuchen von Pflug und Straub (2007) zu sehr guten Ergebnissen (Emissionsreduktion bis zu 99%). Doch ist der Einsatz dieser Stoffe mit spezifischen Nachteilen verbunden. Neben der Frage der Verfügbarkeit und Umweltaspekte bei Produktion und Transport, ergibt sich bei Torf das Problem, eine mind. 20 cm dicke Schwimmdecke herzustellen, zu erhalten und auch letztlich wieder auszubringen. Das Einblasen von Braunkohlestaub in Güllebehälter erfordert Vorkehrungen gegen die bestehende Explosionsgefahr. Ist bisher als nicht praxistauglich einzustufen.

## 2.2. Gesteinsmehle, Tonminerale, Algenkalk, Zeolith

Gesteinsmehl (oder sog. Urgesteinsmehl) ist ein Oberbegriff für zerkleinertes Gestein ganz unterschiedlicher Art. Als Handelsware sind Gesteinsmehle aus Kalkstein, Tuff, Basalt, Diabas, Granit und ähnlichen Gesteinen geläufig. Im weiteren Sinne gehören auch sog. „natürliche Zeolithe“ dazu. Dies sind Aluminiumsilikate mit unterschiedlich hohem Anteil an dem Mineral Klinoptilolith.

Eine mögliche positive Wirkung der Gesteinsmehle wird vor allem durch die Mineralzusammensetzung, die Ionenaustauschkapazität, das Sorptionsvermögen sowie den Zermahlungsgrad bestimmt. Die Minerale Naturzeolith (Klinoptilolith) und Montmorillonit (Mineraliengruppe Zeolithe und Bentonite) sind in Böden vorkommende Minerale. Sie verfügen über ein hohe Mikroporosität und eine deutlich höhere aktive Oberfläche als andere Gesteinsmehle oder Kalkprodukte, deren Kationenaustauschkapazität bei weitem nicht ausreicht, um eine Bodenverbesserung zu bewirken (Blum et al. 1989).

Gesteinsmehle, Tonminerale, Algenkalk können auch aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften einen Beitrag zur Verringerung der Ammoniakemissionen leisten oder und andere positive Eigenschaften haben. In wissenschaftlichen Untersuchungen werden Emissionsreduktionen aber nur selten nachgewiesen oder sind nicht reproduzierbar. In der deutschen Düngemittelverordnung werden diese Produkte als „Bodenhilfsstoffe“ eingestuft. Der Nachweis einer Wirksamkeit ist damit nicht erforderlich; sie müssen nur gekennzeichnet sein.

Dennoch bescheinigen Landwirte den von ihnen verwendeten Güllezusätzen oftmals eine positive Wirkung mit Blick auf Pflanzenverträglichkeit, Fliessfähigkeit oder Geruchsverminderung (Gerber 2003). Die Emissionsminderung steht hierbei nicht unbedingt im Vordergrund (und konnte von den befragten Landwirten auch nicht direkt beobachtet werden). Die positiven Erfahrungen stehen vermutlich auch in Zusammenhang mit den hohen Kosten (0,2 - 2,0 €/m<sup>3</sup>, 200 - 2000 €/Jahr), welche durch den Einsatz dieser Güllezusätze entstehen. Dies kann zu einem überlegten Umgang mit dem Mehrnährstoffdünger Gülle und mit dem darin enthaltenen Stickstoff führen und, als Folge des „erzieherischen Effekts“, geringere Ammoniakemissionen bewirken (Kunz und Federer 1999, Gerber 2003). Wissenschaftlich sind signifikante Emissionsreduktionen, die in einem vertretbaren Verhältnis zu den Kosten stehen, bisher nicht publiziert. Nach Erkenntnissen des Landwirtschaftlichen Zentrums für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW) in Aulendorf ist der Einsatz von Zusatzmitteln ist der in der Regel nicht wirtschaftlich.

Relativ unbestritten hingegen ist der Beitrag einiger Güllezusätze zur Homogenisierung der Gülle (Kunz 1996). Auch Döhler, KTBL (mdl. Mitteilung) bescheinigt, dass gewisse Güllezusätze wie Ge-

steinsmehle oder biologisch wirkende Zusätze die Fließfähigkeit/Homogenisierung der Gülle verbessern, die Schwimmdeckenbildung reduzieren, den pH-Wert stabilisieren und einen Beitrag zur Minderung der Geruchsemissionen (nicht nur verursacht durch  $\text{NH}_3$ ) leisten können.

Eine erste größere Literatursammlung wurde von Dewes (1987) in seiner Dissertation erarbeitet. Dewes führte Laboruntersuchungen mit Agrigest und Agriben hauptsächlich zu Fragen der Fermentation durch und kam zu dem Ergebnis, dass die Wirkung der Präparate nicht eindeutig beurteilt werden konnte. Der Grund für den nur geringen Sorptionseffekt beim Bentonit liegt vermutlich in der unspezifischen Sorption für Ammonium, d. h. dass andere Kationen aus der Gülle sorbiert werden (Huber 1994).

Über die Nitrifikation von Gülle führten Gautschi und Jäggi (1978) Untersuchungen durch. Sie erkannten, dass mit Bentonit (Agriben) die Nitrifikation verbessert werden kann, doch bedurfte es hoher Mengen an diesem Präparat (1% der Güllemenge), um einen Effekt zu erzeugen. Hersener et al. (2002) führen dies darauf zurück, dass das Tonmineral Bentonit unspezifische Sorptionseigenschaften aufweist und außer Ammonium auch andere Kationen sorbiert.

Am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Milchviehhaltung und Grünland Spitalhof liefen von 1982-1985 umfangreiche Versuche mit 8 verschiedenen Präparaten. Darüber berichteten Blendl und Schröpel (1985) im Bayerisch-österreichischen Gülle Kolloquium 1985. Im Rahmen dieses Projektes wurden Veränderungen der Gülleinhaltsstoffe gemessen, Schadgase festgestellt, Erträge und Pflanzenbestand geprüft, sowie Untersuchungen zur Fresslust durchgeführt. In einigen Aufbereitungen konnten durchaus Wirkungen der Zusatzstoffe beobachtet werden, doch waren die Ergebnisse nicht reproduzierbar. Bei den Gasmessungen stellte Blendl (1985) fest, dass einige Präparate eine Wirkung auf das eine oder andere Schadgas zeigten, allerdings in beide Richtungen. Im gleichen Kolloquium berichteten Furlan et al. (1985) über zwei Versuche mit Güllezusatzstoffen, die keine gesicherten Wirkungen hinsichtlich Pflanzenbestand und Ertrag hatten.

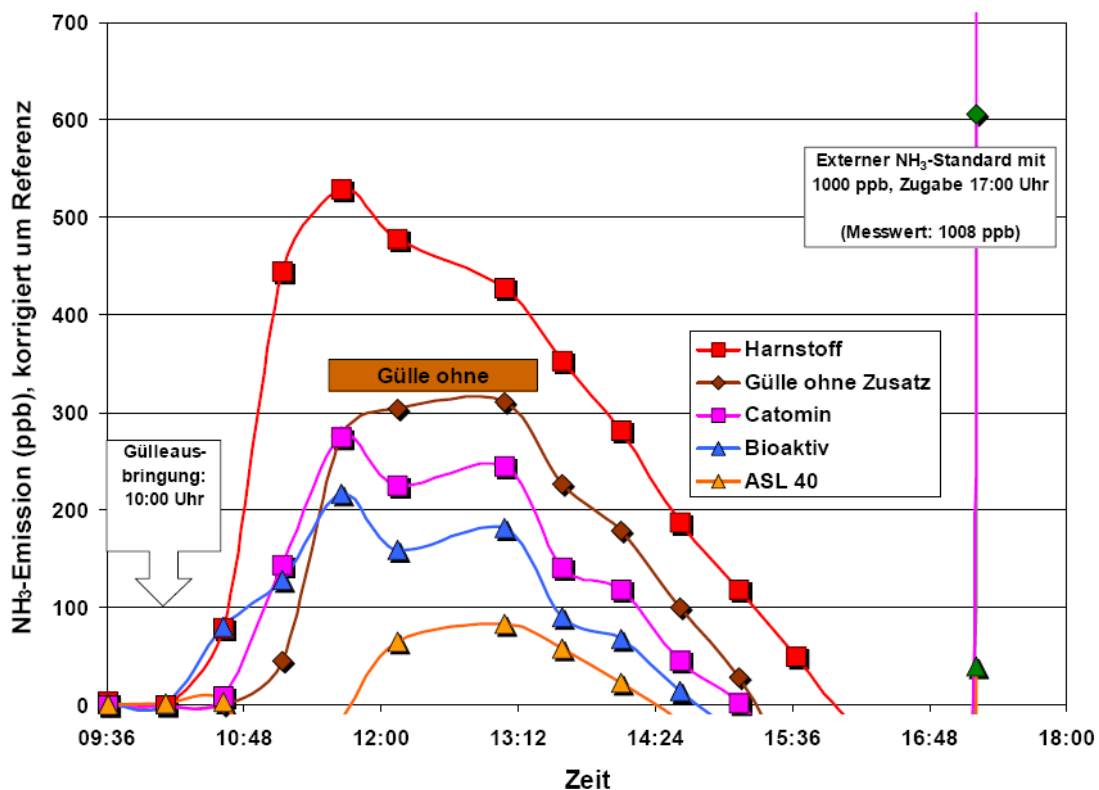


Abbildung 1:  $\text{NH}_3$ -Emission aus Gülle mit verschiedenen Güllezusätzen (Schröpel und Henkelmann 2006).

Neuere Untersuchungen am Spitalhof bescheinigen einigen Zusätzen allerdings durchaus auch einen positiven Effekt (Schröpel und Henkelmann 2006). Hierbei kann es, je nach Art des Zuschlagstoffes durchaus zu einer Verminderung der Ammoniakemission und damit zu einer Reduzierung von ökologischen Belastungen führen (Abbildung 1). Die Autoren räumen jedoch ein, dass eine Verminderung der Ammoniakemissionen vor allem auch durch eine verbesserte Ausbringtechnik und einfache Maßnahmen bei der praxisgerechten Ausbringung möglich ist. Bereits die Verdünnung mit Wasser, so die Autoren, kann ähnliche Emissionsminderungen hervorrufen.

Auch an der Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf wurden über viele Jahre Versuche mit Güllezusatzstoffen durchgeführt (Arbeiten von Elsässer, Briemle und Kunz). Über Feldversuche zur Prüfung von Güllezusatzstoffen berichtete zunächst Kunz (1985). In der Prüfung waren Bentonit, Agrigest, Agriben und Vesuvit. Nach 3-jähriger Versuchsdauer kam er zu der Erkenntnis, dass im Vergleich zur normalen Gülle die Erträge durch die Zusatzstoffe in der Tendenz anstiegen, die Fließfähigkeit und Pflanzenverträglichkeit verbessert wurden, aber all diese Effekte waren statistisch nicht zu sichern. In ähnlicher Weise resümieren Elsässer et al. (2008): Auch nach 22 Versuchsjahren zeigten Gesteinsmehle im Feldversuch eines biologisch-dynamischen Betriebs keine positiven Effekte auf den Grünlandertrag im Vergleich zur unbehandelten Gülle.

Schechtner (1993) verglich unbehandelte Gülle mit solcher unter Zusatz von Biolit und Agriben und fand, dass die geprüften Zusätze keine Verringerung der Stickstoffverluste während der Lagerung bewirken.

Unter den Titeln „Ein besseres Stallklima“ und „Schonung für die Wurzeln“ berichtete Mokry (2005) über umfangreiche Untersuchungen über das Präparat Glenor KR mit überraschend positiven Wirkungen. Die Untersuchungen zu dem vom Autor festgestellten Mehrertrag bei der Milchproduktion und Verbesserung der Stallluft können nicht abschließend bewertet werden. Die pflanzenbaulichen Versuche hierzu fanden ohne Wiederholungen als Demonstrationsversuche statt, so dass diese Erkenntnisse nicht gesichert sind. Nach Aussagen von Elsässer (Aulendorf) wird im Unterschied zur LUFÄ Augustenberg auch Glenor KR eher skeptisch beurteilt, weil sich hinsichtlich des Pflanzenbestandes kaum Änderungen ergaben. Trotz langjähriger Versuche gibt es kaum höherrangige Publikationen.

Auch nach Aussage des KTBL (Döhler, mdl. Mitteilung) liegen über Gesteinsmehle und andere Güllezusätze zu wenig verlässliche Informationen vor. Fakt ist, dass seit mehr als 30 Jahren Zusätze immer wieder unter anderem Namen auftauchen, häufig die Wirkung aber nicht erwiesen ist. Es hat sich auch keiner der Zusätze entscheidend in der Praxis durchgesetzt. Mit einer nennenswerter Bindung von Ammonium ist nicht zu rechnen. Ein mit vertretbarem Aufwand wirksames Präparat ist bisher nicht bekannt.

### **2.3. Bakterienpräparate**

Ähnliches gilt für Präparate mit so genannten „effektiven Mikroorganismen“ (EM). Bakterienkulturen, deren Zusammensetzung von den Herstellern geheim gehalten wird, werden in zuckerhaltiger Melasse aus einer Stammkultur heraus beim Landwirt selbst vermehrt und als Futterzusatz oder direkt in die Güllegrube eingebracht. Weil die Zusammensetzung nicht genau bekannt ist, entzieht sich ihre Wirkungsweise wissenschaftlichen Erklärungsversuchen. Eine Vielzahl von Umweltparametern (z.B. Medikamenteneinsatz mit Antibiotika) entscheidet über die Vitalität der eingesetzten Kulturen, die sich gegenüber der vorhandenen Gülleflora durchsetzen muss. Daher ist die Wirkungssicherheit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse oftmals unbefriedigend (McCroory und Hobbs 2001).

Gemäß Amon et al. (2004) zeigte der Zusatz Effektiver Mikroorganismen (EM) am Beginn der Lagerung von Milchviehflüssigmist (TS-Gehalt 9.39 %) durchwegs positive Wirkungen. Methanemissionen

wurden durch den Zusatz nur geringfügig beeinflusst. Ammoniak- und Lachgasemissionen sowie das Geruchsemissionspotenzial sanken signifikant ab. Die Summe an klimarelevanten Emissionen war nach Zugabe von EM geringer als bei unbehandeltem Flüssigmist. Bei dünnflüssiger Schweinegülle aber sind negative Effekte auf die Emission von  $\text{NH}_3$  und anderen Klimagasen zu messen gewesen. Neuere Versuche des Autorenteam erbrachten zwar eine Reduktion der Ammoniakemissionen auch bei Schweinegülle (höhere TS Gehalte). Allerdings erhöhte sich dann die Summe an klimarelevanten Emissionen insgesamt um 24% (Amon et al. 2005a).

### **3. Beeinflussung mikrobieller Umsetzungen durch „feinstoffliche Informationen“ (Gruppe C)**

Neben Güllezusätzen mit biologischer Wirkung werden auch informativ wirkende Verfahren im Handel angeboten, welche die biologischen Prozesse unterstützen sollen. Hierbei wird entweder „gebündelte kosmische Energie“ auf einen Trägerstoff übertragen. So soll die Information „Sauerstoff“ oder „Gesunder Boden“ auf Quarzmehl, Kreidemehl Calciumcarbonat oder andere nicht synthetischen Trägerstoff übertragen werden. Was genau bei der Energieakkumulation geschieht, bleibt ein Geheimnis der Hersteller (Grünig 2004). Gleiches gilt bei der Dynamisierung und Potenzierung von Mikro- und Makronährstoffen und sonstigen Wirkstoffen (ähnlich der Homöopathie, Trägerstoff ist hier in der Regel Wasser).

Bezüglich der Fließfähigkeit von solcherart behandelten Güllen fand Schröpel (1998), dass die Unterschiede in der Fließfähigkeit zum größten Teil durch den Trockenmasse-Gehalt bedingt waren und Zusatzstoffe keine Veränderungen brachten. In diesen Untersuchungen erbrachte ein untersuchter Kalkschlamm oder ein „aufgewertetes“ Kreidepulver keinen gesicherten Einfluss auf Ertrag oder Pflanzenbestand im Grünland. In einer weiteren Untersuchung verglich Schröpel (2007) eine mit Kreidemehl, bzw. „Penac“ versetzte Gülle mit Kontrollvarianten ohne Zusätze. Er konnte keinen Effekt der Präparate hinsichtlich Schwimmdeckenbildung, Ertrag oder Pflanzenbestand feststellen <sup>1</sup>.

Über das Präparat Penac führten auch Buchgraber und Resch (1993) Untersuchungen durch. Sie kamen zu dem Schluss, dass das Präparat keinen aeroben Prozess einleiten konnte, die Fließfähigkeit nur unwesentlich verändert wurde und eine Geruchsverminderung nicht gelang.

Andere Felduntersuchungen, bei denen das Lagergut mit elektromagnetischen Feldern (Radionik) behandelt wurde, haben eine statistisch nicht abgesicherte Erhöhung des gebundenen Stickstoffs gezeigt [Zürcher 2006]. Auch hier ist die Wirkungsweise, sofern es sich um reproduzierbare Ergebnisse handelt, nach Ansicht des Autors noch unzureichend erforscht.

---

<sup>1</sup> Vermutlich war die Gülle der Kontrollvariante dünn (ca. 4-5% TS sind am Spitalhof üblich) und damit bereits im „Idealzustand“.