

Verwertungsmöglichkeiten von Schweinegülle - Internationaler Stand und regionale Anwendbarkeit

Philipp Zenger^{1*}

Zusammenfassung

Die am häufigsten praktizierte Verwertung der anfallenden Gülle stellt seit jeher die Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen zu Düngezwecken dar. Stehen in der nahen Umgebung genügend Flächen zur Verfügung, ist diese Form der Güllewirtschaft bei Einhaltung der Düngerrichtlinien eine der sinnvollsten Möglichkeiten. Doch kommt es im Laufe der Verwertungskette oft zu unerwünschten Nährstoffverlusten durch Verflüchtigung oder Auswaschung. Um den Nährstoffgehalt der anfallenden Gülle so optimal wie möglich zu nutzen, können geeignete Ausbringtonechniken sowie Güllezusatzmittel einen Beitrag leisten, um Emissionen gering zu halten und die Nährstoffausnutzung zu verbessern. Fallen Güllemengen in einem Maß oder Zeitraum an, so dass eine umweltgerechte oder zeitnahe Ausbringung nicht mehr möglich ist, können weitere großtechnische Verwertungsverfahren zum Einsatz kommen. So können beispielsweise verschiedene membran-trennende oder thermochemische Verfahren dazu genutzt werden, um Nährstoffe aus der Gülle rückzugewinnen und Transport- und Lagerkosten zu sparen.

Schlagwörter: Güllewirtschaft, Nährstoffausnutzung, Grundwasserschutz, Güllezusatzmittel, Aufbereitungsverfahren

Summary

The most common application of manure has always been the application on agricultural land for fertilisation purposes. If there are enough areas available in the surroundings, this type of manure management is one of the most practical options if the fertiliser guidelines are observed. During the recycling chain, however, unwanted nutrient losses are often caused by volatilization or leaching. In order to make optimum use of the nutrient content of the manure produced, appropriate spreading techniques and slurry additives can help to keep emissions low and improve nutrient utilisation. However, if slurry is produced to a certain extent or for a certain period of time, so that it is no longer possible to apply slurry in an environmentally friendly or timely manner, further commercial utilisation options can be used. For example, different membrane-separating or thermochemical processes can be applied to recover the nutrients from the manure and save transport and storage costs.

Keywords: Manure management, nutrient utilisation, groundwater protection, slurry additives, processing technologies

Einführung

Ein erfolgreiches Gülle-Management zeichnet sich durch nachhaltige, kostensparende und ressourcenschonende Maßnahmen und Lösungen aus und bezieht möglichst alle Teilbereiche mit ein. Vor allem viehbesatzstarke Regionen und Länder wie Niedersachsen, die Bretagne, die Niederlande und Belgien sind aufgrund der hohen Gülleüberschüsse darauf angewiesen, neben der landwirtschaftlichen Verbringung weitere Maßnahmen zu ergreifen, um Gülle sinnvoll zu verwerten und gleichzeitig Emissionen in Form von Ammoniak, Nitrat und Methan in Luft und Gewässer so gering wie möglich zu halten (Kowalewsky 2017). Der Grund für die Gülleüberschüsse in diesen Regionen ist oft eine regional konzentrierte und intensiv geführte Viehhaltung, welche maßgeblich durch die fortschreitende Spezialisierung in der Landwirtschaft hervorgerufen wird (Cieljewski 2017). Auch im südsteirischen Becken hat die intensiv betriebene Schweinemast sowie die intensive landwirtschaftliche Nutzung dazu beigetragen, dass die Wasserqualität mehrerer Grundwasserkörper durch teils hohe Nitratreinträge gefährdet ist und regional Ungleichheiten im Gülleanfall

vorliegen (Fank 2012). Zwar hat die Ausweisung von Schongebieten und die damit verbundene Einschränkung der Düngelimiten und -zeitpunkte dazu geführt, dass sich die Nitratwerte seit 2008 wieder im Rückgang befinden, allerdings sind viele Landwirte nun mit einer Knappheit an Lagerraum oder verfügbaren Ausbringungsflächen konfrontiert (Bernsteiner und Beichler 2016).

Gliederung der Verwertungsmöglichkeiten

Grundsätzlich lässt sich das Gülle-Management in 3 Grundelementen darstellen (*Abbildung 1*).

Das grundlegende Ziel eines nachhaltigen Gülle-Managementes ist die Erhaltung und optimale Nutzung der Nährstoffe. So gewährleistet eine optimale Nährstoffausnutzung hohe Erträge und verhindert gleichzeitig Emissionen in Luft und Gewässer. Hier kann vor allem der Einsatz verbesserter Ausbringtonechniken sowie geeigneter Güllezusatzmittel einen entscheidenden Beitrag leisten. Sind Betriebe jedoch mit Nährstoffüberschüssen konfrontiert, steht meist die Abtrennung von Nähr- sowie Feststoffen im Vordergrund, um Transport- und Lagerkosten zu senken und marktfähige Pro-

¹ Johann-Strauß-Gasse 3, Tür 16, A-8010 GRAZ

* Ansprechpartner: Philipp Zenger, philipp.zenger@posteo.de





Abbildung 1: Die drei Säulen des Güllemanagements.

dukte zu gewinnen. Hier stehen von der einfachen Feststoffabtrennung, über die Trocknung bis hin zur vollständigen Nährstoffentfernung zahlreiche Verfahren zur Verfügung, um die Gülle den Anforderungen entsprechend aufzubereiten. Zuletzt können je nach Absatzmarkt und vorhandener Infrastruktur auch alternative Nutzungsformen, wie beispielsweise die Gewinnung von Biogas, Biokohle oder Bioöl interessant werden. Vor allem von der EU finanzierte Forschungsprojekte wie BioEcoSIM oder ManureEcoMine zielen darauf ab, möglichst alle Inhaltsstoffe in vermarktbare Produkte zu überführen.

Die einzelnen Verwertungsmöglichkeiten lassen sich dabei in folgende Gruppen unterteilen:

- Grundlegende Maßnahmen zur Minderung von Stickstoffverlusten
- Zusatzmittel in der Güllebehandlung
- Verfahren zur Feststoffseparation
- Verfahren zur Behandlung der Flüssigphase
- Verfahren zur Behandlung der Festphase
- Alternative Nutzungsmöglichkeiten.

Grundlegende Maßnahmen zur Minderung von Stickstoffverlusten

Empfehlungen für die Ausbringung

Unabhängig von der Menge des Gülleanfalls auf dem jeweiligen Betrieb sollte zur besseren Ausnutzung der Nährstoffe der Einsatz spezieller Ausbringtonach- und nach forciert werden. Da mit ca. 50 – 67 % der Großteil der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft auf die Ausbringung von Wirtschaftsdünger fällt, sind Maßnahmen zur

Emissionsminderung während und nach der Ausbringung besonders sinnvoll (Amon et al. 2007, Pöllinger 2017). Die verschärften Düngeauflagen in den Schongebieten und die damit einhergehende Abstufung der Düngerobergrenzen machen es zudem erforderlich, trotz allem eine möglichst hohe Düngeneffizienz zu erreichen (Holzner 2017). So weisen beispielsweise bodennahe Applikationen wie der Schleppschlauchverteiler im Vergleich zum Breitverteiler im Mittel eine Stickstoffemissionsminderung von 20 – 30 % auf (Pöllinger 2006). Die direkte Ablage der Gülle in die Bodenzone durch spezielle Einschlitstechniken wie dem Schleppschuh oder dem Gülleschlitzverfahren verringern die Stickstoffemissionen nochmals zusätzlich. Dabei lassen sich z. B. der Schleppschlauch- sowie der Schleppschuhverteiler meist an betriebseigenen Güllefässern nachrüsten. Die Kosten dafür betragen je nach Ausführung und Arbeitsbreite zwischen 14.000 und 30.000 € (Küper und Deter 2014, Döhler 2016).

Empfehlungen für die Lagerung

Auch durch eine geeignete Abdeckung des Güllebehälters lassen sich Nährstoffemissionen nochmals deutlich reduzieren. So weisen beispielsweise Abdeckformen wie das Zelt- oder Kuppeldach ein Stickstoffminderungspotential von ca. 90 % gegenüber offenen Behältern auf. Auch der Einsatz von Strohdecken, Kunststoffschwimmkörpern sowie Leichtschüttungen (Perlit, Tonkugeln) birgt ein Minderungspotenzial der Ammoniakemissionen von 75 – 80 %. Eine besondere Form dieser schwimmenden Abdeckung ist das Produkt HEXA-COVER®, welches durch seine spezielle Form bis zu 99,9 % der gesamten Oberfläche abdeckt. Diese Formen der schwimmenden Abdeckung könnten auch sehr leicht noch nachträglich bei offenen Gruben installiert werden (Pöllinger 2017, Döhler et al. 2011, Lenz 2017)

Zusatzmittel in der Güllebehandlung

Zusatzmittel werden in der Güllebehandlung oft eingesetzt, um Nährstoffverlusten während der Lagerung sowie der Ausbringung vorzubeugen und um eine unangenehme Geruchsentwicklung zu unterbinden. Es kommen vor allem Zusatzmittel zum Einsatz, welche die mikrobielle Umsetzung hemmen oder den pH-Wert der Gülle senken. Oft wird dadurch zudem die Düngewirkung sowie die Homogenität der Gülle verbessert.

So kann beispielsweise der Einsatz von organischen sowie anorganischen Säuren dazu dienen, den pH-Wert der Gülle dauerhaft abzusenken und somit eine Emissionsminderung von Ammoniak und Methan zu erzielen. Das Ansäuern der Gülle mit Schwefelsäure wird bereits in Dänemark auf vielen Betrieben umgesetzt. So lassen sich die Stickstoff- und Methanemissionen während der Lagerung durch die Absenkung des pH-Wertes auf 5,5 um bis zu 90 % bzw. 80 % herabsetzen (Regueiro u. a. 2015). Allerdings erfordert der Einsatz der stark korrosiv wirkenden Schwefelsäure eine spezielle Beschichtung der Güllebehälter, was zusätzliche Kosten verursacht. Der Einsatz spezieller Dosiereinrichtung bietet jedoch auch die Möglichkeit, eine Emissionsminderung während der Ausbringung zu erzielen. Um Emissionen im Stall entgegenzuwirken, können sich Milchsäurebakterien in Form von effektiven Mikroorganismen (EM) oder Sauerkrautsaft als Alternative anbieten. Die Zugabe der Milchsäurebakterien kann entweder durch ein geeignetes Vernebelungssystem oder durch Futterzugabe erfolgen. Neben der Emissionsminderung von Stickstoff und Methan durch Absenkung des pH-Wertes ist als angenehmer Nebeneffekt sehr oft eine deutliche Geruchsverminderung festzustellen (Rackl 2006, Fruhmann 2017). Der Einsatz von Milchsäurebakterien in der Güllelagerung ist nach Erkenntnissen von Rippel (2017) aufgrund der hohen erforderlichen Mengen an Bakterienkulturen jedoch nicht wirtschaftlich.

Erprobt und bereits in breiter Anwendung befindet sich der Einsatz von Nitrifikationshemmern bzw. Ureaseinhibitoren. Diese gewährleisten eine längere Nährstoffverfügbarkeit im Boden und können somit die Düngeneffizienz deutlich verbessern. Durch die Verzögerung der Nitrifikationsvorgänge im Boden steht den Kulturpflanzen ein längerer Zeitraum zur Nährstoffaufnahme zur Verfügung. Es sinkt somit die Gefahr, dass Nitrat ungenutzt über Auswaschung ins Grundwasser gelangt. Insgesamt empfiehlt sich der Einsatz von Hemmstoffen in Kombination mit einer bodennahen Ausbringtechnik wie dem Schleppschlauchverteiler, um die Hemmwirkung zu verbessern und Emissionen in die Luft zu vermindern (Fuchs und Baumgartner 2016).

Fein vermahlene Pflanzenkohle kann sowohl als Zusatzmittel in der Gülle als auch in der Fütterung dazu genutzt werden, um Nährstoffe langfristig zu binden und diese damit länger für die Pflanzen zur Verfügung zu stellen. Dass Pflanzenkohle ein gutes Rückhaltevermögen für Nitrat aufweist, konnte durch Versuche von Kammann et al. (2014) nachgewiesen werden. So wiesen Ackerflächen um 60 % verringerte Nitratauswaschungsraten auf, wenn 30 t Pflanzenkohle pro Hektar aufgebracht wurden. Zudem eignet sich Pflanzenkohle als Zusatzstoff in der Kompostierung und hilft dabei, die Durchlüftung zu verbessern und gleichzeitig Stickstoff zu binden (Quicker und Weber 2016). Versuche haben allerdings auch gezeigt, dass das meist

basische Milieu der Kohle die Emissionen von Ammoniak während der Güllelagerung begünstigen kann. So ist dessen Einsatz in Kombination mit pH-senkenden Verfahren wie der Milchsäuregärung oder der Säurezugabe zu empfehlen (Schimmelpfennig et al. 2014).

Verfahren zur Feststoffseparation

Verschiedenste Phasentrennverfahren spielen in der Gülleaufbereitung eine wichtige Rolle, da viele Aufbereitungsverfahren eine vorherige Phasentrennung voraussetzen. Die Feststoffseparation bietet sich als alleinstehende Technik jedoch auch bei hohen Abgabemengen und Transportentfernungen an und wird in erster Linie dazu genutzt, den hohen Wassergehalt zu senken. Da der Großteil des vorhandenen Phosphors (ca. 90 %) gebunden in der Festphase vorliegt, Stickstoff jedoch größtenteils als Ammoniumstickstoff in der Flüssigphase gelöst ist, lassen sich durch die Feststoffseparation die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor bereits zu einem gewissen Grad gezielt abtrennen. Für die Wahl des geeigneten Separationsverfahrens ist die Nährstoffbilanz des Betriebes entscheidend (Cielejewski et al. 2014). Da zudem die meisten organischen Kohlenstoffverbindungen im Feststoff enthalten sind, lässt sich durch die Separation eine höhere Energiedichte für z. B. die Biogasgewinnung erzielen. Als kostengünstiges Verfahren hat sich in Niedersachsen die Eindickung der Gülle durch Sedimentation etabliert, da bei Schweinegülle durch eine geeignet lange Verweildauer eine gewisse Absetzwirkung der Feststoffe erreicht wird. Als Alternative bieten sich auch Separationsanlagen wie die Schneckenpresse oder die Dekanterzentrifuge an, welche in mobiler Ausführung auch gemeinschaftlich betrieben werden können (Hjorth et al. 2010, Sommer et al. 2013).

Verfahren zur Behandlung der Flüssig- bzw. Festphase

Falls gewünscht, können sich an eine Feststoffseparation auch verschiedene Verfahren zur Behandlung der Flüssig- bzw. Festphase anschließen. Vor allem der in der Flüssigphase reichlich vorhandene Stickstoff kann durch geeignete Verfahren wieder rückgewonnen werden und dann z.B. als Mineralstoffdünger genutzt werden. Hier haben sich vor allem membrantrennende Verfahren wie die Ammoniakstrippung oder die Ultrafiltration in Kombination mit der Umkehrosmose als mögliche Verfahren erwiesen, wobei letztere jedoch mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Die Behandlung der Feststoffe erfolgt meist durch thermochemische Verfahren wie der Trocknung oder der Pyrolyse. Als Alternative zu thermochemischen Verfahren bietet sich zudem die Kompostierung der Feststoffe an, um stabilen und nährstoffreichen Humus zu gewinnen.

Alternative Nutzungsmöglichkeiten

Zu den alternativen Nutzungsformen der Gülle zählt vor allem die Gewinnung von Biogas durch anaerobe Vergärung. Da bei der reinen Vergärung von Schweinegülle die Methanausbeute aufgrund des hohen Wassergehaltes etwa 14-mal geringer als bei der Verwendung von Energiepflanzen ist, wird Gülle häufig zusammen mit nachwachsenden Rohstoffen mitvergärt, um höhere Energieausbeuten zu erzielen (Lehmenkühler 2011). Eine vorhergehende Trock-

nung oder Feststoffseparation kann ebenfalls dazu dienen, die Energieausbeute zu verbessern. Insgesamt bietet sich die Vergärung von Gülle besonders dann an, wenn bereits Anlagen in der Umgebung zur Verfügung stehen. Nach der neuen Novelle zum Ökostromgesetz sind Neuanlagen auf 150 kW beschränkt und dürfen maximal einen Mais-Getreideanteil von 30 % aufweisen, womit Gülle als Gärsubstrat an Bedeutung gewinnen könnte. Inwieweit Biogasanlagen zur Verwertung von Biomasse zukünftig noch eine Rolle spielen werden, hängt maßgeblich von den Förderprogrammen ab (Metschina 2017).

Regionale Anwendbarkeit

Die Wahl geeigneter Maßnahmen richtet sich nun nach betrieblich individuellen Faktoren wie der Menge der anfallenden Gülle, der verfügbaren landwirtschaftlichen Fläche, dem verfügbarem Lagerraum sowie den Abgabekosten. Während in Niedersachsen und den Niederlanden die Gülleabgabekosten zwischen 15 und 25 €/m³ betragen können, erfolgt in der Steiermark die Abnahme der Gülle bei Ausbringung durch den Abnehmer oft kostenfrei (Maßwohl 2017). Aus diesem Grund rechnen sich für steirische Betriebe in den wenigsten Fällen Großanlagen zur GÜlleaufbereitung, wie sie in Niedersachsen oder den Niederlanden zum Einsatz kommen, da die Betriebskosten hier meist über 10 €/m³ liegen. So bieten sich in der Steiermark vor allem Investitionen im Bereich der Ausbringtonchnik und der GÜllestagerung sowie der Einsatz von kostengünstigen GÜllezusatzstoffen an, um eine bessere Nährstoffausnutzung von Wirtschaftsdünger zu erzielen. Zur Entschärfung der aktuellen Lagerraumproblematik sollte die Errichtung von zusätzlichen GÜllestagern zudem oberste Priorität genießen. Dies ist aber nur dann als sinnvoll einzustufen, wenn für die anfallende Gülle auch genügend landwirtschaftliche Fläche zur Verfügung steht. Fällt Gülle bezogen auf die zur Verfü-

gung stehende Fläche im Übermaß an, ist die Abgabe der überschüssigen Gülle an umliegende Betriebe mit Bedarf vom Kostenstandpunkt aus zu favorisieren. Betriebseigene Aufbereitungsverfahren machen sich nur bei Großbetrieben bezahlt, welche deutliche GÜlleüberschüsse aufweisen und mit hohen Abnahmekosten rechnen müssen. Hier existieren jedoch auch Teilaufbereitungsverfahren, welche auf die Rückgewinnung von Stickstoff abzielen. Interessant ist in diesem Zug das BioSampo-Verfahren des finnischen Herstellers Pellon, welches auf Schweinemastbetriebe mit bis zu 3.000 Tieren ausgelegt ist. Das Kernstück der Anlage ist eine Ammoniakstrippung, welcher eine biologische Belüftungsstufe und eine Separation vorgeschaltet ist. Durch dieses Verfahren lässt sich der Gesamtstickstoffgehalt von ursprünglich 3,78 kg/t auf etwa 0,6 kg/t verringern. Der in der Strippung ausgetriebene Ammoniak wird durch eine saure Wäsche als Ammoniumsulfat rückgewonnen. Übrig bleibt eine nährstoffarme Flüssigphase, welche, ohne das Grundwasser zu gefährden, flächenunabhängig ausgebracht werden könnte. Der Aufbau der gesamten Anlage ist in *Abbildung 2* ersichtlich. Die Installationskosten dieser Anlage mit einem jährlichen GÜlledurchsatz von 6.000 t belaufen sich auf etwa 196.000 €, wovon 80.000 € auf die Separationseinheit entfallen. Die Betriebskosten der Anlage belaufen sich auf ca. 2,3 € pro m³ behandelter Schweinegülle. Das gewonnene Ammoniumsulfat sowie der phosphorreiche Feststoff lassen sich dann entweder auf dem eigenen Betrieb nutzen oder können gewinnbringend verkauft werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, den Feststoff weiter zu kompostieren oder einer Biogasanlage zuzuführen (Sindhöj und Rodhe 2013, Sohlo 2017).

Literatur

Amon B., Fröhlich M., Weißensteiner R., Simic V., Gspan B., Amon T., Ramusch M. (2007) Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in

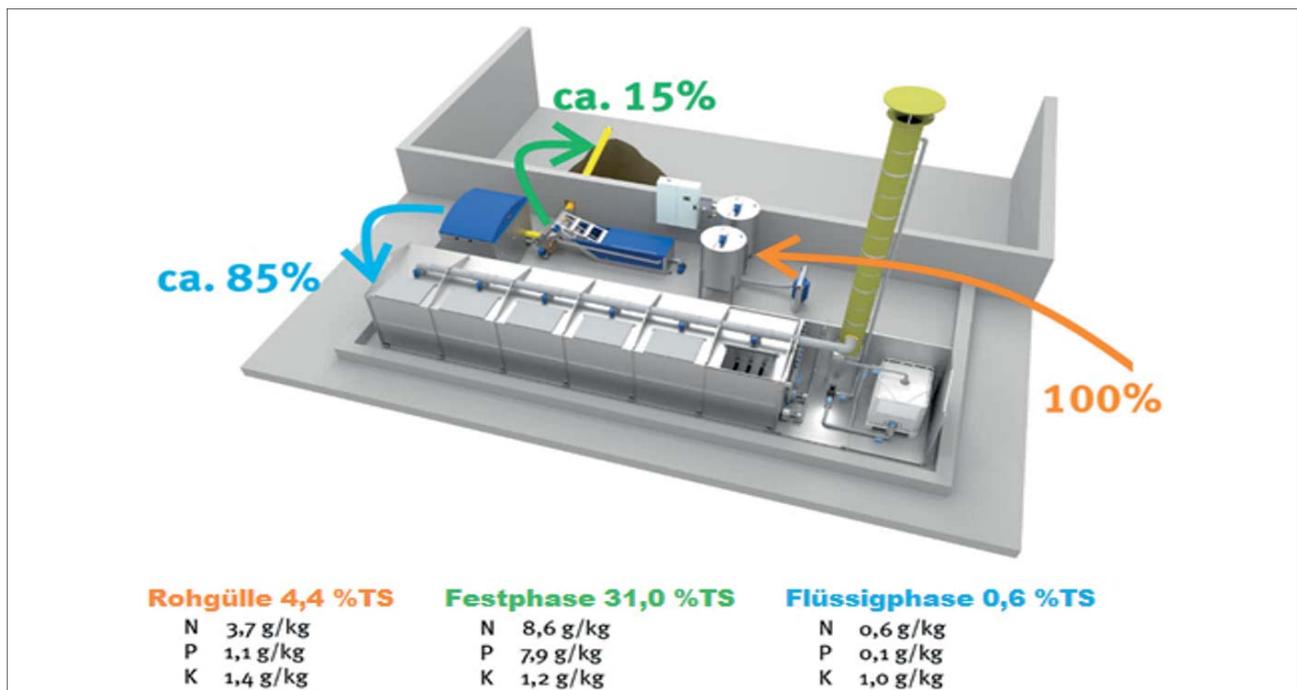


Abbildung 2: Aufbau der BioSampo Anlage zur Aufbereitung von Schweinegülle (Sohlo 2017).

- Österreich. Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich. [online] https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt_uebersicht?sprache_in=de&id_in=5610 (Zugegriffen 7. November 2017).
- Bernsteiner A., Beichler A. (2016) Grundwasserschutzprogramm Graz bis Bad Radkersburg.
- Cielejewski H. (2013) Verfahren zur Aufbereitung von Gülle und Gärresten. [online] <http://www.duesse.de/znr/pdfs/2013/2013-04-25-biogastagung-04.pdf> (Zugegriffen 31. März 2017).
- Cielejewski H. (2017) Landwirtschaftliche Situation in Niedersachsen hinsichtlich Nitratbelastung im Grundwasser - Verfahren zur Gülleaufbereitung [persönliches Gespräch].
- Döhler H. (2016) Düngung von Gülle und Gärrückständen unter den Vorzeichen der neuen Düngeverordnung. [online] http://www.duengerfuchs.de/files/Download/Fachtagungen%202016/2016_Doehler_Duengeverordnung.pdf (Zugegriffen 16. Oktober 2017).
- Döhler H., Vandre R., Wulf S., eurich-Menden B. (2011) „Abdeckung von Güllelagerbehältern - Stand der Technik“ in Bautagung Raumberg-Gumpenstein. Raumberg-Gumpenstein, Österreich 45-48.
- Fruhmann J. (2017) Betriebsbesuch von Johann Fruhmann in der Steiermark [persönliches Gespräch].
- Fuchs B., Baumgartner N. (2016) So funktionieren Stickstoffstabilisatoren. DLZ Agrarmagazin, 1(Januar) 73-75.
- Kammann C., Haider G., Del Campo B., Müller C., Schmidt H.-P., Marhan S., Clough T., Seffens D. (2014) „Nitrate retention by biochar: mechanistic insights by 15N tracing“ in The Earth Living Skin: Soil, Life and Climate Changes 2014. Bari, Italien. 1 [online] https://www.researchgate.net/publication/267512947_Nitrate_retention_by_biochar_mechanistic_insights_by_15N_tracing (Zugegriffen 9. August 2017).
- Kowalewsky H.-H. (2017) Schweinegüllemanagement in Niedersachsen [persönliches Gespräch].
- Küper J.-M., Deter A. (2014) Gölledüngung auf Grünland: Vor- und Nachteile der heutigen Systeme. [online] <https://www.topagrar.com/news/Home-top-News-Guelleduengung-auf-Gruenland-Vor-und-Nachteile-der-heutigen-Systeme-1501531.html?page=1> (Zugegriffen 16. Oktober 2017).
- Lenz V. (2017) Neubau von Güllegruben – Grubenarten, Lagerumbedarf und Kosten [E-Mail] Pöllinger, Alfred (10. Oktober 2017).
- Hjorth M., Christensen K.V., Christensen M.L., Sommer S.G. (2010) Solid liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(1), 153-180.
- Holzner H. (2017) Güllewirtschaft in der Steiermark [persönliches Gespräch].
- Lehmenkühler M. (2011) Biogas aus Schweinegülle – geht das? *Top Agrar*, (11/2011), 18-23.
- Maßwohl J. (2017) Einsatz von Güllezusatzstoffen und Lage der Güllewirtschaft in der Steiermark [persönliches Gespräch].
- Metschina C. (2017) Situation für Biogasanlagen in der Steiermark [persönliches Gespräch].
- Pöllinger A. (2017) Minderung der Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft [persönliches Gespräch].
- Pöllinger A. (2006) Technische Herausforderungen und aktuelle Entwicklungen bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Gumpenstein, Österreich. [online] <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/finish/51-expertenforum-2006/449-technische-herausforderungen-poellinger.html> (Zugegriffen 16. Oktober 2017).
- Quicker P., Weber K. (2016) Biokohle - Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Biomassekarbonisaten, Springer, Wiesbaden, Deutschland.
- Rackl C. (2006) Praktische Erfahrungen mit effektiven Mikroorganismen (EM) in Pflanzenbau und Tierhaltung, Fachhochschule Weihenstephan, Weihenstephan, Deutschland. [online] http://www.emsolutions.ch/downloader/downloads/Diplomarbeit_EM_Landwirtschaft.pdf (Zugegriffen 16. Oktober 2017).
- Rippel T. (2017) Einsatzmöglichkeiten der Milchsäuregärung [persönliches Gespräch].
- Schimmelpfennig S., Müller C., Grünhage L., Koch C., Kammann C. (2014) Biochar, hydrochar and uncarbonized feedstock application to permanent grassland - Effects on greenhouse gas emissions and plant growth. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 191, 39-52.
- Sindhøj E., Rodhe L. (2013) Examples of Implementing Manure Processing Technology at Farm Level. [online] http://www.balticmanure.eu/download/Reports/bm_inno_web.pdf (Zugegriffen 3. Juli 2017).
- Sohlo L. (2017) The BioSampo-Process for treating swine manure [persönliches Gespräch].
- Sommer S., Christensen M.L., Schmidt T., Jensen L.S. (2013) *Animal Manure Recycling Treatment and Management*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK. [online] <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118676677> (Zugegriffen 8. Juni 2017).