

# Hintergrundpapier H-002 Hygiene - Verhalten von Krankheitserregern in Biogasanlagen

Version 2

Stand Juli 2019

Der Fachverband Biogas e.V. hat sich seit seiner Gründung im Jahr 1992 zu Deutschlands und Europas größter und führender Interessensvertretung der Biogas-Branche entwickelt. Er vertritt Hersteller, Anlagenbauer, landwirtschaftliche wie auch industrielle Biogasanlagenbetreiber und Institutionen mit dem Ziel der Förderung des Umweltschutzes und der Sicherung einer nachhaltigen Energieversorgung. Satzungsgemäß verfolgt der Fachverband Biogas folgende Primärziele:

- Förderung von technischen Entwicklungen im Biogasbereich,
- Förderung, Auswertung und Vermittlung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen aus dem Bereich der Biogastechnik zum Wohle der Allgemeinheit und der Umwelt,
- Durchführung von Schulungen für Praxis und Beratung,
- Herausgabe von Publikationen in Schrift, Bild und Ton,
- Förderung des Erfahrungsaustausches durch Beteiligungen und Durchführung von Ausstellungen, Tagungen und anderen Veranstaltungen,
- Förderung des internationalen Erfahrungsaustausches durch Herstellung und Pflege von Kontakten im In- und Ausland,
- Förderung eines Beratungsnetzes durch Mitglieder in den verschiedenen Regionen,
- Erarbeitung von Qualitätsstandards für Planung und Errichtung von Biogasanlagen und Anlagenkomponenten.
- Erarbeitung von Qualitätsstandards für Gärprodukte
- Erarbeitung von Qualitätsstandards zum Betrieb von Biogasanlagen

Auf europäischer Ebene wird der Fachverband Biogas von dem Europäischen Biogasverband (EBA) vertreten, der sich im Jahr 2009 gründete und nunmehr Mitglieder aus 25 EU-Mitgliedsstaaten umfasst.

**Herausgeber:**

Fachverband Biogas e.V.  
Angerbrunnenstr. 12  
85356 Freising

Telefon: 08161-984660

Telefax: 08161-984670

E-Mail: [info@biogas.org](mailto:info@biogas.org)

Internet: [www.biogas.org](http://www.biogas.org)

**Haftungsausschluss:**

Das Hygienepapier soll darüber informieren inwieweit Krankheitserreger aus verschiedenen Quellen sich innerhalb des Biogasprozesses verhalten. Das Hygienepapier wurde mit großer Sorgfalt erstellt, der Herausgeber kann aber für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung übernehmen.

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	III
Vorwort .....	- 1 -
Verhalten von Krankheitserregern in Biogasanlagen .....	- 1 -
FAQ – Hygienische Beurteilung von Biogasanlagen .....	- 2 -
1. Welche Vorteile gibt es bei der Vergärung von Gülle?.....	- 2 -
2. Werden in Rinder-, Schweine- und Geflügelgülle enthaltene Krankheitserreger in Biogasanlagen abgetötet oder vermehrt? .....	- 2 -
3. Besteht die Gefahr der Verbreitung von Krankheiten durch den Einsatz der erzeugten Gärprodukte als Düngemittel? .....	- 2 -
4. Werden bei der Vergärung nachwachsender Rohstoffe Phytopathogene (Erreger von Pflanzenkrankheiten) abgetötet? .....	- 3 -
5. Können Unkrautsamen den Vergärungsprozess überleben und werden so über die Gärprodukte auf den Feldern ausgebracht?.....	- 3 -
6. Stimmt es, dass die Verbreitung des chronischen Botulismus durch Biogasanlagen stark gefördert wird? .....	- 3 -
7. Werden Keimbelastungen durch Gärprodukttransporte über weite Strecken in andere Regionen verlagert? .....	- 3 -
8. Wohin können Nährstoffe aus viehstarken Regionen transportiert werden, wenn nicht ausreichend Fläche für eine sachgerechte Düngung zur Verfügung steht? .....	- 4 -
9. Ist der Transport von großen Mengen an Gülle und Hühnertrockenkot über weite Strecken wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll? .....	- 4 -
10. Wie werden die Transporte von Wirtschaftsdünger überwacht?.....	- 4 -
11. Besteht durch den hohen Stickstoffbedarf von Mais und anderen Energiepflanzen die Gefahr des Nitratreintrages in das Grundwasser? .....	- 4 -
12. Können Antibiotika durch Transport und Ausbringung von Hühnertrockenkot in die Umwelt gelangen und die Gesundheit von Mensch und Tier gefährden?.....	- 5 -
13. Wie verhalten sich antibiotikaresistente Keime (u. a. MRSA) innerhalb des Biogasprozesses? Werden diese in einer Biogasanlage vermehrt?.....	- 5 -
14. Welche Gefahr geht von der afrikanischen Schweinepest im Zusammenhang mit Biogasanlagen aus?! .....	- 5 -
Literaturverzeichnis .....	- 6 -

# Vorwort

Das Verhalten von Krankheitserregern im Biogasprozess ist ein medial stark aufgegriffenes Thema. So sind häufig nicht wissenschaftlich belegte Verbindungen von der Vermehrung von Krankheitserregern und dem Biogasprozess geschlossen oder gar die Entstehung von Krankheitserregern in Biogasanlagen fachlich falsch thematisiert worden. Dieses Papier dient dazu aufzuklären, welchen Rückschluss der derzeitige wissenschaftliche Stand zulässt und wie sich Krankheitserreger tatsächlich innerhalb des Biogasprozesses verhalten.

Zum Hygienepapier gehört ein FAQ-Abschnitt, der dazu dienen soll, häufig gestellte Fragen zum Thema Krankheitserreger im Biogasprozess aufzugreifen.

**An der Ausarbeitung des Hygienepapiers „Verhalten von Krankheitserregern in Biogasanlagen“ waren verschiedene Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft beteiligt. Des Weiteren wurde im Januar 2014, innerhalb des Hygieneworkshops auf der Biogas Jahrestagung in Nürnberg, das Papier mit den Beteiligten durchgesprochen und weiterentwickelt. Den jeweiligen Personen sei für Ihre fachliche Unterstützung und Ihr Engagement gedankt.**

Allen Beteiligten und Mitwirkenden sei an dieser Stelle für die Mitarbeit gedankt.

## Verhalten von Krankheitserregern in Biogasanlagen

Die landwirtschaftliche Verwertung von Wirtschaftsdüngern wird seit Jahrtausenden vollzogen, ohne dass sie ein hygienisches Risiko für Mensch, Tier und Umwelt darstellt. Fast ebenso alt ist die Praxis, Abfälle zu kompostieren oder zu vergären, um die hygienische Unbedenklichkeit zu gewährleisten und die stofflichen Eigenschaften der hergestellten organischen Düngemittel sinnvoll zu nutzen. Derzeit werden in Deutschland knapp 9.500 Biogasanlagen betrieben, die über 82 Millionen Tonnen Gärprodukte erzeugen. Desöfteren wird in den Medien das Verhalten von pflanzlichen und tierischen Krankheitserregern während des Biogasprozesses sowie die Möglichkeit deren Verbreitung durch die erzeugten Gärprodukte diskutiert. Dieses Positionspapier bezieht Stellung zu dieser Thematik und gibt Antworten auf die regelmäßig gestellten Fragen.

Nach aktuellem Erkenntnisstand gelangen Krankheitserreger von Mensch, Tier oder Pflanze ausschließlich über die zugelieferten Rohstoffe in die Biogasanlage. Während des Vergärungsprozesses vermehren sich diese Krankheitserreger nicht. Es findet im Gegenteil eine Keimreduktion statt, deren Ausmaß insbesondere von der Temperatur, dem pH-Wert, dem Verfahren (z.B. einstufiges oder mehrstufiges Verfahren), der tatsächlichen Verweilzeit und der chemischen Zusammensetzung des Gärgemisches abhängt. Quantitative mikrobiologische Analysen haben gezeigt, dass die durch Vergärung der organischen Substanz entstandenen Gärprodukte geringer mit Krankheitserregern belastet sind als unvergorene Wirtschaftsdünger. Jedoch kann bei einem Eintrag von Substraten mit einem höheren Gehalt an Krankheitserregern in die Biogasanlage nicht ausgeschlossen werden, dass das Gärprodukt trotz des Abbaus von Krankheitserregern in der Biogasanlage noch als belastet angesehen werden muss.

Daher dürfen Substrate mit einem höheren seuchenhygienischen Gefahrenpotenzial, wie Speisereste, Biotonneninhalte und überlagerte Lebensmittel, nur in speziell dafür zugelassenen Abfallvergärungsanlagen erfolgen, für deren Betrieb strenge rechtliche Vorschriften gelten. Die landwirtschaftliche Verwertung, der aus diesen Substraten hergestellten Gärprodukte und Komposte, ist nur zulässig, wenn ihre hygienische Unbedenklichkeit durch die Anwendung eines wirksamen Behandlungsverfahrens (Hygienisierung) und eine Produktprüfung nachgewiesen wurde. Möglichkeiten einer Hygienisierung sind z.B. die thermophile Vergärung bei Prozesstemperaturen bei 55°C oder die Pasteurisierung des Substrats bei 70°C für eine Stunde.

Neben den Krankheitserregern für Mensch und Tier gibt es auch pflanzenpathogene Erreger (Pilze, Bakterien, Viren) in verschiedenen Pflanzenarten (z.B. Mais, Sorghum, Weizen, Roggen). Diese werden auch durch die mesophile Vergärung reduziert. Eine Ausnahme stellen Quarantäneschadorganismen (z.B. Kartoffelkrebs) dar, diese werden nicht reduziert oder abgetötet. Die Leistung der Inaktivierung durch den Biogasprozess ist abhängig vom Erreger und der Fruchtart, mit der die Erreger eingetragen werden. Weiterhin spielt eine Rolle, welche Pflanzenteile (Korn, Stängel, Blatt) befallen und wo die Erreger angesiedelt sind: im Pflanzengewebe oder auf der Oberfläche. Zudem findet bereits bei der Silierung der Substrate eine deutliche Reduzierung der Krankheitserreger statt.

Um dem Abnehmer die Qualität der erzeugten Gärprodukte und die Einhaltung vorgegebener Richtwerte zu dokumentieren, kann die Teilnahme an einer Gütesicherung mit einer regelmäßigen Qualitätsüberwachung als Möglichkeit dienen.

## FAQ – Hygienische Beurteilung von Biogasanlagen

### 1. Welche Vorteile gibt es bei der Vergärung von Gülle?

Jeder Liter Gülle, der im Rahmen der Biogaserzeugung vergoren wird, ist ökologisch sinnvoll, da die unkontrollierten Methan- und Ammoniakemissionen der konventionellen Lagerung erheblich vermindert werden. Zudem wird der Hygienestatus der Gülle deutlich verbessert und das Geruchspotenzial reduziert.

### 2. Werden in Rinder-, Schweine- und Geflügelgülle enthaltene Krankheitserreger in Biogasanlagen abgetötet oder vermehrt?

Pathogene (krankheitserregende) Keime werden nach aktuellem Kenntnisstand in Biogasanlagen nicht vermehrt, sondern deren Konzentration wird während der Vergärung reduziert. Das Ausmaß der Abtötung oder Inaktivierung während der Vergärung ist abhängig von Parametern wie Temperatur, Prozessführung (einstufig oder zweistufig), Verweilzeit, chemischer Zusammensetzung des Gärgemisches, Anfangskonzentration und der Art der Erreger.

Dies wurde in vielen wissenschaftlichen Untersuchungen belegt, bei denen kein einziger Erreger gegenüber der Konzentration im Ausgangssubstrat zugenommen hat. Nach den vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen ist die Vergärung aus hygienischer Sicht daher ausdrücklich zu begrüßen (Hoferer, 2001; Reinhold und Jahn 2004; Leuhn und Wilderer, 2006; Dunière et al., 2011; Plöchl et al., 2014; Philipp et al., 2012, 2013).

### 3. Besteht die Gefahr der Verbreitung von Krankheiten durch den Einsatz der erzeugten Gärprodukte als Düngemittel?

Der mesophile Betrieb von Biogasanlagen (etwa 35-42°C, die Temperaturen können in der Praxis von diesem Bereich abweichen) hat eine keimreduzierende Wirkung auf die eingesetzten Substrate, d.h. Krankheitserreger werden mehr oder weniger stark vermindert. Gegenüber der Düngung mit unbehandelter Gülle ist die hygienische Situation der Gärprodukte durch die Vergärung deutlich verbessert.

Bei Einsatz von Speiseresten, überlagerten Lebensmitteln und anderen Bioabfällen besteht eine gesetzliche Hygienisierungspflicht. Dabei müssen die Materialien bei thermophilen Temperaturen (ca. 55°C, prozessabhängige Einwirkzeit) behandelt, pasteurisiert (70°C für 1 Stunde) oder nachkompostiert werden. Die hygienische Unbedenklichkeit der erzeugten Gärprodukte wird durch regelmäßige Untersuchungen auf bestimmte Krankheitserreger, z.B. Salmonellen, sichergestellt.

#### 4. Werden bei der Vergärung nachwachsender Rohstoffe Phytopathogene (Erreger von Pflanzenkrankheiten) abgetötet?

In einem Forschungsprojekt der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe aus dem Jahr 2012 wurde nachgewiesen, dass die ausgewählten viralen, bakteriellen und pilzlichen Krankheitserregern, die üblicherweise alle gängigen Substrate befallen (z.B. Mais, Zuckerrübe, Roggen, Weizen) in einer Biogasanlage abhängig von Temperatur und Verweilzeit mehr oder weniger stark inaktiviert werden. Mit einer vorherigen Silierung, wie sie in der Praxis üblich ist, sinkt in vielen Fällen das Risiko deutlich.

#### 5. Können Unkrautsamen den Vergärungsprozess überleben und werden so über die Gärprodukte auf den Feldern ausgebracht?

Nach einer Studie der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) verloren die ausgewählten Unkrautsamen (Flughafener, Stumpflättriger Ampfer, Spreizende Melde, Trespen-Arten, Klettenlabkraut, Amaranth-Arten, Acker-Quecke, Weißer Gänsefuß, Hühnerhirse und Ampfer-Knöterich) ihre Keimfähigkeit bereits nach 21 Tagen mesophiler Vergärung. Bei thermophiler Vergärung wurde eine Hemmung der Keimfähigkeit bereits nach einem Tag Verweilzeit festgestellt.

#### 6. Stimmt es, dass die Verbreitung des chronischen Botulismus durch Biogasanlagen stark gefördert wird?

In den Medien wird häufig postuliert, dass durch Biogasanlagen der chronische Botulismus induziert wird. Dabei handelt es sich jedoch um ein nicht definiertes Krankheitsbild, das synonym für eine multifaktoriell bedingte Erkrankung steht, deren Ursachen nicht eindeutig geklärt sind. In einem aktuellen Forschungsprojekt der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wurden zu dieser Thematik 154 Proben aus acht verschiedenen Biogasanlagen, welche hauptsächlich Gülle oder Grassilage als Substrat einsetzen, analysiert. *Clostridium botulinum* konnte dabei in keiner der genommenen Proben nachgewiesen werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch ein niedersächsisches Forschungsprojekt der Tierärztlichen Hochschule Hannover. In dieser waren ebenfalls in keiner der 15 im Forschungsprojekt untersuchten Biogasanlagen krankheitserregende Clostridien nachzuweisen.

Die Abklärung eines möglichen Zusammenhangs des chronischen Botulismus, der von einigen Wissenschaftlern mit der zunehmenden Verwertung von Gärprodukten aus Biogasanlagen in den letzten Jahren in Verbindung gebracht wurde, erfolgt nicht, da bisher eine Verbreitung von *Clostridium botulinum*-Sporen durch Gärprodukte aus Biogasanlagen nicht nachgewiesen bzw. bestätigt wurde. Im Gegenteil, es gibt verschiedene Studien die zeigen, dass pathogene Clostridien in Biogasanlagen praktisch nicht nachweisbar und im Gärprodukt im Vergleich zu den Beschickungs substraten vermindert sind (Tebbe et al., 2007; Bagge et al., 2010; Breves, 2011; Lebuhn et al. 2016). Weitere Informationen finden Sie im Infopapier „*Clostridium botulinum*“ vom Fachverband Biogas.

#### 7. Werden Keimbelastungen durch Gärprodukttransporte über weite Strecken in andere Regionen verlagert?

Die bereits vorhandene Belastung von Gärprodukten mit Krankheitserregern wird durch die biochemischen Prozesse in einer Biogasanlage erheblich reduziert, so dass das behandelte Material im Vergleich gegenüber dem unbehandelten Material, aus hygienischer Sicht wesentliche Vorteile bietet. Bei überregionalen Transporten von Gärprodukten wird das Risiko der Verschleppung von Keimen im Vergleich zum Transport von Rohgülle entsprechend verringert. Die Notwendigkeit von überregionalen

Transporten ist nicht durch Biogasanlagen, sondern durch regionale Nährstoffüberhänge bedingt. Um eine Belastung des Grundwassers zu vermeiden, ist es wünschenswert, Gärprodukte in Regionen mit Nährstoffmangel zu bringen, um Nährstoffe sinnvoll zu verteilen.

## 8. Wohin können Nährstoffe aus viehstarken Regionen transportiert werden, wenn nicht ausreichend Fläche für eine sachgerechte Düngung zur Verfügung steht?

Bei Nährstoffüberschüssen in viehstarken Regionen ist der Abtransport von Wirtschaftsdünger, insbesondere in Ackerbauregionen, sinnvoll. Der überregionale Transport von unbehandelter Rohgülle birgt jedoch Risiken und ist aufgrund hoher Wassergehalte kostenintensiv. Durch diverse Aufbereitungsmethoden entwässerte und mit Nährstoffen angereicherte Gärprodukte können mit Lastwagen kostengünstiger transportiert werden. Da in Ackerbauregionen oft ein Nährstoffmangel herrscht, kann der kosten- und energieintensive Einsatz von Mineraldüngern durch organische Düngemittel, wie Gülle oder Gärprodukte, ausgeglichen werden.

## 9. Ist der Transport von großen Mengen an Gülle und Hühnertrockenkot über weite Strecken wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll?

Laut einer Berechnung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen sind Transporte bis rund 230 km wirtschaftlich, wenn diese auf dem Rückweg nicht leer fahren, sondern Substrate, z.B. Futtergetreide, transportieren. Aus ökologischer Sicht schont die Verlagerung von Nährstoffüberschüssen aus den viehbesatzstarken Regionen Ressourcen und Energie, wenn dadurch Mineraldünger eingespart werden können. Jedoch ist ein kombinierter Transport aufgrund gesetzlicher Vorgaben oft nur eingeschränkt möglich.

## 10. Wie werden die Transporte von Wirtschaftsdünger überwacht?

Transporte von Gülle und Gärprodukten müssen fast ausnahmslos auf Grundlage der Wirtschaftsdüngerverbringungsverordnung aufgezeichnet und der Behörde mitgeteilt werden. Eine Annahme von Gülle aus dem Ausland oder einem anderen Bundesland ist zusätzlich anzumelden.

## 11. Besteht durch den hohen Stickstoffbedarf von Mais und anderen Energiepflanzen die Gefahr des Nitrateintrages in das Grundwasser?

Mais ist eine Pflanze, die viel Stickstoff während ihres Wachstums aufnimmt. Wenn entsprechend der guten fachlichen Praxis gedüngt wird, wird der Eintrag von Stickstoff ins Grundwasser vermieden. Jede Pflanze muss entsprechend dem Nährstoffbedarf gedüngt werden, das bezieht sich auf die Menge sowie auf den Zeitpunkt. Bei einer zu hohen Stickstoffgabe kann es zur Auswaschung nicht nur bei Mais und auch durch Einsatz mineralischer Düngemittel kommen. Eine richtige und sachgemäße Düngung ist eine generelle landwirtschaftliche Herausforderung und betrifft nicht nur die Biogasbranche.

Für Energiepflanzen, die für Biogasanlagen angebaut werden, ist ein Kreislaufsystem möglich, da nur die von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffe mit der Ausbringung der Gärprodukte für die nächste Fruchtfolge zur Verfügung gestellt werden und keine Nährstoffe aus externen Quellen zugezogen werden müssen. Eine Auswaschung von Stickstoff kommt nur bei unsachgemäßer Ausbringung zustande. Der Fachverband Biogas e.V. hat Mitte 2013 ein Positionspapier veröffentlicht, in dem eine

Handlungsanweisung für den Gewässerschutz erläutert wird. Dieses Papier hat den Titel: „Wasserschutz beim Anbau von Energiepflanzen für Biogasanlagen“.

## 12. Können Antibiotika durch Transport und Ausbringung von Hühner-trockenkot in die Umwelt gelangen und die Gesundheit von Mensch und Tier gefährden?

Die Antibiotikakonzentration nimmt während des Biogasprozess nicht zu und der mögliche Abbau in Biogasanlagen ist vom Typ der Antibiotika sowie der Prozessführung abhängig. Eine Untersuchung des Umweltbundesamtes in Österreich aus dem Jahr 2010 bestätigt dies. Es ist nach momentanem Kenntnisstand davon auszugehen, dass die in Gülle oder Hühnertrockenkot quantitativ nachgewiesenen Antibiotikamengen bzw. deren Metabolite den Biogasprozess in aller Regel nicht nachteilig beeinflussen. Zu ihrem Verbleib und der Wirkung eventueller Abbauprodukte besteht noch Forschungsbedarf. Weitere Studien werden momentan von der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover und an der Universität Gießen durchgeführt.

## 13. Wie verhalten sich antibiotikaresistente Keime (u. a. MRSA) innerhalb des Biogasprozesses? Werden diese in einer Biogasanlage vermehrt?

Es handelt sich dabei um Bakterien, die gegen Antibiotika resistent sind. Diese werden auch „Krankenhauskeime“ genannt. Die Universität Hannover hat dazu eine Studie 2014 unter der Leitung von Prof. Breves veröffentlicht. Das Ergebnis ist, dass diese Keime innerhalb des Fermentationsprozesses nicht vermehrt werden. Von rund 10 untersuchten Biogasanlagen wurde das Gärprodukt untersucht. In dem Gärprodukt von nur zwei Anlagen konnte Sulfadiazin (ein Antibiotikum) nachgewiesen werden. Nur in dem Gärprodukt von Anlagen, die Hühnertrockenkot eingesetzt haben, wurden Tetracycline (auch Antibiotika) gemessen. Der Austrag aus den Anlagen ist jedoch von sehr geringer Konzentration. Der Abbau der Antibiotika konnte nicht nachgewiesen werden. Außerdem kam heraus, dass es weder zu einer Anreicherung noch zu einem Abbau von antibiotikaresistenten Keimen kommt. MRSA-Keime spielen nur eine sehr geringe Rolle laut der Studie. Ein Austrag in die Umwelt ist gegeben, aber von geringer Bedeutung, da die Konzentrationen sehr niedrig sind.

## 14. Welche Gefahr geht von der afrikanischen Schweinepest im Zusammenhang mit Biogasanlagen aus?!

Der Fachverband Biogas e.V. hat ein Hygienekonzept (HACCP) und einen Leitfaden zum Thema afrikanische Schweinepest entwickelt. Sie sollen den Landwirten als Orientierung dienen um in den Dialog mit den zuständigen Kreisveterinären zu gehen. Anlagen, die Schweinegülle einsetzen sollten einen Plan haben wie sie vorgehen, wenn die Schweinegülle mit afrikanischer Schweinepest infiziert ist. Grundsätzlich ist nicht mit einer Verbreitung des Virus durch Biogasanlagen zu rechnen.



# Literaturverzeichnis

**AGES, 2010:** Endbericht zum Forschungsprojekt 100296/2

**Bagge, E., M. Persson and K.-E. Johansson (2010):** Diversity of spore-forming bacteria in cattle manure, slaughterhouse waste and samples from biogas plants. *Journal of Applied Microbiology* 109, 1549–1565, ISSN 1364-5072

**Bandte, M.; Schleusner, Y.; Heiermann, M., Plöchl, M., Büttner, C. (2013):** Viability of plant-pathogenic fungi reduced by anaerobic digestion. *BioEnergyResearch*, 6 (3), pp 966-973

**Breves, G. (2011):** Untersuchungen zum mikrobiologischen Risikopotenzial von Gärsubstraten und Gärresten aus niedersächsischen Biogasanlagen. Physiologisches Institut der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

**Breves, G. (2014):** „Untersuchungen zu Arzneimittelrückständen und multiresistenten Mikroorganismen in Biogasanlagen unter besonderer Berücksichtigung von Hühnertrockenkot als Gärsubstrat“. Abschlussbericht Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

**Dunière, L., A. Gleizal, F. Chaucheyras-Durand, I. Chevallier, D. Thévenot-Sergentet (2011):** Fate of *Escherichia coli* O26 in corn silage experimentally contaminated at ensiling, at silo opening, or after aerobic exposure, and protective effect of various bacterial inoculants. *Appl. Environ. Microbiol.* 77/24, 8696-8704

**FNR, 2012:** Abschlussberichte des Verbundvorhabens „Untersuchungen zum phytosanitären Risiko bei der anaeroben Vergärung von pflanzlichen Biomassen in Biogasanlagen“

**Hoferer, M. (2001):** Seuchenhygienische Untersuchungen zur Inaktivierung ausgewählter Bakterien und Viren bei der mesophilen und thermophilen anaeroben alkalischen Faulung von Bio- und Küchenabfällen sowie anderen Rest- und Abfallstoffen tierischer Herkunft. Inaugural Dissertation beim Fachbereich Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin,

**Lebuhn, M. und P. Wilderer (2006):** Abschlussbericht des StMUGV-Projekts "Biogastechnologie zur umweltverträglichen Flüssigmistverwertung und Energiegewinnung in Wasserschutzgebieten: wasserwirtschaftliche und hygienische Begleituntersuchung, Projektteil: Mikrobiologische, parasitologische und virologische Untersuchungen". Technische Universität München, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft

**Philipp, W. und L.-E. Hölzle (2012):** Krankheitskeime in Gärresten aus Biogasanlagen? In: *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 72 Nr. 5 S. 216-220

**Philipp, W. und L.-E. Hölzle (2013):** Gärprodukte aus hygienischer Sicht. *Biogasjournal* Teil 104-13 und Teil 2 05-13

**Plöchl, M.; Heiermann, M.; Bandte, M.; Rodemann, B.; Büttner, C. (2014):** Kinetics of inactivation and dilution effects on the mass balance of fungal phytopathogens in anaerobic digesters. *Journal of Environmental Management* 133, 116-120. Umweltbundesamt Österreich (2010): Antibiotika in Biogasanlagen – Abbauverhalten und Einfluss auf die Biogasproduktion

**Reinhold, G. und O. Jahn (2004):** Hygienisierende Wirkungen der Biogaserzeugung auf die Gärsubstrate. In: Tagungsband des 116. VDLUFA-Kongresses Rostock, 13. – 17.9.2004

**Tebbe, C.C., A.-B. Dohrmann und S. Baumert (2007):** Abschlussbericht über das Vorhaben „Untersuchungen zum qualitativen und quantitativen Vorkommen von Clostridium botulinum in Substraten und Gärrückständen von Biogasanlagen. Institut für Technologie und Biosystemtechnik und Institut für Agrarökologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig