



Ausarbeitung

Gärreste aus Biogasanlagen und Botulismus bei Nutztieren



Gärreste aus Biogasanlagen und Botulismus bei Nutztieren

██████████

Aktenzeichen:

Abschluss der Arbeit:

Fachbereich:

██████████

██

WD 8 – 3000 – 137/11

14.11.2011

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit,
Bildung und Forschung

████████████████████

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Botulismus	4
3.	Aktueller Wissensstand zum viszeralem Botulismus bei Rindern	5
4.	Clostridien-Stämme in Gärresten von Biogasanlagen	7
5.	Fazit	9
6.	Literatur- und Quellennachweise	9

1. Einleitung

Es ist bekannt, dass das Bakterium *Clostridium botulinum* beim Mensch und Tier akute Vergiftungen durch sein Toxin hervorrufen kann, den **klassischen Botulismus**, der in kurzer Zeit zum Tode führen kann.

Seit Jahren werden aber in verschiedenen Bundesländern, mit einer zunehmenden Häufung im Nordwesten Deutschlands, chronisch verlaufende und mit erheblichen Verlusten einhergehende Erkrankungen in Milchviehbeständen beobachtet, die **mutmaßlich als viszeraler oder chronischer Botulismus** bezeichnet werden. Die Tiere zeigen relativ unspezifische Symptome wie schleichenden Leistungsabfall, chronische Verdauungsstörungen, Abmagerung und gravierende Bewegungsstörungen, die sich bisher als therapieresistent erweisen und meist zum Tode führen. In einigen Fällen sollen auch Menschen daran erkrankt sein, die in engem Kontakt mit den Tieren waren.

Die sowohl in Fachkreisen und auf verschiedenen Kongressen als auch in öffentlichen Medien geführten Diskussionen zu dieser schleichenden Erkrankung in den Milchviehbeständen ergeben bis jetzt ein widersprüchliches Bild. Während die einen vom **viszeralen oder chronischen Botulismus** sprechen und einen Zusammenhang mit infektiösen Bestandteilen im Futter und insbesondere mit der **Ausbringung von Gärresten** vermuten, bezeichnen die anderen die Symptome als unklares Krankheitsbild, dem ein multifaktorielles Geschehen zugrunde liege wie zum Beispiel Fehler in der Haltung, Hygiene und Fütterung der Tiere.

Bevor in Kapitel 4 auf eine mögliche Kontamination von Biogasgärresten mit *Clostridium botulinum* eingegangen wird, werden in den Kapiteln 2 und 3 die unterschiedlichen Standpunkte zu den aufgetretenen Herdenerkrankungen von Hochleistungsmilchvieh gegenübergestellt.

2. Botulismus

Unstrittig ist, dass *Clostridium botulinum* bei Tier und Mensch zu einer akuten Vergiftung **mit dem Botulinum-Neurotoxin** führen kann. Dies wird als „**klassischer**“ **Botulismus** bezeichnet. Er tritt relativ selten auf und führt meist in kürzester Zeit zum Tod. Da Botulismus bei Tieren in Deutschland weder zu den anzeigepflichtigen Tierseuchen noch zu den meldepflichtigen Krankheiten zählt, liegen keine verlässlichen Zahlen zur Häufigkeit vor. Botulismus gilt auch nicht als Zoonose, das heißt als vom Tier auf den Menschen übertragbare Krankheit.

Botulismus beim Menschen ist dagegen eine meldepflichtige Erkrankung nach dem Infektionsschutzgesetz. Jährlich werden etwa zehn bis zwanzig Fälle von akutem Botulismus an das Robert Koch-Institut gemeldet.

Bei akuten Botulismuserkrankungen von Rindern wird als Infektionsquelle häufig Geflügelkot oder Geflügeleinstreue angenommen, die nachweislich oft mit Clostridien belastet sind und auf die Felder ausgebracht werden. In anderen Fällen wurde Futtersilage als Infektionsquelle ermittelt, in die tote Kleintiere gelangt waren.

Der „klassische“ Botulismus wird durch das Toxin des Bakteriums *Clostridium botulinum* verursacht. Das Botulinum-Toxin ist ein hochwirksames Nervengift, das schon in geringsten Konzentrationen in Zusammenarbeit mit speziellen Begleitproteinen Muskellähmungen und andere Krankheitssymptome verursacht. Bekannt sind bisher sieben verschiedene Toxintypen (A-G). Der diagnostische Nachweis dieser Neurotoxine stellt die Laboratorien vor erhebliche Probleme:

Bundesweit können nur wenige Institute eine veterinärmedizinische Botulismus-Diagnostik durchführen. Vergleichende Untersuchungen weisen bisher erhebliche Divergenzen auf und tragen dadurch auch selbst zu der kontroversen Diskussion bei. Das Friedrich-Loeffler-Institut führt im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Verbraucherschutz und Landwirtschaft (BMELV) derzeit eine Vergleichsuntersuchung durch mit dem Ziel, eine Qualitätssicherung und Standardisierung in der Botulismusdiagnostik zu erreichen. „Eine zuverlässige Diagnostik des Botulismus im Hinblick auf den Nachweis von *C. Botulinum-Neurotoxin* , *C. Botulinum-Sporen* oder lebenden Bakterien ist die Grundvoraussetzung für eine sachlich fundierte Diskussion.“ (Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit 2011)

Neben dem akuten Botulismus wird seit Mitte der 1990er Jahre - auch in wissenschaftlichen Veröffentlichungen - der so genannte **viszerale oder chronische Botulismus** beschrieben. Es handelt sich dabei um eine **chronische Verlaufsform**. Sie soll durch die Besiedlung des Verdauungstraktes der Rinder mit *Clostridium botulinum* hervorgerufen werden. Durch die kontinuierliche Bildung von geringen Mengen Botulinumtoxin durch die Bakterien im Darm der Rinder soll sich ein chronisches Krankheitsbild entwickeln, das vor allem durch verschiedene unspezifische Symptome und Leistungsabfall gekennzeichnet ist. Sicherheit für diese Diagnose kann nur der gleichzeitige gesicherte Nachweis des Toxins sowie des Erregers selbst und dessen Toxinbildungsvorgang bieten. Diskutiert wird im Zusammenhang mit chronischem Botulismus aber auch die fortgesetzte Aufnahme kleinster Mengen Neurotoxin mit dem Futter.

Dieses chronische Krankheitsbild und seine Ursachen werden bis jetzt sehr kontrovers diskutiert. Einige Wissenschaftler empfehlen daher, bis zur endgültigen Klärung des Krankheitsbildes von einem **multifaktoriell bedingten Symptomenkomplex** zu sprechen.

3. Aktueller Wissensstand zum viszeralem Botulismus bei Rindern

Am 1. September 2010 wurde ein Sachverständigengespräch am Bundesinstitut für Risikobewertung durchgeführt, um den aktuellen Wissensstand zu diesem Thema zusammenzustellen. Teilnehmer waren Vertreter der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI), des Max Rubner-Instituts (MRI), des Robert Koch-Instituts (RKI), des Umweltbundesamtes (UBA) und des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR). Man kam zu der Einschätzung, dass das Bild des viszeralem Botulismus nicht eindeutig sei und klare Definitionen fehlten. Es wurde unter anderem angeregt, eine Pilot-Studie zum Nachweis von *Clostridium botulinum* und seinen Toxinen in gesunden und chronisch kranken Tierbeständen durchzuführen. Positive Befunde sollten in einem zweiten unabhängigen Labor bestätigt werden.

In Bezug auf den „chronischen“ Botulismus beim erwachsenen Menschen wurde festgestellt, dass die Datenlage zur Beurteilung für ein neues Krankheitsbild nicht ausreichend sei. Auch fehlten Beweise für den kausalen Zusammenhang und Informationen zur geschätzten Häufigkeit.

In der Antwort vom 8. Juli 2011 auf eine Kleine Anfrage zum Thema Botulismus (BT-Drs. 17/6542) kommt die Bundesregierung zu der Einschätzung, dass es sich **„beim „chronischen“ Botulismus in Rinderbeständen um ein hypothetisches Geschehen handelt“**. Auch sei **„ein Zusammenhang von chronischem Botulismus und der Ausbringung von Gärresten aus Biogasanlagen wissenschaftlich derzeit nicht belegbar“**.

Am 20. September 2011 fand im BMELV ein Fachgespräch zum Thema „viszeraler Botulismus“ statt. Aus der Sicht des Bundesministeriums ist eine endgültige Klärung des Sachverhalts dringend erforderlich. Um dies zu erreichen, sei eine Verbesserung und Vereinheitlichung der Diagnostik für *Clostridium botulinum* und dessen Toxinen unabdingbar. Des Weiteren soll im Rahmen einer belastbaren epidemiologischen Studie vergleichend untersucht werden, inwieweit *Clostridium botulinum* und das gebildete Neurotoxin in gesunden und kranken Milchviehbeständen nachweisbar ist. Angesichts der Tatsache, dass deren Beteiligung am Krankheitsgeschehen bisher nicht wissenschaftlich gesichert ist, wurde vorgeschlagen, bis zur endgültigen Klärung von einem „Geschehen mit unspezifischen Krankheitserscheinungen“ zu sprechen.

Im Gegensatz zu den Einschätzungen des Ministeriums und der Bundesinstitute, die von einer multifaktoriell bedingten Erkrankung ausgehen, gibt es jedoch einzelne Wissenschaftler, die davon überzeugt sind, dass es sich dabei um eine chronische Verlaufsform von Botulismus handelt.

Auf einer Tierärzte-Tagung vom 30.9. bis 1.10.2010 in der Agrar- und Veterinärakademie in Horstmar wurden die gehäuften Erkrankungs- und Todesfälle in Milchviehbeständen und die möglichen Infektionswege intensiv diskutiert. Berichtet wurde auch über vereinzelte Erfolge in der Krankheitsbekämpfung mit einer Botulinum-Impfung. Die Teilnehmer waren sich weitgehend einig, dass es das neue Bild des chronischen Botulismus bei Rindern gibt, obgleich noch einige Aspekte geklärt werden müssten. Allerdings stellten sie auch heraus, dass vermutlich noch andere Faktoren für das Symptombild verantwortlich sind. Sie forderten vorsorglich, dass keine Risikomaterialien wie unbehandelte Schlachtabfälle und Hühnerkot mehr in Biogasanlagen eingebracht werden dürften.

Der Veterinärmediziner [REDACTED] von der Universität Göttingen zeigte auf dem Fachgespräch des BMELV eine Verbreitungskarte der landwirtschaftlichen Betriebe, die nach seinen Untersuchungen mit chronischem Botulismus belastet sind. Die Daten stammen aus den Jahren 1996 bis 2010 und summieren sich nach seinen Angaben auf insgesamt etwa 1.300 Fälle.

Auch die Mikrobiologin [REDACTED] von der Universität Leipzig geht auf Grund von eigenen Untersuchungen davon aus, dass es sich bei der Rinderkrankheit um Botulismus handelt und warnt vor einer „seuchenhaften Ausbreitung“. In Milchviehbeständen mit erheblichen Verlusten, Leistungsmängeln, Klauenerkrankungen und hoher Kälbersterblichkeit gelang in den eigenen Untersuchungen der Nachweis von *Clostridium botulinum* signifikant häufiger als in gesunden Herden.

Der Humanmediziner [REDACTED] von der Medizinischen Hochschule Hannover und Geschäftsführer eines Diagnostikunternehmens berichtete 2010 in der Zeitschrift „Nutztierpraxis aktuell“, dass sich auch Landwirte an ihren Rindern infizieren und selbst erkranken können und beschreibt das neue Krankheitsbild des chronischen Botulismus beim Erwachsenen.

Ein endgültiger wissenschaftlicher Beweis für die Ursachen der beobachteten Erkrankungsfälle steht noch aus.

4. Clostridien-Stämme in Gärresten von Biogasanlagen

In Biogasanlagen wird organische Biomasse tierischer oder pflanzlicher Herkunft zu Biogas – dessen wesentlicher Bestandteil Methan ist – vergoren. Neben pflanzlichen Materialien wie Mais und Zuckerrüben oder Kartoffeln wird auch Gülle zu Biogas vergoren. Weiterhin werden einige Anlagen zusätzlich mit so genannten Co-Substraten betrieben. Dies können Bioabfälle, Schlachtabfälle, aber auch organische Abfälle aus anderen Prozessen etwa Glyzerin aus der Biodieselproduktion sein. Generell kommt es in Biogasanlagen nicht per se zu einer Vermehrung von Keimen, sondern tendenziell eher zu einer Reduktion [REDACTED].

Clostridien sind grampositive, sporenbildende Bakterien, die im Boden allgegenwärtig sind und an der Zersetzung von organischem Material beteiligt sind und **somit für den Biogasprozess zwingend notwendig** sind. Weit verbreitet sind sie auch im Magen-Darm-Trakt von Tieren. Rund 200 Clostridienarten sind derzeit bekannt, davon sind 35 Arten krankheitserregend und davon wiederum 15 Arten potente Toxinbildner. Der wohl gefährlichste Typ ist das *Clostridium botulinum*, dessen Toxine die Krankheit des **klassischen Botulismus** (siehe Kapitel 2) verursachen. Potenziell krankheitserregend ist auch *Clostridium perfringens*, der Erreger des Gasbrandes, und *Clostridium tetani*, der Erreger des Wundstarrkrampfs, und *Clostridium cauvovei*, der Erreger des Rauschbrandes.

Eine Reihe von Studien haben sich mit dem Vorkommen von Clostridien in Biogasgärresten beschäftigt:

Eine Untersuchung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und der Technischen Universität München erbrachte, dass sich das krankheitserregende *Clostridium perfringens* weder in meso- (37 Grad Celsius) noch in thermophil (55 Grad Celsius) betriebenen Biogasanlagen bei der Vergärung von Rindergülle vermehrte. *Clostridium botulinum* wurde nicht nachgewiesen. Insofern sieht die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft in der Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Rindergülle keine Gefahr durch Clostridien (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2005). Bei einer nachfolgenden Untersuchung von zwei Gärresten auf *Clostridium botulinum* mit einer eigens entwickelten neuen Methodik konnte die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft den Erreger abermals nicht auffinden (de Medici 2009 et al. S. 6457-6461).

EWE Biogas GmbH & Co. KG ließ Gärreste aus drei Anlagen mehrfach auf Clostridien durch die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen untersuchen. Nachgewiesen wurden *Clostridium perfringens* in allen Anlagen, *Clostridium bifermentans*, *Clostridium sordellii*, *Clostridium sporellii* und *Clostridium difficile*. Bislang wurde *Clostridium botulinum* nicht nachgewiesen.

Die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft untersuchte Gärreste aus Biogasanlagen mit Rinder- und Schweinegülle sowie Hühnertrockenkot und Mais- und Kleegrassilage. Die Gärversuche erfolgten unter meso- (37 Grad Celsius) und thermophilen (55 Grad Celsius) Betriebsbedingungen. Insgesamt ergeben sich aus den bisherigen Untersuchungen keine Hinweise auf ein Vorkommen oder eine Vermehrung krankheitserregender Clostridien, im Besonderen auch nicht auf

Clostridium botulinum, in landwirtschaftlichen Gärsubstraten oder experimentellen Gärversuchen. Einschränkend erwähnt die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, dass sich die bisherigen Ergebnisse nur auf einen kleinen Ausschnitt von möglichen Substraten und Prozessbedingungen beziehen (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft 2007). In einer neueren Veröffentlichung berichten die Forscher jedoch abermals, kein *Clostridium botulinum* in Gärresten nachweisen zu können.

Das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg hat von 2005 bis 2008 die Gärreste von 245 Biogasanlagen unterschiedlicher Größe und Betriebsart analysiert. Dabei waren die Keimzahlen von Clostridien in den Gärresten ähnlich hoch wie in den eingesetzten Güllen und anderen Substraten. Unterschiede hinsichtlich Anlagentyp, Zeitverlauf und Probenahmeregion wurden nicht festgestellt. Bei einer stichprobenartigen Analyse wurden folgende Stämme nachgewiesen: *Clostridium beijerinckii*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium difficile*, *Clostridium clostridioforme* und *Clostridium perfringens* (Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg 2009).

Die schwedische Mikrobiologin [REDACTED] publizierte 2010 das Ergebnis einer Analyse der Besiedelung von Gülle, Schlachtabfällen sowie Proben aus zwei Biogasanlagen. Sie entnahm insgesamt 60 Proben aus den Biogasanlagen zu drei verschiedenen Zeitpunkten des Prozesses: vor der Pasteurisierung des Substrates, nach der Pasteurisierung des Substrates und nach der eigentlichen Fermentation. Sie konnte die pathogenen Clostridien *Clostridium botulinum* und *Clostridium sordellii* vor und nach der Pasteurisierung des Ausgangssubstrats nachweisen, aber nicht nach der Fermentation in der Biogasanlage. Das heißt: In den Biogasgärresten konnte sie *Clostridium botulinum* nicht detektieren (Bagge 2010).

Bei einer Untersuchung des gesamten Genoms im Inhalt einer Biogasanlage konnten Schlüter et al. keine Botulinumtoxin-Gene nachweisen. Die Anlage war mit Maissilage, Grünroggen und Hähnchenmist als Cosubstrat betrieben wurden (Schlüter et al. 2008: 77-90).

Hingegen vertreten [REDACTED] von der Universität Leipzig und [REDACTED] von der Universität Göttingen sowie der Veterinärmediziner [REDACTED] die Ansicht, dass von Gärresten aus Biogasanlagen ein erhebliches Gefährdungspotential ausgeht. Clostridien würden bei der Biogasgewinnung nicht nur nicht abgetötet, sie können sich sogar vermehren, äußert Böhnel. Die für dieses Gutachten ausgewerteten Studien unterfüttern diese Aussage allerdings nicht. Forscher zeigten 2006, dass sich *Clostridium perfringens* in einer thermophil betriebenen Kofermentationsanlage weder vermehrt noch in seiner Zahl reduziert. Österreichische Untersuchungen von 2002 fanden in Gärrückständen ähnlich hohe Keimbelastungen an Clostridien wie in gebräuchlichem Wirtschaftsdünger (Umweltbundesamt 2002). Ungeachtet dessen warnt Böhnel, dass es durch die Toxinbildung von *Clostridium perfringens* und *Clostridium botulinum* zu Vergiftungen von Tier und Mensch kommen könne. Die Wissenschaftler empfehlen eine engmaschige Kontrolle der Gärreste.¹

Bisher werden die Gärreste aus Biogasanlagen nicht routinemäßig auf Clostridien untersucht. Die Diagnostik des *Clostridium botulinum* folgt keinem Standardverfahren. Moderne molekularbiologische Verfahren können einzelne Toxingene oder Bestandteile der Clostridien nachweisen. Sie

1 Gessler und Böhnel betreiben seit kurzem ein Unternehmen zur mikrobiologischen Diagnostik.

sind allerdings aufwändig, und es gibt nur wenige Labore in Deutschland, die hierzu in der Lage sind. Je nach Methodik können die Ergebnisse voneinander abweichen (siehe Kapitel 2).

Clostridien werden bei einer Hygienisierung des Biogasgärrestes zwar in ihrer aktiven Form, aber nicht unbedingt in ihrer inaktiven Form, der Spore, abgetötet. Sie würden laut Bayerischer Landesanstalt für Landwirtschaft allenfalls durch Dampfdrucksterilisation des Gärrestes unschädlich gemacht. In Bezug auf den pathogenen *Clostridium perfringens* empfiehlt die Behörde, etwa zwei Wochen vor Ausbringung des Gärrestes zu prüfen, dass dieser bei unklarer Herkunft des Gärguts weniger als 3000 *Clostridium perfringens* je Milliliter aufweist (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2007).

5. Fazit

Nach bisherigem Kenntnisstand gibt es keine wissenschaftlichen Belege dafür, dass sich krankheitserregende Clostridien in Biogasanlagen derart vermehren, dass sie nachfolgend eine Gefahr für Mensch oder Tier darstellen. In Gärrückständen können zwar Clostridien, in bestimmten Fällen auch pathogene Stämme, nachgewiesen werden, aber in den für dieses Gutachten ausgewerteten Untersuchungen wurde *Clostridium botulinum* im Gärrest nicht gefunden.

Klassische Vergiftungen mit *Clostridium botulinum* sind bei Mensch und Tier selten, verlaufen aber oft tödlich. Neben dieser bekannten Form des klassischen Botulismus wird neuerdings eine chronische Verlaufsform, der viszerale Botulismus, postuliert. Inwieweit diese Krankheit als solche existiert, ist unter Forschern noch umstritten und ebenso, inwieweit sie auf Bakterien der Spezies *Clostridium botulinum* zurückgeführt werden kann.

6. Literatur- und Quellennachweise

Agrar- und Veterinärakademie (2010). Chronischer Botulismus. Summary der Tierärztee-Tagung vom 30.9. bis 1.10.2010 in der Agrar- und Veterinärakademie (AVA)

Bagge, Elisabeth (2010). Diversity of spore-forming bacteria in cattle manure, slaughterhouse waste and samples from biogas plants. In: Journal of Applied Microbiology, November 2010, Bd. 109, Ausgabe 5, S. 1549–1565.

-
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2005). Biogasanlagen und krankheitserregende Clostridien, Freising, 2005, im Internet:
<http://www.lfl.bayern.de/ilt/umwelttechnik/14465/> [Stand: 2.11.2011].
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2007). Biogastechnologie für Hygiene und Umwelt in wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten. Juli 2007, Freising, im Internet:
http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_27458.pdf [Stand: 8.11.2011]
- Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (2007). Untersuchungen zum qualitativen und quantitativen Vorkommen von Clostridium botulinum in Substraten und Gärrückständen von Biogasanlagen. Braunschweig, Juni 2007, im Internet: <http://media.repro-mayr.de/93/122793.pdf> [Stand: 2.11.2011].
- Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (2011). Informationen zu klassischem und chronischem/viszeralem Botulismus (Stand: Oktober 2011). Im Internet:
http://www.fli.bund.de/fileadmin/dam_uploads/IBIZ/FLI_Botulismus_Informationen_1012.pdf [Stand: 01.11.2011]
- Bundesinstitut für Risikobewertung (2011). Ausgewählte Fragen und Antworten zum chronischen Botulismus vom 29.04.2011. Im Internet:
http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zum_chronischen_botulismus-70355.html [Stand: 01.11.2011]
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011). Niederschrift über ein am 20. September 2011 stattgefundenes Fachgespräch zum „viszeralem Botulismus“. Im Internet:
http://www.tbvoberfranken.de/GeneratedItems/Fachgespraech_Botulismus_BMELV.pdf [Stand: 01.11.2011]
- de Medici, Dario et al. (2009). Multiplex PCR for Detection of Botulinum Neurotoxin-Producing Clostridia in Clinical, Food, and Environmental Samples. In: Applied Environmental Microbiology, August 2009, Band 75(20) S. 6457-6461.
- Deutscher Bundestag (2011). Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, Drs. 17/8542 vom 08.07.2011. Im Internet:
<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/065/1706542.pdf> [Stand:8.11.2011].
- ██████████ (2011). Schadstoffe und Hygiene von Biogasgärresten. Ausarbeitung WD8 – 3000 - 121/11, 12. Oktober 2011.
- Dressler, Dirk (2010) Chronischer humaner Botulismus in einem landwirtschaftlichen Betrieb mit chronischem Rinderbotulismus. Nutztierpraxis aktuell, Heft 33, S. 12. Im Internet:
http://www.animal-health-online.de/gross/wp-content/uploads/2010/08/npa_33_2010_humanbotulismus1.pdf [Stand: 08.11.2011]
- Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (2009). Inhaltsstoffe von Gärprodukten sowie Möglichkeiten zu ihrer geordneten pflanzenbaulichen Verwertung. Augusten-

berg, 2009, im Internet: https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1249913/landinfo_Inhaltsstoffe%20von%20G%E4rprodukten%20sowie%20M%F6glichkeiten%20zu%20ihrer%20geordneten%20pflanzenbaulichen%20Verwertung%20-%20Mokry.pdf [Stand: 2.11.2011].

Schlüter, Andreas et al. (2008). The metagenome of a biogas-producing microbial community of a production-scale biogas plant fermenter analysed by the 454-pyrosequencing technology. In: Journal of Biotechnology, August 2008, Band 136(1-2), S.77-90.

Umweltbundesamt (2002). Qualität von Abfällen aus Biogasanlagen. Wien 2002, im Internet: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M160.pdf> [Stand: 2.11.2011].