

FCSI ApS  
z.Hd. Herrn Molbech  
Aagade Syd 99  
DK 8620 Kjellerup

Danmark

Rostock, 28.05.2014

## Versuchsbericht - Schweinemast

zur Untersuchung der Wirkung von ACTIVE-NS im Schweinemastbereich und anschließender  
Auswertung entsprechend dem Auftrag vom Nachtragsangebot 22.05.2014

### 1. Auftraggeber

FCSI ApS  
Herrn Karl Erik Molbech  
Aagade Syd 99  
DK 8620 Kjellerup  
Danmark

### 2. Bearbeiter

Dr. Jörg Burgstaler  
Dr. Denny Wiedow  
BSc Carolin Klatt

### 3. Zielstellung

Das vom Auftraggeber gestellte Additiv: ACTIVE-NS sollte im Mastschweinestall eingesetzt und die Wirkung des Additives mittels Messung des Stallklimas zur Ammoniak- und Kohlenstoffdioxid- sowie Methanreduktion untersucht werden.

### 4. Methoden

Der ausgewählte Stalltyp ist eine 3000 Mastschweineanlage mit Spaltenböden und einer Staukanalentmischung, wo eine tägliche Entleerung der aufgestauten Gülle in die Vorgrube der Biogasanlage erfolgen kann.

Die Komponenten Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) wurden über 12 Tage bestimmt. In diesen 12 Tagen werden pro Tag 10 Messungen in einem Abteil mit 190 Mastschweinen der Endmast vorgenommen. Für den Nachweis der Wirkung von ACTIVE-NS wurde zur Versuchsbeginn das Additiv in der Aufwandmenge, entsprechend der Herstellerangaben auf den Boden des Güllekanals eines Abteils aus der Endmast ausgebracht und die Gülle über dem Versuchszeitraum weiter aufgestaut. Der Kontrollansatz eines

Abteils aus der Endmast war analog mit gleicher Tieranzahl belegt und entsprach dem Gülle-Management des Versuchsabteils mit Additiv. Während der folgenden 12 Tage wurden ebenfalls 10 Messungen pro Tag im Abteil einer Endmast mit gleicher Tieranzahl ohne das Additiv (Kontrolle) durchgeführt.

#### **Varianten für den Nachweis der Wirkung von ACTIVE-NS im Stall:**

- Messung des Stallklimas - Schadgase von Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) im Schweinestall **ohne** Einsatz des Additives: ACTIVE-NS
- Messungen des Stallklimas - Schadgase von Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) im Schweinestall **mit** Additive: ACTIVE-NS nach Angaben des Herstellers

#### **Schadgasfassung von NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>:**

- mit *Dräger Multiwarn II* in den Abteilen in Höhe der Schweinerücken und in Gangmitte in Bodennähe
- Dauer der Messungen jeweils ca. 5 Minuten
- pro Minute ein Messwert
- Messung werden für jeden Messpunkt einmal pro Tag durchgeführt
- am dritten Tag der Aufstauung erfolgt eine Bestimmung der Parameter TS/ oTS-Gehalt, Säuren und FOS/TAC-Werte

Im Anschluss der Untersuchung wurde die aufgestaute Schweinegülle (Kontrolle und mit dem Additiv versetzte Gülle) hinsichtlich der in Tabelle 1 aufgeführten chemischen Analysengrößen pH-Wert, Trockensubstanz, organischen Säuren, organischen Substanz sowie der FOS und TAC Werte (FOS/TAC-Verhältnis) untersucht.

**Tabelle 1:** Untersuchte chemische Analysengrößen im Versuch (verändert nach Burgstaler, 2012)

Analysegrößen	Einheit	Vorschrift
pH-Wert	-	DIN 38404 C-5
Trockensubstanzgehalt (TS)	%	DIN 12880
org. Trockensubstanzgehalt (oTS)	g·kg <sup>-1</sup> FM, % TS, % FM	DIN 12879
organische Säuren (Sr)	g·l <sup>-1</sup>	DIN 38414 S-19
organische Substanz (oS = oTS+Sr)	g·kg <sup>-1</sup> FM, % FM	DIN 12880/ DIN 12879/ DIN 38414 S-19
flüchtige organische Säuren/ totalen anorganischen Carbonat (FOS/TAC)	-	VTI-Arbeitsanweisung (2007): Nordmann Methode

(\* Berechnungsgrundlage: Dichte = 1)

Die Aufwandmenge des Additivs in der Schweinegülle (Kanalentmischung) betrug 20 g·m<sup>-3</sup> (20 mg·l<sup>-1</sup>). Das Mittel wurde im Abteil, bestehend aus 8 Buchten plus zweimal im Laufgang ausgebracht (Abbildung 1 und 2). Weiterhin wurden dazu 10 Messpunkte zur Erfassung des Stallklimas definiert.



**Abbildung 1:** Durchführung der Schadgasmessung im Mastschweinestall (Endmast)



**Abbildung 2:** Buchtenbelegung im Mastschweinestall (Endmast)

Die Gasmessung erfolgte mit einem Dräger Multiwarn II Messgerät, das  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  sowie  $\text{NH}_3$  detektiert (Abbildung 3).

Der erste Messdurchgang erfolgte unmittelbar nach der Ausbringung des Additives und wurde in den folgenden 12 Tagen je Messpunkt wiederholt. Die Messdauer pro Messpunkt betrug durchschnittlich 5 Minuten. Die Messung wurde in Höhe der Schweinerücken und in der Gangmitte in Bodennähe erfasst.



**Abbildung 3:** Messgerät Dräger Multiwarn II

### Statistische Analyse

Aus den Einzelwerten der Messpunkte jedes Abteils wurden Mittelwerte gebildet und der Einfluss des Additives ACTIVE-NS statistisch mit dem T-Test abgesichert. Die Unterschiede zwischen den beiden Varianten (Kontrolle und Versuchsansatz) wurden für  $p \leq 0,05$  definiert. Die statistischen Analysen erfolgten mit Microsoft Excel (2010).

## 5. Ergebnisse und Diskussion

### 5.1 Analytik der Proben

Als gängige Analysenparameter (Tabelle 2) wurden der pH-Wert, der Trockensubstanz-Gehalt (TS bei 105 °C), der organische Trockensubstanz-Gehalt (Glühverlust bei 550 °C) sowie der Gehalt an organischen Säuren bestimmt. Die organische Substanz ergibt sich aus der Summe der organischen Trockensubstanz und dem Gehalt an organischen Säuren. Die Analysenergebnisse der Schweinegülle mit und ohne ACTIVE-NS sind in Tabelle 2 abgebildet.

**Tabelle 2:** Analysenergebnisse der Schweinegülle mit und ohne ACTIVE-NS

Substrat	pH-Wert	TS % FM	oTS g kg <sup>-1</sup> FM	org. Säuren g kg <sup>-1</sup> FM	org. Substanz % FM
Schweinegülle	7,30	6,80	55,7668	8,53	6,4297
Schweinegülle mit ACTIVE-NS	7,34	6,82	55,7739	8,67	6,4444

Die pH-Werte der Kontrolle (Schweinegülle ohne Additiv) mit 7,30 und der Schweinegülle mit ACTIVE-NS von 7,34 liegen in einem normalen Bereich (Mähnert, 2007; Böhnke et al., 1993; Spendlin, 1991) und sind ebenfalls nach Döhler et al. (2010) als optimal für Wirtschaftsdünger einzustufen. Die Trockensubstanz- und organischen Trockensubstanzgehalte der Proben ohne und mit Additiveinsatz unterscheiden sich mit jeweils 6,80 bis 6,82 % TS nicht voneinander. Nach Burgstaler (2012) und Spendlin (1991) befindet sich der Trockensubstanzgehalt von 6,8 bis 6,82 % im unteren Drittel eines typischen Bereiches einer Nassvergärung mit 5 bis 15 % TS. Der organische Trockensubstanzgehalt von 55,8 g oTS·kg<sup>-1</sup> FM liegt nach Hölker (2008) in einem für Fermentersubstrate empfohlenen Bereich von > 54 g oTS·kg<sup>-1</sup> FM. Somit kann die untersuchte Schweinegülle (mit und ohne Additiv) von 64,3 bis 64,4 g oS·kg<sup>-1</sup> FM, als ein typischer Wirtschaftsdünger zur Nutzung für eine Biogasfermentation eingestuft werden (Döhler et al., 2009). Die Säuregehalte von 8,53 bis 8,67 g Sr·kg<sup>-1</sup> FM der Schweingülle mit und ohne Additiv liegen auf einem hohen aber noch als normal einzustufenden Niveau nach Burgstaler und Blumenthal (2008).

Weiterhin wurde der FOS und der TAC Wert (FOS/TAC-Verhältnis) ermittelt (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Analysenergebnisse der Schweinegülle ohne und mit ACTIVE-NS

Substrat	FOS mg Haq·l <sup>-1</sup>	TAC mg CaCO <sub>3</sub> ·l <sup>-1</sup>	FOS/TAC Wert
Schweinegülle	7.715	8.762	0,88
Schweinegülle mit ACTIVE-NS	7.633	8.862	0,86

(\* Berechnungsgrundlage: Dichte = 1)

Die FOS-Werte der Kontrolle liegen mit 7.715 mg Haq·l<sup>-1</sup> geringfügig über dem Wert der Schweingülle mit Additiv von 7.633 mg Haq·l<sup>-1</sup>. Die ermittelten TAC-Werte der Kontrolle mit 8.762 und 8.862 mg CaCO<sub>3</sub>·l<sup>-1</sup> bei der Schweingülle mit Additiv befinden sich in einem annähernd gleichen Bereich. Die FOS/TAC-Werte, als Verhältnis der flüchtigen organischen Fettsäuren zum totalen anorganischen Carbonatgehalt, dienen hauptsächlich der Beurteilung der Langzeitentwicklung in Fermentern und Gärrestendlagern. Ein FOS/TAC-Wert von 0,88 der Kontrolle und der Schweinegülle mit Additiv von 0,86 sind als sehr hoch einzustufen (Burgstaler, 2012).

In Untersuchungen zu Gärresten von Hamann-Steinmeier und Rosenberger (2013) zur Wirkung des Additivs ACTIVE-NS auf Gärs substrate, konnte in den Proben ohne ACTIVE-NS (Kontrolle) ein deutlich höheres FOS/TAC-Verhältnis mit 0,50 gegenüber der Probe mit Additiv (ACTIVE-NS) von 0,27 bestimmt werden. Dieser Sachverhalt bei Applikation des Additivs deckt sich nur unzureichend mit den eigenen Analysen und kann somit nur als Indiz für eine verbesserte Pufferleistung von ACTIVE-NS in der Schweingülle, bei ansteigenden TAC- und gleichzeitig zunehmenden pH-Werten gewertet werden.

## 5.2 Versuchsergebnisse

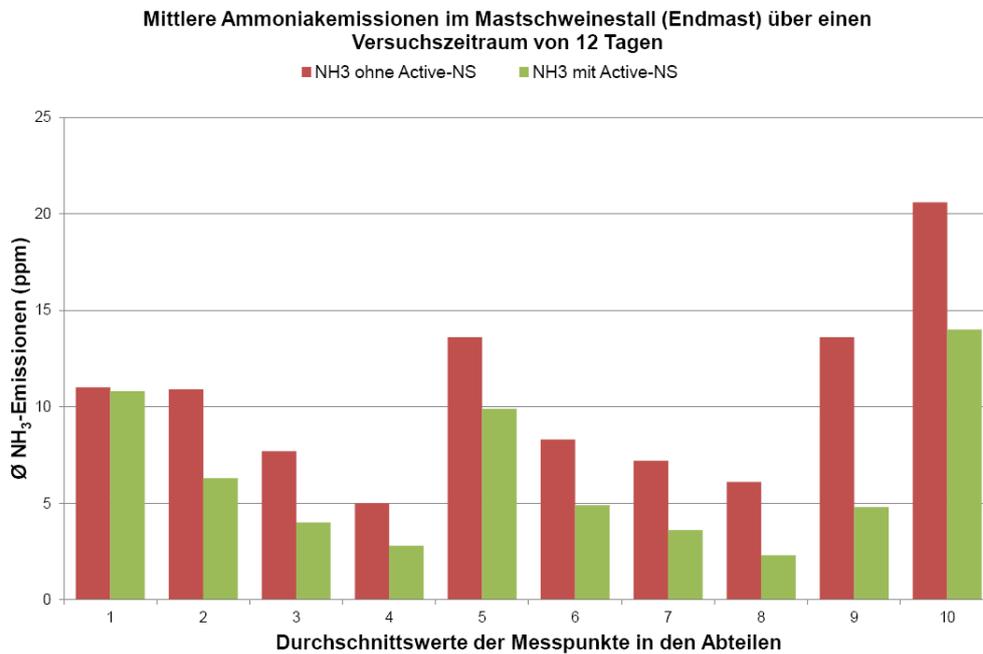
In Tabelle 4 sind die Mittelwerte der Kohlendioxid- (CO<sub>2</sub>) in Vol.% und Ammoniakmessung (NH<sub>3</sub>) in ppm an 10 Messpunkten für die Versuchsansätze Schweinegülle ohne und mit ACTIVE–NS sowie die Durchschnittswerte über den Gesamtzeitraum (12 Versuchstage) für CO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub> dargestellt.

Die Kohlendioxidgehalte lagen im Mittel von 12 Messungen der Kontrolle (Schweinegülle ohne Additiv) bei 0,149 Vol.%, in einer Schwankungsbreite von 0,125 bis 0,188 Vol.%. Demgegenüber konnte bei der Schweinegülle mit Additiv im Durchschnitt ein Kohlendioxidgehalt von 0,141 Vol.% (0,108 bis 0,171 Vol.%) erfasst werden. Damit wurden durch den Einsatz des Additivs geringere Kohlendioxidgehalte gegenüber der unbehandelten Kontrolle nachgewiesen. Die Unterschiede sind jedoch geringfügig und nicht signifikant. Die erfassten Werte für beide Varianten liegen aber deutlich über denen von Voigt und Wippermann (1998), die innerhalb der atmosphärischen Konzentration eine Spanne von 0,03 bis 0,04 Vol.% Kohlendioxid ermittelten. An der Bodenoberfläche von landwirtschaftlichen Nutzflächen konnte Albertsen (1978) Kohlendioxidgehalte von teilweise über 0,5 Vol.% erfassen, die Größe der Werte bezieht sich jedoch auf die entsprechende landwirtschaftliche Nutzung in Kombination mit der Bodenaktivität und dem Feuchtegehalt. Die eigenen ermittelten Werte der Kontrolle und der Schweinegülle mit ACTIVE-NS wurden in 50 cm Höhe oberhalb des Spaltenbodens erfasst, was die geringeren Werte gegenüber den Literaturwerten von Albertsen (1978) erklärt. Studien von Richter (2006) geben Kohlendioxidgehalte von 0,3 Vol.% als Maximum der Tierschutz-NutztierhaltungsVO an, Konzentrationen von mehr als 0,5 Vol.% sind als MAK-Werte in der Stallluft gesetzlich definiert. Diese Werte wurden sowohl von der Kontrolle als auch von der Schweinegülle mit Additiv nicht erreicht. Methan (Vol.%) konnte über den gesamten Versuchszeitraum in allen Messungen der Kontrolle sowie der Schweinegülle mit ACTIVE-NS nicht nachgewiesen werden.

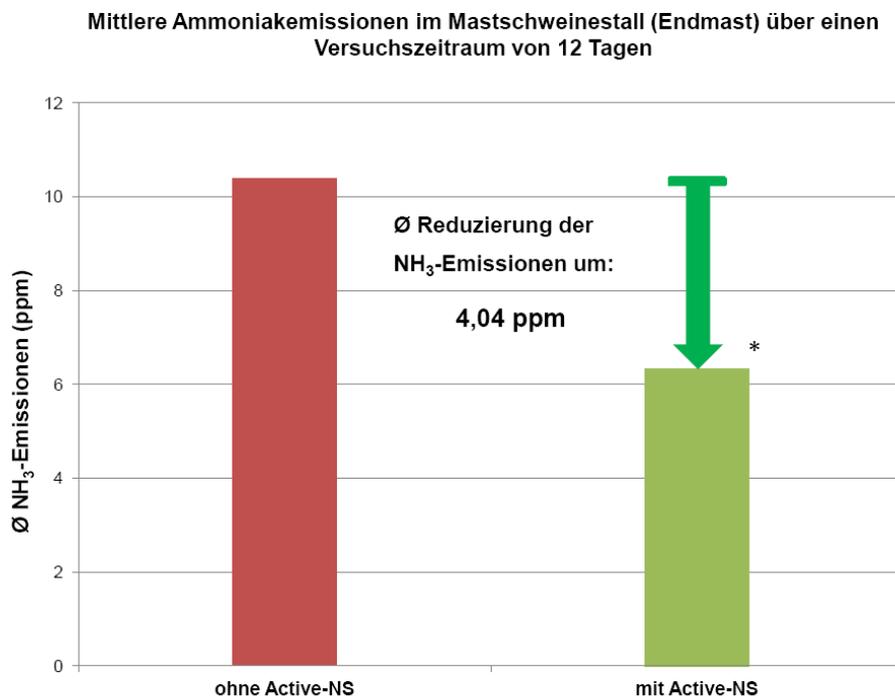
**Tabelle 4:** Mittelwerte der Kohlendioxid- (CO<sub>2</sub>) in Vol.% und Ammoniakmessung (NH<sub>3</sub>) in ppm an 10 Messpunkten für die Versuchsansätze Schweinegülle ohne und mit ACTIVE–NS sowie die Durchschnittswerte über den Gesamtzeitraum (12 Versuchstage) für CO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub>

Messpunkte/ Ansatz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø
Schweinegülle CO <sub>2</sub> (Vol.%)	0,161	0,135	0,147	0,125	0,188	0,155	0,158	0,139	0,135	0,142	<b>0,149</b>
Schweinegülle NH <sub>3</sub> (ppm)	11,0	10,9	7,7	5,0	13,6	8,3	7,2	6,1	13,6	20,6	<b>10,40</b>
Schweinegülle mit ACTIVE-NS CO <sub>2</sub> (Vol.%)	0,171	0,150	0,140	0,133	0,166	0,146	0,139	0,135	0,108	0,126	<b>0,141</b>
Schweinegülle mit ACTIVE-NS NH <sub>3</sub> (ppm)	10,8	6,3	4,0	2,8	9,9	4,9	3,6	2,3	4,8	14,0	<b>6,34</b>

Die durchschnittlichen Ammoniakgehalte der Kontrolle befinden sich bei 10,40 ppm, in einem Schwankungsbereich von 5,0 bis 20,6 ppm. Durch den Einsatz von ACTIVE-NS konnte an allen Messpunkten der Untersuchung eine signifikante Reduzierung der Ammoniakemissionswerte um im Mittel 39 % auf 6,34 ppm (2,3 bis 14,0 ppm) erfasst werden. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 4 und 5 nochmals verdeutlicht.



**Abbildung 4:** Mittlere Ammoniakkonzentration (NH<sub>3</sub>) in ppm über 12 Versuchstagen an 10 Messpunkten der Schweinegülle ohne (Kontrolle) und mit ACTIVE – NS (Versuchsansatz)



**Abbildung 5:** Mittlere Ammoniakkonzentration (NH<sub>3</sub>) in ppm aller Messpunkte in den Abteilen über 12 Versuchstage der Schweinegülle ohne (Kontrolle) und mit ACTIVE – NS (Versuchsansatz)

\* Signifikanz für den Einfluss des Additives für  $p < 0,05$

In der Literatur werden Ammoniakemissionen von 0,0071 bis 0,029 ppm für Gebiete mit intensiver Viehhaltung sowohl von Stroh und Djeradi (2004) als auch von Dämmgen und Sutton (2001) angegeben.

Die eigenen erfassten Ammoniakgehalte (Kontrolle/ Versuchsansatz) liegen im Mittel deutlich oberhalb dieser Ammoniakkonzentration. Ursache für die besonders hohen Ammoniakkonzentrationen sind der nicht vorhandene direkte Luftaustausch mit der Umgebung durch die eingehausten Stallanlagen und die direkte Messung der Ammoniakkonzentration in 50 cm Höhe über den Spaltenboden der Abteile. Die ermittelten Ammoniakkonzentrationen insbesondere des Versuchsansatzes liegen in dem Bereich der Tierschutz-NutztierhaltungsVO mit  $< 20$  ppm ( $\text{NH}_3$ -Emission). Nur der Messpunkt 10 der Kontrolle mit 20,6 ppm  $\text{NH}_3$  befindet sich an der Grenze in dem für Menschen wahrnehmbaren Bereich der Geruchsschwelle/ Belästigung von 20 ppm (DFG, 1986).

Die niedrigeren Kohlendioxidgehalte über die gesamte Versuchszeit insbesondere aber die verringerten Ammoniakkonzentrationen der Schweinegülle mit ACTIVE-NS könnten auf das Additiv zurückzuführen sein. Aufgrund der unbekanntem Zusammensetzung des Additivs ist eine genaue Aussage der Wirkmechanismen bzw. beeinflussten mikrobiellen Abbauvorgänge und Stickstoffpfade nicht möglich. Jedoch kann tendenziell die signifikante Wirkung des Additivs ACTIVE-NS über die gesamte Versuchszeit als Indiz zur Reduzierung von Ammoniakemissionen gewertet werden. Weiterhin ergab die olfaktorische Wahrnehmung ein verbessertes Stallklima in Form eines erdigen Geruches gegenüber den nicht behandelten Abteilen. In weiteren Versuchen muss geprüft werden, ob auch eine Reduzierung der Schadgase Ammoniak, und Kohlendioxid in Rinder- bzw. Schweineställen bei unterschiedlicher Dosierungsmenge des Additivs ACTIVE-NS möglich ist, um eine bedarfsgerechte Applikation im Stall bzw. im Güllemaangement gewährleisten zu können.

## 6. Literatur

- Albertsen M (1978): Kohlendioxid-Haushalt in der Gasphase der ungesättigten Bodenzone, dargestellt am Beispiel eines Podsols, Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Vol.142, Issue 1, S. 39-56
- Böhnke B, Bischofsberger W, Seyfried C-F (1993): „Anaerobtechnik“, Springer-Verlag, Berlin, 837 Seiten
- Burgstaler J, Blumenthal J (2008): Untersuchungen zur pH-Wertregulation versäuerter Biogasfermenter und die Auswirkungen auf die Biogasausbeute. Masterthesis an der Universität Rostock 2008, 112 Seiten
- Burgstaler J (2012): Untersuchungen zum diskontinuierlichen und kontinuierlichen Einsatz von Natriumhydrogencarbonat zur Effizienzsteigerung in einstufigen Biogasverfahren, Dissertation an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock, 160 Seiten
- Dämmgen U, Sutton M-A (2001): Die Umwelt-Wirkungen von Ammoniak-Emissionen. KTBL-Schrift 402, Darmstadt, S.14-25
- DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (1986): MAK-Begründung Ammoniak. Wiley-VCH Verlag, Weinheim
- Döhler H, Grebe S, Häußermann U (2009): Düngewirkung von Gärresten, Gülzower Fachgespräche Band 32; Tagungsband: „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, KTBL/ FNR-Biogas-Kongress 09/2009 in Weimar, S. 223 - 235
- Döhler H, Wulf S, Grebe S, Roth U, Klages S, Amon T (2010): Qualität und Verwertung des Gärrestes, Leitfaden Biogas – Von der Gewinnung zur Nutzung, 5., vollständig überarbeitete Auflage, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) - Gülzow 2010, ISBN: 3000143335, S. 211 - 232
- Hamann-Steinmeier A, Rosenberger S (2013): Active NS – Einwirkung des Additivs auf Gärsubstrate, Untersuchungen der Gärsubstrate und deren Gasbildungspotenziale in NaWaRo – Anlagen mit Active NS, Hochschule Osnabrück – Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Labor für Bioverfahrenstechnik und nachhaltige Energiesysteme, 13 Seiten
- Hölker U (2008): Gerüchteküche schließen. Biogas Journal, Forschung und Praxis/ Sonderdruck, ZKZ 50073, 04/2008, Datenauswertung von über 1000 Biogasanlagen durch die Bioreact GmbH, S. 22 - 29
- Mähnert P (2007): Kinetik der Biogasproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen und Gülle. Dissertation an der Humboldt-Universität zu Berlin, März 2007, 168 Seiten
- Stroh K, Djeradi B (2004): UmweltWissen – Ammoniak und Ammonium, Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg , 12 Seiten
- Richter T (2006): Krankheitsursache Haltung, Beurteilung von Nutztierställen – Ein tierärztlicher Leitfaden. Enke Verlag, Stuttgart, 255 Seiten, ISBN 3830410433
- Spendlin H-H (1991): Untersuchung zur frühzeitigen Initiierung der Methanbildung bei festen Abfallstoffen. Hamburger Berichte Band 4, Economica Verlag, Bonn 1991, 192 Seiten, ISBN: 3870812710
- Voigt H-J, Wippermann Th. (1998): Geochemie, Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, BGR: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Springer Verlag Berlin, S.359 ISBN 3540594647

Prof. Dr. habil. agr. Norbert Kanswohl  
Leiter der Professur Tierhaltung und Verfahrenstechnik