



lfz
rauberg
gumpenstein

Lehr- und Forschungszentrum
Landwirtschaft
www.raumberg-gumpenstein.at

Abschlussbericht Delacon IED (IPPC)

Wissenschaftliche Tätigkeit Nr. 3594

Untersuchung eines Futtermittelzusatzes im Hinblick auf Emissionsminderung und Leistungsdaten unter Berücksichtigung der IED (IPPC)-Richtlinie

Investigation of a feed additive regarding emission reduction and
performance with consideration of the IED (IPPC) guideline

Projektleitung:

Ing. Eduard Zentner, LFZ Raumberg-Gumpenstein

Projektmitarbeiter:

Ing. Irene Mösenbacher-Molterer, Gregor Huber, Dipl.Tzt. Dr. Johann Gasteiner, Christian Bachler,
Manfred Mayer, Johann Zainer, Sigrid Brettschuh, Bernhard Rudorfer, Ing. Anton Schauer, Roland Kitzer,
Ing. Josef Kaufmann, Barbara Steiner,

Projektpartner:

DI Martin Veit, DELACON Biotechnik GmbH,
Weissenwolffstraße 14, 4221 Steyregg, Austria

Projektlaufzeit:

2011



lebensministerium.at

www.raumberg-gumpenstein.at

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	1
ZUSAMMENFASSUNG	3
SUMMARY	3
EINLEITUNG	5
MATERIAL UND METHODEN	6
VERSUCHSGRUPPEN.....	6
VERSUCHSRÄUME.....	6
LÜFTUNG.....	7
FUTTERMITTEL.....	7
<i>Phytogene Futtermittelzusätze</i>	7
<i>Herstellerangaben</i>	8
<i>Nachweis und Überprüfbarkeit des Zusatzes im Futtermittel</i>	8
FÜTTERUNGSMANAGEMENT.....	8
GESUNDHEITSTATUS.....	8
MESSTECHNIK.....	9
OLFAKTOMETRIE.....	10
<i>Messung der Geruchsschwelle</i>	10
ELEKTRONISCHE NASE – PEN 2.....	10
<i>Ablauf einer Messung</i>	12
AUSWERTUNG.....	12
<i>Stallklima</i>	12
<i>Schlachtleistung</i>	12
<i>Statistische Auswertung</i>	12
<i>Futteranalyse</i>	12
<i>Gülleanalyse</i>	12
<i>Berechnung der Emissionen</i>	12
VERSUCHSERGEBNISSE	13
STALLKLIMAWERTE.....	13
SCHADGASE.....	14
<i>Ammoniak</i>	14
<i>Kohlendioxid</i>	15
LÜFTUNGSRATE.....	16
OLFAKTORISCHE UNTERSUCHUNGEN.....	16
ELEKTRONISCHE NASE PEN 2.....	18
<i>PCA-Analyse</i>	18
FUTTERZUSAMMENSETZUNG.....	21
WASSERVERBRAUCH.....	22
LEISTUNGSPARAMETER.....	23
GÜLLEANALYSE.....	24
EMISSIONEN.....	24
<i>Ammoniak-Emissionen</i>	24
<i>Kohlendioxid-Emissionen</i>	26
<i>Geruchsemissionen</i>	27
WIRTSCHAFTLICHKEIT.....	28

SCHLUSSFOLGERUNGEN	28
LITERATUR	30
DATENBLÄTTER MESSTECHNIK	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

Zusammenfassung

Untersucht wurden die Auswirkungen des Futterzusatzes „Fresta® F Plus“ auf eine mögliche Reduktion von Geruch und Ammoniak (bzw. weiteren Schadgasen) in der Schweinemast. Um den Einfluss verschieden-geschlechtlicher Tiere auszuschalten und ruhigere Gruppen zu erhalten, wurden ausschließlich weibliche Tiere eingestallt. Mit permanenten Messungen wurden über den gesamten Mastdurchgang alle relevanten Stallklimadaten erfasst. Hinsichtlich Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit wurde besonders Bedacht auf absolute Vergleichbarkeit von Kontroll- und Versuchsabteil gelegt. Mit dem neuen Multi Gas Monitoring System – INNOVA 1412 (Luma Sense Technologies) wurden die Schadgaswerte (NH₃, CO₂) kontinuierlich erhoben. Ziel der Versuchsplanung war es sämtliche Parameter für eine Aufnahme in die BVT (=Beste Verfügbare Techniken) Liste als anerkanntes Reduktionsverfahren zu erheben.

Für das Versuchsabteil ergab sich über die gesamte Mastperiode eine Konzentration von 17,5ppm Ammoniak im Tierbereich gegenüber 22,3ppm im Kontrollabteil. Während des gesamten Versuchsverlaufes konnte durch den Futterzusatz eine durchschnittliche Reduktion von -21,5% gegenüber dem Kontrollabteil erreicht werden. Die mittels Olfaktometer TO8 erhobenen Geruchseinheiten zeigten in der Kammer „Versuch FF+“ ebenfalls eine durchschnittliche Minderung von -27,6%. Diese Werte spiegeln allgemein die bereits in Vorversuchen bewiesene Korrelation zwischen Ammoniak und Geruch wieder. Die Berechnung der Emissionsmassenströme für NH₃, CO₂ und Geruch lässt auf ein großes Potenzial des Futterzusatzes schließen.

Vergleicht man die Leistungsdaten der zwei Gruppen „Versuch FF+“ und „Kontrolle“, ergibt sich eine höhere Tageszunahme zugunsten des Futterzusatzes „FF+“ von 64g pro Tier und Tag. In Prozent ausgedrückt ergibt dies ein Plus von 8,5%. Durch die höheren Tageszunahmen sowie Futteraufnahmen ergab sich eine verbesserte Futtermittelverwertung im Versuchsabteil.

Der untersuchte Futterzusatz „Fresta® F Plus“ ist in jedem Fall dazu geeignet, die Geruchs- und Ammoniakemissionen sowie die daraus resultierende Immission entsprechend zu reduzieren.

Summary

The aim of this trial was to evaluate the effect of the phytogetic feed additive Fresta® F Plus (FF+) on performance and ammonia emissions and concentrations at animal level.

From April until June 2011, a total of 32 female (Large White × Landrace) × Pietrain hybrids were distributed by weight to two treatment groups. Pigs were housed in two identical barns with two pens with fully slatted floors, for 8 fattening pigs from 30 to 110 kg live weight. During the experiment, the control group was fed the basal diet while the treatment group received the basal diet plus 150 ppm of the phytogetic feed additive (Delacon Biotechnik GmbH, Austria) for 78 days. Body weight was recorded individually weekly, while feed intake was recorded daily per pen. Temperature, humidity and ammonia concentrations were continuously measured outside and in the barns. Ammonia and carbon dioxide concentrations were measured continuously with the photo-acoustic field gas monitor INNOVA 1412 (Lumasense Technologies), at 3 measurement points per barn and for emissions in the chimneys. The ventilation rates were recorded with measurement ventilators. For the evaluation of odor concentrations and emissions an olfactometer (Mannebeck, Germany) was used. Samples for odor measurements were taken 5 times in the exhaust chimneys during the trial. Slurry was analyzed mainly for nitrogen and ammonia nitrogen.

Temperature, humidity and ventilation rates were at the same level in both barns. Ammonia concentrations were significantly reduced by 21 % in the treatment group, while daily feed intake and daily weight gain increased by 7.4 % and 8.4 %, respectively. Ammonia emissions were reduced by 19.3 % or 210 g ammonia and odor emissions by 32.6% or 64 million odor units per fattening pig from 30 to 100 kg. Total

nitrogen (3.01%) and ammonia nitrogen (1.23) in the slurry was reduced in the FF+ group. Due to improved performance parameters the application of this feed additive is leading to a profit of 0.78 €/per fattening pig.

The current study proves that phytogenic feed additives containing saponins which inhibit the urease activity reduce ammonia and odor emissions as well as concentrations in the barn while providing economical benefits to the farmer.

Therefore the tested feed additive “Fresta® F plus” is in any case suitable for reducing odor and ammonia emissions as well as the resulting nuisance.

Einleitung

Im Rahmen eines Mastschweineversuches wurde ein in einem Vorversuch bereits erprobter Futtermittelzusatz "Fresta® F Plus" der Firma Delacon untersucht. Die Neuheit gegenüber dem letzten Versuch ist die eingesetzte Messtechnik, welche von der IED (IPPC) vorgegeben wird. Hierbei geht es vor allem um repräsentative Messergebnisse bei kontinuierlichen Messungen, Qualitätssicherung und Referenzmessverfahren zur Kalibrierung nach CEN-Normen, usw. Es soll damit erreicht werden, dass die Ergebnisse europaweit anerkannt werden und das Produkt auch von Betrieben mit Größenordnungen, welche in die IED (IPPC)-Richtlinie fallen, als Minderungsmaßnahme eingesetzt werden kann.

Der zum Einsatz kommende Futtermittelzusatz („Fresta® F Plus“) der Firma Delacon wurde bereits im Jahr 2010 in den Versuchsstallungen des LFZ Raumberg-Gumpenstein untersucht. Untersucht wurde hierbei eine mögliche Reduktion von Geruch und Schad- bzw. Fremdgasen in der Schweinemast. Bei sehr guten Vergleichsbedingungen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe ergab sich eine Minderung bezüglich der Geruchseinheiten um 29%. Die Auswertung der olfaktorischen Messungen zeigt in der Vor- und Endmast eine starke Reduktion der Geruchseinheiten in der Versuchsgruppe. Bezüglich Ammoniakkonzentration ergibt sich unter Betrachtung der Tagesmittelwerte eine signifikante Minderung um 32% ($P < 0,0001$). Der untersuchte Zusatz ist jedenfalls dazu geeignet, eine Verbesserung des Stallklimas und damit eine positive Auswirkung auf die Tiergesundheit herbeizuführen. Er ist aber insbesondere dazu geeignet, die Geruchsemission und die daraus resultierende Immission entsprechend zu reduzieren. Ziel ist die Erforschung und Etablierung von emissionsmindernden Möglichkeiten im Tierbereich mit einer Win – Win Situation für Tier und Umwelt. Im Unterschied zu vorangegangenen Untersuchungen in den Versuchsstallungen wurden Messventilatoren zur Erhebung der Luftraten installiert. Weiters wurde in dem Projekt eine Berücksichtigung der IED (IPPC)-Richtlinie (Richtlinie 2010/75/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen - integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung - Neufassung) vorgenommen, um mittels vorgegebener Messtechnik abgesicherte und europaweit anerkannte Daten zu erhalten, welche dem eingesetzten Futtermittelzusatzstoff der Fa. Delacon die Aufnahme in die BAT-Liste (best available technic) ermöglicht.

Material und Methoden

Versuchsgruppen

Zur Überprüfung der Auswirkung des Futterzusatzes „Fresta® F Plus“ auf eine mögliche Reduzierung von Schad- bzw. Fremdgasemissionen in der Schweinemast wurden am 31.03.2011 in die insgesamt 4 Versuchsbuchten der HBLFA jeweils acht Ferkel mit einem Gewicht zwischen 27,2 und 36,6 kg in die beiden Versuchsräume eingestallt. Alle Tiere wurden am 14. bzw. 15. Jänner 2011 geboren. Nach Anlieferung wurden die Schweine gekennzeichnet und gewogen. Nach Überprüfung durch den Veterinär wurden die Tiere unter Berücksichtigung der Lebendmasse auf 4 Boxen zu je 8 Tieren in zwei identische, jedoch räumlich getrennte Stalleinheiten aufgeteilt. Um den Einfluss verschieden-geschlechtlicher Tiere auszuschalten, wurden ausschließlich weibliche Tiere eingestallt.

Tabelle 1: Tiereinteilung bei Ankunft

	Kontrollgruppe		FF+	
Durchschnittsgewicht in kg	32,31		32,26	
Standardabweichung je Abteil	2,19		2,05	
	Bucht 1	Bucht 2	Bucht 1	Bucht 2
Durchschnittsgewicht in kg	32,05	32,58	31,95	32,58
Standardabweichung je Bucht	2,23	2,26	2,03	2,17

Vor dem eigentlichen Versuchsbeginn gab es eine zweiwöchige Eingewöhnungs-Phase der Tiere in den jeweiligen Abteilen. Während dieser Phase wurden bereits Kontroll- und Versuchsfutter eingesetzt. Der Versuchszeitraum erstreckte sich vom 11.04.2011 (Ende der Eingewöhnungsphase) bis zum 28.06.2011 (1. Schlachtermin). Mit einer mobilen elektronischen Waage wurden die Tiergewichte wöchentlich erhoben, entsprechend protokolliert und die Gewichtszunahmen daraus errechnet.

Tabelle 2: Tiergewichte zu Versuchsbeginn

	Kontrollgruppe		FF+	
Durchschnittsgewicht in kg	37,9		39,0	
Standardfehler	0,73		0,75	
	Bucht 1	Bucht 2	Bucht 1	Bucht 2
Durchschnittsgewicht in kg	37,34	38,46	39,53	38,49
Standardfehler	1,03	1,03	1,03	1,10

Die Herkunft der Tiere wurde über den VLV Oberösterreich (Verband der landwirtschaftlichen Veredelungsproduzenten) organisiert, wobei es sich dabei um 3-Wegehybride handelt: Deutsches Edelschwein x Landrasse mütterlicherseits; der Eber ist ein Pietrain.

Versuchsräume

Der Mehrzweck - Versuchsstall der HBLFA verfügt über zwei spezielle Stallungen für Versuche mit Mastschweinen. Die Konzeption erlaubt eine variable Gestaltung der einzelnen Buchten, wobei in den völlig gleich gestalteten Räumen insgesamt 4 x 8 = 32 Endmasttiere (16 Tiere pro Raum) zwischen 30 und 110 kg Lebendgewicht untergebracht werden können.

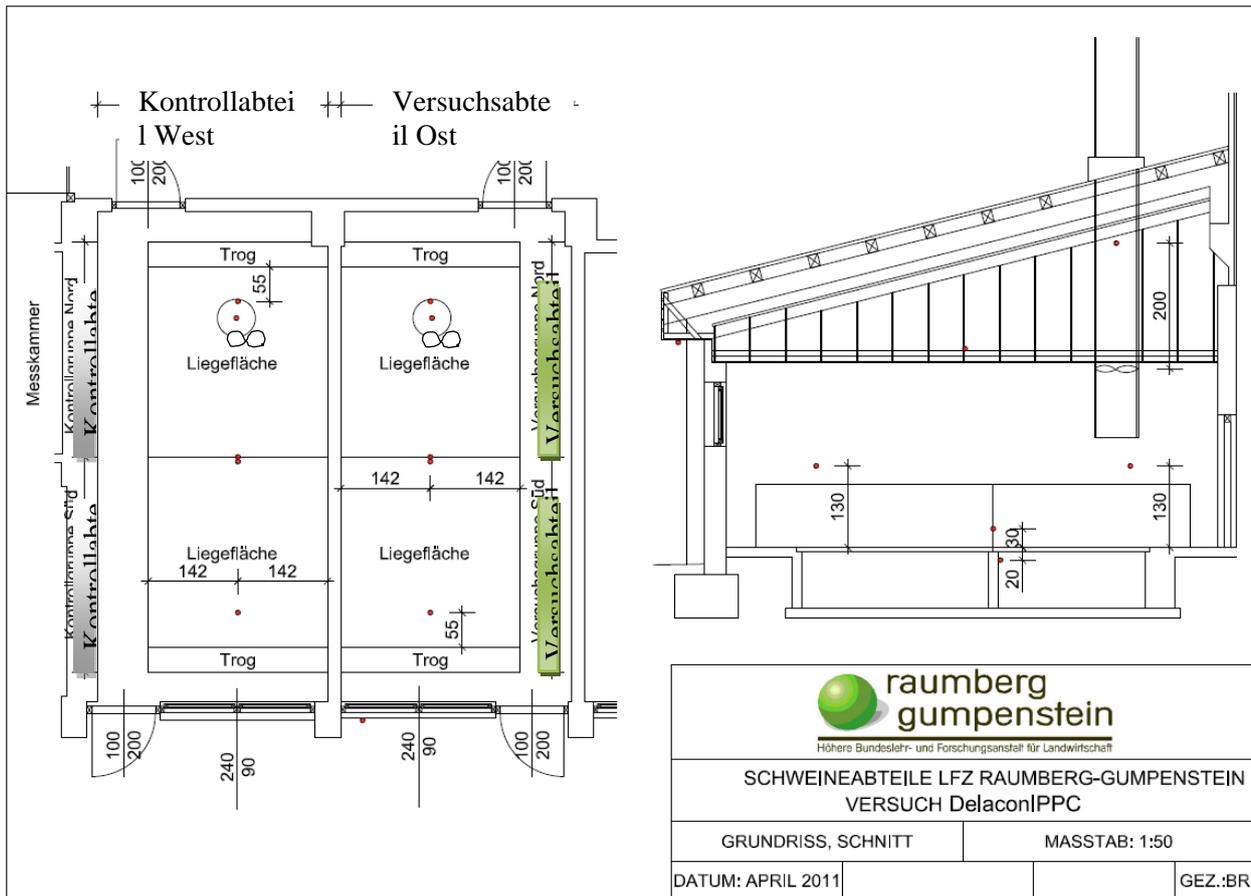


Abbildung 1: Planskizze der Versuchsräume sowie Lage der Messpunkte im MZV (rot markiert)

Die Haltung der Schweine erfolgte konventionell auf Vollspaltenböden, welche vor Versuchsbeginn erneuert wurden. Weiters befanden sich in jeder Bucht Raufen, die zur Bereitstellung von Beschäftigungsmaterial täglich mit Stroh befüllt wurden. Die Abteile wurden vor Versuchsbeginn nochmals gereinigt, desinfiziert und der Güllebereich weitestgehend und so gut als möglich geleert und ebenfalls gereinigt.

Lüftung

Als Zuluftelement ist eine Porendecke mit einer 5 cm Dämmlage eingebaut, die Zuluft gelangt über den Dachraum in den Tierbereich. Die Abluft wird elektronisch gesteuert und je über einen Abluftkamin abgesaugt, Um dem Bedarf der Tiere entsprechend zu lüften, kann elektronisch, insbesondere zu Mastbeginn, über Konvektoren zugeheizt werden. Zusätzlich wurden die Abteile vor dem Einstellen der Tiere entsprechend vorgewärmt. In den baugleichen Abteilen wurde die Lüftung und Beheizung parallel gesteuert.

Die Lüftungsrate wurde mittels Messventilatoren, welche bei den wöchentlichen Wiegungen kontrolliert und bei Bedarf gewartet wurden, erhoben. Das Messintervall betrug 10 Minuten.

Futtermittel

Phytogene Futtermittelzusätze

Phytogene Futtermittelzusätze sind Mischungen aus speziellen pflanzlichen Rohstoffen und fallweise

mineralischen Trägerstoffen. Dafür werden hauptsächlich selektierte ätherische und pflanzliche Öle, sowie eine Reihe hochwertiger Kräuter und Gewürze mit speziellen Aroma- und Geschmackseigenschaften verwendet. Aufgrund ihres hohen Problemlösungspotentials hat sich diese neue Additiv- Generation speziell nach dem Verbot der antibiotischen Wachstumsförderer einen festen Platz in der heutigen Tierernährungsindustrie gesichert.

Herstellerangaben

„Fresta® F Plus“ ist eine standardisierte, qualitativ hochwertige Kombination aus teilweise mikroverkapselten ätherischen Ölen (Kümmel und Zitrone), Kräutern, Gewürzen, Füllstoffen und Fließhilfsmitteln, sowie Saponinen. Der garantierte Carvon – Gehalt liegt bei 0,35%.

„Fresta® F Plus“ nutzt das natürliche Potential seiner phyto-genen Inhaltsstoffe um die Verdauung und Nährstoffverwertung zu optimieren. Die pflanzlichen Wirkstoffe regen nachweislich den Stoffwechsel und die Verdauung an und steigern die Erträge in der Mast. Die verwendeten Saponine wurden auf ihre Hemmung von Urease getestet, um eine Ammoniakfreisetzung zu verhindern.

Nachweis und Überprüfbarkeit des Zusatzes im Futtermittel

Um den Einsatz der Futterzusätze zur Ammoniakreduktion im Futter nachweisen/überprüfen zu können stehen für „Fresta® F Plus“ folgende Methoden zur Verfügung:

1) Microtracer

Microtracer sind Metallpartikel, die mit einem Lebensmittelfarbstoff ge-coated sind. 1 g Microtracer enthält eine genau definierte Anzahl solcher ge-coateten Metallpartikel.

Auf Kundenwunsch oder zur Kontrolle von Fütterungsversuchen kann durch homogenes Einmischen des Microtracers in das Produkt die korrekte Zugabe von „Fresta® F Plus“ im Fertigfutter überprüft werden. Weicht die Anzahl der im Fertigfutter gefundenen Metallpartikeln stark von der erwarteten/kalkulierten Menge ab, kann man daraus schließen, dass bei der Einmischung von „Fresta® F Plus“ in das Fertigfutter ein Fehler unterlaufen ist.

DELACON hat vom Hersteller eine exklusive Version des Microtracers zur Verfügung gestellt bekommen. Dies bedeutet, dass bereits durch qualitativen Nachweis des Tracers das Vorhandensein eines DELACON-Produktes bestätigt werden kann. Auch Verschleppungen können dadurch sehr leicht nachgewiesen werden.

2) GC/MS

Mithilfe eines für Delacon entwickelten und von der EFSA (European Food Safety Authority) anerkannten GC/MS-Verfahrens kann Carvon – die Leitsubstanz von „Fresta® F Plus“ – sowohl im Fertigprodukt als auch in unterschiedlichen Futterkonzentrationen nachgewiesen werden. Neben der qualitativen Identifizierung kann der Carvon-Gehalt auch quantitativ bestimmt werden. Die Bestimmungsgrenze liegt dabei bei 0,1 µg/g.

Fütterungsmanagement

Den Tieren wurde während der gesamten Mastperiode Futter und Wasser ad libitum angeboten. Ab 5. April erhielt die Kontrollgruppe das Vormastfutter mit Placebo und die Behandlungsgruppe das Vormastfutter mit dem Futtermittelzusatz „Fresta® F Plus“. Die Umstellung auf das Endmastfutter mit Placebo oder mit „FF+“ erfolgte am 16.05.2011 bei einem Durchschnittsgewicht der Tiere von 65kg.

Jeweils am Morgen und am Abend und an sieben Tagen die Woche wurde das Futtermittel eingebracht, vorher eingewogen und das nicht verbrauchte Futter bei der nächsten Fütterung, vor der nächsten Gabe, wieder rückgewogen.

Gesundheitsstatus

Bei Anlieferung bzw. bei Einstellen der Ferkel wurde ein klinischer Befund seitens des Anhaltstierarztes erstellt. Während des Untersuchungszeitraumes gab es wöchentliche Visiten des Veterinärs und tägliche Beobachtungen durch das Betreuungspersonal.

Messtechnik

In beiden Abteilen wurden mittels Temperatur- und Feuchtefühlern, doppelt abgesichert mittels einer zweiten Messeinheit, mittig über jeder Bucht, rund 110 cm über dem Buchtenboden, die Stalltemperatur und die Luftfeuchte gemessen. Zusätzlich wurden die Außenbedingungen sowie die Werte im Dachraum gemessen. Die Erfassung der Werte erfolgte kontinuierlich in 10-minütigen Abständen, der aus diesem Zeitraum resultierende Mittelwert wurde auf dem Saveris-Datenlogger gespeichert. Die Daten wurden wöchentlich ausgelesen und im internen Netz gespeichert.

Während der gesamten Versuchsperiode wurden die in *Tabelle 3* angeführten Gase kontinuierlich mit dem neuen Multi Gas Monitoring System – INNOVA 1412 (Luma Sense Technologies) erhoben. Das Aufzeichnungsintervall wurde auf 15 Minuten festgelegt. Vor Einstellung der Versuchstiere wurden die Konzentrationen in den Stallungen gemessen, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.



Abbildung 2: Multi Gas Monitoring System – INNOVA 1412 (Luma Sense)

Die nachstehenden Parameter wurden in der Zuluft und außen sowie in jedem Abteil an folgenden 5 Messpunkten erhoben (s. *Abbildung 1*):

Nordseite in einer Höhe von 1,30 m

Mitte in einer Höhe von 30 cm (Tierbereich)

Mitte - 20 cm unter den Spalten

Südseite in einer Höhe von 1,30 m

Abluftkamin (Mitte)

Tabelle 3: Gemessene Gase durch INNOVA 1412

Nr,	Gas	Chemische Bezeichnung	Einheit
1	Ammoniak	NH ₃	ppm; mg/m ³
2	Kohlendioxid	CO ₂	ppm; mg/m ³

Referenzmessungen wurden mittels Dräger X-am 7000-Messgeräten durchgeführt, um einerseits die Werte zu überprüfen sowie andererseits bei einem eventuellen Ausfall der kontinuierlichen Messtechnik eine gewisse Datensicherheit bereitzustellen.

Olfaktometrie

Um definitive Aussagen hinsichtlich der ursächlichen Fragestellung der Untersuchung, nämlich der Reduzierung von Geruch machen zu können, wurden olfaktometrische Untersuchungen in Gumpenstein durchgeführt.

Bei der Olfaktometrie handelt es sich um ein wirkungsbezogenes Messverfahren, das die Wirkung von Gerüchen auf den Menschen analysiert. Gerüche entstehen aus einer Vielzahl chemischer Substanzen, deren Zusammenwirken auf das Riechorgan je nach Art der Stoffe und nach Mengenanteilen sehr verschieden sein kann. Eine Analyse aller Geruchsstoffe einer aus der Luft entnommenen Probe ist wegen der meist sehr hohen Zahl an Einzelbestandteilen kaum möglich. Die Bestimmung von Leitkomponenten kann nur bei identischer Probenzusammensetzung eine Korrelation zu Geruchsstoffkonzentration und Geruchsintensität liefern. Selbst bei quantitativer Bestimmung aller Inhaltsstoffe einer Probe kann der Geruchseindruck nicht beschrieben werden.

Messung der Geruchsschwelle

Jede Probe wurde mit 2 Teams zu je 4 Probanden analysiert. Verwendet wurde ein Olfaktometer der Fa. Mannebeck, Baureihe TO8. Als Messmethode wurde die Geruchsschwellenmessung (Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration) ausgewählt. Die Ergebnisse der Geruchsstoffkonzentrationsmessungen werden in GE/m³ (Geruchseinheiten pro Kubikmeter) mit allen dazugehörigen statistischen Werten angegeben.

Definition: „1 Geruchseinheit (GE) ist die Menge an Geruchsstoffen, welche in 1 m³ Luft bei 50% der Menschen gerade eben eine Geruchsempfindung auslöst“.



Abbildung 3: Probanden am Olfaktometer TO8

Die Geruchsstoffkonzentration der zu messenden Abgasprobe wird durch Verdünnung mit synthetischer Luft bis zur Geruchsschwelle bestimmt. Dazu wird einem konstanten, geruchsneutralen Luftstrom ein über Strömungsmesser dosierbarer, geruchsintensiver Gasstrom in steigender Konzentration beigemischt. Dieses Gemisch wird über Nasenmasken einem Probandenkollektiv zur Beurteilung angeboten. Zur Bestimmung der persönlichen Geruchsschwelle muss jeder Proband eine Ja-/Nein-Entscheidung (es riecht/es riecht nicht) treffen. Die positive Entscheidung wird per Tastendruck einem Auswerteprogramm übermittelt.

Elektronische Nase – PEN 2

PEN 2 (Portable Electronic Nose – tragbarer chemischer Sensor) der Firma WMA Airsense Analysetechnik GmbH, Schwerin, ist ein schnelles und robustes Identifikationssystem für Gase und Gasgemische. Der Nachweis der Gase erfolgt über eine Anordnung von 10 verschiedenen Gassensoren.

Gasförmige Verbindungen werden anhand des von den Sensoren erzeugten Musters klassifiziert und nach einem Trainingsschritt wieder erkannt. Mit unterschiedlicher Software zur Mustererkennung erzielt das Instrument eine einfache und schnelle Entscheidung „gut“ oder „schlecht“, „ja“ oder „nein“ – je nach Training durch den Anwender.

Tabelle 4: Sensorenbeschreibung der elektronischen Nase

Lfd. Nummer	Sensorname	Allgemeine Beschreibung	Referenz
1	W1C aromatisch	aromatische Komponente	Toluol, 10 ppm
2	W5S große Bandbreite	hochempfindlich, sensitiv, große Bandbreite, hochempfindlich auf Stickstoffoxid und Ozon, hochempfindlich auf Negativsignal	NO ₂ , 1 ppm
3	W3C aromatisch	Ammoniak, Verwendung als Sensor für aromatische Komponenten	Benzol, 10 ppm
4	W6S Wasserstoff	hauptsächlich Wasserstoff, wahlweise Atemgas	H ₂ , 100 ppb
5	W5C aromatisch- aliphatisch	Alkan, aromatische Komponenten, niedrige Pool-Komponente	Propan, 1 ppm
6	W1S große Bandbreite für Methan	empfindlich für Methan (Umwelt) mit ca. 10 ppm, große Bandbreite, ähnlich zu Nr. 8	CH ₄ , 100 ppm
7	W1A organischer Schwefel	reagiert auf Schwefelkomponenten (H ₂ S, 0,1 ppm) andererseits feinfühlig gegenüber Terpenen und organischen Schwefelkomponenten, welche für den Geruch wesentlich sind (Limonen, Pyrazin)	H ₂ S, 1 ppm
8	W2S großer Bandbreite Alkohole	bestimmt Alkohole, teilweise aromatische Komponenten mit großer Bandbreite	CO, 100 ppm
9	W2W Schwefel – Chlor	Aromatische Komponenten, organische Schwefelkomponenten	H ₂ S, 1 ppm
10	W3S Methan- aliphatisch	reagiert auf hohe Konzentrationen > 100 ppm, manchmal sehr feinfühlig (Methan)	CH ₄ , 10 ppm

Der Vorteil gegenüber der menschlichen Nase besteht darin, dass ein derartiges System objektiv arbeitet und keine Ermüdung kennt. Das Signal ist quantifizierbar und hat eine elektronische Form. Im Vergleich zur klassischen Laboranalyse ist es außerdem wesentlich kostengünstiger und schneller und ermöglicht eine Massenanwendung. Eine Einbindung in automatische Verarbeitungs- und Messsysteme oder auch Alarmanlagen ist möglich. Ein gewisses Problem ist noch die Langzeitstabilität. Die Sensoren können mit der Zeit verschmutzen oder verstopfen, etwa durch Fettpartikel. Dadurch ändern sich Empfindlichkeit und Selektivität. Sie müssen deshalb regelmäßig kalibriert werden.

Ablauf einer Messung

Für die Messung mit der elektronischen Nase wurde je Probenahmezeitpunkt ein Probenbeutel befüllt. Für die Gaszusammensetzung wurde mittels einer Testmessung festgestellt, auf welchen Kanal die Verdünnung eingestellt werden muss, um eine zu starke Strapazierung und somit einen höheren Verschleiß der Sensoren zu verhindern.

Anschließend wurden alle Geruchsproben der Schweinestallluft mit der elektronischen Nase vermessen und mit der dazugehörigen Software analysiert. Die aufgenommenen Muster können mit vorher abgespeicherten Mustern bekannter Stoffe verglichen werden. Mit der zugehörigen Software lassen sich aus den Signalen zwei charakteristische Parameter extrahieren, die in einem XY-Diagramm gegeneinander aufgetragen werden und den „Ort“ eines Geruchs widerspiegeln. Dieses Verfahren nennt sich Principal Components Analysis (PCA). Verschiedene Gerüche finden sich in unterschiedlichen Bereichen wieder, die teils klar voneinander abgegrenzt sind, teils sich auch überlappen.

Auswertung

Stallklima

Alle erhobenen Stallklimaparameter wurden vom Datenlogger ins EDV-Netz übertragen und als Excel-Datei statistisch weiter verarbeitet. Ausgehend von den zehnminütig erhobenen Werten wurde folgendes berechnet: 24-Stunden Tagesmittel sowie Tagesmaxima und –minima. Um den Tagesgang vor allem im Tierbereich deutlich zu machen, wurden für typische oder extreme Zeitperioden mit den zehnminütigen Werten Temperaturverlaufskurven gezeichnet.

Die Fremd- bzw. Schadgasgehalte wurden vor allem mit dem Ziel gemessen, die Schadgasgehalte der Stallluft, insbesondere Ammoniak (NH_3) zu bestimmen. Beim wöchentlichen Auslesen der Schadgaswerte wurden die Tagesmittelwerte, das Tagesmaximum und Tagesminimum erstellt.

Schlachtleistung

Die Schlachtung und Zerlegung der Tiere erfolgte nach der EU-Referenzmethode im LFZ Raumberg-Gumpenstein. Der Magerfleischanteil wurde mit Hilfe einer Gleichung berechnet ($\text{MFA} \% = 49,123 - 0,55983 \times \text{Fettmaß} + 0,22096 \times \text{Fleischmaß}$). Neben der Teilstückzusammensetzung wurde der Schinken grobgeweblich in Knochen, Fleisch und Fett zerlegt, sowie das Fett/Fleischflächen-Verhältnis und die Fleischfläche (13. und 14. Rückenwirbel) im Kotelett (*Musculus longissimus dorsi*) bestimmt.

Statistische Auswertung

Für die Leistungsdaten Tägliche Zunahme und Futterverwertung wurde SAS proc glm verwendet. Behandlung und Abteil wurden als fixe Variablen integriert und Anfangsgewicht als Covariable. Die Messpunkte im Tierbereich wurden zusammengefasst und der Effekt der Behandlung auf die Ammoniakkonzentration ebenfalls mittels SAS proc glm getestet.

Futteranalyse

Vor- und Endmastfutter wurden im Labor des LFZ Raumberg-Gumpenstein mittels Weender-Analyse untersucht.

Gülleanalyse

Gülleproben wurden am Ende der Vor- und Endmast entnommen und auf folgende Parameter untersucht: Trockenmasse, Asche, Stickstoff, Ammonium Stickstoff, pH-Wert, Ca, Mg, K, P, Na, Mn, Fe, Cu und Zn.

Berechnung der Emissionen

Für die Berechnung der Emissionen wurden die Lüftungsraten und die Konzentrationen im Abluftkanal

herangezogen. Die Leistungsdaten zur Korrektur auf Lebendmassezunahmen beruhen auf den Wiegedaten.

Versuchsergebnisse

Die Zusammenfassung der Ergebnisse erfolgte für eine bessere Vergleichbarkeit jeweils nach dem Schema Vormast, Endmast sowie Gesamtergebnis.

Stallklimawerte

Mit permanenten Messungen wurden über den gesamten Mastdurchgang alle relevanten Stallklimadaten erfasst. Es wurde besonders Bedacht auf absolute Vergleichbarkeit von Kontroll- und Versuchsabteil gelegt. Alle Zeiträume in denen es auf Grund von Wiegeungen, diese fanden wöchentlich jeweils am Montagvormittag statt, und technischen Problemen keine absolute Vergleichbarkeit gab, wurden für die allgemeine Auswertung bereinigt.

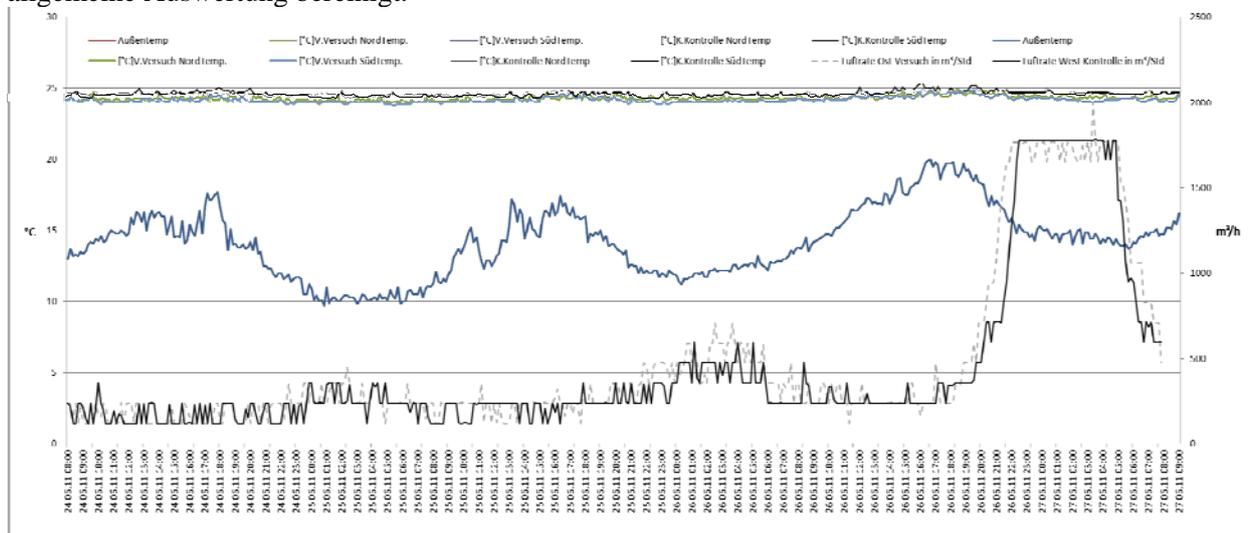


Abbildung 4: Verlauf der Temperaturen in °C, Luftraten in m³/Std. von 24.06. - 27.6.2011

Abbildung 4 zeigt, wie gering die Temperaturunterschiede zwischen den Abteilen Kontrolle und Versuch auch bei großen Schwankungen der Außentemperatur waren. Die relative Luftfeuchte soll nach DIN 18910 (1992) in Ställen ohne Heizung zwischen 60% und 80% liegen. Für Ställe mit Heizung werden Werte zwischen 40% und 70% relativer Luftfeuchte angestrebt (BEA, 2004). Nachfolgende *Tabelle 5* enthält die wichtigsten Parameter im Vergleich, wobei jeweils die Mittelwerte herangezogen wurden.

Tabelle 5: Mittelwerte von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit

	Temperatur (°C)		Luftfeuchtigkeit (%)		Temperatur (°C)		Luftfeuchtigkeit (%)	
	Kontrolle	FF+	Kontrolle	FF+	Außen	Außen	Außen	Außen
Vormast (Tag 1-35)	24,6	24,5	60,7	59,8	11,5		65,3	
Endmast (Tag 36-78)	24,9	24,9	56,8	55,2	16,4		71,9	
Gesamt (Tag 1-78)	24,7	24,7	58,2	57,5	13,9		68,6	

Schadgase

Ammoniak

Tabelle 6 enthält alle Mittelwerte von je 3 Messpunkten im Tierbereich in der Vor- und Endmast sowie die Differenz zwischen beiden Abteilen. Für das Versuchsabteil zeigt sich ein Schnitt über die Mastperiode von 17,5ppm NH₃ im Tierbereich gegenüber dem Kontrollabteil mit 22,3ppm. Während des gesamten Versuchsverlaufes konnte durch den Futterzusatz eine Reduktion von 21,5% gegenüber dem Kontrollabteil erreicht werden. Eine Reduktion der Ammoniakkonzentration ist vor allem für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere von Vorteil.

Tabelle 6: LS Means der Ammoniakkonzentrationen (ppm) im Tierbereich und Reduktion (%)

	Vormast	Endmast	Gesamt
Kontrolle	29,5	15,2	22,3
FF+	23,4	11,8	17,5
Reduktion in %	20,9	22,3	21,5
p-Wert	0,0112	0,0065	0,005
STD Err.	0,9786	0,4608	0,6215
R ²	0,88		

Abbildung 5 veranschaulicht die ermittelten Ergebnisse mit einer Reduktion von 20,9% in der Vormast und 22,3% in der Endmast gegenüber dem Kontrollabteil – somit ergibt sich ein Gesamt-Reduktionspotential von 21,5% durch den Futterzusatz „Fresta® F Plus“. Die tägliche Futteraufnahme sowie die täglichen Gewichtszunahmen lagen um 7,4 % bzw. 8,4 % höher. Daraus resultiert eine erhöhte Stickstoffaufnahme der Behandlungsgruppen, was die – verglichen mit vorherigen Ergebnissen – etwas geringere Minderung der Ammoniakkonzentration erklärt.

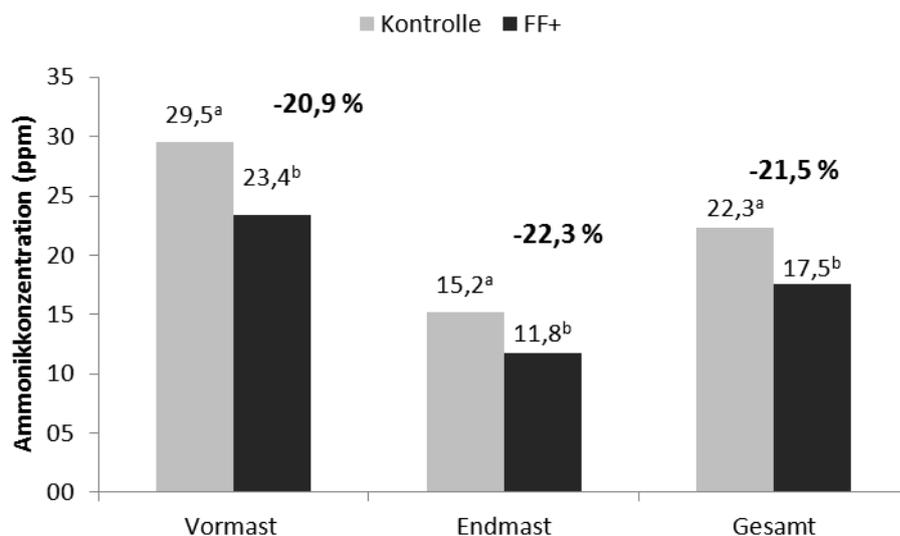


Abbildung 5: LSMeans der Ammoniakkonzentration (ppm) im Tierbereich und Differenzen (%)

In der nächsten Tabelle 7 wird der hohe Unterschied zwischen den Ammoniakkonzentrationen im

Tierbereich sowie 20cm unter dem Spaltenboden deutlich. Unter dem Spaltenboden ergeben sich Werte, die teilweise um bis zu 35ppm höher waren.

Tabelle 7: Mittelwerte der Ammoniakkonzentrationen (ppm) im Tierbereich und 20 cm unter den Spalten

	Kontrolle		FF+	
	Tierbereich	Unter Spalten	Tierbereich	Unter Spalten
Vormast				
Mittelwert	29,2	64,9	26,14	55,3
STABW	8,7	30,4	10,6	31,2
Endmast				
Mittelwert	16,1	46,7	12,3	36,8
STABW	6,14	30,0	6,16	23,3
Gesamt				
Mittelwert	21,2	53,8	17,7	44,0
STABW	9,65	31,4	10,6	28,1

Vergleicht man die kontinuierlich erhobenen Messwerte der neuen Messtechnik mit den regelmäßig durchgeführten Handmessungen (durchgeführt mittels Dräger X-am 7000), welche zur Sicherstellung der Ergebnisse bei einem möglichen Messgeräteausfall durchgeführt wurden, gibt es nur sehr geringe Abweichungen. Im Versuchsabteil wurde ein Mittelwert von 17,12ppm erreicht (STABW 12,52), im Kontrollabteil betrug der Mittelwert 20,76ppm NH₃ (STABW 10,04). Diese Aussage sichert die Ergebnisse vorheriger Versuche, welche ausschließlich mit dem Vorgängersystem durchgeführt wurden, ab.

Kohlendioxid

Kohlendioxid ist als Stoffwechselprodukt der Atmung von Tieren in allen Ställen zu finden. Geringe Kohlendioxidmengen stammen aus der Zersetzung von Kot, Harn und Futterresten. Erhöhte Konzentrationen von Kohlendioxid im Stall weisen auf eine unzureichende Lüftung hin. Die Höhe der Kohlendioxidkonzentration im Stall wird vom Alter der Tiere, ihrer Leistung und der Anzahl der Tiere sowie deren Aktivität bestimmt (UNRATH, 2004). Die höchsten Kohlendioxidkonzentrationen lassen sich nach MOTHEs (1977) sowohl am Stallboden als auch an der Stalldecke finden. Der Autor begründet dies mit dem Lösungsvermögen von Kohlendioxid in Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen. Unterschiedliche Kohlendioxidkonzentrationen im Tagesverlauf sind nach Angaben des Autors auf erhöhte Stoffwechselleistungen nach Fresszeiten zurückzuführen.

Tabelle 8: Mittelwerte der Kohlendioxidkonzentration (ppm) im Tierbereich und 20 cm unter den Spalten

	Kontrolle		FF+	
	Tierbereich	Unter Spalten	Tierbereich	Unter Spalten
Vormast				
Mittelwert	3.391	3.841	3.260	3.613
STABW	1.063	1.051	999	1.228
Endmast				
Mittelwert	1.805	1.934	1.936	2.908
STABW	685	1.276	792	784
Gesamt				
Mittelwert	2.422	2.676	2.451	3.183
STABW	1.151	1.513	1.090	1.039

Lüftungsrate

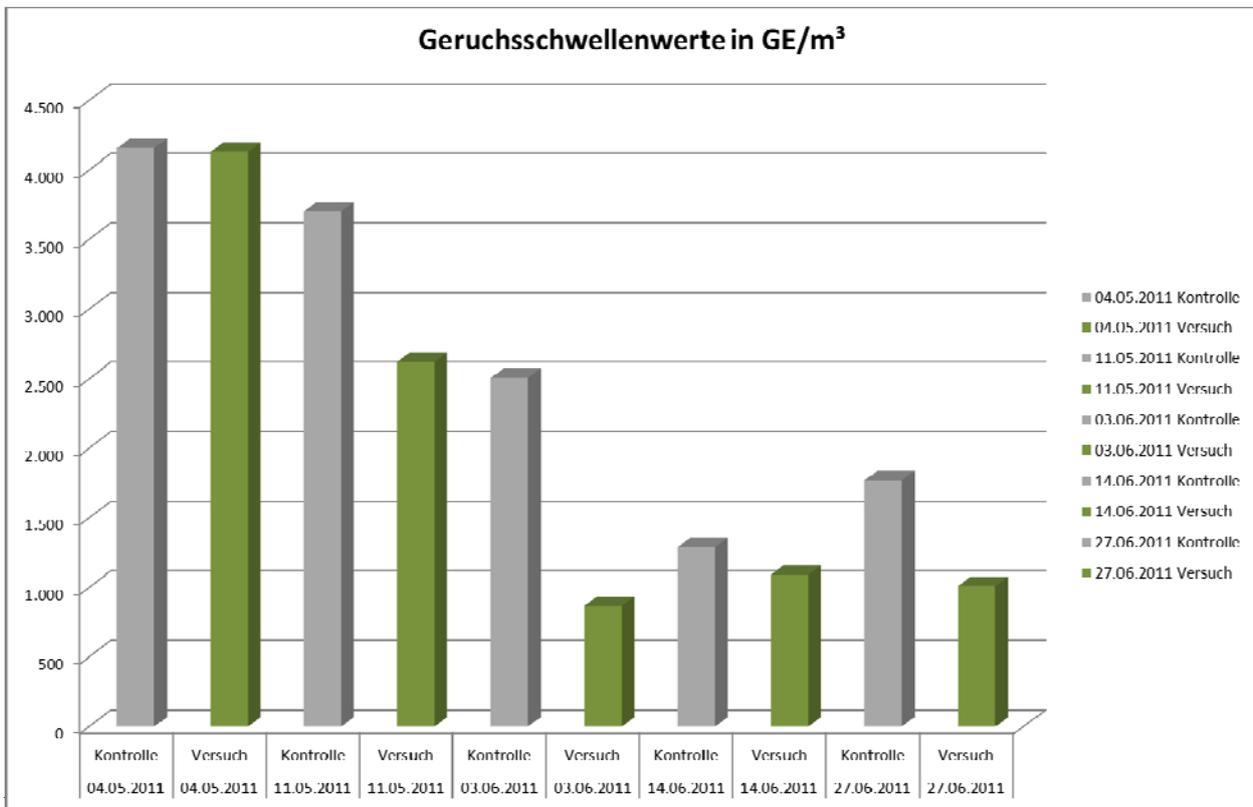
Die Lüftraten betragen zwischen 329 und 454 m³/h. In der Vormast wurden vom Messventilator geringere Lüftraten erhoben, da zu diesem Zeitpunkt niedrigere Außentemperaturen herrschten. Auffallend sind jedoch die fast identen Werte beider Abteile, die wiederum die gute Vergleichbarkeit hinsichtlich des Stallklimas widerspiegeln.

Tabelle 9: Volumenströme beider Einheiten

	Einheit	Kontrolle	FF+
Lüftrate Vormast	m ³ /h	332	329
Lüftrate Endmast	m ³ /h	554	550
Lüftrate Gesamt	m ³ /h	454	451

Olfaktorische Untersuchungen

Die Probenahmen und Auswertungen für die olfaktorischen Untersuchungen samt elektronischer Nase erfolgten am 04. und 11.05., sowie am 03., 14. und 27.06.2011. Die Probenahme am 27.06. erfolgte einen Tag vor Versuchsende bzw. vor Schlachtung der ersten Tiere.



Im vorliegenden Versuch zeigten die Messungen hinsichtlich der Geruchseinheiten eine durchschnittliche Minderung von 27,6%. Generell liegen die erhobenen Daten mit Werten zwischen 670 und 5.363 GE/m³ in einem praxisüblichen Rahmen. Erkennbar ist auf jeden Fall dieselbe Tendenz wie bereits bei der Ammoniakmessung – die Konzentrationen nehmen mit zunehmendem Alter der Tiere ab.

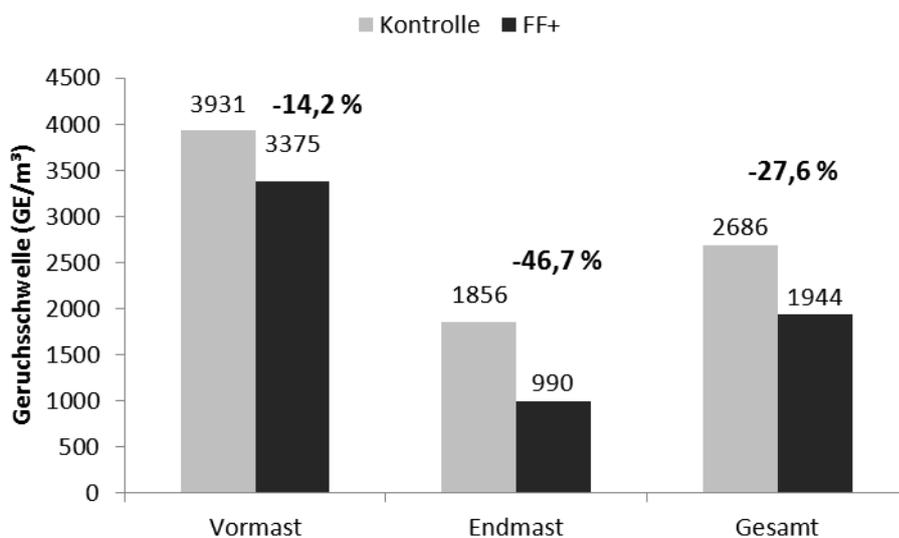


Abbildung 7: Geruchseinheiten (GE/m³) in Vormast, Endmast und Gesamt sowie Differenzen in %

Um eine mögliche Korrelation zwischen Geruch und Ammoniak herauszufinden, wurden die Mittelwerte für beide Abteile in *Tabelle 10* gegenübergestellt. Betrachtet man die Reduktionspotentiale im jeweiligen Mastabschnitt bzw. der Gesamtübersicht, wird schnell deutlich, dass man sehr wohl von einer ausgeprägten Korrelation zwischen Geruch und Ammoniak sprechen kann.

Tabelle 10: Geruchseinheiten (GE/m³) und Ammoniakkonzentrationen (ppm) in den Luftproben und Differenzen (%)

		GE/m ³	Differenz GE (%)	NH ₃ in ppm	Differenz NH ₃ (%)
Vormast	Kontrolle	3.931,0		25,0	
	FF+	3.375,0	-14,16	22,0	-13,75
Endmast	Kontrolle	1.856,0		20,0	
	FF+	989,5	-46,69	14,0	-29,79
Gesamt	Kontrolle	2.686,0		22,1	
	FF+	1.943,5	-27,64	17,1	-22,45

Elektronische Nase PEN 2

In den nachfolgenden *Abbildungen* werden die Ergebnisse der Geruchsuntersuchungen mit Hilfe der elektronischen Nase PEN 2 dargestellt. Die Auflistung der 10 Gassensoren (s. *Tabelle 4*) gibt einen Überblick über die Zusammensetzung des Geruchs.

PCA-Analyse

Die Kontroll- und Versuchsdaten aller Messungen wurden in einem Diagramm zusammengefasst (Klassen Kontrolle und Versuch) - Auswertung auf 1. und 2. Hauptachse. Wichtig ist, dass Ergebnisse unterschiedlicher Proben einer Klasse zusammenliegen. Mittels Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis - PCA-Analyse) wird eine sehr gute Differenzierung der unterschiedlichen Klassen erreicht, das heißt, die Luftzusammensetzung des Abteils „Versuch“ veränderte sich durch den Einsatz des Futterzusatzstoffes, wobei die Geruchsintensität/Stärke jedoch in beiden Abteilen ähnlich war (Verteilung der Datenpunkte auf der x-Achse).

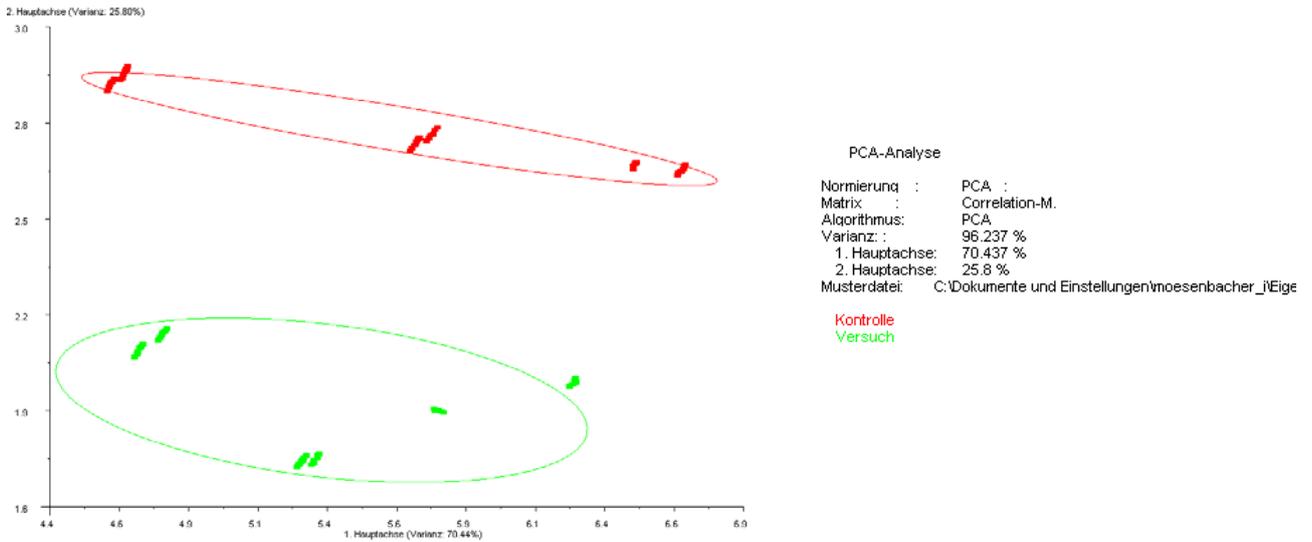


Abbildung 8: PCA-Analyse

Zur Beurteilung der einzelnen Messdateien wurden je eine Versuchs- bzw. Kontrollabteilprobe ausgewählt, um in einem Messdaten- bzw. Kreisdiagramm die Geruchszusammensetzung darzustellen. Im Zeitablauf einer Messung (50 sek.) ergeben sich für beide Proben höhere Widerstandswerte bei den Sensoren 8 und 9.

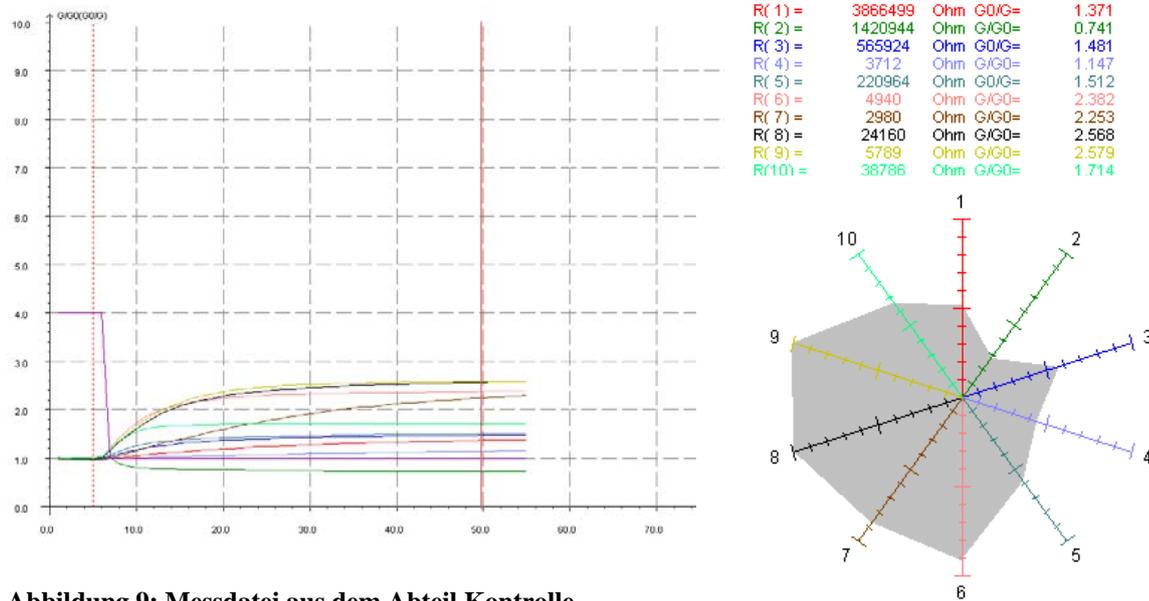
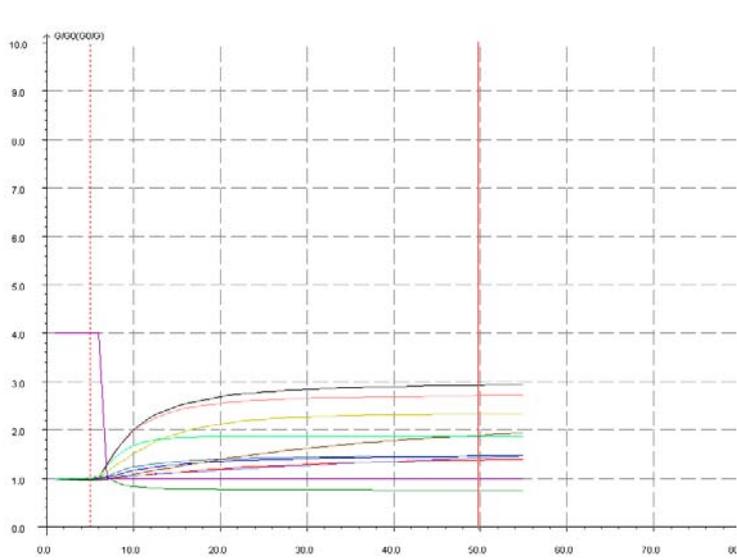


Abbildung 9: Messdatei aus dem Abteil Kontrolle



R(1) =	3940081	Ohm	G0/G=	1.388
R(2) =	1416278	Ohm	G/G0=	0.756
R(3) =	560679	Ohm	G0/G=	1.464
R(4) =	3198	Ohm	G/G0=	1.431
R(5) =	217743	Ohm	G0/G=	1.482
R(6) =	4286	Ohm	G/G0=	2.710
R(7) =	3388	Ohm	G/G0=	1.898
R(8) =	20480	Ohm	G/G0=	2.939
R(9) =	6312	Ohm	G/G0=	2.337
R(10) =	34948	Ohm	G/G0=	1.876

Verdünnungsfaktor = 1.0

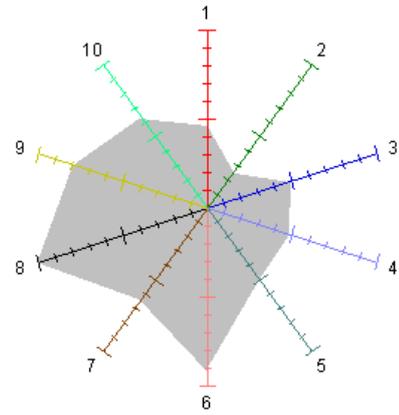


Abbildung 10: Messdatei aus dem Abteil Versuch FF+

Futterzusammensetzung

Die Futtermischungen wurden für beiden Gruppen von gleichen Rohstoffchargen hergestellt. Die Rezepturen wurden vom Versuch 2010 übernommen.

Tabelle 11: Zusammensetzung und analysierte Gehaltswerte Vor- und Endmastfutter

Rohstoff	Einheit	Vormast	Endmast
Weizen	%	33,930	36,425
Mais	%	18,000	17,800
Gerste	%	16,500	17,500
Soja HP	%	14,000	9,000
Rapsextraktionsschrot	%	5,000	6,500
Weizenkleie	%	3,000	3,000
Melasse	%	2,000	2,000
Sojaöl	%	1,000	1,000
Kohlensaurer Futterkalk	%	1,200	1,300
Monocaciumphosphat	%	0,100	0,100
Salz (NaCl)	%	0,500	0,500
Aminosäuren & Premix	%	4,570	4,675
FF+VM bzw Placebo	%	0,200	0,200
Parameter	Einheit	Vormast	Endmast
Rohprotein	%	20,70	18,71
Rohfaser	%	3,27	3,32
Rohfett	%	3,83	3,53
Ca	%	0,83	0,87
P	%	0,50	0,52
Na	%	0,24	0,24

Wasserverbrauch

Ebenfalls erhoben wurde der Trinkwasserverbrauch aller Versuchstiere. Die Differenzen in *Tabelle 12* sind in Liter angegeben. Im Abteil Versuch FF+ wurde ein Gesamtverbrauch von 13.220 Litern Wasser erhoben – dem entgegen steht ein Trinkwasserverbrauch von 11.390 Litern Wasser im Abteil Kontrolle. Der höhere Wasserverbrauch ist auf die erhöhte Futteraufnahme bzw. Zunahme der Versuchsgruppe zurückzuführen.

Tabelle 12: Verlauf des Wasserverbrauches in l

Erhebungsdatum	Versuch FF+	Kontrolle	Differenz
18.04.2011	880	760	120
26.04.2011	2.070	1.660	410
02.05.2011	3.000	2.370	630
09.05.2011	4.210	3.270	940
16.05.2011	5.520	4.300	1.220
23.05.2011	6.800	5.330	1.470
30.05.2011	8.310	6.550	1.760
06.06.2011	9.510	7.680	1.830
14.06.2011	10.860	8.990	1.870
28.06.2011	13.220	11.390	1.830

Ein am 25.05.2011 aufgetretener Defekt an der Wasserzuleitung im Abteil Versuch FF+ wurde unmittelbar behoben und in *Tabelle 12* korrigiert.

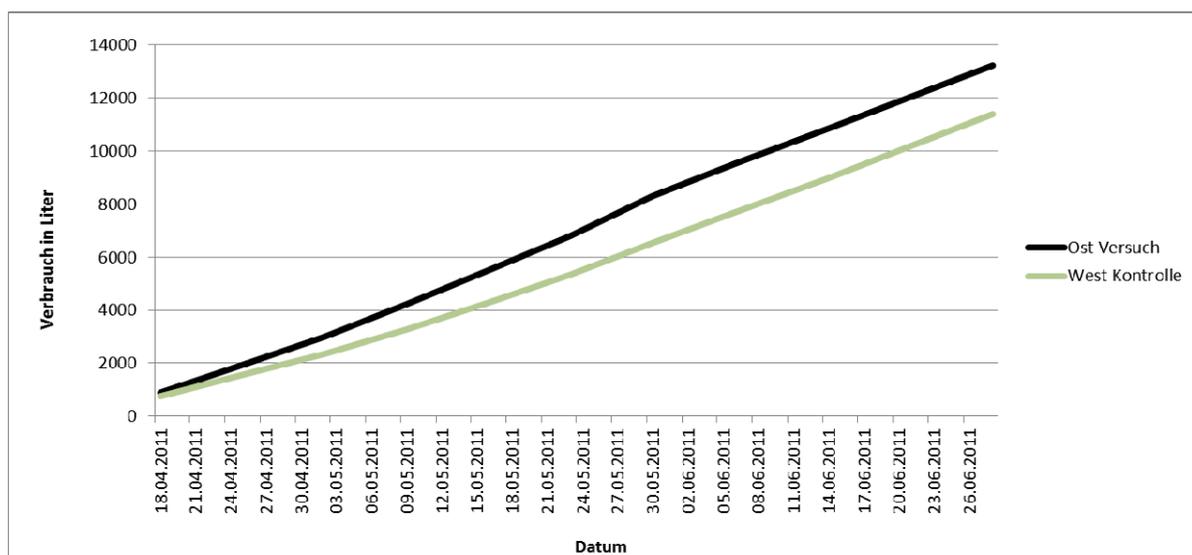


Abbildung 11: Gegenüberstellung des Wasserverbrauchs unter Einfluss des Zusatzfutters FF+

Leistungsparameter

Die Futteraufnahme in kg je Abteil war im Versuchsabteil im Durchschnitt um 1,09kg höher. Dies erklärt neben den höheren Ammoniakkonzentrationen auch den höheren Wasserverbrauch in der Versuchsgruppe.

Tabelle 13: Mittelwerte und Standardabweichung der täglichen Futteraufnahme (kg) je Abteil mit acht Tieren

	Kontrolle		Versuch FF+	
	Bucht 1	Bucht 2	Bucht 1	Bucht 2
Vormast				
Mean	12,74	13,81	14,3	14,27
STABW	1,67	2,04	2,08	2,03
Endmast				
Mean	16,20	17,18	17,97	17,73
STABW	2,22	2,37	2,40	2,06
Gesamt				
Mean	14,62	15,65	16,3	16,16
STABW	2,64	2,78	2,93	2,63

Vergleicht man die Leistungsdaten der zwei Gruppen ergibt sich in der Vormast eine signifikant höhere Futteraufnahme durch den Zusatz. Über den gesamten Mastbereich nahmen die Tiere in der FF+ Gruppe 64 g pro Tier und Tag mehr zu. In Prozent ausgedrückt sind dies 8,6 %. Die Futteraufnahme liegt mit 11g pro Tier und Tag nur um 5,8 % höher, dies resultiert in einer verbesserten Futterverwertung. In der Vormast ist die Futterverwertung durch FF+ um rund 4% besser.

Tabelle 14: LSMeans der Tageszunahmen (g/Tier), Mittelwerte der Futteraufnahme (kg/Tier) und Futterverwertung (kg/kg)

	Tageszunahme g		Futteraufnahme* kg		Futterverwertung kg/kg	
	Kontrolle	FF+	Kontrolle	FF+	Kontrolle	FF+
Vormast						
LSMean	742	823	1,66	1,79	2,27	2,18
STDERR	21	22			0,070	0,072
p-Value	0,013				0,378	
Endmast						
LSMean	751	801	2,08	2,18	2,73	2,74
STDERR	18	19			0,065	0,067
p-Value	0,069				0,880	
Gesamt						
LSMean	747	811	1,89	2,00	2,52	2,48
STDERR	16	17			0,054	0,056
p-Value	0,011				0,637	

Gülleanalyse

Nach Versuchsende (1. Schlachtung) wurden von jedem Abteil Gülleproben gezogen und anschließend im Labor ausgewertet. Auch eine Erhebung der Güllemengen erfolgte.

Tabelle 15: Güllemengen und Stickstoffmengen gesamt und pro kg Zuwachs

Abteil	Menge in kg (L)	N Total (kg)	NH4-N (kg)	N/kg Zuwachs (g)	NH4-N/kg Zuwachs (g)
Versuch FF+	11.491	37,6	25,9	37,8	26,0
Kontrolle	9.828	36,4	24,6	39,0	26,4

Durch einen bereits angesprochenen Defekt an der Wasserzuleitung im Versuchsabteil (25.05.2011) gelangten 1.663 Liter Wasser in den Güllbereich. Dies ist auch am Trockenmassegehalt der zu Versuchsende gezogenen Probe ersichtlich. Die Güllemengen wurden für eine bessere Vergleichbarkeit um diese Differenzmenge korrigiert.

Entsprechend der höheren Futteraufnahme sind Gesamtstickstoff und Ammoniumstickstoff in der Versuchsgruppe höher. Die Ergebnisse zeigen hinsichtlich der Gesamt- und Ammoniumstickstoffgehalte pro kg Zuwachs wiederum ein Reduktionspotenzial von 3,01% und 1,23%.

Tabelle 16: Ergebnisse der Gülleanalyse pro kg Frischmasse (Probenahme – Zeitpunkt)

	Nummer	TM	Asche	Ca	Mg	K	P	N	NH4-N	pH-Wert
Vormast	Versuch FF+	32,25	8,64	0,95	0,58	2,16	0,59	2,51	1,98	7,15
	Kontrolle	31,18	9,79	0,92	0,51	2,42	0,55	3,22	2,40	7,13
Endmast	Versuch FF+	32,30	10,06	0,95	0,60	2,06	0,68	3,27	2,25	7,05
	Kontrolle	42,30	12,03	1,09	0,69	2,52	0,77	3,70	2,50	6,87

Emissionen

Für die Berechnung der Emissionen wurden die Lüftungsraten und die Konzentrationen im Abluftkanal herangezogen. Um vergleichbare Resultate zu erhalten, wurde als Bezugsgröße Gramm pro kg Zuwachs gewählt.

Die Geruchsemissionen wurden zusätzlich auf die Einheit GE/s*GVE (Geruchseinheiten pro Sekunde und GVE) umgerechnet, da dies den Vergleich mit internationalen Daten zulässt.

Ammoniak-Emissionen

Abbildung 12 zeigt das Reduktionspotential hinsichtlich des Ammoniakausstoßes (Emission), welches durch den Futterzusatz erreicht werden konnte. Im Durchschnitt über die gesamte Mastphase verringerten sich die Ammoniakemissionen im Versuchsabteil um 19,34%, in der Endmast betrug die Reduktion gegenüber dem Kontrollabteil 24%.

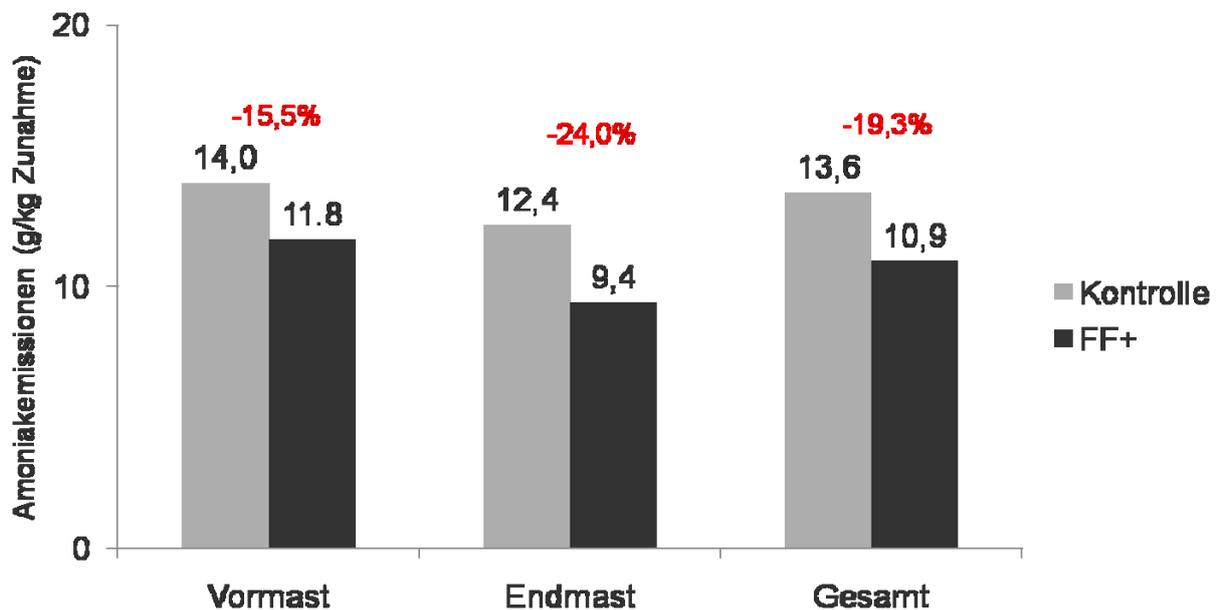


Abbildung 12: Ammoniakemissionen (g/kg Zunahme) und Reduktions (%) durch FF+

Nach weiteren Berechnungen und einem Vergleich der Ammoniakemission in g/Tierplatz/Jahr zeigt sich, dass die Werte aus den Versuchsstallungen um 630g pro Tierplatz niedriger sind (Tabelle 17). Generell bestehen die Daten im internationalen Vergleich sehr gut, wobei man in der deutschen Literatur von einem mittleren Emissionsfaktor von 3kg NH₃ pro Tierplatz und Jahr ausgeht (DÖHLER, et.al., 2002).

Tabelle 17: Ammoniakemissionen pro kg Zunahme, pro Tier (80 kg Zuwachs), pro Mastplatz und Reduktionen

	Kontrolle	FF+	Diff. %
Emission Vormast g/kg Zunahme	13,97	11,80	- 15,52
Emission Endmast g/kg Zunahme	12,35	9,39	- 24,02
Emission Gesamt g/kg Zunahme	13,61	10,98	- 19,34
Emission g/Tier 30-110 kg	1.089	878	- 210g
Emission g/Tierplatz/Jahr	3,26	2,63	- 631g

In Österreich existieren Vergleichswerte im Rahmen des PRTR-Leitfadens (Intensive Viehhaltung und Aquakultur), wobei der Nationale Bewertungsrahmen (KTBL 2006) die Spannweite an NH₃-Emissionen, die durch die Stallhülle/Lüftungsart, durchschnittliche Raumtemperatur, Lüftungsrate, N/P-reduzierte Fütterung, Phasenfütterung und der Mistverweildauer im Stall verursacht werden, aufzeigt. Die Emissionsfaktoren beim Mastschwein erreichen für die Stallsituation Werte von ca. 1kg bis ca. 5,5kg NH₃/TP.a.

In Österreich werden durch die Tierhaltung Ammoniakemissionen in Höhe von 63.000t pro Jahr verzeichnet, dies entspricht etwa 86% der Gesamtemission (Quelle: Umweltbundesamt, 2009). Auf die Schweinehaltung entfällt davon ein Teil von ca. 27%. Betrachtet man das Emissionsreduktionspotential im Hinblick auf die Gesamt-Österreichische Situation, so zeigt sich, dass durch den Futterzusatz „Fresta® F Plus“ eine Einsparung von ca. 2.700t pro Jahr erfolgen könnte.

Kohlendioxid-Emissionen

Kohlendioxid (als typisches Prozessgas und weniger als Schadgas) ist mit Emissionen von 527 bis 660 kg pro Tierplatz und Jahr ein sehr bedeutendes Spurengas in der Schweinehaltung, das jedoch als direktes Hauptprodukt in der Prozesskette des „Organismus Schwein“ nicht zu vermeiden ist (HÖLSCHER, 2006). Im vorliegenden Versuch konnte die Kohlendioxidemission auf 494kg CO₂/Tierplatz/Jahr gesenkt werden.

Tabelle 18: Kohlendioxidemissionen pro kg Zunahme, pro Tier (80 kg Zuwachs), pro Mastplatz und Reduktionen

	Kontrolle	FF+	Diff. %
Emission Vormast g/kg Zunahme	2.279	2.023	- 11,25
Emission Endmast g/kg Zunahme	2.005	1.958	- 2,32
Emission Gesamt g/kg Zunahme	2.216	2.059	- 7,07
Emission g/Tier 30-110 kg	177	164	- 12g
Emission g/Tierplatz/Jahr	532	494	- 38 g

Der durchschnittliche Minderungsgrad während des gesamten Versuchsverlaufes lag bei -7% (Abbildung 13). Die höchste Reduktion von Kohlendioxidemissionen wurde in der Vormastphase mit -11,3% erhoben.

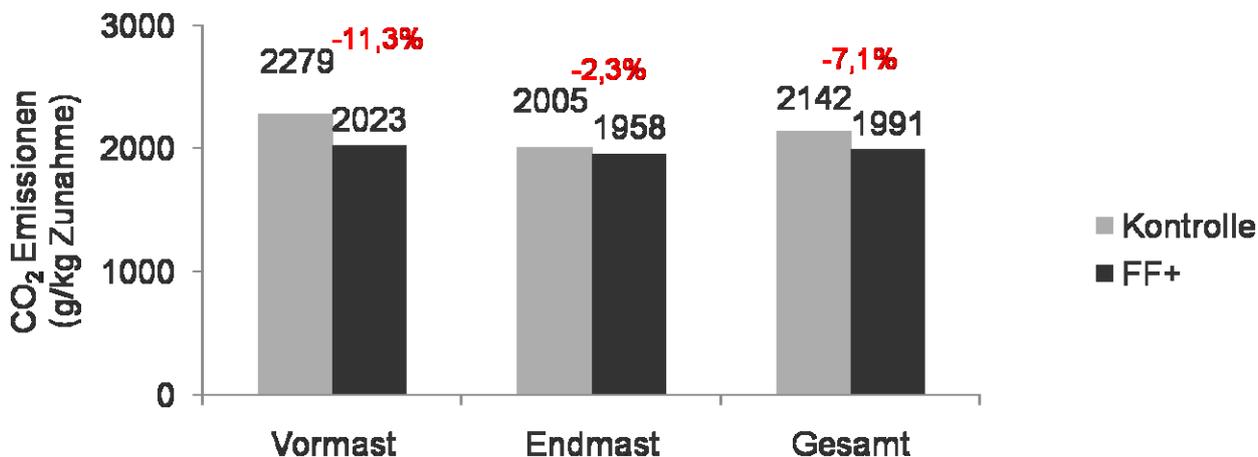


Abbildung 13: Kohlendioxidemissionen (g/kg Zunahme) und Reduktion (%) durch Fresta F+

Geruchsemissionen

Als Anknüpfungspunkt zu den Daten Ammoniak und Kohlendioxid wurden auch die Geruchsemissionswerte pro kg Gewichtszunahme angegeben. Hierbei ergibt sich ein Ergebnis von 2,45MGE (Millionen Geruchseinheiten) pro kg Zuwachs im Abteil Kontrolle gegenüber von 1,65 MGE im Abteil FF+ (Tabelle 19).

Tabelle 19: Geruchsemissionen (MGE/kg Zunahme) und Reduktion (%)

	Kontrolle	FF+	Diff. %
Vormast MGE/kg Zuwachs	2,64	2,09	-20,70
Endmast MGE/kg Zuwachs	2,05	1,02	-50,05
Gesamt MGE/kg Zuwachs	2,45	1,65	-32,62
Emission MGU/Tier 30-110 kg	196	132	- 64 MOU
Emission MGU/Tierplatz/Jahr	588	396	- 219 MOU

In Prozent gerechnet ergeben sich hierbei Minderungswerte von -20,7% in der Vormast sowie -50% in der Endmast durch das Produkt „Fresta® F Plus“ – als Minderung über den gesamten Versuchsverlauf resultiert ein Ergebnis von -32,6% bei Bezug auf die Geruchseinheiten pro kg Lebendmassezunahme (Abbildung 14).

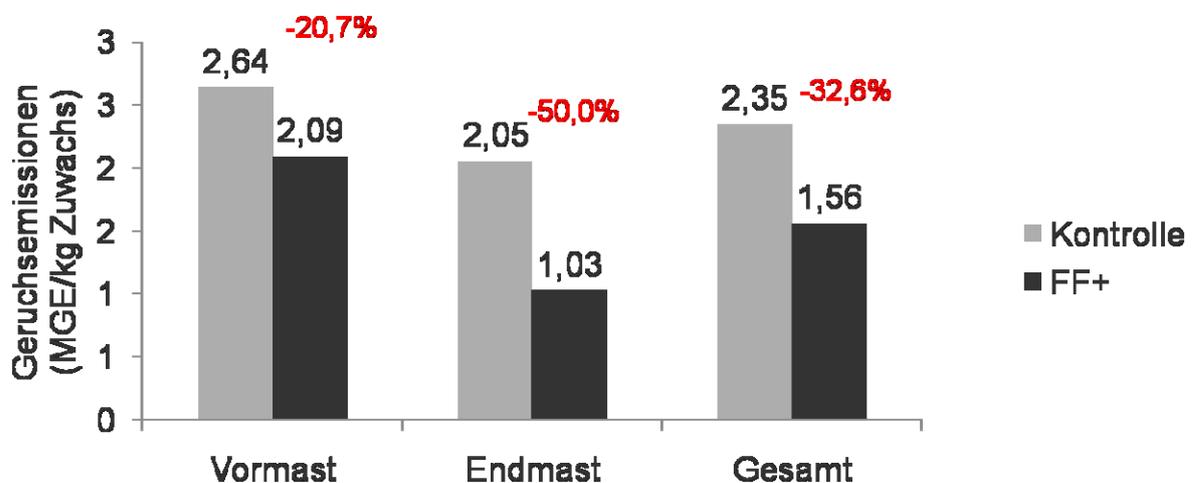


Abbildung 14: Geruchsemissionen (MGE/kg Zunahme) und Reduktion (%)

Um die Geruchsemissionen anhand international verfügbarer Daten vergleichen zu können, erfolgte die Umrechnung der Werte zusätzlich in die Einheit $GE/s \cdot GVE$ (Geruchseinheit pro Sekunde und Großvieheinheit). Diese Maßeinheit herrscht im Bereich Bewertung von Gerüchen vor bzw. dient sie in Verbindung mit den Geruchsemissionsfaktoren (Konventionswerten) in erster Linie als Datengrundlage zur Durchführung von Ausbreitungsrechnungen. Im Regelfall werden diese Faktoren berechnet und/oder abgeschätzt, da die Datengrundlage im Bereich Geruch (via Emissionsmessung mittels Olfaktometrie) noch vor wenigen Jahren relativ gering war.

Laut VDI-Richtlinie 3894-IE (2009) werden für Mastschweine bis 120kg (Flüssigmist/Festmist) Konventionswerte von $50 GE s^{-1}GV^{-1}$ angenommen. Die Literaturangaben zu Geruchsemissionen aus der Mastschweinehaltung reichen aber von $25-1.100 GE s^{-1}GV^{-1}$ (GALLMANN, 2011), womit sich die von uns

gemessenen Werte in einem absolut akzeptablen Bereich befinden.

Während des in Gumpenstein durchgeführten Versuches ergaben sich Emissionsmassenströme von 141,26 GE s⁻¹GV⁻¹ im Kontrollabteil sowie 101,41 GE s⁻¹GV⁻¹ im Abteil FF+ - die Reduktion liegt hier bei - 28,21%.

Tabelle 20: Geruchsemissionswerte in GE/s*GVE

	Kontrolle	FF+	Diff %
Vormast GE/s*GVE	151,05	128,50	14,93
Endmast GE/s*GVE	119,01	62,99	47,07
Gesamt GE/s*GVE	141,26	101,41	28,21

Wirtschaftlichkeit

Wie auch für die Emissionsberechnung wurde für die Wirtschaftlichkeitsberechnung auf Basis der Versuchsdaten die Zunahme pro Mastschwein auf 80kg korrigiert (Mast von 30 auf 110kg).

Pro Mastschwein entstanden in der Kontrollgruppe Futterkosten von 64,59€ und 63,81€ in der Versuchsgruppe, dies ergibt einen Profit von 78 Cent pro Mastschwein. Bei der ermittelten Ammoniakreduktion von 210g pro Mastschwein werden für 1kg Ammoniakreduktion 4,76 Mastschweine gefüttert und somit ein Gewinn von 3,73€ erzielt.

Tabelle 21: Wirtschaftlichkeitsberechnung für Mastschweine mit 80kg standardisierter Gewichtszunahme

	Kontrolle	FF+
Futterkosten (€/Tonne)	320	323
Futterverwertung Vormast (kg/kg)	2,27	2,18
Futterverwertung Endmast (kg/kg)	2,73	2,74
Zunahme Vormast (kg)	36,0	38,7
Zunahme Endmast (kg)	44,0	41,3
Zunahme Gesamt (kg)	80	80
Futterkosten Vormast (€/kg Zunahme)	0,726	0,704
Futterkosten Endmast (€/kg Zunahme)	0,874	0,885
Futterkosten gesamt (€/kg Zunahme)	0,807	0,798
Ammoniakemissionen (g/kg Zunahme)	13,6	11,0
Kosten pro Tier (€)		-0,78
Kosten pro Mastplatz pro Jahr (€)		-2,35
Kosten/kg Ammoniakreduktion (€)		-3,73

Schlussfolgerungen

Der Futterzusatz „Fresta® F Plus“ (Futterzusatz der Firma Delacon) wurde in den Versuchsstallungen am LFZ Raumberg-Gumpenstein auf eine mögliche Reduktion von Schadgasen und Geruch in der

Schweinemast untersucht. Bereits in einem Versuchsdurchgang im Jahr 2010 wurden die positiven Eigenschaften dieses Produktes bestätigt. Erstmals konnten in diesem Versuch die tatsächlichen Emissionsparameter berechnet werden, da neben den Gasgehalten auch die Luftraten erhoben wurden. Aktuell ging es, unter Zuhilfenahme moderner Messtechnik, vor allem um die Überprüfung der bisher vorliegenden Ergebnisse, und in weiterer Folge um die Möglichkeit einer Aufnahme des Futterzusatzes in die BAT-Liste. Diese Frage ist auf Grund der vorliegenden Ergebnisse mit Ja zu beantworten. Der untersuchte Futtersatz Fresta® F+, mit einer Reduktion der Emissionen im Tierbereich und einem damit einhergehenden verbesserten Stallklima, sollte in Zukunft von Betrieben mit Größenordnungen, welche in die IED (IPPC)-Richtlinie fallen, als Minderungsmaßnahme eingesetzt werden können. Der Einsatz empfiehlt sich allerdings auch in jeder beliebigen Strukturgröße der Mastschweinehaltung.

Unter Verwendung des untersuchten Zusatzes entstehen für die Ammoniak- und Geruchsreduktion, durch eine verbesserte Futtermittelverwertung, keine Mehrkosten. Es kann sogar zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit von rund 2,35 Euro/Mastplatz/Jahr kommen. Der untersuchte Futterzusatz Fresta® F Plus, reduziert den Ammoniakgehalt in der Stallluft bzw. im Tierbereich und verbessert damit das Stallklima insgesamt. Die positive Eigenschaft kann mit einer verbesserten Tiergesundheit und vor allem nachweislich mit einer Emissions- und damit auch Immissionsreduktion in Verbindung gebracht werden.

Der untersuchte Futterzusatz ist als emissionsmindernde Maßnahme in der Mastschweinehaltung und damit als eine Alternative zur Abluftreinigung zu bewerten!

Literatur

- BARTH, S. (2005): Immissionsprognosen; Vortrag Seminar „Geruch – Messung und Beseitigung“, Barth & Bitter GmbH, 31515 Wunstorf.
- BARTUSSEK H., et.al. (2001): Die Auswirkung schlechter Stallluft als Folge geringer Luftraten auf Mastleistung und Gesundheit von Mastschweinen. BTU Tagung Hohenheim 2001; Tagungsband S. 320-326
- BEA, W. (2004): Vergleich zweier Mastschweinehaltungssysteme – Beurteilung der Tiergerechtigkeit. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften an der Fakultät Agrarwissenschaften, Universität Hohenheim, März 2004, Stuttgart.
- GALLMANN, E. (2011): Emissionsfaktoren und Konventionswerte – Herkunft, Bedeutung, Anwendung. KTBL rechtl. Rahmenbedingungen Tierhaltung 2011.
- GLÄSER, K.R., J. PERNER, A. ASAMER, D. BOGAERTS und D. GEYSEN (2005): Effects of the phytogetic feed additive AROMEX® ME Plus on growth performance and carcass characteristics in pigs. Tagungsband 4. BOKU-Symposium Tierernährung, Tierernährung ohne Antibiotische Leistungsförderer, 27.10.2005, Wien, 102-106.
- HAHNE, J.; HESSE, D.; VORLOP, K. D. (1999): Spurengasemissionen aus der Mastschweinehaltung. In: Landtechnik, 3/1999, S. 180-181.
- HARTUNG, E. (2001): Ammoniak-Emissionen der Rinderhaltung und Minderungsmaßnahmen, KTBL-Schrift 406, Emissionen der Tierhaltung – Grundlagen, Wirkungen und Minderungsmaßnahmen, 2001, S. 63-72.
- HARTUNG, J. (1988): Zur Einschätzung der biologischen Wirkung von Spurengasen der Stallluft mit Hilfe von zwei bakteriellen Kurzzeittests. Fortschr. Ber. VDI-Reihe 15, Nr. 56.
- HÖLSCHER, R. (2006): Nachrüstlösungen zur Emissionsminderung dezentral entlüfteter Stallungen zur Schweinemast. Dissertation an der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, März 2006, Münster.
- KALISCH J. und W. SCHUH (1979): Einfluss der Schadgase Ammoniak und Schwefel-wasserstoff in der Stallluft auf die Mastleistung der Schweine. Tierärztliche Umschau (34), S. 34-45.
- KRDL (2003): DIN EN 13725, Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie; Deutsche Fassung EN 13725:2003, Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss; Beuth Verlag, Berlin, Juli 2003.
- KTBL (2006): Emissionen der Tierhaltung. Tagungsband, KTBL-Tagung vom 5.-7. Dezember 2006 in Kloster Banz MANNEBECK D. und H. MANNEBECK (2002): Qualität und Vergleichbarkeit olfaktometrischer Messungen; in: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, Nr. 4, April 2002.
- MÖSENBACHER, I. (2005): Einführung in das olfaktometrische Messverfahren unter gleichzeitiger Verwendung einer elektronischen Nase zur Ermittlung von Geruchsemissionen - Vergleichsmessungen auf Schweinemastbetrieben, Abschlussbericht WT, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdring.
- MOTHES, E. (1977): Stallklima. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, S. 54-56.
- OLDENBURG, J. (2002): Emission und Immission von Schadgasen und Geruchsstoffen. In: Methling, W., J. Unselm (Hrsg.): Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren. Parey Buchverlag Berlin, S. 20-27.
- SAS Institute Inc. (2003): SAS/STAT User's Guide, Version 9, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2003.
- SCHAUBERGER, G., et. al (1995): Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen. Interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Immissionen aus der Nutztierhaltung“,

Korrigierte Auflage 2000.

TRUNK, W. (1995): Ökonomische Beurteilung von Strategien zur Vermeidung von Schadgasemissionen bei der Milcherzeugung – dargestellt für Allgäuer Futterbaubetriebe. Kovac Verlag Hamburg

UMWELTBUNDESAMT (2003): Emissionsinventur für Österreich

UNRATH, J. (2004): Analyse und Bewertung von Parametern der Produktionsumwelt bei der Milchgewinnung mit automatischen Melksystemen, Dissertation an der Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät. April 2004, Berlin.

ZENTNER, E.; MOESENBACHER, I. et al. (2007, 2008): Einsatz von phytogenen Futterzusätzen im Hinblick auf Ammoniakreduktion und tägliche Zunahmen in der Mastschweinehaltung