

# Ergebnisse aus aktuellen Gumpensteiner Untersuchungen zur Minderung von Emissionen aus Schweinestallungen

Eduard Zentner<sup>1\*</sup>

## Zusammenfassung

Die Strukturänderung der europäischen Landwirtschaft geht mit immer weniger, dafür aber größeren Betrieben in allen Nutzungsrichtungen einher. Die Emissionen und die daraus resultierenden Immissionen bereiten Behörden und Anrainern aus verschiedensten Gründen zunehmend Probleme.

Vor mehr als 30 Jahren wurden erste Versuche in europäischen Ländern unternommen, die Abluft aus tierhaltenden Betrieben, analog zu der Abluft aus Industrieanlagen, einer „Reinigung“ zu unterziehen. Die daraus resultierenden Techniken sind vielfältig. Von einfachen Wäschern bis hin zu chemischen Wäschern, Biofiltern, ein-, zwei-, und dreistufigen Verfahren mit physikalischer, biologischer oder chemischer Reinigung der Abluft reicht die angebotene Technik. Allein die Ergebnisse aller bisherigen Anlagen sind aus landwirtschaftlicher und nichtlandwirtschaftlicher Sicht unbefriedigend. Die Abluftreinigung gilt für die Landwirtschaft, im Gegensatz zu jener aus Industrieanlagen, allein aus wirtschaftlicher Sicht dzt. als „Nicht Stand der Technik“ und gehört auch nicht zu den „Besten verfügbaren Techniken“ in der Intensivtierhaltung.

Der Stand der Technik für Biowäscher und Rieselbettreaktoren ist in den VDI Richtlinien 3477 und 3478 näher beschrieben. Trotz dieser Kenntnisse werden in vielen Fällen den untersuchten Techniken mangelnde Wirkungsgrade und eine unzureichende Dimensionierung unterstellt.

Aus diesem Grund hat die DLG (Deutsche landwirtschaftliche Gesellschaft) in Anlehnung an den Leitfaden des Landes Cloppenburg einen Prüfrahmen für Abluftreinigungssysteme in der Tierhaltung erstellt. Wesentliche Anforderungen sind unter anderen:

- Durchführung eines Messprogramms unter typischen Sommer- und Winterbedingungen über jeweils 2 Monate
- Mindestreduktion von Ammoniak und Gesamtstaub von 70 %

- Maximale Geruchskonzentration im Reingas von 300 GE/m<sup>3</sup>
- Typische Gerüche (Stallgeruch) dürfen im Reingas nicht wahrnehmbar sein

Allein dieser kurze Auszug verdeutlicht, dass nur ausgereifte Techniken diesen Anforderungen gerecht werden bzw. eine dementsprechende Recherche in allgemein gültiger Fachliteratur bereits vor Planung, Errichtung und Vergabe von Fördermitteln samt Bündelung aller Fachleute als unerlässlich zu bezeichnen ist. Nähere Informationen dazu unter [www.dlg.org.de](http://www.dlg.org.de).

Laut Aussage von deutschen Experten, anlässlich einer VDI Tagung vom 24.04.2008 in Mannheim, ist aus derzeitiger Sicht keine Änderung bezüglich Stand der Technik erkennbar.

Die in diesem Bericht beschriebene und untersuchte Technik reicht bemessen an der Luftförderleistung, für maximal 32 Mast Schweine. Das untersuchte Abteil war mit ca. 100 Tieren belegt, aus diesem Grund wurde die eigentliche Ablufteinheit dieses Abteils nicht außer Betrieb genommen.

Der Minderungsgrad der Anlage liegt bei voller Luftleistung bei ca. 40 % (DLG mind. 70%). Die Geruchsstoffkonzentration lag bei voller Luftleistung bei 1644 GE/m<sup>3</sup> (DLG max. 300 GE/m<sup>3</sup>) und ist um das mehr als 5fache zu hoch. Der prozesstypische Stallgeruch ist auch im Reingas noch wahrnehmbar.

Die untersuchte Anlage stellt laut einschlägiger Literatur eine Vorstufe (Vorreinigung) in mehrstufigen Reinigungsanlagen dar, wobei derartige Wäscher in den meisten Fällen mit sogenannten Füllkörpern bestückt sind.

Der Wasserverbrauch je Mastplatz und Jahr liegt allein für die Anlage bei 360 Litern.

Der Energiebedarf liegt bei 12 kw/h je Mastplatz und Jahr. Die Anschaffungskosten der Anlage liegen bei € 780,- je Mastplatz.

*Die Anschaffungskosten für einen praxisüblichen 500er Maststall würden damit bei € 390.000,- liegen.*

## Einleitung

Der fortschreitende Strukturwandel hin zu größeren Einheiten in der österreichischen Landwirtschaft bringt neben den gesellschaftlichen Problemen vermehrt Probleme mit Emissionen und daraus resultierenden Immissionen mit

sich. Im Speziellen ist neben der Geflügelhaltung vor allem die Schweinehaltung (sinkende Betriebszahlen – steigende Tierzahlen je Betrieb) betroffen.

Im Jahr 2007 weist der durchschnittliche österreichische Landwirtschaftsbetrieb in der Schweinehaltung einen

<sup>1</sup> LFZ Raumberg-Gumpenstein, Abteilung Stallklimatetechnik und Nutztierschutz, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

\* Ansprechpartner: Ing. Eduard Zentner, e-mail: [eduard.zentner@raumberg-gumpenstein.at](mailto:eduard.zentner@raumberg-gumpenstein.at)

Bestand von ca. 70 Schweinen auf. Verglichen mit den Beständen benachbarter Länder (z.B. Niederlande), lässt sich unschwer erahnen, dass die Strukturänderung bei weitem noch nicht abgeschlossen ist.

Trotz dieser im internationalen Vergleich klein strukturierten Verhältnisse tauchen bereits jetzt enorme Probleme im laufenden Betrieb, aber vor allem in Genehmigungsverfahren für neue Stallungen, auf. Das ist der Anlass für umfassende Untersuchungen hinsichtlich der Minderungsmöglichkeiten für Emissionen aus Stallungen.

Eine aktuelle Untersuchung der Universität Göttingen zeigt, dass es in Deutschland und auch in Österreich, bei mittlerweile 50 % aller Bauvorhaben von schweinehaltenden Betrieben, zu verschiedensten Problemen mit Anrainern kommt. Mehr als 16 % der Befragten konnten ihr Vorhaben nicht verwirklichen.

Erschwerend ist die differenzierte gesetzliche Situation in Österreich auf Grund der einzelnen Landesgesetze. Während in den Bundesländern üblicherweise die Stallungen hinsichtlich der Immissionen einer Prüfung der widmungsbezogenen Ortsüblichkeit unterzogen werden (ständige Rechtsprechung des VwGH), ist es in Oberösterreich und seit 2008 auch in der Steiermark möglich, durch die Behörde nachträgliche Vorschriften bezüglich Emissionsminderungsmaßnahmen selbst für legale Bestände zu erteilen.

Dies bedeutet, dass trotz erfolgter Genehmigung mit Errichtung und Inbetriebnahme der Stallungen bei Anrainerproblemen zusätzliche, vor allem wirtschaftliche Unsicherheiten für die Landwirte entstehen.

Obwohl derartige Minderungsmaßnahmen dem Stand der Technik, auch BVT (Beste Verfügbare Techniken), zu entsprechen haben, wird in den Ländern über die Vorschreibung von Abluftwäschern, Biofiltern oder chemischen Abluftreinigungsanlagen diskutiert und zum Teil in der Parteistellung gefordert. Dass derartige technische Anlagen durchaus emissionsmindernde Wirkungen mit bis zu 90 % aufweisen, ist ausreichend untersucht und nachgewiesen.

Diese Filteranlagen gelten trotz der ungleich größeren Betriebsstrukturen, auf Grund der Errichtungs- und Betriebskosten, auch in Deutschland als „Nicht Stand der Technik“. Ein entscheidender und aus Sicht der Landwirtschaft inakzeptabler Nachteil ist, dass mit derartigen Anlagen trotz hoher Bau- und Betriebskosten keine Verbesserungen in den Stallungen erzielt werden. Stallklima ist aber immer auch Arbeitsklima. Da der Landwirt allein für all diese Maßnahmen die Kosten trägt, sollte auch dessen Tierbestand davon profitieren. Nutznießer wären trotzdem auch die Anrainer und die Umwelt selbst.

Somit ist jenen Techniken der Vorzug zu geben, die bereits im Tierbereich emissionsmindernd wirken, damit auch für die Umwelt um die Stallungen eine Verbesserung der Immissionssituation erzielt wird, dies unterstreicht den ganzheitlichen Ansatz.

In der Folge werden auszugsweise die von Gumpenstein in den letzten zwei Jahren durchgeführten Untersuchungen zur Thematik Emissionsminderung dargestellt.

## DES – Aerosol; Versprühung von ölhaltigen Medien in einem Mastschweinestall

Die Versuchsziele bestanden aus der Untersuchung folgender Effekte:

- Geruchs- und Fremdgasreduktion
- Keim- und Staubreduktion
- Temperatursenkung
- Feuchtigkeitsregulation

Die Versuchsanlage wurde in einem Praxisbetrieb als Prototyp in einer Nachrüstlösung in den bestehenden Mastschweinestall eingebaut. Die geplante Produktkonzeption sieht vor, dass zwei Varianten der Des-Aerosol-Anlage, d.h. Einbau bei Neubauten als auch eine Nachrüstlösung für bestehende Stallungen, am Markt angeboten werden.

### *Versuchsbetrieb*

Als Versuchsbetrieb diente ein Schweinemastbetrieb in Oberösterreich. Die Durchführung des Versuchs erfolgte unter bestandsüblichen Praxisbedingungen sowie laufender Aufsicht des LFZ Raumberg - Gumpenstein (Ing. Eduard Zentner) und der Veterinärmedizinischen Universität Wien (Prof. Dr. Maximilian Schuh).

### *Betriebliche Ausstattung*

Bei der Versuchsstallung handelt es sich um einen Mastschweinestall, bestehend aus 4 Abteilen (Kammern) mit insgesamt 280 Plätzen, wobei 3 Abteile idente Abmessungen aufweisen. Das Lüftungssystem besteht zuluftseitig aus einer abgehängten Porendecke mit Versorgung aus dem Zentralgang. Die mittels Unterdrucksystem eingebrachte Luft wird unterflur abgesaugt und über einen zentralen Sammelschacht über Dach ausgeblasen.

Alle für die Untersuchungen maßgeblichen Abteile am Versuchsbetrieb Muckenhuber wurden von der Abteilung Stallklimotechnik und Nutztierschutz des LFZ Raumberg-Gumpenstein auf etwaige Mängel hinsichtlich des Lüftungssystems und der Lüftungssteuerung überprüft und, sofern nötig, auf den Stand der Technik gebracht.

### *Betriebsmanagement*

Der Mastbetrieb betreibt abteilweises Rein-Raus System. Während des gesamten Mastdurchganges erfolgte eine ad libitum Fütterung mittels Flüssigfütterung (2-Phasenfütterung) mit täglich dreimaliger Verabreichung. Die Kontrolle der Futterakzeptanz wird im Rahmen von Kontrollgängen und bei Bedarf täglich bzw. öfter an die Tiergewichte angepasst. Der Betrieb ist Mitglied des oberösterreichischen Tiergesundheitsdienstes. Im Rahmen der Diagnostik werden entsprechende Probenmaterialien (Blut- und Organproben) vom Betreuungstierarzt an die AGES Linz zur Untersuchung übermittelt.

### *Tiere*

Die Versuchstiere waren Ö-HYB-Ferkel (Rasse/Kreuzung: ES x LR \_ F1 x Pi) und wurden von Schweinezüchtern des VLV Wels geliefert. Für den Hauptversuch wurden

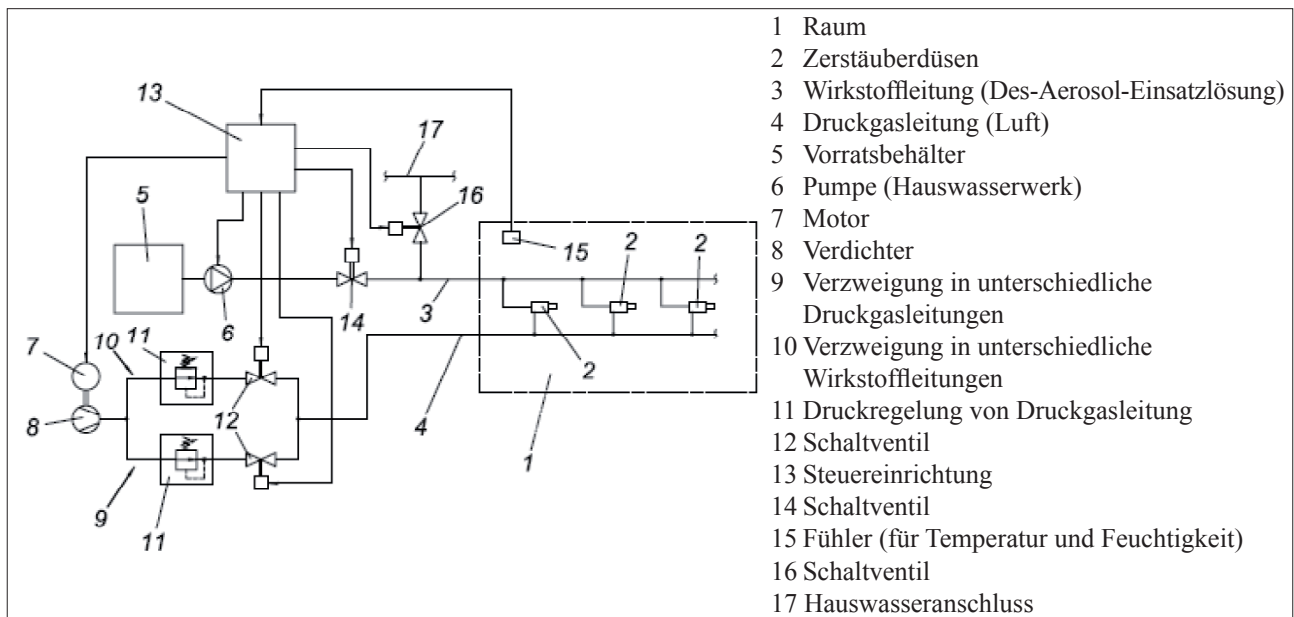


Abbildung 1: Systemaufbau DES - Aerosol

für die 3 Versuchskammern insgesamt 240 Ferkel von 11 Lieferanten aus dem Umkreis von ca. 25 km eingestellt. Die Einstallgewichte lagen bei ca. 30 kg. Im Hauptversuch wurden die Tiere beim Einstellen gewogen. Als Zielgewicht der Mastschweine war ein Mastendgewicht von ca. 110 kg vorgesehen.

### Futtergrundlage

Die Futtermittel, die in der Schweinemast am Versuchsbetrieb eingesetzt werden, bestehen aus Mais (CCM), Gerste und Weizen (beides geschrotet).

Zugekauft werden Sojaschrot (GMO frei) sowie Mineralstoffergänzer von der Fa. Garant, Pöchlarn. Zur Futterbreiherstellung wird das am Betrieb verfügbare Brunnenwasser (mit 19- °dH – hartes Wasser), im Winterbetrieb vorgewärmt, verwendet.

### Versuchsanlage

Die Konzeption der Des-Aerosol-Anlage wurde gemäß den gesetzten technischen Zielen aufgebaut.

Diese sind:

- Zerstäubung von Flüssigkeiten mit einer Tröpfchengröße von  $< 20 \mu\text{m}$  als schwebendes Aerosol bzw. mit etwas größeren Tröpfchen als bodenbedeckender Nebel zum Einweichen von Stallungen
- Betriebsarbeitsdruck unter 5 bar
- einfache Handhabung und Installation
- vollautomatische Regelung unter Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeit im Stall
- wartungsfreie Anlage mit Standzeiten über 1 Jahr
- Installation in Neubau oder in bestehende Stallung (Nachrüstmöglichkeit)

### Eingesetzte Flüssigkeiten

Die Wirkstoffkombination des Konzentrates von Des-Aerosol besteht aus ätherischen Ölen (Eucalyptus), einem Solubilisierungsmittel (Emulgator) und dem aktiven Wirkstoff (mehrwertiger Alkohol). Das Konzentrat ist vollständig wasserlöslich. Die wesentlichen und wichtigsten zu berücksichtigenden Kriterien sind, dass die Einsatzlösung hinsichtlich Gesundheitsgefährdung von Mensch und Tier völlig unbedenklich ist sowie eine Rückstandsfreiheit garantiert werden kann (FALBE et al., 1992; FORTH et al., 1983; WIRTH und GLOXHUBER, 1981; WALLHÄUSSER, 1984; MÜLLER, 1950). In der nachfolgenden Aufzählung sind die Wirkungsweisen der einzelnen Komponenten sowie deren Verträglichkeit aufgelistet.

### Erklärung der Wirkungsweise von Des-Aerosol

Die Realisierung der geplanten technischen Ziele der Anlage können durch physikalische und chemische Wirkungsprinzipien beschrieben werden. Um diese Einzelziele zu erreichen, gilt als Voraussetzung, dass die Tröpfchengröße nach Vorgabe ( $< 20 \mu\text{m}$ ) auch tatsächlich erreicht wird. D.h. durch die hohe Austrittsgeschwindigkeit und die geringe Flüssigkeitsmenge wird ein feiner Nebel – ein schwebendes Aerosol erzeugt. Bei Druckabsenkung der Luftleitung werden gröbere Tropfen erzeugt, die schneller zu Boden fallen und den Boden benetzen.

### Geruch:

Staubpartikel sind die Hauptträger des Geruches sowie gesundheitsgefährdender Materialien (u.a. pathogene Bakterien, Viren, Endotoxine und andere organische Substanzen, darunter fallen abgestorbene Hautteile der Mastschweine, getrockneter Kot, trockene Teile des Futters). Durch die Tieraktivität (u. a. ausgelöst durch Fütterung, Unruhe u. Ä.) kommt es zu einer erhöhten Staubbelastung in der

Stallatmosphäre. Damit es zu einer Reaktion und somit zu einer Reduktion des Geruches kommt, wird das schwebende Aerosol ausgebracht. Die geruchstragenden Partikel werden als Reaktion durch das schwebende Aerosol umschlossen. Aufgrund des zugenommenen Gewichts sinken die geruchstragenden Partikel ab und werden durch Adhäsion am Boden festgehalten (PEDERSEN und TAKAI, 2000).

Als zweite Komponente wirkt das ätherische Öl, welches eine desodorierende Wirkung aufweist und der Abluft bereits im Stallraum eine angenehme und frische Duftnote verleiht.

#### *Fremdgase:*

Die Belastungen von Fremdgasen in der Tierhaltung (LEHNINGER et al., 2001) umfassen hauptsächlich Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Speziell die Ammoniakbelastung stellt in und um Schweinestallungen ein wesentliches Problem dar. Neben den Luftreinholdungsforderungen aus den gesetzlichen Bestimmungen, die dzt. noch auf nationaler Ebene bestimmt werden, wird die Reduktionsforderung von bestimmten Fremdgasen, in diesem Fall Ammoniak, immer bestimmter.

Die Wirkungsweise der Reduktion wird durch folgenden chemisch-physikalischen Vorgang beschrieben: die  $\text{NH}_3$ -Belastung in gasförmiger Form, welche mittels Schadgasmessgeräten messbar ist, wird mit dem schwebenden Aerosol beaufschlagt. In Folge der hohen Löslichkeit von  $\text{NH}_3$  in Wasser (DICKERSON et al., 1988), aber speziell auch in Alkohol (FALBE et al., 1992), kommt es zur Absorption (Prinzip der chemischen Nasswäsche). Weiters ist zu beachten, dass durch den höheren Siedepunkt von Alkoholen die Löslichkeit effektiver umgesetzt wird als vergleichsweise bei Wasser. Da das schwebende Aerosol mit der Zeit durch den Luftstrom, ausgelöst durch die Zwangsluftführung und Gewichtszunahme der Partikel zu Boden sinkt, wird der gasförmige Ammoniak ausgewaschen und in den flüssigen Zustand übergeführt.

#### *Keime:*

Bei den Aerosolen handelt es sich um eine ganz bestimmte Gruppe von Kolloiden, die in ganz feiner Verteilung als feste oder flüssige Substanzen hauptsächlich in der Luft vorzufinden sind. Aerosole entstehen in erster Linie durch Zerstäubung oder durch Verdampfung. Der sich bildende Nebel wird durch Luftbewegung in einem Schwebzustand gehalten. Die Anwendung von chemischen Substanzen zur „Luftdesinfektion“ in Form von Aerosol führt zu einer Keimzahlreduzierung, man kann jedoch nicht von einer tatsächlichen Desinfektion sprechen. Dieser Anwendungsform kommt primär der Wert einer expositionsprophylaktischen Maßnahme zu. Bei einem natürlichen Luftwechsel ist daher eine ständige Zuführung des Präparates notwendig, um dem Konzentrationsabfall entgegenzuwirken.

Zur Anwendung von Aerosolen in der Tierhaltung wurden bereits vor rund 30 Jahren Versuche in Großstallungen ehemaliger ostdeutscher Bundesländer durchgeführt (HORN et al., 1973). In diesen Beständen haben die in der Stallluft schwebenden Mikroorganismen große Bedeutung. Eine Reihe von Untersuchungen belegt die gute Wirkung in

Stallungen, insbesondere beim Einsatz von mehrwertigen Alkoholen als vernebeltes Aerosol (BOCHENIN, 1975, POLJAKOV et al., 1975). Dabei wurde nachgewiesen, dass zu Beginn der Aerosol-Ausbringung die Keimzahl der Raumluft stärker reduziert wird, als zum Ende des Versuches (LAMMERS, 1951/52). Ganz allgemein geht man aber von einer Einwirkungszeit von mindesten 30 Minuten aus (WEUFFEN et al., 1970). Beim Vernebeln eines Präparates werden die erforderlichen Konzentrationen in der Raumluft schneller erreicht und dadurch tritt der gewünschte Effekt rascher ein (KLIEWE 1948, 1950, KLIEWE und WASIELEWSKI, 1951, 1953).

#### *Staub:*

Die Zielsetzung der Staubreduzierung wurde als wesentliches Kriterium fixiert. Die Betrachtung der Staub- bzw. Feinstaubbelastung wird in dieser Versuchsanstellung aus zwei diametral unterschiedlichen Anforderungssichtweisen betrachtet. Einerseits soll der Arbeits- und Produktionsplatz aus ergonomischen und gesundheitstechnischen Überlegungen für Mensch und Tier (Innensicht) optimiert werden, andererseits stellt sich die Frage, wie die Belastungen der Immissionen hinsichtlich Dritter (Außensicht) verringert werden können.

Zentraler Ansatz zur Staubminderung war, dass bereits am Entstehungsort der Emission (d.h. in den Stallungen) die Reduktionsmaßnahmen installiert werden. Der Lösungsansatz ist dadurch gekennzeichnet, dass die Staubbelastung hauptsächlich durch den Feuchtigkeitseintrag (Kombination Öl und Wasser) verringert werden kann. Die Zusammensetzung der Des-Aerosolkomponenten erhöht die Staubbindung massiv. Dies wird durch ein vollständiges Umschließen des Staubpartikels durch die ölige Komponente gewährleistet.

Anschließend erfolgt durch Adhäsion eine Bindung der Staubpartikel an den Oberflächen (Aufstallung, Boden oder Tier) bzw. ein Austrag ins Freie durch die verschiedenen Lüftungssysteme (PEDERSEN und TAKAI, 2000). Ein neuerliches „Aufwirbeln“ der Staubpartikel wird dadurch verhindert.

#### *Kühlung:*

Das Wasser wird mit einem gewissen Druck (ca. 3 bar) durch die Zweistoffdüsen geleitet und mit Druckluftunterstützung beschleunigt und somit sehr fein zerstäubt (Tröpfchengröße unter  $20\mu\text{m}$ ). Dadurch wird das Wasser sofort in den dampfförmigen Aggregatzustand übergeführt. Die für die Verdunstung notwendige Wärmeenergie wird der Stallluft entzogen. Dieser Vorgang wird adiabatische Kühlung genannt.

#### *Einweichen:*

Durch den permanenten Feuchtigkeitseintrag der Einweichfunktion werden die eingetrockneten Verunreinigungen (z.B. Kot oder Futterreste) aufgeweicht. In der Folge wird die Grundreinigung des Stalles mittels Hochdruckreiniger beschleunigt, da sich diese eingetrockneten Feststoffe schneller von den Oberflächen lösen. Durch den feinen Nebel bzw. die kleinen Tröpfchen wird der Wasserverbrauch niedrig gehalten, was sich hinsichtlich des Anfalls

des Reinigungswassers im Güllelager wirtschaftlich positiv auswirkt.

**Messtechnik**

*Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung*

Außen, sowie in jedem der drei Abteile (Versuch, Kontrolle, Kühlung) wurden die Temperaturen und rel. Luftfeuchtigkeiten kontinuierlich mit Kombifühlern gemessen. Diese 15-minütig erhobenen Werte wurden von einem Mikromec multisens-Datenlogger gespeichert und zur weiteren Verarbeitung ins EDV-Netz übertragen.

*Schad- bzw. Fremdgasmessgerät*

Die Schad- und Fremdgase wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) - soweit vorhanden - wurden kontinuierlich mit einem tragbaren elektronischen Gerät der Baugruppe X-am 7000, Fa. Dräger Sicherheitstechnik, bestimmt. Die Fremd- und Schadgasgehalte wurden mit dem Ziel gemessen, eine auftretende, durch den Einsatz einer Kühlanlage („Schweinedusche“) bzw. die Zugabe von Des-Aerosol verursachte Minderung der Ammoniak- und Kohlendioxid-Konzentration zu überprüfen. Weiters wurde die Einhaltung optimaler Luftqualitäten (Empfehlung von max. 20 ppm NH<sub>3</sub> bzw. 2000 ppm CO<sub>2</sub>) in den drei Versuchsräumen kontrolliert und bei Auftreten von Extrembedingungen die Maximalwerte festgehalten.

*Oberflächentemperatur*

Für die Messung der Hautoberflächentemperaturen bzw. zur Feststellung der Temperaturabsenkung am Tier ist eine Infrarot-Wärmebildkamera zum Einsatz gekommen. Das Gerät der Firma Flir (Type ThermaCam P60) verfügt über eine Wärmebild- und Tageslichtkamera.

Die Messdatenaufzeichnung kann einerseits am eingebauten Display abgelesen bzw. als .jpg- Datenformat auf einen PC übertragen werden. Die 2 Messbereiche reichen von -40 bis 120°C sowie 0 bis 500°C. Die Messgenauigkeit beträgt ± 2 %. Die Kamera besitzt eine „Auto-Spot-Funktion“, wobei in einem definierten Messbereich der wärmste und der kälteste Messpunkt gemessen werden. Ebenso können Durchschnitts-, Minimal- und Maximaltemperaturwerte festgehalten werden.

*Olfaktometrie*

Die Olfaktometrie ist ein langjährig praktiziertes Messverfahren zur Bestimmung von Geruchsstoffkonzentrationen. Geräte, Verfahren und Richtlinien für olfaktorische Messungen wurden in dieser Zeit weiterentwickelt und verbessert. Bei der Olfaktometrie handelt es sich um ein wirkungsbezogenes

**Tabelle 1: Probenahmepunkte und -zeiten**

Abteil		Zeitpunkt	Zeitpunkt
Versuch	Tierbereich	2 min vor Versprühen	2 min nach Versprühen
	Abluftkamin	2 min vor Versprühen	2 min nach Versprühen
Kontrolle	Tierbereich	beliebig	
	Abluftkamin	beliebig	
Kühlung	Tierbereich	2 min vor Versprühen	2 min nach Versprühen
	Abluftkamin		2 min nach Versprühen

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. Für die Messung bzw. Bewertung der Geruchsemissionen wurden folgende Probenahmepunkte gewählt:

*Geruchsschwellenmessung*

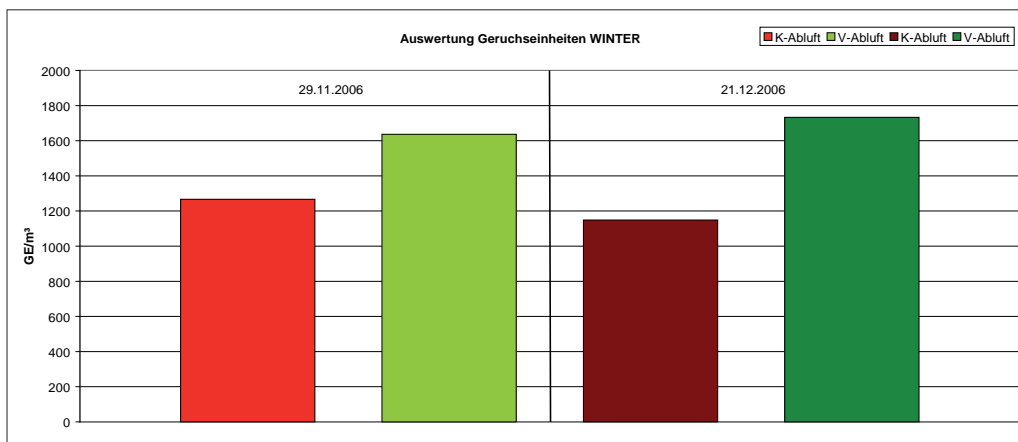
Als Messmethode wurde die Geruchsschwellenmessung (Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration) ausgewählt. Die Ergebnisse der Geruchsstoffkonzentrationsmessungen werden in GE/m<sup>3</sup> (Geruchseinheiten pro Kubikmeter) mit allen dazugehörigen statistischen Werten angegeben.

*Hedonikmessung*

Die Hedonik wurde in Anlehnung an VDI 3882 (Teil 2) über eine neunstufige Skala ermittelt, bei der -4 die Einschätzung „äußerst unangenehm“ und +4 die Einschätzung „äußerst angenehm“ durch die Probanden charakterisiert.

*Elektronische Nase*

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.



**Abbildung 2: Geruchsstoffkonzentration von Kontroll- und Versuchsabteil (Winter)**

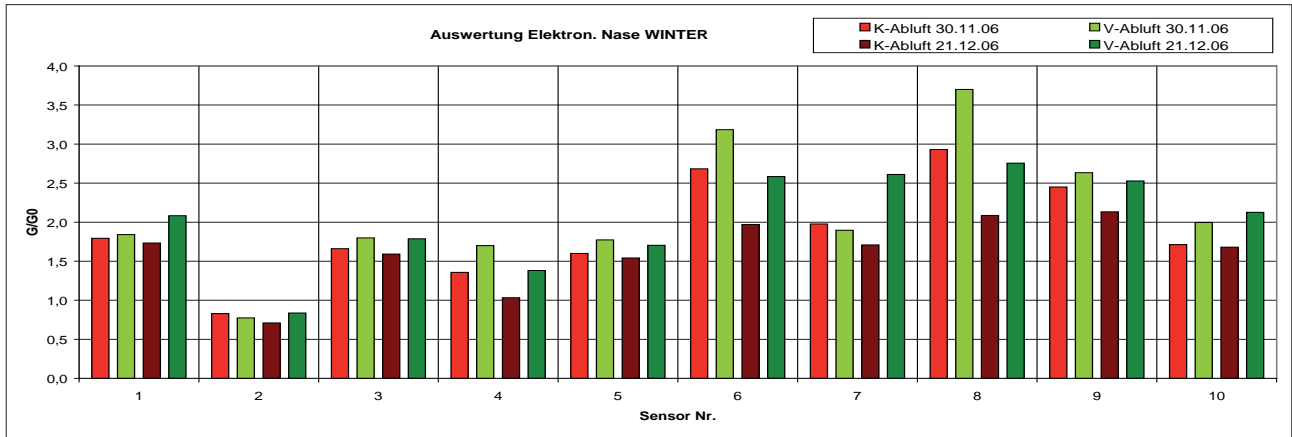


Abbildung 3: Widerstandswerte der elektronischen Nase

Ergebnisse:

Geruch

Die Winterwerte im Kontrollabteil (Kammer 3) lagen im Mittel bei 1.200 GE/m<sup>3</sup>, im Versuchsabteil lagen die Werte mit durchschnittlich 1.700 GE/m<sup>3</sup> höher. Dies lässt sich durch das Versprühen des Eukalyptusöles (Des-Aerosol) begründen. Durch die Überdeckung des Schweinegeruches mit dem ätherischen Öl erhöht sich zwar die Geruchsstoffkonzentration, jedoch verbessert sich der Geruchseindruck dahingehend, dass die Abluft des Versuchsabteils (Kammer 2) nach dem Versprühen von den Probanden hedonisch „angenehmer“ beurteilt wurde.

Die Ergebnisse der Sommermessungen liegen aufgrund der sommerlich bedingten, höheren Luftwechselraten niedriger als im Winter. Die Werte des Kontrollabteils sind mit 939,5 bzw. 432,5 GE/m<sup>3</sup> niedriger als die Werte des Versuchsabteils (1.086,5 bzw. 494 GE/m<sup>3</sup>), jedoch sind die Geruchsstoffkonzentrationen aufgrund des Des-Aerosol-Einsatzes geringfügig höher.

Elektronische Nase

In den zwei nachfolgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der Geruchsuntersuchungen mit Hilfe der elektronischen Nase PEN 2 dargestellt. Die Auflistung der 10 Gassensoren gibt einen Überblick über die Zusammensetzung des Geruchs, wobei zwischen Winter- und Sommersituation geringe Unterschiede bestehen. Die höchsten Ausschläge sind bei den Sensoren 6 (große Bandbreite für Methan) und 8 (große Bandbreite Alkohole) zu verzeichnen.

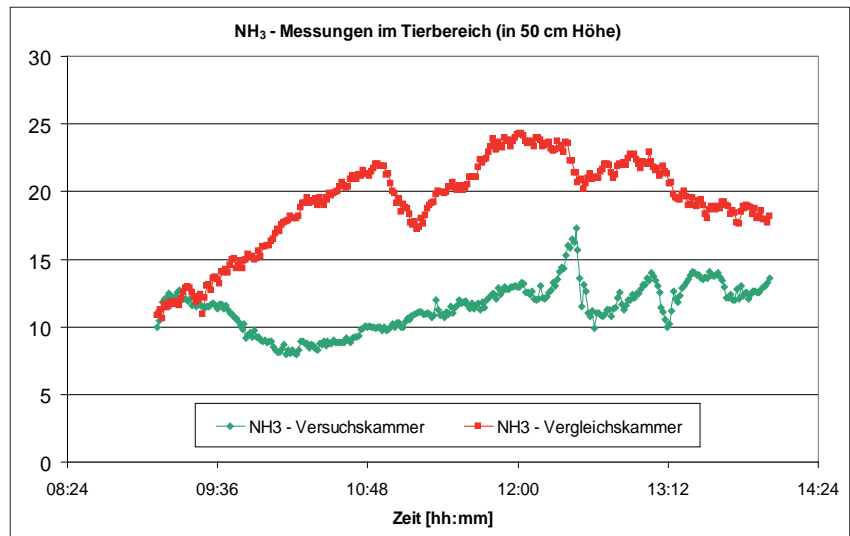


Abbildung 4: NH<sub>3</sub>-Messungen (Tierbereich)

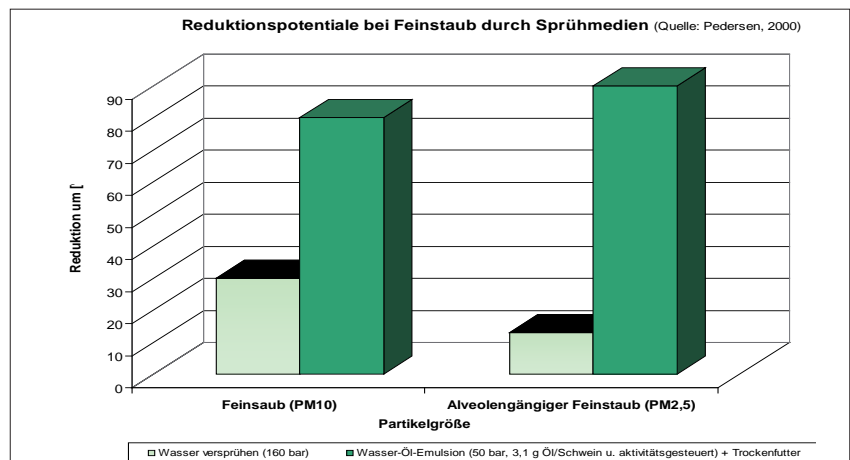


Abbildung 5: Reduktionspotential bei Feinstaub durch Sprühmedien

Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

Die Vergleichsmessungen wurden in Kammer Nr. 2 (mit Des-Aerosol-Versuchsanlage) und in Kammer Nr. 3 (Kontrollabteil) unter folgenden Bedingungen durchgeführt.

- Betriebslaufzeiten der Des-Aerosolanlage: 09.00 – 18.00 Uhr am 27.12.2006 mit der Betriebseinstellung Des-Aerosol (ohne Kühlmodus - Winterbetrieb)
- Sprühintervalle: alle 15 min. für durchschnittlich 9 Sekunden
- Lüftungseinstellung: Winterbetrieb mit ca. 26-28 % Lüfterleistung bzw. 13-14 Luftwechsellraten pro Stunde, wobei Solltemperatur und Bandbreite in beiden Abteilen ident gehalten wurden
- Des-Aerosol im Verdünnungsgrad 1:10
- Messpunkt – Bedienungsgang auf Tierhöhe (ca. 50 cm)
- Fremdgasbelastung CO<sub>2</sub> war in beiden Versuchskammern annähernd ident (keine signifikanten Unterschiede erkennbar).
- Messintervall des Messgerätes: 1 Messpunkt je Minute
- Außenklimabedingungen: -2,9 °C / 88 % Luftfeuchtigkeit / Windstärke 1

**Staub**

Die Minderung von Staubfraktionen wurde aus technischen Gründen nicht untersucht. In zahlreichen Versuchen zur Versprühung von Ölemulsionen, welche von den verschiedensten europäischen Institutionen durchgeführt wurden, wurde eine signifikante Minderung von Feinstaub gemessen.

**Steuerung der Temperaturen und Luftfeuchte**

Durch „**Betriebsart Des-Aerosol**“ Versprühung (alle 15 min. für ca. 9 sek.): kontinuierliche Anhebung der Luftfeuchtigkeit in den optimalen Feuchtigkeitsbereich (60 – 80%) für die Schweinemast (Betriebszeit nur von 8-18 Uhr).

**Kühleffekt der Anlage im Tierbereich**

Im Wesentlichen unterscheiden sich die Techniken zur Sprühkühlung hinsichtlich des Arbeitsdruckes, mit dem das Wasser in den Stallungen versprüht wird. Unterschieden wird zwischen Nieder-, Mittel- und Hochdruckanlagen. Im Speziellen sind es die Hochdruckanlagen, welche durch ihre hohen Anschaffungskosten für Edelmetalldüsen und –leitungen als wenig lukrativ zu bewerten sind. Diese Technik garantiert zwar sehr kleine Partikel in der Versprühung und eine vollständige Aufnahme der Partikel in die Stallluft. Sie ist aber ungleich sensibler in der Instandhaltung und macht die Installation von mehreren Filtern gleichzeitig notwen-

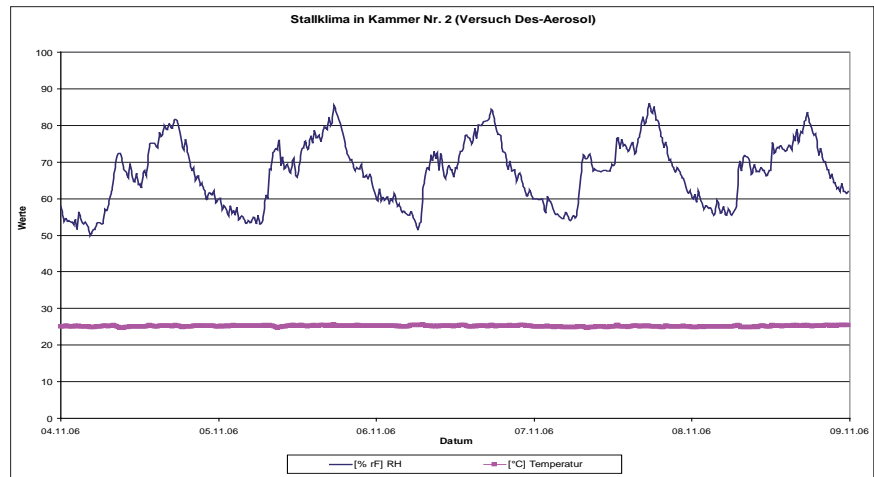


Abbildung 6: Temperatur and Luftfeuchtigkeit in Kammer Nr. 3 (Versuch Des-Aerosol)

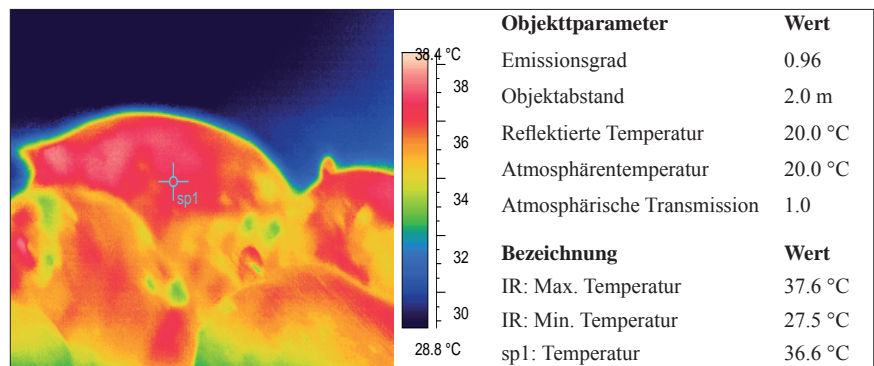


Abbildung 7: Körperoberflächentemperatur 1 Minute vor Sprühvorgang

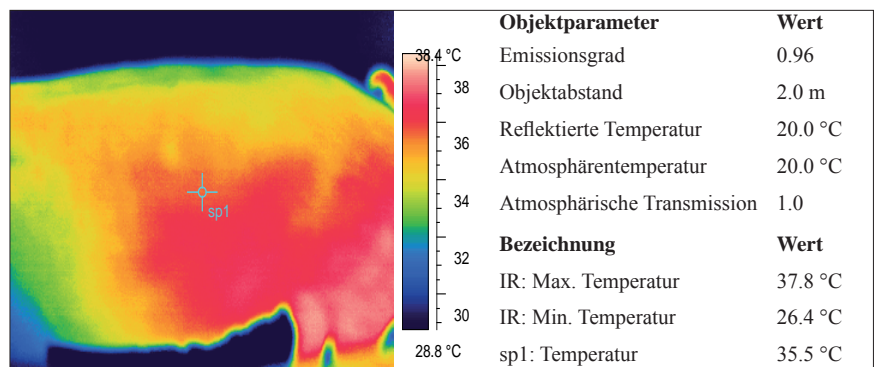


Abbildung 8: Oberflächentemperatur 5 Minuten nach dem Sprühvorgang

dig. Die positiven Effekte auf Leistung und Gesundheit der Tiere sind hinlänglich untersucht. Mittels Wärmebildkamera stellten ZENTNER et al. (2005, 2006) fest, wie sich einzelne Sprühvorgänge auf eine mögliche Temperaturabsenkung der Hautoberfläche bei Mastschweinen auswirken können. Diese Technik kam auch in der beschriebenen Untersuchung zum Einsatz. Zu diesem Zweck wurden mehrere Tiere gekennzeichnet und mit einem Messpunkt auf der Hautoberfläche versehen. Dieser Messpunkt wurde in dementsprechenden Abständen, 1 min. vor, 2 bzw. 5 min. sowie 15 min. nach dem Sprühen, wärmebildtechnisch

erfasst. Die Messpunkte (sp1 in der Auswertung) zeigen deutlich den für die Tiere als angenehm zu beurteilenden Effekt der Temperaturabsenkung der Hautoberfläche. Die Messwerte (sp1) der Aufnahmen 2, 5 und 15 min. nach dem Sprühvorgang verdeutlichen die Notwendigkeit eines wiederholten Einsprühens in definierten Zeitabständen. Diese Abstände sind in erster Linie vom Gewicht der Tiere abhängig. Je höher das Gewicht der Tiere ist, desto kürzer sind die Intervalle zwischen den Sprühvorgängen.

## Ökonomische Bewertung - Angaben des Herstellers

Die Herstellerempfehlung wird für die zukünftige weite Verbreitung eine tragende Rolle bekommen. Die genannten Einstellwerte sind die Basis, dass sämtliche Zielsetzungen mit der Des-Aerosolanlage erreicht werden können:

- Geruchsreduzierung
- Fremdgasreduzierung
- Staubreduzierung
- Keimreduzierung
- Feuchtigkeitsregulierung
- Kühlung
- Einweichen

Die Ergebnisse sind folgendermaßen zu interpretieren:

Ca. 50 % der lfd. Kosten werden durch kürzere Mastzeit amortisiert. Effektiv fallen ca. Euro 2,30 pro produziertem Mastschwein an, d.h. ca. 2 % der Produktionskosten. Bei einer Nutzungsdauer von 10 Jahren der Des-Aerosolanlage, resultiert dies in 2 zusätzlichen Mastdurchgängen (von 3,0 auf 3,2 Mastdurchgänge pro Jahr).

Zusätzliche Effekte wie höherer Gesundheitsstatus der Tiere, geringere Staubbelastung für Mensch und Tier im Stall, besseres Stallklima, positive Außenwirkungen für die Nachbarn und Anrainer werden in der betriebswirtschaftlichen Bewertung nicht berücksichtigt.

Bei Berechnung der Investitions- und Betriebskosten pro Mastschwein ist je nach betrieblichen Voraussetzungen und Stallgrößen ein Betrag von Investitionskosten Euro 1,79 und Betriebskosten Euro 2,32 (gem. Versuchstall 280 Tiere) erforderlich.

## Abluftreinigungsanlage – Abluftwäscher

Die Abteilung Stallklimattechnik und Nutztierschutz, Referat für Messtechnik des Lehr- und Forschungszentrums Raumberg–Gumpenstein wurde 2008 beauftragt, eine Untersuchung an einer neu errichteten Abluftreinigungsanlage (Abbildung 3) durchzuführen. Diese Anlage wurde von einer privaten Firma mit finanzieller Unterstützung des Landes Steiermark errichtet. Die gelieferte Anlage wurde auf einem Mastschweine - Praxisbetrieb in der Weststeiermark getestet und dazu an ein Abteil angebaut und unter Praxisbedingungen in Betrieb genommen.

Das Ansaugen der Stallluft erfolgte horizontal direkt aus dem Tierbereich über ein umgebautes Fenster.



Abbildung 9: Abluftreinigungsanlage

### Technik:

Die zu untersuchende Anlage wurde durch Unterdruck zu luftseitig über ein Rohr Ø 300 mm, welches unmittelbar an dem umgebauten Fenster, an der Außenmauer des Abteils, angebracht ist, mit Rohgas aus dem Tierbereich versorgt. Dieses Rohr mündet unmittelbar in einen zylindrischen Sprühraum (Abbildung 9). Dieser Sprühraum ist mit keinen Füllkörpern versehen. Die einströmende und zu reinigende Luft (Rohgas) wird im Sprühraum an ringförmig angeordneten und mit wasserversprühenden Absorbern (Düsen) bestückten Wasserleitungen in Verbindung gebracht und durch den Radialventilator mittels Überdruck wieder horizontal durch ein Rohr Ø 300mm an die Außen- bzw. Umgebungsluft ausgeblasen (Reingas).

Das anfallende Waschwasser gelangt in ein unter dem Sprühkörper angebautes Becken und wird anschließend an eine Reinigungsanlage (Schwimmbadtechnik) weitergeleitet, gereinigt und in das System rückgeführt. Eine exakte technische Beschreibung der Anlage wurde nicht beigebracht.

### Angaben des Herstellers:

Energiekosten:	1 KW/h
Wasserverbrauch:	30 Liter/Tag
Kosten je Anlage/Wäscher:	25.000 EUR

In Anwesenheit des Herstellers wurden Proben für eine olfaktometrische Untersuchung gezogen, die Abluftgeschwindigkeit zur Ermittlung des Volumenstroms mittels Hitzdrahtsonde gemessen, die NH<sub>3</sub>-Werte mittels elektrochemischer Sensoren eines geeichten und kalibrierten Gerätes der Marke Dräger – Type X-am 7000 untersucht und die allgemeinen Versuchsbedingungen festgehalten.

### Versuchsbedingungen:

Datum:	04.12.2007
Uhrzeit:	15:30 Uhr
Außenbedingungen:	6° C, 73% rel. Lf.
Im Stall:	22,5°Celsius
	72% rel. Lf.
	4600 ppm CO <sub>2</sub>
	28 ppm NH <sub>3</sub>
	2619,5 bzw. 2734,0 GE/m <sup>3</sup>



Tabelle 2: Bewertung verschiedener Abluftreinigungsverfahren (Quelle: KTBL, 2008)

Anlagenart	Nutzung	Aufstallung	Bewertung der Abscheidung von		
			Gesamtstaub	Ammoniak	Geruch
Biofilter	Schweine, Rinder	nicht eingestreut	+	n.g.	++
Rieselbettraktor	Schweine, Rinder	nicht eingestreut	+	+	+
Chemowäscher	Schweine, Rinder, Trockenkotlager	nicht eingestreut	+	++	n.g.
Mehrstufige Abluftreinigungsverfahren					
zweistufig					
1. Wasserwäscher + Chemowäscher	alle Tierarten	nicht eingestreut	++	++	0/+
2. Wasserwäscher + Biofilter		und eingestreut	++	0/+	++
3. Chemowäscher + Biofilter		++	++	++	
4. Chemowäscher + Rieselbett		++	++	+	
dreistufig					
1. Wasserwäscher + Wasserwäscher + Biofilter	alle Tierarten	nicht eingestreut und eingestreut	+++	+	++
2. Wasserwäscher + Biofilter		+++	+++	+++	

n.g.: nicht geeignet, 0: bedingt geeignet, +: geeignet, ++: gut, +++: sehr gut

Die Tiere befinden sich in der Endmast zwischen 100 und 110 kg Lebendgewicht

### Olfaktometrie:

Das Referat für Messtechnik und Versuchsauswertung des LFZ Raumberg-Gumpenstein führt seit dem Jahr 2004 Emissionsmessungen mithilfe eines Olfaktometers TO8 der Fa. Mannebeck durch. Ziel dieser Messungen ist die Ermittlung von Geruchseinheiten je m<sup>3</sup> (2 Probandenteams à 4 Personen je Probe), um in weiterer Folge die Geruchsemissionen von tierhaltenden Anlagen bzw. wie in diesem Fall die Minderungsgrade aufgrund abluftreinigender Techniken zu ermitteln.

Das Probandenteam des LFZ Raumberg-Gumpenstein ist zusätzlich Teilnehmer eines internationalen Ringversuches Olfaktometrie.

### Ergebnisse:

Minderungsgrad olfaktometrisch ermittelt!

Messung der Abluft bei 7m/sec Abluftgeschwindigkeit:

Luftrate in m <sup>3</sup> :	1780,4
Rel. Feuchte:	99,9 %
Temp.:	18 °C
NH <sub>3</sub> :	5 ppm
GE/m <sup>3</sup> :	1180,0

**Minderung in %: 55**

Messung der Abluft bei 11m/sec Abluftgeschwindigkeit (volle Leistung):

Luftrate in m <sup>3</sup> :	2797,7
Rel. Feuchte:	99,9 %
Temp.:	19 °C



Abbildung 10: Probanden bei der Beurteilung einer Geruchsprobe am Olfaktometer TO8

NH <sub>3</sub> :	16 ppm
GE/m <sup>3</sup> :	1644,0
<b>Minderung in %:</b>	<b>39,9</b>

### Fazit

Die Ergebnisse der Geruchsmessungen und insbesondere der Kosten zeigen, dass die untersuchte Anlage nicht den derzeitigen Kriterien solcher Anlagen entspricht und ein Einsatz zur Minderung von Emissionen und Immissionen aus Stallungen, insbesondere von Geruch, mit dieser Technik nicht möglich ist.

Es wäre auf alle Fälle sinnvoll, bereits in der Planung und bei Vergabe der Fördermittel, entsprechendes fachliches Wissen bezüglich der Emissionen aus der Tierhaltung einzuholen.

## Literaturverzeichnis

- BARTH, S. (2005): Immissionsprognosen; Vortrag Seminar „Geruch – Messung und Beseitigung“, Barth & Bitter GmbH, Wunstorf
- BARTUSSEK, H., HAUSLEITNER, A., SCHAUER, A., STEINWENDER, R., UBBELOHDE, J. (1995): Schrägbodenbuchten für Mastschweine, Veröffentlichung der BAL Gumpenstein, Heft 23, Irdning
- BEA, W. (2004): Vergleich zweier Mastschweinehaltungssysteme – Beurteilung der Tiergerechtigkeit. Dissertation Universität Hohenheim, Stuttgart
- BEER, K., G. MEHLHORN und H.J. BÄR (1973): Zur Methodik der quantitativen Bestimmung des Keimgehaltes der Stallluft unter Praxisbedingungen. Mhefte Vet. Med. 28, 782-786
- BOCHENIN, J. I. (1975): Prophylaktische Aerosol desinfektion der Stallungen einer großen Schweinemastanlage in der Anlaufphase. Tr., VNIIVS, Moskva 51, 166-170
- CIGR (2006): Animal housing in hot climates, a multidisciplinary view, workshop paper of
- CIGR Section II Working Group, Campinas (Brazil)
- CHAI, T. (1998): Vorkommen von luftgetragenen Keimen in Rinderställen und der Stallumgebung unter besonderer Berücksichtigung von C. perfringens. Diss. Fachber. Vet. Med. der Freien Universität Berlin
- DELGADO, C., ROSEGRANT, M., STEINFELD, H., EHUI, S., COURBOIS, C. (1999): The next food revolution in: Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 28, International Food Policy Research Institute, Washington D.C.
- DICKERSON, R., H. B. GRAY und M. Y DARENSBOURG (1988): Prinzipien der Chemie, de Gruyter Verlag, Berlin
- DLG (2006): Arbeitsunterlage, Lüftung von Schweineställen, 3. überarb. Fassung, Arbeiten aus dem DLG-Ausschuss „Technik in der Tierischen Produktion“
- FALBE, J. (Hrsg.), REGITZ M., RÖMPP, H. (1992): Römpp Chemie Lexikon, Band 6, 9. Auflage, Stuttgart
- FISER, A. (1970): Microbial picture of air in a large-scale farrowing house and pre-fattening piggery. Acta Vet. Brno 39, 89-100
- FORTH, W., HENSCHLER, D., RUMMEL, W. (1983): Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, für Studenten der Medizin, Veterinärmedizin, Pharmazie, Chemie, Biologie sowie für Ärzte, Tierärzte und Apotheker, 4. Auflage, Mannheim Forschungsbericht DES-AEROSOL - 83 -
- GÄRTTNER, E. (1975): Quantitative und qualitative Untersuchungen zum Luftkeimgehalt in Schweine- und Geflügelställen – Ein Beitrag zur Aerobiologie in landwirtschaftlichen Nutztierställen. Diss., Universität Hohenheim
- GEBHARDT, H. (1973): Zur Problematik von Luftkeimgehaltsbestimmungen in Tierställen mit Hilfe des Standard-Impingers und des Casella-Schlitzsammlers und der Erfassung der übrigen Stallklimafaktoren. Diss., Universität Hohenheim
- GUSTAFSSON, G. (1997): Investigation of factors affecting air pollutants in animal houses, in: Ann Agric Environ Med, 4, 203-215
- HARTUNG, J. (1998): Art und Umfang der von Nutztierställen ausgehenden Luftverunreinigungen. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 105, 213-216
- HARTUNG, J., SEEDORF, J., TRICKL, T., GRONAUER, H. (1998): Freisetzung partikelförmiger Stoffe aus einem Schweinestall mit zentraler Abluftführung in die Stallumgebung. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 105, 244-245
- HAUSLEITNER, A. (2002): Einsatz von „Des-Aerosol“ zur Keimreduktion in Schweinestallungen, Bericht über den Vorversuch, Bundeslehranstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein.
- HÄUSSERMANN, A. (2006): Stallklimaregelung und Emissionen – Entwicklung und Evaluierung sensorgestützter komplexer Regelstrategien für die Mastschweinehaltung, VDIMEG-Schrift 443, Diss., Universität Hohenheim
- HILBIG, V. (1972): Erfahrungen mit dem Andersen-Sampler bei der Untersuchung des Luftkeimgehaltes eines Versuchstierstalles. Vet. Med. Diss., Hannover
- HORN H., PRIVORA, M., WEUFFEN, W. (1973): Handbuch der Desinfektion und Sterilisation, Band IV: Desinfektion und Sterilisation in Gesundheitseinrichtungen und industriellen Bereichen, VEB Verlag, Volk und Gesundheit, Berlin
- HÖRNING, B. (1999): Artgemäße Schweinehaltung, Beratung artgerechter Tierhaltung, Stiftung Ökologie und Landbau, Schweinsfurth-Stiftung, München, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- HURTIENNE, H. (1967): Vergleiche zwischen mehreren Verfahren zur Bestimmung des Keimgehaltes der Stallluft unter verschiedenen Bedingungen. Vet. med. Diss., Hannover
- JUNGE, C. (1952): Die Konstitution des atmosphärischen Aerosols. Ann. Meteor. 5, 1-55
- KLIEWE, H. (1948): Raumlufthdesinfektion mit keimtötenden Nebeln. Dt. med. Rdsch. 2, 1-4
- KLIEWE, H. (1950): Neue Verfahren der Raumlufthdesinfektion. Öffentl. Gesundheitsdienst 12, 144-146
- KLIEWE, H., WASIELEWSKI, E. v. (1951): Verfahren und Mittel zur Desinfektion der Luft; Arch. Hyg. Bakteriologie 135, 286-302, Forschungsbericht DES-AEROSOL - 84
- KLIEWE, H., WASIELEWSKI, E. v. (1953): Die Bedeutung der Luftdesinfektion für die Verhütung und Bekämpfung ansteckender Krankheiten. Z. Aerosolforsch. u. Ther. 2, 452-458
- KRD L (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
- KTBL (2004): Luftgetragene biologische Belastungen und Infektionen am Arbeitsplatz Stall,
- KTBL-Schrift Nr. 436, 52-61 u. 200-201
- KTBL (2006a): Abluftreinigung für Tierhaltungssysteme, KTBL-Schrift Nr. 451, 44 -66
- KTBL (2006b): Emissionen der Tierhaltung, KTBL-Schrift Nr. 449, 192-210
- KTBL (2007): Tagungsband zur 8. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2007 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 51-55
- KUBECZKA, K. H. (1982): Qualitätsbeurteilung arzneilich verwendeter ätherischer Öle, Deutsche Apothekerzeitung, Nr. 122, 2309-2316
- LAMMERS, T. (1951/52): Diskussionsbemerkungen zum Thema Luftdesinfektion durch Glycole, Zbl. Bakt. I. Abt. Orig. 157, 147
- LEHNINGER, A., COX, M., NELSON, D. (2001): Biochemie, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin
- MANNEBECK, D., MANNEBECK, H. (2002): Qualität und Vergleichbarkeit olfaktometrischer Messungen; in: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, Nr. 4, April 2002

- MARSCHANG, F., C. PETRE, (1971): Der NH<sub>3</sub>-Gehalt der Stallluft und sein Einfluss auf die Morbidität und die Tierverluste in Rindermastställen. *Zbl. Vet. Med.* 18, 6446-6454.
- MÖHLE, R. (1998): Anwohnerschutz bei Intensivtierhaltungen. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 105, 220-224
- MÖSENBACHER, I. (2005): Einführung in das olfaktometrische Messverfahren unter gleichzeitiger Verwendung einer elektronischen Nase zur Ermittlung von Geruchsemissionen - Vergleichsmessungen auf Schweinemastbetrieben, Abschlussbericht, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding
- MÜLLER, A. (1950): Die physiologischen und pharmakologischen Wirkungen der ätherischen Öle, Riechstoffe und verwandten Produkte, 2. Auflage, Heidelberg
- MÜLLER, W., WIESER, P., WOIWODE, P.J. (1977): Ergebnisse einer statistischen Auswertung von Luftkeimmessungen in einem Schaf- und einem Legehennenstall. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 90, 352-354. Forschungsbericht DES-AEROSOL - 85
- NOWAK, D. (1998): Die Wirkung von Stallluftbestandteilen, insbesondere in Schweineställen, aus arbeitsmedizinischer Sicht. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 105, 225-234
- PEDERSEN, S. (1998): Staubreduzierung in Schweineställen. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 105, 247-250
- PEDERSEN, S., TAKAI, H. (2000): A comparison study of different dust control methods in pig buildings. In: *Am. Soc. of Agr. Eng.* 16, 269-277
- PLONAIT, H. (2001): Einfluss der Haltungsbedingungen auf das Krankheitsgeschehen. In: WALDMANN, K.-H., WENDT, M., (Hrsg.): *Lehrbuch für Schweinekrankheiten.* 3. Aufl., Parey, Berlin, S. 12
- POLJAKOV, A. A., DUDNICKIJ, I. A., ANDRJUNIN, J. I., DUKACENKO, V. G. (1975): Desinfektion in der industriellen Schweineproduktion, *Veterinarija, Moskva* 7, 21-26
- RATSCHOW, J.-P., SCHULTE-SURTUM, R. (2003): Kühlung von Schweineställen, *DLGMerkblatt, Nr. 332, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V., Fachbereich Landtechnik, 10/2003, Frankfurt am Main*
- RICHTER, C.-J., ENDERLE, K.-H., HÖFL, H.-C., RÖCKLE, R. (2002): Untersuchung der Lagerfähigkeit von Geruchsproben; Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, IMA Richter & Röckle, Freiburg
- SCHÖNHERR, W. (1959): Untersuchungen über den Keim- und Staubgehalt der Luft in Massivbauställen und beim Weidemelken. *Milchwiss.* 14, 50-56
- STEINWIDDER, A. (1999): Die Auswirkung schlechter Stallluft auf die Mast- und Schlachtleistung sowie die Fleischqualität von Mastschweinen mit und ohne Stroh. In: *Tagungsband 26. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 71-73*
- TAKAI, H., MÖLLER, F., IVERSEN, M., JORSAL, S. E., BILLEHANSEN, V. (1993): Dust control in swine buildings by spraying of rape oil. In: *Proc. of the Int. Symp. Livestock Environment IV, Warwick, 726-733*
- TAKAI, H. (2007): Factors influencing dust reduction efficiency of spraying of oil-water mixtures in pig buildings. In: *Discussion paper of the Dust Conference*
- WALLHÄUSSER, K. H. (1984): *Praxis der Sterilisation, Desinfektion – Konservierung, Keimidentifizierung – Betriebshygiene, 3. Auflage, Stuttgart*
- WEUFFEN, W., WIGERT, H., FRIEDMANN, J., TREUHOFF, I. (1970): Zur Terminologie auf dem Gebiet der Desinfektion, *Z.ges.Hyg.* 16, 72-77
- WIRTH, W. (1981): *Toxikologie: für Ärzte, Naturwissenschaftler und Apotheker, 3. Auflage, Stuttgart*
- WOIWODE, J. (1976): Vergleichende Untersuchungen zur Größenbestimmung koloniebildender Einheiten in der Stallluft, *Diss. Universität Hohenheim Forschungsbericht DES-AEROSOL - 86*
- ZALUDIK, K. (1997): *Untersuchung zum Schrägbodensystem für Mastschweine, Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien*
- ZENTNER, E., MÖSENBACHER-MOLTERER, I., GASTEINER, J. (2005): *Schweinedusche, Forschungsbericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein*
- ZENTNER, E., MÖSENBACHER-MOLTERER, I., GASTEINER, J. (2006): Einsatz einer Schweinedusche im Hinblick auf Emissionen, tägliche Zunahmen in der Schweinemast und Oberflächentemperaturverhalten von Mastschweinen, *Forschungsbericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein*
- ZHANG, Y. (1997): Sprinkling oil to reduce dust, gases, and odor in swine buildings, in: *Agricultural Engineers Digest, Vol. August*
- ZIMMERMANN, W. (1991): *Neue Möglichkeiten zur Kontrolle und Sanierung von Schweinebeständen mit Enzootischer Pneumonie (EP). Habil. Schr., Universität für Veterinärmedizin, Bern, Schweiz*
- ZUCKER, B. A., MÜLLER, W. (1997): Concentrations of Airborne Endotoxin in Cow and Calf Stables. *J. of Aerosol Science* 29, 217-221