



# Abschlussbericht EQ-Bedding Ammoniak-Emissionsmessung

Dienstleistungsprojekt im Auftrag der Firma W. Thommen +  
Partner AG, Ebmatingen

16.1.2014

**Verfasst von:**

**Conny Herholz, PD Dr. med. vet, FTA, Dipl. ECEIM**

**Michèle Feuz, B.Sc. Agr.**

**Christoph Häni, MSc ETH Atmos Clim Sc**

**Thomas Kupper, Dipl. Ing. agr. ETH**

**Berner Fachhochschule**

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Agronomie, Pferdewissenschaften

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zusammenfassung	3
2	Versuchsaufbau	4
3	Ergebnisse	7
4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	9
5	Literaturverzeichnis	10

# 1 Einleitung und Zusammenfassung

Gemäss einer Anfang der 2000er Jahre durchgeführten Stichprobe von zufällig ausgewählten Pferdebetrieben (n=1861) wurde die Haltung und Nutzung von Pferden in der Schweiz erfasst (Bachmann *et al.* 2002).

In der Studie wurden total 622 Betriebe mit 2'536 Equiden untersucht, von diesen waren 83% in Boxenhaltung, mit oder ohne direkt zugänglichem Auslauf untergebracht. Tatsächlich verbringen viele Pferde einen Grossteil ihrer Zeit in der Box (Weber *et al.*, 1987), so dass die Qualität der Stallluft eine wichtige Rolle für die Gesundheit des Pferdes spielt.

Insbesondere der Atmungstrakt des Pferdes ist sehr empfindlich gegenüber Partikeln und schädlichen Gasen in der Luft (Holcome *et al.*, 2001). Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Form der Haltung einen wichtigen Effekt auf die Lungengesundheit des Pferdes hat (Herholz *et al.*, 2002; Gerber *et al.*, 2004). Ebenso wurde gezeigt, dass verschiedene Einstreumaterialien die Qualität des Stallklimas unterschiedlich beeinflussen, insbesondere in Bezug auf die Ammoniakkonzentration. (Fleming *et al.*, 2008).

Ammoniak ist eines der wichtigsten, schädlichen Stallgase und kann die Atemwege schädigen (Katayama *et al.*, 1995). In hohen Konzentrationen (20-25 mg/m<sup>3</sup>) kann es die Haut und Schleimhäute der Atemwege massgeblich irritieren.

Das Produkt EQ-Bedding wurde in Kroatien als Einstreu für verschiedene Tierarten entwickelt und geprüft, es besteht aus kompostierbaren Holzpellets mit dem Zusatz von fünf verschiedenen Kräutern. Das Produkt soll nun auch in der Schweiz eingeführt und auf dem Markt etabliert werden. Die Hochschule für Agrar-, Forst-, und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) hat eine Prüfung der Praktikabilität und Verträglichkeit des Produktes unter Praxisbedingungen in zwei landwirtschaftlichen Pferdehaltungsbetrieben durchgeführt. Für Erkenntnisse aus dieser Studie wird auf den Projektbericht vom 25.11.2014 verwiesen.

Im Hinblick auf die Gesundheit der Atemwege und die Qualität des Stallklimas wurde als weitere, wertvolle Information über die Einstreu EQ-Bedding Messungen der Ammoniakemissionen an verschiedenen Tagen vorgenommen. In einem experimentellen Versuch wurden in Plastikschaalen Stroh und EQ-Bedding ausgebracht und über einen Zeitraum von 46 Tagen täglich mit Urin benetzt. EQ-Bedding wurde gemäss den Anweisungen des Herstellers täglich sorgfältig durchmischt. An den 4 Messzeitpunkten (Tag 0, 17, 34, 46) wurde die Ammoniakemission mithilfe eines Windtunnels gemessen. Es handelt sich dabei um einen qualitativen Vergleich, da sich die Methode nicht eignet, um absolute Werte zu generieren oder um Konzentrationen in der Stallluft abzuleiten. Die Resultate widerspiegeln tendenziell das maximale Expositionspotential. Flussmessungen sind zur Beurteilung von Einstreuqualitäten jedoch aussagekräftiger als Konzentrationsmessungen.

Der direkte Vergleich von Stroh und EQ-Bedding hat gezeigt, dass die Ammoniakemission durch EQ-Bedding bis zum Tag 34 deutlich geringer war. Es kann vermutet werden, dass EQ-Bedding eine höhere Stickstoffbindung aufweist, eine Tendenz die durch die Untersuchungen unserer vorherigen Studie belegt werden kann.

Am Tag 46 stieg die Ammoniakemission bei EQ-Bedding gegenüber den Tagen 17 und 34 deutlich an. Dieses Ergebnis unterstreicht ebenfalls die Befunde der vorherigen Studie, dass die Qualität des Materials EQ-Bedding im Laufe oder nach der 5. Woche abnimmt (maximale Saugleistung erreicht, Feuchtigkeit steigt).

## 2 Versuchsaufbau

In einem experimentellen Versuch wurden fünfzehn 500 g Plastikschrallen mit EQ-Bedding und sechs mit Stroh als Vergleich ausgebracht und über einen Zeitraum von 46 Tagen täglich mit Urin benetzt (Abb. 1).

In einer konventionellen Pferdebox (12m<sup>2</sup>) mit 150 kg Einstreu werden täglich ca. 8 Liter Urin ausgeschieden. Umgerechnet auf die 500 g Schale mit Einstreumaterial wurden entsprechend 25 ml Urin / Tag eingebracht (Abb. 1). Während der Versuchszeit wurde täglich 0.5l Pferdeurin benötigt. Alle zwei Tage erfolgte bei einem Pferd eine Entnahme von Urin, um die benötigte Menge an allen Tagen sicher zu stellen. Der Urin wurde mit einem Eimer aufgefangen und danach in eine verschliessbare Flasche abgefüllt. Die Lagerung des Urins erfolgte in einem Kühlraum bei 5°C. Mit einer Spritze wurde täglich der Urin auf die Einstreu gesprüht.

Die 15 Versuchsschrallen wurden im Pferdestall ausser Reichweite der Pferde platziert. Nebst dem Besprühen mit Urin wurde die Einstreu in den Schralen täglich durchgemischt gemäss den Anweisungen des Herstellers.

An 4 Messtagen (Tag 0, 17, 34, 46) erfolgte die Messung der Ammoniakemissionen mithilfe eines Windtunnels (Abb. 2).



Abb. 1a - 1c: Versuchsschrallen mit EQ- Bedding à 500g und Urinflasche



Abb. 2a, 2b: Aufbau Windtunnel am Messplatz, Schale mit EQ-Bedding vor Abdeckung mit dem Windtunnel

Die Windtunnel bestanden aus zwei Teilstücken, dem eigentlichen Tunnel, sowie einem anschliessenden Rohrstück mit Ventilator (Abb. 3 & 4).

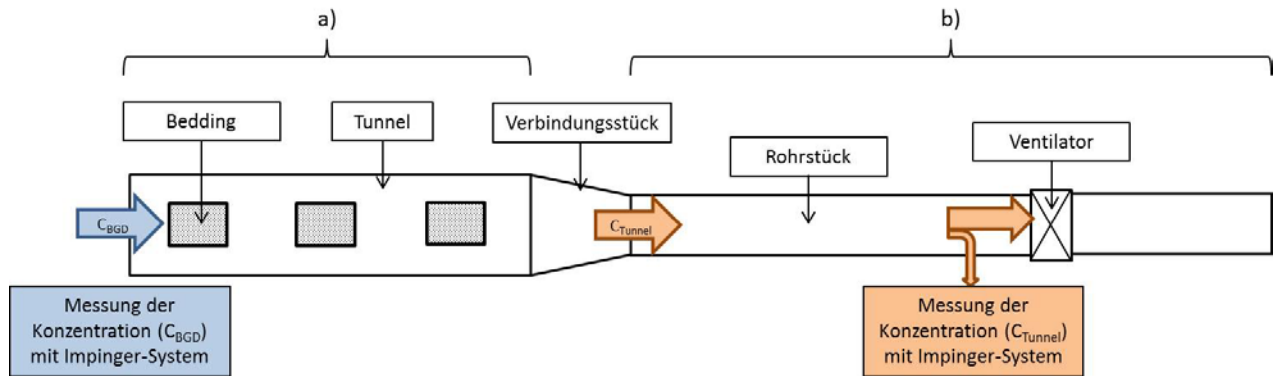


Abb. 3: Schematische Darstellung eines Windtunnel-Messsystems, bestehend aus dem Teilstück Tunnel a) sowie dem anschliessenden Rohrstück b).

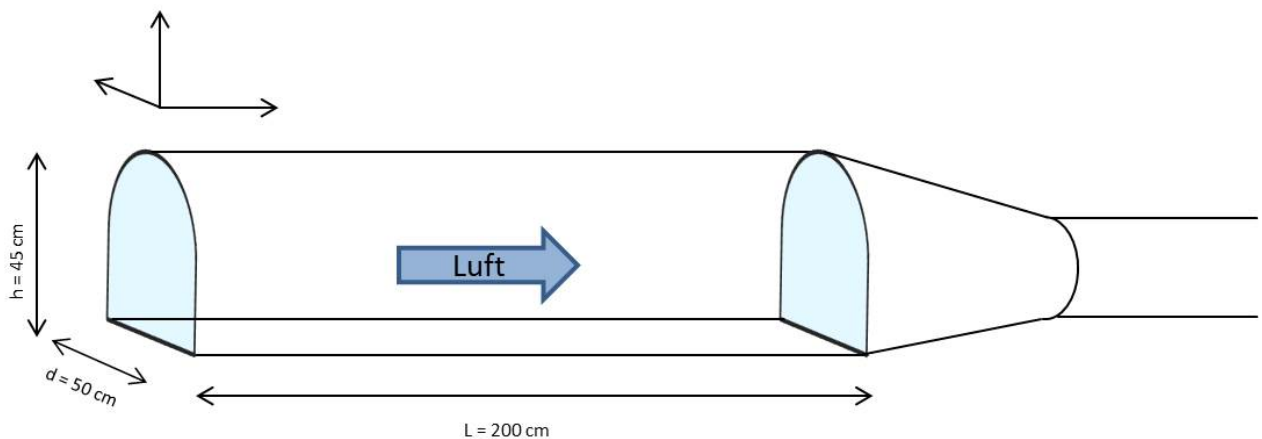


Abb. 4: Tunnel-Teilstück welches zur einen Seite offen ist (hellblau gefärbte Fläche links), zur anderen Seite über ein Zwischenstück in das Rohrstück übergeht.

Ein Halbrohr-förmiger Metallrahmen mit rechteckiger Bodenform ( $0.5 \times 2 \text{ m}^2$ ), in den eine gebogene Plexiglasscheibe eingeführt wurde, bildete das Tunnel-Teilstück, unter welches die Bedding-Schalen gestellt wurden (siehe auch Abb. 2a). Der Tunnel war zur einen Seite offen, zur anderen Seite führte er über ein Verbindungsstück in das Rohrstück, bestehend aus zwei Lüftungsrohren ( $\varnothing = 0.3 \text{ m}$ ), zwischen denen ein Ventilator eingebaut wurde. Dieser Ventilator saugte eine regulierbare Menge Umgebungsluft durch den Tunnel in das Rohrstück und die  $\text{NH}_3$ -arme Umgebungsluft wurde durch die  $\text{NH}_3$ -Emission der Beddings (Einstreumaterialien) im Tunnel mit  $\text{NH}_3$  angereichert.

Die Messung der Ammoniakkonzentration geschah einerseits vor dem Tunnel ( $C_{BGD}$ ), andererseits im Rohrstück ca. 30 cm vor dem Ventilator ( $C_{Tunnel}$ ) (Abb. 3). Die Ammoniakemission der Beddings wird somit durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$E_{Bedding} = Q * (C_{Tunnel} - C_{BGD})$$

wobei  $C_{Tunnel}$  die gemessene  $\text{NH}_3$ -Konzentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Rohrstück,  $C_{BGD}$  die aus der Umgebung einflussende  $\text{NH}_3$ -Konzentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $Q$  der Luftvolumenstrom in  $\text{m}^3/\text{s}$ , welcher durch den Tunnel fließt, ist.  $E_{Bedding}$  ist die Ammoniakemission der Beddings in  $\mu\text{g}/\text{s}$ .

Der Luftvolumenstrom  $Q$ , welcher über einen stufenlos regulierbaren Ventilator eingestellt werden konnte, wurde in jeder Messserie gleich eingestellt und vorgängig für jeden Windtunnel genau bestimmt. Die gemessenen Werte sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tab. 1: Luftvolumenstrom Q der einzelnen Windtunnel. Der Luftvolumenstrom berechnet sich aus der mittleren, gemessenen Windgeschwindigkeit multipliziert mit der Querschnittfläche des Rohrstückes (0.071 m<sup>2</sup>).

Windtunnel #	Mittlere gemessene Windgeschwindigkeit im Rohrstück (m/s)	Berechneter Luftvolumenstrom Q (m <sup>3</sup> /s)
1	3.3	0.23
2	3.7	0.26
3	3.0	0.21
5	3.4	0.24
7	3.3	0.23

Insgesamt wurden vier Messserien an den Tagen 0, 17, 34 und 46 durchgeführt. Messbeginn (Tag 0) war der 01.11.2013. Um vergleichbare Bedingungen innerhalb einer Messserie sicherzustellen, wurden die Windtunnel mit einem möglichst kleinen zeitlichen Versatz gestartet und gestoppt, d.h. die Messungen der verschiedenen Beddings wurden parallel geführt. In jeder Serie erfolgte eine Messung mit allen Windtunnel parallel. Für die letzte Messserie (Tag 46) standen nur 4 Windtunnel zur Verfügung (Tab. 2).

Tab. 2: Versuchsplan der 4 durchgeführten Messserien.

Windtunnel #	Serie 1 (Tag 0)	Serie 2 (Tag 17)	Serie 3 (Tag 34)	Serie 4 (Tag 46)
1	EQ	EQ	EQ	EQ
2	EQ	EQ	EQ	EQ
3	EQ/Stroh*	Stroh	Stroh	EQ
5	Stroh	EQ	Stroh	EQ
7	EQ	Stroh	EQ	-

\* Zeitlich verschobene Messung der Einstreumaterialien aufgrund der Verfügbarkeit von nur 5 Windtunneln

Die Messung der NH<sub>3</sub>-Konzentration wurde mit Impinger-Messsystemen durchgeführt Sintermann et al. (2011). Bei der Messung mittels Impinger wird die NH<sub>3</sub> angereicherte Luft durch eine saure Lösung (0.01 M Natriumacetat-Pufferlösung) gesaugt und das NH<sub>3</sub> bleibt als NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in der Lösung zurück (Abb. 5). Zur Messung der NH<sub>3</sub>-Konzentration im Rohrstück wurde ein PFA-Schlauch von ca. 30 cm Länge in das Rohrstück eingeführt und fixiert, so dass die Ansaugstelle in der Mitte des Rohrstück-Durchmessers lag.

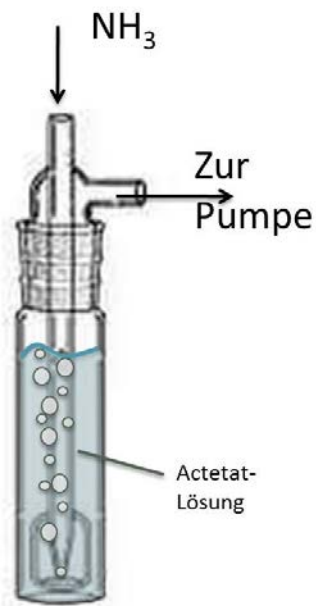


Abb. 5: Funktionsweise des Impinger-Messsystems.

Anschliessend an die Messung im Feld wurde im Labor die saure Lösung auf ihren  $\text{NH}_4^+$ -Gehalt mittels eines Spektralphotometers (DR 2800 VIS, Hach-Lange GmbH, Rheineck) und gebrauchsfertigen Küvetten-Tests (LCK304: 0.02 – 2.5 mg/l  $\text{NH}_4^+$  mit vordosierten Reagenzien für die photometrische Auswertung) analysiert. Die Kalibrierung des Geräts erfolgte über eine Ammoniumnitrat-Lösung, die in verschiedene Konzentrationen verdünnt wurde. Ein Vergleich verschiedener Proben und Standards mit der Forschungsstelle für Umweltbeobachtungen (FUB AG, Rapperswil) ergab 98 % Übereinstimmung. Messungen zur Effizienz der Impinger zeigten, dass selbst bei hohen  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen mehr als 99 % des  $\text{NH}_3$  in der Lösung zurückgehalten wird.

### 3 Ergebnisse

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen der EQ-Beddings waren deutlich kleiner als jene der Stroh-Einstreu (Abb. 6). An den Tagen 17 und 34 (Serie 2 und 3) beliefen sich die Emissionen des EQ-Bedding auf rund einen Drittel der Emissionen der Stroh-Einstreu. Tab. 3 gibt eine Übersicht zu den gemessenen  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Die Emissionen am Tag 34 (Serie 3) fielen weniger hoch aus, als die Emissionen am Tag 17 (Serie 2). Der Grund dafür war eine Abnahme der über die Dauer des Versuches gemittelten Lufttemperatur um ca. 3.5 °C, welche eine Abnahme des allgemeinen  $\text{NH}_3$ -Emissionsniveaus bewirkten. Von Tag 17 (Serie 2) auf Tag 46 (Serie 4) stiegen die  $\text{NH}_3$ -Emission der EQ-Beddings auf rund das 2-fache an.

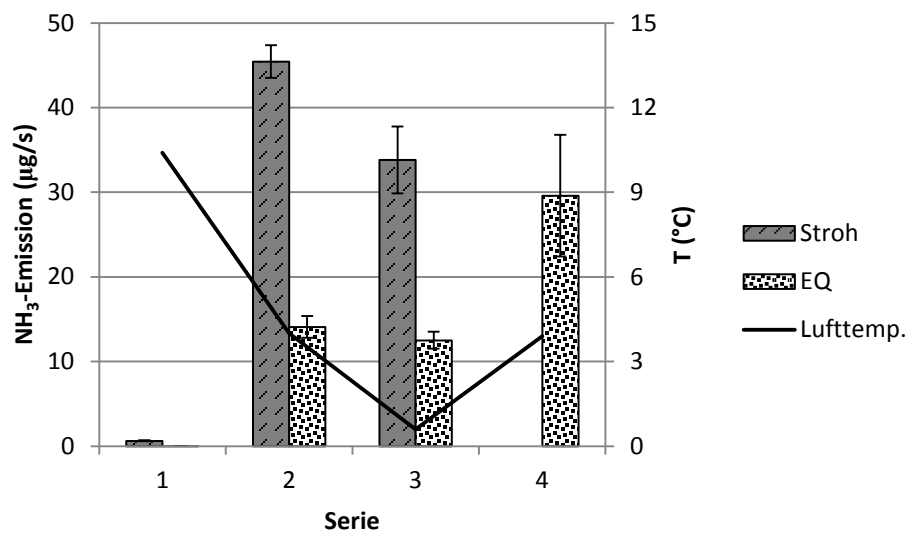


Abb. 6: Gemessene NH<sub>3</sub>-Emissionen (in µg/s) sowie mittlere Lufttemperatur (in °C) während den verschiedenen Messserien an den Tagen 0, 17, 34 und 46.

Tab. 3: Gemessene NH<sub>3</sub>-Emissionen (in µg/s) der verschiedenen Messserien an den Tagen 0, 17, 34 und 46.

	Serie 1		Serie 2		Serie 3		Serie 4	
	EQ	Stroh	EQ	Stroh	EQ	Stroh	EQ	Stroh
Einzelmessungen	0.0	0.7	13	47	12	37	35	-
	0.0	0.6	16	44	12	31	23	-
	0.1		14		14		22	-
	-0.1						39	-
<b>Mittelwert</b>	<b>0.0</b>	<b>0.6</b>	<b>14</b>	<b>45</b>	<b>13</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	--
<i>Standardabw.</i>	<i>0.0</i>	<i>0.1</i>	<i>1.3</i>	<i>1.9</i>	<i>1.0</i>	<i>4.0</i>	<i>7.2</i>	--



## 4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Der direkte Vergleich der Einstreumaterialien Stroh und EQ-Bedding hat gezeigt, dass die Ammoniakemissionswerte ( $\mu\text{g/s}$ ) durch EQ-Bedding bis an Tag 34 deutlich unter denjenigen von Stroh lagen.

An Tag 34 wurden im Vergleich zu Tag 17 sowohl bei Stroh als auch bei EQ-Bedding niedrigere Emissionswerte gemessen, was an einem Einbruch der Umgebungstemperatur lag. Es ist bekannt, dass die Ammoniakkonzentrationen und Umgebungstemperatur positiv korrelieren, d.h. je höher die Temperatur, je mehr Ammoniak wird in die Luft abgegeben (Loehr 1974, Käck 1996).

An Tag 46 war die Flüssigkeit-Aufnahmekapazität des Strohs so weit überschritten, dass in der Schale nur noch Urin schwamm. Es wurde deshalb entschieden, auf diese Messung zu verzichten, da sie nicht mehr repräsentativ war. Bei der letzten Messung an Tag 46 stieg die Ammoniakemission von EQ-Bedding jedoch gegenüber Tag 17, an dem eine ähnliche Temperatur herrschte und auch Tag 34 (dort Temperatur bedingt niedrigere Werte) deutlich an. Dieser Befund deckt sich mit den Beobachtungen aus unserer vorhergehenden Studie, bei der das Saugverhalten im Laufe und nach der 5. Einstreuwoche deutlich abnahmen.

In einer früheren Studie hat Fleming *et al.* (2008) ebenfalls experimentell in Plastikcontainern die Ammoniakkonzentrationen allerdings quantitativ ( $\text{mg/m}^2$ ) von verschiedenen Einstreumaterialien bestimmt. Dabei wurde ebenfalls täglich, wie in unserem Versuch Urin und auch Kot in die Container eingebacht. Untersucht wurden Stroh, Holzschnitzel, Hanf, Leinen, Stroh-Pellet und Papierschnitzel. Die Strohpellet zeigten in dieser Studie die geringste Ammoniakkonzentration in der Luft.

In einer weiteren Studie haben Fleming *et al.* (2009) die Ammoniakemission von Stroh bei verschiedenen Management-Methoden untersucht. Bei Methode 1 wurde das Stroh 2 Wochen in der Box belassen, Kot und Urin wurden nicht entfernt, bei Methode 2 wurden die Boxen täglich ausgeräumt und frisch eingestreut, bei Methode 3 wurde das Stroh belassen, aber der Kot entfernt. Die geringste Gaskonzentration wurde mit Methode 3 gebildet (Einstreu belassen, nur Kot entfernen). Durch die tägliche, totale Entfernung der Einstreu werden mehr Ammoniak und auch Partikel freigesetzt, als bei Belassen in der Box und blosser Kotentfernung. Anzumerken ist hier aber, dass der Versuch nur 14 Tage dauerte.

In Bezug auf EQ-Bedding könnte eine weitere Studie aufzeigen, welchen Einfluss das Management des Materials EQ-Bedding auf die Qualität bzw. die Höhe der Ammoniakemission im Stall ausübt. Denkbar wären z.B. drei verschiedene Versuchsanordnungen (EQ-Bedding gemäss den Anweisungen des Herstellers nur durchmischen und Kot entfernen, EQ-Bedding gemäss den Anweisungen des Herstellers nur durchmischen und Kot, sowie Urinstellen entfernen und jeweils nachstreuen, EQ-Bedding Tiefstreumatte und gemäss den Anweisungen des Herstellers Oberfläche nur durchmischen und Kot entfernen). Ein solches Setting könnte zudem im Vergleich mit anderen, gebräuchlichen Einstreumaterialien durchgeführt werden, indem die Proben direkt aus einer Boxe zur Messung entnommen werden. Sinnvoll wäre eine solche Studie in den Sommermonaten, wenn die Ammoniakemission temperaturbedingt höher ist.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Bachmann I., Stauffacher M. (2002): Haltung und Nutzung von Pferden in der Schweiz: Eine representative Erfassung des Status quo. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* **144**, 331-347
2. Fleming K., Hessel EF., Van den Weghe HFA. (2008): Evaluation of factors influencing the generation of ammonia in different bedding materials used for horse keeping. *J. Equine Vet. Sci.* **28**, 223-231.
3. Fleming K., Hessel EF., Van den Weghe HFA. (2009): Gas and aparticle concentrations in horse stables with individual boxes as a function of the bedding material and the mucking regime. *J. Anim. Sc* **87**: 3805-3816.
4. Gerber V., Robinson NE., Luethi S., Marti E., Wampfler B., and Starub R. (2004): Airway inflammation and mucus in two age groups of asymptomatic well-performing sport horses. *Equine Vet. J.*,**35**:491-495
5. Herholz C., Straub R., Lüthi S., Imhof A. and Busato A., (2002) : Differences of pulmonary function indices derived from the single breath diagram for CO<sub>2</sub> (SBD-CO<sub>2</sub>) in horses related to age, gender and usage. *Vet. Res. Com.*,**26**:467-478
6. Holcombe SJ., Jackson C., Gerber V., Jefcoat A., Berney C., Eberhardt S. et al. (2001): Stabling is associated with airway inflammation in young Arabian horses. *Equine Vet. J.*,**33**:244-249.
7. Käck M. (1996): Ammoniakemissionen bei der Kompostierung separierter Feststoffe aus Flüssigkeit in belüfteten otterreaktoren. PhD Diss. VDI-MEG-Schrift 285. University of Stuttgart-Hohenheim, Stuttgart, Germany.
8. Katayama Y. Oikawa M., Yoshihara T., Kuwano A., Hobo S., (1995): Clinico-pathological effects of athmospheric ammonia exposure on horses. *J. equine Sci.* **6**, 99-104.
9. Loehr, R.C. (1974): Agricultural waste management: Problems, Processes and Approaches. Academic press, New York, NY
10. Sintermann J., C. Ammann, U. Kuhn, C. Spirig, R. Hirschberger, A. Gartner, and A. Neftel (2011): Determination of field scale ammonia emissions for common slurry spreading practice with two independent methods. *Atmos. Meas. Tech.*, **4**, 1821-1840

