

Stallbau Pferdehaltung, 13. März 2012

Stäube und Schadgase in der Pferdehaltung – Quellen der Entstehung, Auswirkung auf die Pferdegesundheit und Möglichkeiten der Reduzierung

Prof. Dr. Engel Hessel

**Georg-August-Universität Göttingen, Außenstelle Vechta,
Department für Nutztierwissenschaften, Abteilung Verfahrenstechnik
earkena@uni-goettingen.de**

Gliederung

- Einleitung
- Stallluftqualität
- Ammoniak
 - Bedeutung für die Tiergesundheit
 - Quellen
 - Maßnahmen zur Reduzierung
- Schwebstaub
 - Bedeutung für die Tiergesundheit
 - Quellen
 - Maßnahmen zur Reduzierung
- Fazit

Einleitung

- Derzeit leben mehr als 1 Mill. Pferde in Deutschland
- Der größte Anteil, sowohl im Sport- als auch im Zucht- und Freizeitbereich wird in Innenboxen gehalten.
- Untersuchung in Niedersachsen: 94 % Einzelhaltung (63 % in Innenboxen, 31 % in Außenboxen), nur 6 % in Gruppenhaltung in Laufställen
- Untersuchung in Schleswig-Holstein: 96 % Einzelhaltung

Einleitung

- Symptomatische oder latent vorhandene Schäden der Atemwege bei ca. 80 % aller Stallpferde (Pick, 1986).
- Ca. 30 % der Unbrauchbarkeitsfälle von Sportpferden werden auf chronische Atemwegserkrankungen zurückgeführt (Schlichting, 2001).
- Atemwegserkrankungen als zweithäufigste Abgangsursache versicherter Pferde (Salzbrunn, 2005; Köning, 1983).
- Atmungssystem der Pferde reagiert besonders empfindlich auf Staub und Schadgase (Holcombe et al., 2001; Malikides und Hodgson, 2003)

Warum ist dies so?

Wir verfügen in aller Regel über mehr oder weniger geschlossene Ställe mit Einzelhaltung, wenig Luftwechsel, zu wenig Luftraum pro Tier und vielen Boxenabtrennungen die eine gute Luftführung behindern !!



Stallluftqualität



Stallklima

- **Stallklima** hat neben Raumverhältnissen, verwendeten Stalleinrichtungen, Betreuung und Fütterung einen bedeutenden Einfluss auf die Tiergerechtheit eines Haltungssystems.
- **große Bedeutung** für Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit
- **entscheidendes Kriterium** für eine erfolgreiche Pferdehaltung

Stallklima

drei verschiedene Faktorbereiche:

- **physikalische** Parameter (Lufttemperatur, rel. Luftfeuchte, Luftbewegung)
 - **chemische** Parameter (Gase z.B. Ammoniak, Kohlendioxid)
 - **biologische** Parameter (Staub, Mikroorganismen)
- Zusätzlich wird der Faktor Licht aufgeführt, der einen Einfluss auf das gesamte endokrine und limbische System des Pferdes ausübt.

Physikalische Parameter

▪ Lufttemperatur (°C):

- Pferd besitzt sehr ausgeprägtes Thermoregulationsvermögen
- schnelle Anpassungsfähigkeit an klimatische Veränderungen
- gleichmäßige „Komfortlufttemperatur“ unerwünscht; dadurch bleibt Organismus untrainiert
- **Stalllufttemperatur soll der Außentemperatur ganzjährig gemäßigt folgen!**

Physikalische Parameter

- **rel. Luftfeuchte (%):**
 - optimale rel. Luftfeuchte im Pferdestall beträgt **60 – 80 %**
- **Luftbewegung (m/s):**
 - regelmäßiger Austausch von verbrauchter Stallluft durch Frischluft
 - Luftströmung im Pferdestall **mind. 0,2 m/s**
 - Luftströmungen den Temperaturen anpassen: bei hohen Temperaturen im Sommer sollte diese bis zu 6 m/s ansteigen
 - Zugluft vermeiden

Chemische Parameter

- **Schadgase**
stammen meist aus dem Stoffwechsel der Tiere,
den Ausscheidungen und der Einstreu
- Hauptschadgase:
Kohlendioxid
Ammoniak

Ammoniak – Bedeutung für die Pferdegesundheit

- Besitzt keratolytische Eigenschaften, wirkt reizend und irritierend besonders auf Schleimhäute und Augen (Hartung et al., 1990).
- Schädigung der zellulären Oberfläche der Atmungsstraktes → Abnahme der Mukoziliären Clearance (Katayama et al., 1995)
- Der Richtwert für Ammoniak im Pferdestall: 10 ppm (6,96 mg/m³) (BMVEL, 2009).
- > 30 ppm: schwerwiegende Schäden an den Atmungsorganen
- Bestehende Atemwegserkrankungen (RAO) werden durch erhöhte Ammoniakkonzentrationen nachteilig beeinflusst.

Ammoniak – Generierung und Freisetzung

- Enzymatische Harnstoffspaltung:



- Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammonium und gelöstem Ammoniak:

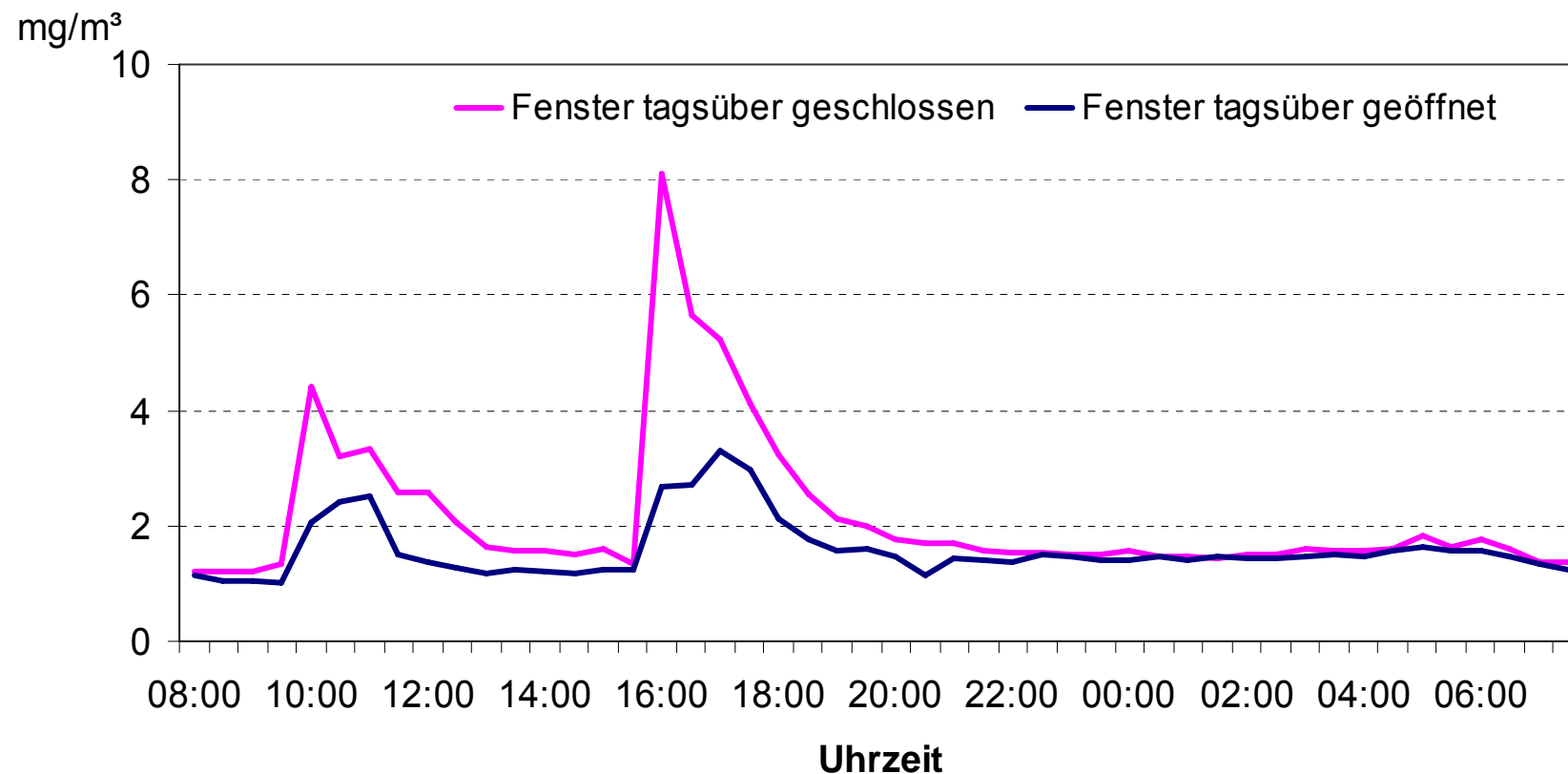


- Stoffübergang von flüssig in gasförmig:
Konzentrationen an der Grenzschicht (Henry-Gesetz), Luftgeschwindigkeit, Temperatur

Maßnahmen zur Ammoniakreduktion im Pferdestall

- Luftaustausch
- Wahl der Einstreu
- Entmistungsregime

Mittlerer Tagesverlauf der Ammoniakkonzentrationen im Zeitraum vom 24.2.2004 bis zum 19.4.2004 in Abhängigkeit von der Öffnung der Fenster



Ammoniak – Fehlerquellen bei Praxisuntersuchungen

- Tägliche Stickstoffausscheidung
- Luftbewegung, -temperatur, -austausch
- Luftvolumen im Stall
- Messzeitpunkt und Messpunkt im Stall
- Menge und Struktur der Einstreu

Ammoniak – Freisetzung in Abhängigkeit vom Einstreumaterial (Technikum-Untersuchungen, quasi-kontinuierlich online)

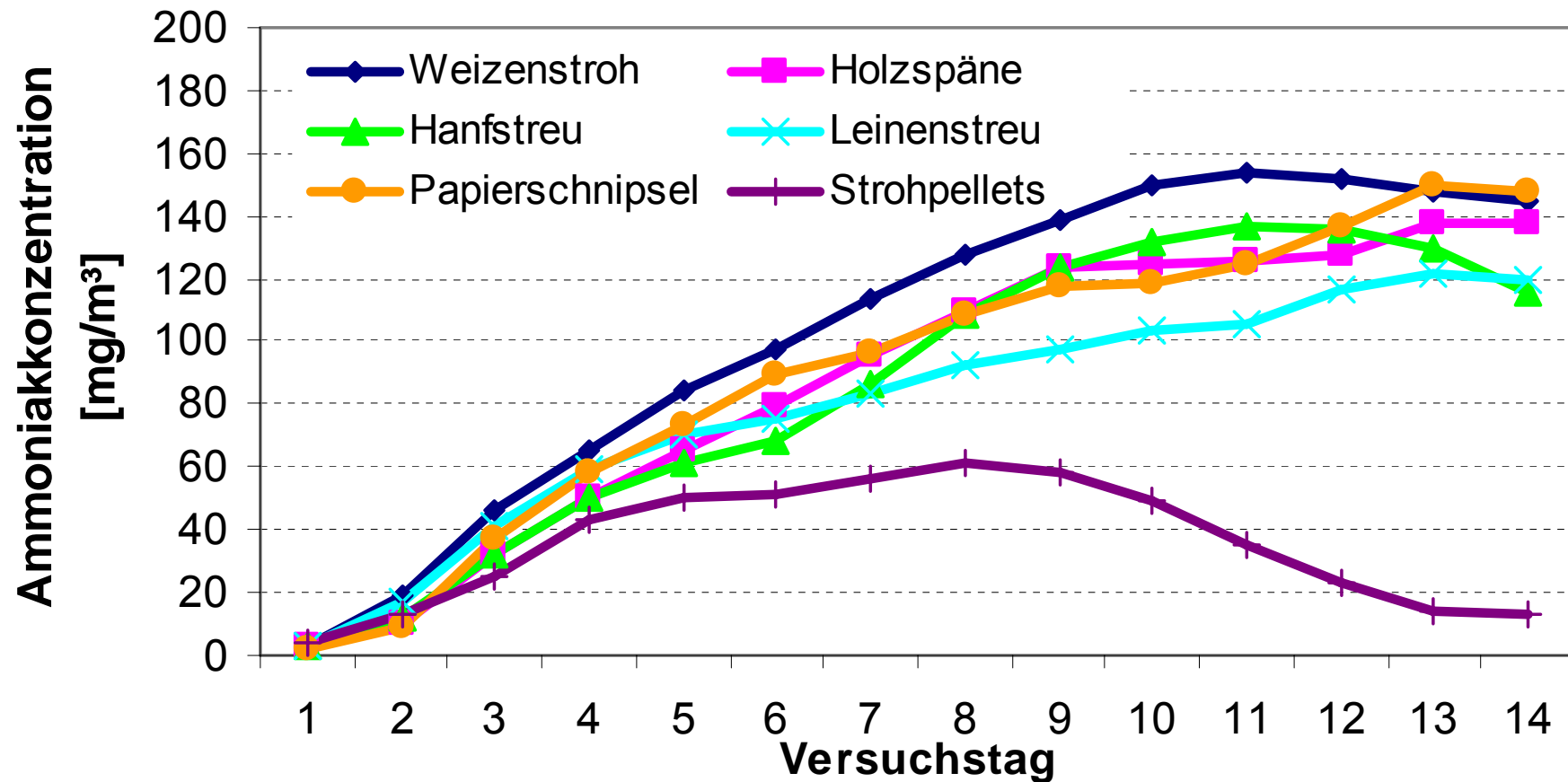
Einstreumaterialien

- Weizenstroh (ungehäckselte),
- entstaubte Holzspäne,
- Hanfstreu (Schäben),
- Leinenstreu (Schäben),
- Strohpellets (Weizenstroh),
- Papierschnipsel (1 x 6 cm)

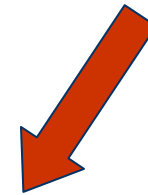


Je 2 Behälter mit gleichem Material befüllt; 1500 g Kohlenstoff/Behälter
Tägliche Zugabe von 220g Pferdeharn/-kot-Gemisch, keine Nachstreu
Quasi-kontinuierliche Erfassung der Gase (Ammoniak, Kohlendioxid, Lachgas,
Wasserdampf) und der Temperatur (im Material und oberhalb des Materials)

Mittlere Ammoniakkonzentrationen in Abhängigkeit vom Versuchstag und Einstreumaterial (n=12/Einstreumaterial)



Nitrifikation



Oxidation unter Beteiligung von
Mikroorganismen
(Energiequelle: **Kohlenstoff**)



NH_4^+ = Ammonium

NH_3 = Ammoniak

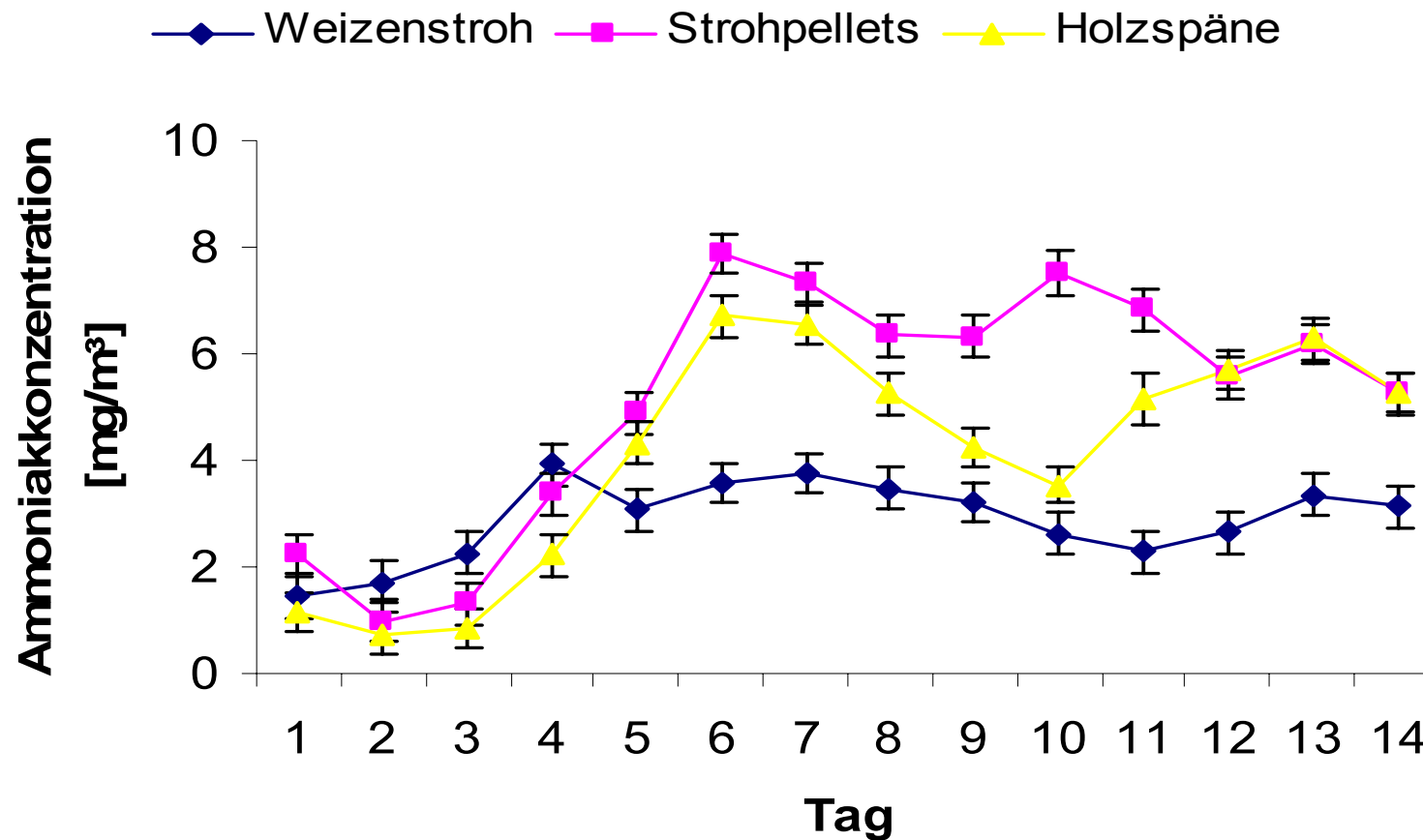
NO_2^- = Nitrit

NO_3^- = Nitrat

Mittlere Konzentrationen von Ammoniak, Kohlenstoffdioxid, Lachgas, Methan und Wasserdampf **im Stall** über 14 Tage in Abhängigkeit vom Einstreumaterial

Material	Mittlere Gaskonzentration [mg/m ³]				
	NH ₃	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	H ₂ O
Weizenstroh	2,89 ± 0,14 ^a	1519,9 ± 15,1 ^{ab}	0,68 ± 0,003 ^a	5,25 ± 0,1 ^a	7795,8 ± 134,4 ^a
Strohpellets	5,14 ± 0,14 ^b	1545,9 ± 15,2 ^a	0,66 ± 0,003 ^b	4,69 ± 0,1 ^b	8108,8 ± 34,7 ^b
Holzspäne	4,14 ± 0,10 ^c	1492,4 ± 11,1 ^b	0,65 ± 0,002 ^c	4,68 ± 0,1 ^b	8026,1 ± 25,3 ^b

Mittlere Ammoniakkonzentrationen im Verlauf von 14 Tagen in Abhängigkeit vom Einstreumaterial (Praxisversuch)



Eigene Untersuchungen zum **Entmistungintervall**



Vergleich von drei unterschiedlichen Entmistungsintervallen

1. *Mistmatratze*;
nur tägliche Nachstreu: 1 kg/m²
2. *tägliches komplettes Ausmisten*,
tägliche Neueinstreu: 3,5 kg/m²
3. *tägliches Ausmisten*,
nur Kotentfernung, tägliche Nachstreu: 1 kg/m²

Mittlere Ammoniak-, Kohlenstoffdioxid- und Lachgaskonzentrationen in Abhängigkeit von der Entmistungsvariante

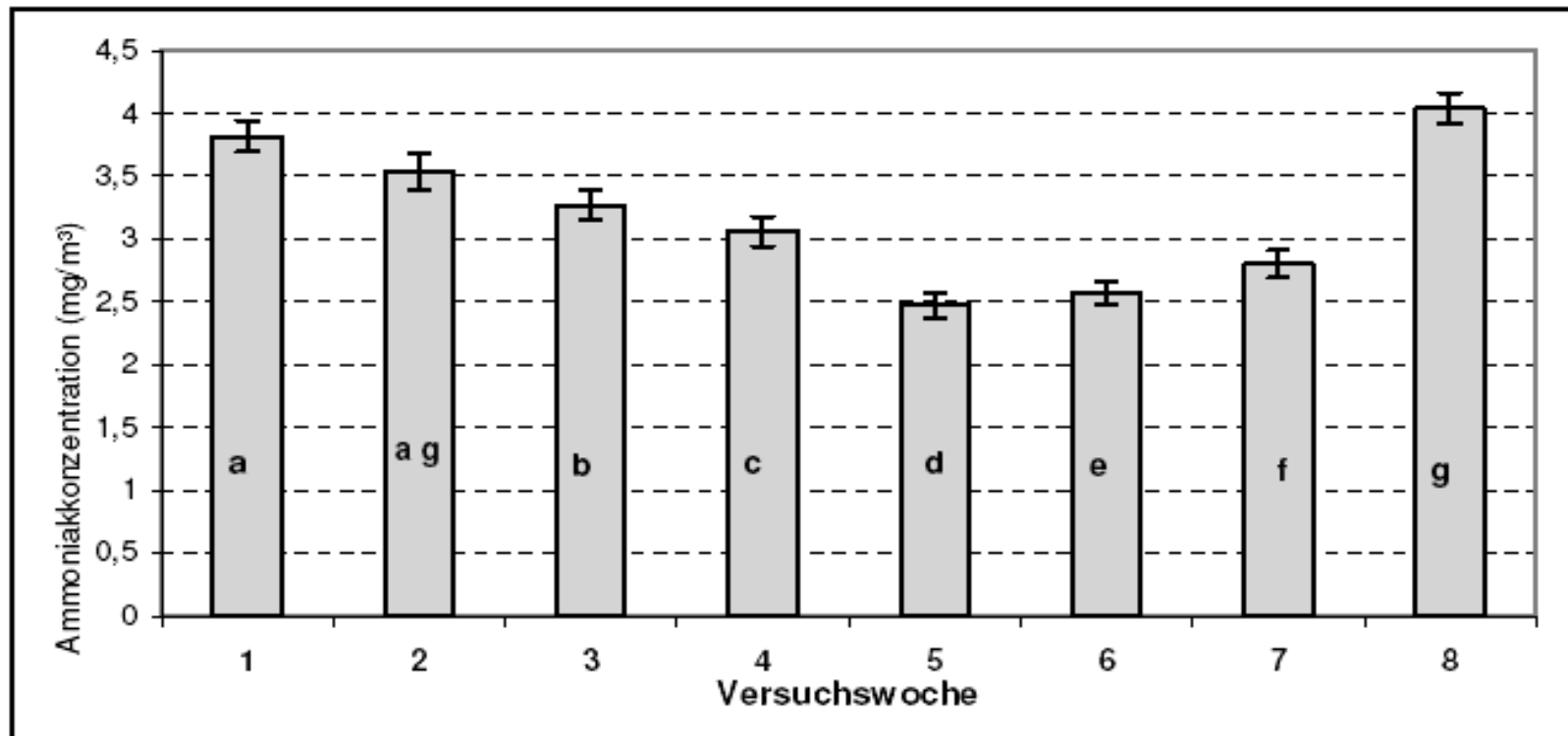
Entmistungsvariante	Mittlere Gaskonzentration [mg/m ³]		
	NH ₃	CO ₂	N ₂ O
1 Mistmatratze (kein Ausmisten)	1,92 ± 0,1 ^a	1295 ± 21 ^a	0,65 ± 0,005 ^a
2 Tägliches Ausmisten komplett	2,25 ± 0,1 ^b	1235 ± 18 ^b	0,67 ± 0,005 ^b
3 Tägliche Kotentfernung	1,54 ± 0,1 ^a	1361 ± 24 ^a	0,64 ± 0,005 ^a

a,b,c = LSMs mit verschiedenen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant (P < 0,05), n = 56 Tagesmittelwerte/Entmistungsvariante.

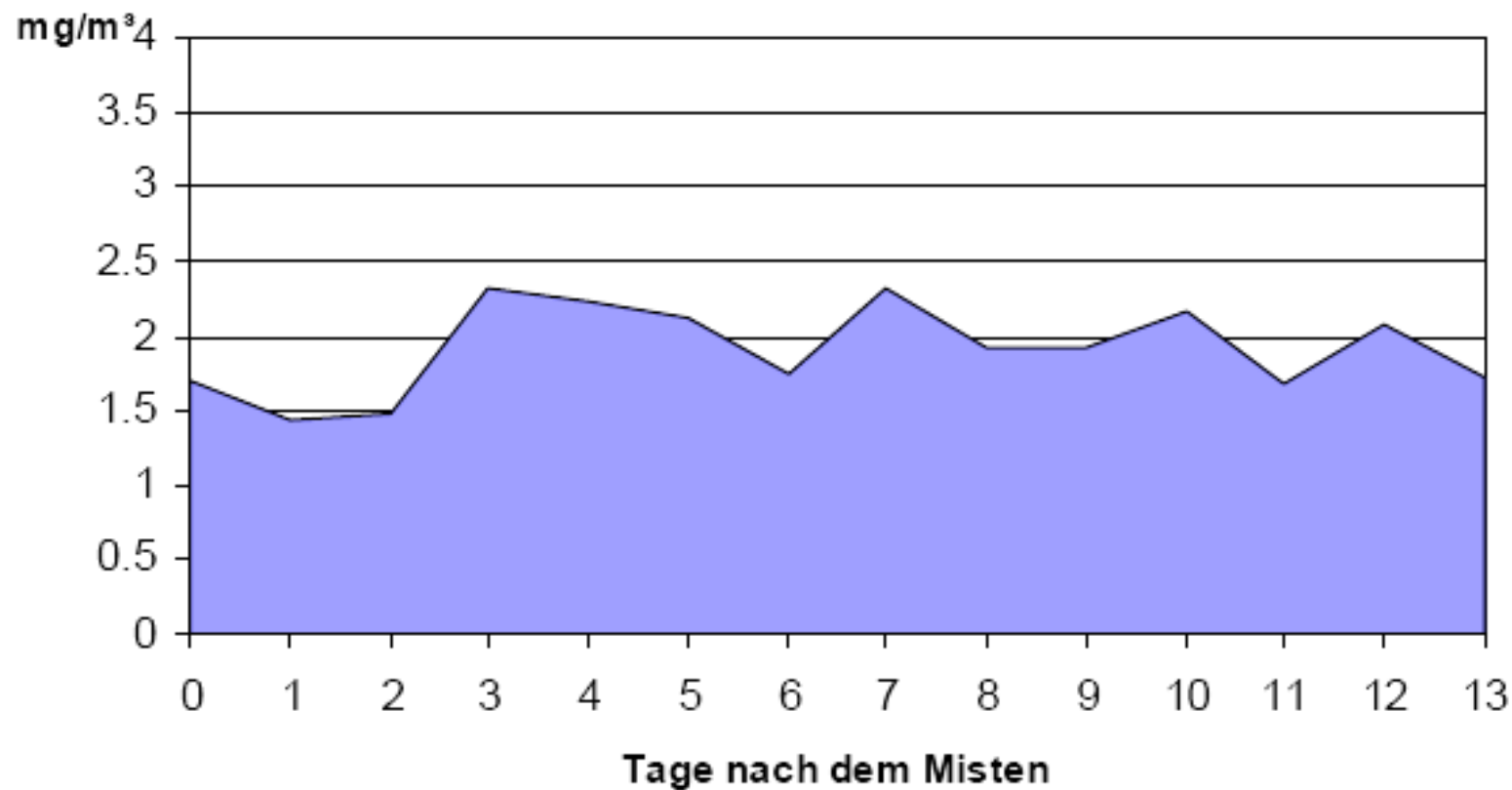
Mistmatratze



LSMeans und Standardfehler der Ammoniak- konzentration in Abhängigkeit von der Versuchswoche 5.-13. Woche ohne Misten, nur Nachstreuen mit Stroh

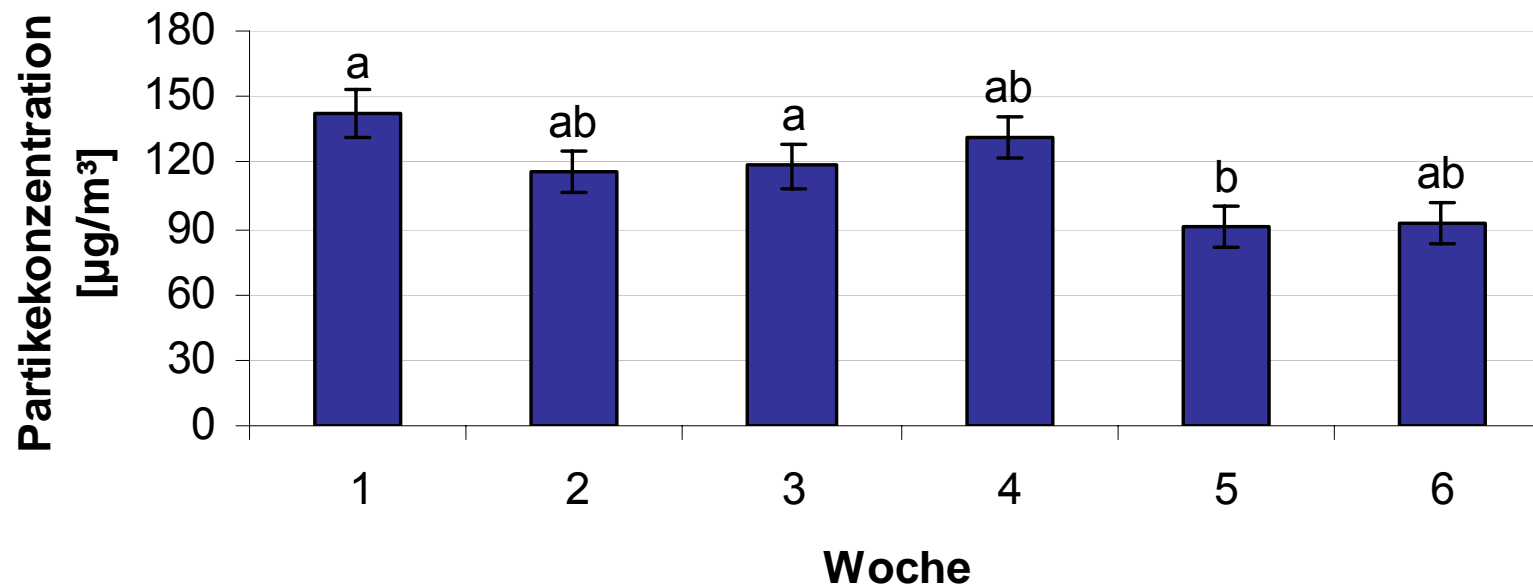


Mittlere Ammoniakkonzentrationen im Zeitraum vom 24.2.2004 bis zum 19.4.2004 in Abhängigkeit vom Entmistungsintervall



Mittlere Partikelkonzentrationen PM 10 (LSM \pm SE) in Abhängigkeit der Versuchswoche

Weizenstroh, tägliche Einstreu 1kg/m²



n = 7 Tagesmittelwerte/Woche

a,b = LSM mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden mit $P < 0,05$.

Staub

- Luftaustausch
- Wahl der Einstreu
- Entmistungsregime

Staub (luftgetragene Partikel) in Pferdeställen

- wesentlicher Verursacher von Erkrankungen und so mitverantwortlich für Leistungseinbußen und Tierarztkosten.
- Einstreu muss möglichst arm sein an biogenen Schwebstoffen → allergieverursachende Wirkung (ART et al., 2002)

Luftgetragene Partikel

- **belebte Partikel** (Mikroorganismen wie Bakterien, Hefen, Pilze, Viren)
- **unbelebte Partikel** (Staub): können andere Stoffe wie Mikroorganismen mit sich tragen

Zusammensetzung Staub:

- org. Partikel aus Einstreu, Futter, Haut-/Haarpartikel, Kot
- Partikelgröße spielt besondere Rolle für die biologische Wirkung
- **keine verbindlichen Grenzwerte für Pferdeställe festgesetzt !!**
- unterschiedliche Richtwerte angegeben (z.B. 4 mg/m³ Feinstaub)

- Das Einstreumaterial und das Futter sind die primären Staubquellen im Pferdestall (Art et al., 2002).

Staub in Pferdeställen

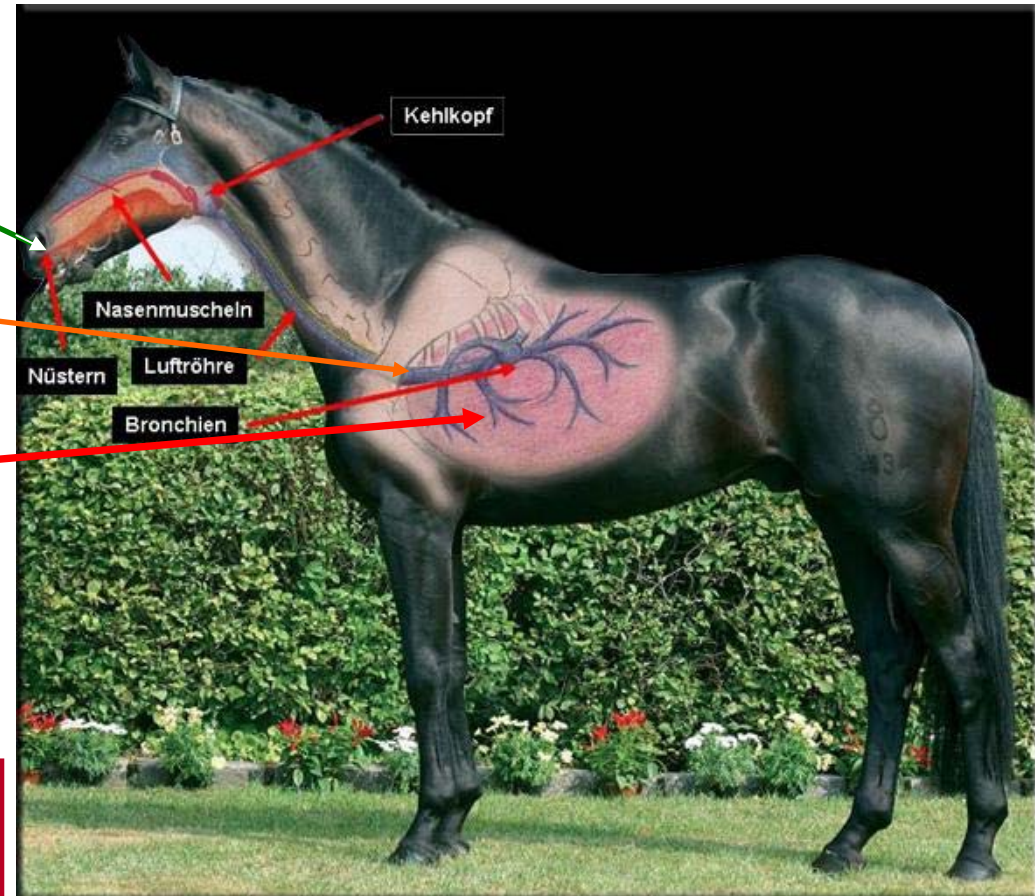
Partikel $\geq 20\mu\text{m}$

Partikel $< 10\mu\text{m}$

Partikel $< 4\mu\text{m}$



zunehmendes Gefährdungspotenzial
für respiratorische Erkrankungen



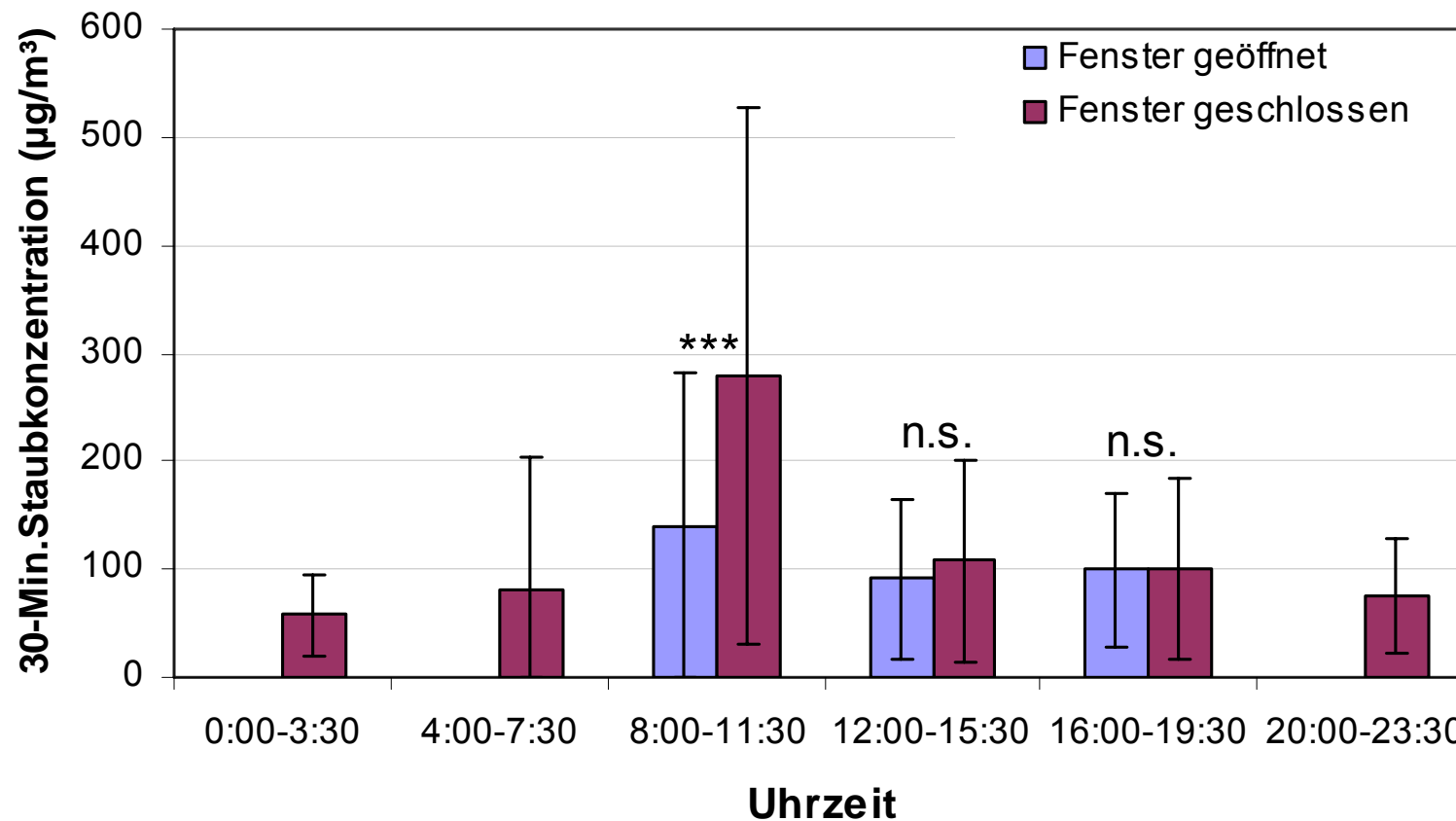
Staub - Bedeutung für die Pferdegesundheit

- Respirable Fraktion (PM 10) sind gesundheitsrelevant (Cargill, 1999)
- Mechanische, allergisierende, infektiöse oder toxische Wirkungen auf die Atmungsorgane (Art et al., 2002)
- Mukoziliäre Clearance nimmt bei starker Staubbelastung ab → kein effektiver Abtransport der Partikel → Entstehung unspezifischer Entzündungsreaktionen Tracheobronchialbereich (Deconto, 1983)

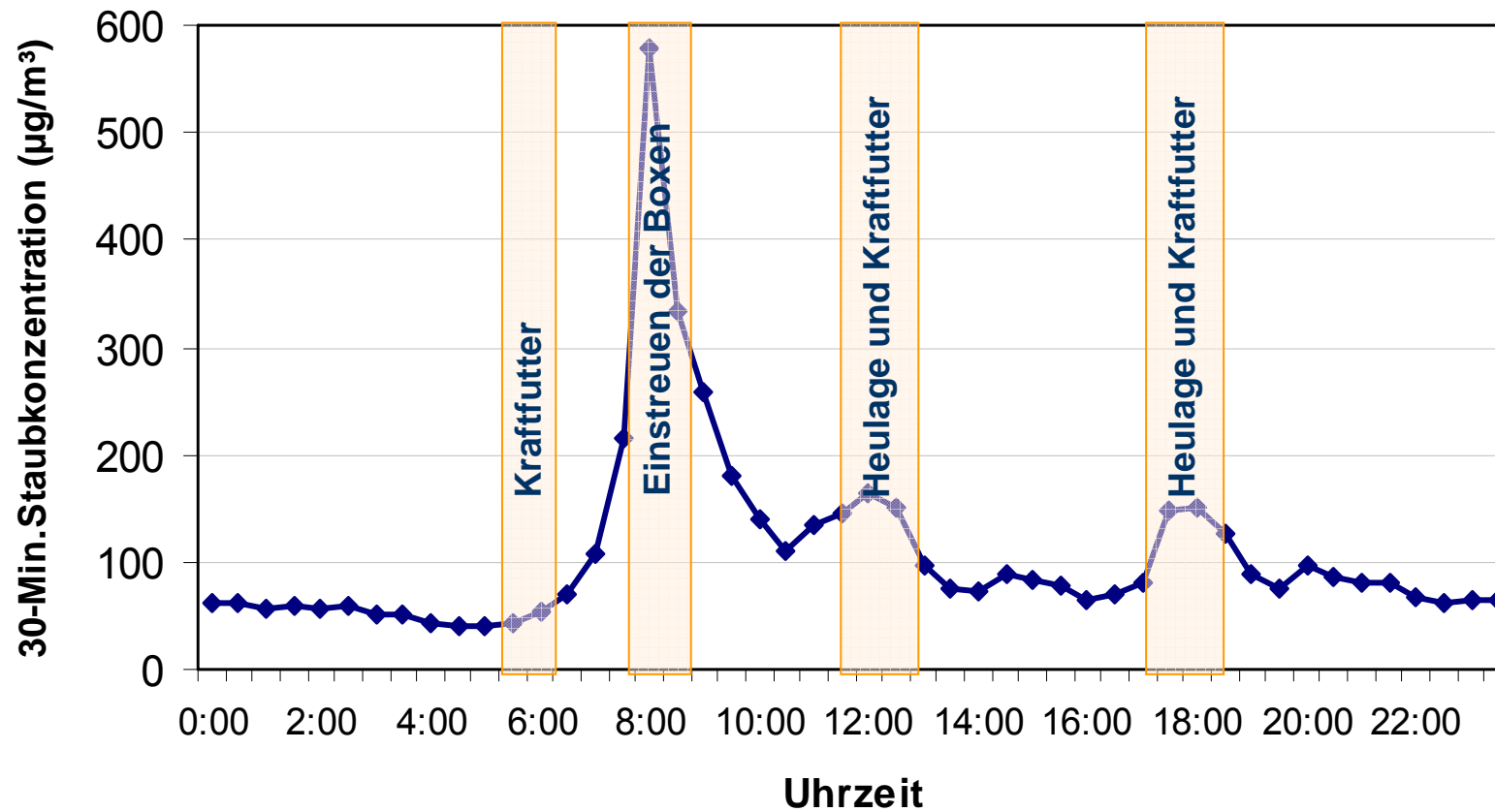
Maßnahmen zur Staubreduktion im Pferdestall

- Luftaustausch
- Wahl der Einstreu
- Entmistungsregime

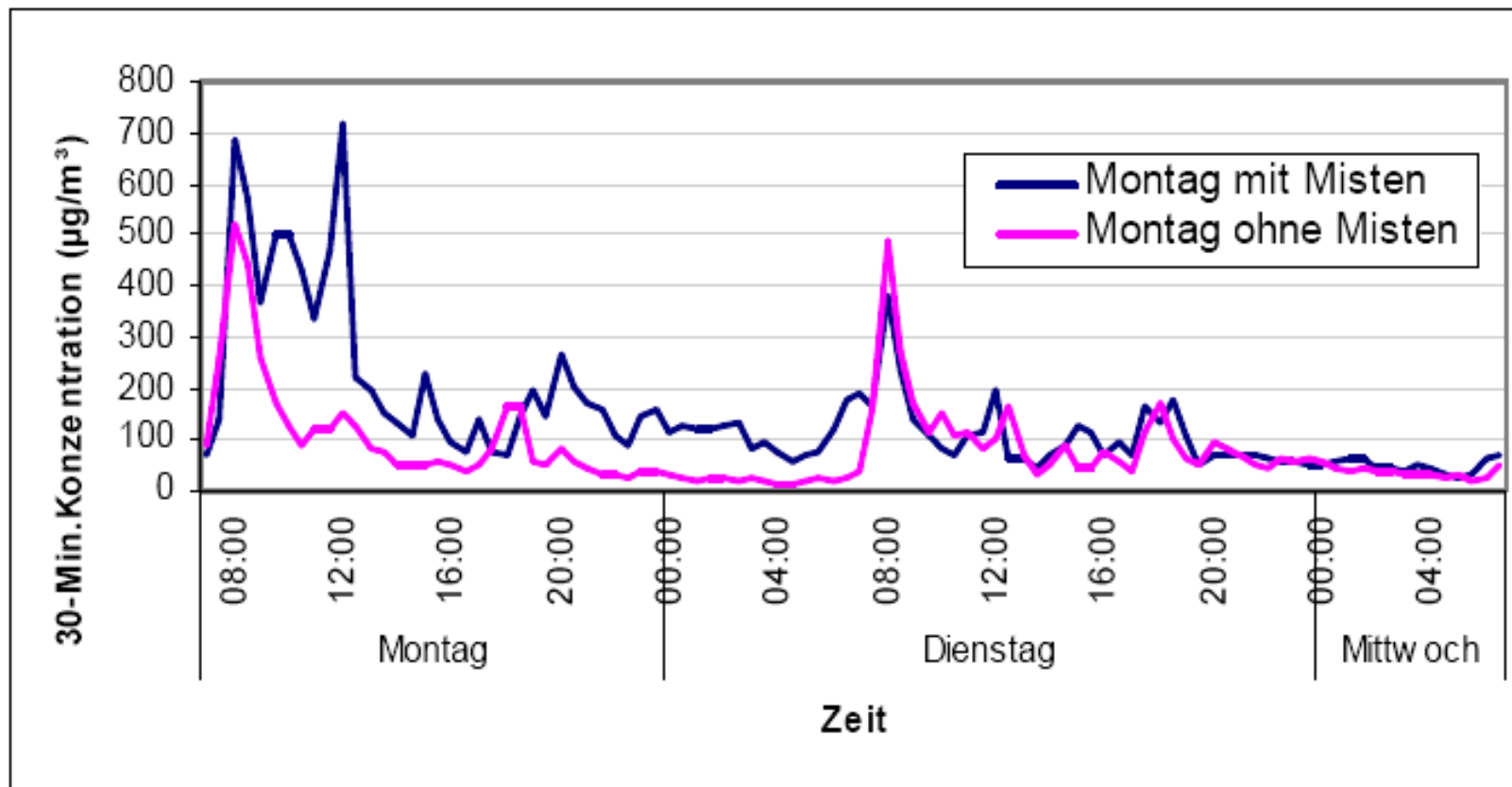
Mittelwerte und Standardabweichungen der Schwebstaubkonzentrationen in Abhängigkeit von dem Öffnen der Fenster



Mittlerer Tagesverlauf der Schwebstaubkonzentrationen im Zeitraum vom 24.2.2004 bis zum 19.4.2004



Mittlerer Tagesverlauf der Schwebstaubkonzentrationen im Zeitraum vom 24.2.2004 bis zum 19.4.2004 in Abhängigkeit von der Öffnung der Fenster in 48 Stunden nach dem Misten



Luftgetragene Partikel - Generierung in Abhängigkeit vom Einstreumaterial (Technikum-Untersuchungen, kontinuierlich online)

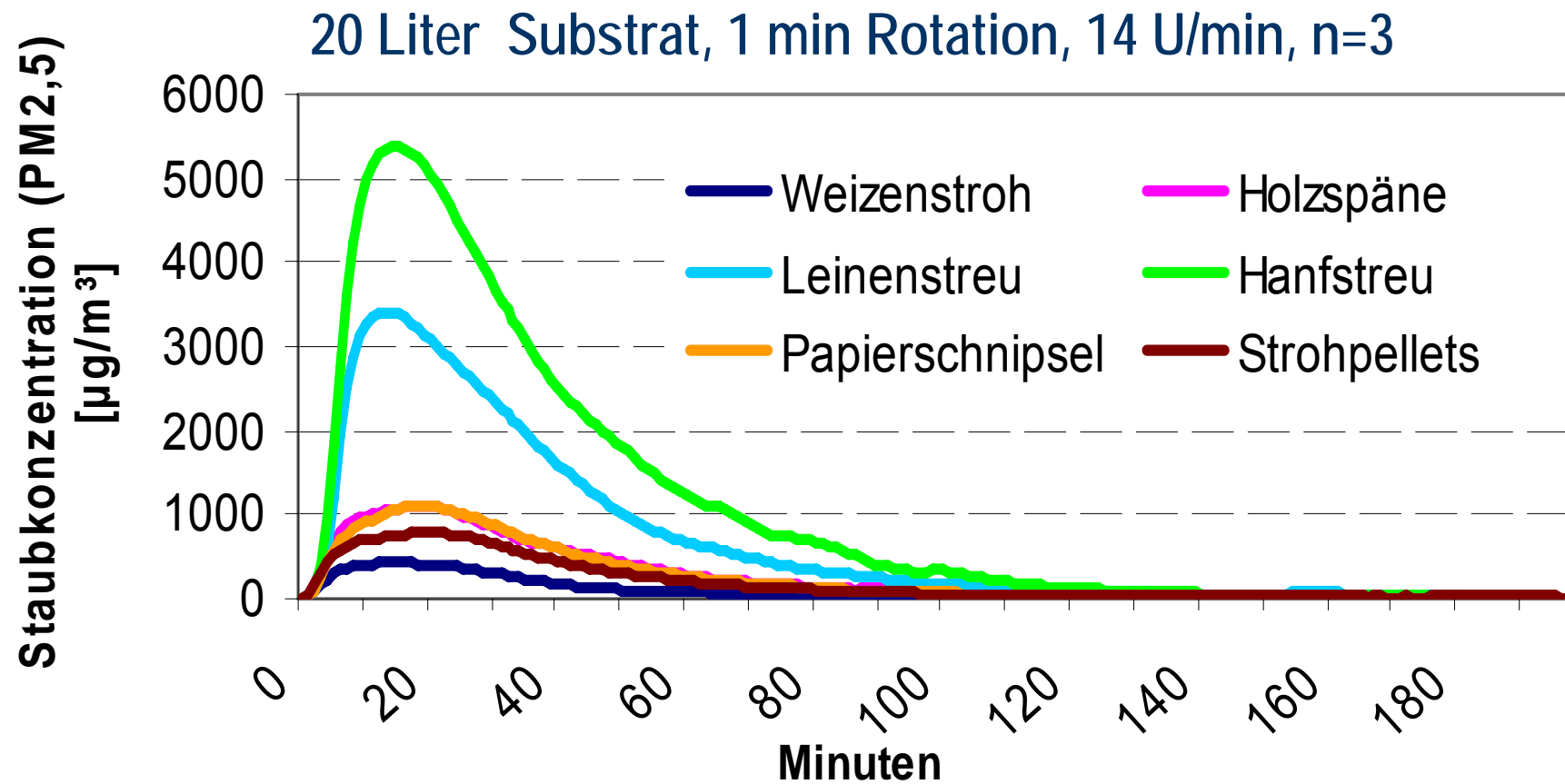


Kasten: 1 m breit, 1 m tief, 1,50 m hoch
rotierende Paddel: $d = 50$ cm
Messkopf: 90 cm hoch

Drehdauer: 5 Minute, 1 Minute
Drehgeschwindigkeit: 14 U/ min, 8 U/ min
Messköpfe:

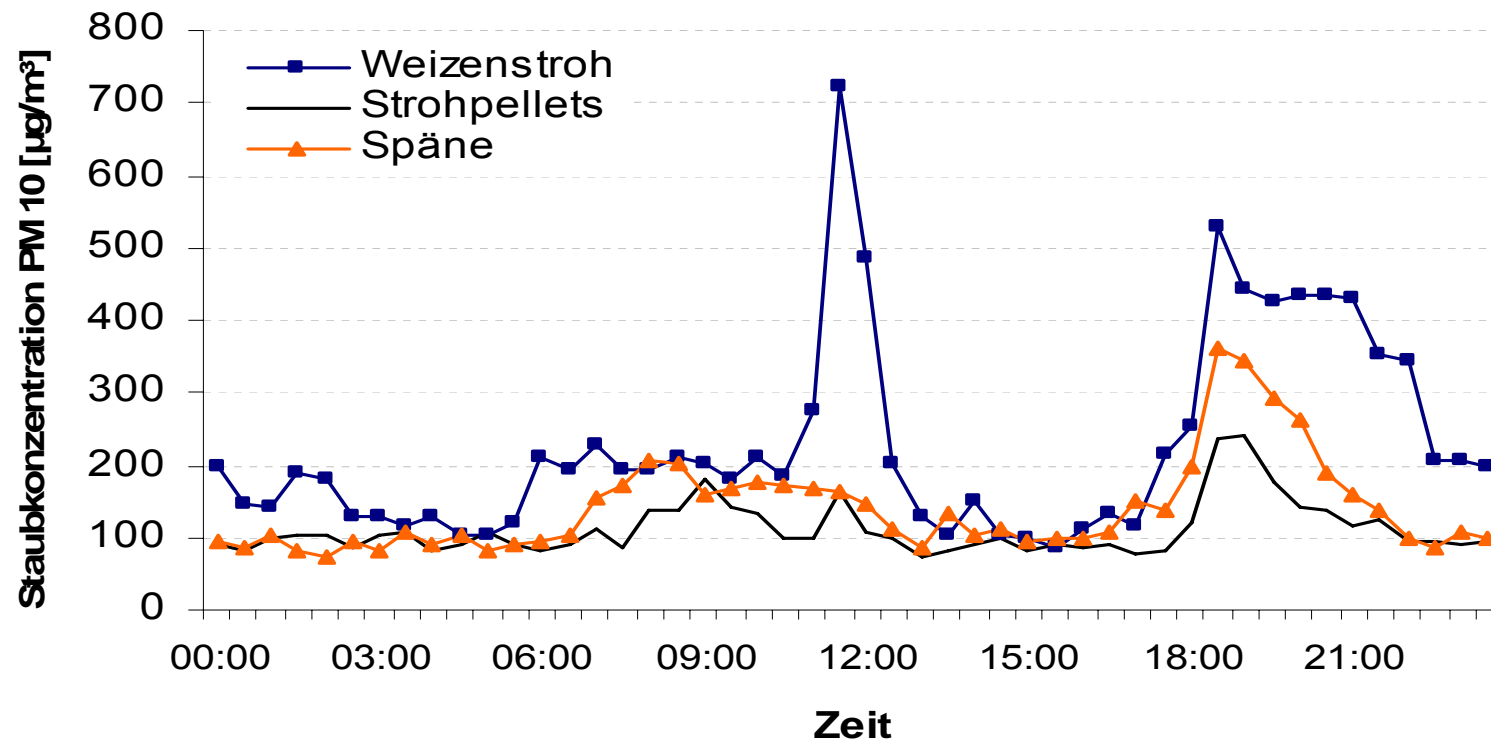
PM 20 Inlet (Fraktion $< 20 \mu\text{m}$),
PM 10 Inlet (Fraktion $< 10 \mu\text{m}$),
PM 2.5 Inlet (Fraktion $< 2.5 \mu\text{m}$),
PM 1 Inlet (Fraktion $< 1 \mu\text{m}$)

Generierung von PM 2,5 Partikeln in Abhängigkeit vom Einstreumaterial bei konstantem Volumen



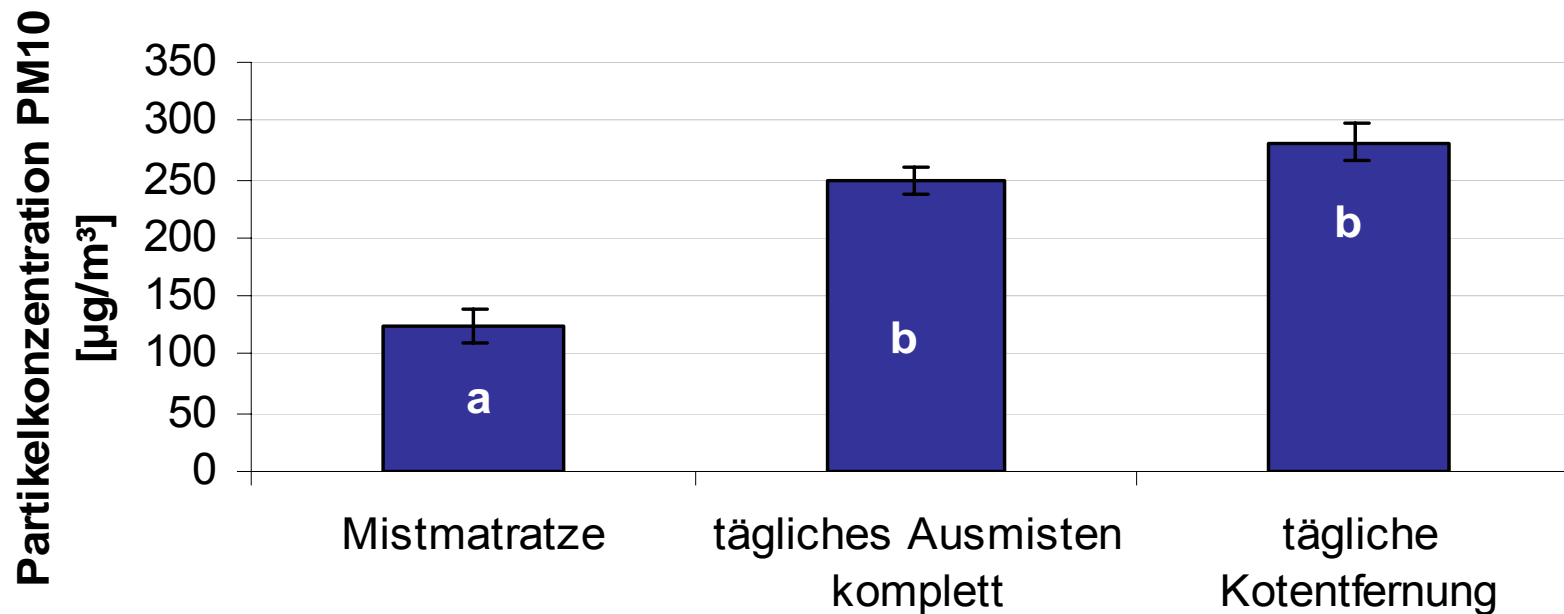
Generierung luftgetragener Partikel und Gase

verschiedene Einstreumaterialien
unter Praxisbedingungen - mittlere Partikelkonzentration



Mittlere Staubkonzentrationen (PM10) im Tagesverlauf n = 42 Messtage/Material

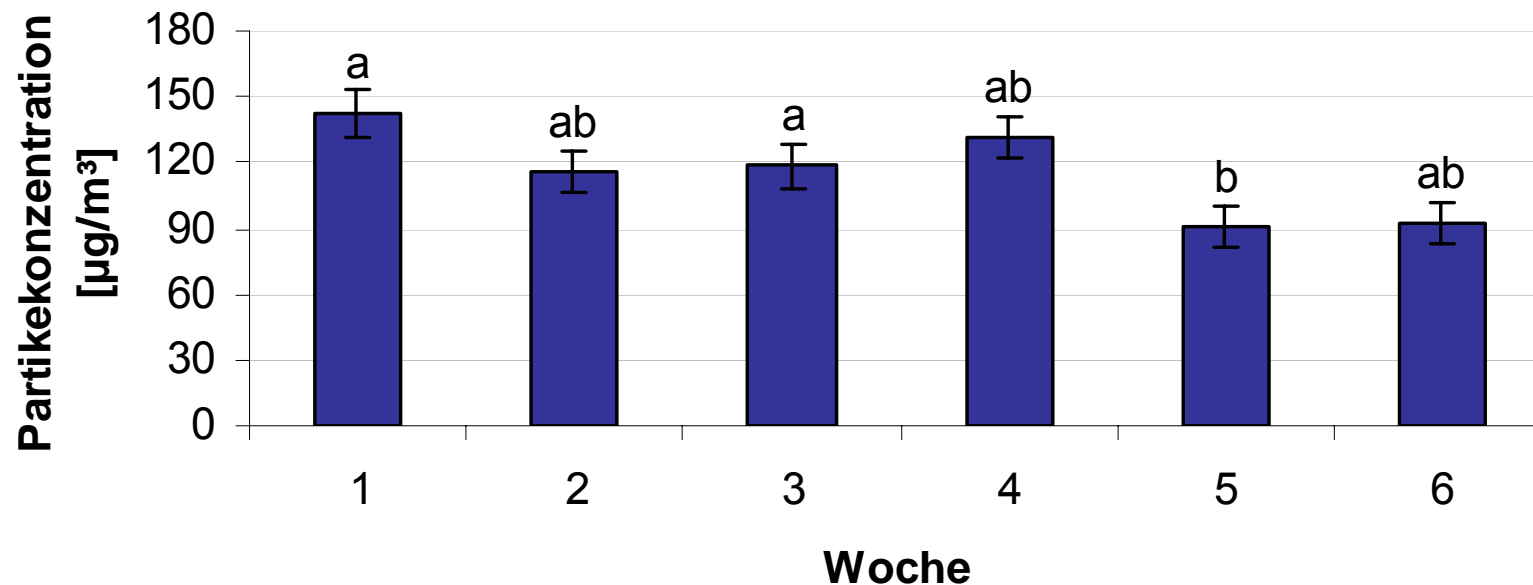
Mittlere Partikelkonzentrationen (PM10) in Abhängigkeit von der Entmistungsvariante



a,b = LSMs mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant mit $P < 0,05$
 n = 14 Tagesmittelwerte/Entmistungsvariante

Mittlere Partikelkonzentrationen PM 10 (LSM \pm SE) in Abhängigkeit der Versuchswoche

Weizenstroh, tägliche Einstreu 1kg/m²



n = 7 Tagesmittelwerte/Woche

a,b = LSM mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden mit $P < 0,05$.

Fazit - Ammoniak

- Eine **zweiwöchige Mistmatratze** mit Stroh hat keinen negativen Einfluss auf die Ammoniakkonzentrationen im Stall hat.
- Sie bietet sogar **Vorteile im Vergleich zum täglichen Misten** hinsichtlich der Gasgenerierung.
 - Eine regelmäßige Nachstreu (Kohlenstoffverfügbarkeit) sollte aber erfolgen.
- Auch im Verlauf einer **sechswöchigen Strohmistmatratze** wurden keine kontinuierlich ansteigenden Ammoniakwerte im Stall erfasst.

Fazit - Staub

- Einstreumaterialien **Hanf** und **Leinen** generieren hohe Schwebstaubkonzentrationen im Technikumversuch
- Einstreumaterialien **Holzspäne** und **Strohpellets** können die Partikelkonzentrationen in der Stallluft im Vergleich zu **Stroh** reduzieren.
- Die **Tätigkeiten im Stall** (Füttern, Misten bzw. Säubern und Begradigen der Box, Fegen) verursachen erhöhte Partikelkonzentrationen.
- Die **Mistmatratze** mit Stroh bietet Vorteile im Vergleich zum täglichen Misten hinsichtlich der Partikelkonzentration

Fazit

- Neben den genannten Faktoren Ammoniak und Partikelkonzentration müssen jedoch weitere Faktoren berücksichtigt werden.
 - negative Auswirkungen des Matratzenstreuverfahrens durch einen Anstieg des Parasitenbefalls und durch eine starke Insektenvermehrung im Stall
 - Mistmatratze als ein idealer Nährboden für pathogene Krankheitserreger



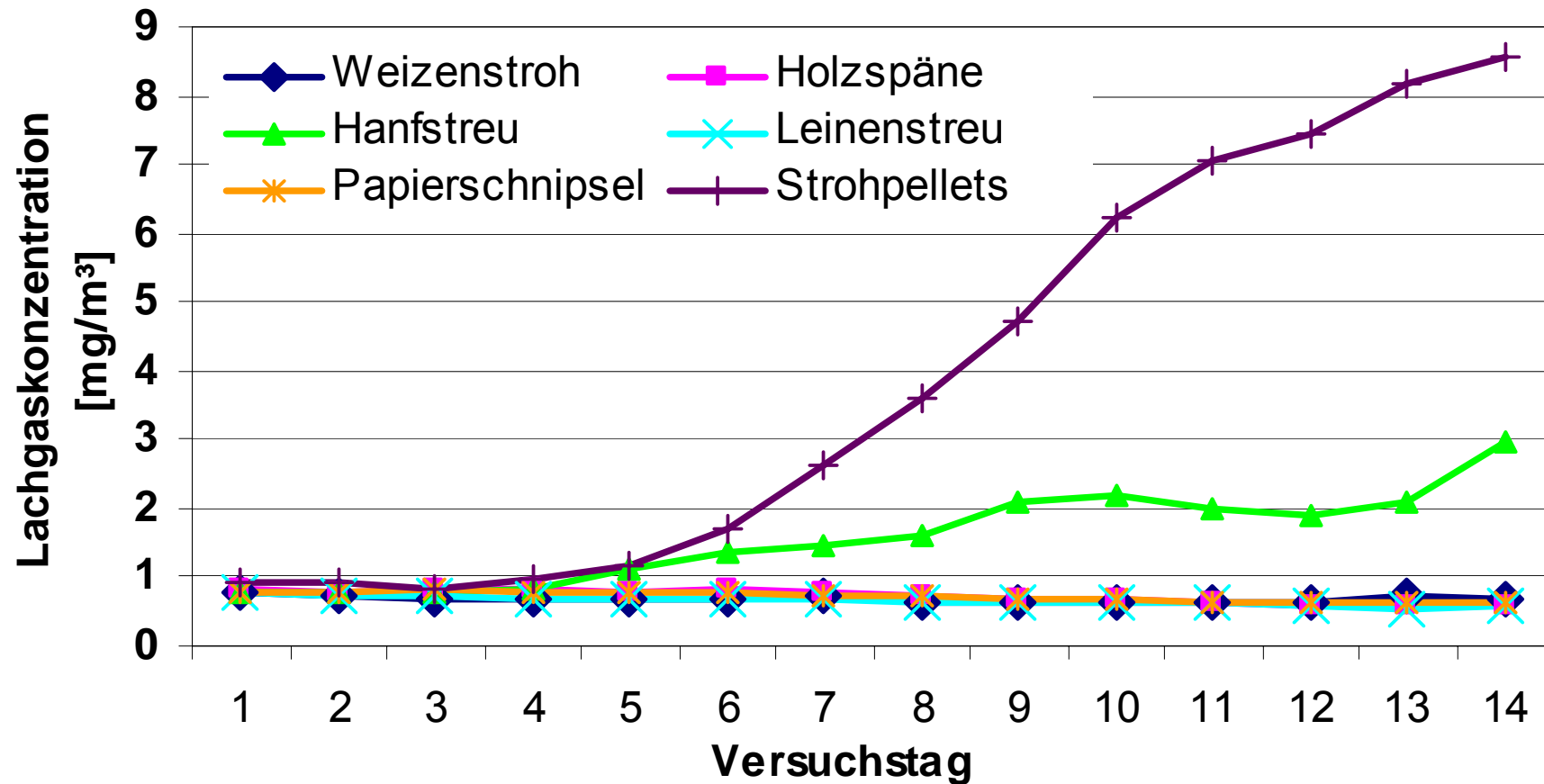
Fragen ??



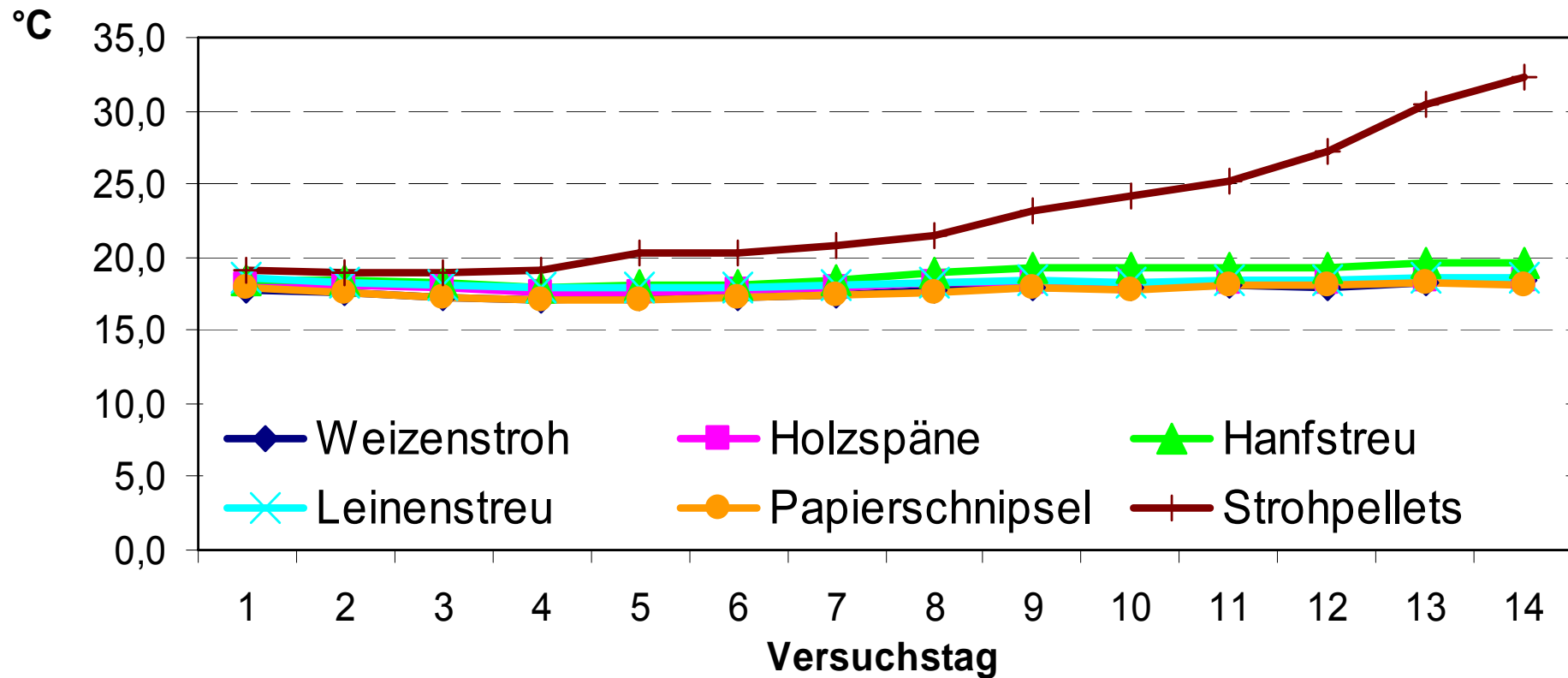




Mittlere Lachgaskonzentrationen in Abhängigkeit vom Versuchstag und Einstreumaterial (n=12/Einstreumaterial)



Mittlere Substrattemperatur in Abhängigkeit vom Versuchstag und Einstreumaterial (n=12/Einstreumaterial)



Kraftfutter - Reinigung und Quetschen



Zielsetzung

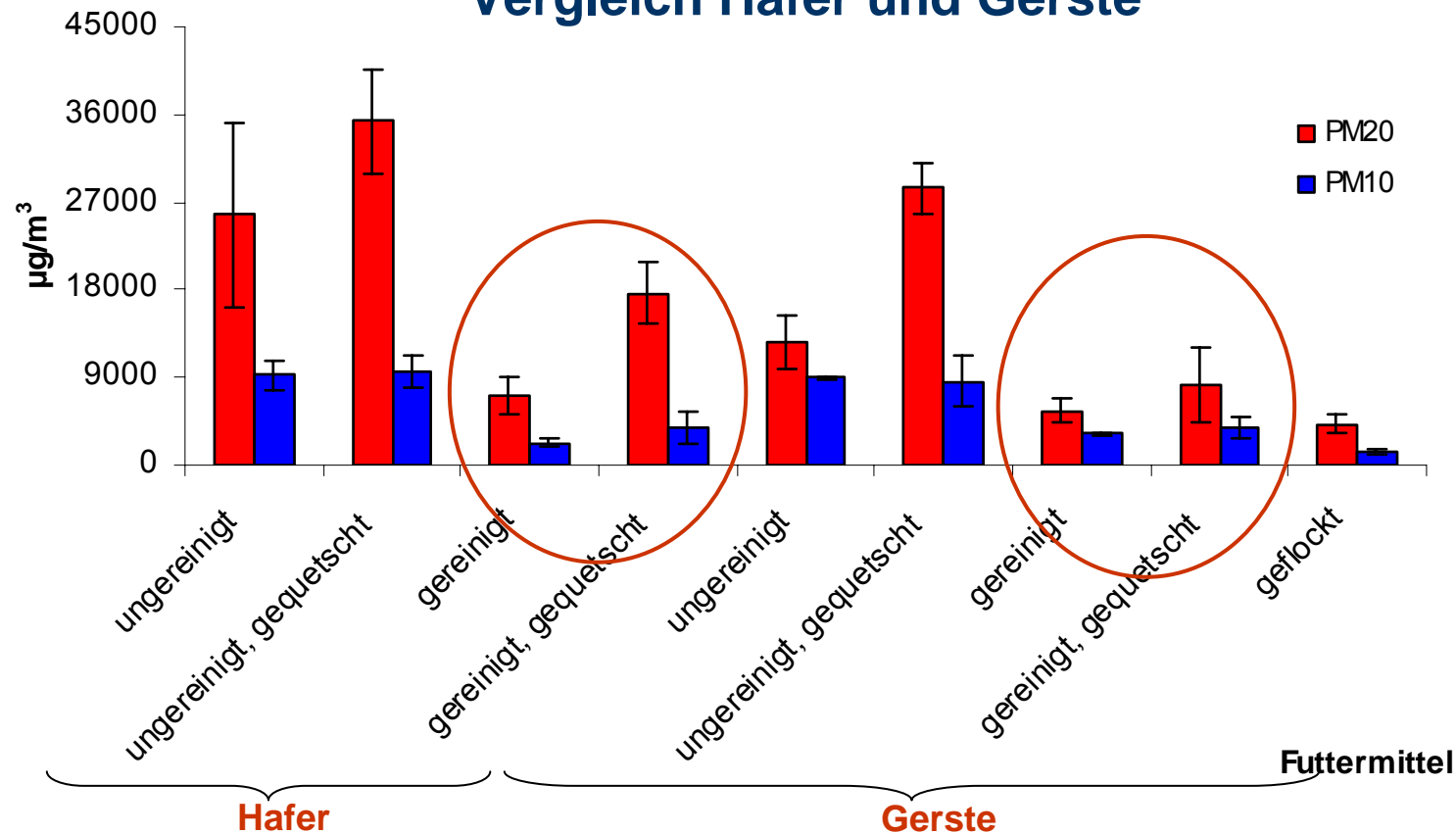
Bestimmung der Schwebstaubgenerierung aus verschiedenen Allein- und Mischfuttermitteln für Pferde unter Laborbedingungen

→ Schwebstaubkonzentrationen
der Staubpartikelfraktionen (PM₂₀, PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁)



Generierung luftgetragener Partikel von verschiedenen Krippenfuttermitteln

Vergleich Hafer und Gerste

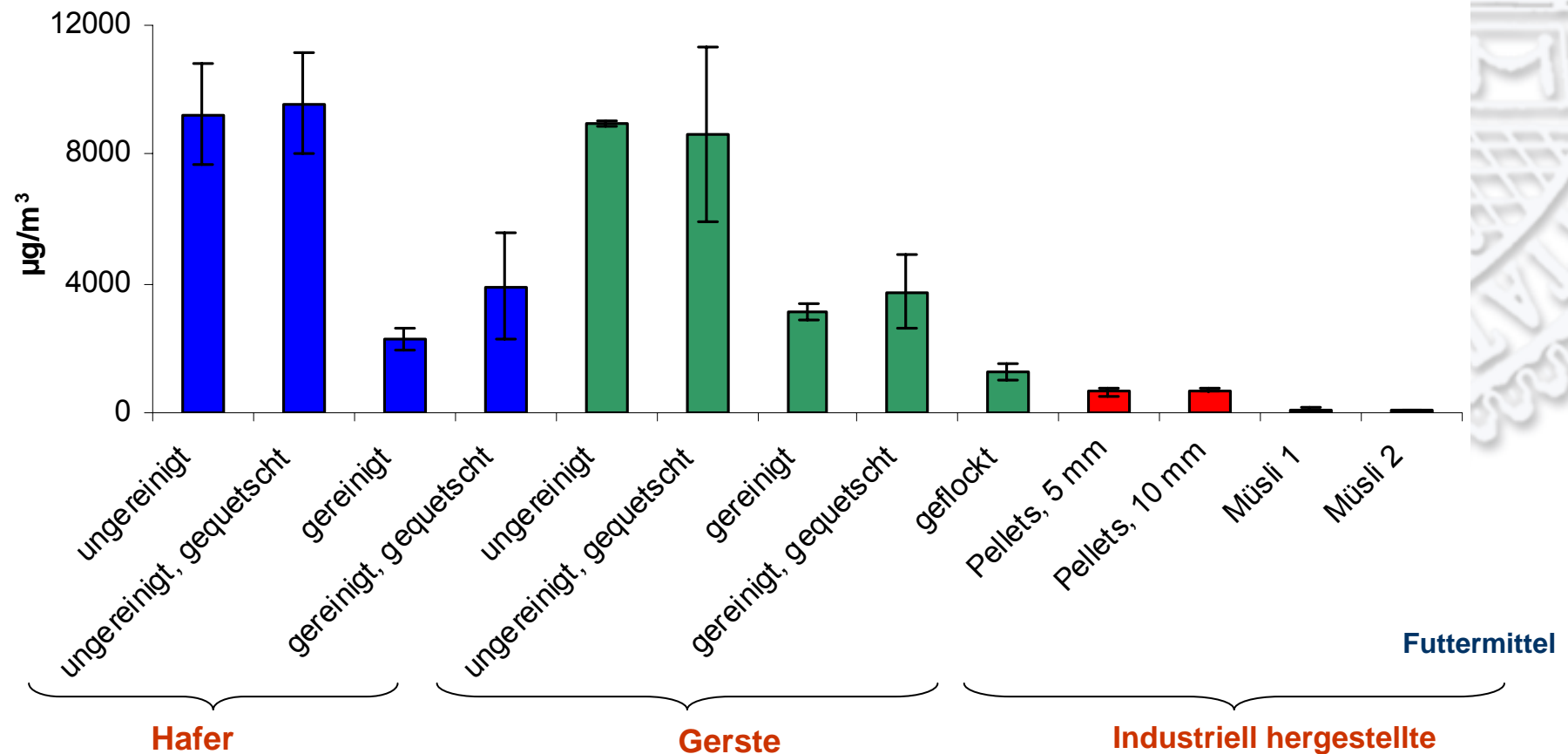


Mittlere maximale Schwebstaubkonzentration (PM20; PM10); n = 3

Ergebnisse - Schwebstaubkonzentrationen

Vergleich aller eingesetzten Futtermittel

Mittlere maximale Schwebstaubkonzentration (PM₁₀); n = 3



Kraftfutter - Zusatz von Additiven



Zusatz von Additiven

Analyse des Abscheidegrades von luftgetragenen Partikeln aus Hafer (ganz; gequetscht) infolge der Zugabe verschiedener Flüssigzusatzmittel in unterschiedlichen Konzentrationen



Gereinigter Hafer (OPTIMA 2002 NA, ZUTHER GmbH, Karwitz, Germany)

→ ganz

→ gequetscht (Getreidequetsche "Universal,, Sommer Maschinenbau, Osnabrück, Germany)



Leitungswasser



Rapsöl

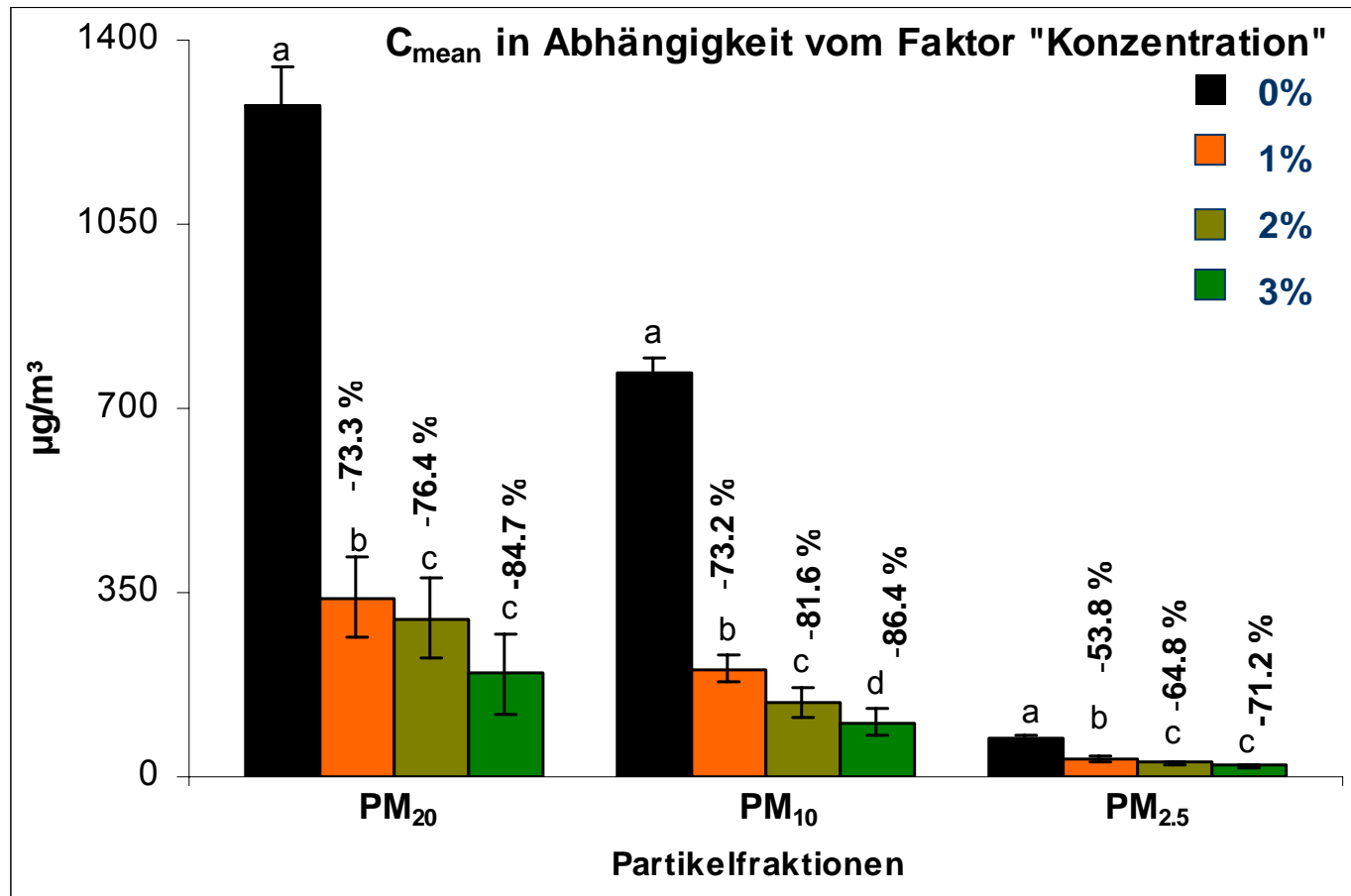
(APTI, Zentrale Handelsgesellschaft
- ZHG - mbH, Germany)



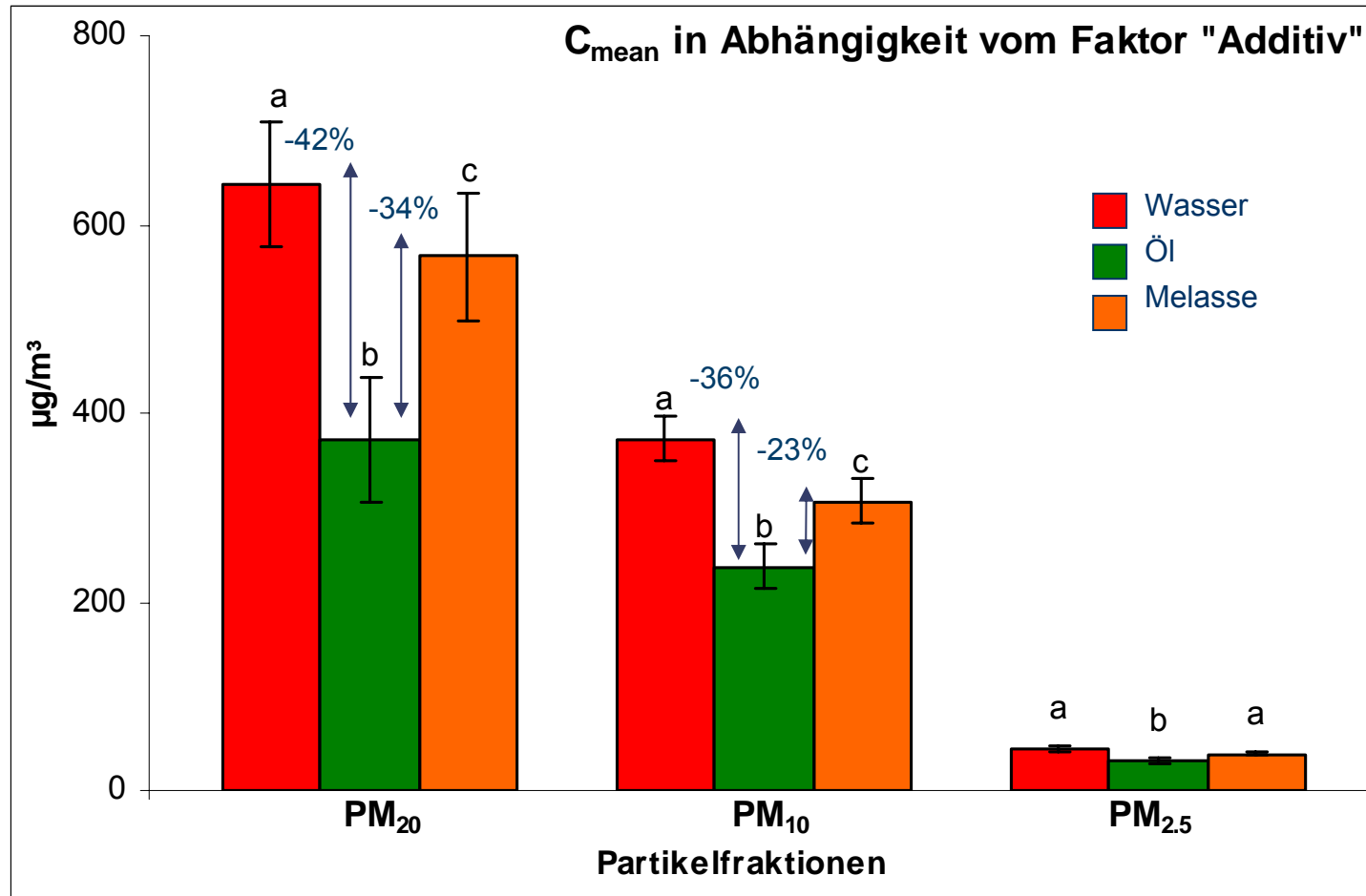
Zuckerrübenmelasse

(MIAVIT GmbH, Germany)

Einfluss der Konzentration



Einfluss des Additivs



Fazit

Schwebstaub aus Kraft- und Raufuttermitteln in der Pferdehaltung können reduziert werden durch:

- **Reinigung von herkömmlichen Kraftfuttermitteln**
- **Verwendung von industriell hergestellten Futtermitteln**
- **Zugabe von Flüssigadditiven bei Hafer**
- **Einsatz einer Technologie zur Partikelabscheidung bei Einstreumaterialien und Raufuttermitteln**