

# **Bestimmung der Schwebstaubgenerierung aus Reithallenböden verschiedener Zusammensetzung unter Praxisbedingungen mit Berücksichtigung des optimalen Feuchtegehaltes**

Masterarbeit von Daniela Grau

Georg-August Universität Göttingen, Departement für Nutztierwissenschaften, Abteilung für Verfahrenstechnik in der Veredlungswirtschaft, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen

Betreuer: Prof. Dr. Engel Hessel, M. Sc. agr. Gesche Claußen

## **1. Zielsetzung**

Derzeit existieren keine numerischen Richtwerte für den optimalen Feuchtegehalt von Reitböden in Reithallen seitens befragter Reitbodenherstellern. Je nach Nutzungsrichtung, Standort, Reithallenarchitektur, Reitbodenart und -alter können teils starke Variationen in den Bodenfeuchtegehalten in Reithallen festgestellt werden.

Studienergebnisse von HERLUND ET AL. (2014) [1] und HOOBS ET AL. (O.J.) [2] zur Folge beeinflusst die Tretschichtfeuchte jedoch die Reiteigenschaft und die funktionellen Eigenschaften eines Reitbodens maßgeblich. Ebenso verhält es sich mit der Anzahl an luftgetragenen Partikeln in Reithallen [3]. Unter Berücksichtigung der Hauptabgangsursachen beziehungsweise Gründe für die Unbrauchbarkeit von Pferden (Schäden am Bewegungsapparat und Erkrankungen des Atmungsapparates) [4], [5] stellt die Bodenfeuchte folglich einen zentralen Stellenwert in der Prävention von Erkrankungen des Bewegungsapparates als auch des Atmungstraktes von Pferden dar.

Ziel der Masterarbeit war es daher, die optimalen Feuchtegehalte verschiedener Reitböden aus der Sicht der Verantwortlichen für die Reithallen zu erheben und dazu das Staubgenerierungspotential des jeweiligen Reitbodens sowie dessen anorganische und organische Materialbestandteile zu bestimmen.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Material**

Zu Studienzwecken wurden insgesamt 25 verschiedene Reithallenböden herangezogen, wovon 5 reine Sandböden (ohne Zuschlagsstoffe), 10 Sand-Späneböden (Späne als Zuschlagsstoff) und 10 Sand-Vliesböden (Vlies als Zuschlagsstoff) waren.

Voraussetzung für die Auswahl der Reithallenböden war, dass die Bewässerung des Reithallenbodens von oben erfolgte.

### **2.2. Methode**

Die Entnahme der Proben erfolgte, wenn der für die Pflege der Reithalle Verantwortliche dem Boden eine optimale Feuchtigkeit unterstellte, anhand eines festen Schemas an sechs ausgewählten Punkten in der Reithalle. An jedem dieser Punkte wurde eine Bodenprobe aus der oberflächlichen Tretschicht (circa die Eindringtiefe des Pferdehufes) entnommen. Um etwaige Einflüsse des Probenentnahmepunktes auszuschließen, wurde aus allen sechs Proben einer Reithalle eine Mischprobe (circa 10l Bodenprobe) erstellt.

Unter standardisierten Bedingungen wurde zunächst das jeweilige Litergewicht der einzelnen Böden erhoben. Hierzu wurden jeweils drei Mal 2 Liter einer Bodenprobe eingewogen und ein Mittelwert aus den erhobenen Daten für den jeweiligen Boden berechnet. Anschließend fand die Bestimmung des Feuchtegehaltes und der organischen Gehalte statt. Zur Ermittlung des Feuchtegehalts und der organischen Gehalte der Bodenproben wurden jeweils 3 Mal 20 g bzw. 3 Mal 5 g Probenmaterial einer Probe in den Trockenschrank (24 Stunden, 105°C) beziehungsweise Muffelofen (24 Stunden, 500°C) überführt, anschließend zurückgewogen und der Feuchtegehalt bzw. der organische Gehalt einer jeden Probe berechnet. Die partikuläre Zusammensetzung der Böden wurde mithilfe verschiedener Siebe (Lochgrößen: 10 mm, 6,3 mm, 4,0 mm, 1,4 mm, 0,71 mm und 0,2 mm) bestimmt. Bei den Vliesböden fand zusätzlich die Erhebung des Vliesanteils in der Bodenprobe statt. Hierzu wurden 3 Mal 100 g einer jeden Vliesprobe in zwei aufeinander gestapelte Siebe (Lochgröße: 4,0 mm und 1,4 mm) gegeben, mit Wasser übergossen und der gewonnene Vliesanteil getrocknet und gewogen. Zuletzt fand die Erhebung der freigesetzten Schwebstaubkonzentration aus den Böden mithilfe einer geschlossenen Staubmesskammer und des in der Staubmesskammer integrierten Schwebstaubmessgeräts TEOM

1400a (Firma Rupprecht und Patashnick Company, USA) statt. Für die vorliegende Arbeit wurden Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von  $<10\mu\text{m}$  (PM 10) (thoraxgänglich) erfasst.

Für die Schwebstaubmessung wurden jeweils 2l einer Bodenprobe bodennah eingebracht und für 30 Minuten mithilfe eines Paddels aufgewirbelt. Die Schwebstaubmessung selber fand letztlich über 90 Minuten statt. Für jede Bodenprobe wurde die Schwebstaubmessung dreifach durchgeführt und später gemittelt.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Microsoft Excel und SAS Enterprise ® 9.4. Mittels Varianzanalyse, Korrelationsanalyse und vorwärts gerichteter stufenweiser Regressionsanalyse wurden die Einflussfaktoren auf die Staubkonzentration erhoben. Nicht normalverteilte Daten wurden für die statistische Auswertung transformiert.

### 3. Ergebnisse

Abbildung 1 stellt den mittleren Verlauf der Schwebstaubkonzentration über 90 Minuten in Abhängigkeit der drei Bodenarten dar. Während Sand-Späneböden (SS) und reine Sandböden (SP) vergleichsweise gleich hohe maximale Schwebstaubkonzentrationen freisetzen (SS:  $216,85\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft versus SP:  $226,40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft), setzen Sand-Vliesböden (SV) im Mittel fast dreimal so hohe Schwebstaubkonzentrationen frei (SV:  $571,67\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft).

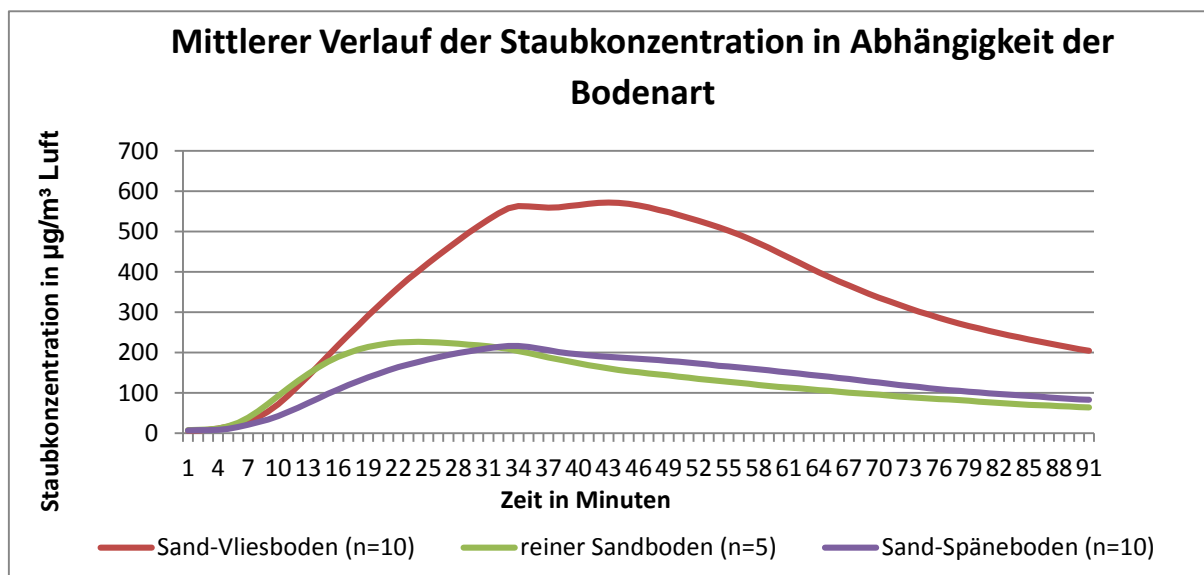


Abbildung 1: Mittlerer Verlauf der Staubkonzentration in Abhängigkeit der Bodenart

Bei der Ermittlung des durchschnittlichen Feuchtegehaltes und organischen Gehaltes der drei Bodenarten zeigt sich, dass die höchsten Feuchtegehalte und organischen Gehalte bei den Sand-Späneböden vorliegen ( $14,96\%$ ,  $SD=\pm 4,00$  bzw.  $160,20\ \text{g}/2\text{l}$  Bodenprobe,  $SD=\pm 62,03$ ). Der geringste durchschnittliche Feuchtegehalt kann hingegen bei den Sand-Vliesböden beobachtet werden ( $8,99\%$ ,  $SD=\pm 2,95$ ). Die reinen Sandböden besitzen einen Feuchtegehalt, der zwischen denen der Sand-Späneböden und Sand-Vliesböden anzusiedeln ist ( $10,82\%$ ,  $SD=\pm 2,65$ ).

Bezüglich der organischen Gehalte zeigt sich, dass Sand-Vliesböden zwar halb so viel wie die Sand-Späneböden enthalten, jedoch mehr als doppelt so viel wie reine Sandböden ( $81,64\ \text{g}/2\text{l}$  Bodenprobe,  $SD=\pm 36,34$  versus  $29,75\ \text{g}/2\text{l}$  Bodenprobe,  $SD=\pm 23,5$ ).

Abbildung 2 zeigt die auf den Feuchtegehalt korrigierten Least Square Means (LSM) der maximalen Schwebstaubkonzentration in Abhängigkeit der Bodenart.

Reine Sandböden ( $173,07\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft) und Sand-Späneböden ( $101,42\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft) weisen keine signifikanten Unterschiede in den maximal freigesetzten Schwebstaubkonzentrationen auf. Anders sieht dies hingegen bei den Sand-Vliesböden aus. Deren maximal freigesetzte Schwebstaubkonzentration ( $517,58\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft) ist signifikant höher als die der beiden anderen Bodenarten.

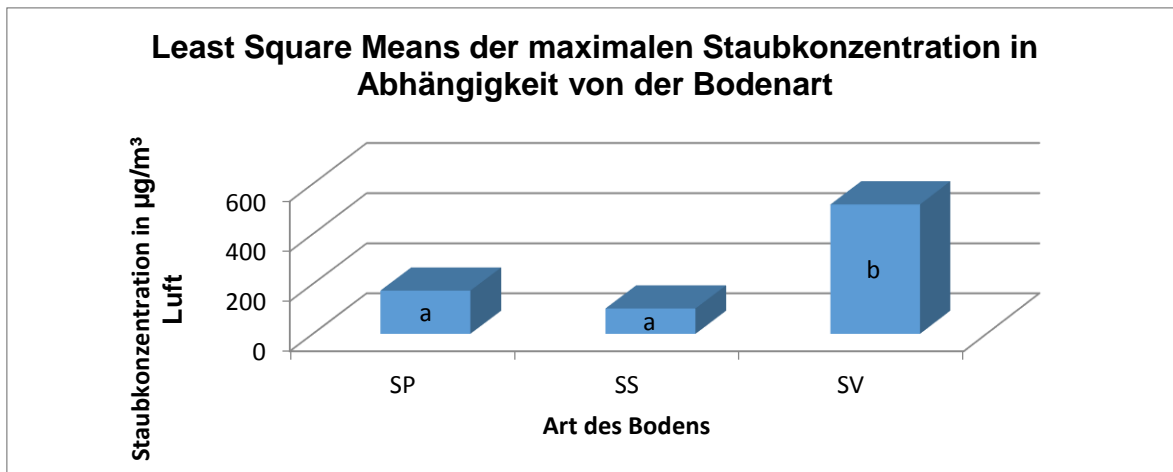


Abbildung 2: Least Square Means der maximalen Staubkonzentration in Abhängigkeit von der Bodenart; (SP=Sandboden ( $n=5$ ), SS=Sand-Späneboden ( $n=10$ ), SV=Sand-Vliesboden ( $n=10$ ); Daten wurden für die Darstellung zurück transformiert); unterschiedliche Buchstaben weisen auf einen signifikanten Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) hin

Abbildung 3 stellt die mittleren Schwebstaubkonzentrationsverläufe der fünf untersuchten reinen Sandböden grafisch dar. Die maximal freigesetzten Schwebstaubkonzentrationen aus den einzelnen Sandböden variieren zwischen  $123,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft und  $419,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft. Ähnlich sieht dies für die erhobenen Werte für den Feuchtegehalt (7,32%-14,1%) und den organischen Gehalt je 2 Liter Bodenprobe (12,44 g-67,19 g) aus.

Werden die Ergebnisse der vorwärts gerichteten linearen Regression hinzugezogen so kann festgestellt werden, dass die Faktoren „Gehalt an organischer Masse“, „Dichte des Bodens“ und die „Partikelfraktion  $<1,4\text{mm}$ “ einen signifikanten Einfluss auf die Staubfreisetzung von reinen Sandböden nehmen.

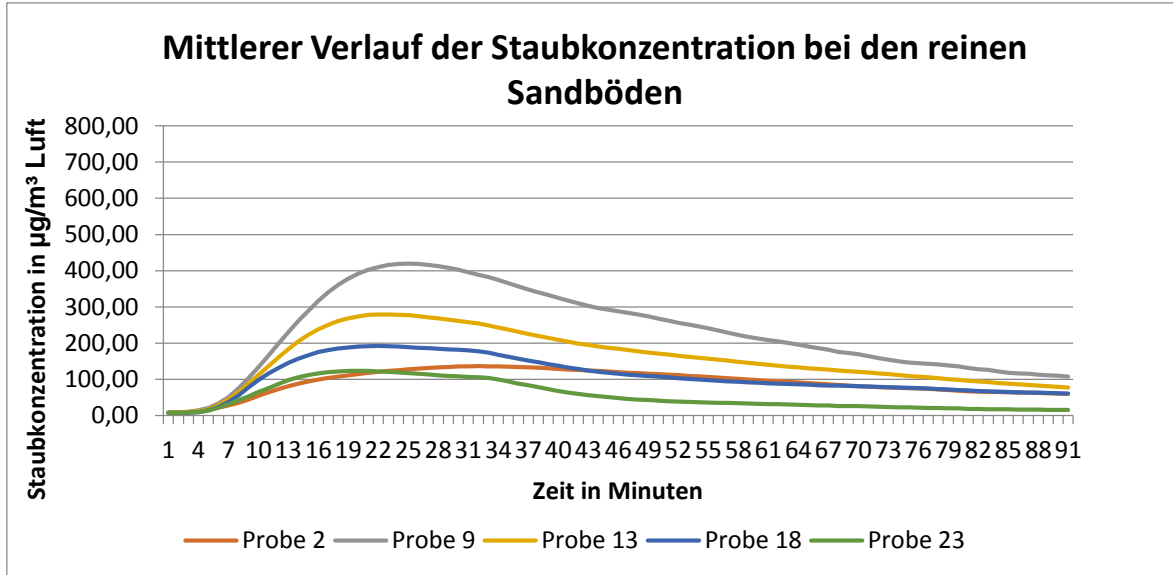


Abbildung 3: Mittlerer Verlauf der Staubkonzentration bei den reinen Sandböden ( $n=3/\text{Probe}$ )

Auf Abbildung 4 ist zu erkennen, dass sechs der 10 getesteten Sand-Späneböden eine maximale Schwebstaubfreisetzung von unter  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft aufweisen und nur vier der 10 Sand-Späneböden eine teils deutlich höhere maximale Schwebstaubfreisetzung generieren. Die maximal freigesetzten Schwebstaubkonzentrationen aus den einzelnen Sand-Späneböden variieren zwischen  $51,3-$   $741,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft.

Bezüglich der Feuchtegehalte und organischen Gehalte der Sand-Späneböden konnten Werte zwischen 10,72-22,99% für die Feuchte und 61,0-249,57 g für die organischen Gehalte je 2 Liter Bodenprobe erhoben werden. Im Vergleich zu den Feuchtegehalten und organischen Gehalten bei den reinen Sandböden sind diese deutlich höher.

Das Ergebnis der vorwärts gerichteten linearen Regression zeigt, dass nur der „Gehalt an organischer Masse“ einen signifikanten Einfluss auf die Staubfreisetzung aus Sand-Späneböden hat.

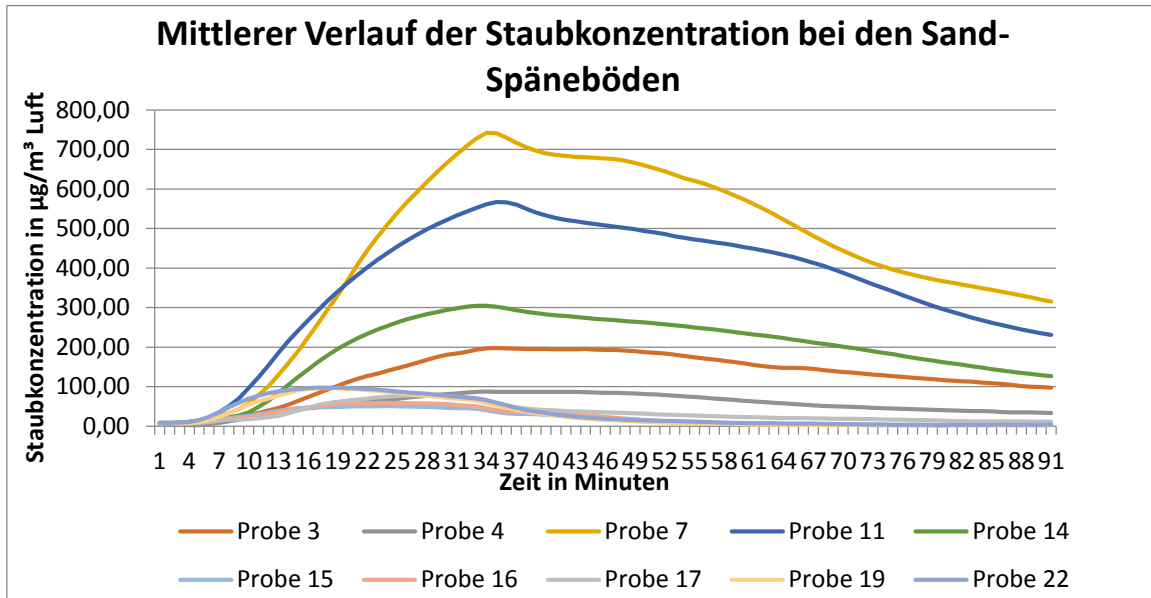


Abbildung 4: Mittlerer Verlauf der Staubkonzentration bei den Sand-Späneböden (n=3/Probe)

In Abbildung 5 sind die mittleren Schwebstaubkonzentrationsverläufe der 10 untersuchten Sand-Vliesböden dargestellt. Die bei einer Schwebstaubkonzentration von 800 µg/m³ eingefügte rote Linie dient der Verdeutlichung des bei den reinen Sandböden und Sand-Späneböden gewählten Maximums der Y-Achse, vergleiche Abbildung 3 und 4. Wie bereits das höhere Y-Achsen Maximum der Sand-Vliesböden mit einer Schwebstaubkonzentration von 2.500 µg/m³ impliziert, konnten bei den Sand-Vliesböden teils deutlich höhere Schwebstaubkonzentrationen gegenüber den reinen Sandböden und Sand-Späneböden erhoben werden.

Innerhalb der 10 untersuchten Sand-Vliesböden kann eine große Variabilität in den erhobenen Schwebstaubkonzentrationen festgestellt werden. Während sieben der 10 untersuchten Sand-Vliesböden eine maximale Schwebstaubfreisetzung von unter 500 µg/m³ Luft aufweisen, so setzen die drei restlichen Sand-Vliesböden (Nummer 1, 6 und 10) deutlich höhere (eine bis zu vierfach erhöhte) maximale Schwebstaubkonzentration frei. Mit Blick auf die Spannweite der erhobenen maximalen Schwebstaubkonzentrationen bei den Sand-Vliesböden zeigt sich, dass diese Werte von 82,2-1.975,0 µg/m³ Luft einnehmen.

Ähnlich wie bei der Staubfreisetzung zeigt sich auch bei den Ergebnissen der Feuchtegehalte (5,41-13,54%), organischen Gehalte (31,24-128,15 g/2l Bodenprobe) und Vliesgehalte (0,89-17,62%) eine große Variabilität bei den Sand-Vliesböden.

Bei detaillierter Betrachtung der stark schwebstaubfreisetzenden Sand-Vliesböden (Nummer 1, 6 und 10) fällt auf, dass diese deutlich höhere Vliesanteile (17,62% bzw. 9,51% bzw. 7,91%) und Feuchtegehalte (12,59% bzw. 12,50% bzw. 13,54%) aufweisen als im Mittel aller 10 getesteten Sand-Vliesböden erhoben wurde (Ø Feuchtegehalt: 8,99%; Ø Vliesanteil: 7,65%).

Die Ergebnisse der vorwärts gerichteten linearen Regression zeigen, dass die Einflussfaktoren „Wassergehalt“ und „Vliesanteil in der Bodenprobe“ die Staubfreisetzung aus Sand-Vliesböden signifikant beeinflussen.

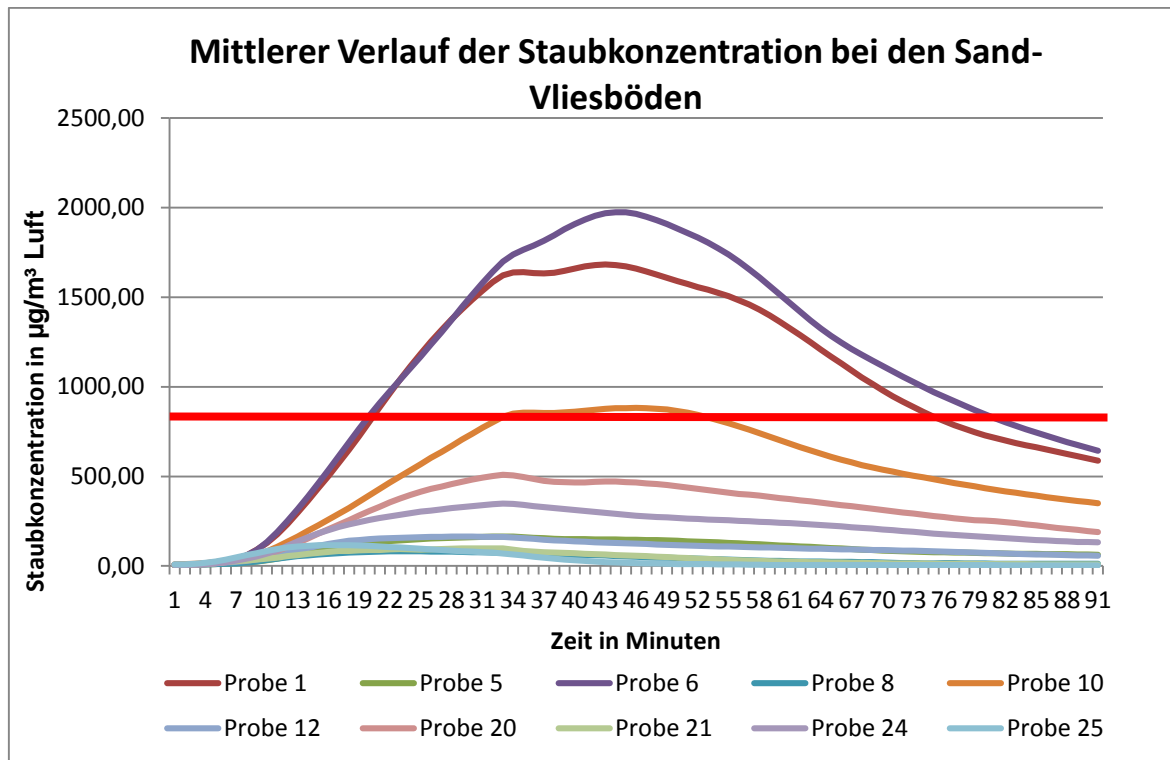


Abbildung 5: Mittlerer Verlauf der Staubkonzentration bei den Sand-Vliesböden (n=3/Probe)

#### 4. Diskussion

Die Zusammensetzung des Bodens als auch der Feuchtegehalt des Bodens nehmen einen maßgeblichen Einfluss auf dessen Schwebstaubfreisetzung. Wie ein Vergleich zwischen den Bodenarten reiner Sand, Sand-Späneböden und Sand-Vliesböden zeigt, setzen Sand-Vliesböden signifikant höhere Schwebstaubkonzentrationen frei.

Der Grund dafür ist zunächst einmal in den nicht wasserbindenden synthetischen Vliesfasern zu suchen. Im Zuge der Schwebstaubmessung kam es insbesondere bei den feuchteren Sand-Vliesböden zu einer Trennung des Vlieses vom Sand. Resultierend daraus fand eine vermehrte Aufwirbelung des Vlieses statt, was womöglich zu den erhöhten Schwebstaubkonzentrationen beigetragen hat. Des Weiteren zeigt sich auch der Gehalt an Vliesfasern in der Bodenmischung als weiterer Einflussfaktor auf die Schwebstaubfreisetzung aus Sand-Vliesböden. Laut HEINRICH ET AL. (2012) [6] kann insbesondere bei trockenen Bodenverhältnissen das Aufwirbeln von leichten Faserpartikeln der Zuschlagsstoffe in der Praxis beobachtet werden.

Bezüglich der Sand-Späneböden und reinen Sandböden zeigt sich, dass diese deutlich geringere Schwebstaubkonzentrationen gegenüber den Sand-Vliesböden freisetzen. In Bezug auf die Atemwegsgesundheit von Pferd und Mensch ist dies zunächst einmal als ein deutlicher Vorteil zu werten. Ausschlaggebend für die deutlich geringere Schwebstaubfreisetzung ist der höhere Feuchtegehalt der beiden Bodenarten zu sehen. Sowohl der reine Sandboden als auch der Sand-Späneböden weisen im Mittel höhere Feuchtegehalte als die Sand-Vliesböden auf. Es ist jedoch davon auszugehen, dass beide Bodenarten deutlich mehr und ggf. öfter gesprengt wurden, um optimale Reitbedingungen zu schaffen. Des Weiteren ist anzunehmen, dass eine ungenügende Bewässerung der beiden Böden neben einer erhöhten Schwebstaubfreisetzung wahrscheinlich auch zu einer Verschlechterung der Scherkräfte, der Energierückgewinnung, etc. führen und somit zu schlechteren funktionellen Eigenschaften des Bodens. Eingesetzte synthetische Vliesfasern sollen davor schützen. Laut verschiedener synthetischer Zuschlagsstoffhersteller soll der Einsatz von synthetischen Vliesfasern zu guten funktionellen Eigenschaften des Bodens bei vermindertem Managementaufwand führen. Außer Acht gelassen wird bei den Herstellern hierbei derzeit noch die Staubfreisetzung.

Sand-Späneböden scheinen derzeit ein guter Kompromiss zwischen den reinen Sandböden und den Sand-Vliesböden zu sein. Wie sich im Rahmen der Studie zeigt, benötigen diese aufgrund der hohen Wasseraufnahme und Wasserspeicherung der Holzstückchen jedoch die höchsten Feuchtegehalte um optimale Reiteigenschaften zu bieten. Laut LÜHE ET AL.(2015) [7] und WHEELER ET AL.,(2005) [8] verfügt

Holz über eine hohe Wasserbindungsfähigkeit, was die höheren Feuchtegehalte der Sand-Späneböden erklärt.

Nicht zu vernachlässigen ist zudem der Gehalt an organischem Material in den Sand-Späneböden. Wie sich im Rahmen der Masterarbeit zeigte, ist der organische Gehalt in Sand-Späneböden bis zu 5 Mal so hoch wie in den reinen Sandböden und Sand-Vliesböden. Mit Blick auf den Alterungsprozess und den Verwitterungsprozess eines Bodens kann dies im Laufe der Zeit von Nachteil werden. Im Gegensatz zu den synthetischen Zuschlagsstoffen müssen organische Zuschlagsstoffe von Zeit zu Zeit aufgefüllt und somit ersetzt werden. Mit Blick auf die luftgetragenen Partikel und insbesondere hier die Bakterien und Schimmelpilze ist anzunehmen, dass diese im Laufe des Alterungsprozess des Sand-Spänebodens insbesondere bei suboptimalen Bodenfeuchtegehalten vermehrt freigesetzt werden. Wie RAPP (1991) [3] festgestellt hat, handelt es sich in Reithallen hierbei vornehmlich um *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.* und *Aspergillus spp.*

Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass auch weiterhin keine numerische Zahl für den optimalen Feuchtegehalt der drei Bodenarten in Reithallen genannt werden kann. Je nach Reithallenarchitektur (Bau und Standort), Nutzungsrichtung, Alter des Bodens als auch Bodenart konnten teils deutliche Unterschiede in den erhobenen optimalen Feuchtegehalten erhoben. Nicht außer Acht gelassen werden darf zudem die Bestimmung der optimalen Bodenfeuchte. Im Rahmen der durchgeführten Masterarbeit wurde sich auf die Aussage des Verantwortlichen für die jeweilige Reithalle verlassen und nicht ein weiteres Mal auf dessen Richtigkeit überprüft.

### Literaturverzeichnis

- [1] Hernlund E, Lönnell C, Roepstorff L, Lundholm M, Bergström L, Andersson A-M et al. Equestrian\_Surfaces-A\_Guide. [http://inside.fei.org/system/files/Equestrian\\_Surfaces-A\\_Guide.pdf](http://inside.fei.org/system/files/Equestrian_Surfaces-A_Guide.pdf). Accessed 23 November 2016.
- [2] Hobbs S, Northrop AJ, Mahaffey C, Martin JH, Clayton HM, Murray R et al. Equine Surfaces White Paper. <http://inside.fei.org/system/files/Equine%20Surfaces%20White%20Paper.pdf>. Accessed 23 November 2016.
- [3] Rapp HJ. Untersuchungen in Reithallen und an verschiedenen Reitbahnbelägen unter dem Aspekt der Atemwegsbelastung beim Pferd (Investigations in indoor riding arenas and some tread layers under the aspect of airway contamination in horses). PhD Thesis. Gießen, Germany; 1991.
- [4] Gutekunst HP. Zur Schadensursachenstatistik von entschädigten Reitpferden in den Jahren 1971 bis 1974 innerhalb der Bundesrepublik Deutschland einschließlich West-Berlin (Towards loss statistics of compensated riding horses in 1971-1974 within the Federal Republic of Germany including West-Berlin). PhD Thesis. Gießen, Germany; 1977.
- [5] Wallin L, Strandberg E, Philipsson J, Dalin G. Estimates of longevity and causes of culling and death in Swedish warmblood and coldblood horses. *Livest Prod Sci* 2000;63:275–89.
- [6] Heinrich T, Hemker O. Qualität und Dauerhaftigkeit von Reitplatzaufbauten - sportfunktionale und bodenmechanische Betrachtungen unter den Gesichtspunkten Nutzung, Alterung und Horizontbildung der Reitplätze: EFRE-Forschungsbericht Osnabrücker Beiträge zum Landschaftsbau 3/2012; 2012.
- [7] Lühe T, Mielenz N, Schulz J, Dreyer-Rendelsmann C, Kemper N. Factors associated with dust dispersed in the air of indoor riding arenas. *Equine Vet J* 2016;1–6.
- [8] Wheeler, E:F., Diehl, N.K., Zajaczkowski, J.L., Brown D. Horse Riding Arena Dust Measurements. <http://extension.psu.edu/animals/equine/horse-facilities/documents/horse-riding-arena-dust-measurements>. Accessed 23 November 2016.