

Beschäftigungsmaterial und Einstreu versus Partikelbelastung in der Nutztierhaltung - Probleme und Lösungsansätze

J. HARTUNG und B. SPINDLER

Einleitung

In vielen Bereichen der Nutztierhaltung, sei es in der Geflügelhaltung oder in der Schweineproduktion, wird ein stetiger Trend zu so genannten „tierfreundlichen“ Haltungsformen beobachtet.

Wurden in früheren Jahrzehnten besonders aus wirtschaftlichen und arbeitsparenden Erwägungen Stallneubauten und modernisierte Altgebäude oft mit einstreulosen, unstrukturierten Haltungssystemen ausgestattet, so bieten viele moderne Stallsysteme Beschäftigungsmaterial und Einstreu zur Ausübung artgener Verhaltensweisen an.

Neben positiven Effekten für das Verhalten der Tiere können Einstreumaterialien wie Stroh, Hanfschäben und Hobelspäne die Stallluftqualität durch Staubbildung belasten und Nachteile für die Gesundheit und das Wohlbefinden der im Stall gehaltenen Tiere und das dort arbeitende Personal hervorrufen.

Außerdem erregen die von den Nutztierställen ausgehenden luftgetragenen Emissionen bei der anwohnenden Bevölkerung die Befürchtung, dass die im Staub enthaltenen Stoffe wie Geruch, Staub und Mikroorganismen eine Gefährdung für die menschliche Gesundheit darstellen könnten (MÖHLE, 1998; SCHLAUD et al. 1998; SEEDORF und HARTUNG, 2002; SALEH, 2006; SCHÜTZ, 2007).

Im Folgenden werden kurz Art und Umfang der in Nutztierställen entstehenden und von diesen ausgehenden Staubmengen beschrieben und welcher Anteil davon auf Einstreu und Beschäftigungsmaterial zurückzuführen ist.

Außerdem werden Staubminderungsmaßnahmen vorgestellt und hinsichtlich ihrer Praktikabilität bewertet.

Partikelförmige Komponenten der Stallluft und Definitionen

Die Luft in Nutztierställen enthält, neben etwa 130 Spurengasen (HARTUNG, 1988) eine Vielzahl partikulärer Komponenten, die meist als Aerosol, Bioaerosol oder einfach Staub angesprochen werden.

Aerosole, zu denen auch Stäube zusammen mit den Rauchen und Nebeln gehören, sind mehrphasige Systeme von Gasen, insbesondere Luft und darin dispers verteilten partikelförmigen Feststoffen oder Flüssigkeiten (DFG, 2007).

Bioaerosole sind komplexe luftgetragene Partikel, die sich aus belebten und unbelebten Bestandteilen zusammensetzen. Die Partikel haben einen biologischen Ursprung und biologische Aktivität (SEEDORF und HARTUNG, 2002) und können demnach allergische, toxische, infektiöse und pharmakologische Prozesse in einem Organismus auslösen. Zu den belebten Bestandteilen zählen Mikroorganismen, wie Bakterien, Pilze, Hefen, Viren oder auch Protozoen und Milben. Die unbelebten Bestandteile der Bioaerosole werden auch als **Staub** bezeichnet (SEEDORF und HARTUNG, 2002; NANNEN und BÜSCHER, 2007). Staub kann Träger von Gasen, Mikroorganismen, Toxinen (Endo- und Mykotoxine) und organischen Materialien wie Haut-, Haar-, Feder- und Kotpartikeln sein. Auch Antibiotikarückstände können im Stallstaub in deutlich messbaren Konzentrationen vorhanden sein (HAM-SCHER et al., 2003).

Neben der Zusammensetzung der einzelnen belebten und unbelebten Komponenten der in der Stallluft anzutreffenden Luftverunreinigungen spielt für das gesundheitliche Risiko die Größe der Partikel eine entscheidende Rolle. Ihr

aerodynamischer Durchmesser bestimmt die Wahrscheinlichkeit des Einatmens und den Depositionsort im Atemtrakt (HINZ, 2005).

Von medizinischer Bedeutung ist die Unterscheidung in einatembaren und alveolengängigen Staub. Der **einatembare Staub** (engl. inhalable dust), auch als Gesamtstaub bezeichnet, wird i.d.R. im Bereich Mund und Nase zurückgehalten und durch körpereigene Mechanismen eliminiert (SALEH, 2006; DFG, 2007; SCHÜTZ, 2007). Daneben tritt **Feinstaub** mit Partikelgrößen, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 10 µm ist (PM 10) auf. Diese Teilchengröße repräsentiert den thorakalen Anteil (SCHÜTZ, 2007) des Gesamtstaubes. Von besonderem Interesse ist darüber hinaus der Anteil des **lungen- oder alveolengängigen Feinstaubes** (engl. respirable dust; PM 2,5), der bis in den Alveolarbereich des Atmungsapparates vordringen kann (SALEH, 2006).

Gesundheitliche Folgen durch im Stall vorkommende belebte und unbelebte Partikel können bei Mensch und Tier von Schleimhautirritationen der Konjunktiven und der oberen Atemwege sowie zur Beeinträchtigung der Reinigungsfunktion des Flimmerepithels bis hin zu chronisch obstruktiven Pulmonalerkrankungen und allergischer Alveolitis führen (SEEDORF und HARTUNG, 2002; SCHÜTZ, 2007). Eine eindeutige Abschätzung der Rolle der einzelnen Komponenten (Mikroorganismen, unbelebte Staubpartikel, Gase) für die Entwicklung von Atemwegserkrankungen bei Mensch und Tier ist allerdings kaum möglich. Solange keine spezifischen Krankheitserreger in dem für eine Infektion nötigen Umfang in der Luft vorliegen, kommt es allenfalls zu unspezifischen Atemwegsbelastungen (SALEH, 2006). In der Regel sind ma-

Autoren: Univ. Prof. Dr. Jörg HARTUNG und Dr. Birgit SPINDLER, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 17P, D-30559 HANNOVER, email: itt@tiho-hannover.de

nifeste respiratorische Erkrankungen erst durch das Zusammenspiel verschiedener Faktoren, wie die Anwesenheit pathogener Mikroorganismen, eine allgemein hohe Keimbelastung durch ubiquitär vorkommende Mikroorganismen, hohe Ammoniak- und Staubkonzentrationen sowie ungünstige Temperaturbedingungen im Stall, anzutreffen.

Staubquellen in der Nutztierhaltung

Stallstaub stammt im Wesentlichen von den Tieren selbst, dem Futter, den Fäkalien und dem im Stall vorhandenen Einstreumaterial (Tabelle 1). So wird, in Abhängigkeit von Haltungsform und Tierart, geschätzt, dass bis zu 80 und 90 % des Gesamtstaubaufkommens vom Futter, 55 bis 68 % von der Einstreu, 2 bis 12 % von den Tieren und etwa 1 bis 8 % von den Fäkalien ausgehen können (PEARSON und SHARPLES, 1995; SEEDORF und HARTUNG, 2002).

Bei niedrigen Partikelkonzentrationen in der Stallluft sind abgestoßene Hautreste ein wesentlicher Bestandteil des Staubes, wo hingegen bei höheren Staubbelastungen der größte Teil vom Futter und Stroh ausgeht (PEDERSEN, 1998).

Die Belastung der Stallluft mit Staub und Mikroorganismen wird wesentlich von der Tierart und -aktivität, dem Alter der Tiere, von der Haltungs- und Aufstallungsform mit oder ohne Einstreu, der Fütterungsart und Futterstruktur, dem Management und anderen stalltypischen Faktoren, wie Lüftung und Stallklima (Feuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit) bestimmt (HARTUNG, 1998; TAKAI et al., 1998; SEEDORF und HARTUNG, 2002; PEDERSEN, 2004; WARTEMANN, 2005; SALEH, 2005; HINZ et al., 2007; NANNEN und BÜSCHER, 2007). Ein komplexes Zusammenspiel all dieser miteinander verknüpften Parameter führt zu zeit- und ortsabhängig unterschiedlichen Gehalten an Luftverunreinigungen in der Stallluft.

Die höchste Staubbelastung der Stallluft kann in der Geflügel- und Schweinehaltung gefunden werden. Auch steigt die Konzentration an Mikroorganismen in der Stallluft von Rind über Schwein zu Geflügel an (SEEDORF et al., 1998; TAKAI et al., 1998; SEEDORF und HARTUNG, 2002). Daneben wird der

Tabelle 1: Staubquellen und deren Verteilung am Gesamtstaubaufkommen (PEARSON und SHARPLES, 1995; SEEDORF und HARTUNG, 2002)

Quelle	Futter	Einstreu	Tiere	Fäkalien
Größenordnung	80 bis 90 %	55 bis 68 %	2 bis 12 %	1 bis 8 %

Tabelle 2: Konzentrationen an einatembarem und alveolengängigem Staub in Geflügelställen mit verschiedenen Aufstallungsformen

Tierart und Haltungssystem	Größenordnungen		Literaturquellen
	Einatembarer Staub/ Gesamtstaub (mg/m ³)	Alveolengängiger Staub (mg/m ³)	
Legehennen Konventionelle Käfighaltung	0,75 1 - 5	0,09 0,09	HARTUNG (1997) TAKAI et al. (1998)
Legehennen Ausgestalteter Käfig	0,3 - 0,9	0,15 - 0,62	SALEH (2006)
Legehennen Bodenhaltung	4,49 - 8,76 2,6 - 4,2	0,63 - 1,26 0,08 - 1,13	TAKAI et al. (1998) MARTENSSON (1995)
Legehennen Voliere	1 - 9,5	0,5 - 4,5	SALEH (2006)
Jungmasthühner Boden- allg.	6,2 4 - 10	0,5 - 1	HARTUNG (1997) TAKAI et al. (1998)
Jungmasthühner Freie Lüftung (Louisianastall)	1 - 14;	0,4	HINZ et al. (1993); HINZ (2005)
Zwangsbelüfteter Stall	6 bis 10	Keine Angaben 0,4 - 1,2	HARTUNG (1992) SALEH (2006)
Mastputen	4 - 21	1,0 (PM 10)	HARTUNG (1997); HINZ et al. (2007)
Bodenhaltung allg.	0,6 - 33,7 (95 % der Messungen ergaben Ergebnisse unterhalb von 4 mg/m ³)	Keine Angaben	WARTEMANN (2005)
Mastputen Freie Lüftung (Louisianastall)	bis 6	0,4	HINZ (2005)

Staubbelastung in der Pferdehaltung eine besondere gesundheitliche Relevanz zugeschrieben (SEEDORF et al., 2007).

Vergleich des Staubaufkommens in der Geflügelhaltung mit und ohne Einstreu

In der Geflügelhaltung sind sowohl eingestreute als auch nicht eingestreute Haltungssysteme üblich. Dabei handelt es sich z.B. um komplett eingestreute Systeme der Bodenhaltung, die insbesondere im Mastgefügelbereich (Puten, Jungmasthühner) anzutreffen sind, und um einstreulose (Käfig) und teileingestreute (Voliere) Haltungsverfahren, die vornehmlich in der Legehennenhaltung benutzt werden. Nach rechtlicher Vorgabe (EU-Richtlinie Legehennenhaltung, 1999; TierSchNutzV, 2006) ist bei der Haltung von Legehennen in der Voliere eine Mindesteinstreulfläche von mindestens einem Drittel der Stallbodenfläche einzuhalten. In ausgestalteten Käfigen muss den Tieren ein Staubbad angeboten werden. Das aus Stroh, Strohhacksel oder

Holzspänen bestehende Einstreumaterial dient einerseits der Beschäftigung der Tiere. Diese nutzen das angebotene Material zum Picken, Staub/Sandbaden und zum Scharren. Andererseits übernimmt die Einstreu, vornehmlich in der Bodenhaltung von Mastgefügel, die Funktion der Aufnahme der Ausscheidungen von den Tieren.

Einstreuarmer bis einstreulose Haltungssysteme, wie beispielsweise die ausgestalteten Käfige und die Batteriekäfige, zeigen im Gegensatz zu großzügig eingestreuten Haltungssystemen wesentlich geringere Partikelbelastungen (Tabelle 2). In den ausgestalteten Käfigen liegt Substrat lediglich im Staubbad (Hobelspäne, Sägemehl) vor, so dass sowohl der Anteil an einatembarem Staub als auch an alveolengängigem Staub in den einstreuarmeren Systemen unter 2,0 mg/m³ bzw. unter 1,5 mg/m³ liegt (SALEH, 2006). Offenbar wird der Staub in diesen Systemen wesentlich vom Futter und den Tieren (Haut- und Federpartikel) abgegeben.

Im Gegensatz dazu sind in eingestreuten Haltungssystemen wesentlich

höhere Partikelbelastungen messbar, wie beispielsweise im Volierensystem für Legehennen, wo bis zu 9,5 mg/m³ einatembare Staub und bis zu 4,5 mg/m³ alveolengängiger Staub anzutreffen sind (SALEH, 2006). In einem Jungmasthühnerstall fand HINZ (2005) Gesamtstaubkonzentrationen von bis zu 14 mg/m³. Der alveolengängige Staubanteil kann in solchen Ställen zwischen 0,4 und 1,2 mg/m³ liegen (SALEH, 2006). Bei der Aufzucht von Mastputen, die meist auf Sägespaneinstreu gehalten werden, treten Partikelkonzentrationen in der Luft von durchschnittlich 6 mg/m³ auf (HINZ, 2005; SALEH, 2006). Der Feinstaubanteil (PM 10) kann hier bis zu 1 mg/m³ betragen (HINZ et al., 2007).

Gesundheitliche Gefährdung

Eine gesundheitliche Gefährdung der Tiere und des Stallpersonals durch Partikel aus der Einstreu hängt wesentlich von der Qualität des Einstreumaterials ab (TAKAI et al., 1998). Eingesetztes, qualitativ minderwertiges Stroh mit hohen Anteilen an Pilzen (insb. Gattung *Aspergillus*) führt zu hohen Konzentrationen an Pilzsporen und -konidien in der Stallluft (SEEDORF und HARTUNG, 2002) und kann so pilzvermittelte Infektionen, wie die Lungen-Aspergillose, beim Geflügel auslösen. Es wird angenommen, dass eine Infektionsdosis von 1 bis 2 Millionen Pilzsporen bereits eine manifeste Aspergillose auszulösen vermag (ROLLE und MAYR, 1984). Es wird berichtet, dass in betroffenen Putenbeständen Verluste von bis zu 80 % durch Aspergillose aufgetreten sind (SEEDORF und HARTUNG, 2002). Aus der Geflügelfleischbeschau ist bekannt, dass häufig Veränderungen an den Atemwegen von Masthähnchen beobachtet werden, die oft einen Anteil von 30 % der beanstandeten Tierkörper erreichen können (VALENTIN et al., 1988; HARTUNG, 1994).

Minderungsmaßnahmen

Eine Verminderung des Luftstaubes lässt sich auf verschiedenen Wegen erreichen. Hier ist zunächst auf eine gute, staubarme und pilzfreie Materialqualität zu achten. Dazu werden z. B. Dinkelspelzen empfohlen. Aber auch eine Erhöhung der Luftfeuchte im Stall und die Anfeuchtung der Einstreu können helfen,

das Staubaufkommen (Agglomeration und beschleunigte Sedimentation von Staubpartikeln) in der Stallluft zu reduzieren (TAKAI et al., 1998; CAREY et al., 2004). Daneben sind erhebliche saisonale Einflüsse auf das Staubaufkommen in der Stallluft zu beobachten. So ist mit einem höheren Staubaufkommen im Winter aufgrund geringerer Luftraten als im Sommer zurechnen (TAKAI et al., 1998; WARTEMANN, 2005; HINZ, 2005; SALEH, 2006).

Vergleich des Staubaufkommens in der Schweinehaltung mit und ohne Einstreu

Mastschweine werden i.d.R. auf Teil- und Vollspaltenboden ohne Einstreu gehalten. Daneben sind eingestreute und teileingestreprüfende Systeme, wie Tiefstreu- und Schrägmistverfahren anzutreffen. Allerdings muss nach rechtlicher Vorgabe (TierSchNutzV, 2006) jedem Schwein Beschäftigungsmaterial angeboten werden. Dieses muss in ausreichender Men-

ge vorhanden sein, aus gesundheitlich unbedenklichem Material bestehen und jederzeit für die Tiere zugänglich sein. Neben Metallketten, Plastikbällen und dergleichen Materialien wird zunehmend auch lockere, frische Einstreu aus Stroh, Torf oder Sägespänen als besonders tierfreundlich angeboten.

Die zuletzt genannten Materialien werden von den Tieren nicht nur als Sättigungsfutter aufgenommen und zur Beschäftigung und Erkundung genutzt, sie können auch zur Bindung der abgesetzten Fäkalien und des Geruchs dienen.

Allgemein geht man davon aus, dass einstreulose Ställe ein geringeres Staubaufkommen in der Luft haben als eingestreute Ställe. Die in *Tabelle 3* zusammengestellten Literaturbefunde zeigen jedoch in eine andere Richtung, wobei eine weite Spanne beim Gesamtstaubaufkommen in den verschiedenen Schweinehaltungssystemen zwischen 1,0 und 22 mg/m³ (HARTUNG, 1997; TAKAI et al., 1998) beobachtet werden

Tabelle 3: Konzentrationen an einatembarem- und alveolengängigem Staub in Schweineställen mit verschiedenen Aufstallungsformen

Tier und Haltungssystem	Größenordnungen		Literaturquellen
	Einatembare Staub/ Gesamtstaub (mg/m ³)	Alveolengängiger Staub (mg/m ³)	
Schweinehaltung allg.	3 – 22		HARTUNG (1997) SEEDORF und HARTUNG (2002) TAKAI et al. (1998)
	2,08		
	2,19	0,23	
Allg. Ferkel/Absatzferkel Uneingestruet, Spaltenboden	5,43 (tagsüber)	0,30 (tagsüber)	PEDERSEN (1998) TAKAI et al. (1998)
	2,80 – 5,05	0,15 – 0,43	
Mastschweine Allg. einstreulos	4,4 – 4,8		BRESK und STOLPE (1975) TAKAI et al. (1998)
	2,08 – 2,67	0,16 – 0,29	
Mastschweine Spaltenboden	4,81	Keine Angaben	ROBERTSON (1989) MØLLER, aus PEDERSEN (1998) KARLE (1981)
	2,77	0,23	
Teilspaltenboden	09 - 2,1	Keine Angaben	
Mastschweine plan befestigt	5,89	Keine Angaben	ROBERTSON (1989)
Mastschweine	8,1	Keine Angaben	BRESK und STOLPE (1975) TAKAI et al. (1998)
Stroheinstreu allg.	1,12 – 1,38	0,10 – 0,15	
Mastschweine Tiefstreuverfahren	1,77	Keine Angaben	KUKOSCHKE (1994) MØLLER, aus PEDERSEN (1998)
	1,88 (tagsüber)	0,14 (tagsüber)	
Mastschweine Schrägmistverfahren	2,22	Keine Angaben	KUKOSCHKE (1994)
Mastschweine Kompostverfahren	1,21	Keine Angaben	KUKOSCHKE (1994)
Sauen/Abferkelställe Keine Angabe	5,94	1,20	PEDERSEN (1998)
Sauen/Abferkelställe Einstreulos, Spaltenboden	0,86 – 3,49	0,09 – 0,15	TAKAI et al. (1998)
Sauen/Abferkelställe Einstreu	0,63 – 1,64	0,12 – 0,16	TAKAI et al. (1998)

kann. Vergleicht man die in *Tabelle 3* zitierten Angaben zur Gesamtstaubkonzentration in einstreulosen, mit denen der eingestreuten Schweineställe, so ergeben sich mit 0,68 und bis zu 2,2 mg/m³ deutlich niedrigere Konzentrationen in den eingestreuten Ställen als in den einstreulosen (0,9 bis 5,89 mg/m³).

Allerdings gibt es auch Befunde, die dieser Tendenz entgegen laufen, wie die Arbeiten von BRESK und STOLPE (1975), die in eingestreuten Systemen mit bis zu 8,1 mg/m³ eine höhere Gesamtstaubbelastung feststellen konnten als in einstreulosen Ställen. Dies hat möglicherweise mit der Menge der Einstreu und der Bewegungsaktivität der Tiere zu tun gehabt. In einer ausgedehnten Studie zum Luftstaubgehalt in Schweineställen in Holland und Dänemark lagen die Gesamt- und alveolengängigen Staubkonzentrationen um bis zu 50 % niedriger als in den Ställen mit Spaltenboden (PEDERSEN, 1998).

Auch KUKOSCHKE (1998) konnte in drei untersuchten eingestreuten Mastschweinehaltungssystemen deutlich niedrigere Gesamtstaubgehalte feststellen als sie üblicherweise aus planbefestigten Ställen und Spaltenbodenställen berichtet werden (ROBERTSON, 1998; TAKAI et al., 1998). Vermutlich werden selbst bei täglichem Nachstreuen mit mäßigen Einstreumengen die zunächst kurzfristig entstehenden Partikel relativ rasch durch die bereits vorhandene Mistmatratze oder Bodenfeuchtigkeit gebunden (KUKOSCHKE, 1994). Die Verwendung von Einstreu in der Schweinehaltung scheint also nicht die Partikelbelastung in der Stallluft zusätzlich zu erhöhen. Dies bedeutet aber auch, dass der Staub in einstreulosen Ställen hauptsächlich aus Futter- und Fäkalpartikeln bestehen muss, wie auch schon CURTIS (1975) berichtete. So kommt der staubarmen Futterzubereitung und Fütterungstechnik eine besondere Rolle zu. Auch Flüssigfütterung und Futterverabreichung in pelletierter Form hilft, die Partikelbelastung der Stallluft zu reduzieren (PREDICALA et al., 2000), wobei saisonale Einflüsse, mit erhöhtem Staubaufkommen im Winter, sowohl der einatembaren als auch der alveolengängigen Fraktion - wie auch schon bei den

Legehennen gezeigt - deutlich werden (TAKAI et al., 1998).

Gesundheitliche Gefährdung

Wirkungen und Kombinationseffekte hoher Staubkonzentrationen im Stall auf die Gesundheit von Schweinen erstrecken sich von signifikant reduzierten Zunahmen ab Staubkonzentrationen von 300 mg/m³ (SEEDORF und HARTUNG, 2002) bis hin zur Mitwirkung an klinisch manifesten respiratorischen Erkrankungen multifaktorieller Genese, wie Rhinitis atrophicans oder enzootischer Pneumonie (TAKAI et al., 1998; ROBERTSON et al. 1990; SEEDORF und HARTUNG, 2002). BÆKBO (1990) und ROBERTSON et al. (1990; 1992) konnten den Zusammenhang zwischen dem vermehrten Auftreten von Rhinitis atrophicans und dem Luftstaubgehalt als einen der beeinflussenden Kofaktoren zeigen.

Minderungsmaßnahmen

Zu den wichtigsten betrieblichen Maßnahmen zur Staubreduktion in Schweineställen zählen nicht staubende Futtermittel und staubarme Fütterungstechniken, eine ausreichende Lüftung und eine gute Luftverteilung im Stall (PEDERSEN, 1998; TAKAI et al., 1998).

Der Unterschied zwischen frei gelüfteten und zwangsbelüfteten Ställen ist hinsichtlich sowohl des einatembaren als auch des alveolengängigen Staubes in der Stallluft offenbar nur gering (PREDICALA et al., 2007). Als wirksam hat sich der Einsatz von Fettzusätzen im Futter erwiesen, womit die Luftstaubkonzentrationen um bis zu 50 % vermindert werden können (CHIBA et al., 1987).

Hingegen ist die Verteilung von Staub reduzierenden Zusatzstoffen wie Wasser und Rapsöl als Aerosol in der Stallluft wegen seiner Nebenwirkungen umstritten. Die Tiere werden dabei täglich mehrmals mit Wasser oder Wasser/Öl-Gemischen berieselt (PEDERSEN, 1998). Gesamtstaubreduktionen um bis zu 78 % und des alveolengängigen Staubes um bis zu 90 % können erreicht werden (PEDERSEN, 1998). Allerdings werden diese Erfolge mit hohen Luftfeuchten im Stall und einer erheblichen Verschmutzung des Gebäudes und der Stalleinrichtungen mit Öl erkauft.

Vergleich des Staubaufkommens in der Rinderhaltung mit und ohne Einstreu

Die Rinderhaltung, in der sowohl eingestreute, als auch minimal eingestreute Systeme (Liegebereiche im Liegeboxenlaufstall) üblich sind, weist im Gegensatz zu anderen Intensivtierhaltungen deutlich geringere aerogene Partikelbelastungen auf (TAKAI, 1998; SEEDORF und HARTUNG, 2002).

Eine gesundheitliche Gefährdung von Milchkühen und Mastrindern ist bei diesen geringen Staubkonzentrationen nicht beschrieben (TAKAI et al., 1998), allerdings ist bekannt, dass der im Stall arbeitende Mensch sehr wohl chronisch erkranken kann.

Anfällig sind auch junge Kälber, die nach dem Abkalben im gleichen Stallraum wie die Kuhherde gehalten werden. Eine möglichst frühe Aufstallung in Kälberhütten an der Außenluft ist daher zu empfehlen.

Die Luftstaubkonzentrationen in Rinderställen bewegen sich durchschnittlich im Bereich von 0,38 mg/m³ für den einatembaren und um 0,07 mg/m³ für den alveolengängigen Staub (TAKAI et al., 1998).

In der Rinderhaltung scheint die Verwendung von Einstreu nicht zu einer Erhöhung des Staubaufkommens in der Luft beizutragen (*Tabelle 4*). Lediglich im Winter fanden TAKAI et al. (1998) signifikant geringere einatembare Staubkonzentrationen in einstreulosen Ställen im Vergleich zur Haltung mit Einstreu.

Zusätzlich war bei dieser Fraktion ein Unterschied zwischen Tag und Nacht von 50 bis 60 % festzustellen (0,58 mg/m³ (tagsüber) und 0,7 (nachts)).

Die alveolengängige Staubkonzentration unterschied sich hingegen weder in den verschiedenen Haltungssystemen noch in der Tages- und Jahreszeit.

Zur Staubreduktion wird gelegentlich die Befeuchtung des zur Einstreu benutzten Stroh empfohlen, wodurch die Gesamtstaub- und Endotoxinabgabe an die Luft um mehr als 90 % gesenkt werden soll (HINZ et al., 2000).

Tabelle 4: Konzentrationen an einatembarem und alveolengängigem Staub in Rinderställen mit verschiedenen Aufstallungsformen

Tier und Haltungssystem	Größenordnungen		Literaturquellen
	Einatembarer Staub/ Gesamtstaub (mg/m ³)	Alveolengängiger Staub (mg/m ³)	
Rinder allg.	0,6	~ 0,10 mg/m ³ 0,07	HARTUNG (1997); SEEDORF und HARTUNG (2002); HINZ et al. (2007) TAKAI et al. (1998)
	0,38		
Kälber allg.	0,15 - 0,55	0,04 - 0,08	TAKAI et al. (1998)
Milchkühe eingestreut	Keine Angaben	0,04 mg/m ³ bis 0,09	TAKAI et al. (1998)
Mastrinder eingestreut	0,21 mg/m ³ bis 0,78	Keine Angaben	TAKAI et al. (1998)
Mastrinder Spaltenboden	0,36 mg/m ³ bis 1,01	Keine Angaben	TAKAI et al. (1998)

Tabelle 5: Konzentrationen an einatembarem und alveolengängigem Staub in Pferdeställen mit verschiedenen Aufstallungsformen

Haltungssystem/ Futtertyp	Größenordnungen		Literaturquellen
	Einatembarer Staub/ Gesamtstaub (mg/m ³)	Alveolengängiger Staub (mg/m ³)	
Pferd allg.	bis 2,4	0,68	ZEITLER (1986)
Holzspäne	0,47	0,05	SEEDORF et al. (2007)
Biokompost	0,29	0,04	SEEDORF et al. (2007)
Stroh und Heu	Keine Angaben	0,0867	CLEMENTS und PIRIE (2007)
Späne und Heulage	Keine Angaben	0,0260	CLEMENTS und PIRIE (2007)
Heu			
Trocken	Keine Angaben	0,0428*	
Eingetaucht	Keine Angaben	0,0170*	CLEMENTS und PIRIE (2006)
Durchnässt	Keine Angaben	0,0122*	

* Mittlere Konzentration in der Nüsterregion

Vergleich des Staubaufkommens in der Pferdehaltung bei verschiedenen Einstreuarten

Bei der Stallhaltung von Pferden wird üblicherweise Stroh als Einstreumaterial, welches neben der Funktion der Bindung von Exkrementen wichtig für die Deckung des Raufutterbedarfs ist und der Beschäftigung dient, verwendet. Neben Stroh finden in der Pferdehaltung noch Hobelspäne, Leinenstroh, Hanfschäben/Hanfstroh, Dinkelspelzen in Pelletform und gepresste Pellets aus Strohhäcksel als Einstreumaterial Verwendung (SZABO et al., 2004). Erhöhte Staubgehalte entstehen, in Abhängigkeit von Einstreuart und Qualität, vermehrt im Zusammenhang mit der Fütterung, beispielsweise von Heu, so dass der Art und Qualität des Futters in der Pferdehaltung eine besondere Bedeutung zukommt (CLEMENTS und PIRIE, 2007). Dies ist auch deshalb bedeutsam, weil Pferde etwa 40 % des Tages mit der Futteraufnahme verbringen und dabei über die Nüster ständig Kontakt mit dem Futter besteht (VANDENPUT et al., 1997).

BARTZ (1992) konnte zeigen, dass die Gesamtstaubkonzentration in der Einatemluft eines Pferdes etwa dreimal höher liegt als in der umgebenden Raumluft. Dies ist ein weiterer Hinweis, dass das Futter für Pferde von hoher Qualität sein sollte. Auch bei der Säuberung und Aufarbeitung der Einstreu können erhebliche Staubbelastungen auftreten (ZEITLER, 1986).

Die Luft in Pferdeställen kann etwa 2,4 mg/m³ einatembaren und durchschnittlich 0,68 mg/m³ alveolengängigen Staub enthalten (ZEITLER, 1986). Sägespäne geben offenbar deutlich geringere Staubmengen an die Luft ab. So ergaben Messungen von SEEDORF et al. (2007) in der Luft eines Pferdestalles mit Sägespaneinstreu Medianwerte von 0,47 mg/m³ an lungengängigem Staub und 0,05 mg/m³ an alveolengängigem Staub (Tabelle 5). Allerdings sind die Befunde bei Verwendung von Sägespänen nicht einheitlich, was wohl vorrangig an der durchaus unterschiedlichen Holzart und -qualität sowie der Verarbeitungsform (Mehl, grobe Späne) liegen kann. Während CLEMENTS und PIRIE (2007) bei der Verwendung von Hobelspänen als Einstreumaterial im Gegensatz zu Stroh

niedrigere Partikelzahlen, insbesondere der alveolengängigen Fraktion, in der Stallluft fanden, deuten die Befunde von VANDENPUT et al. (1997) und SZABO et al. (2004) eher auf eine erhöhte Luftbelastung durch Hobelspäne hin.

Bei der Verwendung von Biokompost als Einstreumaterial konnte die Staubbelastung sogar auf 0,29 mg/m³ bzw. 0,04 mg/m³ reduziert werden (SEEDORF et al., 2007). Bei dieser Einstreuart stellen aber die erhöhten Gehalte an mesophilen Bakterien, mesophilen Actinomyceten und thermophilen Actinomyceten in der Stallluft ein gesundheitliche Gefährdung für die Tiere dar, so dass Biokompost zur Verwendung als Einstreumaterial nicht empfohlen werden kann.

Die Nutzung von Leinenstroh als Einstreumaterial führte teilweise zu einer geringeren Partikelbelastung (VANDENPUT et al., 1997). Allerdings wurde eine bis zu 9-fach höhere Freisetzung von Feinstaub im Gegensatz zu herkömmlicher Stroheinstreu beobachtet (SZABO et al., 2004). Einstreu in Pelletform kann nach Aussage von SZABO et al. (2004) die Staubfreisetzung mindern. Solche Einstreu sollte jedoch nur verwendet werden, wenn auch zusätzlich gutes Raufutter wie Stroh oder Heu mit angeboten wird, da die Tiere die Einstreu auch zur Deckung des Raufutterbedarfs und als Beschäftigung nutzen. Anforderungen, denen pelletiertes Raufutter allein nicht gerecht wird.

Gesundheitliche Gefährdung

Grundsätzlich gelten hohe Staubgehalte in der Luft von Pferdeställen als wesentlicher Träger allergener Substanzen (CLARKE, 1987) und werden im direkten Zusammenhang mit dem Auftreten von respiratorischen Erkrankungen bei Pferden, beispielsweise der chronisch obstruktiven Bronchitis (COPD) gesehen (ART et al., 2002). Von besonderer gesundheitsgefährdender Bedeutung sind die bereits erwähnten Actinomyceten (insb. thermophile Actinomyceten) und Pilzsporen, hier hauptsächlich Aspergillen (VANDENPUT et al., 1997; SEEDORF et al., 2007).

Minderungsmaßnahmen

Staubminderungsmaßnahmen im Pferdestall sollten ansetzen bei der Art und Qualität des angebotenen Futters und

der Einstreu. Luzernepellets stellen zwar eine günstige Alternative zum Stroh dar (VANDENPUT et al., 1997), sollten aber nur in Kombination mit gutem Raufutter verwendet werden. Beim Gebrauch von Heu sollte stets auf eine gute, staubarme Qualität geachtet werden. Anfeuchten und Durchtränken von Heu vor der Fütterung hilft die mittlere Staubbilastung (alveolengängige Fraktion) um bis zu 71 % zu reduzieren (CLEMETS und PIRIE, 2006). Solches Heu sollte jedoch vollständig aufgebraucht werden, da nasses Heu bei längerer Lagerung zu starker Verpilzung neigt.

Fazit

Mit der Einführung intensiver Stallhaltungsformen hat sich die Zahl der multifaktoriellen Erkrankungen der Tiere, die sich nicht nur auf einen Faktor oder einen Infektionserreger zurückführen lassen, erhöht. Insbesondere nimmt die Zahl der Atemwegserkrankungen bei Schwein und Geflügel, aber auch beim Pferd stetig zu. In der Rinderhaltung nimmt die Partikelbelastung hingegen eine untergeordnete Stellung ein. Schlachthofbefunde an Schweinen zeigen, dass zwischen 14,3 % (von ALTROCK, 1998) und bis zu 50 % (ELBERS, 1991) der Tiere Veränderungen am Atemtrakt aufweisen. Daneben besteht kein Zweifel, dass verschiedene pulmonale Krankheitsbilder beim Menschen mit dem Stallaufenthalt in Verbindung stehen (NOWAK, 1998; PREDICALA et al., 2000; RADON, 2002; SEEDORF und HARTUNG, 2002; SCHÜTZ, 2007). Diese Erkrankungen bei Tier und Mensch lassen sich sicherlich nicht alleine durch den Stallstaub erklären. Der Staub ist jedoch Träger von Mikroorganismen und potentiell gesundheitlich nachteiliger Komponenten wie Endotoxinen und sogar Antibiotikarückständen.

Für die Freisetzung des Staubes in die Luft sind eine Reihe von Faktoren verantwortlich, zu denen Managementfaktoren, wie hohe Besatzdichten, unzureichende Belüftung oder die zu lange Lagerung der Fäkalien im Stall zählen. Eine entscheidende Bedeutung kommt aber auch der Qualität der als Futtermittel und Einstreu verwendeten Materialien zu. Moderne Stallhaltungssysteme sollten daher auch eine staubarme Versorgung und Unterbringung der Tiere gewährleisten.

Tabelle 6: Staubkonzentrationen in Haltungssystemen mit und ohne Einstreu bei verschiedenen Tierarten

Tierart	Haltungssystem	
	ohne Einstreu	mit Einstreu
Geflügel		
Einatembarer Staub (mg/m ³)	0,3 – 5	1 – 21
Alveolengängiger Staub (mg/m ³)	0,09 – 0,62	0,08 – 1,26
Schwein		
Einatembarer Staub (mg/m ³)	0,90 – 5,89	0,68 – 2,20
Alveolengängiger Staub (mg/m ³)	0,16 – 0,26	0,09 – 0,16
Rind		
Einatembarer Staub (mg/m ³)	0,36 – 1,01	0,21 – 0,78
Alveolengängiger Staub (mg/m ³)	keine Angaben	0,04 – 0,09

Die *Tabelle 6* fasst noch einmal die wichtigsten Befunde zusammen. Die höchsten Staubkonzentrationen sind in der Geflügelhaltung zu erwarten, wobei ein erheblicher Anteil des Staubes von der Einstreu ausgeht. In der Schweinehaltung mit Einstreu können hingegen die Partikelbelastungen sogar geringer sein als in den Systemen ohne Einstreu. Die Stauffreisetzung erfolgt hier wesentlich vom Futter und von den Tieren. Minderungsmaßnahmen sollten hier vorrangig bei der Struktur und der Verteilung des Futters ansetzen. In der Rinderhaltung hat die Nutzung von Einstreu keinen wesentlichen Einfluss auf die Staubbilastung. Große gesundheitliche Bedeutung kommt dem Staub im Pferdestall zu. Art und Qualität der Einstreu und des Futters können die Partikelbelastung senken.

Die in letzter Zeit vermehrt propagierten Minderungstechniken wie Versprühen von Wasser oder das Einbringen von staubbindenden Ölen sind noch in der Erprobung. Ihre Wirksamkeit ist umstritten, da damit z.B. eine Erhöhung der Luftfeuchte verbunden ist. Außerdem sind solche Techniken nicht bei allen Tierarten einsetzbar.

LITERATUR

- ALTROCK, A. V., 1998: Untersuchungen zum Vorkommen bakterieller Infektionserreger in pathologisch-anatomisch veränderten Lungen von Schweinen und Zusammenstellung der Resistenzspektren. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift, 111, 164-172
- BÆKBO, P., 1990: Air quality in danish pig herds. Int. Pig Veterinary Society IPVS 1990, Proceedings, 395
- BARTZ, J., 1992: Staubbmessungen im direkten Einatembereich eines Pferdes mit Hilfe eines personal sampler. Diss, Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie
- BRESK, B. und J. STOLPE, 1975: Influence of dust in intensive pig units on animal performance and health. Monatshefte für Veterinärmedizin, 30, 572-576

- CAREY, J. B., R. E. LACEY und S. MUKHTAR, 2004: A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 2. Flock and house management factors. Journal of Applied Poultry Research., 13, 509-513
- CHIBA, L. L., E. R. PEO und A. J. LEWIS, 1987: Use of dietary fat to reduce dust, aerial ammonia and bacterial colony forming particle concentrations in swine confinement buildings. Transaction of ASAE, 30 (2), 464-468
- CLEMETS, J. M. und R. S. PIRIE, 2007a: Respirable dust concentrations in equine stables. Part 2: The benefits of soaking hay and optimizing the environment in a neighbouring stable. Research in Veterinary Science, 83, 263-268
- CLEMETS, J. M. und R. S. PIRIE, 2007b: Respirable dust concentrations in equine stables. Part 2: The benefits of soaking hay and optimizing the environment in a neighbouring stable. Research in Veterinary Science, 83, 263-268
- CURTIS, S. E., J. G. DRUMMOND, D. J. GRUNLOH, P. B. LYNCH und A. H. JENSEN, 1975: Relative and qualitative aspects of aerial bacteria and dust in swine houses. Journal of Animal Science, 41, 1512-1520
- DFG, 2007: Aerosole In: Deutsche Forschungsgesellschaft; MAK- und BAT-Werte-Liste 2007. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe; Mitteilung 43, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA 175
- ELBERS, A. R. W., 1991: The use of slaughterhouse information in monitoring systems for herd health control pigs. Diss, Universität Utrecht, Niederlande
- HAMSCHE, G., H. T. PAWELZICK, S. SCZESNY, H. NAU und J. HARTUNG, 2003: Antibiotics in dust originating from a pig-fattening farm: a new source of health hazard for farmers? Environmental Health Perspectives, 111, 11590-1594
- HARTUNG, J., 1988: Zur Einschätzung der biologischen Wirkung von Spurengasen der Stallluft mit Hilfe von zwei bakteriellen Kurzzeittests. Fortschr. Ber. VDI-Reihe 15, Nr.56 VDI-Verlag Düsseldorf.
- HARTUNG, J., 1994: Environment and animal health. Livestock housing., 25-48,
- HARTUNG, J., 1998: Art und Umfang der von Nutztierställen ausgehenden Luftverunreinigungen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 105, 213-216
- HINZ, T., 2005: Messung luftgetragener Partikel in und aus der Geflügelhaltung. Landtechnik, 2, 100-101

- HINZ, T., S. LINKE, S. WARTEMANN und J. BERK, 2007: Luftfremde Stoffe in einem alternativen Putenmaststall - 2. Partikel. Landbauforschung Völknerode., 57, 409-414
- HINZ, T., H. SONNENBERG, S. LINKE und J. SCHILF, 2000: Staubminderung durch Befeuchten des Strohs beim Einstreuen eines Rinderstalles. Landtechnik., 55, 298-299,323
- KUKOSCHKE, B., 1994: Vergleichende lufthygienische und tiergesundheitsliche Untersuchungen in drei eingestreuten Halteverfahren für Mastschweine. Diss, Aus der Klinik für kleine Klautiere und forensische Medizin und Ambulatorische Klinik der Tierärztlichen Hochschule Hannover und dem Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig - Völknerode
- MARTENSSON, L., 1995: Concentrations of dust, endotoxin and organic acids in confined animal buildings. Diss, Rapport 103, Schwedische Universität Agrarwissenschaften, Lund, Schweden
- MÖHLE, R., 1998: Anwohnerschutz bei Intensivtierhaltungen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 105, 220-224
- NANNEN, C. und W. BÜSCHER, 2007: Analyse der Zusammensetzung von Subemissionen aus Ställen verschiedener Nutztierarten und Bestimmung des Gravimetriefaktors. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Nr. 144
- NOWAK, D., 1998: Die Wirkung von Stallluftbestandteilen, insbesondere in Schweineställen, aus arbeitsmedizinischer Sicht. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 105, 225-234
- PEARSON, C. C. und T. J. SHARPLES, 1995: Airborne dust concentrations in livestock buildings and the effect of feed. Journal of Agricultural Engineering Research., 60, 145-154
- PEDERSEN, S., 1998: Staubreduzierung in Schweineställen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 105, 247-250
- PREDICALA, B. Z., R. G. MAGHIRANG, R. D. GOODBAND, S. B. JEREZ und J. E. URBAN, 2000: Air quality in swine-finishing barns. Kansas State University Swine Day 2000, Report of Progress. 858., 144-149
- RADON, K., E. MONSO, C. WEBER, B. DANUSER, M. IVERSEN, U. OPRAVIL, K. DONHAM, J. HARTUNG, S. PEDERSEN, S. GARZ, D. BLAINEY, U. RABE und D. NOWAK, 2002: Prevalence and risk factors for airway diseases in farmers - summary of results of the European Farmers' Project. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 9, 207-213
- RICHTLINE 1999/74/EG DES RATES VOM 19. JULI 1999, 1999: zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen, zuletzt geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 806/2003 des Rates vom 14. April 2003, Rat der Europäischen Union
- ROBERTSON, J. F., 1989: Effect of purge ventilation on the concentration of airborne dust in pig buildings. Agricultural engineering Proceedings of the 11th international congress on agricultural engineering, 1495-1499
- ROBERTSON, J. F., 1992: Dust and ammonia in pig buildings. Farm Building Progress., 19-24
- ROBERTSON, J. F., D. WILSON und W. J. SMITH, 1990: Atrophic rhinitis: the influence of the aerial environment. Animal Production, 50, 173-182
- ROLLE, M. und A. MAYR, 1984: Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. 5. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- SALEH, M., 2006: Untersuchungen zur Luftqualität in verschiedenen Systemen der Geflügelhaltung mit besonderer Berücksichtigung von Staub und Luftkeimen. PhD-These aus dem Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
- SALEH, M., J. SEEDORF und J. HARTUNG, 2005: Influence of animal age and season on bio-aerosol concentrations in a broiler house. Animals and environment, Volume 2: Proceedings of the XIIth ISAH Congress on Animal Hygiene., Warsaw, Poland., 4 - 8 September 2005., 37-40
- SCHLAUD, M., A. SALJE, P. NISCHAN, W. BEHRENDT, J. GRÜGER, T. SCHAFER und F. W. SCHWARTZ, 1998: MORBUS: Beobachtungspraxen in Niedersachsen. Bericht zur Erhebung in Süd-Oldenburg. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 105, 235-240
- SCHÜTZ, A., 2007: Feinstaub in Putenmastställen - Prüfung und Bewertung eines Messsystems unter Berücksichtigung umwelthygienischer und umweltrechtlicher Aspekte. Diss, Fachbereich VI (Geographie / Geowissenschaften) der Universität Trier
- SEEDORF, J. und J. HARTUNG, 2002: Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. KTBL- Schrift 393
- SEEDORF, J., J. HARTUNG, M. SCHRODER, K. H. LINKERT, S. PEDERSEN, H. TAKAI, J. O. JOHNSEN, J.-H. M. METZ, P.-W. G. G. KOERKAMP, G. H. UENK, V. R. PHILLIPS, M. R. HOLDEN, R. W. SNEATH, J. L. SHORT, R. P. WHITE und C. M. WATHES, 1998a: Temperature and moisture conditions in livestock buildings in Northern Europe. Journal of Agricultural Engineering Research, 70, 1
- SEEDORF, J., J. HARTUNG, M. SCHRODER, K. H. LINKERT, V. R. PHILLIPS, M. R. HOLDEN, R. W. SNEATH, J. L. SHORT, R. P. WHITE, S. PEDERSEN, H. TAKAI, J. O. JOHNSEN, J.-H. M. METZ, P.-W. G. G. KOERKAMP, G. H. UENK und C. M. WATHES, 1998b: Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. Journal of Agricultural Engineering Research, 70, 97-109
- SEEDORF, J., M. SCHRODER, L. KOHLER und J. HARTUNG, 2007: Suitability of biocompost as a bedding material for stabled horses: respiratory hygiene and management practicalities. Equine Veterinary Journal, 39, 129-135
- SZABO, E., I. SCHÄFER und W. BÜSCHER, 2004: Staubfreisetzung von Einstreumaterialien in der Pferdehaltung. Landtechnik, 6, 336-337
- TAKAI, H., S. PEDERSEN, J. O. JOHNSEN, J.-H. M. METZ, P.-W. G. G. KOERKAMP, G. H. UENK, V. R. PHILLIPS, M. R. HOLDEN, R. W. SNEATH, J. L. SHORT, R. P. WHITE, J. HARTUNG, J. SEEDORF, M. SCHRODER, K. H. LINKERT und C. M. WATHES (1998) Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. Journal of Agricultural Engineering Research, 70, 59-77
- VALENTIN, A., V. BERGMANN, J. SCHEER, I. TSCHIRCH und H. LEPS, 1988: Tierversluste und Qualitätsminderungen durch Hauterkrankungen bei Schlachtgeflügel. Monatshefte für Veterinärmedizin, 43, 19-20
- VANDENPUT, S., L. ISTASSE, B. NICKS und P. LEKEUX, 1997: Airborne dust and aeroallergen concentrations in different sources of feed and bedding for horses. Veterinary Quarterly., 19, 154-158
- VERORDNUNG ZUM SCHUTZ LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZTIERE UND DER ERZEUGUNG TIERISCHER PRODUKTE GEHALTENER TIERE BEI IHRER HALTUNG - TIERSCHUTZTV, 2006: Bekanntmachung der Neufassung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vom 22. August 2006. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nr. 41
- WARTEMANN, S., 2005: Tierverhalten und Luftqualität in einem Putenstall mit Außenklimabereich unter Berücksichtigung von Tiergesundheit, Leistungsmerkmalen und Wirtschaftlichkeit. Hannover, Tierärztliche Hochschule, aus dem Institut für Tierzucht Mariensee der FAL, Braunschweig
- ZEITLER, M. H., 1986: Concentrations of dust, microorganisms and harmful gases in the air in stables, with particular reference to farmer's lung hay antigens. Tierärztliche Umschau., 41, 839-842