



Das optimale Klima im Pferdestall

**Tipps zur Förderung einer guten Luftqualität in
Ställen und Gesunderhaltung von Pferden**

Autorinnen und Autoren

Regula Jungen¹, Noemi Bollhalder¹, Laura Kreis¹, François-Lionel
Humbert², Jan Kocher³, Sonia Holzer³, Conny Herholz³, Christa
Wyss¹



Berner Fachhochschule
▶ Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL

¹ Agroscope, Schweizer Nationalgestüt SNG

² Grangeneuve

³ Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften BFH-HAFL



Grangeneuve



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Impressum

Herausgeber	Agroscope, Schweizer Nationalgestüt SNG Les Longs-Prés 2 1580 Avenches www.agroscope.ch www.harasnational.ch
Auskünfte	Beratungsstelle Pferd Agroscope, Schweizer Nationalgestüt SNG, Avenches harasnational@agroscope.admin.ch
Redaktion	Regula Jungen, Noemi Bollhalder, Laura Kreis, François-Lionel Humbert, Jan Kocher, Sonia Holzer, Conny Herholz, Christa Wyss
Gestaltung	Letizia Paladino
Titelbild	Agroscope, SNG, Christelle Althaus
Download	www.agroscope.ch/transfer
Copyright	© Agroscope 2024
ISSN	2296-7214 (online)

Haftungsausschluss

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhaltsverzeichnis

Frische Luft im Pferdestall – ein Muss	4
1 Pferde können mit Temperaturunterschieden gut umgehen	5
1.1 Die thermoneutrale Zone (TNZ)	5
1.2 Thermoregulationsmechanismen	6
1.3 Eindecken im Winter verändert die natürlichen Thermoregulationsmechanismen	7
1.4 Wie erkenne ich ein frierendes Pferd?	8
1.5 Frieren verhindern	8
1.6 Im Sommer vermeidet eine gute Durchlüftung Überhitzung	9
2 Gutes Stallklima für eine gesunde Pferdelunge	9
2.1 Phänomen Winterhusten	9
2.2 Wichtige Parameter für ein gutes Stallklima	10
2.3 Schadgaskonzentrationen so tief wie möglich halten	10
2.4 Hohe Staubkonzentrationen vermeiden	11
2.5 Natürliches Licht: notwendig für einen gesunden Stoffwechsel	13
2.6 Optimale Luftfeuchtigkeit	14
2.7 Ausreichende Luftzirkulation sicherstellen	14
3 Wie kann ein gutes Stallklima erreicht werden?	17
3.1 Gutes Lüftungssystem für ein gutes Stallklima	17
3.2 Passive Lüftung	17
3.3 Aktive Lüftung	18
3.4 Aussenklimaställe sind zu bevorzugen	19
4 Literaturverzeichnis	20

Frische Luft im Pferdestall – ein Muss

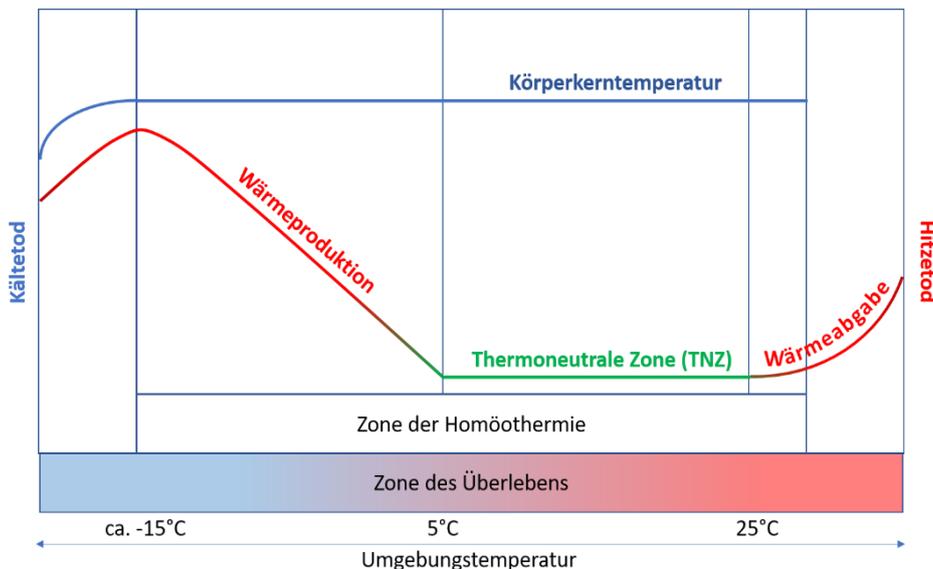
Equiden stellen besonders hohe Ansprüche an die Luftqualität ihres Lebensraums. Deswegen ist das Stallklima ein wichtiges Beurteilungskriterium für Pferdehaltungssysteme. Die Schweizer Tierschutzgesetzgebung schreibt vor, dass das Stallklima die Anpassungsfähigkeit der Tiere nicht überfordern darf. Genügend Licht, eine geringe Staub- und Keimbelastung sowie eine angepasste Luftfeuchtigkeit sind nur einige der Kriterien, die innerhalb eines Stalles gewährleistet werden müssen, damit die Pferde langfristig gesund bleiben. Die häufigsten Fehler in der Regulierung des Stallklimas sind eine ungenügende Belüftung sowie die Unterschätzung der Thermoregulationsfähigkeit unserer Pferde. Dabei werden Begriffe wie Luftzirkulation und Zugluft oft missverstanden.

Dieses Dokument beschreibt, welche Faktoren bezüglich der Thermoregulationsmechanismen von Equiden und des Erreichens eines optimalen Stallklimas beachtet werden sollten. Ausserdem zeigt es auf, wie die Stallklimafaktoren mit einem angepassten Stallmanagement, geeigneten baulichen Massnahmen und guter Planung positiv beeinflusst werden können. Nützliche Praxistipps und Beispiele sollen helfen, ein möglichst optimales Pferdestallklima zu gewährleisten.

1 Pferde können mit Temperaturunterschieden gut umgehen

1.1 Die thermoneutrale Zone (TNZ)

Die thermoneutrale Zone (TNZ) beschreibt den Bereich der Umgebungstemperatur, in der sich die Wärmeproduktion eines Tieres nicht verändert. Dies bedeutet, dass der Körper in diesem Temperaturbereich keine Energie aufwenden muss, um die Körperkerntemperatur von 37,5-38,5°C aufrechtzuerhalten.



Die thermoneutrale Zone von Trabern lag in einer Studie (Morgan, 1998) bei einer Umgebungstemperatur von ca. 5°C bis ca. 25°C. In der Zone der Homöothermie können Pferde ihre Körpertemperatur durch aktive Wärmeproduktion oder -abgabe stabil halten. Ausserhalb dieser Zone leiden die Tiere unter Unterkühlung oder Überhitzung. | © Grangeneuve, F.-L. Humbert

Die thermoneutrale Zone von Equiden kann in sehr unterschiedlichen Temperaturbereichen liegen, da der Organismus an die vorherrschende Umgebungstemperatur angepasst ist, je nach Region, in der das Tier lebt. Auch individuelle Unterschiede beeinflussen die thermoneutrale Zone, beispielsweise die Rasse, das Alter und die Gewohnheiten eines Tieres. So liegt beispielsweise die thermoneutrale Zone von Trabern, die eine Umgebungstemperatur von 15-20°C gewöhnt sind, zwischen 5 und 25°C (Morgan, 1998) und ist somit deutlich breiter als diejenige eines (unbekleideten) Menschen, welche zwischen 27° und 31°C liegt. Auch im Vergleich zu Rindern und Schweinen haben Pferde eine wesentlich breitere thermoneutrale Zone und können sich folglich besser an schwankende Temperaturen anpassen.

Pferde gehören zu den sogenannten gleichwarmen Tieren. Dies bedeutet, dass sie ihre Körpertemperatur auch bei sich verändernder Umgebungstemperatur konstant halten. Steigt die Umgebungstemperatur über die thermoneutrale Zone, muss das Pferd aktiv Wärme abgeben, um die Körpertemperatur unter die Umgebungstemperatur zu senken. Falls die Umgebungstemperatur unter die thermoneutrale Zone sinkt, muss ein Pferd versuchen, den Wärmeverlust zu minimieren oder Wärme zu produzieren, um die Körpertemperatur oberhalb der Umgebungstemperatur zu halten. Dies geschieht hauptsächlich durch vermehrtes Fressen. Ist die Nahrung jedoch begrenzt, wie es in der freien Natur im Winter der Fall ist, können Pferde ihre Körperfunktionen herunterfahren, indem sie zum Beispiel die Anzahl Herzschläge pro Minute oder ihre Körpertemperatur senken. Um bei kalten Temperaturen Energie zu sparen, verändert sich auch das Verhalten der Pferde. Sie bewegen sich deutlich weniger, stellen die Haare auf und positionieren sich mit der Kruppe gegen den Wind, um Kopf und Nacken vor starken Witterungseinflüssen zu schützen.

Werden die im nächsten Kapitel erklärten Thermoregulationsmechanismen nicht gestört, so stellen auch Temperaturen von -30°C für an Kälte angepasste Pferde keine Gesundheitsrisiken dar. Es ist daher anzunehmen, dass die Winterkälte in unseren Breitengraden die Anpassungsfähigkeit der Pferde weniger herausfordern dürfte als die Hitzetage, da die Temperaturen dann häufig über ihre thermoneutrale Zone steigen. Die Anzahl und Effektivität der gegen Hitze wirksamen Thermoregulationsmechanismen ist begrenzt, sodass sich Pferde weniger gut gegen heisse Temperaturen als gegen Kälte schützen können.



In naturnaher Haltung können sich gesunde Pferde meist problemlos an Temperaturschwankungen und Witterungseinflüsse anpassen. | © Agroscope, SNG, M. Roig-Pons

1.2 Thermoregulationsmechanismen

Die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Thermoregulation ist das funktionierende Zusammenspiel von Haut, Fell, Blutgefässen und Schweißdrüsen sowie die Möglichkeit, ein an die Situation angepasstes Verhalten auszuüben, also zum Beispiel bei grosser Hitze einen Schattenplatz aufzusuchen.

Die Haut trägt dazu bei, das Körperinnere vor äusserlichen Temperaturschwankungen zu schützen. Im Sommer regelt sie zusammen mit den Schweißdrüsen die Wärmeableitung, im Winter schützt sie vor Wärmeverlust. Zusätzlich kann die Körpertemperatur über das Erweitern (Kühleffekt) oder Verengen (Wärmeeffekt) der Blutgefässe reguliert werden. Um sich vor der Winterkälte zu schützen, bauen Pferde während der Vegetationszeit ausserdem eine isolierende Fettschicht auf, die auch als Energiereserve genutzt wird. In freier Natur und unter naturnahen Haltungsbedingungen durchlaufen Pferde eine Gewichtsveränderung im Laufe des Jahres, mit einer Zunahme des Körpergewichts von bis zu 20% auf den Herbst, um sich für die Wintermonate vorzubereiten. Dabei setzt sich das Fett gleichmässig am ganzen Körper ab ohne dass sich lokale Fettpolster bilden, wie sie bei unphysiologischen Gewichtszunahmen häufig zu beobachten sind.



Die Talgschicht der einzelnen Haare ist wasserabweisend, kann aber nicht sicherstellen, dass Pferde bei Dauerregen bis auf die Haut trocken bleiben. | © Agroscope, SNG

Im Winter schützt das Fell vor Kälte, wobei die isolierende Eigenschaft von der Dichte und Dicke der Haarschicht abhängig ist. Die einzelnen Haare sind von einer wasserabweisenden Talgschicht umgeben und können bei Bedarf aufgestellt werden (Piloerektion), sodass durch den verlangsamten Luftstrom zwischen den Haaren ein wärmendes Luftpolster über der Haut entsteht. Die Talgschicht ist jedoch nicht wasserabweisend genug, um Pferde bei längeren Regenschauern bis auf die Haut trocken zu halten. Ausserdem kann sie durch häufiges Waschen oder übermässiges Bürsten entfernt werden, wodurch der wasserabweisende Effekt verloren geht. Der Fellwechsel der Pferde wird hauptsächlich durch die Tageslänge initiiert. Die Fellqualität (Dichte, Länge) wird jedoch von der Genetik (Rasse), den lokalen Klimabedingungen und der Haltungsform beeinflusst. Sind Pferde beispielsweise an kaltes Klima angepasst, so kühlt Schneefall die Tiere weniger stark aus als Regen. Ein deutlicher Indikator für ein gutes Winterfell ist das Liegenbleiben einer Schneeschicht auf dem Pferderücken: Die isolierende Wirkung des Fells hindert den Schnee am Schmelzen.



Die Ausprägung des Winterfells kann sich von Pferd zu Pferd unterscheiden. Ein schützendes Winterfell kann nur wachsen, wenn das Pferd den natürlichen Klimaeinflüssen ausgesetzt ist. | © Agroscope, SNG, M. Roig-Pons

Im Sommer stossen die Thermoregulationsmechanismen des Pferdes hingegen schneller an ihre Grenzen. Da die Körperoberfläche der Pferde im Verhältnis zu ihrer Körpermasse relativ klein ist, können Pferde ihre Körperwärme nur unvollständig über die Haut abgeben. Bei Hitzestress beginnen sie deshalb schnell zu schwitzen, um die Wärmeenergie durch die Verdunstung des Schweißes abzuleiten. Wenn dieser Kühleffekt nicht mehr funktioniert, weil der ausgeschiedene Schweiß aufgrund von zu hoher Luftfeuchtigkeit nicht genug effizient verdunstet, kann die Körpertemperatur auf lebensgefährliche Werte ansteigen. Die Gefahr von Überhitzung droht insbesondere bei sportlicher Nutzung, da aktive Muskeln beim Pferd besonders viel Wärme produzieren.

1.3 Eindecken im Winter verändert die natürlichen Thermoregulationsmechanismen

Die Thermoregulation funktioniert nur, wenn Pferde die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen spüren und sich dementsprechend anpassen können. Eingedeckte Pferde spüren die Klimareize weniger, weshalb die für die Piloerektion zuständige Muskulatur der Haare nicht trainiert und ein weniger dichtes und isolierendes Fell gebildet wird. Bei geschorenen Pferden geht die natürliche Thermoregulation komplett verloren, weil das Fell als wichtiger Isolationsfaktor weitgehend fehlt.

Wenn aufgrund sportlicher Nutzung der Wunsch besteht, durch Decken und / oder Scheren in die natürliche Thermoregulation des Pferdes einzugreifen, sollte deshalb regelmässig überprüft werden, dass die Isolationswirkung der Decke der aktuellen Umgebungstemperatur angepasst ist. Zu dünn eingedeckte Pferde sind nicht fähig, angemessen auf die Kälte zu reagieren und den körpereigenen Wärmeregulierungsprozess zu aktivieren. Dies führt zur Schwächung des Immunsystems und lässt die Pferde anfälliger auf Krankheiten und Infektionen werden. Allerdings kommt es häufiger vor, dass Pferdebesitzerinnen und -besitzer ihre Tiere zu dick eindecken, weil sie von ihrem persönlichen Kälteempfinden auf jenes der Pferde schliessen. Eine daraus folgende Überhitzung der geschützten Körperteile lässt sich durch Schweißbildung erkennen und sollte unbedingt vermieden werden.

1.4 Wie erkenne ich ein frierendes Pferd?

Da sowohl die thermoneutrale Zone als auch das individuelle Kälteempfinden bei jedem Pferd unterschiedlich ist, kann es sein, dass einzelne Pferde bei widrigen Wetterverhältnissen frieren. Um dies zu verhindern ist es wichtig, die Anzeichen richtig zu erkennen und geeignete Massnahmen zu ergreifen.

Anhaltspunkte für ein frierendes Pferd sind vor allem in seinem Verhalten zu finden. Das Pferd wird seine Körperhaltung anpassen, das heisst mit eingeklemmtem Schweif vom Wind abgewandt stehen, das Fell stark aufstellen oder gar deutlich zittern. Es sollte stets darauf geachtet werden, die Gesamtheit der Verhaltensweisen in Betracht zu ziehen und nicht einzelne thermoregulatorische Mechanismen sofort als Anzeichen eines frierenden Pferdes zu interpretieren. So kann das Kaltwerden der Körperoberfläche beispielsweise darauf hindeuten, dass die Blutgefässe als Schutz vor Wärmeverlust verengt wurden. Dies bedeutet aber noch nicht, dass die Körpertemperatur ebenfalls gesunken ist und das Pferd friert.

1.5 Frieren verhindern

Am besten wird Frieren dadurch verhindert, dass den Pferden ermöglicht wird, ein der Situation angepasstes Verhalten auszuüben, ohne dass der Mensch zusätzliche Massnahmen ergreifen muss. Ist ein geeigneter Witterungsschutz vorhanden, können die Pferde jederzeit ihren Bedürfnissen entsprechend selbst entscheiden, ob und wann sie diesen nutzen möchten. Dies ist insbesondere bei sich schnell ändernden Wetterverhältnissen vorteilhaft. In einer Studie von Jørgensen et al. (2019) konnte gezeigt werden, dass selbst eingedeckte Pferde gerne unter Unterständen Schutz vor Wind und Regen suchen. Werden die Pferde dauernd im Freien gehalten, verlangt die Tierschutzverordnung (TSchV) das zur Verfügung stellen eines Unterstands, der gross genug ist, dass alle Tiere einer Gruppe gleichzeitig darin Platz finden. Als weitere Unterstützungsmassnahme sollte mehr Nahrung zur Verfügung gestellt werden, damit die Pferde ihren erhöhten Energiebedarf decken können. Dabei sollte jedoch nicht die Kraftfutter-, sondern die Raufuttergabe erhöht werden: Die Verdauung von Rohfasern findet im Dickdarm durch die Aktivität von Mikroorganismen statt, wobei Wärme freigesetzt wird. Das Fressen von Raufutter führt folglich nicht nur zur Deckung des erhöhten Energiebedarfs, sondern kurbelt auch eine Art körperinterne Heizung an.

Falls die oben genannten Massnahmen nicht ausreichend sind, um frieren zu verhindern, sollte zusätzlich eine Decke verwendet werden. Dies ist selten nötig, kann aber insbesondere bei besonders sensiblen oder älteren Pferden sinnvoll sein, die sich nicht gut akklimatisieren können.

1.6 Im Sommer vermeidet eine gute Durchlüftung Überhitzung

Im Sommer müssen den Pferden Unterstände als Schattenspende, sowie genügend Wasser zur Verfügung stehen, um Dehydrierung und Überhitzung zu vermeiden. Beim Bau von Unterständen ist besonders auf eine gute Luftzirkulation zu achten, damit sich die vom Pferdekörper aufsteigende, warm-feuchte Luft im Gebäude nicht staut. Es könnten auch Wassersprinkler-Anlagen verwendet werden, um den Pferden eine Möglichkeit zur Abkühlung zu bieten. Dabei muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Anlage an Orten installiert wird, wo sich die Feuchtigkeit nicht staut, da sie ansonsten Nährboden für die Aktivität von Keimen bietet. Ausserdem müssen die Pferde die Möglichkeit haben, dem Wasser ausweichen zu können, da manche Individuen selbst bei grosser Hitze nur ungerne nass werden. Zudem sollte für eine Sprinkleranlage nicht Trinkwasser verwendet werden, ökologische Aspekte wie ein möglichst geringer Wasserverbrauch sollten unbedingt bedacht werden.



Links: Offene Seitenwände ermöglichen einen gleichmässigen Luftaustausch im ganzen Stall.

Rechts: Vorsicht: Natürliche Beleuchtung mit transparenten Dachelementen kann bei Hitzewellen einen Treibhauseffekt verursachen. | © Agroscope, SNG, I. Bachmann

2 Gutes Stallklima für eine gesunde Pferdelunge

Die Lunge der Equiden ist ein sehr leistungsfähiges und gleichzeitig sensibles Organ. Viel Staub in der Luft sowie erhöhte Konzentrationen von Schadgasen können zur Störung der Schutz- und Reinigungsmechanismen in der Lunge führen, was sich durch Nasenausfluss oder Husten äussert. In der Folge steigt die Anfälligkeit für Infektionen, da die Erreger nicht mehr effektiv abgewehrt werden können. Ausserdem werden das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit eines Pferdes durch Atembeschwerden deutlich eingeschränkt.

2.1 Phänomen Winterhusten

Husten gilt als eines der häufigsten Symptome für Atemwegserkrankungen bei Pferden und kommt besonders im Winter vermehrt vor. Dieses Phänomen - Winterhusten genannt - ist aber nicht auf die sinkenden Temperaturen, sondern auf ein verschlechtertes Stallklima zurückzuführen. Im Winter werden Türen und Fenster vermehrt geschlossen, um eine für uns Menschen angenehmere Temperatur zu erreichen und das Einfrieren von Tränken zu verhindern. Die damit verbundene Akkumulation von Staub und Schadgasen führt zur Reizung der Atemwege und begünstigt dadurch die Entstehung von Winterhusten. Winterhusten ist somit eine Folge der Haltungsform und kann verhindert werden, indem man Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität ergreift.

Generell muss beachtet werden, dass Pferde nicht unbedingt Allergiker sind, wenn sie auf bestimmte Stoffe mit heftigem Husten reagieren. Möglicherweise leiden sie an einer durch schlechtes Stallklima begünstigten chronischen Schleimhautentzündung, welche die Empfindlichkeit der Lunge steigert.

Frische und saubere Luft gilt als beste Prophylaxe vor solchen Problemen. Deshalb wird empfohlen, auch im Winter eine gute Luftzirkulation innerhalb des Stalles zu gewährleisten und die Pferde regelmässig auf Paddocks oder Weiden ins Freie zu lassen oder noch besser, sie permanent in einem Offenstall zu halten.

Wenn alle Massnahmen für ein gutes Stallklima getroffen wurden und der Husten trotzdem nicht verschwindet, sollte allerdings unbedingt eine Fachperson hinzugezogen werden. Insbesondere wenn Husten mit weiteren Anzeichen von eingeschränkter Leistungsfähigkeit der Atemwegsorgane auftritt (Leistungseinbussen, vermehrtes Schwitzen, verlängerte Beruhigungszeit der Atmung nach grosser Anstrengung, ungewöhnliche Atemgeräusche), ist dies ernst zu nehmen und zeitnah durch einen Tierarzt oder eine Tierärztin abklären zu lassen.

2.2 Wichtige Parameter für ein gutes Stallklima

Nach Van Caenegem L. und Wechsler B. (2000) beschreibt der Begriff «Stallklima» den Zustand der Luft, deren Temperatur und Feuchtigkeit, sowie die Luftschadstoffe im von Tieren bewohnten Stallbereich. Ein schlechtes Stallklima hat nicht nur einen negativen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit von Mensch und Tier, auch die Stabilität und Langlebigkeit des Gebäudes werden dadurch reduziert. Im Folgenden werden die wichtigsten Parameter, die ein gutes Stallklima ausmachen, sowie Massnahmen zur Optimierung vorgestellt.

2.3 Schadgaskonzentrationen so tief wie möglich halten

Zu den wichtigsten Schadgasen gehören Ammoniak (NH_3) und Kohlendioxid (CO_2) sowie Schwefelwasserstoff (H_2S). Hohe Schadgaskonzentrationen im Stall sind fast immer auf eine schlechte Belüftung des Gebäudes zurückzuführen. Ausserdem werden Schadgasemissionen durch Wärme begünstigt. Geschlossene Ställe, in denen sich die Wärme akkumuliert, sind somit besonders anfällig für Schadgasprobleme. Um die Konzentrationen im Stall so niedrig wie möglich zu halten, muss folglich eine ausreichende Lüftung gewährleistet werden. Auch die Einstreu gilt es regelmässig zu säubern und zu erneuern.

Kohlenstoffdioxid wird eher als Indikator für schlechte Luftqualität denn als Schadgas bezeichnet, da es von Natur aus in der Luft vorkommt und erst in höheren Konzentrationen giftig wirkt. Zu hohe Kohlenstoffdioxidgehalte weisen oft auf einen unzureichenden Luftaustausch hin. Ein durchschnittliches Grosspferd produziert während 24h allein durch das Atmen rund 3'000 Liter CO_2 . Stehen mehrere Pferde im selben Stall, kann die CO_2 -Konzentration schnell ansteigen, weshalb eine ausreichende Lüftung essenziell ist. Kontinuierlich hohe Schadgaskonzentrationen werden vorwiegend in den Wintermonaten gemessen, wenn der Lüftungsstrom beschränkt wird, um Wärmeverluste zu minimieren. Grossflächige Lüftungsöffnungen sind folglich auch im Winter möglichst offen zu halten, damit die Stallluft stetig mit frischer Luft ausgetauscht werden kann. Obwohl Kohlenstoffdioxid prinzipiell geruchlos ist, wird Stallluft mit hohen CO_2 -Konzentrationen vom Menschen oft als stickig empfunden.

Ammoniak besitzt einen stechenden Geruch. Er reizt die Schleimhäute und kann in hohen Konzentrationen zum Ersticken führen. Fast alle Atemwegserkrankungen werden durch erhöhte Ammoniak-Konzentrationen nachteilig beeinflusst. Auch Hufkrankheiten wie Strahlfäule werden durch hohe Ammoniakgehalte in der Einstreu begünstigt, da diese zu einer Schädigung des Horns führen. Ammoniak wird vom Menschen bereits ab geringen Konzentrationen von 1-5 ppm (*parts per million*) durch einen leicht stechenden Geruch wahrgenommen. Höhere Konzentrationen führen zu beissenden Augen und lösen Tränenfluss sowie Hustenreiz aus. Ammoniak entsteht durch die Zersetzung stickstoffhaltiger Stoffe wie Kot und Urin, welche durch die Aktivität von Mikroorganismen vonstattengeht. Feuchtigkeit fördert die Aktivität dieser Mikroorganismen, weshalb die Einstreu durch regelmässige Reinigung trocken und sauber gehalten werden muss. Nebst der Aussentemperatur ist auch die Saugfähigkeit der Einstreu ein entscheidender Faktor für die Ammoniakfreisetzung. Diese wurde in einer Studie unter standardisierten Laborbedingungen gemessen, damit verschiedene Einstreuqualitäten direkt verglichen werden können. Unter den «Top 10» der saugfähigsten Einstreumaterialien sind 7 Strohpellet-Produkte, 2 Strohkümmel-Produkte und ein 1 Strohgranulat (Herholz et al., 2018). In einem weiteren Versuch wurde die Ammoniakfreisetzung experimentell an acht verschiedenen Einstreumaterialien über 7 Tage gemessen. Die Ammoniak-Emissionen der Einstreumaterialien unterschieden sich an den verschiedenen Messtagen wenig, stiegen aber nach fünf Tagen alle weit über den empfohlenen Wert von 10 ppm an. Die Einstreudicke scheint insbesondere bei der Komposteinstreu ein entscheidender Faktor für die Minimierung von Ammoniakemissionen zu sein (Herholz et al., 2020).

Schwefelwasserstoff tritt in der Pferdehaltung nur selten auf, ist allerdings trotzdem wichtig zu erwähnen, da er aufgrund seiner starken Giftigkeit schon in tiefen Konzentrationen für Mensch und Tier lebensgefährlich ist. Er wird vor allem in der Gülle oder im Mist unter bestimmten Bedingungen gebildet. Um das Auftreten von Schwefelwasserstoff zu vermeiden, ist eine gute Belüftung des Stalles zu gewährleisten, besonders bei Tiefstreusystemen.

Schadgase sind nicht nur für Tiere gefährlich, sondern auch für Menschen, die in diesem Klima arbeiten. Deshalb werden Maximalwerte festgelegt sowie die Dauer, während der ein Mensch einer solch hohen Konzentration ausgesetzt sein darf. Die in der nachfolgenden Tabelle aufgelisteten maximalen Stallklimawerte wurden von der Deutschen reiterlichen Vereinigung veröffentlicht und sind folglich pferdespezifisch. Da der Atmungsapparat von Pferden äusserst sensibel ist, sind die zulässigen Werte im Vergleich zu den generellen Richtlinien für Haltungen von anderen Nutztieren deutlich niedriger. Deshalb sollte besonders bei der Umnutzung von Stallgebäuden, die vorher andere Tierarten beherbergten, darauf geachtet werden, dass die Lüftungseinrichtungen den hohen Ansprüchen von Pferden entsprechen.

Die Konzentration von Gasen in der Luft wird meist in ppm (*parts per million*) angegeben. Diese Einheit beschreibt den vorhandenen Anteil an Teilchen eines Stoffes pro Million Teilchen Luft. Der Maximalwert für CO₂ von 1'000 ppm beschreibt somit eine Konzentration von 1'000 Teilchen CO₂ in einer Million Luftteilchen. In der Praxis können Sensoren zur Überwachung der Luftqualität eingesetzt werden. Sie werden insbesondere im Nutztier- und Geflügelbereich verwendet, allerdings eignen sie sich ebenso gut für die Messung von Schadgasen im Pferdestall. Prinzipiell ist die Messung der Schadgaswerte in der Pferdehaltung kaum nötig, da eine schlechte Lüftung insbesondere aufgrund der daraus folgenden hohen Ammoniakgehalte von den pferdebetreuenden Personen rechtzeitig durch den unangenehmen Geruch wahrgenommen wird. Sollte dennoch der Wunsch bestehen, eine Schadgasproblematik auszuschliessen (beispielsweise aufgrund wiederholt auftretender Atemwegserkrankungen), sollte für die Durchführung der Messung ein Experte zu Rate gezogen werden. Die Schadgaskonzentrationen können innerhalb des Stalles je nach Tageszeit und Ort stark variieren. Deshalb müssen die Messungen in den Atmungszonen der Pferde durchgeführt (in der Box, auf Höhe der Nüstern sowie am Boden) und mehrmals wiederholt werden.

Maximal zulässige Schadgaskonzentrationen im Stall und während der Arbeitszeit eines Menschen, ppm= parts per million | © Deutsche reiterliche Vereinigung (Hoffmann 2009), www.suva.ch

Schadgas	Max. Stallklimawerte	MAK-Wert (CH) (max. Arbeitsplatzkonzentration)
Kohlendioxid CO ₂	1000 ppm	5000 ppm (8h/Tag und 42 h/Woche)
Ammoniak NH ₃	10 ppm	20 ppm (max. 4x15 min/8h)

2.4 Hohe Staubkonzentrationen vermeiden

Der Staub in der Stallluft besteht überwiegend aus organischen Partikeln, die von Einstreu, Futter, Haut- und Haarbestandteilen, sowie von Kot stammen. Zu den Luftpartikeln gehören aber nicht nur Staub, sondern auch Bakterien, Sporen und Viren, die über die Luft übertragen werden können. All diese Partikel können die Atemwege reizen, doch Partikel mit einem Durchmesser von unter 5 Mikrometern gelangen in der Lunge bis in die Lungenbläschen, wo der Gasaustausch stattfindet. Dieser sogenannte Feinstaub wird als gesundheitsbedenklich erachtet, da er Entzündungen im Respirationstrakt auslösen kann und als «Transportmittel» für potenziell infektiöse, allergisierende oder toxische Substanzen agiert (Pilzsporen, Bakterien, Viren, Ammoniak).

Die Hauptquellen von Staub im Pferdestall sind Futter und Einstreu. Die primäre Methode, um hohe Staubkonzentrationen zu vermeiden, ist deshalb die Verwendung von qualitativ hochwertigen, staubarmen Ausgangsmaterialien. Bei Stroheinstreu ist auf eine gute Qualität zu achten, da der Staubanteil im Stroh je nach Erntebedingungen und -verfahren stark variieren kann. Auch bei anderen Einstreuarten kann die Qualität je nach Art, Marke und Lieferung abweichen. Eine komplett staubfreie Einstreu gibt es jedoch nicht. Je nach Produkt ist die Staubbildung unterschiedlich hoch, wie in der Studie von Herholz et al., 2020 gezeigt werden konnte. Dabei wurden acht verschiedene Einstreumaterialien (Weizenstroh, Holzgranulat, Papierschnitzel, Komposteinstreu, Strohpellets, Eukalyptus-Hanf-Einstreu, Leinen-Hanf-Einstreu und Chinaschilf (*Miscanthus*)) unter standardisierten Bedingungen auf ihre Eigenschaften bezüglich Staubbildung getestet, um äussere Einflussfaktoren wie Stallklima und Aktivität der Pferde auszuschliessen. Hanf-Eukalyptuseinstreu verursachte die höchsten Feinstaubemissionen, gefolgt von Leinen-Hanf-Einstreu und Holzgranulat. Gemäss den Resultaten dieser Studie zeigte die Komposteinstreu im Vergleich mit den anderen Einstreuarten deutlich niedrigere Werte für Feinstaubemissionen.

Die gemessenen Staubkonzentrationen geben jedoch keinen Rückschluss auf die Zusammensetzung der Partikel, wobei der organische Staubanteil wie Schimmelpilze und Milben als entscheidend für die Lungengesundheit der Pferde angesehen wird. Vier Einstreusysteme (Tiefstrohmattmatze, täglich gewechseltes Stroh, entstaubtes Weichholzgranulat und Komposteinstreu) wurden im Hinblick auf die Staubfreisetzung jeweils 10 Tage lang getestet (Herholz et al., 2023). Die Einstreu wurde dafür in zwei verschiedenen Höhen (50 cm und 120 cm über dem Boden) in einer Box verglichen. Die Staubfreisetzung durch die vier getesteten Einstreusysteme war unterschiedlich hoch, am tiefsten bei der Tiefstrohmattmatze und der Komposteinstreu, am höchsten beim täglich gewechseltem Stroh und dem Weichholzgranulat. Auch die mikrobiologische Luftqualität (Gesamtakterien, Schimmelsporen, Gesamtaktinomyzeten und der Anteil thermophiler Aktinomyzeten) wurde bei den verschiedenen Einstreusystemen getestet. Hier schnitten das Weichholzgranulat und auch die Tiefstrohmattmatze am besten ab. Die höchsten Werte wurden bei der Komposteinstreu gefunden, jedoch überschritten die Keimzahlen bei keinem der getesteten Einstreusysteme die empfohlenen Richtwerte für die mikrobiologische Luftqualität. Dieser Vergleich zeigte also auf, dass tiefe Staubfreisetzung einer Einstreu nicht mit geringen Luftkeimwerten gleichgesetzt werden kann.

Eine deutliche Erhöhung des Staubgehalts in der Luft kann während Stallarbeiten verzeichnet werden. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, die Arbeitsabläufe zu optimieren. Generell ist es empfehlenswert, die Pferde während Phasen hoher Aktivität wie Misten oder Einstreuen ausserhalb des Stalles zu halten, beispielsweise auf Paddocks oder auf der Weide. Wenn dies nicht möglich ist, sollten während und nach der Stallarbeit alle Fenster und Türen geöffnet sein, damit der Staub durch die Luftzirkulation nach aussen abfliessen kann. In der Studie von Labie et al. (2019) konnte gezeigt werden, dass die Staubfreisetzung in der Stallgasse durch vorheriges Anfeuchten des Bodens bedeutend gesenkt werden konnte und sogar die Wischtechnik, wie stark die Partikel durch den Besen aufgewirbelt werden, einen Einfluss haben kann. Ausserdem sollten Stroh und Heu, wenn möglich, nicht direkt neben den Pferden gelagert und aufgeschüttelt werden.



Die Staubkonzentration variiert, je nachdem, welche Arbeiten im Stall verrichtet werden. | © Agroscope, SNG, C. Althaus

Eine weitere Möglichkeit zur Staubreduzierung ist das Wässern des Heus. Der Staub wird durch das Wasser gebunden und kann nicht mehr eingeatmet werden. Ein Zusatzvorteil des Wässerns ist, dass je nach Einweichdauer ein Teil des im Heu vorhandenen Zuckers ausgeschwemmt wird, was besonders bei dicken Pferden nützlich ist.

Bei der Verwendung von Wasser muss beachtet werden, dass Feuchtigkeit im Stall oder Futter die Aktivität von Mikroorganismen (Pilze, Bakterien) fördert. Der Stall sollte deshalb nur zurückhaltend, und nur an Orten, an denen die Feuchtigkeit schnell verdunsten kann, bewässert werden. Ausserdem sollte Heu nur kurz eingeweicht und sofort nach dem Wässern verfüttert werden. In einer Studie von Moore-Colyer und Fillery (2012), bei der das Heu nach 10-minütigem Einweichen während 2h bei Raumtemperatur (ca. 20°C) gelagert wurde, stieg die Belastung durch sich vermehrende Bakterienkulturen um den Faktor 1.7 an, was für die Pferde schädlich ist.

Für die Entstaubung des Heus gibt es auch maschinelle Verfahren, beispielsweise das Bedampfen oder die Benutzung einer Heurüstmaschine.



Beispiel einer Heurüstmaschine. Das Heu wird in den Trog eingefüllt und durch ein Schüttelwerk gelockert. Staub und Erde fällt nach unten, und die wertvollen Pflanzenteile und Samen werden in den weissen Sack abgesaugt. | © Agroscope, SNG, C. Wyss

2.5 Natürliches Licht: notwendig für einen gesunden Stoffwechsel

Licht ist eine notwendige Voraussetzung, damit Equiden gesund und leistungsfähig bleiben. Das Spektrum des natürlichen Sonnenlichts hat einen positiven Einfluss auf die Sekretion diverser Drüsen wie beispielsweise der Schilddrüse, Nebenniere oder auch den Geschlechtsdrüsen. Vitamin D3 kann bekanntermassen nur mithilfe von UV-Strahlung gebildet werden. Auch die Fruchtbarkeit und die Blutbildung wird reduziert, wenn die Tiere zu wenig natürlichem Licht ausgesetzt sind. Es ist vorgeschrieben, dass die Helligkeit im Stall tagsüber mindestens 15 Lux betragen muss und die Beleuchtung dem Tagesrhythmus der Equiden angepasst sein sollte. Das Erleben des natürlichen Licht-Dunkel-Tagesrhythmus ist besonders wichtig, um den Fellwechsel zu initiieren und somit die Thermoregulationsmechanismen zu unterstützen. Liegebereiche müssen diese Anforderung nicht erfüllen, sofern den Tieren ein anderer ausreichend heller Standort permanent zur Verfügung steht. Kunstlicht kann eine unzureichende Beleuchtung für mindestens 8 und maximal 16 Stunden pro Tag ergänzen, darf natürliches Tageslicht aber keinesfalls ersetzen. Zudem sollte beachtet werden, dass die Mindestanforderung von 15 Lux längstens nicht ausreicht, um das Wohlbefinden von Pferden zu gewährleisten. An einem strahlenden Sonnentag können bis zu 100'000 Lux erreicht werden und auch an dunklen Wintertagen kommt man mit Werten von bis zu 5'000 Lux sehr deutlich über den Schwellenwert von 15 Lux.

Damit eine ausreichende Lichtzufuhr in Pferdestallungen gewährleistet werden kann, muss die tageslichtdurchlässige Mindestfensterfläche in Decken oder Wänden mindestens einem Zwanzigstel der Bodenfläche entsprechen. Für eine Standard-Einzelboxe mit einer Fläche von ca. 12m² wäre ein Fenster mit einer Fläche von 0.6m² somit ausreichend.

2.6 Optimale Luftfeuchtigkeit

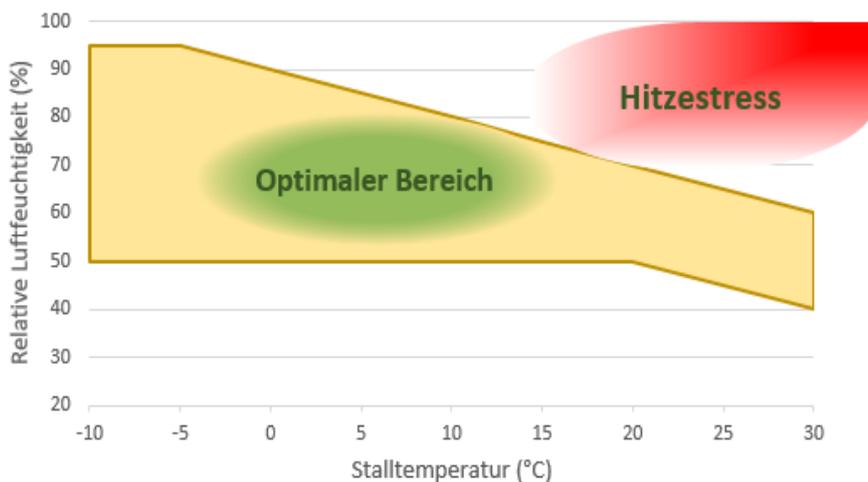
Die Luftfeuchtigkeit wird vorwiegend durch die Aussenluft bestimmt und im Stall durch die Atmung und Hautausdünstung der Pferde sowie die Verdunstung aus der Einstreu erhöht. Ein Pferd kann in 24 Stunden bis zu 7 Liter Wasser in die Umgebung abgeben.

In der Pferdehaltung wird eine relative Luftfeuchtigkeit von 60-80% in Stallungen empfohlen. Regelmässiges Lüften stellt die einfachste Massnahme dar, um hohe Feuchtigkeitsgehalte im Pferdestall zu vermeiden. Ist die Luftfeuchtigkeit dauerhaft erhöht, führt dies zur Bildung von Kondenswasser und der damit verbundenen Korrosion an Bauteilen. Ebenso finden Viren, Bakterien, Schimmelpilze und Parasiten in einem feuchtwarmen Milieu beste Voraussetzungen zur Vermehrung, wodurch Atemwegserkrankungen begünstigt werden.

Die natürliche Thermoregulation der Pferde wird durch eine hohe Luftfeuchtigkeit stark beeinträchtigt, da die Wärmeabgabe über Verdunsten des Schweisses schlechter möglich wird, je höher die Luftfeuchtigkeit ist. Deshalb hat die Luftfeuchtigkeit einen grossen Einfluss auf den Hitzestress bei schwankenden Temperaturen.

Auch eine zu niedrige Luftfeuchtigkeit sollte vermieden werden, da die damit verbundene Austrocknung der Schleimhäute zur Reizung der Atemwege führen kann, was Reizhusten fördert und die Infektanfälligkeit des gesamten Atmungstraktes erhöht.

Empfohlene Bandbreite für die relative Feuchtigkeit in Abhängigkeit von der Stalltemperatur



Insbesondere bei warmen Temperaturen muss darauf geachtet werden, dass die entstehende Luftfeuchtigkeit abtransportiert werden kann, um die Pferde vor gefährlichem Hitzestress zu bewahren. | © Grangeneuve, F.-L. Humbert

2.7 Ausreichende Luftzirkulation sicherstellen

Permanenter Luftaustausch ist die Grundlage für eine kontinuierlich gute Luftqualität im Stall. Die Luftzirkulation ergibt sich aus der Frischluft, die von aussen hereindringt, sowie der Stallluft, die von den Pferdekörpern erwärmt wird und deshalb aufsteigt. Es ist wichtig, dass es zu einer kompletten Verwirbelung der Frischluft mit der Stallluft kommt, damit diese erneuert werden kann. Der Luftaustausch transportiert Staub und Schadgase aus dem Pferdestall. Eine erhöhte Schadgaskonzentration oder Staubschichten deuten folglich auf eine mangelnde Luftbewegung hin.



Beispiele für kleine Öffnungen:

Links: Hier wurde der eintretende Luftstrom mit einem Rauchwürfel sichtbar gemacht. In dieser Situation entsteht keine komplette Verwirbelung der Stallluft und kann je nach Wetterbedingungen zu Zugluft führen. Wenn alle Fenster und Türen eines Stalls geöffnet werden, kommt es zu einer Angleichung von Stall- und Aussentemperatur und verringert das Entstehen von Zugluft. | © Agroscope, SNG, C. Althaus

Im Winter dient die Lüftung zudem dazu, den durch das Abkühlen der Luft entstehenden Wasserdampf hinauszutragen, um Schimmelbildung im Gebäude zu vermeiden. Dazu werden Luftgeschwindigkeiten von mindestens 0,2 m/s benötigt. Im Sommer soll durch die Lüftung Wärme abtransportiert werden. Dafür kann bei hohen Lufttemperaturen die Luftgeschwindigkeit auf bis zu 0,6m/s erhöht werden. Boxentüren und -trennwände mit Lüftungsschlitzen helfen dabei, dass die Luft auch in den Boxen nicht stehen bleibt, sondern kontinuierlich ausgetauscht wird.



Links: Beispiel von Lüftungsschlitzen in Boxenwänden, welche die Luftzirkulation und damit den Abfluss von Schadgasen und Staub über der Einstreu aus den Boxen ermöglichen. Rechts: der durch die Lüftungsschlitzen entweichende Luftstrom wird hier durch Rauch sichtbar gemacht. | © Agroscope, SNG

Die minimale Lüftungsrate pro Tier hängt von der Körpermasse des Pferdes ab. Je schwerer ein Tier ist, desto mehr Luftvolumen muss pro Stunde durch den Stall fließen.

Körpermasse (kg) Pferd	Minimale Lüftungsrate (m ³ /h Tier)
400	62
600	84
800	103

Erforderliche Lüftungsrate pro Tier für Pferde abhängig von der Körpermasse | © Van Caenegem und Wechsler, 2000

Belüftung versus Zugluft

Aus Angst vor Zugluft werden besonders im Winter Fenster und Türen geschlossen. Als Zugluft wird ein bewegter Luftstrom definiert, der kälter als die unmittelbare Umgebungsluft ist und vorwiegend aus einer Richtung auf einen Körperteil des Tieres trifft (Van Caenegem und Wechsler, 2000). Da Zugluft nur auf kleine Flächen des Pferdekörpers trifft, werden die Thermoregulationsmechanismen nicht ausgelöst, wodurch der betroffene Körperteil unterkühlt. Das kann gesundheitsschädigend sein. Oft wird dabei nicht beachtet, dass die Tendenz zur Zugluft zunimmt, je kleiner die Lüftungsöffnungen sind, sowie je grösser der Temperaturunterschied zwischen Stallluft und Umgebungsluft wird.

Zur Förderung der Gesundheit der Pferde sollten deshalb unbedingt alle verfügbaren Fenster und Türen geöffnet werden, da die Entstehung von Zugluft durch das Öffnen von nur einzelnen Türen/Fenstern massgeblich gefördert wird.

3 Wie kann ein gutes Stallklima erreicht werden?

3.1 Gutes Lüftungssystem für ein gutes Stallklima

Häufig wird die Lüftung in Pferdeställen nur durch das Öffnen von Fenstern und Türen reguliert. Dadurch kann aber oft nur eine unzureichende Luftzirkulation erzielt werden, weshalb die Installation von Lüftungseinrichtungen insbesondere in geschlossenen Ställen, wünschenswert ist. Prinzipiell kann man zwei Lüftungssysteme unterscheiden: Die passive Lüftung, auch Schwerkraftlüftung genannt, und die aktive Lüftung (Ventilatoren- oder Zwangslüftung). Beide Systeme funktionieren nur, wenn alle Parameter, die die Luftströme im Stall beeinflussen, bei der Konzeption berücksichtigt werden (z.B. örtliches Klima, Grösse und Orientierung des Gebäudes, baustoffliche Voraussetzungen, bereits vorhandene Isolationseinrichtungen und Lüftungsöffnungen sowie deren Effekte, Art und Intensität der Stallnutzung u.v.m.). Um sicherzugehen, dass die vorgesehenen Investitionen auch wirklich die gewünschte Wirkung zeigen werden, sollte deshalb vor der Einrichtung eines Lüftungssystems unbedingt eine Fachperson konsultiert werden! Bei der Konzeption des Systems sollte das Hauptaugenmerk auf die Reduktion der Luftfeuchtigkeit und des Schadstoffgehalts gelegt werden, da Pferde bezüglich der Temperatur sehr anpassungsfähig, dafür hinsichtlich der Luftqualität besonders sensibel sind.

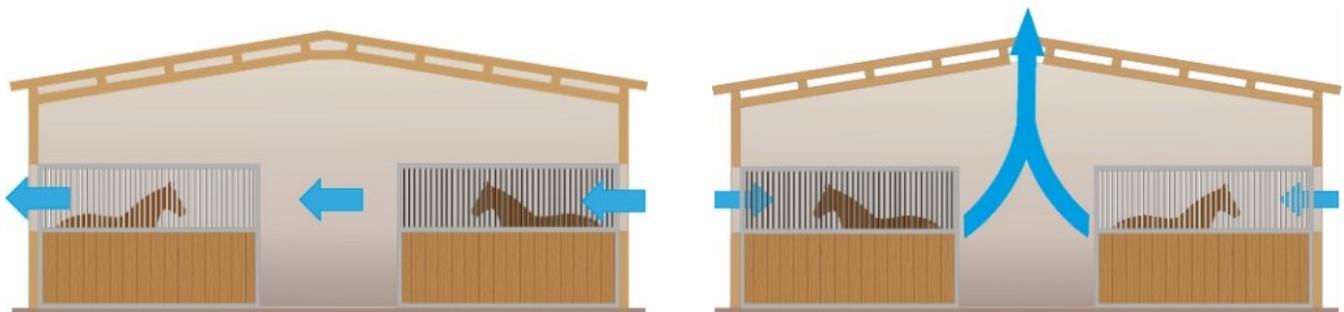
3.2 Passive Lüftung

Die passive Lüftung (auch «natürliche Lüftung» genannt) beruht auf dem Gewichtsunterschied zwischen warmer und kalter Luft. Sie ist auf einen Gradienten zwischen Innen- und Aussentemperatur von drei bis fünf Grad Celsius angewiesen, der durch die Abgabe von Körperwärme der Pferde, die sich im Stall aufhalten, entsteht. Deshalb muss die beabsichtigte Anzahl Tiere beim Bau des Stalles stets berücksichtigt werden: Sind zu wenige Tiere im Stall, wird die Luft nicht genügend erwärmt um aufzusteigen und zu entweichen – es kommt zur Ansammlung von Schadgasen. Das Verbleiben der abgekühlten Luft im Stall führt ausserdem zur Bildung von Kondenswasser an den Wänden, was wiederum die Ansammlung von Mikroorganismen und eine Schädigung des Gebäudes bewirken kann.

Vorteile und Limitierungen der passiven Lüftung

- ☺ Funktioniert selbständig - kein Arbeitsaufwand für die Stallbetreibenden
- ☺ Keine laufenden Kosten
- ☺ Keine Gefahr von Bedienungsfehlern

- ☹ Funktioniert nur bei entsprechenden Rahmenbedingungen – benötigt allenfalls bauliche Anpassungen
- ☹ Bei Neubau/ Umbau: Vorausplanung nötig bezüglich Tierdichte, Gebäudehöhe und Haltungstyp



Unterschiedliche Lüftungssysteme:

Links: Beim Windeffekt dringt die Luft auf einer Gebäudeseite ein und tritt auf der anderen Seite wieder aus.

Rechts: Beim Kamineffekt tritt die Luft seitlich in den Stall ein, wird durch die Körperwärme der Tiere erwärmt, wodurch sie aufsteigt und durch den Dachfirst entweicht. Das System funktioniert nur, wenn die Rahmenbedingungen stimmen:

Gebäudehöhe im Vergleich zu Besatzdichte, Grösse und Position der Lüftungsöffnungen, Isolierung, Windexposition etc.

| © Hippoteach

Falls die passive Lüftung den optimalen Luftaustausch und die pferdegerechten Luftverhältnisse nicht vollständig ermöglichen kann, sollten zusätzlich aktive Lüftungssysteme installiert werden.

3.3 Aktive Lüftung

Der Luftaustausch mithilfe von Ventilatoren kann zu einer massiven Verbesserung der Luftqualität in Pferdeställen führen.

Laut Wälinder et al. (2011), führte die Inbetriebnahme eines mechanischen Ventilationssystems zu reduzierten Konzentrationen von CO₂, Ammoniak und allergenen Partikeln. Zudem wurde eine Reduktion von Entzündungen der Atemwege gefunden, was auf eine gesteigerte Gesundheit der Atemwege hinweist. Es gibt drei Systeme: die Unterdruck-, die Überdruck- und die Gleichdrucklüftung.

Vorteil und Limitierungen der aktiven Lüftung

- ☺ Geeignet, um die Belüftung bei bereits bestehenden Stallgebäuden zu verbessern
- ☺ Flexibel in der Anwendung: kann als alleinige Lüftungsmethode oder als Ergänzung angewendet werden
- ☹ Muss laufend überwacht werden
- ☹ Zugluftgefahr bei Ventilatoren beachten!
- ☹ Hohe Kosten für Installation und Betrieb
- ☹ Hoher Energieverbrauch

Beim **Unterdrucklüftungssystem** werden Absaugventilatoren an den Aussenwänden sowie den Abluftschächten angebracht, welche die verbrauchte Luft absaugen. Durch den entstehenden Unterdruck strömt automatisch frische Luft von aussen in den Stall.

Bei der **Überdrucklüftung** hingegen führen die Ventilatoren die Luft in den Stall ein, wodurch die verbrauchte Stallluft nach aussen entweicht.

Die **Gleichdrucklüftung** verwendet sowohl für die Abluft als auch für die Zuluft Ventilatoren. Sie ist mit höheren Anschaffungs- und Betriebskosten verbunden, wobei dieses System jedoch stabiler ist, wenn sich Rahmenbedingungen verändern (z.B. Öffnen/Schliessen von Türen und Fenstern).

Im Gegensatz zu passiven Lüftungssystemen, die nur einmalig geplant und installiert werden müssen, sind aktive Lüftungssysteme mit laufenden Kosten für Betrieb und Reparatur verbunden und verbrauchen Energie. Ausserdem müssen Intensität und Ausrichtung der Belüftung laufend an die klimatischen Bedingungen angepasst werden. Im Sommer muss die Luftbewegung beispielsweise höher sein, um Hitzestress zu vermeiden, während eine starke Lüftung im Winter nur unnötig zu Zugluft führen würde.

Drei Lüftungssysteme (Axialventilator, Schlauchventilator, Deckenventilator) wurden in einem Stall mit Innenboxen wissenschaftlich getestet und mit der natürlichen Belüftung verglichen (Holzer et al., 2022). Der Schlauchventilator ist das System, welches in diesem Versuch die höchste Wirksamkeit hatte und die CO₂-Konzentration am deutlichsten senken konnte. Schlauchventilatoren können insbesondere in langen Ställen, z.B. bei vielen aneinandergereihten Einzelboxen in einer Stallgasse, empfohlen werden.



Lüftungssysteme im Vergleich: Axialventilator (links), Schlauchventilator (Mitte) und Deckenventilator (rechts). Diese drei Lüftungssysteme wurden in einer Studie auf ihre Wirksamkeit und die Senkung des CO₂ im Stall getestet (Holzer et al., 2022).

© S. Holzer, BFH-HAFL

3.4 Aussenklimaställe sind zu bevorzugen

Grundsätzlich können zwei Stallsysteme unterschieden werden: Geschlossene Ställe oder Offenfrontställe. Beide Systeme können mit oder ohne permanentem Zugang zu einem Aussenbereich ausgestattet sein.



Um ein gutes Stallklima zu garantieren sind Stallsysteme mit einem Zugang in den Aussenbereich empfehlenswert, wie z.B. Boxen mit permanentem Zugang zum Auslauf oder Gruppenhaltungssysteme. | © Agroscope, SNG

Bei geschlossenen Pferdestallungen dienen die Wände und Decken meistens dem Wärmeschutz (Warmställe). In solchen Gebäuden kommt der Überwachung des Stallklimas eine besondere Bedeutung zu, denn es reguliert sich nicht von selbst. Die verantwortlichen Personen müssen selber Massnahmen ergreifen, um ein gesundes Stallklima für die Pferde zu gewährleisten. Je nach Stallkonstruktion kann das wetterangepasste Öffnen und Schliessen von Lüftungsöffnungen ausreichen, jedoch müssen insbesondere bei älteren Ställen oft aktive Lüftungssysteme eingerichtet werden.

Offenfrontställe beschreiben Stallungen, deren Stallklima weitgehend dem Aussenklima entspricht. Aufgrund dessen werden sie oft auch als Aussenklimaställe oder Kaltställe bezeichnet. Die Aussenwände und das Dach dienen hier hauptsächlich dem Schutz vor Wind, Regen oder Sonne. Allerdings empfiehlt es sich auch bei diesen Ställen, ein sinnvolles Isolationskonzept umzusetzen, um Temperaturextreme abzumildern und eine stete Luftzirkulation sicherzustellen. So lohnt sich beispielsweise die Isolation des Dachs, da dies nicht nur die Kälte mildert, sondern im Sommer auch zu einem effizienteren Hitzeschutz führt. Falls die passive Lüftung nicht ausreicht, um das Gebäude gut zu belüften, können auch aktive Lüftungssysteme eingebaut werden.

Der Einsatz von Windschutznetzen

Windschutznetze mildern den Effekt von Wind und Kälte, wobei weiterhin genügend frische Luft in den Stall gelangt. Sie werden besonders gerne bei Offenfrontställen eingesetzt, können jedoch auch bei geschlossenen Ställen verwendet werden, um Zugluft zu reduzieren. Vorzugsweise werden sie so montiert, dass sie bei angenehmen Bedingungen (Sonne, wenig Wind) einfach abgenommen werden können, wodurch das Stallklima noch besser ausgeglichen werden kann. Demontierbare Konstruktionen lassen sich ausserdem einfacher reinigen, denn mit Schmutz verstopfte Windschutznetze können ihre Funktion der Luftdurchlässigkeit nicht mehr erfüllen. Wird eine Öffnung mit Windschutznetz versehen, verringert sich der Luftdurchlass etwa proportional zur Porosität (Lochanteil). Herkömmliche Windschutznetze weisen eine Porosität von etwa 20 % auf. Folglich müssen mit Windschutznetz belegte Öffnungen etwa 5-mal grösser sein als freie Öffnungen (van Caenegem und Wechsler, 2002).

Das Offenfrontstallkonzept wird heutzutage häufig angewandt, da sich bei gelungener Konzeption des Lüftungssystems das Stallklima selbst reguliert. Ausserdem führt die stärkere Exposition der Pferde gegenüber natürlichen Temperaturschwankungen zum Training der Thermoregulationsmechanismen, was sich wiederum positiv auf Gesundheit, Widerstandskraft und Leistungsfähigkeit auswirken kann.

Bei Fragen zur Stallplanung können Sie sich gern an die Beratungsstelle von Agroscope, Schweizer Nationalgestüt wenden.

4 Literaturverzeichnis

- Autio E. (2008). Loose Housing of Horses in Cold Climate: Effects on Behaviour, Nutrition, Growth and cold Resistance. PhD Thesis. Department of Biosciences at the University of Kuopio, Finland.
- Brinkmann L. et al. (2011). Adaptation strategies to seasonal changes in environmental conditions of a domesticated horse breed, the Shetland pony (*Equus ferus caballus*). *J. of Exp. Bio.* 215: 1061-1068.
- Chahoud M. (2013). Charakterisierung der proinflammatorischen und endotoxischen Aktivität von organischen Staubfraktionen aus Tierställen in Abhängigkeit ihres aerodynamischen Durchmessers. Dissertation Freie Universität Berlin. ISBN: 978-386387-434-6
- Clarke A. F. (1993). Stable dust – threshold limiting values, exposures variables and host risk factors. *Equine vet. J.* 25: 172-174.
- Clayton H., Murphy J. (1980). The coughing horse. In *Practice*. 2.
- Crichlow E. C. et al. (1980). Dust levels in a riding stable. *Equine vet. J.* 12: 185-188.
- Curtis L., et al. (1996). Dust and ammonia in horse stalls with different ventilation rates and bedding. *Int. J. of Aerobio.* 12: 239-247.
- Cymbaluk N. F., Christison G. I. (1990). Environmental Effects on Thermoregulation and Nutrition of Horses. *Vet. Clinics of North America: Equine Practice*. 6: 355-372.
- Elfaman L. et al. (2009). Influence of horse stable environment on human airways. *J. of Occ. Med. and Tox.* 4:10.
- Fleming K. et al. (2008a). Evaluation of factors influencing the generation ammonia in different bedding materials used for horse keeping. *J. of Equine vet. Sci.* 28: 223-231.
- Fleming K. et al. (2008b). Generation of airborne particles from different bedding materials used for horse keeping. *J. of Equine vet. Sci.* 28: 408-418.
- Fleming K. et al. (2009). Gas and particle concentrations in horse stables with individual boxes as a function of the bedding material and the mucking regimen. *J. Anim. Sci.* 87: 3805-3816.
- Herholz C., Kägi F., Augsburg C., Kobel M., Kupper T., Häni C., (2018). Einstreu in Pferdehaltungen. *Pferdespiegel*, 21(03): 129-135, DOI: 10.1055/s-0043-123887.
- Herholz, C.; Kocher, J.; Küng P., (2020). Pferdegesundheit: Staub- und Ammoniakemissionen von acht verschiedenen Einstreumaterialien *Agrarforschung Schweiz*, 11(11), S. 230-237. Agroscope Liebefeld-Posieux ALP 10.34776/afs11-230
- Herholz, C.; Wicki, L.; Siegwart, J.; Küng, P.; Burren, A., (2023). Dust generation and microbiological air quality with different bedding materials in a horse stable *ECEIM online proceedings book*, S. 183.
- Hodgess K. et al. (2018). To rug or not to rug: potential impacts on equine welfare. <https://equitation-science.com/media/to-rug-or-not-to-rug> (abgerufen am 14.10.2020).
- Hoffmann G. (2009). Orientierungshilfen Reitanlagen- & Stallbau. FN Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH, Warendorf. S. 63-75.
- Holzer, S., Keller, M., Humbert, F-L., Laube, Burren, A., Herholz, C., (2022). Influence de trois différents systèmes de ventilation sur le climat d'écurie *Agrarforschung Schweiz* (12), S. 225-231. Agroscope Liebefeld-Posieux ALP 10.34776/afs13-225
- Jørgensen G. H. M. et al., 2019. The effect of blankets on horse behaviour and preference for shelter in Nordic winter conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 218: 104822.
- Kwiatkowska-Stenzel A. (2014). Analysis of noxious gas pollution in horse stable air. *J. of Equine vet. Sci.* 34: 249-256.
- Labie, C.; Kägi, F.; Küng, P.; Herholz, C., 2019. Mesure digitale de la poussière dans les écuries pour chevaux : effet de la litière et du management. 14 Jahre Netzwerk Pferdeforschung Schweiz. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*: Vol. 161 (pp. 244-245).

- Langlois B. (1994). Inter-breed variation in the horse with regard to cold adaptation: a review. *Livest. Prod. Sci.* 40: 1-7.
- Librado P., Der Sarkissian C. et al. (2015). Tracking the origins of Yakutian horses and the genetic basis for their fast adaptation to subarctic environments. *Proceedings of the Nat. Acad. of Sci.* 112 (50): E6889-E6897
- Mejdell C.M. und Boe, K.E. (2005). Responses to climatic variables of horses housed outdoors under Nordic winter conditions. *Can. J. of An. Sc.* 85 (3): 307-308
- Mejdell C. M. et al. (2019). The effect of weather conditions on the preference in horses for wearing blankets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 212: 52-57.
- Mejdell C. M. et al. (2020). Caring for the horse in a cold climate – Reviewing principles for thermoregulation and horse preferences. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 231: 105071.
- Moore-Colyer M.J.S. and Fillery B.G. (2012). The effect of three different treatments on the respirable particle content, total viable count and mould concentrations in hay for horses. *Forages and grazing in horse nutrition: EAAP publication No. 132*: 101-106
- Morgan K. (1998). Thermoneutral zone and critical temperatures of horses. *J. therm. Biol.* 23: 59-61.
- Morgan K. et al. (2002). The effect of coat clipping on thermoregulation during intense exercise in trotters. *Equine vet. J.* 34: 564-567.
- O'Brien Ch. et al. (2020). The effects of extended photoperiod and warmth on hair growth in ponies and hoeses at different times of year. *PLoS ONE* 15: e0227115.
- Piccione G. et al. (2011). Comparison of daily rhythm of rectal and auricular temperatures in horses kept under a natural photoperiod and constant darkness. *J. of Therm. Bio.* 36: 245-249.
- Szabo E. (2015). Experimentelle Untersuchungen luftgetragener Partikel und Schimmelpilze in Pferdeställen. Dissertation. Institut für Tier- und Umwelthygiene des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Deutschland.
- Thomson J. R., McPherson E. A. (1983). Effects of environmental control on pulmonary function of horses affected with chronic obstructive pulmonary disease. *Equine vet. J.* 16: 35-38.
- Wålinder R. et al. (2011). Installation of mechanical ventilation in a horse stable: effects on air quality and human and equine airways. *Environ Health Prev. Med.* 16: 264-272.
- Woods P. S. A. et al. (1993). Airborne dust and aeroallergen concentration in a horse stable under two different management systems. *Equine vet. J.* 25: 208-213.
- Wyss U., Pradervan N. (2016). Heu dämpfen oder wässern? *Agroscope Sci.* 32: 32-33.
- Zilow V. K. (2015). Untersuchung zur Haltung von Hengsten (*Equus ferus caballus*) in Bayern. Dissertation. Tierärztliche Fakultät an der LMU München, Deutschland.
- Van Caenegem L., Wechsler B. (2000). Stallklimawerte und ihre Berechnung. *FAT-Bericht* 51

Richtlinien und Gesetzgebung

- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, BLV, 2020. Technische Weisungen über den Tierschutz bei Equiden. *Tierschutz-Kontrollhandbuch*
- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, BLV, 2009. Stallklimawerte und ihre Messungen in Rinderhaltungen. *Fachinformation Tierschutz*
- Tierschutzgesetz vom 16. Dezember 2005
- Tierschutzverordnung vom 23. April 2008