



Fachinformation Tierschutz

Stallklimawerte und ihre Messung in Ziegenhaltungen

Die Bedeutung des Stallklimas für das Tier

Das Stallklima hat ebenso wie die Raumverhältnisse, die verwendeten Stalleinrichtungen, die Betreuung und die Fütterung der Tiere einen bedeutenden Einfluss auf die Tiergerechtigkeit eines Haltungssystems. Das Stallklima (Innenklima) unterscheidet sich bezüglich Lufttemperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit sowie Konzentration von Schadgasen und Staubpartikeln mehr oder weniger stark vom Aussenklima. Die Schadgase entstammen dem tierischen Stoffwechsel (Atmung, Exkrememente). Futter, Einstreu, Hautpartikel, Federn und eingetrockneter Kot sind wesentliche Quellen für die Staubbildung. Das Stallklima stellt in der Nutztierhaltung einen komplexen Faktor dar, der von anderen Haltungsbedingungen wie Stallbau, Fütterung und Betreuung der Tiere nicht losgelöst betrachtet werden kann.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass Tiere in einem Haltungssystem immer auf begrenztem Raum gehalten werden, so dass sie sich dem vorherrschenden Stallklima nur beschränkt entziehen können. Die Tierschutzverordnung fordert daher, dass in Räumen und Innengehegen ein dem Tier angepasstes Klima herrschen muss (Art. 11 Abs. 1 TSchV). Es ist in der Verantwortung der Tierhalterin oder des Tierhalters, dafür zu sorgen, dass das Stallklima die Anpassungsfähigkeit der Tiere nicht überfordert. Hierbei können zwei Wege beschritten werden. Zum einen kann der Tierhaltende auf Veränderungen des Stallklimas situationsbezogen reagieren und eine übermässige Belastung der Tiere durch Managementmassnahmen verhindern. So kann er in Ziegenställen bei Kälte den Liegebereich gut einstreuen. Zum anderen können Haltungssysteme so strukturiert werden, dass die Tiere je nach Stallklimasituation unterschiedliche Bereiche aufsuchen können, die ihren momentanen Bedürfnissen entsprechen. Ein Beispiel hierfür sind Ziegenställe mit permanent zugänglichem Laufhof.

Besondere Beachtung ist Tieren zu schenken, die von einem Warmstall in einen Kaltstall oder umgekehrt umgestallt werden. In der Regel benötigen Tiere einige Tage, bis die physiologischen Anpassungsprozesse ihre volle Wirkung entfalten. Noch längere Anpassungszeit brauchen morphologische Prozesse (Haarwachstum, Fetteinlagerung). Es kann deshalb notwendig sein, die neuen Klimaeinflüsse in dieser Übergangsphase durch Managementmassnahmen (zum Beispiel den Liegebereich vorübergehend besonders stark einstreuen) abzuschwächen.

Bei der Gestaltung des Stallklimas ist zu berücksichtigen, dass einzelne Nutztierassen und Zuchtlinien aufgrund ihrer genetisch bedingten Eigenschaften spezifische Bedürfnisse an das Stallklima haben können.

Beurteilung des Stallklimas

Um den Einfluss des Stallklimas auf die Tiere zu beurteilen, müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden, zum Beispiel das Alter der Tiere, die Intensität der Nutzung, die Art des Haltungssystems sowie die Dauer und die Intensität der Einwirkung eines Stallklimafaktors. Darüber

hinaus dürfen einzelne Stallklimafaktoren nicht nur für sich allein, sondern müssen auch in Kombination mit anderen Stallklimafaktoren betrachtet werden. So ist beispielsweise eine tiefe Lufttemperatur in Kombination mit einer geringen Luftfeuchtigkeit und einer geringen Luftgeschwindigkeit weniger belastend als in Kombination mit einer hohen Luftfeuchtigkeit und einer hohen Luftgeschwindigkeit.

Für die Beurteilung des Stallklimas im Einzelfall können einerseits Messungen durchgeführt werden. Die vorliegende Fachinformation enthält hierfür Angaben zu Messmethoden für die einzelnen Stallklimafaktoren. Andererseits können oft einfache Indikatoren Hinweise darauf geben, dass bei einzelnen Klimafaktoren Mängel vorliegen. Solche Indikatoren umfassen das Empfinden des Menschen, das Verhalten der Tiere sowie den Zustand des Haltungssystems und der technischen Einrichtungen im Stall.

Messungen des Stallklimas sollen grundsätzlich im Tierbereich, das heißt im hauptsächlichen Aufenthaltsbereich der Tiere erfolgen. Es ist zu berücksichtigen, dass je nach Jahres- und Tageszeit, Wetter, Ort im Stall, Luftschichtung, Oberflächentemperatur der Bauteile und anderen Einflussfaktoren, das heißt je nach Messort und -zeitpunkt, unterschiedliche Werte resultieren können. Messungen an verschiedenen Orten und über längere Zeit sind deshalb aussagekräftiger als Einzelmessungen. Wichtig ist ferner die Verwendung kalibrierter Messgeräte. Sind zuverlässige, reproduzierbare Messwerte erforderlich, so sind bei der Messung das Messverfahren und die Begleitumstände der Messung (zum Beispiel Messorte, Tageszeit, Witterung usw.) möglichst genau festzuhalten.

1. Lufttemperatur

Für jedes Tier gibt es eine Zone der Umgebungstemperatur, innerhalb welcher der Organismus seine Körpertemperatur mit minimalen regulatorischen Massnahmen aufrechterhalten kann. Diese Zone, in der die Wärmeerzeugung praktisch konstant und unabhängig von der Umgebungstemperatur ist, wird als Zone thermischer Neutralität bezeichnet (Abb. 1, Zone von B nach B'). Nach unten ist diese Zone begrenzt durch die untere kritische Temperatur (B). Hier setzt der Organismus Mechanismen (zum Beispiel Kältezittern) ein, um die Wärmeproduktion zu erhöhen. Die obere kritische Temperatur (B') bildet jene Lufttemperatur, bei der das Tier beginnt, seine Wasserverdunstung (von der Haut und/oder den Atmungswegen) zu erhöhen, um einen Anstieg der Körpertemperatur zu verhindern. Innerhalb der Zone thermischer Neutralität liegt die Zone thermischer Indifferenz, in der die Körpertemperatur ohne eigentliche Eingriffe seitens der homeostatischen Mechanismen konstant bleibt und das Tier unbelastet von Kälte oder Wärme ist (Abb. 1, Zone von A nach A').

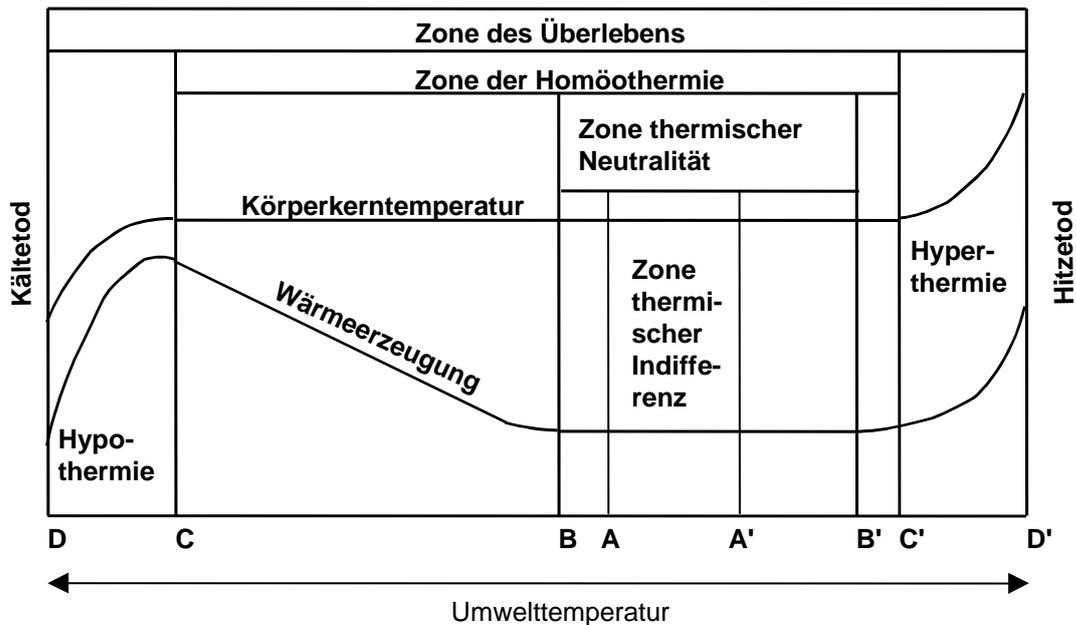


Abb. 1: Für die Thermoregulation kritische Zonen und Temperaturen, nach Bianca (1976).

In Bezug auf die Umgebungstemperatur ist die Anpassungsfähigkeit der Tiere eindeutig überfordert, wenn die physiologischen (zum Beispiel Kältezittern, Schwitzen, Hecheln, Steigerung oder Reduktion der Futteraufnahme) und ethologischen (zum Beispiel Schatten aufsuchen, Zusammenstehen, Liegen verweigern) Mechanismen der Thermoregulation nicht mehr ausreichen, um die Körperkerntemperatur aufrecht zu erhalten (Abb. 1, ausserhalb C bzw. C'). Andererseits kann davon ausgegangen werden, dass die Anpassungsfähigkeit der Tiere innerhalb der Zone von C nach C' nicht überfordert wird.

Die Zone thermischer Neutralität liegt bei frischgeborenen Tieren deutlich höher als bei ausgewachsenen Tieren derselben Art. Dies ist eine Folge davon, dass beide kritischen Temperaturen und damit auch die Wärmebedürfnisse bei jungen Tieren höher liegen als bei ausgewachsenen. Die Breite der Zone thermischer Neutralität ist bei jungen Tieren bedeutend geringer als bei ausgewachsenen Tieren. Beim Zicklein umfasst sie nur wenige Temperaturgrade. Für eine optimale Entwicklung benötigen diese Jungtiere deshalb im Liegebereich hohe und relativ konstante Temperaturbedingungen.

Optimale Temperaturbereiche

Tabelle 1 beinhaltet Optimalbereiche für Lufttemperaturen, bei denen die Nutzleistung der Ziegen erfahrungsgemäss am grössten ist.

Da diese Bereiche bei jungen Tieren deutlich höher liegen als bei ausgewachsenen Tieren derselben Art, sind differenzierte Werte für verschiedene Tierkategorien angegeben. Sie gelten für den unmittelbaren Umgebungsbereich (Mikroklima), in dem sich die Tiere über längere Zeit aufhalten, beispielsweise für die Liegefläche. Die Temperaturbereiche, innerhalb der sich die Tiere anpassen können, sind grösser als die in Tabelle 1 aufgeführten Optimalbereiche. Bei zunehmender Leistung verschieben sich die Optimalbereiche nach unten.

Bei der Gestaltung und Beurteilung des Stallklimas im Einzelfall ist zu berücksichtigen, dass der Wärmehaushalt der Tiere durch verschiedene Faktoren zusätzlich beeinflusst wird. Aus der Zusammenstellung in Tabelle 2 ist ersichtlich, dass für hochleistende und grosse Tiere eher Probleme mit der Hitze als mit der Kälte entstehen.

In nichtwärmegedämmten Ställen (Kaltställen, Aussenklimaställen) weist die Lufttemperatur in Abhängigkeit von der Aussentemperatur grössere Schwankungen als in geschlossenen Ställen auf, so dass auch extreme Temperaturwerte auftreten können. Für die Tiere muss daher in Aussenklimaställen durch Einrichten geeigneter Zonen (Nischen, Unterschlupf, Tiefstreubett, beschattete Flächen usw.) ein angepasstes Mikroklima geschaffen werden.

Tab. 1: Optimalbereiche für die Lufttemperatur

Tierkategorie	Gewicht (kg)	Optimalbereich (°C)
Ziegen		
Zicklein	4-20	15-20
Jungtiere und adulte Tiere	20-70	8-15

Tab. 2: Faktoren, die das Ertragen tiefer oder hoher Umgebungstemperaturen für das Tier erleichtern (+) oder erschweren (-)

Faktor	Umgebungstemperatur	
	Tief	Hoch
Zunehmendes Alter (Jungtier - ausgewachsenes Tier)	+	(-)
Hohe Futtermengeaufnahme	+	-
Hohe Nutzleistung	+	-
Trächtigkeit	+	-
Körperbewegung	+	-
Dickes Haarkleid	+	-
Reichliche und trockene Einstreu	+	-
Gruppenhaltung	+	-
Einzelhaltung	-	+
Wind	-	+
Sonnenbestrahlung	+	-
Akklimatisation (an Kälte oder Wärme)	+	+

Messung der Lufttemperatur

Für die Bestimmung eines kurzzeitigen Einzelwertes der Temperatur kann ein kalibriertes Luftthermometer verwendet werden. Für eine aussagekräftige Beurteilung sollen über einen genügend langen Zeitraum quasikontinuierliche Messungen (Messintervall < eine Stunde) erfolgen. Hierfür eignen sich Datenerfassungs- und Speichergeräte (Datalogger). Diese Datalogger kombinieren oft Temperatur und relative Feuchtigkeit.

Indikatoren für Mängel bei der Lufttemperatur

Für Ziegen sind Situationen, in denen bei kalter und feuchter Witterung nicht alle Tiere einer Gruppe gleichzeitig einen Unterstand aufsuchen können, als kritisch einzustufen, da das Ziegenfell wenig nässeabweisend ist. Ein Unterstand für alle Tiere ist auch bei hohen Temperaturen erforderlich. Deshalb müssen in einem Witterungsschutz alle Tiere gleichzeitig Platz finden (Art. 6 Abs. 1 Nutz- und HaustierV).

2. Luftfeuchtigkeit

Unsere Nutztierarten sind durchaus in der Lage, sich an grosse Schwankungen in der relativen Luftfeuchtigkeit anzupassen. Es ist daher vertretbar, sie in offenen Ställen zu halten, in denen die Luftfeuchtigkeit parallel zur Lufttemperatur ausserhalb des Stalles Schwankungen aufweist.

Stark belastend können Situationen sein, in denen die Tiere gleichzeitig einer hohen Luftfeuchtigkeit und einer hohen Lufttemperatur ausgesetzt sind. Es ist ihnen dann kaum mehr möglich, Körperwärme abzugeben. Zudem fördert eine hohe Luftfeuchtigkeit die Vermehrung von Bakterien, Parasiten und vor allem Schimmelpilzen.

Kritisch können auch Situationen sein, in denen durchnässte Tiere über längere Zeit bei hoher Luftfeuchtigkeit und tiefen Lufttemperaturen gehalten werden.

Optimale relative Luftfeuchtigkeit

Die optimale relative Feuchtigkeit liegt für landwirtschaftliche Nutztiere im Bereich von 50 % bis 80 %.

Messung der Luftfeuchtigkeit

Für die Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit eignet sich ein Psychrometer. Für eine aussagekräftige Beurteilung sollen über einen genügend langen Zeitraum quasikontinuierliche Messungen (Messintervall < eine Stunde) vorgenommen werden. Hierfür eignen sich Datenerfassungs- und Speichergeräte (Datalogger) mit Feuchtigkeitsfühlern.

Indikatoren für Mängel bei der Luftfeuchtigkeit

Eine zu geringe Luftfeuchtigkeit ist oft mit hohen Staubkonzentrationen verbunden und verursacht so einige Zeit nach Betreten des Stalles Hustenreiz.

Auch eine zu hohe Luftfeuchtigkeit wird vom Menschen als unangenehm empfunden. In Kombination mit hoher Lufttemperatur erinnert das Klima im Stall bei zu hoher Luftfeuchtigkeit an das Klima in einem Dampfbad, während in Kombination mit tiefer Lufttemperatur Assoziationen zum Klima in einem Keller geweckt werden. Deutliche Anzeichen für eine zu hohe Luftfeuchtigkeit sind Kondenswasser an der Decke oder an den Wänden sowie schlecht trocknende Stallböden, bei langfristiger zu hoher Luftfeuchtigkeit auch graue oder schwarze, verschimmelte Wände und Decken.

3. Luftbewegung

Die Luftbewegung hat in Kombination mit der Lufttemperatur einen entscheidenden Einfluss darauf, wie gut die Tiere bei Hitze Wärme abgeben und bei Kälte eine Unterkühlung vermeiden können. Aus diesem Grund sollte bei hohen Lufttemperaturen die Luftgeschwindigkeit angemessen erhöht werden. Bei tiefen Lufttemperaturen wiederum sollten zugfreie Rückzugsmöglichkeiten angeboten werden.

Hohe Luftgeschwindigkeiten haben eine zweifache Wirkung. Einerseits erhöhen sie den Wärmeübergang pro Grad Temperaturdifferenz zwischen Tieroberfläche und Luft, andererseits verringern sie die Wärmedämmung durch Zerstörung des schützenden Luftfilms im Haarkleid. Am meisten wird das Wohlbefinden beeinträchtigt, wenn die bewegte Luft eine geringere Temperatur als die Raumluft hat und vorwiegend aus einer bestimmten Richtung einen Körperteil trifft. Man spricht in diesem Fall von Zugluft. Dabei spielt nicht nur die Luftgeschwindigkeit, sondern auch das Ausmass der Luftturbulenz eine Rolle. Je höher die Luftturbulenz, desto stärker ist das „Luftzugempfinden“.

Optimalwerte für die Luftbewegung

Das Optimum der Luftgeschwindigkeit hängt wesentlich von der Lufttemperatur ab. So kann im Sommer zur Verhinderung eines Wärmestaus eine Abkühlung der Tiere durch eine angemessen hohe Luftbewegung willkommen sein. Im Winter dagegen kann eine zu hohe Luftgeschwindigkeit zu starken Wärmeverlusten führen. Bei gleicher Lufttemperatur ist die Abkühlung umso stärker, je grösser die Luftgeschwindigkeit ist.

Zugluft ist bei allen Nutztierarten möglichst zu vermeiden. Besonders wichtig ist Zugfreiheit auf dem Liegeplatz, damit sich die Tiere bei Bedarf vor Wärmeverlusten schützen können, sowie bei durchnässten Tieren, die tiefen Temperaturen ausgesetzt sind.

Messung der Luftbewegung

Die Luftbewegung kann mit einem Hitzdrahtanemometer gemessen werden. Das Gerät erlaubt Messungen ab zirka 0,1 m/s, eignet sich also speziell für kleine Geschwindigkeiten. Die Messwerte sind richtungsunabhängig.

Höhere Luftgeschwindigkeiten kann ein Flügelradanemometer messen. Dieses Gerät ist allerdings nicht für turbulente Strömungen im Stallraum geeignet. Die Messwerte sind richtungsabhängig. Falls notwendig, kann die Strömungsrichtung der Luft mit Hilfe von Nebelproben (zum Beispiel Strömungsprüfröhrchen, Nebelmaschine) festgestellt werden.

Indikatoren für Mängel bei der Luftbewegung

Die Luftbewegung muss grundsätzlich im Aufenthaltsbereich der Tiere beurteilt werden. Es darf nicht von Zugluft im Stallgang auf die Luftbewegung in den einzelnen Buchten geschlossen werden. Zugluft wird vom Menschen insbesondere beim Auftreffen auf den Nacken oder auf den Handrücken empfunden.

Zugluft im Liegebereich kann bei Ziegen und andern Nutztierarten die Ursache von verminderter Leistung oder erhöhter Krankheitsanfälligkeit sein.

Mangelnde Luftbewegung in einzelnen Stallbereichen kann vom Menschen anhand lokal erhöhter Schadgaskonzentrationen (Ammoniak) wahrgenommen werden. Eine zu geringe Luftbewegung als Folge einer ungenügend dimensionierten Lüftung oder einer ungeeigneten Luftführung kann auch dazu führen, dass die Stallluft als stickig (feucht) oder staubig empfunden wird. In Ställen mit künstlicher Lüftung sollte in solchen Fällen der Leistungsgrad der Lüftung bzw. die Zu- und Abluftführung überprüft werden.

4. Schadgase

Hohe Konzentrationen der in Ställen typischen Schadgase treten in der Natur nicht auf, weshalb unsere Nutztierarten sich solchen Situationen nicht anpassen können. Längerfristig einwirkende hohe Konzentrationen beeinträchtigen das Wohlbefinden der Tiere und führen zu Gesundheitsschäden. Sie sind daher unbedingt zu vermeiden.

Erfahrungsgemäss treten hohe Schadgaskonzentrationen insbesondere in Warmställen mit unzureichender Lüftung auf, während Aussenklimaställe mit hohen Luftraten in dieser Hinsicht kaum Probleme verursachen. Die Lagerung von Gülle im Stallraum unter Spaltenboden kann für die Stalllufthygiene problematisch sein.

Kohlendioxid (CO₂) ist ein Atmungs gas, das schwerer als Luft ist, sich aber relativ gut im Stallraum verteilt. Bei den in Ställen üblichen Konzentrationen ist CO₂ nicht toxisch.

Ammoniak (NH₃) ist ein Gas, das aus Harnstoff durch Urease-Spaltung entsteht. Es ist leichter als Luft. Trotzdem herrschen am Boden, auf dem der Mist liegt und das Gas entsteht, zumeist die grösseren Konzentrationen als unter der Decke, unter der es durch Thermik und Luftströmungen verdünnt und abgeführt wird. NH₃ wirkt bei Tier und Mensch vor allem stark irritierend auf Schleimhäute und Atemwege.

Schwefelwasserstoff (H₂S) ist ein sehr giftiges Verrottungsgas, das in Gülle entsteht. Es ist schwerer als Luft und bildet an den tiefsten Stellen - also in den Güllekanälen und Gruben - eigentliche Seen. Sobald messbare Konzentrationen vorhanden sind, können Mensch und Tier gefährdet werden. Beim Aufrühren oder Umspülen von Gülle wird H₂S freigesetzt und häufig schwallartig (Wolkenbildung) in die Stallluft abgegeben. Unter diesen Umständen können lebensgefährliche H₂S Konzentrationen auftreten.

Zur Vermeidung von zu hohen Schadgaskonzentrationen ist wesentlich, dass die Güllekanäle zur Grube siphoniert sind und dass beim Aufrühren oder Ablassen der Gülle für eine ausreichende Durchlüftung des Stalles gesorgt ist. Bei Flüssigmistsystemen sollen die Grundsätze gemäss BUL zur Vermeidung von Schadgasen beachtet werden.

Neben diesen drei wichtigsten Schadgasen können im Stall noch weitere Gase gebildet werden (zum Beispiel Methan, Kohlenmonoxid, Stickstoffdioxid). Durch die Kombination mehrerer Gase können schädliche Synergie-Effekte auftreten. Die Schadgaswerte sind deshalb generell möglichst tief zu halten.

Bei der Verwendung von Gasstrahlern besteht die Gefahr, dass giftiges Kohlenmonoxid (CO) entsteht. Sie sind daher häufig zu kontrollieren und regelmässig zu warten. Wichtig ist eine einwandfreie Brenner-Einstellung und Frischluftzufuhr.

Maximal zulässige Schadgaskonzentrationen

Tabelle 3 enthält Maximalkonzentrationen für die drei Schadgase CO₂, NH₃ und H₂S wie sie vom „Scientific Veterinary Committee“ (1997) empfohlen wurde. Grundsätzlich ist anzustreben, dass Lüftung und Entmistung so konzipiert werden, dass das Auftreten von zu hohen Schadgaswerten vermieden wird.

Tab. 3: Maximalkonzentrationen für die drei wichtigsten Schadgase, empfohlen vom „Scientific Veterinary Committee“ (1997)

Schadgas	Maximalkonzentration
CO ₂ (Kohlendioxid)	3000 ppm
NH ₃ (Ammoniak)	10 ppm
H ₂ S (Schwefelwasserstoff)	0,5 ppm (während Entmistung kurzfristig 5 ppm)

Gemäss Artikel 11 Absatz 2 der TSchV muss bei geschlossenen Räumen mit künstlicher Lüftung die Frischluftzufuhr auch bei Ausfall der Anlage gesichert sein. Dies kann mit einer funktionstüchtigen Alarmanlage, mit selbstöffnenden Fenstern (zum Beispiel mit Magnetschaltern) oder mit einem Notstromaggregat gewährleistet werden.

Messung der Schadgaskonzentrationen

Kohlendioxid (CO₂) kann relativ zuverlässig durch Infrarot-Analyse oder mit Dräger-Röhrchen gemessen werden. Ammoniak (NH₃) lässt sich mit verschiedenen Methoden messen: nach dem nass-chemischen Prinzip (Absorptionsflaschen), mit Infrarot-Analyse, mit elektrochemischem Sensor (eine Redox-Reaktion generiert einen elektrischen Strom), mit Dräger-Röhrchen oder nach dem Chemolumineszenz-Prinzip. Zur Messung von Schwefelwasserstoff (H₂S) können elektrochemische Zellen (Messbereich 1-1000 ppm) oder Dräger-Röhrchen verwendet werden.

Da die Konzentrationen von Schadgasen in einem Stall sowohl räumlich als auch zeitlich grosse Schwankungen aufweisen können, macht es für eine aussagekräftige Beurteilung des Stallklimas wenig Sinn, punktuelle Einzelmessungen von Schadgasen vorzunehmen. Bei begründetem Verdacht sehr hoher Schadgaskonzentrationen sollten quasikontinuierliche Messungen (zum Beispiel mit Hilfe von Gasanalysatoren) durchgeführt werden. Punktuelle aktive Messungen sind gegebenenfalls für Schwefelwasserstoff beim Umspülen oder Rührvorgängen nötig. Die Maximalkonzentrationen sollten nicht dauernd überschritten werden, das heisst, dass diese Werte nicht permanent länger als an einem Tag pro Woche überstiegen werden sollten. Die längerfristigen Messungen in einem Stall sollten somit einen Zeitraum von mindestens einer Woche umfassen.

Erfahrungsgemäss treten permanent hohe Schadgaskonzentrationen insbesondere in wärme gedämmten Ställen in den Wintermonaten auf, wenn die Lüftungsrate gedrosselt wird, um Wärmeverluste zu minimieren. Es ist jedoch zu fordern, dass auch in solchen Stallungen die vorgegebenen Maximalkonzentrationen nicht dauernd überschritten werden. Bei bestehenden Ställen kann es im Einzelfall angezeigt sein, die Lüftungsrate (evtl. über eine Zeitschaltuhr gesteuert) tagsüber in regelmässigen Abständen für kurze Zeit zu erhöhen, so dass die Schadgaskonzentrationen unter die Maximalwerte reduziert werden.

Indikatoren für Mängel bei den Schadgaskonzentrationen

Ammoniak wird in geringer Konzentration vom Menschen als leicht stechender Geruch wahrgenommen. In höheren Konzentrationen bewirkt dieses Schadgas Beissen in den Augen und auf den Schleimhäuten der Atemwege. Die Augen beginnen zu tränen, und es tritt Hustenreiz auf.

Kohlendioxid ist geruchlos. Eine hohe Konzentration dieses Gases ist jedoch mit einer ungenügenden Lüftung verbunden, weshalb die Stallluft dann als stickig empfunden wird.

Schwefelwasserstoff riecht nach faulen Eiern. Erhöhte Konzentrationen dieses Schadgases dürften nur kurzfristig beim Umspülen von Gülle auftreten. Hohe Konzentrationen können geruchlich nicht mehr wahrgenommen werden, da sie die Geruchsnerven beeinträchtigen, und sind für Tier und Mensch tödlich.

Hohe Schadgaskonzentrationen wecken beim Menschen das Bedürfnis, den Stall möglichst bald wieder verlassen zu können. Es ist dann angezeigt, sowohl die Lüftung als auch die Entmistung zu überprüfen.

5. Staub

Auch vor längerfristig hohen Schwebstaubkonzentrationen können sich Nutztiere nicht schützen, da sie im Laufe der Evolution dagegen keine Schutzmechanismen entwickelt haben. Der Staub in der Stallluft setzt sich vorwiegend aus einem Gemisch von organischen Partikeln aus Einstreu, Futter, Haut-/Haar-/Federbestandteilen und Kot zusammen. Für die biologische Wirkung des Staubes ist neben dessen spezifischer Zusammensetzung insbesondere die Partikelgrösse von grosser Bedeutung. Für die Gesundheit von Tierhaltenden und Nutztieren besonders belastend ist Feinstaub, der in die feinsten Verästelungen der Lunge vordringen kann (sogenannter alveolengängiger Feinstaub; Partikelgrösse $< 5 \mu\text{m}$). Dieser kann sich in der Lunge absetzen und dort zu mechanischen und physikochemischen Reizungen mit Folgeschäden führen, weshalb permanent hohe Konzentrationen von Staubpartikeln nicht zuletzt auch im Interesse des Tierhaltenden vermieden werden sollten.

Die schädigende Wirkung des Staubes wird dadurch verschärft, dass Schadgase (zum Beispiel Ammoniak), Mikroorganismen und von Bakterien stammende Giftstoffe (Endotoxine) an Staubpartikel gebunden in die Lunge transportiert werden können. Besonders hoch sind die Staubkonzentrationen in Geflügelmastställen, gefolgt von Schweinemastställen, Legehennenställen, Schweinezuchtställen und Rinderställen. Auch in einstreulosen Haltungssystemen können hohe Schwebstaubkonzentrationen auftreten.

Maximal zulässige Staubkonzentration

Zur Zeit existieren in der Schweiz keine gesetzlichen Bestimmungen zur maximalen Konzentration von Staub in Tierställen. In Schweden gilt für organische Staubpartikel (Gesamtstaub) in Tierställen ein Grenzwert von 10 mg/m^3 , in Dänemark beträgt er hingegen nur 3 mg/m^3 .

Messung der Staubkonzentration

Zur Messung des Verlaufs der Schwebstaubkonzentration können zum Beispiel Streulichtphotometer oder TEOM-Messgeräte eingesetzt werden. TEOM-Messgeräte erfassen ohne regelmässige Kalibrierung kontinuierlich den Staubgehalt der Luft. Das Messverfahren beruht auf der Frequenzänderung eines Schwingstabes, die durch die Staubablagerung verursacht wird.

Da die Schwebstaubkonzentration sowohl im Tagesverlauf als auch von Tag zu Tag Schwankungen aufweisen kann, ist mit quasikontinuierlichen Messungen über mindestens eine Woche eine durchschnittliche Konzentration pro 24 Stunden zu ermitteln. Gemessen werden muss die einatembare Fraktion des Staubes (Partikelgrösse $< 10 \mu\text{m}$).

Indikatoren für Mängel bei der Staubkonzentration

Hohe Staubkonzentrationen lösen beim Menschen Husten und Niesen aus. Im einfallenden Licht können schwebende Staubpartikel erkannt werden. Bei hohen Staubkonzentrationen kann es in grossen Hallen schwierig sein, das Stallende klar wahrzunehmen. Ein weiterer Indikator für hohe Staubkonzentrationen in der Luft sind dicke Staubablagerungen auf den Einrichtungen im Stall. Beim Abschluss des Stallbesuchs sind auch die Schreibunterlage und die Kleider voll Staub.

6. Beleuchtung

Tageslicht ermöglicht nicht nur die visuelle Orientierung der Tiere im Raum, sondern erfüllt auch andere physiologisch wichtige Funktionen (UV-Strahlung, Tag-Nacht-Rhythmus, Stimulierung der Geschlechtsdrüsen). Das Sonnenlicht kann durch die Stallbeleuchtung nicht vollständig ersetzt werden. Eine zu geringe Strahlungsintensität wirkt sich negativ auf die Fruchtbarkeit aus. Der Hell-Dunkel-Wechsel und Schwankungen in der Helligkeit erhöhen das Reizangebot für die Tiere.

Minimale Beleuchtungsstärke

Räume, in denen sich die Tiere überwiegend aufhalten, müssen durch Tageslicht beleuchtet werden (Art. 33 Abs. 2 TSchV). Die Beleuchtungsstärke muss tagsüber mindestens 15 Lux betragen, ausgenommen in Ruhe- und Rückzugsbereichen sowie in Nestern, sofern die Tiere permanent einen andern, ausreichend hellen Standort aufsuchen können; die Beleuchtungsstärke für Hausgeflügel richtet sich nach Artikel 67 (Art. 33 Abs. 3 TSchV). Die Lichtphase darf nicht künstlich über 16 Stunden pro Tag ausgedehnt werden (Art. 33 Abs. 5 TSchV). Beleuchtungsprogramme mit mehr als einer Dunkelphase pro 24 Stunden sind verboten (Art. 33 Abs. 6 TSchV).

Mit der geforderten minimalen Beleuchtung soll den Tieren eine visuelle Orientierung im Raum ermöglicht werden. Die Mindestwerte gelten für jene Stallbereiche, in denen die Tiere vorwiegend aktiv sind und sollen im Kopfbereich der Tiere erreicht werden. Sofern ein Stall in mehrere Buchten unterteilt ist, müssen sie in jeder Bucht erfüllt sein.

Wird mit Tageslicht die Beleuchtungsstärke in am 1. September 2008 bestehenden Räumen mit zumutbarem Aufwand an Kosten und Arbeit für den Einbau von Fenstern oder lichtdurchlässigen Flächen nicht erreicht, so sind zusätzlich geeignete künstliche Lichtquellen einzusetzen (Art. 33 Abs. 4 TSchV). Es gibt keine Vorschriften, dass in solchen Fällen die Beleuchtung mit Kunstlicht über eine Zeitschaltuhr gesteuert sein muss. Im Einzelfall kann es jedoch angebracht sein, eine solche Steuerung zu fordern, sofern nicht gewährleistet ist, dass der Tierhaltende das Kunstlicht von Hand bedarfsgerecht ein- und ausschaltet.

Die Verwendung von UVC-Lampen (Ultraviolett) zur Desinfektion der Stallluft bildet keinen Ersatz für das Tageslicht, da das Spektrum der Wellenlängen von UVC-Lampen nicht dem Spektrum des Tageslichts entspricht, bei dem eine visuelle Orientierung möglich ist. Es ist darauf zu achten, dass der Abstand zwischen Lampe (unterster Teil) und Tieren (Rücken bzw. Kopf) mindestens 1,2 m beträgt und die Lampe ausserhalb der Reichweite der Tiere hängt. Namentlich in niedrigen Ställen müssen die Tiere durch Blenden (Abschirmplatten unten an Lampen) vor direkter Bestrahlung auf zu kurze Distanz geschützt werden. Ferner sollen die Tiere nur einer indirekten Bestrahlung ausgesetzt werden, so dass sie nur von Streustrahlen getroffen werden. Die direkte Bestrahlung auf Auge und Haut bei Tier oder Mensch kann in Abhängigkeit individueller Empfindlichkeit sowie der Bestrahlungsdosis Entzündungen des Bindehautgewebes (Conjunctivitis) sowie Erythembildung (entzündliche Rötung der Haut) hervorrufen. Die Strahler sollen deshalb nicht in Betrieb sein, wenn das Stallpersonal den Stall betritt (Sicherheitsschaltung als Tür-Kontaktschalter). Der Abstand zwischen den UVC-Strahlern hängt von der jeweiligen Strahlerleistung und damit der Strahlungsintensität ab, die zwischen den angebotenen Fabrikaten unterschiedlich ist.

Messung der Beleuchtung

Eine Beleuchtungsstärke von 15 Lux bedeutet für den Menschen eine visuelle Orientierungsmöglichkeit, aber nur knapp genügend Licht, um längere Zeit lesen oder schreiben zu können.

Die Messung der Beleuchtungsstärke soll im Kopfbereich der Tiere mit einem farbkorrigierten, kosinusgerechten Luxmeter erfolgen. Um den gesamten auf das Tier einwirkenden Lichteinfall zu ermitteln, ist die sogenannte Sechs-Ebenen-Messung anzuwenden. Das bedeutet, dass das

Fotoelement in Tierkopfhöhe nach oben und nach unten sowie in alle vier Himmelsrichtungen gehalten wird. Aus den sechs Einzelwerten ist der Durchschnittswert zu bilden.

Indikatoren für Mängel bei der Beleuchtung

Die Beleuchtungsintensität muss im Aufenthaltsbereich der Tiere und auf Tierhöhe beurteilt werden. Bei unzureichender Intensität ist es dort schwierig, über längere Zeit zu lesen oder zu schreiben. Eine eingehende Beurteilung der Beleuchtungsintensität ist insbesondere angezeigt, wenn die für Tageslicht durchlässige Gesamtfläche in Wänden oder Decke weniger als einem Zwanzigstel der Bodenfläche entspricht, wenn die Fensterflächen bei tiefen Ställen nur einseitig angeordnet sind oder wenn die Fensterflächen verschmutzt oder mit Gegenständen verstellt sind.

Literatur

- Bianca W., 1976. The significance of meteorology in animal production. *International Journal of Biometeorology* 20, 139-156.
- Bianca W., 1979. Nutztier und Klima. *Der Tierzüchter* 31, 188-192.
- Blendl H.M., 1985. UV-Strahler in der Schweinehaltung, *Handbuch Schweine* 3, Kap. 23, 199-206.
- BUL, 1995a. Baudokumentation. BUL, Schöftland.
- BUL, 1995b. Gasgefahren in der Landwirtschaft. BUL, Schöftland.
- Clarke A.F., 1993. Stable dust – threshold limiting values, exposures variables and host risk factors. *Equine Vet. J.* 25, 172-174.
- Danuser B., Weber C., Künzli N., Schindler C. und Nowak D., 2001. Respiratory symptoms in Swiss farmers: an epidemiological study of risk factors. *Am. J. Ind. Med.* 39, 410-418.
- Driemer J. und Van den Weghe H., 1997. Der Einsatz eines gravimetrischen Messgerätes zur kontinuierlichen Bestimmung der Schwebstaubkonzentrationen in Stallungen. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 11.-12. März 1997, D-Kiel.
- Jakobsson C., 1999. Ammonia emissions – current legislation affecting the agricultural sector in Sweden. In: Kunisch M. und Eckel H. (Hrsg.) *Regulation of animal production in Europe*. KTBL-Arbeitspapier 270, 208-213.
- Janeczek W., Hibner A. und Lukaszewski Z., 1985. Einfluss der Beleuchtungsstärke im Kuhstall auf einige Parameter der Kühefertilität. *Proceedings of International Congress on Animal Hygiene, D-Hannover 1985*, 429-433.
- Kunz P. und Montandon G., 1985. Vergleichende Untersuchungen zur Haltung von Kälbern im Warm- und Kaltstall während der ersten 100 Lebenstage. *FAT-Schriftenreihe Nr. 26*, FAT, Tänikon.
- Mayer C., 1999. Stallklimatische, ethologische und klinische Untersuchungen zur Tiergerechtigkeit unterschiedlicher Haltungssysteme in der Schweinemast. *FAT-Schriftenreihe Nr. 50*, FAT, Tänikon.
- Nosal D. und Steiner T., 1986. Flüssigmistsysteme: Funktion und Schadgasentwicklung, *FAT-Berichte Nr. 292*, FAT, Tänikon.
- Nosal D., 1997. Schadgase in Milchvieh-Laufställen: Vorkommen von Schwefelwasserstoff (H₂S) bei der Güllelagerung unter Spaltenböden in offenen Ställen und Laufhöfen, *FAT-Berichte Nr. 500*, FAT, Tänikon.
- Schweizerische Stallklimakommission, 1983. Schweizerische Stallklimanorm. Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich. 41 S.
- Scientific Veterinary Committee, 1997. The welfare of intensively kept pigs. European Commission, Brussels. 187 S.
- Takai H. et al., 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* 70, 59-77.
- Van Caenegem L. und Wechsler B., 2000. Stallklimawerte und ihre Messung. *FAT-Schriftenreihe Nr. 51*, FAT, Tänikon.

- Zeitler-Feicht M.H., 1993. Mindestanforderungen an die Beleuchtung und Stalluft in der Pferdehaltung unter Tierschutzgesichtspunkten. Tierärztl. Umschau 48, 311-317.

Gesetzgebung:

Tierschutzverordnung (TSchV), Verordnung des BLV über die Haltung von Nutztieren und Haustieren (nachfolgend Nutz- und HaustierV)

Art. 11 TSchV

Raumklima

¹ In Räumen und Innengehegen muss ein den Tieren angepasstes Klima herrschen.

² Bei geschlossenen Räumen mit künstlicher Lüftung muss die Frischluftzufuhr auch bei Ausfall der Anlage gesichert sein.

Art. 33 TSchV

Beleuchtung

¹ Haustiere dürfen nicht dauernd im Dunkeln gehalten werden

² Räume, in denen sich die Tiere überwiegend aufhalten, müssen durch Tageslicht beleuchtet werden.

³ Die Beleuchtungsstärke muss tagsüber mindestens 15 Lux betragen, ausgenommen in Ruhe- und Rückzugsbereichen sowie in Nestern, sofern die Tiere permanent einen andern, ausreichend hellen Standort aufsuchen können; die Beleuchtungsstärke für Hausgeflügel richtet sich nach Art. 67.

⁴ Wird mit Tageslicht die Beleuchtungsstärke in am 1. September 2008 bestehenden Räumen mit zumutbarem Aufwand an Kosten oder Arbeit für den Einbau von Fenstern oder lichtdurchlässigen Flächen nicht erreicht, so sind zusätzlich geeignete künstliche Lichtquellen einzusetzen.

⁵ Die Lichtphase darf nicht künstlich über 16 Stunden pro Tag ausgedehnt werden, ausgenommen bei Küken während der ersten drei Lebenstage, in denen die Lichtphase auf 24 Stunden verlängert werden darf. Bei der Verwendung von Beleuchtungsprogrammen kann die Lichtphase in der Legehennenaufzucht verkürzt werden.

⁶ Beleuchtungsprogramme mit mehr als einer Dunkelphase pro 24 Stunden sind verboten.

Art. 6 Nutz- und HaustierV

Anforderungen an Unterstände, Böden, Futter

¹ In einem Witterungsschutz müssen alle Tiere gleichzeitig Platz finden. Dient ein Unterstand nur zum Schutz gegen Nässe und Kälte und wird in ihm nicht gefüttert, so muss er für Rinder, Schafe und Ziegen mindestens die in Anhang 2 in den Tabellen 1 bis 3 festgelegten Flächen aufweisen.