

Stallklimawerte und ihre Messung in Nutztierhaltungen

(ersetzt die Information Tierschutz vom 23. April 1986)

Inhaltsverzeichnis	Seite
I Allgemeines	2
1 Zielsetzung und Rechtsgrundlagen	2
2 Die Bedeutung des Stallklimas für das Tier	2
3 Werte für einzelne Stallklimafaktoren	3
4 Beurteilung des Stallklimas	3
II Lufttemperatur	4
1 Optimale Temperaturbereiche	5
2 Messung der Lufttemperatur	7
3 Indikatoren für Mängel bei der Lufttemperatur	7
III Luftfeuchtigkeit	9
1 Optimale relative Luftfeuchtigkeit	9
2 Messung der Luftfeuchtigkeit	9
3 Indikatoren für Mängel bei der Luftfeuchtigkeit	9
IV Luftbewegung	9
1 Optimalwerte für die Luftbewegung	10
2 Messung der Luftbewegung	10
3 Indikatoren für Mängel bei der Luftbewegung	10
V Schadgase	11
1 Maximal zulässige Schadgaskonzentrationen	12
2 Messung der Schadgaskonzentrationen	12
3 Indikatoren für Mängel bei den Schadgaskonzentrationen	13
VI Staub	13
1 Maximal zulässige Staubkonzentration	13
2 Messung der Staubkonzentration	14
3 Indikatoren für Mängel bei der Staubkonzentration	14
VII Beleuchtung	14
1 Minimale Beleuchtungsstärke	14
2 Messung der Beleuchtungsstärke	15
3 Indikatoren für Mängel bei der Beleuchtung	15
VIII Literatur	16

I Allgemeines

1 Zielsetzung und Rechtsgrundlagen

Diese Information umfasst allgemeine Erläuterungen über die Bedeutung des Stallklimas in Nutztierhaltungen und hält für verschiedene Klimafaktoren Richtwerte fest, die zur Beurteilung des Stallklimas dienen sollen. Darüber hinaus beschreibt sie einerseits Messmethoden zur objektiven Erfassung einzelner Stallklimafaktoren und andererseits einfache Indikatoren, die auf Mängel bei einzelnen Klimafaktoren hinweisen können.

Die schweizerische Tierschutzgesetzgebung beinhaltet nicht nur Bestimmungen bezüglich der Einrichtung von Haltungssystemen für Nutztiere, sondern auch Vorgaben zur Gestaltung des Stallklimas. Artikel 7 der Tierschutzverordnung vom 27. Mai 1981 (TSchV; SR 455.1) fordert, dass Räume, in denen Tiere gehalten werden, so gebaut, betrieben und gelüftet werden, dass ein den Tieren angepasstes Klima erreicht wird. Artikel 14 der TSchV stellt ferner Anforderungen an die Beleuchtung von Ställen für Haustiere.

2 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. Es ist daher in der Verantwortung des Tierhalters, dafür zu sorgen, dass das Stallklima die Anpassungsfähigkeit der Tiere nicht überfordert. Hierbei können zwei Wege beschritten werden. Zum einen kann der Tierhalter auf Veränderungen des Stallklimas situationsbezogen reagieren und eine übermässige Belastung der Tiere durch Managementmassnahmen verhindern. So kann er beispielsweise in Schweineställen bei Kälte den Liegebereich mit mehr Material einstreuen und bei Hitze Duschen aktivieren, um den Tieren Abkühlung zu verschaffen. 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 in der Schweinemast Ställe mit Ruhekisten, die von den Tieren bei tiefen Lufttemperaturen regelmässig und bei hohen Lufttemperaturen kaum zum Ruhen aufgesucht werden.

Besondere Beachtung ist Tieren zu schenken, die von einem Warmstall in einen Kaltstall oder umgekehrt umgestallt werden, zum Beispiel wenn Ferkel beim Absetzen in einen Aussenklimastall umgebucht 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. Bei Schweinen beispielsweise kann die Fähigkeit, bei tiefen Lufttemperaturen die Körperkerntemperatur aufrecht zu erhalten, durch die gegenüber den Wildschweinen reduzierte Beborstung sowie durch die zuchtbedingt geringere Speckdicke erheblich vermindert sein. Hochleistungskühe andererseits haben aufgrund ihres erhöhten Stoffwechsels bei hohen Lufttemperaturen Mühe, Wärme abzugeben. Auch bei Zuchtsauen, Mastschweinen und Hühnern (insbesondere Masttieren) kann der erhöhte Stoffwechsel zu Problemen mit ausreichender Wärmeabgabe bei Hitze führen.

3 Werte für einzelne Stallklimafaktoren

Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik in Tänikon (FAT) veröffentlichte 2000 in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine des Bundesamtes für Veterinärwesen und unter Einbezug von in- und ausländischen Expertinnen und Experten eine aktuelle Übersicht zum Thema Stallklima mit dem Titel „Stallklimawerte und ihre Messung“ (Van Caenegem und Wechsler, 2000). Es war die Absicht dieser Publikation, die Schweizerische Stallklimanorm aus dem Jahre 1983 durch einen aktualisierten Expertenbericht zu ersetzen. Die vorliegende Information stützt sich auf diesen Expertenbericht ab und enthält Richtwerte zu folgenden Stallklimafaktoren:

- | | | |
|---------------------|-----------------|----------------|
| a. Lufttemperatur | c. Luftbewegung | e. Staub |
| b. Luftfeuchtigkeit | d. Schadgase | f. Beleuchtung |

Zu beachten ist, dass die bei den einzelnen Stallklimafaktoren aufgeführten Werte unterschiedlicher Art sind. Für Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit werden Optimalbereiche für bestmögliche Nutzleistung, für Schadgase Maximalkonzentrationen (Richtwerte) und für die Beleuchtung Mindestwerte (verbindliche Werte gemäss TSchV) angegeben.

4 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 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 Information 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.

II 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 Wärmeerzeugung 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').

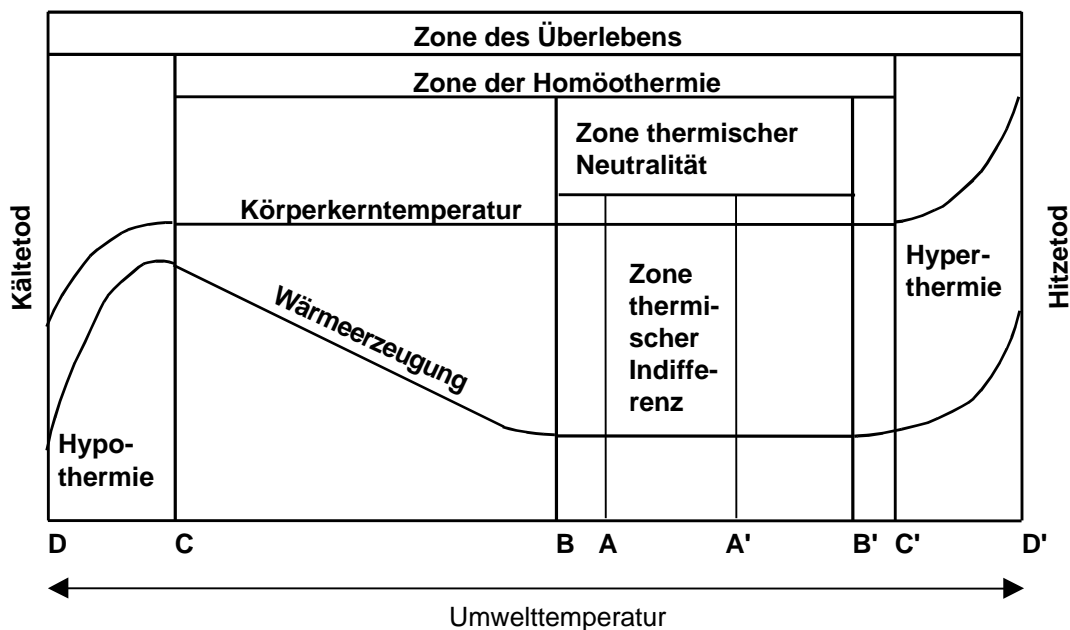


Abb. 1: Für die Thermoregulation kritische Zonen und Temperaturen, nach Bianca (1976).

In Bezug auf die Umgebungstemperatur ist die Anpassungsfähigkeit der Tiere eindeutig überfordert, wenn die physiologischen (zum Beispiel Kältezittern, Schwitzen) und ethologischen (zum Beispiel Haare aufrichten, Hecheln, Steigerung oder Reduktion der Futteraufnahme) 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 Küken, Ferkel und Lamm umfasst sie nur wenige Temperaturgrade. Für eine optimale Entwicklung benötigen diese Jungtiere deshalb im Liegebereich hohe und relativ konstante Temperaturbedingungen. Das Kalb hat eine relativ breite Zone vor allem deshalb, weil es verhältnismässig gross ist und über ein gut wärmedämmendes Haarkleid verfügt.

1 Optimale Temperaturbereiche

Tabelle 1 beinhaltet Optimalbereiche für Lufttemperaturen, bei denen die Nutzleistung der Tiere 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. Einzel gehaltene Tiere (zum Beispiel Zuchtsauen in Kastenständen) haben eher ein höheres Wärmebedürfnis als in Gruppen gehaltene, da die soziale Thermoregulation (Zusammenliegen) und das Aufsuchen mikroklimatisch geschützter Nischen nicht möglich sind.

In nichtwärmegeprägten 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.

In den vergangenen 20 Jahren konnten aufgrund der zunehmenden Verbreitung von nichtwärmegeprägten Ställen bei einzelnen Nutztierarten und Tierkategorien umfassende Praxiserfahrungen hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit an hohe und tiefe Lufttemperaturen gesammelt werden. Es stellte sich heraus, dass die Haltung von Kälbern in Aussenklimaställen und Iglus auch bei Lufttemperaturen unter 0 °C nicht zu Gesundheitsproblemen führt, sofern die Tiere eine trockene und windgeschützte, eingestreute Liegefläche nutzen können (Kunz und Montandon, 1985).

Bei der Verwendung von Abferkelbuchten in nichtwärmegeprägten Ställen muss andererseits sichergestellt sein, dass die Ferkel unmittelbar nach der Geburt ein Mikroklima mit einer Wärmequelle aufsuchen. Für die Ferkelaufzucht und die Mastschweinehaltung haben sich sowohl Tiefstreusysteme (erwärmen sich selbst) als auch Kistenställe, in denen die Tiere den Liegebereich durch die Abgabe von Körperwärme erwärmen, bei tiefen Lufttemperaturen bewährt. Um eine Haufenlagerung von Mastschweinen mit einem Körpergewicht von mehr als 70 kg zu vermeiden, soll die Lufttemperatur in Haltungssystemen mit Einstreu (nicht Tiefstreu) 9 °C und in Vollspaltenbuchten 15 °C nicht unterschreiten (Mayer, 1999).

Tab. 1: Optimalbereiche für die Lufttemperatur

Tierart und -kategorie	Gewicht (kg)	Optimalbereich (°C)
Rindvieh		
Kälber	50-150	5-20
Jungvieh	150-500	5-20
Mastmuni	150-500	0-15
Milchkühe (10-20 kg Milch pro Tag)	500-700	0-15
Zuchtstiere	um 1000	0-15
Schweine		
Ferkel ²⁾	2-25	33 → 22 ¹⁾
Vormasttiere ²⁾	25-60	22 → 15 ¹⁾
Ausmasttiere ²⁾	60-100	18 → 9 ¹⁾
Zuchtsauen und Eber ²⁾	150-350	8-15
Säugende Sauen (Ferkel siehe oben) ²⁾	150-250	5-15
Schafe		
Lämmer	4-15	22 → 12 ¹⁾
Mastlämmer	15-40	10-16
Zucht- und Wollschafe	60	0-15
Ziegen		
Gitzi	4-20	15-20
Jungtiere und adulte Tiere	20-70	8-15
Pferde		
Alle	100-600	5-15
Kaninchen ³⁾		
Zuchttiere		10-15
Masttiere		16-20
Hühner		
Küken und Mastgeflügel ²⁾	0,05-0,3	34 → 21 ¹⁾
Junghennen	0,5-1,5	17-21
Legehennen	1,5-2,0	15-22
Truthühner		
Küken ²⁾	0,08-2,0	34 → 21 ¹⁾
Masttiere	2-18	16-18

Anmerkungen:

¹⁾ → Mit zunehmender Entwicklung der Tiere vom höheren auf den tieferen Wert allmählich abfallend.

²⁾ Mikroklima: Gilt für Nischen, Örtlichkeiten im Stall, die lokal ein der entsprechenden Tierkategorie angepasstes Klima garantieren.

³⁾ Für Käfigtiere in Innenräumen ohne Einstreu.

Tab. 2: Faktoren, die das Ertragen tiefer oder hoher Umgebungstemperaturen für das Tier erleichtern (+) oder erschweren (-), nach Bianca (1979)

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

Insbesondere für Schweine können auch hohe Lufttemperaturen sehr belastend sein. Deshalb sind ihnen an heißen Tagen Abkühlungsmöglichkeiten in Form von Duschen oder kühlen, eventuell feuchten Liegeflächen, auf denen alle Tiere einer Bucht gleichzeitig in ausgestreckter Seitenlage liegen können, anzubieten. Auch Stallbereiche mit erhöhter Luftbewegung können Abkühlung ermöglichen.

Pferde verfügen über ein ausgeprägtes Thermoregulationsvermögen, das es ihnen gestattet, auch große Temperaturschwankungen an einem Tag schadlos zu überstehen.

Bei Kaninchen haben ständig hohe Temperaturen über 25 °C einen negativen Einfluss auf die Fruchtbarkeit. Kurzzeitig hohe Temperaturen werden hingegen bei entsprechender nächtlicher Abkühlung und geringerer Luftfeuchtigkeit ohne gesundheitliche Schäden toleriert. Die Toleranz gegenüber tiefen Temperaturen ist bei Kaninchen von der Rasse, vom Alter, von der Fütterungsintensität und vom Haltungssystem abhängig. Problematisch sind tiefe Temperaturen insbesondere in Draht- und Blechkäfigen.

2 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.

3 Indikatoren für Mängel bei der Lufttemperatur

Schweine zeigen deutliche Verhaltensreaktionen, wenn das Stallklima ihren Bedürfnissen nicht entspricht. Bei tiefen Temperaturen legen sie sich nicht mehr in Seitenlage, sondern nur noch in Bauchlage hin, um die Abgabe von Körperwärme an den Boden zu reduzieren. Sinkt die Temperatur noch weiter, ist bei in Gruppen gehaltenen Schweinen die sogenannte Haufenlagerung zu beobachten. Die Tiere legen sich aufeinander, da sie im Kontakt mit dem Boden und der Luft zu viel Wärme verlieren. Dabei kann es in der Bucht zu starker Unruhe kommen, indem immer wieder Tiere, die am Rande des Haufens liegen, in die Mitte des Haufens drängen. Neben Lauten im Zusammenhang mit aggressiven Auseinandersetzungen sind auch Jammerlaute zu hören. Ein weiteres deutliches Anzeichen für zu tiefe Temperaturen bei Schweinen ist Kältezittern. Als kritisch einzustufen sind auch Situationen, bei denen bei tiefer Stalltemperatur der Liegebereich vernässt oder stark verschmutzt ist oder nicht alle Schweine gleichzeitig im Liegebereich liegen können. In Abferkelbuchten können bei zu tiefen Temperaturen erhöhte Ferkelverluste während und in den ersten Tagen nach dem Abferkeln auftreten.

Bei zu hohen Temperaturen versuchen Schweine Wärme abzugeben, indem sie sich auf kühle und vorzugsweise feuchte Oberflächen legen. Sie liegen dann nicht mehr in dem dafür vorgesehenen Liegebereich der Bucht, sondern im Aktivitäts- und Kotbereich. Sie legen sich in ausgestreckter Seitenlage und möglichst ohne Körperkontakt zu Buchtgenossen hin. Einzelne Tiere können auch Tränkeeinrichtungen manipulieren, um in der Nähe der Tränke feuchte Stellen zu schaffen, auf die sie sich dann legen können. Durch das Liegen sowie durch Suhlen im Aktivitäts- und Kotbereich können die Schweine stark verschmutzt sein. Ebenfalls ein Indikator für zu hohe Temperaturen ist starkes Hecheln der Schweine. Darüber hinaus nimmt der Appetit der Schweine bei hohen Temperaturen ab: die Tröge sind nicht leer gefressen, und es halten sich kaum Tiere an Futterautomaten mit ad libitum Fütterung auf.

Beim Rindvieh sind zu tiefe Temperaturen am gesträubten Fell erkennbar. Als kritisch zu beurteilen sind Situationen, bei denen das Fell bei tiefen Temperaturen über längere Zeit bis auf die Haut durchnässt ist sowie Situationen, bei denen bei kalter und feuchter Witterung nicht alle Tiere gleichzeitig einen Unterstand aufsuchen können.

Indikator für zu hohe Temperaturen bei Rindvieh ist ein schweissnasses Fell. Im Stall können zu hohe Temperaturen dazu führen, dass Liegebereiche mit gut isolierenden Bodenbelägen (Tiefstreu, Strohmattmatratze, weiche Matten) gemieden werden und der Liegeplatz auf harten, nicht isolierten Boden verlagert wird. Als weitere Reaktion auf hohe Temperaturen wird die Atemfrequenz erhöht und der Appetit geht zurück, was an einer verminderten Futteraufnahme und einer entsprechend reduzierten Milchleistung sichtbar werden kann. Auf der Weide können bezüglich Hitzebelastung Probleme auftreten, wenn bei Sonnenschein, hohen Temperaturen und wenig Luftbewegung keine Schattenplätze vorhanden sind.

Auch bei Pferden, Eseln, Schafen und Ziegen sind Situationen, bei denen bei kalter und feuchter Witterung nicht alle Tiere einer Gruppe gleichzeitig einen Unterstand aufsuchen können, als kritisch einzustufen. Dies trifft in besonderem Masse auf Esel und Ziegen zu, da deren Fell wenig nässeabweisend ist. Um bei hohen Temperaturen Probleme hinsichtlich Hitzebelastung zu vermeiden, sollten auch bei diesen Tierarten auf der Weide Schattenplätze vorhanden sein.

Bei Legehennen können zu tiefe Temperaturen zu Erfrierungserscheinungen (z.B. an den Kämmen) führen. Als Folge von zu tiefen Temperaturen steigt der Futtermittelverbrauch stark an und die Legeleistung sinkt.

Zu hohe Temperaturen führen bei Legehennen ebenfalls zu Einbussen in der Legeleistung sowie zu einem starken Anstieg des Wasserverbrauchs. Ist die Temperatur über längere Zeit zu hoch, bewegen sich die Tiere nur noch wenig im Stall. Sie stehen mit geöffnetem Schnabel und angehobenen Flügeln herum und zeigen intensives Hecheln. In extremen Fällen kann eine allzu grosse Hitzebelastung zu Abgängen führen, wobei viele Hennen einer Herde betroffen sein können.

III 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 Luftfeuchtigkeit 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.

Eine tiefe Luftfeuchtigkeit, wie sie in geheizten Ställen während des Winters oft vorkommt, kann die Schleimhäute der Atmungswege austrocknen und für Infektionen anfälliger machen. Sie begünstigt auch die Staubbildung im Stall.

1 Optimale relative Luftfeuchtigkeit

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

2 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.

3 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. Auffällig in Geflügelställen mit zu hoher Luftfeuchtigkeit ist ferner eine feuchte Einstreu, die von Hand zu Klumpen geformt werden kann.

IV 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“.

1 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.

2 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.

3 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 von Schweinen kann dazu führen, dass sie diesen Bereich meiden oder trotz angenehmer Lufttemperatur dort nur Liegen in Bauchlage oder gar Haufenlagerung zeigen. Auch bei Rindvieh im Laufstall kann das Meiden von Stallbereichen mit Zugluft beobachtet werden. Zugluft im Liegebereich kann bei verschiedenen 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.

V 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. Insbesondere Pferde stellen sehr hohe Ansprüche an die Luftqualität (Zeitler-Feicht, 1993), da ihre Atmungsorgane sehr empfindlich auf Schadgase sind.

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

Kohlendioxid (CO_2) ist ein Atmungs gas, das schwerer als Luft ist, sich aber relativ gut im Stallraum verteilt. Bei den in Ställen üblichen Konzentrationen ist CO_2 nicht toxisch.

Ammoniak (NH_3) 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. NH_3 wirkt bei Tier und Mensch vor allem stark irritierend auf Schleimhäute und Atemwege.

Schwefelwasserstoff (H_2S) 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 H_2S freigesetzt und häufig schwallartig (Wolkenbildung) in die Stallluft abgegeben (Nosal, 1997). Unter diesen Umständen können lebensgefährliche H_2S 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 zur Vermeidung von Schadgasen beachtet werden, die im FAT-Bericht Nr. 292 (Nosal und Steiner, 1986), in der Baudokumentation (BUL, 1995a) und in der Broschüre Gasgefahren in der Landwirtschaft (BUL, 1995b) aufgeführt sind.

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.

1 Maximal zulässige Schadgaskonzentrationen

Tabelle 3 enthält Maximalkonzentrationen für die drei Schadgase CO₂, NH₃ und H₂S, wie sie vom „Scientific Veterinary Committee“ (1997) empfohlen wurden. 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 7 Absatz 2 der TSchV muss bei geschlossenen Räumen mit Zwangslüftung 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.

2 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 Gasanalytoren) durchgeführt werden. Punktuelle aktive Messungen sind gegebenenfalls für Schwefelwasserstoff beim Umspülen oder Rührvorgängen nötig. Die in den verschiedenen Richtlinien des BVET für die Haltung

von Rindvieh, Schweinen, Schafen und Ziegen enthaltene Forderung, dass die Maximalkonzentrationen nicht dauernd überschritten sein dürfen, ist so zu deuten, dass diese Werte nicht permanent länger als an einem Tag pro Woche überstiegen werden dürfen. Die längerfristigen Messungen in einem Stall sollten somit einen Zeitraum von mindestens einer Woche umfassen.

Erfahrungsgemäss treten permanent hohe Schadgaskonzentrationen insbesondere in wärmegeprägten Ställen in den Wintermonaten auf (Mayer, 1999), 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.

3 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.

VI 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 Tierhaltern 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 Tierhalters vermieden werden sollten (Danuser et al., 2001).

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 Rindviehställen

(Takai et al., 1998). Auch in einstreulosen Haltungssystemen können hohe Schwebstaubkonzentrationen auftreten (Mayer, 1999).

Viele Pferde reagieren allergisch auf bestimmte Mikroorganismen im Stallstaub, der vom Heu und von der Einstreu ausgeht und auf Dauer zu chronisch-obstruktiver Bronchitis und somit zur Gebrauchsuntauglichkeit des Pferdes führt (Clarke, 1993).

1 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 (Jakobsson, 1999). In Dänemark beträgt der Grenzwert für Gesamtstaub hingegen nur 3 mg/m^3 (Takai et al., 1998).

2 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 (Driemer und Van den Weghe, 1997).

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 $< 10 \mu\text{m}$).

3 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.

VII 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 (Janeczek et al., 1985). Der Hell-Dunkel-Wechsel und Schwankungen in der Helligkeit erhöhen das Reizangebot für die Tiere.

1 Minimale Beleuchtungsstärke

Nach Artikel 14 der Tierschutzverordnung sind Ställe, in denen sich Tiere dauernd oder überwiegend aufhalten, wenn möglich durch natürliches Tageslicht zu beleuchten. Die Beleuchtungsstärke im Bereich der Tiere muss tagsüber mindestens 15 Lux, für Hausgeflügel mindestens 5 Lux betragen. Die Lichtphase darf bei allen Haustierarten nicht künstlich auf über 16 Stunden pro Tag ausgedehnt werden. Beleuchtungsprogramme sollen nicht mehr als eine Dunkelphase pro 24 Stunden aufweisen.

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.

Gemäss den verschiedenen Richtlinien des BVET für die Haltung von Rindvieh, Schweinen, Schafen, Ziegen und Pferden sowie der Information Tierschutz „Haltungssysteme für Legehennen und anderes Hausgeflügel“ ist Tageslicht zu fordern

- bei Neu- und Umbauten und
- bei bestehenden Bauten, wenn bereits Fenster oder Fensteröffnungen vorhanden sind oder wenn solche ohne unverhältnismässigen Aufwand geschaffen werden können.

In der Geflügelhaltung kann vorübergehend, längstens jedoch bis zum Ende des laufenden Umtriebs, auf Tageslicht verzichtet und nur Kunstlicht eingesetzt werden, wenn dadurch das Auftreten von Kannibalismus verhütet oder vermindert werden kann.

Bei mangelhafter Beleuchtung mit Tageslicht ist es unabdingbar, dass die in Artikel 14 der Tierschutzverordnung geforderte minimale Beleuchtungsstärke durch den Einsatz von Kunstlicht erreicht wird. Hingegen gibt es 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 Tierhalter das Kunstlicht von Hand bedarfsgerecht ein- und ausschaltet.

Die Verwendung von UV-Lampen (Ultraviolett) zur Desinfektion der Stallluft bildet keinen Ersatz für das Tageslicht, da das Spektrum der Wellenlängen von UV-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. 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 UV-Strahlern hängt von der jeweiligen Strahlerleistung und damit der Strahlungsintensität ab, die zwischen den angebotenen Fabrikaten unterschiedlich ist (Blendl, 1985).

2 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.

3 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 (in Geflügelställen weniger als 3-5%), wenn die Fensterflächen bei tiefen Ställen nur einseitig angeordnet sind oder wenn die Fensterflächen verschmutzt oder mit Gegenständen verstellt sind.

VIII 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.
- Bundesamt für Veterinärwesen, 1986. Information Tierschutz „Haltungssysteme für Legehennen und anderes Hausgeflügel“ (800.106.05). Bundesamt für Veterinärwesen, Bern
- Bundesamt für Veterinärwesen, 1998. Richtlinien für die Haltung von Rindvieh (800.106.02). Bundesamt für Veterinärwesen, Bern.
- Bundesamt für Veterinärwesen, 1998. Richtlinien für die Haltung von Schweinen (800.106.03). Bundesamt für Veterinärwesen, Bern.
- Bundesamt für Veterinärwesen, 1998. Richtlinien für die Haltung von Schafen (800.106.09). Bundesamt für Veterinärwesen, Bern.
- Bundesamt für Veterinärwesen, 1998. Richtlinien für die Haltung von Ziegen (800.106.10). Bundesamt für Veterinärwesen, Bern.
- Bundesamt für Veterinärwesen, 2001. Richtlinien zur Haltung von Pferden, Ponys, Eseln, Maultieren und Mauleseln (800.106.06). Bundesamt für Veterinärwesen, Bern.
- 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.
- EDMZ, 1981. Tierschutzverordnung vom 27. Mai 1981 (SR 455.1). Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, Bern.
- 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 Tiergerechtheit 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 Stallluft in der Pferdehaltung unter Tierschutzgesichtspunkten. *Tierärztl. Umschau* 48, 311-317.