

Gerd Franke, Kassel

# Entwicklungstendenzen in der Stallklimatetechnik

*Eine kontrollierte Gestaltung des Stallklimas hat einen wesentlichen Einfluss auf das Wohlbefinden und das Leistungsvermögen der Tiere. Daher sind Lüftung und Heizung, zunehmend auch Kühlung, feste Bestandteile der Gebäudetechnik geworden. Neben einer bedarfsgerechten Fütterung, dem genetischen Potenzial und einem guten Management sind angemessene Temperaturen und eine gute Luftqualität im Aufenthaltsbereich der Tiere wesentliche Bestandteile für gute Erfolge in den Ställen.*



*Bild 1: Bei großen Stallanlagen geht der Trend zu dezentralen Abluftlösungen*

*Fig. 1: In large-scale animal house facilities there is trend to decentralized waste air solutions*

Dipl.-Ing. Gerd Franke ist Mitarbeiter des Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) in Kassel und hat die hier vorliegende Übersicht im Auftrag der DLG zusammengestellt.

## Schlüsselwörter

Zu- und Abluftführung, Kühlung, Heizung, Regelung

## Keywords

Fresh and exhaust air ducting, cooling, heating, control

Vorrangige Aufgabe von Lüftungs- und Klimageräten ist der Abtransport von Wärme, Wasserdampf und Gasen sowie die Schaffung eines optimalen Raumklimas, unabhängig von den Klimabedingungen außerhalb des Stallgebäudes. Aber auch die Interessen des Tier- und Immissionsschutzes gehören zu den vielfältigen Aufgaben von Lüftungs- und Klimaanlage.

### Abluft

Bei geschlossenen, meist wärmegeprägten Stallgebäuden, haben sich Unterdrucksysteme in der Schweine- und Geflügelhaltung durchgesetzt. Zur Abluftführung werden je nach umwelt- oder stallspezifischen Anforderungen dezentrale oder zentrale Systeme installiert. Durch den Strukturwandel in der Landwirtschaft und den damit verbundenen größeren Tierbeständen ergeben sich auch größere Stalleinheiten. Bei diesen Ställen geht der Trend im Allgemeinen zu dezentralen Lösungen (Bild 1), da hier insbesondere die Regelmöglichkeiten einfacher sind. Aus Gründen des Immissionsschutzes oder auch beim Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen sind zentrale Abluftführungen vorteilhaft. Bei allen Lüftungssystemen sollte auf eine ausreichende Dimensionierung der Abluftkanäle geachtet werden. Insbesondere bei Geflügelställen wird seit einigen Jahren mit der Tunnellüftung gearbeitet. Hierbei wird die gesamte Abluft an einer Giebelseite des Stallgebäudes zentral abgesaugt, während die Zuluft an den Traufseiten über Zuluftelemente in den Stall eingeleitet wird.

### Zuluft

Die Zuluftführung muss unabhängig von der Art und der Bauweise eine zugfreie Frischluftversorgung der Tiere gewährleisten und den Stallraum möglichst gleichmäßig durchspülen. Die zulässige Luftgeschwindigkeit im Tierbereich ist dabei abhängig von der Zulufttemperatur, dem Wärmehalt der Stallluft sowie der Größe und der Art der Tiere.

In den vergangenen Jahren sind hauptsächlich Verdrängungslüftungen in den



*Bild 2: Wasserversprühanlagen können die Stalltemperaturen um bis zu 5 K absenken.*

*Fig. 2: Water atomiser devices can lower house temperatures up to 5 K*

Ställen eingebaut worden. Es kommen vor allem Rieselkanäle, Rieseldecken oder Türanglüftungen zum Einsatz. In der Praxis nehmen die Rieselkanäle den größten Anteil ein. Die Seitenteile der Kanäle bestehen in der Regel aus Hartschaumplatten, so dass Kondensatbildung im Winter vermieden wird. Die Böden bestehen aus perforierten Lochplatten, Lochfolien oder ähnlichem. Beim Einsatz von Rieselkanälen sind folgende Kriterien für eine gut funktionierende Einleitung und Verteilung der Zuluft im Stall einzuhalten:

- Maximal 15 m Kanallänge bei einseitigem Lufteintritt
  - Zuluftgeschwindigkeit nicht über 2,5 m/s im Kanal
  - Luftdurchsatz pro m<sup>2</sup> Rieselfläche zwischen 200 bis 300 m<sup>2</sup>/h (firmenspezifisch)
- Aus den aufgeführten Kriterien ergeben sich Kanalhöhen von 30 bis 50 cm. Für eine gute Luftverteilung ist eine Anbringung der Kanäle über den Buchten sinnvoll. Eine Anbringung direkt an den Außenwänden ist zu vermeiden, um ein zu schnelles Absinken der Kaltluft durch den Coanda-Effekt an den Außenwänden zu verhindern und einen guten Spülgrad im Stall zu gewährleisten. Ebenfalls kann ein Zuluft eintritt an beiden Kanalseiten zu erhöhten Luftgeschwindigkeiten im mittleren Kanalabschnitt und damit auch im Tierbereich führen.

Als kostengünstige Alternative ist als weitere, bewährte Art der Verdrängungslüftung die Zuluftführung über den Futtergang anzusehen. Diese bietet sich besonders für kleine Stallabteile an. Bei der Futterganglüftung ist die Bemessung des Luftvolumenstroms pro Stallabteil der begrenzende Faktor. Nachfolgend aufgeführte Kriterien sind von wesentlicher Bedeutung:

- Maximal 15 m Stallganglänge
- Zuluftgeschwindigkeit nicht über 2,5 m/s im Futtergang
- Buchtentiefe nicht über 4,5 m

Weiterhin sollten die Buchtentrennwände zum Futtergang mindestens die gleiche Höhe haben wie die Zuluftöffnung in der Tür. Auch ist darauf zu achten, dass der Ab-

saugpunkt der Stallluft in der Nähe des Lufteintritts in den Stall liegt, um einen guten Spülgrad zu garantieren. Bei kleineren Stallabteilen ist auch eine Unterflurzulufteführung über perforierte Stallgänge möglich. Bei diesem System kommt die Zuluft im Sommer leicht abgekühlt und im Winter leicht angewärmt in die Stallabteile.

Insbesondere in der Geflügelhaltung und bei größeren Sauenanlagen werden zur Alternative von Verdrängungslüftungen Strahlöffnungen eingebaut. Dabei handelt es sich in der Regel um temperaturabhängig gesteuerte, zentralverstellbare Zuluftelemente. Beim Einbau solcher Systeme sind folgende Kriterien zu beachten:

- Einbau der Zuluftelemente im oberen Bereich der Außenwände (Ausnahmen sind bei Geflügelställen möglich)
- Raumhöhe zur Raumbreite im Verhältnis von maximal 1:4
- Einströmgeschwindigkeit im Sommer maximal 4 m/s
- Einströmgeschwindigkeit im Winter maximal 1 m/s

Grundsätzlich gilt für alle Zuluftsysteme, dass die Zuluft im Sommer nicht aus dem unbelüfteten Dachraum entnommen wird, da durch intensive Sonneneinstrahlungen in diesem Bereich Temperaturen von bis zu 70 Grad auftreten können. Positiv ist ein Lufteintritt auf der Schattenseite des Gebäudes zu beurteilen.

### Regelung

Ein hoher technischer Standard und relativ niedrige Anschaffungskosten haben in den letzten Jahren bewirkt, dass sich der Klimacomputer zur Stallklimaerregung durchgesetzt hat. Sowohl bei Zentralabsaugungsanlagen als auch bei Abteilen mit Einzelabsaugung bestehen durch ihren Einsatz beste regelungstechnische Möglichkeiten. Die meisten Klimacomputer sind über BUS vernetzungsfähig. Auch bei Zentrallüftungsanlagen werden zunehmend Einzelcomputer für jedes Abteil eingesetzt. Dabei wird der Luftbedarf eines jeden Abteils einer Zentrale gemeldet. Hier werden der Gesamtvolumenstrom berechnet und die Ventilatoren entsprechend geregelt. Zentrallüftungsanlagen erfordern aufwändigere Regelungen als Einzelabteillüftungen, da zum Beispiel Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Gasgehalt usw. als Regelgrößen von mehreren Stallabteilen erfasst und verarbeitet werden müssen. Das ist erforderlich, um den bedarfsgerechten Volumenstrom pro Abteil zu ermitteln.

Bei der Einzelabsaugung ist der Einsatz von Ventilatoren mit Gleichstrommotor und elektronischer Kommutierung, einschließlich elektronischer Bauteile, sinnvoll. Im drehzahlgeregelten Bereich ist dieser Veni-

lator sehr sparsam und den herkömmlichen Ventilatoren weit überlegen. Eine interessante Variante zur Drehzahlregelung von Ventilatoren mit Wechselstrommotoren ist der einphasige Frequenzumrichter. Dabei kann als ein Regelsignalgeber ein elektronischer Thermostat sowohl für den Frequenzumrichter als auch für den Ventilator mit Gleichstrommotor eingesetzt werden. Auch hier ist eine Stromersparnis im drehzahlgeregelten Bereich gegeben.

### Ablufttechnik

Bestandteile der Ablufttechnik sind Ventilatoren, Abluftschächte, Diffusoren, Einströmdüsen usw. Die Durchmesser der Abluftschächte und der Ventilatoren sind exakt aufeinander abzustimmen, um Verwirbelungen und damit verbundene Druckverluste zu vermeiden. Durch den Einsatz von Einströmdüsen und Diffusoren können bis zu 30 Pa Druckminderung erzielt werden. Bei Lüftungsanlagen in Ställen werden fast ausschließlich Axialventilatoren eingesetzt. Die Druckerhöhung und der Luftvolumenstrom eines Ventilators werden im Wesentlichen durch den Durchmesser, die Drehzahl, die Anzahl der Flügel und den Flügelanstellwinkel bestimmt. Der Charakter eines Ventilators wird im Kennfeld dargestellt. Es handelt sich dabei um die Druckvolumenstromkennlinie und die elektrische und die spezifische Leistungsaufnahme. Energiesparventilatoren haben sich in vielen Bereichen durchgesetzt und führen im abgeregelten Bereich um bis zu 50 Prozent Energieeinsparung, so dass eine Amortisation, aufgrund höherer Anschaffungskosten, in drei bis fünf Jahren möglich ist. Weiterhin wichtige Kriterien für die Auswahl von Ventilatoren sind Geräuschentwicklung und Haltbarkeit. Beim besonderen Einsatz, zum Beispiel bei Abluftreinigungsanlagen oder bei Wärmetauschern sind zum Teil Gesamtdruckbelastungen von bis zu 200 Pa zu erwarten. Hier sollten nur sehr leistungsstarke Ventilatoren eingesetzt werden.

Die Ventilatoren, die üblicherweise in der Praxis eingesetzt wer-

den, sind mit diesen Druckbelastungen überfordert.

### Alarmanlagen

Die Bestimmungen der Sachversicherer und die Tierhaltungsverordnungen schreiben zwingend vor, dass bei Stromausfall und sonstigen Störungen in Stallanlagen die Tiere durch den Einsatz von Alarmanlagen zu schützen sind. Durch Alarmanlagen werden verschiedene Parameter, zum Beispiel die Spannung der Stromkreise, die Temperatur im Stall usw. überwacht und an Alarmgeber weitergeleitet. Es kommen akustische und optische Alarmgeber in Betracht. Insbesondere bei Ställen im Außenbereich sollten die Alarmmeldungen über Funk oder Telefon erfolgen. Des Weiteren bieten Firmen zentrale Überwachungsdienste an. Dabei werden Fehlermeldungen aus Stallanlagen an die zentralen Überwachungsdienste geleitet, die dann den Tierhalter informieren. Elektronische Überwachungseinrichtungen, etwa Kameras bieten weiterhin die Möglichkeit, die Geschehnisse in den Stallabteilen zu erfassen und an eine Zentrale zu übermitteln.

### Heizung

Einzelbetriebliche Voraussetzungen bestimmen die Auswahl und den Einsatz der Heizsysteme. In Stallabteilen mit geringen Temperaturansprüchen und zur Aufheizung vor dem Aufstallen der Tiere bei Rein-Raus-Verfahren oder nach Reinigungsarbeiten kommen Gaskanonen nach wie vor zum Einsatz. Diese Geräte sind relativ preiswert, haben ein großes Leistungsspektrum und sind sehr variabel handhabbar. Aufgrund der technischen Voraussetzungen wird die erwärmte Luft jedoch mit relativ hoher Geschwindigkeit im Stall verwirbelt, so dass nicht mit gleichmäßiger Luftgeschwindigkeit im Tierbereich und einem guten Spülgrad gerechnet werden kann. In Stallabteilen, in denen höhere Anforderungen an das Raum- und

*Bild 3: Bei Außenklimaställen haben sich weitgehend mechanisch verstellbare Wickellüftungen durchgesetzt.*

*Fig. 3: In outside climate houses mechanically adjustable roll-up covers have almost succeeded*



Kleinklima gestellt werden, kommen Systeme zum Einsatz, bei denen geringe Temperaturschwankungen in den Stallabteilen oder regelbare Temperaturen im Tierbereich gewährleistet werden können. Je nach Tierart und Stall haben sich folgende Stallarten bewährt:

- **Strahlerheizung:** Besonders in der Geflügelhaltung werden Dunkelstrahler eingesetzt. Die von den Dunkelstrahlern erzeugte Strahlungswärme sorgt für gleichmäßige Temperaturen am Boden.
- **Zonenheizung:** Insbesondere in der Ferkelhaltung besteht weiterhin der Trend zu Warmwasserfußbodenheizungen, kombiniert mit Infrarotstrahlern. Die Liegeflächen im Ferkelbereich sollten wärmege-dämmt sein, um Wärmeverluste zu vermeiden. Hier bieten sich auch vorgefertigte Heizplatten aus Kunststoff oder Leichtbeton an.
- **Warmwasserheizung:** Die Beheizung der Stallabteile erfolgt über Delta- oder Twinrohre, eventuell auch über handelsübliche runde Rohre, wobei die Regulierung der Wärmeverteilung über handelsübliche Systeme möglich ist.
- **Gaskonventoren:** Die erwärmte Luft wird über Zuluftrohre, meist Wickelfalzrohre, gleichmäßig im Stallabteil verteilt.

**Kühlung**

Eine Absenkung der Stalltemperaturen um bis zu 5° C ist durch den Einsatz von Wasserversprüh- oder Wasserverdunstungsgeräten möglich (Bild 2). Diese Werte können auch beim Ansaugen der Außenluft über perforierte, wasserberieselte Wände erreicht werden. An schwülwarmen Tagen mit relativ hoher Luftfeuchtigkeit sollten diese Maßnahmen jedoch nicht durchgeführt werden, da sich die Temperaturen im Stall durch den Eintrag von Wasser zwar absenken, die relative Luftfeuchtigkeit und damit der Wärmeinhalt der Luft aber wesentlich erhöht wird. Dabei können erhebliche Belastungen bei den Tieren, aber auch bei Menschen auftreten. Positiv kann sich auch der Einsatz von Erdwärmetauschern zur Kühlung der Zuluft auswirken. Bei dieser Technik wird die Zuluft vor Eintritt in den Stall mittels Kunststoffrohre durch das Erdreich geleitet, kühlt sich ab und kann so zu erheblichen Entlastungen führen. Diese Systeme sind jedoch relativ teuer und können zusätzliche statische Maßnahmen hervorrufen. Auch eine Beschattung der Zuluftöffnungen durch nachträgliche Maßnahmen, zum Beispiel Bäume, Büsche, Sonnenblenden usw., kann sich vorteilhaft auf die Klimagestaltung auswirken. Dabei ist es jedoch wichtig, dass keine Fremdkörper, zum Beispiel Laub, in die Zuluftkanäle gelangen.

*Bild 4: Die Sommerhitze helfen Ventilatoren in Außenklimaställen besser zu ertragen.*

*Fig. 4: Fans help to make the summer heat endurable in non-insulated houses*



**Außenklimaställe**

In der Rindviehhaltung haben sich kostengünstige, einfache Stallsysteme in Form von Außenklimaställen bewährt. Dabei handelt es sich um großvolumige Bauweisen mit einer oder mehreren offenen Stallseiten. Die Höhe der Traufe bewegt sich zwischen 4 und 5 m. Eine Dachneigung von ~ 20 Grad wird zur besseren Ableitung der Abluft angestrebt. Ist der First über dem Futtertisch oder den Laufgängen angeordnet, ist eine Abdeckung nicht erforderlich. Bei Anordnung des Firstes über den Liegeflächen kann eine großflächige, transparente Abdeckung das Eintreten von Regenwässern oder Flugschnee verhindern. Bei der Verkleidung der Außenwände (Traufseiten) haben sich mechanisch verstellbare Wickellüftungen (Bild 3) durchgesetzt. Verschiedentlich werden auch verstellbare Zuluftelemente aus Stegplatten eingebaut. Aus statischen Gründen kann eine sensorgesteuerte Verstellung der Zuluftelemente erforderlich werden. Dabei können die Parameter Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Sonneneinstrahlung und/oder Temperatur als Grundlage dienen. Um bei ganzjähriger Stallhaltung der Tiere den Wärmeeintrag im Sommer über die Dachhaut zu minimieren, sollte eine Dacheindeckung mit einer hellen Dachfarbe oder eine Dacheindeckung aus wärmege-dämmten Platten gewählt werden.

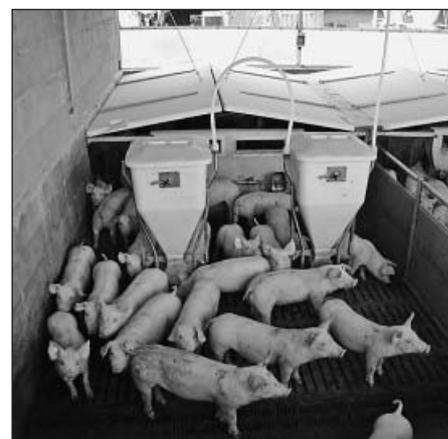
Bei länger anhaltenden Hitzeperioden ist es hilfreich, eine künstliche Luftbewegung im Stall durch eine Unterstützungslüftung (Bild 4) mit Ventilatoren zu erzeugen, um den Tieren die Wärmeabgabe zu erleichtern. Als erforderliche Luftvolumenströme werden 800 bis 1.500 m<sup>3</sup>/h und Kuh empfohlen. Bei der Anordnung der Ventilatoren sollte darauf geachtet werden, dass sie nicht gegen die Hauptwindrichtung ausgerichtet sind. Des Weiteren sollten nachbarschaftliche Belange, zum Beispiel Geruch oder Lärm, berücksichtigt werden. Bei längeren Stallgebäuden sind mehrere Reihen Ventilatoren hintereinander anzuordnen.

Die erste Reihe sollte in einer Entfernung von 2 bis 4 m von der Außenwand (meist Giebelwand) beginnen. Je nach Leistung der Ventilatoren beträgt der Abstand zwischen den Reihen maximal 20 m. Der Einbau der

Ventilatoren sollte in mindestens 2,5 m Höhe und einem Neigungswinkel von 15 bis 20 Grad erfolgen.

Auch in der Schweinehaltung wurden in den vergangenen Jahren Außenklimaställe mit freier Lüftung errichtet. Der Luftwechsel in den Ställen wird vor allem durch Winddruck und Thermik gewährleistet. Um den Tieren in allen Jahreszeiten optimale Bedingungen zu bieten und jahreszeitlich bedingte Temperaturschwankungen auszugleichen, werden diese Ställe in verschiedene Temperaturzonen, etwa Fressbereich, Kommunikationsbereich und Liegebereich, unterteilt (Bild 5). Bei diesen Stallsystemen werden bezogen auf das Jahresmittel wesentlich höhere Luftvolumenströme pro Tier erreicht, als in zwangsbelüfteten Ställen. Die Stallluft wird aufgrund des hohen Luftaustausches bei diesen Stallsystemen daher als angenehmer empfunden. Bei Inversionswetterlagen im Sommer können jedoch auch hier Probleme bei der Wärmeabgabe der Tiere auftreten.

Bei der Errichtung von Stallgebäuden im freien Gelände sollte grundsätzlich auf die Stellung zur Hauptwindrichtung geachtet werden. Eine optimale Durchspülung des Gebäudes ist bei Anordnung quer zur Hauptwindrichtung und frei von Hindernissen gegeben.



*Bild 5: Außenklimaställe für Schweine mit verschiedenen Temperaturzonen sind im Kommen*

*Fig. 5: Outside climate houses with different temperature sections are coming on*