

Gerd Franke, Kassel

# Trends bei der Stallklimotechnik

Aufgrund einer besseren Preisentwicklung für verschiedene landwirtschaftliche Produkte werden zurzeit wieder erhebliche Investitionen in Stallneu- und Stallumbauten getätigt.

Im Bereich der Schweinehaltung werden die Lüftungssysteme im Detail verbessert oder mit Anlagenteilen zur Energieeinsparung ergänzt. Dabei spielt die Feinabstimmung in der Mess- und Regeltechnik eine große Rolle. Der weitaus größte Teil der Schweinehaltung wird auch zukünftig in geschlossenen Ställen erfolgen, so dass eine weitere Koppelung der verschiedenen Parameter wie Fütterung und Stallklima für ein optimales Management unabdingbar ist. In der Geflügelhaltung zeichnet sich ein ähnlicher Trend wie in der Schweinehaltung ab.

In der Rindviehhaltung haben sich die in den letzten Jahren durchgeführten baulichen und Lüftungstechnischen Maßnahmen bewährt, so dass nur Verbesserungen im Detail zu erwarten sind.

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, Heizung, Kühlung, Regelung

## Keywords

Fresh and exhaust air ducting, heating, cooling, control

**Bild 1:** Einleitung der Zuluft durch Tür im Futtergang, Absaugung über Ansaugstutzen im Bereich des Zulufteintritts, Heizung mit Gaskanone

**Fig. 1:** Fresh air inlet through the door in the feeding alley, exhaust via an air duct near of air inlet entrance, heating with a gas heater



Ein wesentlichen Einfluss auf das Wohlbefinden und das Leistungsvermögen der Tiere setzt eine kontrollierte Gestaltung des Stallklimas voraus. Feste Bestandteile der Gebäudetechnik sind daher Lüftung und Heizung, zwischenzeitlich auch die Kühlung, geworden. Neben einem guten Management, einer bedarfsgerechten Fütterung und dem genetischen Potenzial sind optimale Temperaturen und eine gute Luftqualität im Aufenthaltsbereich der Tiere wesentliche Bestandteile für einen guten Erfolg im Stall. Der Abtransport von Wärme, Wasserdampf und Gasen und die Schaffung eines optimalen Raumklimas sind vorrangige Aufgaben von Lüftungs- und Klimageräten. Dies ist unabhängig von den Klimabedingungen außerhalb des Stallgebäudes zu gewährleisten. Außerdem sind die Ansprüche des Tier- und Immissionsschutzes bei der Auswahl der Lüftungssysteme zu berücksichtigen.

## Abluftführung

In der Schweine- und Geflügelhaltung haben sich Unterdrucksysteme bei geschlossenen, wärmedämmten Stallgebäuden durchgesetzt. Je nach Stall- oder umweltspezifischen Anforderungen werden zur Abluftführung zentrale oder dezentrale Systeme eingebaut. Bei größeren Stalleinheiten geht der Trend zu dezentralen Lösungen, da sich diese Anlagen einfacher regeln lassen. Beim Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen oder aus Gründen des Immissionsschutzes sind dezentrale Abluftführungen vorteilhaft. Auf eine ausreichende Dimensionierung der Abluftkanäle sollte bei allen Systemen geachtet werden. Bei Geflügelställen wird die sogenannte Tunnellüftung seit einigen Jah-

ren verstärkt eingesetzt. Dabei wird die gesamte Abluft an einer Giebelseite des Stallgebäudes abgesaugt und die Zuluft an den Traufseiten über Zuluftelemente in den Stall eingeleitet.

## Zuluftführung

Die Zuluftführung sollte gewährleisten, dass im Stallabteil mit einem hohen Spülgrad gearbeitet wird und trotzdem keine Zugluft im Tierbereich entsteht. Die zulässige Luftgeschwindigkeit im Tierbereich ist von der Zulufttemperatur, der Art und Größe der Tiere und dem Wärmehalt der Luft abhängig.

In den vergangenen Jahren sind meist Verdrängungslüftungen in den Ställen installiert worden. Dabei kommen insbesondere Rieseldecken, Rieselkanäle oder Türganglüftungen (Bild 1) zum Einsatz. In den meisten Ställen werden Rieselkanäle eingebaut. Sie bestehen in der Regel aus Hartschaumplatten mit Böden aus perforierten Elementen, etwa Lochplatten, Schlitzplatten oder Lochfolien. Folgende Kriterien sind für eine gut funktionierende Einleitung und Verteilung der Zuluft im Stall zu beachten:

- 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 und 300 m<sup>3</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 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.

Eine weitere Art der Verdrängungslüftung ist die kostengünstige Zuluftführung über den Futtergang. Besonders bei kleinen Stall-einheiten bietet sich diese Alternative an. Der begrenzende Faktor bei der Futterganglüftung (Bild 1) ist die Bemessung des Luftvolumenstroms pro Stallabteil. 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 Absaugpunkt der Stallluft in der Nähe des Luft eintritts in den Stall liegt, um einen guten Spülgrad zu garantieren. Bei kleineren Stallabteilen ist auch eine Unterflurzuluftführung über perforierte Stallgänge möglich. Bei diesem System kommt die Zuluft im Sommer leicht abgekühlt und im Winter leicht angewärmt in die Stallabteile.

Bei größeren Sauenanlagen und insbesondere bei der Geflügelhaltung werden verstärkt Strahllüftungen eingebaut. Dabei tritt die Zuluft in der Regel über zentralverstellbare Zuluftelemente in den Stall ein. Folgende Kriterien sind beim Einbau solcher Systeme 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 Luft eintritt auf der Schattenseite des Gebäudes zu beurteilen.

### Ablufttechnik

Wesentliche Bestandteile der Ablufttechnik sind Abluftschächte, Diffusoren, Einströmdüsen und Ventilatoren. Die Größe der Ventilatoren sollte exakt auf die Durchmesser der Abluftschächte abgestimmt sein, um Verwirbelungen und damit verbundene Druckverluste zu vermeiden. Mit Diffusoren und



*Bild 2: Warmwasserfußbodenheizung, kombiniert mit Infrarotstrahler in Ferkelnestabdeckung*

*Fig. 2: Hot-water floor heating, combined with infrared-heater in piglet nest cover*

Einströmdüsen können bis zu 30 Pa Druckminderung erreicht werden. Bei Unterdrucklüftungsanlagen in Stallgebäuden werden fast ausschließlich Axialventilatoren eingebaut. Die Leistung des Ventilators wird hauptsächlich durch die Drehzahl, den Durchmesser, die Anzahl der Flügel und den Flügelstellwinkel bestimmt. Das Kennfeld zeigt den Charakter des Ventilators. Dabei handelt es sich um die Druckvolumenstromkennlinie und die elektrische und die spezifische Leistungsaufnahme. DLG-Prüfberichte geben Aufschluss über den Charakter des Ventilators. In vielen Bereichen haben sich Energiesparventilatoren durchgesetzt, die im abgeregelten Bereich bis zu 50 % Energieeinsparung aufweisen. Trotz höherer Anschaffungskosten amortisieren sich die Geräte relativ schnell. Wichtige Kriterien bei der Auswahl von Ventilatoren sind auch Haltbarkeit und Geräuschentwicklung. Beim Einsatz in Abluftreinigungsanlagen oder in Wärmetauschern sind besonders hohe Gesamtdruckbelastungen von bis zu 200 Pa zu beachten. Handelsübliche Ventilatoren sind dann schnell überfordert.

### Regelungstechnik

Hier hat sich der Klimacomputer zur Stallklimaregelung aufgrund relativ niedriger Anschaffungskosten und einem hohen technischen Standard in der Praxis durchgesetzt. Durch ihren Einsatz bestehen sowohl bei Einzel- als auch bei Zentralabsaugung sehr gute technische Regelungsmöglichkeiten. Fast alle Computer sind zwischenzeitlich über BUS vernetzungsfähig. Zentralabsaugungsanlagen erfordern aufwändigere Regelsysteme als Einzelabsaugungen, da Regelgrößen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Gasgehalt aus mehreren Stallabteilen erfasst und bearbeitet werden müssen, um den erforderlichen Luftvolumenstrom pro Abteil zu ermitteln.

Bei der Einzelabsaugung ist der Einsatz von Ventilatoren mit Gleichstrommotor und elektronischer Kommutierung, einschließlich elektronischer Bauteile, sinnvoll. Im drehzahlregulierten Bereich ist dieser Ventilator sehr sparsam und den herkömmlichen

Ventilatoren weit überlegen. Als Variante zur Drehzahlregelung von Ventilatoren mit Wechselstrommotoren ist der einphasige Frequenzumrichter interessant. Dabei kann als Regelsignalgeber ein elektronischer Thermostat sowohl für den Frequenzumrichter als auch für den Ventilator mit Gleichstrommotor eingesetzt werden. Auch hier ist eine Stromersparnis im drehzahlregulierten Bereich gegeben.

### Alarmanlagen

Die Tierhaltungsverordnungen und die Bestimmungen der Sachversicherer schreiben vor, dass die Tiere in Stallanlagen bei Stromausfall und sonstigen Störungen durch den Einsatz von Alarmanlagen zu schützen sind. Durch Alarmanlagen werden verschiedene Kriterien wie etwa Temperatur im Stall oder Spannung der Stromkreise überwacht und bei Unregelmäßigkeiten an den Alarmgeber weitergeleitet. Dabei kommen optische und/oder akustische Alarmgeber sowie Alarmmeldungen über Funk oder Telefon in Betracht. Weiterhin werden zentrale Überwachungsdienste von Firmen angeboten. Die Ereignisse in den Stallabteilungen können auch durch elektronische Überwachungseinrichtungen (Kameras) erfasst und an eine Zentrale übermittelt werden.

### Heizung

Die Auswahl und der Einsatz der Heizsysteme sind von den einzelbetrieblichen Voraussetzungen abhängig. Nach wie vor werden Gaskanonen in Stallabteilen mit relativ geringen Temperaturansprüchen oder um Abteile vor dem Reinigen aufzuheizen eingesetzt. Die Geräte sind relativ preiswert und zeichnen sich durch ein großes Leistungsspektrum aus. Da die erwärmte Luft mit relativ hoher Geschwindigkeit durch den Stall geblasen wird, kann es jedoch zu hohen Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich und einem schlechten Spülgrad kommen. Bei Stallabteilen mit Tieren, die höhere Anforderungen an das Raum- und Kleinklima stellen, kommen Systeme, bei denen geringere Temperaturschwankungen im Abteil auftreten oder regelbare Temperaturen im Tierbereich gewährleisten, zum Einsatz. Folgende Heizungsarten haben sich je nach Tierart und Stallausführung in der Praxis 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 (Bild 2). Die Lie-

geflächen im Ferkelbereich sollten wärme- gedämmt 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.
- Gaskonvektoren: Die erwärmte Luft wird über Zuluftrohre, meist Wickelfalzrohre, gleichmäßig im Stallabteil verteilt.

**Kühlung**

Durch den Einsatz von Wasserversprüh- oder Wasserverdunstungsgeräten kann eine Absenkung der Stalltemperaturen um 5 K erreicht werden. Diese Werte sind auch dadurch zu erreichen, in dem die Außenluft über perforierte, mit Wasser besetzte Wände angesaugt wird. Diese Maßnahmen sollten jedoch nicht an schwülwarmen Tagen, an denen eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit vorherrscht, durchgeführt werden, da sich durch den Eintrag von Wasser die relative Luftfeuchtigkeit und damit auch der Wärmeinhalt der Stallluft wesentlich erhöhen und zu erheblichen Belastungen bei den Tieren führen können.

Auch der Einsatz von Erdwärmetauschern kann zur Kühlung der Zuluft positiv beitragen. Hier wird die Zuluft über im Erdreich verlegte Rohre oder Kanäle angesaugt und entsprechend abgekühlt in die Ställe eingeleitet.

Des Weiteren können auch Luft-Wasser-Wärmetauscher zur Kühlung eingesetzt werden, in dem durch die Rohre im Sommer kalte Flüssigkeit geleitet wird.

Eine Beschattung der Zuluftöffnungen kann sich ebenfalls vorteilhaft auf die Klimagegestaltung auswirken.

**Außenklimaställe**

Einfache kostengünstige Stallsysteme in Form von Außenklimaställen haben sich in der Rindviehhaltung bewährt. Dabei handelt es sich um großvolumige Bauweisen mit einer oder mehreren offenen Stallseiten. Die großvolumige Bauweise wird durch 4 m bis 5 m hohe Traufhöhen und eine Dachneigung von 20° gewährleistet. Die relativ große Dachneigung garantiert eine gute Ableitung der Abluft und des eventuell anfallenden Kondenswassers. Eine Abdeckung des offenen Firstes ist nur erforderlich, wenn sich die Firstöffnung über dem Liegebereich der Tiere befindet.

Bei der Verkleidung der Außenwände (Traufseiten) haben sich mechanisch ver-

stellbare Wickellüftungen 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 wärmegeprägten Platten gewählt werden.

Bei länger anhaltenden Hitzeperioden mit Windstille kommt es jedoch zu Leistungseinbrüchen, da die Tiere in solchen Situationen nicht in der Lage sind, ausreichend Wärme und Wasserdampf an ihre Umgebung abzugeben. Auch vollständig geöffnete Wand- und Giebelseiten reichen in solchen Situationen nicht aus, das Gebäude ausreichend zu belüften. In diesen Ausnahmesituationen haben sich Unterstützungslüftungen mit großen Ventilatoren bewährt, die eine künstliche Luftbewegung im Stall erzeugen, um den Tieren die Wärmeabgabe zu erleichtern. Die Anordnung der Ventilatoren sollte so erfolgen, dass möglichst keine durch die Sonne aufgeheizte Außenluft in den Stall eintritt. Hierbei sind jedoch nachbarschaftliche Belange, etwa Lärm- und/ oder Geruchsbeeinträchtigungen, zu berücksichtigen. Bei längeren Stallgebäuden werden mehrere Reihen Ventilatoren hintereinander angebracht. Der Abstand zwischen den Ventilatorenreihen sollte maximal 20 m betragen, wobei die erste Reihe in einer Entfernung von maximal 2 bis 4 m von der Außenwand (meist Giebelwand) montiert werden sollte. Die Installation der Ventilatoren ist in mindestens 2,5 m Höhe mit einem Neigungswinkel von 12 bis 15° vorzunehmen. Als Luftvolumenströme werden in der Literatur 500 bis 2000 m<sup>3</sup>/h und Kuh empfohlen, wobei in der Praxis meistens 600 bis 1000 m<sup>3</sup>/h umgesetzt werden. Die Ermittlung der erforderlichen standortspezifischen Luftvolumenströme und die Anordnung der Ventilatoren sollten durch eine Fachkraft vorgenommen werden.

Grundsätzlich ist jedoch auch auf die Stellung des Stallgebäudes im Gelände und zur Hauptwindrichtung zu achten. Bei der Anordnung des Gebäudes quer zur Hauptwindrichtung wird das Gebäude optimal durchspült. Hindernisse in der Hauptwindrichtung (Bepflanzungen, weitere Gebäude) können den Spülgrad des Stalles und damit das Wohlbefinden der Tiere maßgeblich beeinträchtigen.

Bei den Außenklimaställen in der Schweinehaltung (Bild 3) wird der Luftwechsel in den Ställen vor allem durch den Einfluss des Windes und der Thermik gewähr-



*Bild 3: Mastschweinehaltung in Außenklimaställen*

*Fig. 3: Keeping fattening pigs in outside climate houses*

leistet. Um jahreszeitlich bedingte Temperaturschwankungen auszugleichen, sind die Ställe in verschiedene Temperaturbereiche unterteilt. Bei diesen Stallsystemen werden wesentlich höhere Luftvolumenströme pro Tier – bezogen auf den Jahresmittelwert – erreicht als in zwangsbelüfteten Ställen. Aufgrund des hohen Luftaustausches wird daher die Stallluft bei diesen Systemen als wesentlich angenehmer empfunden. Probleme können bei Inversionswetterlagen mit beinahe Windstille auftreten, da in dieser Situation die Durchspülung der Ställe und damit die Wärmeabgabe der Tiere nicht mehr gewährleistet ist.

**Abluftreinigung**

Die Entwicklung der Abluftreinigungsanlagen reicht bis in die 1970er Jahre zurück. Die Verfahren (Biofilter, biologische oder chemische Wäscher) wurden weiterentwickelt und kommen in Regionen zum Einsatz, in denen aufgrund rechtlicher Rahmenbedingungen die erforderlichen Schutzabstände zur Wohnbebauung oder zu Biotopen nicht eingehalten werden können, die Vorbelastung zu hoch oder eine Teilaussiedlung aus verschiedenen Gründen nicht möglich ist. Diese Verfahren sind allerdings nur bei Ställen mit Zwangsentlüftung einzusetzen. Verschiedene Hersteller haben ihre Anlagen inzwischen von der DLG mit Erfolg prüfen lassen. Trotz verfahrenstechnischer Weiterentwicklungen gehören Abluftreinigungsanlagen nicht zum Stand der Technik emissionsarmer Tierhaltungsverfahren.

Auch Verfahren (sogenannte Indoorverfahren), bei denen Wasser in Verbindung mit Zusatzstoffen in der Stallluft vernebelt wird, sind in letzter Zeit vermehrt auf dem Markt angeboten worden. Die meistens versprochenen Stallluftverbesserungen haben sich jedoch bei von neutralen Instituten durchgeführten Messungen nicht bestätigt. Die weitere Entwicklung bleibt abzuwarten.