

Gerd Franke, Kassel

# Entwicklungstendenzen bei der Stallklimotechnik

*Nutztiere müssen sich in der ihnen zur Verfügung gestellten Umgebung wohlfühlen, damit ihr entsprechendes Leistungspotenzial ausgeschöpft werden kann. Ein gutes Stallklima trägt wesentlich zum Wohlbefinden der Tiere bei. Unabhängig vom Außenklima ist für die Tiere ein optimales Raumklima anzustreben. Lüftungs- und Klimageräte sorgen dabei tages- und jahreszeitbedingt durch einen entsprechenden Luftaustausch in den Räumen für den Abtransport von Wasserdampf, Wärme und Gasen. Bei Außenklimaställen erfolgt die Klimagestaltung durch Thermik und Winddruck, in Rindviehställen auch immer häufiger durch Unterstützungslüftung.*

Dipl.-Ing. Gerd Franke ist Mitarbeiter des Hessischen Dienstleistungszentrums für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz (HDLGN) in Kassel und hat die hier vorliegende Übersicht im Auftrag der DLG zusammengestellt.

## Schlüsselwörter

Zu- und Abluftführung, Kühlung, Heizung, Regelung

## Keywords

Fresh air and exhaust air ducting, cooling, heating, control

Unterdrucksysteme sind bei der Schweine- und Geflügelhaltung Standard. Es werden zentrale oder dezentrale Abluftführungen, je nach umwelt- oder stallspezifischen Anforderungen, installiert. Durch die Tendenz zu größeren Stalleinheiten und damit auch zu größeren Stallabteilen sind dezentrale Lösungen im Kommen, da sich diese einfacher regeln lassen. Aus Gründen des Immissionsschutzes oder beim Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen können zentrale Abluftführungen von Vorteil sein. Bei allen Systemen ist auf eine ausreichende Dimensionierung der Abluftkanäle zu achten. In Geflügelställen wird die sogenannte Tunnellüftung verstärkt eingesetzt. Hierbei wird die gesamte Abluft an einer Stirnseite des Stallgebäudes abgesaugt und die Zuluft an den Traufseiten in den Stall eingeleitet.

## Ventilatoren

In Stalllüftungsanlagen werden fast ausschließlich Axialventilatoren für den Niederdruckbereich eingesetzt. Der Volumenstrom und die Druckerhöhung, die Leistung des Ventilators, werden im Wesentlichen durch die Drehzahl, Flügelanzahl, Flügelanstellwinkel und den Durchmesser des Ventilators bestimmt. In der Praxis werden Schnell- und Langsamläufer mit rund 1400 oder 900 Umdrehungen pro Minute sowohl mit Wechsel- als auch mit Drehstrommotoren ausgerüstet. Schnellläufer werden in Anlagen mit höherem Widerstand und Langsamläufer in Anlagen mit geringem Widerstand eingebaut. Der Charakter eines Ventilators wird im Kennfeld dargestellt. In DLG-Prüfberichten wird das Kennfeld - die Druckvolumenstromkennlinie, die spezifische Leistungsaufnahme und die elektrische Leistungsaufnahme - aufgeführt. In vielen Bereichen haben sich die Energiesparventilatoren durchgesetzt (siehe Regelung). Im abgeregelten Bereich sind Energieeinsparungen von 50 % und mehr möglich, so dass eine Amortisation, aufgrund höherer Anschaffungskosten, in drei bis fünf Jahren möglich ist. Kriterien für die Auswahl der Ventilatoren können weiterhin Geräuschentwicklung und Haltbarkeit sein.



Bild 1: Zuluftführung über Rieselkanäle

Fig. 1: Fresh air ducting through perforated ceiling channels

## Zubehör

Bestandteile der Ablufttechnik sind weiterhin Abluftschächte, Einströmdüsen, Diffusoren. Die Durchmesser der Abluftschächte sind exakt auf die Ventilatoren abzustimmen, um unnötige Verwirbelungen im Abluftschacht und damit verbundene Druckverluste zu vermeiden. Diffusoren und Einströmdüsen können zu einer Druckverminderung von bis zu 30 Pascal führen, da durch diese Bauteile der Luftaustritt oder Lufteintritt in den Abluftschacht erleichtert wird.

## Regelung

Durch den inzwischen erreichten hohen technischen Standard und aufgrund niedriger Anschaffungskosten haben sich die Klimacomputer in den letzten Jahren durchgesetzt. Durch ihren Einsatz bestehen beste regelungstechnische Möglichkeiten, sowohl Zentralabsaugungsanlagen als auch Abteile mit Einzelabsaugung zu bedienen. Moderne Klimacomputer sind über einen BUS (Binary Unit System) vernetzungsfähig. Hinsichtlich Zentrallüftungsanlagen wird der zentrale Klimacomputer zunehmend durch Einzelcomputer für jedes Abteil ersetzt. Der Luftbedarf eines jeden Abteils wird einer Zentrale gemeldet. Hier werden der Gesamtvolumenstrom berechnet, der Grundlastventilator geregelt und bei Bedarf weitere Ventilatoren hinzugeschaltet. Grundsätzlich erfordern Zentrallüftungsanlagen aufwendigere Regelungen als Einzelabteillüftungen, da von mehreren Stallabtei-



Bild 2: Zuluffführung über Futtergang

Fig. 2: Fresh air ducting through the feeding alley

len Regelgrößen, zum Beispiel Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Gasgehalte erfasst, verarbeitet und der für ein Abteil bedarfsgerechte Volumenstrom gefördert werden muss. Hier haben sich die Klimacomputer mit ihren zahlreichen Möglichkeiten gut bewährt. Für die Einzelabsaugung ist der Einsatz von Ventilatoren mit Gleichstrommotor und elektronischer Kommutierung einschließlich elektrischer Bauteile prädestiniert. Vor allem im drehzahlgeregelten Bereich ist dieser Ventilator sehr sparsam. Relativ neu bei der Stalllüftung ist der einphasige Frequenzumrichter zur Drehzahlregelung von Ventilatoren mit Wechselstrommotoren. Durch niedrige Leistungsaufnahme im Drehzahlregelbereich der Ventilatoren ist der Frequenzumrichter eine interessante Variante. Als Regelsignalgeber kann ein elektronischer Thermostat sowohl für den Frequenzumrichter als auch für den Ventilator mit Gleichstrommotor eingesetzt werden.

### Alarmanlagen

Bei Stromausfall und sonstigen Störungen in Stallanlagen sind die Tiere durch den Einsatz von Alarmanlagen zu schützen. Dieses schreiben die Bestimmungen der Sachversicherer und die Tierhaltungsverordnungen zwingend vor. Durch die Alarmanlage werden verschiedene Parameter, zum Beispiel Temperatur im Stall oder Spannung der Stromkreise, überwacht und an Alarmgeber weitergeleitet. Es kommen akustische und optische Alarmgeber in Betracht. Bei Stallgebäuden im Außenbereich sollten die Alarmgebungen über Telefon oder Funk erfolgen. Auch bieten Firmen zentrale Überwachungsdienste an. Fehlermeldungen aus Stallanlagen werden zu diesen Firmen geleitet, welche dann den Tierhalter unterrichten. Weiterhin bieten elektronische Überwachungseinrichtungen die Möglichkeit, die Abläufe in Stallabteilen mittels festinstallierten Kameras zu kontrollieren und an eine Zentrale zu übermitteln.

### Zuluft

Die Zulufführung sollte gewährleisten, dass im Stallabteil ein hoher Spülgrad erreicht wird und trotzdem keine Zugluft im Tierbe-

reich entsteht. Die zulässige Luftgeschwindigkeit im Tierbereich ist von der Zulufftemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und der Art und Größe der Tiere abhängig. In den vergangenen Jahren haben sich Verdrängungslüftungen gegenüber Strahl Lüftungen immer stärker behauptet. Die Einleitung der Frischluft in den Stall erfolgt hauptsächlich über Rieselkanäle mit perforierten Böden in Form von Lochplatten oder Lochfolien (Bild 1). Die Rieselkanäle werden meistens aus wärmegeprägten Hartschaumplatten hergestellt, so dass eine Kondensatbildung im Winter vermieden wird. Um große Widerstände in der Anlage zu verhindern, sollte die Luftgeschwindigkeit im Kanal bei Sommerluft maximal 2,5 m/s betragen. Bei einseitigem Eintritt der Zuluft in den Kanal sollte die Kanallänge 15 m nicht übersteigen, wobei der Luftdurchsatz etwa 250 bis 300 m<sup>3</sup>/h und m<sup>2</sup> Rieselfläche beträgt. Aus diesen Kriterien ergibt sich eine Kanalhöhe von 30 bis 50 cm. Die Anbringung der Kanäle sollte über den Buchten, jedoch nicht direkt an den Außenwänden erfolgen, um einen guten Spülgrad im Stall zu gewährleisten und ein schnelles Absinken der Kaltluft an den Außenwänden zu vermeiden.

Als kostengünstige Alternative bietet sich in kleineren Stalleinheiten die Zulufführung über dem Futtergang an (Bild 2). Die Bemessung des Luftvolumenstroms ist der begrenzende Faktor für die Futterganglüftung. Als Kriterien sind eine Ganglänge von maximal 15 m, eine Zuluffgeschwindigkeit im Futtergang bei Sommerlüftung nicht über 2,5 m/s und eine Buchtentiefe von nicht mehr als 4,5 m zu berücksichtigen. Des Wei-

teren müssen die Buchtentrennwände zum Futtergang mindestens so hoch sein wie die Zulufföffnung in der Tür, und der Absaugpunkt der Stallluft sollte in der Nähe des Lufteintritts in das Stallabteil liegen.

Alternativ zu Verdrängungslüftungen werden auch Strahl Lüftungssysteme mit zentralverstellbaren Zuluffelementen, insbesondere in größeren Geflügel- und Sauenbeständen, eingebaut. Die Steuerung der Zuluffelemente erfolgt temperaturabhängig über Thermostat. Als Planungsgrößen sind zu beachten, dass der Einbau der Zuluffelemente möglichst unter der Stalldecke erfolgt, das Verhältnis von Raumhöhe zu Raumbreite 1:4 nicht überschreitet und die maximale Einströmgeschwindigkeit im Sommer 4 m/s und im Winter 1 m/s beträgt. Diese Art der Zulufführung kann einen guten Spülgrad bewirken, bei nicht sachgemäßer Handhabung jedoch zu Zugerscheinungen im Tierbereich führen.

### Kühlung

Für alle Zuluffsysteme gilt grundsätzlich, dass die Zuluft im Sommer nicht aus dem Dachraum entnommen werden sollte, da in diesem Bereich Temperaturen bis 70 °C durch intensive Sonneneinstrahlung auftreten können. Die Einleitung der Frischluft in das Zuluffsystem sollte auf der Nordseite erfolgen. Nachträgliche Maßnahmen zur Beschattung durch Bäume, Büsche oder sonstige Einrichtungen können sinnvoll sein.

Durch den Einsatz von Wasserversprüher- oder Wasserverdunstungsgeräten kann eine Absenkung der Stalltemperatur um bis zu 5 °C erreicht werden (Bild 3). Gleiches gilt auch für das Ansaugen der Luft durch perforierte, mit Wasser besprühte Zuluffwände. Diese Maßnahmen sollten jedoch nicht an schwülwarmen Tagen zum Tragen kommen, da durch den Eintrag von Wasser die Temperatur im Stall zwar abgesenkt wird, sich der Wärmeinhalt der Stallluft aber wesentlich erhöht und zu erheblichen Belastungen des Kreislaufs bei Mensch und Tier führen kann.



Bild 3: Wasserversprühanlage unterhalb der Zuluffführung im Stall

Fig. 3: Water atomiser facility beneath the fresh air duct in the stable



*Bild 4: Zuluffführung über Außenwand mit aufwickelbaren Netzen*

*Fig. 4: Fresh air free ventilation through the side wall with roll-up covers*

Auch Erdwärmetauscher, bei denen die Zuluft vor Eintritt in den Stall mittels Kunststoffrohre durch das Erdreich oder das Grundwasser geleitet und in der warmen Jahreszeit abgekühlt wird, können zu erheblichen Entlastungen führen. Diese Systeme sind jedoch relativ teuer.

### Heizung

Die Auswahl der Heizsysteme ist von den betrieblichen Voraussetzungen abhängig. Nach wie vor werden Gaskanonen in Stallabteilen mit relativ geringen Temperatursprüchen 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 die regelbare Temperaturen im Tierbereich gewährleisten, zum Einsatz. Soll lediglich die Raumtemperatur konstant gehalten werden, kommen Gaskonvektoren in Betracht, die erwärmte Luft, meist über Wickelfalzrohre, gleichmäßig im Stallabteil verteilen. Ebenso bieten sich Warmwasserheizungen in Verbindung mit Delta- oder Twinrohren an. Die Regulierung der Wasserverteilung ist durch handelsübliche Systeme möglich.

Bei der Zonenheizung im Ferkelaufzuchtbereich und im Abferkelbereich herrscht die Warmwasserfußbodenheizung, oftmals kombiniert mit Infrarotstrahlern, vor. Für die Fußbodenheizung werden häufig vorgefertigte Heizplatten aus Kunststoff oder Leichtbeton eingesetzt.

In Geflügelställen und größeren Sauenställen werden Strahlungsheizungen vor allem in Form von Dunkelstrahlern verwendet.

### Außenklimaställe

Einfache und 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 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. Die seitlichen Wandverkleidungen bestehen aus verstellbaren Zuluftelementen oder aus mechanisch verstellbaren Seitenteilen wie wickelbaren Netzen oder Gitternetzen.

Werden die Tiere das ganze Jahr im Stall gehalten, ist eine Dacheindeckung aus wärmedämmten Dachplatten, zumindest eine Dacheindeckung mit hellen Dachplatten, sinnvoll, um den Wärmeeintrag durch die Sonneneinstrahlung zu minimieren. Kühe verkraften Kälteeinbrüche im Winter gut. 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 sie von der Hauptwindrichtung unterstützt werden. 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 je nach Leistung der Ventilatoren 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 15 bis 20° vorzunehmen. Als Luftvolumenströme werden in der Literatur 500 bis 2000 m<sup>3</sup>/h und Kuh empfohlen. Die Ermittlung der erforderlichen stand-

ortspezifischen 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, zum Beispiel Bepflanzungen oder weitere Gebäude, können den Spülgrad des Stalles und damit das Wohlbefinden der Tiere maßgeblich beeinträchtigen.

Auch für die Schweinehaltung werden Außenklimaställe mit freier Lüftung gebaut. Hier erfolgt der Luftwechsel im Stall ebenfalls vor allem durch Thermik und Winddruck. Damit sich die Tiere den jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen anpassen können, ist zu gewährleisten, dass diese Ställe in verschiedene Temperaturzonen (Liegebereich, Kommunikationsbereich, Fressbereich) unterteilt werden. Insgesamt werden bei diesen Stallsystemen im Jahresmittel wesentlich höhere Luftvolumenströme pro Tier gefahren als in zwangsbelüfteten Ställen. Aus diesem Grund wird die Stallluft als angenehmer empfunden. Bei den vorher beschriebenen Wetterlagen im Sommer können jedoch auch hier Probleme bei der Wärmeabgabe der Tiere auftreten.

### Zusammenfassung

Abschließend ist zu bemerken, dass die Schweinehaltung auch in nächster Zukunft überwiegend in konventionell errichteten, geschlossenen Stallgebäuden mit mechanischen Lüftungsanlagen erfolgt. Hierfür sind insbesondere arbeitswirtschaftliche, umweltrelevante und hygienische Gründe ausschlaggebend. Verstärkt werden auch Anlagen zur Verbesserung des Klimas, wie zum Beispiel Befeuchtungs-, Kühlungs- und Heizgeräte zum Einsatz kommen. Eine Feinabstimmung der verschiedenen Anlagenteile ist dank guter Mess- und Regelungstechnik bereits heute sehr gut möglich und wird auch zukünftig weiter optimiert werden. Dabei werden die Aspekte der Energieeinsparung Berücksichtigung finden. Dieser Trend zeichnet sich auch in der Geflügelhaltung ab.

In der Rindviehhaltung wird es kurzfristig keine Alternativen zu den beschriebenen Stallsystemen geben. Hier gilt es, das Wohlbefinden der Tiere und damit auch das Leistungsvermögen, vor allem in der warmen Jahreszeit, durch den Einsatz von mechanischen Lüftungsgeräten zu steigern.