

OPTIMIERUNG DES STALLKLIMAS IN DER MASTSCHWEINEHALTUNG

Ein Leitfaden für die Praxis



EINE BERATUNGSINITIATIVE IM RAHMEN DER MODELL- UND DEMONSTRATIONSVORHABEN TIERSCHUTZ

Im Januar 2014 startete an der Landwirtschaftskammer Niedersachsen das Modell- und Demonstrationsvorhaben der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung zum Thema „Tierwohl, Tiergesundheit und Umwelt bei der Mastschweinehaltung verbessern durch Optimierung der Lüftungsanlagen“. In dem zweijährigen Projekt wurden durch Messungen der Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit, Schadgaskonzentrationen und Lichtverhältnissen in Mastschweineeställen, die Auswirkungen auf das Tierwohl und die Tiergesundheit ermittelt. Durch betriebsindividuelle Optimierungen der Klimagestaltung konnten Empfehlungen zur Vermeidung von lüftungsbedingten Tierverlusten, Erkrankungen und Verhaltensanomalien abgeleitet werden. Dabei wird ebenfalls auf die Reduzierung von Emissionen sowie die Einsparung von Energie eingegangen.

Das Ziel dieser Beratungsinitiative ist die Steigerung des Tierwohls und der Tiergesundheit in der Mastschweinehaltung durch ein an die Tierbedürfnisse angepasstes Management des Stallklimas. Schwachstellen in der Klimaführung sollen aufgedeckt und durch eine intensive Kontrolle der Klimaparameter beseitigt werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

www.bmel.de

Projektnummer 2813MDTo40

IMPRESSUM:

Herausgeber: Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Redaktionsteam: Katrin Peperkorn
Sebastian Bönsch
Dr. Hans-Heinrich Kowalewsky

Fotos: Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Katrin Peperkorn, Sebastian Bönsch

Abbildungen: Katrin Peperkorn, Kris Peperkorn

© 2016 Landwirtschaftskammer Niedersachsen, BMEL, BLE

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Genehmigung des Herausgebers

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

liebe Leserinnen und Leser,

das BMEL hat im September 2014 die Initiative „Eine Frage der Haltung – Neue Wege für mehr Tierwohl“ gestartet. Ziel dieser Initiative ist es, alle Verantwortlichen für eine Verbesserung des Tierwohls zu gewinnen. „Eine Frage der Haltung“ bezieht sich dabei nicht nur auf die Haltungsbedingungen von Tieren, sondern auch auf die Haltung in den Köpfen, nämlich in den Köpfen aller, die mit Tieren umgehen, aber auch der Verbraucher und in der Gesellschaft insgesamt. Ein Schwerpunkt der Initiative ist dabei auch die Reduzierung von schädlichen Umweltwirkungen aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung und die damit verbundene Verbesserung des Tierwohls.

Viele Tierhalter sehen diese Herausforderungen und setzen sich dafür ein, beim Tierschutz weitere Fortschritte zu erzielen. Ein positives Beispiel hierfür ist das Engagement der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und der landwirtschaftlichen Betriebe, die sich im Rahmen des zweijährigen Intensivberatungsprojekts umfassend mit der Thematik Verbesserung des Tierwohls, der Tiergesundheit und der Umwelt bei der Mastschweinehaltung durch die Optimierung der Lüftungsanlage auseinandergesetzt haben. Das Beratungsprojekt wurde im Rahmen des Modell- und Demonstrationsvorhabens Tierschutz vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert.

Die teilnehmenden Betriebe wurden zwei Jahre lang regelmäßig intensiv betreut und beraten. Die Ergebnisse und Erfahrungen daraus sollen auch anderen Landwirten helfen, praktikable Wege zu finden und diese auch zu gehen. Zum Zweck des Wissenstransfers wurde aus den Erfahrungen und Ergebnissen der Projektbetriebe der vorliegende Leitfaden als Beratungsgrundlage für die breite Praxis entwickelt. Er dient als Hilfestellung für eine tierschutzgerechte Mastschweinehaltung.

Wir laden sie herzlich zum Lesen ein.

Oldenburg / Bonn, im Juli 2016



Gerhard Schwetje
Präsident der
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
(LWK Nds.)



Dr. Maria Flachsbarth
Parlamentarische Staatssekretärin des
Bundesministeriums für Ernährung
und Landwirtschaft (BMEL)

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen des Stallklimas im konventionellen (geschlossenen) Maststall	6
1.1 Anforderungen des Mastschweines an seine Umgebung.....	6
1.2 Aufgaben der Lüftungsanlage	6
2. Lüftungssysteme	7
2.1 Woher kommt die Frischluft?.....	7
2.2 Wie kommt die Frischluft ins Abteil?	9
2.2.1 Rieselkanal.....	9
2.2.2 Diffuse Decke.....	10
2.2.3 Decken-und Wandventile	13
2.2.4 Türganglüftung.....	14
2.2.5 Schlitzganglüftung.....	16
2.2.6 Vergleich der Zuluftsysteme	19
2.3 Was ist im laufenden Betrieb zu beachten?	21
2.4 Wie wird die Abluft aus dem Abteil abgeführt?	21
2.4.1 Oberflurabsaugung.....	22
2.4.2 Unterflurabsaugung.....	23
2.4.3 Kombination von Oberflurabsaugung und Unterflurabsaugung.....	24
2.5 Wo sitzen die Ventilatoren, die die Abluft abführen?	24
2.5.1 Zentralabsaugung.....	24
2.5.2 Einzelabsaugung	25
2.5.3 Vergleich der Abluftsysteme.....	26
3. Dimensionierung und Berechnung von Lüftungsanlagen.....	28
3.1 Lüfterauswahl.....	28
3.2 Dimensionierung der Zuluft und Abluft	29
4. Der Klimacomputer	29
4.1 Temperatur Sollwert.....	30
4.2 Regelbereich/ Spreizung.....	30
4.3 Aktuelle Luftrate (Stellgröße)	30
4.4 Minimale Luftrate.....	30
4.5 Maximale Luftrate.....	31
4.6 Außentemperatur.....	31
4.7 Absenkautomatik.....	31
4.8 Heizung.....	31
4.9 Alarm	31

5. Wie kann Energie eingespart werden?.....	32
6. Beeinflussung des Stallklimas.....	34
6.1 Heizung	34
6.2 Kühlung	35
6.3 Wärmetauscher (Luft-Luft)	36
7. Häufige Schwachstellen von Lüftungsanlagen.....	37
7.1 Fehlströmungen	37
7.2 Defekte und Funktionsstörungen	40
7.3 Undichte Gölleschieber	41
8. Tipps zur eigenen Überprüfung der Lüftungsanlage	42
9. Dinge, die man zur Überprüfung der Lüftungsanlage bei sich haben sollte.....	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stallklimaansprüche des Mastschweines (25-120kg)	6
Tabelle 2: Vor- und Nachteile der verschiedenen Zuluftsyste me	19
Tabelle 3: Vor- und Nachteile der verschiedenen Zuluftsyste me	20
Tabelle 4: Vor- und Nachteile verschiedener Ablufführungen	26
Tabelle 5: Vor- und Nachteile verschiedener Abluffyste me	27
Tabelle 6: Berechnung der Lufrate für Mastschweine nach Empfehlungswerten und der DIN 18910 in m ³ /h/Tier.....	28
Tabelle 7: Messdaten zu verschiedenen Abluftkamingestaltungen.....	33

Abbildungs- und Bilderverzeichnis

Abbildung 1: Luftausströmung der Schlitzganglüftung	17
Abbildung 2: schematische Luftführung bei Rieselkanallüftung	19
Abbildung 3: schematische Luftführung bei diffuser Deckenlüftung.....	19
Abbildung 4: schematische Luftführung bei Deckenventillüftung	20
Abbildung 5: schematische Luftführung bei Türganglüftung.....	20
Abbildung 6: schematische Luftführung bei Schlitzganglüftung	20
Abbildung 7: Einordnung der Luftkühlsysteme nach ihrem Wirkungsgrad und den Investitionskosten	35

Bild 1: Frischluft gelangt über die Traufe in den Stall	7
Bild 2: Frischluft gelangt über Giebelklappen in den Stall (Außenansicht/ Innenansicht)	8
Bild 3: Frischluft gelangt durch das Erdreich in den Stall	8
Bild 4: Giebelklappen mit Windschutz.....	9
Bild 5: Rieselkanallüftung mit mittig im Abteil liegendem Kanal	10
Bild 6: diffuse Deckenlüftung, Abteilansicht.....	11
Bild 7: Schichten der diffusen Decke im Dachraum.....	11
Bild 8: diffuse Decke mit Holzwolle-Zementplatten.....	11
Bild 9: Deckenventillüftung (links Abteilansicht/ rechts Dachraumansicht).....	14
Bild 10: Türganglüftung mit geschlossenem Futtergang	15
Bild 11: Türganglüftung mit Lochblechtür	16
Bild 12: Lochblechtür mit unterem geschlossenem Drittel	16
Bild 13: Unterflurzulufsystem	16
Bild 14: Schlitzganglüftung mit Deckenelementen (links Abteilansicht/ rechts Dachraumansicht)	18
Bild 15: Deckenelemente der Schlitzganglüftung mit Mittelwand zur Luftführung und unterhalb liegender Hochdruckwasserverneblung	18
Bild 16: Deckenelement der Schlitzganglüftung mit Seilzugführung der Stellklappen für Luftmengen Anpassung	18
Bild 17: Abluftschacht der Oberflurabsaugung	22
Bild 18: Unterflurabsaugung mittig im Abteil gelegen	24
Bild 19: Außenansicht eines Stalles mit Zentralabsaugung	25
Bild 20: Blick in den Kanal einer Zentralabsaugung	25

Bild 21: Außenansicht eines Stalles mit Einzelabsaugung.....	26
Bild 22: Blick in den Abluftschacht einer Einzelabsaugung.....	26
Bild 23: verschiedene Stellklappen zur Abluftmengensteuerung aus dem Abteil	27
Bild 24: Abluftschacht mit Messventilator.....	29
Bild 25: verschiedene Klimacomputer	29
Bild 26: Verschmutzungen an Zu- und Abluftbereichen	32
Bild 27: Abluftschacht mit Einströmdüse (hier grün)	32
Bild 28: verschiedene Heizsysteme für Schweineställe (Gaskanone, Wickelfalzrohr, Wärmeluftkonvektor, Twinrohre	34
Bild 29: Wasserhochdruckvernebelung im Abteil bzw. im Zuluftbereich	36
Bild 30: Luft-Luft Wärmetauscher Zuluftseite.....	37
Bild 31: Luft-Luft Wärmetauscher Abluftseite	37
Bild 32: nicht mittig liegende Zuluftelemente der Schlitzganglüftung	38
Bild 33: deckengleicher Absaugpunkt	38
Bild 34: Reinigung des Traufgitters.....	38
Bild 35: Undichtigkeiten im Abluftkanal	39
Bild 36: Undichtigkeiten an der Abteiltür	39
Bild 37: Abdichten des Spaltenbodens auf dem Treibegang bei der Schlitzganglüftung	39
Bild 38: Güllebehälter in Hauptwindrichtung zum Zulufttritt des Stalles	40
Bild 39: Verschiedene Abdichtungen von Gülleschieberöffnungen	41

1. Grundlagen des Stallklimas im konventionellen (geschlossenen) Maststall

Die Lüftung gehört zu den wichtigsten Einflussfaktoren in der gesamten Tierhaltung. Das Stallklima ist neben der Fütterung sowie dem Management einer der wichtigsten Parameter in der Nutztierhaltung. Die Lüftung in den heutigen zwangsgelüfteten Ställen beeinflusst in hohem Maße die Tierleistung. Bei mangelhafter Stallklimaführung können zusätzliche Stresssituationen und Krankheiten bei den Tieren ausgelöst werden. Dieses gilt es unbedingt zu vermeiden.

1.1 Anforderungen des Mastschweines an seine Umgebung

Durch seinen Körperbau, den physiologischen und anatomischen Gegebenheiten des Schweines und nicht zuletzt seiner Domestizierung stellt das Schwein bestimmte Anforderungen an seine Umgebung. Im Folgenden werden die Stallansprüche für ein Tier in der Gewichtsklasse von 25-120 kg tabellarisch dargestellt. Die Empfehlungen ergeben sich aus Praxiserfahrungen, die Richtwerte kommen aus der DIN 18910 sowie aus der Tierschutz- Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV).

Tabelle 1: Stallklimaansprüche des Mastschweines (25-120kg)

		Empfehlung	Richtwerte
Temperatur	°C	19- 28	14- 26
Luftfeuchtigkeit	%	75	60- 80
Luftgeschwindigkeit im Tierbereich	m/s	0,2 (Sommer bis 0,6)	0,2 (Sommer bis 0,6)
Luftgeschwindigkeit im Zuluftbereich	m/s	2,5-3	2,5-3
Licht	Lux	80	80 (8h)
Luftqualität	CO ₂ in ppm	2500	<3000
	NH ₃ in ppm	15	<20
	H ₂ S in ppm	0	<5
Luftraten	m ³ /h/Tier	Max. 80-110 (Sommer) Min. 7 (Winter)	Max. 119 (Sommer) Min. 15,6 (Winter)

1.2 Aufgaben der Lüftungsanlage

Die Hauptaufgabe der Lüftung ist die Versorgung der Tiere mit Frischluft sowie die Abfuhr von gesundheits- und gebäudeschädigenden Gasen (Raumlasten). Daneben gibt es allerdings eine Reihe an zusätzlichen Aufgaben und Anforderungen an die Lüftung. Je nach Haltungsabschnitt der Mastschweine werden unterschiedliche Bedingungen an das Stallklima geknüpft. Hier sind vor allem die Raumtemperatur sowie die Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich zu nennen. In den warmen Monaten besteht die Hauptaufgabe der Lüftung überwiegend in der Ableitung von überschüssiger Wärme um den Hitzestress und den daraus folgenden Kreislaufproblemen bei den Tieren entgegenzuwirken. In den kälteren Monaten soll die Lüftungsanlage dafür sorgen, dass ein ausreichender Luftaustausch stattfindet, aber nicht unnötig viel Wärme verloren geht. Das bedeutet, dass Schadgase wie Kohlendioxid und vor allem der Wasserdampf in ausreichender Menge abgeführt, dabei die Wärmeverluste jedoch gering gehalten werden.

Über das Jahr hinweg muss das Stallklima an die Bedürfnisse des Tieres angepasst werden. Des Weiteren sollte ganzjährig immer eine gleichmäßige Luftverteilung innerhalb des gesamten Stalles erreicht werden. Dieses setzt voraus, dass die Lüftungsanlage in der Lage ist, sehr geringe wie auch sehr hohe Luftwechselraten fahren zu können.

Die heutigen Lüftungssysteme laufen überwiegend im Unterdruckverfahren. Das bedeutet, dass die Abluftventilatoren dafür sorgen, wie viel Luft durch die jeweiligen Zuluftöffnungen in die einzelnen Abteile gesogen wird. Hierfür ist wichtig, dass alle Bereiche innerhalb des Stalles sehr gut abgedichtet sind. Bei der Umsetzung gibt es verschiedene Ausführungen, die im Folgenden erklärt werden sollen.

2. Lüftungssysteme

In der heutigen Schweinehaltung werden überwiegend Unterdrucklüftungssysteme verbaut. Die Unterschiede bestehen überwiegend in der Luftführung der Zu- und Abluft. Zuluftsysteme können in diffuse Lüftungs- und Strahl Lüftungssysteme unterschieden werden. Wie die Bezeichnungen der Lüftungssysteme schon verdeutlichen, handelt es sich bei den diffusen Lüftungen um ein freies Einströmen der Luft mit geringen Geschwindigkeiten und bei der Strahl Lüftung um gerichtete Luftströme mit erhöhten Geschwindigkeiten. Generell wird im Abteil eine Luftwalze erzeugt, in der Temperaturen ausgeglichen und Luftströme vermischt werden.

2.1 Woher kommt die Frischluft?

Bei den meistens Schweinemastställen gelang die Luft über die Traufe in den Dachraum oder über große Öffnungen im Giebel in den Zentralgang, bevor sie von da aus in die einzelnen Abteile strömt. In einigen Fällen werden diese Varianten miteinander kombiniert. So wird die Luft zum Beispiel im Winter über den Dachraum geleitet und im Sommer über Giebelklappen in den Zentralgang oder direkt in einen Zuluftkanal.



Bild 1: Frischluft gelangt über die Traufe in den Stall



Bild 2: Frischluft gelangt über Giebelklappen in den Stall (links Außenansicht/ rechts Innenansicht)

Bei Ställen mit Erdwärmetauschern wird die Frischluft durch Gänge unterhalb des Stalles oder durch Rohre die in der Erde verlegt sind, in den Stall geleitet.

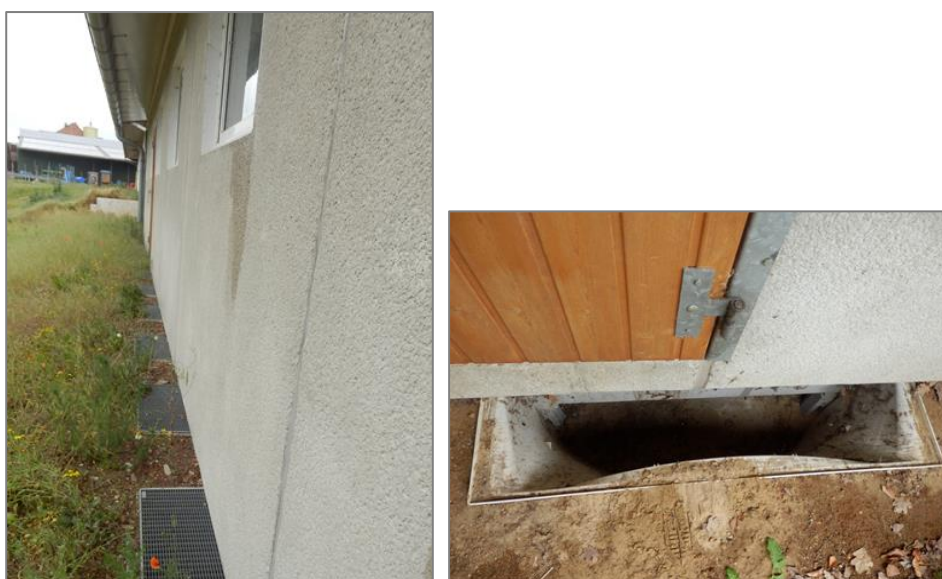


Bild 3: Frischluft gelangt durch das Erdreich in den Stall

Bei einer Frischlufteinströmung ausschließlich über die Traufe in den Dachraum sollte der Dachraum über eine Isolierung verfügen, denn durch die Sonneneinstrahlung wird der Dachraum zusätzlich erwärmt und somit auch die Frischluft. In den Sommermonaten kann es dann zu extremen Temperaturerhöhungen kommen, wodurch Hitzestress bei den Tieren verstärkt wird. Bei einer Isolierung des Dachraums wird die Wärmestrahlung abgedämpft und eine weitere Aufheizung der Frischluft im Dachraum verhindert. Im Winter hingegen wirkt ein isolierter Dachraum wärmedämmend. Das darunter liegende Abteil kühlt nicht so schnell aus, Wärmeverluste werden reduziert und Temperaturschwankungen werden besser abgepuffert.

Der Vorteil der Luftführung über Giebelklappen liegt darin, dass sich die Frischluft im Sommer nicht zusätzlich bei fehlender Isolierung im Dachraum erwärmt. Die Öffnungen für die Sommerlüftung sollten, wenn möglich, immer nördlich angeordnet sein, um Lufterwärmungen durch die Sonne zu vermeiden. Jedoch ist der Einfluss von Wind auf die Luftbewegungen und Drücke im Stall bei Giebelklappen verstärkt. Windabweiser oder zusätzlich Umlenkungen können hier helfen.



Bild 4: Giebelklappen mit Windschutz

2.2 Wie kommt die Frischluft ins Abteil?

Bei der Lüftung von Schweinställen kann die Frischluft über verschiedene Wege ins Abteil geführt werden. Die gängigsten Lüftungssysteme in Deutschland sind der Rieselkanal, die Rieseldecke und die diffuse Decke. Zu den Strahl Lüftungssystemen gehören die Schlitzganglüftung, Türganglüftung sowie Deckenventile bzw. Wandventile.

2.2.1 Rieselkanal

Bei dem Rieselkanal wird die Frischluft durch einen Kanal oder direkt aus dem Dachraum durch Poren in das Abteil geführt. Die großflächige, gleichmäßige Perforation an der Unterseite des Kanals oder integriert in die Decke soll dazu führen, dass die Luft gleichmäßig und langsam in den Raum einströmt. Der Vorteil des Rieselkanals ist, dass er gut bei geringen Luftgeschwindigkeiten funktioniert. Durch die Anzahl der Perforationen strömen viele kleine Luftstrahlen, so dass für die Tiere keine Zugluftgefahr besteht. Man spricht hier von einer geringen Impulswirkung die von Rieselkanälen ausgeht. Um eine gleichmäßige Verteilung der Frischluft zu gewährleisten, ist es hilfreich bei generell geringen Luftstraten Pendelklappen am Lufteintritt in den Kanal zu installieren. Diese verringern den Querschnitt des Lufteintrittes und gewährleisten somit gleichmäßige Druckverhältnisse im Kanal.



Bild 5: Rieselkanallüftung mit mittig im Abteil liegendem Kanal

Bei der Planung von Rieselkanälen spielen folgende Punkte eine Rolle:

- 12-15 m Kanallänge (max. 20 m) bei nur einseitigen Frischlufteintritt in den Kanal
- max. 2,5 m/s Luftgeschwindigkeit im Kanal
- der erste halbe Meter von der Wand sollte geschlossen sein (nicht perforiert)
- die Größe der perforierten Fläche ist abhängig von der Luftdurchlässigkeit, also der Form, Größe und Anzahl der Löcher pro m^2 => Faustzahl: 180-320 m^3/h pro m^2 Fläche (max. 400 m^3/h pro m^2 Fläche)
- der Querschnitt der Lufteintrittsfläche am Kanal muss an die maximale Sommerluftrate angepasst sein
- um die Druckverhältnisse stabil zu halten (nur so kann bei hohen oder geringen Luftraten gleichmäßig Luft einströmen) machen Pendelklappen im Kanaleingang gerade für die Wintermonate Sinn
- wichtig: das Abteil muss gut abgedichtet sein, so dass nur durch die vorgesehene Perforation Frischluft ins Abteil geführt wird
- Verschmutzung und Reinigungseigenschaften beachten
- Dachraum isolieren wenn die Frischluft direkt aus dem Dachraum kommt

2.2.2 Diffuse Decke

Die diffuse Decke funktioniert ähnlich wie der Rieselkanal mit dem Unterschied, dass die Frischluft über die gesamte Deckenfläche einströmt. Die Frischluft kommt zunächst über

die Traufe in den Dachraum, wo sie durch ein Bett aus Mineral- oder Glaswolle und einer dünnen Schlitzplatte oder durch eine Holzwolle- Zementplatte ins Abteil gesaugt wird.



Bild 6: diffuse Deckenlüftung, Abteilansicht



Bild 7: Schichten der diffusen Decke im Dachraum



Bild 8: diffuse Decke mit Holzwolle-Zementplatten

Bei der diffusen Decke kommt die Frischluft direkt aus dem Dachraum, daher sollte dieser isoliert sein und zwischen Abteildecke und Dach mindestens 50 cm Abstand liegen. Die diffuse Decke ist wie der Rieselkanal gut geeignet in Ställen mit zugluftempfindlichen Tieren. Denn auch hier kann durch das großflächige, langsame Einströmen der Frischluft keine Zugluft entstehen. Die Raumdurchströmung ist im Winter wie im Sommer gleich, so dass die Gefahr besteht, dass es im Sommer zu nicht ausreichend hohen Luftwechselraten kommen kann. Ein weiterer Nachteil dieses Systems sind gleiche Außen- und Innentemperaturen. Ist dies der Fall, bleibt die sonst durch Thermik entstehende Durchströmung des Raumes aus. Um dieses zu umgehen, bietet sich ein zusätzlicher Einbau von Deckenventilen an, die durch ihren Strahlöffnungseffekt für eine bessere Raumdurchströmung sorgen. Bei einer Kombination sind die Deckenventile im Winter und den Übergangszeiten geschlossen und öffnen sich an heißen Tagen. Bei der Dimensionierung sollte die diffuse Decke 70 % und die Deckenventile ein Anteil von 30 % der nötigen Sommerlufrate abdecken.

Es ist wichtig bei der diffusen Decke immer einen Unterdruck zu erzeugen. Das bedeutet, dass die Ventilatoren auch bei leerem Stall auf Minimallüftung laufen müssen. Wird dies nicht berücksichtigt kann sich Kondenswasser oder Waschwasser, welches durch die Poren in die Deckenschichten geht mit Staubpartikeln vermischen und die Poren verkleben. Da die Frischluft nie komplett staubfrei ist, setzen sich die diffusen Deckenschichten mit der Zeit zu. Daher sollten sie immer wieder auf Durchlässigkeit überprüft werden. Als Faustzahl gilt es spätestens nach 10 Jahren die Deckenschicht zu erneuern. Bei zugesetzten diffusen Decken verschlechtert sich nicht nur die Frischluftdurchströmung, sondern steigt auch der Stromverbrauch durch erhöhte Widerstände die der Ventilator zu überbrücken hat.

Bei der Planung von diffusen Decken spielen folgende Punkte eine Rolle:

- erhöhter Unterdruck im System (Energiekosten)
- um das Eindringen von Reinigungswasser in die Deckenschicht zu vermeiden, sollte ein spezielles Fließ eingelegt und die Lüfter auch im leeren Stall nicht abgeschaltet werden
- Deckenschicht regelmäßig auf Luftdurchlässigkeit kontrollieren
- Faustzahl: nach 10 Jahren Deckenschicht erneuern
- evtl. zusätzlich Deckenventile mit einbauen um eine ausreichende Luftwechselrate in den Sommermonaten zu gewährleisten
- wichtig: das Abteil muss gut abgedichtet sein um Fehlströmungen zu vermeiden
- Unterflurabsaugung verbessert in den Sommermonaten die Raumdurchströmung

2.2.3 Decken- und Wandventile

Bei den Decken- und Wandventilen kommt die Frischluft entweder über den Dachraum vom Zentralgang oder direkt von draußen durch die Ventile in das Abteil. Die Ventile werden über Stellmotoren, je nach nötiger Luftwechselrate, geöffnet und geschlossen. Bei der Strahl Lüftung über Wand oder Deckenventile wird der sogenannte „Coanda-Effekt“ genutzt: Durch den „Düseneffekt“ der Ventile lehnt sich die einströmende Luft an die Wand oder die Decke an und strömt an ihr entlang. So wird die Frischluft leicht erwärmt, durchmischt sich mit der verbrauchten Luft und es entsteht die gewünschte Luftwalze. Voraussetzung für das Anlehnen an die Decke ist jedoch, dass die Frischluft mit einer Geschwindigkeit von möglichst über 1 m/s einströmt. Des Weiteren spielt die Tiefe des Raumes und die Deckenoberfläche eine wichtige Rolle für eine gute Luftdurchströmung. Bei der Lüftung mit Decken- bzw. Wandventilen kann es leicht zu Fehlströmungen und Zugluft kommen, daher ist hier eine genaue Einstellung und Anordnung der Zuluftelemente gefragt. Diese Lüftung bietet sich daher auch eher bei nicht zugluftsensiblen Tieren, die vorzugsweise in Großgruppen gehalten werden, an. Hier können die Tiere unangenehmen Luftströmen ausweichen. Buchtentrennwände verstärken die Zugluftgefahr. Wird die Frischluft mit zu geringer Geschwindigkeit in das Abteil geführt, so bricht der Luftstrom vorzeitig von der Decke ab, und die Frischluft fällt direkt auf die Tiere. Zudem wird der Rest des Abteils nicht mehr ausreichend mit Frischluft versorgt. Ist der Luftstrom zu stark, gelangt die Luft über die Abteilmwand zu schnell zu den Tieren und erzeugt Zugluft, bzw. kann durch ein Durchströmen des Güllekellers das Raumklima verschlechtern. Dieses Lüftungssystem eignet sich gut für die Kühlung des Abteils mit Wasserverneblungsanlagen. Durch den Strahleffekt der einströmenden Luft lässt sich eine gute Verteilung der gekühlten Luft realisieren. Im Winter bietet es sich an, einzelne Ventilöffnungen zu verkleinern oder ganz zu schließen.

Bei der Planung von Decken- und Wandventilen spielen folgende Punkte eine Rolle:

- Raumtiefe sollte nicht größer als das Vierfache der Einbauhöhe bei einseitiger Einströmöffnung sein
- min. 1 m/s Lufteinströmgeschwindigkeit im Winterbetrieb (einzelne Ventilöffnungen verkleinern oder schließen)
- max. 4 m/s Lufteinströmgeschwindigkeit im Sommerbetrieb
- generell leichte Zugluftgefahr
- glatte Decken (Coanda-Effekt)
- Deckenventile direkt unter die Decke montieren, so dass die Frischluft direkt an der Decke entlang strömen kann
- keine Strömungshindernisse verbauen = Lampen oder Futterleitungen, wenn diese direkt unter der Decke liegen, nur längs zur Luftstromrichtung anbringen
- Wasserverneblung mit Hochdruckdüsen zur Kühlung gut umsetzbar

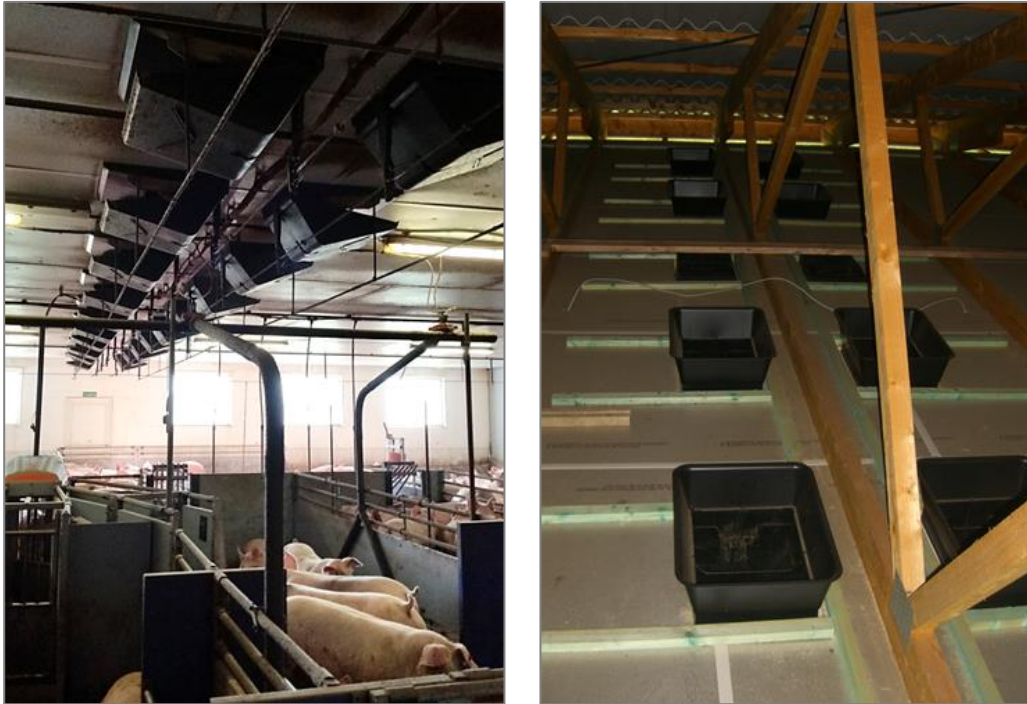


Bild 9: Deckenventillüftung (links Abteilansicht/ rechts Dachraumansicht)

2.2.4 Türganglüftung

Bei der Türganglüftung gelangt die Frischluft von dem Zentralgang über eine Öffnung im unteren Bereich der Abteiltür auf den geschlossenen Futtergang ins Abteil. Von dort strömt sie über die Buchtentrennwände zu den Tieren. Die Öffnung in der Tür kann unterschiedlich ausgeführt sein. Bei der klassischen Variante ist die untere Hälfte der Abteiltür offen. Es gibt aber auch die Variante der Lochblechtür, bei der die Tür aus einem komplett perforierten Blech besteht. Die Frischluft gelang bei dieser Variante durch die gesamte Tür in den Futtergang. Als dritte Variante mit gleichem Prinzip ist die Unterflurfutterganglüftung zu nennen. Hier wird der Keller unterhalb des Futterganges als Kanal genutzt. Die Frischluft gelangt vom Zentralgang durch eine Öffnung unterhalb der Abteiltür in den Kanal unterhalb des Futterganges und gelangt zu den Tieren durch aufsteigen über die Buchtentrennwand.

Die klassische Türganglüftung ist die einfachste und kostengünstigste Lüftungsart in Schweineställen. Grundvoraussetzung für die Funktion der Türganglüftung ist, dass die Frischluft kälter als die Raumluft ist. Nur so verteilt sie sich gleichmäßig im Futtergang und geht langsam, während sie sich erwärmt, über die Buchtenwand zu den Tieren. Weitere Voraussetzungen sind der geschlossene Futtergang sowie geschlossene Buchtentrennwände. Die Abmaße des Futterganges und die Höhe der Buchtentrennwände richten sich nach dem nötigen Luftvolumen. Als Standardmaß sollte der Gang 1 m breit und die Trennwände 1 m hoch sein (die Maße gelten für die Mast und können für die Ferkelaufzucht variieren). Damit die Luft nicht vom Zentralgang direkt in die ersten Buchten fällt, darf die Öffnung in der Tür nicht höher als die Höhe der Buchtentrennwände sein (also nicht höher als 1 m).

Bei der Planung von Türganglüftungen spielen folgende Punkte eine Rolle:

- Geschlossener Futtergang
- Maximale Futterganglänge von 12-15 m (Besonderheiten unten beachten)
- Ca. 1 m breiter Futtergang und ca. 1 m hohe Buchtentrennwände am Futtergang (richtet sich nach nötiger Zuluftfläche (m²) und Strömungsgeschwindigkeit (m/s))
- Buchtentrennwand nicht niedriger als obere Kannte der Öffnung in Tür
- Max. 2,5 m/s Einströmgeschwindigkeit an Türloch
- Max. Buchtentiefe von 4,50 m
- Besonderheiten Unterflurzuluft: Buchtentrennwand muss nicht 1m hoch sein
- Besonderheit Lochblechtür:
 - Futtergang kann länger als 15 m sein (max. 25 m)
 - Unterschiedlich starke Perforierung in Tür (oberer/ unterer Türbereich)
 - Bei geringen Luftraten unteres Viertel schließen (Winter)
 - Beim Aufheizen des Abteils mindestens obere Hälfte schließen
 - Bei geringen Luftraten z.B. während der Anfangsmast (kleinere Tiere, erhöhter Wärmebedarf) oberes Drittel schließen

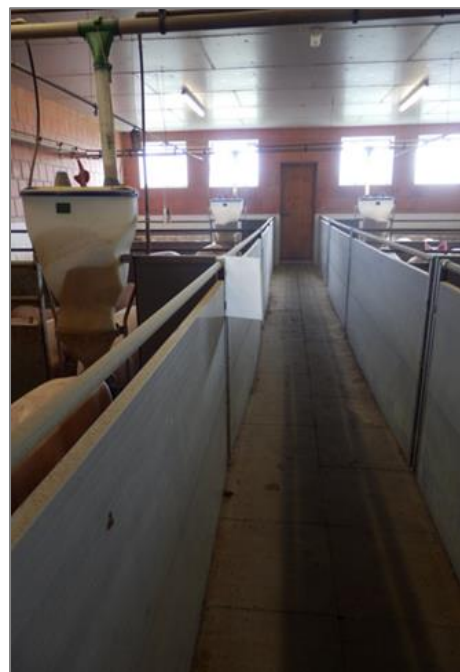


Bild 10: Türganglüftung mit geschlossenem Futtergang



Bild 11: Türganglüftung mit Lochblechtür

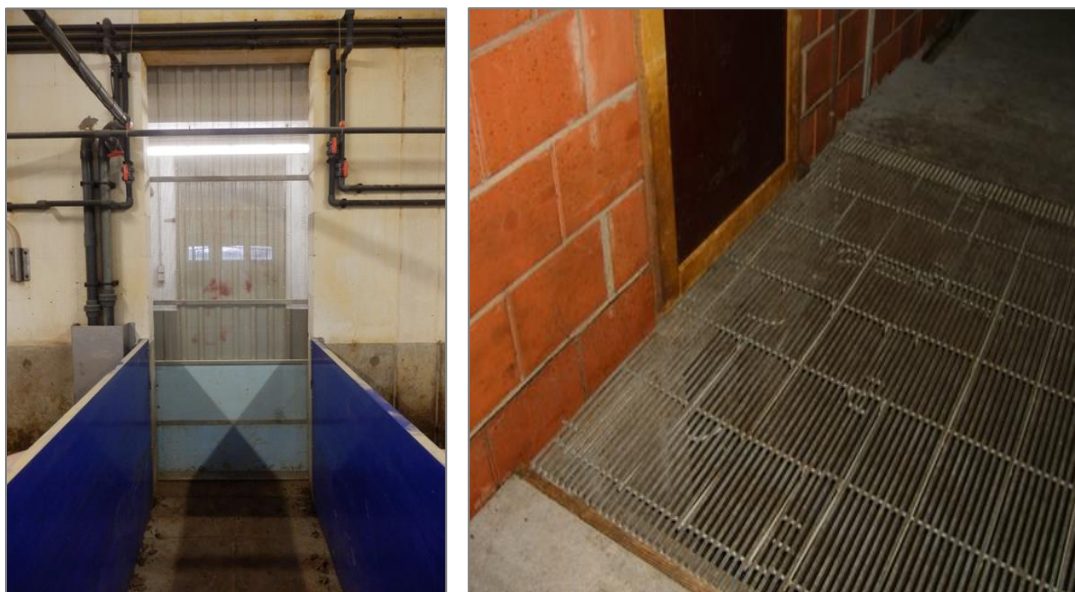


Bild 12: Lochblechtür mit unterem geschlossenem Drittel

Bild 13: Unterflurzuluftsystem

2.2.5 Schlitzganglüftung

Die Schlitzganglüftung funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie die Türganglüftung. Bei dieser Zuluftvariante wird die Frischluft in Form einer "Schlitzlüftung" von der Decke in den geschlossenen Futtergang geführt. Dieses kann über Deckenzuluftelemente oder durch einen durchlaufenden Schlitz erfolgen. Die Frischluft fällt zunächst auf den geschlossenen Futtergang und steigt dann, wie bei der Türganglüftung, an den Buchtentrennwänden wieder auf und gelangt über diese zu den Tieren. Die Öffnungen der Deckenzuluftelemente können über Klappen verstellt werden. Hier gibt es verschiedene Ausführungen. Zum einen mit manueller Klappenführung oder mit einer Klappenführung

über einen Seilzug, angetrieben über Stellmotoren. Da die Frischluft direkt aus dem Dachraum kommt, ist es bei diesem Lüftungssystem wichtig den Dachraum zu isolieren. Die Futterganglänge spielt bei diesem System eine untergeordnete Rolle. Die Breite des Futterganges und die Höhe der Buchtentrennwände sind abhängig von den nötigen Luftvolumen und der Auslasshöhe der Deckenzuluftventile. Die Abmaße richten sich nach dem Öffnungswinkel von 24° (siehe Abbildung 1). Bei einer Zuluftelementhöhe von 2,80 m sollte der Futtergang 1,10 m und die Buchtentrennwand min. 0,8 m hoch sein.

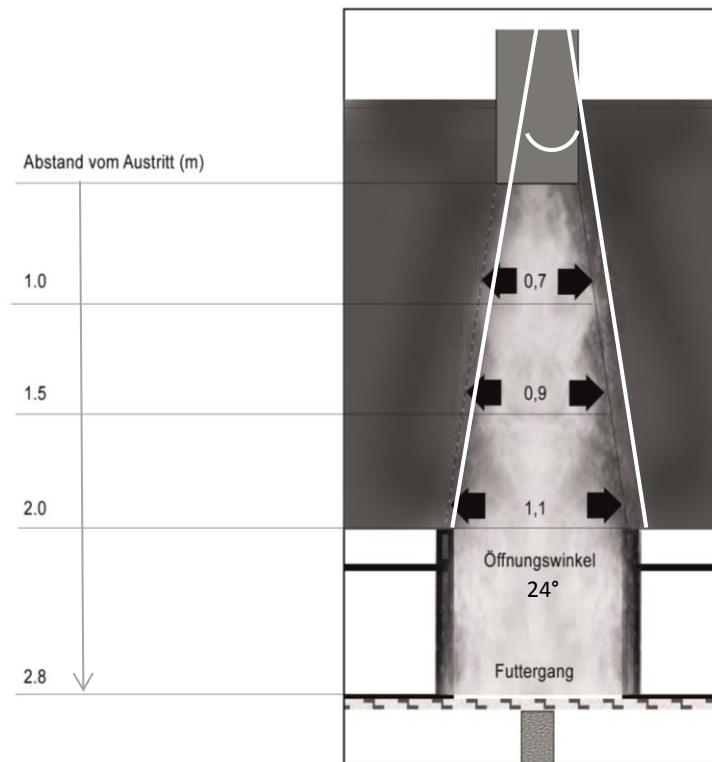


Abbildung 1: Luftausströmung der Schlitzganglüftung

Bei der Planung von Schlitzganglüftungen spielen folgende Punkte eine Rolle:

- Größe und Anzahl der Zuluftelemente richtet sich nach maximaler Sommerluftströmung
- geschlossener Futtergang
- geschlossene Buchtentrennwände am Futtergang
- Höhe und Breite der Buchtentrennwände und des Futterganges richten sich nach Luftauslasshöhe und Öffnungswinkel (24°)
- Angenommene Standardmaße: 1 m hohe geschlossene Buchtentrennwände am Futtergang und 1 m breiter Futtergang
- max. 4,50 m tiefe Buchten
- Luftführung im Zuluftschacht vorteilhaft für gerichtete Ausströmung
- einseitige Klappenführung an Zuluftschacht nachteilig für Luftführung



Bild 14: Schlitzganglüftung mit Deckenelementen (links Abteilansicht / rechts Dachraumansicht)



Bild 15: Deckenelemente der Schlitzganglüftung mit Mittelwand zur Luftführung und unterhalb liegender Hochdruckwasserverneblung



Bild 16: Deckenelement der Schlitzganglüftung mit Seilzugführung der Stellklappen für Luftmengen Anpassung

2.2.6 Vergleich der Zuluftsysteme

Tabelle 2: Vor- und Nachteile der verschiedenen Zuluftsysteme

Diffuse Lüftungssysteme			
Zuluftsystem	Voraussetzungen	Vorteil	Nachteil
Rieselkanal	<ul style="list-style-type: none"> - Abhängung an Decke - Durchlassöffnung im Abteil bzw. Eingangsbereich an Mauerwerk - mind. 50 cm geschlossene Fläche an Wänden - Kanalhöhe 30-60 cm 	Keine Zugluft	<ul style="list-style-type: none"> - leichtes Zusetzen - erhöhter Unterdruck nötig - erhöhter Bauaufwand - bei Stromausfall keine Lüftung - gleichmäßige Durchströmung nicht immer gewährleistet (Sommer-/ Winterluft) - Abteilgröße begrenzt
Diffuse Decke	<ul style="list-style-type: none"> - Dachisolierung - Zusatzlüftung für Sommerbetrieb (z.B. zusätzliche Deckenventile) 	Keine Zugluft	<ul style="list-style-type: none"> - leichtes zusetzen - Sommerluftstraten schwer umsetzbar - erhöhter Unterdruck nötig - bei Stromausfall keine Lüftung - im Sommer Kurzschlussgefahr, da Frischluft durch fehlende Thermik nicht zu den Tieren gelangt

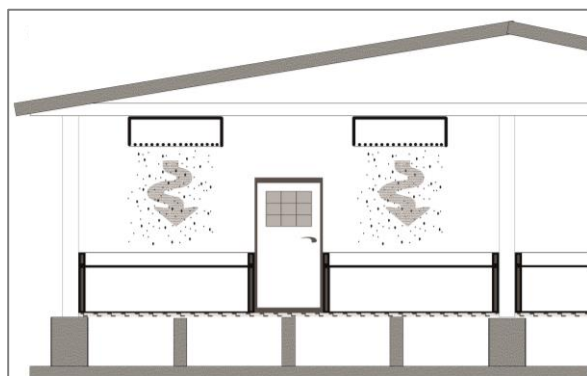


Abbildung 2: schematische Luftführung bei Rieselkanallüftung

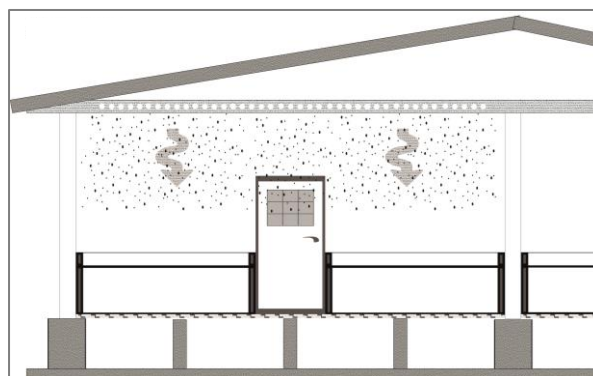


Abbildung 3: schematische Luftführung bei diffuser Deckenlüftung

Tabelle 3: Vor- und Nachteile der verschiedenen Zuluftsysteme

Strahl Lüftungssysteme			
Zuluftsystem	Voraussetzungen	Vorteil	Nachteil
Decken-/ Wandventile	<ul style="list-style-type: none"> - Dachisolierung - kein Leitungsverbau an Decke quer zur Luftflussrichtung - ausreichendes Luftvolumen im Dachraum - Aufkantung der Einlässe im Dachraum - Dach- Deckenhöhe mind. 50 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - Schwerkraftlüftung bei Stromausfall möglich (bei automatischer Ventilöffnung) 	<ul style="list-style-type: none"> - geringe Winterluftstraten schlecht umsetzbar (da Mindestluftgeschwindigkeit von 1 m/s nötig) - Zugluftgefahr - erhöhter Bauaufwand - Buchtentiefe begrenzt
Türganglüftung	<ul style="list-style-type: none"> - geschlossener Futtergang - geschlossene Buchtentrennwände zum Futtergang - Absaugpunkte der Stallluft im vorderen Drittel 	<ul style="list-style-type: none"> - geringer Technikaufwand - Schwerkraftlüftung bei Stromausfall möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Luftverteilung nicht immer gleichmäßig - Abteilgröße begrenzt
Schlitzganglüftung	<ul style="list-style-type: none"> - Dachisolierung - geschlossener Futtergang - geschlossene Buchtentrennwände zum Futtergang - ausreichendes Luftvolumen im Dachraum - Aufkantung der Einlässe im Dachraum 	<ul style="list-style-type: none"> - gleichmäßige Frischluftverteilung - Schwerkraftlüftung bei Stromausfall möglich (bei automatischer Klappenöffnung) 	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhter Bauaufwand - verstellen der Seilzüge - Buchtentiefe begrenzt

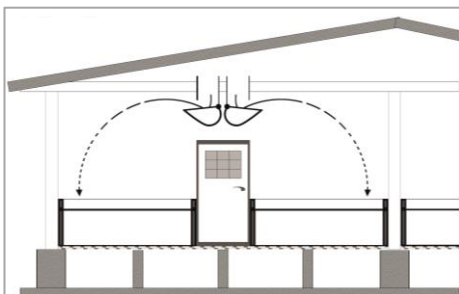


Abbildung 4: schematische Luftführung bei Deckenventillüftung

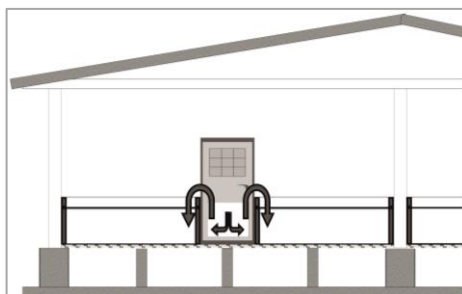


Abbildung 5: schematische Luftführung bei Türanglüftung

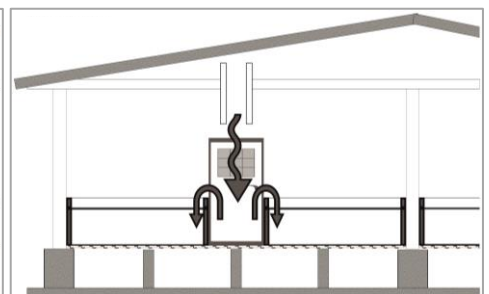


Abbildung 6: schematische Luftführung bei Schlitzganglüftung

2.3 Was ist im laufenden Betrieb zu beachten?

Im laufenden Betrieb geht es darum, dass das Lüftungssystem einwandfrei funktioniert und langlebig ist. Da die Frischluft nie staubfrei ist, legt sich dieser auch auf die Zuluftelemente ab. Im Vergleich zwischen den verschiedenen Zuluftsystemen ist die Türganglüftung das „sauberste“ System, da Staubpartikel gesehen werden und nach dem Durchgang beim Reinigen leicht entfernt werden können. Bei Rieselkanälen und diffusen Decken sieht dies schon etwas anders aus. Gerade bei Systemen bei denen die Frischluft durch einen Kanal geführt wird, ist dieser Staub oft schwer einsehbar und auch schwer bis unmöglich zu entfernen. Dennoch sollte der Verschmutzungsgrad mindestens einmal im Jahr kontrolliert werden. Über Kontrollöffnungen oder Elemente zum raus nehmen, können Kanäle, z.B. der Rieseldecke, von innen vorsichtig gereinigt werden. Bei Deckenventilen ist es wichtig, dass die Luft aus dem Dachraum gleichmäßig einströmt und nicht durch Windströme/-drücke im Dachraum gerichtet wird (Risiko besonders bei Decken- und Wandventilen sowie der Schlitzganglüftung). Es ist von Vorteil wenn alle Elemente, die in den Dachraum ragen eine Aufkantung von 6-8 cm haben. Wird die Frischluft über Außenwandventile in das Abteil geleitet sollten, wie für Giebelklappen, Windbrecher vor die Öffnungen angebracht werden. Die Klappen der Schlitzganglüftung verschmutzen nicht so leicht von oben, daher ist es ratsam sie beim Waschen des Stalles im geschlossenen Zustand von unten vorsichtig zu reinigen. Bei Deckenventilen der Strahl Lüftung sammelt sich allerdings leichter Staub der beim Waschen, bei komplett geöffneten Ventilen, vorsichtig mit abgespült werden sollte. Bevor sie wieder geschlossen werden ist darauf zu achten, dass die Ventile gut abgetrocknet sind.

Nach dem Waschen und vor dem Einstellen neuer Tiere sollten alle Zuluftelemente auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden. Des Weiteren sollte auf folgendes geachtet werden:

- Sauberkeit
- Dichtigkeit des Kanales oder der Ventile
- gibt es Beschädigungen an Zu- und Abluftelementen
- hält die Aufhängung noch
- funktioniert die Stellklappenführung (Seile)
- Zuluftflächen dürfen nicht zugestellt werden
- reagieren alle Stellklappen gleich (auf=100 %-zu=0 %)
- schließt die Abteiltür vernünftig (Undichtigkeiten)

2.4 Wie wird die Abluft aus dem Abteil abgeführt?

Abluftsysteme können bezogen auf die Druckverhältnisse in drei Arten gegliedert werden: Überdrucklüftung, Unterdrucklüftung und Gleichdrucklüftung. Bei der Überdrucklüftung wird die Frischluft in den Stall gedrückt und durch einen offenen Kanal aus dem Stall heraus geleitet. Bei der Gleichdrucklüftung besteht kein Druckunterschied zwischen dem Abteil und der Außenatmosphäre. Aufeinander abgestimmte Ventilatoren an Zu- und Abluftöffnungen regeln den Gleichdruck. Bei diesen beiden Systemen bereiten stark variable Luftmengen und die optimale Luftverteilung Schwierigkeiten, zudem verursachen sie erhöhte Kapital- und Betriebskosten.

Das gängigste System ist die Unterdrucklüftung. Daher wird im Folgenden nur auf dieses System weiter eingegangen. Durch Ventilatoren wird die Abluft aus dem Abteil abgesaugt und nach draußen geblasen. Es gibt zwei Systeme, mit denen die Raumluft aus dem Abteil geführt wird. Zum einen ist dies die Oberflurabsaugung und zum anderen die Unterflurabsaugung (auch bodennahe Abluftabsaugung genannt). In einzelnen Fällen werden die beiden Systeme miteinander kombiniert. Durch die Regelung der Ventilator-drehzahl werden die Luftvolumenströme an die Bedürfnisse der Tiere angepasst. Die Regelung richtet sich in den meisten Fällen nach der benötigten Raumtemperatur und den Luftvolumenströmen sowie in einzelnen Fällen nach den Druckverhältnissen.

2.4.1 Oberflurabsaugung

Die Oberflurabsaugung ist das klassische Abluftsystem bei Schweineställen. Über einen oder mehrere Abluftschächte wird die Raumluft im Deckenbereich abgesaugt. Die Abluftpunkte sollten mind. 40 cm von der Decke aus in den Raum gehen, damit sich ein Wärmepolster im Deckenbereich bilden kann. Um Strömungswiderstände zu verringern (und damit die Energiekosten), sollten die Kanten der Abluftkanalöffnungen im Abteil (Einströmöffnung) abgerundet sein. In der Praxis wird häufig über Kurzschlüsse und Zugluft an Abluftschächten gesprochen. Allerdings sind diese Befürchtungen zu vernachlässigen.

Hier ein Beispiel:

Bei einer Entfernung vom Abluftschacht, die dem Querschnitt des Schachtes beträgt, liegt die Luftgeschwindigkeit nur noch bei 7 % der Geschwindigkeit die im Schacht gemessen wird. Das bedeutet, dass bei einem Schachtquerschnitt von 93 cm und einer Luftgeschwindigkeit von 10 m/s im Schacht eine Luftgeschwindigkeit von 0,6 m/s in 1 m Entfernung herrscht. Liegt der Abluftschacht in 2,50m Höhe über dem Spaltenboden; so haben wir im Tierbereich (80 cm über dem Spaltenboden) eine Luftgeschwindigkeit von 0,2 m/s, was für die Tiere absolut akzeptabel ist. Einen Kurzschluss zwischen Zu- und Abluft kann nur entstehen, wenn die Strömungsrichtung der Zuluft direkt in Richtung der Einströmung des Abluftschachtes liegt. Empfehlenswert ist es eine Schachtbreite Abstand bei Schlitzgang- und Rieselkanallüftung zum Zuluftsystem zu halten.



Bild 17: Abluftschacht der Oberflurabsaugung

Größeren Einfluss auf die Lüftung und damit auf die Luftqualität im Abteil hat die Größe, Anzahl, Anordnung und Ausführung der Abluftschächte.

- *Größe*: richtet sich nach den benötigten Luftvolumenströmen pro Tier für die Sommerluftrate (Berechnungsgrundlage DIN18910-1)
- *Anzahl*: Für eine gleichmäßige Luftumwälzung und damit Luftqualität bieten sich mehrere kleine Ventilatoren bzw. Abluftschächte an, die auch bei geringen Luftraten eine stabile Luftqualität erzeugen. Ein großer Ventilator mit insgesamt gleicher Leistung ist bei geringen Luftraten nicht in der Lage konstante Luftqualitäten zu halten.
- *Anordnung*: Die direkten Einflüsse der Absaugpunkte auf die Raumströmungen sind verschwindend gering (wie am oben aufgeführten Beispiel zu sehen). Jedoch sollten bei mehreren Abluftschächten im Abteil diese eine gleiche Leistung haben und gleichmäßig verteilt sein mit mind. $\frac{1}{2}$ Schachtbreite Abstand zur Frischlufteinströmung.
- Rein baulich sollten sie sich auf der Längsachse des Stalles befinden (Dachbinderverlauf).
- Absaugpunkte bei der Türganglüftung sollten im vorderen Drittel des Abteils liegen rechts oder links vom Futtergang (nicht über dem Futtergang!) bei allen anderen Zuluftsystemen ist der Ort für die Absaugpunkte frei wählbar

2.4.2 Unterflurabsaugung

Bei der Unterflurabsaugung liegt der Absaugpunkt unterhalb der Spalten, so dass die Raumluft durch die Spalten im Güllekeller abgesaugt wird. Es gibt zwei verschiedene Arten von Unterflurabsaugungen. Bei der einen Variante wird die Abluft zunächst in einen unter dem Futtergang liegenden Kanal geleitet und dann über einen Schacht entlang des Futterganges oder im Eingangsbereich des Abteils abgeführt. Diese Variante wird Unterflurabsaugung genannt. Bei der anderen Variante wird die Raumluft über die gesamte Breite des Güllekellers in einem Sammelkanal, der sich, abhängig von der Größe des Abteils, am Eingang oder in der Mitte des Abteils befindet, aus dem Abteil geführt. Diese Variante wird Unterspaltenabsaugung genannt. Bei einigen Unterspaltensystemen sind im Sammelkanal Oberflurhandschieber integriert. Die Raumtiefe bei einseitigem Absaugen sollte max. 18 m (Unterflurvariante) bzw. 30 m (Unterspaltenvariante) tief sein. Generell muss bei dieser Abluftabsaugung der Güllekeller etwas tiefer gebaut werden, um zwischen Gülle und Spalten einen Raum für die Abluftabführung vorzuhalten. Hier sollten immer mindestens 50 cm (Unterflurvariante) bzw. 30 cm (Unterspaltenvariante) zwischen Spaltenboden und Gülle liegen. Da bei diesem System entgegen der normalen physikalischen Gesetze die Luft nach unten aus dem Abteil gesaugt wird, gibt es höhere Gegendrücke die die Ventilatoren überwinden müssen. Der große Vorteil der Unterflurabsaugung liegt darin, dass Schadgase die aus der Gülle austreten nicht zum Tier gelangen, sondern direkt abgeführt werden. Dadurch ist die Luftqualität im Tierbereich gegenüber der Oberflurabsaugung deutlich besser. Generell steigt mit zunehmendem Wachstum der Tiere zum einen der Güllespiegel und zum anderen die Auflagefläche der Tiere auf den Spalten. Somit nimmt der Schlitzanteil, durch den bei diesem Abluftsystem die Raumluft abgeführt werden muss, ab. Sommerluftraten sind daher bei reinen Unterflurabsaugungen kaum umsetzbar. Dieser Effekt verschärft sich bei großen schlachtreifen Tieren. Durch den sich verringenden Schlitzanteil der größeren Tiere

erhöht sich die Luftgeschwindigkeit am Tier, welches zu Zuglufterscheinungen führt (die Luft strömt mit erhöhter Geschwindigkeit am liegenden Tier vorbei).



Bild 18: Unterflurabsaugung mittig im Abteil gelegen

2.4.3 Kombination von Oberflurabsaugung und Unterflurabsaugung

Bei der Kombination von Oberflurabsaugung und Unterflurabsaugung sind beide Abluftsysteme in den Stall eingebaut. Bei der Kombination sind die Systeme so ausgelegt, dass 40 % der Luftvolumenströme über die Unterflurabsaugung und 60 % über die Oberflurabsaugung abgedeckt werden. So können zum einen die Schadgase aus dem Tierbereich fern gehalten werden und zum anderen eine ausreichende Frischluftumwälzung und -abführung gewährleistet werden. Da hier beide Abluftsysteme verbaut werden, liegen bei dieser Kombination die Investitionskosten sehr hoch.

2.5 Wo sitzen die Ventilatoren, die die Abluft abführen?

Über die Oberflur- oder Unterflurabsaugung kann die Abluft auf zwei verschiedenen Wegen aus dem Stall geführt werden. Ein Weg ist die Zentralabsaugung der andere die Einzelabsaugung. Die Ventilatoren können hier zentral in einem Abluftkanal im Dachraum liegen oder dezentral direkt im Abluftschacht des Abteils. Mittlerweile werden, aufgrund besserer Erfassung von Emissionen, bei Neubauten nur noch Ställe mit Zentralabsaugung in Norddeutschland genehmigt.

2.5.1 Zentralabsaugung

Bei der Zentralabsaugung wird die Abluft (oder auch Raumlast) über Schächte aus den Abteilen in einem Sammelkanal zusammengeführt. Aus dem Sammelkanal wird die gesamte Abluft des Stalles über Ventilatoren nach draußen geleitet. Jedes Abteil hat einen oder mehrere Abluftschächte, die in den Zentralkanal münden oder Unterdruckmessgeräte

in die Abluftschächte integriert. Da die Luftströme bei der Zentralabsaugung mehrmals umgelenkt werden, ist der Energieaufwand erheblich höher als bei Einzelabsaugungssystemen. Zur Vermeidung von Kondensatbildung und Fehlströmungen im Sammelkanal, sollte dieser gut isoliert und luftdicht abgeschlossen sein. Die Querschnitte sollten nicht zu groß gewählt werden und bei einseitiger Absaugung umso enger werden, je weiter die Absaugpunkte entfernt sind. Die Kanalquerschnittreduzierung soll zu einer optimalen Luftgeschwindigkeit im Sammelkanal führen. Für die richtige Abluftabsaugung müssen die einzelnen Stellklappen und die Ventilatoren gut aufeinander abgestimmt werden. Nach einiger Zeit können sich die Stellklappen verschieben, oder die Befestigung am Antrieb lösen, was zu einer veränderten Stellung der Stellklappen führt. Bei der Zentralabsaugung spielen die Durchmesser der einzelnen Ventilatoren ebenfalls eine wichtige Rolle. Sie müssen gut aufeinander abgestimmt sein, so dass nicht ein Ventilator die Luft aus dem anderen saugt. Vorteilhaft sind hier Ventilatoren mit gleichem Durchmesser. Mit der Abführung der Raumlast werden immer auch Staubpartikel mitgeführt, die leicht im Sammelkanal verbleiben. Daher sollte der Abluftkanal begehrbar, am besten noch mit einem Ablauf versehen sein, um ihn reinigen zu können.



Bild 19: Außenansicht eines Stalles mit Zentralabsaugung



Bild 20: Blick in den Kanal einer Zentralabsaugung

2.5.2 Einzelabsaugung

Die Einzelabsaugung ist das klassische Verfahren zur Abluftabführung. Die Abluft wird aus jedem Abteil direkt nach draußen gefördert. Es gibt keine Verbindungen zwischen den Abteilen. Hier spielt die Abdichtung gerade an den Deckeneinlässen eine wichtige Rolle um Fehlströmungen zu vermeiden. Da sich auch im Schacht der Einzelabsaugkanäle Staub absetzt, gilt es auch diese, ohne Beschädigung der Ventilatoren, zu reinigen. Durch den unkontrollierbaren Ausstoß der Abluft in die Atmosphäre, werden Einzelabsaugungssysteme bei Neubauten in Niedersachsen nicht mehr genehmigt.



Bild 21: Außenansicht eines Stalles mit Einzelabsaugung



Bild 22: Blick in den Abluftschacht einer Einzelabsaugung

2.5.3 Vergleich der Abluftsysteme

Tabelle 4: Vor- und Nachteile verschiedener Ablufführungen

Abluffführung aus dem Abteil			
Abluftsystem	Voraussetzungen	Vorteil	Nachteil
Oberflurabsaugung	<ul style="list-style-type: none"> - Positionierung auf Stalllängsachse - Schachtposition 40 cm aus Decke in den Raum ragend, eins Schachtbreite vom Zuluftauslass entfernt - abgerundete Einlässe - bei mehreren Schächten im Abteil sollten alle gleich groß sein 	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - gut regelbar - leicht zu reinigen - geringere Gegendrückte = geringere Energiekosten - gute Funktionsüberprüfung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - bei warmen Außentemperaturen evtl. schlechtere Luftumwälzung im Abteil (Frischluft wird im Deckenbereich gleich wieder abgeführt)
Unterflurabsaugung	<ul style="list-style-type: none"> - Abstand Flüssigmist zu Spaltenboden mind. 50 cm - max. Raumtiefe 18 m (Unterflur) bis 30 m (Unterspalten) 	<ul style="list-style-type: none"> - Schadgase aus Gülle gelangen nicht zum Tier - Frischluft am Tier auch in Sommermonaten - eher trockene Spaltenböden 	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhter Gegendruck an Ventilatoren - erhöhter Kostenaufwand - tiefere Güllekeller nötig - Güllelagerraumverlust durch nötigen Luftraum im Güllekeller



Bild 23: verschiedene Stellklappen zur Abluftmengensteuerung aus dem Abteil

Tabelle 5: Vor- und Nachteile verschiedener Abluftsysteme

Abluftabsaugungssysteme			
Abluftsystem	Voraussetzungen	Vorteil	Nachteil
Einzelabsaugung	<ul style="list-style-type: none"> - Richtige Dimensionierung für das Abteil - statische Befestigung an Decke bzw. Dachbalken 	<ul style="list-style-type: none"> - direkte Steuerung der Luftvolumenströme - gute Funktionskontrolle möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - luftdichter Abschluss an Auslassöffnung wichtig - schlechtere Reinigung - Regeneintritt durch Schacht - Varianz von 0-100 % Lüftung kann nicht abgedeckt werden - hohe Laufzeiten
Zentralabsaugung	<ul style="list-style-type: none"> - begehbare Kanal im Dachraum - Dimensionierung nach Gesamt- abluftmenge und Absaugpunkten - isolierter Abluftkanal - Abläufe für Kondenswasser und Reinigung - Kunststoffwanne/ Auffangbecken unterhalb der Abluftschächte - Stellklappen für Abteile 	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Steuerung der Abluftmengen - Ergänzung von Abluftreinigungs- anlagen möglich - gute Wirkungsgrade bei Ventilatoren umsetzbar - gut zu reinigen 	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhte Gegendrucke - bei mangelhafter Einstellung Luftvermischung zwischen Abteilen möglich - mehrere Ventilatoren müssen aufeinander abgestimmt werden

3. Dimensionierung und Berechnung von Lüftungsanlagen

Bei der Planung von Lüftungsanlagen für Schweinemastställe spielen verschiedene Faktoren eine Rolle für die Dimensionierung und Ausführung. Diese sind zum einen der Standort und die verwendeten Bauteile und Bodenplatten, zum anderen die Tierart und Anzahl, sowie z.B. baulich bedingte Transmissionswärmeverluste. Orientierungswerte für die der Tierart entsprechenden nötigen Luftwechselraten gibt die DIN 18910 (Planungs- und Berechnungsgrundlage für geschlossene und zwangsbelüftete Ställe) an. In der DIN 18910 wird die Lüftung nach den maximal und minimal nötigen Luftraten ausgelegt. Sie dient als Berechnungsgrundlage. Die tatsächlich benötigten Luftraten liegen häufig niedriger.

Tabelle 6: Berechnung der Luftrate für Mastschweine nach Empfehlungswerten und der DIN 18910 in $\text{m}^3/\text{h}/\text{Tier}$

$\text{m}^3 / \text{h} / \text{Tier}$	Sommerluftvolumen		Winterluftvolumen	
	Empfehlung	DIN 18910	Empfehlung	DIN 18910
Mastschweine (20- 120 kg LM)	80- 110	119	7	15,6

3.1 Lüfterauswahl

Die Lüfterauswahl richtet sich nach den zu fördernden Luftvolumenströmen. Für jede Tierart gibt es eine Berechnungsgrundlage die auf dem jeweiligen Tiergewicht und den Haltungsbedingungen basiert (DIN 18910). Im Schweinestallbereich werden vorwiegend Axialventilatoren eingesetzt. Die Leistung der Lüfter wird durch den Durchmesser, die Drehzahl, der Anzahl der Flügel und deren Winkel zum Laufrad bestimmt. Der Innendurchmesser der in Ställen üblichen Lüfter liegt zwischen 35 cm und 91 cm. Ein Lüfter muss folgende Aufgaben in Abhängigkeit zum jeweiligen Stall erfüllen:

- max. Volumenstrom im Sommer abführen
- gegebene Strömungswiderstände überwinden
- gleichmäßige Luftströme im Abteil bei schwankenden Außenverhältnissen (Verhalten bei Drehzahländerung)
- Fördervolumen bei bestimmtem Gegendruck gewährleisten
- Abstimmung mit anderen im Stall vorhandenen Ventilatoren
- hochwertige Ausführung des Ventilators bzgl. Verarbeitung, Material, Langlebigkeit

Ein weiteres Kriterium für die Lüfterwahl ist die Steuerungstechnik und damit der Energieverbrauch. Ventilatoren mit integrierter Drehzahlsteuerung (EC-Technik) oder vorgeschalteten Frequenzumrichtern verbrauchen deutlich weniger Energie, sind aber teurer in der Anschaffung. Es ist durchaus sinnvoll Ventilatoren auszuwählen die ihren höchsten Wirkungsgrad bei mittleren Drehzahlen haben anstatt bei 100 %, da sie die meiste Zeit im Jahr auf diesem Niveau laufen.

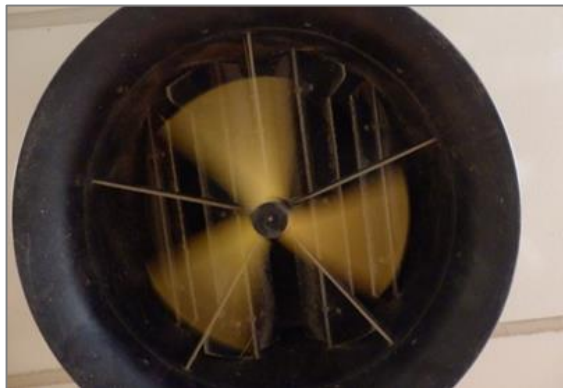


Bild 24: Abluftschacht mit Messventilator

3.2 Dimensionierung der Zuluft und Abluft

Die Luftöffnungen für die Zuluft ergeben sich aus dem maximal nötigen Luftvolumenstrom und der maximalen gewünschten Luftgeschwindigkeit im Zuluftsystem.

$$\frac{\text{Sommerlufrate} \times \text{Tierzahl} (-10\%)}{3600 \times \text{max. Luftgeschwindigkeit des Zuluftsystems}} = \text{m}^2 \text{ Zuluftfläche}$$

Faustzahl: 1 m² Zuluftfläche reicht für etwa 9000 m³/h

Die Dimensionierung des Abluftkanals wird durch die Leistung des Ventilators bestimmt. Der Ventilator muss (nach Herstellerangaben) das maximale Sommerluftvolumen, bezogen auf die Tierzahl, sowie die maximalen Luftgeschwindigkeiten die durch die Zuluftelemente geführt werden, erfüllen. Die Maßeinheit ist m³/h.

4. Der Klimacomputer

Der Klimacomputer ist das Herzstück der Klimaführung. Über ihn werden alle Komponenten für die Lüftung gesteuert.



Bild 25: verschiedene Klimacomputer

Durch Hinterlegungen von Sollwerten und Klimakurven sowie der Kopplung mit Messwerten von Fühlern und Messeinrichtungen (Messventilatoren) werden Klappenstellungen und Luftvolumenströme automatisch geregelt. Im Folgenden ein paar Erläuterungen zu den Eckdaten am Klimacomputer.

4.1 Temperatur Sollwert

- Einheit °C
- begrenzt die Lüftung nach unten
- bei einer Sollwertunterschreitung läuft die Lüftung auf Minimalluftrate
- generell: Je jünger die Tiere sind, umso höher sollte der Sollwert liegen
- bei einem niedrig liegenden Sollwert und sinkenden Außentemperaturen werden die Temperaturschwankungen im Stall größer

Daher:

- Sollwertanhebung bei starken Außentemperaturschwankungen sowie hohen Tagestemperaturen
- Sollwertsenkung bei niedrigen Tagestemperaturen

4.2 Regelbereich/ Spreizung

- Einheit: K (Kelvin, entspricht der Grad-Celsius Angabe)
- Spreizung (regelt in Stufen): Abstand zwischen Lüftungsstufen
- Regelbereich (stufenloser Regler): Temperaturbereich in dem der Regler seinen Regelwert ändern kann
 - geregelt wird entweder der Wert zwischen niedrigster und höchster Ventilator Drehzahl, oder der Wert zwischen minimaler- und maximaler Klappenstellung
- ist der K-Wert klein, führt das zu einer schnellen Reaktion der Lüfter bei Temperaturveränderungen. Ist der K-Wert groß, führt das zu einer trägeren bzw. langsameren Reaktion der Lüfter.

Daher:

- bei einem höheren K-Wert kommt es bei einem raschen Temperaturabfall draußen zu nur geringen Abteiltemperaturveränderungen aufgrund der trägen Reaktion der Ventilatoren.

4.3 Aktuelle Luftrate (Stellgröße)

- wird in % angegeben
- ist der Anteil des aktuellen Volumenstroms am maximal möglichen Volumenstrom
- abhängig von Tierzahl und Tiergewicht

4.4 Minimale Luftrate

- Wird in % angegeben
- Einstellung des geringsten Luftaustausches zu der die Lüftung runter fahren darf, so dass immer noch ein ausreichender Austrag von Schadgasen und Luftfeuchtigkeiten gewährleistet wird
- Unabhängig von der Solltemperatur

Daher:

- da bei minimaler Luftrate weiterhin ein Luftaustausch stattfindet, unabhängig von der Solltemperatur, ist eine Unterschreitung der Solltemperatur möglich. Daher ist eine Heizung im Abteil zum Erhalten der Solltemperatur von Vorteil.
- bei zu starken Temperaturschwankungen im Abteil muss die minimale Luftrate weiter runter gestellt werden

4.5 Maximale Luftrate

- wird in % angegeben
- über die maximale Luftrate wird der maximale Luftvolumenstrom festgelegt, dieser richtet sich nach dem Sommerluftvolumenstrom der nach der DIN 18910 gefordert wird
- aufgrund geringerer Tiergewichte zu Beginn der Mast, kann die maximale Luftrate auf 50-60 % begrenzt werden (jedoch nicht bei doppelter Belegung des Abteils !!!)
- im Laufe der Mastperiode muss sie dann nach Entwicklung der Tiere auf 100 % angepasst werden

4.6 Außentemperatur

- sie nimmt starken Einfluss auf das Stallklima
- Luftrate und Spreizung werden nach Außentemperaturverläufen geregelt
- es ist technisch möglich, dass sich der Regelbereich automatisch an Temperaturveränderungen im Außenbereich anpasst

4.7 Absenkautomatik

- ist vom Prinzip her das gleiche wie der Regelbereich bzw. die Spreizung, jedoch nur für stark fallende Temperaturen
- je nach Hersteller und System können neben der Temperatur weitere Parameter hinterlegt werden (Abluftrate,...)

4.8 Heizung

- hier wird hinterlegt ab welcher Sollwertunterschreitung die Heizung eingeschaltet wird z.B.:
 - Solltemperatur 23°C, Heizungseinstellung -2.0 K = Einsetzpunkt der Heizung ab 21°C)
- in manchen Klimaregler wird zusätzlich eine Hysterese hinterlegt (Hysterese= verzögerte Reaktion um Schwankungen zu reduzieren, Einstellung ebenfalls in K)
 - Hiermit wird bestimmt bis zu welcher Temperatur aufgeheizt wird, z.B.: Solltemperatur 23 °C, Heizung -2.0 K, Hysterese 1 K: Heizung springt ab 21°C an, erwärmt bis 22°C und stellt sich dann wieder aus
- bei Stärke regelbaren Heizungen gibt es zusätzliche Einstellungen von Minimum- und Maximum- Bereichen zur Begrenzung der Heizleistung

4.9 Alarm

- Alarme werden bei Sollwertüber- und -unterschreitungen ausgelöst
- einerseits kann ein Alarm bei Solltemperaturüberschreitung (z.B.: 3.0 K) oder Solltemperaturunterschreitung (z.B.: -5.0 K) ausgelöst werden, andererseits durch Maximalwertüberschreitungen

- Zusätzlich gibt es bei manchen Klimacomputern Anpassungsfunktionen an besonders starke Klimaveränderungen (Kompensationseinstellung)

5. Wie kann Energie eingespart werden?

Leistungsbremsen bei Lüftungsanlagen sind oftmals Verschmutzungen, sei es an der Traufe die Traufgitter, im Zuluftkanal die Löcher der Rieseldecke, zugesetztes Material der diffusen Decke, oder im Abluftbereich Staubschichten im Abluftkanal bzw. auch Schutzgitter vor den Ventilatoren.



Bild 26: Verschmutzungen an Zu- und Abluftbereichen

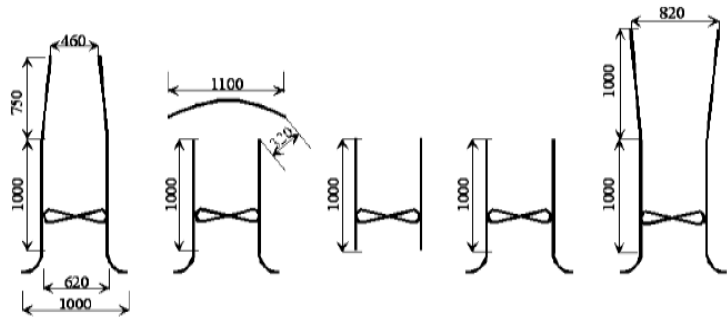
Durch viele Umlenkungen muss der Ventilator zusätzliche Kraft aufwenden und verbraucht dabei vermehrt Energie. Daher ist es grundsätzlich wichtig schon bei der Planung von Ställen unnötige Widerstände zu vermeiden. Neben der Sauberkeit und wenigen Umlenkungen, verringern abgerundete Flächen bei Kanaleinmündungen (Einströmdüsen) und Kanalauslässen (Diffusoren) unnötige Widerstände.



Bild 27: Abluftschacht mit Einströmdüse (hier grün)

Durch diese Erweiterung des Abluftschachtes kann der Widerstand, mit dem die Abluft in die Umgebung abgegeben wird, deutlich verringert werden. Jede zusätzliche Störung des freien Abluftaustrittes führt zu einer Erhöhung des Strömungswiderstandes und damit zu einem erhöhten Energieverbrauch der Ventilatoren. Die einzelnen Verbräuche und Leistungen verschiedener Auslassaufbauten werden in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 7: Messdaten zu verschiedenen Abluftkamingestaltungen



Drehzahl	min ⁻¹	821	814	790	805	832
Leistungsaufnahme	W	390	390	403	401	378
Volumenstrom	m ³ /h	5870	6090	8620	9410	10930
	%	68	71	100	109	127
Spezifischer Volumenstrom	m ³ / kWh	15050	15620	21390	23470	28920
	%	70	73	100	110	135
Spezifische Leistungsaufnahme	W/1000 m ³ h ⁻¹	66,4	64	46,8	42,6	34,6
	%	142	137	100	91	74

Quelle: S. Petersen, DK, SJF 1999

Seitens der Ventilatoren hängt der Energieverbrauch wesentlich von der Art und Steuerung des Motors ab. Bei der Traforegelung ist der Energiebedarf um 10-15 % geringer als beim Phasenanschnitt. Frequenzumrichter und elektronisch gesteuerte Ventilatoren (EC-Technik) haben im Regelbereich einen um 40 % geringeren Energiebedarf und schaffen damit die zurzeit höchstmögliche Energieeinsparung in der Ventilorteknik. Weitere Energie-einsparungen können im Bereich Wärmeenergie gemacht werden. Hier finden die größten Energieverluste über die Lüftung mit 75-90 % statt, gefolgt von Wärmeverlusten über die Stalldecke von 15-20 % und der Wand von 3-5 %. Über Fenster gehen in etwa 3 % der Wärmeenergie verloren. Diese Zahlen zeigen, dass durch gute Isolierung bzw. Dämmung der Stalldecke und der Außenwände einiges an Wärmeverlusten verhindert werden kann. Wärmeenergieverluste über die Lüftung lassen sich jedoch nicht vermeiden, da hierüber der nötige Luftaustausch gewährleistet werden muss.

6. Beeinflussung des Stallklimas

Im Winter wie im Sommer kommt es immer wieder zu extremen Wetterlagen die die Lüftung alleine nicht ausgleichen kann. So muss im Winter die Zuluft erwärmt oder im Sommer gekühlt werden, um ein optimales Klima im Tierbereich zu erzielen. Diese Art der „Vorkonditionierung“ der Luft reduziert starke Temperaturschwankungen und trägt so zu einem besseren Stallklima für die Tiere bei.

6.1 Heizung

In den norddeutschen Breitengraden spielt das Heizen von Mastschweineställen nur eine untergeordnete Rolle. Die nötige Heizleistung beschränkt sich auf wenige Tage im Winter sowie das im Verhältnis kurze Aufheizen des Stalles für den neuen Mastdurchgang. Jedoch haben wir es im Frühling wie auch im Herbst mit verstärkten Tag-Nachtschwankungen zu tun, so dass es in vielen Fällen für die Lüftung schwierig ist, eine konstante Temperatur im Abteil zu fahren bei gleichzeitig ausreichender Frischluftzufuhr und einem ausreichenden Austrag von Raumlasten. In diesen Phasen ist eine Heizung zum Ausgleichen der Temperaturschwankungen von Vorteil.



Bild 28: verschiedene Heizsysteme für Schweineställe (Gaskanone, Wickelfalzrohr, Warmluftkonvektor, Twinrohre)

Es gibt eine große Vielfalt an technischen Möglichkeiten für eine Heizung. In der Schweinemast geht es vorwiegend um eine Raumheizung, angefangen mit der klassischen Gaskanone über Warmluftkonvektoren oder Wickelfalzrohre. Die Wahl des Heizungssystems hängt häufig von den Energieträgern, die auf dem Betrieb zur Verfügung stehen, ab (Strom, Gas oder Wasser). Jedes Heizungssystem hat seine Vor- und Nachteile.

Gaskanone: Durch Verbrennung von Gas entsteht Wärme, die durch ein Gebläse im Raum verteilt wird.

- relativ günstig in den Anschaffungskosten
- schnelles Aufheizen des Raumes möglich
- durch Verbrennung wird der Luft Sauerstoff entzogen und CO₂ entsteht als zusätzliche Raumlast
- durch den Heizstrahl wird die gleichmäßige Luftdurchströmung im Abteil gestört, dieses kann dazu führen, dass es vorne im Abteil zu kalt und hinten zu warm ist, bzw. zu hohe Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich entstehen.

Warmluftkonvektor: Durch Gasbefeuerung wird warme Luft erzeugt die durch ein Luftgebläse über Rohre (Wickelfalzrohre) ins Abteil geführt wird. Über Klappensteuerungen im Lüftungsrohr können Abteile individuell angesteuert, und somit die Heizung für mehrere Abteile zusammengelegt werden.

- Verbrennung findet außerhalb des Abteils statt, CO₂-Eintrag im Zentralgang
- bei perforierten Luftröhren gleichmäßiger Austritt verteilt übers Abteil
- sollten nicht direkt unter Zuluftbereich liegen (Kurzschlussgefahr: warme Luft entweicht durch Zuluftkanal / Zuluftschlitze bzw. sammelt sich unter der Decke)

6.2 Kühlung

Die Kühlung von Ställen spielt eine zunehmende Rolle, da jeder Landwirt mittlerweile gesetzlich verpflichtet ist Kühlmöglichkeiten in Stallgebäuden vorzuweisen. Einen grundsätzlichen Vorteil bringt es, die Luft im Sommer nicht von der Südseite des Stalles anzusaugen. Bei der Kühlung von Ställen ist vorwiegend die Temperaturabsenkung des Raumes gemeint bzw. der Luft. Die unterschiedlichen Kühlmöglichkeiten der Luft basieren entweder auf einem Wärmeaustausch entlang der Zuluftwege oder beim Eintritt in das Abteil. Wasserbasierte Systeme können allerdings auch das Stallklima negativ beeinflussen, wenn die relative Luftfeuchtigkeit zu hoch wird. Systeme, die die Luft mit Hilfe des Wärmeaustausches kühlen, sind Unterflurzuluffführungen oder Erdwärmetauscher. Die Luft wird auf ihrem Weg in das Abteil unterhalb des Stalles oder durch das Erdreich geleitet und nimmt auf diesem Weg die Umgebungstemperatur (des Fundamentes oder des Erdreiches) auf. Die Temperaturangleichung hierbei ist abhängig von der Größe der Oberfläche an der die Luft vorbei strömt und von ihrer Geschwindigkeit. Realisierbare Wirkungsgrade der Unterflurzuluffkühlung liegen bei 0,5 K -12 K, bei Erdwärmetauscher zwischen 4 K-10 K.

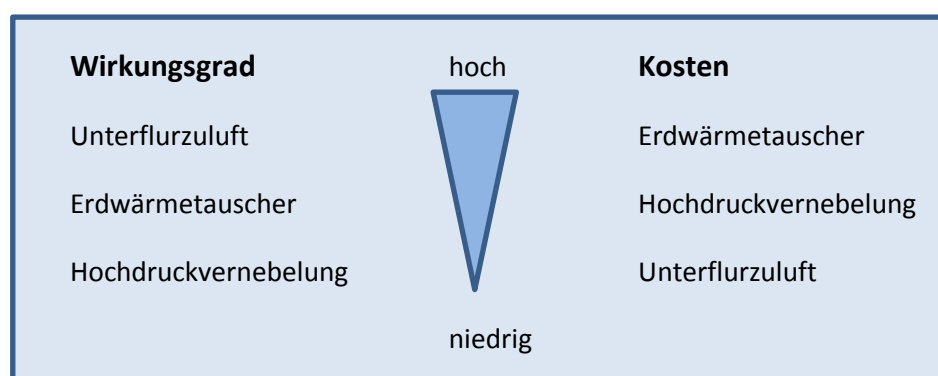


Abbildung 7: Einordnung der Luftkühlsysteme nach ihrem Wirkungsgrad und den Investitionskosten

Wasserbasierte Systeme kühlen durch das Versprühen feinsten Wassertropfen entweder im Abteil direkt oder im Bereich des Eintritts der Zuluft in den Stall.



Bild 29: Wasserhochdruckvernebelung im Abteil bzw. im Zuluftbereich

Eine weitere Methode ist das Kühlen über ein Kühlpad. Hier wird die Luft beim Eintritt in den Stall durch eine Art Wasserschwamm geleitet. Aufgrund sehr hoher Gegendrücke ist dieses System jedoch sehr kostspielig und daher nicht praxistauglich.

Bei der Sprühkühlung von Wasser gibt es Nieder-, Mittel- und Hochdruckbefeuchtungen. Im Tierbereich sollte immer mit einer Hochdruckbefeuchtung gearbeitet werden, um Tropfen in einer Größe von $<10 \mu$ zu bekommen. Dadurch wird vermieden, dass die gesamte Inneneinrichtung befeuchtet wird. Der Druck liegt bei mindestens 70 bar. Durch die Befeuchtung der Luft wird die sensible Wasserabgabe der Tiere verbessert. Der Wirkungsgrad ist abhängig von der Frischlufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit und kann bis zu 6 K betragen. Wasserverneblungsanlagen sind jedoch sehr wartungsintensiv. Wichtig für eine gute Funktionstüchtigkeit der Düsen ist ein kalkarmes Wasser. Da die Düsen das Wasser sehr fein vernebeln, ist die Gefahr des Verklebens bzw. Verstopfens durch Ablagerungen sehr groß. In den Wintermonaten, wenn die Vernebelung nicht benötigt wird, sollten die Düsen aus dem Stall genommen werden. So lange die Luft noch Feuchtigkeit aufnehmen kann funktioniert dieses Prinzip sehr gut. Liegt jedoch die Luftfeuchtigkeit des Raumes über 80 % ist diese Art der Kühlung für Schweine nicht mehr geeignet. Zur Kontrolle der Luftfeuchtigkeit im Abteil werden Feuchtigkeitsfühler aufgehängt. Auch diese sind sehr empfindlich und sollten auf jeden Fall beim Reinigen des Abteils abgenommen werden.

6.3 Wärmetauscher (Luft-Luft)

Bei einem Wärmetauscher wird die Temperatur von einem Medium an ein anderes übertragen. In der Mastschweinehaltung wird sich die entstehende Abwärme im Abteil zu Nutze gemacht. Vorwiegend wird hier für die Zulufterwärmung mit Luft-Luft Wärmetauschern gearbeitet. Bei diesem Prinzip wird die abteilwarme Abluft über ein Wabensystem an der einströmenden Zuluft vorbei geführt. Durch den Temperaturunterschied der Zu- und Abluft wird die Wärme aus der Abluft an die Zuluft übertragen. Die Effizienz hängt von den Temperaturunterschieden, der Geschwindigkeit mit der die Luftströmungen aneinander vorbei geführt werden und wesentlich von der Sauberkeit der Waben ab. Diese Art der Zulufterwärmung kann nicht die Raumheizung ersetzen, verhindert jedoch Temperaturabfälle unter 10°C in der Zuluft. Der Nachteil von Wärmetauschern liegt in einem erhöhten Wartungs- und Reinigungsaufwand sowie Energieaufwand aufgrund der zusätzlich zu überwindenden Gegendrücke. Ein

Nebeneffekt dieses Systems ist der Entzug von Wasser aus der Luft, denn das durch den Wärmeaustausch entstehende Kondensat wird schon beim Tauscher ausgeschieden, so dass die Zuluft mit geringeren Luftfeuchtigkeiten in die Stallungen geht.



Bild 30: Luft-Luft Wärmetauscher Zuluftseite



Bild 31: Luft-Luft Wärmetauscher Abluftseite

7. Häufige Schwachstellen von Lüftungsanlagen

7.1 Fehlströmungen

Fehlströmungen bezeichnen unkontrollierte Ein- oder Austritte von Luft ins oder aus dem Abteil, die zu Zugluft, Schadgasbelastungen, Wärmeverlusten oder negativen Luftströmungen führen und damit wesentlich das Stallklima bzw. die Tiergesundheit beeinflussen. Hier einige Beispiele:

- falsche Luftführung
 - Schlitze nicht mittig über Gang bei der Schlitzganglüftung
 - Absaugpunkte direkt unterhalb der Decke
 - zu große oder zu kleine Dimensionierung von Treibegängen (Zuluftraum), Buchtentiefen, Deckenhöhen (zu tiefer Raum bei Decken-/ Wandventilen)
 - Undichtigkeiten an Zu- und Abluftelementen



Bild 32: nicht mittig liegende Zuluftelemente der Schlitzganglüftung



Bild 33: deckengleicher Absaugpunkt

- schlechte Abstimmung der Ventilatoren/Klappenstellungen nebeneinander liegender Abteile
 - zu geringer Unterdruck bzw. zu geringe Ventilation: Abluft gerät aus Abteil in Zuluft
- Störung der gewünschten Luftzirkulation
 - zugesetzte Traufgitter
 - zugesetzte Löcher bei Rieseldecken
 - zugesetzte Decke bei diffuser Decke
 - defekte Rieselkanalplatten (Teile rausgebrochen)
 - Undichtigkeiten an Türen, an Schacht Ein- und Auslässen, offene Löcher in der Wand (z.B. für Gaskanonenanschlüsse oder von alten Futterrohren)=> Zugluft

nachher



vorher



Bild 34: Reinigung des Traufgitters

vorher



nachher



Bild 35: Undichtigkeiten im Abluftkanal

vorher



nachher



Bild 36: Undichtigkeiten an der Abteiltür

vorher



nachher



Bild 37: Abdichten des Spaltenbodens auf dem Treibegang bei der Schlitzganglüftung

- falsch angelegte Zuluftführung
 - Abluft des benachbarten Stalles wird angesaugt
 - Güllebehälter liegt in Hauptwindrichtung zum Zulufttritt des Stalles



Bild 38: Güllebehälter in Hauptwindrichtung zum Zulufttritt des Stalles

7.2 Defekte und Funktionsstörungen

- falsche Anordnung von Fühlern
 - Der Temperaturfühler im Außenbereich wie im Abteil sollte nicht von der Sonne angestrahlt werden können
 - Standort Außenfühler: unterhalb der Traufe an der Nordseite, min. 1 m von Giebelseite entfernt
 - Standort Abteilstühler: abhängig vom Zuluftsystem, im Tierbereich ca. 1.50 m über dem Spaltenboden und nicht direkt über dem Futterplatz
- fehlerhafte Messwerte von Fühlern (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, ...)
 - halbjährlich sollten die Fühler mit geeichten Messgeräten überprüft werden
- fehlerhafte Messwerte von Messventilatoren
 - auch Messventilatoren sollten nach einigen Jahren überprüft werden
- falschherum laufende Ventilatoren
 - die Luft wird statt abgesaugt zu werden in das Abteil gedrückt, hier ist meist ein technischer Defekt des Motors die Ursache
- Verschiebung von Stellklappen auf Führungsschiene bzw. an Seilführung
 - durch die Verschiebung öffnen und schließen die Klappen nicht mehr sachgemäß

- dieses gilt sowohl für Klappen im Zuluftbereich wie im Abluftbereich, wobei die Belastung des Materials im Abluftbereich durch die Abluftgase höher ist
- defekte Isolierung
 - defekte an Isolierungen wie der Decke oder im Abluftschaft führen verstärkt zu Kondensatbildung und Wärmeverlusten
 - bei Kondensatbildungen an Bauelementen wie Wänden werden diese geschädigt
 - Kondensatbildung im Abteil kann zu grenzwertüberschreitenden Luftfeuchtigkeiten und zusätzlich Schimmelpilzen in der Luft führen, die die Tiere belasten

7.3 Undichte Gülleschieber

Beim Bau von Stallanlagen und Gülleschiebern geht es oft in erster Linie um die Funktionalität und einfache Handhabung. Das Augenmerk wird nur auf die Funktion „Gülle zurück halten“ gelegt und der Einfluss auf das Lüftungssystem wird nicht mit bedacht. Denn wenn der Gülleschieber nicht auch den Übergang vom Abteil zum Zentralgang luftdicht abschließt, nutzt die Luft diesen Spalt um ins Abteil zu kommen. Dabei nimmt sie Ammoniak, der aus der Gülle ausgast, auf. Die Luft wird vom Güllekeller durch den Spaltenboden gesaugt und gelangt so zu den Tieren. Die Folge sind Reizungen und Belastungen der Atemwegsorgane und eine unzureichende Sauerstoffversorgung der Tiere. Erhöhte Schadgaswerte sind die eine Folge, die andere ist entstehende Zugluft. Die Frischluft hat sich im Güllekeller noch nicht erwärmt und strömt so mit Außenlufttemperaturen zu den Tieren.



Bild 39: Verschiedene Abdichtungen von Gülleschieberöffnungen

8. Tipps zur eigenen Überprüfung der Lüftungsanlage

Bevor ein Experte mit ihnen durch den Stall geht, können sie zunächst kleinere Probleme durch Beobachtung der Tiere und Kontrolle ihrer Lüftung selber abstellen.

Beim Betreten des Abteils:

- ruhig eintreten um das Liegeverhalten zu beobachten (wenn es Fenster zum Abteil gibt, sollte das Liegeverhalten vor dem Eintritt in das Abteil beobachtet werden)
- Tierverhalten beobachten:
 - Haufenlage oder weit verstreute Lage
 - Verschmutzung der Tiere
 - Atmung der Tiere (schnell oder ruhig und langsam)
 - Spielen mit Tränke
 - tränige Augen
 - Husten, Nasenausfluss
- Gebäude und Funktion der Technik überprüfen:
 - Temperatur (passt sie zum Mastabschnitt?)
 - Feuchtigkeit auf Boden oder an Wänden
 - Schimmelbildung
 - Tropfenbildung an Futterleitungen
 - starke Staubablagerung oder staubige Luft
 - starke Geruchsbelastung (tränige Augen)
 - Verschmutzung der Zuluftflächen
 - Funktion Stellklappen (Seilzüge, Stellmotoren)
 - Funktion Ventilatoren (Ausfall, rückwärts Bewegung)
- Abgleich mit Klimacomputer
 - aktuelle Temperatur und Soll- Temperatur
 - Luftrate
 - Luftfeuchtigkeit (wenn messbar)
 - Temperaturverlauf der letzten 24h (wenn ablesbar) sonst Min-Max-Thermometer nutzen
 - passen Werte zu Alter und Gewicht der Tiere und den Beobachtungen

Klimacomputer sind eine gute Hilfe um die Lüftung optimal zu steuern, denn durch die sofortige Verarbeitung von Messdaten kann schnell und gut auf Veränderungen reagiert werden. Zusätzlich kann durch Klimakurven auf die Entwicklung der Tiere eingegangen werden. Einstellungen per Hand sind häufig zu spät und können leicht vergessen werden. Jeder Stall reagiert anders, daher muss die Voreinstellung der Lüftungsfirma, über das Sammeln von eigenen Erfahrungen im Stall, angepasst werden. Das bedeutet, dass individuelle Kurven erarbeitet werden müssen, da jeder Stall unterschiedlich ausgestattet ist und unterschiedlich reagiert.

Es macht jedoch keinen Sinn täglich den Klimacomputer anzupassen. Bei gravierenden Problemen muss reagiert werden, ansonsten dient die tägliche Kontrolle und Überprüfung dazu frühzeitig Lüftungsprobleme zu erkennen und abzustellen.

Im Anhang finden sie Checklisten als Hilfestellung zur Beurteilung und Behebung von Schwachpunkten der Lüftungsanlage. Sie sollen als Kopiervorlage dienen damit sie einerseits die Punkte im Stall direkt durchgehen können und andererseits Ansatzpunkte haben, Fehler zu erkennen und richtig abzustellen.

9. Dinge, die man zur Überprüfung der Lüftungsanlage bei sich haben sollte

Dieser Leitfaden soll dazu dienen, die eigene Lüftungsanlage auf dem Betrieb besser zu verstehen und Schwachpunkte abzustellen, um eine optimale Lüftung des Stalles zu gewährleisten. Für eine gute Überprüfung darf das folgende Equipment nicht fehlen:

- Infrarotthermometer
- Zettel und Stift
- Taschenlampe
- Taschenrechner
- Checkliste

Bei auftauchenden, größeren Problemen, gehen sie mit einem Experten durch den Stall. Die hofeigene Anschaffung von speziellen Messgeräten lohnt sich aufgrund der hohen Anschaffungskosten nicht. Eine Beratung durch einen Experten ist hier besser investiertes Geld. Dieser kann durch Nebelpatronen Luftströmungen und somit Fehlströmungen visuell sichtbar machen. Anhand von Datenloggern lassen sich Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder auch Schadgaskonzentrationen über einen längeren Zeitraum aufnehmen und darüber system- oder tagesablaufbedingte Schwachpunkte aufdecken. Gleiches gilt für systematisches Messen der Luftgeschwindigkeit oder von Schadgasen.

Das richtige Lüften von Ställen ist ein wesentliches Kriterium einer erfolgreichen Schweinehaltung. „Das richtige“ Lüftungs-, Kühl- oder Heizungssystem gibt es nicht. Die Kombination aus Stallbau, möglicher Zu- und Abluftführung und die Vorliebe und Handhabung der Klimagestaltung des Betreibers sind für den Erfolg ausschlaggebend.

Stallklimaexperten finden Sie bei den Landwirtschaftskammern und verschiedenen Beratungsorganisationen. Bei Fragen speziell zu ihrem Klimacomputer sollten sie sich direkt an ihre Lüftungsfirma wenden.

Infoblatt Stallklima (Tierverhalten)

Tierverhalten	Ursache	Technischer Mangel	Maßnahme
Tiere liegen einzeln, ausgestreckte Beine	Erhöhung der Wärmeabgabe	Zu hohe Temperatur	Lufrate erhöhen, Solltemperatur senken
Tiere sind dreckig, liegen in oder schaffen sich feuchte Flächen			
Erhöhte Atemfrequenz			
Hustenreiz	Hohe Staubbelastung der Atemluft	Niedrige Luftfeuchte	Temperatur senken, Lufrate verringern, Luft befeuchten
Vermehrter Wasserverbrauch	Hohe Transpiration		
Haufenlage trotz hoher Temperatur	Gegenseitiges Wärmen	Zugluft	Luftgeschwindigkeit senken, Stalldichtheit prüfen
Tiere liegen eng an-, oder übereinander	Gegenseitiges Wärmen	Zu niedrige Temperatur	Temperatur anheben
Borsten stehen ab	Isolation		
Kältezittern	Wärmeproduktion		
Schlechte Futtermittelnutzung			
Tiere liegen in Bauchlage	Verminderte Wärmeabgabe		
Nasenausfluss, Husten, Niesen, rasselnde Atmung, allg. Erkältungserscheinung	Erkrankung des Atmungsapparates	Hohe Luftfeuchtigkeit	Lufrate erhöhen, Heizleistung steigern
		Zugluft	Dichtheit des Abteils und Dimensionierung der Zuluftöffnungen prüfen
		Erhöhte Schadgaskonzentration (geringe Lufrate, erhöhte Temperatur, Gülleemission, Luftkurzschlüsse)	Aggressive Gase
Kannibalismus			
Wunde Schwänze, Ohren			
Augen gerötet, Tränenfluss, Bindehaut entzündet	Reizung der Schleimhäute		

- Kopiervorlage -

Infoblatt Stallklima (Lüftungstechnik 1)

Lüftung	Ursache	Technischer Mangel	Maßnahme
Zugluft	Hohe Luftgeschwindigkeit	Zu hohe Luftrate, Fehlströmungen durch Undichtigkeiten	Dichtheit sicher stellen, Luftrate reduzieren, Zuluft kontrollieren
		Zu hoher Unterdruck	Zuluftquerschnitt vergrößern
Reizung der Schleimhäute, stechender Geruch, Geruch nach faulen Eiern	Hohe Schadgaskonzentration	Geringer Volumenstrom	Luftrate erhöhen
			Verklemmte Klappen instand setzen
			Verschmutzte Schutzgitter reinigen
			Zuluftquerschnitte anpassen
			Dimensionierung überprüfen
		Zu hohe Solltemperatur	Temperatur senken
		Luftbewegung über Gülle	Luft direkt über der Gülle beruhigen
		Gülle zu dicht unter Spalten	Gülleabstand zu Spalten garantieren
		Geringer Unterdruck	Zuluftquerschnitt anpassen, z.B. Pendelklappen einbauen
Überbelegung	Belegung nach Berechnungsgrundlage		
Luftkurzschluss zwischen perforierter Zuluft Einheit und Abluftpunkt	Im Umkreis von 0,5 m um Abluftpunkt keine Perforation im Zuluftelement		
Türen lassen sich <u>ohne</u> Widerstand öffnen	Geringer Unterdruck	Undichtheiten bei Tür, Fenster, Güllekanal, an Wanddurchbrüchen, oder Übergängen (Zuluft.- Abluftkanal)	Dichtheit herstellen

Infoblatt Stallklima (Lüftungstechnik 2)

Lüftung	Ursache	Technischer Mangel	Maßnahme
Türen lassen sich nur <u>mit Widerstand</u> öffnen	Zu hoher Unterdruck	Zuluftquerschnitt zu groß	Querschnitt anpassen
		Zuluftquerschnitt zu gering bemessen	
Tropfende Decken, feuchte Bauteile	Kondensatbildung	Zu hohe Luftfeuchte, ungleichmäßige Luftverteilung	Luftrate erhöhen, zusätzlich heizen
Schimmel an Bauteilen			
Hustenreiz	Hohe Staubbelastung	Zu geringe Luftfeuchte	Luftrate senken, Temperatur senken, Befeuchtungsanlage aktivieren
Luftstaub bei Lichteinfall sichtbar			
Verstärkte Temperatur-bzw. Tag-Nacht-Schwankungen	Zu großer Querschnitt	Defekte Stellklappen	Instandsetzung
	Windeinfluss an Zu- oder Abluft	Fehlender Windschutz	Windabweisbleche/-hauben an Zulufttritt anbauen
	Zu hohe Minimalluftrate	Min.-Luftrate zu hoch eingestellt	Min.- Luftrate reduzieren
		Reglereinstellung nicht angepasst	Reglereinstellung anpassen
	Zu starke Sommerluftrate	Solltemperatur zu niedrig	Solltemperatur anheben
Zu enger Regelbereich/ Spreizung		Regelbereich / Spreizung erhöhen	

- Kopiervorlage -

Checkliste Stallklima

Bei der täglichen Kontrolle

Vor Betreten des Abteils:

- Anzeige am Klimacomputer:
 - Abgleich von Ist-Temperatur und Soll- Temperatur
- Funktion der Zuluftsteuerung :
 - Klappenstellung (z.B. Giebelklappen)
 - Öffnungswinkel
- Wenn Fenster zum Abteil vorhanden:
 - Tierbeobachtung durchs Fenster
 - Liegeverhalten (Haufenlagen etc.)

Im Abteil:

- Tierbeobachtung:
 - Liegeverhalten
 - Atemfrequenz (Hitzestress)
 - Aggressionen, Schwanzbeißen etc.
- Sensorische Wahrnehmung:
 - Luftqualität
 - Temperatur
 - Kondens-/ Schwitzwasserbildung
 - Feuchtigkeit des Spaltenboden / der Decke
- Funktionsüberprüfung:
 - Stellklappen
 - Heizung
 - Kühlung
 - Sauberkeit der Zuluft- und Abluftbereiche
- Überprüfung der Klimacomputerdaten:
 - Passt die Lüftungskurve zum Außenklima sowie zum Haltungabschnitt
 - Überprüfung des Temperaturverlaufs der letzten 24h; in der Nacht; etc.

Checkliste Stallklima

Nach Mastdurchgang

Wartung und Funktionskontrolle der Lüftungsanlage

Nach jedem Durchgang sollten während und nach den Reinigungs- und Desinfektionsarbeiten alle beweglichen Teile und Kanäle der Lüftungsanlage auf ihre Funktionsfähigkeit und Sauberkeit überprüft werden.

- Positionsprüfung: Ort, Höhe und Messgenauigkeit des Temperaturfühlers
(max. Abweichung 2°C, bei nötiger Kalibrierung mit Lüftungsfirma in Verbindung setzen)
- Staubablagerungen an Klappen, Kanälen, Motoren und Ventilatoren entfernen
- Sauberkeit des Abluftkanales überprüfen, ggf. Reinigen
- Sicherheitsvorkehrungen treffen, so dass die Ventilatoren bei Kanalreinigung nicht laufen
- Bei Seilzuggeführten Klappen Funktion überprüfen
- Gleichmäßiges Schließen und öffnen von Klappen überprüfen
- Heizung auf Funktion überprüfen
- Kühlung auf Funktion überprüfen

Vorbereitung für neuen Mastdurchgang

Das Abteil sollte bei Ankunft der neuen Tiere sauber und trocken sowie vorgewärmt sein. Es ist nicht zwangsläufig nötig mehrere Tage vor Ankunft der neuen Tiere den Stall aufzuheizen, jedoch müssen alle Bauteile im Abteil (Wände, Spalten und Decke) trocken und mindestens 18°C warm sein bei Ankunft der neuen Tiere (Spaltenbodentemperatur ist wichtiger als Raumtemperatur).

- Überprüfung der Temperaturen der Bauteile mit Infrarotthermometer
- Stallklimakurve auf Alter und Gewicht der neuen Tiere anpassen
- Jahreszeit bei der Stallklimakurve berücksichtigen (Sommer-/ Winterkurve)
- „Begrüßungstemperatur“ einstellen: 1-2°C höher als sie auf dem Herkunftsbetrieb gewesen ist (Rücksprache mit Herkunftsbetrieb halten, auch zu Fütterungsregime und Gesundheitsstatus)

EINE FRAGE DER HALTUNG

Neue Wege für mehr **Tierwohl**

Dieser Betrieb nimmt von 2014 bis 2016 an einer Beratungsinitiative des durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft initiierten Modell- und Demonstrationsvorhaben Tierschutz zur

Weiterentwicklung des Tierschutzes in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

teil. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.mud-tierschutz.de.



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

ptble
Projektträger Bundesanstalt
für Landwirtschaft und Ernährung





Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Mars-la-Tour-Straße 1-13
26121 Oldenburg



Telefon: 0441 801-321

Telefax: 0441 801-319

E-Mail: katrin.peperkorn@lwk-niedersachsen.de
sebastian.boensch@lwk-niedersachsen.de

Internet: www.lwk-niedersachsen.de

**EINE FRAGE
DER HALTUNG**

Neue Wege für mehr **Tierwohl!**

ptble

Projektträger Bundesanstalt
für Landwirtschaft und Ernährung

Landwirtschaftskammer
Niedersachsen