

# AGRAR 6

Juni 1987  
66. Jahrgang  
Vogel-Verlag  
Würzburg

# TECHNIK

Landmaschinen-Markt

## Besseres Stallklima

Unterflur – Unterdruck –  
Lüftung mit Zentralabsaugung

# Besseres Stallklima

## Unterflur — Unterdruck — Lüftung mit Zentralabsaugung

Dipl.-Ing. agr. Friedrich Berkner, Dr. Josef Lorenz

Der Mensch braucht zum Leben Nahrung. Die 24,5 Mio. Schweine in der Bundesrepublik Deutschland kann man nicht mehr einfach wie früher mit Auslauf halten. Das ist aus räumlichen, klimatischen und vor allem hygienischen Gründen unmöglich. Man braucht dazu - ob wir es wollen oder nicht - eine moderne, intensive Tierhaltung. Nicht nur das Tierschutzgesetz, sondern das normale ethische Empfinden schreibt jedem Tierhalter vor, auch in neuzeitlichen Haltungssystemen Tiere vor Leiden und Schmerzen zu schützen.

Mit den modernen Haltungsverfahren wird dem - zum alleinigen Zweck der Nahrungsmittelproduktion gehaltenen - Tier ein Lebensraum geschaffen, wie es ihn besser nie zuvor in der Geschichte der Nutztierhaltung gegeben hat. Dennoch wird von Außenstehenden immer häufiger Kritik - meist völlig unqualifiziert - an solcher Haltung großer Tierbestände laut. Die Autoren bemühen sich seit gut 15 Jahren, einen wesentlichen Punkt der Vorschriften des Tierschutzgesetzes, nämlich Punkt 3 des § 2a, Absatz I: „Anforderungen an das Raumklima bei der Unterbringung von Tieren“ hinsichtlich einer optimalen Lüftung für Schweineställe tiergerecht mitzugestalten.

Im Entwurf einer Verordnung zum Schutz von Schweinen bei Stallhaltung (Tierschutz-Schwein-Haltungsverordnung), die bis Dezember 1987 als Gesetz ratifiziert werden soll, wird im § 6, Stallklima, gesagt:

„Es muß sichergestellt sein, daß die Gesundheit der Tiere nicht durch Temperaturschwankungen, Zugluft, extrem hohe oder niedrige Luftfeuchtigkeit, niedrige oder extrem hohe Temperaturen oder schädliche Gaskonzentrationen nachhaltig beeinflusst wird.“

Alle diese Forderungen müssen bei der Intensiv-Tierhaltung durch eine elektrisch betriebene Lüftungsanlage erfüllt werden.



*Um die Tiere so wenig wie möglich zu belasten, müssen die Schadstoffe wie Wärme, Atmungsprodukte, Wasserdampf usw. sowie die Zersetzungsprodukte irgendwie aus dem Schweinestall abgeführt werden. Was liegt dabei näher, als dies direkt am Entstehungsort zu tun?*

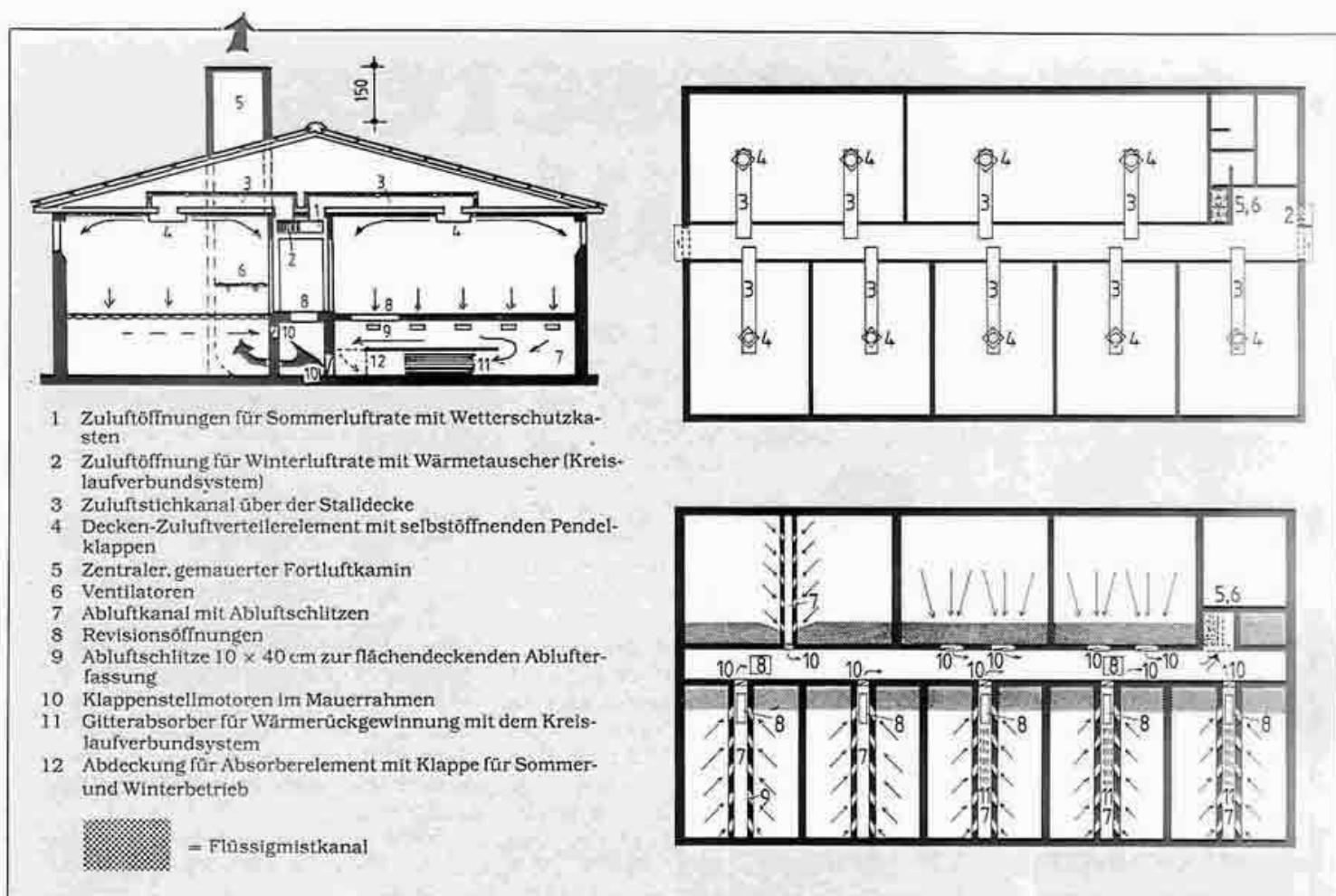
6 Blick in den zentralen Entsorgungsgang unter dem Erschließungsgang mit den Klappenstellmotoren. Oben vorn: Revisionsöffnung. Am Kanalboden: Wasserleitung zum Vorwärmen des Trinkwassers.

### Anforderungen an Lüftungsanlagen

Viele theoretische Grundlagen dieser Thematik lassen sich in zwei kurze Formulierungen pressen, welche die praktischen Anforderungen an eine Lüftungsanlage definieren:

1. Frischluft von außen muß den Tieren im Stall zugfrei in den Aufenthaltsbereich zugeführt werden.
2. Die Schadlasten des Stalles wie Wärme, Atmungsprodukte ( $\text{CO}_2$ ) Wasserdampf, Staub sowie die Zersetzungsprodukte von Ausscheidungen (hauptsächlich  $\text{NH}_3$ , bedingt  $\text{H}_2\text{S}$ ) müssen so abgeführt werden daß die Tiere dadurch möglichst wenig belastet werden.

Was liegt dabei näher, als die Schadstoffe möglichst am Entste-



hungsort zu erfassen und direkt abzuführen?

Hauptverursacher von Gerüchen in- und außerhalb vom Stall ist Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Dessen Entstehung ist immer an den Bereich der Gülle gekoppelt. Bei kleinerer Gülleoberfläche ist die Schadgasbelastung des Stalles gering. Eine wirkungsvolle Erfassung der Schadgase ist leicht zu realisieren. Bei großen Gülleoberflächen, wie sie z.B. in „Einraum-Mastställen“ anzutreffen sind, ist dagegen eine wirkungsvolle Erfassung der Schadgase aus dem Güllebereich sehr schwierig.

Der heutige Stand der Haltungstechnik bei der Intensiv-Tierhaltung kennt jedoch keinen „Einraumstall“ mehr. Im Rein-Raus-Belegungsverfahren betriebene Stallanlagen haben auf ein Funktionsprogramm abgestimmte, kleine Stallabteile mit max. 120 Tieren/Abteil (Mast), die kammartig an einen Erschließungsgang angeordnet sind.

Damit ist die wichtigste und wesentliche Grundvoraussetzung für die Erfassung von Schadgasen am Entstehungsort geschaffen:

„Kleine Stallabteile ermöglichen separate Güllekanäle mit begrenzter Oberfläche. Hier können leicht flächendeckend die Schadgase  $\text{NH}_3$  (Ammoniak) und  $\text{H}_2\text{S}$  (Schwefelwasserstoff) durch die günstige Anordnung mehrerer, verteilter Abluftöffnungen mit geringer Entfernung zur Schadstoffquelle erfaßt werden. Dabei entstehen kaum Turbulenzen im Erfassungsbereich.“ Sie müssen daher nicht mit der Raumluft vermischt und dadurch abgeführt werden, wie dies bei der Abführung der Abluft an der Stalldecke der Fall ist. Dabei müssen die Schadgase immer durch den Aufenthalts- und Liegebereich der Tiere geführt werden und diese zwangsläufig höher belasten.

Dadurch kann auch die Außenluft = Fortlufrate zur Aufnahme der Stofflasten relativ kleiner gehalten werden, da in der Schadgasbilanz nur noch  $\text{CO}_2$  berücksichtigt zu werden braucht. Die Anforderungen an die Zuluftanlage sind geringer, da die Induktionswirkung der Zuluft zur Erzielung einer sogenannten „Raumwalze“ nicht mehr erforderlich ist. Wesentlich höher dagegen ist die Anforderung an die Ablufterfassung

aus den bereits geschilderten Gründen geworden.

## Ammoniakbelastung senken!

Messungen von Franke habe in einem Maststall mit Stallabteilen, die im Rein-Raus-Belegungsverfahren mit jeweils ca. 110 Tieren belegt werden und dabei die optimal ausgeführten Lüftungsvarianten mit Absaugpunkt an der Stalldecke sowie mit Absaugpunkt unter dem Spaltenboden – also am Entstehungsort der Schadgase – besitzen, folgendes eindeutig bestätigt: Die Schadgasbelastung mit Ammoniak im Liege- und Aufenthaltsbereich der Tiere lag zum Zeitpunkt der Messung bei Oberabsaugung mit  $\varnothing 14$  ppm Ammoniak um das Dreifache höher als bei der Unterflur-Absaugung mit  $\varnothing 4.5$  ppm.

Diese Tatsache ist in bestimmten Jahreszeiten noch wesentlich ausgeprägter! Messungen der Autoren bestätigen diese Tatsache. Seit langer Zeit weiß man durch Untersuchungen am Schlachtband, daß Tiere mit hoher Ammoniakbelastung im Aufenthaltsbereich erheblich an Lunge und Rippenfell geschädigt sind. Erst

hier nämlich lassen sich die Schädigungen am Tier durch schlechtes Stallklima – und hier vor allem durch zu hohe Schadgaskonzentrationen im Tierbereich – nachweisen.

Das neue Tierschutzgesetz muß in letzter Konsequenz mit dem Wissen um den Zusammenhang solcher Schädigungen am Individuum nachhaltig die Anwendung von Unterflur-Unterdruck-Lüftungssystemen favorisieren, ja sie sogar fordern.

Dennoch werden solche Lüftungssysteme in der Praxis immer häufiger verboten. Hauptverhinderer dieser tiergerechten Haltungsbedingung sind momentan die Umweltschutzbehörden. Immer wieder werden mit Baugenehmigungen für Stallum- und -neubauten im Baubescheid Auflagen zur Errichtung der Lüftungsanlage erteilt, die zwingend die „Oberabsaugung“ vorschreiben und die Unterflurabsaugung verbieten.

Fragt man nach den Gründen, wird einem immer beschieden, die Unterflurlüftung verursache höhere Immission (Immission = auf Menschen und Tiere einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche und andere Umwelteinwirkungen) als die Oberabsaugung. Es werden dazu wissenschaftliche Untersuchungen aus dem letzten Jahrzehnt angeführt.

Diese total veralteten Untersuchungen wurden jedoch in den bereits angeführten Stallanlagen durchgeführt, die mit heutiger, moderner Stallhaltung wenig gemein haben. Hier wurde keine flächendeckende, sondern punktuelle Schadgaserfassung betrieben. Logischerweise wird bei dieser Art der Ablufterfassung mit höchster Luftleistung punktuell über dem Güllespiegel durch die erhebliche Turbulenz die Fortluft überproportional mit Schadgasen belastet.

Neuere Messungen in modernen Stallsystemen weisen dagegen bei optimaler Planung und Bauausführung keinerlei Unterschiede in der Belastung der Fortluft mit Schadgasen auf! Der vorhandene Interessenkonflikt zwischen Tierschutzgesetz und Bundes-Immissionsschutz-Gesetz – der leider immer zugunsten der Minderheit der sich belästigt fühlenden Menschen und nicht zugunsten der in der Überzahl stehenden Tiere im Stall entschieden wird – wäre also im Prinzip völlig überflüssig, wenn Ställe nach dem Stand der Technik geplant und gebaut würden!

Dieser Stand der Technik soll an



7 Klappenstellmotor im einbaufertigen Mauerrahmen, Stellklappe geschlossen



8 Geöffnete Stellklappe und Abluftkanal mit Absaugschlitzen im Wartestall

einem Stallmodell für 64 Sauen, wie es von den Autoren hundertfach in der Praxis realisiert wurde, exemplarisch dargestellt werden. Dieses Modell kann auch auf Mastställe übertragen werden.

### **Unterdruck-Unterflur-Zentralentlüftung**

Voraussetzung ist ein Stall – sei es für die Ferkelproduktion oder die Schweinemast – wie er modellhaft in den Bildern 1 bis 4 dargestellt ist:

- Zentraler Erschließungsgang, der gleichzeitig im Unterbau der Entsorgung dient.
- kammartig angeordnete Stallabteile mit Rein-Raus-Stallbelegungsverfahren in auf das Funktionsprogramm abgestimmten Raumgrößen.
- dadurch separate Güllekanäle mit geringer Oberfläche.
- Unterflur-Schadstofffassung fast überall mittels Kanalsystemen und flächendeckender Absaugung über exakt verteilte Schlitze.
- zentrale Unterflur-Abluftsammlung und Zusammenführung in einen zentralen, gemauerten Fortluftkamin mit Auswurfspunkt 1,5 m über First.

Bisher wurden bei solchen Stallanlagen für jedes Stallabteil separate Ventilatoren mit individueller Regelung und Steuerung eingesetzt. Anhand der Lufratenberechnung nach DIN 18910 und von Erfahrungswerten

würde man dabei für die Abferkelaufluchtteile je einen Ventilator mit 3500 m<sup>3</sup>/h im Deck- und Wartestall je zwei Ventilatoren mit ca. 2500 m<sup>3</sup>/h freiblasender Förderleistung einsetzen. Die Leistungsdaten bei Einsatz sehr guter, DLG-geprüfter Ventilatoren sehen dann wie folgt aus: Es würden freiblasend insgesamt 26 650 m<sup>3</sup>/h Abluft gefördert. Die gesamte aufgenommene Leistung von fünf Ventilatoren Ø 350 und vier Ventilatoren Ø 300 läge bei 1109 W/h.

### **Neues Lüftungsverfahren**

Bei der Zentralabsaugung wird ein anderes System der Abluftbeförderung angewendet: Mittels mehrerer in einem zentralen Fortluftkamin installierter Ventilatoren wird die Abluft aus dem Stall befördert. Dabei wird immer mittels eines Ventilators eine Grundlast entsorgt. Das Luftförderolumen liegt dabei so hoch, daß auch in den sog. Übergangsjahreszeiten noch ausreichend entlüftet werden kann. Weitere Ventilatoren schalten sich bei Bedarf automatisch nach vorgegebenen Sollwerten dazu. Die Führung der jeweils nötigen Abluftmenge pro Stallabteil regeln separat stufenlos gesteuerte Klappen, die anstelle der im obigen Verfahren beschriebenen Ventilatoren die Abluftmengen je nach Bedarf exakter und individuell bestimmen.

Errechnet man für dieses System in Anlehnung an DIN 18910 – vor allem aber anhand von Erfahrungswerten – die Gesamtluftfrate, werden ca. 30 000 m<sup>3</sup>/h freiblasend benötigt. Da immer **mindestens** zwei Ventilatoren eingesetzt werden, würden zwei Ventilatoren mit  $\varnothing$  710 und einer freiblasenden Luftförderleistung von 15 500 m<sup>3</sup>/h eingesetzt. Die aufgenommene Leistung eines solchen Ventilators liegt bei nur 820 W/h.

## Energiekosten-Vergleich

Aus inzwischen dreijähriger praktischer Erfahrung in solchen Stallanlagen wissen wir, daß in der überwiegenden Laufzeit der Lüftungsanlage nur **einer** der beiden Ventilatoren in Betrieb ist und somit Stromkosten verursacht. Nur bei hohen Außentemperaturen über 23 °C wird der zweite Ventilator tagsüber zur Erhöhung der Luftleistung automatisch dazugeschaltet. Nachts reicht dann meist wieder die Grundlastentsorgung aus.

Praxismessungen der Autoren in vielen Ställen mit beiden Lüftungssystemen lassen bereits jetzt die Aussage zu, daß mit der Zentralabsaugung im Vergleich mindestens ca. 20% Stromersparnis zu erzielen sind.

Bei Lüftungsstromkosten in der Praxis von ca. 1,50 DM pro Ferkel bis 30 kg und ca. 2,50 DM pro Mast-schwein wären das im vorgestellten Modell ca. 0,30 DM/Ferkel. Bei gut 1300 produzierten Ferkeln sind das im Jahr etwa knapp 400 DM.

Vergleicht man die praktischen Ergebnisse und Erfahrungen mit den theoretischen Erkenntnissen, wird man bestätigt:

Im System mit Einzelventilatoren werden 1109 W/h Leistung aufgenommen.

Bei der Zentralabsaugung liegt diese Leistung bei der Grundlastentsorgung bei 820 W/h.

Die überwiegende Laufzeit des Jahres reicht diese Leistung aus.

Die theoretische Stromersparnis soll nun bei 20% liegen:

20% von 1109 W/h sind 222 W/h.

Die Differenz zwischen Grundlastentsorgung bei Zentralabsaugung und Vollastentsorgung bei Lüftung mit Einzelventilatoren beträgt 289 W/h.

Subtrahiert man die Stromersparnis von 222 W/h von diesem Wert, verbleiben 67 W/h Rest. Das wäre der theoretische Stromverbrauch des zweiten Ventilators in die-



9 Blick in den Fortluftkamin aus dem zentralen Abluftsammlkanal. Ventilator 1 in Betrieb, andere Ventilatoren in Ruhestellung

sem System. Hochgerechnet würde das eine zweistündige Laufleistung dieses Ventilators pro Tag im Jahresdurchschnitt bedeuten. Das erscheint realistisch.

## Fazit des Energiekostenvergleichs der Systeme

Mit der Zentralabsaugung besitzt man ein System, welches bei ca. 15% höherer installierter, möglicher Gesamtluftfrate wegen der besseren Luftführungsmöglichkeit unter Praxisbedingungen ca. 20% weniger Strom verbraucht. Die ökonomische Effizienz dieses Verfahrens liegt also auf der Hand.

Die Zentralabsaugung besteht aus:

1. Zwei oder mehreren Ventilatoren, deren Gesamtfördervolumen sich anhand von Luftfrateberechnungen ergibt (Bild 9).
2. Für die nicht der Grundlastentsorgung dienenden weiteren Ventilatoren je einen Klappenstellmotor mit Verschlussklappe für den ausgeschalteten Zustand (Bild 10).
3. Elektronischen Temperaturfühler im ISO-Gehäuse für Klappensteuerungen und Temperaturerfassung (Bild 5).
4. Einem Schaltschrank, gebaut nach den geltenden VDE-Vorschriften der

VDE 0100, Teil 705 und den Vorschriften des Verbandes der Sachversicherer (VdS, § 7 AFB, Bild 1, 2) mit:

- 5-Stufen-Transformator-Regelung mit Stufenanzeigelampen.
- Hand-Automatik-Direkt-Schaltern
- Für jedes Stallabteil Isttemperatur-Digitalanzeige, Leuchtdioden-anzeige für Iststellung der Klappenstellantriebe, Temperatursollwertsteller, MIN-MAX-Alarmtemperatur-Sollwertsteller, Leuchtdioden-anzeige für Alarm
- Digitale Zulufttemperaturanzeige
- Zuluftkompensationsregelung mit Sollwertsteller.
- Solltemperatursteller für automatische Zuschaltung der weiteren Ventilatoren mit gleichzeitiger Öffnung der Verschlussklappen über Stellmotor
- Motorschutzschalter
- Alarmtestschalter
- Alarmhornausschalter

5. Fertig montierten, einbaufertigen Mauerrahmen mit stetigen Klappenstellantrieben mit Stellklappen für jedes Stallabteil (Bilder 6, 7, 8).

6. Zuluftkanälen und dazu je nach Bauausführung passenden Zuluftverteiler-Elementen (Bild 4) mit selbstöffnenden Pendelklappen.

7. Elektronischem Alarmhorn mit 120 dB und einer Blitzleuchte mit Xenon-Entladungsröhre, die auch bei Abschalten des Alarmhornes weiterblinken muß.

8. Automatischem Telefon-Wähl- und -Ansage-Gerät zur Vermittlung des Alarms bei Ställen im Außenge-lände.

## Funktion der Zentralabsaugung

Die Lüftung erfolgt im reinen Unterdruck-System. Die Frischluft strömt von außen durch den sich aufbauenden Unterdruck über vorgegebene Öffnungen in den Haupterschließungsgang.

An diesen Öffnungspunkten besteht die Möglichkeit der Zuluftvorwärmung mittels eines geeigneten Wärmerückgewinnungssystems – hier dem Kreislaufverbundsystem – oder einer geeigneten Heizquelle.

Jedes Stallabteil wird mittels eines Zuluftstichkanals vom Hauptgang aus mit Zuluft versorgt. Die Zuluft wird – wie es die VDI-Richtlinie 3471 „Emissionsminderung, Tierhaltung-Schweine“ vorschreibt – horizontal unter der Stalldecke mit entsprechenden Zuluftverteiler-Elementen eingeführt. Die Pendelklappen dieser

Verteilerorgane passen sich automatisch synchron den entsprechend geförderten Lufraten an. Dabei vermischt sich die Zuluft mit dem unter der Stalldecke sitzenden Warmluftpolster und wird dort nochmals vorerwärmt. Durch die Unterflurabsaugung wird die Luft gleichmäßig durch das gesamte Stallprofil nach unten gedrückt. Messungen ergeben im Gegensatz zur Oberflurabsaugung homogene Temperaturen im ganzen Stallprofil mit höchstens 0,5 °C Temperaturdifferenz zwischen Tieraufenthaltsbereich und Stalldecke.

Bis zu einem vorgewählten Wert der Zulufttemperatur von etwa 20 °C wird die Abluft nur über einen Ventilator aus dem Abluftkanalsystem in den Fortluftkamin gesaugt und über First abgeführt. Für diesen Zeitraum bleiben die weiteren Ventilatoren außer Betrieb und sind mit einer Stellklappe verschlossen (Grundlast).

Bei Überschreiten des vorgewählten Zulufttemperaturwertes werden die Verschlußklappen der weiteren Ventilatoren geöffnet und diese automatisch in Betrieb gesetzt.

Die Drehzahl der Ventilatoren wird dabei normal automatisch in fünf Stufen in Abhängigkeit von der jeweils am weitesten geöffneten Stellklappe zur Abluftmengenregulierung gesteuert.

Diese automatische Regelung kann jedoch mittels eines Handschalters umgangen werden. Es können dann sowohl Ventilator 1 (Grundlast) als auch die weiteren Ventilatoren per Hand in die einzelnen Stufen geschaltet werden. Die weiteren Ventilatoren laufen dann immer an gleicher Spannung wie Ventilator 1 parallel mit. Für jedes Stallabteil wird die nötige Abluftmenge dabei individuell temperaturabhängig mittels elektronischer Temperatur-Istwertfassung an den vorgegebenen Sollwert angepaßt. Dazu korrigieren die ständig stufenlos arbeitenden Klappenstellantriebe im Mauerrahmen den Öffnungswinkel der Stallklappen.

Die Abluftmenge jedes Stallabteils wird nun also nicht mehr bestimmt durch die Ventilatorendrehzahl eines einzelnen Ventilators, sondern durch den Öffnungsquerschnitt der Stellklappe. Selbst im geschlossenen Zustand lassen die Stellklappen jedoch eine Mindest-Sicherheits-Luftmenge durch, die in etwa der Mindestwinterluftfrate entspricht. Im Falle eines Defektes bei geschlossener



10 Blick in die Revisionsöffnung des Fortluftkamins. Ventilatoren 2 und 3 außer Betrieb und mit Stellklappe abgedeckt

Klappe setzt sofort der Maximaltemperaturalarm ein. Nach Analyse des Defekts läßt sich der Klappstellmotor auch von Hand entriegeln und die Klappe kann voll geöffnet werden. Das Lüftungssystem bleibt weiter voll funktionsfähig! Desgleichen bleibt die Funktionsfähigkeit weitestgehend auch beim Defekt eines Ventilators erhalten, da immer mindestens zwei Ventilatoren zum System gehören. Die Sicherheit ist also bei der Zentralabsaugung durchaus höher als bei anderen Systemen!

Die Alarmanlage überwacht in diesem System das Auslösen der Motorschutzschalter der Ventilatoren, Stromausfall sowie ein Unter- bzw. Überschreiten der vorgewählten MIN-MAX-Alarmtemperaturen. Bei Drehstromanlagen wird zusätzlich jede Phase überwacht.

### Zusammenfassung

Das hier für ein Stallmodell für die Ferkelproduktion vorgestellte Unterflur-Unterdruck-Zentralabsaugungssystem läßt sich auch in Mastställen anwenden.

Durch die flächenartige Absaugung mit verteilten Schlitzen bei kleinen Einzelkanal-Gülleoberflächen ist keine erhöhte Schadgasbelastung der Abluft im Vergleich zu anderen Lüftungssystemen festzustellen.

Durch die Schadgaserfassung am Entstehungsort verringert sich die Ammoniakbelastung im Tierbereich um bis zu 70% (Tierschutzgesetz). Die homogene Luftführung im Gesamtstallraum weist in ganzperforierten Ställen erheblich trockenere Spaltenböden (speziell in Mastställen mit Naßfütterungsanlagen) auf, wodurch die Emissionen verringert werden.

Die zentrale Fortluft ist nicht immissionsbelasteter als bei anderen

Lüftungssystemen. Der Vorteil der zentralen Fortluftführung dieses Systems liegt in den mit mind. 3 m/s im Winter und mind. 9 m/s im Sommer sehr hohen Auswurfgeschwindigkeiten (BimmSchG).

Technische Zusatzmaßnahmen der Abluftbehandlung für den Sonderfall nach VDI 3471 sind leicht zu integrieren:

- Anheben der Austrittsgeschwindigkeiten durch Bypass, mögfalls aktiven Bypass.
- Ausblasen durch hohe Kaminführung über First und hohe Auswurfgeschwindigkeit ergibt hohe effektive Quellhöhe.
- Eine Abluftbehandlung ist im Extremfall sowohl mittels Biofiltern als auch mittels Luftwäschern möglich, obwohl diese Verfahren unrealistisch und überflüssig erscheinen.
- Der Geräuschpegel durch Abluftventilatoren ist nicht existent, da die Ventilatoren durch den Fortluftkamin absolut geräuschgekapselt sind.
- Durch die flächendeckende Unterflurventilierung ist gewährleistet, daß der Flüssigmistpiegel nie weiter als bis 25 cm unterhalb des Stallfußbodens ansteigt und Faulgase direkt aus dem Entstehungsbereich abgeführt werden. Daher ist auch der Einsatz von Spülleitungen uneingeschränkt erlaubt (Unfallverhütungsvorschriften 2. 8. vom 6. 1. 1981).
- Der Gesamtregelbereich der Lüftungsanlage liegt bei ca. 1:25 und ist anderen Systemen weit überlegen.
- Trotz höherer installierter Gesamtluftfrate wird weniger Strom/produziertes Tier verbraucht als in vergleichbaren Systemen. ☼