

Die Umsetzung der aktuellen DIN 18910 in die Praxis

Winfried Gramatte^{1*}

Zusammenfassung

Die DIN 18910, Teil 1 hat sich im deutschsprachigen Raum als die Basisnorm herauskristallisiert, um die Lüftung, mit Hilfe von Ventilatoren in zwangsbelüfteten Ställen, zu kalkulieren und sicherzustellen. Die Randbedingungen für die Lüftung werden durch den Stall definiert. Die Bewältigung dieser Anforderung erfolgt mit Hilfe der Ventilatoren. Die Anpassung der Lüftung an die Klimabedingungen wird mit Hilfe von Regelsystemen erreicht. Im Rahmen der Prüftätigkeit der DLG liegen umfangreiche Erfahrungen vor, hinsichtlich des Zusammenspiels von Stall, Ventilatoren und Regelung sowie der Umsetzung der Vorgaben aus der DIN 18910.

Summary

For the calculation and securing of the ventilation used in vented animal housings, part 1 of DIN 18910 turned out to be the basis norm within the German-language region. The edge conditions for the ventilation are defined through the stable. The handling of this demand happened by means of the ventilators. The adaption of the ventilator to the climate conditions is reached by the means of control systems. Within the testing operations of DLG, extensive experiences are existing concerning the interplay of stable, ventilators and control as well as for the realisation of the specifications according to DIN 18910.

Einleitung

Die klimatischen Bedingungen in einem geschlossenen Stall haben maßgeblichen Einfluss auf die leistungsgerechte Haltung von Tieren. Gerade die heutige Intensivtierhaltung erfordert eine wirksame und funktionssichere Be- und Entlüftung der immer größer werdenden Stallanlagen. Mit der Lüftung sollen günstige Lebensbedingungen für die Tiere und günstige Arbeitsplatzbedingungen für den im Stall tätigen Menschen geschaffen sowie Schäden an der Bausubstanz vermieden werden.

Neben einer Reihe von Planungsunterlagen und gesetzlichen Vorgaben sowohl hinsichtlich Tier /7/ als auch bezüglich Mensch /8/ hat sich die DIN 18910 Teil 1/1/ „Planungs- und Berechnungsunterlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe“ als eine der am meisten herangezogenen Basisunterlagen, gerade im deutschsprachigen Raum, herauskristallisiert.

Die DIN 18910 Teil 1

Die neueste Ausgabe dieser DIN Norm ist vom November 2004. Diese Ausgabe ersetzt die Fassung von 1992.

Der Abschnitt „Anwendungsbereich“ der Norm kann nicht treffender darstellen, welche Fragestellungen die Autoren im eigentlichen Sinne behandeln wollten:

Landläufig wird die DIN 18910, Teil 1 als Stallklimanorm bezeichnet. Sie ist die Basis für die Planung von geschlossenen Nutztierställen, bei denen der Luftaustausch durch Ventilation erfolgt. Eigentlich handelt es sich weniger um eine Norm für das Stallklima selbst, sondern primär um Planungs- und Berechnungsgrundlagen für die Bemessung der Wärmedämmung und der Belüftungsanlage. Sie bietet die Grundlage für die Berechnung der Wasserdampf-, Kohlenstoffdioxid- und Wärmestrom-Bilanz wärmegeämmter

Stallanlagen. Weiterhin enthält sie Festlegungen bzw. eine Empfehlung zur Berechnung des Luftstromes im Winter und im Sommer für verschiedene Tierarten in den einzelnen Haltungsabschnitten.

Stalllüftung

Die DIN 18910 Teil 1 gibt den Stallplanern die Möglichkeit, mit Hilfe der Stalllüftung eine ganze Reihe von anstehenden Aufgaben zu lösen:

- Abführen des anfallenden Wasserdampfes
- Abführen des anfallenden Kohlendioxids
- Abführen der anfallenden Wärme
- Abführen der Schadgase (NH₃, H₂S)
- erforderliche Luftströme zugfrei zuführen und
- Vermeiden von Schäden am Baukörper

An dieser Stelle sei der Hinweis gemacht, dass diese Anforderungen an eine Stalllüftung nicht immer gleichermaßen zu erfüllen sind. Sie sind sogar teilweise gegenläufig. Beispielsweise wird die Luftrate im Winter so gefahren, dass für die Tiere und den Stall eine ausgeglichene Wasserdampf- und Kohlendioxid-Bilanz bei maximal möglichen Stalltemperaturen vorhanden ist. In Konkurrenz steht hierzu die Forderung z.B. aus der Nutztierhaltungsverordnung /7/, dass der NH₃-Gehalt auf Höhe der Tiere 20 ppm nicht dauerhaft überschreiten soll.

Im Sommer wird die Luftrate nach der Wärmestrom-Bilanz festgelegt. Hierbei steht in Konkurrenz, im Tierbereich Luftgeschwindigkeiten von 0,2 m/s im äußersten Fall von 0,6 m/s nicht zu überschreiten. Bei sehr hohen Luftraten im Sommer ist es leicht möglich, dass die Zuluftführungen in Verbindung mit Luftverteilungssystemen zu Zugscheinungen führen können.

¹ DLG e.V. Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1, D-64823 GROSS-UMSTADT

* Ansprechpartner: Dipl.Ing. Winfried Gramatte, e-mail:w.gramatte@dlg.org

Die Tabellen im Anhang der Norm /1/ „Planungswerte für Luftvolumenströme unter Berücksichtigung üblicher Stallverhältnisse und Haltungsbedingungen“, sind in der Praxis faktisch das Einzige, was für die Auslegung einer Stalllüftungsanlage von der Norm genutzt wird. Hierbei sollten jedoch alle Nutzer dieser Tabellen auch den Hinweis zur Kenntnis nehmen, der den Tabellen vorangestellt ist: „Die Luftvolumenströme für die Planung von Lüftungsanlagen müssen gebäudebezogen berechnet werden. Die Stallmaße (hier im Beispiel 14 m x 40 m Grundfläche) und das Haltungsverfahren müssen berücksichtigt werden. Die hier aufgeführten Luftvolumenströme für den Sommer sind Kalkulationsbeispiele für einen Musterstall.“

Die in der Praxis vorhandenen Planungsunterlagen wie z.B. das AEL-Heft 17/2/ oder das schon etwas ältere, oft aber sehr hilfreiche, AEL-Arbeitsblatt 8/1999 „Rechen-systeme für Lüftungsanlagen in Ställen“/9/ verwenden alle die in der DIN 18910, Teil 1 vorgegebenen Tabellen zur Festlegung der Luftvolumenströme, jedoch ohne den obigen Hinweis.

Der Stall

Bei der Planung der Lüftungsanlage ist die bestimmende Größe die zu überwindenden Druckdifferenzen, die die gesamte Stallanlage den Ventilatoren abverlangt, um die vorgegebenen notwendigen Luftmengen den Tieren zur Verfügung zu stellen. Je nach Anordnungen der Ventilatoren in der Lüftungsanlage und den sich einstellenden Druckverhältnissen im Stallraum spricht man von Über-, Unter- oder Gleichdrucklüftung. Aus Umweltschutz- und Kostengründen werden in Schweineställen oder Geflü-

gelanlagen nahezu ausschließlich Unterdrucklüftungen installiert. Dabei sollte gewährleistet sein, dass die Abluftventilatoren die Frischluft nicht unkontrolliert durch Undichtigkeiten ansaugen.

Vor Auswahl eines geeigneten Ventilators muss in Abhängigkeit der notwendigen Luftmengen die Widerstandskennlinie des Lüftungssystems bzw. der Stallanlage ermittelt werden. Die Widerstandskennlinie ergibt sich aus der

Tabelle 1: Zusammenstellung von Kennwerten aus gängiger Literatur

nach /9/	Geschwindigkeit in den Zu- bzw. Abluftflächen Im Winter 2,5 m/s Im Sommer 4 m/s
nach /3/	Luftvolumenstromverhältnisse von Sommer- zu Winterluftstraten von 10 : 1 bis 20 : 1
nach /1/	Geschwindigkeit im Tierbereich Im Winter max. 0,2 m/s Im Sommer max. 0,6 m/s
nach /3/	Abluftgeschwindigkeiten in Kaminen Zwischen 7 und 10 m/s
nach /11/	Abluftreinigungsanlagen Zwischen 0,1 und 2 m/s
nach /12/	Luft/Luft-Wärmetauscher ca. 2 m/s

Tabelle 2 (teilweise aus /3/): Strömungswiderstände (Druckverluste) einiger Lüftungstechnischer Systemteile in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit

Lüftungsteil	Abmessung Durchmesser/ Querschnitt mm	Luftge- schwindigkeit m/s	entsprechender Volumenstrom m³/h	Strömungs-Widerstand (Druckverlust) Pa
Abluft-Kanal, rund, 5m lang	Ø 500 Ø 600	4-6-8	2830-4240-5650 4070-6100-8140	2,2-5,6-10 2,0-4,5-8
Zuluft-Kanal, rechteckig 5 m lang	350 x 400 450 x 600	3-5	1510-2520 2920-4860	1,9-5,2 1,4-3,8
Kniestück 45° Kniestück 90°	Zeta = 0,25 Zeta = 1,15	3-5	- -	1,4-3,8 6,2-17,3
T-Verteilstück	Zeta = 1,3	3-5	- -	7,0-19,5
Luftzufuhrpendel- element	120 × 500	1-2-3	220-430-650	9-15-21
Deckenzuluftklappe	390 × 460	1-2-3	650-1290-1940	8-12-17
Ventilatorverschluss- klappe	Ø 420	4-6-8	1990-2990-3990	8-14-24
Lüftungsdecken			bei ca. 200 je m²	20 Pa
Abluftreinigungsanlage		0,1 bis 2		30 bis 150
Wärmetauscher		ca. 2		ca. 100
Verschmutzung nach /10/				bis 35% mehr

Summe der Einzelwiderstände von Kanälen, Umlenkungen, Querschnittveränderungen, Luftführungs- und -verteilrichtungen plus eventuelle Zusatzsysteme wie Wärmetauscher oder Abluftreinigungsanlagen. Die Einzelwiderstände sind abhängig vom durchgesetzten Volumenstrom und folgen hier einer quadratischen Funktion ($\Delta p \sim u^2$). Bei der doppelten Geschwindigkeit u erzeugt ein strömungstechnisches Bauteil demnach den 4-fachen Druckverlust Δp . In *Tabelle 1* sind einige Beispiele von Kennwerten aufgezeigt, die in der gängigen Literatur zu finden sind.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass fast alle strömungstechnischen Zustandsgrößen abhängig sind von der sogenannten Reynolds-Zahl (Re). Sie gibt folgenden Zusammenhang wieder und ist eine dimensionslose Kennzahl.

$$Re = \frac{u \cdot d \cdot \rho}{\eta}$$

u = Strömungsgeschwindigkeit in m/s
 d = charakteristische Größe in m z.B. Rohrdurchmesser
 ρ = Dichte in kg/m³
 η = dynamische Viskosität in Pas

Die Re -Zahl hilft z.B. bei der Dimensionierung von Strömungssystemen. Aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten /10/ herrscht bei gleicher Re -Zahl der gleiche Druckverlust.

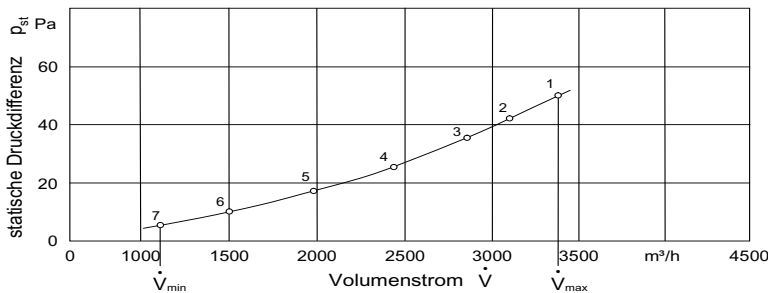


Abbildung 1: Druck-Volumenstrom-Kennlinie des Stalles

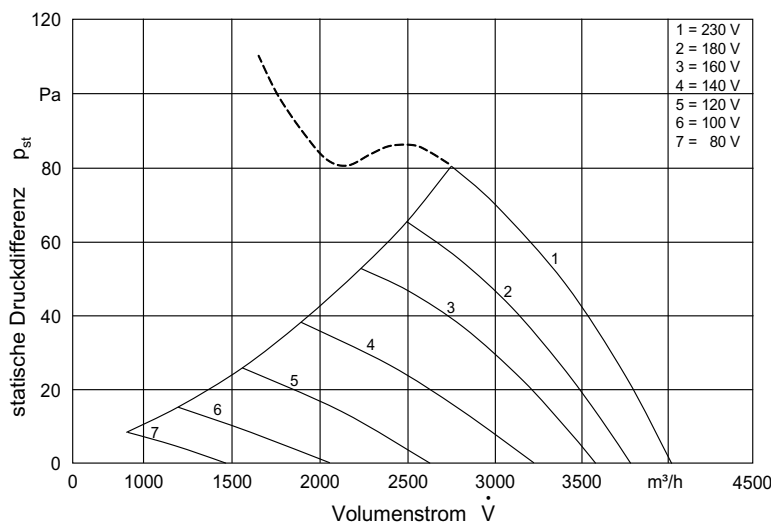


Abbildung 2: Druck-Volumenstrom-Kennlinien eines Axialventilators bei Nennspannung (230 V) und bei in Stufen (Punkte 1 bis 7) verminderten Spannungen

Ein Ergebnis solcher Überlegung ist eine Druckdifferenz-Kennlinie des Stalles mit quadratischem Charakter, wie in *Abbildung 1* dargestellt.

Interessant in diesem Zusammenhang ist, dass im Allgemeinen bei Stallanlagen von einem Druckverlust von 30 Pa gesprochen wird. Aus dem Vorhergesagten ist dies ein Wert, der sich durch detaillierte Rechnung erst bestätigen muss und der in der Praxis für derzeit gängige Stallanlagen als zu niedrig angesehen werden muss. Aus eigenen Untersuchungen im Rahmen von DLG-Prüfungen liegt der Bereich von 30 Pa bei sehr einfachen Stallanlagen, bis hin zu knapp unter 200 Pa oder sogar bis 250 Pa, bei Stallanlagen mit integrierten aufwändigen Abluftreinigungsanlagen.

Der Ventilator

Das, was der Stall an Widerstand, sprich Druckverlust, der Luftströmung entgegengesetzt, müssen die eingebauten Ventilatoren bei vorgegebenem Luftdurchsatz zur Verfügung stellen.

Das charakteristische Verhalten eines Stallventilators wird durch die Druck-Volumenstrom-Kennlinie, auch Betriebskennlinie oder charakteristische Kennlinie genannt, dargestellt. Diese Kennlinie wird bei Nennspannung 230 V (Ventilatoren mit Wechselstrom-Motoren) bzw. 400 V (Ventilatoren mit Drehstrom-Motoren) und bei verminderten d.h. abgeregelten Spannungen ermittelt. In *Abbildung 2* ist ein derartiges Kennlinienfeld für einen Axialventilator mit 230 V Nennspannung dargestellt.

Zusammenwirken von Stall und Ventilator

Um das Zusammenwirken von Stall und Ventilator zu bewerten, werden die beiden Kennlinien vom Stall und vom Ventilator zusammengebracht. Dies ist in *Abbildung 3* dargestellt. Die Schnittpunkte der Widerstandskennlinie mit den Betriebskennlinien ergeben die Betriebspunkte. Der Betriebspunkt bei Nennspannung gibt an, welcher Volumenstrom vom Ventilator maximal erbracht werden kann. Er muss mindestens dem nach DIN 18910, Teil 1 ermittelten Volumenstrom entsprechen.

Bei heutigen Ställen mit großem Tierbesatz wird der nach DIN 18910 ermittelte Luftvolumenstrom nicht von einem Ventilator alleine gefördert werden können. Dabei ist durch den Einbau mehrerer, gleich großer Ventilatoren sicher zu stellen, dass in der Summe der Volumenstrom für den Sommer sicher erreicht wird. Eine derartige Situation ist in *Abbildung 4* dargestellt.

Regelung

Die Stalllüftung muss grundsätzlich regelbar sein, um über die Luftmengen und Lufttemperaturen, die Außentemperatur und evtl. andere

Regelgrößen wie z.B. Feuchte die für die Tiere erforderliche Stallinnentemperatur zur Verfügung zu stellen. Zur Erfüllung dieser Regelaufgaben gibt es verschiedene Systeme, die aber hauptsächlich auf Stellklappen und regelbare Ventilatoren zurückgreifen. Die Regelbarkeit von Ventilatoren erfolgt ausschließlich über die Drehzahländerung durch Veränderung der elektrischen Spannung oder bei Drehstrommotoren auch durch Änderung der Frequenz. Die

Industrie bietet auch fertige Einheiten mit Messventilator, Stellklappe, Ventilator und Abströmkanal mit Diffusor an. Angesteuert bzw. verknüpft sind diese Elemente mit einem mehr oder weniger komfortablen Klimacomputer. Dieser übernimmt mit Hilfe von hauptsächlich Temperaturmessfühlern die Regelung der gesamten Stalllüftung. Ein Beispiel einer Regelkurve, die einem derartigen Klimacomputer einprogrammiert werden kann, ist in *Abbildung 5* dargestellt.

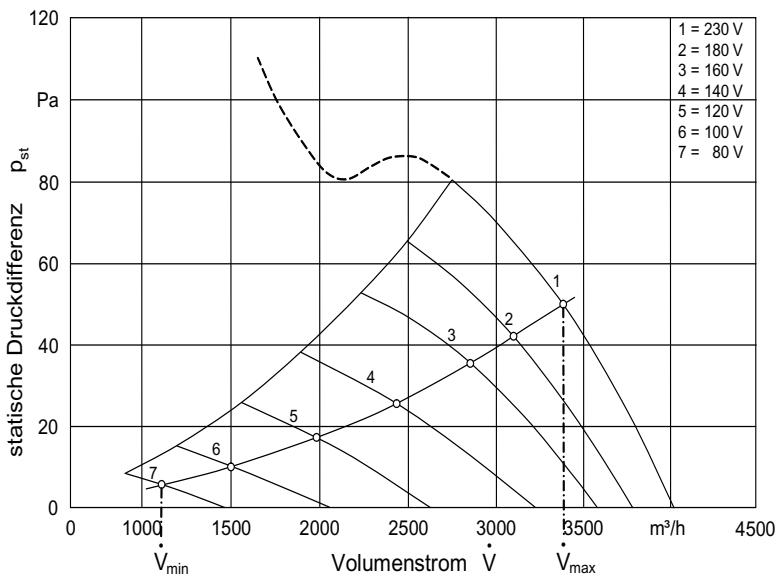


Abbildung 3: Druck-Volumenstrom-Kennlinien eines Axialventilators in Verbindung mit der Widerstandskennlinie des Stalles

Wird die vorgegebene Temperaturspanne nicht alleine durch die Belüftung mit einer durch die Außentemperatur geprägten Luftmenge erreicht, muss durch Heizungs- oder Kühlsysteme den Vorgaben Rechnung getragen werden.

Erfahrungen

Als Prüfinstitut sei eine kritische Bewertung der Stallbelüftung gestattet, zumal durch ständige Messungen ein fundierter Erfahrungsschatz angehäuft ist. Hier fällt sofort auf, dass die DIN 18910, Teil 1 bei den meisten Anwendungen nur bekannt ist im Zusammenhang mit den im Anhang befindlichen Tabellen, mit dem Vorschlag von Lufraten bezogen auf Tierarten und Haltungsformen. Eine komplette Auslegung, wie sie die Norm verlangt, ist auch auf Nachfrage nur schwer zu erhalten. Wer mit offenen Augen Stallanlagen von außen begutachtet, wird auch oft fündig hinsichtlich ersichtlicher Bauschäden usw.

Die Forderung der Norm auf zugfreie Gestaltung der Stallabteile, d.h. Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich von 0,2 m/s nicht zu überschreiten, bei extremen Sommerbedingungen auch 0,6 m/s, wird aufgrund wirtschaftlicher Gesichtspunkte oft nicht eingehalten.

Die Einbindung von Sondersystemen wie Wärmerückgewinnungsanlagen und Abluftreinigungsanlagen wird sehr oft nicht konsequent zwischen den Lieferanten der Einzelgewerke abgestimmt. Bei den Abluftreinigungsanlagen wird von Seiten der DLG die Meinung vertreten, dass die Lieferanten der Abluftreinigungssysteme auch die Lüftungssysteme mitverantworten sollten. Die Abluftreinigungsanlage ist eine verfahrenstechnische, physikalisch, chemisch, biologisch arbeitende Anlage, die nur funktioniert, wenn die Strömungsverhältnisse optimal vorliegen und die Volumenströme exakt bekannt sind. Aus diesen Randkriterien ergibt sich selbstredend, dass der Abluftvolumenstrom nicht nur als ein fiktiver Wert, der irgendwo als %-Zahl angegeben wird, sondern als absoluter Wert in m³/h vorliegen muss.

Diese Forderung resultiert nicht zuletzt aus der Erfahrung, dass der Betreiber einer Stall-

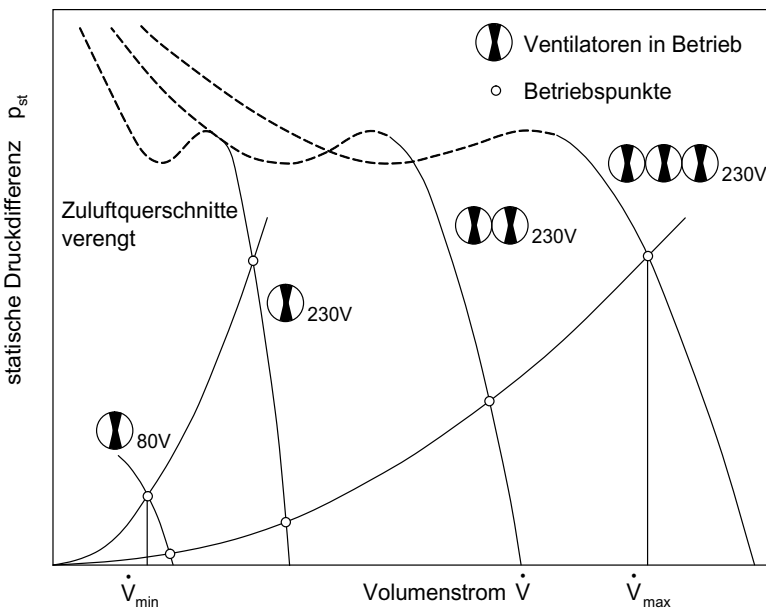


Abbildung 4: Druck-Volumenstrom-Kennlinien und Widerstandskennlinien (aus II)

Mit Betriebspunkten bei Änderung der Anzahl eingeschalteter gleichgroßer Ventilatoren (Gruppenschaltung), Änderung der Spannung (Drehzahländerung) und Änderung der Zuluftquerschnitte (Drosselregelung) z.B. im Winter (Prinzipschaltung);

(V_{\max} bei Betrieb von drei Ventilatoren mit Nennspannung, V_{\min} bei Betrieb eines Ventilators mit Mindestspannung und Zuluftquerschnitte verengt).

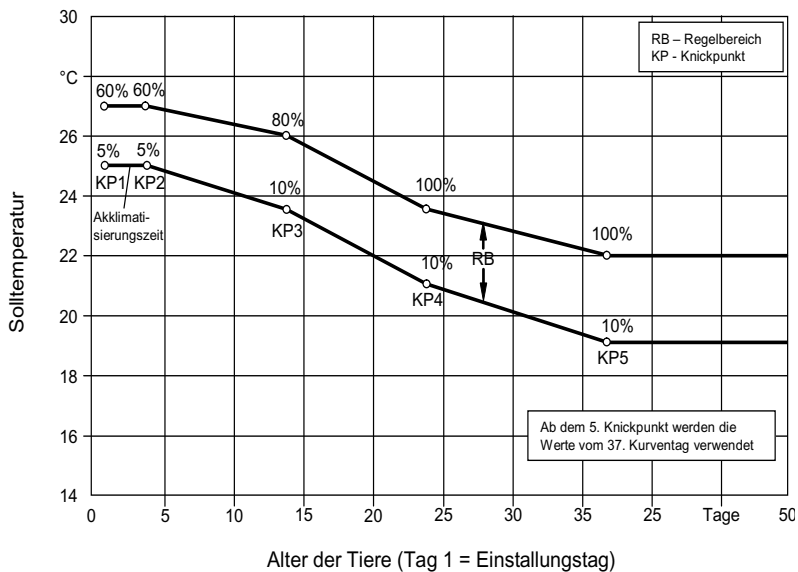


Abbildung 5: Temperaturkurve für ein Schweinevormast-Stallabteil;

anlage mit Lüftung derzeit aus einem Klimacomputer maximal den Wert entnehmen kann, mit welcher %-Zahl seine Lüftungsanlage läuft. Das heißt, er muss davon ausgehen, dass bei einer Angabe z.B. von 50% seine Lüftungsanlage derzeit aufgrund der Temperaturverhältnisse im Stall und außerhalb des Stalles bei einem Mastschwein von 70 kg nach DIN 18910 je Tier ca. 45 m³/h Luft zugeführt bekommt. In der Praxis wird ein Klimacomputer allerdings häufig wie folgt eingestellt:

Bei Einrichtung des Stalles wird der eingebaute Ventilator mit Vollast eingefahren. Dieser Vollastwert, der nicht mit einem aus dem Stall entsprechenden, absoluten Wert hinterlegt ist, wird hinsichtlich der Regelmöglichkeiten des Ventilators als 100 % gesetzt. Der jeweilige Regelpunkt entspricht dann linear dem entsprechenden %-Anteil dieser 100%. Hier fallen mehrere Punkte auf.

Erstens wird der maximale absolute Lüftungsleistungswert nicht direkt den Wert treffen, der der Kennlinie des Ventilators abgenommen wurde und im Angebot steht. Es wird sich hier eine der Stallanlage und deren Widerstandskennlinie entsprechende, maximal geförderte Luftmenge einstellen. Diese Luftmenge ist oft viel geringer als die, die theoretisch auf dem Papier steht. Hier ist eine entsprechende Kalibrierung vorzunehmen. Diese Kalibrierung kann z.B. auf der Basis einer Abnahmemessung nach DIN EN 12599 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen“ /6/ erfolgen. In diesem Zusammenhang würde auch die Widerstandskennlinie des Stallgebäudes ermittelt werden. Planungsvorgaben mit

30 Pa für einen gängigen Stall entsprechen nicht immer der Realität, zumal zudem das Problem der Verschmutzung oft nicht berücksichtigt ist.

Zweitens ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass durch die Unzulänglichkeiten bei der Anwendung der DIN 18910 zukünftig mehr auf die gesetzlichen Randbedingungen zu achten ist, wie z.B. die Einhaltung des Ammoniak-Wertes (NH₃) von 20 ppm im Bereich der Tiere. Im schlimmsten Falle bedeutet dies, dass bei dauerhaften Werten > 20 ppm NH₃ der Stall nach dem Gesetz nicht mehr betrieben werden darf.

Literatur

- DIN 18910-1, 2004-11: Wärmeschutz geschlossener Ställe, Wärmedämmung und Lüftung, Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe. Beuth Verlag, Berlin
- AEL-Heft 17, 2004: Berechnungs- und Planungsunterlagen für das Klima in geschlossenen Ställen. Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V., Frankfurt
- NIETHAMMER, F., 1993: Was ist beim Kauf und beim Einsatz von Stallventilatoren, Lüftungsanlagen und Zubehör zu beachten? Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V., Frankfurt
- NIETHAMMER, F., 1993: Gebrauchswertprüfung von Stallventilatoren sowie von Zuluft- und Ablufteinheiten mit eingebauten Ventilatoren. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. Frankfurt
- DLG-PRÜFRAHMEN FÜR ABLUFTREINIGUNGSSYSTEME FÜR TIERHALTUNGSANLAGEN. DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Groß-Umstadt, Version XX, 2008
- DIN EN 12599, 2000-8: Lüftung von Gebäuden, Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen. Beuth Verlag, Berlin
- TIERSCHUTZ NUTZTIERHALTUNGSVERORDNUNG: Zweite Verordnung zu Änderung der Tierschutzhaltungsverordnung; 1. August 2006, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006, Teil I Nr. 37
- VORSCHRIFTEN FÜR SICHERHEIT UND GESUNDHEITSSCHUTZ, (Stand Jan. 2000). Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft, Karlsruhe
- AEL ARBEITSBLATT, 8/1999: Rechenschemen für Lüftungsanlagen in Ställen. Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V., Frankfurt
- VDI-WÄRMEATLAS: Berechnungsblätter für den Wärmeübergang. VDI-Verlag, Düsseldorf
- DLG-PRÜFBERICHT 4962, 2001: Luft/Luft-Wärmetauscher. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt

