

Reiner Brunsch und Otto Kaufmann, Berlin

Klimasteuerung

Anforderungen an raumluftechnische Anlagen zwangsbelüfteter Ställe im Winter

Raumluftechnische Anlagen für zwangsbelüftete Ställe müssen unter winterlichen Bedingungen sehr differenzierte Anforderungen zur Gewährleistung eines gesundheits- und leistungsfördernden Stallklimas erfüllen. Anhand von einer Modellbetrachtung werden diese Anforderungen sowie einige Probleme der Planung und der Steuerung raumluftechnischer Anlagen dargestellt.

Zahlreiche komplexe Analysen der Stallluftqualität unter Winterbedingungen lassen die verallgemeinernde Aussage zu, daß in der Mehrzahl der Fälle die Beschaffenheit der Stallluft nicht den Anforderungen für eine gesunde Tierhaltung entspricht [1].

Nachfolgend sind einige Probleme der winterlichen Stallluftqualität und die sich daraus ergebenden Gefahren für Tiere, Menschen und Gebäude dargestellt:

Hohe relative Luftfeuchtigkeit

- Gefahr der Tauwasserbildung an den raumschließenden Bauteilen
- erhöhte Wärmeableitung von der Körperoberfläche der Tiere bei feuchter Haut oder feuchtem Gefieder

Hohe Schadgaskonzentrationen

- Beeinträchtigung des Gasaustausches (Atmung)
- Schädigungen der Gesundheit
- Reduzierung der Leistungsfähigkeit
- erhöhte Korrosionsgefahr

Unzureichende Zusatzheizmöglichkeit bei extremer Kälte

- gewünschte Stalllufttemperatur kann nicht gehalten werden
- Feuchtigkeitsaufnahmekapazität der Stallluft sinkt

Ursachen für die genannten Probleme sind sowohl beim Betreiber als auch bei der Planung der Lüftungs- und Heizungsanlagen zu suchen.

Für den Planer ergibt sich eine erhebliche Planungsunsicherheit aus dem verfügbaren Normenwerk. Die TA Luft fordert beispielsweise für Tierhaltungsanlagen eine Lüftungstechnische Anlage nach DIN

18910 [2]. In der Präambel dieser DIN (Wärmeschutz geschlossener Ställe) steht aber: „Ausführungsplanungen und Betrieb von raumluftechnischen oder heiztechnischen Anlagen sind nicht Gegenstand dieser Norm.“ Desweiteren gilt diese Norm „... nicht für Ställe, deren konstruktiver Wärmeschutz so gering ist, daß damit keine wesentliche Beeinflussung der Stalllufttemperatur erreicht werden kann ...“. Die DIN 1946 [3] (Raumluftechnik) liefert für den landwirtschaftlichen Anwendungsfall keine speziellen Hinweise, lediglich die Terminologie. Mangels anderen Normenwerks ist der Planer also auf die Berechnungsgrundlagen und Tabellen der DIN 18910 und der AEL [4] (gleiche Berechnungsgrundlagen, aber teilweise differenziertes Zahlenmaterial) angewiesen.

Die Anfallmengen von Wasserdampf, Kohlendioxid und Wärme sind von den Stoffwechselleistungen und den stallinternen Bedingungen abhängig. Die bekannteste - aber nicht allein bedeutsame - Beziehung ist die Abhängigkeit der Verfügbarkeit *sensibler Wärme* bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur.

Die Gesamtwärmeproduktion von Schweinen kann nach [5] aus der umsetzbaren Energie, die ein Tier am Tag aufnimmt, berechnet werden. Unter Verwendung von Korrekturfaktoren für die Umgebungstemperatur gelangt man zur sensiblen Wärmeproduktion. Damit besteht die Möglichkeit, eine auf das Leistungsniveau des Tierbestandes angepasste Wärmeproduktionsberechnung durchzuführen.

Die *Kohlendioxidproduktion* der Tiere ist ebenfalls vom Stoffumsatz abhängig. Sie kann vereinfacht als Funktion der Gesamtwärmeproduktion aufgefaßt werden [6]. In Abhängigkeit des Haltungsverfahrens ist mit zusätzlichen CO₂-Mengen zu rechnen. Solange hierfür exaktes Zahlenmaterial fehlt, ist mit einem prozentualen Sicherheitszuschlag zu arbeiten.

Beim Einsatz von Heizgebläsen (Gasakanonen, Heizöfen) mit Ableitung der Verbrennungsrückstände in den Stallraum sind die Anfallmengen bei der Bilanzierung zu berücksichtigen. Am einfachsten ist dies beim Flüssiggas. Erdgas hat ein anderes Kohlenstoff - Wasserstoff - Verhältnis als Flüssiggas, außerdem

sind schwankende Anteile von Kohlendioxid und Wasser enthalten. Beim Einsatz von Direktheizgeräten ist also nicht nur der Heizwert von Interesse, sondern auch die Zusammensetzung der Verbrennungsgase.

Die *Wasserdampfabgabe* erfolgt zum überwiegenden Teil durch die Atmung der Tiere. Die Atmungsintensität wird im wesentlichen von der Umgebungstemperatur und der Tieraktivität beeinflusst. Damit kann die Wasserdampfabgabe als Funktion der Umgebungstemperatur verstanden werden. Die Unterschiede sind jedoch in der Nähe des kritischen Temperaturpunktes [7] - häufig wird der Begriff der „thermisch neutralen Zone“ verwendet -, der im allgemeinen der Zieltemperatur im Stall nahe liegt, gering.

Nachfolgend soll an einem Beispiel verdeutlicht werden, welche Zusammenhänge zwischen den winterlichen Außenluftbedingungen, der Stallluftqualität und dem daraus entstehenden Lüftungs- und Heizungsbedarf bestehen. Die Berechnungen sind massebezogen, so daß ein Vergleich mit praxisüblichen Volumenströmen eine Umrechnung erfordert.

Modell Ferkelaufzuchtstall

Mit dem Beispiel sollen die differenzierten Anforderungen an die Heizung und Lüftung für wachsende Tierbestände im Verlauf einer Haltungsperiode veranschaulicht werden. Im konkreten Fall sollen frühabgesetzte Ferkel mit 5 bis 6 kg Lebendmasse in einen Flatdeckstall eingestallt werden und dort bis etwa 25 kg LM verbleiben. Abgesehen davon, daß auch hier AEL und DIN 18910 Tabellenwerte für unterschiedliche Zieltemperaturen angeben, findet man keine Angaben zu den Stoffströmen von sehr kleinen Ferkeln. Folgt man der DIN, so sind für Ferkel im Liegebereich auf Ganzrostboden für eine Stalltemperatur von 20 °C Rechenwerte verfügbar. Wie weit diese jedoch von der Realität entfernt sein können, sollen die nachfolgenden Berechnungen und Erläuterungen verdeutlichen. Planungsfehler lassen sich im laufenden Betrieb oft nur schwer oder mit erheblichen Kosten ausgleichen.

Ausgangsannahmen

- 480 Ferkel in einem Flatdeckstall
- Haltungsperiode 5 bis 25 kg Lebendmasse

Tab. 1: Außenluftzustände im Winter

Table 1: Outside air conditions in winter time

t _a °C	rF %	Feuchtegrad g/kg tr. Luft
-20	100	0,64
-10	100	1,62
0	90	3,40
10	80	6,18

Dr. Reiner Brunsch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr. sc. Otto Kaufmann ist Leiter des Fachgebietes „Technik in der Tierhaltung“ am Institut für Nutztierwissenschaften der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Philippstr. 13, 10115 Berlin.

Tab. 2: Nach CIGR-Empfehlungen errechnete Wärme- und Kohlendioxidproduktion von Aufzuchtferkeln (Angaben je Tier)

Lebendmasse kg	Stallluft °C	% rF	Q _{total} MJ/d	Q _{ST} W	x _T g/h	K _T g/h
5	30	60	2,4	9	26	9
10	28	60	4,7	22	40	17
15	25	70	6,5	39	44	24
20	20	70	8,0	60	49	30
25	20	70	9,3	69	53	34

Table 2: Calculated heat and carbon dioxide production of rearing piglets, acc. to CIGR recommendations (figures per animal)

Außenluft t _a [°C]	Transmissions- wärmestrom Q _T [W]	sensible Wärme Q _{ST} [W]	notwendiger Luftmassenstrom m [kg/h]	Heizbedarf Q _H [W]
Fall 1: 30 °C; 60 % rF; 5 kg LM				
- 20	13450	4320	919	21996
- 10	10760	4320	919	16733
0	8070	4320	955	11772
10	5380	4320	1208	7825
Fall 2: 20 °C; 70 % rF; 20 kg LM				
- 20	10760	33600	3064	11477
- 10	8070	33600	3064	208
0	5380	33600	5039	0
10	2690	33600	11039	0

Tab. 3: Wärmebilanz für einen Flatdeckstall bei unterschiedlicher Belegung und differenzierten Außenluftzuständen

Table 3: Heat balance for a flat deck house with differing occupation and different outside air conditions

- Zielwerte für Stalltemperatur und -feuchte bei differenzierter Lebendmasse: (siehe Tab. 2)
- einzeln stehender Stall, guter bautechnischer Wärmeschutz: (k•A-Wert = 269 W/K)
- Fußboden: Spaltenboden über ganzflächigem Güllekeller

Für den bautechnischen Wärmeschutz ist die vereinfachte Annahme unterstellt, daß alle Stallwände der gleichen Temperaturdifferenz unterliegen. Wärmeübergänge im Fußbodenbereich sind nicht berücksichtigt. Damit ist der Transmissionswärmestrom nur noch eine Funktion der Differenz zwischen Stall- und Außentemperatur.

Die Wärmeproduktion Q_{total} ist nach dem Formelwerk in [5] berechnet worden und mit der Umrechnungsformel aus [6] der Anteil sensibler Wärme an der Gesamtwärme ermittelt. Für die Kohlendioxidproduktion ist ebenfalls auf [6] zurückgegriffen worden, wonach je 100 kJ Q_{total} durchschnittlich 8,9 g CO₂ gebildet werden. Bei Unterstellung einer praxisüblichen Aufnahme umsetzbarer Energie durch die Tiere ergeben sich die in Tabelle 2 enthaltenen Werte.

Wenn auf der Grundlage dieser Werte die Stoffströme und der Wärmestrom bilanziert werden, die zur Feststellung der Mindestluftfrate führen, so gelangt man zu der in Tabelle 3 dargestellten Wärmebilanz. Sie ist für zwei Fälle ausgewählt worden; für den Minimalbesatz (5 kg LM, 480 Tiere) und für 480 Tiere mit 20 kg LM. Die Außenluftsituationen entsprechen denen in Tabelle 1.

Aus dem errechneten Wert „kein Heizbedarf“ ergibt sich die logische Schlußfolgerung, daß unter diesen Umständen der Anfall sensibler Wärme den erforderlichen Luftmassenstrom vorschreibt. Trotz

guter Wärmedämmung im betrachteten Beispiel geht gerade bei den hohen Stallinnentemperaturen sehr viel Wärme durch Transmission verloren. Aufgrund der geringen Stoffumsatzleistung der kleinen Tiere (5 kg LM) ist die Wärmeproduktion recht gering, so daß ein hoher Heizbedarf über den gesamten Winter entsteht. Für die größeren Tiere ist eine Zusatzheizung erst bei unter -10 °C erforderlich. Auch in diesem Beispiel bestimmt bei Außentemperaturen unter -10 °C der Kohlendioxidmaßstab die Mindestluftfrate.

Schlußfolgerungen

Aus den Modellbetrachtungen zur Stoff- und Wärmebilanzierung für Winterbedingungen ergibt sich:

1.: Bei extremer Kälte (unter -10 °C) ist es meistens notwendig, den Mindestluftmassenstrom nach der Kohlendioxidbilanz zu bestimmen. Für den praktischen Betrieb bedeutet das die Überwachung der Kohlendioxid-Konzentration in der Stallluft. Die eigenen Messungen zur Stallluftqualität zeigen jedoch, daß unter solchen Umständen häufig die Ammoniakkonzentration weitaus kritischer zu bewerten ist. Durch die hohe Feuchtegraddifferenz bei extremem Frost über längere Zeitspannen kann es zu einer unerwünschten Austrocknung der Stallluft kommen. In solchen Situationen wirkt die geringe Luftfeuchte und die hohe Ammoniakkonzentration in gleicher Weise negativ auf Gesundheit und Leistung der Tiere.

2.: Die Bemessung der verfügbaren Heizleistung sollte sich an der zu erwartenden Minimum-Wintertemperatur orientieren. Dies hat besondere Bedeutung für Ställe mit schwankenden Temperaturanforderungen der Tiere (Aufzuchtställe für Schweine und Geflügel).

3.: Die Bemessung der raumluftechnischen Anlage auf der Basis von Durchschnittswerten kann zu Defiziten bei der Heizleistung und zu unnötigem Energieverbrauch führen, wenn der minimal erforderliche Luftmassenstrom infolge von Planungsfehlern nicht erreichbar ist. Der Luftmassenstrom sollte sich vor allem bei Aufzuchtställen an der minimalen Belegung (Einstellung) im Winter orientieren.

4.: Unter Winterbedingungen bildet der Feuchtegrad im Stall und außerhalb eine wichtige Voraussetzung für eine situationsangepaßte Steuerung der Lüftung. Feuchtefühler im Stall und außen sollten deshalb insbesondere dann zum Einsatz kommen, wenn der Stoffumsatz je Raumeinheit gering und die gewünschte Stalltemperatur hoch ist. Je nach Bilanzierungsmethode (DIN 18910) des erforderlichen Luftmassenstroms ist ein geeigneter Sensor für die Überwachung der Zielparameter erforderlich.

5.: Das für die Planung raumluftechnischer Anlagen von Ställen verwendbare Zahlenmaterial ist als nicht ausreichend anzusehen. Computerprogramme, bei denen anstelle von Tabellenwerten Berechnungsalgorithmen hinterlegt sind, bieten bessere Möglichkeiten zuverlässiger Aussagen zu erhalten. Das internationale Schriftgut sollte für deutsche Landtechniker verfügbar gemacht werden.

Literatur

- [1] Brunsch, R.: Ergebnisse von Langzeituntersuchungen der Stallluftqualität in Geflügelställen aus der Sicht der Tiergesundheit, der Lüftungssteuerung und des Emissionsgeschehens. Förderkreis Stallklima, Tagungsband, 1996 (im Druck)
- [2] --DIN 18910: „Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung, Planungs- und Berechnungsgrundlagen“; Ausgabe Mai 1992; Beuth Verlag, Berlin, 1992
- [3] --DIN 1946 „Raumluftechnik, Teil 1 Terminologie und graphische Symbole“, Ausgabe Oktober 1988, Beuth Verlag, Berlin, 1988
- [4] --Berechnungs- und Planungsgrundlagen für das Klima in Ställen. Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft (AEL), 1991, Heft 17
- [5] --Commission Internationale du Génie Rural (CIGR), 2nd Report of the Working Group on Climatization of Animal Houses, Gent, 1992
- [6] --Commission Internationale du Génie Rural (CIGR), Report of the Working Group on Climatization of Animal Houses, Aberdeen, 1984
- [7] Nichelmann, M.: Bioenergetische Probleme der Schweineproduktion. Mh. Vet.-Med. 37 (1982), S. 801-808
- [8] Brunsch, R.: Stallluftqualität und Klimasteuerung. Neue Landwirtschaft (1996), H. 6, 1996, S. 82-85

Schlüsselwörter

Stallklima, Lüftung, Heizung, Ferkel

Keywords

House climate, ventilation, heating, piglet