

Mindestsommerluftvolumenströme für Hochleistungskühe

Für die Bewertung einer tierechten Haltung und der Ammoniakemissionen insbesondere in Ställen mit Hochleistungskühen sind unter anderem ein ausreichender Mindestsommerluftvolumenstrom und ein wärmegeprägtes Dach maßgebend. Die nachfolgenden Betrachtungen sollen Behörden, Planern und Landwirten zur Ermittlung eines tierechten und emissionsarmen Mindestsommerluftvolumenstromes dienen.

ORR Dipl.-Ing. Siegfried Herkner und ORR Dr.-Ing. habil. Carl Lankow sind tätig am Landesveterinär- und Lebensmitteluntersuchungsamt M-V, Thierfelderstr. 18, 18059 Rostock; e-mail: bauhygiene@vl.mvnet.de

Dia Thomas Heidenreich ist Mitarbeiter der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Böhlitz-Ehrenberg und DVM Kristina Panzer Mitarbeiterin am Veterinär- und Lebensmittelüberwachungsamt Parchim.

Die Autoren danken Soeren Pedersen für seine wertvolle Unterstützung.

Schlüsselwörter

Luftvolumenstrom, Sommer, Milchkühe

Keywords

Air velocity, summer, dairy cows

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 02504 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Nach der Vierten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV) in der geltenden Fassung sind für Rinder (teilweise ab 250 Tieren) und für Kälber (teilweise ab 300 Tieren) immissionsrechtliche Genehmigungen gegebenenfalls mit Umweltverträglichkeitsprüfungen erforderlich.

Mindestsommerluftvolumenströme

Nach DIN 18910

Mit steigender Leistung der Milchkühe wachsen auch die Anforderungen der Kühe an die Umwelt. Für eine tierechte Haltung sind der Abtransport überschüssiger Wärme und eine ausreichende Frischluftversorgung erforderlich.

Nach der Sommertemperaturkarte der DIN 18910 [1] gibt es in Deutschland zwei Temperaturzonen: < 26°C ($\Delta\vartheta = 4$ K) und $\geq 26^\circ\text{C}$ ($\Delta\vartheta = 3$ K). Die Temperaturdifferenz 3 oder 4 K ist dabei die zulässige tierschutzrelevante Temperaturerhöhung der Stalllufttemperatur gegenüber der Außentemperatur.

Die DIN 18910 gibt bei Außenlufttemperaturen von 30°C im Sommer zur Ermittlung des Mindestsommerluftvolumenstromes sensible Wärmemengen (Q_{STS}) nur für Milchleistungen von 5475 kg je Kuh und Jahr an.

Nach Heidenreich

In Anlehnung an die DIN 18910 ermittelte er die Mindestsommerluftvolumenströme analog den Steigerungen für den Winter (5% pro 1000 kg Milch) und erprobte diese in 1930er Milchviehanlagen [2].

Nach CIGR-Report 1984

Der CIGR-Report [3] enthält explizit Angaben zur sensiblen Wärme von Milchkühen (bis 700 kg) mit einer Milchleistung von 10 kg/d (3650 kg Milch), von 15 kg/d (5475 kg Milch) und von 20 kg/d (7300 kg Milch). Für Hochleistungskühe lässt sich der Mindestsommerluftvolumenstrom nach Gleichungen 1 bis 4 ermitteln.

Gesamtwärmeproduktion $Q_{\text{tot}20}$ [W] bei 20°C

$$Q_{\text{tot}20} = 5,6 \cdot m^{0,75} + 22 \cdot Y + 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot p^3 \quad (1)$$

mit m = Lebendmasse

Y = Milchleistung kg/d

p = Trächtigkeitsdauer in Tagen (140 Tage)

Gesamtwärmeproduktion $Q_{\text{tot}30}$ bei 30°C

Temperaturkorrekturfaktor F

$$F = 4 \cdot 10^{-5} (20 - t)^3 + 1 \quad (2)$$

mit t = Temperatur in°C

$$Q_{\text{tot}30} = F \cdot Q_{\text{tot}20} \quad (3)$$

Sensible Wärme Q_{STS} [W]

$$Q_{\text{STS}} = Q_{\text{tot}} \cdot [0,8 - 1,85 \cdot 10^{-7} \cdot (t + 10)^4] \quad (4)$$

Tab. 1: Mindestsommerluftvolumenstrom nach CIGR-Report 1984

Table 1: Minimum of air in summertime according to CIGR-report of 1984

Lebendmasse Milchleistung	[kg] kg/a	5000	6000	7000	600 8000	9000	10000	11000	12000
Bezogen auf 365 d	[kg/d]	13,7	16,4	19,2	21,9	24,7	27,4	30,1	32,9
305 d	[kg/d]	16,4	19,7	23,0	26,2	29,5	32,8	36,1	39,3
Gesamtwärme ₃₀	[W]	983	1041	1099	1157	1215	1273	1330	1388
Sensible Wärme ₃₀	[W]	321	340	359	375	394	412	424	450
Mindestsommerluftvolumenstrom	[m³/h Tier]								
$\Delta\vartheta = 4$ K		254	269	283	296	311	326	341	355
$\Delta\vartheta = 3$ K		338	358	378	395	415	434	454	474
Lebendmasse	[kg]				700				
Gesamtwärme	[W]	1063	1121	1179	1237	1295	1352	1410	1468
Sensible Wärme	[W]	347	366	385	404	423	441	460	479
Mindestsommerluftvolumenstrom	[m³/h Tier]								
$\Delta\vartheta = 4$ K		274	289	304	319	334	349	364	379
$\Delta\vartheta = 3$ K		366	385	405	425	445	465	485	505

Mindestluftvolumenstrom bei $\Delta\vartheta = 3$ und 4 K

$$V = Q_{\text{STS30}} / \Delta\vartheta_{\text{zul}} \cdot c_{\text{pl}} \cdot \rho \quad (5)$$
mit $c_{\text{pl}} = 0,28\text{ Wh/Kkg}$ und $\rho = 1,13\text{ kg/m}^3$
 $\Delta\vartheta_{\text{zul}} = 3$ oder 4 K

Die Mindestsommerluftvolumenströme je Kuh bei 30°C in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Lebendmasse für $\Delta\vartheta = 3\text{ K}$ und 4 K , ohne Wärmeeintrag durch das Dach, sind in *Tabelle 1* angegeben. Die von Heidenreich ermittelten Mindestsommerluftvolumenströme sind um 1% größer.

Nach Bartussek

Bartussek [4] sieht für Kühe mit 600 kg Lebendmasse einen Mindestsommerluftvolumenstrom von $480\text{ m}^3/\text{h}$ Tier und bei 700 kg Lebendmasse einen von $560\text{ m}^3/\text{h}$ Tier vor. Hierbei ist nur von einer Milchleistung von etwa 5200 kg/Kuh und Jahr auszugehen.

Nach Pedersen

Die Gesamtwärmeproduktion Q_{tot20} bei 20°C ist bei Pedersen [5] und beim CIGR-Report identisch. Abweichend ist die Formel (6) für die sensible Wärme.

$$Q_{\text{STS}} = (Q_{\text{tot20}} / 1000) \cdot (1000 \cdot 0,96 \cdot 0,71 - 0,407 \cdot t^2) \quad (6)$$

Die sensible Wärme nach dem CIGR-Report 1984 ist rund 1% kleiner als nach Pedersen.

Erfahrungen aus den USA

In den USA setzen Milchviehhalter Ventilatoren gegen den Hitzestress ein. Dabei unterscheidet man die Tunnellüftung oder das Umluftverfahren [6]. Mit einem optimalen Kühleffekt wird hier bei Luftgeschwindigkeiten am Tier von $1,0$ bis $2,5\text{ m/s}$ gerechnet.

Bei einer Stallhöhe von 3 m und einer Breite von 12 m werden Luftvolumenströme bei der Tunnellüftung von bis zu $2630\text{ m}^3/\text{h}$ Tier erzielt.

Außenklimaställe

Außenklimaställe quer zur Hauptwindrichtung mit Mindesttraufhöhen von $3,50\text{ m}$, einer Mindestdachneigung von 24° , Firstabluftfläche von $0,15\text{ m}^2/\text{Kuh}$, nicht wärmegeädmmtem Dach und einem Dachüberstand von bis zu $1,5\text{ m}$ werden ab einer Sockelhöhe der Außenwand von etwa $0,30\text{ m}$ mit Windschutznetzen oder neuerdings mit Rollos ausgeführt [2, 7].

Bei der freien Lüftung als Querlüftung sollte mit einem Widerstandsbeiwert von $c = 0,6$ [8] und einer standortbezogenen maximalen Außenluftgeschwindigkeit von 1 m/s gerechnet werden, wenn kein meteorologisches Gutachten vorliegt.

Entsprechend den Stalleinbauten und bei Ställen über 20 m Breite sollte der c -Wert durch Messungen ermittelt werden.

Bei einer 4-reihigen Aufstallung mit Lie-

Tab.2: Empfohlene Luftgeschwindigkeit in Rinderställen

Table 2: Recommended air velocity for cattle

Temperatur [$^\circ\text{C}$]	Luftgeschwindigkeit [m/s]
≤ 10	0,1
13	0,1
16	0,2
19	0,3
20	0,4
21	0,5
22	0,6
23	0,7
24	0,8
25	0,9
26	1,0
27	1,2
28	1,3
30	2,5

geboxenbreiten von $1,25\text{ m}$, Durchgang nach 15 Liegeboxen und einer Traufhöhe von 4 m (lichte Öffnung $3,70\text{ m}$) ergibt sich eine Zufluftfläche je Seite von $3,70\text{ m} \cdot 1,40\text{ m} = 5,18\text{ m}^2$ für vier Kühe, also $\sim 1,3\text{ m}^2/\text{Kuh}$. Bei einer Außenwindgeschwindigkeit von 1 m/s und einem c -Wert von $0,6$ beträgt der Luftvolumenstrom $2800\text{ m}^3/\text{h}$ und Kuh, bei $0,5\text{ m/s}$ noch $1400\text{ m}^3/\text{h}$ und Kuh.

Wärmeeintrag Dach

Dachtemperaturen von 35 bis 55°C [2] bei einer Dachfläche von 8 bis $10\text{ m}^2/\text{Kuh}$ sind beim Wärmeeintrag zu berücksichtigen.

- ungedämmtes Dach $k = 3,3\text{ W/m}^2\text{ K}$

Wärmeeintrag Q_T (Transmissionswärme) und Q_R (Radiation) bei 10 m^2 Dachfläche/Kuh und 30°C Stalllufttemperatur:

$$Q_T = 165 \text{ bis } 825\text{ W}$$

$$Q_R = 50 \text{ bis } 1200\text{ W je nach Baustoff und Temperatur}$$

- gedämmtes Dach $k = 0,6\text{ W/m}^2\text{ K}$

$$Q_T = 30 \text{ bis } 150\text{ W}$$

Der Wärmeeintrag (Transmission und Radiation) durch das Dach ist neben der sensiblen Wärme bei der Luftvolumenstromermittlung mindestens beim ungedämmten Dach kumulativ zu berücksichtigen.

Um den Wärmeeintrag durch das ungedämmte Dach auszugleichen, ist der vier- bis fünffache tierphysiologisch notwendige Sommerluftvolumenstrom erforderlich.

Optimale Luftgeschwindigkeit am Tier

Steigt die Luftgeschwindigkeit, so verschieben sich die Grenzen der thermoneutralen Zone nach oben [9]. In Abhängigkeit von der Stalllufttemperatur werden in Rinderställen folgende Luftgeschwindigkeiten (Tab. 2) nach [6, 10] empfohlen.

Gegen den Hitzestress an heißen Tagen werden Lüftungsanlagen betrieben, die Luftgeschwindigkeiten von $1,0$ bis $2,5\text{ m/s}$ und bis $5,0\text{ m/s}$ [11, 12] aufweisen.

Die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit auf Werte von bis zu $4,5\text{ m/s}$ führte zu einer positiven Korrelation mit der Wärmeproduktion. Diese erreichte annähernd das Niveau der Wärmeproduktion im Temperaturbereich 10 bis 26°C [12].

Kühlwirkung der Luft

Beim Einsatz von Ventilatoren kann die Kühlwirkung der Luft berücksichtigt werden (Tab. 3) [10, 12].

Bei Luftgeschwindigkeiten am Tier, die einer Kühlwirkung von 3 K oder dem Vielfachen entsprechen, kann die nächst niedere Sommertemperaturzone gewählt werden (CIGR-Report 1984, Tabelle 6.3).

Höhere Luftgeschwindigkeiten über feuchten Flächen erhöhen jedoch die Emissionen, so dass der Luftstrom der Lüfter vorwiegend in den Liegebereich geleitet werden sollte.

Spezifisches Raumvolumen

In Kuhställen sollte ein freier Luftraum von 35 m^3 je Kuh nicht unterschritten werden. Daraus ergeben sich Traufhöhen von mindestens $3,50\text{ m}$ [7]. Außenklimaställe mit 40 bis $50\text{ m}^3/\text{Luftvolumen}$ pro Tier haben sich in der Praxis bewährt.

Schlussfolgerungen

Die Ermittlung der Mindestsommerluftvolumenströme für Hochleistungskühe muss gegenwärtig nach dem CIGR-Report 1984 erfolgen, da die DIN 18910 derartige Werte nicht enthält.

Zur tiergerechten und emissionsarmen Lüftung sollte der Luftvolumenstrom in den Liegebereich gelenkt werden.

Im Hinblick auf die Emissionen und den Tierschutz wird insbesondere bei niedrigen Ställen eine Wärmedämmung in der Decke oder in der Dachhaut empfohlen.

Bei der Umrüstung von Kompaktbauten kann der Einsatz von Zwangslüftungseinrichtungen erforderlich werden. Im Hochsommer ist damit zu rechnen, dass die Kuh den kühlen Liegeplatz im Stall aufsucht.

Tab. 3: Kühlwirkung der Luft

Table 3: Cooling by air velocity

Luftgeschwindigkeit [m/s]	Kühlwirkung [$^\circ\text{C}$]
0,10	0
0,25	0,56
0,50	1,87
1,25	3,33
2,50	5,56
4,50	8,30