

Klimagegestaltung von Milchviehställen

Thomas Heidenreich

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Agrarökonomie, Ländlicher Raum, Leipziger Str. 200, 04178 Leipzig

Neben dem Trend zur Querlüftung in Rinderställen setzt sich in den letzten Jahren immer stärker der Einsatz von Zusatzventilatoren zur Unterstützungslüftung durch. Die enorme Leistungssteigerung während der letzten Jahre in der Milchproduktion führt zur Notwendigkeit, der Wärmeproduktion der Tiere und der Abführung der Wärme aus dem Stall eine höhere Aufmerksamkeit zu schenken. Länger anhaltende Hitzeperioden im Sommer sorgen immer wieder für Probleme in Ställen. Zum einen sinkt die Milchleistung der Tiere, zum anderen können auch erhebliche Gesundheitsprobleme, insbesondere bei Hochleistungstieren auftreten.

Planungsgrundlagen

Die DIN 18910-1 „Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung – Teil1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe“ gilt zwar, wie im Titel eindeutig dargestellt, nur für geschlossene zwangsbelüftete Ställe, die enthaltenen Formeln zur Berechnung der Wärmeproduktion der Tiere sind aber unabhängig des Stalltyps anwendbar. Viele Milchviehbetriebe erreichen inzwischen eine Milchleistung von mehr als 10.000 kg / Kuh und Jahr. Diese Leistungshöhe muss auch bei der Lüftungsplanung Berücksichtigung finden. So produziert eine 10.000-Liter-Kuh im Durchschnitt der Laktation eine Gesamtwärmemenge von etwa 2.000 Watt (W), davon bei 0°C Umgebungstemperatur 1.500 W als direkte Wärmeabgabe (sensible Wärme) und 500 W in Form von 580 g Wasserdampf. Bei einer Stalltemperatur von 30 °C beträgt die sensible Wärme noch 450 W, die Wasserdampfproduktion liegt aber bereits fast 1400g. Aufgrund der geringeren Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenbereich von etwa 8-12 K bei Außenklimaställen und der damit verbundenen geringeren Wasserdampfaufnahme der Luft, erfordern Außenklimaställe im Winter höhere Luftraten als Warmställe. Entsprechend der genannten Bedingungen verdoppelt bis verdreifacht sich das zu fördernde Luftvolumen zum Abtransport des anfallenden Wasserdampfes.

Bei der Planung einer Unterstützungslüftung für den Sommerbetrieb sind die Luftraten entsprechend der tierischen Leistung (Tabelle 1) zu berücksichtigen. Bei größeren Herden, bei denen eine Unterteilung in Leistungsgruppen erfolgt, ist bei der Planung auch die Betrachtung der einzelnen Gruppen interessant, insbesondere bei separater Aufstallung der trockenstehenden Tiere, da diese einen wesentlich geringeren Anspruch aufweisen, als Tiere im 1. Laktationsdrittel. Aus tierphysiologischer Sicht führen Umgebungstemperaturen von 30°C aber bereits zu erheblichen Belastungen bei den Kühen, die sich nicht nur in Form von Leistungsdepressionen äußern,

sondern auch Verdauungs- und Fruchtbarkeitsstörungen bis hin zu Kreislaufkrankungen nach sich ziehen. Bereits bei Temperaturen über 22°C verringert sich die Futtermittelaufnahme und der Wasserbedarf der Tiere steigt an.

Um auch bei diesen Temperaturen einen ausreichenden Luftwechsel ohne wesentlichen Anstieg der Stalltemperaturen zu realisieren, sind weitaus höhere Lüftraten zu fördern, als der Berechnungsmodus der DIN 18910 vorgibt (Tabelle 1 unten).

Tabelle 1: Lüftraten für Hochleistungskühe mit 700 kg LM (nach CIGR)

Leistungsgruppe	Leistung in kg	Durchschnitt	1.Lakt.-drittel	2.Lakt.-drittel	3.Lakt.-drittel	Trockensteher
Mindestlüftrate in m ³ /h	10.000	136	159	132	115	94
Sommerlüftrate in m ³ /h	5.000 (DIN)	366	410	363	343	334
30 °C, delta t = 3 K	10.000	477	569	473	412	334
	12.000	521	632	517	439	334
	14.000	565	696	562	466	334
22 °C, delta t = 3 K	10.000	890	1062	884	769	624

Zusatzwärme bei Außenklimaställen

Neben der Lüftratenberechnung auf Basis der Wärmeabgabe der Tiere kommt bei ungedämmten Dächern noch die Einstrahlungswärme der Dachhaut hinzu. Bei wolkenlosem Himmel beträgt die Globalstrahlung etwa 800 W/m². Entsprechend der Farbe der Dachhaut wird ein Teil davon reflektiert. Je heller die Farbe, desto höher die Rückstrahlung. Deshalb sollten bei Außenklimaställen vorrangig Dachplatten in hellen Farbtönen (hellgrau) zum Einsatz kommen. Die wirksame Strahlungswärme kann trotzdem noch bis zu 300 Watt je m² Dachfläche betragen. Im Sommer wurden so Dachinnentemperaturen von z. T. über 60°C gemessen.

Berücksichtigt man eine Dachfläche von etwa 10 m² je Kuh und einen U-Wert der Dachplatten von 3,3 ergeben sich bei Dachtemperaturen von 35 bis 60°C zusätzliche Wärmeeinträge zwischen 165 bis 990 Watt je Kuh (Tabelle 2). Diese Wärmeeinträge sind bei Außenklimaställen in angemessener Form bei der Lüftungsplanung zu berücksichtigen (Tabelle 3). Allerdings kann nicht der gesamte Wärmeeintrag von ungedämmten Dächern durch die Lüftung abtransportiert werden. Ein Großteil davon wird als Wärmestrahlung freigesetzt. Die so auf einen Körper, also auch auf die Tiere einwirkende Strahlungstemperatur liegt bei ungedämmten Dächern bis zu 5 K über der Stallinnentemperatur. Besonders ungünstig wirken sich Lichtplatten im Dach aus, und so eine direkte Einstrahlung auf die Liegeboxen erfolgt. In diesem Fall wurden Strahlungstemperaturen von > 10 K über Innentemperatur gemessen.

Tabelle 2: Wärmeeintrag bei ungedämmten Dächern und Luftrate zum Abtransport der zusätzlichen Wärme

Temperatur über Dach °C	35	40	45	50	55	60
W/Kuh bei 10 m ² Dachfläche	165	330	495	660	825	990
Luftrate in m ³ /Kuh*h	174	348	521	695	869	1.043

Tabelle 3: Theoretisch notwendige Luftraten für Kuhställe

	Durchschnitt	1. Lakt.-drittel	2. Lakt.-drittel	3. Lakt.-drittel	Trockensteher
Stall ohne wärmegeämmte Decke	1.172	1.264	1.169	1.107	1.029
Stall mit wärmegeämmter Decke	477	569	473	412	334

Zu- und Abluftflächen

Entsprechend der dargestellten Luftraten sind die Zu- und Abluftöffnungen zu planen. Bisherige Angaben, wie sie beispielsweise vom KTBL oder der ALB Bayern veröffentlicht sind, berücksichtigen lediglich wärmegeämmte Ställe bei verschiedenen Auftriebshöhen.

Bei Außenklimaställen, wie auch bei Warmställen im Sommer, ist aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen (Innen – Außen) die Thermik aber nur eingeschränkt nutzbar. Der größte Teil des Luftwechsels wird durch den Wind realisiert. Entsprechend der Bauweise des Stalles sowie bei Berücksichtigung unterschiedlicher Anströmungsbedingungen können für die Planung der Zu- und Abluftöffnungen die in Tabelle 4 dargestellten Flächen empfohlen werden.

Sinkt die Windgeschwindigkeit unter 1 m/s, ist bei großflächigen Ställen trotz offener Wände meist kein ausreichender Luftwechsel mehr gegeben. Besonders kritisch sind der Melkstand und der Vorwarte Hof sowie auch Ställe, die von anderen Gebäuden beeinflusst werden. Gerade im Vorwarte Hof und im Melkstand fallen aufgrund des geringen Raumes und der hohen Tierdichte große Mengen Wärme und vor allem Wasserdampf an, die Hitzestress für Tier und Mensch verursachen.

Tabelle 4: Empfohlene Zu- und Abluftflächen für Kuhställe

Wärmegeämmter Stall	
einzeln stehend Queranströmung	von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage
0,20 m ²	0,30 - 0,40 m ²
Außenklimastall	
einzeln stehend Queranströmung	von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage
0,40 m ²	0,60 - 0,80 m ²

(Leistung > 8.000 kg Milch/Kuh und Jahr, Außenwindgeschwindigkeit 1 m/s)

Kühlwirkung der Luft

Unter diesen Bedingungen ist es dann notwendig, die Luftwechselrate künstlich zu beschleunigen. Wichtig ist dabei, eine gleichmäßige Luftströmung in den Aufenthaltsbereichen der Kühe zu erzeugen, um den sogenannten "Saunaeffekt", d. h. die Schichtbildung der Luft um den Körper der Kuh - vor allem bei liegenden Kühen - zu durchbrechen, um so die Wärme- und Wasserdampf-abgabe der Tiere zu unterstützen.

In Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit und der Luftfeuchte können durch die Kühe unterschiedliche Mengen an Wasser über die Haut verdampft werden. Durch die Verdampfung entsteht Verdunstungskälte, die eine entsprechende Kühlwirkung an der Haut der Tiere erzeugt (Tabelle 5).

Tabelle 5. Kühlwirkung der Luft in K durch Nutzung der Verdunstungskälte (nach R. BARNWELL 1997, modifiziert)

Temperatur in °C	25		30		35	
rel. Feuchte in %	50	70	50	70	50	70
Luftgeschwindigkeit in m/s	Kühlwirkung					
0,00	0,00	-1,60	0,00	-2,20	0,00	-3,30
0,50	1,10	-0,50	2,80	-0,60	2,80	-0,50
1,00	2,80	0,60	5,00	2,20	8,40	4,50
1,50	3,90	1,70	6,60	3,90	10,60	6,20
2,00	6,20	3,90	8,30	5,00	11,70	8,90
2,50	7,30	5,10	9,40	6,10	12,80	10,60

Die höchste Kühlwirkung ist nach Barnwell mit einer Luftgeschwindigkeit von 2,5 m/s zu erreichen. Über diese Geschwindigkeit hinaus verringert sich die Kühlwirkung wiederum, da die Feuchtigkeit der Haut bei hohen Luftgeschwindigkeiten ohne Verdampfungswirkung mitgerissen wird. Allerdings sind Luftgeschwindigkeiten von bis zu 5 m/s bei hohen Umgebungstemperaturen unschädlich für die Tiere.

Gestaltung der Unterstützungslüftung

Welche Form der Lüftungsunterstützung sinnvoll ist, hängt von der Kubatur und dem Standort der Ställe ab. Bei in der Nähe liegender Wohnbebauung oder N-empfindlichen Biotopen sollte die Strömungsrichtung so gewählt werden, dass keine direkte Beeinflussung dieser erfolgt. Die gesamte zu installierende Luftleistung der Ventilatoren ist abhängig von der Stalllänge, der jeweiligen Kuhgruppe und, wie bereits oben erwähnt, vom Dach des Stalles. Sie schwankt entsprechend zw. 500 und 1.200 m³ je Kuh, explizit der Ventilatoren für den Melkstand und den Vorwartehof.

- Umluftverfahren

Beim *Umluftverfahren* werden bewegliche Ventilatoren an den Stallwänden und im Innern des Gebäudes installiert. Durch die oszillierende Bewegung wird die Luft im Stall verwirbelt, was zu einer Abkühlung an der Haut der Tiere führt. Bei unzureichend natürlichem Luftwechsel kann es aber zu einer Erhöhung der Luftfeuchte im Stall kommen, so dass sich die Kühlwirkung entsprechend reduziert.

- Tunnellüftung

Bei der *Tunnellüftung* werden mehrere große Ventilatoren in eine Stirnwand des Stalles installiert, der gesamte Stall bis auf eine definierte Zuluftöffnung in der gegenüberliegenden Stirnwand verschlossen. Die Ventilatoren erzeugen einen Unterdruck im Stall, so dass die Luft den gesamten Stall in Längsrichtung durchströmt. Die Strömungsgeschwindigkeit beträgt dabei bis zu 2,5 m/s. Auf Grund der Bauart vieler Ställe mit offenem First sowie großem Luftvolumen ist dieses Verfahren aber kaum anwendbar bzw. zu aufwendig.

- Step-by-step-Verfahren

Das *Step-by-step-Verfahren* nutzt sowohl den Saug-, als auch den Druckbereich der Ventilatoren. Durch eine Reihung mehrerer Ventilatoren, meist in Längsrichtung des Stalles angeordnet, wird die Luft Schritt für Schritt durch den Stall transportiert.

Die Ventilatoren sind so anzuordnen, dass sie die Zuluft entsprechend der Hauptwindrichtung möglichst in den Tierbereich transportieren. Um Frischluft anzusaugen, sollten die ersten Ventilatoren maximal 3 bis 6 m von der geöffneten Stallstirnseite installiert werden. Die Wurfweite eines Ventilators, sie schwankt in Abhängigkeit von der Ventilatorbauart, -größe und -drehzahl von 10 bis 25 m, gibt den Abstand der folgenden Ventilatoren vor (Tabelle 6). Wenn es die Stallhöhe zulässt, sollten die Ventilatoren möglichst in 2,70 m Höhe (Unterkante Ventilator) montiert werden, da dann auf die Schutzgitter verzichtet werden kann. Die Schutzgitter können sehr schnell verschmutzen und reduzieren damit die Ventilatorleistung.

Die Anordnung mehrerer mittlerer oder kleinerer Ventilatoren im Block erhöht die Wurfweite der Ventilatoren (Abbildung 7). Insbesondere Ventilatoren der Baugröße 70 cm Durchmesser und Drehzahlen von 900 bis 1000 U/min erreichen so Wurfweiten bis zu 20 m (Abbildung 8). Allerdings haben kleinere Ventilatoren einen höheren spezifischen Leistungsbedarf als größere Ventilatoren. Durch die Blockanordnung ist aber eine gleichmäßige Durchströmung des Stalles gewährleistet.

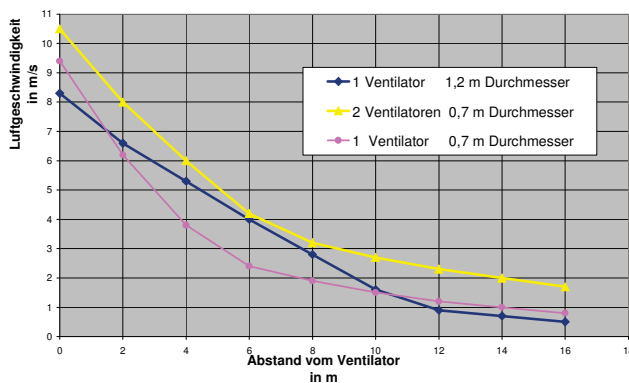


Abbildung 7: Wurfweiten von Einzelventilatoren und Blockanordnung

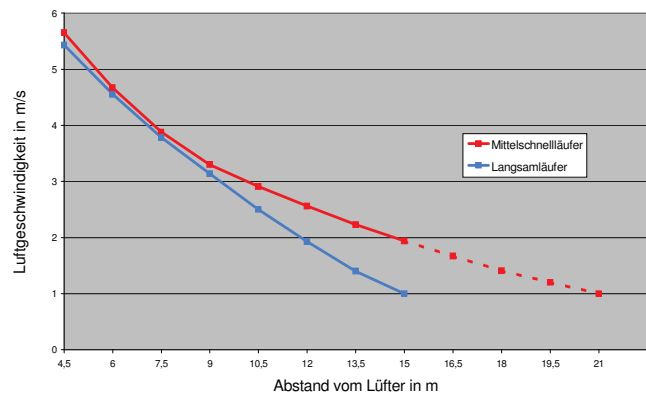


Abbildung 8: Wurfweiten unterschiedlicher Ventilatorzweierblöcke

- Vertikallüftung

Bei der Vertikallüftung kommen große Deckenventilatoren zum Einsatz. Die Durchmesser reicht bis zu 6,30 m bei Luftvolumenströmen von mehr als 200.000 m³/h und Ventilator. Die Strömungsgeschwindigkeiten unter den Ventilatoren betragen bei Einbau in etwa 5 m Höhe 2,5- 3 m/s. Bedingt durch Stalleinbauten, wie Futtertischbegrenzungen (Krippenwulst) und Liegeboxen wird ein Teil der Luft wieder vertikal nach oben gelenkt. Die horizontale Strömungsgeschwindigkeit im Liegebereich der Tiere beträgt dann nur noch 0,5 – 1 m/s und ist stark windbeeinflusst.

Steuerung der Ventilatoren

Zur Steuerung der Ventilatoren werden im Schweine- und Geflügelbereich Regelgeräte eingesetzt, die in Stufen oder stufenlos die Drehzahl der Ventilatoren regeln. Eine Reduzierung der Drehzahl führt aber auch zum Absenken der Wurfweite der Ventilatoren. Beim Einsatz einzelner großer Ventilatoren kann eine Regelung mittels Trafosteuerung sinnvoll sein. Allerdings führt diese Steuerung zu einer Erhöhung des spezifischen Leistungsbedarfs der Anlagen. Bei Blockanordnung von 2 - 3 Ventilatoren ist der Einsatz einfacher thermostatischer Regelgeräte möglich, die in Stufen die Ventilatoren ohne Abregelung zuschalten. Die Spreizung sollte dabei etwa 5 K betragen. Bei Zweierblöcken sind als Schalttemperaturen etwa 18 und 23 °C, bei Dreierblöcken 15, 20 und 25 °C Stallinnentemperatur zu empfehlen. Bei offenen Ställen sind aber vor allem in den Nachtstunden auch Lärmbelastigungen zu berücksichtigen. Sofern die Ventilatoren auf Grund hoher Temperaturen nicht vollständig abgeschaltet werden sollen, empfiehlt sich hier der Einsatz von Drehstromventilatoren mit implementierter Stern-Dreieckschaltung. Durch das Umschalten von Dreieck- auf Sternschaltung verringert sich die Drehzahl auf etwa die Hälfte ohne durch weitere Regelgeräte

