

# Luftführung und energietechnische Aspekte zur Verringerung von Hitzestress in Rinderstallanlagen

Thomas Heidenreich<sup>1\*</sup>

Neben der vorrangigen Nutzung der Querlüftung in Rinderställen setzt sich in den letzten Jahren immer stärker der Einsatz von Ventilatoren zur Unterstützungslüftung durch. Die große Leistungssteigerung der letzten Jahre in der Milchproduktion führte zur Notwendigkeit, der Vermeidung von Hitzestress eine höhere Aufmerksamkeit zu schenken. Anhaltende Wärmeperioden im Sommer sorgen immer wieder für Probleme in Milchviehställen. Einerseits sinkt die Milchleistung der Tiere, andererseits können auch erhebliche Gesundheitsprobleme, insbesondere bei Hochleistungstieren auftreten.

## Grundlagen der Lüftungsplanung

Die DIN 18910-1 „Wärmeschutz geschlossener Ställe“ beschreibt lediglich die Auslegung von Zwangslüftungsanlagen, berücksichtigt aber bisher nicht die freie Lüftung. Kühleffekte der Luftströmung (Wind – Chill – Effekt) werden ebenso nicht berücksichtigt. Leistungshöhen von mehr als 50 kg Tagesgemelk in den Milchviehherden müssen aber 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 Wärmestrahlung und 500 W in Form von 580 g Wasserdampf. Bei einer Stalltemperatur von 30 °C beträgt die Direktstrahlung noch 450 W, die Wasserdampfproduktion liegt aber bereits bei 1400 g, im ersten Laktationsdrittel noch höher.

Aufgrund der geringeren Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenbereich von etwa 10 - 15°C bei Außenklimaställen und der damit verbundenen geringeren Wasserdampfaufnahme der Luft, erfordern Außenklimaställe auch im Winter wesentlich höhere Luftraten als Warmställe. Entsprechend der genannten Bedingungen verdoppelt bis verdreifacht sich das zu fördernde Luftvolumen zum Abtransport des anfallenden Wasserdampfes.

Besonders bei der Planung einer Unterstützungslüftung für den Sommerbetrieb sind die gegenüber der DIN 18910-1 um etwa 30 - 40 % erhöhten Luftraten (Tabelle 1) zu berücksichtigen. 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 Luftraten zu fördern, als in der DIN 18910-1 vorgegeben ist (Tabelle 1).

## Wärmeeintrag durch ungedämmte Dächer bei Außenklimaställen

Neben der Luftratenberechnung 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/m<sup>2</sup>. 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 oder weiß) zum Einsatz kommen. Die wirksame Strahlungswärme kann trotzdem noch bis zu 300 Watt je m<sup>2</sup> Dachfläche betragen. Im Sommer wurden Dachinnentemperaturen eines roten Wellfaserzementdaches von z. T. über 60°C gemessen.

Berücksichtigt man eine Dachfläche von etwa 10 m<sup>2</sup> 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

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

Leistungsgruppe	Leistung	Durchschnitt in kg	1. Lakt. -drittel	2. Lakt. -drittel	3. Lakt. -drittel	Trocken- steher
Mindestluftrate in m <sup>3</sup> /h	10.000	136	159	132	115	94
Sommerluftrate in m <sup>3</sup> /h 30 °C, delta t = 3 K	DIN 18910-1	320	431	344	257	250
	10.000	477	569	473	412	334
	12.000	521	632	517	439	334
22 °C, delta t = 3K	10.000	890	1062	884	769	624

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 <sup>2</sup> Dachfläche	165	330	495	660	825	990
notwendige Luftrate in m <sup>3</sup> /Kuh*h	174	348	521	695	869	1.043

<sup>1</sup> Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, August-Böckstiegel-Straße 1, D-01326 DRESDEN

\* Ansprechpartner: Dipl.Ing.agr. Thomas Heidenreich, e-mail: [thomas.heidenreich@smul.sachsen.de](mailto:thomas.heidenreich@smul.sachsen.de)

angemessener Form bei der Lüftungsplanung, insbesondere bei der Dimensionierung der Zu- und Abluftflächen, zu berücksichtigen (Tabelle 3).

Sinkt die Windgeschwindigkeit unter 1 m/s, ist trotz offener Wände meist kein ausreichender Luftwechsel mehr gegeben. Besonders kritisch sind der Vorwarte Hof und der Melkstand so wie 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 dann Hitzestress für die Tiere und auch den Melker verursachen.

**Tabelle 3: Empfohlene Zu- und Abluftflächen für Kuhställe (Leistung > 8.000 kg Milch/Kuh und Jahr, Außenwindgeschwindigkeit 1 m/s)**

Wärme gedämmter Stall	
einzel stehend Queranströmung <b>0,4 - 0,5 m<sup>2</sup></b>	von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage <b>0,5 - 0,8 m<sup>2</sup></b>
Außenklimastall	
einzel stehend Queranströmung <b>0,8 - 1,0 m<sup>2</sup></b>	von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage <b>1,0 - 1,2 m<sup>2</sup></b>

### Kühlung mit Luft (Wind-Chill-Effekt)

Unter solchen Bedingungen ist es dann notwendig, die Luftwechselrate künstlich zu beschleunigen.

Wichtig ist, eine gleichmäßige Luftströmung im Aufenthaltsbereich 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. Damit wird die Wärme- und Wasserdampf abgabe der Kühe wirksam unterstützt.

In Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit und der Luftfeuchte können durch die Kühe unterschiedliche Mengen an Wasser über die Haut verdampft werden. Durch diese Verdampfung entsteht Verdunstungskälte, die eine entsprechende Kühlwirkung an der Haut der Tiere erzeugt (Tabelle 4).

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

**Tabelle 4: Kühlwirkung der Luft in K durch Nutzung der Verdunstungskälte (Quelle: nach R. BARNWELL, 1997)**

Temperatur in °C	25		30		35	
	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

m/s bei hohen Umgebungstemperaturen unschädlich für die Tiere.

### Gestaltung der Unterstützungs Lüftung

Welche Form der Lüftungsunterstützung am sinnvollsten ist, hängt von der Größe und dem Standort des Stalles 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 zwischen 500 und 1.200 m<sup>3</sup> je Kuh, explizit der Ventilatoren für den Melkstand und den Vorwarte Hof. Am meisten verbreitet ist das Aufhängen der Ventilatoren über den Liegeboxen, in einem Winkel von 5 - 10 ° aus der Vertikalen. Je nach effektiver Wurfweite der Ventilatoren sind diese in einem Abstand zwischen 12 - 20 aufzuhängen, um die Luft entsprechend wieder zu beschleunigen. Dabei kann als Faustzahl angenommen werden, dass bei den üblich eingesetzten Baugrößen ein Ventilator eine effektive Wurfweite von 12-15 m erreicht, bei der Anordnung im Zweierblock erhöht sich diese Weite auf 18 - 20 m. Ein besserer Wirkungsgrad der Ventilatoren kann erreicht werden, wenn auf die Berührungsschutzgitter verzichtet wird. Dies ist im Regelfall ab einer Einbauhöhe von 2,70 m, gemessen an der Unterkante des Ventilators, möglich. Gleichzeitig erleichtert dies die Reinigung der Ventilatoren.

### 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 oder gar 3 Ventilatoren ist der Einsatz einfacher thermostatischer Regelgeräte möglich,



**Abbildung 1: Einzelventilatoren**



Abbildung 2 und 3: Wurfweiten von Einzelventilatoren und Blockanordnung

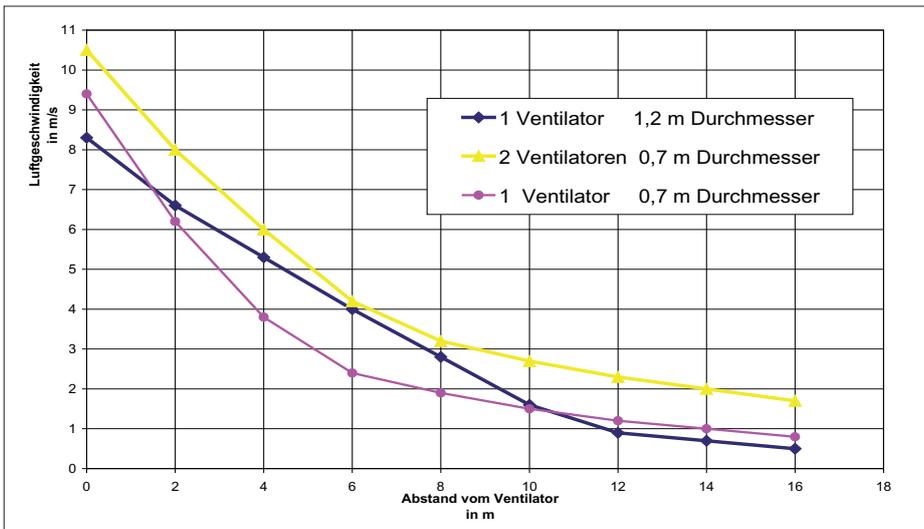


Abbildung 4: Wurfweiten von Einzelventilatoren und Blockanordnung

Tabelle 5: Elektroenergiebedarf im Sommer 2003

Kuhstall:	326 Plätze, 315 Kühe
installierte Luftleistung:	12 Ventilatoren mit 284.000 m³/h = 870 m³/h und Tierplatz
Erhebungszeitraum:	15.05.03 – 31.12.08 ~6 Jahre
Verbrauch gesamt (6 Jahre)	59266 kWh
Verbrauch je Jahr	9877 kWh
Verbrauch je Kuh und Jahr (315 Kühe)	31,4 kWh
<b>Stromkosten/Kuh und Jahr (0,15 €/kWh, o. MWSt.)</b>	<b>4,70 EUR</b>

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 spezieller geräuscharmer Ventilatoren, oder auch eine entsprechende Drehzahlregelung.

### Energiebedarf und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Der gemessene Energiebedarf (Tabelle 5) liegt in einem Versuchsstall mit 326 Kuhplätzen und einer installierten Luftleistung von 870 m³/h und Kuhplatz je Jahr bei 33 kWh/Kuh und Jahr bezogen auf einen Einsatzzeitraum von sechs Jahren. Bei einem durchschnittlichen Strompreis in Höhe von 15 ct/kWh ergeben sich damit Stromkosten von 4,70 € Kuh und Jahr. Bei investiven Aufwendungen von rund 45 € je Kuhplatz netto (Tabelle 6) und Berücksichtigung eines Abschreibungssatzes von 10 %, Instandhaltungskosten von 2 % sowie einer Arbeitszeit zur Regelung und Kontrolle von jährlich etwa 20 Stunden ergeben sich für den betrachteten Stall Verfahrenskosten von 12,60 € je Kuh und Jahr. Dem gegenüber stehen ein „Mehrertrag“, oder besser Nichtleistungsabfall von etwa 120 kg Milch ohne zusätzliche Aufwendungen, da das Futter ohnehin vorgehalten werden muss. Zusätzlich sind Effekte bei der Fruchtbarkeit in

Höhe von ca. 15,00 €Kuh und Jahr sowie eine Verbesserung des Gesundheitsstatus der Tiere insgesamt zu verzeichnen, die aber bisher nicht exakt ausgewiesen werden können.

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Unterstützungslüftung (o. MWSt.)

Investitionen insgesamt	13600,00	EUR
Investitionen/Tierplatz	42,50	EUR
<b>Verfahrenskosten/Tierplatz und Jahr</b>	<b>12,15</b>	<b>EUR</b>
Abschreibung 10 %	5,30	EUR
Instandhaltung 2 %	0,85	EUR
Arbeitszeitaufwand 20 h	1,00	EUR
Energiekosten	5,00	EUR
<b>Verfahrenskosten/Kuh und Jahr</b>	<b>12,60</b>	<b>EUR</b>
Milchleistungs-„erhöhung“ 120 kg/Kuh	33,60	EUR
Fruchtbarkeitsverbesserung	15,00	EUR
Senkung der Reproduktionsrate	?	
Senkung Tierarztkosten	?	
<b>Ergebnis</b>	<b>36,00 + X</b>	<b>EUR</b>