



**Untersuchung und Bewertung
technischer Maßnahmen zur Reduzierung
des Hitzestresses bei Milchkühen
II**



Endbericht

Projektförderung: StMELF

Finanzierung: StMELF

Förderkennzeichen: A/15/30

Geschäftszeichen:

Projektlaufzeit: 01.07.2016 – 31.03.2020

Projektleiter: Dr. Jan Harms

Projektbearbeiter: Michael Kutzob und Johannes Zahner

Herausgegeben im: März 2020

**Untersuchung und Bewertung
technischer Maßnahmen
zur Reduzierung des Hitzestresses
bei Milchkühen II**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Zusammenfassung.....8
2	Einleitung10
3	Zielsetzung10
4	Stand des Wissens.....11
4.1	Auswirkung von Hitzestress auf laktierende Rinder.....11
4.2	Auswirkung von Hitzestress auf nicht-laktierende Rinder.....13
4.2.1	Kälber13
4.2.2	Trockensteher14
4.2.3	Mastbullen.....16
4.3	Untersuchungen zur Wärmestrahlung.....16
4.3.1	WBGT16
4.3.2	ESI.....17
4.3.3	THVI17
4.3.4	HLI18
5	Hitzebelastung von Rindern auf der Weide.....19
5.1	Material und Methode19
5.2	Ergebnisse20
6	Klimaführung in Stallungen für nicht-laktierende Rinder22
6.1	Kälber22
6.2	Fresser22
6.3	Jungvieh24
6.4	Mastbullen.....24
6.5	Trockensteher26
7	Schlauchlüftungen26
7.1	Praxiserhebungen zum Einsatz von Schlauchlüftungen.....27
7.1.1	Betrieb A27
7.1.2	Betrieb B29
7.1.3	Betrieb C30
7.1.4	Betrieb D30
8	Erprobung auf LVFZ- und Pilotbetrieben31
8.1	LVFZ Achselschwang.....31
8.2	LVFZ Almesbach.....32
8.3	Versuchsbetrieb Grub.....32

8.4	Betrieb D	33
8.4.1	Ventilationskonzept.....	33
8.4.2	Steuerung.....	34
8.4.3	Auswahl der Ventilatoren.....	35
8.4.4	Befestigung der Ventilatoren	36
9	Messung weiterer Ventilatoren zum Einsatz im Milchviehstall	37
10	Einsatz von Ventilatoren zur Zwangslüftung.....	38
11	Entwicklung einer mobilen Kuhdusche	38
11.1	Material und Methode	39
11.1.1	Vorversuch	39
11.1.2	Praxistest	40
12	Wärmeabgabe von Milchkühen	42
12.1	Stand des Wissens	42
12.2	Material und Methode	42
12.3	Ergebnisse	42
	Literaturverzeichnis	44

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Optimaler Temperaturbereich von Milchkühen in Abhängigkeit von deren Leistung (Tober, nach Berman und Meltzer, 1973 und DLG-Merkblatt, 2005, geändert).....	11
Abb. 2: Verlauf THI, THVI und Windgeschwindigkeit am 01.08.2017 (Wetterstation Grub)	18
Abb. 3: Versuchsaufbau Weidebeschattung.....	20
Abb. 4: Verlauf Globe-Temperatur und Lufttemperatur vom 26. 07. 2019.....	21
Abb. 5: Verlauf HLI vom 26. 07. 2019.....	21
Abb. 6: Rauchprobe zur Visualisierung der Luftführung im Betrieb 1.....	23
Abb. 7: Rauchprobe zur Visualisierung der Luftführung im Betrieb 2.....	24
Abb. 8: Außenklimastall Bullenmast, Betrieb 1	25
Abb. 9: Außenklimastall Bullenmast, Betrieb 2	26
Abb. 10: über Futtertisch und Liegeboxen installierte Schlauchlüftung / -kühlung (Betrieb A).....	27
Abb. 11: Einsatz einer Vernebelungsmaschine zur Visualisierung des Luftstroms bei laufender Schlauchlüftung (Betrieb A)	28
Abb. 12: Blick in den Bullenstall mit eingebauter Schlauchlüftung (Betrieb B).....	29
Abb. 13: Außenklimastall für Kälber mit eingebauter Schlauchlüftung (Betrieb C).....	30
Abb. 14: Blick in den Kälberstall mit selbstgebauter Schlauchlüftung (Betrieb D).....	31
Abb. 15: Anordnung von 12 Ventilatoren.....	32
Abb. 16: Anordnung von 16 Ventilatoren.....	32
Abb. 17: Grundriss und Schnitt, Milchviehstall Betrieb D.....	33
Abb. 18: Anordnung der Ventilatoren, Milchviehstall Betrieb D.....	34
Abb. 19: dreireihiger Milchviehstall mit eingebauten Ventilatoren, Betrieb D.....	34
Abb. 20: THI-Steuerung der Firma Schönhammer.....	35
Abb. 21: Ventilatorenbefestigung über gegenständiger Liegeboxenreihe	36
Abb. 22: Ventilatorenbefestigung über wandständiger Liegeboxenreihe	37
Abb. 23: Mobile Abruf-Kuhdusche	40

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Atmungsscore, abgeändert nach MADER ET AL, (2006)	12
Tab. 2: Optimalbereiche für die Lufttemperatur nach Fachinformation Tierschutz (CH).....	13
Tab. 3: Ventilatoren für weitere Messungen	38
Tab. 4: Wärmeproduktion und Wasserdampfabgabe einer Hochleistungskuh (10.000 kg Milch je Jahr) im ersten Laktationsdrittel (nach DIN 18 910-1)	42
Tab. 5: Luftraten für Hochleistungskühe mit 700 kg LM (nach CIGR 1984).....	42
Tab. 6: Luftraten für Hochleistungskühe mit 700 kg LM in geschlossenen Stallanlagen nach DIN 18910 (2017).....	43

1 Zusammenfassung

Zunehmende Temperaturen in Folge des Klimawandels in Kombination mit steigenden Milchleistungen der Milchkühe führen zu einer zunehmenden Wärmebelastung der Tiere und damit zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens.

Es liegen verschiedene Lösungsansätze zur Reduzierung des Hitzestresses vor, die allerdings in der Praxis häufig nicht umgesetzt werden. Dies liegt unter anderem auch daran, dass bei Praktikern wie auch Beratern nach wie vor eine große Unsicherheit hinsichtlich der physikalischen Zusammenhänge, der Auswirkungen auf die Tiere sowie grundlegende Aussagen zur praktischen Umsetzung fehlen.

Ziel des Projektes war es, in Fortschreibung des abgeschlossenen Projekts (A/13/11), den Stand des Wissens praxisgerecht aufzuarbeiten, technische Maßnahmen zur Verringerung von Hitzestress auf dem Versuchsbetrieb als auch auf Pilotbetrieben umzusetzen sowie deren Auswirkungen zu erfassen. Die erzielten Ergebnisse wurden anschaulich in Form von Vorführungen auf Pilotbetrieben / LVFZs und Beratungsunterlagen Landwirten und Beratern vermittelt.

Zum Stand des Wissens wurde neben einer generellen Darstellung der Einflussgrößen und der Bewertung von Hitzestress auch der Kenntnisstand zur Auswirkung von Hitzestress auf nicht-laktierende Rinder und zum Einfluss der Wärmestrahlung erfasst.

Um die Hitzebelastung von Rindern auf der Weide einordnen zu können, wurden in einem ersten Versuch ein textiles Beschattungssystem auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft und diese Daten mit einer Situation ohne Beschattung gegenübergestellt. Abschließende Ergebnisse zu diesem umfangreichen Thema sind im Projektzeitraum nicht zu erwarten.

Bei der Betrachtung der Klimaführung in Stallungen für nicht-laktierende Rinder (Kälber, Fresser, Jungvieh, Mastbullen, Trockensteher) konnte ebenfalls ein erhebliches Wissensdefizit in Wissenschaft und Praxis festgestellt werden. Auch bei diesen Haltungsabschnitten bestehen die Probleme hinsichtlich Luftqualität und Hitzeeinwirkung. Gerade bei Trockenstehern konnte eine ähnliche hohe körpereigene Wärmeproduktion wie bei frischlaktierenden Kühen errechnet werden.

Um Antworten auf aktuelle Fragen zu den neuartigen Schlauchlüftungen geben zu können, wurde eine breite Aufnahme bestehender Anlagen in der Praxis durchgeführt. Daraus resultierend konnte eine Bewertung von Chancen und Risiken solcher Anlagen ausgearbeitet werden.

Vielen Landwirten sind die Problematik des Hitzestresses und auch die Möglichkeiten der Abhilfe bekannt, die praktische Umsetzung hingegen lässt einige Fragen offen. Um diesem Problem zu begegnen, wurde für einen landwirtschaftlichen Betrieb eine Ventilationsanlage geplant und auch eingebaut. Die Erkenntnisse fließen in die Beratung, wie auch in die Planung weiterer Ventilationsanlagen mit ein.

Um die Fragestellung nach geeigneten Ventilatoren zur Verbesserung der Wärmeabgabe weiterhin beantworten zu können, wurden zur Fortführung des bestehenden Messberichts weitere Ventilatoren hinsichtlich ihrer Wirkungsweise und anderer Parameter erfasst. Eine Neuauflage des Messberichts ist für das Jahr 2020 vorgesehen. Ventilatoren zur Zwangsbelüftung von Ställen verfolgen eine andere Zielrichtung als solche zur Verbesserung der Wärmeabgabe. Die Kenngrößen (Volumenstrom, Druckstabilität, etc.), die in diesem Fall wichtig sind, können in der Regel bei den Herstellern abgefragt werden. Der nötige Wis-

sensstand zur Beurteilung von Lüftungsanlagen konnte in den Grundlagen erarbeitet werden.

Zur gezielten Kühlung von Milchkühen durch Verdunstung wurde in Zusammenarbeit einer niederländischen Firma eine mobile Kuhdusche entwickelt, die ähnlich einer Kraftfutterstation als Abrufstation konzipiert wurde. Dazu werden seit 2017 Versuche hinsichtlich Wassermenge und Akzeptanz der Tiere durchgeführt. Diese Ergebnisse fließen in einen anstehenden Praxistest ein.

Im Zuge der Überarbeitung des DLG Merkblatts 336 wurde die Wärmeproduktion von Milchkühen Neuberechnet. Bis dato wurde die Wärmeproduktion im Laufe der Laktation auf Basis der gleitenden Milchleistung und einem mittleren Trächtigkeitsstatus ermittelt. Bei den neuen Berechnungen geht nun auch der Trächtigkeitsstatus als gleitender Wert mit ein. Unter diesen neuen Gesichtspunkten stellte sich heraus, dass die Wärmeproduktion von trockenstehenden Kühen nahezu gleich hoch wie bei Kühen im ersten Laktationsdrittel ist. Im Laufe der Laktation fällt die Wärmeproduktion dann ab, bis sie ab dem dritten Laktationsdrittel wieder ansteigt.

Um das generierte Wissen rund um den beschriebenen Themenkomplex möglichst breit in die Praxis zu transferieren, wurden neben einer Vielzahl an Praktikertagen, Vorträgen und sonstigen Veranstaltungen auch eine Reihe an Veröffentlichungen angefertigt.

Insgesamt hat sich im Projekt gezeigt, dass seitens der Praxis das Bewusstsein für die Problematik Hitzestress stark zunimmt. Das Interesse an Informationen und Lösungsvorschlägen ist groß. Gleichzeitig herrscht aber bei Praktikern wie auch Beratern nach wie vor eine große Unsicherheit hinsichtlich der physikalischen Zusammenhänge, der Auswirkungen auf die Tiere sowie möglicher Abhilfemaßnahmen. Hier gilt es, das Informationsangebot weiter zu verdichten.

2 Einleitung

Durch die in den letzten Jahren und auch in Zukunft stetig steigende Milchleistung von Milchkühen geraten diese immer stärker und immer schneller in eine Hitzestress-Situation, da sich die thermoneutrale Zone der Tiere durch die infolge der höheren Stoffwechselleistung steigenden Wärmeproduktion nach unten verschiebt. Durch die gleichzeitig steigenden Temperaturen während der Sommermonate nimmt die Anzahl an Hitzestressstunden zu. Die für die Tiere dadurch entstehende Belastung führt zu physiologischen und verhaltensbedingten Anpassungen, die wiederum eine Verringerung der Milchleistung und der Futtereffizienz nach sich ziehen. Bei beiden sind wirtschaftliche Einbußen die Folge. Aus Sicht des Tieres führt bereits leichter Hitzestress zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens und mit zunehmender Stärke zu Leiden.

Wie bereits im Projekt „Untersuchungen und Bewertung baulicher und technischer Maßnahmen zur Reduzierung des Hitzestresses bei Milchkühen“ beschrieben, liegen verschiedene Lösungsansätze vor, die allerdings nach wie vor nur zögerlich in der Praxis umgesetzt werden. Dies liegt unter anderem auch daran, dass grundlegende Aussagen zur praktischen Umsetzung fehlen.

Die traditionellen Lüftungsmethoden Trauf-First-Lüftung und Querlüftung, die auch in modernen Außenklima-Milchviehställen als Konzepte herangezogen werden, können in der Regel nicht die erforderlichen Luftwechselraten/ -bewegung für eine ausreichende Wärmeabgabe gewährleisten. Insbesondere an windstillen Hochsommertagen kann eine natürliche Querlüftung nicht als adäquate Methode herangezogen werden. Dies wird unter anderem im Forschungsbericht „Untersuchungen zur Optimierung des Stallklimas in Außenklimaställen für Milchvieh“ (MAČUHOVÁ ET AL., 2008), der im Rahmen des Pilotvorhabens „Artgerechte, umweltverträgliche und wettbewerbsfähige Tierhaltungsverfahren“ angefertigt wurde, bestätigt.

Maßnahmen zur Verbesserung dieser Situation sind grundsätzlich bekannt, werden aber aus unterschiedlichen Gründen in der Praxis häufig nicht umgesetzt. Teilweise sind das Problembewusstsein (bei Landwirten, Beratern und Anbietern von Technik und Gebäuden) oder die nötigen Kenntnisse über kosteneffiziente Abhilfemaßnahmen zur Verringerung bzw. zur Kompensation des erhöhten Wärmeeintrags im Sommer nicht vorhanden.

3 Zielsetzung

Ziel des Projektes ist es, in Fortschreibung des abgeschlossenen Projekts (A/13/11), technische Maßnahmen zur Verringerung von Hitzestress auf dem Versuchsbetrieb als auch auf Pilotbetrieben umzusetzen. Nach Umsetzung der Maßnahmen soll deren Wirkung anhand der gemessenen Kenngrößen und der Tierleistung unter Stallbedingungen überprüft werden. In geeigneter Form sollen die erzielten Ergebnisse anschaulich in Form von Vorführungen auf Pilotbetrieben / LVFZs und Beratungsunterlagen Landwirten und Beratern vermittelt werden.

4 Stand des Wissens

4.1 Auswirkung von Hitzestress auf laktierende Rinder

Mit steigender Umgebungstemperatur reduziert die Kuh über physiologische Vorgänge ihre Wärmeproduktion bei jedoch gleichzeitig stark abnehmender Möglichkeit zur Abgabe der Wärme über Konduktion, Konvektion und Radiation (sensible Wärme). Im Gegenzug dazu nimmt die Wärmeabgabe über die Wasserdampfproduktion (latente Wärme) sehr stark zu. Dies bedeutet, dass bei hohen Temperaturen die Wärmeabgabe nahezu ausschließlich über Verdunstung von Wasserdampf erfolgen muss. Bei diesem Weg der Abgabe von Körperwärme ist jedoch die rel. Luftfeuchte der Umgebung der begrenzende Faktor. Damit kommt, zur Verbesserung der Wärmeabgabe, der Luftgeschwindigkeit und bei niedrigen rel. Luftfeuchten (< 70 %), der Luftbefeuchtung eine besondere Bedeutung zu. Da Kühe mit hoher Milchleistung aufgrund ihrer höheren Stoffwechselleistung mehr Körperwärme produzieren, benötigen sie verbessernde Maßnahmen bereits bei niedrigeren Umgebungstemperaturen als Tiere mit niedriger Leistung.

Die thermoneutrale Zone einer Milchkuh, also der Bereich der Umgebungstemperatur, innerhalb dessen Kühe ihre Körpertemperatur mit minimalen regulatorischen Maßnahmen aufrechterhalten können, variiert in Abhängigkeit der Milchleistung (TOBER, 2019, Abb. 1)

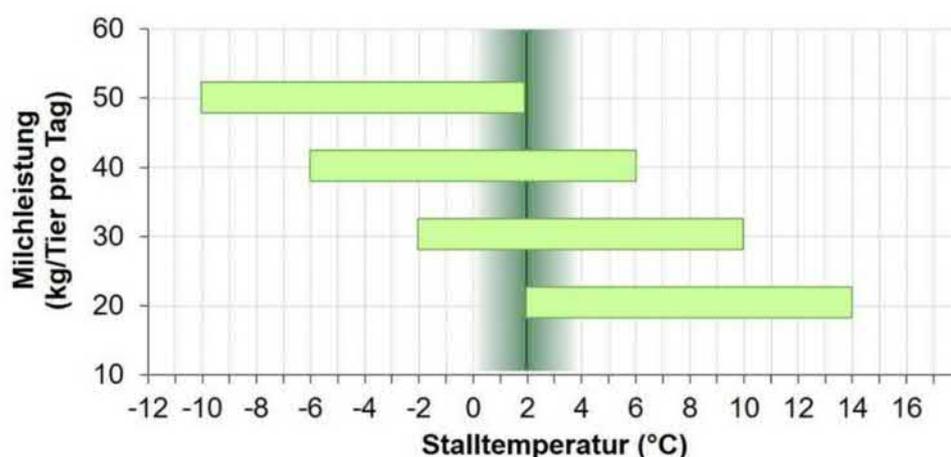


Abb. 1: Optimaler Temperaturbereich von Milchkühen in Abhängigkeit von deren Leistung (Tober, nach Berman und Meltzer, 1973 und DLG-Merkblatt, 2005, geändert)

Über diesem Temperaturbereich beginnt die Milchkuh mithilfe physiologischer Regelmechanismen, über sensible oder evaporative Wege, die überschüssige Körpertemperatur an die Umgebung abzugeben. Nach TOBER bedeutet das Überschreiten der oberen kritischen Temperatur für die Kühe zunächst lediglich, dass die Tiere hier anfangen, die physiologischen Anpassungsmechanismen zu einer erhöhten Wärmeabgabe zu aktivieren. Sie beginnen zu schwitzen, die Atemfrequenz und die Körpertemperatur zu erhöhen sowie die Aktivität und Futteraufnahme zu reduzieren. Nach TOBER kann hier von einer geringen physiologischen Belastung der Tiere gesprochen werden, die sich im normalen physiologischen Adaptionsrahmen bewegt. Dieser Zustand ist weder besorgniserregend noch tierschutzrelevant. Die Kühe müssen aber mit Überschreiten der oberen kritischen Temperatur zusätzliche Energie für die Thermoregulation aufwenden, die nicht für die Leistungs-

erbringung zur Verfügung steht. Gleichzeitig beginnen sie, die Futteraufnahme zu senken (anfangs allerdings in kaum messbarem Umfang).

Ab einer bestimmten Umgebungstemperatur jedoch kann die von der Kuh erzeugte Stoffwechselwärme nur durch erhöhte physiologische und unterstützende Verhaltensreaktionen an die Umgebung abgegeben werden. Es entsteht eine zunehmende Belastungssituation für das Tier. Der Übergang von der normalen physiologischen Adaption über eine Belastung bis zum Stress ist dabei fließend. In der Literatur wird dabei häufig bereits die Belastungssituation als Stress bezeichnet, was in der Bewertung der Aussagen zu berücksichtigen ist. Ab welchem Zeitpunkt eine Hitzestresssituation entsteht, ist neben der Lufttemperatur und den tierbezogenen Faktoren wie Milchleistung, Alter, Trächtigkeitsstadium auch von weiteren Klimafaktoren abhängig. Zu diesen gehören die relative Luftfeuchte, die Windgeschwindigkeit, aber auch die direkte Wärmestrahlung durch die Sonne.

Eine ausreichende Durchlüftung der heute überwiegend als Offenställe ausgeführten Gebäude wird zwar in der Regel gewährleistet, die notwendigen Luftgeschwindigkeiten ($> 2,0$ m/s), um einen Kühleffekt am Tier zu erreichen, werden jedoch im bayerischen Mittel nur an ca. 36 % der Stunden mit Temperaturen über 20°C erreicht (Auswertung Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Arbeitsgruppe Landwirtschaftliches Bauwesen). Die Situation wird durch Wettersituationen mit wenig / keiner Windbewegung und / oder erheblichem Wärmeeintrag über das Dach oder südseitig ausgerichtete Wände infolge eines unzureichenden sommerlichen Wärmeschutzes noch verstärkt. Daher sind, unabhängig der Gebäudeausführung, zusätzliche technische Maßnahmen wie z. B. der Einsatz von Ventilatoren und Kuhduschen zu ergreifen.

Zur Beurteilung der Hitzebelastung und der Steuerung evtl. vorhandener Ventilatoren wird häufig nur die Lufttemperatur herangezogen. Die Strahlungswärme und die Luftfeuchte bleiben dagegen ebenso wie die am Tier erreichte Luftgeschwindigkeit regelmäßig unberücksichtigt.

Als wichtigster Indikator zur Bestimmung des tierindividuellen Stresslevels wird die Atemfrequenz gesehen. Da die Erfassung der Atemfrequenz durch Zählen zeitaufwendig ist, wurde durch MADER ET AL ein Atmungsscore entwickelt, der die Erfassung wesentlich vereinfacht (Tab. 1).

Tab. 1: *Atmungsscore, abgeändert nach MADER ET AL, (2006)*

Atmungsscore	Atmungszustand	Atemfrequenz
0	Keine erhöhte Atmung	< 60 bpm
1	Leicht erhöhte Atemfrequenz, geschlossenes Maul, kein Speichelfluss, gut sichtbare Bewegung des Brustkorbs	60 – 90 bpm
2	Schnelle Atemfrequenz, Speichelfluss sichtbar, geschlossenes Maul	90 – 120 bpm
2,5	Wie 2, gelegentliche Maulatmung, Zunge nicht herausgestreckt	
3	Maulatmung, Speichelfluss, gestreckter Nacken, Kopf erhoben	120 – 150 bpm
3,5	Wie 3, Zunge gelegentlich voll herausgestreckt	
4	Maulatmung mit über einen längeren Zeitraum vollständig herausgestreckter Zunge, gestreckter Nacken, Kopf erhoben	> 150 bpm
4,5	Wie 4, mit gesenktem Kopf, starke Flankenatmung, Speichelfluss eingestellt	

4.2 Auswirkung von Hitzestress auf nicht-laktierende Rinder

Auf Grund der vielen Nachfragen aus der Praxis wurde das Thema „Hitzestress“ über die Milchkühe hinaus auch auf nicht-laktierende Rinder wie Kälber, Fresser, Jungvieh, Mastbullen und trockenstehende Kühe erweitert. Im Bereich der Nachzucht und der Mast handelt es sich hier oft um nicht freigelüftete Ställe. Deshalb kann die Temperaturführung nicht entkoppelt von der gesamten Klimaführung betrachtet werden.

In einem ersten Schritt wurden dazu in der Literatur die thermoneutralen Bereiche von Rindern in Abhängigkeit des Alters und der Produktionsrichtung recherchiert. Wie der (Tab. 2) entnommen werden kann, liegen die Temperaturansprüche von Kälbern und Jungvieh etwas höher als bei laktierenden Milchkühen. Bei Mastbullen (Mastmuni) und Zuchttieren entspricht der Optimalbereich dem von Milchkühen.

Tab. 2: *Optimalbereiche für die Lufttemperatur nach Fachinformation Tierschutz (CH)*

Tierkategorie	Gewicht (kg)	Optimalbereich
Rinder		
Kälber	50 – 150	5 - 20
Jungvieh	150 – 500	5 - 20
Mastbullen	150 – 500	5 - 20
Milchkühe (10-20 kg Milch pro Tag)	500 – 700	0 - 15
Zuchtstiere	um 1000	0 - 15

4.2.1 Kälber

VERMOREL ET AL. (1983) erforschten das Thermoregulationsvermögen von frisch geborenen Kälbern, wobei eine der wichtigsten Aussagen ist, dass hier zwischen normal geborenen und vorgeschwächten Kälbern zu unterscheiden ist. Gesunde, normal geborene Kälber verfügen über ein sehr gutes Regulationsvermögen, was mehrere Gründe hat. Gesunde Kälber kommen mit einer erhöhten Körpertemperatur von bis zu 39,5 °C auf die Welt, was ihnen dabei hilft, niedrige Temperaturen auszugleichen. Diese erhöhte Körpertemperatur fällt während der ersten fünf Lebensstunden auf ca. 38,8 °C ab. Zusätzlich fangen Kälber bei Temperaturen unter 10 °C an zu zittern. Durch diese natürliche Körperreaktion wird durch verstärkte Muskelbewegung zusätzliche Wärme freigesetzt. Auch werden zur eigenen Wärmeproduktion Fettreserven umgesetzt. Durch eine frühzeitige Kolostrumaufnahme wird zusätzliche Energie aufgenommen, die bis 40 % zur eigenen Wärmeproduktion aufgewendet wird. Gesunde Kälber beginnen sehr früh mit den ersten Aufstehversuchen. Auch dieser Vorgang erzeugt Wärme. Vorgeschwächte Kälber hingegen haben längere Liegeperioden, die geringere Wärmeproduktion nach sich ziehen. Auch die Kolostrumaufnahme ist verzögert. Ein weiteres Problem besteht bei geschwächten Kälbern darin, dass sie im Vergleich zu gesunden Kälbern mit geringerer Körpertemperatur geboren werden.

Im Vergleich zu Milchkühen zeigen Kälber erst bei einem höheren THI Symptome von Hitzestress. Die Schwelle wird hier mit vier THI-Punkten über den von Milchkühen beschrieben (CHESTER-JONES, 2012). Daraus ergibt sich ein Schwellenwert von THI 72. Die Symptome von Hitzestress zeigen sich bei Kälbern ähnlich wie bei Milchkühen. Auch hier kann u. a. ein Rückgang der Futteraufnahme und eine erhöhte Körpertemperatur festgestellt werden. Der physiologisch normale Bereich der Atemfrequenz liegt bei Kälbern im

Bereich 30 – 50 pro Minute. Eine deutliche Überschreitung dieser Werte kann als sicheres Anzeichen von Hitzestress gewertet werden.

Neben der Stalltemperatur wird vor allem dem Schadgasgehalt eine wichtige Rolle zuge-dacht. Die meisten Erkrankungen in der Kälberhaltung, wie die Rindergrippe, werden maßgeblich auf die Klimaführung zurückgeführt (RICHTER, 2005). Deshalb ist hier ein verstärkter Focus nötig.

4.2.2 Trockensteher

Der Trockenstehphase kommt insofern eine große Bedeutung zu, da sie sowohl das Fötuswachstum als auch die hormonelle Einführung in die kommende Laktation inklusive Milchdrüsenentwicklung sowie die weitere Entwicklung mit einschließt.

TAO ET AL. kommen 2013 zu dem Schluss, dass Hitzestress in der späten Trockenstehphase die Plazentaentwicklung und das Fötuswachstum beeinflusst und sich negativ auf das Immunsystem der Nachkommen auswirkt.

Laut WOHLGEMUT ET AL. (2015) können Hitzestress bedingte Störungen der Zellverwertungsaktivität v. a. in der frühen Trockenstehphase die regenerative Milchdrüsenentwicklung negativ beeinflussen, welche für eine optimale Zellvermehrung nötig ist. In Folge dessen kann von einer Verringerung der Milchleistung ausgegangen werden.

So halten WOLF ET AL. (2017) eine Verringerung der Milchleistung in der Folgelaktation um bis zu 1000 kg für realistisch.

Nach WOLFENSON ET AL., (1988) reagiert gerade das endokrine System während der gesamten Trockenstehphase noch sensibler auf Hitzestress als während der Laktation selbst.

Aufgrund der hohen Komplexität der Thematik haben bis dato nur wenige Untersuchungen mit verschiedenen Ansätzen versucht, der Problematik des Hitzestresses bei Milchkühen in dieser sensiblen Phase entgegenzuwirken, um somit geeignete Rückschlüsse auf die Auswirkungen von Hitzestress zu ziehen.

Daher ist es nur schwer möglich, konkrete und v. a. allgemein gültige Aussagen hinsichtlich der Auswirkungen von Hitzestress während der Trockenstehphase auf verschiedene Leistungsparameter der Milchkuh wissenschaftlich zu belegen bzw. allgemein gültige Maßnahmen zur Abhilfe geben zu können. Zu unterschiedlich sind oftmals die äußeren Bedingungen, aber auch die zur Verfügung stehende Technik bzw. deren Anwendungsmöglichkeiten.

2009 kamen Untersuchungen von ADIN ET AL., im Rahmen derer verschiedene Anwendungsmöglichkeiten von Ventilatoren kombiniert mit einem vorausgehendem Anfeuchten der Tiere getestet wurden, zu folgenden Ergebnissen:

Die Körpertemperatur kann durch geeignete Systeme messbar gesenkt werden und auch die Atemfrequenz, welche bei Kühen als Stressindikator herangezogen werden kann, kann durch gezielte Verdunstungskühlung signifikant, teilweise um bis zu 40 % reduziert werden. WOLFENSON ET AL. (1988) kommen v. a. hinsichtlich der Körpertemperatur zu ähnlichen Ergebnissen. Laut deren Untersuchungen kann durch gezieltes Kühlen der Tiere dem Temperaturanstieg im Tagesverlauf effektiv entgegengewirkt werden.

Des Weiteren ist eine deutlich höhere Trockenmasseaufnahme (um bis zu 8 %) im Vergleich zu nicht gekühlten Tieren zu erwarten. Auch in den letzten 21 Tagen vor der Geburt kann mit einer deutlich höheren Aufnahme gerechnet werden.

Außerdem kann – einhergehend mit einer längeren Trächtigkeit der gekühlten Tiere – von signifikant höheren Kälbergeburtsgewichten sowie von einer besseren Qualität aber auch Quantität des Kolostrums ausgegangen werden. Hinsichtlich der Kälbergeburtsgewichte scheint die Laktationsnummer eine entscheidende Rolle zu spielen. So steigt der Unterschied zwischen den gekühlten und nicht gekühlten Tieren bis zur vierten Laktation immer weiter an.

Zudem gibt es eine Tendenz zu mehr Nachgeburtsbeschwerden bei nicht gekühlten Tieren.

Je nach Versuchsaufbau gab es jedoch unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich body-condition-score und Milchleistung. Mehrheitlich kann jedoch keine signifikante Veränderung des body-condition-score festgestellt werden. Dies gilt sowohl für den Zeitraum vor der Geburt als auch für die Zeit unmittelbar nach der Geburt, was wiederum die Arbeiten von WOLFENSON ET AL. (1988) belegen.

In einer Versuchsanordnung fielen sowohl die Milchleistung und der Eiweißgehalt der Milch als auch die fett- und eiweißkorrigierte Milch im Vergleich zur Kontrollgruppe um ca. 5 % höher aus. So erhöhte ein Kühlen der Kühe während der Trockensteherperiode die durchschnittliche Milchleistung der ersten 150 Laktationstage um ca. 3,5 kg / Tag. Der größte Anstieg der Milchleistung durch Hitzestressentlastung konnte jedoch in den ersten 60 Tagen nach der Geburt festgestellt werden. Auffallend war, dass die Milchproduktion (zwischen der gekühlten Gruppe und der Kontrollgruppe) umso mehr zunahm, je älter die Kühe waren. So stieg der Unterschied der Milchleistung zwischen der 2., 3., und 4. Laktation um 0,9 kg, 2,5 kg bzw. 7,3 kg an. Allerdings war die Milchleistung der gekühlten Kühe im Frühsommer geringer als die der ungekühlten Kühe, wohingegen sich dies im Spätsommer ins Gegenteil drehte.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Milchleistung im ersten Monat negativ beeinflusst wird, wenn die Abkalbung im Frühsommer stattfindet (relativ geringe Temperatur), und nach der Geburt Hitzestress herrscht.

In einer Arbeit von BAR ANAN ET AL. (unveröffentlicht) zeigte sich, dem sommerlichen Temperaturanstieg folgend, dass die Milchproduktion sich erst im November und später wieder „normalisierte“, obwohl bereits im Oktober wieder komfortable Lufttemperaturen gemessen wurden. Dies legt einen Einfluss auf die Milchproduktion durch Hitzestress vor der Geburt sehr nahe, welcher den sommerbedingten Milchleistungsrückgang bis in die kälteren Monate hinein ausdehnt.

Im Jahr 2006 veröffentlichte Untersuchungen von AVENDAÑO-REYES ET AL., durchgeführt unter sehr trockenen und heißen klimatischen Bedingungen in der Sonora Wüste (Mexiko), kamen primär zu dem Ergebnis, dass ein alleiniges Durchnässen von Holstein Kühen während der Trockensteherphase sich nicht effektiv zum Kühlen der Kühe eignet, beurteilt nach ähnlichen Atemfrequenzen und Körpertemperaturen, obwohl die Leistungsparameter nach der Geburt generell verbessert wurden. Im Gegensatz dazu konnten durch den Einsatz eines Kühlsystems, bestehend aus einer Kombination aus Vernebeln und Ventilatoren, physiologische Aspekte vor der Geburt deutlich verbessert werden. So konnte u. a. eine erhöhte Produktion von Milch Fett, Milch Energie und Milch nach der Geburt gemessen werden. Außerdem konnte ein erhöhtes Kälbergeburtsgewicht nachgewiesen werden und auch die Reproduktionsrate wurde verbessert.

Abschließend lässt sich festhalten, dass durch den Einsatz von geeigneter Technik und deren sinnvoller Anwendung der auch in der Trockensteherphase vorhandenen Hitzestressproblematik entgegengewirkt werden kann. Abhängig von vielen äußeren Umständen wie

z. B. Stallbau und Klima ist dadurch mit positiven Effekten für das Wohlbefinden der Tiere zu rechnen, was u. a. anhand der Körpertemperatur und Atemfrequenz belegt werden kann.

Eine Verminderung des Hitzestresses während der Trockenstehphase scheint darüber hinaus auch viele Leistungsparameter wie die Reproduktionsrate und das Kälbergeburtsgewicht sowie die Milchleistung nach dem Abkalben, Milchfett und Milchenergie sowie die Futter- und Wasseraufnahme und die Kolostrumqualität und -quantität positiv zu beeinflussen.

4.2.3 Mastbullen

Mastbullen reagieren in einem ähnlichen Rahmen wie Milchkühe auf die Einwirkung von hohen Temperaturen. Nach der Meinung der Arbeitsgruppe Nr. 14 CIGR (2004) sind in Mastställen Möglichkeiten zum Kühlen der Tiere vorzusehen. Hier können auch Ventilatoren, wie im Milchviehbereich, eingesetzt werden. Der Außenklimastall wird hier als mögliche Haltungsform gesehen. In zwangsgelüfteten Ställen ist auf eine ausreichende Luftwechselrate zu achten, um neben der Wärme auch die Schadgase abzuführen. Über die Auswirkungen von Hitze auf die Tiergesundheit und die Mastleistung liegen in der Literatur kaum abgesicherte Untersuchungen vor.

4.3 Untersuchungen zur Wärmestrahlung

Neben der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit hat auch die direkte Sonneneinstrahlung einen wesentlichen Einfluss auf die Hitzebelastung von Wiederkäuern im Allgemeinen. Fehlt natürlicher Schatten, so positionieren sich Weidetiere laut SPENGLER ET AL. (2015) mit ihrer Körperachse parallel zur Sonneneinstrahlung, um die beschienene Fläche zu reduzieren. Das Verhaltensmuster ist für afrikanische Wiederkäuer beschrieben, lässt sich aber auch bei europäischen Rassen beobachten. Einen ähnlichen Effekt hat das enge Beieinanderstehen bei Hitze. Oftmals halten die Tiere ihren Kopf gesenkt, um ihn der direkten Sonneneinstrahlung zu entziehen.

Zur Einschätzung des Einflusses der Wärmestrahlung auf die Hitzebelastungen wurde in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl an Untersuchungen durchgeführt. Wie auch der THI (siehe Endbericht: Untersuchung und Bewertung baulicher und technischer Maßnahmen zur Reduzierung des Hitzestresses bei Milchkühen, A/13/11) liegt der Ursprung dieser Untersuchungen meist im Humanbereich. Erst durch weitere Untersuchungen konnten verschiedene Indices auf den Bereich der Rinder übertragen werden.

4.3.1 WBGT

Die Wet-Bulb-Globe-Temperatur (WBGT) ist ein Klimasummenmaß, welches normalerweise für die Beurteilung von Klimabedingungen an wärmebelasteten Arbeitsplätzen oder bei Sportveranstaltungen herangezogen wird. Zur Berechnung der WBGT muss zwischen Situationen mit und ohne direkte Sonneneinstrahlung unterschieden werden.

außerhalb von Gebäuden bei Einwirkung von Sonneneinstrahlung:

$$WBGT_m = 0,7 * T_{nw} + 0,2 * T_g + 0,1 * T_a$$

innerhalb von Gebäuden oder im Freien ohne direkte Sonneneinstrahlung:

$$WBGT_o = 0,7 * T_{nw} + 0,3 * T_g$$

wobei

T_{nw} = natürliche Feuchttemperatur [°C]

T_g = Globe-Temperatur [°C]

T_a = Trockentemperatur [°C]

PACHE ET AL (2012) stellen fest, dass die WBGT, der die Wohlfühltemperatur im Humanbereich definiert, auch als Richtwert für den Rinderbereich herangezogen werden kann.

4.3.2 ESI

Die Komponente T_{nw} der WBGT ist ein vergleichsweise aufwendig zu ermittelnder Wert, da hier ein Temperaturfühler stetig befeuchtet werden muss und dieser entsprechend erst nach einer halben Stunde einen gesicherten Wert liefern kann.

Deshalb wurde 2001 der ESI (environmental stress index) eingeführt, der nach MORAN ET AL eine hohe Korrelation ($r^2 = 0,981$) zur $WBGT_m$ aufweist. Diese Korrelation konnte durch MORAN ET AL (2006) auch unter extremen Klimabedingungen (Heiß/Trocken und Heiß/Feucht) nachgewiesen werden.

Die Formel für den ESI lautet:

$$ESI [^{\circ}C] = 0,63 * T_a - 0,003 * RH + 0,002 RAD + 0,0054 * (T_a * RH) - 0,073 * (0,1 * RAD)^{-1}$$

wobei

T_a = Trockentemperatur [°C]

RH = Relative Luftfeuchtigkeit [%]

RAD = Strahlungswärme [W/m²]

4.3.3 THVI

In den 1960er Jahren beschäftigten sich US-amerikanische Wissenschaftler intensiv mit der Auswirkung direkter solarer Wärmestrahlung auf Milchvieh. THOMPSON ET AL. (1964) untersuchten die Eigenschaften von verschiedenen Beschattungsmöglichkeiten und die physiologische Reaktion von Färsen. Dazu wurden die physiologischen Parameter Körpertemperatur, Herzfrequenz und Atemfrequenz erfasst. Die Untersuchung zeigte, dass keine nennenswerten Unterschiede zwischen natürlicher (Baum) und künstlicher (Aluminiumdach) Beschattung bestanden. Deutliche Unterschiede ergaben sich aber zwischen den Gruppen, die im Schatten gehalten wurden, und der Gruppe, die der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt war. Die Atemfrequenz beispielsweise lag bei der Gruppe ohne Beschattung im Mittel 50 % über der Gruppe mit Beschattung. Als weitere Einflussgröße wurde die Windgeschwindigkeit erkannt.

MADER ET AL. (2006) erweiterten deshalb den TH-Index um die Faktoren Strahlungswärme und Luftgeschwindigkeit, um eine genauere Einschätzung des Hitzestress-Levels zu erreichen.

$$THVI = 4,51 + THI - (1,992 * V) + (0,0068 * RAD)$$

wobei

V = Luftgeschwindigkeit [m/s]

RAD = Strahlungswärme [W/m^2]

Um eine erste Einschätzung des Verhaltens des THVI zu erhalten, wurden die Daten der Wetterstation in Grub für das Jahr 2017 herangezogen. Diese Daten können als Grundlage für die Wärmebelastung auf einer nichtbeschatteten Weide gesehen werden. Beispielhaft wird in Abb. 2 der Verlauf für den 01. August 2017 dargestellt. Es lässt sich festhalten, dass sich der THVI an diesem Tag im Mittel um drei Index-Punkte über dem THI bewegt. Nur in einem kurzen Zeitfenster mit hoher Windgeschwindigkeit und geringer Wärmestrahlung fällt der THVI unter den THI.

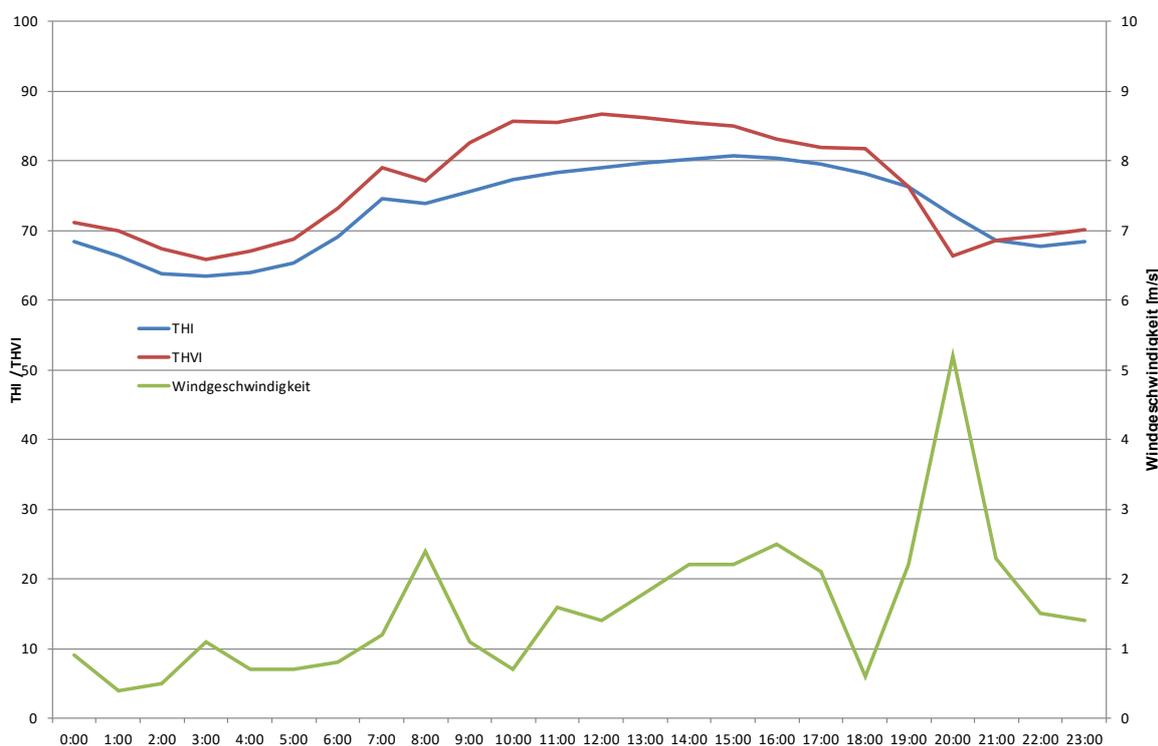


Abb. 2: Verlauf THI, THVI und Windgeschwindigkeit am 01.08.2017 (Wetterstation Grub)

Der THIV, der auf der Grundlage des THI entwickelt wurde, wird als sinnvoller Maßstab betrachtet, da hier entsprechende Schwellenwerte für Milchkühe nach THI vorliegen.

4.3.4 HLI

Nach GAUGHAN ET AL (2008) kann auch der Heat Load Index (HLI) zur Bestimmung der Hitzebelastung für Rinder herangezogen werden. Hier werden zwei Formeln für verschiedene T_g -Bereiche angewendet. Allerdings wird in der Untersuchung festgestellt, dass die Grenze des Beginns des Hitzestresses bei Rindern von vielen anderen Faktoren, wie Rasse, Körperkondition oder Gesundheitsstatus, abhängig ist. Im Rahmen der Untersuchung wurden die Grenzwerte für verschiedene Mastrassen und Haltungssystemen definiert. Der HLI wird zwar als beste Abbildung der Hitzebelastung gesehen, allerdings liegen hier für die in Bayern üblichen Milchviehrassen keine Schwellenwerte vor. Hierzu wären weitere Untersuchungen nötig.

$$HLI_{T_g > 25} = 8,62 + (0,38 * RH) + (1,55 * T_g) - (0,5 * V) + e^{(2,4 - V)}$$

$$HLI_{T_g < 25} = 10,66 + (0,28 * RH) + (1,3 * T_g) - V$$

wobei

T_g = „Globe-Temperatur [°C]

RH = Relative Luftfeuchtigkeit [%]

V = Luftgeschwindigkeit [m/s]

5 Hitzebelastung von Rindern auf der Weide

5.1 Material und Methode

In einem ersten Versuch wurde die Hitzebelastung auf beschatteten und nicht beschatteten Grünflächen anhand des HLI festgehalten. Dies erfolgte vom 15. Juli bis 05. August 2019.

Versuchsaufbau:

Die allgemeingültigen Wetterdaten relative Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit wurden von der Wetterstation Grub erfasst. Die Globe-Temperatur wurde jeweils im Bereich mit und ohne Beschattung von zwei Schwarzkugelthermometern (Durchmesser: 14 cm) erfasst. Die verwendeten Thermometer wurden in einer Höhe von 80 cm über dem Boden angebracht. Der Standort des beschatteten Thermometers war der Mittelpunkt der beschatteten Fläche bei Sonnenhöchststand.

Die Datenerfassung erfolgte über einen Friedrichsdatenlogger, wobei Minutenwerte aufgezeichnet wurden, die dann zu 10-Minutenwerte gemittelt wurden.

Der Schatten wurde durch ein Beschattungsnetz der Firma Galebreaker erzeugt, welches waagrecht über einer Wiese in einer Höhe von 2,6 m angebracht war (siehe Abb. 3).



Abb. 3: Versuchsaufbau Weidebeschattung

5.2 Ergebnisse

Exemplarisch wurde der 26.07.2019 im Zeitraum von 6:00 bis 21:00 Uhr ausgewertet.

In Abb. 4 wurde der Verlauf der Globe-Temperatur und der Lufttemperatur dargestellt. Die Globe-Temperatur steigt ab 8:00 Uhr (Beginn Sonneneinstrahlung) über die Lufttemperatur, erst ab 20:40 Uhr sinkt sie wieder unter die Lufttemperatur. Ab ca. 9:20 Uhr beginnt die Wirkung der Beschattung. Der größte Temperaturunterschied mit 10,1 K kann um 13 Uhr festgestellt werden. Zu diesem Zeitpunkt liegt die Globe-Temperatur in der Sonne bei 50,5 °C, im Schatten bei 40,4 °C. Daraus kann abgeleitet werden, dass das im Versuch verwendete Beschattungsnetz durchaus Wirkung zeigt. Allerdings muss festgestellt werden, dass die im Schatten gemessenen Temperaturen nach wie vor als sehr hoch anzusehen sind.

In Abb. 5 wurden die Werte des HLI dargestellt. Auch hier kann festgestellt werden, dass der größte Unterschied (16 Punkte) zwischen beschatteter und nicht beschatteter Fläche um 13 Uhr erreicht wird. Die in den HLI einberechnete Luftgeschwindigkeit wiederum beeinflusst den Verlauf nur gering. Auch hier kann festgehalten werden, dass das verwendete Beschattungsnetz begrenzte Wirkung zeigt.

Daraus ergeben sich weitere Fragestellungen zu effektiven Beschattungsmöglichkeiten auf der Weide. Des Weiteren sollten mobile Möglichkeiten zur Beschattung von Weiden mit in die Untersuchungen einfließen.

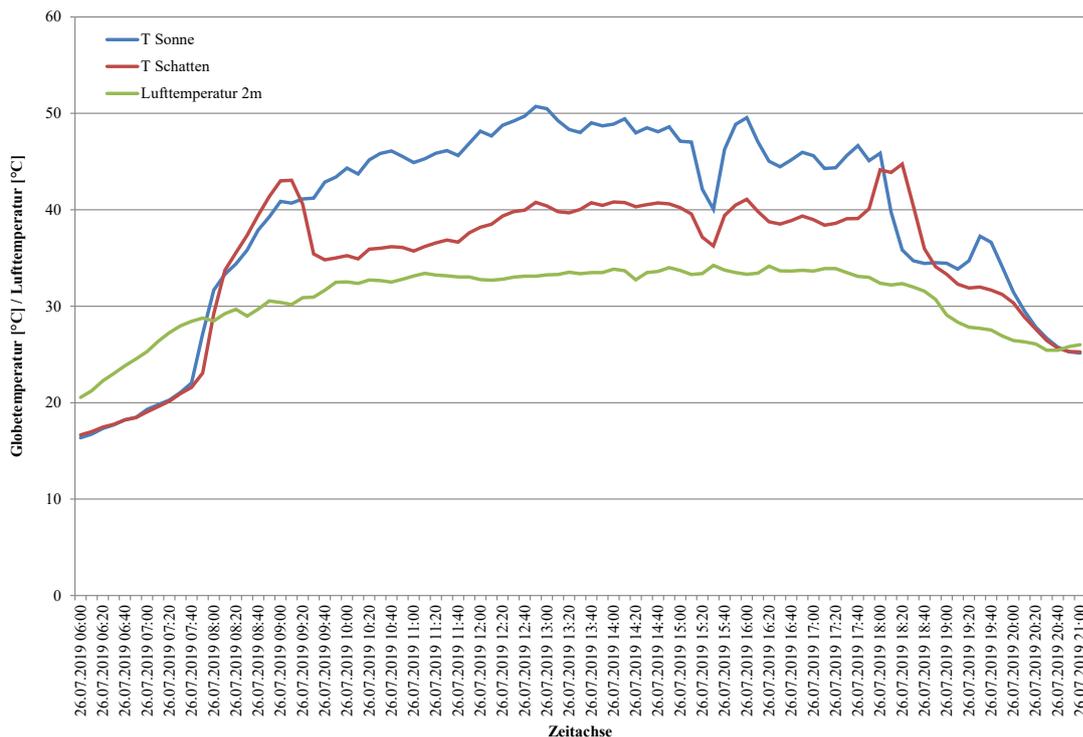


Abb. 4: Verlauf Globe-Temperatur und Lufttemperatur vom 26. 07. 2019

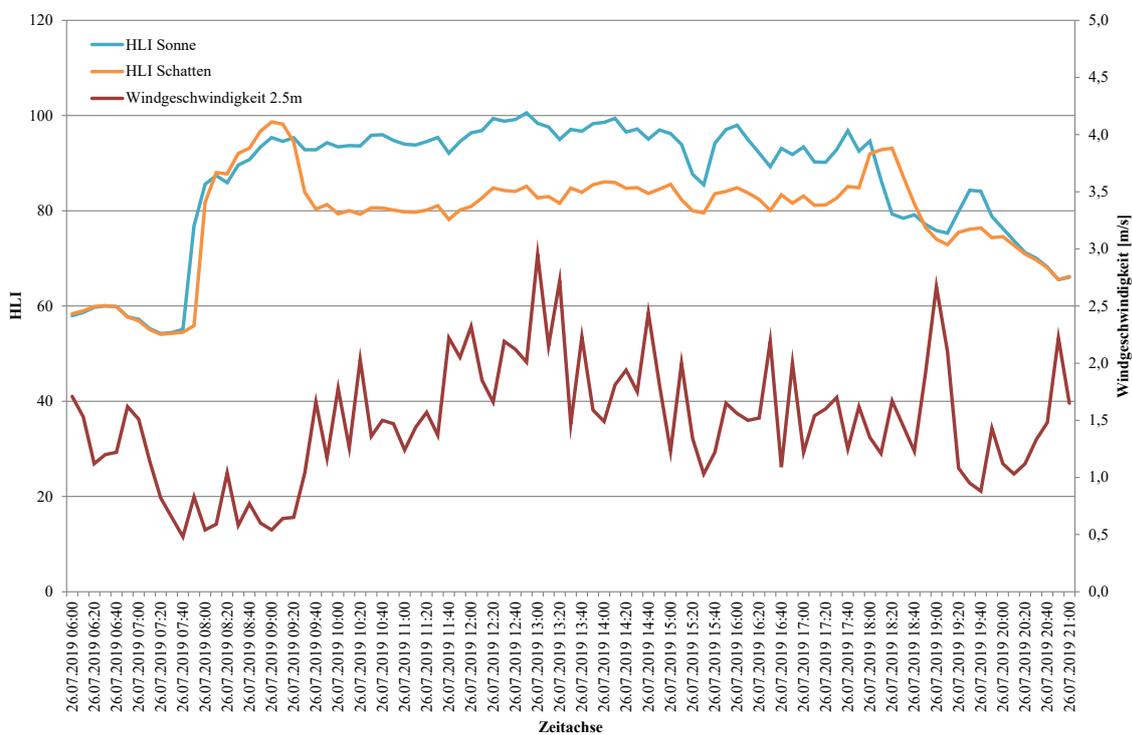


Abb. 5: Verlauf HLI vom 26. 07. 2019

6 Klimaführung in Stallungen für nicht-laktierende Rinder

6.1 Kälber

In der Kälberhaltung werden in der Praxis verschiedene Haltungssysteme herangezogen. Die Mehrzahl der Kälber wird in Kälberhütten und in Außenklimaställen gehalten. Beide Verfahren eignen sich, den Tieren hinsichtlich des Temperaturanspruchs und der maximalen Schadgaskonzentrationen gerecht zu werden. Wobei auch hier festgehalten werden muss, dass die Tiere bei Temperaturen ab 20 °C ein Problem mit der Wärmeabgabe haben. Bei Kälberhütten ist deshalb eine Beschattung zwingend notwendig.

Hier sind weitere Untersuchungen notwendig, um Beratungsempfehlungen in den Bereichen Zugluft und Wärmehaltung im Winter geben zu können.

6.2 Fresser

Die Fressererzeugung findet weitestgehend in Warmställen mit einer Zwangslüftung statt, wobei sich auch hier erste Außenklimasysteme durchsetzen.

Im Produktionssystem der Fressererzeugung liegt die große Problematik, dass zum Einstallen Kälber aus vielen verschiedenen Herkunftsbetrieben verwendet werden. Daraus ergibt sich in den ersten Wochen eine hohe Krankheitsanfälligkeit, der in der Praxis meist mit einer Einstallprophylaxe entgegen getreten wird. Krankheitsbilder, die die Lunge der Tiere betreffen, können meist auf eine schlechte Luftqualität, zurückgeführt werden.

Um Warmställe als System mit gezielter Luftführung besser einschätzen zu können, wurden im Rahmen des Projekts auf zwei Betrieben erste Tastversuche durchgeführt.

Im Betrieb 1 werden die Tiere in einem Vollspaltenabteil gehalten. Die Frischluft gelangt über einen ungedämmten Dachraum durch eine Porendecke in das Stallabteil und wird hier gleichmäßig verteilt. Die Abluftführung erfolgt unterflur über einen zentralen Abluftkamin. Mit Hilfe einer Rauchprobe wurde die Luftführung visualisiert (Abb. 6).



Abb. 6: Rauchprobe zur Visualisierung der Luftführung im Betrieb 1

Es konnte gezeigt werden, dass der Luftwechsel grundsätzlich funktioniert, allerdings konnte in den vom Abzugskamin weiter entfernten Stallbereichen eine längere Verweildauer des Rauchs festgestellt werden. Darüber hinaus konnte rein subjektiv eine erhöhte Schadgaskonzentration festgestellt werden. Die Lüftungsanlage beinhaltet eine Steuerung, die ausschließlich nach dem Parameter Lufttemperatur geregelt wird. Es konnte an diesem Tag ein eine Lufttemperatur von ca. 25 °C und eine Luftfeuchtigkeit von ca. 70 % gemessen werden. Hier zeigt sich, dass auch in klimatisierten Warmställen die Lufttemperatur nicht immer im Optimalbereich befindet.

Der Betrieb 2 arbeitet in einem Neubau, der als Warmstall mit mehreren Abteilen ausgeführt ist. Die Zuluftführung erfolgt über eine Porendecke, die Abluftführung seitlich über eine Porenwand. Wie auch der Betrieb 1 wird ein Unterdrucksystem herangezogen. Auch hier wurde eine Rauchprobe durchgeführt, um die Luftführung im Detail nachvollziehen zu können. Es konnte festgestellt werden, dass der Luftwechsel nicht in allen Bereichen gleichmäßig funktioniert (Abb. 7). Eine Steuerung nach Lufttemperatur ist hier ebenfalls vorgeschaltet.



Abb. 7: Rauchprobe zur Visualisierung der Luftführung im Betrieb 2

Die ersten Tastversuche in wärmedämmten Fresserställen zeigen, dass in diesem Bereich weiterer Forschungsbedarf besteht, um das Stallklima an die Ansprüche der Tiere anzugleichen. Des Weiteren müssen Außenklimaställe zur Haltung von Fressern näher untersucht werden, um auch für dieses Haltungsverfahren entsprechende Empfehlungen geben zu können.

6.3 Jungvieh

Der Bereich „Jungvieh“ wurde im Projekt zugunsten der Erhebungen und Beratungen in Fresser- und Bullenställen zurückgestellt, da hier größerer Handlungsbedarf im Wissenstransfer gesehen wurde.

6.4 Mastbullen

Im Bereich der Mastbullenhaltung wurden bereits erste Praxisbetriebe erfasst. Hierbei konnte eine intensive Zusammenarbeit mit der Officialberatung der Fachzentren und der Ringberatern hergestellt werden.

Die Haltung von Mastbullen findet zum großen Teil nach wie vor in Warmställen statt, was sich im Wesentlichen nicht mit den Ansprüchen der Tiere an Stallklima und Temperatur deckt. Deshalb wurde der Focus auf Außenklimaställe gelegt.

Beim ersten Betrieb handelt es sich um einen klassischen Vollspaltenstall. Um eine optimale Querlüftung zu erreichen, wurde traufseitig auf einen festen Wandaufbau verzichtet. Um bei kühleren Temperaturen eine Wärmehaltung im Stall sicherstellen zu können, wurde ein Curtainsystem verbaut, das über einen Klimacomputer gesteuert wird.

Die Dachhülle ist mit einem einschaligen Blechdach und einem großen Lichtfirst versehen. Daraus ergibt sich während der Sommermonate ein sehr hoher Wärmeeintrag in das

Gebäude. Laut Aussagen der Ringberatung werden in diesem Stall trotzdem sehr gute Tageszunahmen erreicht (Abb. 8).



Abb. 8: Außenklimastall Bullenmast, Betrieb 1

Der zweite Betrieb ist als Einflächen-Tretmiststall ausgeführt. Die Traufwände wurden hier zur Hälfte geöffnet. Die Lüftungsfläche kann nicht geschlossen werden. Die Pultdachhalle ist wiederum mit einem einschaligen Blechdach ausgeführt. Auch hier ist während der Sommermonate ein erhöhter Wärmeeintrag zu erwarten (Abb. 9).

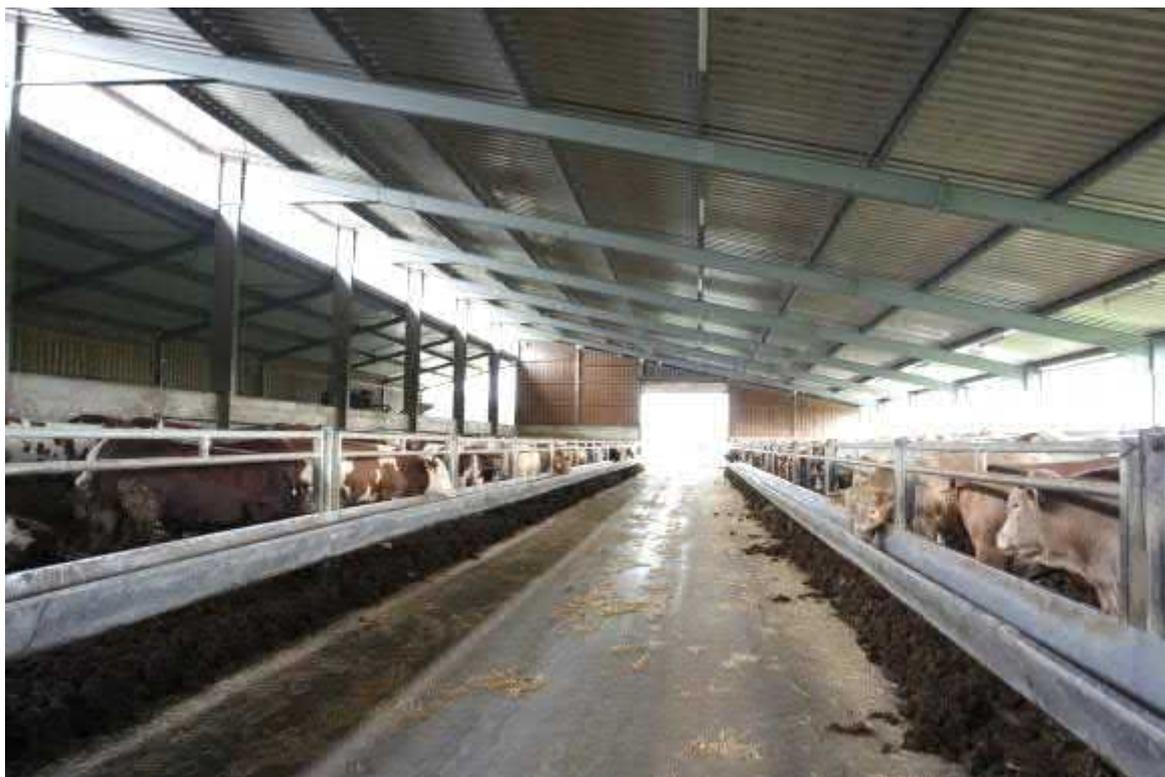


Abb. 9: Außenklimastall Bullenmast, Betrieb 2

Beide besichtigten Ställe zeigen, dass Mastbullen auch unter Außenklimabedingungen gehalten werden können. Um hier zusätzliche abgesicherte Werte zur Klimaführung zu erhalten, sind weitere Untersuchungen nötig, um dieses System als Standardverfahren in die Praxis einzuführen.

6.5 Trockensteher

Wie unter dem Kapitel 4.2.2 beschrieben ist, ist auch bei Trockenstehern mit erheblichen Auswirkungen durch Hitzebelastung zu rechnen. Nach neuen Berechnungen zur Wärmebelastungen (vgl. Kapitel 12.3) unter besonderer Berücksichtigung des Trächtigkeitsstatus ergeben sich für Trockensteher sogar eine ähnlich hohe Wärmeproduktion wie bei hochlaktierenden Kühen. Hier ist ein dringender Nachholbedarf vorhanden, um auch bei diesen Tieren eine Entlastung hinsichtlich Hitzestress herbeizuführen. Da sich das Haltungsverfahren in der Regel nicht von dem von Milchkühen unterscheidet, können die Erfahrungen, die bereits hier gesammelt wurden, adaptiert werden.

7 Schlauchlüftungen

Schlauchlüftungen funktionieren nach dem Prinzip einer Überdrucklüftung. Dabei wird frische Luft von außen über einen Ventilator angesaugt und durch einen perforierten Schlauch gleichmäßig im Stallraum verteilt. Weiterentwickelt wurde das System maßgeblich von KEN NORDLUND von der Universität Wisconsin-Madison. Als Planungsgrößen werden in erster Linie die Winterluftwechselraten aus der DIN 18910 herangezogen. Die Sommerluftwechselraten können nicht erreicht werden. Als zweite Richtgröße wird eine „zugfreie“ Anströmung der Tiere mit Frischluft angestrebt. Je nach Hersteller und Berechnungsgrundlagen werden die Systeme unterschiedlich ausgelegt und umgesetzt.

Durch den zusätzlichen Eintrag von Frischluft in den Stallraum wird eine Reduzierung des Keimgehalts angestrebt, dadurch sind weniger Lungenerkrankungen bei den Tieren zu erwarten. Studien, die dies belegen, sind jedoch im Wesentlichen durch Hersteller und deren Gesellschafter angefertigt worden.

7.1 Praxiserhebungen zum Einsatz von Schlauchlüftungen

Um praktische Erfahrungen mit Schlauchlüftungen zu erhalten, wurden mit zwei verschiedenen Herstellern Betriebe besichtigt, die mit Schlauchlüftungen ausgestattet wurden.

7.1.1 Betrieb A

Hersteller: Vetsmarttubes

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um einen mehrfach erweiterten umgedreht zweireihigen Milchviehstall mit integriertem Melkhaus.

Der erste Schlauch wurde über dem Fressgang am Futtertisch installiert. Er hat einen Durchmesser von 1,01 m und wird durch einen Ventilator (90 cm Durchmesser; 0,8 kW Nennleistung) angedient. Es wird dabei eine Luftgeschwindigkeit von 3,0 m/s am Tier erreicht, die sehr punktuell im Bereich zwischen den Schulterblättern der Tiere auftrifft. Die Luftgeschwindigkeit ist konstant über die gesamte Schlauchlänge. Der Futtertisch wird dabei nicht bewirkt (kein zusätzliches Austrocknen des Futters).



Abb. 10: über Futtertisch und Liegeboxen installierte Schlauchlüftung / -kühlung (Betrieb A)

Ein zweiter Schlauch über den Liegeboxen wurde nachgerüstet. Die Dimensionierung entspricht dem ersten Schlauch. Hier wird im Tierbereich eine Luftgeschwindigkeit von

1,0 m/s erreicht, wie es der Hersteller der konzipierten Anlage vorgesehen hat. Jede Liegebox wird mit einem eigenen Luftaustrittsloch versorgt. Der Wirkungsbereich ist wiederum auf den Bereich zwischen den Schulterblättern der liegenden Kühe fokussiert (Abb. 10).

Alle Messungen der Luftgeschwindigkeit wurden mit einem Handheld der Firma Testo durchgeführt. Die Ergebnisse sind also nur als Tastmessungen zu betrachten. In einem weiteren Versuch wurde unter Zuhilfenahme einer Nebelmaschine die Luftbewegung visualisiert. Auch hier kann nur eine Momentaufnahme festgehalten werden (Abb. 11).

Es lässt sich feststellen, dass eine hohe Akzeptanz der Schlauchlüftung durch die Tiere vorhanden ist. Dabei ist grundsätzlich eine sehr gezielte Kühlung möglich; bei entsprechender Planung und Konzeption der Schlauchlüftung sind die erforderlichen Windgeschwindigkeiten von 2 m/s über den Liegeboxen realisierbar.

Subjektiv war jedoch ein hoher Schalldruck durch die Ventilatoren feststellbar.



Abb. 11: Einsatz einer Vernebelungsmaschine zur Visualisierung des Luftstroms bei laufender Schlauchlüftung (Betrieb A)

7.1.2 Betrieb B

Hersteller: Vetsmarttubes

Auf dem Betrieb B wurde im bestehenden Vormaststall, der mit Vollspalten ausgeführt ist, eine Schlauchlüftung eingebaut. Die Anlage wurde zu Lüftungszwecken konzeptioniert. Die Abluft wird über einen bestehenden Abluftkamin, der zusätzlich mit einem Ventilator nachgerüstet wurde, abgeführt. Bei der Berechnung der Abluftmenge wurde das gleiche Stundenvolumen wie das der Zuluftmenge angenommen (Abb. 12).

Laut Betriebsleiter ist seit der Inbetriebnahme der Schlauchlüftung eine enorme Verbesserung der Tiergesundheit feststellbar.

Auf dem Betrieb wurden entsprechende Momentan-Messungen durchgeführt. Am Tag des Betriebsbesuches wurden sowohl im Stall als auch im Außenbereich die gleichen Lufttemperaturen und -feuchtigkeiten gemessen. Beim Einsatz der Rauchkanone zeigte sich sehr deutlich, dass die nötigen Luftwechsel nicht eingehalten werden konnten. Während im Tierbereich eine gleichmäßige Luftzufuhr festgestellt werden konnte, mussten bei der punktuellen Ablufführung über den Abluftkamin gewisse Defizite festgestellt werden.



Abb. 12: Blick in den Bullenstall mit eingebauter Schlauchlüftung (Betrieb B)

7.1.3 Betrieb C

Hersteller: Vetsmarttubes

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um einen mehrhäusigen Liegeboxenlaufstall für Kälber ab einem Alter von acht Wochen. Der Schlauch wurde installiert um eine zusätzliche Lüftung zu erhalten. Laut Dimensionierung seitens des Herstellers wird pro Stunde ein Volumen von 1.000 m³ umgewälzt. Die Luftgeschwindigkeit wurde mit 0,3 m/s in 80 cm Höhe über dem Boden durch den Hersteller angegeben. Dabei wurden zwei Ausrichtungen der Luftauslasslöcher realisiert: Somit wird sowohl der Kopfbereich der liegenden Tiere als auch der Laufgang durch den Luftstrom erreicht (Abb. 13).



Abb. 13: Außenklimastall für Kälber mit eingebauter Schlauchlüftung (Betrieb C)

7.1.4 Betrieb D

Hersteller: Eigenbau

Der Betriebsleiter hat sich, um Investitionskosten zu sparen, eine Schlauchlüftung selber gebaut. Dazu wurde diffusionsoffene Dachpappe mit einem Enthornungsgerät perforiert und dann zu einem Schlauch verklebt. Die Luft wird über einen bestehenden Abluftkamin über dem Dach von einem Ventilator angesaugt und in den Schlauch gedrückt. Auch hier wurde mittels Rauchprobe die Wirkungsweise des Lüftungssystems überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass auf Grund des Druckunterschieds im Schlauch am Schlauchanfang Stallluft mit angesaugt wird und am Ende wieder in den Stall eingebracht wird. Auch die flächige Einbringung von Frischluft konnte mit der Eigenbaulösung nicht nachgewiesen werden. Anhand dieses Beispiels lässt sich festhalten, dass Eigenbaulösungen in der Regel nicht als funktionierendes Lüftungskonzept anerkannt werden können. Es wurde vor Ort die Öffnung der Stallfenster und eines weiteren Dunstabzugskamin empfohlen, um die Luftwechselrate zu erhöhen (Abb. 14).

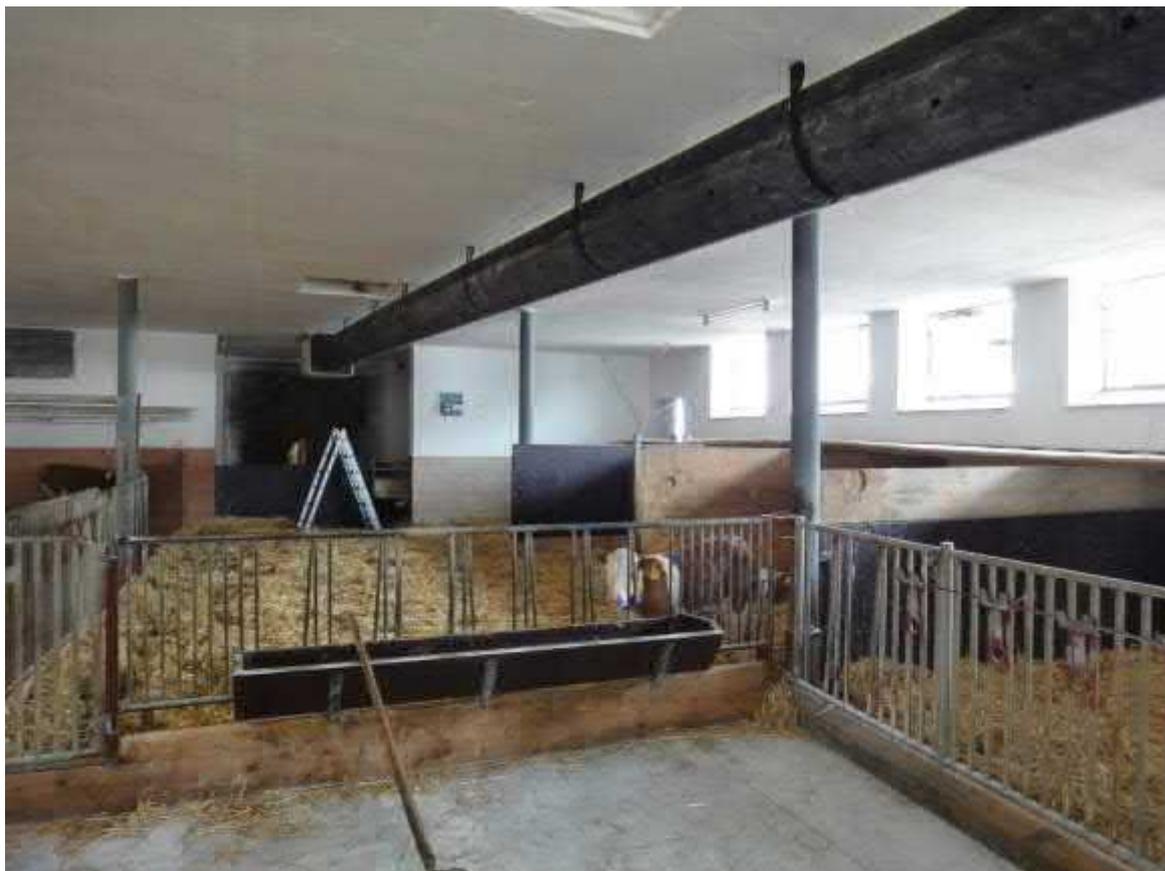


Abb. 14: Blick in den Kälberstall mit selbstgebauter Schlauchlüftung (Betrieb D)

8 Erprobung auf LVFZ- und Pilotbetrieben

Um den Stand des Wissens hinsichtlich Praxistauglichkeit in Bayern zu überprüfen, werden an mehreren Standorten in Bayern Pilotbetriebe und zwei LVFZs mit entsprechender Technik ausgestattet. Diese Betriebe werden zusätzlich mit entsprechender Messtechnik ausgestattet, um die Versuchsergebnisse zu untermauern. Nach beendeter Ausstattung können diese Betriebe ebenfalls zur Aus- und Fortbildung herangezogen werden. Neben den Erfahrungen aus dem praktischen Einbau der Technik kann die jeweilige Wirkung, die Akustik und die Optik schnell an die Praxis herangetragen werden.

Um einen möglichst effizienten Wissenstransfer zu erreichen, wurde darauf geachtet, dass die Betriebe flächendeckend über Bayern verteilt sind und eine gute Außenwirkung aufweisen. Bisher wurden folgende Betriebe ausgewählt:

8.1 LVFZ Achselschwang

Für den Milchviehstall des LVFZ Achselschwang wurde ein Ventilationskonzept entwickelt und eine Kostenschätzung eingeholt. Dafür wurden zwei Ventilationskonzepte mit zwölf bzw. 16 Ventilatoren entwickelt (Abb. 15, Abb. 16).

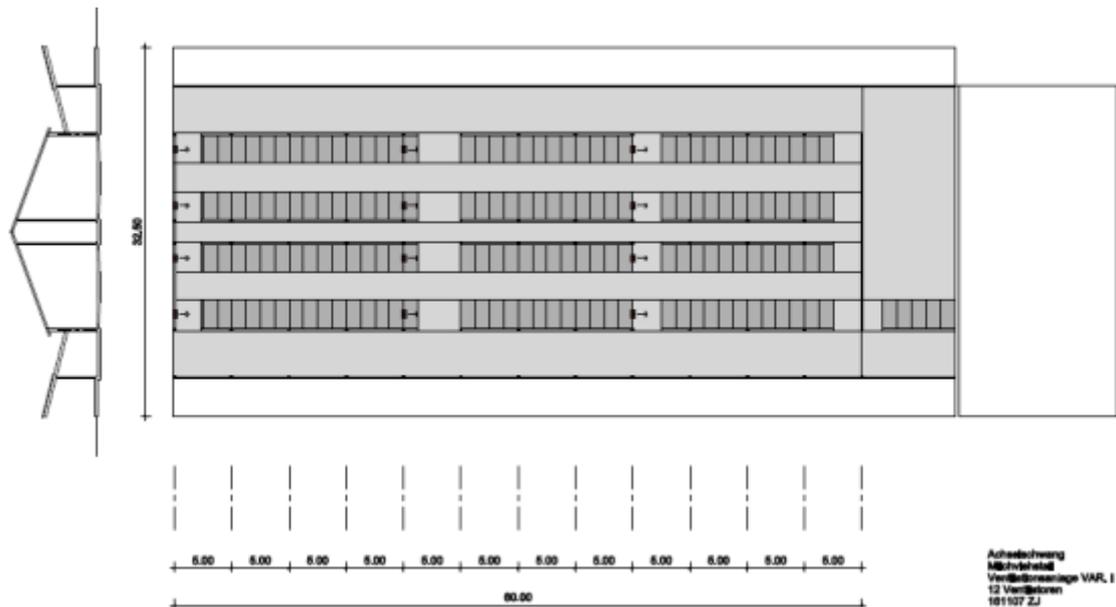


Abb. 15: Anordnung von 12 Ventilatoren

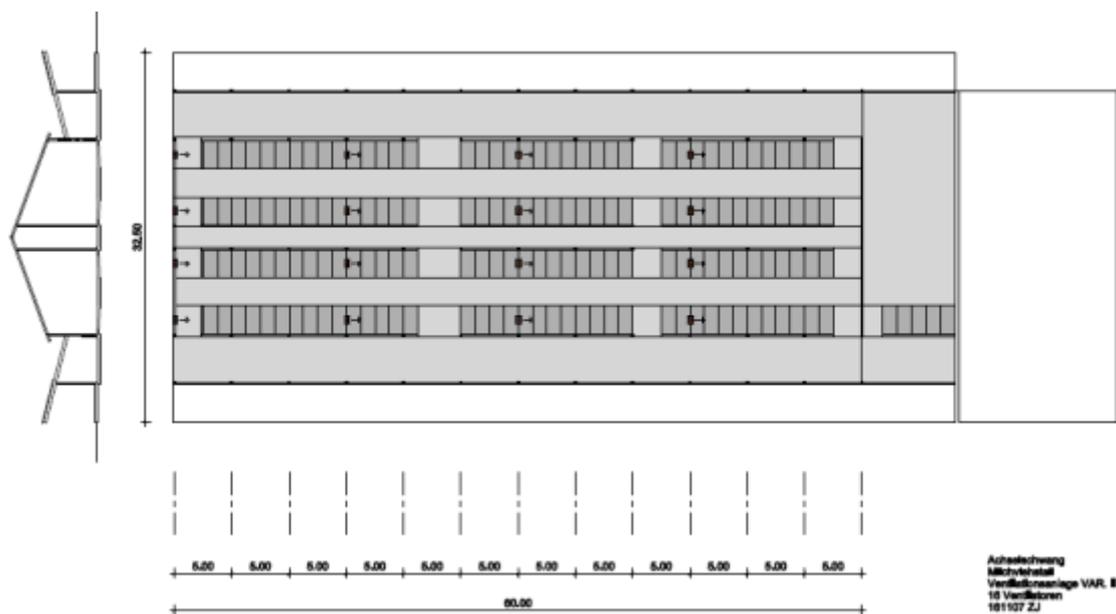


Abb. 16: Anordnung von 16 Ventilatoren

8.2 LVFZ Almesbach

Auch für den Milchviehstall des LVFZ Almesbach wurde ein Ventilationskonzept entwickelt und bereits eine Kostenschätzung eingeholt. Als Besonderheit soll hier eine Steuerung entwickelt werden, die das Lichtprogramm, die Belüftungsöffnungen und die Ventilationsanlage andienen kann. Um die Steuergrößen für den Schulbetrieb am LVFZ verwenden zu können, soll eine app-basierte Visualisierung programmiert werden.

8.3 Versuchsbetrieb Grub

Der Milchviehstall am VB Grub wird regelmäßig zur Demonstration einer Ventilationsanlage mit sechs Axialventilatoren für interessierte Landwirte und Besuchergruppen heran-

gezogen. Der Aufbau der Ventilationsanlage am VB Grub kann dem Endbericht des Projekts A/13/11 entnommen werden. Der Versuchsstall wird darüber hinaus für Untersuchungen von neuen Steuerungseinstellungen und anderen Messsensoren verwendet. Des Weiteren wurde ein Deckenventilator im Wartebereich des Melkstandes in Betrieb genommen, im Melkhaus selbst soll eine Schlauchlüftung installiert werden, um die hohe Luftfeuchtigkeit während dem Melkvorgang abzutransportieren und die Tiere zu kühlen.

8.4 Betrieb D

Bei dem Stallgebäude handelt es sich um einen 2002 errichteten und 2014 erweiterten 3-reihigen Offenfrontstall, der nach Süden hin geöffnet ist. Als Hauptwindrichtung wurde vom Betriebsleiter Westen angegeben. Bauliche Optimierungsmöglichkeiten wurden weitestgehend ausgeschöpft. Das Dach ist mit Holzunterdach und kleinformatiger Ziegeleindeckung ausgeführt. Der Licht- und Lüftungsfirst ist dauerhaft geöffnet, ein Lichteinfall ist nur über die Nordseite gewährleistet, was einen direkten solaren Wärmeeintrag auf ein Minimum reduziert. Die südliche Traufe ist ohne Verschluss ausgeführt, was eine permanente Lüftung sicherstellt. Laut Betriebsleiter kann im Sommer ein direkter Sonneneinfall in den Tierbereich verhindert werden. Die Traufe der Nordwand ist bereits in Teilbereichen geöffnet. Hier besteht die Möglichkeit, die Wand weiter zu öffnen, um den Luftaustausch zu verbessern. Allerdings sind hier die Möglichkeiten begrenzt, weil in Teilbereichen das Melkhaus angeschleppt ist (Abb. 17).

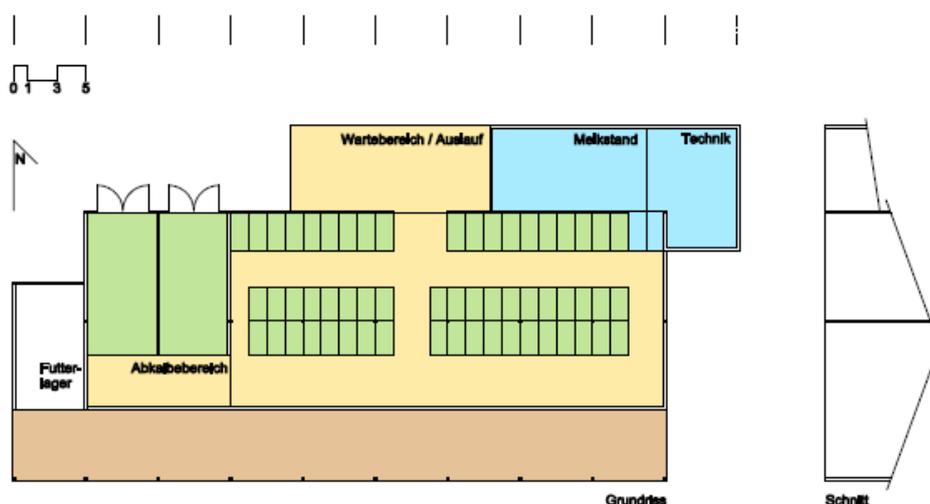


Abb. 17: Grundriss und Schnitt, Milchviehstall Betrieb D

8.4.1 Ventilationskonzept

Auf Grund der Stalllänge und Anordnung der Funktionsbereiche wurden vier Ventilatoren eingeplant, um eine optimale Kühlwirkung für die Tiere zu erzielen. Dabei wurden auf zwei Ebenen jeweils zwei Ventilatoren eingeplant. Die Wurfriechtung der Anlage ist hier in West-Ost-Richtung, also in Hauptwindrichtung (Abb. 18). Die beiden Ventilatoren über der Doppelliegeboxenreihe wurden so angeordnet, dass sie an den vorhandenen Gebäudestützen montiert werden können. Die beiden Ventilatoren über den wandständigen Liegeboxen wurden so nach der besten Wirkungsweise positioniert. Durch diese Anordnung werden die Bereiche der Liegeboxen optimal mit Luftgeschwindigkeiten von min. 2 m/s gekühlt. Die größte Problematik bei der Anordnung der Ventilatoren stellten die ca. 1,20 m hohen Holzabgrenzungen, die die Liegebereiche von den Übergängen abtrennen,

dar. Diese Einbauten reduzieren ansonsten maßgeblich die Luftbewegung (Abb. 19Abb. 18).

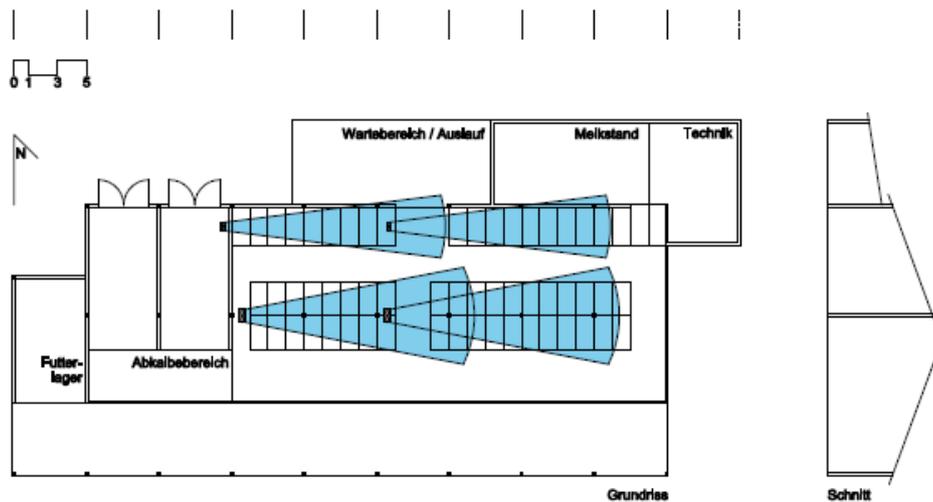


Abb. 18: Anordnung der Ventilatoren, Milchviehstall Betrieb D



Abb. 19: dreireihiger Milchviehstall mit eingebauten Ventilatoren, Betrieb D

8.4.2 Steuerung

Die Ventilatoren werden über eine THI-Steuerung gesteuert, die durch die Firma Schönhammer speziell entwickelt wurde (Abb. 20). Die Erfassung von Luftfeuchtigkeit und

Lufttemperatur erfolgt direkt im Stall, die beiden Werte werden dann nach Formel miteinander verrechnet. Ab einem THI von 68 arbeiten die Ventilatoren mit 100 % Drehzahl. Diese Steuerung verfügt bereits über eine Pausenfunktion, die z. B. zum Einstreuen angewendet werden kann. Nach Betätigung des Knopfs wird die Anlage für zehn Minuten deaktiviert. Diese Zusatzfunktion entstand aus den Praxiserfahrungen, die das Personal des Gruber Milchviehstalls mit der dortigen Steuerung sammeln konnte. Die Steuerung wurde im Stallbüro positioniert.



Abb. 20: THI-Steuerung der Firma Schönhammer

8.4.3 Auswahl der Ventilatoren

Die Auswahl des geeigneten Ventilatorentyps wurde durch den Betriebsleiter unter Zuhilfenahme des Messkatalogs der LfL ausgewählt. Als Auswahlkriterien wurde eine Minimierung der Anschaffungskosten, laufenden Kosten, Energieeffizienz sowie des Geräuschpegels bei laufendem Betrieb genannt.

Der Landwirt entschied sich für einen Ventilatorentyp der Firma Ziehl-Abegg. Der Ventilator ist in eine 40 cm hohe Düse eingebaut und wird durch einen Drehstrommotor angetrieben. Über der Doppelliegeboxenreihe werden Ventilatoren mit dem Durchmesser von 90 cm, über der wandständigen Liegebox mit einem Durchmesser von 60 cm verwendet.

8.4.4 Befestigung der Ventilatoren

Da es für die Installation von Ventilatoren im Stall keine Standardbauteile auf dem Markt verfügbar sind, musste hier eine eigene Konstruktion entwickelt werden. Hier werden bei den zwei Liegeboxenreihen unterschiedliche Varianten angewandt. An der Doppelliegeboxenreihe wurden die Ventilatoren an den bestehenden Stützen befestigt (Abb. 21).



Abb. 21: Ventilatorenbefestigung über gegenständiger Liegeboxenreihe

Die Ventilatoren über den wandständigen Boxen wurden an der Außenwand und dem Dach befestigt (Abb. 22). Aus den Erfahrungen, die mit der Ventilationsanlage in Grub bereits gesammelt werden konnten, wurden Schwingungsdämpfer zwischen den Ventilatoren und der Aufhängung montiert, um entstehende Vibrationen nicht zu übertragen.



Abb. 22: Ventilatorenbefestigung über wandständiger Liegeboxenreihe

Bei der Installation der Ventilatoren konnten weitere wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Aus Gründen der Arbeitssicherheit empfiehlt es sich, eine Arbeitsbühne für den Einbau zur Verfügung zu stellen. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass die Verlegung der Stromkabel mit sehr hohem Aufwand verbunden ist. Auch hierbei ist eine Arbeitsbühne von Vorteil. Daraus ergibt sich auch die Empfehlung, bei Stallneubauten bereits während der Bauzeit die Stromzuleitung vorzusehen und im Bereich des Stromverteilers ausreichend Platz für Motorschutzschalter vorzusehen.

9 Messung weiterer Ventilatoren zum Einsatz im Milchviehstall

Durch die Veröffentlichung der LfL-Information „Ventilatoren für den Einsatz im Milchviehstall“ 2015, die bereits acht Ventilatoren beschreibt, wurde ein weiterer Anbieter von Ventilatoren auf die Möglichkeiten der Messungen seiner Produkte aufmerksam gemacht. Des Weiteren wurde durch die Messergebnisse ein Hersteller sensibilisiert, der in die Weiterentwicklung seiner Produkte eingestiegen ist und nun eine überarbeitete Version zur Messung angemeldet hat (Tab. 3).

Folgende Ventilatoren wurden gemessen:

Tab. 3: Ventilatoren für weitere Messungen

Hersteller	Bezeichnung	Durchmesser
Ziehl-Abegg	ZF063-ZIL.DG.V5P1	63 cm
Ziehl-Abegg	ZF091-ZIL.DG.V3P1	91 cm
Ziehl-Abegg	ZN063-ZIL.GL.V7P3	63 cm
Ziehl-Abegg	ZN091-ZIL.GQ.V5P1	91 cm
Ziehl-Abegg	FN125-ZIL-GQ.A3P1	125 cm
DeLaval	DDF1200 P	111 cm
DeLaval	DDF1200 S	111 cm
Gigola	RR 140	127 cm
Top Cool	Taifun	140 cm
Multifan	K4D13B1M11100	128 cm
Multifan	K6E63K1	71 cm
Multifan	T6E50A1M80100	52 cm

Eine Auswertung und anschauliche Aufbereitung der Messergebnisse steht noch aus.

In Zukunft wird zu diesem Thema eine enge Zusammenarbeit mit der HBLFA Raumberg-Gumpenstein stattfinden. An der Forschungseinrichtung wurde das Gruber Messverfahren evaluiert und übernommen. Auch hier wurden Ventilatoren hinsichtlich ihrer Einsatzfähigkeit gemessen. Die daraus entstehenden Synergieeffekte sollen in gemeinsamen Veröffentlichungen und Beratungsempfehlungen münden.

10 Einsatz von Ventilatoren zur Zwangslüftung

Um den Hitzestress zu verringern, kann es sinnvoll sein, durch eine mechanische Zwangslüftung die Luftfeuchtigkeit zu reduzieren und durch die Konvektion den Baukörper zu kühlen. Beide Zielsetzungen verringern den Grad an Hitzestress. Als weiterer Effekt wird die Verbesserung der Luftqualität hervorgerufen. Da an Ventilatoren, die ihren Einsatz in zwangsgelüfteten Systemen finden, andere Voraussetzungen als an Ventilatoren zur freien Ventilation gestellt werden, müssen hier die geeigneten Leistungsparameter ermittelt werden. Da auf die veralteten Testberichte der DLG e.V. nicht zurückgegriffen werden kann, muss dazu zukünftig eine neuere Datenquelle gesucht werden.

11 Entwicklung einer mobilen Kuhdusche

Einen weiteren Ansatzpunkt, dem Hitzestress von Kühen entgegenwirken zu können, stellt der Einsatz einer mobilen Kuhdusche vor allem in Kombination mit Weidehaltung dar. Diese ergänzende Maßnahme wird seit 2017 anhand der Trockensteher auf dem Versuchsbetrieb in Grub näher untersucht. Mit der noch in der Entwicklungsphase befindlichen mobilen Kuhdusche soll es dann möglich sein, mittels geeigneter Sensorik und Steuerungstechnik ganz gezielt die Kühe in passendem Umfang zu besprühen bzw. zu durchnässen, um so einen zusätzlichen Kühleffekt zu erzielen.

Zusätzlich kann unnötiger Wasserverbrauch beispielsweise durch zu hoch dosiertes Besprühen oder Besprühen an uneffektiver bzw. ungeeigneter Stelle vermieden werden.

Durch die mobile Lösung kann zum einen der Kuhverkehr gesteuert und zum anderen einer einseitigen Abnutzung des Standorts der Kuhdusche entgegengewirkt werden.

11.1 Material und Methode

In einem Vorversuch wurde zunächst ein möglichst einfacher Messstand entwickelt, um erste Eindrücke für die spätere Realisierung und Entwicklung einer mobilen Kuhdusche und deren Anwendung unter Praxisbedingungen gewinnen zu können. Hierzu wurde eine Sprühdüse in unterschiedlichem Abstand zum Boden fest montiert und der sich bildende Sprühradus beim Auftreffen des Wassers am Boden gemessen, um praktische Erkenntnisse hinsichtlich des Wirkungsfeldes der eingesetzten Düse zu erhalten. Im Rahmen dieses Vorversuches wurde lediglich eine vom Hersteller empfohlene Düse getestet.

11.1.1 Vorversuch

Begonnen wurde der Versuch zunächst im Außenbereich. Für die Datenerhebung erfolgte jedoch ein Wechsel in den Innenbereich, um einer Abdrift durch Wind entgegenzuwirken. Nicht erfasst wurde der Wasserverbrauch. Ziel des Versuches war es u. a. festzustellen, in welcher Höhe oberhalb des Tierrückens die Düse angebracht werden sollte, um eine optimale Wirkungsweise für das Tier zu erreichen.

Zunächst konnten im Verlauf des Vorversuchs einige Erkenntnisse hinsichtlich der praktischen Umsetzung gewonnen werden, welche für einen erfolgreichen Einsatz in der Weidehaltung herangezogen werden sollten. So ist es wichtig, dass die Düse(n) sehr fest fixiert sind, damit sich die Düsenausrichtung nicht im Laufe der Zeit durch den Wasserdruck verschiebt. Schon eine geringe Abweichung vom gewünschten Winkel kann einen erfolgreichen Einsatz einer mobilen Kuhdusche negativ beeinflussen. Eine regelmäßige Überprüfung und ggf. Nachjustierung ist zu empfehlen. Ein passender Sprühwinkel ist sowohl für einen optimalen Kühleffekt, als auch hinsichtlich des Aspekts der Wassereinsparung unabdingbar.

Um einerseits den Wasserverbrauch so gering wie möglich zu halten und andererseits eine Pfützenbildung zu minimieren, ist es wichtig auf eine exakte und verlässliche Abdichtung der Schlauchkupplungen zu achten, sowie sämtliche Leitungsteile, insbesondere Schlauchteile, durch geeignete Maßnahmen vor Beschädigung durch die Tiere, aber auch durch äußere Einflüsse wie Sonneneinstrahlung, Sturm etc. zu schützen.

Auffallend war, dass die Düse während des Versuchs relativ lange nachtropfte, was sich wiederum negativ auf den Wasserverbrauch auswirkt und eine Pfützenbildung begünstigt. Dem könnte durch den Einsatz eines Druckminderers oder durch die Verwendung anderer Düsen entgegengewirkt werden, was jedoch noch genauer untersucht werden müsste, da es nicht Teil des Vorversuchs war.

Mit der vorliegenden Testdüse ist ein gezieltes Besprühen der Tiere aufgrund eines relativ kleinen Sprühradus gut möglich.

Die untersuchte Düse ist prinzipiell für den Verwendungszweck gut geeignet, da eine Dosierung auf die Kuh über einen engen Sprühradus gut möglich ist. Das sehr feine Versprühen und v. a. der geringe Druck dürfte zwar für das Tier sehr angenehm sein, jedoch kann dadurch eine Abdrift durch den Wind enorm sein.

Daher scheint es sinnvoll zu sein, die Düse in möglichst geringem Abstand zum Schulterbereich des Tieres zu positionieren.

Um einen optimalen Kühleffekt zu erreichen, sollen weitere Düsen in Betracht gezogen werden und die ideale Montagehöhe hinsichtlich Akzeptanz durch die Tiere in weitergehenden Praxisversuchen untersucht werden.

Nach abgeschlossener Vorversuchsphase wurde ein Prototyp konstruiert, der im Auslaufbereich des Trockensteherstalles am VB Grub installiert wurde.

11.1.2 Praxistest

Als Grundgerüst für die mobile Kuhdusche wurde eine Kraftfutterabrufstation verwendet, die mit einer Tiererkennung und einem Sprühsystem ausgestattet wurde. Über die Tiererkennung konnte tierindividuell festgehalten werden, wie oft und wie lange die Kuhdusche aufgesucht wurde. Des Weiteren konnte so für jedes Tier die minimalen Intervalle zwischen zwei Duschzeiten festgelegt werden (Abb. 23).

In der ersten Versuchsphase wurden die nötige Wassermenge und die Position der Düsen ermittelt, um eine optimale Durchfeuchtung des Haarkleids im Bereich des Rückens zu erreichen. Dazu wurden Einzeltiere an die Kuhdusche gewöhnt und mittels Stoppuhr das Zeitintervall bis zur kompletten Durchnässung erhoben.

Als größte Herausforderung bei der Versuchsanstellung ist das Anlernen der Tiere an die mobile Abruf-Kuhdusche. Auf Grund der ungewohnten Geräuschkulisse, ausgelöst durch den pneumatischen Verschluss des Eingangstors und der Wasserdüsen, benötigten die Tiere einige Trainingsphasen, bis sie die Anlage selbstständig betraten. Mit einer mindestens zweiwöchigen Trainingsphase ist zu rechnen, wobei sich hier bereits erste tierindividuelle Unterschiede aufzeigten. Einzeltiere erlernten den positiven Effekt der Abkühlung nach kurzer Zeit. Andere Tiere waren hier zurückhaltender.

Bis zur Praxisreife sind weitere Anpassungen nötig, um die Akzeptanz bei den Tieren zu verbessern.



Abb. 23: Mobile Abruf-Kuhdusche

12 Wärmeabgabe von Milchkühen

12.1 Stand des Wissens

Als Grundlage zur Bestimmung der sensiblen und latenten Wärmeabgabe von Milchkühen wurde auf den Rechengang aus der DIN 18910-1 (Wärmeschutz geschlossener Ställe-Wärmedämmung und Lüftung, Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe, 2004-11) zurückgegriffen. Die Werte für eine Milchkühe mit 10.000 kg Jahres-Milchleistung können dem DLG-Merkblatt 336 „Vermeidung von Wärmebelastungen für Milchkühe“ entnommen werden (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Wärmeproduktion und Wasserdampfproduktion einer Hochleistungskühe (10.000 kg Milch je Jahr) im ersten Laktationsdrittel (nach DIN 18 910-1)

Umgebungstemperatur	Gesamtwärme- produktion [Watt]	Wärmeabgabe (sensible Wärme) [Watt]	Wasserdampfproduktion (latente Wärme) [g/h]
-10	ca. 3500	ca. 2800	ca. 1054
0	ca. 2200	ca. 1800	ca. 650
10	1800	1400	600
20	1730	1120	880
30	1650	540	1640
35	1490	60	2100

Daraus resultieren die nötigen Luftwechselraten für geschlossene, wärmegeämmte Stallung nach DIN 18910 (Tab. 5).

Tab. 5: Luftraten für Hochleistungskühe mit 700 kg LM (nach CIGR 1984)

Leistungsgruppe	Leistung in kg	Durchschnitt	1. Lakt. -drittel	2. Lakt. -drittel	3. Lakt. -drittel	Trocken- steher
Mindestluftrate in m ³ /h	10.000	136	159	132	115	94
Sommerluftrate 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

Aufgrund der Überarbeitung der DIN 18910 im Jahr 2017 müssen die Werte angepasst werden.

12.2 Material und Methode

Die Datengrundlage der Wärmeproduktion von Milchkühen wurde im Zuge der Überarbeitung an die aktuellen Werte aus dem CIGR Report (2002) angepasst.

12.3 Ergebnisse

Die aktualisierten Werte der nötigen Luftwechselraten können der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** entnommen werden.

Bei der Berechnung der Wärmeproduktion nach neuen Erkenntnissen wird neben der Milchleistung ein besonderes Augenmerk auf den Trächtigkeitsstatus gelegt. Daraus erge-

ben sich die höheren Werte besonders während dem dritten Laktationsdrittel und der Trockenstehphase (Tab. 6).

Tab. 6: Luftraten für Hochleistungskühe mit 700 kg LM in geschlossenen Stallanlagen nach DIN 18910 (2017)

Leistungsgruppe	Leistung [kg]	Durchschnitt	1. Lakt.-drittel	2. Lakt.-drittel	3. Lakt.-drittel	Trockensteher
Mindestluftwechsel [m ³ /h]						
	8.000	102	106	98	103	104
	10.000	107	112	102	102	102
	12.000	114	124	124	112	112
Sommerluftwechsel [m ³ /h]						
30 °C Δt = 4 K	8.000	328	339	313	328	333
	10.000	342	361	330	339	333
	12.000	368	401	361	360	333
20 °C Δt = 4 K	8.000	584	602	560	585	593
	10.000	608	639	589	603	593
	12.000	651	706	640	637	593

Es muss explizit festgehalten werden, dass diese Werte nur für geschlossene, wärmege-dämmte Stallungen herangezogen werden dürfen. Bei Außenklimaställen ist der zusätzliche Wärmeeintrag über die Dachfläche und die Seitenwände zu berücksichtigen, so dass sich wesentlich höhere Luftwechselraten ergeben.

Literaturverzeichnis

- ADIN, G., GELMAN, A., SOLOMON, R., FLAMENBAUM, I., NIKBACHAT, M., E. YOSEF, E., ZENOU, A., SHAMAY, A., FEUERMANN, Y., MABJEESH, S.J. UND MIRON, J. (2009): effects of cooling dry cows under heat load conditions on mammary gland enzymatic activity, intake of food and water, and performance during the dry period and after parturition, *livestock science*, p. 189 - 195
- ARMSTRONG D.V. (1994): Heat Stress Interaction with Shade and cooling, *Journal of Dairy Science* 77, S. 2044 – 2050
- AVENDAÑO-REYES, L., ALVAREZ-VALENZUELA, L.M., CORREA-CALDERÓN, A., SAUCEDO-QUINTERO, J.S., ROBINSON, P.H. UND FADEL, J.G. (2006): effect of cooling holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions, *livestock science* 105, p. 198 - 206
- BÜSCHER W. (2009): Stressminderung durch baulich-technische Maßnahmen beim Rind, Tagungsband „Klimawandel – Konsequenzen für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung“, Band 158, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- CHESTER-JONES, H. (2012): Dairy calves need that extra special attention for the upcoming spring and summer months to maintain performance, <http://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/calves-and-heifers/heat-stress/> abgerufen am 31. 07. 2017
- DIN 18910-1:2004-11 Wärmeschutz geschlossener Ställe –.Wärmedämmung und Lüftung – Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe (2004): Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin
- DIN 18910 Wärmeschutz geschlossener Ställe –.Wärmedämmung und Lüftung – Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe (2017): Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin
- FIEDLER, M.; HOFFMANN, G.; LOEBSIN, C.; BERG, W.; VON BOBRUTZKI, K.; AMMON, C. UND AMON, T. (2012): Luftgeschwindigkeit und Hitzebelastung im Milchviehstall – Auswirkungen auf das Tierwohl, *Landtechnik* 67 (2012), Nr. 6, S. 421–424
- FRÖHNER, A. ET AL (2005): Ursachen von Kälberverlusten bei Milchvieh und Möglichkeiten zur Reduzierung, Schriftenreihe, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
- GAUGHAN, J.B., MADER, T.L., HOLT, S.M. UND LISLE, A. (2008): A new heat load index for feedlot cattle, *journal of animal science* 86, S. 226-234
- HADN, B. , HEIDENREICH, T. UND SIMON, J. (2008): Hitzestress im Milchviehstall.: Information der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Tagungsunterlagen zum Infotag „Hitzestress im Milchviehstall“, Freising-Weihenstephan
- HEIDENREICH, T., BÜSCHER, W. UND CIELEJEWSKI, H. (2005): Vermeidung von Wärmebelastungen für Milchkühe, *DLG Merkblatt* 336, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V., Frankfurt a. M.
- MADER, T.L., DAVIS, M.S. UND BROWN-BRANDL, T. (2006): environmental factors influencing stress in feedlot cattle, *journal of animal science* 84, S. 712-719
- MADER, T.L., DAVIS, M.S., GAUGHAN, J.B. UND BROWN-BRANDL, T. (2005): Wind speed and solar radiation adjustments for the Temperature-Humidity-Index

- MAČUHOVÁ, J., ENDERS, S., PEIS, R., GUTERMANN, S., FREIBERGER, M. UND HAIDN, B. (2008): Untersuchungen zur Optimierung des Stallklimas in Außenklimaställen für Milchvieh, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan
- MONTEIRO, A.P.A., TAO, S., THOMPSON, I.S. UND DAHL, G.E. (2014): effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostral and calf factors, *journal of dairy science* vol. 97, no. 10, S. 6426 – 6439
- MORAN, D.S., PANDOLF, K.B., SHAPIRO, Y., HELED, Y., MATHEW, W.T. UND GONZALEZ, R.R. (2001): An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT), *Journal of Thermal Biology* 26, S. 427-431
- MORAN, D.S. UND EPSTEIN, Y. (2006): Evaluation of the environmental stress index (ESI) for Hot/Dry and Hot/Wet Climates, *Industrial Health* 2006, 44, S. 399-403
- NN (2013): Stallklimawerte und ihre Messung in Rinderhaltungen, Fachinformation Tier-schutz, Eidgenössisches Departement des Inneren (CH)
- NN (2004): Design Recommendations of Beef Cattle Housing, Report of the CIGR Section II, Working Group No. 14 Cattle Housing, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein
- PACHE, S., RÖBNER S. UND HÖRIG, O. (2012): Kuhkomfort – Wärmeentsorgungsproblem von Milchkühen, Poster
- RICHTER, T. (2005): Stallklima für Kälber und Jungrinder, *Landtechnik* 1/2005, KTBL, Darmstadt
- SAUERWEIN, H. UND REGENHARD, P.(2009): Hitzestress – physiologische Auswirkungen auf landwirtschaftliche Nutztiere, Tagungsband „Klimawandel – Konsequenzen für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung“, Band 158, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- SHOSHANI, E. UND HETZRONI, A. (2012): optimal barn characteristics for high-yielding Holstein cows as derived by a new heat-stress model, *Animal* 7 (1), S. 176 – 182
- SPENGLER, D., STROBEL, H., AXT, H. UND VOIGT, K. (2015): Wasserbedarf, Wasserversorgung und Thermoregulation kleiner Wiederkäuer bei Weidehaltung
- TAO, S. UND DAHL, G.E. (2013): Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves
- THOM, E.C. (1959): The discomfort index, *Weatherwise* 12, S. 57-59
- THOMPSON, R. D., WRATTEN, F. T., JOHNSTON, J. E. UND BREIDENSTEIN, C. P. (1964): Solar radiation an physiological responses of dairy animals in the sun and under natural and artificial shades, *journal of dairy science*, vol. 47, no. 3, Seite 301-303
- TOBER, O. (2019): Wärmebelastung von Milchkühen, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Institut für Tierproduktion, Dummerstorf
- VERMOREL, M., DARDILLAT, C. UND VERNET, J. (1983): Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calves, *Annales des Recherches Vétérinaires*, S. 382 - 389
- WEST, J.W. (2003): Effects of heat-stress on production in dairy cattle, *journal of dairy science* 86, S. 2131 – 2144

WOHLGEMUTH, S.E., RAMIREZ-LEE, Y., TAO, S., MONTEIRO, A.P.A., AHMED, B.M. UND DAHL, G.E. (2015): Effect of heat stress on markers of autophagy in the mammary gland during the dry period

WOLF, K. UND AMARAL-PHILLIPS, D.: Managing heat stress of dry dairy cows, <https://afs.ca.uky.edu/dairy/managing-heat-stress-dry-dairy-cows>, abgerufen am 01.08.2017

WOLFENSON, D., FLAMENBAUM, I., UND BERMAN, S. (1988): dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production, journal of dairy science vol. 71, no. 3, p. 809 - 818