

StartClim2014.C

Einflüsse von Außentemperatur auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren

Institut für Nutztierwissenschaften
Universität für Bodenkultur Wien



Institut für Meteorologie
Universität für Bodenkultur Wien



ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH



HBLFA Raumberg-Gumpenstein



LKV Austria



Auer, V.¹, Egger-Danner, C.², Formayer, H.³, Leidinger, D.³, Ofner-Schröck, E.⁴, Steininger, F.², Zentner, E.⁴, Zottl, K.⁵, Fürst-Waltl, B.¹

¹Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel-Str. 33, A-1180 Wien

²ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Straße 89/19, A-1200 Wien

³Institut für Meteorologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

⁴Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

⁵LKV Austria, Dresdner Straße 89/19, A-1200 Wien

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Auer, V., Egger-Danner, C., Formayer, H., Leidinger, D., Ofner-Schröck, E., Steininger, F., Zentner, E., Zottl, K., Fürst-Waltl, B. (2015): Einflüsse von Außentemperatur auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren. Endbericht von StartClim2014.C in StartClim2014: Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BML-FUW, BMWF, ÖBF, Land Oberösterreich

Wien, im Juli 2015

StartClim2014.C

Teilprojekt von StartClim2014

Projektleitung von StartClim2014:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: www.startclim.at

StartClim2014 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, der ÖBF und des Landes Oberösterreich gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	6
Abstract	6
C-1 Einleitung und Problemstellung	7
C-2 Literaturübersicht	8
C-2.1 Wärmehaushalt der Milchkuh	8
<i>C-2.1.1 Wärmeproduktion im Körper</i>	9
<i>C-2.1.2 Wärmeabgabe durch Thermoregulation</i>	9
C-2.2 Hitzestress bei erhöhter Außentemperatur	11
C-3 Daten und Methode	13
C-3.1 Datenerhebung	13
<i>C-3.1.1 Betriebs- und Tierdaten</i>	13
<i>C-3.1.2 Meteorologische Daten</i>	14
<i>C-3.1.3 Leistungsdaten</i>	15
C-3.2 Datenaufbereitung	16
<i>C-3.2.1 Leistungsdaten</i>	16
<i>C-3.2.2 THI und Maximaltemperatur</i>	16
<i>C-3.2.3 Haltungssystemgruppierung</i>	17
<i>C-3.2.4 Temperatur und Luftfeuchtemessungen in ausgewählten Betrieben</i>	17
C-3.3 Statistische Analyse	17
<i>C-3.3.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte mit und ohne Berücksichtigung des Haltungssystems</i>	17
<i>C-3.3.2 Temperatur und Luftfeuchtemessungen in ausgewählten Betrieben</i>	18
C-4 Ergebnisse und Diskussion	19

C-4.1	Analyse der Milchleistungsmerkmale und der Zellzahl ohne Berücksichtigung des Haltungssystem -----	19
	<i>C-4.1.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf die Milchmenge</i> -----	<i>20</i>
	<i>C-4.1.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf den Fett- und Eiweißgehalt</i> -----	<i>21</i>
	<i>C-4.1.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf die Zellzahl</i> -----	<i>23</i>
C-4.2	Analyse der Milchleistungsmerkmale und der Zellzahl mit Berücksichtigung des Haltungssystems -----	23
	<i>C-4.2.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf den Fettgehalt</i> -----	<i>28</i>
	<i>C-4.2.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf den Eiweißgehalt</i> -----	<i>31</i>
	<i>C-4.2.4 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf die Zellzahl</i> -----	<i>32</i>
C-4.3	Vergleich Innen- und Außentemperatur bzw. Luftfeuchtigkeit in ausgewählten Ställen -----	34
C-5	Schlussfolgerung -----	38
	Literaturverzeichnis -----	40
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis -----	42
	Danksagung -----	45
	Anhang -----	46

Kurzfassung

Langanhaltende Perioden mit hohen Außentemperaturen, insbesondere in Zusammenhang mit hoher Luftfeuchtigkeit, können neben Auswirkungen auf die Futtergrundlage auch zu direkten gesundheitlichen Problemen bei Rindern führen. Wenn die physiologisch von den Tieren produzierte Wärme nur mehr unzureichend an die Umgebung abgegeben werden kann, tritt Hitzestress auf. Dies kann sogar schon bei Temperaturen von etwa 20 Grad der Fall sein. Bei Milchkühen mit hoher Milchleistung und die dadurch bedingte höhere Stoffwechselaktivität wird diese Problematik noch verstärkt. Es wurde angenommen, dass bestimmte bauliche Maßnahmen der Rinderställe die Einflüsse von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf das Einzeltier zumindest teilweise ausgleichen können. Daher wurden bei 150 Betrieben, die die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein halten, detaillierte Fragebogen-Erhebungen zur Tierhaltung und Lüftung durchgeführt. Diese Betriebsdaten wurden mit den Milchleistungsdaten aus dem österreichischen Rinderdatenverbund sowie mit meteorologischen Daten verknüpft. Untersucht wurde, inwieweit sich höhere Temperaturen (Maximaltemperatur und Temperatur-Luftfeuchte-Index, THI, jeweils als Durchschnitt bis inklusive 3 Tage vor der Leistungskontrolle) mit und ohne Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren auf die Leistung (Milchmenge, Fett und Eiweißgehalt) und Eutergesundheit (Zellzahl) auswirken. In ausgewählten Betrieben erfolgte zusätzlich eine stichprobenartige Messung der Temperatur und Luftfeuchte im Stall. Ohne Berücksichtigung des Haltungssystems leiden Milchleistungsmerkmale bei allen Rassen unter höheren Temperaturen bzw. THI-Werten, während kein statistisch abgesicherter Effekt auf die Zellzahl nachweisbar war. Zwischen verschiedenen Haltungssystemen bestanden allerdings signifikante Unterschiede, auch hinsichtlich der Zellzahl. In Hinblick auf die zu erwartende klimawandelbedingte Zunahme warmer und heißer Tage zeigen diese Ergebnisse die deutliche Notwendigkeit, in einzelnen Haltungssystemen Maßnahmen zur Verminderung von Hitzestress für Milchkühe zu treffen.

Abstract

Prolonged periods of high ambient temperatures, particularly in connection with high humidity, not only affect the farms' production resources but may also have a direct impact on dairy cows. Rising ambient temperatures result in problems with regard to the regulation of the internal body temperature as the cows' ability to dissipate body heat is reduced. In high-yielding cows this effect is additionally enhanced due to higher metabolic activity. Certain construction and husbandry measures in dairy cattle farms may however alleviate the negative effect of high ambient temperature and humidity. Thus, data of specific construction and husbandry aspects were collected in 150 Austrian dairy cattle farms covering the breeds Fleckvieh (dual-purpose Simmental), Brown Swiss and Holstein. Those data were merged with performance data from the central cattle data base. The effect of temperature (average of the maximum temperature and temperature-humidity-index, THI, up to and including three days before performance testing) on dairy performance traits (milk yield, fat- and protein content) and udder health (Somatic cell score, SCS) was analyzed excluding and including husbandry systems. Additionally, temperature was measured inside and outside in selected farms. Taking husbandry system not into account, performance traits were significantly negatively affected by higher temperatures and higher THI while no effect on SCS was observed. However, including the husbandry system, significant effects of temperature and THI within husbandry systems were found for SCS as well. Particularly with regard to the expected increase of days with high ambient temperature, the results illustrate the necessity to reduce dairy cows' heat stress in specific husbandry systems.

C-1 Einleitung und Problemstellung

In Österreich, aber auch in unseren Nachbarländern, wird davon ausgegangen, dass Klimaänderungen langfristige Änderungen der Wetterbedingungen zur Folge haben werden (z.B. Strauss et al., 2013; Werner und Gerstengarbe, 2007). Es ist davon auszugehen, dass es bis 2050 in Österreich zu einem Temperaturanstieg von 0,9°C bis 1,8°C kommen kann (Eitzinger, 2007).

Regional und von Jahr zu Jahr verschieden, werden höhere Sommertemperaturen, Änderungen in den Gesamtniederschlägen aber auch z.B. Auswirkungen auf die Luftfeuchtigkeit erwartet. Die erhöhte Außentemperatur geht mit einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit einher, da die Verdunstung von Wasseroberflächen exponentiell mit der Temperatur ansteigt. Diese allgemeinen Wetterszenarien werden durch die Situation in Österreich während den letzten Jahren untermauert, so stellte zum Beispiel das Jahr 2013 das elfwärmste Jahr seit Beginn der 246-jährigen Aufzeichnungen dar. Der Trend zu Extremen ist auch im Jahr 2014 spürbar geworden und wurde durch extrem ausgeprägte Einzelmonate dominiert (Trockenheit, Jahrhunderthochwasser, usw.) (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 2014). Auch im Jahr 2015 waren Hitzerekorde zu verzeichnen (ZAMG, 2015; <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/hitzerekorde-in-innsbruck-und-wien>). Generell ist mit einem Anstieg der Anzahl der Hitzetage/Jahr oder Länge der Dürreperioden zu rechnen (Brade, 2013).

Speziell die Landwirtschaft als primärer Wirtschaftssektor ist von der Natur abhängig und sollte deshalb mögliche Maßnahmen und Strategien für ihre Produktion ausloten. Der wirtschaftlich wichtigste Zweig der österreichischen Landwirtschaft wird durch die Rinderhaltung und Milchproduktion repräsentiert, welcher durch 772.000 Kühe (davon 530.000 Milchkühe) vertreten wird (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 2014).

Neben Auswirkungen auf die Futtergrundlage der Milchkühe, können höhere Temperaturen in Kombination mit der erhöhten Luftfeuchtigkeit auch zu direkten Problemen beim Rind führen. Die heutige hochleistende Milchkuh ist nicht mehr mit der Milchkuh vor einigen Jahrzehnten vergleichbar, da die Milchleistung enorm angestiegen ist (Schüller et al., 2013). Die höheren Anforderungen an den Stoffwechsel machen hochleistende Milchkühe anfälliger für Hitzestress, was wiederum mit verringertem Wohlbefinden, einem Abfall in der Milchleistung und Gesundheitsproblemen verbunden sein kann.

Aufgrund dieser Zusammenhänge beschäftigt sich diese Arbeit mit dem möglichen Einfluss der Außentemperatur beziehungsweise der Kombination von Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Milchleistung (Milchmenge, Fett- und Eiweißgehalt) und Tiergesundheit (Zellzahl) unter österreichischen Bedingungen. Zusätzlich soll die Arbeit Unterschiede in den Auswirkungen verschiedener Haltungsfaktoren aufzeigen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen die Ausarbeitung von zukünftigen Maßnahmen und Strategien bei länger anhaltenden Hitzeperioden unterstützen. Sie könnten im Idealfall in künftigen Betriebsberatungen Verwendung finden, um Hitzestress durch verschiedene bauliche, technische und managementbedingte Maßnahmen zu verringern und somit das Tierwohl zu steigern.

C-2 Literaturübersicht

C-2.1 Wärmehaushalt der Milchkuh

Das Rind zählt, wie der Mensch, zu den endothermen Lebewesen. Dies bedeutet, dass seine Körpertemperatur innerhalb enger Schranken konstant gehalten werden muss. Die Normaltemperatur des Rinds liegt bei 38°C - 39°C. Sie ist abhängig von der Rasse, der Tageszeit, der Fütterung und von verschiedenen anderen Umweltfaktoren.

Homothermie liegt vor, wenn ein Gleichgewicht zwischen der vom Tier produzierten, von der Umwelt aufgenommenen und vom Tier abgegebenen Wärme besteht (Findlay, 1950). Die Wärmeproduktion und die Wärmeabgabe müssen ausgeglichen sein, um die Körpertemperatur regulieren zu können. Findet eine zu hohe Wärme- oder Kältebelastung statt, führt dies zu einer Überbelastung des Herz-Kreislaufsystems (Koppe, et al. 2013). Um eine Regulierung zu ermöglichen, reagiert das endotherme Lebewesen mit geringerer Futteraufnahme, was bei der Milchkuh zu einem Einbruch in der Milchleistung und zu einem Rückgang der Inhaltsstoffe, wie Eiweiß- und Fettanteil, führt.

Doch nicht nur die Leistungsmerkmale sind betroffen, so wird unter anderem auch die Reproduktionsleistung durch extreme Umgebungstemperaturen beeinträchtigt (Bockisch, 1991). Der Immunglobulingehalt im Blut sinkt, was zu einer verminderten Abwehrbereitschaft führt und die Zellzahl in der Milch steigt an (Brade, 2013). Nach Batz (1990) liegt der Optimalbereich der Umgebungstemperatur bei 0-20°C, laut Sambras (1978) sogar nur bei 4-16°C. Wichtig ist hier nicht nur die alleinige Umgebungstemperatur, sondern auch die dazugehörige Luftfeuchtigkeit, da diese die Möglichkeit zur Kühlung durch Evaporation beeinflusst (Hill und Wall, 2014). Die Obergrenze der Luftfeuchtigkeit wird in diesem Zusammenhang mit der Grenze von 80% beschrieben (z.B. Batz, 1990). Der Zusammenhang zwischen Luftfeuchtigkeit und Umgebungstemperatur wird in Abbildung C- 1 (nach Brade, 2013) dargestellt.

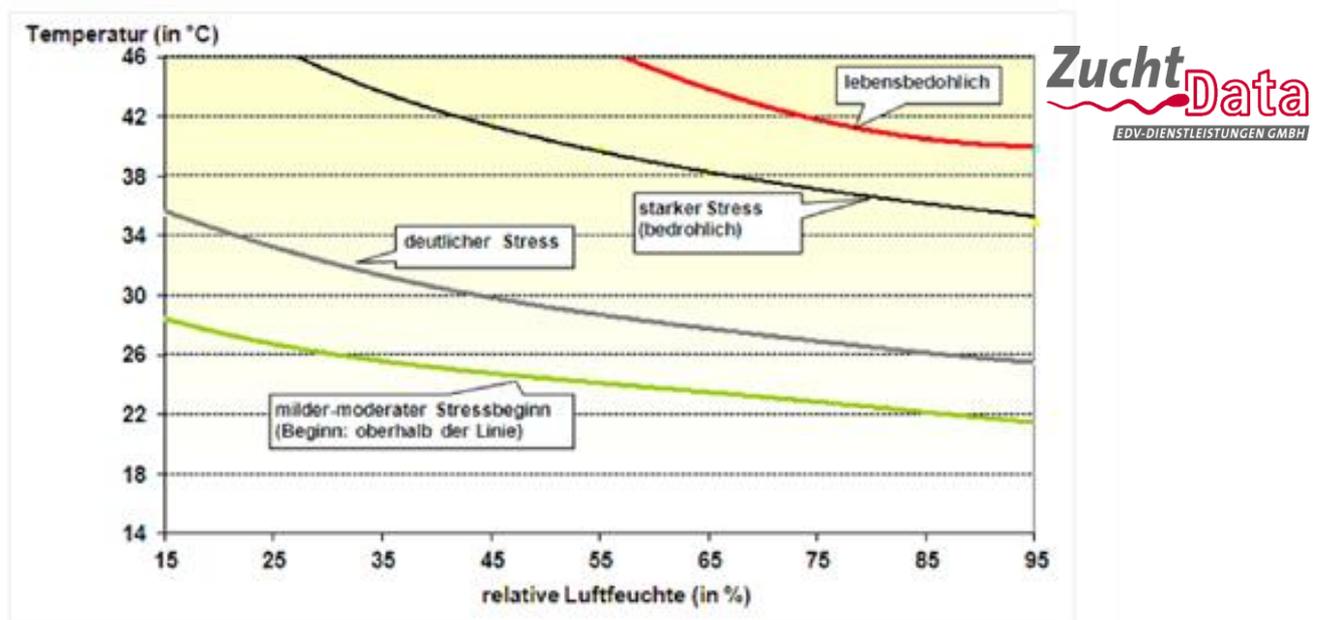


Abb. C- 1: Auswirkungen von Temperatur in Kombination von Luftfeuchtigkeit auf die Milchkuh, nach Brade (2013)

C-2.1.1 Wärmeproduktion im Körper

Solange ein Organismus lebt, wird Energie im Stoffwechsel fortwährend durch aerobe und anaerobe Abbauvorgänge von chemischen Bausteinen, welche durch die Nahrung zugefügt werden, produziert. Die Energie kann hierbei nur vollständig durch Verbrennungsvorgänge unter Sauerstoff gewonnen werden, bei welcher Wärmeproduktion stattfindet. Der Energiebedarf eines Organismus setzt sich grundsätzlich zusammen aus Grundumsatz und Leistungszuwachs. Der Grundumsatz stellt die Basis des Energiehaushaltes dar und ist bei einem Organismus konstant, während der Leistungszuwachs bedingt durch die Inanspruchnahme der Leistungsfähigkeit des Körpers ist (Schormüller, 1974).

Dadurch ist deutlich zu erkennen, dass die überdurchschnittliche Wärmeproduktion heutiger Milchkühe mit ihrer gestiegenen Milchleistung zusammenhängt. Lag in den 60er und 70er Jahren die durchschnittliche Milchleistung einer Kuh pro Tag bei etwa 13kg, was mit einer Wärmeabgabe von ca. 24 MJ/Kuh/Tag verbunden war, entspricht sie nun 29kg – 30kg, was wiederum mit einer Wärmeabgabe von ca. 55 MJ/Kuh/Tag einhergeht. Um dies bildlich darzustellen, entspräche die erhöhte Wärmeabgabe von zwei Kühen drei ganztagig brennenden Rotlichtlampen (à 250 W) (Jentsch et al., 2001). Daher belasten hohe Temperaturen insbesondere Hochleistungskühe, da diese notwendigerweise einen sehr intensiven Stoffwechsel aufweisen. Dies wird in Abbildung C- 2 (nach Brade, 2013) verdeutlicht.

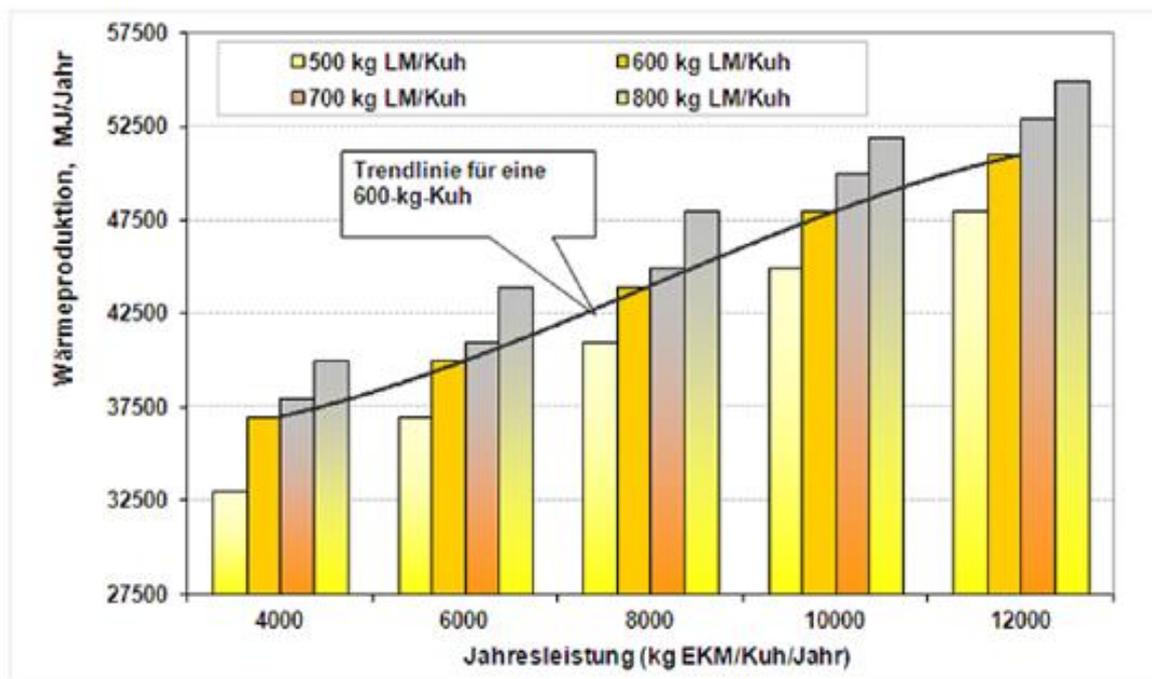


Abb. C- 2: Wärmeproduktion der Milchkuh nach Jahresleistung (kg energiekorrigierte Milch (EKM)/Kuh/Jahr), nach Brade (2013)

C-2.1.2 Wärmeabgabe durch Thermoregulation

Rinder besitzen eine besonders große Kältetoleranz, da sie in freier Natur Nestflüchter sind (Bogner und Suss 1981). Dagegen bereiten ihnen die Temperaturen im höheren Bereich wesentlich mehr Schwierigkeiten.

Die Thermoregulation kann grundsätzlich in zwei Varianten differenziert werden, in die ethologische und die physiologische Regulation. Während die ethologische Regulation das Ausweichen der Tiere aus unbehaglichen Klimazonen oder auch die verminderte Futteraufnahme beschreibt, beruht die physiologische Regulation auf „Abwehrmechanismen“ der Rinder durch körpereigene Funktionen und ist nur bis zu einem bestimmten Grad möglich (Bianca, 1962).

Brade (2013) beschreibt die wichtigsten Mechanismen als:

- Radiation (direkte Wärmeabgabe)
- Evaporation (indirekte Wärmeabgabe)
- Konvektion (direkte Wärmeabgabe)
- Konduktion (direkte Wärmeabgabe)

Unter Radiation versteht man die Wärmeabgabe durch Strahlung. Dieser Mechanismus ist einerseits abhängig von der Raumtemperatur, der Körperoberflächentemperatur der Kuh, sowie der Größe der effektiv strahlenden Fläche (Loebstin et al., 2012). Hier ist neben der Körperoberflächentemperatur, auch noch die Farbe und Textur der Oberfläche zu beachten, so hat ein Rind mit schwarzem Haarkleid eine Strahlungsabsorptionsfähigkeit von 1, während ein weißes Haarkleid bei 0,37 und ein Rind mit rotem Haarkleid bei 0,65 liegt (Kadzere et al., 2002).

Unter Evaporation versteht man die Abgabe von Feuchtigkeit an die Umwelt, welche durch Verdunstung an der Haut oder den Atemwegen zur Abkühlung der Oberfläche beiträgt. Hier ist das Schwitzen zu nennen, welches von der Luftfeuchte der Umgebung abhängig ist und das Hecheln, welches von Atemvolumen und –frequenz des Tieres abhängig ist (Loebstin et al., 2012). An heißen Tagen kann ein Hochleistungs-rind bis zu 35 Liter Flüssigkeit schwitzen und veratmen, wobei eine zu hohe Luftfeuchtigkeit ein Problem darstellen kann (Brade, 2013).

Unter Konvektion versteht man Wärmeübergang abhängig von Temperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit. Die Luftschicht direkt am Tier erwärmt sich durch die Wärmeabgabe des Organismus und steigt auf, sodass kältere Luft nachfolgt und wiederum Wärme vom Tier absorbieren kann (Loebstin et al., 2012). Auf der andern Seite kann eine höhere Umgebungstemperatur als Hauttemperatur zum umgekehrten Effekt führen, sodass die Wärme ans Tier abgegeben anstatt wegtransportiert wird (Kadezere et al., 2002).

Unter Konduktion versteht man Wärmeabgabe durch Leitung. Hier wird die Wärme durch direkten Kontakt von zwei unterschiedlich warmen Flächen übertragen (Loebstin et al., 2012).

C-2.1.2.1 Begünstigende Faktoren zur Wärmeabgabe von Rindern

Die Wärmeabgabe kann durch Umweltfaktoren begünstigt werden. Hier gibt es einige Stallbaulösungen, welche das Rind bei der Wärmeregulation unterstützen können, indem sie einerseits den natürlichen Luftwechsel steigern und andererseits für einen verminderten Wärmeeintrag in den Stall sorgen.

So spielt zum Beispiel die Belüftungsfähigkeit des Stalles eine große Rolle. Hierfür gibt es in der Praxis zwei verschiedene Systeme, das „freie Lüftungssystem“ und ein Zwangslüftungssystem. Bei der Zwangslüftung des Stalles erfolgt die Belüftung durch Ventilatoren (Deckenventilatoren oder Wandventilatoren). Beim freien Lüftungssystem kann wiederum eine Trauf-First-Lüftung eingesetzt werden oder eine Öffnung der Seitenwand erfolgen (im einfachsten Fall über Fenster und Türen).

Ein Versuch von Loebstin et al. (2012) zeigt die Unterschiede in einem Stall mit ausgeschalteten und eingeschalteten Ventilatoren auf. Für den Versuch wurde ein ungedämmter, freigeüfteter Laufstall mit 380 Milchkühen herangezogen. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit bei ausgeschalteten Deckenventilatoren lag bei der Messung bei 0,51m/s, bei eingeschalteten Deckenventilatoren konnte eine Windgeschwindigkeit von 0,92m/s gemessen werden.

Prinzipiell gilt, eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit kann zu einem erhöhten Wärmetransfer führen und somit die Wärmeabgabe der Milchkuh begünstigen. So führt die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit um 0,5 m/s bei einer Umgebungstemperatur von 27°C und einer Luftgeschwindigkeit von 1,25m/s zu einem Kühleffekt von über 3°C (Brade, 2013). Loebstin et al. (2012) verweisen auf eine optimale Windgeschwindigkeit für hochleistende Milchkühe von

2,5 m/s, was im genannten Versuch auch mit 3 vorhandenen Deckenventilatoren nicht erreicht werden konnte. Andererseits gilt es laut Bockisch (1991) Zugluft zu vermeiden, was wiederum zu einer konträren Empfehlung einer Luftgeschwindigkeitserhöhung von nur 0,2m/s bei nicht vorgewärmter Außenluft führt (Abb. C- 3).

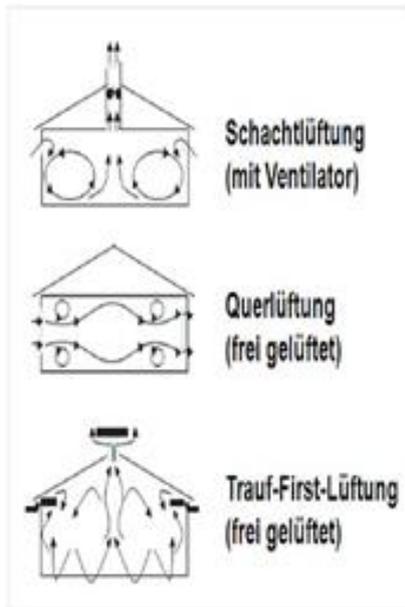


Abb. C- 3: Lüftungssysteme im Überblick, nach Brade (2013)

Weiters kann durch den Einsatz von geeigneten Baumaterialien die Wärmeregulation im Stall positiv beeinflusst werden - Dachdämmung, wärmeleitende Materialien, Wassersprinkler bis hin zur Kuhdusche (Abb. C- 4; Tucker und Schütz, 2009) - zum Beispiel findet ein nicht unerheblicher Wärmeeintrag durch ungedämmte Dächer statt, da Dachtemperaturen bei voller Sonneneinstrahlung über 60°C liegen können (Brade, 2013).



Abb. C- 4: Kuhdusche im Versuchseinsatz, nach Tucker und Schütz (2009)

C-2.2 Hitzestress bei erhöhter Außentemperatur

Hitzestress tritt auf, wenn die Wärmeproduktion und die Wärmeabgabe nicht mehr im Gleichgewicht gehalten werden können und so die metabolische Körperwärme größer wird als die Möglichkeit, diese Wärme an die Umgebung abzugeben.

Studien zeigen auf, dass auch in Europa die Tage an denen Milchkühe an Hitzestress leiden in den letzten 30 Jahren - mit einem Höhepunkt im extrem heißen Sommer 2003 - rapide angestiegen sind (Hammami et al., 2013). Hitzestress beeinflusst einerseits das Wohlerge-

hen der Rinder, andererseits hat er auch einen ökonomischen Einfluss, welcher sich durch eine reduzierte Milchleistung manifestiert. So wird zum Beispiel in den USA von einer jährlichen Einbuße von 900-Millionen Dollar durch reduzierte Milchleistung und Fruchtbarkeit ausgegangen (Tucker und Schütz, 2009). Die Einbußen in der durchschnittlichen Milchleistung und deren Inhaltsstoffe (Eiweiß und Fett) wurden auch von Joksimovic-Todorovic et al. (2011) bestätigt.

Wenn die Umgebungstemperatur auf 25°C oder höher steigt, reduziert die Milchkuh ihre Futteraufnahme, um so die Wärmeproduktion durch die Verstoffwechslung zu vermindern. Da die Futteraufnahme einer Milchkuh stark mit der von ihr produzierten Milchmenge verbunden ist, sinkt diese dann ebenso ab (Kadzere et al., 2002) was sich ein bis drei Tage nach der Futterreduktion am stärksten manifestiert (Hill und Wall, 2014, Hammami et al., 2013).

Eine weitere Auswirkung einer erhöhten Hitzebelastung ist nach Brade (2013) der steigende Zellzahlgehalt in der Milch, welcher häufig mit Euterinfektionen einhergeht. Unter amerikanischen Bedingungen (Smith et al., 2013) konnten bei den Rassen Holstein und Jersey jedoch keine Einflüsse höherer Temperatur auf den Zellgehalt der Milch nachgewiesen werden. Die Autoren räumten aber ein, dass nicht nur der Zellgehalt, sondern auch Mastitiserkrankungen untersucht werden sollten. Dies betrifft insbesondere den Zeitraum nach starker Hitzebelastung bedingt durch reduzierte Immunabwehr (Smith et al., 2013). Im Gegensatz zu Brade (2013) berichten Hammami et al. (2013) und Shathele (2009) von erhöhten Mastitisvorkommen während Phasen von niedrigen Umgebungstemperaturen und Kältestress.

C-3 Daten und Methode

C-3.1 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte aus unterschiedlichen Quellen und wurde durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), durch die ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, das Projekt Efficient Cow, das Institut für Meteorologie der BOKU und die Landeskontrollverbände unterstützt.

C-3.1.1 Betriebs- und Tierdaten

Im Rahmen des Projektes Efficient Cow (Projekt Nr. 100861, www.dafne.at) wurden bei 172 Betrieben (am Ende des Jahres 2014 167 Betriebe) detaillierte Erhebungen hinsichtlich Optimierung der Produktionseffizienz durchgeführt. Auf diesen Betrieben standen mit 1.1.2014 rund 3.100 Fleckviehkühe, 1.300 Braunviehkühe und über 1.000 Holsteinkühe. Die Betriebe verteilten sich über alle Bundesländer außer Burgenland und Wien bzw. alle wesentlichen Milchproduktionsregionen (Tabelle C- 1 bzw. Abbildung C- 5, Egger-Danner et al., 2015; Steininger, 2015).

Tab. C- 1: Verteilung der Betriebe und Kühe auf die Bundesländer im Projekt "Efficient Cow" nach Egger-Danner et al. (2015)

Bundesland	Betrieb	Kühe
Niederösterreich	53	1.863
Oberösterreich	39	1.458
Steiermark	27	908
Vorarlberg	17	526
Salzburg	17	367
Tirol	13	305
Kärnten	1	25
Insgesamt	167	5.452

Zu den verwendeten schon vorliegenden Daten aus diesem Projekt Efficient Cow (Haltungstyp und Weidegang, Tabelle C- 2), erhoben Mitarbeiter der Landeskontrollverbände auf 155 von diesen 167 Betrieben einen weiteren Fragebogen mit spezifischen Haltungsinformationen zu den Lüftungssystemen (Zwangslüftung, freie Lüftung, sowie zu zusätzlichen Maßnahmen zur Reduktion von Hitzestress; Tab. C- 3). Der zusätzliche Fragebogen ist im Anhang ersichtlich und wurde in Zusammenarbeit der BOKU, ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH und LFZ Raumberg-Gumpenstein erstellt.

Teilnehmende Betriebe am Projekt Efficient Cow

nach Anzahl Kühe am 01.01.2014

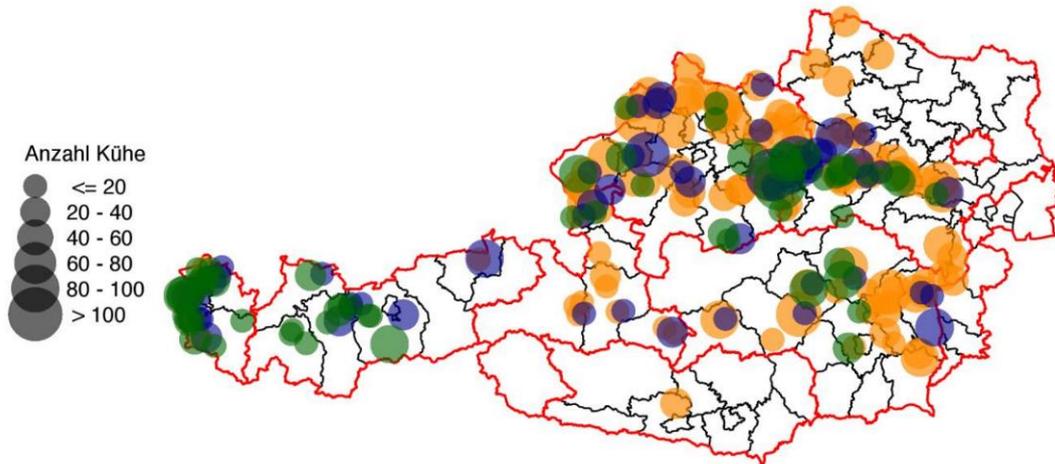


Abb. C-5 Regionale Verteilung der Betriebe nach Rassen (Fleckvieh: gelb, Braunvieh: grün, Holstein: blau), nach Steininger (2015)

Tab. C-2: Anzahl der Betriebe im Projekt "Efficient Cow" aufgeteilt auf die Haltungssysteme (Laufstall, Anbindestall und Außenklimastall) in Kombination mit Weidegang (W = Weide, KW = keine Weide)

	Anteil Betriebe in Haltungssysteme (N)				
	Laufstall		Anbindestall	Außenklima	
N gesamt	W	KW	W	W	KW
172	29	46	21	38	38

Tab. C-3: Anteil der verwendeten Betriebe an den verschiedenen Lüftungssystemen (freie Lüftung, Zwangslüftung)

	Anteil Betriebe Lüftungssystem (N)		
	Freie Lüftung	Zwangslüftung	Keine verwertbaren Angaben
155	36	111	8

C-3.1.2 Meteorologische Daten

C-3.1.2.1 Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) stellte für die Betriebe meteorologische Daten über die Kontrolljahre 2010 bis 2014 zur Verfügung (Tageswerte der Temperatur in °C, Minimaltemperatur in °C, Maximaltemperatur in °C, durchschnittliche Luftfeuchtigkeit in %, minimale Luftfeuchtigkeit in %, maximale Luftfeuchtigkeit in %, Seehöhe, Windgeschwindigkeit (m/s), Radiation (W/m²), Niederschlag (mm)). Diese Werte wurden aus dem INCA Datensatz der ZAMG (Haiden et al., 2009) extrahiert. Mittels SZA-Nummer wurden die meteorologischen Daten mit der Betriebsinformation verknüpft.

C-3.1.2.2 Temperatur und Luftfeuchtemessungen in ausgewählten Betrieben

Da sich die Innentemperaturen in Ställen in Abhängigkeit vom Stalltyp und der Belüftung wesentlich von den Außentemperaturen unterscheiden könnten, wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Meteorologie der BOKU, Temperatur- und Luftfeuchtemessungen in 8 Ställen durchgeführt. In Abbildung C- 6 ist die Lage der Betriebe in Ober- und Niederösterreich dargestellt.

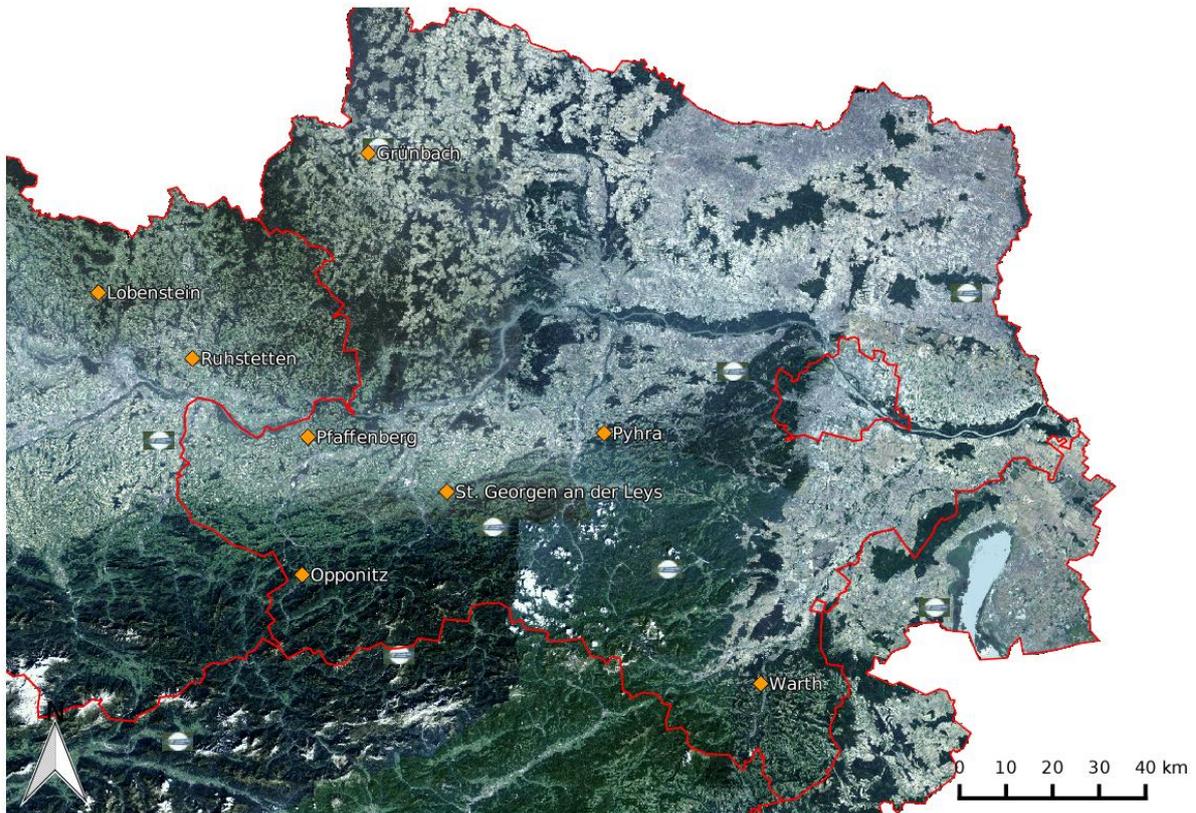


Abb. C-6: Lage der Betriebe an denen meteorologische Messungen durchgeführt wurden

Die Messung erfolgte mit Sensoren der Firma HOBO. Für die Freilandreferenzmessung wurde der Sensor U23_002 verwendet, wobei dieser in einem Strahlungsschutz montiert wurde. Im Stallinneren erfolgten zwei Messungen, wobei die Sensoren im Stall verteilt wurden. Hier kamen die Sensoren U23_001 sowie UX_100 zum Einsatz. Alle Sensoren haben eine Genauigkeit von ± 0.2 °C sowie ± 3.5 % bei der relativen Luftfeuchtigkeit. Alle Messungen wurden im 10 Minuten Intervall abgespeichert.

C-3.1.3 **Leistungsdaten**

Milchleistungsinformationen (Testtagmilchmengenleistung, Fettanteil, Eiweißanteil, Zellzahl, letztes Abkalbedatum, Laktationszahl, Rasse, Tage in Milch, Milchleistungsdatum, Fremdenanteil, Geburtsdatum der Kuh, Erstkalbedatum, Seehöhe des Betriebs) wurden durch die ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH über die Kontrolljahre 2010 bis 2014 aus dem Rinderdatenverbund für alle Betriebe zur Verfügung gestellt. Im Schnitt wird jeder Betrieb durch den zuständigen Landeskontrollverband 8 bis 11-mal pro Jahr kontrolliert.

C-3.2 Datenaufbereitung

C-3.2.1 Leistungsdaten

Der zur Verfügung gestellte Gesamtdatensatz umfasste insgesamt 142.345 Testtagsleistungen von 7.479 Kühen. In Tabelle C-4 wird ein Überblick über die ausgewerteten Variablen gegeben. Der vorliegende Datensatz wurde in der Folge auf die drei Hauptrassen Fleckvieh (N = 84.258), Braunvieh (N = 32.340) und Holstein (N = 22.601) eingeschränkt. Untersucht wurden die Merkmale Testtagsmilchmenge (kg), Testtags-Fettgehalt (%), Testtags-Eiweißgehalt (%) und SCS (Somatic Cell Score).

Da die Zellzahldaten nicht normalverteilt sind, wurden die Zellzahlgehalte analog zur Zuchtwertschätzung für Zellzahl auf Somatic Cell Score (SCS) umgerechnet. Die Formel für SCS lautet (Fürst, 2015, persönliche Mitteilung):

$$\text{SCS} = \log_2 (\text{Zellzahl}/100.000)+3 \quad [1]$$

Tab. C-4: Überblick über die analysierten Merkmale (Mittelwert, Minimum, Maximum, Std = Standardabweichung)

Variable	N	Mittelwert	Minimum	Maximum	Std
Milchmenge (kg/Tag)	139.628	27,68	0	78,40	8,63
Eiweißanteil (%)	139.382	3,48	1,9	6,37	0,39
Fettanteil (%)	139.382	4,18	1,53	8,92	0,72
SCS ¹	138.946	2,31	-3,64	9,64	1,69

¹SCS = $\log_2 (\text{Zellzahl}/100.000)+3$

Um eine bessere Klassenbesetzung zu gewährleisten wurden aus dem Kalbemonat 4 Kalbesaisonen gebildet. Aus der Laktationszahl (1 bis 5+) und dem Kalbealter wurden 17 Laktationskalbeklassen gebildet; entsprechend der Routinezuchtwertschätzungen für verschiedene Merkmale wurde das Kalbealter nur für die erste und die zweite Laktation berücksichtigt (jeweils 7 Klassen). Trockensteher und Kühe mit einer Milchleistungskontrolle über dem 305. Laktationstag wurden ausgeschlossen.

C-3.2.2 THI und Maximaltemperatur

Um eine Analyse des Einflusses der Außentemperatur bzw. der Kombination der Außentemperatur mit der Luftfeuchtigkeit durchführen zu können, wurde einerseits die maximale Außentemperatur (TMax) herangezogen und andererseits mit dem Temperatur-Luftfeuchtigkeitsindex (THI) gearbeitet.

Die Berechnung des THI erfolgte mit Hilfe der Formel

$$\text{THI} = (1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times \text{RLF}) \times (1,8 \times T - 26)] \quad [2]$$

mit T = durchschnittliche Tagestemperatur und RLF = relative Luftfeuchtigkeit (Schüller et al., 2013).

Da sich die Auswirkungen der zu hohen Außentemperatur/Luftfeuchtigkeit laut Literatur innerhalb von 1 bis 3 Tagen manifestieren (Hammami et al., 2013, West, 2003) wurde ein Durchschnitt der letzten drei Tage vor der Milchleistungskontrolle zuzüglich des Tages der Milchleistungskontrolle errechnet (THI3, TMax3). Die maximalen Außentemperaturen (TMax3) lagen im Beobachtungszeitraum zwischen -12,4 bis 33,9°C, die entsprechenden durchschnittlichen THI3-Werte reichten von 8,7 bis 75,5, wobei ein THI-Wert über 70 Punkte Hitzestress bei der Milchkuh auslösen kann (Kadzere et al., 2002).

C-3.2.3 Haltungssystemgruppierung

Damit auch das Haltungssystem in die Analyse einfließen konnte, mussten Gruppierungen geschaffen werden. Um entsprechende Klassenbesetzungen zu gewährleisten, wurden insgesamt 10 Gruppen definiert. Diese stellten jeweils eine Kombination aus Stalltyp (Anbindestall, Laufstall und Außenklimastall), aus Weidenutzung (ja oder nein) und aus Lüftungssystem (Zwangslüftung oder freie Lüftung) dar. In Tabelle C- 5 ist die Aufteilung der Tiere auf die verschiedenen Gruppierungen genau dargestellt.

Tab. C- 5: Anteil Testtagsleistungen von Kühen der Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und Holstein (HF) in verschiedenen Haltungssystemen (W = Weide, KW = keine Weide, Z = Zwangslüftung, F = freie Lüftung) in %

		Anteil Tiere (%)									
		Laufstall				Anbinde		Außenklima			
Rasse		W		KW		W		W		KW	
	N	Z	F	Z	F	Z	F	Z	F	Z	F
	118.349	9,2	3,5	21,1	9,7	3,9	2,3	19,1	4,0	23,5	3,7
FL	69.089	8,7	5,9	19,6	10,9	4,19	1,8	18,5	4,2	22,2	3,9
BV	26.931	15,9	-	20,4	7,3	5,8	5,1	20,9	1,1	23,5	-
HF	22.329	2,2	-	27,8	10,4	0,5	0,3	15,2	7,1	29,2	7,3

C-3.2.4 Temperatur und Luftfeuchtemessungen in ausgewählten Betrieben

Die Temperatur und Luftfeuchtemessungen wurden von den Datenloggern alle 10 min gespeichert. Hierbei wurde jeweils das Datum, die Uhrzeit, die Temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit sowie die Taupunkttemperatur abgespeichert. Diese Daten liegen als ASCII Textdateien vor, wobei der Dateiname eine Kennung beinhaltet, wodurch eine Zuordnung zum Standort möglich ist. Diese Daten können einfach in beliebige Analyseprogramme (EXCEL, SPSS, R, etc.) eingelesen werden.

C-3.3 Statistische Analyse

C-3.3.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte mit und ohne Berücksichtigung des Haltungssystems

Für die Analyse des Einflusses von Temperatur und Luftfeuchte mit und ohne Berücksichtigung des Haltungssystems wurden die Daten mit dem Statistikprogrammpaket SAS 9.4 aufbereitet.

Im ersten Schritt wurden die Merkmale getrennt für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein ohne Berücksichtigung des Haltungssystems mit Hilfe der Prozedur mixed, SAS 9.4 analysiert. Um entsprechende Klassenbesetzungen zu gewährleisten, reduzierte sich der Datensatz bei Fleckvieh auf 102 Betriebe mit 2980 Kühen, bei Braunvieh auf 49 Betriebe und 1271 Kühe und bei Holstein auf 41 Betriebe mit 951 Kühen.

In Modell 1 wurden zur Analyse der Milchleistungsmerkmale und der Zellzahl die fixen Effekte Laktations-Kalbealterklasse (17 Klassen), das Kalbejahr (6 Klassen) und die Kalbesaison (4 Klassen) sowie die kontinuierlichen Effekte Laktationstag (linear und quadratisch) und THI3 (linear, quadratisch und falls nötig kubisch) bzw. alternativ der TMax3 der drei Tage vor und am Tag der Milchleistungskontrolle linear und quadratisch, falls nötig kubisch berücksichtigt. Zusätzlich gingen auch der Betrieb als fixer Effekt sowie die Kuh als zufälliger Effekt genestet innerhalb des Betriebseffektes in das Modell ein. Die grafische Darstellung der Er-

gebnisse erfolgte mit Microsoft Excel 2013, wobei die Regressionskurven für den Temperatureffekt unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte dargestellt wurden.

Im zweiten Schritt wurde auch der Haltungseffekt im Modell berücksichtigt (Modell 2). Zusätzlich zu den oben genannten Effekten wurde die Stallform (10 Klassen, Tab. C-5) als fixer Effekt berücksichtigt, der zufällige Effekt Betrieb innerhalb Stallform bzw. der wiederholte Faktor der Kuh innerhalb Betrieb und Stallform genestet sowie der Effekt THI3 und TMax3 innerhalb Stallform analysiert.

Um für die Analysen entsprechende Klassenbesetzungen zu gewährleisten, reduzierte sich der Datensatz bei Fleckvieh auf 88 Betriebe mit 2520 Kühen, bei Braunvieh auf 41 Betriebe und 1044 Kühe und bei Holstein auf 32 Betriebe mit 799 Kühen.

Sowohl für Modell 1 als auch für Modell 2 wurde das Signifikanzniveau für die getesteten Hypothesen mit $\alpha=0,05$ festgelegt. War der kubisch gefittete Effekt von THI3 und TMax3 nicht signifikant, wurde das Modell reduziert. Dasjenige Modell mit der höheren Schätzgenauigkeit (niedrigere Residualvarianz) wurde schlussendlich gewählt. Für Modell 2 musste der kubische Effekt des Temperatureinflusses generell aus dem Modell genommen werden, da diese Effekte bei Berücksichtigung des Polynoms dritten Grades innerhalb der Stallform nicht mehr schätzbar waren.

Die grafische Darstellung erfolgte mit Microsoft Excel 2013, wobei die Variable THI3 ab einem Wert von 45 THI-Punkten, die Variable TMax3 ab einem Wert von 20°C abgebildet wurde. Die Grundlage der grafischen Darstellung bildeten die Least-Squares(LS)-Means der Stallform bei verschiedenen THI3 bzw. TMax3-Werten mit Hilfe der AT-Option des lsmeans statements der Prozedur mixed in SAS 9.4.

C-3.3.2 Temperatur und Luftfeuchtemessungen in ausgewählten Betrieben

Die Auswertung erfolgt in einfacher Zeitreihenanalyse, mit Schwerpunkt auf den Vergleich der Innen- und Außenverhältnisse als auch der verschiedenen Standorte.

C-4 Ergebnisse und Diskussion

C-4.1 Analyse der Milchleistungsmerkmale und der Zellzahl ohne Berücksichtigung des Haltungssystem

Tab. C- 6: Signifikanzniveaus aller Effekte (ohne Haltungssystem) für die Merkmale Milchmenge, Eiweißanteil, Fettanteil und SCS für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein (Modell 1) bei Berücksichtigung des THI3

Effekt (fix bzw. kontinuierlich)	Rasse	Milch kg/Kuh/Tag	Eiweißanteil /Kuh/Tag	Fettanteil /Kuh/Tag	SCS
Betrieb	FL ¹	***	***	***	***
	BV ¹	***	***	***	***
	HF ¹	***	***	***	***
Kalbealtersklasse	FL	***	***	***	***
	BV	***	***	n.s.	***
	HF	***	***	***	***
Kalbejahr	FL	***	***	n.s.	***
	BV	***	***	n.s.	***
	HF	***	***	**	***
Saison	FL	***	***	***	***
	BV	***	***	***	***
	HF	***	*	n.s.	***
Laktationstag	FL	***	***	***	n.s.
	BV	***	***	***	***
	HF	***	***	***	*
Laktationstag ²	FL	***	***	***	***
	BV	***	***	***	***
	HF	***	***	***	***
THI3	FL	***	***	***	n.s.
	BV	**	***	n.s.	n.s.
	HF	***	***	***	n.s.
THI3 ²	FL	***	***	***	n.s.
	BV	***	***	***	n.s.
	HF	***	***	***	n.s.
THI3 ³	FL	***	***	***	n.s.
	BV	***	***	-	n.s.
	HF	***	-	**	-

*** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; n.s. nicht signifikant

¹Anzahl vollständiger Datensätze: FL 50.234 (SCS) - 50.378 (Fett bzw. Eiweißanteil), BV 21.147 (SCS) – 21.209 (Fett bzw. Eiweißanteil), HF 14.980 (SCS) – 15.044 (Fett bzw. Eiweißanteil)

Aus Tabelle C-6 geht das Signifikanzniveau der berücksichtigten Effekte für Modell 1 und THI3 als kontinuierlicher Effekt hervor. Die Ergebnisse für TMax3 waren praktisch ident, weshalb auf eine zusätzliche Darstellung verzichtet wurde. Der THI3 hat bei allen drei Rassen einen signifikanten Einfluss auf die Milchmenge, den Fettanteil und den Eiweißanteil. Der kubische Effekt wurde für das Merkmal Eiweißanteil bei Holstein bzw. für das Merkmal Fettanteil für Braunvieh aus dem Modell genommen, um die Schätzgenauigkeit zu erhöhen.

Auf den SCS konnte auch nach Reduktion des Modells (THI3 linear und quadratisch, THI3 linear) bei keiner der drei Rassen ein signifikanter Einfluss von THI3 gefunden werden. In den folgenden Unterkapiteln werden die Effekte von THI3 und TMax3 auf die verschiedenen Milchleistungsmerkmale bzw. den SCS detailliert besprochen.

C-4.1.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf die Milchmenge

Wie schon in Tabelle C- 6 gezeigt wurde, konnte für alle drei Rassen ein signifikanter Einfluss von THI3 auf die Testtagsmilchmenge (kg) festgestellt werden. Auch in Übereinstimmung mit Literaturangaben (z.B. Hammami et al., 2013) ist im höheren THI3 Bereich bzw. bei höheren TMax3 Werten ein Absinken der Milchmenge (kg) zu beobachten.

Die Milchmenge bei der Rasse Fleckvieh steigt zuerst an und sinkt ab einem Bereich von etwa 50 THI3 Punkten wieder ab (Abbildung C- 7). Ein stärkeres Absinken ist ab 60 THI3 Punkten erkennbar. Von THI3 50 bis THI3 75 ist eine Milchmengenabnahme von 28,4kg auf 26,2kg (-2,2kg) ersichtlich (Tab. C-7).

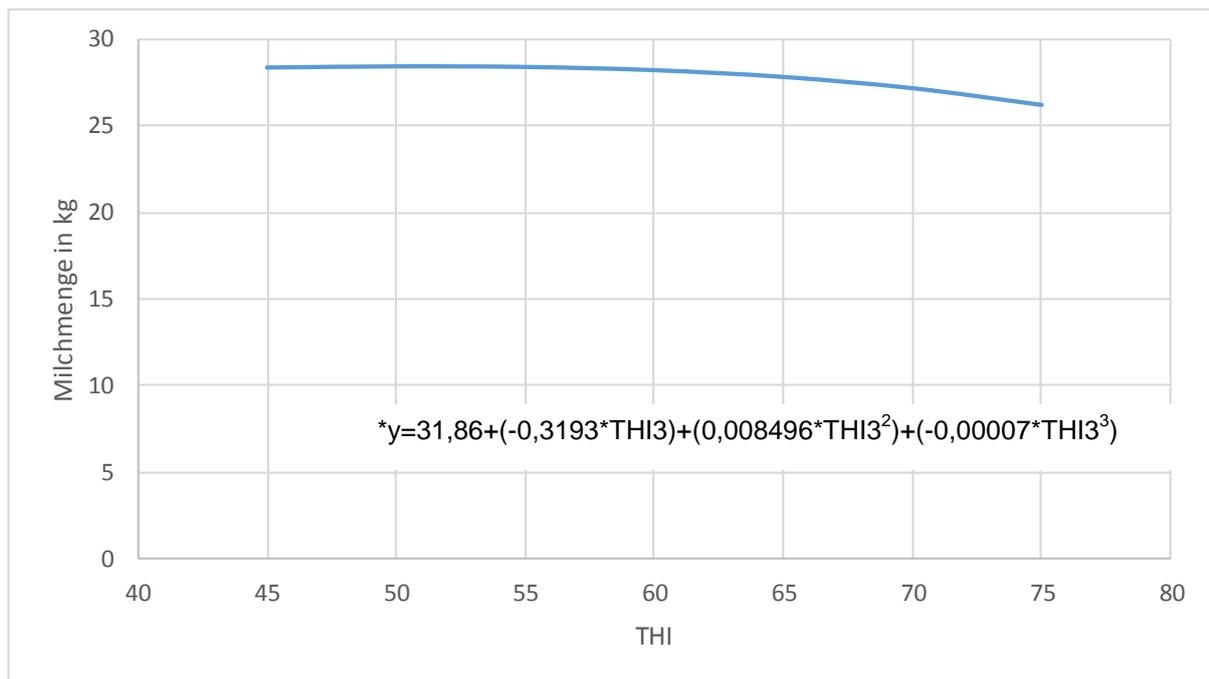


Abb. C- 7: Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 Punkten) auf die Milchmenge pro Kuh und Tag in kg beim Fleckvieh unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte

Ähnlich verhält sich die Beziehung bei TMax3, wo ein leichtes Absinken der Leistung ab etwa 22 °C gegeben ist und ein stärkerer Abfall im Bereich von 26 °C bis 28 °C eintritt. Die nichtlineare Beziehung von TMax3 ist jedoch weniger stark ausgeprägt als bei THI3. Insgesamt ist im Bereich von 22 °C auf 34 °C eine Milchmengenreduktion von 29,3 kg auf 28,0 kg (-1,3 kg, Tab. C- 7) erkennbar.

Auch bei Braunvieh und Holstein ist derselbe Trend zu erkennen, die Abnahme der Milchmenge von 27,1kg auf 26,3kg findet jedoch beim Braunvieh erst im Bereich von 65-70 THI3-Punkten (0,8kg) und beim Holstein Rind bei 70 bis 75 THI3-Punkten (-0,1kg) statt, während es von THI3 50 zu THI3 75 sogar zu einem Anstieg der täglichen Milchleistung beim Holstein kommt (Tab. C-7). Hinsichtlich T_{Max3} sinkt die Milchmenge pro Kuh und Tag bei Braunvieh zwischen 22 °C und 34 °C um 0,6 kg, bei Holstein um 1,1 kg (Tab. C-7).

Tab. C- 7: Änderung von Milchmenge pro Kuh und Tag in kg bei den Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und Holstein (HF) und einem Anstieg von 50 auf 75 THI3 Punkten bzw. von 22 °C auf 34 °C T_{Max3} (unter Konstanthaltung aller fixen und kontinuierlichen Effekte)

Rasse	Milchmenge/Kuh/Tag (kg)		Differenz (kg)	Milchmenge/Kuh/Tag (kg)		Differenz (kg)
	THI3 50	THI3 75		T _{Max3} 22 °C	T _{Max3} 34 °C	
FL	28,4	26,2	-2,2	29,3	28,0	-1,3
BV	27,0	26,6	-0,4	27,4	26,8	-0,6
HF	34,1	34,9	+0,8	34,2	33,1	-1,1

Die Ergebnisse decken sich auch mit der Studie von Joksimovic-Todorovic et al. (2011), die im Sommer einen Rückgang in der Milchmenge verzeichneten und diesen mit dem Rückgang der Futtermittelaufnahme, welcher im Sommer bei 20%, bei Temperaturen über 40 °C sogar bei 50% gelegen hat, begründeten. Hammimi et al. (2013) führte beim Holstein-Rind einen Rückgang in der Milchmenge ab etwa 72 THI Punkten an, was die vorliegenden Ergebnisse bestätigt.

Die unterschiedlichen THI3-Wert-Bereiche an denen die Milchmenge zu fallen beginnt, könnten unter anderem auf eine unterschiedliche genetische Disposition auf Hitzestress hindeuten. In einer amerikanischen Studie (Smith et al., 2013) kamen die Autoren beim Vergleich von Holstein und Jersey Kühen ebenfalls zum Schluss, dass Rassenunterschiede bestehen. Jersey Kühe schienen hitzetoleranter als Holstein, da ein Rückgang in der Milchleistung bei erst in der Kategorie THI₃≥90 zu beobachten war, bei Holstein hingegen schon ab THI₃≥72. Derart hohe THI Werte, die möglicherweise zu stärker ausgeprägten Effekten geführt hätten, waren unter österreichischen Bedingungen im Untersuchungszeitraum nicht zu beobachten.

C-4.1.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf den Fett- und Eiweißgehalt

Beim Fettgehalt und Eiweißgehalt bestand für diesen Datensatz ebenfalls eine nicht-lineare Beziehung. In einem Bereich zwischen 45 und 75 THI3 Punkten nahm der Fettgehalt bzw. Eiweißgehalt beim Fleckvieh ab (Abb. C- 8 und C- 9). Hinsichtlich des T_{Max3} sinkt der Eiweißanteil bzw. der Fettanteil zwischen 22 °C und 34 °C geringer ab. Tabelle C-8 stellt den Abfall des Eiweiß- und Fettgehalts zwischen 50 und 75 THI Punkten nochmals für alle Rassen gegenüber. Wie für die Milchmenge, decken sich auch die Rückgänge in den Inhaltsstoffen mit Literaturergebnissen (Hammami et al., 2013, Hill und Wall, 2014). Smith et al. (2013) beobachteten bei höheren THI Werten in den USA zwar einen Rückgang des Fettgehalts bei Holstein, nicht aber bei Jersey Kühen.

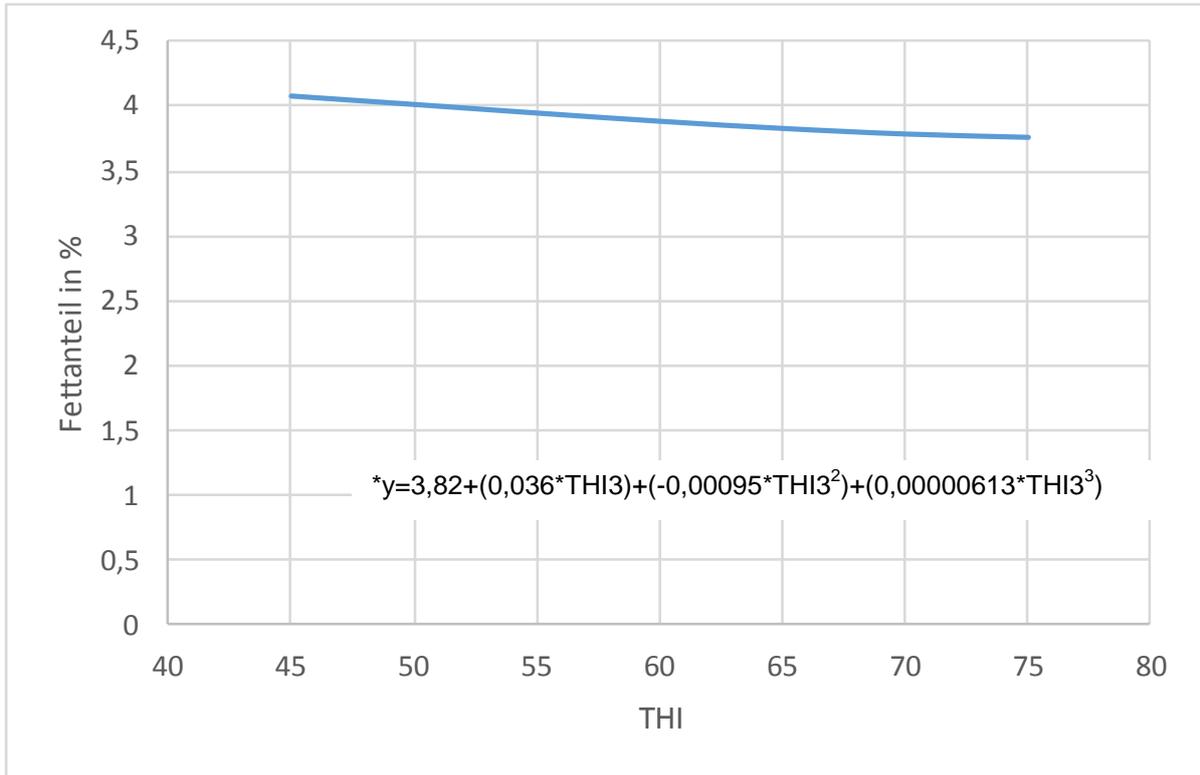


Abb. C- 8: Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 Punkten) auf den Fettanteil pro Kuh und Tag in % unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte

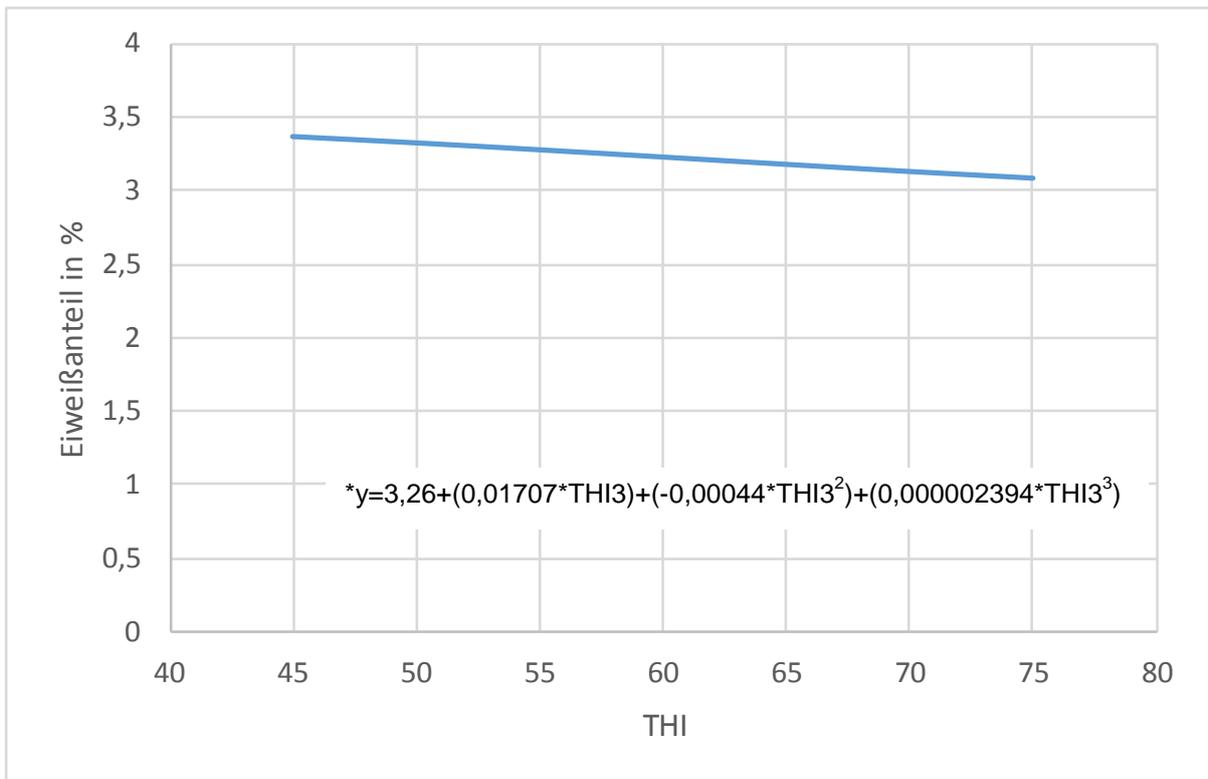


Abb. C- 9: Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 Punkten) auf den Eiweißanteil pro Kuh und Tag in % unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte

Tab. C- 8: Änderung des Eiweißanteils (%) und Fettanteils (%) bei den Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und Holstein (HF) und einem Anstieg von 50 auf 75 THI3 Punkten bzw. von 22 °C auf 34 °C TMax3 (unter Konstanthaltung aller fixen und kontinuierlichen Effekte)

Rasse	Eiweißanteil (%)		Diff. (%)	Fettanteil (%)		Diff. (%)
	THI3 50	THI3 75		THI3 50	THI3 75	
FL	3,32	3,08	-0,24	4,01	3,76	-0,25
BV	3,03	2,79	-0,24	3,32	2,99	-0,33
HF	3,25	3,01	-0,24	3,93	3,62	-0,31
	Tmax3 22 °C	Tmax3 34 °C		Tmax3 22 °C	Tmax3 34 °C	
FL	3,20	3,09	-0,11	3,72	3,64	-0,08
BV	2,92	2,81	-0,11	3,19	2,96	-0,23
HF	3,18	3,01	-0,17	3,83	3,75	-0,08

C-4.1.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf die Zellzahl

Im Bereich von 50 auf 75 THI3-Punkten fällt der SCS-Wert beim Fleckvieh von 1,65 auf 1,49 (-0,16) leicht ab, beim Braunvieh und Holstein ergab sich eine leichte Steigung von 2,28 auf 2,29 (+0,01) bzw. von 2,82 auf 2,92 (+0,1). Wie in Tabelle C-6 ersichtlich, waren diese Änderungen jedoch nicht signifikant und werden deshalb auch nicht im Detail dargestellt. Für TMax3 wurden ähnliche (nicht-signifikante) Ergebnisse beobachtet. Smith et al. (2013) beobachteten leichte Rückgänge im SCS bei höheren THI Werten, argumentieren aber, dass dies nicht notwendigerweise auch zu einer geringeren Zahl an Euterentzündungen führen muss. Die Autoren empfehlen eine Untersuchung, ob Mikroorganismen, die Mastitis auslösen, eventuell durch höhere THI Bedingungen beeinträchtigt werden.

Obwohl Brade (2013) von einer steigenden Zellzahl mit steigender Temperatur spricht, weisen andere Studien (Hammami et al., 2013) auf einen Anstieg der Zellzahl bei niedrigen Temperaturen hin. Auch Shatele (2009) berichtet von einem vermehrten Aufkommen von Mastitis bei niedrigen Außentemperaturen und Kältestress.

Liebe (1996) spricht von einer übergeordneten Rolle von Leistungsniveau und Herdengröße auf die Zellzahl.

C-4.2 Analyse der Milchleistungsmerkmale und der Zellzahl mit Berücksichtigung des Haltungssystems

Bei der Auswertung mit Haltungssystem wird aus Platzgründen das Hauptaugenmerk auf die Rasse Fleckvieh gelegt, da Fleckviehbetriebe mehr als doppelt so viele verwertbare Testtagsleistungen hatten wie die nächst größere Rasse Braunvieh. Trotzdem werden die Ergebnisse des Fleckviehs mit jenen von Braunvieh und Holstein ergänzt und etwaige Unterschiede aufgezeigt. Tabelle C- 9 zeigt die Signifikanzniveaus der fixen und kontinuierlichen Effekte für Modell 2. Die Anzahl der Datensätze verringerte sich im Vergleich zur Auswertung ohne Haltungssystem (siehe Fußnote zu Abb. C- 9), da nur in 150 Betrieben Erhebungen zur Lüftung durchgeführt wurden und diese nicht zur Gänze verwertbar waren.

Tab. C- 9: Signifikanzniveaus aller Effekte (mit Haltungssystem) für die Merkmale Milchmenge, Eiweißanteil, Fettanteil und SCS für die Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und Holstein (HF) (Modell 2) bei Berücksichtigung des THI3

Effekt (fix)	Rasse	Milch kg/Kuh/Tag	Eiweißanteil /Kuh/Tag	Fettanteil /Kuh/Tag	SCS
Haltungssystem	FL ¹	***	n.s.	***	*
	BV ¹	n.s. (P<0.10)	n.s.	n.s. (P<0.10)	n.s.
	HF ¹	n.s. (P<0.10)	n.s. (P<0.10)	**	n.s.
Kalbealtersklassen	FL	***	***	***	***
	BV	***	***	n.s.	***
	HF	***	***	***	***
Kalbejahr	FL	***	***	*	***
	BV	***	***	n.s.	***
	HF	***	***	***	***
Saison	FL	***	***	***	***
	BV	***	***	***	***
	HF	***	n.s.	n.s.	***
Laktationstag	FL	***	***	***	n.s.
	BV	***	***	***	***
	HF	***	***	***	*
Laktationstag ²	FL	***	***	***	***
	BV	***	***	***	***
	HF	***	***	***	***
THI3	FL	***	*	*	*
	BV	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	HF	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
THI3 ²	FL	***	***	**	*
	BV	n.s.	***	*	n.s.
	HF	n.s.	n.s.	*	n.s.
THI3(Haltungssystem)	FL	***	***	***	**
	BV	**	n.s.	*	n.s.
	HF	n.s.	**	***	n.s.
THI3 ² (Haltungssystem)	FL	***	**	***	***
	BV	**	n.s.	***	n.s.
	HF	n.s.	*	***	n.s.

*** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; n.s. nicht signifikant

¹Anzahl vollständiger Datensätze: FL 42.131 (SCS) - 42.253 (Fett bzw. Eiweißanteil), BV 17.562 (SCS) – 17.606 (Fett bzw. Eiweißanteil), HF 12.670 (SCS) – 12.730 (Fett bzw. Eiweißanteil)

Während beim Fleckvieh sowohl der THI3 als auch der THI3 innerhalb des Haltungssystems einen hochsignifikanten ($P < 0.001$, Tab. C- 9) auf die Milchmenge/Kuh/Tag aufweist, konnte beim Braunvieh nur der Einfluss des im Haltungssystem genesteten THI3-Effektes statistisch abgesichert werden. Bei Holstein ist der THI3 innerhalb des Haltungssystems nicht signifikant ($P = 0,49$). Beim Fleckvieh werden auch die Inhaltsstoffe und der SCS signifikant vom THI3 bzw. THI3 innerhalb Haltungssystem (linear und quadratisch) signifikant beeinflusst. Beim Braunvieh ist der Regressionskoeffizient von Fett- und Eiweißgehalt auf THI3^2 signifikant von 0 verschieden, ebenso der Regressionskoeffizient von Eiweißgehalt auf THI3 und THI3^2 innerhalb des Haltungssystems. Wie für den Gesamtdatensatz ohne Berücksichtigung des Haltungssystems konnte beim Braunvieh kein statistisch abgesicherter Einfluss des THI3 auf die Eutergesundheit (SCS) nachgewiesen werden, dies trifft ebenso auf Holstein zu. Bei Holstein ist der Einfluss von THI3 innerhalb des Haltungssystems (linear und quadratisch) auf den Fett- und Eiweißanteil/Kuh/Tag signifikant. Um bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in den folgenden Abbildungen der Haltungstypen getrennt nach Laufstall, Außenklimastall und Anbindehaltung dargestellt. Eine weitergehende Differenzierung des Haltungssystems hinsichtlich Bodenbeschaffenheit bzw. Einstreu wäre zwar wünschenswert gewesen, hätte aber teilweise zu zu geringer Klassenbesetzung geführt.

C-4.2.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf die Milchmenge

Beim Typ „Laufstall“ ist die Milchmenge/Kuh/Tag beim Fleckvieh (Abbildung C-10) bei steigendem THI3 mit Weidegang am stärksten bei freier Lüftung abgefallen, bei Zwangslüftung konnte die Milchmenge relativ stabil gehalten werden. Ohne Weidegang ist in diesem Datensatz die Milchmenge/Kuh/Tag bei Zwangslüftung sogar leicht angestiegen bzw. bei freier Lüftung fast durchgehend am gleichen Niveau verblieben.

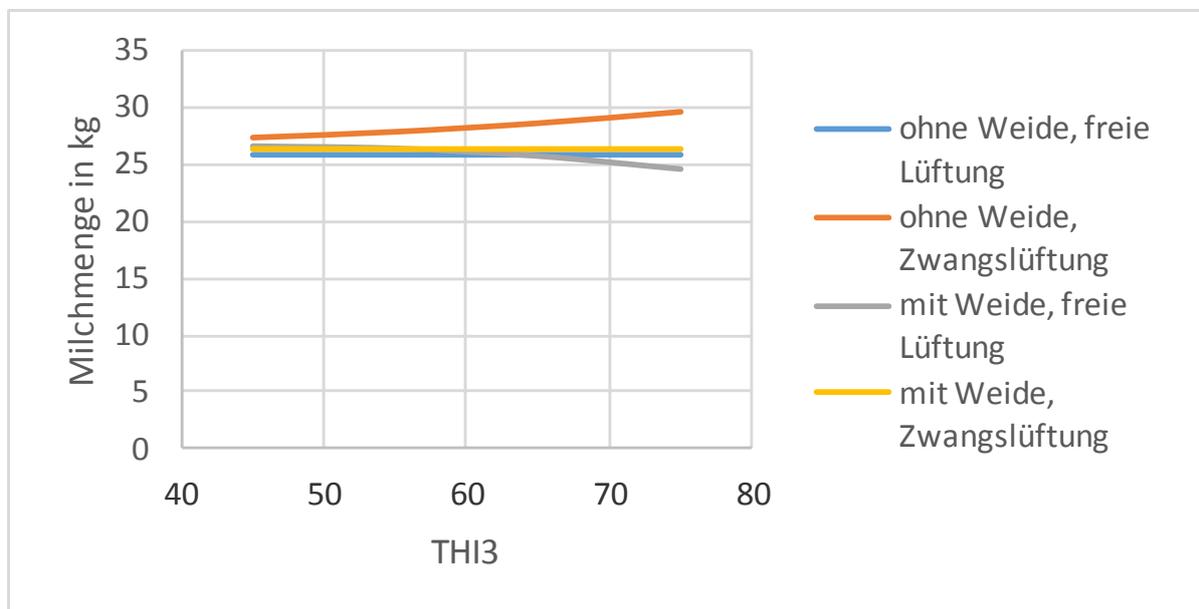


Abb. C-10: Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Haltungssystem Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

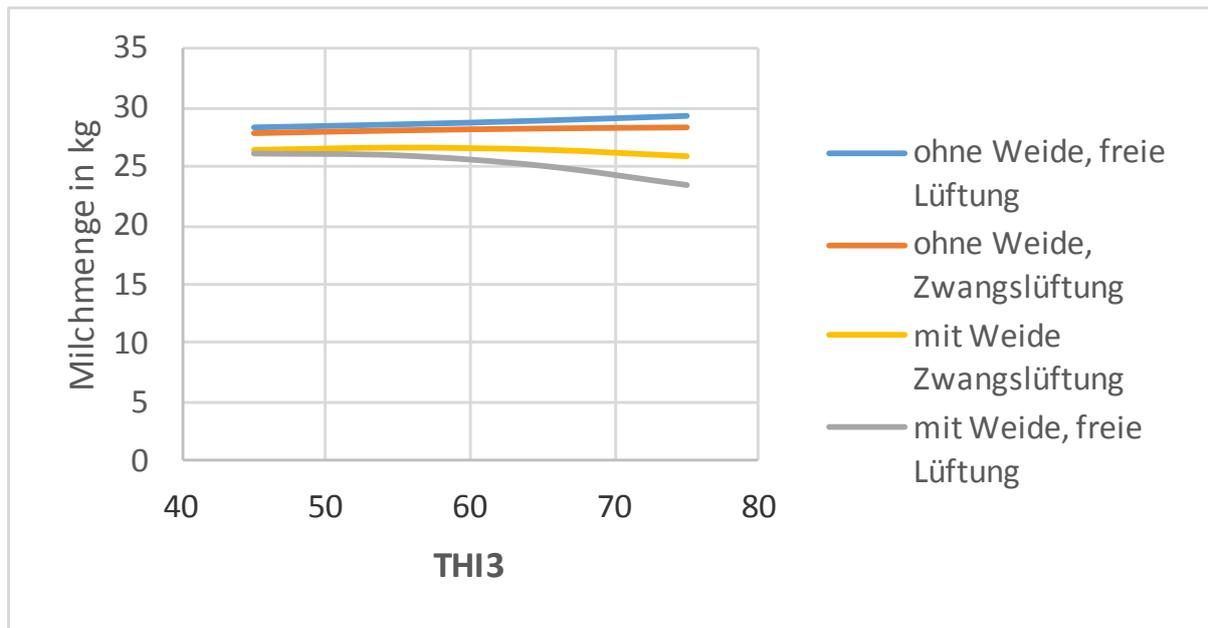


Abb. C-11: Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Beim Typ „Außenklimastall“ (Abb. C-11) wurde das Bild nochmal verstärkt, das System mit Weidegang und mit freier Lüftung hat mit steigendem THI3-Wert eine Milchmengenreduktion mit sich gezogen. Ohne Weidegang kann sogar eine leichte Steigung der Milchmenge/Kuh/Tag verzeichnet werden. Dies bestätigen auch Wyss et al. (2011) bei ihrer Studie, die die Milchmenge einer Weideherde mit der einer Stallherde über drei Jahre hinweg verglichen.

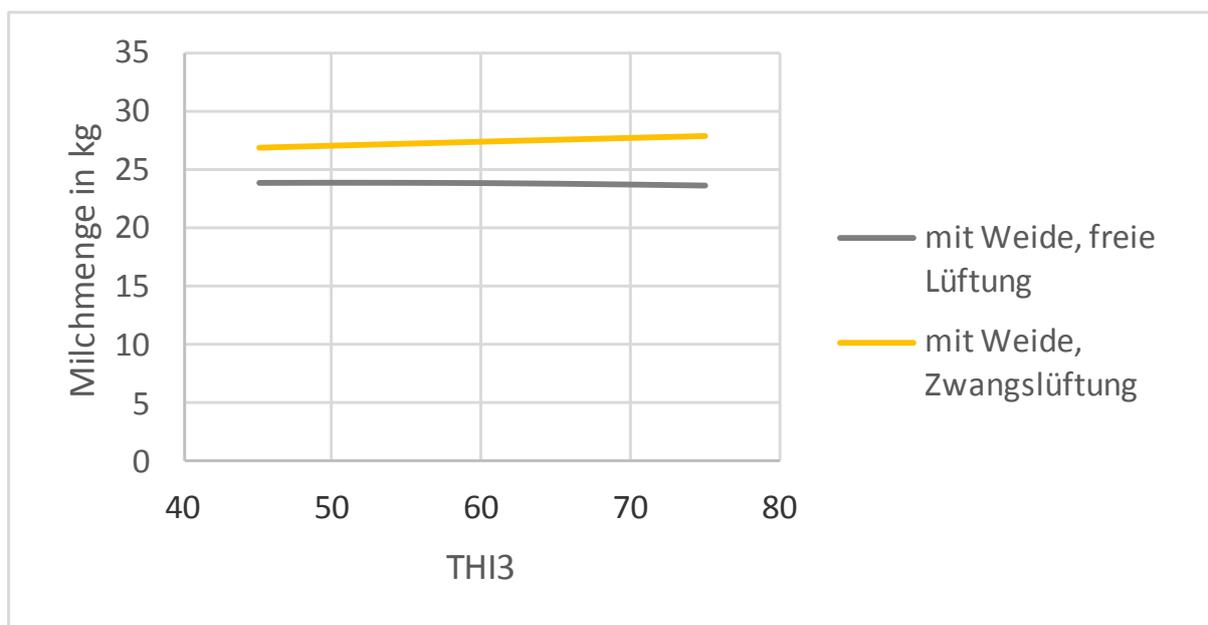


Abb. C-12: Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45 - 75 THI3 Punkten, im Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Da beim Typ „Anbindestall“ (Abb. C-12) der Weidegang gesetzlich immer angeboten werden muss, gibt es hier kein Haltungssystem ohne Weidegang. Hier gibt es jedoch wiederum einen Unterschied zwischen Zwangslüftung und freier Lüftung. Bei den Ställen mit freier Lüftung ist ein minimaler Rückgang der Milchmenge/Kuh/Tag bei steigendem THI3 Wert erkennbar, bei Zwangslüftung ist im Gegensatz wie beim Typ „Laufstall“ ein leichter Anstieg der Milchmenge erkennbar.

Bei der Rasse Braunvieh bestätigt sich derselbe Trend beim Stalltyp „Außenklimastall“ (Abb. C-13), bei Systemen mit freiem Lüftungssystem ist die Milchmenge/Kuh/Tag anfälliger auf steigende THI3-Werte.

Weiters ist erkennbar, dass das System ohne Weidegang mit freier Lüftung immer relativ hoch liegt und das Niveau über die steigenden THI3-Werte relativ gleich hält. Das System mit Zwangslüftung und mit Weidegang liegt bei niedrigeren THI3-Werten tiefer, aber bei steigenden THI3-Werten steigt auch die Milchmenge/Kuh/Tag meist leicht an. Dies ist auch noch einmal gut beim Typ Laufstall beim Braunvieh (Abb. C-14) erkennbar und könnte bei diesen Betrieben auf ein sehr gutes Lüftungsmanagement hinweisen.

Auffällig ist auch, dass vom steigenden THI3-Wert am stärksten das System betroffen ist, das Weidegang anbietet, aber nur ein freies Lüftungssystem hat. Alle anderen Systeme können die steigenden THI3-Werte relativ gut ausgleichen oder mit Zwangslüftung sogar eine kleine Steigerung erzielen.

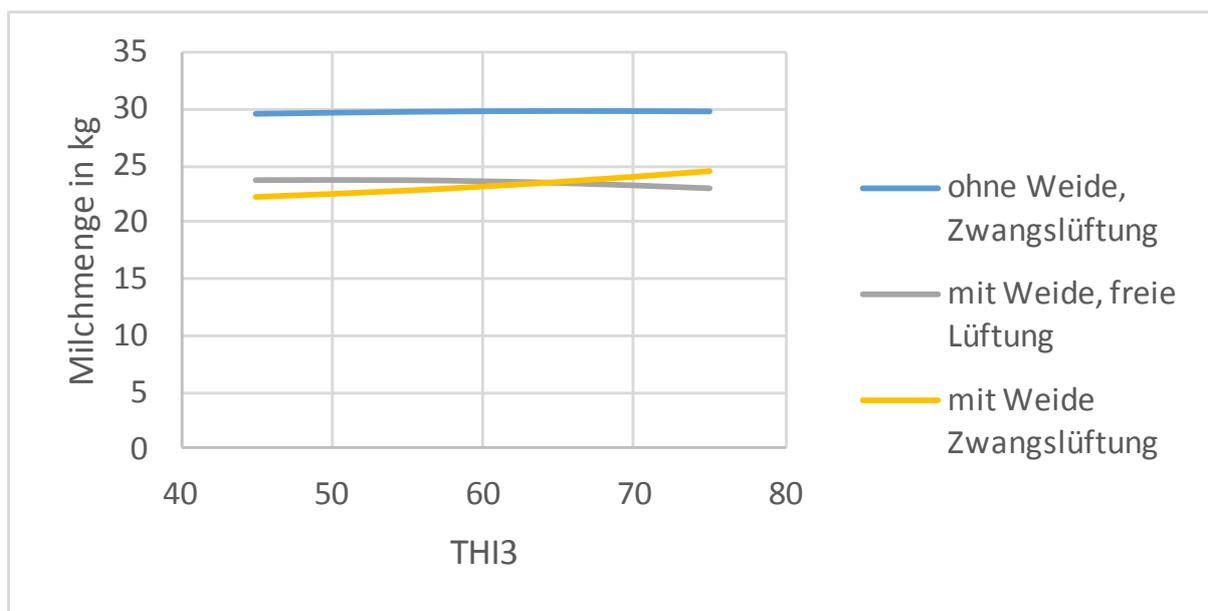


Abb. C-13: Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall, bei der Rasse Braunvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

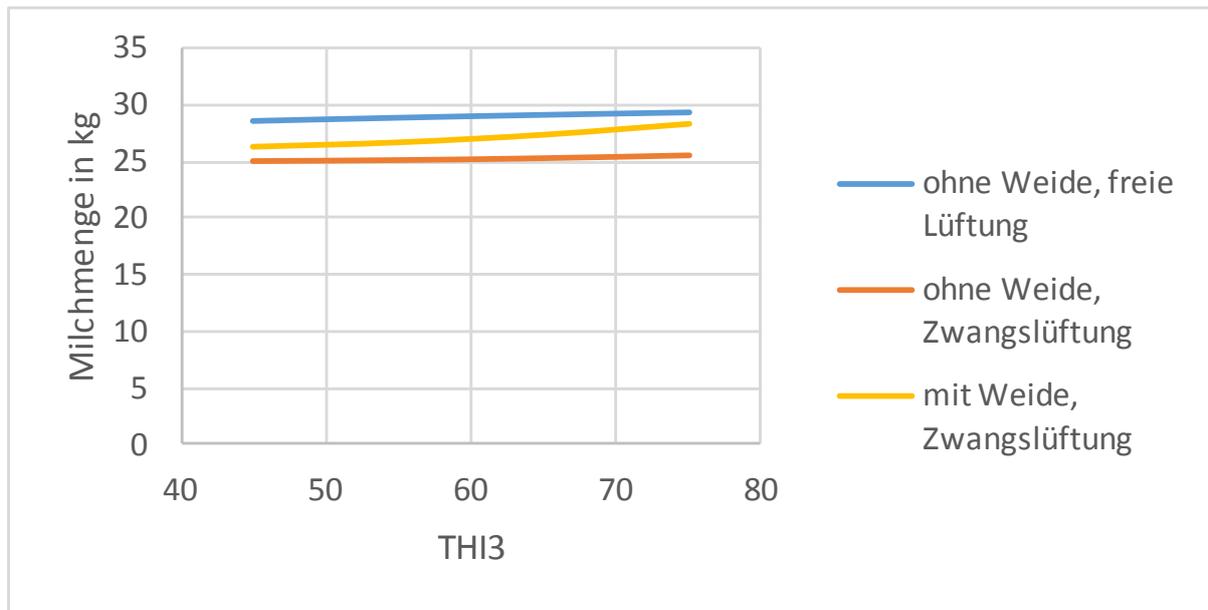


Abb. C-14: Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Laufstall, bei der Rasse Braunvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Abgesehen davon, dass es generell nicht sehr viele Untersuchungen zu Hitzestress von Kühen in der gemäßigten Klimazone gibt, sind Untersuchungen zu Unterschieden je nach Haltungssystem noch seltener. Hill und Wall (2014) verglichen in Schottland Herden mit und ohne Weide und konnten eine stärker fallende Milchmenge bei Outdoor-Systemen bei steigenden THI3- Werten aufzeigen. Beim Vergleich von Laufställen und Außenklimaställen in Deutschland (Lambertz et al., 2014) wurde ähnlich zu dieser Arbeit sogar ein leichter Anstieg der fettkorrigierten Milchmenge pro Tag im Laufstall ohne Weide beobachtet, allerdings wurde die höchste THI-Klasse mit ≥ 65 THI Punkten definiert. Beim System Laufstall mit Weidehaltung blieb die Milchmenge mehr oder weniger konstant, während beim Außenklimastall zwischen der Kategorie THI 55-60 und $\text{THI} \geq 65$ sowohl mit als auch ohne Weide leichte Rückgänge zu verzeichnen waren.

Auch die Ergebnisse zur Zwangsbelüftung stimmen mit der vorhandenen Literatur überein, so wird auf den Kühlungseffekt durch gesteigerte Luftwechselrate mittels Ventilatoren häufig hingewiesen, sie kann laut (Brade, 2013) einen Kühleffekt von über 3°C haben.

Die Rasse Holstein wurde bei der Milchmenge nicht zum Vergleich herangezogen, da keine signifikanten Effekte in der Auswertung bestanden (Tabelle C- 9).

Insgesamt lässt sich die Aussage treffen, dass das Milchmengenniveau beim Laufstall und Außenklimastall über alle Rassen hinweg höher ist, als beim Anbindestall. Hvidstein (2009) spricht im Vergleich von Anbindestall mit Laufstall sogar von einer höheren Milchmenge (0,5 kg höhere tägliche Leistung) im Anbindestall, dies konnte in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden.

C-4.2.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf den Fettgehalt

Die Ergebnisse waren beim Fleckvieh ähnlich wie ohne Berücksichtigung des Haltungssystems. Mit zunehmendem THI3 - beziehungsweise zunehmendem TMax3 - nahm der Fettgehalt ab (Abb.C-15 bis C-17), wobei dies mehr oder weniger unabhängig von der Lüftung bzw. vom Weidegang erfolgte.

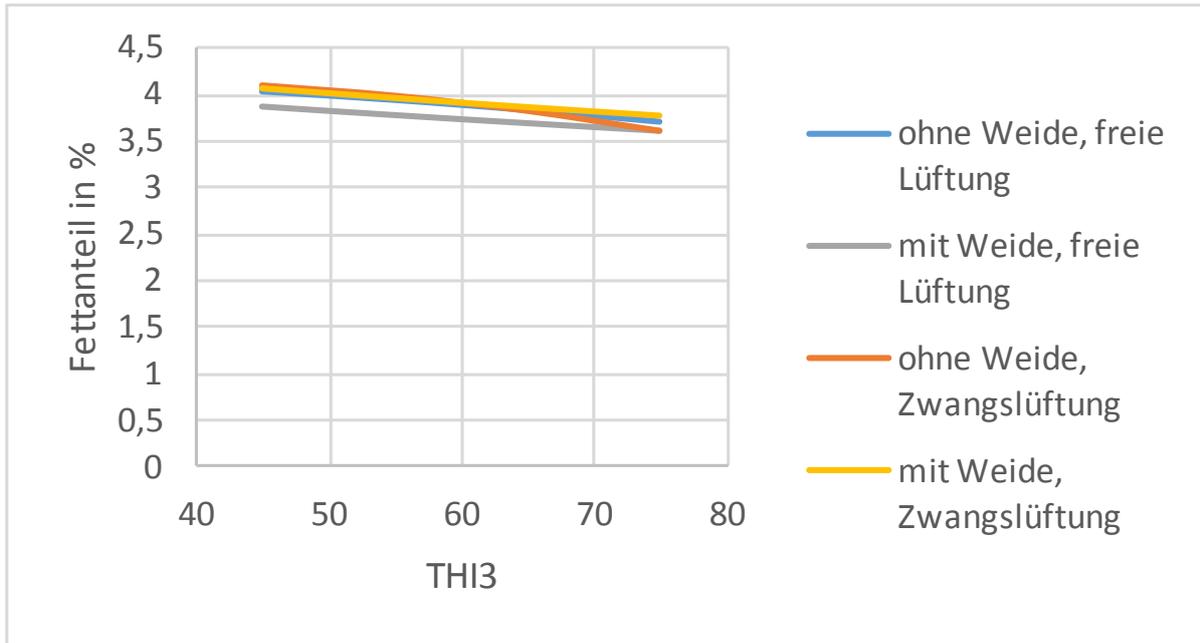


Abb. C-15: Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

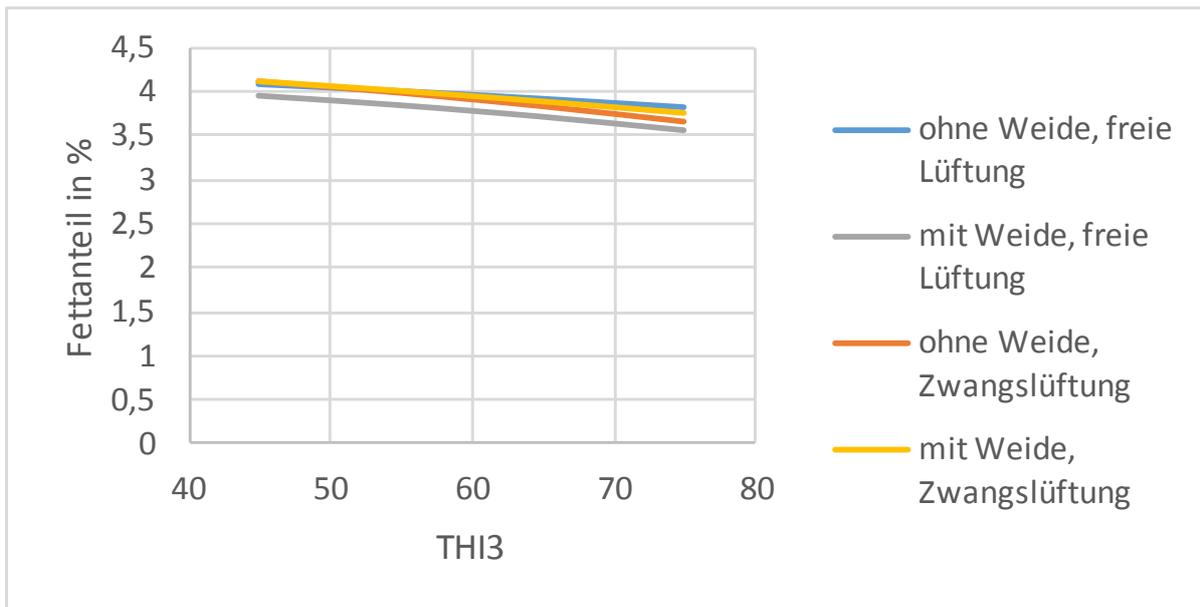


Abb. C-16: Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

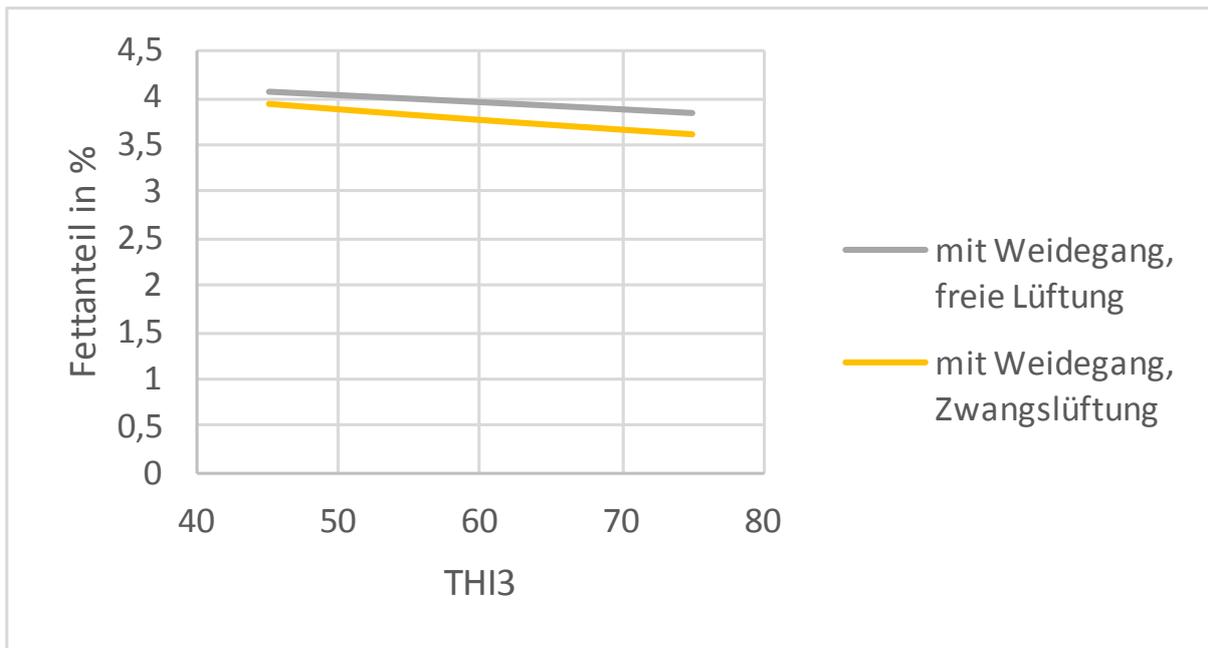


Abb. C-17: Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Auch beim Braunvieh nimmt man einen durchwegs abnehmenden Verlauf des Fettanteils bei zunehmenden THI3 Werten wahr. Nur beim Typ Anbindestall (Abbildung C-18), wo der Weidegang Voraussetzung ist, kristallisiert sich bei zunehmendem THI3 die Zwangslüftung als positiver Einfluss auf den Fettgehalt heraus.

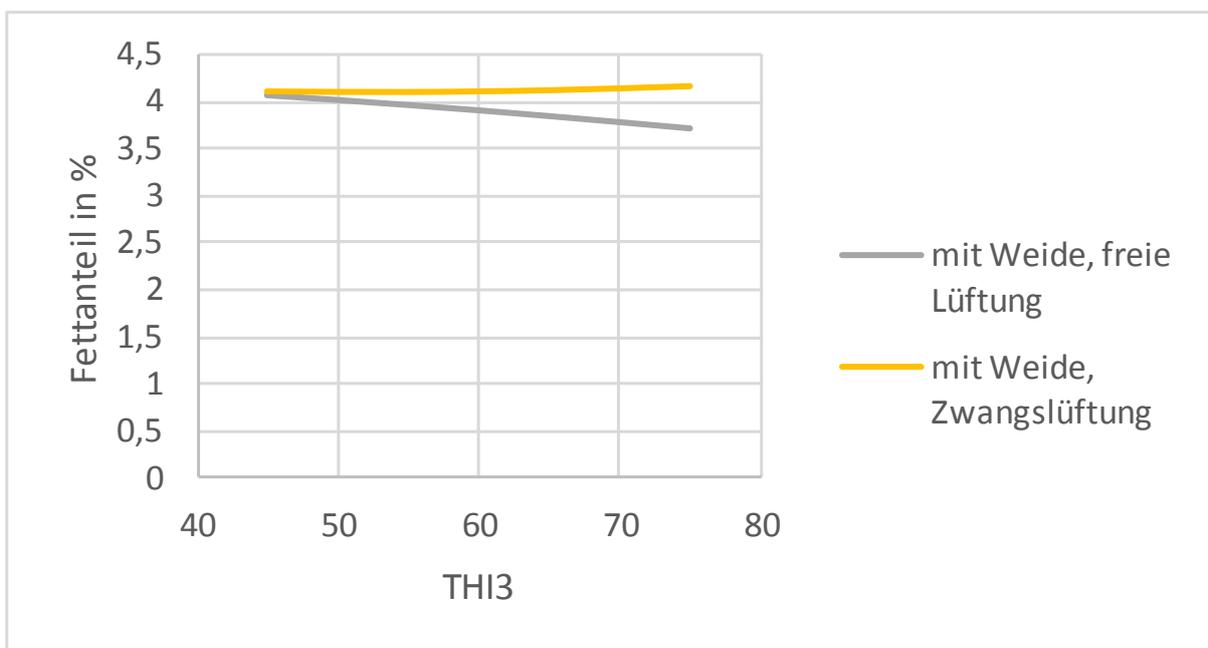


Abb. C-18: Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Anbindestall, für die Rasse Braunvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Beim Holstein Rind nimmt der Fettgehalt mit zunehmenden THI3-Werten ebenfalls ab, mit der Ausnahme „Anbindestall“. Hier ist das Niveau des Fettanteils bei der Zwangslüftung anfangs höher als bei der freien Lüftung, mit steigendem THI3 Wert nähern sich die beiden Kurven jedoch an. Zu erwähnen ist hier, dass das Ergebnis signifikant ist, jedoch die Klassenbesetzung des Stalltyps „Anbindestall“ bei Holstein nicht sehr groß ist (Anbindestall mit Zwangslüftung = 101 Testtagsleistungen, Anbindestall ohne Zwangslüftung = 50 Testtagsleistungen).

Hill und Wall (2014) weisen auf einen höheren Fettanteil in der Milch von Kühen, welche auf der Weide gehalten werden, hin. Dieser Trend ließ sich jedoch in der vorliegenden Studie nicht erkennen. Der Fettgehalt zeigte bei Outdoor-Haltung aber einen kontinuierlichen Rückgang bei steigendem THI während im Indoor-System ein Rückgang erst ab etwa 50 THI Punkten zu verzeichnen war. Die Ergebnisse beim Fleckvieh werden außerdem durch jene von Hammami et al. (2013) bestätigt, auch in seiner Studie fiel der Fettgehalt mit steigenden THI-Werten ab.

Lambertz et al. (2014) verglichen verschiedene Haltungssysteme nur hinsichtlich der Fettmenge, nicht jedoch des Fettgehalts. Im Laufstall kam es ohne Weide ab THI 65 zu einem Rückgang der Fettmenge, mit Weidehaltung bestand kein signifikanter Unterschied. Bei Außenklimaställen sank die Fettmenge ab etwa 55 bis 60 THI Punkten ab.

C-4.2.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf den Eiweißgehalt

Die Ergebnisse beim Fleckvieh entsprachen den Ergebnissen ohne Berücksichtigung des Haltungssystems. Hier bestand ebenfalls eine nicht-lineare Beziehung. Mit zunehmendem THI3 - beziehungsweise zunehmendem TMax3 - nahm der Eiweißgehalt ab, ein deutlich erkennbarer Einfluss des Haltungssystems war jedoch nicht zu erkennen.

Nur beim Holstein-Rind trat beim Anbindestall, obwohl auch hier alle Werte mit steigendem THI3 fielen, dieselbe Interaktion wie schon beim Fettanteil auf (Abb. C-19).

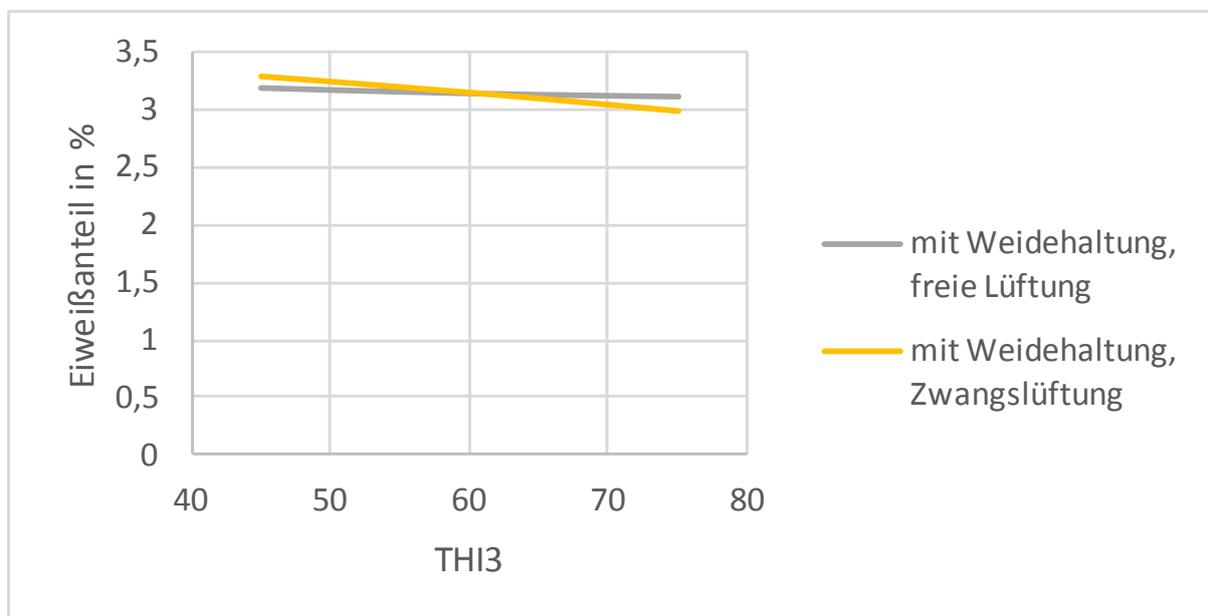


Abb. C-19: Eiweißanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Werten, beim Anbindestall, bei der Rasse Holstein (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Bei der Rasse Braunvieh hatte der THI3 innerhalb Haltungssystem keinen signifikanten Effekt auf den Eiweißgehalt der Milch, aus den vorhandenen Auswertungen ist jedoch derselbe Trend wie auch beim Fettanteil ersichtlich.

Hill und Wall (2014) berichteten von einem konstanten Rückgang des Eiweißgehaltes bei steigendem THI; dieser fiel bei reiner Stallhaltung jedoch etwas schwächer aus.

C-4.2.4 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte auf die Zellzahl

Nur bei der Rasse Fleckvieh wurde der SCS signifikant von THI3 bzw. THI3 innerhalb Haltungssystem beeinflusst. Für TMax3 wurden übereinstimmende Ergebnisse gefunden. So ist deutlich erkennbar, dass hier der angebotene Weidegang ausschlaggebend für die Entwicklung der Kurve ist. Wenn Weidegang angeboten wird, verläuft die Kurve steigend, das heißt die Zellzahl erhöht sich mit steigendem THI3/TMax3. Ist kein Weidegang vorhanden, fällt die Zellzahl mit steigendem THI3/TMax3 sogar etwas ab (Abb. C-20 - C-22).

In der Studie von Wyss et al. (2011) wurden eine Stallherde und eine Weideherde miteinander verglichen. Bei beiden war die Zellzahl und bakteriologische Qualität der Milch gut, jedoch wies die Milch der Stallherde in allen drei Jahren der Untersuchungszeit im Durchschnitt höhere Zellzahlen als die Weideherde auf. Auch Tietze et al. (2001) haben bei ihrer Studie mit Milchschaafen eine um 30,83% geringere Quote an Euterinfektionen in auf Weiden gehaltenen Tieren gefunden. Unter deutschen Bedingungen (Lambertz et al., 2014) war mit steigendem THI kein signifikanter Einfluss auf den SCS von Milchrindern im Laufstall mit Weidegang zu beobachten. Beim Laufstallsystem ohne Weidegang unterschied sich nur die Kategorie THI 50-55 (SCS = 2,59) von THI \geq 65 (SCS = 2,92) signifikant. Ähnlich verhielt es sich im Außenklimastall; während mit Weide kein signifikanter Effekt zu beobachten war, waren der niedrigste SCS Wert in der Kategorie THI 60-65 (SCS = 2,71) signifikant vom SCS in der Klasse THI \geq 65 (SCS = 3,03) verschieden.

Da Mastitis eine multifaktorielle Erkrankung ist und auch Herdengröße, Hygiene, Management, Einstreu, Stress, usw. ausschlaggebend sein können, könnten die Indoor-Betriebe auch im Durchschnitt durch hervorragendes Management ihre niedrigere Zellzahl verursacht haben. Generell ist in diesem Zusammenhang zu beachten, dass die am Projekt Efficient Cow teilnehmenden Betriebe im Hinblick auf Management mit Sicherheit im überdurchschnittlichen Bereich einzustufen sind.

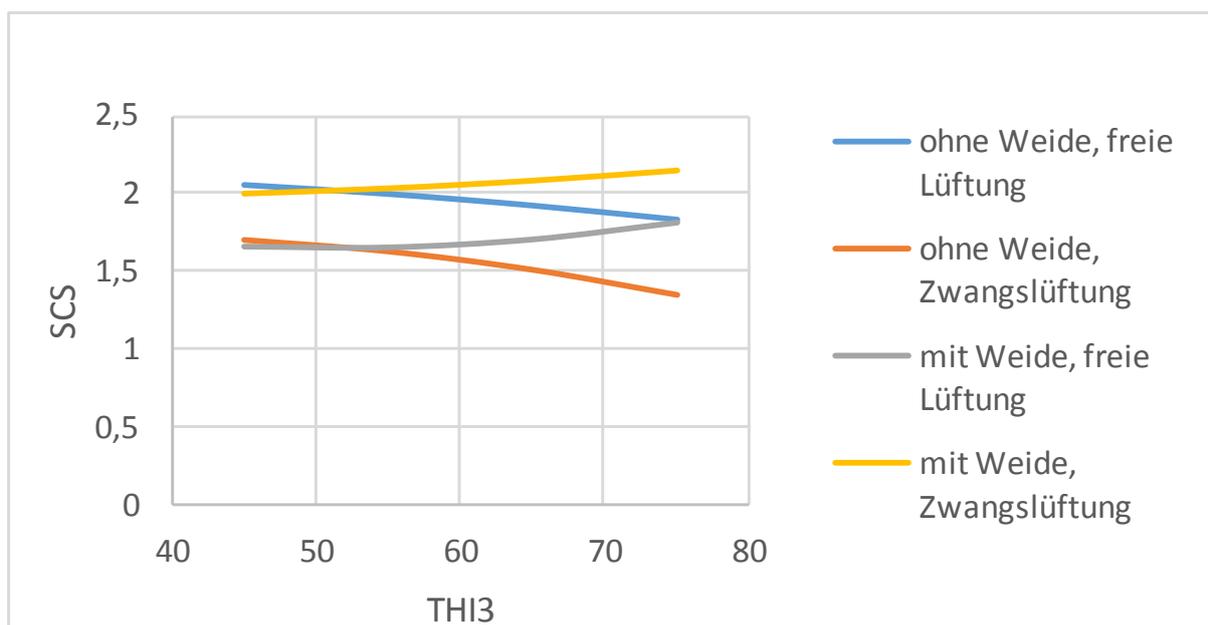


Abb. C-20: SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, beim Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

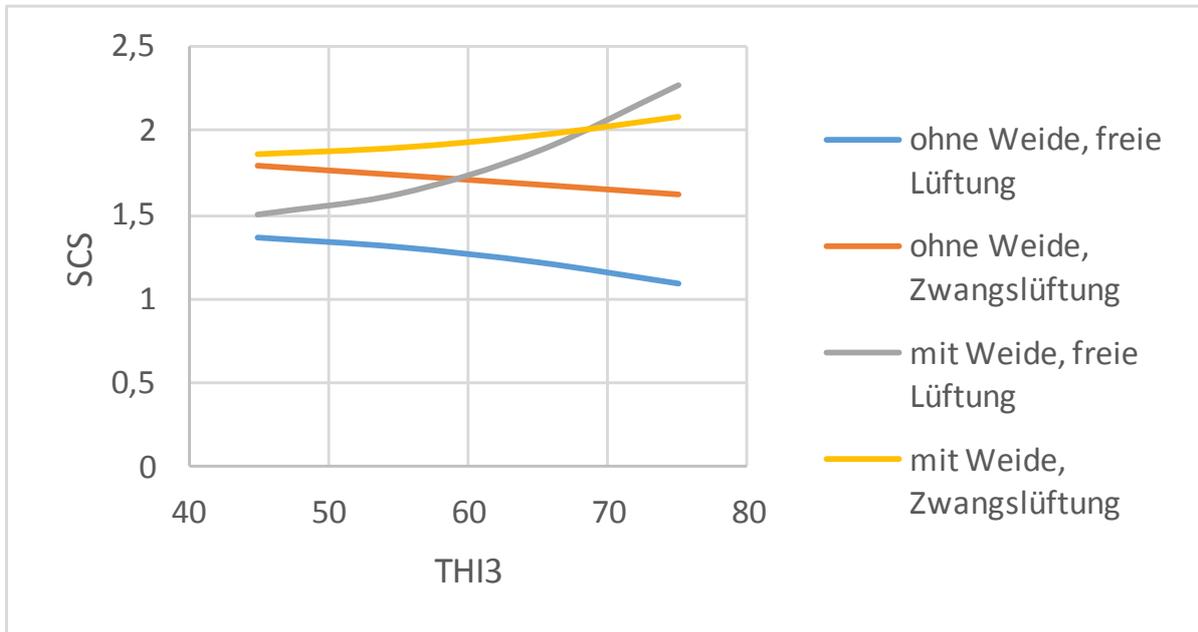


Abb. C-21: SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, beim Außenklimastall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

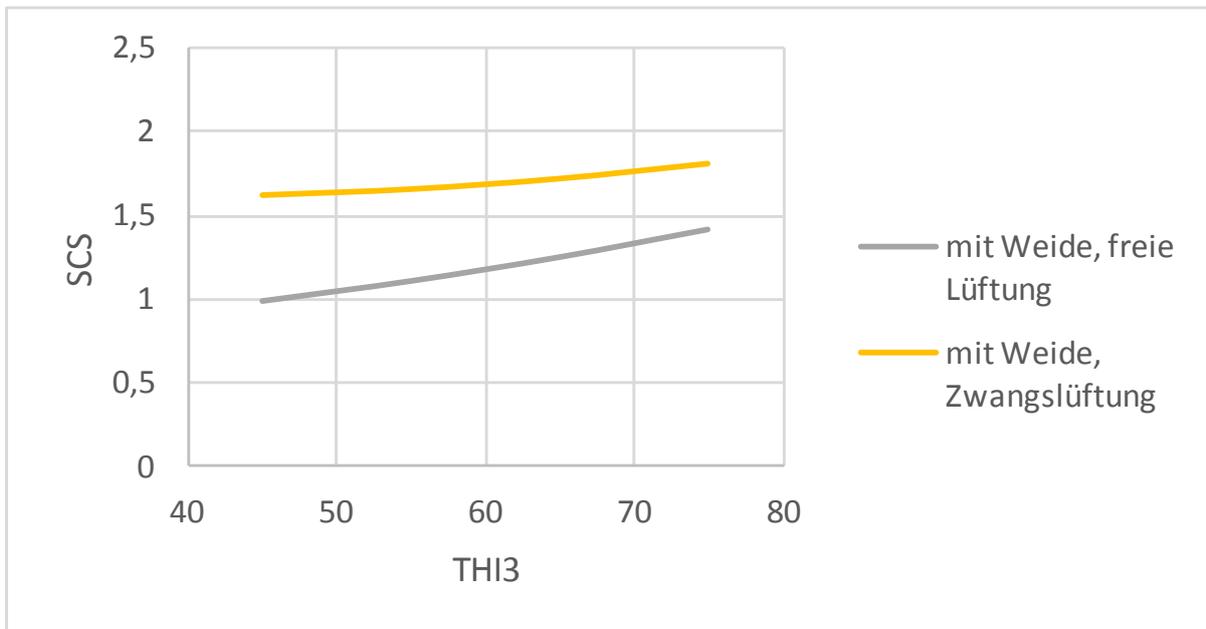


Abb. C-22: SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich 45-75 THI3 Punkten, beim Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

C-4.3 Vergleich Innen- und Außentemperatur bzw. Luftfeuchtigkeit in ausgewählten Ställen

Die Messperiode vom 7. Mai bis 23. bzw. 24. Juli 2015 war optimal für die Untersuchung der Hitzebelastung, da in diesem Zeitraum drei mehrtägige Hitzewellen aufgetreten sind. In Abbildung C-23 ist der Verlauf der Außen- sowie der Innentemperaturen am Standort Pfaffenberg dargestellt. Bereits Anfang Juni baut sich eine Hitzewelle auf und am 5. Juni erreicht das Tagesmaximum mehr als 32 °C. Die zweite Hitzewelle erreicht ihren Höhepunkt am 5. Juli mit Werten deutlich über 35 °C und die dritte Welle ist die wärmste. Hier werden am 22. Juli Werte über 38 °C erreicht. Der 22. Juli wird auch für die Detailanalysen des Tagesganges für die Innen- und Außentemperatur sowie der Taupunkttemperatur verwendet.

Ein Vergleich der Innen- und Außentemperaturen zeigt, dass die Minimumtemperaturen im Stall in etwa um 5 Grad höher liegen als im Freiland (siehe Abb. C-24). Bei den Tagesmaxima ist dieser Unterschied witterungsabhängig. An Schönwettertagen liegt das Tagesmaximum im Freiland um etwa 2 bis 3 Grad höher als im Stall, an Schlechtwettertagen drehen sich die Verhältnisse um und können im Freiland sogar bis zu 6 Grad kühler sein als im Stall.

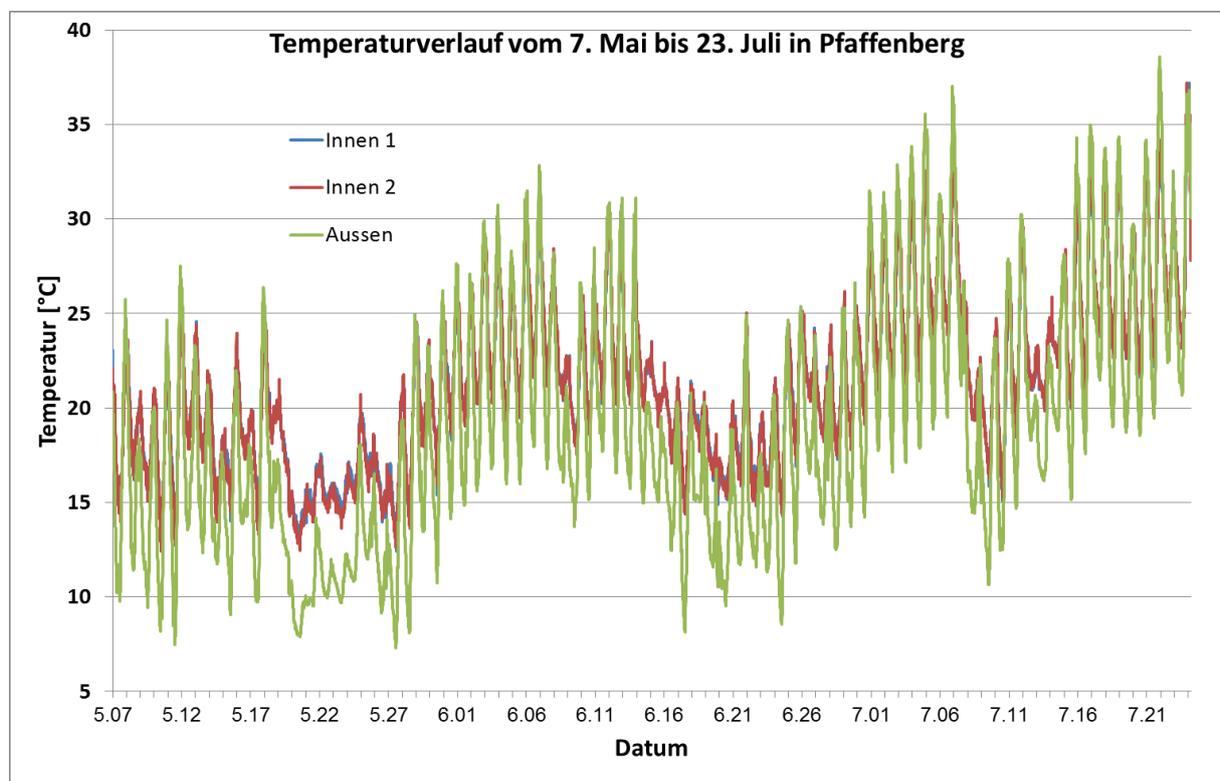


Abb. C-23: Verlauf der Temperaturen vom 7. Mai bis 24. Juli 2015 am Standort Pfaffenberg

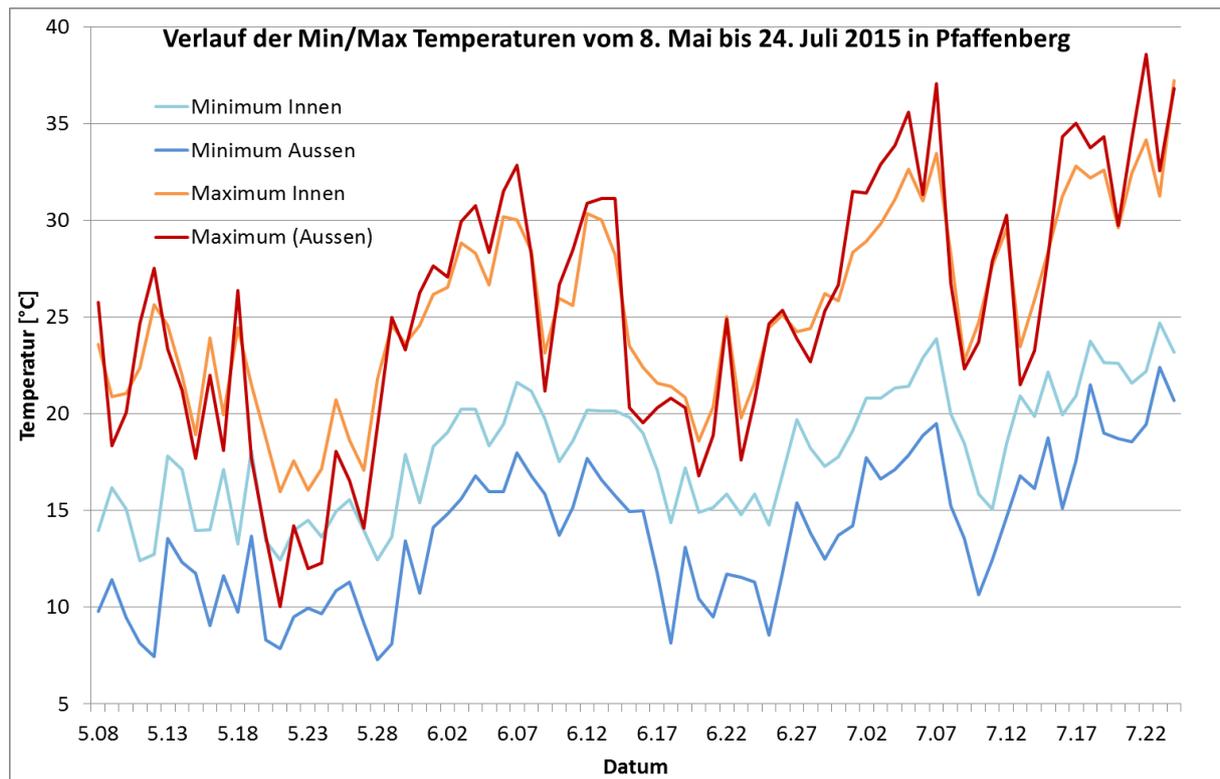


Abb. C-24: Verlauf der Minimums – und Maximumtemperaturen inner- und außerhalb des Stalls vom 8. Mai bis 24. Juli 2015 am Standort Pfaffenberg

Für die Untersuchung der Temperatur- und Feuchteverhältnisse an einem heißen Schönwettertag wurden die vier Stationen Pfaffenberg, Lobenstein, Phyra und Opponitz verwendet. Die Ergebnisse sind in Abbildung C-25 zusammengefasst. Bei den Temperaturen zeigt sich ein sehr ähnlicher Tagesgang an allen vier Standorten.

Die Außentemperatur startet um Mitternacht bei allen Standorten über 20 °C und erreicht ihr Minimum um etwa 6:30, wobei die nächtliche Abkühlung in der zweiten Nachthälfte in Lobenstein gering ist und an den anderen Standorten bei 2 bis 3 Grad liegt. Die morgendliche Erwärmung erfolgt extrem rasch, sodass in Pyhra bereits um 9:20 die 30 Grad Marke erreicht wird. Die Maxima liegen abgesehen von Opponitz bei etwa 38 °C, in Opponitz bei 35 °C. In Pfaffenberg wird das Maximum bereits vor 15:00 Uhr erreicht, an den anderen Standorten erst um 16:00 bzw. 17:00. Am Abend erfolgt eine relativ rasche Abkühlung die in Lobenstein am ausgeprägtesten ist und bis Mitternacht fast 20 °C erreicht. In Pfaffenberg und Opponitz bleibt die Temperatur jedoch über 25 °C.

Die Innentemperatur startet um Mitternacht bei etwa 25 °C wobei Pfaffenberg und Lobenstein leicht darüber und Pyhra und Opponitz leicht darunter starten. Bis zum Morgen sinkt die Temperatur kontinuierlich und erreicht das Minimum um etwa 6:30. Dieses liegt jedoch an allen Standorten über 20 °C und in Lobenstein sinkt es kaum unter 25 °C. Der Temperaturanstieg am Morgen erfolgt wesentlich langsamer als im Freien, sodass die Temperaturmaxima verzögert gegenüber der Außentemperatur erst gegen 18 Uhr erreicht werden. Je nach Standort überschreitet die Außentemperatur zwischen 7:30 und 9:30 die Innentemperatur. Bis auf Opponitz wird an allen Standorten ein Maximum über 30 °C erreicht. In Pfaffenberg ist es am Höchsten mit knapp über 34 °C. In Opponitz werden lediglich rund 29 °C erreicht, wobei hier größere Unterschiede zwischen den beiden Innensensoren auftreten (siehe auch Tabelle C-10). Die nächtliche Abkühlung ist ebenfalls zeitverzögert gegenüber der Außentemperatur, sodass mit Ausnahme von Opponitz die Außentemperatur um etwa 20 Uhr kühler wird als die Innentemperatur.

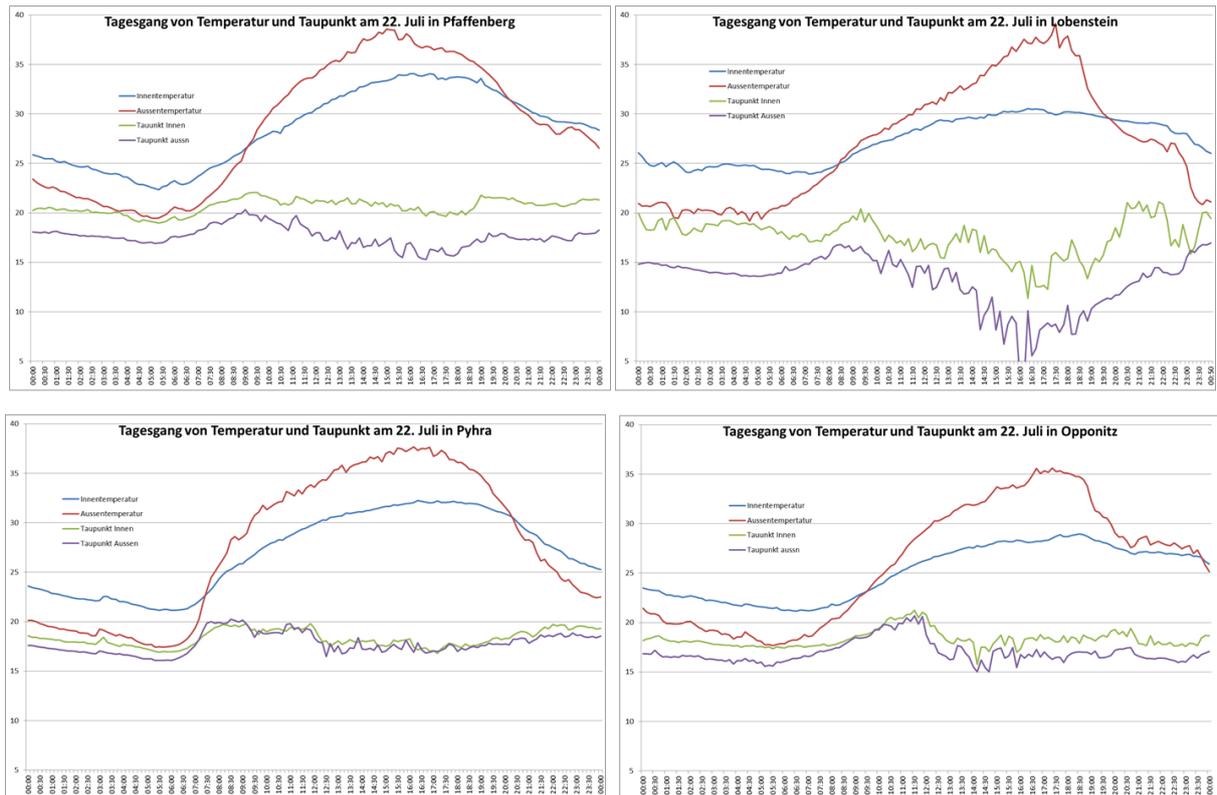


Abb. C-25: Verlauf der Innen- und Außentemperatur (blau, rot), sowie der Innen- und Außentaupunktstemperatur (grün; lila) an vier ausgewählten Standorten.

Um festzustellen, ob innerhalb der Ställe größere Unterschiede in der Temperatur und im Wasserdampfgehalt auftreten, wurde jeweils an zwei möglichst unterschiedlichen Orten im Stall gemessen. Bei der Temperatur zeigen drei Standorte nur geringe räumliche Unterschiede (Tabelle C-10) von weniger als 1 Grad. Nur in Opponitz treten systematische Temperaturunterschiede von 1,6 Grad im Mittel zwischen den beiden Sensoren auf. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Opponitz der einzige Stall mit Anhängervorrichtungen ist. Dadurch befinden sich die Tiere solange sie angebunden sind immer an derselben Stelle. Da die Tiere mit einer Körpertemperatur von etwa 38 °C auch als Heizkörper betrachtet werden können, kann sich durch diese Ortsfestigkeit ein Gradient im Temperaturfeld innerhalb des Stalles aufbauen. Beim Taupunkt beträgt die Differenz zwischen den beiden Sensoren an drei Standorten in etwa 1 Grad. Lediglich in Pfaffenberg ist dieser mit 0,3 Grad deutlich geringer.

Tab. C-10: Differenz zwischen den zwei Sensoren im Stall für die Temperatur und den Taupunkt

Ort	Temperaturdifferenz (°C)	Taupunktdifferenz (°C)
Opponitz	1,6	1,0
Pfaffenberg	0,0	0,3
Lobenstein	0,7	1,2
Pyhra	0,6	0,9

Die Taupunktstemperatur, die ja ein Maß für den absoluten Wasserdampfgehalt der Luft ist, ist an allen vier Standorten im Stall höher als im Freiland. Dies ist auch zu erwarten, da die Tiere durch ihre Transpiration die Luft mit Wasserdampf anreichern. Dennoch folgt an allen Standorten die Taupunktstemperatur im Stall dem Tagesgang des Taupunktes im Freiland. Dies spricht dafür, dass alle vier Ställe grundsätzlich einen guten Luftmassenaustausch mit

der Außenluft haben. Dennoch zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den vier Standorten.

Die Taupunktstemperatur der Außenluft zeigt an drei Standorten nur einen geringen Tagesgang und die Werte bewegen sich zwischen 16 und knapp 20 Grad. Nur in Lobenstein sinkt der Taupunkt im Laufe des Tages stark ab und zum Zeitpunkt des Temperaturmaximums erreicht er ein Minimum von etwa 3 Grad. Dies könnte daran liegen, dass an diesem Standort besonders trockene Verhältnisse während des gesamten Messeinsatzes geherrscht haben. Wegen Wasserknappheit dürfte hier die Vegetation die Transpiration reduziert haben. Dadurch fehlt der Wassernachschub aus der Transpiration. Diese Annahme stimmt auch mit dem Temperaturverlauf an diesem Standort zusammen, der einen kontinuierlichen Anstieg der Temperatur bis zum Maximum zeigt und keine Abflachung im Laufe des Vormittags. Dies könnte auf die fehlende Transpirationskühlung zurückzuführen sein. Auch liegt das Maximum der Taupunktstemperatur bei knapp 17 Grad und damit um etwa 3 Grad unter dem Niveau der anderen drei Standorte.

Bei den Taupunktstemperaturen im Stall zeigen der Standort Pfaffenberg und Lobenstein sehr ähnliche Bedingungen. In beiden Fällen liegt die Taupunktstemperatur im Stall deutlich höher als im Freien. Im Mittel liegt sie in Pfaffenberg um 3 Grad und in Lobenstein sogar um 4,4 Grad höher als im Freiland. Die noch stärkere Differenz in Lobenstein kommt jedoch durch die außergewöhnlich trockenen Verhältnisse der Außenluft unter Tag zustande.

An den beiden anderen Standorten ist der Unterschied im Wasserdampfgehalt zwischen Innen- und Außenluft deutlich geringer. In Opponitz beträgt diese im Mittel 1,3 Grad und in Pyhra sogar nur 0,5 Grad. Die Ursache hierfür dürfte an den Stalltypen liegen. Bei Pfaffenberg und Lobenstein handelt es sich um Laufställe mit Spaltboden, bei Pyhra um einen Laufstall jedoch mit Einstreu. Diese Streu scheint Wasserdampf aus der Luft aufzunehmen und zu einer Reduktion im Taupunkt führen. In Opponitz scheint dies ähnlich zu sein.

C-5 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen den Schluss zu, dass Milchkühe auch unter österreichischen Bedingungen durch Hitzestress belastet werden. Die Außentemperatur und die Kombination von Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit, dargestellt als Temperatur-Luftfeuchtigkeitsindex, THI, haben deutlich merkbaren Einfluss auf die Milchleistungsmerkmale der drei Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein.

Ohne Berücksichtigung des Haltungssystems konnte in der Milchmenge (kg) bei allen drei Rassen (FL, BV, HF) ein signifikanter Rückgang bei zunehmenden THI-Werten und höheren Maximal-Temperaturen an den drei Tagen vor der Leistungskontrolle identifiziert werden. Der Abfall der Milchmenge war rassenspezifisch unterschiedlich und in einem Bereich von 60 bis 75 THI3-Werten und 26°C - 28°C angesiedelt. Ebenfalls rassenspezifisch etwas unterschiedliche Rückgänge waren beim Fett- und Eiweißgehalt zu beobachten. Die ursprüngliche Annahme, dass auch die Eutergesundheit bei höheren Temperaturen leidet, konnte allerdings nicht generell bestätigt werden. Auf den SCS und somit die Zellzahl, welche als Indikator für den Einfluss von steigenden Außentemperaturen auf die Tiergesundheit herangezogen wurde, konnte kein signifikanter Einfluss gefunden werden. Jedoch hat sich ein Trend abgezeichnet, welcher auf erhöhte Zellzahlen im Bereich der tieferen Außentemperaturen hinweist. Dies würde sich mit Literaturquellen decken, die von Kältestress als potentiellen Auslöser für Mastitis berichten. Generell ist in diesem Zusammenhang aber zu beachten, dass im ausgewerteten Datensatz die maximalen THI-Werte bei ‚nur‘ knapp über 75 Punkten lagen und die maximalen Tagestemperaturen bei 33,9 °C. Im Frühsommer 2015 wurden deutlich höhere Maximaltemperaturen verzeichnet, die Daten der Milchleistungskontrolle standen für diesen Zeitraum allerdings noch nicht zur Verfügung und konnten daher nicht ausgewertet werden.

Sowohl bei Milchleistungsmerkmalen als auch hinsichtlich der Zellzahl wies die Berücksichtigung des Haltungssystems auf Unterschiede in den Auswirkungen des THI bzw. der maximalen Tagestemperatur bei verschiedenen Haltungs- und Lüftungsformen hin.

Bei der Milchmenge (kg) konnten die Indoor-Systeme (ohne Weidegang) bei steigenden THI3-Werten die Milchmenge zum Teil gleich halten oder sie sogar steigern, auch mit Weidegang und dafür mit Zwangslüftung im Stall, konnte die Milchmenge teilweise sogar gesteigert werden. Auffällig ist, dass vom steigenden THI3-Wert am stärksten das System betroffen ist, das Weidegang anbietet, aber im Stall nur ein freies Lüftungssystem hat. Unterschiede in der Milchmenge zwischen weidebasierten und Indoor-Systemen in der vorliegenden Untersuchung könnten zum Teil auch auf unterschiedliche Futtergrundlagen zurückzuführen sein. In diesem Zusammenhang muss auch berücksichtigt werden, dass nur die grundsätzliche Information zur Weidehaltung zur Verfügung stand, nicht jedoch, ob bzw. wann die Tiere an den sehr heißen Tagen geweidet wurden und wie gut die Beschattung auf der jeweiligen Weide war. Auf Grund der Ergebnisse kann aber die Empfehlung abgeleitet werden, dass Tiere an Tagen mit hoher Hitzebelastung, insbesondere in Kombination mit hoher Luftfeuchtigkeit, vorzugsweise in den frühen Morgenstunden oder abends geweidet werden sollten. Die Zwangsbelüftung dürfte sich in Übereinstimmung mit der Literatur positiv auswirken, so wird auf den Kühlungseffekt durch gesteigerte Luftwechselrate mittels Ventilatoren häufig hingewiesen, sie kann laut Brade (2013) einen Kühleffekt von über 3°C haben. Hinsichtlich der Inhaltsstoffe waren die Unterschiede zwischen den Haltungssystemen geringer, der negative Einfluss steigender Außentemperaturen bzw. THI-Werte wurde aber bestätigt.

Signifikante Effekte von THI3 bzw. TMax3 innerhalb Haltungssystem wurden aber nur für das Fleckvieh gefunden. Beim SCS als Indikator für Tiergesundheit, haben sich die Indoor-Systeme bei steigenden THI3- und TMax3-Werten als tendenziell positiv herauskristallisiert. Dies wurde in der gefundenen Literatur nicht bestätigt, könnte aber auch mit hervorragendem Management der Indoor-Systeme erklärt werden. Obwohl der Einfluss von steigender Außentemperatur und der Kombination von steigender Außentemperatur/Luftfeuchtigkeit auf die verschiedenen Haltungssysteme signifikant ist, konnte kein Weide- oder Lüftungssystem

als eindeutig positiv oder negativ einwirkender Faktor identifiziert werden. Hinsichtlich der Milchmenge scheint sich die Zwangslüftung allerdings als positiv auszuwirken. Der Vergleich der Innen- und Außentemperatur ausgewählter Ställe zeigte, dass auch innerhalb desselben Haltungssystems durchaus Unterschiede bestehen können. Die vier im Detail analysierten Standorte hatten grundsätzlich einen guten Luftmassenaustausch mit der Außenluft. Bei zwei Ställen lag die Taupunkttemperatur deutlich höher als im Freien, an den beiden anderen Standorten war der Unterschied im Wasserdampfgehalt zwischen Innen- und Außenluft deutlich geringer. Eine mögliche Ursache dafür könnte Einstreu sein, die Wasserdampf aus der Luft aufnimmt und so zu einer Reduktion im Taupunkt und damit auch in den THI3 Werten im Stall führt. Weder Bodenbeschaffenheit noch Einstreu wurden allerdings in den angewandten Modellen als Effekte des Haltungssystems berücksichtigt. In weitergehenden Untersuchungen wäre es empfehlenswert, auch diese potenziellen Einflussfaktoren genauer zu analysieren.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die von der ZAMG zur Verfügung gestellten Außentemperaturen bzw. der Luftfeuchtigkeit für die vorliegende Untersuchung gut geeignet waren. Ein direkter Vergleich zwischen den INCA Daten für die Betriebe und den eigenen Messungen konnte in dieser Studie nicht mehr durchgeführt werden. Für diejenigen Ställe, in denen die Innen- und Außentemperatur detailliert gemessen wurde, empfiehlt sich jedoch eine weitergehende Untersuchung unter Berücksichtigung der aktuellen Leistungsdaten, da durch den extrem warmen Witterungsverlauf in der ersten Sommerhälfte 2015 hervorragende Daten zur Untersuchung von Hitzestress vorliegen.

Literaturverzeichnis

- Batz, F.J. (1990). Grundvoraussetzungen für eine tiergerechte Milchviehhaltung. Birkhäuser Verlag, Berlin, Tierhaltung Band 21, 10-22
- Bianca, W. (1962). Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures and humidity in causing heat stress in cattle. Nature Publishing Group, Nature, 195, 251 - 252
- Bockisch, F. (1991). Quantifizierung von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren Haltungsumwelt als Grundlage zur Verbesserung von Stallsystemen und ihrer ökonomischen Bewertung. Verlag der Ferber'schen Universitätsbuchhandlung, Deutschland, 46-52, 76-79, 202-203
- Bogner, H. und Suess, M. (1981). Einige Anmerkungen zur Gestaltung der technischen Umwelt fuer Rinder und Schweine. Züchtungskunde, 52, 352-358
- Brade, W. (2013). Milcherzeugung unter den Bedingungen des Klimawandels – Möglichkeiten zur Vermeidung oder Minderung des Hitzestresses. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Hannover, Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, 1-20
- Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014). Grüner Bericht 2014. http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=gruenerbericht2014&no_cache=1 besucht am 2014-11-15
- Egger-Danner, C., Fürst-Waltl, B., Ledinek, M., Zollitsch, W., Fürst, C., Steininger, F., Gruber, L., Zottl, K., Weißensteiner, R. (2015). Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft. https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/75215d89f8c87f0eb59a23547cca2b02/Efficient_cow_2_Zwischenbericht_FINAL.pdf besucht am 2015-07-19
- Eitzinger, J. (2007). Einfluss des Klimawandels auf die Produktionsrisiken in der österreichischen Landwirtschaft und mögliche Anpassungsstrategien. Ländlicher Raum (on-line), 1-8
- Findlay, J. D. (1950). The effects of temperature, humidity, air-movement and solar radiation on the behaviour and physiology of cattle and other farm animals : a review of existing knowledge. Hannah Dairy Research Institut, Kirkhill, 9, 4-22
- Haiden, T., A. Kann, G. Pistotnik, K. Stadlbacher, Wittmann, C. (2009). Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) - System description. ZAMG report, 60p. http://www.zamg.ac.at/fix/INCA_system.pdf http://www.zamg.ac.at/fix/INCA_system.pdf
- Hammami, H., Bormann, J., M'hamdi, N., Montaldo, H. H., Gengler, N. (2013). Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. American Dairy Science Association, Mexico, Journal Dairy Science, Volume 96/3, 1844-1855
- Hill, D.L. und Wall, E. (2014). Dairy cattle in a temperate climate: the effect of weather on milk yield and composition depend on management. The Animal Consortium, Animal, 9, 1, 138-149
- Hvidstein, H. (2009). Die Haltung von Milchkühen im Offenstall im Vergleich zum Massiv-Anbindestall. Blackwell Verlag GmbH, Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde, Auflage 17, 223–235
- Jentsch, W., Derno, M., Weiher, O. (2001). Wärmeabgabe der Milchkühe in Abhängigkeit von der Leistung – eine Studie. FBN, Dummerdorf, Arch. Tierzucht, 44, 599-610
- Joksimovic-Todorovic M., Davidovic, V., Hristov, S., Stankovic, B. (2011). Effect of heat stress on milk production in dairy cows. Institute for Animal Husbandry, Belgrade-Zemun, Biotechnology in Animal Husbandry 27, 3, 1017-1023

- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. Elsevier Science B.V., Urbana (USA), *Livestock Production Science*, Volume 77, 59-91
- Koppe, C., Jendritzky, G., Pfaff, G. (2003). Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. DWD, Klimastatusbericht 2003, 152-161
- Lambertz, C., Sanker, C., Gauly, M. (2014). Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *J. Dairy Sci.*, 97, 319–329
- Liebe, A. (1996). Zusammenhänge zwischen Zellzahl und Wachstumsfaktorengehalt der Milch sowie Mastitis beim Rind unter besonderer Berücksichtigung von Haltungseinflüssen. Dissertation Veterinärmedizinische Universität München, Herbert Utz Verlag, München, 7-11
- Loebstin, C., Fiedler, M., Tober, O., Hoffmann, G., Hempel, S., Amon, T. (2012). Minderungsmöglichkeiten von Hitzestress am Beispiel von Zusatzlüftung. In: Beiträge zum Thema Stallklima in der Tierhaltung, Dummerdorf, 31-41
- Samraus, H. H. (1978). *Nutztierethologie*, 1. Auflage, Verlag Paul Parey, s.p.
- Schormüller, J. (1974). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 220-239
- Schüller, L.K., Burfeind, O., Heuwieser, W. (2013). Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. American Dairy Science Association, Berlin, *Journal of Dairy Science*, 96, 7731-7738
- Shathele, M.S. (2009). Weather effect on bacterial mastitis in dairy cows. *International Journal of Dairy Science*, 4, 57-66
- Smith, D.L., Smith, T., Rude, B.J., Ward, S.H. (2013). Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, 96, 3028-3033
- Steininger, F. (2015). Projektvorstellung „Efficient Cow“. Der effizienten Kuh auf der Spur. https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/84af3092c20b3a3179d2c07e51d4257c/Efficient_Cow_2_Zwischenbericht___Anlagen.pdf besucht am 2015-07-19
- Strauss, F., Formayer, H., Schmid, E. (2013). High resolution climate data for Austria in the period 2008–2040 from a statistical climate change model. *Int. J. Climatol.* 33: 430–443
- Tietze, M., Gruszecki, O., Lipecka, C., Szymanowska, A., Markiewicz, J., Bryl, M. (2001). Level of selected biochemical indices in blood serum and health state of mammary glands in sheep under different environment systems. *Dummerdorf, Arch. Tierz., Special Issue*, 219-223
- Tucker, C. und Schütz, K. (2009). Behavioral Responses to Heat Stress: Dairy Cows Tell the Story. Animal Science Department, Hamilton New Zealand, 13-21
- Werner, P.C.; Gerstengarbe, F.-W. (2007). Welche Klimaänderungen sind in Deutschland zu erwarten? In: Endlicher, W.; Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.): *Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke*. Potsdam, 56-59
- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86, 2131–2144
- Wyss, U., Mauer, J., Frey, H., Reinhard, T., Bernet, A., Hofstetter, P. (2001). Aspekte zur Milchqualität und Saisonalität der Milchliefereien. *Agrarforschung Schweiz* 2, 9, 412-417

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. C- 1:	Auswirkungen von Temperatur in Kombination von Luftfeuchtigkeit auf die Milchkuh, nach Brade (2013)	8
Abb. C- 2:	Wärmeproduktion der Milchkuh nach Jahresleistung (kg energiekorrigierte Milch (EKM)/Kuh/Jahr), nach Brade (2013)	9
Abb. C- 3:	Lüftungssysteme im Überblick, nach Brade (2013)	11
Abb. C- 4:	Kuhdusche im Versuchseinsatz, nach Tucker und Schütz (2009)	11
Abb. C- 5:	Regionale Verteilung der Betriebe nach Rassen (Fleckvieh: gelb, Braunvieh: grün, Holstein: blau), nach Steininger (2015)	14
Abb. C- 6:	Lage der Betriebe an denen meteorologische Messungen durchgeführt wurden	15
Abb. C- 7:	Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 Punkten) auf die Milchmenge pro Kuh und Tag in kg beim Fleckvieh unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte	20
Abb. C- 8:	Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 Punkten) auf den Fettanteil pro Kuh und Tag in % unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte	22
Abb. C- 9:	Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 Punkten) auf den Eiweißanteil pro Kuh und Tag in % unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte	22
Abb. C-10:	Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Haltungssystem Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh	25
Abb. C-11:	Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)	26
Abb. C-12:	Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45 - 75 THI3 Punkten, im Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)	26
Abb. C-13:	Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall, bei der Rasse Braunvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)	27
Abb. C-14:	Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Laufstall, bei der Rasse Braunvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)	28
Abb. C-15:	Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)	29
Abb. C-16:	Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)	29
Abb. C-17:	Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)	30

Abb. C-18:	Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Anbindestall, für die Rasse Braunvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)30
Abb. C-19:	Eiweißanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Werten, beim Anbindestall, bei der Rasse Holstein (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)31
Abb. C-20:	SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, beim Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)32
Abb. C-21:	SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, beim Außenklimastall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)33
Abb. C-22:	SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich 45-75 THI3 Punkten, beim Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)33
Abb. C-23:	Verlauf der Temperaturen vom 7. Mai bis 24. Juli 2015 am Standort Pfaffenberg34
Abb. C-24:	Verlauf der Minimums – und Maximumtemperaturen inner- und außerhalb des Stalls vom 8. Mai bis 24. Juli 2015 am Standort Pfaffenberg.....35
Abb. C-25:	Verlauf der Innen- und Außentemperatur (blau, rot) , sowie der Innen- und Außentaupunktstemperatur (grün; lila) an vier ausgewählten Standorten ..36
Tabellen	
Tab. C- 1:	Verteilung der Betriebe und Kühe auf die Bundesländer im Projekt "Efficient Cow" nach Egger-Danner et al. (2015)13
Tab. C- 2:	Anzahl der Betriebe im Projekt "Efficient Cow" aufgeteilt auf die Haltungssysteme (Laufstall, Anbindestall und Außenklimastall) in Kombination mit Weidegang (W = Weide, KW = keine Weide) 14
Tab. C- 3:	Anteil der verwendeten Betriebe an den verschiedenen Lüftungssystemen (freie Lüftung, Zwangslüftung) 14
Tab. C- 4:	Überblick über die analysierten Merkmale (Mittelwert, Minimum, Maximum, Std = Standardabweichung) 16
Tab. C- 5:	Anteil Testtagsleistungen von Kühen der Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh(BV) und Holstein (HF) in verschiedenen Haltungssystemen (W = Weide, KW = keine Weide, Z = Zwangslüftung, F = freie Lüftung) in %17
Tab. C- 6:	Signifikanzniveaus aller Effekte (ohne Haltungssystem) für die Merkmale Milchmenge, Eiweißanteil, Fettanteil und SCS für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein (Modell 1) bei Berücksichtigung des THI319
Tab. C- 7:	Änderung von Milchmenge pro Kuh und Tag in kg bei den Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und Holstein (HF) und einem Anstieg von 50 auf 75 THI3 Punkten bzw. von 22°C auf 34°C TMax3 (unter Konstanthaltung aller fixen und kontinuierlichen Effekte)21
Tab. C- 8:	Änderung des Eiweißanteils (%) und Fettanteils (%) bei den Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und Holstein (HF) und einem Anstieg von 50 auf 75 THI3 Punkten bzw. von 22°C auf 34°C TMax3 (unter Konstanthaltung aller fixen und kontinuierlichen Effekte)23

Tab. C- 9:	Signifikanzniveaus aller Effekte (mit Haltungssystem) für die Merkmale Milchmenge, Eiweißanteil, Fettanteil und SCS für die Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und Holstein (HF) (Modell 2) bei Berücksichtigung des THI3	24
Tab. C-10:	Differenz zwischen den zwei Sensoren im Stall für die Temperatur und den Taupunkt	36

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung im Rahmen von StartClim2014 durch das BMLFUW, das BMWWF, die ÖBF und das Land Oberösterreich sehr herzlich. Ein besonderer Dank gilt auch dem BMLFUW, den Bundesländern, der ZAR und deren Mitgliedsorganisationen und allen Projektpartnern für die Bereitstellung von Daten des Projektes „Efficient Cow“ (Projekt Nr. 100861, www.dafne.at) sowie den Mitarbeitern der Landeskontroll- und Zuchtverbände und allen teilnehmenden Betrieben für die gute Zusammenarbeit.

Anhang

Beispielfragebogen zur Zusatzerhebung der Lüftungssysteme

EfficientCow

Ergänzung zur Basiserhebung

1 / 1

EfficientCow

Nacherfassung: Lüftungssystem im Stall

Betrieb:	<input type="text"/>	LFBIS:	<input type="text"/>
Mitarbeiter:	<input type="text"/>	Datum:	<input type="text"/>

Welches Stalllüftungssystem wird am Betrieb angewandt?

- freie Lüftung (= thermische Lüftung)
 mit Abluftschacht (Kamin)
 ohne Abluftschacht
 Zwangslüftung (= mechanische Lüftung)

Wird ein freies Lüftungssystem am Betrieb angewandt, erfolgt dieses

- über Dach (Trauf-First-Lüftung)
 über Wand (Öffnung in Seitenwand → im einfachsten Fall über Fenster/Tor)

Wird eine Zwangslüftung am Betrieb angewandt, erfolgt die Absaugung

- über Deckenventilatoren oder
 über Wandventilatoren?

Sind die Fenster in den Sommermonaten geöffnet bzw. ausgehängt?

- Ja Nein Teilweise

Ist das Staldach bzw. die Zwischendecke gedämmt?

- Ja Nein

Werden zusätzliche Maßnahmen getroffen, um den Hitzestress zu mindern?

- Ja Nein

Wenn ja, welche?

- Sprinkler
 Vernebelung
 Ventilatoren
 sonstige: _____

Ist im Auslauf- und Weidebereich der Tiere ein ständiger Zugang zu Schatten gewährleistet (Bäume, bauliche Maßnahmen,...)?

- Ja Nein

