Universität für Bodenkultur Wien

Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften

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

Masterarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom - Ingenieur

Verena Auer, BSc

Wien
Dezember 2015

Matrikelnummer lt. Studienblatt:	0845034
Studienrichtung lt. Studienblatt	Masterstudium Nutztierwissenschaften
Betreuer:	Priv.-Doz. Dr. Birgit Fürst-Waltl
	Dr. Christa Egger-Danner

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich unterstützt und maßgeblich zum Gelingen dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Herzlichen Dank an Priv.-Doz. Dr. Birgit Fürst-Waltl, die stets meine erste Ansprechperson war und mir viel hilfreiches Feedback gegeben hat, sowie für die gesamte Betreuung der Masterarbeit von Seiten der Universität für Bodenkultur bereitgestanden ist.

Danken möchte ich auch Dr. Christa Egger-Danner für die Bereitstellung der Leistungsdaten und ihrer Hilfe bei der Aufarbeitung dieser.

Des Weiteren möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), der ZuchtData EDV-Dienstleistungs GmbH, des Institutes für Meteorologie der BOKU und der Landeskontrollverbände für die Datenerhebung und Bereitstellung herzlichst bedanken.

Abschließend gilt mein spezieller Dank meiner Familie. Sie hat mir durch Ihre finanzielle und mentale Unterstützung erst mein Studium ermöglicht und ohne sie wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Problemstellung 1
2 Literaturübersicht 3
2.1 Wärmehaushalt der Milchkuh 3
2.2 Wärmeproduktion im Körper 4
2.3 Wärmeabgabe durch Thermoregulation 5
2.3.1 Begünstigende Faktoren zur Wärmeabgabe 7
2.4 Hitzestress bei erhöhter Außentemperatur 9
3 Daten und Methode 11
3.1 Datenerhebung 11
3.1.1 Betriebs- und Tierdaten 11
3.1.2 Meteorologische Daten 13
3.1.3 Leistungsdaten 13
3.2 Datenaufbereitung und statistische Analyse 14
3.2.1 Leistungsdaten 14
3.2.2 THI und Maximaltemperatur 16
3.2.3 Haltungssystemgruppierung 16
3.3 Statistische Analyse 17
3.3.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte mit und ohne Berücksichtigung des Haltungssystems 17
4 Ergebnisse und Diskussion 19
4.1 Ergebnisse ohne Berücksichtigung des Haltungssystem 19
4.1.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Milchmenge 20
4.1.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Fett- und Eiweißgehalt 23
4.1.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Zellzahl 25
4.2 Analyse der Milchleistungsmerkmale und der Zellzahl mit Berücksichtigung des Haltungssystems 26
4.2.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Milchmenge 28
4.2.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Fettgehalt 32
4.2.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Eiweißgehalt 35
4.2.4 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Zellzahl 36
5 Schlussfolgerungen 39
6 Zusammenfassung 42
7 Abstract 44
8 Literatur- und Quellenverzeichnis 45
9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis 49
10 Anhang 51
10.1 Fragebogen zur Zusatzerhebung der Lüftungssysteme: 51

Abkürzungsverzeichnis

BV	Braunvieh
FL	Fleckvieh
FCM	Fett korrigierte Milch
HF	Holstein
MJ	Megajoule
m/s	Meter pro Sekunde
kg	Kilogramm
RLF	relative Luftfeuchtigkeit
SCS	Somatic cell score
T	durchschnittliche Tagestemperatur
THI	Temperatur-Luftfeuchtigkeitsindex (Temperature-Humidity Index)
THI3	durchschnittlicher THI aus 3 Tagen vor der Milchleistungskontrolle zuzüglich dem Tag der Milchleistungskontrolle
TMax	Maximale Umgebungstemperatur gemessen an einem Tag

TMax3	durchschnittliche maximale Umgebungstemperatur aus 3 Tagen vor Milchleistungskontrolle zuzüglich dem Tag der Milchleistungskontrolle
°C	Grad Celsius
kW	kein Weidegang
W	Weidegang

Die vorliegende Untersuchung erfolgte im Rahmen des StartClim Projektes StartClim2014.C (http://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/StartClim2014_reports/StCl2014C_lang.pdf) und wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, der ÖBf und des Landes Oberösterreich gefördert.

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).
Es ist davon auszugehen, dass langfristige Änderungen der Wetterbedingungen eine Folge dieser Erscheinung sein werden, so dass es bis 2050 in Österreich zu einem Temperaturanstieg von 0,9°C bis 1,8°C kommen kann (Eitzinger, 2007).

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 der letzten Jahre untermauert, so stellte zum Beispiel das Jahr 2013 das elftwärmste 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). 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 der indirekten Probleme der steigenden Außentemperaturen, wie zum Beispiel deren Auswirkungen auf die Futtergrundlage der Milchkühe, führen Temperaturanstieg in Kombination mit erhöhter Luftfeuchtigkeit auch zu direkten Problemen beim Rind. Die heutige hochleistende Milchkuh ist nicht mehr mit der Milchkuh vor einigen Jahrzehnten vergleichbar, da die Milchleistung extrem angestiegen ist. So wird unter anderem von Schüller et al. (2013) von einem

dreifachen Anstieg in der Milchleistung innerhalb der letzten fünfzig Jahre berichtet. Auch Kadzere et al. (2002) zeigt in seiner Studie einen deutlichen Anstieg der Milchmenge zwischen 1940 - 1995 auf.
Die höheren Anforderungen an den Stoffwechsel machen hochleistende Milchkühe anfälliger für Hitzestress, was wiederrum mit verringertem Wohlbefinden, einem Abfall in der Milchleistung und Gesundheitsproblemen verbunden sein kann.

Aufgrund dieser Zusammenhänge beschäftigt sich diese Masterarbeit 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, um mögliche Maßnahmen zur Verhinderung von Hitzestress zu identifizieren.

Aus diesen Fragestellungen wurden folgende Arbeitshypothesen formuliert:
- Die Milchleistung (Milchmenge in kg und deren Inhaltsstoffe Fett und Eiweiß) wird unter österreichischen Bedingungen von der Außentemperatur bzw. der Kombination aus Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit nicht beeinflusst.

- Die Zellzahl als Indikator für die Tiergesundheit wird unter österreichischen Bedingungen von der Außentemperatur bzw. der Kombination aus Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit nicht beeinflusst.

- Es gibt unter österreichischen Bedingungen keine Unterschiede in den Auswirkungen verschiedener Haltungsfaktoren auf Hitzestress und dessen Folgen auf die Milchleistung und Tiergesundheit.

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit 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.

2 Literaturübersicht

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 Sambraus (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 1 (nach Brade, 2013) dargestellt.

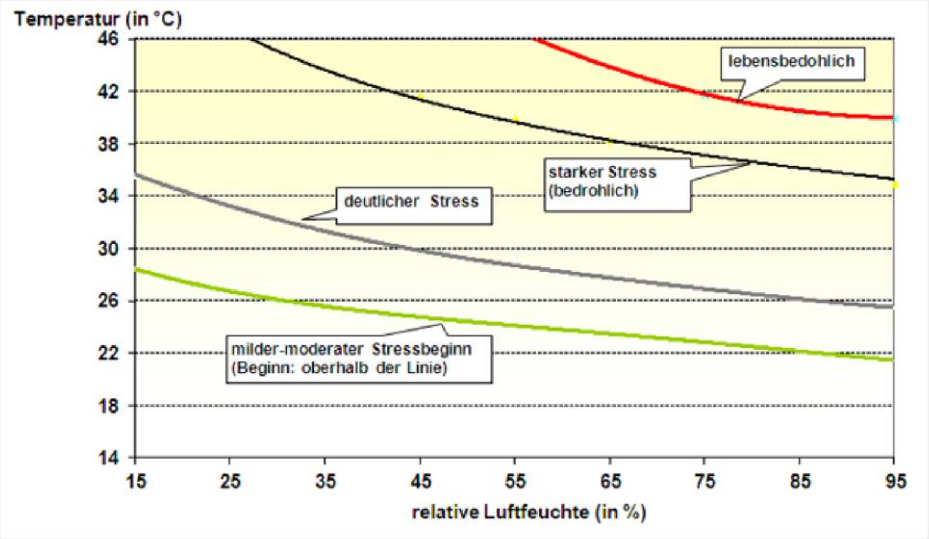

Abb. 1 Auswirkungen von Temperatur in Kombination von Luftfeuchtigkeit auf die Milchkuh, nach Brade (2013)

Die genauen Zusammenhänge zwischen Umgebungstemperatur/Luftfeuchtigkeit und dem Wärmehaushalt der Kuh werden im Folgenden detailliert dargestellt.

2.2 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 variabel ist (Schormüller, 1974).

Dadurch ist deutlich zu erkennen, dass die überdurchschnittliche Wärmeproduktion der heutigen Hochleistungskuh, 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 wiederrum mit einer Wärmeabgabe von ca.

55 MJ/Kuh/Tag einhergeht. Um dies bildlich darzustellen, entspräche die erhöhte Wärmeabgabe von zwei Kühen drei ganztägig brennenden Rotlichtlampen (á 250 W) (Jentsch et al., 2001). So wird nun klar, dass die hohen Temperaturen insbesondere die Hochleistungskühe belasten, da diese notwendigerweise einen sehr intensiven Stoffwechsel aufweisen. Dies wird in Abbildung 2 (nach Brade, 2013) verdeutlicht.

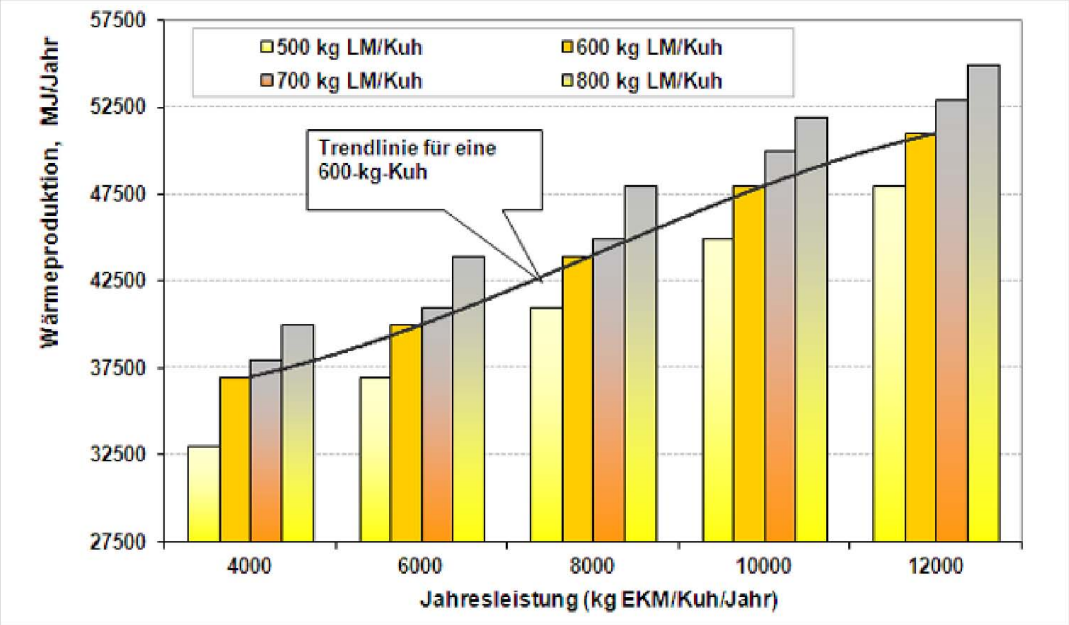

Abb. 2 Wärmeproduktion der Milchkuh nach Jahresleistung (kg EKM/Kuh/Jahr), nach Brade (2013)

2.3 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 (Loebsin 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 Strahlungsabsorbationsfähigkeit 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 (Loebsin et al., 2012). An heißen Tagen kann ein Hochleistungsrind bis zu 35 Liter Flüssigkeit schwitzen und veratmen, wobei hier dann 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 wiederrum Wärme vom Tier absorbieren kann (Loebsin 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 (Loebsin et al., 2012).

Abbildung 3, nach Brade (2013) soll dies nochmals verdeutlichen.

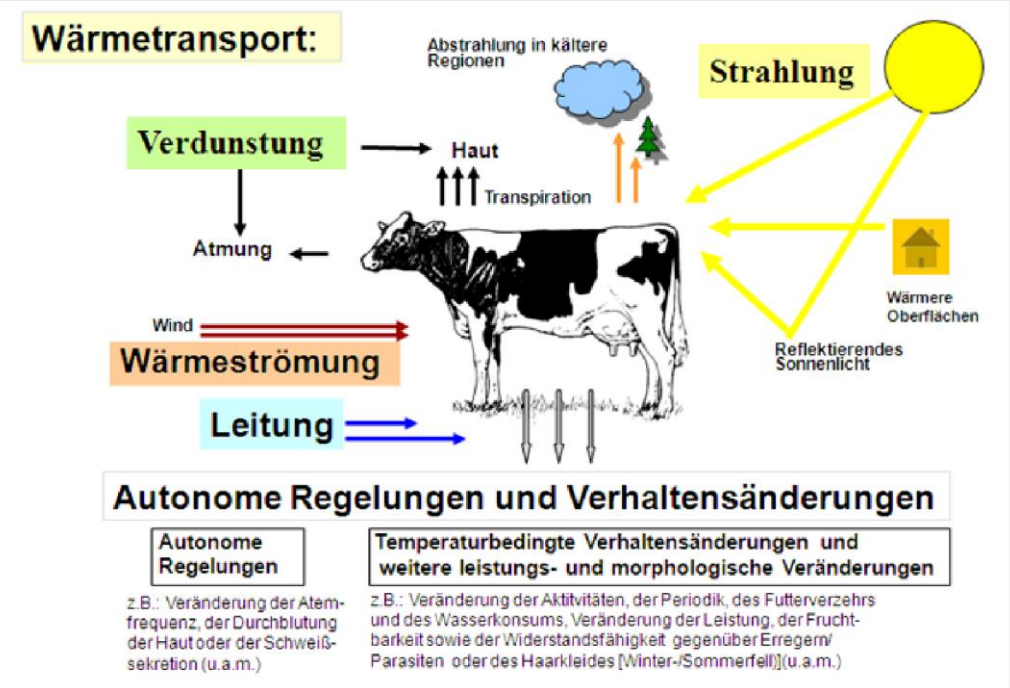

Abb. 3 Wärmeaufnahme und -abgabe der Kuh, nach Brade (2013)

2.3.1 Begünstigende Faktoren zur Wärmeabgabe

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 vermindernden 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 wiederrum eine Trauf-First-Lüftung eingesetzt werden oder eine Öffnung der Seitenwand erfolgen (im einfachsten Fall über Fenster und Türen).

Ein Versuch von Loebsin et al. (2012) zeigt die Unterschiede in einem Stall mit ausgeschalteten und eingeschalteten Ventilatoren auf. Für den Versuch wurde ein ungedämmter, freigelüfteter 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). Loebsin et al. (2012) verweist auf eine optimale Windgeschwindigkeit für hochleistende Milchkühe von 2,5 m/s, was im Versuch von LOEBSIN et al. (2012) auch mit 3 vorhandenen Deckenventilatoren nicht erreicht wurde. Andererseits gilt es laut Bockisch (1991) Zugluft zu vermeiden, was wiederrum zu einer konträren Empfehlung einer Luftgeschwindigkeitserhöhung von nur 0,2m/s bei nicht vorgewärmter Außenluft führt (Abbildung 4).

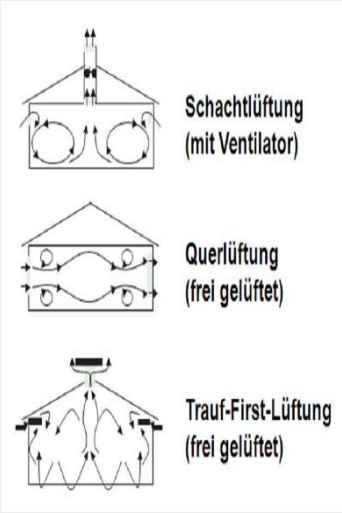

Abb. 4 Lüftungssysteme im Überblick, Brade (2013)

Weiters kann durch den Einsatz von geeigneten Baumaterialien die Wärmeregulation im Stall positiv beeinflusst werden - Dachdämmung, wärmeleitende Materialien, Wassersprinkler bis hin zur Kuhdusche (Abbildung 5) (Tucker und Schütz 2009) - zum Beispiel findet ein nicht unerheblicher Wärmeeintrag durch ungedämmte Dächer statt, da Dachtemperaturen bei voller Sonneinstrahlung über 60°C liegen können (Brade 2013).

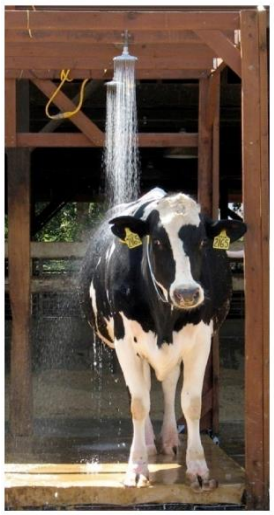

Abb. 5 Kuhdusche im Versuchseinsatz, nach Tucker und Schütz (2009)

2.4 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 hochleistende 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 Wohlergehen der Rinder, andererseits hat er auch einen ökonomischen Einfluss, welcher sich durch eine reduzierte Milchproduktion 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 Milchmenge und den Inhaltsstoffen (Eiweiß und Fett) werden auch von Joksimovic-Todorovic et al. (2011) bestätigt.

Wenn die Umgebungstemperatur auf 25°C oder höher steigt, reduziert die Milchkuh instinktiv ihre Futteraufnahme, um so die Wärmeproduktion durch die Verstoffwechslung zu vermindern. Da die Futteraufnahme einer hochleistenden Kuh stark mit der von ihr produzierten Milchmenge verbunden ist, sinkt diese dann ebenso ab (Kadzere et al., 2002). Eine Futterreduktion führt zu einer

Milchmengenabnahme, welche 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. Diese Auswirkung soll in Abbildung 6, nach Brade (2013) verdeutlicht werden.

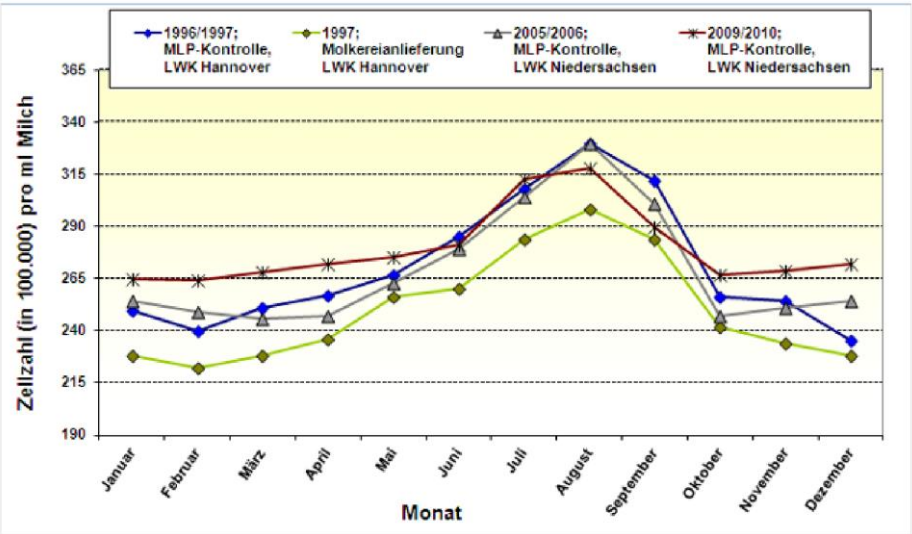

Abb. 6 Zellzahlentwicklung im Vergleich von Jänner bis Dezember, nach Brade (2013)

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 dazu berichten Hammami et al. (2013) und Shathele (2009) von erhöhten Mastitisvorkommen während Phasen von niedrigen Umgebungstemperaturen und Kältestress.

3 Daten und Methode

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.

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 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 bis auf Burgenland und Wien bzw. alle wesentlichen Milchproduktionsregionen (Tabelle 1 bzw. Abbildung 7; Egger-Danner et al. 2015, Steininger, 2015).

Tab. 1 Verteilung der Betriebe und Kühe auf die Bundesländer im Projekt "Efficient Cow"

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

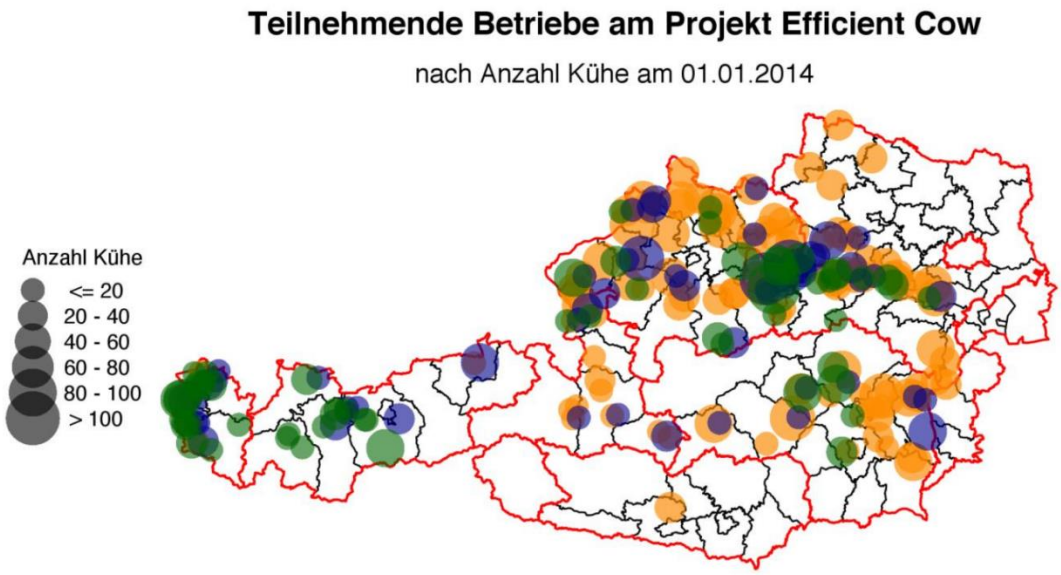

Abb. 7 Regionale Verteilung der Betriebe nach Rassen (Fleckvieh: gelb, Braunvieh: grün, Holstein: blau), nach Steininger (2015)

Zu den verwendeten schon vorliegenden Daten aus diesem Projekt (Haltungstyp und Weidegang) (Tabelle 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) (Tabelle 3). Der zusätzliche Fragebogen ist im Anhang ersichtlich und wurde in Zusammenarbeit der BOKU, ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH und HBLFA Raumberg-Gumpenstein erstellt.

Tab. 2 Anzahl der Betriebe im Projekt "Efficient Cow" aufgeteilt auf die Haltungssysteme (Laufstall, Anbindestall und Außenklimastall) in Kombination mit Weidegang

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

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

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

3.1.2 Meteorologische Daten

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) stellte für die Betriebe meteorologische Daten über die Kontrolljahre 2010 bis 2014 zur Verfügung (durchschnittliche 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), SZA-Nummer, Postleitzahl, 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.

3.1.3 Leistungsdaten

Milchleistungsinformationen (Testtagsmilchmengenleistung, Fettanteil, Eiweißanteil, Zellzahl, letztes Abkalbedatum, Laktationszahl, Rasse, Tage in Milch, Milchleistungsdatum, Fremdgenanteil, Geburtsdatum der Kuh, Erstkalbedatum, Seehöhe des Betriebs) wurden durch die ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH über die Kontrolljahre 2010 bis 2014 aus dem Rinderdatenverbund für die 167 Betriebe zur Verfügung gestellt. Jeder Betrieb wird durch den zuständigen Landeskontrollverband im Schnitt 8 bis 11-mal pro Jahr kontrolliert.

3.2 Datenaufbereitung und statistische Analyse

3.2.1 Leistungsdaten

Der zur Verfügung gestellte Gesamtdatensatz umfasste insgesamt 142.345 Testtagsleistungen von 7.479 Kühen. In Tabelle 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):

$$SCS = \log2 (Zellzahl/100.000)+3 \quad [1]$$

Tab. 4 Die verwendeten Variablen im Überblick (Mittelwert, Minimum, Maximum, Standardabweichung)

Variable	N	Mittelwert	Minimum	Maximum	Std.
Milchmenge	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_a	138.946	2,31	-3,64	9,64	1,69

$_a$SCS = log2 (Zellzahl/100.000)+3

Um eine bessere Klassenbesetzung zu gewährleisten wurden aus dem Kalbemonat 4 Kalbesaisonen geformt. Aus der vorhandenen 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. Die Klassenbesetzungen gehen aus Tabellen 5-7 hervor.

Tab. 5 Anzahl Testtagsleistungen für die Kalbejahre 2009-2015

Kalbejahr	Testtagsleistungen (N)
2009	5.057
2010	15.767
2011	21.637
2012	30.562
2013	39.385
2014	29.283
2015	654

Tab. 6 Anzahl Testtagsleistungen für 17 Laktationskalbeklassen (je 7 Klassen für die 1. und 2. Latkation, sowie je eine Klasse für die Laktationen 3-5+)

Kalbealtersklasse	Testtagsleistungen (N)
1	4618
2	10.923
3	12.168
4	7.206
5	4.677
6	2.023
7	2.406
8	1.479
9	4.229
10	7.900
11	7.052
12	6.328
13	3.288
14	2.473
15	23.872
16	16.702
17	10.990

Tab. 7 Anzahl Testtagsleistungen für die Kalbesaisonen (1 = Jänner-März; 2 = April-Juni; 3 = Juli-September; 4 = Oktober-Dezember)

Kalbesaison	Testtagsleistungen (N)
1	34.736
2	25.843
3	38.051
4	43.715

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
THI = (1,8xT+32)-[(0,55-0,0055xRLF)x(1,8xT-26)] [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, 2013) 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).

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. Tabelle 8 veranschaulicht die Aufteilung der Tiere auf die verschiedenen Gruppierungen.

Tab. 8 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 Testtagsleistungen(%)									
		Laufstall				Anbindestall		Außenklima			
Rasse		W		KW		W		W		KW	
	N	Z	F	Z	F	Z	F	Z	F	Z	F
	118.349	9,15	3,47	21,1	9,72	3,93	2,27	19,12	4,02	23,52	3,71
FL	69.089	8,74	5,94	19,61	10.89	4,19	1,8	18,54	4,17	22,21	3,92
BV	26.931	15,89	-	20,4	7,31	5,78	5,07	20,96	1,11	23,49	-
HF	2.918	2,21	-	27,77	10,42	0,53	0,26	15,19	7,1	29,19	7,34

3.3 Statistische Analyse

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

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

Im ersten Schritt wurden die Merkmale für die Rasse Fleckvieh/Braunvieh/Holstein ohne Berücksichtigung des Haltungssystems getrennt 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.

Im Modell 1 wurden die fixen Effekte Laktations-Kalbealtersklasse (17 Klassen), das Kalbejahr (6 Klassen) und die Kalbesaison (4 Klassen) sowie die kontinuierlichen Effekte Laktationstag (linear und quadratisch) und THI3 (linear und 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 dieser Arbeit 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) 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 wiederrum mit Microsoft Excel 2013, wobei die Variable THI3 ab einem Wert von 45 THI-Punkten und 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.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Ergebnisse ohne Berücksichtigung des Haltungssystem

Tab. 9 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

Aus Tabelle 9 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.

4.1.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Milchmenge

Wie schon in Tabelle 10 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 8). Ein starkes 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 (Tabelle 10).

Tab. 10 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)

Rasse	Milchmenge/Kuh/Tag (kg)		Differenz (kg)	Milchmenge/Kuh/Tag (kg)		Differenz (kg)
	THI3 50	THI3 75		TMax3 22 °C	TMax3 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

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 29,3kg auf 28,0kg (-1,3kg) erkennbar (Tabelle 10).

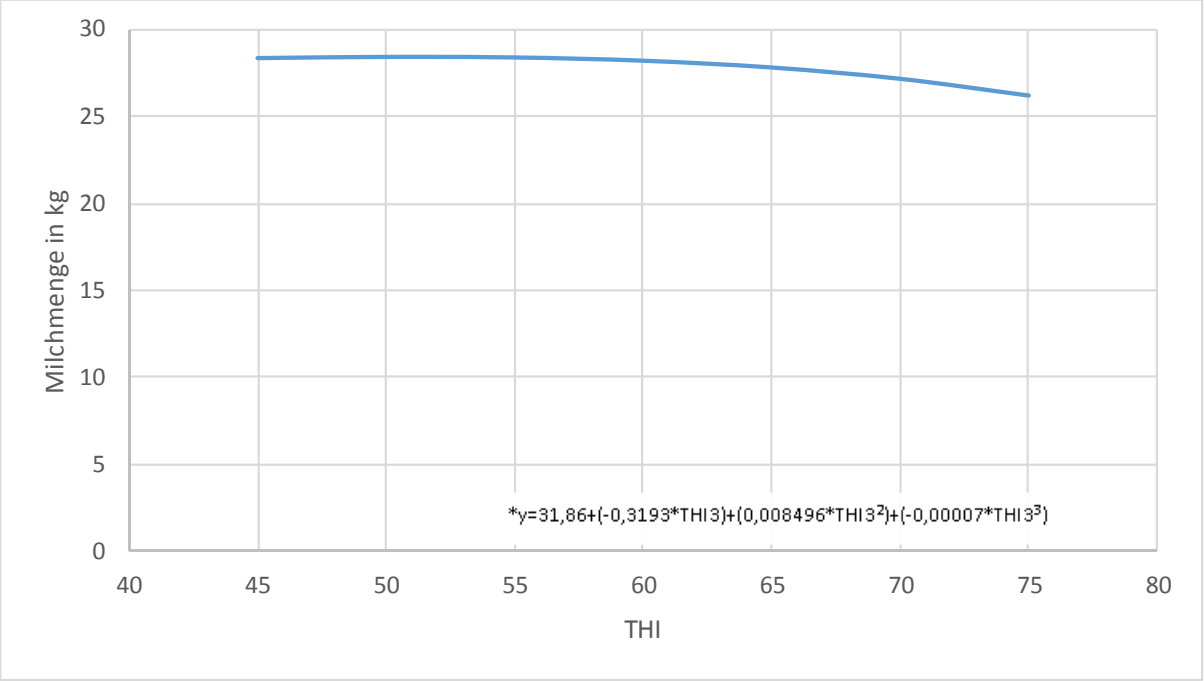

Abb. 8 Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 THI3 Punkten) auf die Milchmenge pro Kuh und Tag in kg beim Fleckvieh unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte

Auch beim Braunvieh und bei 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 70-75 THI3-Punkten (-0,1kg) statt, während es von THI3 50 zu THI3 75 sogar zu einem Anstieg der täglichen Milchleistung beim Holstein kommt. Hinsichtlich Tmax3 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 (Tabelle 11).

Diese 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 Futteraufnahme, welcher im Sommer bei 20%, bei Temperaturen über 40°C sogar bei 50% gelegen hat, begründeten. Hammami et al.

(2013) führten beim Holstein-Rind einen Rückgang in der Milchmenge bei 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 THI>=90 zu beobachten war, bei Holstein hingegen schon ab THI>=72. Derart hohe THI Werte, die möglicherweise zu stärker ausgeprägten Effekten geführt hätten, waren unter österreichischen Bedingungen im Untersuchungszeitraum nicht zu beobachten.

4.1.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Fett- und Eiweißgehalt

Beim Fettgehalt und Eiweißgehalt bestand für diesen Datensatz ebenfalls eine nicht-lineare Beziehung. Mit zunehmendem THI3 beziehungsweise zunehmendem TMax3 nahm der Fettgehalt bzw. Eiweißgehalt ab (Abbildung 9 und Abbildung 10). Der Fettanteil bei der Rasse Fleckvieh steigt an und sinkt erst im Bereich von etwa 22°C TMax3 wieder ab.

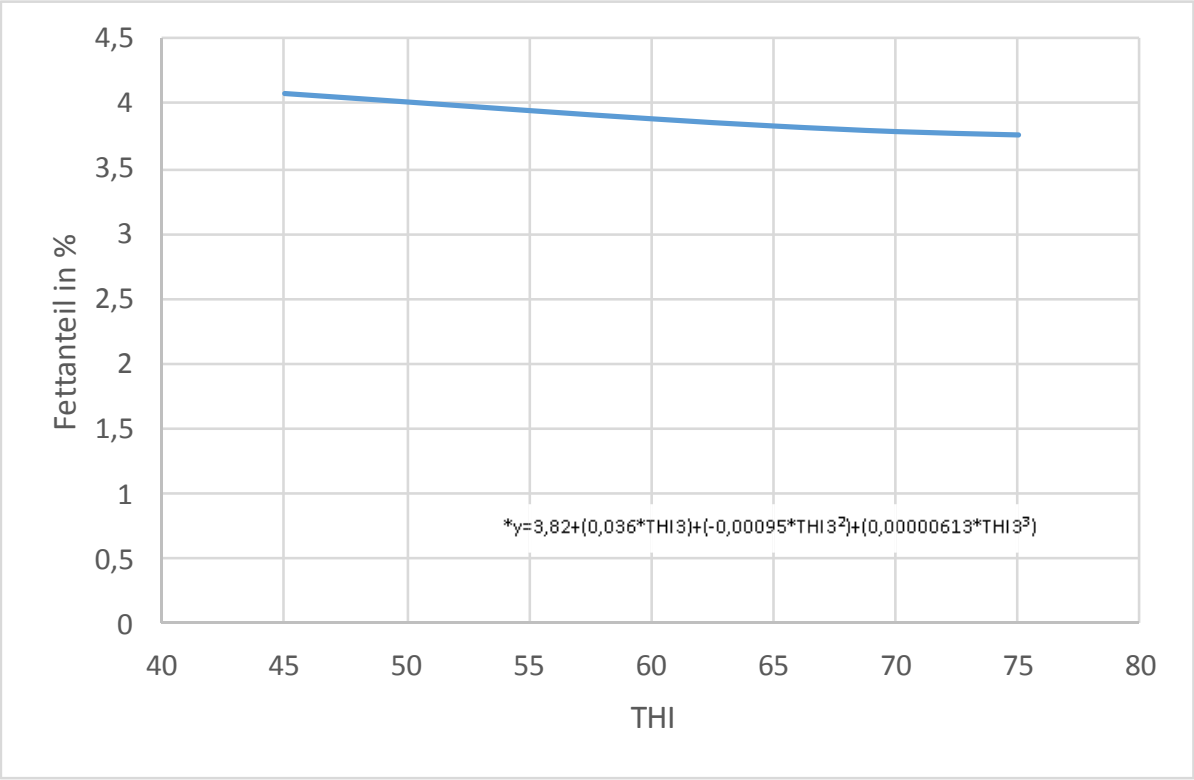

Abb. 9 Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 Punkten) auf den Fettanteil pro Kuh und Tag in % unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte (Fleckvieh))

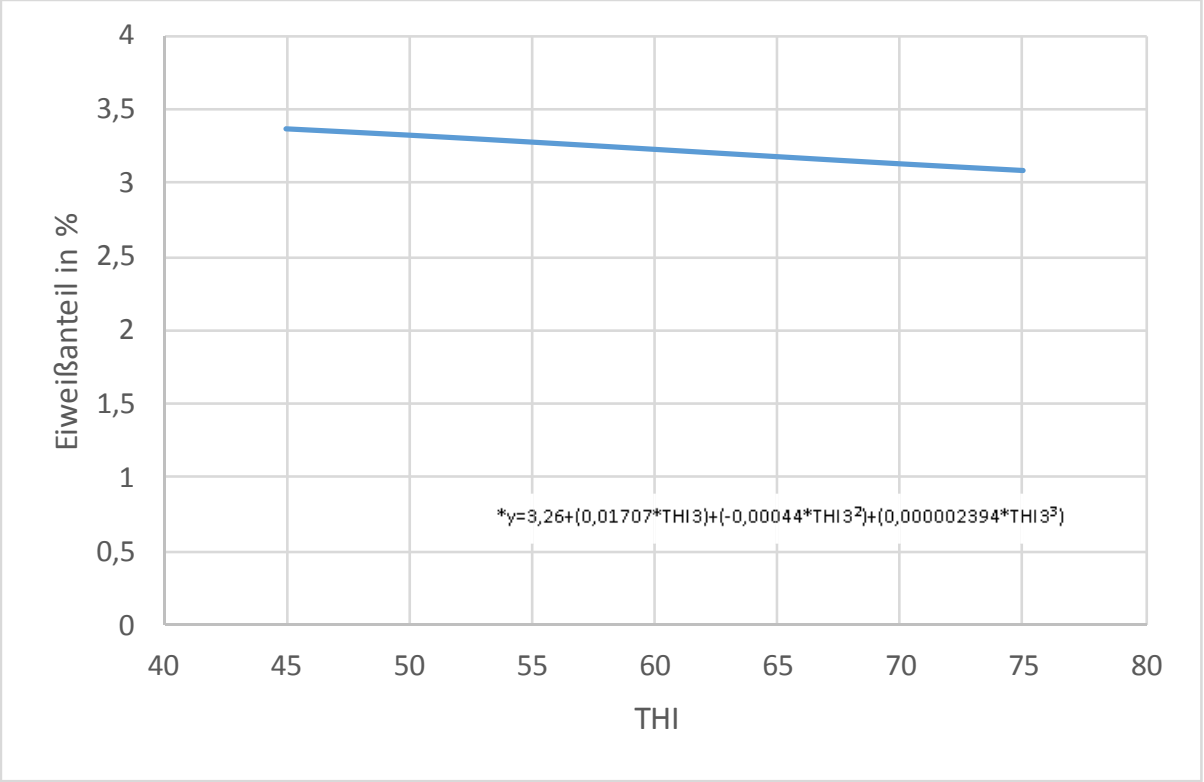

Abb. 10 Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 Punkten) auf den Eiweißanteil pro Kuh und Tag in % unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte (Fleckvieh)

Die Ergebnisse von Braunvieh und Holstein fielen ähnlich aus. Tabelle 11 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.

Tab. 11 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

4.1.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit 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 10 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) berichteten von leichten Rückgängen im SCS bei höheren THI Werten, argumentieren aber, dass dies nicht notwendigerweise auch zu einer geringeren Zahl an Euterentzündungen führen muss. Die Autoren empfahlen 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 Shathele (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.

4.2 Analyse der Milchleistungsmerkmale und der Zellzahl mit Berücksichtigung des Haltungssystems

Bei der Auswertung mit Haltungssystem wird das Hautaugenmerk auf die Rasse Fleckvieh gelegt, da die Fleckviehbetriebe mehr als doppelt so viele verwertbare Testtagesleistungen (2520) hatten wie die nächst größere Rasse Braunvieh (1044). Trotzdem werden die Auswertungsergebnisse vom Fleckvieh mit Auswertungen von Braunvieh und Holstein ergänzt und etwaige Unterschiede aufgezeigt.

Tabelle 13 zeigt die Signifikanzniveaus der fixen und kontinuierlichen Effekte für Modell 2. Die Anzahl der Datensätze verringerte sich im Vergleich zur Auswertung ohne Haltungssystem, da nur auf 150 Betrieben Erhebungen zur Lüftung durchgeführt wurden und diese nicht zur Gänze verwertbar waren.

Tab. 12 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

Während beim Fleckvieh sowohl der THI3 als auch der THI3 innerhalb des Haltungssystems einen hochsignifikanten (P<0.001, Tab. 12) 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 Haltungsform (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 die 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 geringer Klassenbesetzung geführt.

4.2.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Milchmenge

Beim Typ „Laufstall“ ist die Milchmenge/Kuh/Tag beim Fleckvieh 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 (Abbildung 11).

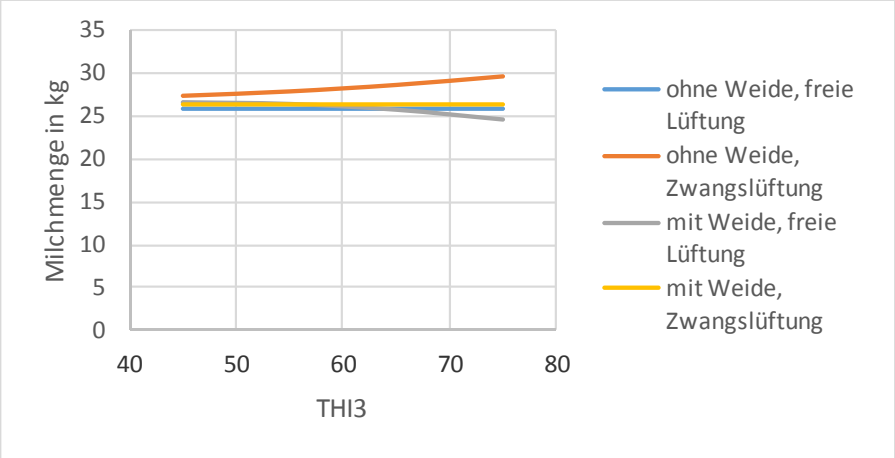

Abb. 11 Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Haltungssystem Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Beim Typ „Außenklimastall“ (Abbildung 12) 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 verglich.

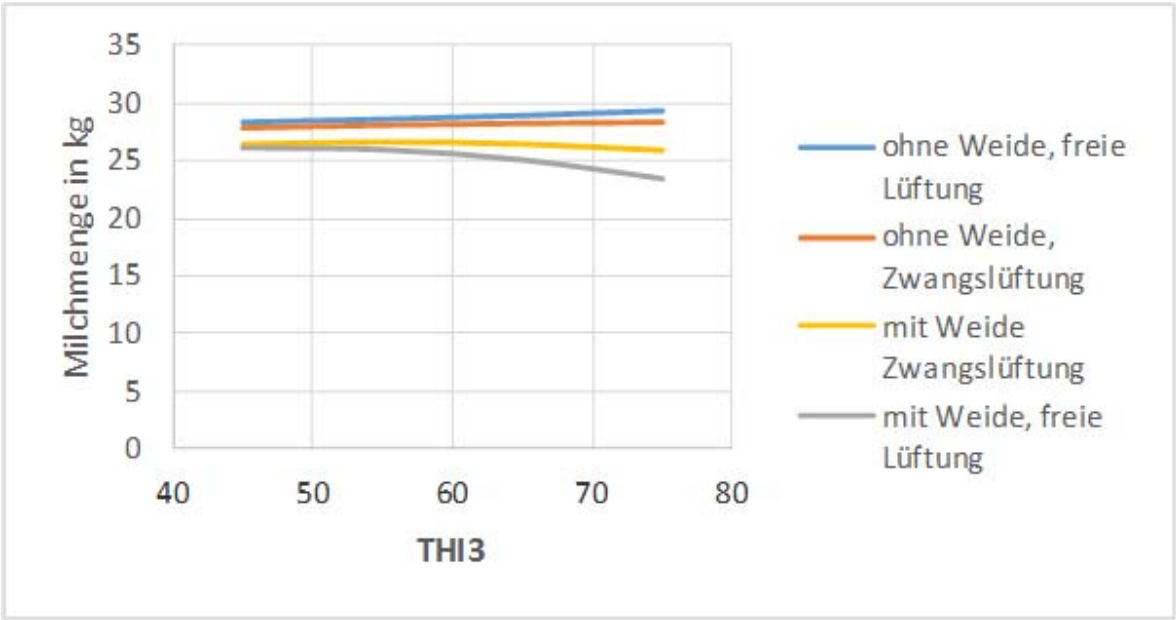

Abb. 12 Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Da beim Typ „Anbindestall“ (Abbildung 13) der Weidegang gesetzlich immer angeboten werden muss, gibt es hier kein Stallsystem ohne Weidegang. Hier gibt es jedoch einen Unterschied zwischen Zwangslüftung und freier Lüftung. Bei den Ställen mit freier Lüftung ist ein leichter Rückgang der Milchmenge/Kuh/Tag bei

steigendem THI3 Wert erkennbar, bei Zwangslüftung ist im Gegensatz ein leichter Anstieg der Milchmenge feststellbar.

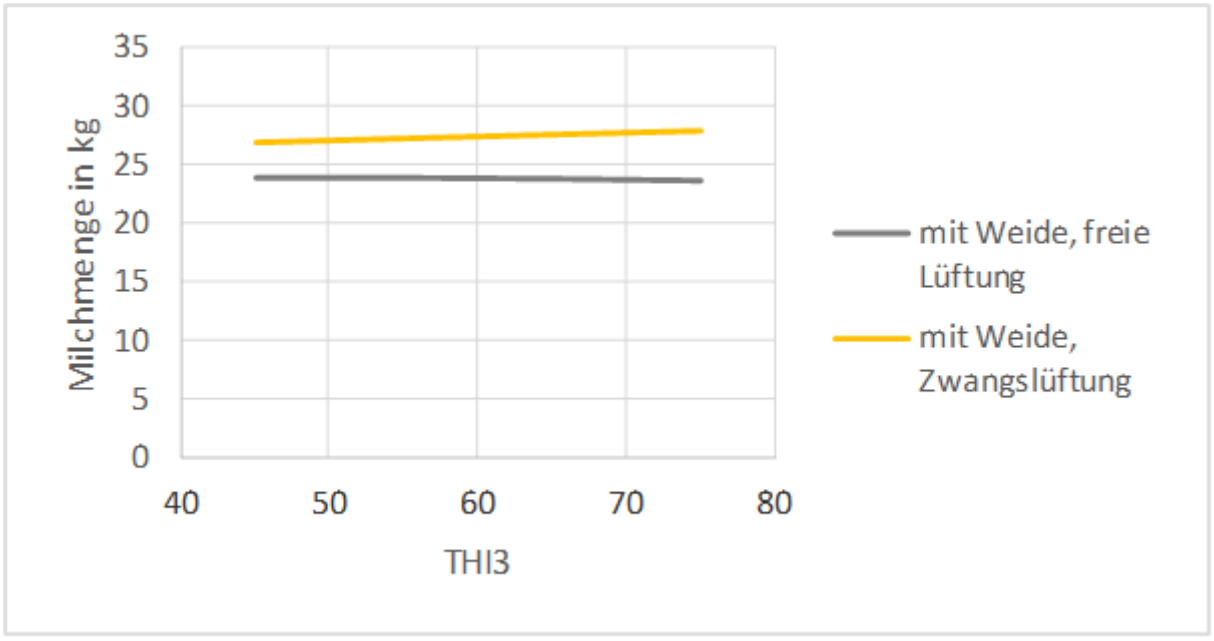

Abb. 13 Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Bei der Rasse Braunvieh bestätigt sich derselbe Trend beim Stalltyp „Außenklimastall“ (Abbildung 14), bei Systemen mit freiem Lüftungssystem ist die Milchmenge/Kuh/Tag anfälliger auf steigende THI3-Werte.

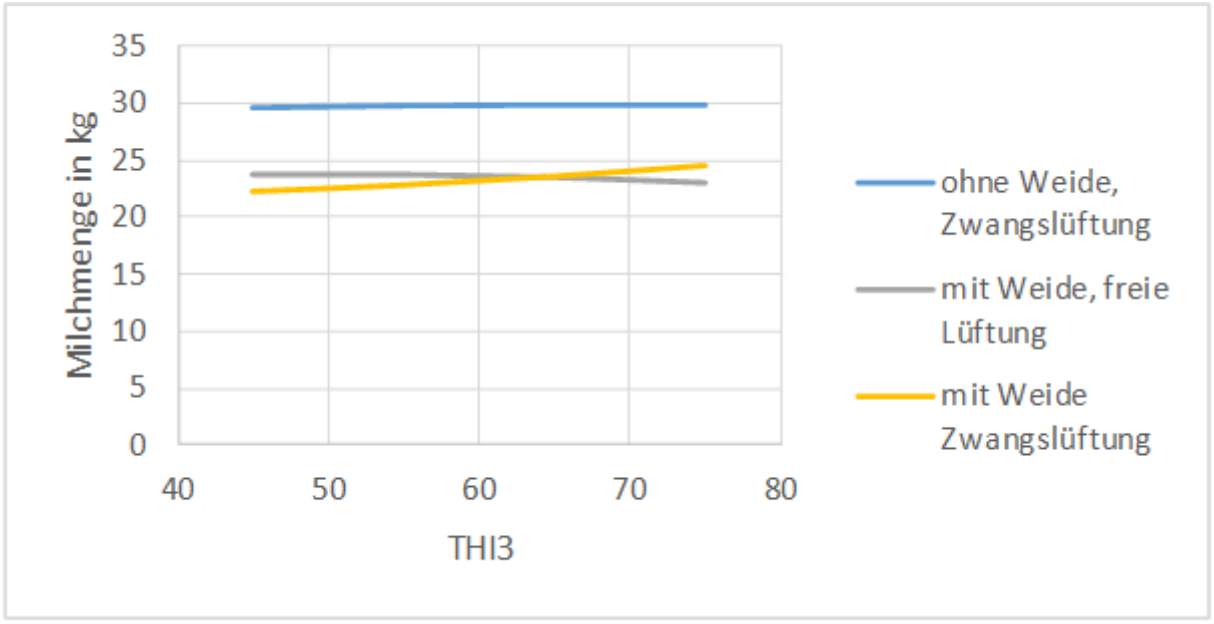

Abb. 14 Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall, bei der Rasse Braunvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

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 (Abbildung 15) erkennbar und könnte bei diesen Betrieben auf ein sehr gutes Lüftungsmanagement hinweisen.

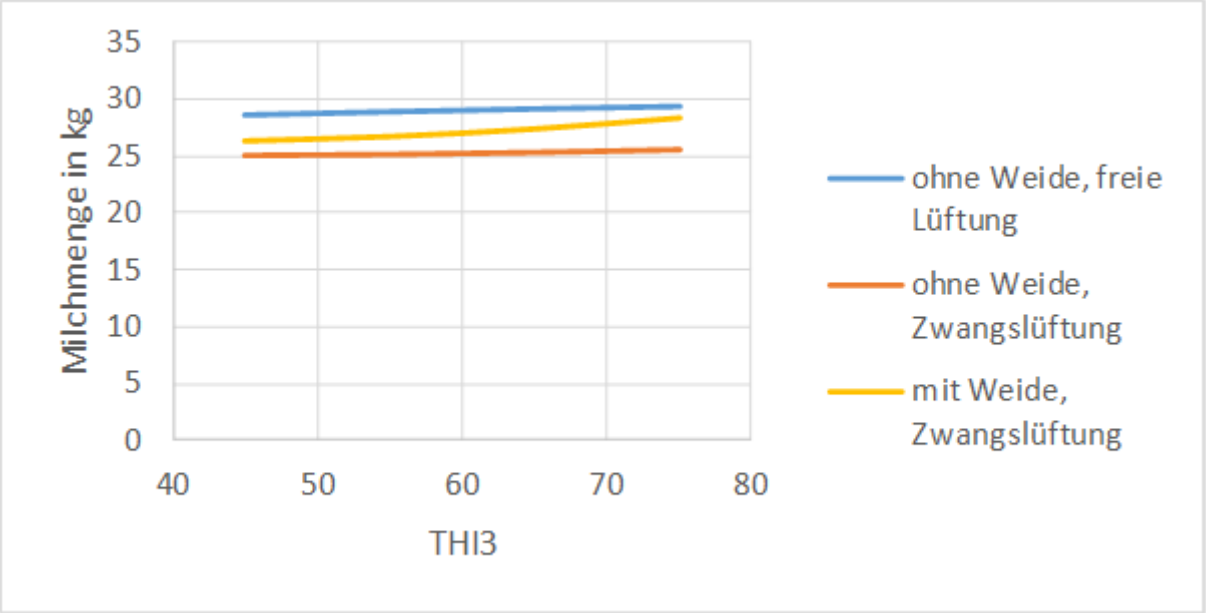

Abb. 15 Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Laufstall bei der Rasse Braunvieh (basierend auf LS Means für das Haltungssystem)

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.
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 THI>=65 sowohl mit als auch ohne Weide leichte Rückgänge zu verzeichnen waren.
Auch die Ergebnisse zur Zwangsbelüftung stimmen mit der vorhanden 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 Signifikanz (P=0,49) in der Auswertung bestand (Tabelle 23).

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

4.2.2 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Fettgehalt

Die Ergebnisse waren beim Fleckvieh ähnlich wie ohne Berücksichtigung des Haltungssystems. Mit zunehmendem THI3 - beziehungsweise zunehmendem TMax3 - nahm der Fettgehalt ab (Abbildung 16, Abbildung 17, Abbildung 18), wobei dies mehr oder weniger unabhängig von der Lüftung bzw. vom Weidegang erfolgte.

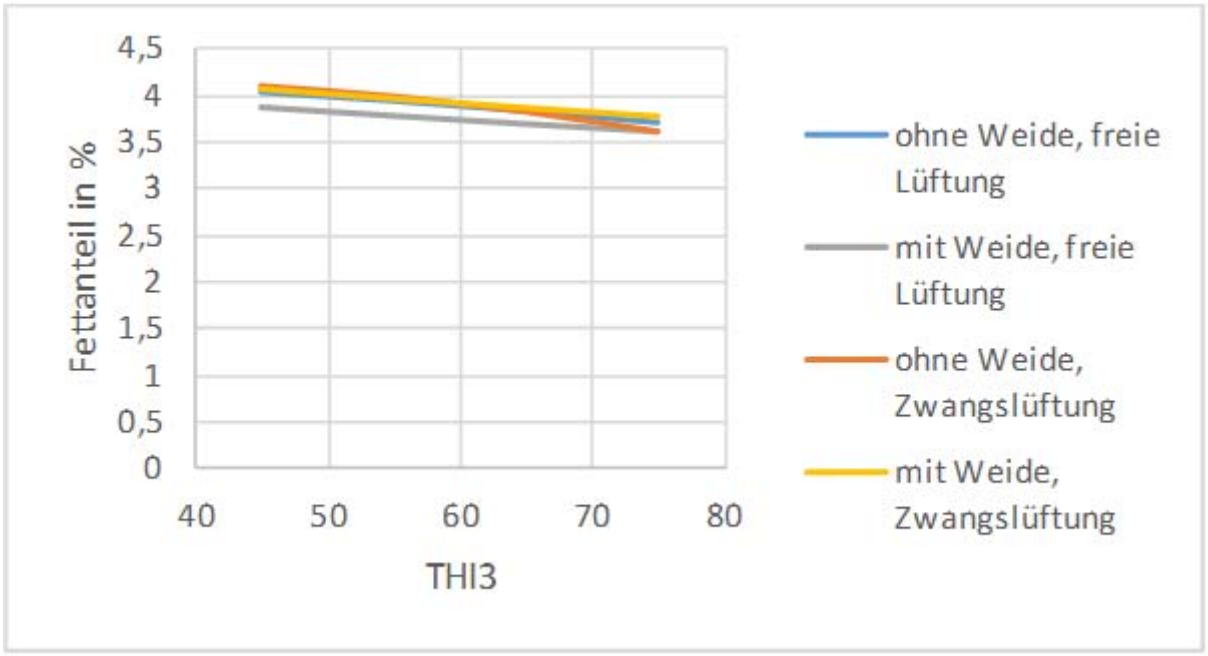

Abb. 16 Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystems)

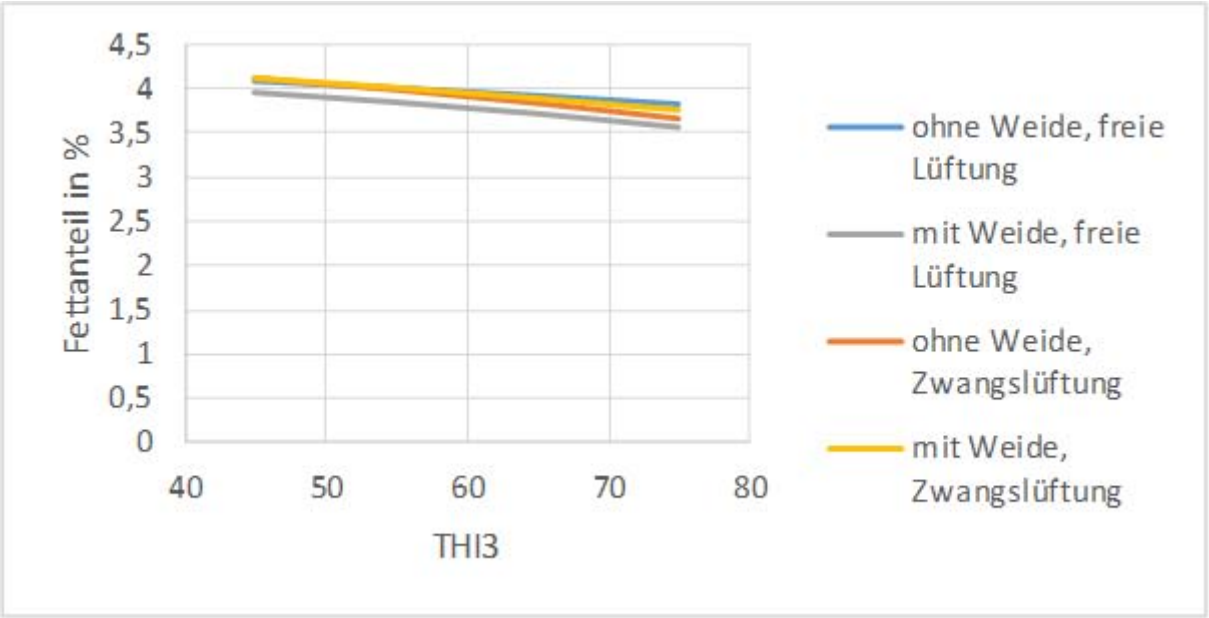

Abb. 17 Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall, für die Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

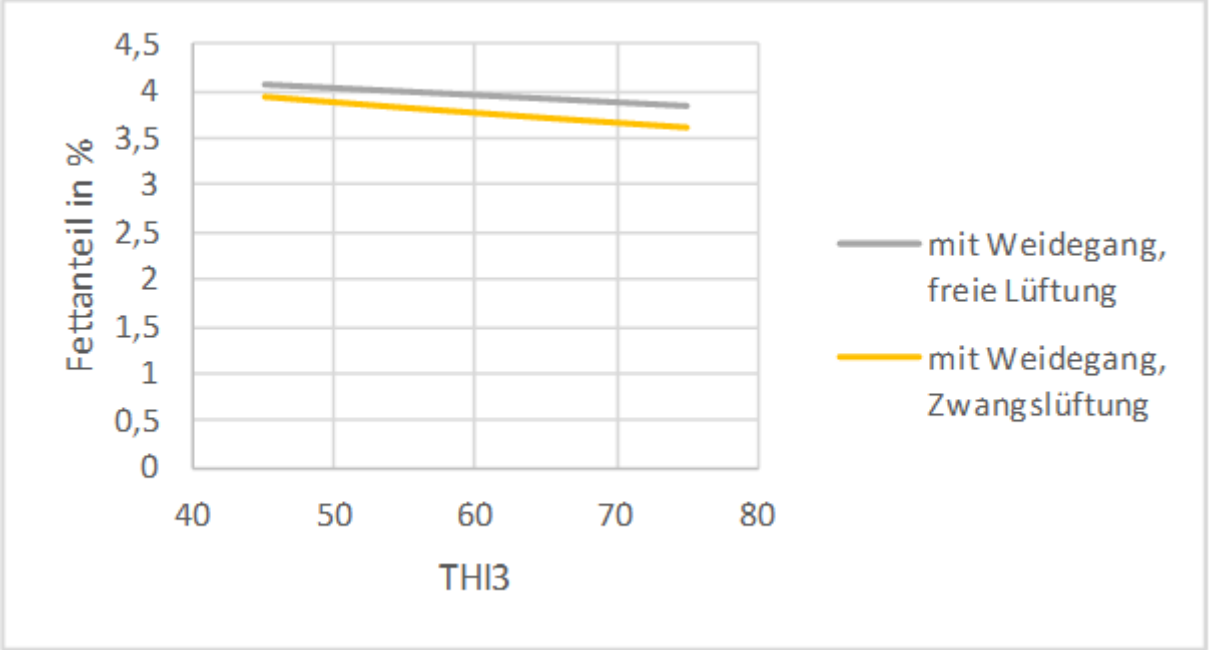

Abb. 18 Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

Auch beim Braunvieh nimmt man einen durchwegs abnehmenden Verlauf des Fettanteils bei zunehmenden THI3 Werten wahr. Nur beim Typ Anbindestall (Abbildung 19), wo der Weidegang Voraussetzung ist, kristallisiert sich bei zunehmendem THI3 die Zwangslüftung als positiver Einfluss auf den Fettgehalt heraus.

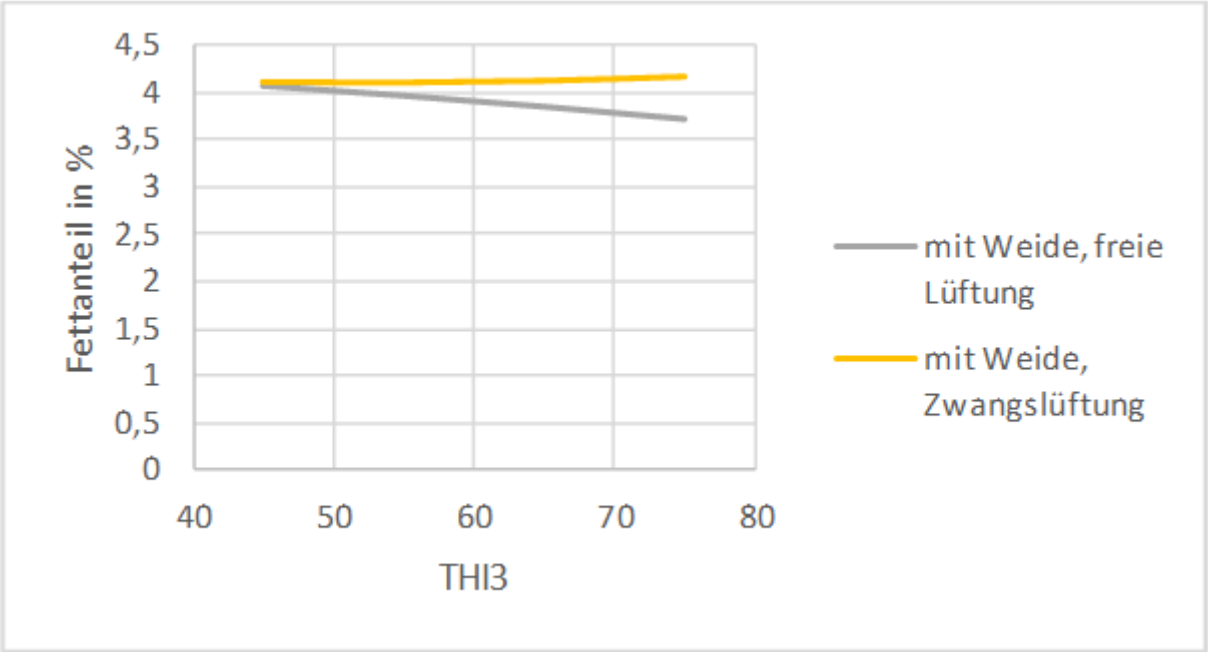

Abb. 19 Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Anbindestall, für die Rasse Braunvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

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 in der vorliegenden Studie nicht erkennen. Der Fettgehalt zeigt bei Outdoor-Haltung aber einen kontinuierlichen Rückgang bei steigendem THI, während im Indoor-System ein Rückang erst ab etwa 50 THI Punkten zu verzeichnen ist. Die Ergebnisse beim Fleckvieh werden durch die Ergebnisse 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.

4.2.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit 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 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 (Abbildung 20).

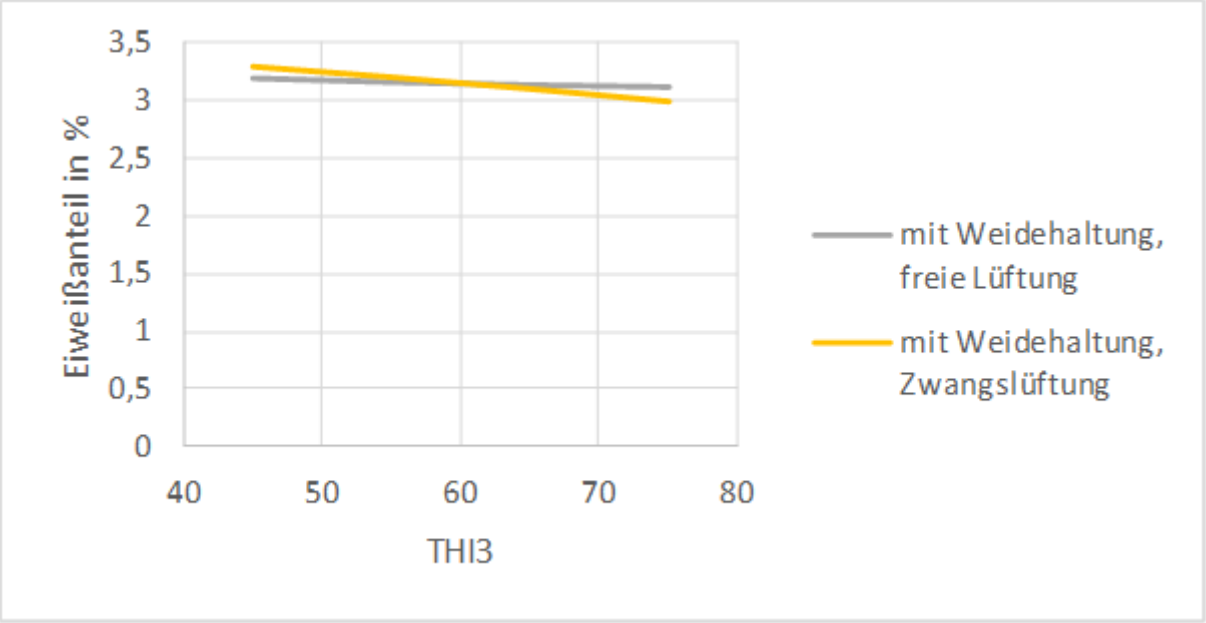

Abb. 20 Eiweißanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Werten, beim Anbindestall, bei der Rasse Holstein

Bei der Rasse Braunvieh konnte der Eiweißgehalt mit steigendem THI3 nicht signifikant getestet werden, aus den vorhandenen Auswertungen ist jedoch derselbe Trend wie auch beim Fettanteil ersichtlich.

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

4.2.4 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit 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 erhört sich mit steigendem THI3/TMax3. Wenn kein Weidegang vorhanden ist, fällt die Zellzahl mit steigenden THI3/TMax3 sogar etwas ab (Abbildung 21 - Abbildung 23).

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 dich Milch der Stallherde in allen drei Jahren der Untersuchungszeit im Durchschnitt höhere Zellzahlen als die Weideherde auf. Auch Tietze et al. (2001) hat bei ihrer Studie mit Milchschafen 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 >=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 >= 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 teilnehmende Betriebe im Hinblick auf Management mit Sicherheit im überdurchschnittlichen Bereich einzustufen sind.

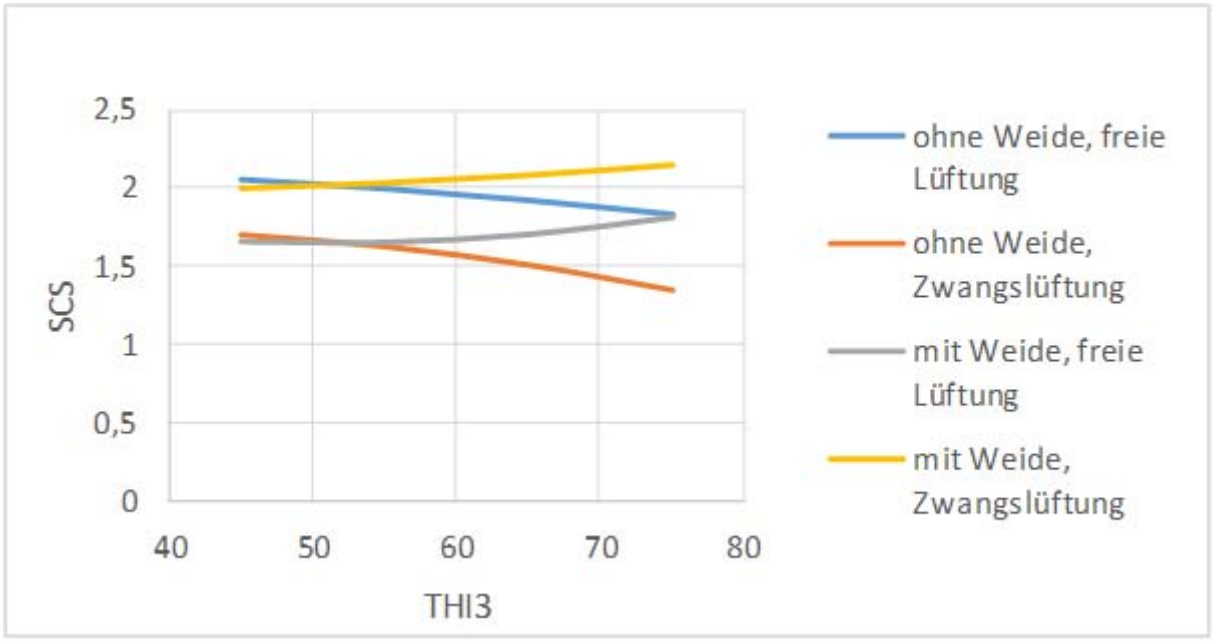

Abb. 21 SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, beim Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

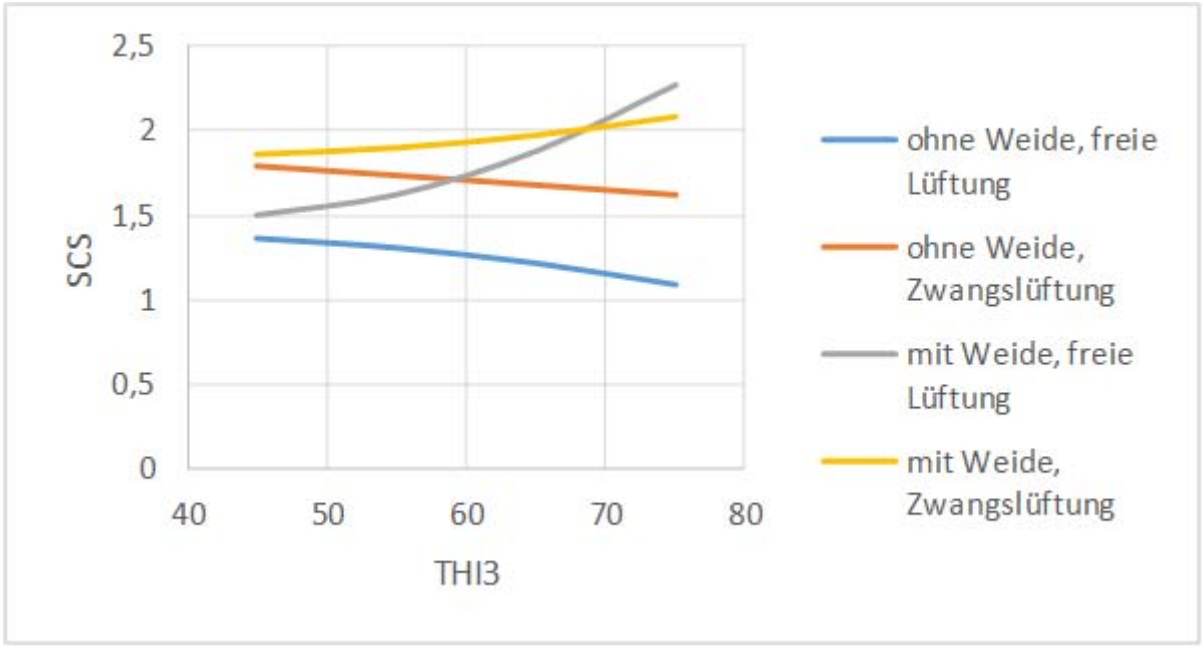

Abb. 22 SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, beim Außenklimastall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

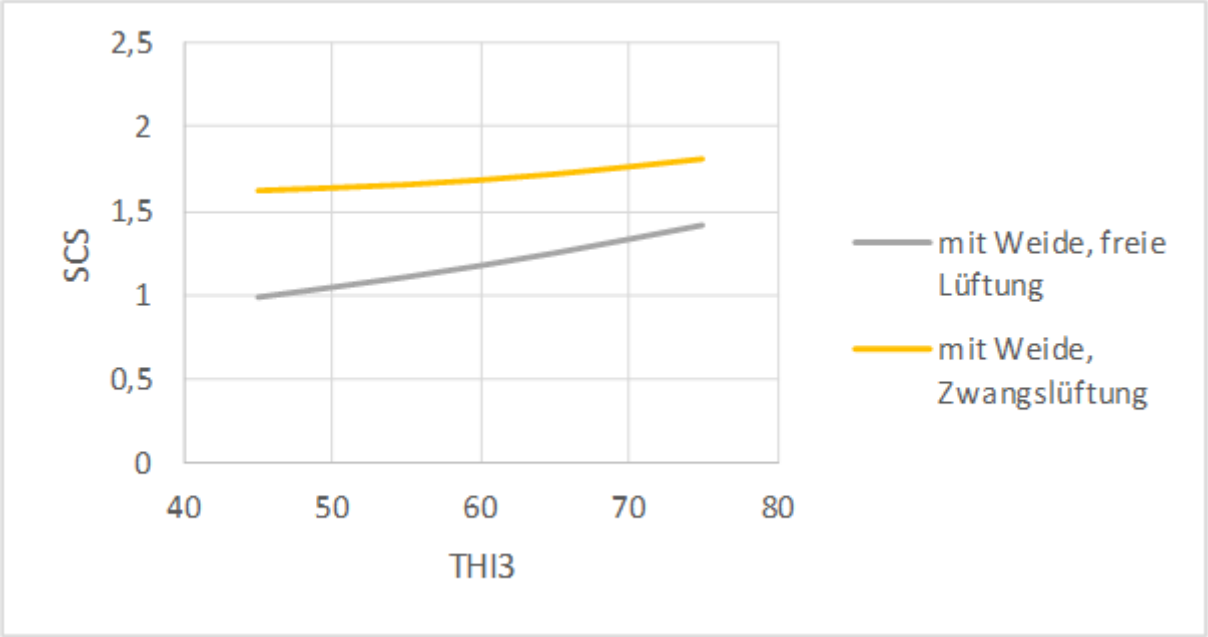

Abb. 23 SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, beim Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem)

5 Schlussfolgerungen

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. Auch stimmen die von der ZAMG zur Verfügung gestellten Temperaturdaten bei Weidebedingungen besser mit den tatsächlichen Temperaturen überein als bei reiner Stallhaltung. 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 auf SCS 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 gefunden 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.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die von der ZAMG zur Verfügung gestellten Außentemperaturen bzw. Luftfeuchtigkeiten für die vorliegende Untersuchung gut geeignet waren. Ein direkter Vergleich zwischen den INCA Daten für die Betriebe und vor Ort gemessenen Daten konnte in im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht durchgeführt werden.

6 Zusammenfassung

In Österreich, aber auch in unseren Nachbarländern, wird davon ausgegangen, dass Klimaänderungen langfristige Änderungen der Wetterbedingungen zur Folge haben werden. Dies lässt langfristig höhere Sommertemperaturen, Änderungen der Gesamtniederschlagsmenge und auch eine erhöhte Luftfeuchtigkeit erwarten.

Neben indirekten Folgen, wie z.B. Änderungen in der Qualität der Futtergrundlage der Milchkuh, können auch gesundheitliche und leistungsbedingte Probleme eine Folge der geänderten Klimasituation sein. Bei Milchkühen mit hoher Milchleistung und dadurch bedingter hoher Stoffwechselaktivität wird die Problematik von Hitzestress und dessen Folgen noch verstärkt.

Nachdem es nur sehr wenig Literatur über den Einfluss von baulichen Maßnahmen bei Rinderställen zur Linderung von Hitzestress gibt, wurden bei 150 Betrieben detaillierte Fragebogen-Erhebungen zur Tierhaltung und Lüftung durchgeführt. Die erhobenen Haltungsdaten wurden mit Leistungsdaten aus dem österreichischen Rinderdatenverbund und mit den meteorologischen Daten der Jahre 2010 bis 2014 verbunden.

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. Die Ergebnisse zeigten ohne Berücksichtigung des jeweiligen Haltungssystems einen signifikanten Einfluss von hohen Temperaturen, insbesondere in Kombination mit hoher Luftfeuchtigkeit (THI) auf die Milchleistungsmerkmale. Ein signifikanter Einfluss auf die Zellzahl konnte nicht festgestellt werden.
Unter Berücksichtigung der Haltungsform bestanden jedoch auch bei der Zellzahl signifikante Unterschiede.

Auf Grund der Ergebnisse und im Hinblick auf die zu erwartenden Klimaänderungen, in Richtung langanhaltende Perioden mit hohen Außentemperaturen, sind in einzelnen Haltungssystemen Maßnahmen zur Minderung von Hitzestress für Milchkühe anzuraten.

7 Abstract

In Austria, but also in neighbouring countries climatic changes are expected. These may result in higher summer temperatures, changes of total precipitation, and may be connected with higher humidity.

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 is effect is additionally enhanced due to higher metabolic activity.

Studies on construction and husbandry measures in dairy cattle farms, which may alleviate the negative effect of high ambient temperature and humidity, are scarce. Hence, data of specific construction and husbandry aspects were collected in 150 Austrian dairy cattle farms. Those data were merged with performance data from the central cattle data base and with meteorological data from 2010 to 2014.

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. 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 in-crease of days with high ambient temperature, the results illustrate the necessity to reduce dairy cows' heat stress in specific husbandry systems.

8 Literatur- und Quellenverzeichnis

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 Suss, M. (1981). Some remarks about arrangement of technical environment in cattle and pigs. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, AGRIS, 53, 5, 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 Agarapolitik 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 extisting knowledge. Hannah Dairy Research Institut, Kirkhill, 9, 4-22

Haiden, T., A. Kann, G. Pistotnik, K. Stadlbacher, Wittmann, C. (2009). Integrated Now-casting through Comprehensive Analysis (INCA) - System description. ZAMG report, 60p. 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 Abhängigkeitvon der Leistung – eine Studie. FBN, Dummersdorf, 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. Elservier 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. Journal of Dairy Science, 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

Loebsin, 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, Dummersdorf, 31-41

Sambraus, 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 meterological data. American Dairy Science Association, Berlin, Journal of Dairy Science, 96, 7731-7738

Shathele, M.S. (2009). Wheater effect on bacterial mastitis in dairy cows. Academic Journal Inc., Saudi Arabien, 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. Journal of Dairy Science, 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. Dummerstorf, 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

Wyss, U., Mauer, J., Frey, H., Reinhard, T., Bernet, A., Hofstetter, P. (2001). Aspekte zur Milchqualität und Saisonalität der Milchlieferungen. Agrarforschung Schweiz 2, 9, 412-417

9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. 1 Auswirkungen von Temperatur in Kombination von Luftfeuchtigkeit auf die Milchkuh, nach Brade (2013) 4
Abb. 2 Wärmeproduktion der Milchkuh nach Jahresleistung (kg EKM/Kuh/Jahr), nach Brade (2013) 5
Abb. 3 Wärmeaufnahme und -abgabe der Kuh, nach Brade (2013) 7
Abb. 4 Lüftungssysteme im Überblick, Brade (2013) 8
Abb. 5 Kuhdusche im Versuchseinsatz, nach Tucker und Schütz (2009) 9
Abb. 6 Zellzahlentwicklung im Vergleich von Jänner bis Dezember, nach Brade (2013) 10
Abb. 7 Regionale Verteilung der Betriebe nach Rassen (Fleckvieh: gelb, Braunvieh: grün, Holstein: blau), nach Steininger (2015) 12
Abb. 8 Einfluss von THI3 (im Bereich von 45 - 75 THI3 Punkten) auf die Milchmenge pro Kuh und Tag in kg beim Fleckvieh unter Berücksichtigung des Intercepts und der durchschnittlichen fixen und kontinuierlichen Effekte 21
Abb. 9 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 (Fleckvieh)) 23
Abb. 10 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 (Fleckvieh) 24
Abb. 11 Milchmenge pro Kuh und Tag in kg, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Haltungssystem Laufstall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem) .....
Abb. 12 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) 29
Abb. 13 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) 30
Abb. 14 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) 30
Abb. 15 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) 31
Abb. 16 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 Haltungssystems) 32
Abb. 17 Fettanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, im Außenklimastall, für die Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem) 33
Abb. 18 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) 33

Abb. 19 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) 34
Abb. 20 Eiweißanteil pro Kuh und Tag in %, im Bereich von 45-75 THI3 Werten, beim Anbindestall, bei der Rasse Holstein 35
Abb. 21 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) 37
Abb. 22 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) 37
Abb. 23 SCS pro Kuh und Tag in Punkten, im Bereich von 45-75 THI3 Punkten, beim Anbindestall, bei der Rasse Fleckvieh (basierend auf LS-Means für das Haltungssystem) 38

Tabellen

Tab. 1 Verteilung der Betriebe und Kühe auf die Bundesländer im Projekt "Efficient Cow" 11
Tab. 2 Anzahl der Betriebe im Projekt "Efficient Cow" aufgeteilt auf die Haltungssysteme (Laufstall, Anbindestall und Außenklimastall) in Kombination mit Weidegang 12
Tab. 3 Anteil der verwendeten Betriebe an den verschiedenen Lüftungssystemen (freie Lüftung, Zwangslüftung) 12
Tab. 4 Die verwendeten Variablen im Überblick (Mittelwert, Minimum, Maximum, Standardabweichung) 14
Tab. 5 Anzahl Testtagsleistungen für die Kalbejahre 2009-2015 15
Tab. 6 Anzahl Testtagsleistungen für 17 Laktationskalbeklassen (je 7 Klassen für die 1. und 2. Latkation, sowie je eine Klasse für die Laktationen 3-5+) 15
Tab. 7 Anzahl Testtagsleistungen für die Kalbesaisonen (1 = Jänner-März; 2 = April-Juni; 3 = Juli-September; 4 = Oktober-Dezember) 16
Tab. 8 Anteil Testtagsleistungen von Kühen der Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh 17
Tab. 9 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 19
Tab. 10 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) 20
Tab. 11 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) 25
Tab. 12 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 27

10 Anhang

10.1 Fragebogen zur Zusatzerhebung der Lüftungssysteme:

EfficientCow

Nacherfassung: Lüftungssystem im Stall

Betrieb: LFBIS:

Mitarbeiter: Datum:

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 Stalldach 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