

Flexibles Nackensteuer zur Steuerung der Liegeboxennutzung von Kühen – eine Pilotstudie

Barbara Benz, Sascha Hiss, Sabine Hubert, Jens Hartung

In einem Liegeboxenstall dienen Liegeboxen dem Ruhen. Zur Steuerung der Liegeboxennutzung wird in der Regel ein starres Metallrohr-Nackensteuer eingesetzt, welches am Liegeboxentrennbügel befestigt ist. Ziel der vorliegenden Pilotstudie war es, den Einfluss eines Feuerwehrschauches als flexibles Nackensteuer auf die Quantität und Qualität des Steh- und Liegeverhaltens von Kühen sowie auf die Verformbarkeit der Einstreumatratze im Vorderfußbereich der Tiefbox zu untersuchen. Es konnte kein Einfluss der Nackensteuerausführung auf die Liegezeit nachgewiesen werden. Allerdings wurde das klauenschädliche, zweifüßige Stehen in der Liegebox, bei dem sich die Hinterfüße außerhalb der Liegebox befinden (Perching), reduziert und durch ein Stehen mit vier Füßen in der Liegebox ersetzt. Zudem verringerte sich die Zahl der Stehereignisse ohne Abliegen und damit die Gesamtzahl der Stehereignisse in der Liegebox. Die Einstreumatratzen der Tiefboxen waren im vorderen Bereich mit flexiblem Nackensteuer signifikant verformbarer. Die Ergebnisse zeigten, dass ein flexibles Nackensteuer die Qualität der Liegeboxennutzung erhöht.

Schlüsselwörter

Liegeverhalten, Stehverhalten, Nackensteuer

Der Liegeboxenlaufstall ist das am stärksten strukturierte Stallsystem zur Haltung von Milchkühen. Die Liegeboxen in diesem Stallsystem müssen zwei arttypischen Verhaltenscharakteristika der Milchkuh Rechnung tragen: Milchkühe sind Distanztier und sie eliminieren diffus. Liegeboxen benötigen eine Mindestgröße. Dennoch sollen sie sauber bleiben, da durch Fäkalien verschmutzte Liegeflächen ein Risiko für infektiöse Eutererkrankungen sind (BERNARDI et al. 2009). Zudem erhöhen verschmutzte Liegeflächen die Schadgasemissionen (MADER et al. 2017) und die Kosten für die Liegeboxenpflege und Einstreu. Die Ausgestaltung von Liegeboxen eines Liegeboxenlaufstalls soll also sowohl ein ungehindertes Ablegen, Ruhen und Aufstehen (HOY et al. 2006, GALINDO und BROOM 2000) als auch komfortables und sauberes Liegen ermöglichen (VON KEYSERLINGK et al. 2011).

Das wichtigste Steuerelement zur Positionierung von Kühen in der Liegebox ist das Nackensteuer (DAHLHOFF et al. 2009). Dessen Höhe sowie der Abstand zur hinteren Liegeboxenkante beeinflussen die Liegeboxennutzung (FREGONESI et al. 2009). Mit kürzer werdendem Abstand des Nackensteuers zur hinteren Liegeboxenkante sank die Verkotung (TUCKER et al. 2005). Gleichzeitig erhöhte sich die Zeit des Perchings und ersetzte das Stehen mit 4 Füßen in der Liegebox (FREGONESI et al. 2009). Bei einer zu niedrigen Nackensteuerposition kann es beim Aufstehen zu Kollisionen zwischen Kuh und Nackensteuer kommen. Verhindert dieses, durch Verhaltensanpassung der Tiere, einen fließenden, zügigen Bewegungsablauf, bei dem der Kopfschwung die Trägheit und Hebelwirkung voll ausschöp-

fund zu einer Entlastung der Hinterhand führt, so kann es zu einer Häufung von Druckspitzen mit nur geringfügig reduzierten Druckmaxima kommen (BOXBERGER 1982). Um diese Druckspitzen auf die Karpalgelenke abzufangen, ist die Verformbarkeit der Einstreumatratze einer Liegebox wichtig.

Alternativ zur Veränderung der Position des Nackensteuers in Höhe und Abstand schlugen BENZ et al. (2017) vor, das Nackensteuer flexibel auszuführen und dieses in einer Höhe von ca. 90 cm über der Liegefläche zu positionieren. Kühe führen zur Abliege Vorbereitung pendelnde Bewegungen mit abwärts geneigtem Kopf zur Liegeplatzkontrolle durch, um nach der Bodenkontrolle zügig abzuliegen (HÖRNING et al. 2001, HÖRNING 2003). Der Kopf befindet sich dabei unterhalb des Nackensteuers. Ein starres Nackensteuer stoppt die Kühe mit Stehintention, welche mit aufrechter Kopfhaltung die Liegebox betreten, am Nacken, wohingegen ein niedriges flexibles Nackensteuer die Kühe am Bug positioniert. Deshalb ist der Steuermechanismus von flexiblem und starrem Nackensteuer bei Stehintention unterschiedlich (Nacken versus Brust), die Positionierung aber vergleichbar. Beim Aufstehen wird dieses Nackensteuer nach oben verformt und erfüllt dabei die Steuerungsfunktion eines starren Nackensteuers. Gleichzeitig wird das Stehen mit allen vier Gliedmaßen in der Liegebox ermöglicht, da die Kuh den Kopf oberhalb des Nackensteuers halten kann und nicht zum Perching gezwungen wird.

In der vorliegenden Studie soll daher untersucht werden, wie sich ein flexibles Nackensteuer auf die Liegeboxennutzung, also die Liegedauer und das vollständige Stehen mit allen vier Füßen innerhalb der Liegebox, auswirkt. Beeinträchtigungen des Bewegungsablaufes beim Aufstehen einer Kuh könnten möglicherweise die Ausbildung und Verformbarkeit der Strohmatratze im vorderen Liegeboxenbereich beeinflussen, so deren Verformbarkeit gemessen wurde.

Tiere, Material und Methode

Die Pilotstudie wurde als Vorher-Nachher-Vergleich durchgeführt. Der Untersuchungsbetrieb hielt 120 Fleckviehkühe in einem 2009 erbauten, dreireihigen Liegeboxenlaufstall mit gegenständigen Stroh-Tiefboxen (125 cm breit, 260 cm lang) und planbefestigten Betonauflflächen mit Schieberentmistung. Gemolken wurden die Kühe in einem separaten Melkgebäude täglich um 5:30 und 17:30 Uhr. Die Tiefboxen wurden ebenfalls täglich mit Stroh aus dem Kopfraum (dort einmal pro Woche aufgefüllt) eingestreut, sodass von einer konstanten Nachstreumenge ausgegangen werden konnte. Die durchschnittliche Milchleistung der Kühe im Betrieb betrug im Jahr 2016 8.614 kg. Die Futtergrundlage bildeten Gras-, Ackergras- und Maissilage, gefüttert wurde zu den Melkzeiten. Die Liegefläche wurde nach vorne durch ein 25 cm hohes, senkrecht Bugbrett begrenzt. In der Studie wurde die Vorher-Situation (nachfolgend vereinfacht als „starres Nackensteuer“ bezeichnet) in einem abgegrenzten Bereich mit 47 Liegeboxen und 47 laktierenden Kühen an sechs Tagen zwischen dem 16.5.2017 und 22.5.2017 erfasst. Die Nachher-Situation (nachfolgend vereinfacht als „flexibles Nackensteuer“ bezeichnet) wurde in demselben Bereich an sechs Tagen zwischen dem 29.6.2017 und 4.7.2017 erfasst. Auch mit flexiblem Nackensteuer befanden sich 47 Kühe in dem Bereich, wobei einige Kühe, die zuvor am Ende ihrer Laktation waren, aus der Gruppe herausgenommen wurden, während frisch gekalbte Kühe zur Gruppe hinzukamen. Der Ausbau des starren Nackenrohres und der Einbau des flexiblen Nackensteuers erfolgten am 25.5.2017. Daraus resultierte eine Eingewöhnungszeit der Kühe an das flexible Nackensteuer von vier Wochen. Die Außentemperaturen lagen im ersten Abschnitt zwischen 14 und 22 °C und im zweiten Abschnitt zwischen 19 und 24 °C.

Umbau der Nackensteuer

In der vorliegenden Studie wurde das starre Nackensteuer durch ein flexibles Nackensteuer ausgetauscht, wobei die maximale Höhe des flexiblen Nackensteuers der Höhe des starren Nackensteuers entsprach. Der Abstand zur hinteren Liegeboxenkante war bei beiden Nackensteuerausführungen mit 180 cm konstant.

Die, in der Ausgangssituation vorhandenen, starren und in 115 cm Höhe angebrachten Nackensteuer wurden durch ein flexibles Nackensteuer in Form eines kunstfaserummantelten Feuerwehrdruckschlauches Größe C ersetzt und mit den vorhandenen Klemmschellen befestigt. Der Schlauch wurde dabei durch eine eingelegte Metallplatte gegen die Kanten der Rohrschelle geschützt. Der Feuerwehrschlauch hing aufgrund seiner Flexibilität über die Liegeboxenbreite durch, die Höhe betrug in der Mitte der Liegebox ca. 85 cm. Beim Aufstehen erreichte das flexible Nackensteuer ungefähr die Position des ursprünglichen, starren Nackensteuers.

Datenerhebung

Es wurden Daten (i) zum Aktivitätsverhalten der Kühe (Pedometerdaten), (ii) zur Liegeboxennutzung (Liegeboxennutzungsdaten) und (iii) zur Verformbarkeit der Tiefbox (Verformbarkeitsdaten) erhoben. Diese sollen nachfolgend getrennt beschrieben werden.

Erhebung des Aktivitätsverhaltens

Zur Untersuchung des Aktivitätsverhaltens der Milchkühe, nachfolgend als Liege-, Lauf- und Stehverhalten bezeichnet, wurden zufällig 20 Kühe (Laktationstag bei Beginn der Vorher-Messung 54 bis 195) ausgewählt und mit Pedometern am linken Hinterfuß versehen. Sechs der Pedometer zeigten im Verlauf der Datenerhebung Funktionsstörungen, eine Kuh musste verletzungsbedingt ausgesondert werden, sodass insgesamt Daten von 13 Kühen respektive Pedometern für die Auswertung verwendet wurden ($n = 13$). Ferner wurden für die tägliche Liege- und Laufzeit zwei aufeinanderfolgende Tageswerte im Zeitraum starres Nackensteuer wegen Brunst einer Kuh von der Auswertung ausgeschlossen. Die Pedometer erhoben die Signale kontinuierlich mit zehn Messungen pro Sekunde. Die Zeiten wurden systemintern aufsummiert zu stündlichen Steh-, Liege- und Laufzeiten. Aus diesen wurden anschließend die tägliche Liegezeit am Nachmittag (12:00 bis 17:00 Uhr) und die Tagessummen pro Kuh sowie die mittlere Liegezeit pro Stunde berechnet. Ferner haben die Pedometer die Anzahl der Abliegevorgänge pro Tag erhoben. Zur Datenerhebung wurden von ALSAOD et al. (2015) validierte RumiWatch® Pedometer (Firmware 02.23) eingesetzt (Firma Itin + Hoch GmbH, Liestal, Schweiz).

Erhebung der Liegeboxennutzung

Die Liegeboxen wurden an insgesamt zehn von zwölf (zwei der Nackensteuer waren defekt) gegenständigen Liegeboxen im mittleren Stallbereich angrenzend zu einem der Quergänge in der Zeit von 12:00 bis 17:00 Uhr einmal pro Minute fotografiert. Dieser Beobachtungszeitraum wurde ausgewählt, weil sich innerhalb dieses Abschnittes das Steh- und Liegeverhalten der Kühe von der mittäglichen Hauptruhezeit bis zur typischen Unruhe vor dem Melken ändert. Zur Datenerhebung wurde in vier Metern Höhe oberhalb der Liegeboxen-Doppelreihe eine Infrarot-Wildkamera (SnapShot Limited 5.0, Firma Dörr GmbH, Neu-Ulm) installiert und Serienbilder mit einminütigem Intervall gemacht. Es lagen also pro Untersuchungszeitraum 1800 Bilder vor (6 Tage à 5 Stunden und 60 Bilder pro Stunde). Für jede Liegebox wurde die Nutzung in den Kategorien „nicht belegt“, „liegende Kuh“, „stehen-

de Kuh mit zwei Füßen innerhalb der Liegebox“ und „stehende Kuh mit vier Füßen innerhalb der Liegebox“ erhoben. Daraus wurden Ereignisse pro Liegebox abgeleitet, wobei ein Ereignis von der Änderung einer Nutzungskategorie (Beginn) bis zu einer erneuten Nutzungsänderung (Ende) dauerte. Als Zeitpunkt eines Ereignisses wurde die mittlere Zeit zwischen Beginn und Ende definiert. Zudem wurden die durchschnittlichen Steh-, Liege- und Leerzeiten sowie die Anzahl der Steh- und Liegevorgänge bestimmt. Des Weiteren wurden die Anzahl der Ereignisse „Liegebox wird betreten“ (Box-betreten-Ereignis) und die Anzahl der Aufstehereignisse ermittelt.

Erhebung der Verformbarkeitsdaten

Die Verformbarkeit der Einstreumatratze wurde mit einem an der Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, entwickelten mobilen pneumatischen Messgerät gemessen. Das Gerät verfügt über einen Pneumatikzylinder und eine halbkugelförmige Prüfkalotte mit einem Durchmesser von 5 cm und simuliert mit einer Belastung von 3.150 N die Druckbelastung eines Karpalgelenkes einer 700 kg schweren Kuh (KIEFFER 1999). In jedem Untersuchungszeitraum wurde die Eindringtiefe in allen Liegeboxen ($n = 47$) mittig im vorderen Bereich der Liegebox unterhalb der Nackensteuerposition vormittags vor dem Nachstreuen gemessen. Dabei wurden die 47 Messungen mit starrem Nackensteuer am ersten Tag und weitere 47 Messungen mit flexiblem Nackensteuer am letzten Tag des Untersuchungszeitraums erhoben. Die Messwerte variierten zwischen 0,6 und 5,5 cm. Sie befanden sich damit im Messbereich des Gerätes (0–6 cm).

Datenauswertung

Bei den Pedometerdaten zum Aktivitätsverhalten (Liege-, Lauf- und Stehzeit pro Kuh und Tag, die Anzahl der Liegevorgänge pro Kuh und Tag sowie die rechnerisch ermittelte durchschnittliche Liegedauer pro Liegevorgang) handelte es sich um eine verbundene Stichprobe, da dieselben Tiere in beiden Untersuchungszeiträumen untersucht wurden. Da es sich ferner um einen Vorher-Nachher-Vergleich handelt, sind die Behandlungs-, Zeitraum- und Laktationsstadiumeffekte miteinander vermengt. Nach MASELYNE et al. (2017) erhöht sich die tägliche Liegezeit mit zunehmendem Laktationstag. Deshalb wurden die erhobenen täglichen Liegezeiten mit flexiblem Nackensteuer mit der in MASELYNE et al. (2017) angegebenen Gleichung (1) in Abhängigkeit vom Laktationstag t korrigiert:

$$y_{t-44} = y_t + 44 \cdot 0,0279 + 2,79 \cdot (e^{-0,0387(t-44)} - e^{-0,0387t}) + 12,5 \cdot [\ln(t + 182 - 44) - \ln(t + 182)] \quad (\text{Gl. 1})$$

wobei y_{t-44} die korrigierte tägliche Liegezeit in Stunden und y_t die beobachtete tägliche Liegezeit in Stunden ist. Für die beobachteten Daten ist y_{t-44} im Mittel 25 Minuten kürzer als y_t . An die y_{t-44} Daten wurde ein lineares gemischtes Modell mit fixem Behandlungseffekt (starres und flexibles Nackensteuer) und zufälligem Tages- und Kuheffekt angepasst. Da die täglichen Liegezeiten der Kühe an aufeinanderfolgenden Tagen bestimmt wurden, wurde die Korrelation der Restfehlereffekte über eine Autokorrelation berücksichtigt. Das Modell lässt sich wie folgt darstellen:

$$y_{ijl} = \mu + \tau_i + d_{ij} + c_l + e_{ijl} \quad (\text{Gl. 2})$$

wobei τ_i der i -te Behandlungseffekt, d_{ij} der Effekt des j -ten Tages, c_l der Effekt der l -ten Kuh und e_{ijl} der Fehler der Beobachtung y_{ijl} ist. Für die Fehlereffekte aufeinanderfolgender Tage wurde eine Autokorrelation angepasst. An die Laufzeiten pro Tag sowie die durchschnittliche Dauer von Liegeereignissen der Kühe wurden ebenfalls ein Modell (2) angepasst, wobei die Daten für die Laufzeit pro Tag logarithmisch transformiert werden mussten. Zu Darstellungszwecken wurden geschätzte Laufzeitmittelwerte rücktransformiert. Anschließend wurde der Median der ursprünglichen Verteilung geschätzt. Die Standardfehler wurden mittels Delta-Methode approximativ rücktransformiert. Auf eine schließende Auswertung der Stehzeiten pro Tag wurde verzichtet, da sich diese rechnerisch aus Tageslänge, Liege- und Laufzeit ergaben und somit ebenfalls vom Laktationsstadium abhingen. Die stündlichen Werte wurden lediglich deskriptiv ausgewertet. Für die Anzahl der Liegeereignisse wurde statt einer Normalverteilung eine Poissonverteilung angenommen. Entsprechend wurde an diese Daten ein generalisiertes lineares gemischtes Modell angepasst, wobei der Erwartungswert von Modell (2) dem linearen Vorhersagewert entspricht. Als Link-Funktion wurde der Logarithmus gewählt. Zusätzlich wurde nachträglich die Güte der Untersuchung mithilfe des Ansatzes von STROUP (2002) bestimmt.

An die Daten zur Liegeboxennutzung wurde für die Merkmale Dauer der Steh- und Liegeereignisse folgendes Modell angepasst:

$$y_{ijkl} = \mu + \beta t_{ijkl} + \tau_i + \beta_i t_{ijkl} + d_{ij} + b_k + (bd)_{ijk} + e_{ijkl} \quad (\text{Gl. 3})$$

wobei τ_i der i -te Behandlungseffekt, β und β_i die Steigung bzw. die behandlungsspezifischen Steigungen, t_{ijkl} die Uhrzeit des Ereignisses und d_{ij} und b_k der j -te Tageseffekt bzw. der k -te Liegeboxeneffekt sind. $(bd)_{ijk}$ ist der tagesspezifische Liegeboxeneffekt. Tages- und Liegeboxeneffekte wurden als zufällig angenommen. e_{ijkl} ist der Fehler der Beobachtung y_{ijkl} . Für alle Stehzeiten pro Ereignis mussten die Daten logarithmisch transformiert werden. Die sich ergebenden Mittelwerte wurden nur zu Darstellungszwecken rücktransformiert. Dann wurde der Median der ursprünglichen Verteilung geschätzt. Die Standardfehler wurden mittels Delta-Methode approximativ rücktransformiert. Für die Anzahl der Steh-, Liege-, Aufsteh- und Box-betretene-Ereignisse wurde statt einer Normalverteilung eine Poissonverteilung angenommen. Entsprechend wurde an diese Daten ein generalisiertes lineares gemischtes Modell angepasst, wobei der Erwartungswert von Modell (3) dem linearen Prädiktor entspricht. Als Link-Funktion wurde der Logarithmus gewählt. Für die Wahrscheinlichkeit des Stehens mit zwei oder vier Füßen in der Liegebox wurde ein analoges generalisiertes lineares gemischtes Modell mit der Verteilungsannahme Binomialverteilung und der Link-Funktion logit angepasst. Für dieses Merkmal wurden die Wahrscheinlichkeiten zu Darstellungszwecken für unterschiedliche Uhrzeiten mithilfe einer inversen Linkfunktion aus den geschätzten Mittelwerten berechnet. Zusätzlich wurde die Summe aller Steh-, Liege-, Aufsteh- und Box-betretene-Ereignisse angegeben.

Für alle Auswertungen wurden die Residuen grafisch auf Varianzhomogenität und Normalverteilung (nur bei Merkmalen, für die kein generalisiertes lineares Modell angepasst wurde) geprüft. Nicht signifikante Steigungsparameter ($\alpha = 0,05$) wurden aus dem Modell genommen und anschließend Behandlungsmittelwerte geschätzt. Die Eindringtiefen der Druckmessungen wurden mithilfe des verbundenen t-Tests ausgewertet, wobei sich die Paare durch die zweimalige Messung derselben Liegebox ergaben. Alle Auswertungen erfolgten mit dem Statistikpaket SAS.

Ergebnisse

Auswertungen der Aktivitätsdaten (Liege-, Lauf- und Stehzeiten)

Die auf Basis der Pedometerdaten von 13 Kühen geschätzte, durchschnittliche tägliche Liegezeit bei flexiblem Nackensteuer war nach Korrektur um 15 Minuten länger als bei starrem Nackensteuer (Tabelle 1). Eine Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden. Die Dauer von Liegeereignissen respektive die Anzahl der Liegeereignisse veränderten sich innerhalb der Studie nicht signifikant. Die Tiere legten sich jeweils 11,6 -mal täglich ab. Auch die täglichen Laufzeiten unterschieden sich nicht signifikant.

Tabelle 1: Einfluss der Nackensteuerausführung (starr in 115 cm Höhe, flexibel in 85 cm Höhe) auf ausgewählte Verhaltensparameter bei 13 Milchkühen im Vorher-Nachher-Vergleich, gemischtes lineares Modell bzw. für die Anzahl der Aufstehereignisse ein generalisiertes lineares Modell

Parameter	Einheit	Starres Nackensteuer	Flexibles Nackensteuer	S.E.D. ²⁾	p-Wert
Liegezeit pro Tag und Kuh (korrigiert ¹⁾)	min/24 h	742,8	756,5	15,1	p = 0,359
Dauer der Liegeereignisse	min/Ereignis	66,4	69,7	1,9	p = 0,086
Laufzeit pro Tag und Kuh	min/24 h	36,7	38,1	2,7/2,8 ³⁾	p = 0,115
Anzahl der Liegeereignisse	/Tag	11,6	11,6	0,03	p = 0,897

¹⁾ Korrigiert nach Gleichung (1) (MASELYNE et al. 2017).

²⁾ Standardfehler einer Behandlungsmittelwertdifferenz (standard error of treatment differences).

³⁾ Standardfehler des Medians.

In beiden Untersuchungszeiträumen konnte ein vermutlich fütterungs- und melkzeitgeprägter biphasischer Verlauf der Stehzeiten festgestellt werden (Abbildung 1). Im Zeitraum zwischen 12:00 und 18:00 Uhr stieg die durchschnittliche Stehzeit pro Stunde kontinuierlich an und erreichte um 18:00 Uhr mit ca. 50 Minuten pro Stunde in beiden Untersuchungsabschnitten das Tagesmaximum.



Abbildung 1: Mittlere Stehzeiten pro Kuh und Stunde über den Tagesverlauf (Stundenmittelwerte aus sechs Messtagen, $n = 13$)

Auswertungen zur Liegeboxennutzung

Aus den Daten zur Liegeboxennutzung wurden die Dauer der Steh- und Liegeereignisse, die Anzahl der Steh-, Liege-, Aufsteh- und Box-betretene-Ereignisse sowie die Wahrscheinlichkeit des Stehens mit zwei oder vier Füßen im Beobachtungszeitraum von 12:00 bis 17:00 Uhr abgeleitet. Die Anzahl der Box-betretene-Ereignisse, also die Summe der Stehereignisse mit nachfolgend beobachtetem Liegeereignis und der Stehereignisse ohne nachfolgendem Abliegen, wich signifikant von einem 1:1-Verhältnis ab (162 bei starrem Nackensteuer und 102 bei flexiblem Nackensteuer, $p < 0,001$). Bei der Anzahl der Liegeereignisse konnte keine signifikante Abweichung festgestellt werden (158 bei starrem Nackensteuer und 151 bei flexiblem Nackensteuer, $p = 0,733$). Dies bedeutet, dass bei starrem Nackensteuer Kühe häufiger die Liegebox betreten und sie wieder verließen, ohne sie zum Liegen zu nutzen.

Pro zehn Liegeboxen und Beobachtungsminute fanden zwischen 12:00 und 17:00 Uhr bei Verwendung eines starren Nackensteuers im Mittel $0,18 \pm 0,014$ Stehereignisse pro Minute statt, während es bei flexiblem Nackensteuer mit $0,14 \pm 0,012$ Stehvorgängen pro Minute signifikant weniger waren ($p < 0,001$). Es konnte keine zeitliche Abhängigkeit der Stehvorgänge nachgewiesen werden. Über die sechs Tage summiert ergeben sich 193 Stehereignissen bei starrem Nackensteuer und 152 mit flexiblem Nackensteuer. Bei der mittleren Stehzeit pro Stehereignis gab es keine Unterschiede ($p = 0,567$) mit einem Median von $4,67 \pm 0,27$ Minuten bei starrem Nackensteuer und $4,88 \pm 0,30$ pro Stehereignis bei flexiblem Nackensteuer. Signifikante Unterschiede gab es bei der Stehqualität: Mit starrem Nackensteuer lag der Anteil des Stehens mit vier Füßen in der Liegebox an der gesamten Stehzeit mit 7 bis 11 % signifikant unter dem im Zeitraum flexibles Nackensteuer mit 41 bis 52 %. Dabei nahm

die Wahrscheinlichkeit, dass Kühe in der Liegebox mit vier Füßen innerhalb der Liegebox standen, in beiden Nackensteuerausführungen mit der Zeit signifikant ab (Abbildung 2).

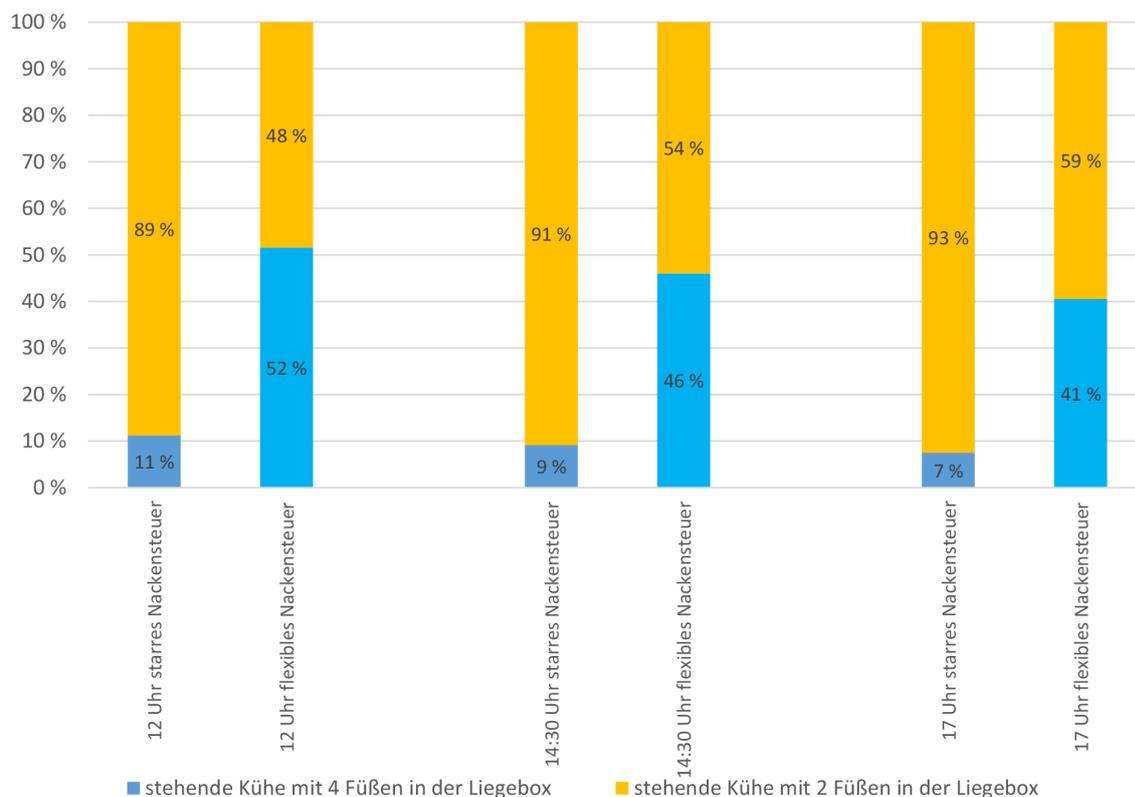


Abbildung 2: Geschätzte Stehwahrscheinlichkeit mit zwei oder vier Füßen in der Liegebox an der Gesamtstehzeit (Werte geschätzt aus Beobachtungen von jeweils sechs Messtagen in beiden Zeiträumen starres und flexibles Nackensteuer in zehn Liegeboxen zu den Zeitpunkten 12:00, 14:30 und 17:00 Uhr vorhergesagt)

Die Dauer der Liegeereignisse der Kühe war zwischen 12:00 und 17:00 Uhr bei beiden Nackensteuerausführungen vergleichbar ($p = 0,486$). Über den Nachmittag hinweg verkürzte sich die Dauer der Liegeereignisse jedoch kontinuierlich (von etwa 70 Minuten um 12:00 Uhr auf 25 Minuten um 17:00 Uhr, Abbildung 3).

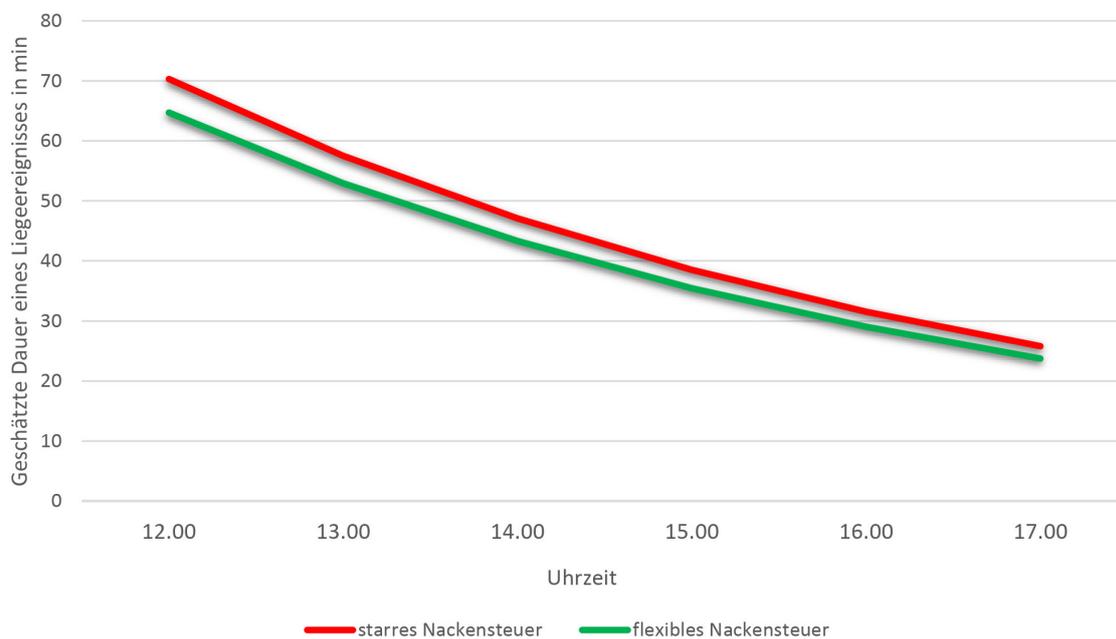


Abbildung 3: Veränderung der geschätzten durchschnittlichen Dauer von Liegeereignissen in den Zeiträumen mit starrem und flexiblem Nackensteuer, beobachtet in zehn Liegeboxen über je sechs Tage in der Zeit von 12:00 bis 17:00 Uhr.

Verformbarkeit der Liegefläche

Die Verformbarkeit von 47 Liegeboxen zeigte signifikante Unterschiede (Abbildung 4). Mit starrem Nackensteuer wurde eine durchschnittliche Verformung von 2,2 cm gemessen, mit flexiblem Nackensteuer erhöhte sich der Durchschnittswert signifikant auf 3,6 cm ($n = 47, p < 0,001$).

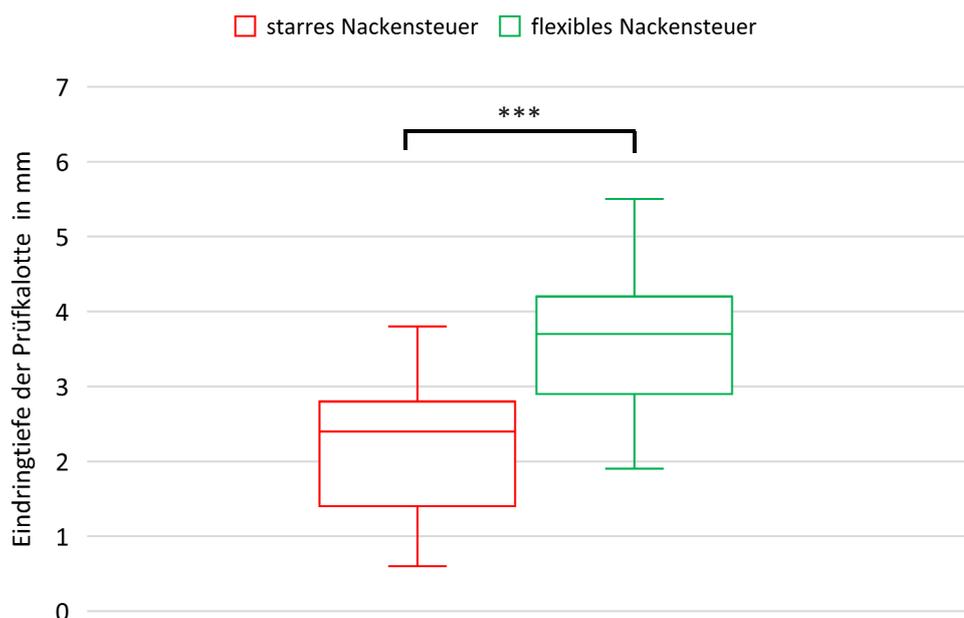


Abbildung 4: Verformung der Liegefläche bei starrem und flexiblem Nackensteuer, gemessen in 47 Liegeboxen. Die Boxplots zeigen den Median und die Quartile, die Sternchen die Signifikanz für $p < 0,001$

Diskussion

Im vorliegenden Experiment wurde ein starres Metallrohr-Nackensteuer in 115 cm Höhe durch ein flexibles Nackensteuer in Höhe von 85 cm ausgetauscht. Damit wurden nicht nur Nackensteuermaterial und -höhe, sondern auch dessen Funktionsweise verändert. Beim Aufstehen und Abliegen erreichte das flexible Nackensteuer ungefähr die Position des ursprünglichen starren Nackensteuers, sodass die Positionierung einer liegenden Kuh analog zu der Positionierung mit einem starren Nackensteuer sein sollte. Hingegen weicht der Steuermechanismus bei einer stehenden Kuh grundlegend vom starren Nackenrohr ab. Das flexible Nackensteuer übte die Funktion, eine stehende Kuh in der Liegebox zu positionieren, an der Brust und nicht am Nacken aus.

Das vorliegende Experiment wurde als Vorher-Nachher-Vergleich durchgeführt, womit sich Behandlungs-, Zeitraum- und Laktationsstadiumeffekte statistisch nicht voneinander trennen lassen. Um dennoch auf Behandlungseffekte schließen zu können, müssen die Zeiträume vergleichbar und die Laktationsstadieneffekte eliminierbar sein. Um vergleichbare Zeiträume zu bekommen, wurde innerhalb der vorliegenden Studie auf vergleichbare Bedingungen bezüglich der Außentemperaturen geachtet. Im Temperaturbereich bis 24 °C kann davon ausgegangen werden, dass noch kein Hitzestress bei den Kühen bestand, der das Liegeverhalten beeinflussen könnte (GEISCHEDER et al. 2016). Außerdem gab es keine Veränderungen bei der Futterration oder den Fütterungs- und Melkzeiten.

Diskussion der Aktivitätsdaten

Die Ergebnisse zeigten, dass das Liegeverhalten der untersuchten Kühe bei beiden Nackensteuerausführungen mit über 720–780 Minuten pro Tag den Richtwerten (NFACC 2009, CHARLTON et al. 2014) entsprach. BENZ et al. (2020) erhoben bei 1.414 Tieren in 159 Betrieben durchschnittliche tägliche Laufzeiten von 44 Minuten. Die vergleichsweise geringen Laufzeiten auf dem Untersuchungsbetrieb (etwa 37 Minuten je Tag) erklären teilweise die daraus resultierende Quantität des Stehens, nicht aber dessen Qualität. Die Tagesverläufe der Stehzeiten zeigten jeweils einen biphasischen Verlauf, dessen Rhythmus primär durch die Photoperiode, Fütterung und Melkzeiten bestimmt wird (TILGER 2005). Um die Effekte des Laktationsstadiums in den mit Pedometer erhobenen Merkmalen zu eliminieren, wurde die Funktion aus MASELYNE et al. (2017) verwendet. Nach Korrektur der Pedometerdaten unterschieden sich die Gesamtliegezeiten zu beiden Untersuchungszeiträumen nicht signifikant voneinander, was den Ergebnissen anderer Untersuchungen entspricht (TUCKER et al. 2004, BERNADI et al. 2009, FREGONESI et al. 2009, ABADE et al. 2015). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass dieses Ergebnis auf nur 13 Pedometern beruht, welche je nach Anzahl der Messtage eine wahre Differenz von 30 bis 45 Minuten mit etwa 80-prozentiger Wahrscheinlichkeit nachweisen können. Für die Liegeboxennutzungsdaten wurde angenommen, dass der mittlere Laktationstag durch neu in die Gruppe kommende Tiere in beiden Untersuchungszeiträumen gleich war. Für die Interpretation der Ergebnisse wurde also postuliert, dass die Zeiträume vergleichbar und die Unterschiede im Laktationsstadium bei den Pedometerdaten mit der Formel von MASELYNE et al. (2017) korrigierbar sind.

Diskussion der Daten zur Liegeboxennutzung

Die Studie zeigte, dass es in Abhängigkeit von der Nackensteuerausführung keine Unterschiede bezüglich der Anzahl der Liegeereignisse in der Zeit von 12:00 bis 17:00 Uhr gab, sich aber die Anzahl der Box-betreten-Ereignisse (162 mit starrem Nackensteuer zu 102 mit flexiblem Nackensteuer) und die Anzahl der Stehereignisse signifikant unterschieden. Dabei war die Stehzeit pro Ereignis bei

starrem Nackensteuer zwar kürzer, aber der Unterschied nicht signifikant. Nimmt man an, dass Liegeboxen sowohl mit der Intention zu Liegen als auch zu Stehen betreten werden, so könnte angenommen werden, dass beide Varianten von Liegeboxen gleich häufig mit Liegeintention betreten werden. Die zusätzlichen Box-betreten Ereignisse bei starrem Nackensteuer wären dann Ereignisse mit Stehintention, in denen die Liegebox als Rückzugsort zum Stehen aufgesucht werden soll. Dass Liegeboxen mit starrem Nackensteuer häufiger, aber tendenziell kürzer aufgesucht werden, könnte dann durch einen vorzeitigen Abbruch des Stehereignisses in der Liegebox und mit erneutem Stehversuch in einer anderen Liegebox erklärt werden. Weiterführende Untersuchungen sollten diesen Aspekt vertiefen, da ein vorzeitiger Abbruch eines Stehereignisses in einer Liegebox eventuell zu erhöhtem sozialem Stress führen kann und in jedem Fall der Liegeboxenwechsel zu einer unerwünschten Exposition der Klaue mit Gülle während des Wechsels führt.

Durch den Einsatz des flexiblen Nackensteuers ergab sich eine Verschiebung vom unerwünschten Stehen mit zwei Füßen in der Liegebox (Perching) hin zu vollständigem Stehen in den Liegeboxen. Vermehrtes Stehen mit vier Füßen innerhalb der Liegebox lässt allgemein eine verbesserte Klauengesundheit erwarten (SOMERS et al. 2003, BERNARDI et al. 2009, GALINDO und BROOM 2000). Perching erhöht die mechanische Belastung der hinteren Klauen und gilt als klauenschädigend, weil direkt hinter der Liegebox häufig eine erhöhte Verschmutzung vorliegt (Abbildung 5). Die Dauer des Perchings halbierte sich nach der Installation des flexiblen Nackensteuers annähernd, während das klauenfreundlichere vollständige Stehen in der Liegebox sich mehr als verdreifachte. In weiterführenden Studien sollte daher untersucht werden, ob sich diese Größenordnungen auch bei Berücksichtigung des gesamten Tages wiederfinden. Ergänzend sollten Langzeitbeobachtungen zur Entwicklung der Klauengesundheit durchgeführt werden. Weiterhin wäre es interessant herauszufinden, ob außer dem Nackensteuer noch andere Einflussfaktoren, wie beispielsweise die Abmessungen des Kopfraums, die zusätzliche Nutzung der Liegeboxen zum Stehen einschränken.



Abbildung 5: Perching im Praxisbetrieb: Klauen stehen im verkoteten Bereich hinter der Liegebox (© B. Benz)

Bei beiden Nackensteuerausführungen nahm die Dauer von Liegeereignissen vom Mittag zum Abend hin ab, was möglicherweise damit zu erklären ist, dass bei hochleistenden Kühen das Liegen auf dem zunehmend vollen Euter unangenehm sein könnte. Würden weiterführende Untersuchungen in Betrieben mit automatisiertem Füttern und Melken durchgeführt, so könnte diese Fragestellung überprüft werden. Der Kenntnisstand über das Optimum für das jeweilige Zeitbudget und die zeitliche Verteilung der Verhaltensweisen Liegen, Laufen und Stehen ist insgesamt noch lückenhaft. Allerdings ist davon auszugehen, dass Stehen heutzutage aufgrund der Fütterung anstelle der Futtersuche logisch im Tagesbudget resultiert, was zahlreiche Studien bestätigen (BENZ et al. 2020, OBERSCHÄTZL-KOPP 2017, TILGER 2005)

Diskussion möglicher Wechselwirkungen zwischen Liegeboxennutzung und Verformbarkeit der Strohmattmatratze

In der vorliegenden Studie wurde, ergänzend zu Tierverhaltensparametern, die Verformbarkeit der Strohmattmatratze in der Tiefbox untersucht. Die Annahme war, dass Beeinträchtigungen durch ein starres Nackensteuer möglicherweise den Ablauf des Aufstehvorgangs der Kuh verändern könnten. Ein flexibel ausgeführtes Nackensteuer könnte das ungehinderte Aufstehen der Kühe, bei dem diese einen fließenden, zügigen Bewegungsablauf benötigen, um Trägheit und Hebelwirkung beim Kopfschwung voll auszuschöpfen (BOXBERGER 1982), unterstützen. Bei mutmaßlich inzwischen schwereren Kühen dürften die Kräfte auf die Karpalgelenke sogar noch höher liegen, als das bei den zitierten Untersuchungen der Fall war. Unbeeinträchtigtes Aufstehen sollte die Strohmattmatratze im vorderen Bereich der Liegebox weniger strapazieren. Innerhalb der vorliegenden Untersuchung konnte eine höhere Verformbarkeit der Stroh-Mist-Mattmatratze bei flexiblem Nackensteuer nachgewiesen werden. Zudem hängt die relative Höhe der Bugschwelle direkt von der Mattmatratzenstärke ab. Eine überhöhte Bugschwelle kann die Liegepositionen einschränken (PELZER et al. 2007), Liegezeiten verringern (TUCKER et al. 2006) und den Aufstehvorgang behindern (BOXBERGER 1982). Die vorliegende Untersuchung zeigte erstmals einen Zusammenhang zwischen der Nackensteuerausführung und der Einstreumatratzenverformbarkeit im vorderen Bereich der Tiefbox. Aufgrund der hohen Relevanz eines solchen möglichen Zusammenhangs für die Praxis und den methodischen Einschränkungen der hier vorgestellten Pilotstudie wäre es sinnvoll, diesen Ansatz in weiteren Studien zu verifizieren. Zusätzlich sollte hierbei die relative Höhe der Bugbegrenzung zur Liegefläche und deren Effekt auf natürliche Liegepositionen mit ausgestrecktem Vorderbein mit untersucht werden.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Pilotstudie zeigten, dass ein niedrig positioniertes flexibles Nackensteuer Potenzial zur Steigerung der Liegeboxennutzung hat, indem es ergänzend zum Liegen das vollständige Stehen mit vier Füßen in der Liegebox erleichtert. Für die Praxis sind diese Erkenntnisse von großem Interesse, weil eine nachträgliche Installation eines flexiblen Nackensteuers praktikabel ist und neben Verbesserungen bei der Liegeboxennutzung auch langfristige positive Entwicklungen bei der Klauengesundheit erwarten lässt.

Literatur

- Abade, C.C.; Fregonesi, J.A.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary, D.M. (2015): Dairy cow preference and usage of an alternative freestall design. *Journal of Dairy Science* 98(2), pp. 960–965
- Alsaad, M.; Niederhauser, J.J.; Beer, G.; Zehner, N.; Schuebach-Regula, G.; Steiner, A. (2015): Development and validation of a novel pedometer algorithm to quantify extended characteristics of the locomotor behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98(9), pp. 6236–6242
- Benz, B.; Eilers, U.; Hubert, S. (2020): Tierwohl in baden-württembergischen Milchkuhbetrieben – eine Analyse unter besonderer Berücksichtigung des Stall-Baujahres. *Züchtungskunde* 92(2), S. 85–103
- Benz, B.; Richter, A.; Richter, T. (2017): *Rinder gesund halten - Kälberaufzucht, Klauengesundheit, Fruchtbarkeit*. Stuttgart, Eugen Ulmer KG
- Bernardi, F.; Fregonesi, J.; Winckler, C.; Veira, D.M.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary, D.M. (2009): The stall-design paradox: neck rails increase lameness but improve udder and stall hygiene. *Journal of Dairy Science* 92(7), pp. 3074–3080
- Boxberger, C.W. (1982): *Wichtige Verhaltensparameter von Kühen als Grundlage zur Verbesserung der Stalleinrichtung*. Habilitationsschrift, Fachgebiet Landtechnik, Technische Universität München
- Charlton, G.L.; Haley, D. B.; Rushen, J.; de Passillé, A.M. (2014): Stocking density, milking duration, and lying times of lactating cows on Canadian freestall dairy farms. *Journal of Dairy Science* 97(5), pp. 2694–2700
- Dahlhoff, K.; Pelzer, A.; Büscher, W. (2009): Einfluss der Boxengestaltung auf das Liegeverhalten von Milchkühen in Laufställen. *Landtechnik* 64(6), S. 426–428, <https://doi.org/10.1515/lt.2009.710>
- Fregonesi, J.A.; von Keyserlingk, M.A.G.; Tucker, C.B.; Veira, D.M.; Weary, D.M. (2009): Neck-rail position in the free stall affects standing behavior and udder and stall cleanliness. *Journal of Dairy Science* 92(5), pp. 1979–1985
- Galindo, F.; Broom, D.M. (2000): The relationships between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. *Res Vet Sci.* 69(1), pp. 75–79
- Geischeder, S.; Stoetzel, P.; Zahner, J. (2016): *LfL Information: Möglichkeiten zur Reduzierung von Hitzestress im Milchviehstall*. Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Grub, 13. April 2016, S. 7–27
- Hörning, B. (2003): *Nutztierethologische Untersuchungen zur Liegeplatzqualität in Milchviehlaufstallsystemen unter besonderer Berücksichtigung eines epidemiologischen Ansatzes*. Habilitationsschrift, Fachgebiet Tierhaltung und Nutztierethologie, Universität Kassel, Witzenhausen
- Hörning, B.; Zeitlmann, C.; Tost, J. (2001): Unterschiede im Verhalten von Milchkühen im Liegebereich verschiedener Laufstallsysteme. *KTBL-Schrift* 403, KTBL, Darmstadt, S. 153–161
- Hoy, S.; Gauly, M.; Krieter, J. (2006): *Nutztierhaltung und -hygiene. Grundwissen Bachelor*. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag
- von Keyserlingk, M.A.G.; Cunha, G.E.; Fregonesi, J.A.; Weary, D.M. (2011): Introducing heifers to freestall housing. *Journal of Dairy Science* 94(4), pp. 1900–1907
- Kieffer, T. (1999): *Verformungsverhalten von Liegeboxenbelägen in Abhängigkeit vom Auflagedruck*. Studienarbeit, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik
- Mader, F.; Schmithausen, A.J.; Trimborn, M.; Hoppe, S.; Büscher, W. (2017): Bewertung von Einstreumaterialien für Liegeboxen in der Milchviehhaltung. *Landtechnik* 72(6), S. 293–304
- Maselyne, J.; Pastell, M.; Thomsen, P.T.; Thorup, V.M.; Hänninen, L.; Vangeyte, J.; Van Nuffel, A.; Munksgaard, L. (2017): Daily lying time, motion index and step frequency in dairy cows change throughout lactation. *Research in Veterinary Science* 110, pp. 1–3
- NFACC (National Farm Animal Care Council) (2009): *Code of practice for the care and handling of dairy cattle*. NFACC, Ottawa, Ontario, Canada, p. 10
- Oberschätzl-Kopp, R. (2017): *Verhalten von Milchkühen bei statischen und dynamischen Fütterungskonzepten in automatisierten Stallsystemen*. Dissertation, Technische Universität München

- Pelzer, A.; Cielejewski, H.; Bayer, K.; Büscher, W.; Kaufmann, O. (2007): Cows and more – Was die Kühe uns sagen. Bonitieren-Bewerten-Beraten mit System. 8. Tagung Bau, Technik, Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Bonn, pp. 97–102
- Somers, J.G.C.J.; Frankena, K.; Noordhuizen-Stassen, E.N.; Metz, J.H.M. (2003): Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *Journal of Dairy Science* 86(6), pp. 2082–2093
- Stroup, W.W. (2002): Power analysis based on spatial effects mixed models: A tool for comparing design and analysis strategies in the presence of spatial variability. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 7, pp. 491–511
- Tilger, M. (2005): Biologische Rhythmen bei Nutztieren - Eine Literaturstudie. Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- Tucker, C.; Weary, D.M.; Fraser, D. (2004): Free-stall dimensions: effects on preference and stall usage. *Journal of Dairy Science* 87(5), pp. 1208–1216
- Tucker, C.; Weary, D.M.; Fraser, D. (2005): Influence of neck-rail placement on free-stall preference, use and cleanliness. *Journal of Dairy Science* 88(8), pp. 2730–2737
- Tucker, C.; Zdanowicz, G.; Weary, D.M. (2006): Brisket boards reduce freestall use. *Journal of Dairy Science* 89(7), pp. 2603–2607
- Uzal Seyfi, S. (2013): Hourly and seasonal variations in the area preference of dairy cows in freestall housing. *Journal of Dairy Science* 96(2), pp. 906–917

Autoren

Prof. Dr. Barbara Benz ist Professorin im Studiengang Agrarwirtschaft, **Sascha Hiss** studierte Agrarwirtschaft und **Dipl. agr. Ing. (FH) Sabine Hubert** ist wissenschaftliche Assistentin für Pflanzenbau und Phytomedizin an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt in Nürtingen-Geislingen, Neckarsteige 6-10, 72622 Nürtingen. E-Mail: barbara.benz@hfwu.de

Dr. Jens Hartung ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Bereich Biostatistik, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart.