

Beobachtungen zu Aufenthaltsorten und zum Ausscheidungsverhalten von Kühen auf einem strukturierten Laufhof

Barbara Benz, Uwe Eilers, Eva Gallmann, Alexander Merkel, Hans-Jürgen Seeger

Rund 30 % der Ammoniakemissionen aus der Rinderhaltung entstehen über die Stallgebäude und deren Funktionsbereiche, insbesondere durch verschmutzte Laufflächen. Durch die Implementierung von Laufhöfen zur Förderung des Tierwohls steigt der Anteil emissionsaktiver Flächen. Ein neuer Ansatz, um den Zielkonflikt zwischen Tierwohl und Umweltschutz im Bereich der Ammoniakemissionen aufzulösen, ist es, Laufhöfe mit Hochboxen zu strukturieren und somit emissionsaktive Flächenanteile zu verringern.

In dieser Studie wurde über ein Jahr hinweg das Verhalten einer laktierenden Herde mittels eines Tierortungssystems erfasst. Die Echtzeitlokalisierung der Tiere ermöglichte es, die Nutzung der verschiedenen Funktionsbereiche des strukturierten Laufhofs zu analysieren. Die Ergebnisse zeigten, dass die Kühe den Laufhof täglich für 2,3 Stunden nutzten, wobei etwa 32 % der Tieraufenthalte in den Hochboxen, 27 % im Quergang und 25 % an den Fressplätzen stattfanden.

Außerdem wurde das Ausscheidungsverhalten von Milchkühen auf dem Laufhof direkt beobachtet. Es stellte sich heraus, dass nur den Laufhof betrachtet, etwa 70 % der Harnausscheidungen im Fressgang erfolgten.

Schlüsselwörter

Milchvieh, Laufhof, Ausscheidungen

Laufhöfe dienen dem Tierwohl, vergrößern aber gleichzeitig die emissionsaktive Oberfläche, so dass die Ammoniakemissionen steigen (UMWELTBUNDESAMT 2021). Daher ist es wichtig, auch den Laufhof regelmäßig zu reinigen und die Ausscheidungen zeitnah in abgedeckte Außenlager zu befördern. Rinder eliminieren diffus, wobei das Absetzen von Kot, im Gegensatz zum Harnabsatz, sowohl im Gehen, Fressen, Liegen, Stehen und Aufstehen erfolgen kann. Um Harn abzusetzen, muss die Milchkuh alle anderen Aktivitäten für diese Dauer einstellen (PHILIPS 2002). Milchkühe setzen täglich bei einem durchschnittlichen Zeitabstand zwischen zwei Harnabgaben von 98 Minuten ungefähr 14-mal Harn ab (SHEPHERD et al. 2017). Der Kotabsatz erfolgt etwa 12-mal pro Tag. Da das Verrichten von Kot in der Regel im Stehen erfolgt, sind die Liegeboxen im Laufstall so bemessen, dass der Kot möglichst in den Gang fällt. Vor allem, wenn Rinder nach dem Liegen aufstehen, findet eine vermehrte Kot- und Harnabgabe statt. Wird Kot im Liegen abgesetzt, kann es zur Verunreinigung der Liegefläche kommen (FORIS et al. 2021; DRAGANOVA et al. 2015; PHILLIPS 2002). Laut RICHTER (2006) wird Kot zu 70 % im Fressgang abgesetzt.

Generell wird empfohlen, innerhalb der ersten zwei Stunden nach Futtervorlage die fressenden Kühe nicht durch die Entmistungstechnik zu stören (BUCK et al. 2012). Dem Zielkonflikt zur best-

möglichen Laufganghygiene kann jedoch durch erhöhte Fressstände begegnet werden, die eine hohe Entmistungsfrequenz mit einer durch Schieber ungestörten Futteraufnahme ermöglichen (BENZ et al. 2014). ZÄHNER et al. (2019) finden heraus, dass durch erhöhte Fressstände bei zwölfmaliger Entmistung pro Tag die Ammoniakemissionen im Sommer um 8 %, im Herbst um 19 % und im Winter um 16 % verringert werden konnten. Kombinierte baulich-technische Ammoniakminderungsmaßnahmen, wie erhöhte Fressstände mit Fressplatzteilern und emissionsmindernde Laufflächenausführungen sowie Hochboxen auf der Laufhöffläche, sind nach Abschätzungen von CHRIST und BENZ (2020) dazu geeignet, die zusätzlichen Emissionen durch Laufhöfe zu kompensieren.

VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (2017) stellen fest, dass Kühe einen Laufhof rund die Hälfte der verfügbaren Zeit, zu der sie nicht im Stall liegen, fressen oder sich beim Melken befinden, nutzen. Bezogen auf das Tageszeitbudget sind es 5 %, auf die Herde bezogen durchschnittlich 4 % der Herde. Die Nutzung des Laufhofs variiert je nach Flächenangebot, bei geringerer Fläche ($3,6 \text{ m}^2/\text{Tier}$) lag die Nutzung rund ein Drittel unter den Werten bei großem Flächenangebot ($15,1 \text{ m}^2/\text{Tier}$). Unabhängig von der verfügbaren Fläche führen sonnige Herbst- und Wintertage zu einer intensiveren Nutzung. Allgemein findet 70 bis 80 % der Laufhofnutzung tagsüber zwischen 9 und 16 Uhr statt. Smid et al. (2019) ermöglichen in einem experimentellen Versuchsansatz Gruppen von 12 laktierenden Kühen mit mehr als 100 Laktationstagen den Zugang zu einem eingestreuten Auslauf mit 144 m^2 Größe ($12 \text{ m}^2/\text{Tier}$). Die Auslaufläche wird von den Tieren im Sommer zu 54 % der Zeit zum Liegen genutzt, im Winter lediglich zu 5 %. Im Sommer verbringen die Kühe durchschnittlich 25 % des Tages im Freien, während es im Winter nur 3,3 % sind. Vor allem in den Sommernächten zwischen 20:00 Uhr und 06:00 Uhr sind die Tiere im Mittel 50 % der Zeit im Freien. An den Sommertagen zwischen 06:00 Uhr und 20:00 Uhr halten sie sich zur Vermeidung der Sonneneinstrahlung mit 3,3 % deutlich kürzer draußen auf.

CHARLTON et al. (2013) beobachten eine höhere Motivation der Kühe, nachts die Weide zu nutzen. Kismul et al. (2019) vergleichen das Verhalten automatisch gemolkener Kühe, die nachts Zugang entweder zu einer Weide oder einem Auslauf mit 100 m^2 pro Kuh, in 228 m (Auslauf) und 228 bis 338 m (Weide) Entfernung vom Stall haben. Dabei unterscheidet sich die Fütterung zwischen den beiden Gruppen grundlegend. Bei Weidezugang wird tagsüber 12 Stunden lang restriktiv und bei Auslaufzugang ad libitum über 24 Stunden täglich Grassilage im Stall angeboten. Die Autoren berichten, dass die Kühe die Weide lediglich zu 33 % innerhalb des zwölfstündigen Zeitraumes „Nacht“ nutzen (3,9 Stunden) und zwar ganz überwiegend innerhalb der ersten drei Stunden zwischen 18 und 21 Uhr. Davon verbringen sie 8 % liegend (19 Minuten) und grasen 85 % der effektiven Weidezeit von 2,47 Stunden, während die Gruppe mit Zugang zum Auslauf im Mittel 25 % der Zeit (3,08 Stunden) draußen ist und davon 32 % (59 Minuten) liegt. Beide Gruppen verbringen folglich einen Großteil der Zeit im Stall, ohne das Angebot des nächtlichen Freigeländezugangs zu nutzen. Die geringe Weidenutzung bei gegebener restriktiver Fütterung im Stall resultiert in einer geringeren Milchleistung. Die Autoren schlussfolgern, dass es wichtig ist, auch bei nächtlichem Weidezugang im Stall Futter anzubieten, um Leistungseinbußen zu vermeiden.

SCHRADE et al. (2010) stellen fest, dass nach dem Melken oder der Futtervorlage nur wenige Tiere auf dem Laufhof sind. Auf einem separaten Laufhof halten sich 4 bis 10 % einer Herde auf, während bei einem integrierten Laufhof aufgrund der angrenzenden und mit berücksichtigten Liegeboxen die Nutzung bei 32 bis 35% liegt (SCHRADE et al. 2010). Auch auf großen Laufhöfen mit $15,1 \text{ m}^2$ Fläche pro Kuh wird mit einer durchschnittlichen täglichen Distanz von nur 100 Metern wenig Bewegung beob-

achtet, bei $3,6 \text{ m}^2$ pro Kuh sind es nur noch 40 Meter pro Tag (VAN CAENEGEM und KRÖTZ MESSERLI 1997). Die Kühe verbringen den Großteil ihrer Zeit auf dem Laufhof ohne erkennbare Aktivität oder zum Wiederkäuen, insgesamt etwa eine Stunde täglich.

Tiere, Material und Methoden

Bei den Tieren in dieser Untersuchung handelte es sich um eine Fleckviehherde mit einer durchschnittlichen Jahresleistung von 11.200 kg Milch je Kuh. Im 6-reihigen Liegeboxenlaufstall befanden sich 144 Tiefboxen für die laktierende Herde mit Laufhofzugang. Die Frischmelker und der Selektionsbereich wurden nicht beobachtet. Alle Liegeboxen waren gegenständig angeordnet, 1,25 m breit und 2,6 m lang. Der Stall hatte zwei außenliegende Futtertische. Alle Fressplätze waren als erhöhte Fressstände mit Fressplatzteilern an jedem zweiten Fressplatz gebaut. Die Fressgänge waren 2,5 m breit, dazu kamen 1,55 m lange Fressstände, woraus eine Gesamtbreite von 4,05 m resultierte. Fressgänge und erhöhte Fressplätze waren sowohl im Stall als auch auf dem Laufhof mit Gummiauflagen belegt. Die Laufflächen hatten 3 % Quergefälle zur Harnrinne, um Kot und Harn schneller zu trennen und dadurch eine Reduktion der Ammoniakemissionen zu erzielen. Die Laufgänge zwischen den Liegeboxen waren 3 m breit. Die Kühe wurden mit drei automatischen Melksystemen gemolken.

Der angegliederte Laufhof war mit insgesamt 18 nicht überdachten Hochboxen und zwei überdachten Fressbereichen strukturiert. Zusätzlich war er mit einer Tränke und zwei automatischen Kuhbürsten ausgestattet. Im Stall wurde auf einen Quergang am Stallende verzichtet (Abbildung 1).

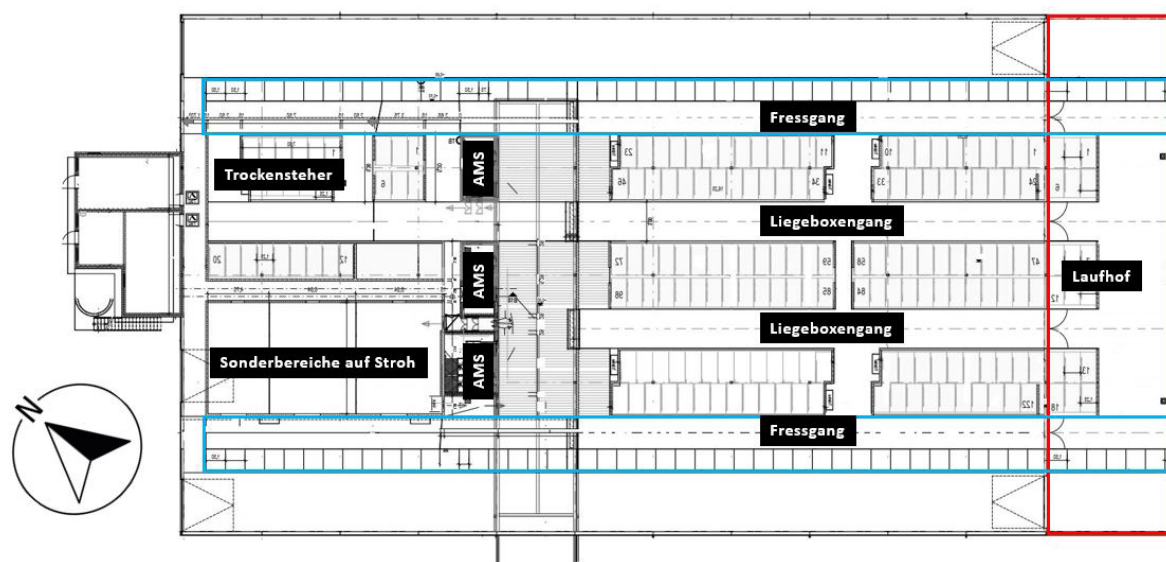


Abbildung 1: Stallgrundriss des Untersuchungsbetriebes (der angegliederte Laufhof befindet sich rechts und ist rot eingeraht, zusätzlich sind die Fressgänge mit blauem Rahmen gekennzeichnet)

Die Fläche des Laufhofs betrug 295 m^2 . Ohne erhöhte Fressplätze und Hochboxen waren es 201 m^2 reine Bewegungsfläche. Die Entmistung der Gänge im Stall und im Laufhof erfolgte 2-stündlich mit stationären Wendeklappschiebern, während die Quergänge zu den Stallzeiten morgens und abends manuell gereinigt wurden (Abbildung 2).



Abbildung 2: Strukturierter Laufhof des Untersuchungsbetriebes mit Entmistungsachsen und Wendeklappschiebern

Echtzeitlokalisierung

Über den Einsatz eines Ortungssystems (SMARTBOW®, Smartbow GmbH, Weibers, Österreich) wurde im Zeitraum Oktober 2021 bis September 2022 der Aufenthalt jeder einzelnen Kuh im Stall (Kontrolle) und im Laufhof sowie in zehn einzelnen Bereichen des strukturierten Laufhofes erfasst (Abbildung 3).

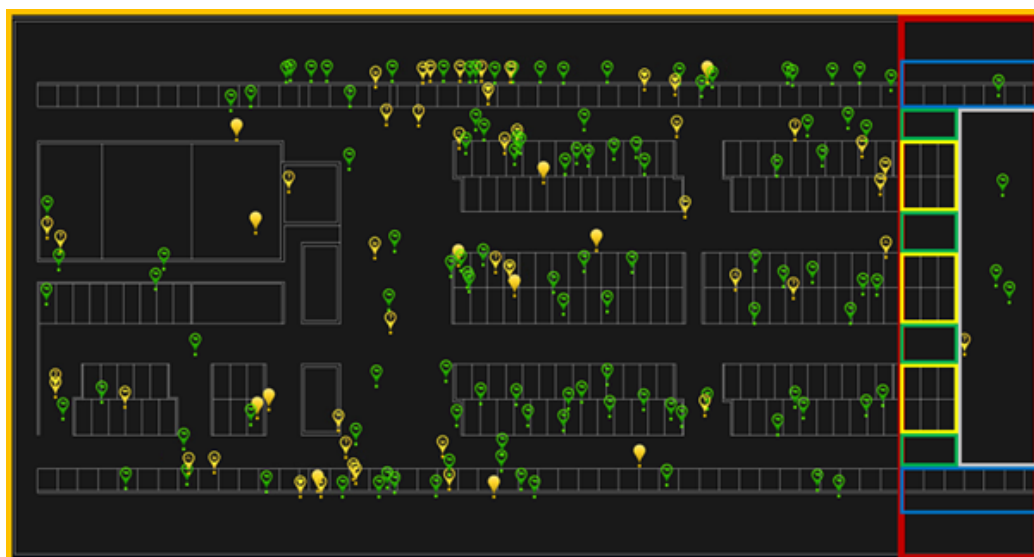


Abbildung 3: Stallgrundriss mit den farblich gekennzeichneten Erfassungslokalisationen im Laufhof: gelb = drei Hochboxenbereiche; blau = Fressplätze Ost (oben) und West (unten); grün = Fressgänge Ost (oben) und West (unten) sowie zwei Liegeboxengänge; grau= Quergang außen. Unauffällige Kühe wurden vom System grün dargestellt, auffällige Kühe wurden gelb hervorgehoben.

Die Smartbow-Ohrmarke hat einen Beschleunigungssensor zur Erfassung von Kuh- und Wiederkauaktivität integriert. Dieser erfasst sekundlich (im Falle einer Datenüberlastung in 5- oder 10-Sekunden-Intervallen) die Beschleunigungsdaten und sendet die Niederfrequenzsignale (1 Hz) an ei-

nen Empfänger. Die Erfassung des Standortes erfolgt durch die Prinzipien Time Difference of Arrival (TDoA) und Angle of Arrival (AoA). Die fest im Stall installierten Empfänger (Smartbow Wallpoints) sendeten die Daten in Echtzeit an einen lokalen Server (Smartbow Station). WOLFGER et al. (2017) nennen in ihrer Studie zur Validierung (vier Validierungsschritte) des Smartbow-Systems zur Ortsangabe der Tiere Differenzen von lediglich 1,22 bis 1,80 m zwischen Lasermessungen und den Smartbow-Angaben. Auf unserem Untersuchungsbetrieb wurde die Erfassungsgenauigkeit anhand von Tagessummen der Aufenthaltszeiten einzelner Kühe in den Lokalisationen kontrolliert, diese lag bei 98 %. Auswertungsbedingt ergaben sich innerhalb der vorgestellten Studie Aufenthalte unter einer Minute, die aufgrund der Datenmenge auf den Wert null abgerundet wurden. Das bedeutete, dass bei einem Wechsel des Erfassungsbereichs einer Kuh und einem Aufenthalt unter einer Minute im neuen Bereich eine Lücke entstand. Aufgrund der 10 verschiedenen Erfassungsbereiche summierten sich die Aufenthalte <1 Minute auf insgesamt 11,8 % bezogen auf den Gesamtaufenthalt auf dem Laufhof. Alle Daten wurden zu Stundenwerten zusammengefasst, wodurch pro Monat über alle Bereiche und Tiere jeweils über 900.000 Informationen vorlagen. Die Berechnung der Dauer von Tieraufenthalten in den einzelnen Sektoren basierte immer auf 144 Kühen mit Laufhofzugang. Das bedeutet, es wurde die Aufenthaltsdauer in einem Sektor auf dem Laufhof aller Kühe aufsummiert und durch die konstante Anzahl von 144 Kühen geteilt. Tatsächlich wurden bedingt durch Gruppenwechsel im Durchschnitt 155 individuelle Kühe auf dem Laufhof registriert, wobei es aufgrund der Datenmenge nicht möglich war, die einzelnen Aufenthaltstage einer Kuh zu berücksichtigen.

Die Außentemperaturen wurden nur zwischen 31.3.2022 und 25.7.2022 mit einer stationären Wetterstation (Vantage Pro2, Davis Instruments, Hayward, USA) viertelstündig aufgezeichnet. Die Wetterstation war mittig am Laufhof in einer Höhe von sechs Metern über dem Boden montiert und erfasste Sonneneinstrahlung, Niederschlag, Temperatur und Luftfeuchte. Ergänzend standen Daten aus der Stallklimasoftware des Untersuchungsbetriebes (SBE, Lock Antriebstechnik GmbH, Ertingen) zur Verfügung.

Direktbeobachtung zum Eliminationsverhalten

Das Absetzen von Kot und Harn wurde, auf dem nicht überdachten Laufhof, über insgesamt zweimal zwölf Stunden jeweils im Zeitraum von 7 bis 19 Uhr direkt beobachtet, wobei die Beobachtungszeiten auf acht Tage aufgeteilt waren (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zeiträume der Direktbeobachtungen zum Eliminationsverhalten

Datum	Uhrzeit	Anzahl Stunden	Niederschlag und Durchschnittstemperaturen
23.9.2021	10:00 bis 15:00 Uhr	5	Kein Niederschlag, 15°C
27.9.2021	15:00 bis 19:00 Uhr	4	Kein Niederschlag, 18°C
30.9.2021	7:00 bis 10:00 Uhr	3	Kein Niederschlag, 7°C
3.10.2021	7:00 bis 10:00 Uhr	3	Kein Niederschlag, 10°C
6.10.2021	15:00 bis 18:00 Uhr	3	Kein Niederschlag, 11°C
8.10.2021	10:00 bis 12:00 Uhr	2	Kein Niederschlag, 14°C
17.10.2021	12:00 bis 15:00 Uhr	3	Kein Niederschlag, 12°C
18.10.2021	18:00 bis 19:00 Uhr	1	Kein Niederschlag, 8°C
	Summe	24	

Während der Beobachtungen zum Eliminationsverhalten lagen die Temperaturen im Durchschnitt bei 12°C (zwischen 7°C und 18°C) und es gab keinen Niederschlag. Die Laufhöffläche wurde für die Beobachtungen in sieben Sektoren eingeteilt. Hintergrund für diese von den Erfassungslokalisationen der Tierortung abweichende Einteilung war die Tatsache, dass Verschmutzungen durch Ausscheidungen von Kühen, während sie die Hochboxen nutzten, im angrenzenden Laufbereich des Liegeboxen- oder Fressgangs landeten. Mithilfe der Einteilung in sieben anstelle der zehn Erfassungslokalisationen wurde diesem Umstand Rechnung getragen. Es entstanden auf diese Weise auf den Laufflächensektoren außerdem in etwa vergleichbar große Flächen, auf denen der Zeitpunkt des Kot- oder Harnabsatzes erfasst wurde (Tabelle 2).

Tabelle 2: Einteilung des Laufhofes in Sektoren für die Direktbeobachtungen zum Eliminationsverhalten, Hochboxen und Fressplätze sind bei den Flächenangaben nicht mit enthalten

Laufhofsektoren	Bezeichnung	Laufflächengröße (ohne Hochboxen)	Ausstattung
	Fressgang Ost	30 m ²	3 Hochboxen Zugang zu 13 Fressplätzen
	Fressgang West	30 m ²	3 Hochboxen Zugang zu 13 Fressplätzen
	Liegeboxengang Ost	30 m ²	6 Hochboxen
	Liegeboxengang West	30 m ²	6 Hochboxen
	Quergang Ost	27 m ²	Kuhbürste
	Quergang Mitte	27 m ²	Tränke
	Quergang West	27 m ²	Kuhbürste

Datenauswertung

Die Datengrundlage der Tierortung auf Basis von 12 Monatsmittelwerten oder 24 Stundenmittelwerten bei Tagesverläufen war nicht normal verteilt, was mit dem Shapiro Wilk-Test geprüft wurde. Unterschiede zwischen Gruppen wurden mit dem Friedman-Test durchgeführt und dazu Mediane und Maximal- sowie Minimalwerte angegeben. Zum arithmetischen Mittelwert wurden Standardabweichung (SD) und Variationskoeffizient (VK) ergänzt. Paarweise Vergleiche von Häufigkeiten wurden mit dem Binomialtest analysiert. Zum Test auf Korrelation wurde der Kendalls Tau-Test angewandt. Die statistischen Auswertungen wurden mit dem Programm R Version 4.2.1 und dem Paket R Commander durchgeführt. Als signifikant galt $p < 0,05$, sehr signifikant ab $p < 0,01$ und hoch signifikant ab $p < 0,001$.

Die Studie wurde als Tierversuch nach § 8a Abs. 1 Nr. 2 TierSchG Nr. LAZ 03/20 A beim zuständigen Regierungspräsidium angezeigt.

Ergebnisse

Tieraufenthalte auf dem Laufhof

Im Durchschnitt hielten sich die Kühe mit 140,6 Minuten täglich über 2,3 Stunden auf dem Laufhof auf (SD = 13,8 Minuten, VK = 10,2). Die Tieraufenthalte verteilten sich auf die Fressplätze mit 34,6 Minuten (SD = 3,7 Minuten, VK = 9,3), die beiden Fressgänge mit 4,6 Minuten (SD = 1,0 Minuten, VK = 4,8), die 18 Hochboxen mit 44,9 Minuten (SD = 4,7 Minuten, VK = 9,6), die beiden Liegeboxengänge mit 2,4 Minuten (SD = 0,3 Minuten, VK = 7,9) und den Quergang mit 37,7 Minuten (SD = 7,0 Minuten, VK = 5,4). Mit durchschnittlich 11,8 Minuten (SD = 1,1 Minuten, VK = 14,6) hatten 11,8 % der Tieraufenthalte auf dem Laufhof eine Dauer <1 Minute und wurden nicht berücksichtigt (Abbildung 4).

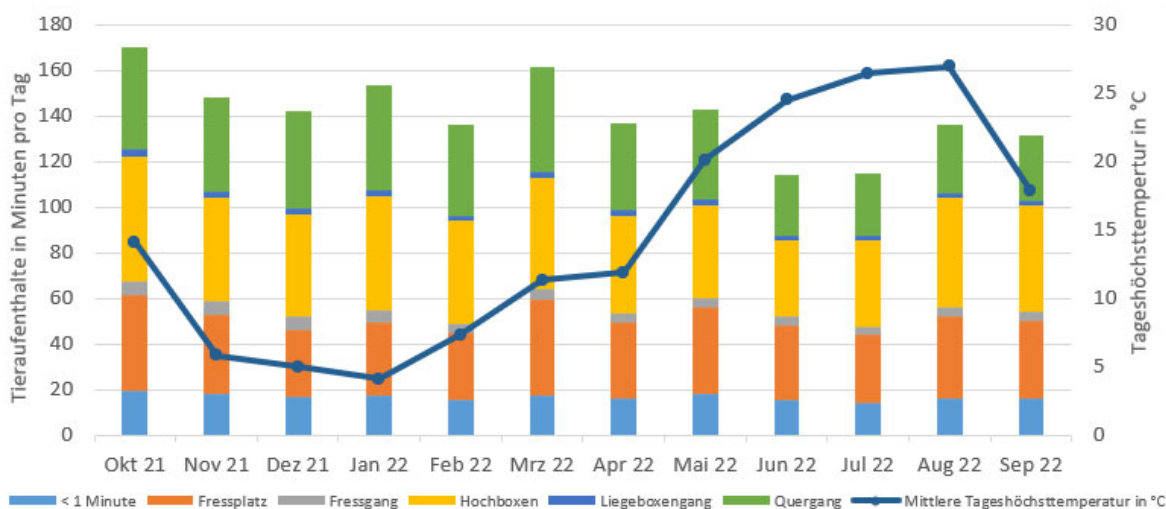


Abbildung 4: Tieraufenthalte in den einzelnen Sektoren auf dem strukturierten Laufhof, Datengrundlage: Oktober 2021 bis September 2022, Ortungssystemdaten, Fressbereiche Ost und West, Liegeboxengänge Ost und West und Quergänge Ost, Mitte, West zusammengefasst zu insgesamt 5 Sektoren, auf der Sekundärachse ist die Tageshöchsttemperatur als Durchschnitt der Maximalwerte im Monat aufgetragen

Während der Laufhofaufenthalte hielt sich eine Kuh durchschnittlich zu 32 % in den Hochboxen auf, zu 27 % wurden sie im Quergang erkannt und zu 25 % an den Fressplätzen. Die Aufenthalte auf den Liegeboxengängen betragen 2 % und in den Fressgängen 3 %. Es gab hoch signifikant

te Unterschiede zwischen den einzelnen Sektoren (Chi-Quadrat-Test, X-squared = 45.889, df = 4, p-value < 0,001), aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den Häufigkeiten der Aufenthalte in den Hochboxen, im Quergang oder an den Fressplätzen (Chi-Quadrat-Test, X-squared = 0.87059, df = 2, p-value = 0,647). Liegeboxengänge und Fressgänge unterschieden sich ebenfalls nicht voneinander (Binomial-Test, p = 0,289).

Es gab keinen Zusammenhang zwischen der mittleren Tageshöchsttemperatur eines Monats und den mittleren prozentualen Tieraufhalten auf dem Laufhof (Kendalls Tau-Test, z = 20, p-value = 0,086, tau = -0,04).

Die mittlere Dauer eines Aufenthaltsereignisses einer Kuh auf dem Laufhof betrug 15,7 Minuten (Median, max. 22,2 Minuten, min. 10,2 Minuten). Die längste mittlere Dauer eines Aufenthaltsereignisses wurde im März 2022 zwischen 9 und 10 Uhr beobachtet, die kürzeste im Juli 2022 zwischen 11 und 12 Uhr. Die mittlere Dauer eines Aufenthaltsereignisses unterschied sich zwischen den Monaten hoch signifikant (Friedman-Test, p < 0,001). Zur übersichtlichen Darstellung wurden jeweils drei Monate zusammengefasst. Im Juli bis September war die mittlere Dauer eines Aufenthaltsereignisses nachts höher als tagsüber, während es sich in den Monaten Oktober bis Dezember und Januar bis März umgekehrt darstellte (Abbildung 5).

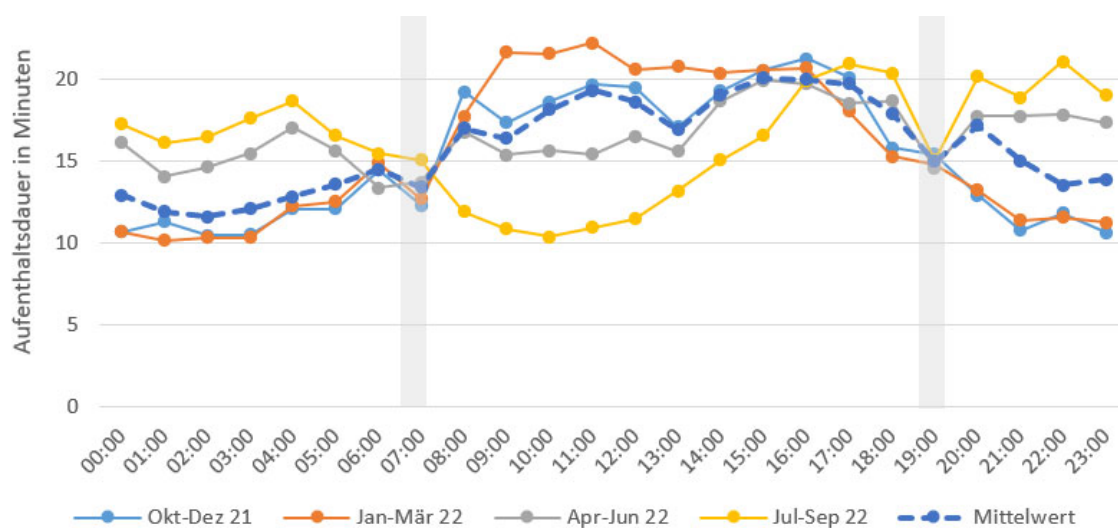


Abbildung 5: Mittlere Aufenthaltsdauer auf dem Laufhof, dargestellt im Tagesverlauf, je drei Monate zusammengefasst. Die Fütterungszeiten sind grau hinterlegt. Datengrundlage: Ortungssystemdaten, 144 Tiere mit Laufhofzugang, Erfassungszeitraum Oktober 2021 bis September 2022

Zwischen den zwölf Monaten bestanden hoch signifikante Unterschiede hinsichtlich der Anzahl innerhalb einer Stunde auf dem Laufhof registrierter Kühe (Friedman-Test, p < 0,001). Es wurden maximal 56 % der Tiere (81 Tiere) mit Laufhofzugang registriert. Im Monatsmittel waren es 48 % (69 Tiere) und das Minimum lag bei 23 % (34 Tiere). Der höchste Stundenwert wurde am 18.10.2022 zwischen 17:00 und 18:00 Uhr mit 98 erfassten Tieraufhalten erreicht (68 % der Tiere mit Laufhofzugang).

Die maximale Dauer eines Aufenthaltsereignisses lag im gesamten Beobachtungszeitraum im Mittel bei 21 Minuten (Median), mit dem höchsten Wert im März (24,8 Minuten zwischen 9:00 und 10:00 Uhr) und dem niedrigsten im November (19,6 Minuten zwischen 6:00 und 7:00 Uhr). Aus dem mittleren Anteil der Herde, die sich innerhalb einer Stunde auf dem Laufhof befanden, und der mittleren Dauer eines Tieraufenthaltes errechnete sich eine mittlere Tieranzahl auf dem Laufhof von

9,7 % (SD = 5,7 %, VK = 58,6) der Herde. Hielt sich im Tagesverlauf der größte Anteil der Herde auf dem Laufhof auf, dann lag auch die maximale Aufenthaltsdauer im höchsten Bereich (Abbildung 6).

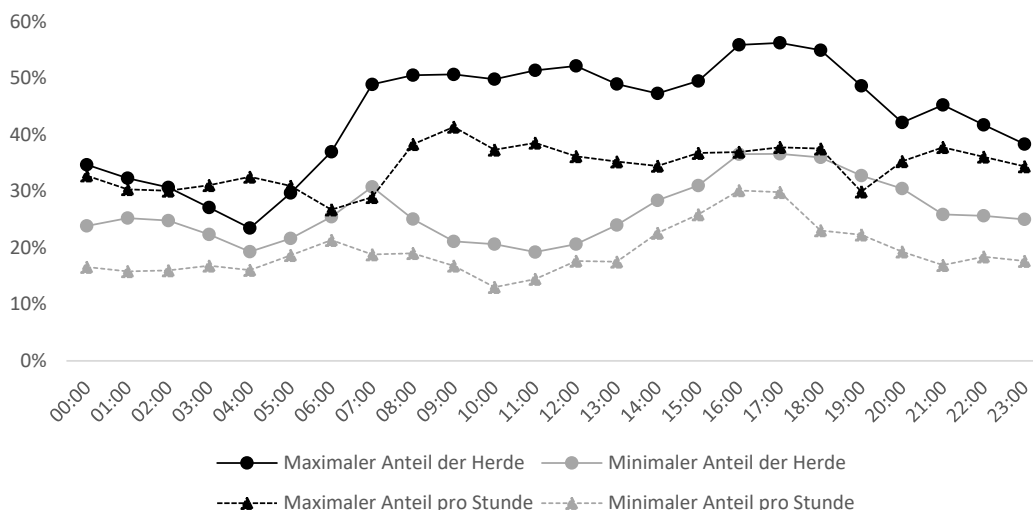


Abbildung 6: Tagesverlauf der maximalen/minimalen Herdenanteile auf dem Laufhof und deren maximale/minimale Anteile je Stunde, Datengrundlage: Oktober 2021 bis September 2022, Ortungssystemdaten

Eine weitere Analyse legte den Fokus auf die Auslastung der Hochboxen auf dem Laufhof. Die 18 nicht überdachten Hochboxen wurden jeweils durchschnittlich für 6 Stunden täglich genutzt (max. 7,1 Stunden im Oktober 2021, min. 4,3 Stunden im Juni 2022). Es fand eine Auswertung aller Kühe nach Aufenthaltsdauer pro Besuch in der Liegebox statt. Dabei wurden mit 34 % hoch signifikant am häufigsten kurze Aufenthalte von >1 bis 3 Minuten erfasst (Chi-Quadrat-Test, n = 6, z = 24, p-value < 0,001), während es zwischen den anderen Aufenthaltsdauern keine Unterschiede gab (Chi-Quadrat-Test, n = 5, z = 2,9, p-value = 0,568) (Abbildung 7).

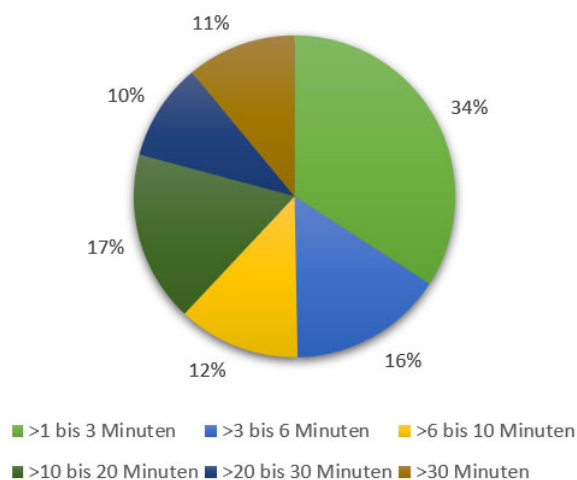


Abbildung 7: Anteile der Tieraufenthalte in den 18 Hochboxen im Laufhof nach ihrer Dauer (6 nicht linear aufgeteilte Kategorien, Tieraufenthalte < 1 Minute sind nicht inbegriffen), Datengrundlage: 12 Monate mit insgesamt 83.895 Beobachtungen

Eliminationsverhalten

Innerhalb der insgesamt 24-Stunden-Direktbeobachtung, die aufgeteilt auf acht Beobachtungstage zweimal im Zeitraum von 7-19 Uhr durchgeführt wurde, wurden insgesamt 216 Harn- und 316 Kotabgaben auf dem strukturierten Laufhof beobachtet (Tabelle 3).

Tabelle 3: Mittlere Verteilung der Ausscheidungsvorgänge im Zeitraum 7 bis 19 Uhr (12 Stunden) auf die Sektoren des strukturierten Laufhofs, Datengrundlage: Direktbeobachtung über insgesamt 2x12 Stunden aufgeteilt auf acht Beobachtungstage, 144 Tiere mit Laufhofzugang

Ausscheidung	Sektor	Fressgang Laufhof West	Quergang Laufhof West	Liege-boxengang Laufhof West	Quergang Laufhof Mitte	Liege-boxengang Laufhof Ost	Quergang Laufhof Ost	Fressgang Laufhof Ost	Total
Kot	Anzahl	34	7	11,5	13	19,5	18	55	158
	Anteil in Prozent	22	4	7	8	12	11	35	100
Harn	Anzahl	31	1	10	7	13	4	45	109
	Anteil in Prozent	28	1	9	6	12	3	42	100

Ein Großteil der Ausscheidungen fand in vergleichbarer Häufigkeit im Fressgang statt (Kot 56 %, Harn 70 %, Binomial-Test, p-value = 0,247). Im Laufgang war der Anteil an Kot- (20 %) und Harnabsatz (21 %) ebenfalls vergleichbar hoch (Binomial-Test, p-value = 1). Im Quergang wurde signifikant mehr Kot- (24 %) als Harnabsatz (10 %) erfasst (Binomial-Test, p-value = 0,024). Die Anzahl an Kot- und Harnabsätzen verlief über den betrachteten Tagesabschnitt ähnlich, wobei häufiger abgekotet als geharnt wurde (Binomial-Test, p = 0,003). Im Schnitt wurde pro 12 Stunden 158-mal Kot- und 108 Mal Harnabsatz auf dem Laufhof beobachtet. Im Tagesverlauf fand der geringste Kot- und Harnabsatz zwischen 13 und 14 Uhr statt (Abbildung 8).

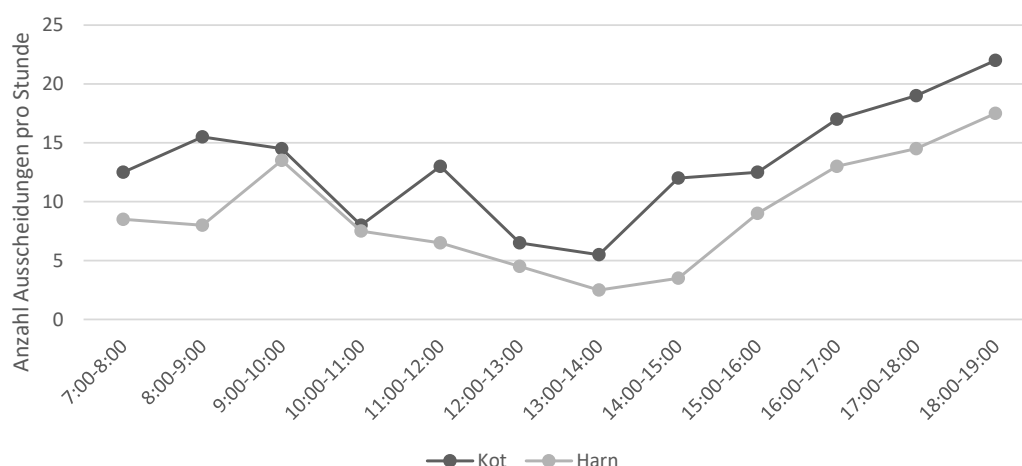


Abbildung 8: Ausscheidungen im Tagesverlauf, Datengrundlage Direktbeobachtungen über insgesamt 2x12 Stunden, 144 Tiere mit Laufhofzugang

Diskussion

Die vorliegende Studie ergab, dass die Kühe im Durchschnitt etwas über zwei Stunden täglich auf dem Laufhof verbrachten, im Gegensatz zu den von VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (1997) ermittelten Werten. Dort wurde im Durchschnitt eine Stunde Aufenthalt auf dem Laufhof gemessen und auch die Maximalwerte von über 90 Minuten an sonnigen Herbst- und Wintertagen waren auf niedrigerem Niveau. Der Fokus lag bei VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (1997) auf dem Vergleich unterschiedlicher Flächenangebote unter Berücksichtigung von klimatischen Einflüssen. Die Autoren schlussfolgern, dass die Laufhofnutzung weniger vom Platzangebot als von den Wettereinflüssen abhängt. Eine vertiefte Auswertung unter Berücksichtigung von Wetterdaten war innerhalb der eigenen Untersuchung nicht möglich. Es wurde jedoch analysiert, ob durchschnittlich hohe Tagestemperaturen mit Aufenthaltszeiten auf dem Laufhof korrelieren. Es konnte dabei kein Zusammenhang zwischen der maximalen Tagestemperatur und den Aufenthaltszeiten auf dem Laufhof festgestellt werden. Das Ergebnis ist nur grob orientierend zu werten, da die Analyse nur die mittleren Tageshöchsttemperaturen eines Monats mit einbezog, welche den Monats-Mittelwerten der täglichen Laufhofnutzung gegenübergestellt wurden.

Die Kühe verbrachten zwischen 10 und 22 Minuten pro Aufenthalt auf dem Laufhof. Dabei wurden die durchschnittlich längsten Aufenthaltsereignisse im März, die Kürzesten im Juli beobachtet. Im Winter zeigte sich ein entgegengesetztes Muster im Vergleich zu den Sommermonaten in Bezug auf die Dauer der einzelnen Aufenthaltsereignisse. Im Sommer blieben die Tiere nachts länger auf dem Laufhof als tagsüber, während im Winter die Aufenthaltsereignisse tagsüber länger waren als im Sommer. Einschränkend ist anzumerken, dass weder die Verschiebung durch die Sommerzeit noch die Fütterungszeiten bei den Auswertungen berücksichtigt wurden. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Faktoren das Ergebnis nicht maßgeblich beeinflussten.

Die mittlere Tieranzahl auf dem Laufhof wurde auf Basis der insgesamt innerhalb einer Stunde auf dem Laufhof registrierten Kühe geteilt durch deren mittlere Aufenthaltsdauer errechnet. Mit knapp 10 % lässt sich das Ergebnis gut zu den Angaben von SCHRADER et al. (2010) einordnen. Die Autoren geben 4 bis 10 % einer Herde auf einem angebauten Laufhof und 32 bis 35 % auf einem integrierten Laufhof inklusive der Nutzung der zugänglichen Liegeboxen, an. Das Platzangebot des Laufhofs in der vorliegenden Studie war deutlich geringer gegenüber den Schweizer Studien (VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI 1997, SCHRADER et al. 2010). VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (1997) untersuchten Flächenangebote zwischen 3,6 bis 15,1 m²/Tier, während der Studie von SCHRADER et al. (2010) 2,4 bis 3,4 m²/GV zugrunde lagen. Die baden-württembergische Agrarinvestitionsförderung setzt für Laufhöfe mindestens 1,5 m² nicht überdachte Fläche für jedes Tier der Herde voraus (INFODIENST LANDWIRTSCHAFT - ERNÄHRUNG - LÄNDLICHER RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2023). Im Untersuchungsbetrieb betrug die Laufhoffläche 2,05 m² je Kuh mit Laufhofzugang. Wichtiger als die verfügbare Laufhoffläche pro Kuh erscheint die Infrastruktur auf dem Laufhof. Während die Tiere bei den Untersuchungen von VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (1997) und bei einem von zwei Stallkonzepten der Studie von SCHRADER et al. (2010) lediglich eine freie Fläche zur Verfügung hatten, bestand beim zweiten Stallkonzept von SCHRADER et al. (2010) Zugang zu einer Liegeboxenreihe, was den deutlich höheren Tieranteil erklärt. Auf dem strukturierten Laufhof des Untersuchungsbetriebes gab es Zugang zu zweimal 13 Fressplätzen und zu dreimal sechs nicht überdachten Hochboxen. Die Häufigkeit der Nutzung der Hochboxen (32 %), Quergang (28 %) und Fressplätzen (24 %) auf dem Laufhof unterschieden sich nicht, und es darf daraus geschlussfolgert werden, dass die Kühe sich gleichmäßig auf der verfügbaren Flä-

che verteilten. Ferner legen die Ergebnisse den Schluss nahe, dass die Strukturierung den Laufhof für die Kühe attraktiv gestaltete und sich die im Vergleich zu den Studien von VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (1997) und SCHRADE et al. (2010) höhere Nutzung, sowohl der täglichen Gesamtnutzungsdauer als des Herdenanteils, damit erklären lässt. Dass rund ein Drittel der Tieraufenthalte im Quergang des Laufhofes erfasst wurden, könnte durch die vorhandenen Tränkebecken und Putzbürsten erklärt werden. Möglicherweise unterschätzt die vorliegende Studie den Anteil der Herde auf dem Laufhof geringfügig, da dieser aus der Summe aller Aufenthaltsdauern geteilt durch die Anzahl Tiere mit Laufhofzugang (144) ermittelt wurde. Dabei wurde weder berücksichtigt, dass einzelne Tiere kurzzeitig für Behandlungen selektiert werden konnten und dann keinen Laufhofzugang hatten, noch, dass es bedingt durch Gruppenwechsel eine etwas schwankende tatsächliche Tieranzahl gab. Allerdings ist davon auszugehen, dass über den langen Untersuchungszeitraum von insgesamt 365 Tagen und der insgesamt hohen Tieranzahl keine relevante Verfälschung der Ergebnisse durch diesen systematischen methodischen Fehler entstand. Wenn sich ein großer Teil der Herde auf dem Laufhof befand, waren die einzelnen Aufenthaltseignisse besonders lang. Diese Beobachtung lässt darauf schließen, dass der Laufhof unter attraktiven Bedingungen intensiv genutzt wurde, selbst wenn bereits viele Tiere dort waren. Die Frage, ob die Strukturierung des Laufhofs einen Einfluss auf dessen Nutzung hat, kann aufgrund fehlender Vergleichsmöglichkeiten in dieser Untersuchung unter Praxisbedingungen allerdings nicht abschließend beantwortet werden.

VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (1997) fanden heraus, dass 70 % aller Laufhofaufenthalte tagsüber zwischen 9 und 16 Uhr stattfanden, an sonnigen Herbsttagen waren es sogar 81 %. Diese Feststellung deckt sich mit der maximalen Tieranzahl und der maximalen Dauern eines Aufenthaltseignisses zwischen den Futtervorlagenzeiten (7 und 19 Uhr) der eigenen Auswertung und auch mit den Beobachtungen von KISMUL et al. (2019), wonach nächtlicher Freigeländezugang nur wenig genutzt wurde.

Da eine Hochbox im Laufhof im Schnitt insgesamt knapp 6 Stunden täglich, maximal 7 Stunden, genutzt wurde, ist davon auszugehen, dass die Kapazität an Hochboxen für die Tiere ausreichte. Im Stall waren für alle Tiere Tiefboxen vorhanden, es bestand somit ein Tier-Liegeplatz-Verhältnis von 1 : 1 das durch die nicht überdachten Hochboxen auf dem Laufhof lediglich ergänzt wurde. Aufgrund der kurzen Dauer einer Hochboxennutzung auf dem Laufhof, bei der nur 11 % der Benutzungen über 30 Minuten dauerten, ist davon auszugehen, dass die Kühe bevorzugt in den Hochboxen standen und nicht lagen. Es kann vermutet werden, dass die Tiere, die laut Van CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (1997) auf einem Laufhof überwiegend inaktiv stehen und zu 37 % wiederkäuen, in den Hochboxen auf dem Laufhof einen dafür geeigneten geschützten Rückzugsort fanden. Bezüglich der Strukturierungsanteile und -anordnung auf Laufhöfen bestehen noch Forschungslücken, welche die vorgestellte Untersuchung unter Praxisbedingungen mangels Vergleichsmöglichkeiten nicht klären kann.

Der Kot- und Harnabsatz im Laufhof konzentrierte sich auf den Fressgang. Rund 70 % des Harn- und 56 % des Kotabsatzes wurde dort beobachtet, was die Angaben von RICHTER (2006) bestätigt. Einschränkend ist anzumerken, dass zwar insgesamt 24 Stunden beobachtet wurde, diese Beobachtungszeit sich aber aus Gründen der Praktikabilität auf zweimal 12 Stunden tagsüber aufteilte und somit die Nacht nicht abgedeckt wurde. Es kann somit lediglich eine Aussage zur Verteilung der Exkrememente auf die beobachteten Bereiche getroffen werden, nicht jedoch auf die absolute Menge an Kot- und Harnabsatz auf einem strukturierten Laufhof. Da sich tagsüber mehr Kühe auf einem Laufhof aufhielten als nachts, ist jedoch nicht davon auszugehen, dass der Beobachtungszeitraum das

Ergebnis verfälscht. Um die Mittagszeit zwischen 13 und 14 Uhr wurde weniger Kot- und Harnabsatz beobachtet. Es wäre möglich, dass ein Zusammenhang zu den Hauptruhezeiten bestand, was jedoch nicht analysiert wurde.

Um Ammoniakemissionen gering zu halten, werden neben harnableitenden Strukturen der Laufgängerflächen ebenfalls häufige Entmistungsintervalle gefordert (SCHRADE et al. 2010; UMWELTBUNDESAMT 2021). Die Tatsache, dass hauptsächlich im Fressgang eliminiert wurde, unterstreicht die Bedeutung der Gestaltung dieses Bereiches. Sind Fressplätze als erhöhte Podeste ausgeführt, dann kommt es nicht zur Störung der Kühe durch die Entmistungstechnik. Gegebenenfalls könnte dadurch zu Zeiten mit hohem Kot-Harnanfall, in der vorliegenden Untersuchung wäre das zwischen 17 und 19 Uhr, die Entmistungsfrequenz sogar weiter erhöht werden. Stehen die Kühe zur Futteraufnahme auf einem planebenen Fressgang, dann wird hingegen empfohlen, innerhalb von zwei Stunden nach Futtervorlage die Entmistungstechnik zu pausieren (BUCK et al. 2012). Insgesamt darf geschlussfolgert werden, dass im Fressgang mit 70 % Harnabsatz von einer hohen Effektivität der möglichen baulich-technischen Maßnahmen zur Ammoniakemissionsminderung ausgegangen werden kann. Zukünftig sollte eine intelligent gesteuerte Entmistungstechnik auf den jeweiligen Kotanfall Rücksicht nehmen, der mutmaßlich mit den leicht schwankenden Tieraufenthalten zu den unterschiedlichen Jahreszeiten variiert. Auf den Quergängen wurden zwar 24 % des Kot-, jedoch nur 10 % des Harnabsatzes beobachtet, der wesentlich für die Ammoniakbildung verantwortlich ist. Insofern ist aus Sicht der Emissionsminderung keine Priorisierung der Quergänge für Minderungsmaßnahmen abzuleiten. Da die Tiere ein Drittel ihrer Aufenthaltszeit auf dem Laufhof in den Hochboxen verbrachten, wäre es naheliegend, einen möglichst großen Anteil des Laufhofs mit Hochboxen auszuführen, um einen geringen Anteil an zu reinigenden Quergängen zu erhalten. Dies wird in Baden-Württemberg bereits im Rahmen des SIUK-Förderprogramms (Spezifische Investitionen zum Umwelt- und Klimaschutz) unterstützt (INFODIENST LANDWIRTSCHAFT – ERNÄHRUNG – LÄNDLICHER RAUM BADEN-WÜRTEMBERG 2023). Die hauptsächlich beobachtete Verhaltensweise von Kühen auf dem Laufhof war bei VAN CAENEGEM und KRÖTZL MESSERLI (1997) mit 47 % das Stehen ohne sichtbare Aktivität, gefolgt vom Wiederkauen (39 %). Diese Verhaltensweisen können gut in Hochboxen ausgeführt werden, wenn deren Steuereinrichtungen das Stehen zulassen. Dafür ist maßgeblich die Ausführung und Position des Nackensteuers verantwortlich (BENZ et al. 2020). Da die Hochboxen die verschmutzten Laufhoffläche reduzieren, könnte gegebenenfalls auf emissionsmindernde Laufflächenausführungen außerhalb des Fressgangs aus ökonomischen Gründen verzichtet werden.

Vorausgesetzt, die vorliegenden Beobachtungen zur Verteilung der Kot- und Harnausscheidungen und die zeitlichen sowie örtlichen Aufenthalte von Milchkühen auf einem strukturierten Laufhof würden durch weitere Forschungsarbeiten bestätigt, wäre es möglich, die Emissionen eines angegliederten, mit nicht überdachten Hochboxen und Fressplätzen strukturierten Laufhofes neu zu bewerten.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Der strukturierte Laufhof mit 18 nicht überdachten Hochboxen und 26 zusätzlichen Fressplätzen wurde in der vorliegenden Untersuchung von den 144 Kühen der Herde mit Laufhofzugang rund 2,3 Stunden täglich genutzt. Dabei verteilten sich die Kühe recht gleichmäßig auf die Funktionsbereiche Hochboxen, Quergang und Fressplätze. Jede Hochbox wurde insgesamt knapp 6 Stunden täglich genutzt, mutmaßlich in der Regel zum Stehen und nicht zum Liegen. Aus dem Eliminationsverhalten im Laufhof lässt sich ableiten, dass die Priorität für NH_3 -Minderungsmaßnahmen auf den Fressgang

mit dem höchsten Kot- und Harnabsatz zu legen ist. Weitere Studien zu unterschiedlichen Laufhofgestaltungen könnten dazu beitragen, die Emissionspotentiale von Laufhöfen genauer einzuschätzen.

Literatur

- Benz, B.; Ehrmann, S.; Richter, T. (2014): Der Einfluss erhöhter Fressstände auf das Fressverhalten von Milchkühen. *Landtechnik* 69 (5), S. 232–238, <https://doi.org/10.1515/lt.2014.615>
- Benz, B.; Hiss, S., Hubert, S.; Hartung, J. (2020): Flexibles Nackensteuer zur Steuerung der Liegeboxennutzung von Kühen – eine Pilotstudie. *Landtechnik* 75(2), S. 104–117, <https://doi.org/10.1515/lt.2020.3238>
- Buck, M.; Wechsler, B.; Gyax, L.; Steiner, B.; Steiner, A.; Friedli, K. (2012): Wie reagieren Kühe auf den Entmistungsschieber? Untersuchung zum Verhalten und zur Herzaktivität. ART-Bericht 750, Agroscope
- Charlton, G.; Rutter, S.; East, M. (2013): The effect of night-time grazing on feeding behavior and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96(12), pp. 7646–7657, <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6421>
- Christ, F.; Benz, B. (2020): Pilotstudie: Bewertung der Ammoniakemissionspotenziale von Milchkuhlaufställen bei Kombination mehrerer Minderungsmaßnahmen. *Landtechnik* 75 (4), S. 230–246, <https://doi.org/10.1515/lt.2020.3248>
- Draganova, I.; Yule, I.; Stevenson, M.; Betteridge, K. (2015): The effects of temporal and environmental factors on the urination behaviour of dairy cows using tracking and sensor technologies. *Precision Agric*, pp. 1–14, <https://doi.org/10.1007/s11119-015-9427-4>
- Foris, B.; Mangilli, L.G.; Van Os, J.M.C.; von Keyserlingk, M.A.G.; Fregonesi, J.A.; Weary, D.M. (2021): Individual and environmental factors associated with defecation while lying down in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20012>
- Infodienst Landwirtschaft – Ernährung – Ländlicher Raum Baden-Württemberg (2023): Agrarinvestitionsförderprogramm (AFP). https://foerderung.landwirtschaft-bw.de/pb/MLR.Foerderung,Lde/Startseite/Foerderungweiser/Agrarinvestitionsfoerderungsprogramm+_AFP+_+Teil+A, Zugriff am 23.04.2023
- Kismul, H.; Spöndly, E.; Höglind, M.; Eriksson, T. (2019): Nighttime pasture access: Comparing the effect of production pasture and exercise paddock on milk production and cow behavior in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 102(11), pp. 10423–10438, <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16416>
- Phillips, C. (2002): *Cattle behaviour & welfare*. Second Edition. Blackwell Science Ltd, Oxford
- Richter, T. (2006): *Krankheitsursache Haltung: Beurteilung von Nutztierställen – ein tierärztlicher Leitfaden*. Ausgabe 71, Enke Verlag, Stuttgart, S. 64–110
- Schrade, S.; Steiner, B.; Sax, M.; Zähner, M. (2013): Baumerkblatt – Empfehlung für Um- und Neubauten. Rindvieh – Dimensionierung Harnsammelrinne. ART-Baumerkblatt, 01.09. Hrsg.: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon FAT Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, S. 1–4
- Schrade, S., Korth, F.; Keck, M.; Zeyer, K.; Emmenegger, L.; Hartung, E. (2010): Tieraufenthalt, Laufflächenverschmutzung und Ammoniakemissionen bei Milchviehställen mit Laufhof. In: ART-Tagungsband, 3.–5. Juni 2010, 24. IGN-Tagung 2010: Nachhaltigkeit in der Wiederkäuer- und Schweinehaltung, Hrsg.: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, S. 48–52
- Shepherd, M.; Shorten, P.; Costall, D.; Macdonald, K. (2017): Evaluation of urine excretion from dairy cows under two farm systems using urine sensors. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 236, pp. 285–294, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.017>
- Smartbow GmbH, Zoetis Services LLC (2021): Homepage Smartbow. Das fortschrittlichste Überwachungssystem für Milchkühe. <https://www.smartbow.com/de-at/Home.aspx>, Zugriff am 27.10.2022
- Smid, A.; Burgers, E.; Weary, d.; Bokkers, E.; von Keyserlingk, M. (2019): Dairy cow preference for access to an outdoor pack in summer and winter. *Journal of Dairy Science* 102 (2), pp. 1551–1558, <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15007>
- Umweltbundesamt (2021): Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft mindern. Gute Fachliche Praxis. Umweltbundesamt Fachgebiet II 4.3 Luftreinhaltung und terrestrische Ökosysteme, Dessau-Roßlau, S. 26–27
- Van Caenegem, L.; Krötzl Messerli, H. (1997): Der Laufhof für den Milchvieh-Laufstall. FATBericht 493, Tänikon

Wolfger, B.; Jones, B.; Orsel, K.; Bewley, J. (2017): Technical note: Evaluation of an ear-attached real-time location monitoring system. *Journal of Dairy Science* 100 (3), pp. 2219–2224, [https://doi.org/ 10.3168/jds.2016-11527](https://doi.org/10.3168/jds.2016-11527)

Zähner, M.; Zeyer, K.; Mohn, J.; Hildebrandt, F.; Burla, J.-B.; Schrade, S. (2019): Untersuchungen zu erhöhten Fressständen in der Milchviehhaltung im Hinblick auf Tierverhalten und Ammoniakemissionen. *Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2019*, S. 47–52

Autoren

Prof. Dr. Barbara Benz ist Professorin im Studiengang Agrarwirtschaft an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt in Nürtingen-Geislingen, Neckarsteige 6-10, 72622 Nürtingen, barbara.benz@hfwu.de

Dipl. Ing. agr. Uwe Eilers ist Referent für Haltungssysteme und Rinderhaltung im ökologischen Landbau am Landwirtschaftlichen Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

Prof. Dr. Eva Gallmann ist Professorin am Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme der Universität Hohenheim; Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

Alexander Merkel (M.Sc.) war wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt EIP agri Bauen in der Rinderhaltung am Institut für angewandte Agrarforschung der Hochschule für Wirtschaft- und Umwelt Nürtingen-Geislingen; Neckarsteige 6–10, 72622 Nürtingen

Dr. Hans-Jürgen Seeger ist Fachtierarzt für Rinder und Fachdienstleiter des Rindergesundheitsdienstes der Tierseuchenkasse Baden-Württemberg, Talstr. 17, 88326 Aulendorf

Hinweis

Das Projekt wurde gefördert im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-AGRI). Die Fördermaßnahme war eine Maßnahme des Maßnahmen- und Entwicklungsplan Ländlicher Raum Baden-Württemberg 2014–2020 (MEPL III). Das Projekt wurde durch das Land Baden-Württemberg und über den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER) finanziert.