

Bewertung eines Entmistungsroboters bei Milchvieh aus ethologischer und verfahrenstechnischer Sicht

Theresa Leinweber, Michael Zähler, Sabine Schrade

Zum Einsatz von Entmistungsrobotern auf perforierten Laufflächen gibt es bisher nur wenige wissenschaftlich fundierte Empfehlungen. Mit systematischen Versuchen zu unterschiedlichen Reinigungshäufigkeiten des Entmistungsroboters Discovery (Lely) wurden Höhe und Anteile der Laufflächenverschmutzung sowie das Verhalten der Kühe erhoben. Eine optimierte Entmistungsfrequenz zeigte gegenüber den Varianten „ohne“ und „wenig“ Roboterentmistung eine Verbesserung bezüglich Verschmutzungshöhe, Schmierschichtenbildung und Ausrutschen der Tiere. Mit der Wassersprühfunktion konnte die Bildung von Schmierschichten signifikant reduziert werden. Beim fahrenden Roboter im Fressbereich wurde zwar eine Unterbrechung des Fressens bei Entmistungsrouten unmittelbar am Fressgitter beobachtet, jedoch war der Unterschied der fressenden Kühe mit und ohne Roboterbetrieb vergleichsweise gering, und die Kühe kehrten nach der Störung meist wieder zum Fressplatz zurück.

Schlüsselwörter

Entmistung, Roboter, Milchvieh, Tierverhalten, Laufflächenverschmutzung

Die Laufstallhaltung in der Milchwirtschaft hat in den vergangenen Jahren immer weiter zugenommen. So wurden im Jahr 2013 rund 40 % der Schweizer Milchkühe in Laufställen gehalten (BUNDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT BLW 2016). In Deutschland waren 2015 bereits rund drei Viertel der Milchkühe in Laufställen untergebracht (DEUTSCHER BAUERNVERBAND E.V. 2015). Neben arbeitswirtschaftlichen Vorteilen bietet der Laufstall den Kühen mehr Platz und Möglichkeit zur Bewegung. Ein Nachteil des größeren Platzangebots ist allerdings die größere, mit Kot-Harn-Gemisch (KHG) verschmutzte Fläche, sowohl bei planbefestigten als auch bei perforierten Laufflächen. Diese verschmutzten und damit einhergehend auch feuchten Laufflächen steigern die Klauenverschmutzung und erhöhen dadurch die Gefahr von Klauenerkrankungen (HULEK 2014). Außerdem können Kot und Harn auf den Laufflächen je nach Jahreszeit und Witterung Schmierschichten bilden und so die Trittsicherheit der Tiere beeinträchtigen (HOY et al. 2016). Des Weiteren führen diese größeren verschmutzten Flächen auch zu höheren Emissionen von Ammoniak (NH_3) (ZÄHNER 2005). Um dies zu verhindern, müssen Kot und Harn der Tiere häufig von den Laufflächen entfernt werden. Dies kann per Hand, mit einem handgeführten motorisierten Gerät, einem stationären Schieber oder einem Entmistungsroboter erfolgen. Der Einsatz von Entmistungsrobotern nimmt insbesondere in Milchviehlaufställen mit perforierten Laufflächen zu. Allerdings gibt es bisher kaum verfahrenstechnische Empfehlungen zum Einsatz der Geräte, sodass in vielen Betrieben das Potenzial des Roboters nicht vollständig ausgeschöpft werden kann (STRAHM 2013). Auch fehlen Untersuchungen zu Entmistungsrobotern

unter typischen Schweizer Haltungsbedingungen, d.h. in Milchviehställen mit perforierten Laufflächen kombiniert mit Tiefboxen mit einer Stroh-Mist-Matratze.

Das Ziel der Untersuchung war die Bewertung eines Entmistungsroboters in einem typischen Schweizer Haltungssystem mit perforierten Laufflächen und Tiefboxen mit einer Stroh-Mist-Matratze im Hinblick auf die Reinigungsqualität und das Tierverhalten. Dazu erfolgten die Bonitierung der Verschmutzung der Laufflächen und Beobachtungen des Tierverhaltens bei unterschiedlicher Reinigungshäufigkeit sowohl mit als auch ohne Wassereinsatz des Entmistungsroboters.

Material und Methoden

Stall und Tiere

Die Versuche wurden im Emissionsversuchsstall für Milchvieh von Agroscope in Tänikon durchgeführt. Der Emissionsversuchsstall ist als Außenklimastall ausgeführt. Der Stall verfügt über zwei identische, baulich getrennte Versuchsabteile für je 20 Kühe. Zwischen den beiden Versuchsabteilen befinden sich der Melkbereich und Warteraum sowie das Büro, der Sanitärbereich und technische Installationen. Durch die modulare Bauweise und die variablen Bodenelemente können verschiedene Versuchsbedingungen realisiert werden (SCHRADE et al. 2015). Die Untersuchungen wurden in einem Versuchsabteil des Emissionsversuchsstalls mit 20 Kühen durchgeführt (Abbildung 1). Hierfür war in den Laufgängen des Fressbereichs (Fressgang) und in jenen des Liegebereichs (Laufgang) ein Betonspaltenboden (Grüter-Handels AG, Buttisholz, Schweiz) mit Gummibelag KURA S (Kraiburg, Tittmoning, Deutschland) eingebaut. Die planbefestigten Quergänge zwischen Fress- und Laufgang waren ebenfalls mit Gummibelag KURA P (Kraiburg, Tittmoning, Deutschland) ausgeführt und wiesen ein Gefälle von 3 % von der Mitte zu den Gängen hin auf. Der Fressgang war 330 cm und der Laufgang 260 cm breit. Bei den dreireihig ausgeführten Liegeboxenreihen handelte es sich um Tiefboxen mit einer Stroh-Mist-Matratze, die standardmäßig mit Langstroh nachgestreut wurden. Die Versuchsherde war aus laktierenden Kühen der Rassen Braunvieh und Swiss Fleckvieh zusammengesetzt. Die Kühe wurden zweimal täglich (5:30 Uhr und 16:30 Uhr) in einem steil angeordneten Fischgräten-Melkstand (2 x 4 Melkplätze) gemolken (mittlere Herdenleistung im Versuchszeitraum: 29,6 kg Milch pro Kuh und Tag). Die Futtermischung in Form einer Teilmischung bestehend aus Grassilage, Maissilage, Heu, Zuckerrübenschnitzel und Ausgleichsfutter erfolgte einmal täglich mit einem Futtermischwagen um 15:30 Uhr, wobei die Kühe erst nach dem Abendmelken Zugang zum frischen Futter hatten. Der mittlere Trockenmasse-Verzehr der Teilmischung lag bei 17,4 kg pro Kuh und Tag. Die individuelle Kraftfütterzuteilung erfolgte an einer Kraftfütterstation.

Entmistungsroboter

Für die Versuche wurde der Entmistungsroboter Lely Discovery 90 SW (Lely Industries, Maaslouis, Niederlande) verwendet. Dieser ist ein akkubetriebener Entmistungsroboter, der perforierte Laufflächen durch Abschieben und Drücken des Kotes durch die Spalten reinigt. Das Gerät verfügt zusätzlich über eine Sprühfunktion. Der Lely Discovery hat eine Länge von 136,2 cm, eine Schieberbreite von 86 cm und eine Höhe von 57,5 cm. Er wiegt 340 kg und der Sensorring befindet sich in 10,2 cm Höhe. Die Arbeitsgeschwindigkeit liegt zwischen 10,8 bis 18,0 m/min. Laut Hersteller kann somit eine Reinigungskapazität von bis zu 918 m²/h erreicht werden. Der Roboter muss rund 60 % der Tageszeit laden und kann dementsprechend 40 % der Zeit fahren. Die Steuerung des Lely Discovery erfolgt durch die Kombination folgender Komponenten: Eine Platine steuert die Bedienungsabläufe des Roboters. Des Weiteren ist jeder der beiden Antriebsmotoren mit einem Kodierer ausgestattet. Dieser misst die Umdrehungen der Motorwelle und berechnet daraus die gefahrene Strecke und die Position des Fahrzeugs. Ein Ultraschallsensor misst den Abstand zur Wand und ist Voraussetzung dafür, dass der Entmistungsroboter einer Wand oder einem Gitter in einem vorbestimmten Abstand folgen kann. Außerdem misst ein Gyroskop den Kurvenwinkel sodass sichergestellt ist, dass die korrekte Richtung eingehalten wird. Der Lely Discovery 90 SW wird mit einer Steuerungs-App vom Smartphone via Bluetooth bedient und programmiert. Die Ladestation befand sich an der Innenwand des Laufgangs in unmittelbarer Nähe der Wasserfüllstation (Abbildung 1).

Untersuchte Varianten

Für die Untersuchungen wurden vier verschiedene Routen einprogrammiert (Abbildung 1). Die Routen 1 und 2 reinigen dieselben Stallbereiche: den Laufgang zwischen den Liegeboxen plus den Bereich im Fressgang hinter den Liegeboxen mit derselben Routenführung, allerdings in umgekehrter Fahrtrichtung. Die Route 3 reinigt die Quergänge, die Route 4 den gesamten Laufgang im Fressbereich (Fressgang).

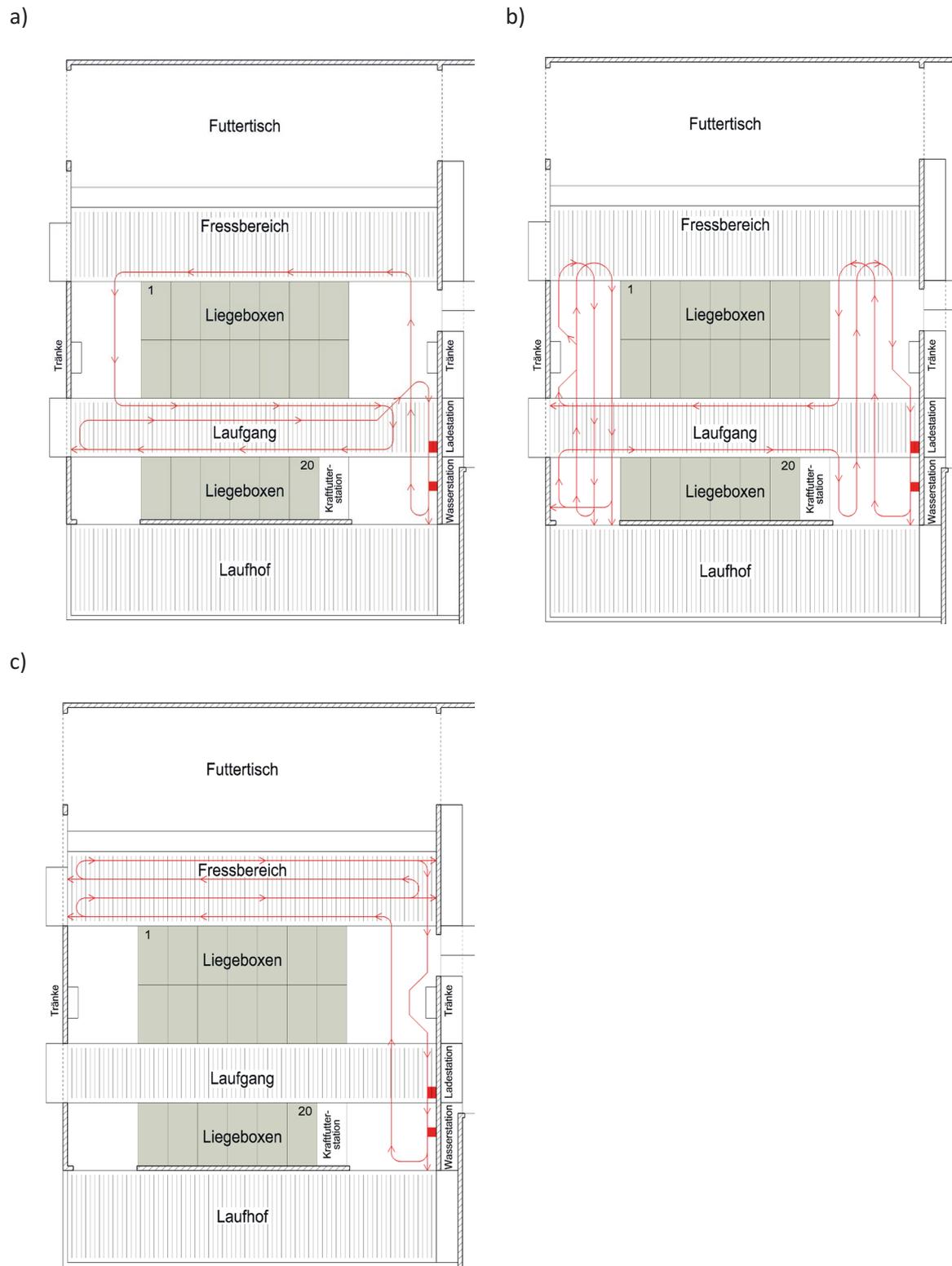


Abbildung 1: Skizzen des Versuchsabteils mit den unterschiedlichen Entmüstrouten: a) Routen 1 und 2 „Laufgang“, b) Route 3 „Quergänge“ und c) Route 4 „Fressgang“

Die Untersuchungen erfolgten in Abstimmung zu Emissionsmessungen, die in demselben Zeitraum stattfanden. Insgesamt wurden sechs unterschiedliche Varianten bezüglich der Reinigungshäufigkeit und des Wassereinsatzes festgelegt. Diese sind in Tabelle 1 dargestellt. In der Variante 0 erfolgte keine Reinigung mit dem Roboter, sondern nur ein einmaliges Abschieben der Verschmutzung pro Tag unmittelbar hinter den Boxenkanten, um eine Anhäufung des Stroh, das aus den Liegeboxen herausgetreten wurde, zu verhindern. Bei den Varianten 1 bis 5 wurden unterschiedlich viele Entmistungsvorgänge mit dem Roboter durchgeführt, bei den Varianten 1, 3, 4 und 5 wurde zusätzlich Wasser versprüht. Während bei den Varianten 0 bis 4 Langstroh in die Liegeboxen eingestreut wurde, kam bei Variante 5 Häckselstroh zum Einsatz.

Jede Variante wurde während vier aufeinanderfolgenden Tagen unter Sommerbedingungen (Ende Juni bis Anfang August 2017) untersucht. Den Versuchen ging eine Adaptationsphase der Milchkühe an den Stall und den Roboter von 20 Tagen voraus. Falls erforderlich, erfolgten beim Wechsel zwischen zwei Varianten eine Adaptationsphase und/oder eine zusätzliche Reinigung der Laufflächen.

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Varianten mit Angaben zu den Entmistungshäufigkeiten nach Routen

Variante	0	1	2	3	4	5
Entmistung	keine	wenig	optimiert	optimiert	häufig	optimiert
Wassereinsatz	ohne	mit	ohne	mit	mit	mit
Einstreumaterial	Langstroh	Langstroh	Langstroh	Langstroh	Langstroh	Häckselstroh
Anzahl Entmistungsvorgänge pro Tag	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)
Route 1 (Laufgang)	0	4	12	12	18	12
Route 2 (Laufgang)	0	4	12	12	18	12
Route 3 (Quergänge)	0	3	5	5	7	5
Route 4 (Fressgang)	0	1	3	3	5	3

Bonitierung der Laufflächenverschmutzung

Um die Reinigungsqualität des Entmistungsroboters zu bewerten, wurde die Verschmutzung der Laufflächen im Stall erfasst. Dazu wurde ein Bonitierungsschema angelehnt an KORTH (2008) und POTEKO et al. (2017) verwendet. Dabei wurde die gesamte Stallfläche in ein Raster von 72 Teilflächen eingeteilt und die Verschmutzungshöhe der Laufgänge im Fressbereich (FG), im Liegebereich (LG) sowie der Quergänge (QG) in jedem Rasterfeld an vordefinierten Punkten mit einem Messstab gemessen. Die Anteile der Laufflächenverschmutzung wurden, differenziert nach den Kategorien Kot trocken, Kot feucht, Harn, Kot-Harn-Gemisch (KHG) trocken, KHG feucht, Stroh feucht, Stroh trocken sowie saubere Fläche, visuell abgeschätzt und in 10%-Abstufungen dokumentiert (POTEKO et al. 2017). Zusätzlich wurde der Anteil der Fläche der Schmierschicht (Kot-Harn-Gemisch bei dem die Kontaktschicht zur Bodenoberfläche noch feucht, jedoch die Oberfläche der Verschmutzung abgetrocknet ist) in jedem Rasterfeld erhoben. Die Bonitierung erfolgte täglich zwischen 13:45 und 14:25 Uhr.

Erhebung des Tierverhaltens

Das Verhalten der Kühe im Zusammenhang mit dem Entmistungsroboter wurde in den Varianten 1 bis 4 mit Direktbeobachtungen erfasst. Dabei wechselten sich zwei Beobachtungspersonen ab, wobei ein mehrmaliger Abgleich zwischen beiden Personen erfolgte. Beobachtet wurde jeweils morgens von 07:00 bis 08:00 Uhr und abends von 19:00 bis 20:00 Uhr, da in diesen Zeiträumen eine vergleichsweise hohe Tieraktivität zu erwarten war. Die Beobachtung erfolgte in Blöcken von jeweils vier Versuchstagen, entsprechend den Zeiträumen der einzelnen Varianten. Dabei wurden folgende Verhaltensweisen erfasst: Ausweichen (vorwärts, rückwärts, mit und ohne Roboterkontakt, vorbeilaufen, in die Liegebox flüchten, Hinterbeine in die Liegebox nachziehen), Liegeverhalten (aufstehen und stehenbleiben oder aufstehen und aus der Box treten) sowie Erkundungsverhalten (auf den Roboter zulaufen, ihm nachlaufen, beschnuppern/berühren, beobachten).

Darüber hinaus wurde mit Blick auf das Ausrutschen der Tiere in den verschiedenen Stallbereichen bei pausierendem Roboter folgende Verhaltensweisen dokumentiert: Gehen, Verdrängung durch andere Kühe, Brunstverhalten und Körperpflege (kaudales Lecken auf drei Beinen).

Das Fressverhalten der Tiere bei unterschiedlichen Reinigungshäufigkeiten des Entmistungsroboters im Fressgang wurde mit Videoaufzeichnungen (Mobotix M15, MOBOTIX AG, Langmeil, Deutschland) ausgewertet. Die Beobachtung erfolgte in allen Varianten täglich während den Roboterfahrten im Fressgang (Route 4) von 2:10 bis 2:30 Uhr, 8:10 bis 8:30 Uhr und von 20:10 bis 20:30 Uhr. Zu jeder vollen Minute des Beobachtungszeitraums wurde die Anzahl der Kühe im Fressgitter notiert.

Erfassung des Wasser- und Stromverbrauchs sowie Kalkulation der Jahreskosten

Zur Erfassung des Wasserverbrauchs der Sprüheinrichtung am Entmistungsroboter diente eine handelsübliche Wasseruhr (Aquametro, Therwil, Schweiz), die der Wasserfüllstation vorgeschaltet war. Für die Erfassung des Stromverbrauchs pro Variante diente ein handelsüblicher Stromzähler (Optec, Wetzikon, Schweiz). Für die Berechnung der Jahreskosten wurden für den Stromverbrauch 330 Tage Einsatz und für den Wasserverbrauch 300 Tage Einsatz im Jahr angesetzt sowie ein Strompreis von 0,16 CHF/kWh und ein Wasserpreis von 1,20 CHF/m³ angenommen (ZÄHNER 2017).

Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung der Daten zur Laufflächenverschmutzung und zum Tierverhalten wurde das Statistikprogramm R Version 3.3.2 verwendet. Da die Daten nicht intervallskaliert vorlagen, wurden parameterfreie Verfahren für mehrere unabhängige Stichproben angewendet. Dazu wurde mit einem H-Test nach Kruskal-Wallis eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt, um festzustellen, ob zwischen den k Faktorstufen (einzelne Varianten) signifikante Unterschiede auftreten. In einem zweiten Schritt wurden multiple Vergleiche mit dem Wilcoxon-Wilcox-Test durchgeführt (KÖHLER et al. 2007). Ein Ergebnis wurde als signifikant bewertet, wenn ein p-Wert < 0,05 vorlag.

Ergebnisse und Diskussion

Laufflächenverschmutzung

Die mittlere Verschmutzungshöhen über alle betrachteten Laufflächen hinweg waren in der Variante 0 mit 5,1 mm und in der Variante 1 mit 3,7 mm am höchsten (Abbildung 2). Die Verschmutzungshöhe der Variante ohne Roboterentmischung 0 war gegenüber den Varianten 2 bis 5 signifikant höher ($p < 0,001$). Die geringste mittlere Verschmutzungshöhe mit 1,6 mm lag in Variante 3 vor. Noch häufigeres Reinigen wie in der Variante 4 trug mit einer mittleren Verschmutzungshöhe von 1,9 mm nicht zu einer Verbesserung der Sauberkeit bei. Der Wertebereich der Verschmutzungshöhe insgesamt entspricht mit 1 bis 7 mm den Ergebnissen von SCHRADE (2009) auf planbefestigten Laufflächen.

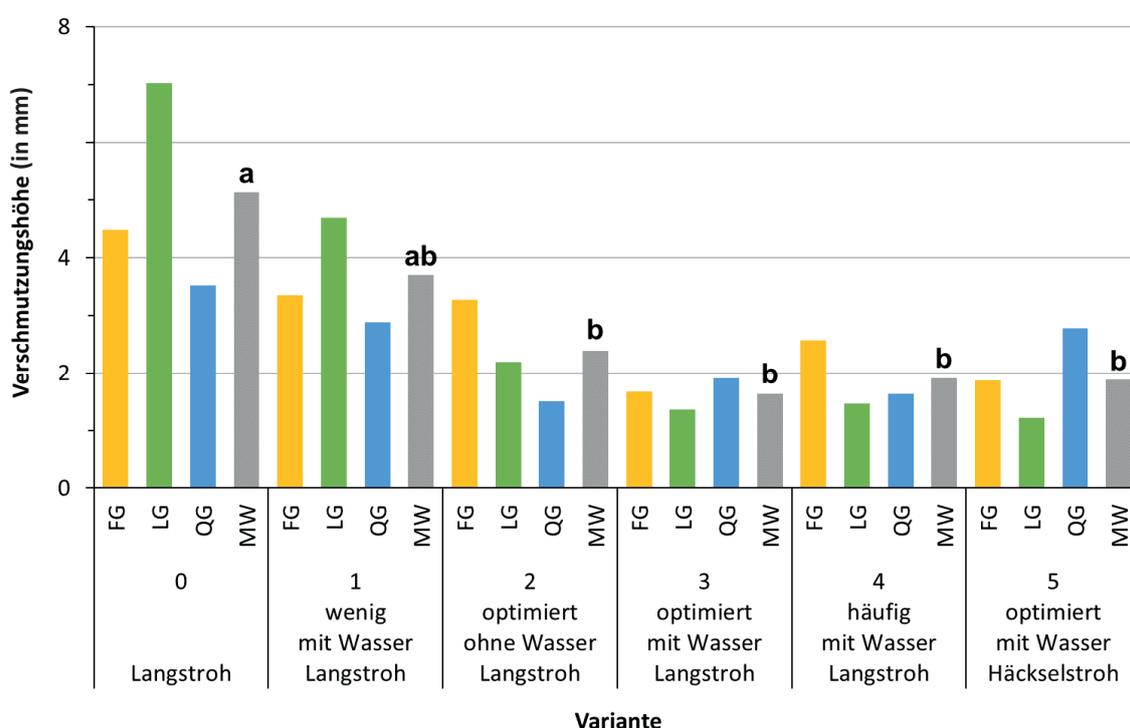


Abbildung 2: Mittelwerte der Verschmutzungshöhe (in mm) der sechs Varianten differenziert nach Fressgang (FG), Laufgang Liegeboxen (LG) und Quergänge (QG) sowie über alle Laufflächen (MW). Mittelwerte, die mit demselben Buchstaben versehen sind, unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Die größten Anteile an der Laufflächenverschmutzung hatten über alle Varianten hinweg die Kategorien Kot-Harn-Gemisch (KHG) trocken und KHG feucht. Durch die häufigere Reinigung konnten die Anteile von Kot trocken und Kot feucht reduziert werden (Abbildung 3). Weiter verschoben sich die Flächenanteile von KHG trocken zu KHG feucht. Der Anteil an feuchten Verschmutzungskategorien (Kot feucht, KHG feucht, Stroh feucht) unterschieden sich signifikant zwischen den Varianten ($p < 0,001$). Die Kategorie KHG feucht trat umso häufiger auf, je öfter mit Wassereinsatz gereinigt wurde. Dabei waren die feuchten Verschmutzungsanteile in der Variante 4 signifikant höher als in allen anderen Varianten. Das zur Reinigung versprühte Wasser könnte hierfür den Grund darstellen, da bei steigender Reinigungshäufigkeit die Flächen auch häufiger wieder befeuchtet wurden und weniger Zeit zum Abtrocknen vorlag. Da die Laufgänge perforiert ausgeführt waren, lag das

Vorkommen von Harn mit < 1 % bei allen Varianten deutlich unter dem von Untersuchungen mit planbefestigten Laufflächen ohne Gefälle mit 5 bis 12 % Harnanteil (POTEKO et al. 2017).

Wie erwartet war der Strohanteil trocken und feucht auf den Laufflächen bei Einstreu der Liegeboxen mit Häckselstroh mit 4,4 % geringer ($p < 0,05$) als bei allen anderen Varianten. Bei Betrachtung der anderen Varianten fällt auf, dass sich die Varianten 3 (6,3 %) und 4 (6,9 %) im Strohanteil kaum unterscheiden. Eine höhere Reinigungsintensität des Roboters verbesserte demnach die Beseitigung des Stroh nicht (Abbildung 3).

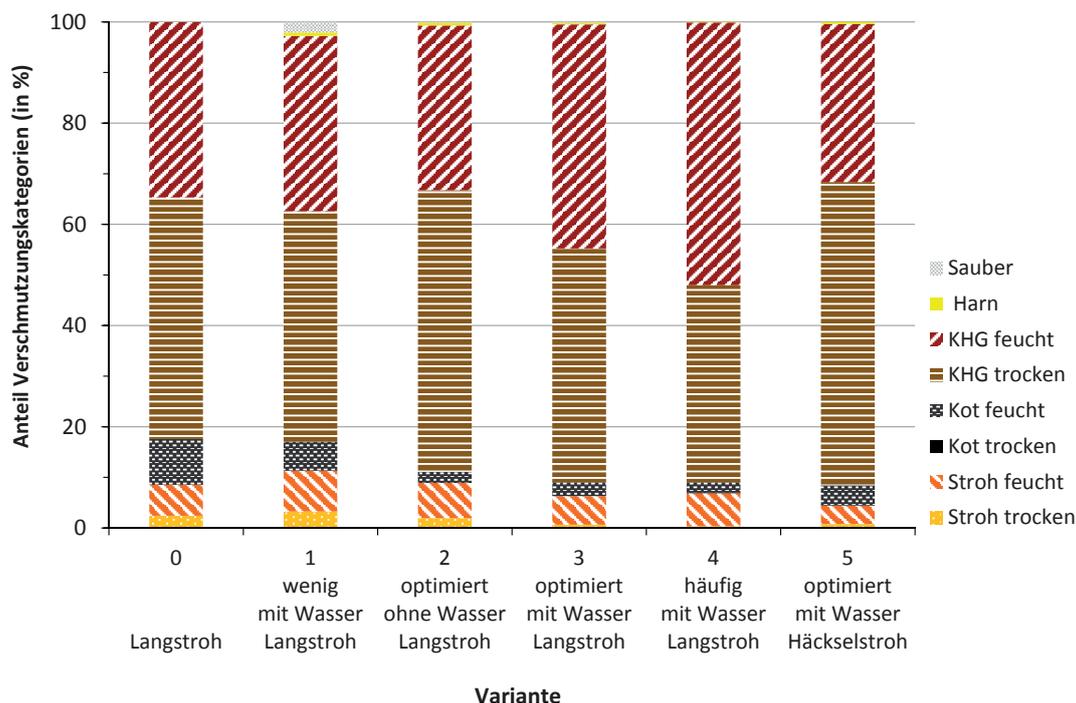


Abbildung 3: Relative Flächenanteile (in %) der sechs Varianten nach Verschmutzungskategorie

Die Ergebnisse für die Variable Schmierschicht zeigen, dass vor allem in den Varianten 0, 1 und 2 eine erhöhte Schmierschichtbildung vorlag (Abbildung 4). Dabei unterschied sich der Schmierschichtenanteil der Variante 2 signifikant von allen anderen Varianten ($p < 0,001$). Auffallend ist dabei die häufigere Bildung von Schmierschichten auf den planbefestigten Flächen der Quergänge im Vergleich zu den perforierten Laufgängen im Fress- sowie im Liegebereich. Deutlich weniger Schmierschichtenbildung zeigten die Varianten 3, 4 und 5. Demnach konnte mit häufigem Entmisten kombiniert mit Wasser die Bildung von Schmierschichten deutlich reduziert werden. Punktuell kam es in allen Varianten zu Verschmutzungsresten in den Wendebereichen des Roboters sowie im Bereich der Wasserfüll- und Ladestation, die auch zur Bildung von Schmierschichten führten. Diese konnten auch durch häufiges Reinigen und/oder Wassereinsatz nicht ganz verhindert werden.

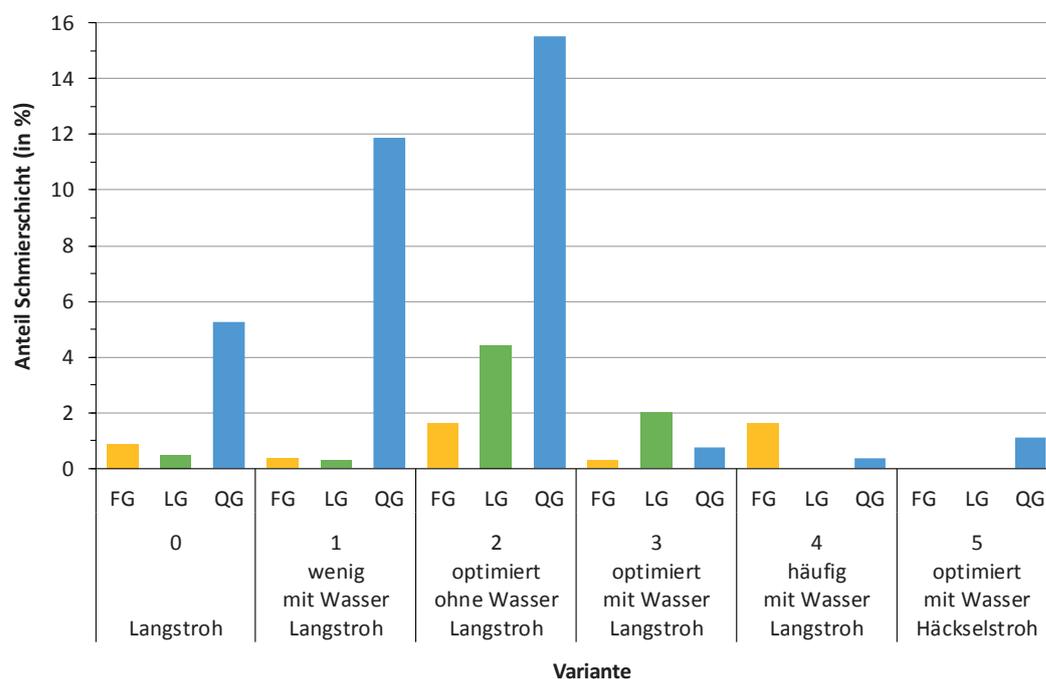


Abbildung 4: Relativer Flächenanteil an Schmierschichten (in %) der sechs Varianten differenziert nach Fressgang (FG), Laufgang Liegeboxen (LG) und Quergänge (QG)

Tierverhalten

Erfahrungen und Beobachtungen in der Adaptationsphase vor Versuchsbeginn zeigten, dass die Tiere sich schnell an den Entmistungsroboter gewöhnten. Von den insgesamt 368 Verhaltensreaktionen auf den laufenden Roboter im Beobachtungszeitraum konnten 72 % der Kategorie „Ausweichen“ zugeordnet werden, gefolgt von Erkundungsverhalten mit 16 %. Etwa 11 % der Reaktionen auf den Roboter äußerten sich im Verlassen des Fressgitters, obwohl der Roboter in diesen Situationen den Bereich hinter den Liegeboxen reinigte und somit über einen Meter vom Tier entfernt war. Manche Tiere dagegen wichen dem Roboter erst aus, als er sie direkt berührte und beispielsweise gegen eines ihrer Beine fuhr. Liegende Kühe reagierten auf das Vorbeifahren des Roboters meist lediglich mit aufmerksamem Ohrenspiel, nur in einem einzigen Fall mit Aufstehen. STÜLPNER et al. (2014) erwähnten in ihrer Studie zwar das Ausweichen der Tiere in eine Liegebox während des Roboterbetriebs, konnten jedoch während der Entmistungsfahrt keine signifikant höhere Tierzahl in den Liegeboxen feststellen. Im vorliegenden Versuch konnte ein vermehrtes Aufsuchen der Boxen ebenfalls nicht bestätigt werden. Bei differenzierterer Betrachtung des Ausweichverhaltens wurde lediglich 14 Mal beobachtet, dass eine Kuh, die schon mit den Vorderbeinen in der Liegebox stand, ihre Hinterbeine nachzog, wenn sich der Roboter näherte. Dass eine Kuh vom Laufgang aus komplett in eine Liegebox flüchtete, um dem Entmistungsroboter auszuweichen, kam im Beobachtungszeitraum nicht vor (Abbildung 5). Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass die Tiere im Versuchsabteil genügend Platz hatten, um auf dem Laufgang auszuweichen und die Liegeboxen nicht als Ausweichort benötigten. Dies könnte auch ein Vorteil der mobilen Entmistungsroboter sein, die im Vergleich zum stationären Schieber deutlich schmaler sind.

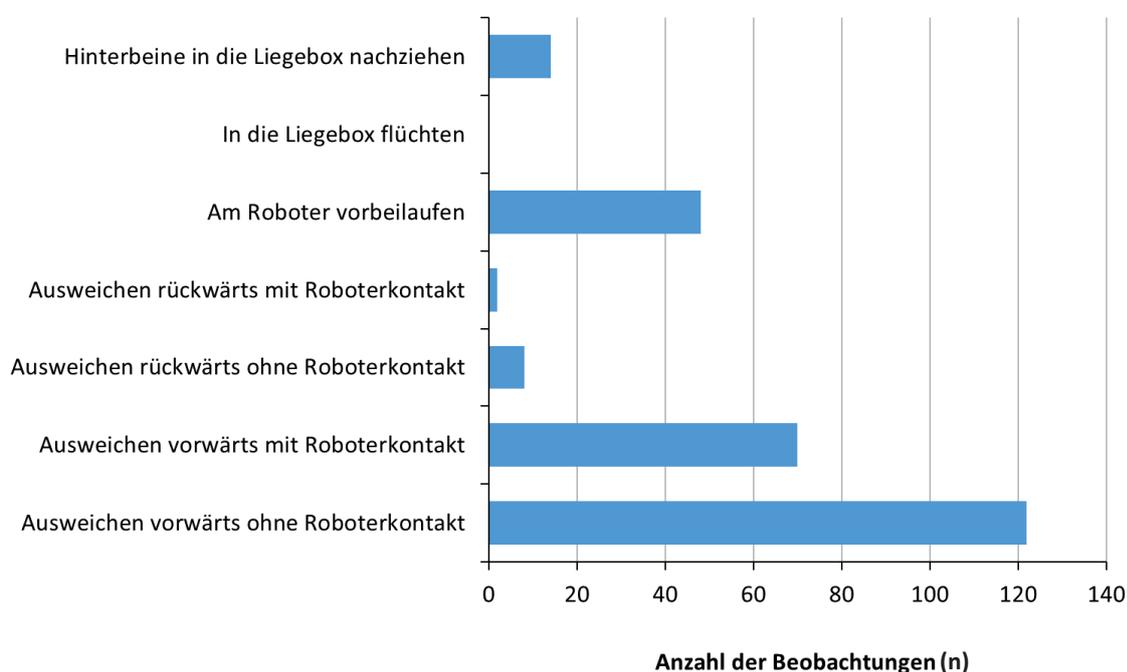


Abbildung 5: Ausweichverhalten differenziert nach unterschiedlichen Verhaltensweisen, angegeben als Anzahl der Beobachtungen (n) im Beobachtungszeitraum über die Varianten 1 bis 4 hinweg

Die im Beobachtungszeitraum festgestellte, vergleichsweise hohe Anzahl von „Ausweichen vorwärts ohne Kontakt“ (122 Ereignisse) sowie „am Roboter vorbeilaufen“ (48 Ereignisse) bestätigt, dass die Tiere nach der Adaptationsphase gelernt haben, den Roboter einzuschätzen und vorsorglich ausweichen. Eine allfällige Belastung der Kühe während diesen Ausweichreaktionen konnte mit dem angewandten Versuchsansatz nicht nachgewiesen werden. Dazu führten DOERFLER et al. (2016) Herzfrequenzmessungen durch. Daraus resultierte lediglich die Aussage, dass die Herzaktivität der Tiere beim Roboterbetrieb zwar anstieg, allerdings mit zunehmender Entfernung zum Gerät abnahm. Bei Versuchen von BUCK et al. (2012) mit stationären Schiebern konnte nur bei den Verhaltensweisen „Liegen“, „im Laufgang stehen“ und „in der Box stehen“ während der Entmistung ein leichter Stress bei den Tieren nachgewiesen werden. Dies galt jedoch nicht für Verhaltensweisen der direkten Konfrontation (z. B. Übersteigen des Schiebers).

Reaktionen, die im vorliegenden Versuch in der Kategorie „Erkundungsverhalten“ dokumentiert wurden, nahmen mit Verlauf der Untersuchungen ab. In der letzten Variante konnte trotz häufigerer Roboterfahrten und somit trotz höherer Präsenz des laufenden Roboters ein Rückgang des Interesses am Roboter beobachtet werden. Dies deutet auf eine Gewöhnung der Tiere an den Roboter hin, was die Vermutung der Habituation von DOERFLER et al. (2016) stützt.

Ausrutschen der Kühe unabhängig vom Roboterbetrieb kam am häufigsten beim „Gehen“ (83 Ereignisse) vor, gefolgt vom „Verdrängen durch eine andere Kuh“ mit 68 Ereignissen. Allerdings wurden im Beobachtungszeitraum auch 127 Ereignisse von gegenseitigem Verdrängen dokumentiert, bei denen kein Ausrutschen vorkam. Ausrutschen während der „Körperpflege“ (kaudales Lecken auf drei Beinen) kam lediglich 10 Mal vor. Dem gegenüber stehen 172 Körperpflege-Ereignisse ohne Ausrutschen.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Tiere bei unterschiedlich häufiger Reinigung der Laufflächen unterschiedlich trittsicher waren. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren nicht signifikant ($p = 0,08$). Die meisten Ausrutschereignisse wurden in den Varianten 1, 3 und 0 beobachtet und lagen in allen Varianten bei zirka 40 Mal im Beobachtungszeitraum. Deutlich weniger rutschten die Kühe in den Varianten 2 und 4 aus (Abbildung 6). In Letzterer wurden mit 20 Ereignissen nur halb so viele Rutschvorgänge dokumentiert wie z.B. in Variante 3. Der Grund für diese Ergebnisse könnte in den klimatischen Bedingungen des Versuchs liegen. Während der Versuchstage war das Wetter nicht durchgehend gleich, neben sehr heißen Tagen kam es an anderen Tagen auch zu starken Regenfällen. Besonders heißes und trockenes Wetter kann zu angetrockneter Verschmutzung führen, was ein Durchdrücken des Kots durch die Spalten für den Roboter erschwert (HOUSE 2012).

Die Anzahl der Ausrutschereignisse auf den Quergängen war allerdings signifikant höher als in den Laufgängen im Liegebereich und Fressbereich ($p = 0,001$). Ein Grund dafür könnten die vermehrt vorkommenden Schmierschichten auf den planbefestigten Laufflächen der Quergänge sein.

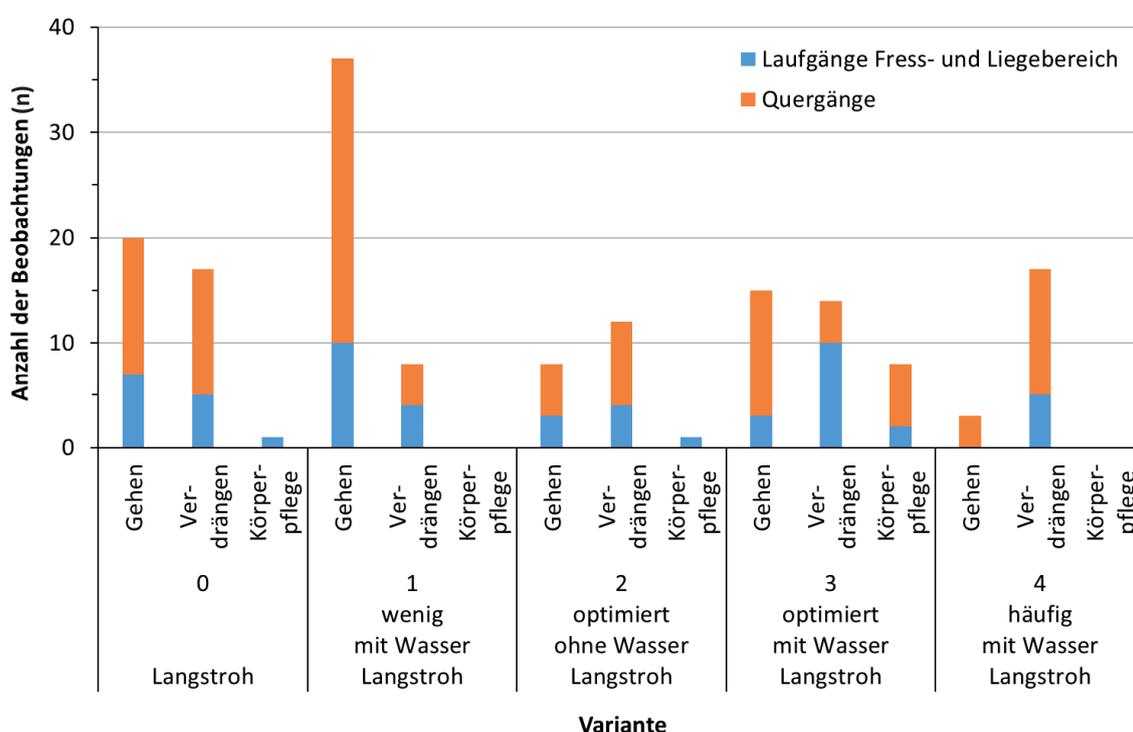


Abbildung 6: Ausrutschen nach Verhaltensweise und Varianten, angegeben als Anzahl der Beobachtungen (n) im jeweiligen Beobachtungszeitraum differenziert nach Laufgängen im Liege- und Fressbereich bzw. Quergängen

Bei Betrachtung der Tiere im Fressgitter zwischen 20:10 und 20:30 Uhr am Abend ist von 20:21 bis 20:24 Uhr ein deutlicher Effekt des Roboters erkennbar (Abbildung 7). Von 20:20 Uhr auf 20:21 Uhr fiel die Anzahl der fressenden Kühe von 8,5 auf 5,5 Tiere pro Minute (Mittelwerte) während der Roboter unmittelbar am Fressgitter vorbeifuhr („mit Roboter“). Die Anzahl der Kühe im Fressgitter bei Reinigung mit dem Roboter um 20:30 Uhr mit 8,0 Tieren pro Minute ist mit dem Mittelwert der



Abbildung 7: Mittlere Anzahl der Kühe im Fressgitter (n) der Varianten mit Roboter (Variante 4) und ohne Roboter (Varianten 0 bis 3). Zwischen 20:19 und 20:23 Uhr lief der Roboter im Bereich der Kühe im Fressbereich (schwarzer Balken)

Variante ohne Roboter mit 8,3 Tieren pro Minute vergleichbar. Die Tiere mussten zwar dem Entmistungsroboter ausweichen, kehrten jedoch wieder ans Fressgitter zurück.

Die Reinigung des Fressbereiches bedeutet nicht nur bei einem Entmistungsroboter eine Störung für die fressenden Tiere. Auch bei einem stationären Schieber im Fressgang unterbrechen die Tiere das Fressen, um entweder vor ihm wegzulaufen oder über ihn hinwegzusteigen (BUCK et al. 2012). Der Roboter hat hier sogar den Vorteil der vergleichsweise schmalen Abmessungen. Da er nicht den kompletten Gang auf einmal reinigt, haben die Kühe mehr Platz und Möglichkeiten zum Ausweichen. Die Beobachtungen zeigten, dass die Kühe in den allermeisten Fällen wieder zeitnah zum Fressgitter zurückkehrten, sich sogar mehrmals hintereinander durch den Roboter vertreiben ließen, den Fressvorgang jedoch nur so lange wie unbedingt nötig unterbrechen.

Wasser- und Stromverbrauch sowie Jahreskosten

Die erhöhten Wasserkosten sowie mehr Wasser im Güllelager werden in der landwirtschaftlichen Praxis oft als Gründe angegeben, warum die Wassersprühfunktion des Entmistungsroboters in der Praxis nicht genutzt wird. Der Wasserverbrauch des Entmistungsroboters pro Kuh und Jahr liegt bei den unterschiedlichen Varianten mit Wasser zwischen 1,3 und 4,9 m³ (Tabelle 2). Im Vergleich dazu liegt der Wasserverbrauch eines automatischen Melksystems bei ca. 6,1 m³ Wasser pro Kuh und Jahr (LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE SACHSEN 2013).

Die Wasserkosten der Variante 3 belaufen sich bei einer Wassermenge von zirka 3,2 m³ pro Kuh und Jahr auf 3,80 CHF pro Kuh und Jahr. Die Stromkosten der Variante 3 belaufen sich auf 3,70 CHF pro Kuh und Jahr.

Tabelle 2: Wasser- und Stromverbrauch pro Kuh und Jahr sowie Jahreskosten (in CHF) der sechs Varianten

Variante	0	1	2	3	4	5
Entmistung	keine	wenig	optimiert	optimiert	häufig	optimiert
Wassereinsatz	ohne	mit	ohne	mit	mit	mit
Einstreumaterial	Langstroh	Langstroh	Langstroh	Langstroh	Langstroh	Häckselstroh
Mittlerer Wasserverbrauch pro Jahr (in m ³)	0	1,3	0	3,2	4,9	3,2
Jahreskosten Wasser (in CHF)	0	1,5	0	3,8	5,8	3,9
Mittlerer Stromverbrauch pro Jahr (in kWh)	0	13,2	19,8	23,1	31,4	22,3
Jahreskosten Strom (in CHF)	0	2,1	3,2	3,7	5,2	3,6

Fazit und Empfehlungen

Die systematischen Untersuchungen der verschiedenen Entmistungshäufigkeiten unter Sommerbedingungen zeigten, dass eine zusätzliche Reinigung von perforierten Laufflächen mit einem Schieber oder Roboter mit Blick auf die Verschmutzungshöhe und das Ausrutschen zwingend ist. Allein der Durchtritt durch die Tiere (Variante 1) ist nicht ausreichend. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die Variante 4 mit hoher Reinigungshäufigkeit und Wassereinsatz gegenüber der Variante 3 mit optimierter Reinigungshäufigkeit und Wassereinsatz keine wesentliche Verbesserung der Lauf-flächensauberkeit brachte. Der Einsatz der Wassersprühfunktion des Roboters verbesserte die Sauberkeit der Laufflächen. Dadurch reduzierten sich insbesondere die Schmierschichten und demzufolge auch das Ausrutschen der Tiere. Demnach sollte auf den Wassereinsatz nicht verzichtet werden. Da die Kosten für Wasser nicht zu vernachlässigen sind, könnte als Kompromiss nur jede zweite Fahrt aller Roboterfahrten mit Wasser programmiert werden.

Das im Versuch eingesetzte Langstroh als Liegeboxeneinstreu konnte der Entmistungsroboter selbst bei häufigem Entmisten nicht durch die Spalten drücken. Häckselstroh als Einstreumaterial verringerte den Strohanteil auf den Laufflächen deutlich. Demnach sollten bei perforierten Laufflächen kombiniert mit einem Entmistungsroboter keine langfaserigen Einstreumaterialien wie Langstroh eingesetzt werden.

Die beobachteten Reaktionen der Tiere sowohl in der Adaptationsphase als auch während der Versuchphase lassen darauf schließen, dass sich die Tiere schnell an das Gerät gewöhnen.

Die Reinigung des Fressgangs ist auch mehrmals täglich möglich. Um die Tiere beim Fressen möglichst wenig zu stören, ist zu empfehlen, den Bereich am Fressgitter zu reinigen während die Kühe im Wartebereich oder beim Melken sind bzw. außerhalb der Hauptfressphasen.

Literatur

- Buck, M.; Wechsler, B.; Gygax, L.; Steiner, B.; Steiner, A.; Friedli, K. (2012): Wie reagieren Kühe auf den Entmistungsschieber? Untersuchungen zum Verhalten und zur Herzaktivität. ART-Bericht 750, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, S. 1–8
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW (2016): Agrarbericht 2015. Bern
- Deutscher Bauernverband e.V. (2015): Faktencheck „Haltung von Milchkühen“. Deutscher Bauernverband e.V., Berlin
- Doerfler, R. L.; Post, K.; Winckler, C.; Bernhardt, H. (2016): Räumlich-zeitliches Verhalten und Herzaktivität von Milchkühen bei der Einführung eines Spaltenroboters. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2016. 48. Internationalen Arbeitstagung Angewandte Ethologie bei Nutztieren der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V. (DVG) Fachgruppe Ethologie und Tierhaltung. KTBL-Schrift 511, Darmstadt, S. 178–186
- House, H. K. (2012): The Use of Robotic Slat Cleaners to Clean Slatted Floor Dairy Barns. Ontario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs (OMAFRA) Clinton, Ontario
- Hoy, S.; Gauly, M.; Krieter, J. (2016): Nutztierhaltung und -hygiene. Verlag Eugen Ulmer UTB, Stuttgart
- Hulek, M. (2014): Klauengesundheit & Klauenpflege. Leopold Stocker Verlag, Graz
- Köhler, W.; Schachtel, G.; Voleske, P. (2007): Biostatistik – Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler. Springer Verlag, Berlin Heidelberg
- Korth, F. (2008): Tieraufenthalt und Verschmutzung im Stallbereich und auf dem Laufhof in der Milchviehhaltung. Bachelorarbeit, Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät, Kiel und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
- Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (2013): Automatische Melksysteme in Sachsen. Nutzung Automatischer Melksysteme (AMS) in der sächsischen Milchproduktion. Unter Mitarbeit von René Pommer, Steffen Pache, Ingo Heber und Anett Rindfleisch. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen
- Poteko, J.; Zähler, M.; Kreuzer, M.; Schrade, S. (2017): Laufflächen-Verschmutzung – Erhebungskonzept und erste vergleichende Ergebnisse von planbefestigten Laufflächen mit und ohne Gefälle aus dem Emissionsversuchsstall für Milchvieh. ETH Schriftenreihe zur Tierernährung 40, S. 110–113
- Schrade, S. (2009): Ammoniak- und PM10-Emissionen im Laufstall für Milchvieh mit freier Lüftung und Laufhof anhand einer Tracer-Ratio-Methode. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Kiel
- Schrade, S.; Zähler, M.; Poteko, J.; Steiner, B.; Keck, M.; Sax, M.; Herzog, D.; Schick M. (2015): Versuchsstall zur Entwicklung und Quantifizierung von Maßnahmen zur Minderung von Emissionen. In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, KTBL, Darmstadt, S. 450–455
- Strahm S. (2013): Steuerung und Betrieb von Entmistungsanlagen und -robotern im Tierbereich. Bachelorarbeit, ETH Zürich, Zürich
- Stülpner, A.; Adeili, S.; Haidn, B.; Dörfler, R.; Bernhardt, H. (2014): Reaktionen von Milchkühen beim Einsatz eines Spaltenroboters. Landtechnik 69(5), S. 225–231
- Zähler, M. (2005): Vorsorgliche Emissionsminderungsmaßnahmen bei Bauinvestitionen in der Landwirtschaft. Schlussbericht. Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik. Tänikon
- Zähler, M. (2017): Strom- und Wasserpreise Schweiz. Mündliche Mitteilung, Tänikon

Autoren

Theresa Leinweber, M. Sc. war Masterstudentin an der Universität Hohenheim und hat ihre Masterthesis am Institut für Agrartechnik, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart in Zusammenarbeit mit Agroscope in Tänikon erstellt. **Dr. sc. nat. ETH Michael Zähler** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und **Dr. sc. agr. Sabine Schrade** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz, E-Mail: michael.zaehner@agroscope.admin.ch

Danksagungen

Wir bedanken uns bei den Versuchstechnikern sowie der Werkstatt von Agroscope am Standort Tänikon für die technische Unterstützung. Weiter gilt unser Dank den Mitarbeitern des Versuchsbetriebs Tänikon (BBZ Arenenberg, Kanton Thurgau) für die gute Zusammenarbeit.