

# Reinigungsqualität und Tierverhalten beim Einsatz eines Entmistungsroboters

Michael Zähler, Theresa Leinweber und Sabine Schrade

Agroscope, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auskünfte: Michael Zähler, E-Mail: michael.zaehner@agroscope.admin.ch



Die Kühe können dem Entmistungsroboter gut ausweichen. (Foto: Michael Zähler, Agroscope)

## Einleitung

Die Laufstallhaltung in der Milchwirtschaft nahm in den vergangenen Jahren immer weiter zu. Neben arbeitswirtschaftlichen Vorteilen bietet der Laufstall den Kühen mehr Platz und die Möglichkeit zur Bewegung. Ein Nachteil des grösseren Platzangebots ist allerdings die grössere, insbesondere mit Kot-Harn-Gemisch verschmutzte Fläche, sowohl bei planbefestigten als auch bei perforierten Laufflächen. Diese verschmutzten und damit einhergehend auch feuchten Laufflächen erhöhen die Klauenverschmutzung und dadurch die Gefahr von Klauenerkrankungen. Ausserdem können Kot und Harn auf den Laufflächen je nach Jahreszeit und Witte-

rung Schmierschichten bilden und so die Trittsicherheit der Tiere beeinträchtigen (Fiedler *et al.* 2018). Weiter führen diese grösseren verschmutzten Flächen auch zu höheren Emissionen von Ammoniak (Zähler *et al.* 2005, Schrade *et al.* 2011). 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 wenig konkrete, ver-

fahrenstechnische Empfehlungen zum Einsatz der Geräte. Das Ziel der Untersuchung war die Bewertung eines Entmistungsroboters bezüglich Reinigungsqualität und Tierverhalten in einem typischen Schweizer Haltungssystem mit perforierten Laufflächen und Tiefboxen mit einer Stroh-Mist-Matratze. Dies wurde bei unterschiedlicher Reinigungshäufigkeit sowie mit und ohne Wassereinsatz des Entmistungsroboters untersucht.

## Material und Methode

### Stall und Tiere

Die Versuche wurden im Emissionsversuchsstall von Agroscope in Tänikon durchgeführt. Im Stall mit modularer Bauweise und variablen Bodenelementen können verschiedene Versuchsbedingungen realisiert werden (Schrade *et al.* 2015). Die Untersuchungen erfolgten in einem der Versuchsabteile des Emissionsversuchsstalls mit 20 Kühen. Hierfür war in den Laufgängen des Fressbereichs (Fressgang) und in jenen des Liegebereichs (Laufgang) ein handelsüblicher Betonspaltenboden 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 Milchkühen der Rassen Braunvieh und Swiss Fleckvieh zusammengesetzt.

### Entmistungsroboter

Für die Versuche wurde der Entmistungsroboter Lely Discovery 90 SW (Lely Industries, Maaslouis, Niederlande) verwendet. Er ist ein akkubetriebener Entmistungsroboter, der perforierte Laufflächen durch Abschieben und Drücken des Kotes durch die Spalten reinigt. Das Gerät kann beim Abschieben der Laufflächen diese gleichzeitig mit Wasser besprühen. Der Lely Discovery hat eine Länge von 136,2 cm, eine Schieberbreite von 86,0 cm und eine Höhe von 57,5 cm. Der Roboter muss rund 60% der Tageszeit laden und kann dementsprechend 40% der Zeit fahren. 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 (Abb. 1, Abb. 2).

**Zusammenfassung** ■ Der Einsatz von Entmistungsrobotern auf perforierten Laufflächen ist bisher noch wenig verbreitet. Auch fehlen wissenschaftlich fundierte Empfehlungen für den Betrieb. In einem Versuch mit unterschiedlichen Reinigungshäufigkeiten des Entmistungsroboters Discovery (Lely) wurden die Laufflächenverschmutzung und das Verhalten der Kühe bei perforierten Laufflächen erhoben. Die Variante mit einer optimierten Reinigungshäufigkeit zeigte gegenüber den Varianten ohne und wenig Roboterentmistung eine Verbesserung bezüglich Verschmutzungshöhe auf den Laufflächen und Schmierschichtenbildung. Mit der Wassersprühfunktion konnte die Bildung von Schmierschichten signifikant reduziert werden. Bei Entmistungsrouten unmittelbar am Fressgitter wurde zwar eine Unterbrechung des Fressens 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. Die Versuche zeigten, dass bei der Reinigung von perforierten Laufflächen ein Entmistungsroboter mit Wassersprühfunktion mit Blick auf die Verschmutzung zwingend ist.

### Untersuchte Varianten

Für die Untersuchungen wurden vier verschiedene Routen einprogrammiert: Die Routen 1 und 2 reinigten dieselben Stallbereiche, den Laufgang plus den Fressgang hinter den Liegeboxen mit derselben Routenführung, allerdings in entgegengesetzter Richtung. Die Route 3 reinigte die Quergänge, die Route 4 den gesamten Fressgang (Abb. 2).

Für die Untersuchungen wurden fünf unterschiedliche Varianten bezüglich der Reinigungshäufigkeit und des Wassereinsatzes festgelegt (Tab. 1). In der Variante 0 erfolgte keine Reinigung mit dem Roboter, sondern nur ein einmaliges, praxisübliches Abschieben der Verschmutzung pro Tag unmittelbar hinter den Boxenkanten, um eine Anhäufung des Strohs, das aus den Liegeboxen herausgetreten wurde, zu verhindern. Bei den Varianten 1, 3 und 4 wurde zusätzlich Wasser versprüht. Jede Variante wurde während vier aufeinanderfolgenden Tagen unter den vordefinierten Sommerbe-



Abb. 1 | Ladestation mit Roboter (links) und Wasserfüllstation (rechts) des Entmistungsroboters.

dingungen (> 13 °C Tagesmitteltemperatur) untersucht. Falls erforderlich, erfolgte beim Wechsel zwischen zwei Varianten eine Adaptationsphase und/oder eine zusätzliche Reinigung der Laufflächen.

#### Laufflächenverschmutzung und Schmierschicht

Um die Reinigungsqualität des Entmistungsroboters zu bewerten, wurde die Verschmutzung der Laufflächen im Stall mit einem Bonitierungsschema erfasst. Dabei wurde die gesamte Stallfläche in ein Raster von 72 Teilflächen eingeteilt und die Verschmutzungshöhe der Laufgänge sowie der Quergänge in jedem Rasterfeld an vordefinierten Punkten gemessen. Die Anteile der Laufflächenverschmutzung wurden differenziert nach Kategorien Kot trocken, Kot feucht, Harn, Kot-Harn-Gemisch (KHG) trocken, KHG feucht, Stroh feucht, Stroh

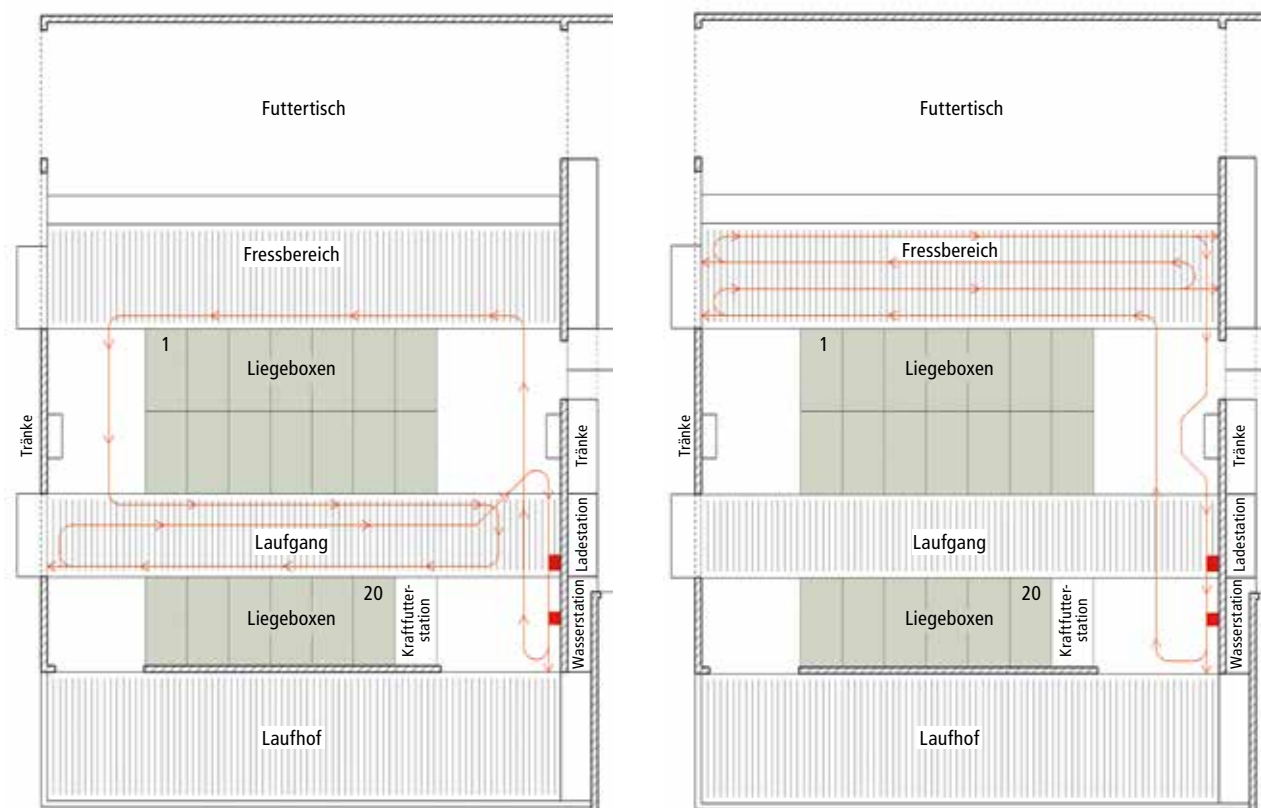
trocken und Sauber. Dokumentiert wurden die visuell abgeschätzten Anteile in 10-%-Abstufungen und die Höhe der Verschmutzung. Zusätzlich wurde der Anteil der Schmierschicht erhoben. Die Bonitierung erfolgte täglich zwischen 13.45 Uhr und 14.25 Uhr.

Die einmal täglich erfassten Werte wurden für die weitere Auswertung zu Mittelwerten pro Teilfläche und pro Variante gemittelt. Da die Daten nicht intervallskaliert vorlagen, wurden parameterfreie Verfahren für mehrere unabhängige Stichproben angewendet. Dazu wurde mit einem H-Test nach Kruskal-Wallis eine einfaktorische Varianzanalyse durchgeführt, um festzustellen, ob zwischen den Faktorstufen (einzelne Varianten) signifikante Unterschiede auftreten. In einem zweiten Schritt wurden multiple Vergleiche mit dem Wilcoxon-Wilcox-Test durchgeführt.

Tab. 1 | Übersicht über die untersuchten Varianten mit Angaben zu den Entmistungshäufigkeiten nach Routen.

Variante	0	1	2	3	4
Anzahl Entmistungsvorgänge pro Tag (n)	keine	wenig	optimiert	optimiert	häufig
Total	0	12	30	30	48
Route 1 (Laufgang)	0	4	12	12	18
Route 2 (Laufgang)	0	4	12	12	18
Route 3 (Quergänge)	0	3	5	5	7
Route 4 (Fressgang)	0	1	3	3	5
Wasser	ohne	mit	ohne	mit	mit





**Abb. 2** | Routen 1 und 2 «Laufgang» (links) und Route 4 «Fressgang» (rechts, hier als Fressbereich bezeichnet) des Entmistungsroboters im Versuchsbereich des Emissionsversuchsstalls.

### Tierverhalten

Das Verhalten der Kühe im Zusammenhang mit dem Entmistungsroboter wurden an insgesamt 24 Tagen mit Direktbeobachtungen erfasst. Beobachtet wurde jeweils morgens von 07.00 bis 08.00 Uhr und abends von 19.00 bis 20.00 Uhr. Die Beobachtung erfolgte in Blöcken von jeweils vier Versuchstagen, entsprechend den Zeiträumen der einzelnen Varianten. Das Fressverhalten der Tiere bei unterschiedlichen Reinigungshäufigkeiten des Entmistungsroboters im Fressgang wurde mit Videoaufzeichnungen ausgewertet. Die Beobachtung erfolgte in allen Varianten täglich von 20.10 bis 20.30 Uhr. Zu jeder vollen Minute des Beobachtungszeitraums wurde die Anzahl der Kühe im Fressgitter notiert.

Die Daten wurden mit deskriptiven Verfahren ausgewertet.

## Resultate und Diskussion

### Laufflächenverschmutzung

Die mittlere Verschmutzungshöhe über alle betrachteten Laufflächen war in den Varianten 0 mit 5,1 mm und 1 mit 3,7 mm am höchsten. Die Verschmutzungshöhe der Variante ohne Roboterentmistung 0 war gegenüber den

Varianten 2–4 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 mit 1,9 mm nicht zu einer Verbesserung der Sauberkeit bei. Die grössten Anteile an der Laufflächenverschmutzung hatten über alle Varianten hinweg die Kategorien Kot-Harn-Gemisch (KHG) trocken mit 49 % und KHG feucht mit 38 % der Fläche. Durch die häufigere Reinigung konnten die Anteile von Kot reduziert werden, von der Variante 0 mit 9 % zur Variante 4 mit 2 % (Abb. 3). Weiter verschoben sich die Flächenanteile von KHG trocken zu KHG feucht (Variante 0: KHG trocken 48 %, KHG feucht 35 %; Variante 3: 46 % bzw. 4 %; Variante 4: 39 % bzw. 52 %). Der Anteil an feuchten Verschmutzungskategorien (Summe von Kot feucht, KHG feucht und Stroh feucht) unterschieden sich signifikant zwischen den Varianten ( $p < 0,001$ ). Dabei waren die feuchten Verschmutzungsanteile in der Variante 4 höher als in den anderen Varianten. Das zur Reinigung versprühte Wasser könnte hierfür der Grund sein, da bei steigender Reinigungshäufigkeit die Flächen auch häufiger wieder befeuchtet wurden und sie weniger Zeit zum Abtrocknen hatten. Da die Laufgänge perforiert ausgeführt waren, lag das

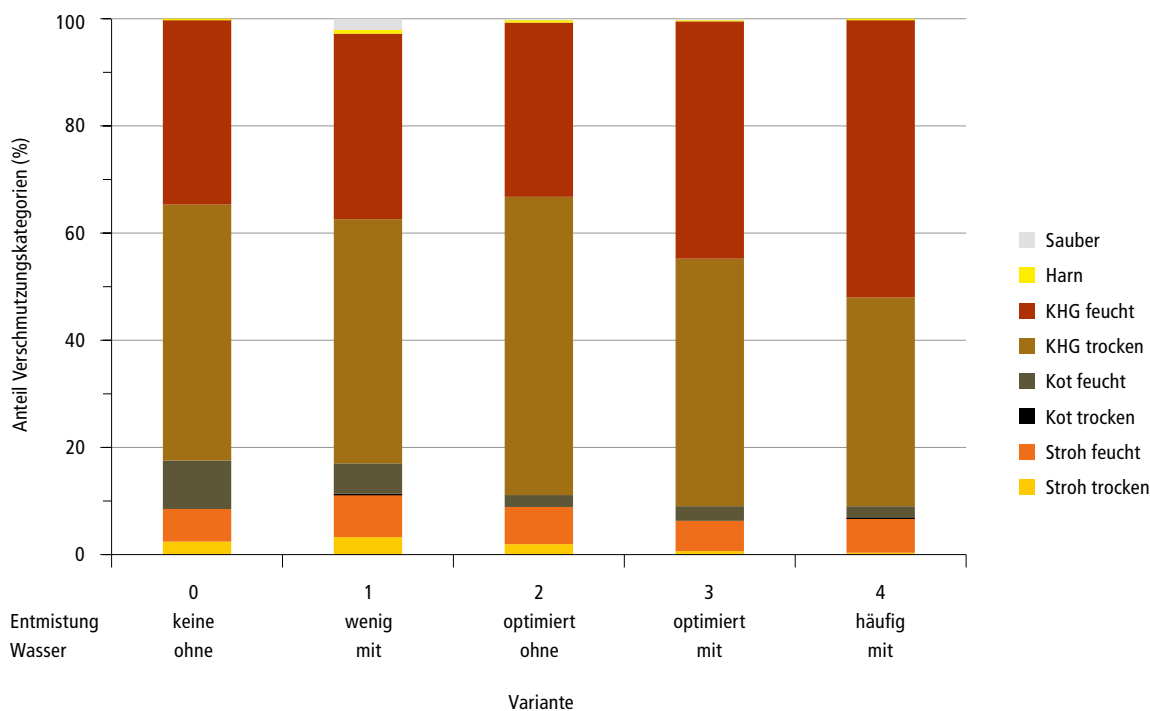


Abb. 3 | Relative Flächenanteile (%) der sechs Varianten nach Verschmutzungskategorie (KHG = Kot-Harn-Gemisch).

Vorkommen von Harn mit weniger als 1 % bei allen Varianten deutlich unter dem von Untersuchungen mit planbefestigten Laufflächen ohne Gefälle mit 5–12 % Harnanteil (Poteko *et al.* 2017).

Die Ergebnisse der Schmierschicht zeigen, dass vor allem in den Varianten 2 und 1 mit 6,5 % und 3,5 % eine höhere Schmierschichtbildung als bei den Varianten 0 (1,9 %), 3 (1,0 %) und 4 (0,7 %) vorlag. Dabei unterschied sich der Schmierschichtenanteil der Variante 2 signifikant von allen (Variante 1:  $p < 0,05$ ; Varianten 0, 3 und 4:  $p < 0,001$ ). 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 und 4. Demnach konnte mit häufigem Entmisten kombiniert mit Wasser die Bildung von Schmierschichten deutlich reduziert werden.

### Tierverhalten

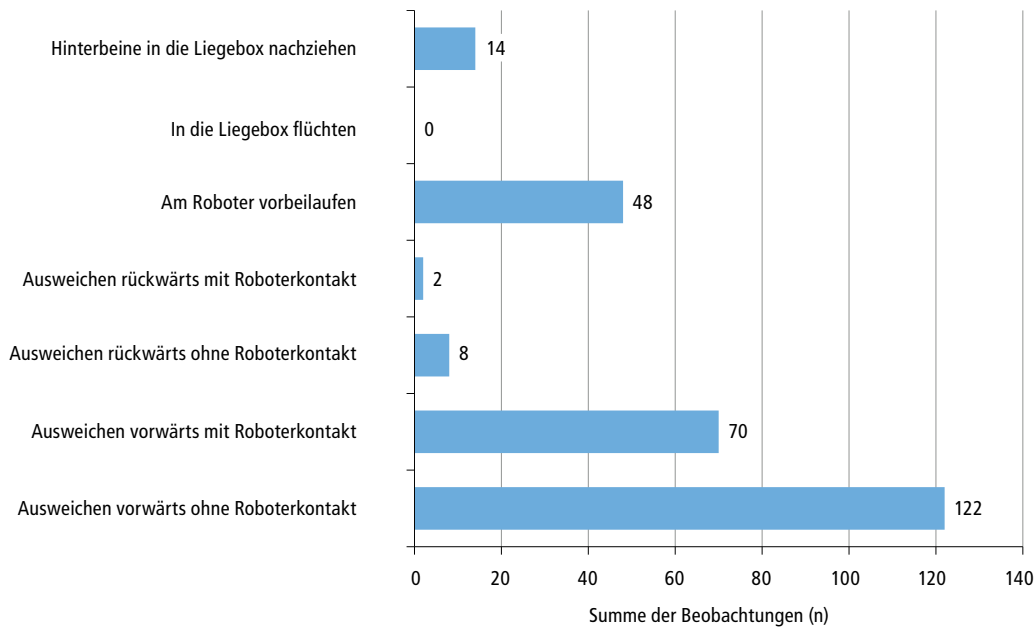
Die Tiere gewöhnten sich schnell an den Entmistungsroboter. Von den insgesamt 368 Reaktionen auf den laufenden Roboter im Beobachtungszeitraum konnten 72 % der Verhaltenskategorie «Ausweichen», 16 % der Kategorie «Erkundungsverhalten» und 11 % der Kategorie «Verlassen des Fressgitters» zugeordnet werden. Die Kühe verliessen das Fressgitter, auch wenn der Roboter

in über einem Meter Entfernung den Bereich hinter den Liegeboxen reinigte. Auf das Vorbeifahren des Roboters reagierten liegende Tiere in den meisten Fällen höchstens mit aufmerksamem Ohrenspiel, nur ein einziges Mal mit Aufstehen. 14 Mal wurde beobachtet, dass eine Kuh, die schon mit den Vorderbeinen in der Liegebox stand, ihre Hinterbeine nachzog, wenn sich ihr der Roboter näherte. Ein Ausweichen der Tiere von den Laufflächen in die Liegeboxen, wie es Stülpner *et al.* (2014) fanden, konnte hier nicht bestätigt werden. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass die Tiere im Versuchsstall in den Laufgängen genügend Platz hatten, um auszuweichen, und die Liegeboxen dazu nicht benötigten.

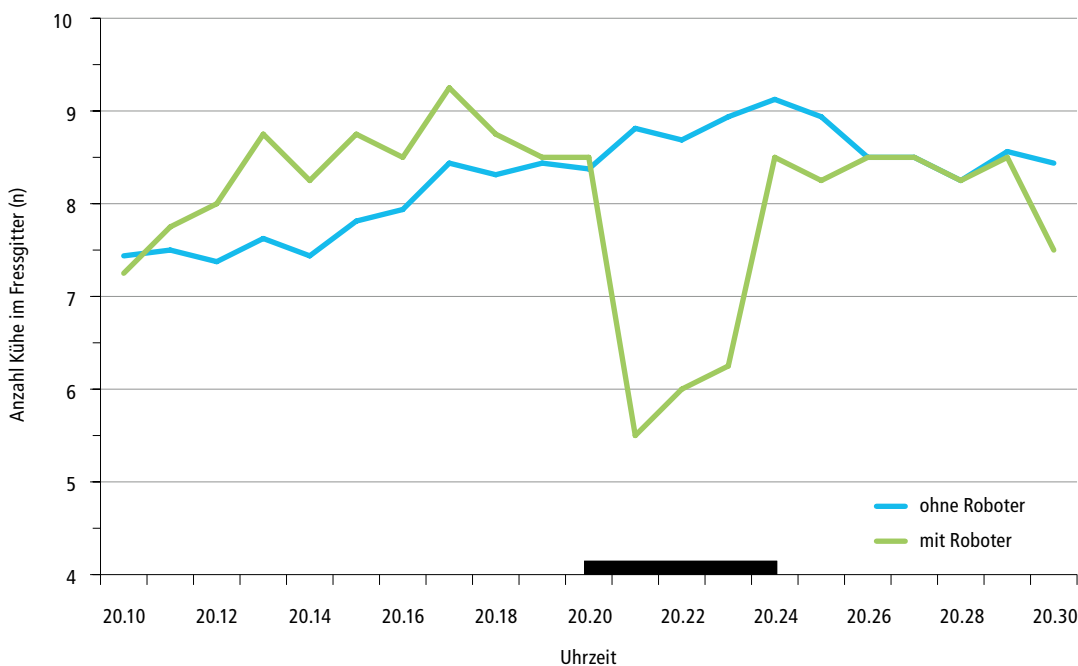
Ein grosser Anteil bei der Kategorie «Ausweichen» waren «Ausweichen vorwärts ohne Kontakt» (122 Ereignisse), «Ausweichen vorwärts mit Kontakt» (70 Ereignisse) und «Am Roboter vorbeilaufen» (48 Ereignisse). Dies zeigt, dass die Tiere den Roboter einschätzen konnten und vorsorglich auswichen. Eine allfällige Belastung der Kühe während diesen Ausweichreaktionen konnte nicht beobachtet werden (Abb. 4). Parameter, die in diesem Versuch in der Kategorie «Erkundungsverhalten» dokumentiert wurden, nahmen tendenziell mit Verlauf der Zeit ab. Dies deutet ebenfalls auf eine Gewöhnung der Tiere an den Roboter hin. Gegen Ende des Versuches schienen die Tiere weniger interessiert am Gerät zu sein, was die Vermutung der Habituation von Doerfler *et al.* (2016) stützt.

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 (Abb. 5). Von 20.20 Uhr auf 20.21 Uhr fiel die Anzahl der fressenden Kühe bei der Variante mit Roboter (Variante 4) von 8,5 auf 5,5 Tiere im Mittel. Die Anzahl der Kühe im

Fressgitter um 20:30 Uhr ist bei Reinigung mit dem Roboter (Variante 4) mit 8,0 Tieren mit dem Mittelwert der Variante ohne Roboter (Varianten 0–3) mit 8,3 Tieren vergleichbar. Die Tiere mussten zwar dem Entmistungsroboter ausweichen, kehrten aber wieder ins Fressgitter zurück.



**Abb. 4 |** Ausweich-Verhalten differenziert nach unterschiedlichen Verhaltensweisen angegeben als Summe der Beobachtungen (n) im Beobachtungszeitraum über alle Varianten hinweg.



**Abb. 5 |** Mittlere Anzahl der Kühe im Fressgitter (n) der Varianten mit Roboter (Variante 4) und ohne Roboter (Varianten 0–3). Zwischen 20.19 und 20.23 Uhr war der Roboter im Bereich der Kühe im Fressgang tätig (schwarzer Balken).

Nicht nur wenn ein Entmistungsroboter den Fressgang reinigt, werden die fressenden Tiere gestört. Auch bei einem stationären Schieber im Fressgang unterbrechen die Tiere das Fressen, um entweder vor ihm wegzulaufen oder über ihn hinweg zu steigen (Buck *et al.* 2012). Der Roboter hat hier sogar den Vorteil der vergleichbar kleinen Abmessungen in der Breite. Da er nicht den kompletten Gang auf einmal reinigt, haben die Kühe mehr Platz und Möglichkeiten zum Ausweichen. Die Beobachtungen haben gezeigt, dass fressende Kühe in den allermeisten Fällen wieder zeitnah zum Fressgitter zurückkehrten. Obwohl sie sich sogar mehrmals hintereinander durch den Roboter vertreiben liessen, unterbrachen sie den Fressvorgang jedoch nur so lange wie unbedingt nötig.

#### **Wasserverbrauch sowie Jahreskosten**

Die erhöhten Wasserkosten sowie die grössere Wassermenge im Güllelager werden oft als Gründe angegeben, warum die Wassersprühfunktion des Entmistungsroboters in der Praxis nicht genutzt wird. Der Wasserverbrauch des Entmistungsroboters pro Kuh und Jahr (300 Tage Einsatz von Wasser) liegt in den unterschiedlichen Varianten mit Wasser zwischen 1,3 m<sup>3</sup> und 4,9 m<sup>3</sup>.

Die Wasserkosten der Variante 3 betragen mit einer Wassermenge von ca. 3,2 m<sup>3</sup> pro Kuh und Jahr insgesamt ca. 3.80 CHF pro Kuh und Jahr. Die Stromkosten der Variante 3 belaufen sich auf 3.70 CHF pro Kuh und Jahr (330 Tage Einsatz).

## Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die systematischen Untersuchungen der verschiedenen Entmistungshäufigkeiten zeigten, dass eine zusätzliche Reinigung von perforierten Laufflächen mit Blick auf die Verschmutzung zwingend ist. Dabei lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass die Variante 4 gegenüber Variante 3 mit optimierter Reinigungshäufigkeit und Wassereinsatz keine wesentliche Verbesserung der Laufflächensauberkeit brachte. Der Einsatz der Wassersprühfunktion des Roboters verbesserte die Sauberkeit der Laufflächen. Dadurch reduzierten sich insbesondere auch die Schmierschichten und demzufolge auch die Gefahr des Ausrutschens 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 Roboterfahrt mit Wasser programmiert werden.

Die Reinigung des Fressgangs ist mehrmals täglich möglich. Um die Tiere beim Fressen möglichst wenig zu stören, sollte der Bereich am Fressgitter gereinigt werden während die Kühe im Wartebereich oder beim Melken sind bzw. ausserhalb der Hauptfressphasen. ■

**Riassunto****Qualità di pulizia e comportamento degli animali in caso di impiego di un asportatore mobile di deiezioni**

L'impiego di asportatori mobili di deiezioni su pavimenti perforati è poco diffuso finora. Mancano inoltre raccomandazioni scientificamente fondate per l'utilizzo. In un test eseguito con l'asportatore mobile di deiezioni Discovery (Lely) a diversi intervalli di pulizia, sono stati rilevati il grado di sporcizia dei pavimenti e il comportamento delle vacche su pavimenti perforati. Nella variante con un intervallo di pulizia ottimale si è osservato un miglioramento rispetto alle altre varianti che non prevedono, se non in modo limitato, l'impiego di asportatori mobili di deiezioni per quanto riguarda il grado di sporcizia e la scivolosità dei pavimenti. Grazie alla funzione ad acqua spruzzata la scivolosità dei pavimenti ha potuto essere ridotta in maniera significativa. Durante il passaggio dell'asportatore mobile nelle immediate vicinanze della mangiatoia si è osservato che alcuni animali smettevano di foraggiarsi, tuttavia questo comportamento è riscontrabile anche quando non si usa l'asportatore mobile e comunque le vacche riprendevano subito a mangiare. I test hanno dimostrato che l'impiego di un asportatore mobile di deiezioni con funzione ad acqua spruzzata è assolutamente indicato per pulire e rimuovere lo sporco dai pavimenti perforati.

**Summary****Cleaning quality and animal behaviour with the use of a dung-removal robot**

The use of dung-removal robots on perforated flooring has not been widespread to date. Moreover, scientifically substantiated recommendations for their operation are lacking. In an experiment involving different cleaning frequencies with the Lely Discovery Mobile Barn Cleaner, floor soiling and the behaviour of the cows on perforated flooring were ascertained. The variant with an optimised cleaning frequency showed an improvement vis-à-vis the variants without, or with reduced, robot dung removal in terms of height of soiling and smear-layer formation on the flooring. The water-spray function enabled a significant reduction in the formation of smear layers. Although an interruption in feeding was observed in the case of dung-removal routes right at the feeding barrier, the difference between the feeding cows with and without robot operation was comparatively slight, and the cows generally returned to the feeding place after the disruption. The trials showed that the use of a dung-removal robot with a water-spray function is indispensable for the proper removal of soiling from perforated flooring.

**Key words:** dung removal, robotic manure scraper, dairy cow, animal behaviour, exercise area's soiling.

**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 Nr. 750, Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Tänikon.
- 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, *KTBL-Schrift* 511, 178–186.
- 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, 110–113.
- Schrade S., Keck M., Zeyer K. & Emmenegger L., 2011. Ammoniak-Emissionen von Milchviehlaufställen mit Laufhof: Im Winter weniger Verluste. ART-Bericht Nr. 745, Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Tänikon.
- 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 2015 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, S. 450–455.
- Steiner B., Zähler M. & Fiedler A., 2019 (in Druck). Der Einfluss von Haltungsbedingungen und Fütterung auf die Klauengesundheit. In: Erkrankungen der Zehen und Klauen des Rindes (Hrsg. Fiedler A., Maierl J. & Nuss K.), 2. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.
- Stülpner A., Adeili S., Haidn B., Dörfler R. & Bernhardt, H., 2014. Reaktionen von Milchkühen beim Einsatz eines Spaltenroboters. *Landtechnik* 69, 225–231.
- Zähler M., Keck M. & Hilty R., 2005. Ammoniakemissionen von Rindviehställen. Minderung beim Bau und Management. FAT-Bericht Nr. 641, Forschungsanstalt Agroscope, Tänikon (FAT).