

Planbefestigte Laufflächen mit Rillen und mit Gefälle: Erhebungen zur Laufflächenverschmutzung und zur Restverschmutzung auf Milchviehbetrieben

Sabine Schrade, Alina Bossler, Michael Zähner

Auf 22 Milchviehbetrieben wurden Erfahrungen zu planbefestigten Laufflächen mit Rillen sowie mit Gefälle erfragt und deren Verschmutzung erhoben. Als Gründe für die Wahl der Laufflächen wurden Rutschfestigkeit, trockene Laufflächen, Ammoniakminderung und die Teilnahme an Förderprogrammen genannt. Den größten Anteil der Laufflächenverschmutzung machte feuchtes Kot-Harn-Gemisch mit 70% bei Rillenböden bzw. 61% bei Laufflächen mit Gefälle aus. Der für die Ammoniakbildung ebenfalls relevante Harnanteil war bei Rillenböden signifikant höher (2,0%) als bei Laufflächen mit Gefälle (0,2%). Die Verschmutzungshöhe korrelierte negativ mit der Entmistungshäufigkeit. Aus Erhebungen der Restverschmutzung als Indikator für die Reinigungsqualität bei Betrieben mit Rillenboden resultierten Unterschiede zwischen sowie innerhalb von Rillenbodentypen. Die Ergebnisse der Umfrage sowie der Laufflächen- und Restverschmutzung zeigen Optimierungsbedarf bei der Abstimmung der Entmistungswerkzeuge auf die Laufflächen und der Erhöhung der Entmistungsfrequenz.

Schlüsselwörter

Laufflächen, Milchvieh, Restverschmutzung, Verfahrenstechnik, Stallbau

In den letzten Jahren wurden in Milchviehställen vermehrt planbefestigte Laufflächen mit einem Gefälle kombiniert mit einer mittigen Harnsammelinne (ZÄHNER et al. 2017) oder planbefestigte Laufflächen mit Längsrillen eingebaut. Bei diesen Laufflächentypen soll mit Blick auf trockene Klauen und Minderung der Emissionen von Ammoniak (NH_3) der Harn von der Lauffläche abgeleitet und in der Harnsammelinne bzw. den Rillen gesammelt werden. Dass die Menge des Harns bzw. die Größe der Harnpfützen relevante Einflussgrößen auf die Bildung und Freisetzung von NH_3 sind, zeigten unter anderem KECK (1997), MONTENY (2000) und SNOEK et al. (2014, 2017) in Untersuchungen im halbtechnischen Maßstab, in Modellrechnungen und auf Praxisbetrieben. Um NH_3 -Emissionen aus dem Stall zu mindern, sollten also Harnpfützen vermieden werden. Bei Emissionsmessungen im Praxismaßstab in den Niederlanden und der Schweiz wiesen planbefestigte Laufflächen mit 3 % Quergefälle und unterschiedlicher Anzahl bzw. Position der Harnsammelinne(n) im Vergleich zu den jeweiligen Referenzvarianten „planbefestigte Lauffläche ohne Gefälle“ bzw. „perforierte Lauffläche“ 20 bis 50 % NH_3 -Minderung (BRAAM et al. 1997a, BRAAM et al. 1997b, SWIERSTRA und BRAAM 1995, ZÄHNER et al. 2017). Ein weiterer Ansatz sind sogenannte Rillenböden in verschiedenen Ausführungen. Das zugrunde liegende NH_3 -Minderungsprinzip ist eine Reduktion der emissionsaktiven Oberfläche im Vergleich zu einer planbefestigten Lauffläche ohne Rillen bzw. ohne Gefälle. Dies

soll dadurch erreicht werden, dass der Harn in die Längsrillen abfließt und dort gesammelt und in manchen Ausführungen auch durch Löcher in den Rillen in den darunterliegenden Gülle- oder Flachkanal abgeleitet wird (SWIERSTRA et al. 2001). Die Längsrillen werden mit einem Kammschieber entmistet, der somit auch die Rillen freiräumt. Aus Emissionsmessungen in zwangsgelüfteten Stallabteilen resultierten bei einem Rillenbodentyp mit Harnabflusslöchern 46 % und bei einer Rillenbodenvariante ohne Harnabflusslöcher 35% NH₃-Minderung im Vergleich zum Referenzabteil mit Spaltenboden (SWIERSTRA et al. 2001). In zwangsgelüfteten Stallabteilen eines niederländischen Versuchsstalls wurde zudem ein neuerer Rillenbodentyp mit Gummimattenauflage, jedoch ohne Harnabflussöffnungen, untersucht. Im Stallabteil mit Rillenboden lagen die NH₃-Emissionen rund 35 % niedriger als im Referenzabteil mit Spaltenboden. Allerdings wurde der Rillenboden alle zwei Stunden mit einem Kammschieber gereinigt, während der Referenz-Spaltenboden nicht entmistet wurde (WINKEL et al. 2019). Seit 2023 gelten die Rillenböden in den Niederlanden nicht mehr als NH₃-Minderungsmaßnahme. Dies wird damit begründet, dass auf Praxisbetrieben die NH₃-Emissionen deutlich über denen der Versuchsbetriebe liegen und somit eine große Unsicherheit bezüglich des NH₃-Minderungspotenzials besteht (EXPERTISETEAM STIKSTOF EN NATURA 2000 VAN BIJ12 2024). Emissionsmessungen von unterschiedlichen Rillenbodenarten aus Gummi auf drei Milchviehbetrieben in Deutschland mit einem Vorher-Nachher-Ansatz zeigten ebenfalls keine klare NH₃-Minderung (JANKE 2023).

Weiterhin werden unterschiedliche Laufflächenausführungen mit Rillen in Milchviehställen eingebaut bzw. sind auf dem Markt, die zum Teil als NH₃-Minderungsmaßnahme beworben werden. Verfahrenstechnische Aspekte, insbesondere zur Entmistung, zu Harn auf der Lauffläche und zur Restverschmutzung als Indiz für die Reinigungsqualität sowie Erfahrungen der Betriebsleitenden wurden in der Praxis bisher nicht systematisch erhoben.

Ziele dieser Arbeit waren:

- die Praxiserhebung verfahrenstechnischer Aspekte und die Erfahrungen der Betriebsleitenden mit Rillenböden und – zum Vergleich – mit planbefestigten Laufflächen mit Gefälle,
- die Beurteilung der Laufflächenverschmutzung von Rillenböden und planbefestigten Laufflächen mit Gefälle nach Art, Anteil und Höhe auf Praxisbetrieben,
- die Quantifizierung der Restverschmutzung als Indikator für die Reinigungsqualität von ausgewählten Rillenbodenarten.

Material und Methoden

Auf 22 Milchviehbetrieben in Süddeutschland (14) und der Schweiz (8) wurden bei Betriebsbesuchen Erfahrungen der Betriebsleitenden sowie verfahrenstechnische Aspekte zu Rillenböden und planbefestigten Laufflächen mit Gefälle erhoben. Weiter erfolgte auf diesen Betrieben die Bonitierung der Laufflächenverschmutzung nach Art, Anteil und Höhe. Auf zehn Betrieben mit Rillenböden wurde zusätzlich die Restverschmutzung als Indikator für die Reinigungsqualität untersucht.

Betriebsbesuche mit strukturiertem Interview

Potenzielle Betriebe für die Betriebsbesuche mit strukturiertem Interview wurden aus Referenzadressen von Stalleinrichtungsfirmen sowie von der Website des Projekts EIP-Rind e.V. (EIP-RIND E.V. 2025) ausgewählt. Das Interview mit den Betriebsleitenden wurde meist direkt im Stall anhand eines Fragebogens durchgeführt und umfasste im Wesentlichen die Themenbereiche: (i) allgemeine Be-

triebsinformationen, (ii) Laufflächenausführungen und Gründe für deren Wahl und (iii) Entmistungsaspekte. Ergänzend dazu erfolgte eine Fotodokumentation beim Stallrundgang.

Bonitierung der Laufflächenverschmutzung

Die Verschmutzung der Laufflächen wurde unmittelbar vor dem Entmisten mit einem etablierten Bonitierungsschema, angelehnt an SCHRADE et al. (2010), POTEKO et al. (2015) und LEINWEBER et al. (2019), auf allen teilnehmenden Betrieben erhoben. Die Bonitierung wurde auf allen Betrieben von derselben Person durchgeführt. Dazu wurde die Lauffläche in ein Raster mit etwa gleich großen Feldern unterteilt. Die Verschmutzungsarten und ihre relativen Anteile pro Rasterfeld wurden in 10-%-Abstufungen visuell abgeschätzt und dokumentiert. Die Verschmutzungsarten wurden in folgende Kategorien zusammengefasst: „Harn“, „Kot-Harn-Gemisch feucht“, „Kot feucht“, „Kot trocken“, „Einstreu/Futterreste“ und „sauber“. Die Bestimmung der Verschmutzungshöhe in mm erfolgte mit einem Zollstock jeweils an einem vordefinierten Punkt pro Rasterfeld.

Quantifizierung der Restverschmutzung

Als Restverschmutzung wird die Masse der Verschmutzung bezeichnet, die nach dem Entmisten auf der Lauffläche verbleibt. Sie ist somit ein Indikator für die Reinigungsqualität bzw. die Abstimmung von Entmistungswerkzeug und Lauffläche (POTEKO et al. 2018). Die Quantifizierung der Restverschmutzung erfolgte auf zehn Betrieben mit den Rillenbodenotypen:

- „Magellan® 25“ (Bioret agri, Nort-sur-Erdre, Frankreich; 4 Betriebe)
- „Magellan® 16“ (Bioret agri, Nort-sur-Erdre, Frankreich; 1 Betrieb)
- „profiDRAIN“ (Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH & Co. KG, Tittmoning, Deutschland; 3 Betriebe)
- „SG6“ (Grüter Handels AG, Buttisholz, Schweiz; 2 Betriebe)

Dazu wurde die von POTEKO et al. (2018) entwickelte Methode angewendet, die mit Blick auf eine einfachere Handhabung auf Praxisbetrieben technisch optimiert worden war. Unmittelbar nach dem Entmistungsvorgang wurde eine $0,25 \text{ cm}^2$ große Versuchsfläche mit einem Rahmen abgedichtet. Beim SG6 wurden die Querschlitzte zum Güllekanal hin ebenfalls mit einem Dichtgummi versehen. Die Restverschmutzung innerhalb des Rahmens wurde mit einer definierten Wassermenge (250 ml) verdünnt, in einer definierten Zeit (2 min 30 s) mit einem Nasssauger und einer Handbürste gereinigt und abgesaugt. Anschließend wurde der Rahmen versetzt und der Vorgang wiederholt. Nach dem Absaugen von vier Teilstücken wurde die Masse der aufaddierten Versuchsfläche von 1 m^2 gewogen. Die Teilstücke wurden so ausgewählt, dass sie gemäß visueller Betrachtung die Restverschmutzung des jeweiligen Ganges repräsentierten. Insgesamt erfolgten pro Lauffläche und Betrieb sechs Durchgänge mit jeweils einer abgesaugten Versuchsfläche von 1 m^2 .

Statistische Auswertung

Die Daten wurden in Microsoft Excel eingegeben und aufbereitet. Die statistische Auswertung und die Erstellung von Graphiken erfolgten mit Microsoft Excel sowie dem Statistikprogramm R Version 4.4.1. Zum Vergleich einzelner Verschmutzungskategorien zwischen den Bodentypen Rillenboden und Lauffläche mit Gefälle wurden Kruskal-Wallis-Tests gemacht. Der Zusammenhang zwischen der Verschmutzungshöhe und der Entmistungshäufigkeit bei Rillenböden wurde mit einer linearen Regression untersucht. Für die Restverschmutzung der unterschiedlichen Gruppen von Rillenboden-

typen wurde ein Kruskal-Wallis-Test verwendet. Zusätzlich wurden die Unterschiede zwischen den Rillenbodentypen mit einem Post-hoc-Test paarweise verglichen. Das Signifikanzniveau wurde bei 0,05 % festgelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Betriebe, Laufflächen und Entmistung

Die Betriebe der Umfrage hielten zwischen 30 und 250 Milchkühe und wurden bis auf einen im Haupterwerb bewirtschaftet. Zwei Betriebe sind Teil von Forschungs- und Lehrinstituten. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Betriebe, deren Laufflächenausführungen, die Entmistungssysteme mit Entmistungswerkzeugen und die Entmistungshäufigkeit. Auf einigen der Betriebe lagen mehrere unterschiedliche Laufflächenausführungen vor. Auf elf Betrieben waren planbefestigte Laufflächen mit Gefälle (Abbildung 1) und auf 18 Betrieben Rillenböden (Abbildung 2) eingebaut. Die Lauffläche „profiKURA 3D“ (Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH & Co. KG, Tittmoning, Deutschland), die über ein integriertes Gefälle von 3 % verfügt und somit auf planebenen Laufflächen eingebaut werden kann, war mit fünf Betrieben bei den Laufflächen mit Gefälle am häufigsten vertreten. Auf einem Betrieb war der „V-Twin®“ (Bioret agri, Nort-sur-Erdre, Frankreich) eingebaut, ein Gummiboden mit 3 % Gefälle zu zwei Harnsammelrinnen hin (Abbildung 1a). Sieben Betriebe hatten ein betoniertes Gefälle von 3 % (Abbildung 1b), wovon fünf Gummimatten verlegt hatten; bei einem Betrieb waren die Laufflächen in Beton mit Profilierungen ausgeführt und ein Betrieb hatte sowohl Gummimatten als auch Laufflächen mit Beton eingebaut. Bei den Rillenböden war der Magellan 25 (Abbildung 2a) auf sieben und der Magellan 16 auf einem Betrieb eingebaut. Der Magellan 16 unterscheidet sich vom Magellan 25 lediglich durch die geringere Höhe des Belags sowie die geringere Tiefe und Breite der Rillen. Den Rillenboden „RIMA“ (Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH & Co. KG, Tittmoning, Deutschland) hatten vier Betriebe (Abbildung 2b), das Nachfolgeprodukt profiDRAIN drei Betriebe gewählt (Abbildung 2c). Der Rillenboden „N26 ALLEY“ (Huber Technik Vertriebs GmbH, Erding, Deutschland) war auf einem Betrieb eingebaut (Abbildung 2d). Zwei Schweizer Betriebe hatten den SG6-Rillenboden. Dieser besteht aus Betonelementen mit Rillenstruktur, die jeweils mit einem 30 mm breiten Querschlitz auf einen Güllekanal aufgesetzt sind (Abbildung 2e).

Tabelle 1: Übersicht über Betriebe, Laufflächen und Entmistung (Die Nummerierung entspricht der Reihenfolge der Betriebsbesuche.)

Nr. (Land)	Lauffläche mit Gefälle: Laufflächenausführung (Position ¹⁾); Entmistungssystem ²	Lauffläche mit Rillenboden: Laufflächenausführung (Position ¹⁾); Entmistungssystem ²⁾ (Reinigungswerkzeug)	Entmistungs- häufigkeit pro Tag [n]	Neubau, Umbau oder Sanierung
1 (DE)		*Magellan 25 (2 x FG); ES (Kammleiste)	20	Neubau
2 (CH)		*Magellan 25 (FG), ES (Kammleiste)	4-5	Sanierung
3 (DE)		RIMA (FG, LH); ES (Kammleiste)	12	Neubau, Sanierung
4 (CH)		profidRAIN (*FG, LG); ES (Kammleiste)	3-4	Sanierung
5 (DE)	V-Twin (LG, LH); ES	Magellan 25 (2 x FG, LG, LH); ES (Kammleiste)	12	Neubau
6 (DE)	profikURA 3D (FG); ES	Magellan 25 (FG, LH); ES (Kammleiste)	15	Neubau
7 (DE)	Beton (FG, LH), ES	RIMA (FG, LG, LH); ES (Kammleiste)	24	Neubau
8 (DE)	profikURA P (2 x FG, LH); ES	RIMA (LG); ES (Kammleiste)	12	Neubau
9 (DE)	profikURA 3D (LG); ES		20	Sanierung
10 (DE)	Beton (LG, LH), profikURA P (FG, LH); ES		12	Neubau
11 (DE)		profidRAIN (*FG, LH); ES (Kammleiste)	14	Umbau
12 (DE)		N26 ALLEY (FG, LG, LH); ES (Kammleiste)	24	Neubau
13 (DE)	profikURA P (FG, LH); ES	RIMA (LG); ES (Kammleiste)	12	Neubau
14 (DE)	profikURA 3D (FG); ES	Magellan 25 (FG); ES (Kammleiste)	12	Sanierung
15 (CH)		*Magellan 25 (FG); ES (Kammleiste)	4-5	Sanierung
16 (DE)	profikURA 3D (FG, LH); ES	*profidRAIN (LG, LH); ES (Kammleiste)	12	Umbau, Sanierung
17 (DE)		*Magellan 25 (2 x FG); ES (Kammleiste)	24	Neubau
18 (CH)		SG6 (*FG); SR (Bürste)	6	Neubau
19 (CH)	profikURA P und KURA P (jeweils FG und LG); ES		10	Sanierung
20 (CH)		SG6 (*FG, LG, LH); SR (ohne Bürste)	FG: 2, LG: 6, LH: 1	Neubau
21 (CH)	profikURA 3D (LG); ES		12	Umbau
22 (CH)		Magellan 16 (*FG, LG, LH); AR (Bürste)	12	Neubau, Umbau

* Lauffläche, bei der Quantifizierung der Restverschmutzung durchgeführt wurde.

¹⁾ Position: FG = Fressgang; LG = Laufgang zwischen Liegeboxen; LH = Laufhof.

²⁾ Entmistungssystem: ES = stationärer Entmistungsschieber; SR = Spaltenroboter; AR = aufnehmender Roboter.



Abbildung 1: Planbefestigte Laufflächen mit Gefälle: a) V-Twin und b) profiKURA 3D (Fotos: Agroscope)

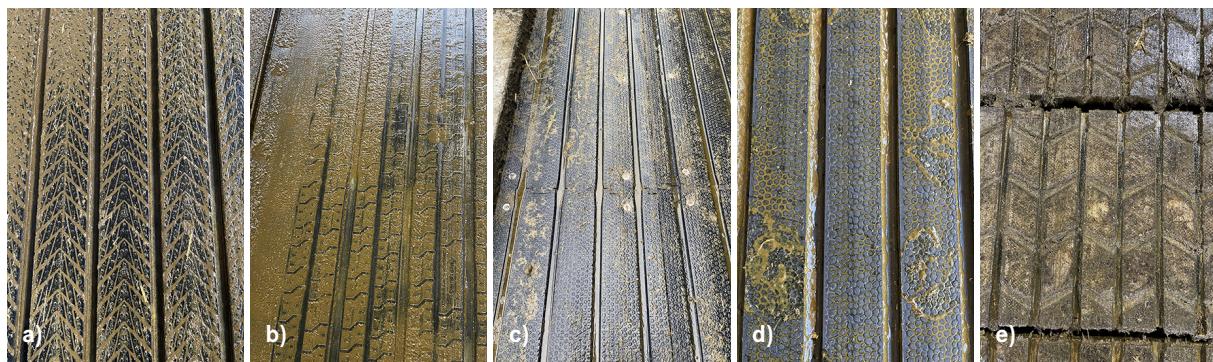


Abbildung 2: Rillenböden: a) Magellan 25, b) RIMA, c) profiDRAIN, d) N26 ALLEY und e) SG6 (Fotos: Agroscope)

Die planbefestigten Laufflächen mit Gefälle wurden ausschließlich mit stationären Schiebern gereinigt. Von den Rillenböden wurden 15 mit einem stationären Schieber mit Kammleiste, zwei von einem schiebenden Roboter und einer von einem aufnehmenden Roboter entmistet. Die Entmistungshäufigkeit der deutschen Betriebe lag mit 12 bis 24 Mal pro Tag deutlich höher als die der Schweizer Betriebe mit drei bis zwölf Mal täglich. Bei Laufflächen mit 3% Gefälle und Harnsammelrinne war zum Teil ein Überlaufen der Harnsammelrinne mit der Zeit und/oder beim Entmisteten zu beobachten. Dies kam vor, wenn die Harnsammelrinne zu klein dimensioniert war und den anfallenden Harn nicht komplett aufnehmen konnte. Dem kann entgegengewirkt werden, indem das Volumen der Harnsammelrinne an den Exkrementanfall angepasst oder die Entmistungsfrequenz erhöht wird (SCHRADE et al. 2013).

Als Hauptgründe für den Einbau der jeweiligen Laufflächen wurden von den Betriebsleitenden die Rutschfestigkeit (11), eine trockene Lauffläche (8), die Teilnahme an einem Projekt der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) (7) sowie die Reduktion der NH₃-Emissionen (7) genannt. Mit Blick auf die Sauberkeit der Laufflächen ist das Zusammenspiel zwischen dem Entmistungswerkzeug und der Lauffläche relevant. Von den Betrieben mit Rillenböden wurden bei acht Betrieben Zeichnungen vom Bodenhersteller an den Schieberhersteller geschickt, bei zwei Betrieben erfolgten Absprachen ohne nähere Angaben und bei drei Betrieben war der Schieber- bzw. Laufflächenhersteller beim Einbau vor Ort. Nach Angaben der Betriebsleitenden fanden auf drei Betrieben keine Absprachen statt

und auf zwei Betrieben funktionierten die Absprachen nicht. Bei den Laufflächen mit Gefälle wurden gemäss den Aussagen der Betriebsleitenden auf den meisten Betrieben keine Absprachen zwischen den Herstellern der Lauffläche und des Entmistungsschiebers getroffen (7 Betriebe). Bei zwei Betrieben gab es Absprachen und bei zwei Betrieben wurden Anpassungen am Schieber vorgenommen.

Von einer Firma, die Rillenböden vertreibt, wird damit geworben, dass die Kühe durch vermindertes Hochspritzen des Kot-Harn-Gemischs beim Harnen sauberere Klauen und Beine haben. Dies deckt sich nicht mit den Antworten der befragten Betriebsleitenden: Während rund 55 % angaben, dass Verschmutzungen im Vergleich zu Laufflächen ohne Rillen und ohne Gefälle weniger vorkamen, konnten 45 % dies nicht bestätigen. Oft wurde vom Eindruck berichtet, dass das Hochspritzen des Harns durch die Rillen sogar verstärkt wird.

Über 90 % der Befragten gaben an, sie würden dieselbe Lauffläche(n) wieder wählen. Von den restlichen 9 % der Betriebsleitenden, wurden folgende Kritikpunkte genannt: die mangelnde Rutschfestigkeit, erforderliche Nachbesserungen bei der Befestigung von Gummilaufflächen sowie die schlechtere Reinigung der äusseren Rillen, die vom Kammmuster nicht leergeräumt werden.

Laufflächenverschmutzung

Die Ergebnisse der Bonitierung zeigten, dass über alle Betriebe hinweg, das feuchte Kot-Harn-Gemisch den größten relativen Anteil an der Laufflächenverschmutzung einnahm (Abbildung 3). So lag das feuchte Kot-Harn-Gemisch im Mittel bei Rillenböden bei 70 % (Standardabweichung SD: 9 %) und bei Laufflächen mit Gefälle bei 61 % (SD: 13 %) und war damit signifikant höher ($p < 0,05$). In der Kategorie „Kot feucht“ unterschieden sich die Mittelwerte von Rillenböden mit 15 % (SD: 6 %) zu Laufflächen mit Gefälle mit 17 (SD: 5 %) nicht signifikant ($p = 0,15$). Mit im Mittel 18 % (SD: 10 %) war der saubere Flächenanteil bei Laufflächen mit Gefälle signifikant höher als bei Rillenböden mit rund 10 % (SD: 7 %) ($p < 0,05$). Bei Rillenböden war die mit Harn bedeckte Fläche mit im Mittel 2 % (SD: 2,5 %) signifikant höher als die von Laufflächen mit Gefälle mit lediglich 0,2 % (SD: 0,4 %) ($p > 0,05$). Damit liegt der mittlere Harnanteil der untersuchten Rillenböden mit rund 5 % zwar unter dem Mittelwert von planbefestigten Laufflächen ohne Gefälle, jedoch deutlich über dem Harnanteil von 0,8 % einer Lauffläche mit Gefälle, die in drei Jahreszeiten im Zusammenhang mit Emissionsmessungen im Emissionsversuchsstall in Tänikon bei jeweils 12 Entmistungsvorgängen pro Tag untersucht wurden (ZÄHNER et al. 2017). Bei den Rillenböden der vorliegenden Untersuchung waren vor allem dort Harnpfützen zu finden, wo der Unterboden nicht exakt eben betoniert war und somit Senken oder Mulden aufwies.

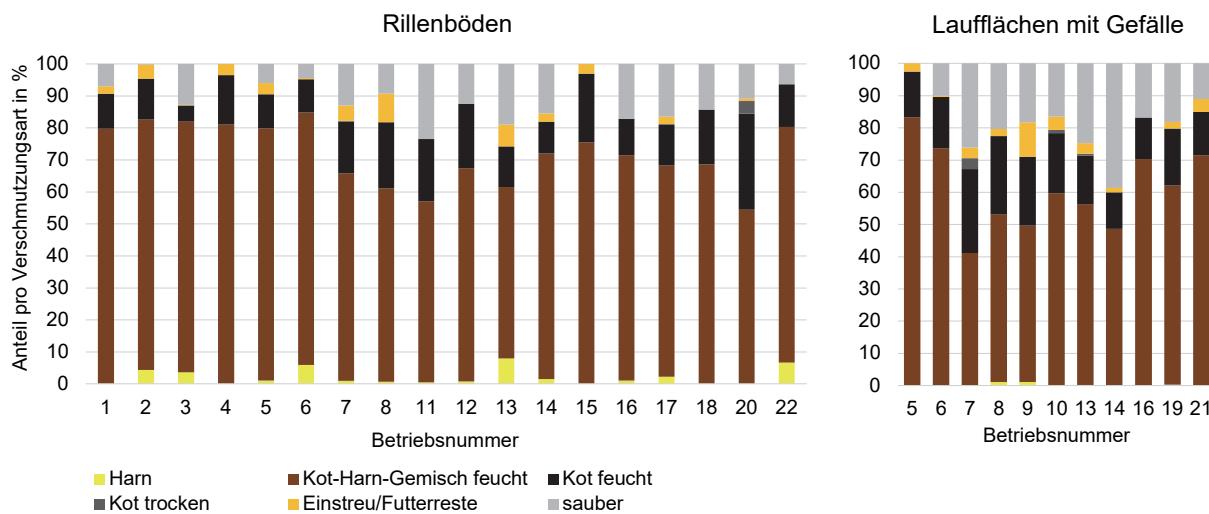


Abbildung 3: Relativer Anteil der Laufflächenverschmutzung nach Kategorien in % von Rillenböden (links) und Laufflächen mit Gefälle (rechts) der teilnehmenden Milchviehbetriebe

Die Verschmutzungshöhe der Rillenböden (Abbildung 4) war im Mittel mit 3,8 mm (SD: 2,2 mm) etwas höher als die der Laufflächen mit Gefälle mit 2,5 mm (SD: 0,9 mm). Sowohl zwischen den Betrieben als auch innerhalb einzelner Betriebe war die Streubreite zum Teil recht hoch. Mit derselben Methode erhobene Verschmutzungshöhen lagen bei planbefestigten Laufflächen mit bzw. ohne Gefälle bei zwölf Mal entmisteten täglich im Mittel bei 1,8 bzw. 2,8 mm (ZÄHNER et al. 2017) sowie bei perforierten Laufflächen bei häufigem Entmistnen im Mittel zwischen 1,6 und 1,9 mm (LEINWEBER et al. 2019).

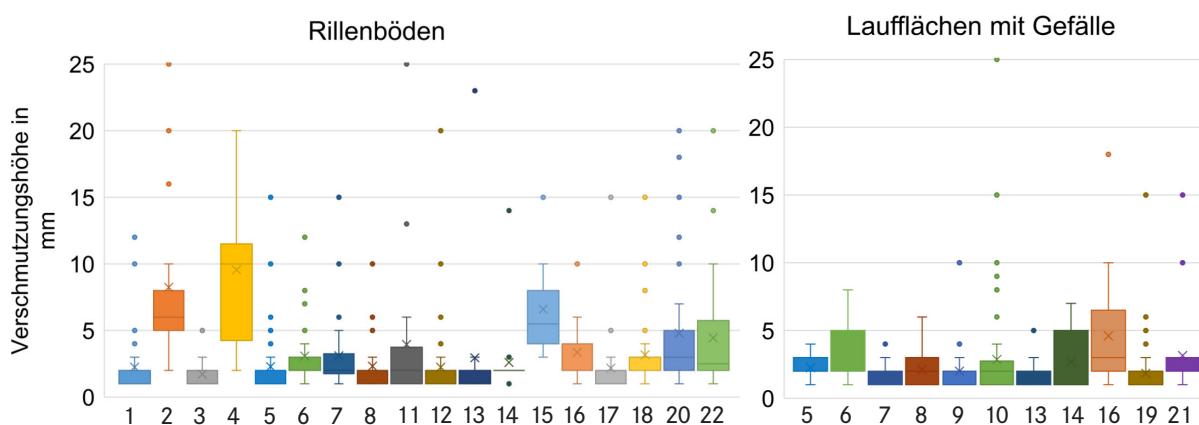


Abbildung 4: Verschmutzungshöhe in mm von Rillenböden (links) und Laufflächen mit Gefälle (rechts) der teilnehmenden Milchviehbetriebe.

Abbildung 5 zeigt bei den Rillenböden einen deutlichen Zusammenhang der Verschmutzungshöhe (in mm) und der Entmistungshäufigkeit pro Tag ($p < 0,001$). In einem längeren Zeitraum zwischen Entmistungsvorgängen kann sich mehr Verschmutzung ansammeln. Die Daten belegen, dass sich mit zweistündlichem Entmisten gemäß den Empfehlungen der Schweizer Bundesämter für Umwelt

(BAFU) und Landwirtschaft (BLW) (BAFU und BLW, 2011) gegenüber weniger als sechs Entmistungsvorgängen pro Tag die Höhe und somit auch die Masse der Verschmutzung deutlich reduzieren lässt.

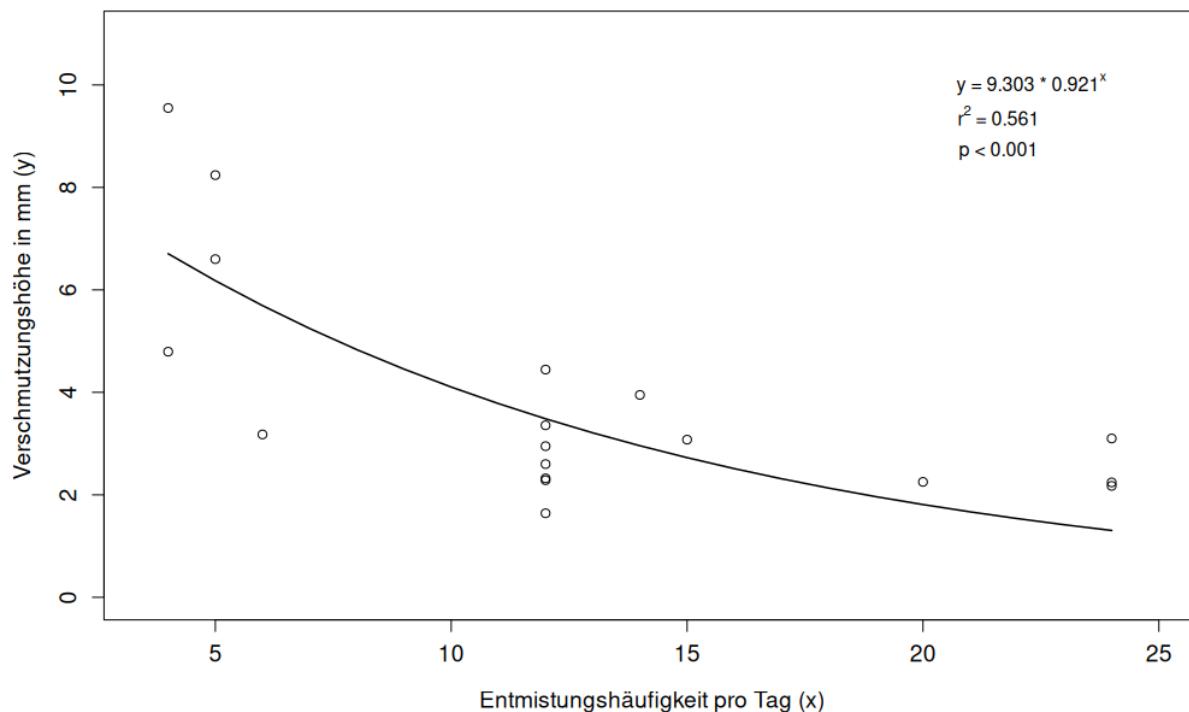


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Verschmutzungshöhe in mm und Entmischungshäufigkeit pro Tag der Rillenböden aus der Umfrage auf Milchviehbetrieben mit Angaben zur Regressionsgleichung, dem Bestimmtheitsmaß (r^2) und dem p-Wert.

Restverschmutzung

Einen Vergleich der mittleren Restverschmutzungsmassen pro Rillenbodentyp und Betrieb zeigt Abbildung 6. Der Median der profiDRAIN-Rillenböden wies mit 0,5 kg pro m² die geringste Masse an Restverschmutzung auf. Dieser Bodentyp unterschied sich in der Masse der Restverschmutzung signifikant vom Rillenboden Magellan 25 ($p < 0,001$) mit einem Median von 1,2 kg pro m² sowie vom SG6-Rillenboden ($p < 0,01$) mit einem Median von 1,5 kg pro m². Zwischen der Masse der Restverschmutzung des Magellan 25- und des SG6-Rillenbodens lagen keine signifikanten Unterschiede vor. Die Restverschmutzungsmasse des einen SG6-Rillenbodens war mehr als das Dreifache höher als die des anderen. Ein Grund für die bessere Reinigungsqualität scheint der Einbau einer Bürste am schiebenden Roboter zu sein. Dies zeigt auf, wie wichtig die Abstimmung zwischen Entmischungswerkzeug und der Lauffläche ist. Die signifikant höhere Masse der Restverschmutzung vom Magellan 25 im Vergleich zum ProfiDRAIN könnte auf die stärkere Profilierung der Auftrittsfläche des Magellan 25 zurückzuführen sein, in denen nach der Entmischung mehr Restverschmutzung verbleibt. Bis auf einen ProfiDRAIN-Rillenboden lag die Masse der Restverschmutzung bei allen untersuchten Rillenböden deutlich über der von planbefestigten Laufflächen ohne Gefälle (0,2 kg pro m²) bzw. mit Gefälle (0,3 kg pro m²) jeweils bei zwölf Mal Entmisten pro Tag (POTEKO et al. 2018). Da die Restverschmutzung ein Indikator für die Reinigungsqualität ist, besteht bei den meisten Betrieben mit Rillenböden noch erheblicher Optimierungsbedarf bei der Abstimmung des Reinigungswerkzeugs auf den Laufflächenbelag.

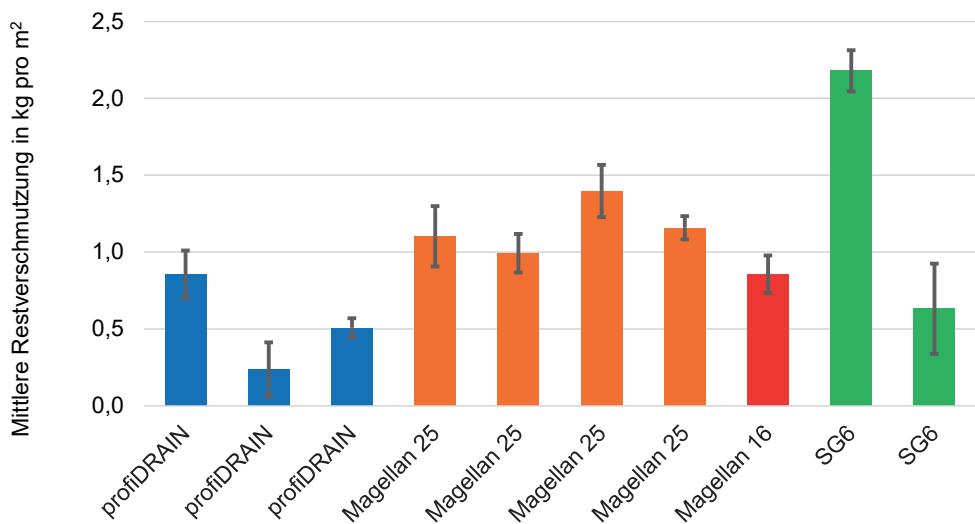


Abbildung 6: Masse der Restverschmutzung in kg pro m² nach Rillenbodenarten und Betrieb (profiDRAIN: n = 3, Magellan 25: n = 4, Magellan 16: n = 1, SG6: n = 2)

Schlussfolgerungen

Als Gründe für den Einbau von Rillenböden und planbefestigten Laufflächen mit Gefälle wurden in der Umfrage auf 22 Milchviehbetrieben vor allem die Verbesserung der Rutschfestigkeit, eine trockene Lauffläche und somit trockene Klauen, die Reduktion der NH₃-Emissionen sowie die Teilnahme an Förderprogrammen genannt. Bei Rillenböden resultierte aus der Bonitierung ein signifikant höherer Harnanteil als bei planbefestigten Laufflächen mit Gefälle. Der Harn kann bei Laufflächen mit Gefälle besser von der Oberfläche abfließen. Beim Einbau von Rillenböden ist auf eine exakte Ausführung des Unterbaus zu achten, um Senken und Mulden zu vermeiden, in denen sich Harnpfützen bilden können. Die Ergebnisse zur Verschmutzungshöhe zeigen, dass sich die Verschmutzung durch häufigeres Entmisten deutlich reduzieren lässt. Empfehlenswert ist eine Entmistungsfrequenz von mindestens alle zwei Stunden. Die Masse der Restverschmutzung ist ein Indikator für die Reinigungsqualität der Laufflächen. Bei den untersuchten Rillenböden war die Restverschmutzung meist deutlich höher als die Werte einer Studie mit planbefestigten Laufflächen mit und ohne Gefälle (POTEKO et al. 2018). Große Unterschiede zwischen unterschiedlichen Rillenbodenarten sowie innerhalb eines Rillenbodenartyps zeigen einzelbetrieblich Optimierungsbedarf auf: Um die Reinigungsqualität zu verbessern, müssen die Reinigungswerzeuge gut auf die Oberflächenstruktur der Laufflächen abgestimmt und regelmäßig gewartet bzw. erneuert werden.

Für zukünftige Studien zur Beurteilung von Laufflächen, wäre es wünschenswert, die Besatzdichte (Fläche pro Tier) bzw. die tatsächliche Nutzung der untersuchten Teilfläche durch die Tiere miteinzubeziehen und zusätzlich die Rutschfestigkeit (Ausrutschverhalten) zu erheben.

Literatur

- BAFU; BLW (2011): Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft – Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft (Teilrevidierte Ausgabe 2023). <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/recht/luft-vzh.html#accordion1753196941504>, Zugriff am 23.07.2025
- Braam, C. R.; Ketelaars, J. J. M. H.; Smits, M. C. J. (1997a): Effects of floor design and floor cleaning on ammonia emission from cubicle houses for dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45, pp. 49–64
- Braam, C. R.; Smits, M. C. J.; Gunnink, H.; Swierstra, D. (1997b): Ammonia emission from a double-sloped solid floor in a cubicle house for dairy cows. *Journal of Agricultural Engineering Research* 68(4), pp. 375–386, <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0215>
- EIP-Rind e.V. (2025): <https://www.eip-rind.de/>, Zugriff am 23.07.2025
- Expertiseteam Stikstof en Natura 2000 van BIJ12 (2024): Overzicht aangepaste emissiecijfers (Rav-codes). Hg.: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, NL, <https://www.aeriusproducten.nl/binaries/aerius/documenten/publicaties/2023/12/28/overzicht-aangepaste-emissiecijfers-rav-codes-aerius-check/Overzicht%2Baangepaste%2Bemissiecijfers%2B%2528Rav%2Bcodes%2529%2BAERIUS%2BCheck.pdf>, Zugriff am 23.07.2025
- Janke, D. (2023): Ammoniak- und Treibhausgasemissionen der und Treibhausgasemissionen der Nutztierhaltung und Minderung Nutztierhaltung und Minderung – Rinderhaltung. In: Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 10./11. Oktober 2023, Bonn, https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tagungen_2023/Emissionen_Nutztierhaltung/Vortraege/Janke.pdf, Zugriff am 23.07.2025
- Keck, M. (1997): Ammonia emission and odour thresholds of cattle houses with exercise yards. In: *Ammonia and Odour Emissions from Animal Production Facilities*, ed. Voermans, J. A. M.; Monteny, G. J., Proceedings of a International Symposium in Vinkeroord, The Netherlands, pp. 349–355
- Leinweber, T.; Zähner, M.; Schrade, S. (2019): Bewertung eines Entmistungsroboters bei Milchvieh aus ethologischer und verfahrenstechnischer Sicht. *Landtechnik*, 74(3), <https://doi.org/10.15150/lt.2019.3204>
- Monteny, G. J. (2000): Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Ph.D. thesis, University Wageningen, The Netherlands
- Poteko, J.; Schrade, S.; Steiner, B.; Zähner, M. (2015): Entwicklung und Validierung einer Messmethode zur Quantifizierung der Restverschmutzung nach der Entmistung von planbefestigten Laufflächen. In: 12. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 8.–10. September 2015 in Weihenstephan, Hg.: Ktbl e.V., S. 408–413
- Poteko, J.; Zähner, M.; Steiner, B.; Schrade, S. (2018): Residual soiling mass after dung removal in dairy loose housings: Effect of scraping tool, floor type, dung removal frequency and season. *Biosystems Engineering* 170, pp. 117–129, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.04.006>
- Schrade, S.; Korth, F.; Keck, M.; Zeyer, K.; Emmenegger, L.; Hartung, E. (2010): Tieraufenthalt, Laufflächenverschmutzung und Ammoniakemissionen bei Milchviehställen mit Laufhof: ART-Tagungsband: Nachhaltigkeit in der Wiederkäuer- und Schweinehaltung. In: 24. IGN-Tagung, 3.–5. Juni 2010, Herausgeber IGN, Ettenhausen, S. 50–54
- Schrade, S.; Steiner, B.; Sax, M.; Zähner, M. (2013): Baumerkblatt Rindvieh – Dimensionierung Harnsammelrinne. Agroscope, ART-Baumerkblatt Nr. 01.09, Ettenhausen, <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/32927>, Zugriff am 23.07.2025
- Snoek, D. J. W.; Stigter, J. D.; Ogink, N. W. M.; Groot Koerkamp, P. W. G. (2014): Sensitivity analysis of mechanistic models for estimating ammonia emission from dairy cow urine puddles. *Biosystems Engineering* 121, 12–24, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.02.003>
- Snoek, D. J. W.; Stigter, J. D.; Blaauw, S. K.; Groot Koerkamp, P. W. G.; Ogink N. W. M. (2017): Assessing fresh urine puddle physics in commercial dairy cow houses. *Biosystems Engineering* 159, 133–142, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.04.003>
- Swierstra, D.; Braam C. R. (1995): Investitionen und Kosten emissionsmindernder Maßnahmen in Boxenlaufställen für Rindvieh. In: *Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung – Beiträge zur 2. Internationalen Tagung*, 14.–15. März 1995, Potsdam, S. 279–287

Swierstra, D.; Braam, C. R.; Smits, M. C. (2001): Grooved floor system for cattle housing: ammonia emission reduction and good slip resistance. Applied Engineering in Agriculture 17(1), pp. 85–90,
<https://doi.org/10.13031/2013.1929>

Winkel, A.; Bokma, S.; Hol, J. M. G.; Blanken, K. (2019): Ammonia emission of the MeadowFloor CL for dairy barns. A case-control study in the Environmental Research Barn of Dairy Campus. Wageningen Livestock Research, Report 1275, <https://doi.org/10.18174/531749>

Zähner, M.; Poteko, J.; Zeyer, K.; Schrade, S. (2017): Laufflächengestaltung: Emissionsminderung und verfahrenstechnische Aspekte – erste Ergebnisse aus dem Emissionsversuchsstall Tänikon. In: Bautagung Raumberg-Gumpenstein, 16.-17. Mai, Hg.: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein, S. 13–17

Autoren

Alina Bossler, M. Sc., war Masterstudentin an der Universität Hohenheim und hat ihre Masterthesis am Zentrum für Tierhaltungstechnik, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart in Zusammenarbeit mit Agroscope in Tänikon erstellt.

Dr. sc. nat. ETH Michael Zähner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und **Dr. sc. agr. Sabine Schrade** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Forschungsgruppe Wiederkäuerernährung und -emissionen bei Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz. E-Mail: sabine.schrade@agroscope.admin.ch

Danksagungen

Wir bedanken uns bei den Milchviehbetrieben in der Schweiz und Deutschland für die Kooperationsbereitschaft. Weiter gilt unser Dank Markus Keller für die technische Unterstützung bei den Erhebungen.