

Rutschfestigkeit von Rinderstallböden - Folgerungen für neue Materialien

Beat Steiner^{1*}, Michael Zähler¹ und Margret Keck¹

Zusammenfassung

Auf den Laufflächen in Rinderställen ist eine hohe Trittsicherheit gefordert, damit sich die Tiere uneingeschränkt bewegen können. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, baulich-technische Einflüsse auf die Rutschfestigkeit von verschiedenen Stallbodenmaterialien zu evaluieren. Die Datenerhebung erfolgte auf Milchviehbetrieben mit Betonspaltenboden, Gussasphalt, Gummiauflagen sowie Beton mit Gummigranulat. Die Rutschfestigkeit wurde mit einem Gleitmessgerät gemessen. Der Einfluss auf das Verhalten von Milchkühen wurde durch Messung der Schrittlängen untersucht. Die höchsten Gleitreibwerte erreichten die Gummiauflagen, gefolgt von Gussasphalt, Betonspaltenboden und Gummigranulat. Die gemessenen Gleitreibwerte korrelierten stark mit den Schrittlängen der Kühe. Die Gleitreibwerte wiesen innerhalb der Betriebe und Bodenmaterialien grosse Streuungen auf. Die untersuchten harten Materialien zeigten deutliche Alterungseffekte schon in den ersten Jahren der Nutzung. Die Ergebnisse geben verschiedene Hinweise zur verbesserten baulichen Ausführung von Laufflächen. In der Untersuchung wurde die Kategorisierung der Gleitreibwerte verfeinert und die Einflüsse durch Alterung und Restverschmutzung von Laufflächen aussagekräftig dargestellt.

Schlagwörter:

Stallböden, Laufflächen, Rutschfestigkeit, Gleitreibmessung, Tierverhalten

Summary

Good traction is required on cowshed traffic surfaces so that the animals can have unrestricted movement. The aim of these studies was to evaluate structural engineering influences on the slip resistance of different cowshed floor materials. Data was collected on dairy farms with concrete slatted floors, mastic asphalt and rubber surfaces as well as concrete with rubber granulate. Slip resistance was measured with a slip resistance tester. The effect on the behaviour of dairy cows was investigated by measuring their step lengths. The rubber surfaces produced the highest sliding friction values, followed by mastic asphalt, slatted concrete floors and rubber granulate. The sliding friction values measured bore a strong correlation to the cows' step lengths. There were great variations in the sliding friction values within the farms and floor materials. Even in the initial years of use the hard materials examined showed clear ageing effects. The results give various pointers to improving the structural design of traffic surfaces. The categorisation of sliding friction values was refined in the study, permitting a conclusive presentation of the effects of traffic surface ageing and residual soiling.

Keywords:

Cowshed floors, traffic surfaces, slip resistance, sliding friction measurement, animal behaviour

1. Einleitung

Der Stallboden ist ein wichtiger Teil des Haltungssystems. Milchkühe verbringen in Laufställen rund acht Stunden stehend, davon sechs beim Fressen und bis zu zwei in den Bereichen Warteraum/Melkstand. Auf übrige Laufbereiche inkl. Laufhof entfallen nochmals mindestens zwei Stunden. Auf diesen Flächen ist eine hohe Trittsicherheit gefordert, damit sich die Tiere uneingeschränkt bewegen können. Für das Tier stehen Struktur und Härte der Oberfläche im Vordergrund. Dabei gilt es, die Anatomie der Klauen mit einzubeziehen (MÜLLING 2006). Die Oberflächenstruktur ist so zu gestalten, dass eine genügende Rutschfestigkeit resultiert und gleichzeitig keine hohen punktuellen Druckbelastungen auftreten (DE BELIE 2002). Die Beschaffenheit der Oberfläche muss eine gute Rutschfestigkeit in allen Richtungen, auch bei nutzungsbedingter Verschmutzung bieten. Ausführung und Reinigung der Laufflächen beeinflussen zudem die Klauengesundheit.

Insbesondere harte Bodenmaterialien haben in der Praxis häufig eine mangelnde chemische und mechanische Beständigkeit. Deshalb entwickelte und bewertete ART in früheren Untersuchungen verschiedene Sanierungsverfahren (STEINER 2007). Zur Verbesserung der Beständigkeit von Stallböden aus Gussasphalt wurden Rezeptur und Oberflächenbearbeitung optimiert (STEINER et al. 2008).

Die zunehmende Verbreitung von Gummiauflagen erforderte die Entwicklung geeigneter Parameter zur Bewertung von elastischen Laufflächen-Materialien (Reubold 2008). Solche serienmässig hergestellten Produkte prüft die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) im Rahmen von DLG-Signum-Tests. Dazu wurde ein mobiles Gleitmessgerät entwickelt, das auch unter Praxisbedingungen einsetzbar ist. ART entwickelte daraufhin in Zusammenarbeit mit der DLG und dem Institut für Landtechnik und Tierhaltung an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ein neues Mess- und Auswerteverfahren für Gleitreibmessungen

¹ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 ETTENHAUSEN

* Ansprechperson: Dipl. Ing. Agr. FH Beat Steiner, E-mail: beat.steiner@art.admin.ch

auf Laufflächen. Darin eingeflossen sind neue Erkenntnisse zu physikalischen und technischen Parametern zur Beschreibung von Laufflächen (KILIAN 2007). Nachfolgend werden die Messmethodik sowie erste Ergebnisse aus dem Einsatz auf Rinderstallböden vorgestellt. Die Einflüsse auf das Tierverhalten werden mit der Schrittlängenmessung aufgezeigt. Der Bericht schliesst mit Folgerungen für die untersuchten Bodenmaterialien.

2. Material und Methoden

2.1. Untersuchte Betriebe und Bodenausführungen

Die Datenerhebungen fanden auf 36 Milchviehbetrieben mit Liegeboxenlaufställen in der Schweiz in Süddeutschland und in Österreich statt. Auf je 12 Betrieben waren die Laufflächen planbefestigt mit Gummiauflagen, mit Gussasphalt oder mit Betonspaltenboden ausgeführt. Die Hälfte der Betriebe jedes Bodenmaterials hatte die Milchkühe im Sommer täglich für einige Stunden auf der Weide. Bei der Betriebsauswahl wurde darauf geachtet, dass der Boden in einem guten Zustand war. Zudem galt eine gute Herdengesundheit als weiteres Auswahlkriterium.

Die Messung der Rutschfestigkeit erfolgte auf fünf weiteren Betrieben, deren planbefestigte Laufflächen aus Beton, mit einer Vergütung der Oberfläche mit Gummigranulat, ausgestattet waren. Auf diesen Betrieben wurden keine Verhaltensbeobachtungen durchgeführt.

2.2. Rutschfestigkeitsmessung mit dem Gleitmessgerät GMG

Das neu entwickelte GMG besteht aus einem fahrbaren Rahmen, in dem Lineareinheit, Prüfkörper, Kraftmessdose, Computer und Batterie eingebaut sind (Abbildung

1). Bei der Gleitreibungsmessung wird ein 10 kg schwerer Prüfkörper mit konstanter Geschwindigkeit von 0,02 m/s über eine Messstrecke von 370 mm gezogen. Die runde Gleiterscheibe aus Polyamid PA 6 mit einer Härte von 73°-Shore-D simuliert eine Klaue mit einem Durchmesser von 97 mm und einem «Tragrand» von 3/1 mm. Über eine Kraftmessdose und eine elektronische Auswertungseinheit werden pro Millimeter fünf Gleitreibwerte erfasst; woraus 1750 auswertbare Werte pro Messstrecke resultieren. Der Gleitreibwert μ entspricht dem Koeffizienten aus Reibkraft und Normalkraft. Mit dem Computer werden verschiedene statistische Auswerteparameter hochlaufend berechnet, am Bildschirm angezeigt und automatisch gespeichert.

In den Ställen wurden pro Laufgang im Fress- und Liegebereich je sechs Messorte festgelegt. Es erfolgten je eine Messung in Längs- und Querrichtung, um allfällige Einflüsse der Richtung mit zu erfassen. Gemessen wurde unmittelbar nach dem Schieberdurchgang, womit allfällige Restverschmutzungen mit einbezogen waren.

In der statistischen Auswertung wurden Mittelwerte und Standardabweichungen auf allen Messstrecken ermittelt. Nach Darstellung der Streubreiten innerhalb der Materialien wurde der Median über alle Messstrecken der einzelnen Materialien gebildet. Um die unterschiedliche Rauheit der Oberflächen insbesondere bei harten Materialien darzustellen, wurden die Gleitreibwerte zudem in die Kategorien < 0.3 und $> 0.4 \mu$ unterteilt. Die Kategorisierung diente weiterhin der Differenzierung von Alterungseffekten bei den einzelnen Materialien.

2.3. Verhaltensbeobachtungen

Die Trittsicherheit der Laufflächen ist im Zusammenhang mit verschiedenen Verhaltensweisen und damit für die Tiergerechtigkeit einer Bodenausführung entscheidend (HAUFE et al. 2008 und 2010). In dieser Untersuchung

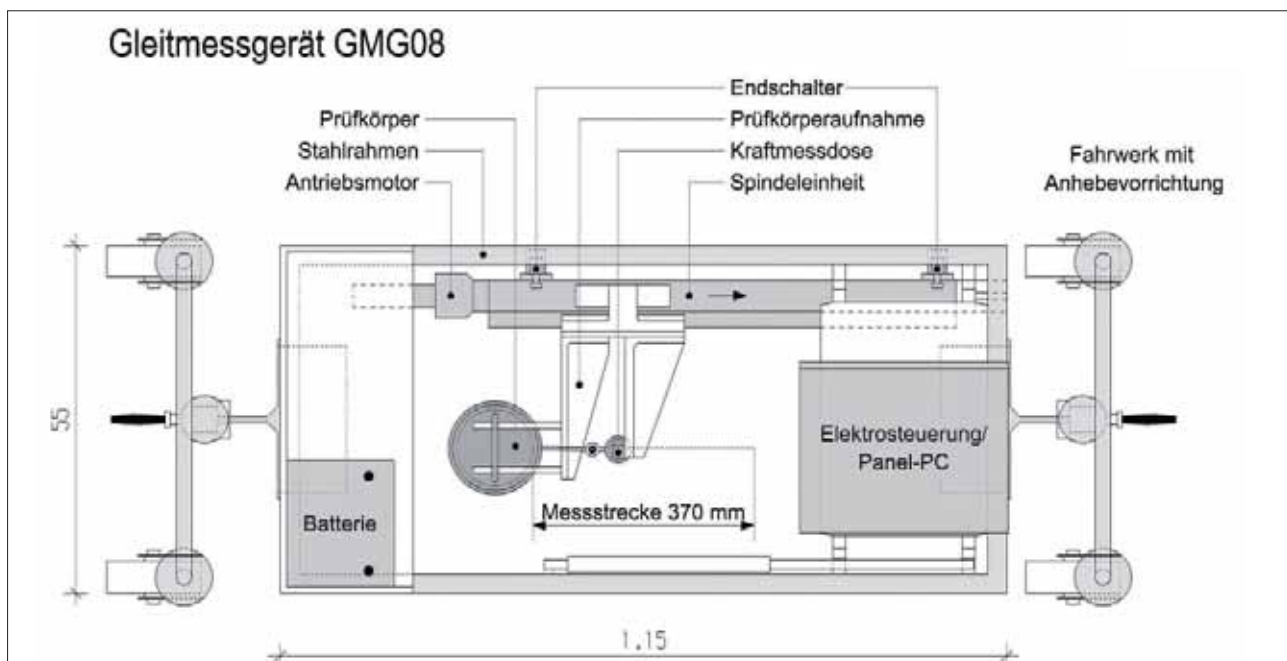


Abbildung 1: Zur Messung der Rutschfestigkeit mit dem Gleitmessgerät GMG wird ein Prüfkörper, der eine Klaue simuliert, über eine Strecke von 370 mm gezogen.

wurden die Schrittlängen der Kühe gemessen und ihr Körperpflegeverhalten sowie ihre allgemeine Aktivität beobachtet. Im Folgenden werden jedoch nur die Untersuchungen zu den Schrittlängen erörtert. Die Beobachtungen wurden einmal während der Weideperiode und einmal während der Stallperiode im Winter durchgeführt. Für die Schrittlängen wurden je Betrieb 10 nichtlahmende Tiere ausgewählt. Die Schrittlängenmessungen erfolgten in den Laufgängen der Ställe insgesamt sechsmal pro Tier. Als Schritt wurde der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Klauenabdrücken der rechten Hintergliedmasse definiert. In der Auswertung wurde mittels linearer gemischte Effekte Modelle der Einfluss der Bodenart, der Jahreszeit und der Kreuzbeinhöhe der Tiere auf die Schrittlänge untersucht.

3. Ergebnisse

3.1. Rutschfestigkeitsmessungen

In *Abbildung 2* sind die Mittelwerte der Einzelmessstrecken aufgeführt. Dabei zeigte sich eine grosse Streuung innerhalb der Bodenmaterialien. Auch innerhalb der Betriebe variierte die Rutschfestigkeit häufig stark. Die höchsten Gleitreibwerte erreichten die Gummiauflagen (0.50 μ), gefolgt von Gussasphalt (0.30 μ) und Betonspaltenböden (0.29 μ , *Tabelle 1*). Beton mit Gummigranulat erreichte mit 0.27 μ eine deutlich geringere Rutschfestigkeit. Die tiefste Standardabweichung ergab sich bei Gummiauflagen (0.028) und die höchste bei Gussasphalt (0.058). Betonspaltenböden und Gussasphalt hatten mit 60 und 57 % ähnliche Anteile an Gleitreibwerten in der Kategorie < 0.3 μ ; Beton mit Gummigranulat die höchsten (83 %).

In *Abbildung 3* sind die relativen Anteile der Gleitreibwerte in den Kategorien < 0.30 und > 0.40 μ bei unterschiedlichen

Tabelle 1: Ergebnisse der Gleitreibmessungen auf verschiedenen Bodenmaterialien

Bodenmaterial	Gleitreibwerte [μ] Mittelwerte von allen Messstrecken				„Relative Anteile aller Gleitreibwerte [%]“	
	Median	Min	Max	Stabw	< 0.3 μ	> 0.4 μ
Betonspaltenböden	0,294	0,082	0,440	0,034	60	0
Gussasphalt	0,302	0,024	0,593	0,058	57	5
Gummiauflagen	0,502	0,376	0,611	0,028	0	100
Beton mit Gummigranulat	0,268	0,141	0,440	0,039	83	1

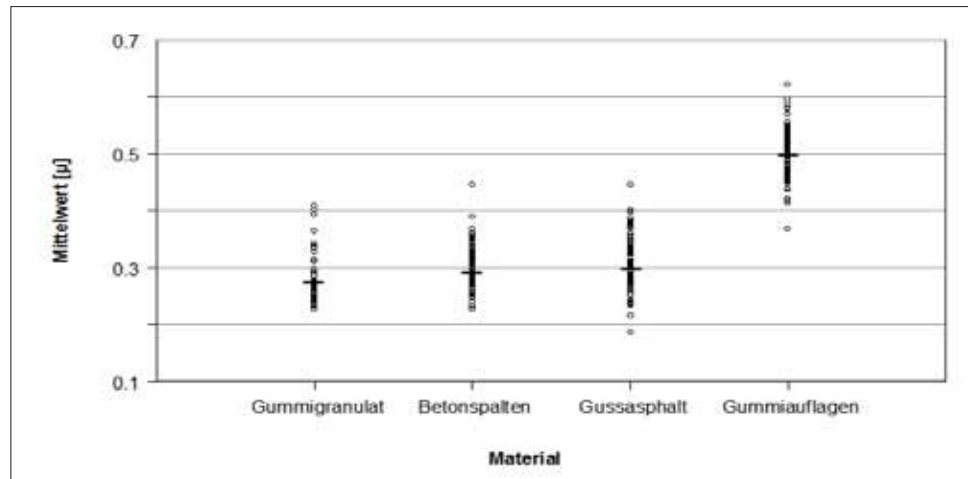


Abbildung 2: Mittelwerte der Einzelmessstrecken, ergänzt mit dem Median pro Bodenart

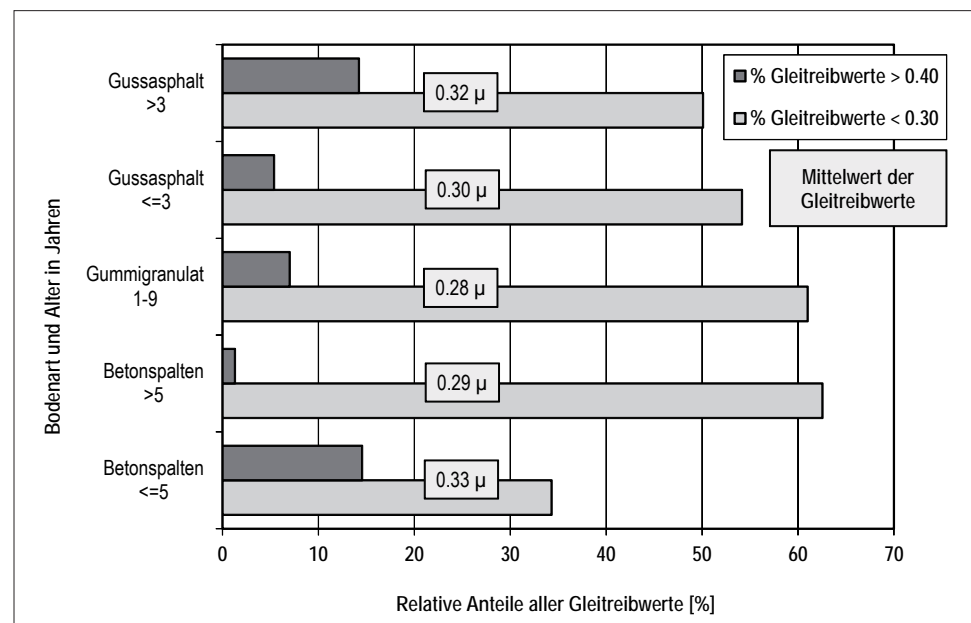


Abbildung 3: Relative Anteile [%] der Gleitreibwerte in den Kategorien < 0.30 und > 0.40 μ bei unterschiedlichen Bodenmaterialien aufgeteilt nach Alter (Nutzungsdauer in Jahren)

Bodenmaterialien aufgeführt. Die Aufteilung der harten Bodenmaterialien nach Alter (Nutzungsdauer) ergab bei den Mittelwerten der Gleitreibwerte nur geringe Unterschiede. Betonspaltenböden unter fünf Jahren sowie Gussasphalt mit mehr als drei Jahren erzielten Gleitreibwerte von 0.33 resp. 0.32 μ . Neuere Gussasphalt-Beläge erreichten 0.30 μ , Betonspaltenböden über fünf Jahren 0.29 und Beton mit Gummigranulat 0.28 μ . Eine deutliche Differenzierung der Ergebnisse entstand mit der Kategorisierung der

Gleitreibwerte. Gussasphalte und Betonspaltenböden unter drei resp. fünf Jahren hatten deutlich höhere Anteile der Gleitreibwerte $> 0.40 \mu$ als die übrigen Materialien. Bei den älteren Beton-Spaltenböden war diese Kategorie nur noch geringfügig vorhanden; die Anteile $< 0.30 \mu$ lagen hingegen wie bei Gummigranulat über 60 %.

3.2. Schrittlängen

Die Ergebnisse zu den Messungen der Schrittlängen sind in der *Abbildung 4* dargestellt. Am längsten waren die Schritte der Kühe auf planbefestigtem Boden mit Gummiauflagen und am kürzesten auf Betonspaltenboden, dazwischen lag Gussasphalt. Auf allen untersuchten Bodenarten machten die Kühe im Sommer während der Weideperiode längere Schritte als im Winter. In Ställen mit Gummiauflagen wurden mehr im Laufgang stehende Tiere beobachtet als in solchen mit Gussasphalt oder Betonspaltenboden. Die Unterschiede bei den Schrittlängen waren in Ställen mit Betonspaltenboden besonders gross. Hier zeigte sich eine hohe Korrelation ($R=0.91$) zwischen den Schrittlängen und der Rutschfestigkeit. Auf trittsicheren Betonspaltenböden mit Gleitreibwerten von rund 0.32μ erreichten die Kühe Schrittlängen, welche jenen auf Gummiauflagen entsprachen.

4. Diskussion

Die grosse Streuung der Gleitreib-Mittelwerte zwischen den Betrieben und innerhalb der Materialien bestätigte die Ergebnisse aus früheren Untersuchungen (KILIAN 2007). Die Aufteilung der harten Bodenmaterialien nach Alter zeigte die Alterungseffekte deutlich auf. Im Hinblick auf den Grenzwert für den Gleitreibwert μ finden sich in der Literatur Angaben zwischen 0.3 und 0.5μ . Meist beziehen sich diese jedoch auf neue Bodenmaterialien. Davon ausgehend, dass Laufflächen auch bei nutzungsbedingter Verschmutzung Gleitreibwerte von mindestens 0.3μ aufweisen sollten, war die Trittsicherheit auf von mehr als fünf Jahre alten Betonspaltenböden sowie solchen auf Beton mit Gummigranulat ungenügend. Die starke Abnahme der Rutschfestigkeit von Betonoberflächen ergibt sich unter Stallbedingungen vorwiegend durch Verkalkungen; Betonspaltenböden weisen oft schon im Neuzustand feine Oberflächenstrukturen auf (vorwiegend Mikrorauheit). Die Griffigkeit wird zwar je nach Hersteller durch Oberflächenvergütungen mit Quarzsanden verbessert. Wegen mangelnder Einbindung in der Oberfläche lässt jedoch deren Wirkung meist rasch nach. Umgekehrt verlaufen die Alterungseffekte bei Gussasphalt. Durch chemische Einflüsse löst sich Bindemittel aus der Oberfläche, wodurch die Gesteinskörnungen freigelegt werden. Dadurch ergibt sich zusätzliche Makrorauheit und somit mehr Verdrängungsraum für Verschmutzungen. Dies zeigte sich

insbesondere bei der Gleitreibwerte-Kategorie $> 0.4 \mu$, die auf mehr als drei Jahre altem Gussasphalt auf nahezu gleichem Niveau lag, wie bei wenig genutzten Betonspaltenböden. Besonders starker Verschleiss durch mechanische Einflüsse ergibt sich auf Oberflächen mit Gummigranulat. Die aus der Oberfläche vorstehenden Granulatkörner werden durch die Entmistungsschieber schon nach kurzer Zeit abgetragen.

Auch bei Gummiauflagen variierte die Rutschfestigkeit stark, obwohl in den untersuchten Betrieben ausschliesslich Produkte mit Einsinktiefen für die Klauen von mehr als 3 mm vorhanden waren. Dies bestätigt, dass die Elastizität alleine nicht ausreicht, um unter wechselnden Betriebsbedingungen ganzflächig eine ausreichende Rutschfestigkeit sicherzustellen. Auch elastische Gummiauflagen benötigen demnach entsprechende Oberflächenstrukturen. Die bei allen Bodenmaterialien häufig beobachteten Schmierschichten verdeutlichen weit verbreitete Defizite im Hinblick auf die Qualität der Bodenausführung sowie der Reinigung.

Bei den Schrittlängen der Kühe ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Bodenmaterialien. Da grössere Schritte auf eine höhere Trittsicherheit hinweisen, ist planbefestigter Boden mit Gummiauflagen als besonders vorteilhaft einzustufen. Daraus lässt sich schliessen, dass die Tiere Stehen auf weichem Gummi angenehmer empfinden als auf hartem Boden (HAUFE 2010). Die grossen Unterschiede bei den Schrittlängen innerhalb der Betonspaltenböden zeigten den Einfluss der Trittsicherheit deutlich. Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich folgern, dass Gleitreibwerte unter 0.30μ unter Praxisbedingungen für die Tiere als kritisch zu erachten sind. Für neue Bodenmaterialien in gereinigtem Zustand ist ein Gleitreibwert von 0.35μ anzustreben (STEINER 2009). Gleitreibwerte von 0.4μ , wie sie in der Literatur teilweise gefordert werden, sind bei den untersuchten harten Materialien unter Einhaltung der Anforderungen der Rinderklauen nicht zu erreichen. Dies bestätigten auch die Untersuchungen von NILSSON et al. 2008.

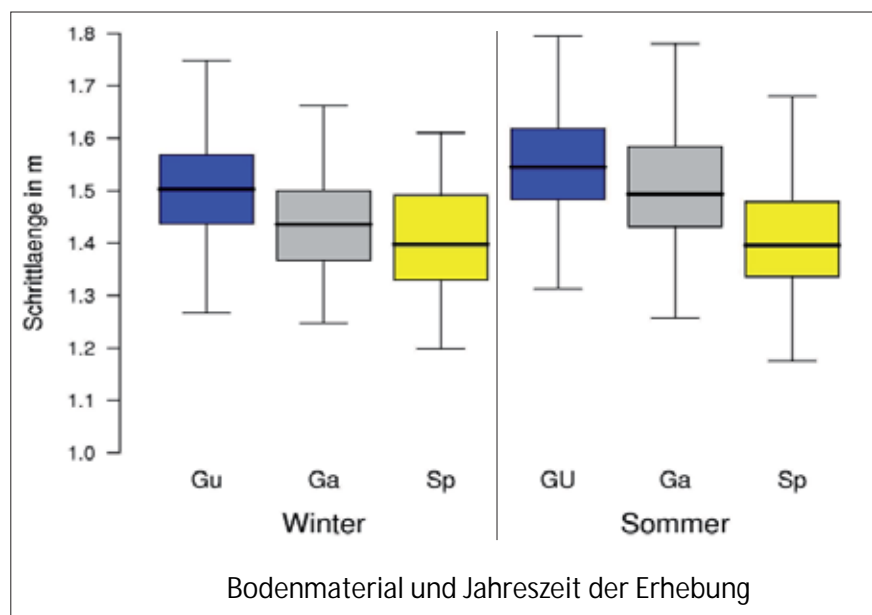


Abbildung 4: Schrittlängen auf den Bodenmaterialien Gummi [Gu], Gussasphalt [Ga] und Betonspaltenboden [Sp], getrennt nach Erhebungen im Winter und Sommer

Bisher wurden die Messergebnisse von Gleitmessgeräten üblicherweise mit dem Mittelwert der Gleitreibwerte dargestellt. Die Untersuchungen von KILIAN und STEINER (2007) haben gezeigt, dass sich unterschiedliche Oberflächenstrukturen mit dem Gleitreibwert-Mittelwert alleine oft ungenügend voneinander abgrenzen lassen. In der vorgestellten Untersuchung wurde die Kategorisierung der Gleitreibwerte verfeinert und ermöglichte, die Einflüsse durch Alterung und Restverschmutzung aussagekräftig darzustellen. Zur Bewertung insbesondere von neuen Materialien wurde zwischenzeitlich der Parameter Peak-Peak-1 (PP1) eingeführt (STEINER 2009). Es handelt sich um den arithmetischen Spitze-Spitze-Wert, gebildet aus je fünf Messwerten, die sich innerhalb einer Strecke von einem Millimeter ergeben.

5. Folgerungen für neue Materialien

Im Hinblick auf eine möglichst gleichbleibende Rutschfestigkeit über die gesamte Nutzungsdauer und reinigungsfreundliche Oberflächen ergeben sich zusätzliche Anforderungen an die bauliche Ausführung sowie die Reinigungstechnik. In der *Tabelle 2* sind die Anforderungen an Laufflächen aus Sicht der Tiere und aus verfahrenstechnischer Sicht zusammengefasst.

Bei der Oberflächengestaltung gilt es insbesondere für harte Bodenmaterialien die Anforderungen von Seiten der Klauen wie die Masse, Punktbelastungen (DE BELIE 2002) und Rauheit bestmöglich zu berücksichtigen. Eine gewisse Makrorauheit ist notwendig, damit auch bei nutzungsbedingter Verschmutzung ein Kraftschluss zwischen Klauen und Boden entsteht (RICHTER 2001). Im Hinblick auf zukünftige Anforderungen zur Minderung der Ammoniakemissionen müssen Oberflächenstruktur und Gefälle ein kontinuierliches Abfließen des Harn gewährleisten. Grobe Profilierungen in der Oberfläche sind diesbezüglich nachteilig. Ein Gefälle von rund 3 % in Querrichtung zu den Laufflächen hat sich in bisherigen Untersuchungen als optimal erwiesen (STEINER 2010). Für das Abführen der anfallenden Flüssigkeiten sind entsprechende Harnsammlerinnen mit Rinnenräumen und/oder Spüleinrichtungen erforderlich. Um eine effiziente Reinigung mit mechanischen Entmistinganlagen oder Entmistingrobotern sicherzustellen gelten hohe Anforderungen an die Ebenheit. Die Oberflächen müssen frei von Senken und Mulden sein.

Nachfolgend werden einige spezifische Anforderungen an die in Rinderställen am häufigsten eingebauten Bodenmaterialien aufgelistet.

5.1. Beton

Die grundlegenden Anforderungen an die bauliche Ausführung sind heute im Bereich Beton in europäischen Ausführungsnormen (zum Beispiel EN 206) vereinheitlicht und in entsprechenden nationalen Normen in Umsetzung. Für Österreich sind dies insbesondere die ÖKL-Merkblätter (ÖKL 2007 und 2008), wo Festigkeits- und

Expositionsklassen für Stallböden vorgegeben und Anforderungen an die Oberflächenvergütung aufgelistet werden. Um eine verschleissfeste Oberfläche zu erreichen, soll das Zuschlagmaterial der Korngrösse 0-16 mm entsprechen, und im Bereich 3-11 mm soweit verfügbar Hartgesteinsplante enthalten. Durch den Einsatz von Quarzsand zur Vergütung der Betonoberfläche gilt es, ein ausbalanciertes Verhältnis zwischen Mikro- und Makrorauheit sowie eine hohe Polierhärte zu erreichen. Dazu eignen sich Quarzsande mit einer Korngrösse von 0.7-1.2 mm (STEINER 2009); deren Menge ist jedoch auf ca. 1.5 kg/m² zu limitieren, um übermässigen Klauenabrieb zu vermeiden.

5.2. Gussasphalt

Die Qualitätsansprüche an Rezeptur und Einbau von Gussasphalt sind in Ställen sehr hoch. In den vergangenen Jahren haben daher ART und Hersteller in gemeinsamen Untersuchungen Verbesserungen im Hinblick auf die Säurebeständigkeit sowie die Druckfestigkeit von Gussasphalt für Laufflächen in Rinderställen erzielt (STEINER 2008). Hinsichtlich Haltbarkeit und Tiergerechtigkeit ist neben der chemischen Zusammensetzung auch die Oberflächenbearbeitung massgebend. Mit optimierten Asphaltmischungen sowie Sanden für die Oberfläche ergeben sich wesentliche Verbesserungen. Dies erfordert unter anderem den Einsatz von Gesteinskörnungen der Kategorie C50/30, von polymermodifizierten Bitumen (PmB Typ E) und von rundkörnigen Natursanden für die Oberflächenbearbeitung. Neben Empfehlungen für die Hersteller (bga, PAVIDENSA, ART 2008) steht nun auch ein Verfahren zur Prüfung der Beständigkeit von Gussasphalt zur Verfügung (SCHELLENBERG 2008).

5.3. Elastische Gummiauflagen

Gummiauflagen lassen sich auf planbefestigten Laufflächen und auf Spaltenböden einsetzen. Um die wichtigste Eigenschaft der Verformbarkeit zu erhalten, muss ein Einsinken der Klauen um zirka 3 mm gewährleistet sein. Damit die Selbstreinigung bei Spaltenböden gewährt bleibt, muss die Perforation genau mit dem Spaltenboden übereinstimmen. Bei Ausstattung aller Laufbereiche mit Gummiauflagen, sind Teilbereiche mit abrasiven Materialien auszurüsten, um einen minimalen Klauenabrieb sicherzustellen. Nach ersten Erfahrungen sind dazu ca. 20 % der Fläche erforderlich. Bei der Montage müssen temperaturbedingte Ausdehnungen mit berücksichtigt werden. Dazu sind die Montageanleitungen der Hersteller unbedingt zu beachten. Dies gilt auch für die erforderlichen Anpassungen an den Mistschiebern, wie das Abrunden von Schieberklappen. Die Befahrbarkeit von Laufflächen wird durch die Gummiauflagen eingeschränkt. Damit keine Tiere auf die Gummibeläge in den Laufgängen

Tabelle 2: Anforderungen an Laufflächen aus Sicht der Tiere und der Verfahrenstechnik

Anforderungen aus Sicht der Tiere	Anforderungen aus verfahrenstechnischer Sicht
<ul style="list-style-type: none"> • Rutschfeste, ebene Oberfläche • Keine hohen punktuellen Druckbelastungen auf Klauen • Ausreichender Klauenabrieb • Wo möglich elastisches Bodenmaterial • Möglichst saubere Flächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe chemische und mechanische Beständigkeit • Reinigungsfreundliche Oberfläche • Automatisierte Reinigung für stark verschmutzte Bereiche

Begriffe

Planbefestigte Betonböden	aus Ortbeton gefertigte Betonböden oder Betonelemente mit geschlossener Oberfläche
Gummiauflagen	elastische Gummimaterialien als Matten- oder Bahnenware, schwimmend oder geschraubt auf den Laufflächen verlegt
Rauheit	Oberfläche (Textur) / geometrische Gestaltung der Oberfläche
Mikrorauheit	Oberflächenschärfe oder Feinrauheit; umfasst Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung von $\leq 0,5$ mm
Makrorauheit	Grobe Strukturen in der Oberfläche; umfasst Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung von 0,5 – zirka 10 mm
Griffigkeit	Wirkung der Rauheit der Oberfläche auf den Kraftschluss zwischen Klaue und Oberfläche
Rutschfestigkeit	Rutschwiderstand: Kombination von Haftung und Reibung, die den Widerstand gegen Ausgleiten auf der Lauffläche bewirken, abhängig vom Bodenzustand (trocken, nass, verschmutzt, gefroren), Oberflächenrauheit, Tiergewicht, Klauengrösse und -zustand
Trittsicherheit	Beobachtung des Fortbewegungsverhaltens, das sich aus den Boden-Eigenschaften in Verbindung mit subjektiven Empfindungen und Erfahrungen des Tieres ergibt.

liegen, müssen optimal eingestellte und gepflegte Liegeboxen vorhanden sein.

6. Literatur

- BGA, PAVIDENSA, ART, 2008: Ausführung von Bodenbelägen aus Gussasphalt für Rinderställe. Merkblatt. Beratungsstelle für Gussasphalanwendung e.V., Bonn, PAVIDENSA Abdichtungen Estriche Schweiz, Bern, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- DE BELIE, N., et al. 2002: Effect of surface roughness on pressure distributions in the foot-to-ground contact area for cattle. AgEng Budapest 2002, pp. 1-8.
- HAUFE, H., 2008: Influence of floor type in the walking area of cubicle housing systems and of access to pasture on behaviour and claw health of dairy cows. Diss. ETH Nr. 17889. Swiss federal institute of technology, Zürich.
- HAUFE, H., et al. 2010: Laufflächen im Liegeboxenlaufstall: Ein Vergleich verschiedener Bodenarten im Hinblick auf die Klauengesundheit und das Tierverhalten. ART-Bericht 723. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- KILIAN, M., 2007: Bestimmung und Messung physikalischer und technischer Parameter zur Beschreibung von Laufflächen in Milchviehställen. Schriftenreihe ISSN 1611-4159 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, D-Freising-Weihenstephan. S. 124–125
- MÜLLING, C., 2006. Laufflächen für Milchkühe – Ausführung und Sanierung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. KTBL-Heft 60, S. 6–12.
- NILSSON, C., MAGNUSSON, M., VON WACHENFELT, H., 2008: Friction and abrasive characteristics of some walkway flooring materials in dairy housing. Conference Proceedings CD. AgEng2008, Hersonissos – Crete
- ÖKL-MERKBLÄTTER, 2007 und 2008: Baustoffe in der Landwirtschaft – Beton (Nr. 83) - Oberflächenvergütung von Beton (Nr. 86).
- RICHTER, T., 2001: Trittsicherheit von Stallfußböden aus Beton; Bfl 3/2001, S. 13–17.
- SCHELLENBERG K., 2008: Arbeitsanleitung für die Prüfung der Beständigkeit von Stallböden aus Gussasphalt. Institut für Materialprüfung IFM, D-Rottweil.
- STEINER, B., 2007: Sanierung von Beton-Laufflächen. ART-Berichte Nr. 690. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- STEINER, B., VAN CAENEGEM, L., SCHELLENBERG, K., 2008: Beständigkeit von Stallböden aus Gussasphalt. Agrarforschung 15 (11-12), 536-541.
- STEINER, B., 2009: Bodengestaltung in Melkständen. ART-Schriftenreihe 9, 2009, S. 41-47. ISSN 1661-7584. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen
- STEINER, B. et al., 2010: Abflussverhalten auf planbefestigten Laufflächenbelägen in Rinderställe. AgEng2010, Clermont-Ferrand. ISBN 13-978-2-85362-684-2
- STEINER, B. et al., 2010: Optische Kenngrößen zum Vergleich von Laufflächen in Ställen. LANDTECHNIK AGRICULTURAL ENGINEERING 5.2010, S. 346-349. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL).
- REUBOLD, H., 2008: Entwicklung geeigneter Parameter zur Beurteilung von elastischen Laufgangaufgaben in Liegeboxenlaufställen für Milchkühe. Dissertation. Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Landtechnik.