

Bodengestaltung in Melkständen

Beat Steiner, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART,
CH-8356 Ettenhausen

Zusammenfassung

Die Gestaltung des Bodens im Melkstand beeinflusst den Arbeitskomfort der melkenden Person und das Wohlbefinden der Tiere. Es ergeben sich Anforderungen an die Rutschfestigkeit, Reinigungsfreundlichkeit, Hygieneeigenschaften sowie mechanische und chemische Beständigkeit. Melkstandböden müssen ein effizientes Reinigen ermöglichen. Struktur und Gefälle sollen ein rasches Abtrocknen nach der Reinigung sicherstellen.

Für die Stehflächen der Tiere empfiehlt sich deshalb ein Quergefälle von 2 Prozent gegen Aussen; eine Rinne sammelt dort die Flüssigkeiten. Bei der Ausführung der Böden ist zwischen dem Arbeitsbereich für den Melker sowie den Lauf- und Stehflächen für die Tiere zu unterscheiden. Im Arbeitsbereich des Melkers eignen sich Beschichtungen mit feinkörnigen Sanden. Der Einbau von Plattenbelägen hat unter anderem den Nachteil, dass säurebeständige Fugen schwierig zu erstellen sind. Im Hinblick auf die Fusswärme soll die Bodenoberfläche eine möglichst geringe Wärmeableitung ergeben. Für die Lauf- und Stehflächen der Tiere sind Beschichtungen aus Epoxidharz und Sand die Materialien der Wahl. Um die erforderliche Rutschfestigkeit sicherzustellen, sind bei Sanden Körnungen im Bereich 0,7 bis 1,2 Millimeter nötig. Eine gute Versiegelung verhindert das Festsetzen von hartnäckigem Schmutz und Kalk (Abb. 1). Elastische Gummibeläge erhöhen insbesondere im Warteraum den Komfort für die Tiere; der Einsatz im Melkstand ist aus Hygienegründen umstritten. Bei der Farbwahl sind die hohen Ansprüche an die Helligkeit im Melkstand zu beachten. Dazu eignen sich eher helle Farben. Etwas Struktur und rötlich-gelbe Farbtöne ergeben positive Effekte.

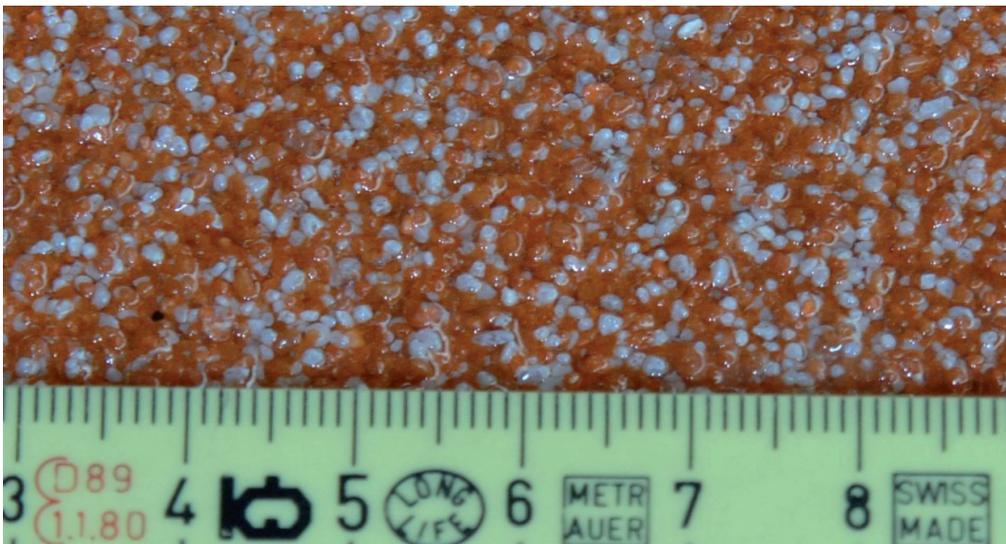


Abb. 1: Epoxidharz-Sand-Beschichtungen mit geeigneter Körnung, homogener Sandverteilung und Versiegelung erfüllen hohe Anforderungen an Rutschfestigkeit und Hygiene.

Résumé

Configuration du sol dans les salles de traite

La configuration du sol dans les salles de traite influence le confort de travail du trayeur et le bien-être des animaux. Des exigences de caractère antidérapant, la facilité de nettoyage, les propriétés d'hygiène, ainsi que la résistance mécanique et chimique ressortent. Les

sols des salles de traite doivent être nettoyés efficacement. Leur structure et leur inclinaison doivent assurer un séchage rapide après le nettoyage. Pour les aires de stationnement des animaux, il est recommandé de prévoir une pente de 2 % vers l'extérieur et une rigole pour collecter les liquides. La réalisation des sols doit faire la distinction entre le domaine de travail du trayeur et les aires de circulation et de stationnement des animaux. Pour la zone de travail du trayeur, il est conseillé d'utiliser un revêtement de résine époxyde avec des sables fins. Les plaques ou planelles présentent notamment l'inconvénient qu'il est difficile de réaliser des joints résistants à l'acide. Pour préserver la chaleur au niveau des pieds, la surface du sol doit être aussi peu conductrice de chaleur que possible. Pour les aires de circulation et de stationnement des animaux, les revêtements en résine époxyde sont les plus adaptés. Pour rendre les sols antidérapants, la granulation des sables doit être comprise entre 0,7-1,2 mm. Une bonne étanchéisation des sols évite au calcaire et aux souillures de s'incruster. Les revêtements en caoutchouc élastique augmentent le confort des animaux notamment dans l'aire d'attente; leur utilisation dans la salle de traite est contesté pour des raisons d'hygiène. En ce qui concerne le choix des couleurs, il faut veiller aux exigences de clarté dans la salle de traite. Il est donc recommandé d'opter pour des couleurs plutôt claires; un peu de structure et des tons tirant sur le rouge-jaune donnent des effets positifs.

Summary

Floor design in milking parlours

The design of floors affects the working comfort of milkers and the well-being of animals. Requirements result in slip resistance, ease of cleaning and hygienic properties as well as mechanical strength and chemical resistance. Milking parlour floors must be facilitate efficient cleaning. Texture and gradient should ensure quick drying after cleaning. For animal standing areas an outward cross fall of 2 % is recommended, with a gutter to collect liquids. When designing floors, a distinction should be made between the milker's work area and the animals' exercise and standing areas. Suitable coatings for the milker's work area are epoxy resin with fine-grained sands. One of the drawbacks of laying floor slabs is that it is difficult to make acid-resistant joints. As regards foot heat, the floor surface should produce as little heat dissipation as possible. Coatings from epoxy resin and sand are the materials of choice for animal exercise and standing areas. Sands with grains in the 0,7-1,2 mm range are needed to ensure high slip resistance. Good sealing prevents stubborn dirt and lime gaining a hold. Elastic rubber flooring, particularly in the waiting area, increases animal comfort; its use in the milking parlour is disputed for reasons of hygiene. The need for a high level of brightness in the milking parlour should be borne in mind when choosing colour. Light colours tend to be more suitable; some texture and reddish yellow tones have positive effects.

1. Anforderungen an die Bodengestaltung

Melkstandböden müssen gleichzeitig mehrere Anforderungen erfüllen:

- Rutschfestigkeit: Im Arbeitsbereich des Melkers sowie in den Lauf- und Stehbereichen der Tiere muss eine hohe Trittsicherheit auch bei den zu erwartenden Oberflächenverschmutzungen gegeben sein.
- Reinigungsfreundlichkeit und Hygiene: Während und nach dem Melken ist eine rasche und effiziente Reinigung der Böden gefordert. Verschmutzungen dürfen nicht in den Bodenbelag eindringen und sich festsetzen.
- Wärmeisolation – Fusswärme: Der Arbeitsbereich des Melkers ist so zu gestalten, dass zum Beispiel durch den Einsatz von isolierenden Materialien eine möglichst geringe Wärmeableitung entsteht.

- Chemische Beständigkeit: Neben der Resistenz gegenüber Fäkalien und Milchinhaltsstoffen muss der tägliche Einsatz von bewilligten Reinigungs- und Entkeimungsmitteln möglich sein.
- Mechanische Beständigkeit: Die intensive Nutzung der Oberflächen erfordert eine entsprechende Abriebfestigkeit. Die Stehflächen der Tiere müssen zudem hohen Druckbelastungen standhalten.
- Wärmeausdehnungsverhalten: Im Hinblick auf bleibende Rissfreiheit soll das Wärmeausdehnungsverhalten des Bodenbelags ähnlich sein wie beim Unterbau.
- Farbgebung: In der Arbeitsumgebung Melken sind grundsätzlich helle, warme Farbtöne gefordert. Vor allem gelbe bis rote Farbtöne und ihre Abstufungen sind geeignet.

Bei der Ausführung der Böden ist zwischen dem Arbeitsbereich für den Melker sowie den Lauf- und Stehflächen für die Tiere zu unterscheiden. Im Arbeitsbereich des Melkers stehen die Wärmeisolation und die Farbgebung im Vordergrund. Die Tierbereiche wiederum müssen toleranter gegenüber groben Verschmutzungen wie Kot sein. Deshalb ist hier eine etwas gröbere Oberflächenstruktur vorteilhaft. Im Arbeitsbereich des Melkers wurden bisher unterschiedliche Materialien wie Beschichtungen mit Fließmörtel, Epoxidharz mit feinkörnigen Sanden, Plattenbeläge, Kunststoffroste (zum Beispiel aus HDPE, PP) oder Ringgummimatten eingesetzt. Für die Lauf- und Stehflächen der Tiere waren es Beschichtungen aus Epoxidharz und Sand, Mörtel-Beläge, Gussasphalt sowie in den letzten Jahren vermehrt elastische Gummibeläge.

2. Untersuchungen zur Rutschfestigkeit

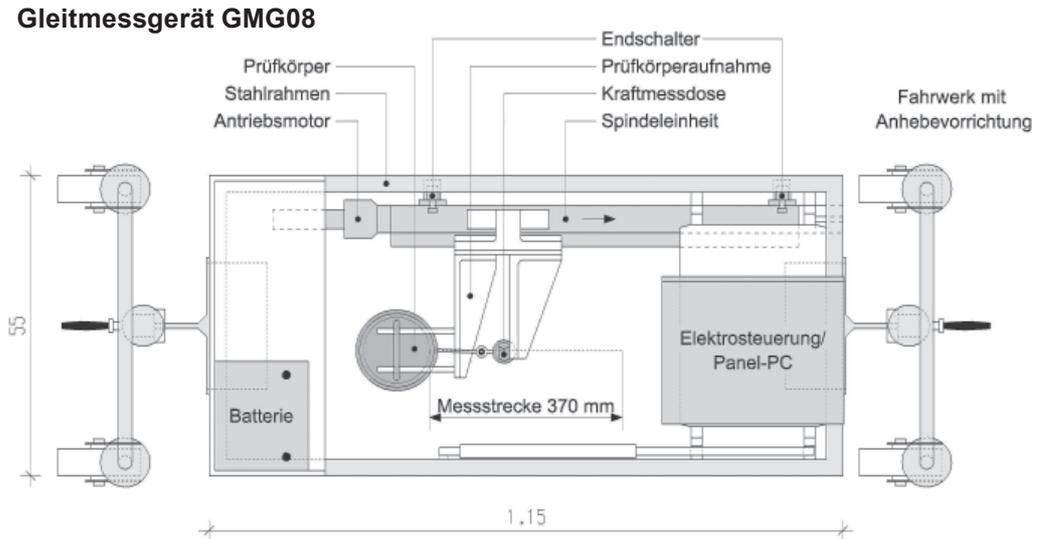
Die Verschmutzungen auf den Stehflächen für die Tiere und im Arbeitsbereich des Melkers stellen hohe Anforderungen an die Rutschfestigkeit. Für das Tier steht die Struktur und Härte der Oberfläche im Vordergrund. Dabei gilt es, die Anatomie der Klauen mit einzubeziehen (Mülling 2006). Die Oberflächenstruktur ist so zu gestalten, dass eine genügende Rutschfestigkeit resultiert und gleichzeitig keine hohen punktuellen Druckbelastungen auftreten. Die Beschaffenheit der Oberflächen muss eine gute Rutschfestigkeit in allen Richtungen auch bei nutzungsbedingter Verschmutzung bieten. Je nach Ausführungsart weisen Bodenmaterialien grössere Unterschiede in der Rutschfestigkeit auf. ART hat in Zusammenarbeit mit der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG), Prüfstelle für Landmaschinen, und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ein neues Mess- und Auswerteverfahren für Gleitreibmessungen auf Laufflächen entwickelt. Im folgenden werden die Messmethodik sowie Ergebnisse zu Beschichtungen, wie sie in Melkständen oft zum Einsatz kommen, vorgestellt.

2.1 Material und Methoden

2.1.1 Gleitmessgerät GMG08

Das neu entwickelte «GMG08» besteht aus einem fahrbaren Rahmen, in dem Lineareinheit, Prüfkörper, Kraftmessdose, Computer und Batterie eingebaut sind (Abb. 2). Bei der Gleitreibmessung 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 Auswerteeinheit 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.

Abb. 2: Zur Messung der Rutschfestigkeit mit dem neuen Gleitmessgerät GMG08 wird ein Prüfkörper, der eine Klaue simuliert, über eine Strecke von 370 mm gezogen.



2.1.2 Bodenmaterialien und Messbedingungen

Für die Untersuchungen wurden 80 x 120 Zentimeter grosse Platten mit sechs unterschiedlichen Varianten aus Epoxidharz-Sand beschichtet. Es handelte sich um handelsübliche Quarzsande sowie runde Natursande in unterschiedlichen Korngrößen (Tab. 1). Eine weitere Platte war mit einem Mörtel beschichtet. Vor den Messungen wurden die Beläge mit einem Korundstein nachbearbeitet, um stark vorstehende Sandkörner zu entfernen; dies entspricht der praxisüblichen Nachbearbeitung beim Einbau von Beschichtungen aus Epoxidharz-Sand. Die Gleitreibmessungen erfolgten im sauberen, nassen Zustand der Oberflächen.

Tabelle 1: Sandart und Korngrößen der Beschichtungen aus Epoxidharz-Sand

Produkt- Nummer	Sandart	Korngrößen-Verteilung in mm	Mittlere Korngrösse in mm
40	Quarzsand	1–1,7	1,3
41	Quarzsand	0,7–1,2	0,9
42	Quarzsand	0,3–0,9	0,6
43	Quarzsand	0,1–0,6	0,3
44	Rundsand	0,8–1,75	1,2
45	Rundsand	0,15–0,8	0,4

Um einen allfälligen Einfluss der Messrichtung zu erheben, wurden auf allen Materialien je fünf Messstrecken in Längs- und Querrichtung erfasst. Pro Material ergaben sich damit zehn unabhängige Messfahrten.

2.1.3 Auswertung der Gleitreibwerte

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 (μ dyn) alleine ungenügend voneinander abgrenzen lassen. In Kombination mit einer optimierten Messwertaufnahme wurde der neue Parameter Peak-Peak-1 (PP1) eingeführt. Es handelt sich um den arithmetischen Spitze-Spitze-Wert, gebildet aus je fünf Messwerten, die sich innerhalb einer Strecke von einem Millimeter ergeben. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit einer Regressions- und Varianzanalyse, wobei für die Mittelwertvergleiche der Fisher-Test gewählt wurde.

2.2 Ergebnisse der Rutschfestigkeitsmessungen

Die Ergebnisse der Rutschfestigkeitsmessungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Beschichtungen mit Epoxidharz-Sand ergaben Gleitreibwerte zwischen 0,348 und 0,383 μ . Der PP1 lag bei diesen Oberflächen zwischen 0,020 und 0,035 μ . Die Ausführung mit Mörtel ergab einen wesentlich tieferen Gleitreibwert von 0,296 μ ; der PP1 betrug 0,023 μ .

Produkt-Nummer	Oberflächen-ausführung	Korngrößen-Verteilung in mm	Mittelwert der Gleitreibwerte μ dyn	Signifikanz*	Mittelwert PP1 μ ssa	Signifikanz*
22	Mörtel		0,296	a	0,023	a
40	Quarzsand	1–1,7	0,369	b	0,035	b
41	Quarzsand	0,7v1,2	0,380	bc	0,028	ac
42	Quarzsand	0,3–0,9	0,382	c	0,023	ad
43	Quarzsand	0,1–0,6	0,368	b	0,020	ad
44	Rundsand	0,8–1,75	0,379	bc	0,035	b
45	Rundsand	0,15–0,8	0,348	d	0,024	acd

*paarweiser Vergleich der P-Werte auf 5 %-Niveau mit der Methode Fisher LSD; Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant.

Die höchsten Gleitreibwerte ergaben sich bei Quarzsanden mit den Korngrößen 0,3–0,9 (0,383 μ) und 0,7–1,2 mm (0,380 μ). Der Mittelwert des Gleitreibwertes von Mörtel unterscheidet sich signifikant von allen Epoxidharz-Sand-Varianten. Bei den vier Quarzsanden lagen die Gleitreibwerte auf ähnlichem Niveau. So resultierte lediglich zwischen den Korngrößen 1,0–1,7 und 0,3–0,9 mm ein signifikanter Unterschied. Bei feinkörnigen Sanden ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Quarz- und Rundsanden.

Die Abstufungen bei den Korngrößen der Sande wurden mit dem PP1 sichtbar (Abb. 3). Die Oberflächenstruktur des Mörtels entsprach dem PP1 von Quarzsand mit einer Korngröße von 0,3–0,9 mm. Im Unterschied zu den mittleren Gleitreibwerten zeigte

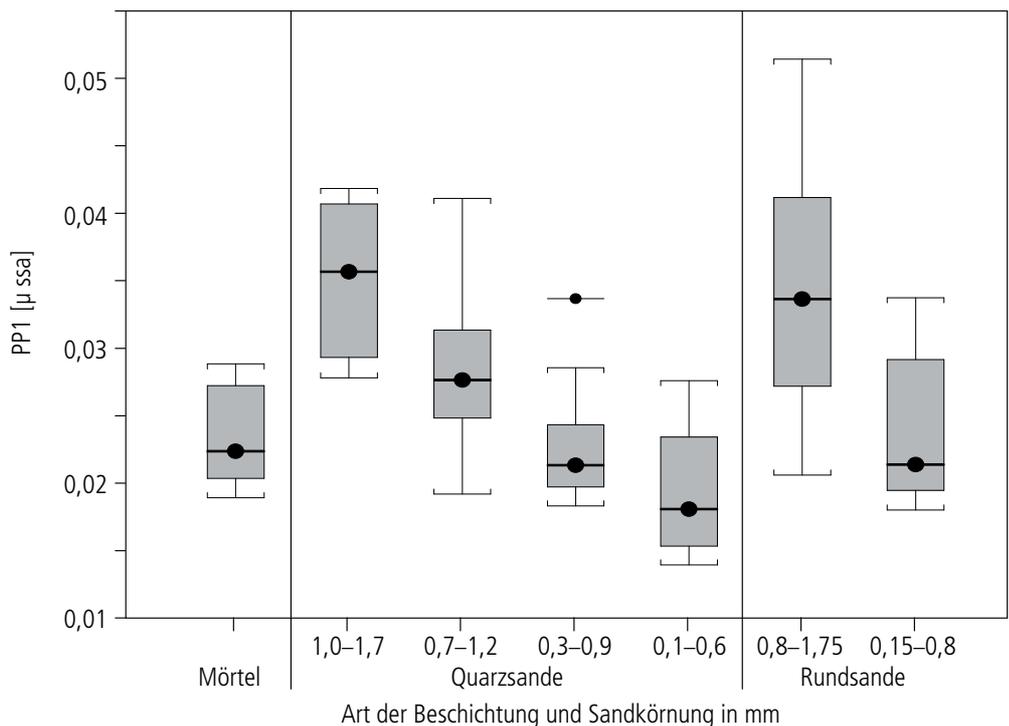


Abb. 3: Mit dem Parameter PP1 (Spitze-Spitze-Wert aus fünf Gleitreibwerten innerhalb eines Millimeters) werden die unterschiedlichen Korngrößen differenziert dargestellt.

sich beim PP1 eine hohe Korrelation ($R=0,73$) zwischen Korngrösse und den Mittelwerten des PP1. Der Mittelwert-Vergleich des PP1 ergab innerhalb der Quarzsande signifikante Unterschiede. Eine Ausnahme bildete die Stufe 0,3–0,9 zu 0,1–0,6 mm.

2.3 Diskussion

Im Hinblick auf den Grenzwert für den Gleitreibwert μ finden sich in der Literatur Angaben zwischen 0,3 und 0,5 μ . Im Fachbereichstandard für Stallfussböden (TGL 1983) wurde für planbefestigte Fussböden bei Milchvieh 0,4 μ gefordert; für Beton geglättet ein Wert von mindestens 0,35 μ . Beschichtungen von Betonflächen mit Epoxidharz-Sand sind damit vergleichbar. In der vorliegenden Untersuchung erreichten die Quarzsand-Oberflächen aber auch die Rundsande den Wertebereich 0,35–0,4 μ . Die Beschichtung mit Mörtel wies in diesem Vergleich ungenügende Werte auf. Unter Praxisbedingungen ist davon auszugehen, dass Verschmutzungen und Kalkablagerungen die Rutschfestigkeit solcher Beläge mit ausgeprägter Mikrorauheit¹ zusätzlich vermindern. Eine gewisse Makrorauheit² ist notwendig, damit auch bei starker Verschmutzung ein Kraftschluss zwischen Klauen- resp. Schuhsohle und Boden entsteht (Richter 2001). In dieser Hinsicht sind auch die Oberflächen mit Quarzsand 0,1–0,6 sowie mit Rundsand 0,15–0,8 als kritisch anzusehen.

Die nahezu identischen Gleitreibwerte auf den unterschiedlichen Korngrössen von Epoxidharz-Sand bestätigten, dass dieser Parameter solche Materialien nicht ausreichend differenzieren kann. Mit dem neuen Parameter PP1 gelang es, unterschiedliche Korngrössen voneinander abzugrenzen. Eine noch klarere Abgrenzung wäre nur möglich, wenn sich die Korngrössen-Verteilung nicht so stark überlappt. Dies zeigte sich insbesondere bei den Körnungen 0,3–0,9 und 0,1–0,6 mm, wo rund 40 Prozent Sandanteile in identischen Korngrössen vorliegen. Bei typischen Laufflächenmaterialien wie Beton und Gussasphalt in Ställen hat sich gezeigt, dass sich die Oberflächenstrukturen wesentlich deutlicher unterscheiden. Daraus ergeben sich beim PP1 noch grössere und gesicherte Unterschiede. Diesbezüglich erfolgt an der ART zur Zeit eine entsprechende Validierung.

3. Beschichtungen mit Epoxidharz-Sand

Beschichtungen aus Epoxidharz-Sand sind bei den Melktechnikfirmen zur Zeit das Material der Wahl, da sie den vielfältigen Anforderungen (Kapitel 1) am ehesten gerecht werden. Der Einbau solcher Beschichtungen erfordert jedoch verschiedene bauliche Voraussetzungen. Der Untergrund muss für den Einbau absolut trocken und staubfrei sein. Oft ist dennoch eine Feuchtigkeitssperre erforderlich, um Blasenbildungen und ein späteres Aufreissen des Belags zu vermeiden. Als Haftbrücke werden beim Einbau entsprechende Primer eingesetzt. Aus den im Kapitel 2 vorgestellten Untersuchungen lassen sich geeignete Sandkörnungen ableiten, die eine hohe Rutschfestigkeit ergeben. Für den Arbeitsbereich der Melkperson sind dies eher feinere Körnungen im Bereich 0,3–0,9 mm, im Tierbereich sind es 0,7–1,2 mm. Eine gute Versiegelung ist unbedingt erforderlich, um eine effiziente Reinigung und eine hohe Haltbarkeit sicherzustellen. Zur Farbgebung stehen Farbpigmente und farbige Sande zur Verfügung. Damit erhält die Beschichtung neben den gewünschten Farben zusätzliche Struktur. Im Melkstand sind helle, warme Farben erwünscht. Besonders eignen sich gelbe, rote und braune Farbtöne. Diese sind im Melkstand auch im Hinblick auf Verschmutzungs- und Alterungseffekte vorteilhaft.

4. Elastische Gummibeläge

Elastische Gummibeläge drängen sich aus heutiger Sicht insbesondere im Warteraum zum Melkstand auf. Hier stehen und bewegen sich die Tiere über längere Zeit auf engem Raum. Die elastischen Eigenschaften unterstützen die physiologische Funktion der Klauen und vermindern mechanisch traumatische Verletzungen (Mülling 2006). Um die wichtigste Eigenschaft der Verformbarkeit zu erhalten, muss ein Einsinken der Klauen um zirka drei

¹ Mikrorauheit: Oberflächenschärfe oder Feinrauheit; umfasst Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung von $\leq 0,5$ mm.

² Makrorauheit: Grobe Strukturen in der Oberfläche; umfasst Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung von 0,5 bis zirka 10 mm.

Millimeter gewährleistet sein. Im Hinblick auf die Toleranz gegenüber Verschmutzungen, ist aber dennoch eine makro-rauhe Oberflächenstruktur erforderlich. Elastische Gummibeläge weisen bei entsprechender Reinigung eine hohe Rutschfestigkeit auf (Reubold 2008). Die wärmeisolierenden Eigenschaften von Gummibelägen wirken sich positiv auf die Fusswärme aus. Ob in Ställen, wo sämtliche Laufflächen mit Gummibelägen ausgestattet sind, auch der Melkstand ausgerüstet werden sollte, lässt sich zur Zeit nicht abschliessend beantworten. Oftmals bieten sich die Gummiauflagen deshalb an, weil sie im laufenden Betrieb montierbar sind. Die momentan erhältlichen Materialien werden als Matten- und Bahnenware lose verlegt oder verschraubt. Damit lassen sich die Hygieneanforderungen im Melkstand kaum erfüllen. Die Montage ist auf planbefestigten Laufflächen und auf Spaltenböden möglich. Bei der Montage müssen temperaturbedingte Ausdehnungen mit berücksichtigt werden. Dazu sind die Montageanleitungen der Hersteller unbedingt zu beachten.

5. Gussasphalt

Gussasphalt kam bisher in Melkständen dort zum Einsatz, wo gleichzeitig die Laufflächen im Stall damit belegt wurden. Die Qualitätsansprüche an Rezeptur und Einbau sind im Stall und in Melkständen sehr hoch. In den vergangenen Jahren haben daher ART und Hersteller in gemeinsamen Untersuchungen Verbesserungen im Hinblick auf die Beständigkeit sowie die Druckfestigkeit von Gussasphalt für Laufflächen in Rindviehställen erzielt (Steiner et al. 2008). Hinsichtlich Haltbarkeit und Tiergerechtheit 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 steht nun auch ein Verfahren zur Prüfung der Beständigkeit von Gussasphalt zur Verfügung (Schellenberg 2008).

Literatur

- 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, 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.
- Reubold H., 2008. Entwicklung geeigneter Parameter zur Beurteilung von elastischen Laufgangauflagen in Liegeboxenlaufställen für Milchkühe. Institut für Landtechnik am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement, Justus-Liebig-Universität Giessen.
- Richter T., 2001. Trittsicherheit von Stallfussböden aus Beton; Bfl 3/2001, S. 13–17.
- Schellenberg K., 2008. Arbeitsanleitung für die Prüfung der Beständigkeit von Ställböden aus Gussasphalt. Institut für Materialprüfung IFM, D-Rottweil.
- Steiner B., Van Caenegem, L. und Schellenberg, K., 2008. Beständigkeit von Stallböden aus Gussasphalt. Agrarforschung, 15, 11–12, S. 536–541.
- Steiner B., 2007. Sanierung von Beton-Laufflächen, Entwicklung und Bewertung von neuen Verfahren. ART-Berichte Nr. 690. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen. S. 7.
- TGL 32456, 1983. Stallfussböden – Allgemeine Anforderungen. VEB Landbauprojekt Potsdam, Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsmittelgüterwirtschaft, Bereich Landbau und Meliorationsbau, Berlin.