

Bodensanierung in Rinderstallungen - Entwicklung und Bewertung von neuen Verfahren

Beat Steiner^{1*}, Margret Keck¹, Christoph Thalmann² und Michael Zähler¹

Zusammenfassung

Die Trittsicherheit von Betonböden in Rindvieh-Laufställen nimmt bereits innerhalb weniger Jahre stark ab. Dies wirkt sich auf das Lokomotions-, das Komfort- und das Brunstverhalten der Tiere aus. Nach einer mangelhaften Sanierung mit scharfen, rauhen oder ausgebrochenen Kanten können zudem Klauenschäden resultieren. Die Eignung eines neuen kombinierten Sanierungsverfahrens für planbefestigte Betonböden durch „Rillieren-Aufräumen“, in Längs- und Querrichtung, war zu beurteilen. Die Bewertung erfolgte als Vergleich von Klauen-, Verhaltens- und Boden-Parametern vor und nach der Sanierung. Mit dem kombinierten Sanierungsverfahren konnte die Trittsicherheit erhöht werden. Dadurch zeigten die Tiere wieder mehr natürliche Verhaltensweisen und die Verletzungsgefahr durch Ausrutschen und Stürze verminderte sich.

Auf Spaltenböden erfolgte ein technischer Vergleich von Verfahren durch Lamellen-Fräsen und „Hochdruck-Wasserstrahl mit Strahlmittel“ (HDW) unter Laborbedingungen. Bezüglich Rutschfestigkeit bot das Verfahren HDW Vorteile gegenüber den untersuchten Fräsverfahren. Aufgrund der Schäden an den Spaltenkanten sind bisher bekannte Fräsverfahren meist als nicht tiergerecht einzustufen. Die weitere Entwicklung solcher Verfahren auf Spaltenböden muss diesem Umstand Rechnung tragen.

Elastische Gummibeläge eignen sich für planbefestigte und Spaltenböden. Durch das Einsinken in den Belag wird die physiologische Funktion der Klauen unterstützt. Damit die Selbstreinigung gewährt bleibt, muss die Perforation des Gummibelags genau mit dem Spaltenboden übereinstimmen.

Bei der Nutzungsdauer und den Sachkosten zeigen sich zwischen den Sanierungsverfahren grosse Unterschiede.

Schlagwörter

Betonboden, Spaltenboden, Oberflächensanierung, Gleitreibungsmessung, Rutschfestigkeit, Klauengesundheit

1. Einleitung

In Laufställen in der Rinderhaltung nimmt die Trittsicherheit von Betonböden innerhalb weniger Jahre rasch ab. Das gilt sowohl für planbefestigte als auch für Spaltenböden. Dies wirkt sich auf das Lauf-, das Körperpflege- und das Brunstverhalten der Tiere aus. Die Struktur der Oberfläche wurde bisher vor allem bei mechanischen Sanierungsver-

Abstract

After just a few years, the skid resistance of solid-concrete floors in loose housing for dairy cows decreases sharply. This affects the locomotion, comfort and oestrus behaviour of the animals. Moreover, an unsatisfactory refurbishment that leaves sharp, rough or cracked edges can lead to claw damage. The aim of this study was to assess the suitability of a new combined refurbishment method on concrete solid floors involving both grooving and roughening in both a crossways and lengthways direction. The assessment involved a comparison of claw, behavioural and floor parameters before and after refurbishment. Thanks to the combined refurbishment method, skid resistance was increased. The result were more natural behaviour patterns displayed by the animals, and less danger of injury from slipping and falling.

A technical comparison of methods involving milling cutter and high-pressure water jet with blasting abrasive (HPW) on slatted floors took place under laboratory conditions. In terms of skid resistance, the HPW method offered advantages over the investigated milling method. Because of damage to the slat edges, milling methods are generally not to be rated as animal-friendly. The further development of such methods on slatted floors must take this circumstance into account.

Elastic rubber surfaces are suitable for solid and slatted floors. The physiological function of the claws is supported by sinking into the surface. In order to grant the self cleaning remains, the perforation of the rubber surface must agree exactly with the slatted floor.

In the case of service life and the material costs large differences results between the refurbishment methods.

Keywords

Concrete floor surfaces, Slatted floor, Surface refurbishment, Measurement of skid resistance, Slip resistance, Claw health

fahren nicht ausreichend auf die Anforderungen der Klauen abgestimmt. Aus Sicht des Tieres ist zudem eine hohe Rutschfestigkeit und damit eine ausgewogene Mikro- und Makrorauheit in Längs- und Querrichtung erforderlich.

Verfahren wie die Säurebehandlung oder das alleinige Aufräumen sind zwar eigenleistungsfreundlich und kostengünstig, haben jedoch eine geringe Haltbarkeit. Aus technischer Sicht

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

² ETH Zürich, Institut für Nutztierwissenschaften, CH-8092 ZÜRICH

* Ansprechpartner: Dipl.Ing.agr. Beat Steiner, e-mail: beat.steiner@art.admin.ch

müssen Sanierungsverfahren das Betongefüge schonen und eine reinigungsfreundliche Oberfläche bieten. Je nach Ausführungsart - perforiert oder planbefestigt - ergeben sich deshalb unterschiedliche Sanierungsverfahren (KTBL, 2006). Diese müssen die wichtigsten bau- und gerätetechnischen sowie tierbezogenen Aspekte mit einschließen. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, ein Sanierungsverfahren für planbefestigte Böden zu entwickeln und zu bewerten. Die gewonnenen Erkenntnisse sind zudem in einen technischen Vergleich von Sanierungsverfahren für Spaltenböden unter Laborbedingungen eingeflossen.

2. Material und Methoden

2.1. Mechanisches Sanierungsverfahren für planbefestigte Laufflächen

Das von ART entwickelte Sanierungsverfahren „Rillieren-Aufrauen“ für planbefestigte Böden basiert auf einer ganzflächigen Bearbeitung in Längs- und Querrichtung. Die Auswahl und Anordnung der Fräswerkzeuge sind auf ein homogenes Bearbeiten und minimale Arbeitstiefen ausgerichtet. Damit sollen die Anforderungen von Seiten der Klauen wie die Masse, Punktbelastungen (DE BELIE et al., 2002) und Rauheit bestmöglich berücksichtigt werden. Die Bearbeitung erfolgt mit unterschiedlichen Maschinen und Werkzeugkombinationen und wird in zwei Arbeitsschritten durchgeführt:

1. Rillieren längs mit Rund- und Achtkantlamellen (*Abbildung 1*, links): Achsabstand 20 mm, Breite 10 mm, Tiefe 3 mm. Die Rillierung wird in Entmistungs- beziehungsweise Entwässerungsrichtung ausgeführt. Um eine homogene Bearbeitung sicherzustellen, ist eine Maschine mit einem stufenlosen Fahrtrieb erforderlich.
2. Aufrauen quer mit Rundlamellen (*Abbildung 1*, rechts): Achsabstand 8 mm, Breite 7 mm, Tiefe 1,5 mm. Dazu eignet sich ein leichtes Aufragerät, mit dem auch schlecht zugängliche Stellen effizient zu bewältigen sind. Die Querfahrt erfolgt in einem Winkel von 80° zur Längsrillierung, um den Vorschub von Entmistungsgeräten nicht zu beeinträchtigen. Durch das Aufrauen mit Rund- anstelle von Fünfkantlamellen, ergeben sich weniger Ausbrechungen beim Beton.



Abbildung 1: Kombination von Rund- und Achtkantlamellen für das Rillieren und Aufrauen in Längsrichtung (links), Rundlamellen für das Aufrauen und feine Rillieren in Querrichtung (rechts).

2.2. Mechanische Sanierungsverfahren für Spaltenböden

Der Vergleich von Sanierungsverfahren auf Spaltenböden umfasste Lamellenfräsen und Hochdruck-Wasserstrahl bei 500 bar mit Strahlmittel (HDW). Der Versuch erfolgte unter Laborbedingungen auf einem 18-jährigen Spaltenboden mit einer Schlitzweite von 35 mm.

In Anlehnung an frühere Untersuchungen wurde die Lamellenfräse mit Rundlamellen bestückt und eine Längsrillierung sowie eine Rillierung durch zwei Fahrten in diagonalen Richtung zu den Spalten eingefräst. Die Rillenbreite betrug dabei zirka 5 mm, die Rillentiefe 0,6-1 mm und der Rillenabstand zirka 5 mm. Beim Verfahren HDW wurde mit 500 bar Wasserdruck und mit einer Wassermenge von 28 l/min gearbeitet. Die Düsendistanz zum Boden betrug zirka 20 cm. Das Strahlmittel bestand aus Schlacke mit den Körnungen 0,6-1 und 1,5-2,8 mm, wobei der Verbrauch bei 12 kg pro Quadratmeter lag.

Der Vergleich von Sanierungsverfahren auf Spaltenböden beinhaltet das technische Vorgehen bei der Sanierung und die Messung der Rutschfestigkeit vor und nach der Sanierung. Dazu wurden die Gleitreibwerte an vier Messorten pro Verfahren ermittelt und ausgewertet.

2.3. Methodik der Bewertung von Sanierungsverfahren

Die Bewertung des Verfahrens „Rillieren-Aufrauen“ auf planbefestigten Betonlaufflächen erfolgte auf zwei Praxisbetrieben mit 35 bzw. 27 Milchkühen. Verglichen wurden bodenbezogene und tierbezogene Parameter jeweils vor und nach der Sanierung.

Als Bodenparameter wurde die Rutschfestigkeit mit dem GMG (Gleitmessgerät Modell 05, Entwicklung in Zusammenarbeit mit DLG-Prüfstelle) gemessen. Die Messungen erfolgten an vier Messstellen in Längs- und Querrichtung, was acht unabhängigen Messstrecken entspricht. Mit dem GMG wird ein 10 kg schwerer Prüfkörper mit konstanter Geschwindigkeit ($v = 0,02$ m/s) über eine Messstrecke von 350 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 mm fünf Gleitreibwerte erfasst. Daraus resultieren 1716 auswertbare Werte pro Messstrecke. Die Auswertung erfolgte durch die Kategorisierung der Gleitreibwerte.

Zu den tierbezogenen Parametern zählten das Verhalten (Ausrutschen, Komfort- und Brunstverhalten) sowie Klauenschäden (Blutungen, Weisse Linie Defekte etc.).

Die Bonitur an allen vier Klauen erfolgte in ungeschnittenem und geschnittenem Zustand, getrennt nach Innen- und Aussenklaue. In der Datenauswertung wurden Ausrutschen und Klauenparameter mit dem Vorzeichentest verglichen.

Tabelle 1: Anzahl Ausrutschen sowie relativer Anteil von Ausrutschen infolge einer Interaktion mit anderen Kühen auf der Lauffläche im Fressbereich und im Liegebereich pro Tag vor und nach der Sanierung während einer Beobachtungsdauer von jeweils 3x30 min an 4 Tagen.

Stallbereich	Betrieb 1				Betrieb 2			
	Anzahl Ausrutschen pro Tag [n]		Anteil ¹⁾ infolge Interaktion %	p-Wert	Anzahl Ausrutschen pro Tag [n]		Anteil ¹⁾ infolge Interaktion %	p-Wert
	Vor	Nach			Vor	Nach		
Fressbereich	21,3	1,3	0,004	51,1	3,5	0,5	0,039	62,5
Liegebereich	0,8	0	-	100	0,5	0	-	50

¹⁾ Anteile aller Ereignisse vor und nach der Sanierung

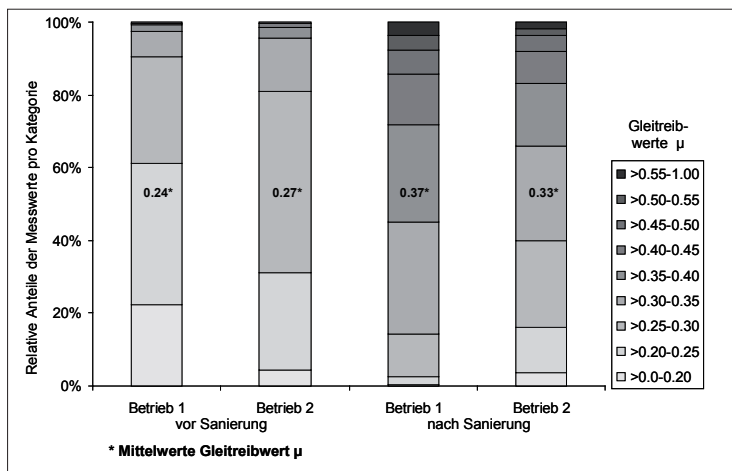


Abbildung 2: Gleitreibwerte-Kategorien vor und nach der Sanierung mit Rillieren-Aufräumen auf planbefestigten Beton-Laufflächen der beiden Praxisbetriebe. Die Kategorien mit tiefen Werten ($\leq 0,3 \mu$) widerspiegeln die Anteile mit geringer und jene $> 0,35 \mu$ solche mit hoher Rutschfestigkeit. Nach der Sanierung zeigen die Kategorien $> 0,45 \mu$ eine deutliche Zunahme der Makrorauheit.

3. Ergebnisse

3.1. Resultate der Bewertung von mechanischen Sanierungsverfahren

3.1.1. Bodenbezogene Parameter bei Rillieren-Aufräumen auf planbefestigten Flächen

Durch die Sanierung stiegen die Gleitreibwerte deutlich an; auf Betrieb 1 stieg der Mittelwert von 0,24 auf 0,37 und auf Betrieb 2 von 0,27 auf 0,33 μ . Zwischen den Längs- und Quermessungen ergaben sich lediglich Unterschiede von 0,01 μ ; die Korrelationskoeffizienten betragen 0,73 resp. 0,87. Die Kategorisierung der Gleitreibwerte (Abbildung 2) ermöglichte eine differenziertere Beurteilung als in der Literatur anhand von Mittelwerten beschrieben.

3.1.2. Tierbezogene Parameter bei Rillieren-Aufräumen auf planbefestigten Flächen

Ausrutschen beim Gehen auf der Lauffläche im Fressbereich nahm nach der Sanierung auf beiden Betrieben signifikant ($p=0.004$ bzw. $p=0.039$) ab (Tabelle 1). Die Untersuchung der Klauen ergab keine Zunahme der schadensträchtigen

Befunde durch das mechanische Rillieren und Aufrauen der Stallbodenoberfläche. Eine Zunahme der Risse in der weissen Linie vier Wochen nach der Sanierung war nach sechs Monaten nicht mehr sichtbar.

3.1.3. Resultate des Vergleichs von Sanierungsverfahren auf Spaltenböden

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Rutschfestigkeitsmessungen der verschiedenen mechanischen Sanierungsverfahren auf Spaltenböden aufgeführt. Die Mittelwerte der Gleitreibwerte wurden durch die Verfahren um 0,02-0,11 μ erhöht. Nur das Sanierungsverfahren HDW fein erreichte ähnliche Gleitreibwerte wie das neue Referenzprodukt, das eine ausgeglichene Mikro- und Makrorauheit mit hoher Griffigkeit aufwies. Die Veränderungen der Oberflächenrauheit zeigten sich deutlich in den Kategorien. Bei den Verfahren „HDW grob“, „Rillieren diagonal“ und „Rillieren längs“ blieb ein Teil der Oberflächen, das heisst Flächen zwischen Rillen oder Vertiefungen, un bearbeitet. Trotz homogener Bearbeitung ergaben diese Verfahren nur geringfügige Verbesserungen der Rutschfestigkeit. Dies zeigte sich insbesondere beim Verfahren „Rillieren längs“.

Mit den untersuchten Rillierungs-Verfahren auf Spaltenböden wurden die Spaltenkanten erheblich beschädigt. Durch das Fräsen entstehen Grate und Kanten, die eine Verletzungsgefahr für die Klauen darstellen. Neben akuten Verletzungen ergibt sich ein übermässiger Abtrag des Tragrandes und des Sohlensegments der Klauen. Auch Verfahren wie Diamantfräsen (ZEVENBERGEN, 2006) sind mit dieser Problematik konfrontiert. Ein Nachbearbeiten mit entsprechenden Werkzeugen ist daher zwingend. Durch den beidseitigen Materialabtrag an den Spaltenkanten vergrössert sich damit die Spaltenweite um mindestens 5 mm. Um die Vorgaben im Hinblick auf die Tiergerechtheit einzuhalten, kommt eine solche Massnahme damit nur für Rinder beziehungsweise Kühe mit mehr als 200 kg Lebendgewicht auf Böden mit Spaltenweiten von ≤ 30 mm in Frage.

Resultieren durch eine Sanierung nur geringe Verbesserungen der Rutschfestigkeit und gleichzeitig Schäden an den Spaltenkanten, sind Fräsverfahren für Spaltenböden in den meisten Fällen als nicht tiergerecht einzustufen. Dafür sind weitere Optimierungsschritte bei Geräten und Werkzeugen erwünscht.

3.2. Auswirkungen auf die Statik und das Betongefüge

Planbefestigte und perforierte Beton-Materialien (am Beispiel Spaltenböden) haben unterschiedliche konstruktive und statische Eigenschaften. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen bestätigen, dass diese Unterschiede bei den jeweiligen Sanierungsverfahren mit zu berücksichtigen sind. Planbefestigte Böden werden in der Regel in Ort beton ausgeführt. Die theoretische Betonüberdeckung der

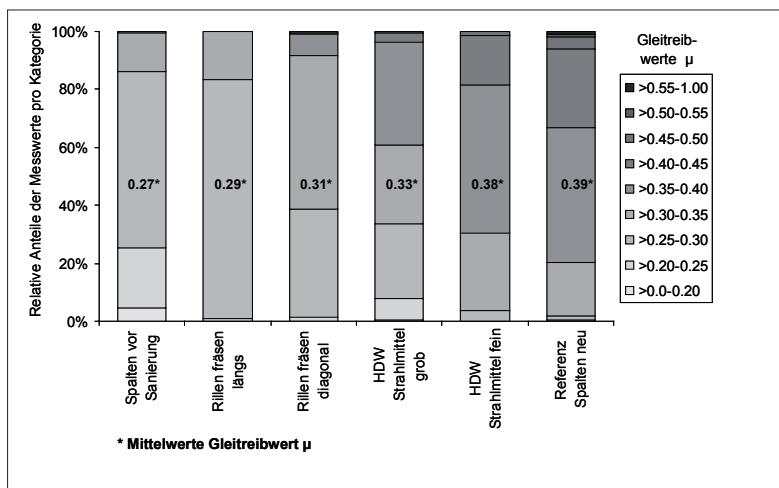


Abbildung 3: Veränderungen der Gleitreibwerte-Kategorien mit unterschiedlichen Sanierungsverfahren auf Spaltenböden

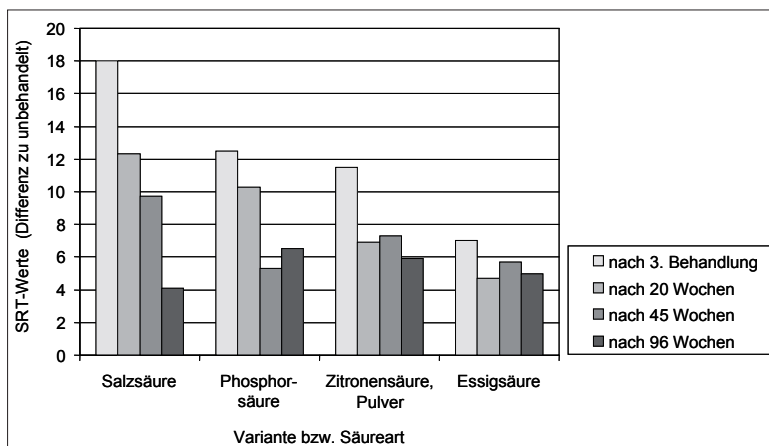


Abbildung 4: Griffigkeit (SRT-Wert) von Spaltenböden nach Säurebehandlung, dargestellt als Differenz zu unbehandelt. SRT (Skid-Resistance-Tester): Pendelgerät für Griffigkeitsmessungen auf Asphalt- und Betonbelägen.

Bewehrung von 30 mm wird oftmals unterschritten. Dies ergibt wenig Spielraum bezüglich Materialabtrag an der Oberfläche. Minimale Arbeitstiefen sind deshalb bei jedem Sanierungsverfahren gefordert.

Bei der Herstellung von Spaltenböden war früher die Betonüberdeckung der Bewehrung oft zu gering. Vor dem Entscheid zur Sanierung von mehr als 10 Jahre alten Spaltenelementen ist deshalb ihre Unterseite auf Risse und Abplatzungen zu prüfen. Die visuelle Kontrolle durch eine Fachperson ist vorerst die einzige wirksame Kontrolle und Präventionsmöglichkeit gegen Einstürze. Eine Zustandskontrolle mit Hilfe eines Endoskops ist sehr zeitaufwändig und daher nur für einen stichprobenartigen Einsatz geeignet (VAN CAENEGEM, 2001). Durch das mehrmalige Abtragen reduziert sich die Höhe von Spaltenböden oder Betondecken um die jeweilige Arbeitstiefe und folglich auch die zulässige Nutzlast. Eine Reduzierung der Höhe des Spaltenbodens von beispielsweise 16 auf 15 cm ergibt eine Minderung der Nutzlast von etwa 8 %. Der gleiche Materialabtrag hat auch eine Zunahme der Durchbiegung von etwa 20 % zur Folge. Je grösser die Durchbiegung,

desto grösser auch die Gefahr für Rissbildung. Dadurch kann die Bewehrung korrodieren und expandieren, was schliesslich zu Betonabplatzungen führt. Bei befahrbaren Spaltenböden, bei denen grosse Achslasten auftreten können, ist deshalb der Materialabtrag auf maximal 5 mm zu begrenzen. Dies ist auch wegen der oberen Bewehrung nötig. Wird die Betonüberdeckung durch das Abtragen zu stark reduziert, führt dies zu Mikrorissen oder gar Ablösungen des Betons.

Durch das Sanierungsverfahren sollen möglichst geringe Rissestörungen in die Tiefe des Betongefüges resultieren. Schwere Fräsen verursachen Rissestörungen von zirka 3-5 mm (VIFIAN, 1988). Bei leichten Fräsen, wie sie in der vorliegenden Untersuchung eingesetzt wurden, betragen diese 1-2 mm. Wasserstrahlverfahren bis 1000 bar für leichtes Aufrauen führen zu unbedeutenden Rissestörungen.

Die Haltbarkeit der Sanierungsverfahren wurde von Erfahrungswerten bei ähnlichen Oberflächenstrukturen abgeleitet. Beim Verfahren Rillieren-Aufrauen ist eine Haltbarkeit von mindestens fünf Jahren zu erwarten. Das Verfahren HDW generiert Strukturen, die rascher verkalken, wodurch die Haltbarkeit voraussichtlich etwas kürzer sein dürfte.

3.3. Chemisches Aufrauen von Betonlaufflächen

Mit dem chemischen Aufrauen kann an Beton-Oberflächen die Mikrorauheit verbessert werden. Das Verfahren bietet sich insbesondere für Spaltenböden an. Bei fachgerechter Ausführung lässt sich die Rutschfestigkeit kurzfristig erhöhen. Nach intensiver Vorreinigung werden die Kalkschichten durch mindestens drei Säure-Behandlungen abgetragen. Aufgrund der ökologischen und toxikologischen Unbedenklichkeit sowie der anwenderfreundlichen Handhabung bietet Zitronensäure (Pulver) erhebliche Vorteile gegenüber anderen Produkten. In den Versuchen wurden pro Behandlung 60 g Zitronensäure-Pulver pro Quadratmeter aufgetragen. Eine Einwirkzeit von 10 bis 15 Minuten ist einzuhalten, um die nötige Wirkung zu erreichen. Mit zunehmender Anzahl Behandlungen erhöht sich die Feinrauheit und damit die Griffigkeit der Oberfläche. Nach der Sanierung nimmt diese jedoch rasch wieder ab (Abbildung 4). Die positive Wirkung des chemischen Aufrauens ist nur im Zeitraum eines Jahres gegeben und ist deshalb als kurzfristige Massnahme mit einem Beitrag zur Stallhygiene anzusehen (SEKUL, 2006).

3.4. Elastische Gummibeläge

Gummibeläge lassen sich auf planbefestigten Laufflächen und auf Spaltenböden aufbringen. Um die wichtigste Eigenschaft der Verformbarkeit zu erhalten, muss ein Einsinken der Klauen um zirka 3 mm gewährleistet sein. Für Spaltenböden ist vorher zu prüfen, ob die statischen

Tabelle 2: Investitionen und Jahreskosten von verschiedenen Sanierungsverfahren pro 100 m².

		Sanierungsverfahren				
		„Rillieren-Aufräumen“	„Gummibelag“	Säure	HDW	„Gummibelag“
Investition		planbefestigt		Spaltenboden		
Arbeitszeitbedarf	AKh/100 m ²	7,1	12,9	6,0	7,5	11,1
Arbeitskosten bei € 18,-/h	€/100 m ²	128	231	108	135	201
Material und Hilfsstoffe	€/100 m ²	307	4671	56	1020	6513
Total	€/100 m²	436	4902	164	1155	6714
Kostenrechnung	Abschreibung	20,0 %	10,0 %	100,0 %	25,0 %	12,5 %
	mittlerer Zins	2,4 %	2,4 %	2,4 %	2,4 %	2,4 %
	Reparaturen	0,0 %	2,0 %	0,0 %	0,0 %	2,0 %
	Total %	22,4 %	14,4 %	102,4 %	27,4 %	16,9 %
Jahreskosten inkl. Arbeit	€/100 m²	98	706	168	316	1135

Beträge in Euro basierend auf Umrechnung SFr - € zum Wechselkurs von 1,52

Voraussetzungen gegeben sind. Mit Blick auf die Kosten ist eine Sanierung von Spaltenböden mit Gummibelägen nur zu empfehlen, wenn die noch zu erwartende Lebensdauer der Spaltenelemente eben so gross ist, wie diejenige des Gummibelags.

Bei Flächenelementen kann es darum gehen, verletzungs-trächtige Stellen (zum Beispiel ausgebrochene Kanten) zu entschärfen oder die Schlitzweiten zu reduzieren. Durch die bis zu 24 mm dicken Beläge vergrössert sich der Abstand zwischen Oberfläche und Kotabrisskante im Spalt. Damit die Selbstreinigung gewährt bleibt, muss die Perforation genau mit dem Spaltenboden übereinstimmen. Deshalb ist der Spaltenboden exakt auszumessen, damit der Gummibelag passend angefertigt werden kann. Weist der Spaltenboden stark unterschiedliche Spaltenweiten auf, sind zur sicheren Befestigung entsprechende Spreizkeile nötig. 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 Gummibeläge eingeschränkt. Damit keine Tiere auf den Gummibelägen in den Laufgängen liegen, müssen optimal eingestellte und gepflegte Liegeboxen vorhanden sein.

3.5. Investitionen und Jahreskosten von Sanierungsverfahren

In *Tabelle 2* sind die Investitionen und Jahreskosten der verschiedenen Sanierungsverfahren pro 100 m² Lauffläche zusammengefasst. Dabei handelt es sich um Richtwerte. Im Arbeitszeitbedarf sind die Vorarbeiten für Reinigung und Einrichtung der Geräte für die Sanierung und die eigentlichen Sanierungsarbeiten enthalten. Bei den chemischen und mechanischen Sanierungsverfahren arbeiten zwei, beim Verlegen von Gummibelägen jeweils drei Personen beim Einbau mit. Die Arbeiten wurden als Eigenleistungen mit einem Stundenansatz von € 18.- eingerechnet. Allfälliges Fachpersonal der Firmen, die Geräte und Material lieferten,

ist nicht berücksichtigt. Die Abschreibungsdauer wurde je nach der zu erwartenden Nutzungsdauer des jeweiligen Verfahrens festgelegt. Während sich bei den Arbeitskosten keine grossen Unterschiede zwischen den Verfahren ergeben, zeigen sich bei den Materialkosten erhebliche Unterschiede. Bei den Jahreskosten ist die unterschiedliche Nutzungsdauer der Sanierungsverfahren zu berücksichtigen.

4. Schlussfolgerungen

Die rasche Abnahme der Rutschfestigkeit von Beton-Laufflächen erfordert geeignete Sanierungsverfahren. Dabei müssen gleichzeitig Anforderungen von Seiten des Tiers als auch der Verfahrenstechnik erfüllt werden. Für planbefestigte Flächen hat ART ein neues mechanisches Sanierungsverfahren „Rillieren-Aufräumen“ entwickelt und bewertet. Durch die höhere Trittsicherheit zeigten die Tiere mehr natürliche Verhaltensweisen und die Verletzungsgefahr durch Stürze wurde vermindert. Auch die Tierbetreuer profitieren von rutschfesteren Böden. Verschiedene bisher bekannte Fräsverfahren erweisen sich auf Spaltenböden in den meisten Fällen als nicht tiergerecht. Deshalb wären weitere Optimierungsschritte bei diesen Geräten und Werkzeugen erwünscht. Elastische Gummibeläge eignen sich für planbefestigte und Spaltenböden. Letztere sind jedoch vorgängig auf ihre statischen Eigenschaften zu überprüfen. Unter www.art.admin.ch>Dokumentation>ART-Publikationen im Shop ist der ausführliche ART-Bericht 690 „Sanierung von Beton-Laufflächen“ erhältlich.

5. Literatur

- DE BELIE, N., ROMBAUT, E., SIMOENS, K., and J. de BAERDEMAEKER, 2002. Effect of surface roughness on pressure distributions in the foot-to-ground contact area for cattle. *AgEng Budapest 2002*, pp. 1-8.
- KTBL, 2006. Laufflächen für Milchkühe - Ausführung und Sanierung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. *KTBL-Heft 60*, S. 39-45.
- SEKUL, W., 2006. Säurebehandlung von Spaltenböden, interner Bericht LVVG Aulendorf.
- VAN CAENEGEM, L., 2001. Tragsicherheit von Betonspaltelementen. Regelmässige Zustandskontrolle erforderlich. *FAT-Berichte Nr. 564*. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (ehemals FAT), Ettenhausen.
- VIFIAN, M., 1988. Zur Praxis von Instandsetzungsarbeiten. *Schweizer Baublatt Nr. 89*, 9.11.1988 / *Bauwerksanierung Nr. 4*, S. 58-60.
- ZEVENBERGEN, G., 2006. Sanierung von Stallböden: Mit Diamanten wird's am rauesten. Untersuchungen am Institut für Landbau und Fischzucht, B-Merelbeke. *PROFI VEREDLUNGSTECHNIK 5/2006*, S. 62.