

## Sanierung von Beton-Laufflächen

### Entwicklung und Bewertung von neuen Verfahren

Beat Steiner, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, E-Mail: beat.steiner@art.admin.ch

In Laufställen mit Rindvieh nimmt die Trittsicherheit bei Beton-Laufflächen 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 aus. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, ein Sanierungsverfahren für planbefestigte Böden zu entwickeln und zu bewerten (siehe Tabelle 1). Diese Erkenntnisse flossen zudem in einen Vergleich von Sanierungsverfahren für Spaltenböden ein.

Für das Tier sind vor allem Struktur und Härte des Bodens massgebend. Eine hohe Rutschfestigkeit ist sowohl in Quer- als auch in Längsrichtung erforderlich.

Aus technischer Sicht müssen Sanierungsverfahren das Betongefüge schonen und eine reinigungsfreundliche Oberfläche gewährleisten. Das von ART entwickelte Sanierungsverfahren «Rillieren-Aufräumen» basiert auf einer ganzflächigen Bearbeitung in Längs- und Querrichtung in zwei Arbeitsschritten. Die Bewertung des neuen Verfahrens erfolgte durch den Vergleich von Klauen-, Verhaltens- und Boden-Parametern vor und nach der Sanierung. Die Trittsicherheit wurde mit dem Verfahren erhöht, das Ausrutschen verminderte sich deutlich. Spaltenböden müssen vor einer allfälligen Sanierung auf ihre statischen Eigenschaften überprüft werden. Bezüglich Rutschfestigkeit bietet das Verfahren «Hochdruck-Wasserstrahl mit Strahlmittel HDW) Vorteile gegenüber

den untersuchten Fräsverfahren. Aufgrund der Schäden an den Spaltenkanten sind diese meistens als nicht tiergerecht einzustufen. Die weitere Entwicklung von Fräsverfahren 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. Bei der Nutzungsdauer und den Sachkosten zeigen sich zwischen den Sanierungsverfahren grosse Unterschiede.



Abb. 1: Mechanische Sanierungsverfahren müssen auf die Anforderungen der Tiere und der Verfahrenstechnik abgestimmt sein.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Begriffe	2
Wann sanieren?	2
Anforderungen an Sanierungsverfahren	3
Chemisches Aufräumen	3
Rillieren und Aufräumen von planbefestigten Betonböden	4
Rillieren und Aufräumen von Spaltenböden	5
Spaltenböden vor der Sanierung beurteilen	6
Mehrmaliges Sanieren?	6
Elastische Gummibeläge	6
Bewertung auf planbefestigten Betonböden	7
Oberflächenstruktur und Rutschfestigkeit	8
Investitionen und Jahreskosten	10
Schlussfolgerungen	11
Literatur	11



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD

Forschungsanstalt  
Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

### Problemstellung

In Rindviehställen sind Laufflächen aus Beton nach wie vor eine häufige Lösung. Wurden früher die gesamten Flächen planbefestigt oder perforiert in Beton ausgeführt, sind es heute oft noch einzelne Funktionsbereiche. Die Trittsicherheit von Betonböden nimmt in Laufställen bereits nach wenigen Jahren stark ab. Dies wirkt sich auf das Lauf-, das Körperpflege- und das Brunstverhalten der Tiere aus. Die Struktur der Oberfläche wurde bisher vor allem bei mechanischen Sanierungsverfahren nicht ausreichend auf Klauengesundheit und Reinigungsfreundlichkeit abgestimmt. Aus materialtechnischer Sicht kam es bei einzelnen Sanierungsverfahren zu Schäden am Betongefüge. Je nach Ausführungsart – perforiert oder planbefestigt – ergeben sich deshalb unterschiedliche Sanierungsverfahren. Diese müssen die wichtigsten bau- und gerätetechnischen sowie tierbezogenen Aspekte mit einschliessen.

### Begriffe

Spaltenböden	perforierte Böden, darunter fallen Schlitzböden und Lochböden
Planbefestigte Betonböden	aus Ortbeton gefertigte Betonböden oder Betonelemente mit geschlossener Oberfläche
Gummibeläge	elastische Gummimaterialien als Matten- oder Bahnenware, schwimmend oder geschraubt auf den Laufflächen verlegt
HDW	Oberflächen-Bearbeitung durch Hochdruck-Wasserstrahl
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, Klauen-grösse und -zustand
Trittsicherheit	Beobachtung des Fortbewegungsverhaltens, das sich aus den Boden-Eigenschaften in Verbindung mit subjektiven Empfindungen und Erfahrungen des Tieres ergibt.
SRT-Gerät	<b>Skid-Resistance-Tester</b> : Pendelgerät für Griffigkeitsmessungen auf Asphalt- und Betonbelägen
GMG	Gleitmessgerät zur Erfassung der Rutschfestigkeit mittels Gleitreibwerten, Modell 05

### Wann sanieren?

Die rutschhemmende Wirkung bei Betonoberflächen in Ställen vermindert sich von Beginn der Nutzung an kontinuierlich durch Verkalkungen sowie mechanischen Verschleiss. Nach vier bis fünf Jahren entsteht dabei oftmals Sanierungsbedarf. Dieser manifestiert sich schliesslich für die Tiere und das Stallpersonal durch mangelnde Trittsicherheit. Auf rutschfesten Böden laufen Kühe mit erhobenem Kopf, zeigen aus-

geprägtes Brunstverhalten mit Aufspringen und Körperpflegeverhalten wie Lecken an der Schwanzwurzel. Eine Sanierung drängt sich spätestens dann auf, wenn solche Verhaltensweisen eingeschränkt sind oder gar ausbleiben. Dabei wirken sich glatt gewordene Auftrittsflächen bei Spaltenböden ebenso negativ aus wie glatte planbefestigte Betonböden. Zunehmende oder generell häufige mechanisch-traumatische Klauenverletzungen sind bei Spaltenböden ein Hinweis auf Ausbrechungen, zu grosse Spaltenweiten oder Niveauunterschiede zwischen den Bodenelementen. Bei Spal-

Tab. 1: Übersicht zur Entwicklung der Sanierungsverfahren

	 Planbefestigte Böden	 Spaltenböden
<b>Bisher bekannte Verfahren</b>	Diamant-Fräsen Mechanisches Aufrauen Sand-, Kugelstrahlen	Säurebehandlung HD-Wasserstrahl 1000 bar Mechanisches Aufrauen/Fräsen
<b>Entwicklung von neuen Verfahren</b>		
• Vorversuche an Bodenelementen	x	x
• Punktuelle Erhebungen auf Praxisbetrieben	x	x
• Schrittweise technische Optimierung mit Geräteherstellern	Rillieren/Aufrauen	Rillieren HDW mit Strahlmittel ... weitere Entwicklungen?
<b>Bewertung der Verfahren</b> im Vergleich vor und nach Sanierung	auf 2 Praxisbetrieben	an Spaltenboden-Elementen aus der Praxis an ART
• Bodenparameter (SRT, GMG)	x	x
• Verhaltensparameter (Ausrutschen, Schrittlänge, Komfort-/Brunstverhalten)	x	-
• Klauenparameter	x	-
<b>Entwicklung von Bewertungsmethoden</b>		
Bodenparameter: GMG, neue Auswertmethode	Gleit- und Haftreibwerte	Gleitreibwerte

tenböden stellt sich je nach Alter und Materialzustand die Frage, ob eine Sanierung im Hinblick auf die noch zu erwartende Haltbarkeit sinnvoll erscheint (siehe auch Kapitel «Spaltenböden vor der Sanierung beurteilen»).

### Anforderungen an Sanierungsverfahren

Ein Sanierungsverfahren für Laufflächen muss verschiedene Anforderungen aus Sicht der Tiere und der Technik erfüllen (Tab. 2). Für das Tier steht die Struktur und Härte der Oberfläche im Vordergrund. Dabei gilt es, die Anatomie der Klauen mit einzubeziehen. Die Oberflächenstruktur ist so zu gestalten, dass eine genügende Rutschfestigkeit resultiert und gleichzeitig keine hohen punktuellen Druckbelastungen auftreten. Solche führen zu Störungen der Durchblutung und zur Zerstörung feinsten Lederhautgefäße (Mülling 2006). Aufgrund ihres Aufbaues ist die «Weisse Linie» (Linea alba) ein besonders empfindlicher Bereich der Klauen; scharfe Kanten und Grate verursachen hier Mikrorisse, die sich rasch ausweiten und zu Infektionen der Lederhaut führen können. Elastische Bodenmaterialien sind diesbezüglich vorteilhaft. Sie reduzieren örtliche Druckbelastungen und begünstigen die Hornstruktur (Voges et al. 2004). Damit Rindvieh nicht nur auf harten Böden läuft, sind bei einer Sanierung von häufig genutzten Flächen auch elastische Materialien einzubeziehen. Unabhängig davon, welches Sanierungsverfahren zur Anwendung kommt, muss die Beschaffenheit der Oberflächen eine gute Rutschfestigkeit in allen Richtungen auch bei nutzungsbedingter Verschmutzung bieten. Reine Längsrillierungen oder Gummibeläge mit geringer Einsinktiefe oder Oberflächenstruktur (zum Beispiel Hammerschlagprofil) sind ungeeignet.

Um das Betongefüge bestmöglichst zu schonen, sind Maschinen und Werkzeuge mit geringen Gewichten und Schwingungskräften einzusetzen. Mikrorisse als Folge der Sanierung dürfen grundsätzlich nicht tiefer als einen Millimeter gehen. Dies ist insbesondere bei perforierten Böden wichtig. Um die Wirtschaftlichkeit der Sanierungsverfahren zu optimieren, gilt es, die Nutzungsdauer möglichst genau abzuschätzen, damit sich die Investition in minimalen Jahreskosten niederschlägt (siehe Kapitel Investitionen und Jahreskosten).

Tab. 2: Anforderungen an das Sanierungsverfahren

Anforderungen aus Sicht der Tiere	Anforderungen aus verfahrenstechnischer Sicht
<ul style="list-style-type: none"> <li>rutschfeste Oberflächenstruktur</li> <li>keine hohen punktuellen Druckbelastungen auf Klauen</li> <li>keine scharfen Kanten und Grate</li> <li>wo möglich elastisches Bodenmaterial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>homogene Bearbeitungsqualität</li> <li>schonend für das Betongefüge</li> <li>reinigungsfreundliche Oberfläche</li> <li>kostengünstig</li> <li>dauerhaft</li> </ul>

### Chemisches Aufrauen

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. Dazu hat sich das folgende Vorgehen bewährt: Nach einer intensiven Vorreinigung mit Wasser werden Flächen mit einem alkalischen Reinigungsmittel behandelt und mit dem Hochdruckreiniger abgespritzt. Das Abtragen der Kalkschichten erfolgt anschließend durch mindestens drei Säurebehandlungen. Aufgrund der ökologischen und toxikologischen Unbedenklichkeit sowie der anwenderfreundlichen Handhabung bietet die Zitronensäure (Pulver) erhebliche Vorteile gegenüber anderen Produkten (Sekul 2005). 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 Griffigkeit der Oberfläche (von Beschwitz 2002, Sekul 2005). In den zitierten Untersuchungen wurde die Griffigkeit mit einem SRT-Pendelgerät gemessen. Mit dieser Messmethode wird vornehmlich die Mikrorauheit erfasst, welche bei Spaltenböden auch nach einer chemischen Sanierung ausgeprägt ist. Die SRT-Werte erhöhten sich durch die Sanierung je nach Ausgangsmaterial um über zehn Einheiten und erreichten damit genügende Werte zwischen 50 und 60 (Weber 1985). Nach der Sanierung nimmt diese Rauheit jedoch rasch wieder ab (Abb. 2). Die positive Wirkung der Sanierungsmaßnahme ist nur im Zeitraum eines Jahres gegeben. Das chemische Aufrauen ist deshalb nur als kurzfristige Massnahme anzusehen und leistet einen Beitrag zur Stallhygiene. Angewendet auf mechanisch unbeschädigten Böden, ist das Verfahren schonend für das Betongefüge und die Kanten der Spalten.

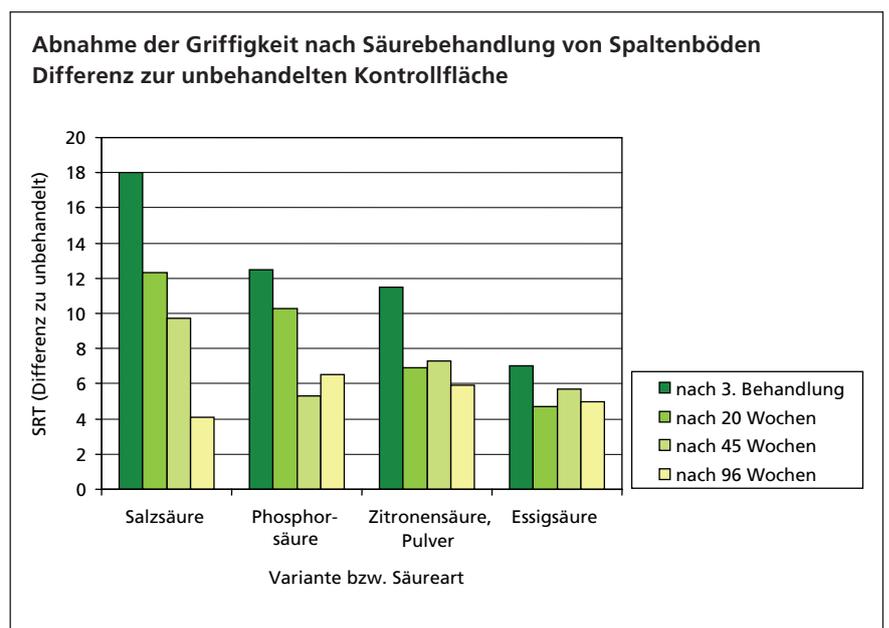


Abb. 2: Die anfängliche Griffigkeit durch chemisches Aufrauen mit Säure ist schon nach wenigen Monaten nicht mehr vorhanden.



Abb. 3: Die Anatomie der Klauen ist beim Sanierungsverfahren mit zu berücksichtigen. Werden lediglich Rillen gefräst, erhöht sich die Rutschfestigkeit nur geringfügig.

### Rillieren und Aufrauen von planbefestigten Betonböden

Auf Praxisbetrieben sind sehr unterschiedliche mechanische Sanierungsverfahren anzutreffen. Oft resultieren mit der Sanierung grosse Unterschiede in der Oberflächenstruktur. Ungünstig ist es, wenn die Rutschfestigkeit nur geringfügig verbessert wird oder allzu rasch wieder abnimmt. Diese Aspekte und die Anforderungen gemäss Tabelle 2 wurden in Vorversuchen berücksichtigt. Verfahren wie Sand-

und Kugelstrahlen waren nicht geeignet, weil bei unterschiedlichen Oberflächenstrukturen und -härten eine homogene Bearbeitung nicht umsetzbar ist. Zudem sind diese Verfahren kostenintensiv und wenig eigenleistungsfreundlich. Fräsverfahren mit Längs- oder Diagonalrillen, bei denen die Auftrittsflächen unbearbeitet bleiben, haben einen zu geringen Effekt auf die Rutschfestigkeit (Abb. 3). Aus diesen Erkenntnissen entwickelte ART ein kombiniertes Verfahren von Rillieren und Aufrauen mit Lamellenfräsen und verschiedenen Werkzeugkombinationen. Das ausgewählte Verfahren musste sowohl in Quer- als auch in Längsrichtung eine hohe



Abb. 4: Für das Fräsen von Rillen in homogener Form sind Geräte mit stufenlosem Fahrtrieb erforderlich. Minimale Geräte- und Werkzeuggewichte schonen das Betongefüge.



Abb. 5: Mit dem Aufrauen in Querrichtung wird auch die restliche Oberfläche bearbeitet. Dies erhöht die Rutschfestigkeit in Längsrichtung massgeblich.



Abb. 4a: Die Kombination von Rund- und Achtkantlamellen ermöglicht ein gezieltes Rillieren und gleichzeitiges Aufrauen der dazwischen liegenden Flächen.



Abb. 5a: Der Einsatz von Rundlamellen ermöglicht eine feine Rillierung bei geringen Ausbrechungen.

Rutschfestigkeit aufweisen. Weiter waren Anforderungen von Seiten der Klauen mit Blick auf die Masse (Länge, Breite, Kontaktfläche), Punktbelastungen (De Belie 2002) und Rauheit der Bodenoberfläche bestmöglich zu integrieren. Dies ist durch eine ganzflächige Bearbeitung in zwei Arbeitsschritten möglich:

1. Rillieren längs mit Rund- und Achtkantlamellen: Achsabstand 20, Breite 10, Tiefe 3 mm. Die Rillierung wird in Entmischungsbeziehungsweise Entwässerungsrichtung ausgeführt. Um eine homogene Bearbeitung sicherzustellen, ist dazu eine Maschine mit einem stufenlosen Fahrtrieb erforderlich (Abb. 4 und 4a).
2. Aufrauen quer mit Rundlamellen: Achsabstand 8 mm, Breite 7 mm, Tiefe 1½ mm.

Dazu eignet sich ein leichtes, handgeführtes Aufraugerät, mit dem die oftmals kurzen Querfahrten und schlecht zugängliche Stellen effizient zu bewältigen sind (Abb. 5 und 5a). Die Querfahrt erfolgt in einem Winkel von 80° zur Längsrillierung, um den Vorschub von Entmischungsgeräten nicht zu beeinträchtigen. Durch das Aufrauen mit Rund- anstelle von Fünfkantlamellen entsteht ebenfalls eine feine Rillierung; gleichzeitig ergeben sich weniger Ausbrechungen beim Beton. Durch die gezielte Kombination von Rillieren und Aufrauen mit entsprechenden Rund- und Achtkantlamellen werden minimale Arbeitstiefen möglich (3 respektive 1½ mm). Dies schon das Betongefüge und die Bewehrung. Durch das Rillieren erhöht sich die Haltbarkeit im Vergleich zu ausschliesslichem Aufrauen auf mindestens fünf Jahre. Häufiges und effizientes Reinigen mit entsprechend angepassten Schiebern ist auch auf den sanierten Laufflächen erforderlich.

### Rillieren und Aufrauen von Spaltenböden

Auf perforierten Böden sind die Möglichkeiten für mechanische Sanierungsverfahren eingeschränkt. Schwere Geräte, welche zudem Schwingungen verursachen, dürfen nicht eingesetzt werden. Hochdruck-Wasser- oder Dampfstrahl-Behandlungen mit über 1000 bar Arbeitsdruck verursachen insbesondere an den Spaltenkanten oder an angrenzenden Bauteilen Schäden. Als erfolgversprechende Verfahren wurden schliesslich Lamellenfräsen und Hochdruck-Wasserstrahl bei 500 bar mit Strahlmittel (HDW) genauer untersucht und verglichen. Die Sanierungsschritte erfolgten auf 18-jährigen Spaltenboden-Elementen (Abb. 6) mit einer Schlitzweite von 35 mm. In Anlehnung an frühere Untersuchungen (Zevenbergen 2006) und das für planbefestigte Flächen entwickelte Verfahren wurde die Lamellenfräse mit Rundlamellen bestückt und eine Längsrillierung sowie ein Waffelmuster (Rillieren diagonal) eingefräst (Abb. 7 und 8). Die Rillenbreite betrug dabei zirka 5 mm, die Rillentiefe 0,6–1 mm und der Rillenabstand zirka 5 mm. Das Waffelmuster entstand mit zwei Fahrten in diagonaler Richtung zu den Spalten. Dabei zeigte sich, dass eine Schädigung der Spaltenkanten auch bei minimalen Arbeitstiefen unvermeidlich ist. Die entstandenen Grate wurden mit einem Winkelschleifer entfernt. Das Verfahren HDW (Abb. 9) erfolgte mit



Abb. 6: Oberfläche eines Spaltenboden-Elements, auf dem die Sanierungsschritte erfolgten; Ausgangszustand nach 18 Jahren Nutzungsdauer.



Abb. 8: Sanierungsverfahren Rillen fräsen diagonal mit Rundlamellen in zwei Arbeitsschritten (Waffelmuster).



Abb. 7: Sanierungsverfahren Rillen fräsen in Längsrichtung mit Rundlamellen.



Abb. 9: Sanierungsverfahren Hochdruck-Wasserstrahl mit Strahlmittel 0,6–1 mm; erst durch komplettes Abtragen der Kalkschichten entsteht die erforderliche Rutschfestigkeit.

500 bar Wasserdruck und mit einer Wassermenge von 28 l/min. Das Strahlmittel wurde mit einer Ansauglanze und Dosiervorrichtung direkt aus einem Sack angesogen. Es bestand aus Schlacke mit den Körnungen 0,6–1 und 1,5–2,8 mm. Die Düsendistanz zum Boden betrug zirka 20 cm. Der Strahlmittelverbrauch lag bei 12 kg pro m<sup>2</sup>, kann jedoch unter Praxisbedingungen je nach Ausgangszustand der Oberflächen erheblich variieren. Wegen des hohen Drucks in Geräten und Leitungen sowie der Gefährdung durch Strahlmittel ist bei dieser Arbeit eine komplette Schutzkleidung erforderlich (Abb. 10). Es ist auch ratsam, angrenzende Liegeflächen entsprechend abzudecken. Zur Haltbarkeit dieses Sanierungsverfahrens liegen noch keine Erfahrungen vor, in Anlehnung an ähnliche Oberflächenstrukturen dürfte sie im Bereich von mindestens 3 bis 4 Jahren liegen. Auch Spaltenböden sind regelmässig zu reinigen, damit die rutschhemmende Wirkung der Oberflächenstruktur zum Tragen kommt. Oft ist dabei ein vorgängiges Einweichen erforderlich. Die regelmässige Reinigung ist zudem ein Beitrag für die Klauengesundheit.



Abb. 10: Beim Einsatz des Verfahrens Hochdruck-Wasserstrahl ist eine komplette Körperschutz-Ausrüstung erforderlich. Eine entsprechende Arbeitsanweisung ist für dieses Verfahren unabdingbar.

## Spaltenböden vor der Sanierung beurteilen

Beim Entscheid, ob und mit welchem Verfahren saniert werden soll, sind Alter und Zustand des Spaltenbodens entscheidend. Fachgerecht hergestellte Flächenroste ermöglichen hinsichtlich Statik eine Nutzungsdauer von rund 20 Jahren; bei befahrbaren Flächen dürfte diese etwas tiefer sein. Bei der Herstellung von Spaltenböden wurde früher oft eine zu geringe Betonüberdeckung der Bewehrung eingehalten. 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 einen Fachmann ist vorerst die einzige wirksame Kontrolle und Präventionsmöglichkeit gegen Einstürze. Eine Zustandskontrolle mit Hilfe eines Endoskops ist sehr zeitaufwändig und daher nur für eine stichprobenartige Kontrolle geeignet (Van Caenegem 2001). Sind schon Risse vorhanden, kann durch Erschütterungen der Verbund zwischen Bewehrung und Beton weiter geschwächt werden. Die Risse sind nicht nur in der Mitte der Elemente zu suchen, sondern auch an beiden Enden (Auflager). Längsrisse über längere Strecken im Auflagerbereich deuten darauf hin, dass ein Risiko auf Ausreissen des Armierungsstabs besteht. Für Arbeiten in Kanälen und Gruben sind unbedingt die erforderlichen Massnahmen zur Unfallverhütung zu beachten (BUL/agriss, Broschüre 7).

## Mehrmaliges Sanieren?

Die Frage, ob eine mechanische Sanierung mehrmals möglich ist, stellt sich vor allem bei Böden mit statischen Funktionen. Ob mehrmaliges Abtragen an einem Betonboden möglich ist, hängt vom Materialabtrag pro Sanierungsschritt ab. 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 hat eine Minderung der Nutzlast von etwa 8 % zur Folge. Der gleiche Materialabtrag hat auch eine Zunahme der Durchbiegung von etwa 20 % zur Folge. Je grösser die Durchbiegung, desto grösser auch die Gefahr für Risse. Dadurch kann die Bewehrung korrodieren und expandie-

ren, 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.

## 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 3–4 mm gewährleistet sein. Für Spaltenböden ist vorher zu prüfen, ob die statischen Voraussetzungen gegeben sind (siehe Kapitel «Spaltenbö-

den vor der Sanierung beurteilen»). Mit Blick auf die Kosten ist eine Sanierung von Spaltenböden mit Gummibelägen nur zu empfehlen, wenn die noch zu erwartende Lebensdauer der Spaltenelemente ebenso gross ist, wie diejenige des Gummibelags. Bei Flächenelementen kann es darum gehen, verletzungsträchtige 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 (Abb. 11). 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

**Tab. 3: Bewertung Rillieren-Aufräuen / Beton plan befestigt auf Praxisbetrieben**  
Angaben zu Tieren, Stall und Bewertungsparametern

		Betrieb 1	Betrieb 2	
<b>Tiere</b>	Anzahl	35	27	
	Rassen	Brown-Swiss	Brown-Swiss / Holstein	
<b>Stall</b>	Liegeboxen	Tiefboxen	Tiefboxen	
	Laufgang Liegebereich	in Liegehalle zwischen Liegeboxen	in Boxenlaufstall mit zwei gegenständigen Liegeboxenreihen und zwei Laufgängen	
	Laufgang Fressbereich	im Aussenbereich kombiniert mit Laufhof		
	Entmistungstechnik	mobil	stationär	
	Kratzbürste	elektrisch	fest installiert	
<b>Bodenmaterial</b>	Alter im Ausgangszustand	6–25 Jahre	14 Jahre	
	Betonart	B35/25, Korn 0–32	B35/25, Korn 0–32	
<b>Bodenparameter</b>	Rutschfestigkeit	SRT-Pendelgerät (vor Sanierung)		
		GMG (Haft- und Gleitreibwerte)		
<b>Verhaltensparameter</b>	Fortbewegungsverhalten	Schrittlänge und Kopfhaltung		
		Rasche Fortbewegung (Traben, Galopp, Springen)		
		Ausrutschen	Gang Fressbereich	
			Gang Liegebereich	
		Fallen (ganzer Laufbereich)		
Komfortverhalten mit Körperdrehung				
Brunstverhalten		Aufreiten (alle Ereignisse)		
<b>Klauen-gesundheit</b>	Klauenbonitur, Innen- und Aussenklaua getrennt	Zwischenklauenspalt, Schwellungen		
		Geschwüre, Fäule		
		Risse und Blutungen		

Erhebungen vor und nach Sanierung

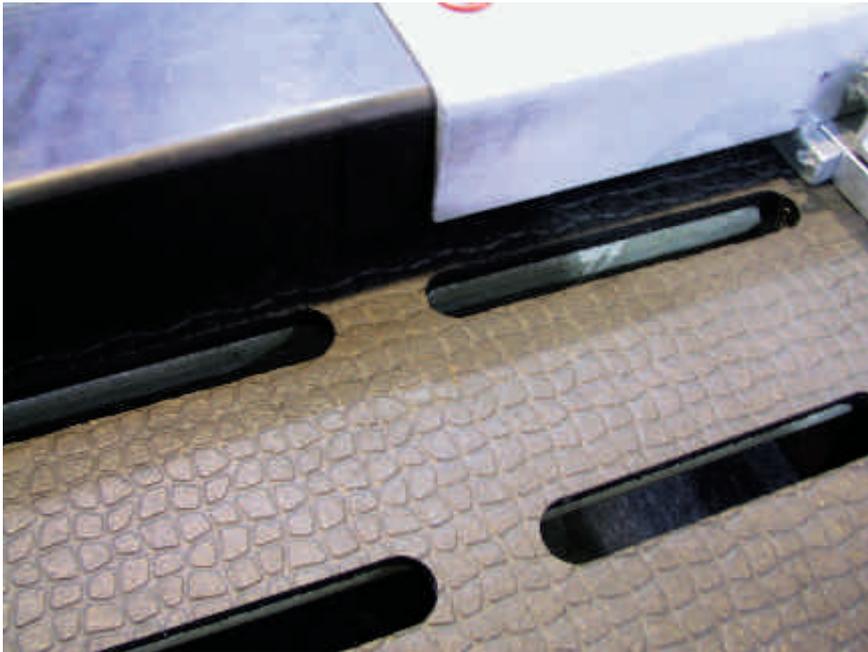


Abb. 11: Die Perforation des elastischen Gummibelags muss genau auf den Spaltenboden abgestimmt sein. Anpassungen an der Entmistungstechnik sind unerlässlich.

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. Je nach Hersteller betrifft dies den Reifendruck, die Fahrgeschwindigkeit und maximale Punktlasten. Die Sanierung mit Gummibelägen kann für den ganzen Laufbereich oder auch nur für Teilflächen, zum Beispiel an stark beanspruchten Stellen (zum Beispiel Putzbürste, Treibwege, Tränkestellen), erfolgen. Elastische Gummibeläge weisen bei entsprechender Reinigung eine hohe Rutschfestigkeit auf. Damit keine Tiere auf die Gummibeläge in den Laufgängen liegen, müssen optimal eingestellte und gepflegte Liegeboxen vorhanden sein.

### Bewertung auf planbefestigten Betonböden

Um bessere Grundlagen zur Bewertung von mechanischen Sanierungsverfahren zu erhalten, wurde das kombinierte Verfahren Rillieren-Aufrauen auf zwei Praxisbetrieben genauer untersucht (Thalmann 2006). Eine Bewertung der Sanierungsmethode

erfolgte anhand von tierbezogenen und bodenbezogenen Parametern (Tab. 3). Die Eignung der Sanierung wurde durch den Vergleich der Parameter vor und nach der Sanierung bewertet. Bei den bodenbezo-

genen Parametern wurden SRT- und Gleitreibwerte gemessen (siehe Kästchen). Die Messungen erfolgten im Fressbereich sowie im Gang zwischen den Liegeboxen an je vier Messorten in Längs- und Querrichtung. Zu den mit Direktbeobachtung erfassten Verhaltensparametern gehörten das Fortbewegungs-, Körperpflege- und Brunstverhalten. Für die Beurteilung der Klauen wurden unter anderem Veränderungen wie Schwellungen, Geschwüre, Risse und Blutungen in verschiedenen Zonen der Klaue untersucht.

Durch die Sanierung stiegen die Gleitreibwerte an. Die Kategorisierung der Gleitreibwerte ermöglicht eine differenziertere Beurteilung als die in der Literatur anhand von Mittelwerten beschriebene. Wesentlich erscheint dabei einerseits die Verschiebung der Kategorien von 0,2–0,3 nach 0,3–0,45  $\mu$ . In diesem Bereich waren jeweils vor beziehungsweise nach der Sanierung über 50 % der Werte angesiedelt. Andererseits zeigen die Kategorien über 0,45  $\mu$  die deutliche Zunahme der Makrorauheit nach der Sanierung (Abb. 12). Dabei wurden scharfkantige Flächen und Grate in der Kategorie  $>0,55 \mu$  sichtbar. Diese waren allerdings bereits nach fünf Wochen durch die Nutzung entschärft. Die Rutschfestigkeit wurde in Längs- und Querrichtung in nahezu gleichem Ausmass erhöht.

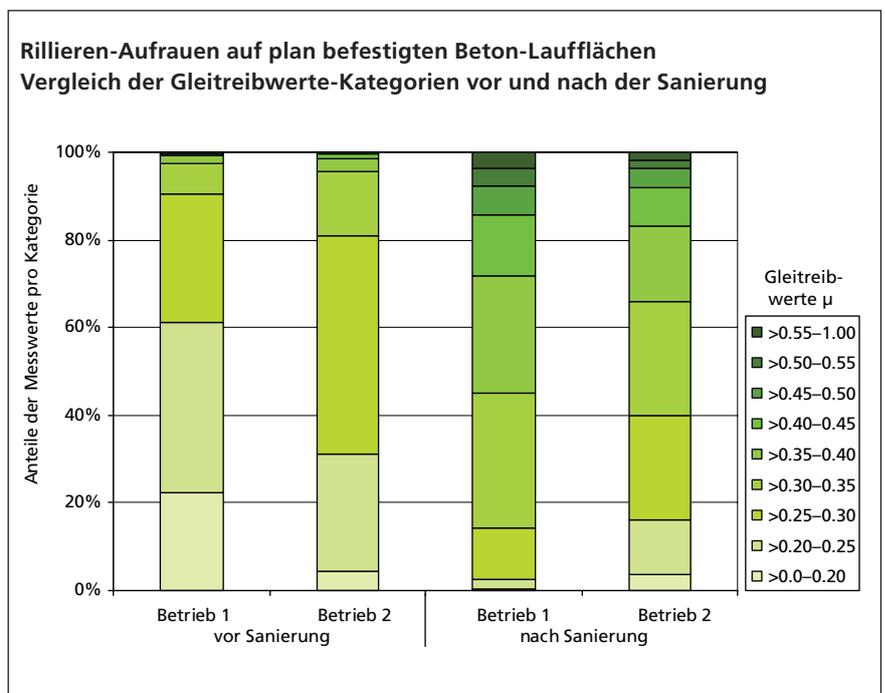


Abb. 12: Gleitreibwerte-Kategorien vor und nach der Sanierung mit Rillieren-Aufrauen auf planbefestigten Beton-Laufflächen der beiden Praxisbetriebe. Die Kategorien mit tiefen Werten ( $\leq 0,3 \mu$ ) widerspiegeln die Anteile mit geringer und jene  $> 0,35 \mu$  solche mit hoher Rutschfestigkeit. Nach der Sanierung zeigen die Kategorien  $> 0,45 \mu$  eine deutliche Zunahme der Makrorauheit.

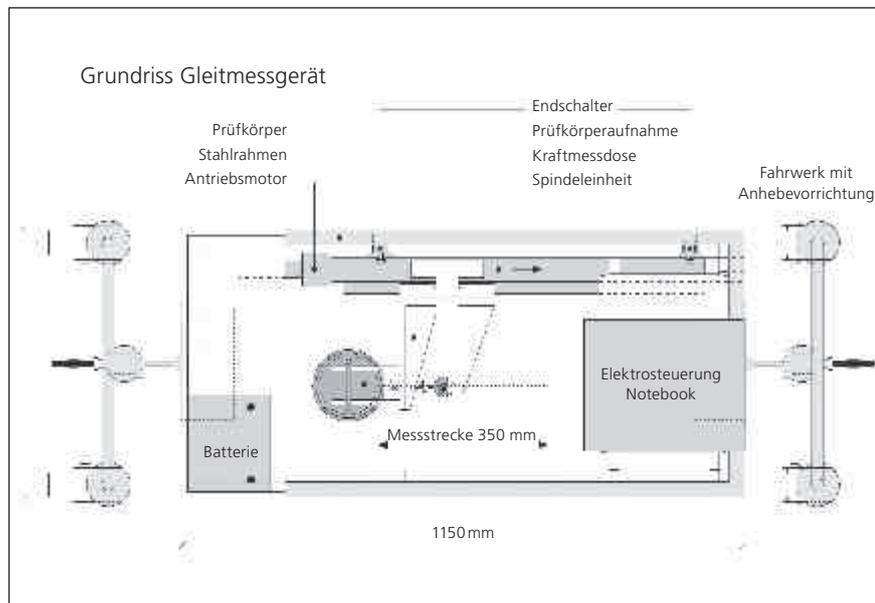


Abb. 13: Zur Messung der Rutschfestigkeit wird mit dem Gleitmessgerät (GMG, Modell 05) ein Prüfkörper, der eine Klaue simuliert, über eine Messstrecke von 350 mm gezogen. Pro Millimeter werden fünf Messwerte (Gleitreibungskoeffizient  $\mu$ ) abgespeichert.

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

Stallbereich	Betrieb 1 (35 Kühe)				Betrieb 2 (27 Kühe)			
	Anzahl Ausrutschen pro Tag [n]			Anteil <sup>1)</sup> infolge Interaktion I (%)	Anzahl Ausrutschen pro Tag [n]			Anteil <sup>1)</sup> infolge Interaktion I (%)
	Vor	Nach	p-Wert		Vor	Nach	p-Wert	
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

Das Ausrutschen beim Gehen auf den Laufflächen nahm nach der Sanierung deutlich ab (Tab. 4). Die Untersuchung der Klauen ergab keine Zunahme der schadensträchtigen Befunde durch das mechanische Aufrauen und Rillieren. Eine Zunahme der Risse in der «Weissen Linie» (Linea alba) vier Wochen nach der Sanierung war nach sechs Monaten nicht mehr sichtbar.

### Oberflächenstruktur und Rutschfestigkeit

In Abbildung 14 sind die verschiedenen mechanischen Sanierungsverfahren mit entsprechenden Gleitreibungswerten aufgeführt. Das Verfahren Rillieren-Aufrauen und HDW fein erscheinen hier auf ähnlichem Niveau wie die Referenz «Spaltenboden neu». Diese Oberflächen erzielen Gleitreibungswerte zwischen 0,37 und 0,39  $\mu$ . Die Darstellung in Kategorien (Abb. 15) zeigt die Unterschiede differenzierter. Der erhebliche Unterschied zwischen HDW grob und fein ergab sich durch einen Anteil unbearbeiteter Teilflächen bei HDW grob. Intensiveres Bearbeiten führte jedoch mit diesem Verfahren zu starken Schäden an den Spaltenkanten. Bei den Verfahren «Rillieren diagonal» und «Rillieren längs» werden die Auswirkungen unbearbeiteter Flächen noch deutlicher: Trotz homogener Bearbeitung ergeben diese Verfahren nur geringfügige Verbesserungen der Rutschfestigkeit. Ein gravierender Nachteil beider Rillierungs-Verfahren auf Spaltenböden ergibt sich durch die Verletzung der Spaltenkanten (Abb. 16).

## Methodik zur Messung der Rutschfestigkeit

### Bisheriges Messverfahren: SRT-Pendelgerät

Das Prinzip des SRT-Geräts beruht auf dem Reibenergieverlust eines am Pendelarm befestigten Gleitkörpers mit Prüfgummi Auflage (Breite = 76,5 mm). Dieser gleitet über eine definierte Oberfläche (Gleitlänge) von 126 ±1 mm, schwingt mit seiner Restenergie durch und führt dabei einen Schleppzeiger über die Messskala. Am Ort, an dem der Zeiger stehen bleibt, wird die ermittelte Reibungszahl – der SRT-Wert – angezeigt. Die Messung muss auf gereinigten, nassen Böden durchgeführt werden. Die Mikrorauheit wird mit dem SRT-Gerät stark gewichtet; Grobstrukturen wie gefräste Rillen sind nicht erfassbar.

### Neues Messverfahren: Gleitmessgerät (GMG)

Das GMG des DLG-Testzentrums Technik & Betriebsmittel, Gross-Umstadt, wurde weiterentwickelt (Abb. 13). Mit diesem Verfahren sind die Flächen auch unter Praxisbedingungen, das heisst in verschmutztem Zustand erfassbar, und die Messergebnisse werden elektronisch abgespeichert.

Bei der Messung 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 Millimeter fünf Gleitreibungswerte erfasst; woraus 1716 auswertbare Werte pro Messstrecke resultieren.

Für den Vergleich der Sanierungsverfahren unter Labor- und Praxisbedingungen wurden alle Flächen gereinigt und nass gemessen.

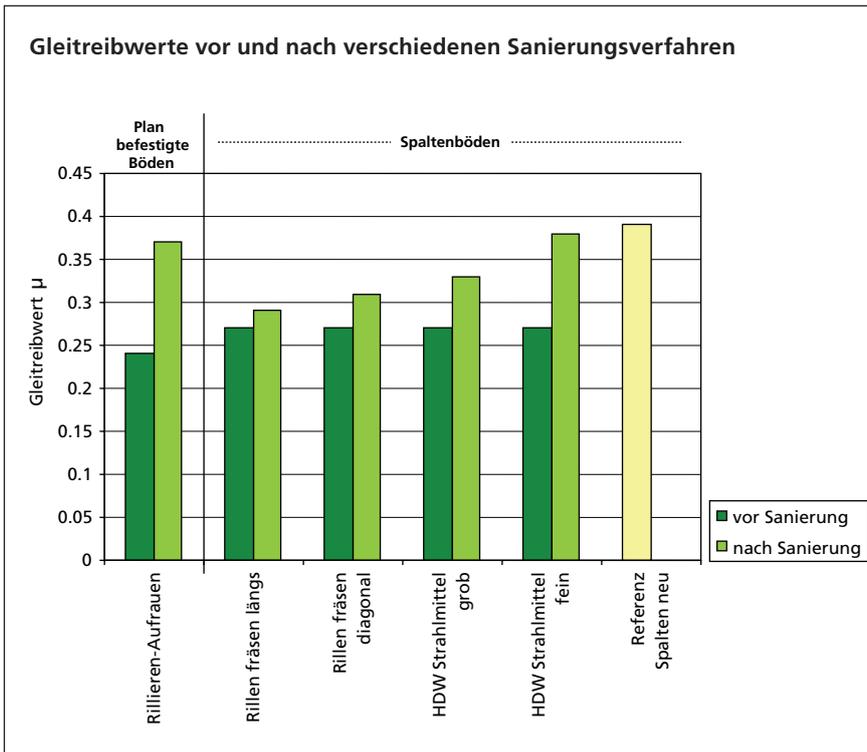


Abb. 14: Mit den Mittelwerten der Gleitreibwerte ergibt sich eine grobe Übersicht zu den Effekten der Sanierungsverfahren auf die Rutschfestigkeit. Die besten Ergebnisse resultieren auf Spaltenböden mit dem Verfahren «Hochdruck-Wasserstrahl mit Strahlmittel fein»; auf gleichem Niveau befindet sich das Referenzprodukt (neu) sowie das Verfahren «Rillieren-Aufrauen auf planbefestigten Böden».

Grate und Kanten bilden eine erhebliche Verletzungsgefahr für die Klauen. Neben akuten Verletzungen ergibt sich ein übermäßiger Abtrag des Tragrandes und des Sohlensegments der Klauen. Ein Nachbearbeiten ist daher mit entsprechenden Werkzeugen zwingend. Durch den beidseitigen Materialabtrag an den Spaltenkanten erweitert sich damit die Spaltenweite um mindestens 5 mm (Abb. 17 und 8). Um die Vorgaben an Spaltenweiten einzuhalten, kommt eine solche Massnahme nur für Rinder beziehungsweise Kühe mit mehr als 200 kg Lebendgewicht auf Böden mit Spaltenweiten von  $\leq 30$  mm in Frage. Die geschilderte Problematik stellt sich ebenso bei Sanierungsverfahren mit Diamantfräsen (Zevenbergen 2006). Resultieren durch eine Sanierung nur geringe Verbesserungen der Rutschfestigkeit und gleichzeitig Schäden an den Spaltenkanten, sind die genannten Fräsverfahren für Spaltenböden in den meisten Fällen als nicht tiergerecht einzustufen. Für eine Weiterentwicklung solcher Verfahren muss die Schonung der Spaltenkanten und des Betongefüges Hauptaugenmerk sein. Ausgehend von den heute verfügbaren Sanierungsgeräten müssten Werkzeugtrommeln und die Antriebe neu konzipiert werden.

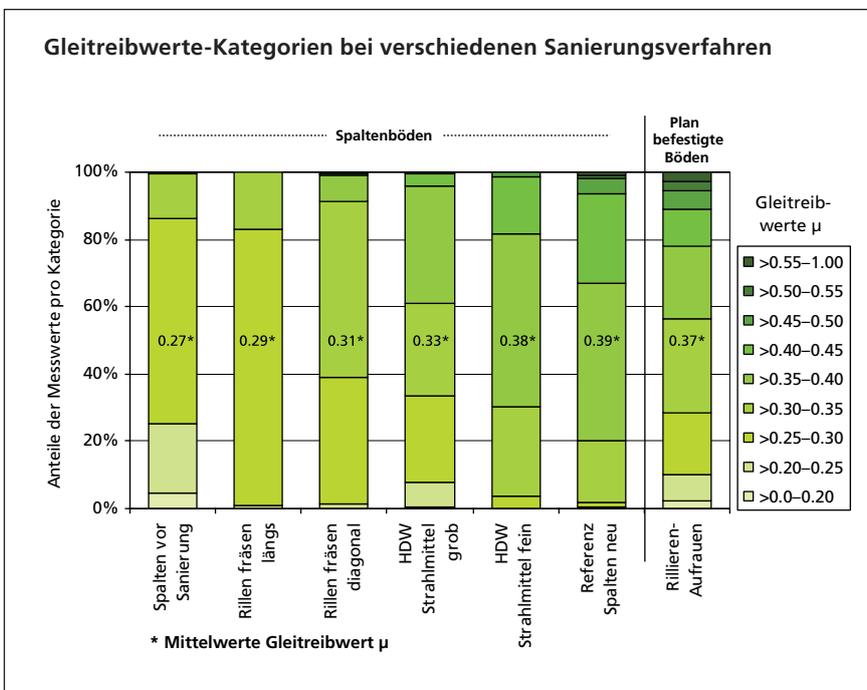


Abb. 15: Die Gleitreibwerte-Kategorien ergeben ein differenziertes Bild über die Auswirkungen der veränderten Oberflächenstrukturen auf die Rutschfestigkeit. Sanierungsverfahren bei denen die ganze Oberfläche bearbeitet wird, erreichen eine ähnliche Kategorien-Verteilung wie das neue Referenzprodukt mit ausgeglichener Mikro- und Makrorauheit und hoher Griffigkeit.



Abb. 16: Ganzflächiges Fräsen auf Spaltenböden führt zu Ausbrechungen an den Spaltenkanten. Die scharfen Kanten und Grate bilden eine grosse Verletzungsgefahr für die Klauen.



Abb. 17: Beschädigte Spaltenkanten erfordern eine Nachbearbeitung mit entsprechenden Werkzeugen. Durch den beidseitigen Materialabtrag an den Spaltenkanten erhöht sich damit die Spaltenweite um mindestens 5 mm.

## Investitionen und Jahreskosten

In Tabelle 5 sind die Investitionen und Jahreskosten der verschiedenen Sanierungsverfahren pro 100m<sup>2</sup> 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 Fr. 27.– eingerechnet. Allfälliges Fachpersonal der Firmen, die Geräte und Material lieferten, ist nicht berücksichtigt. Zur Berechnung der Jahreskosten wurde mit einem mittleren Zins von 2,4 % gerechnet. Die Abschreibungsdauer wurde je nach der zu erwartenden Nutzungsdauer des jeweiligen Verfahrens festgelegt. Der Arbeitszeitbedarf des Verfahrens Rillieren-Aufräumen ist stark von der Anordnung der Teilflächen abhängig und beträgt rund 7 Stunden pro 100m<sup>2</sup>. Auch die Investitionen für dieses Verfahren sind stark flächenabhängig, weil für die Geräte neben den Verschleissteilen meist eine Tagespauschale verrechnet wird. Für eine Fläche von 100m<sup>2</sup> entstehen Investitionen von rund Fr. 660.–. Bei einer Nutzungsdauer von fünf Jahren betragen die Jahreskosten in diesem Fall Fr. 1.50 pro m<sup>2</sup>. Ebenfalls kos-



Abb. 18: Sicheres Laufen setzt eine rutschhemmende Oberflächenstruktur voraus; das Sanierungsverfahren Rillieren-Aufräumen berücksichtigt Anforderungen der Tiere und der Verfahrenstechnik.

tengünstig ist das chemische Aufräumen. Die Flächenleistung variiert dabei je nach Verschmutzungsgrad vor der Sanierung; bei drei Bearbeitungsschritten mit Säure sind für 100m<sup>2</sup> rund 6 Stunden nötig. Bei

Verwendung von Zitronensäure entstehen damit Investitionen von rund Fr. 250.–; bedingt durch die geringe Haltbarkeit entspricht dies auch den Jahreskosten. Bei HDW ist der Arbeitszeitbedarf mit 7,5 Stunden etwas höher als beim Rillieren-Aufräumen. Die erforderlichen Investitionen von Fr. 1753.– ergeben sich durch den hohen Strahlmittelverbrauch. Bei einer Nutzungsdauer von vier Jahren ergeben sich dabei für 100m<sup>2</sup> Jahreskosten von Fr. 480.–. Die Investitionen für Gummibeläge erscheinen mit rund Fr. 7400.– für planbefestigte und rund Fr. 10000.– für Spaltenböden vergleichsweise hoch. Dabei sind jedoch die Vorteile durch die Elastizität und die höhere Nutzungsdauer (mindestens 10 resp. 8 Jahre) mit zu berücksichtigen. In den Jahreskosten von Fr. 1100.– resp. Fr. 1700.– sind bei den Gummibelägen 2 % Reparaturkosten mit eingerechnet.

Tab. 5: Investitionen und Jahreskosten

		Sanierungsverfahren				
		Rillieren-Aufräumen	Gummibelag	Säure	HDW	Gummibelag
<b>Investitionen Sanierung</b>		plan befestigt		Spaltenboden		
Arbeitszeitbedarf	AKh/100 m <sup>2</sup>	7.1	12.9	6.0	7.5	11.1
Arbeitskosten bei Fr. 27.–/h	Fr./100 m <sup>2</sup>	193	347	162	203	301
Material und Hilfsstoffe	Fr./100 m <sup>2</sup>	467	7100	85	1550	9900
<b>Total Investition Sanierung</b>	Fr./100 m <sup>2</sup>	660	7447	247	1753	10201
<b>Kostenrechnung</b>	Abschreibung	20.0 %	10.0 %	100 %	25.0 %	12.5 %
	mittlerer Zins	2.4 %	2.4 %	2.4 %	2.4 %	2.4 %
	Reparaturen	0%	2.0 %	0 %	0 %	2.0 %
	Total %	22.4%	14.4%	102.4 %	27.4 %	16.9 %
<b>Total Jahreskosten inkl. Arbeit</b>	Fr./100 m <sup>2</sup>	148	1072	253	480	1724

## Schlussfolgerungen

Die rasche Abnahme der Rutschfestigkeit von Beton-Laufflächen erfordert geeignete Sanierungsverfahren. Dabei müssen gleichzeitig Anforderungen 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.

## Literatur

BUL / agriss, Gasgefahren in der Landwirtschaft. Broschüre Nr. 7/02103, Beratungsstelle für Unfallverhütung in der Landwirtschaft (BUL), S. 710.

Mülling C., 2006. Laufflächen für Milchkühe – Ausführung und Sanierung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. KTBL-Heft 60, S. 8, 39–45.

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, S. 1–8.

Thalmann C., 2006. Bewertung der Sanierung planbefestigter Betonböden anhand von Klauenuntersuchungen, Verhaltensbeobachtungen und bodenbezogener Parameter. Masterarbeit am Institut für Nutztierwissenschaften (INW) der ETH Zürich.

Voges T., 2004. Morphometrical analysis for the microstructure of hoof horn and its interaction with flooring systems. Proceedings of the 13th International Symposium on Lameness in Ruminants, Maribor/Slovenia, S. 86–88.

Von Beschwitz E., 2002. Einfluss von Wasser und Säurebehandlung auf die Rutschfestigkeit von Laufflächen in Milchviehställen. Diplomarbeit an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

Sekul W., 2005. Versuch zur Säurebehandlung von Spaltenböden. Interner Bericht. LVVG Aulendorf.

Weber R. 1985. Trittsicherheit von Stallbodenbelägen; FAT-Berichte Nr. 280. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (ehemals FAT), Ettenhausen.

Zevenbergen G., 2006. Sanierung von Stallböden: Mit Diamanten wird's am rauesten. Untersuchungen am Institut für Landbau und Fischzucht, B-Merelbeke. PROFIL VEREDLUNGSTECHNIK 5/2006, S. 62.

Van Caenegem L., 2001. Tragsicherheit von Betonspaltenelementen. Regelmässige Zustandskontrolle erforderlich. FAT-Berichte Nr. 564. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (ehemals FAT), Ettenhausen.

Anfragen über andere landtechnische Probleme sind an die unten aufgeführten Berater für Landtechnik zu richten.  
Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen angefordert werden,  
Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-Mail: [doku@art.admin.ch](mailto:doku@art.admin.ch), Internet: <http://www.art.admin.ch>

<b>ZH</b>	Mayer Gerd, Strickhof, 8315 Lindau, Telefon 052 354 98 11 Blum Walter, Strickhof, 8315 Lindau, Telefon 052 354 99 60	<b>FR</b>	Kilchherr Hansruedi, Landw. Schule Grangeneuve 1725 Posieux, Telefon 026 305 58 50
<b>BE</b>	Jutzeler Martin, Inforama Berner Oberland, 3702 Hondrich, Telefon 033 654 95 45 Marti Fritz, Inforama Rütli und Waldhof, 3052 Zollikofen, Telefon 031 910 52 10 Hofmann Hans Ueli, Inforama Rütli und Waldhof, 3052 Zollikofen, Telefon 031 910 51 54	<b>SO</b>	Wyss Stefan, Landw. Bildungszentrum Wallierhof, 4533 Riedholz, Telefon 032 627 09 62
<b>LU</b>	Moser Anton, LBBZ Schüpfheim, 6170 Schüpfheim, Telefon 041 485 88 00 Widmer Norbert, LBBZ, Sennweidstrasse, 6276 Hohenrain, Telefon 041 910 26 02	<b>BL</b>	Ziörjen Fritz, Landw. Zentrum Ebenrain, 4450 Sissach, Telefon 061 976 21 21
<b>UR</b>	Landw. Beratungsdienst, Aprostr. 44, 6462 Seedorf, Telefon 041 871 05 66	<b>SH</b>	Landw. Beratungszentrum Charlottenfels, 8212 Neuhausen, Telefon 052 674 05 20
<b>SZ</b>	Landolt Hugo, Landw. Schule Pfäffikon, 8808 Pfäffikon, Telefon 055 415 79 22	<b>AI</b>	Inauen Bruno, Gaiserstrasse 8, 9050 Appenzell, Telefon 071 788 95 76
<b>OW</b>	Müller Erwin, BWZ Obwalden, 6074 Giswil, Telefon 041 675 16 16 Landwirtschaftsamt, St.Antonistr. 4, 6061 Sarnen, Telefon 041 666 63 58	<b>AR</b>	Vuilleumier Marc, Landwirtschaftsamt AR, 9102 Herisau, Telefon 071 353 67 56
<b>NW</b>	Scheuber Roland, Landwirtschaftsamt, Kreuzstr. 2, 6371 Stans, Telefon 041 618 40 01	<b>SG</b>	Lehmann Ueli, Landwirtschaftliches Zentrum SG, 9465 Salez, Telefon 081 758 13 19 Steiner Gallus, Landwirtschaftliches Zentrum SG, 9230 Flawil, Telefon 071 394 53 94
<b>GL</b>	Amt für Landwirtschaft, Postgasse 29, 8750 Glarus, Telefon 055 646 67 00	<b>GR</b>	Merk Konrad, LBBZ Plantahof, 7302 Landquart Telefon 081 307 45 25
<b>ZG</b>	Gut Willy, LBBZ Schluechthof, 6330 Cham, Telefon 041 784 50 50 Furrer Jules, LBBZ Schluechthof, 6330 Cham, Telefon 041 784 50 50	<b>AG</b>	Müri Paul, LBBZ Liebegg, 5722 Gränichen, Telefon 062 855 86 27
		<b>TG</b>	Baumgartner Christof, Fachstelle Beratung und Landtechnik, Amriswilerstr. 50, 8570 Weinfelden, Telefon 071 622 10 23
		<b>TI</b>	Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola, 6501 Bellinzona, Telefon 091 814 35 53
		<b>AGRIDEA</b>	Abteilung Landtechnik, 8315 Lindau, Telefon 052 354 97 00

### Impressum

Herausgeber: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART,  
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Die ART-Berichte erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. – Jahresabonnement  
Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: ART, Bibliothek,  
CH-8356 Ettenhausen. Telefon +41 (0)52 368 31 31, Fax +41 (0)52 365 11 90,  
[doku@art.admin.ch](mailto:doku@art.admin.ch), <http://www.art.admin.ch>

Die ART-Berichte sind auch in französischer Sprache als «Rapports ART» erhältlich.  
ISSN 1661-7568.

Die ART-Berichte sind im Volltext im Internet ([www.art.admin.ch](http://www.art.admin.ch))