

Beat Steiner, Michael Kilian, Bernhard Haidn und Margret Keck

# Optische Kenngrößen zum Vergleich von Laufflächen in Ställen

Neben den Anforderungen der Tiergerechtheit und Verfahrenstechnik müssen Laufflächen-Materialien in Ställen zukünftig auch Funktionen der Emissionsminderung erfüllen. In der vorliegenden Arbeit wurden mit 3-D-Topografiemessungen emissionsrelevante optische Kenngrößen, wie offenes und geschlossenes Leervolumen und Topografiertiefe erfasst. Feinstrukturierte Oberflächen, z. B. ein geglätteter Spaltenboden, hatten kleine Volumina, während bei einem Beton-Profilboden oder bei einer Gummimatte mit Vertiefungen große Volumina resultierten. Auf Praxisbetrieben wurden alternder Gussasphalt rauer und Beton glatter. Um Ammoniakemissionen zu mindern, sind Oberflächenstrukturen mit geringem Leervolumen anzustreben.

## Schlüsselwörter

Laufflächen, Rindvieh, Laufstall, Emission, Topografie, Oberflächenstruktur

## Keywords

Floors, cattle, loose housing, emission, topography, surface texture

## Abstract

Steiner, Beat; Kilian, Michael; Haidn, Bernhard and Keck, Margret

## Optical parameters for the assessment of floors in cattle housing

Landtechnik 65 (2010), no. 5, pp. 346-349, 4 figures, 2 tables, 7 references

In addition to meeting requirements relating to animal welfare and process technology, floor materials must in future also comply with functions for emission reduction. In this issue emission-relevant optical parameters such as open and closed void volume and topographical depth were recorded by optical 3-D-surface measurement. Finely-textured surfaces such as a smoothed slatted floor had low volumes, whereas concrete profiled floors or a rubber mat with dish-shaped hollows gave high volumes. On commercial farms opposite effects were apparent: mastic asphalt got rougher and concrete got smoother due to the ageing effect. With a view to reducing ammonia emissions the aim should be to use surface textures with a low void volume.

■ Laufflächen wurden bisher vor allem hinsichtlich Tierverhalten und Klauengesundheit verglichen. Zur Beurteilung von neuen Materialien sind jedoch neben der Rutschfestigkeit auch Kenngrößen erforderlich, mit welchen sich baulich-technische Maßnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen ableiten lassen. Das am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft entwickelte Topografie-Messgerät ermöglicht die dreidimensionale Aufnahme von zahlreichen Oberflächenmerkmalen [1]. Ziel von Untersuchungen an der Forschungsanstalt Reckenholz-Tänikon ART war es, emissionsrelevante Kenngrößen anhand der Topografiemessung zu evaluieren, praxisübliche und neue Materialien vergleichend zu beschreiben sowie Hinweise zur Emissionsminderung abzuleiten.

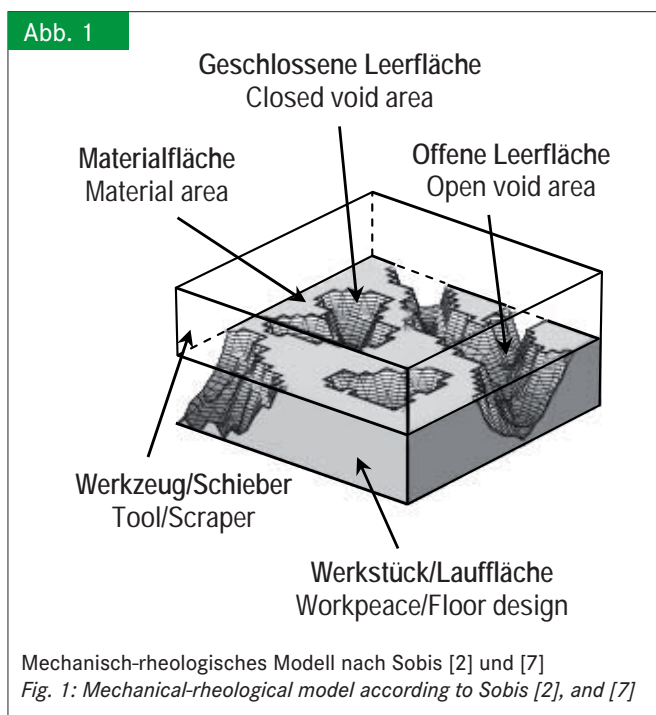
## Beschreibung technischer Oberflächen

Die theoretische Grundlage für die Beschreibung technischer Oberflächen ist das von Sobis [2] entwickelte mechanisch-rheologische Modell aus der Blechumformung. Dieses unterscheidet Materialflächen sowie offene und geschlossene Leerflächen (**Abbildung 1**). Die Volumina auf der Oberfläche sind abhängig von der Anzahl und der Größe der volumenbildenden Flächen und von der Topografiertiefe  $S_t$ . Bei den nach allen Seiten abgeschlossenen Leerflächen kann das Kot-Harn-Gemisch im Gegensatz zu den offenen Leerflächen (mindestens eine Seite offen) nicht abfließen, da diese nach allen Seiten begrenzt sind.

## Funktionsrelevante Kenngrößen für Laufflächen

Eine Zuordnung von funktionsrelevanten Oberflächeneigenschaften der Laufflächen (**Tabelle 1**) erfolgte aus Sicht der Tiergerechtheit und der  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Auf den Laufflächen ist auch die Restverschmutzung von Bedeutung, die sich nach der mechanischen Entmistung noch auf den Flächen bzw. in den

Abb. 1



geschlossenen Leerflächen befindet. Die  $S_t$  wirkt sich auf Volumenkonstanten aus und ermöglicht es zudem, Eigenschaften der Tiergerechtigkeit wie Punktbelastung und Rutschfestigkeit besser zu beschreiben.

### Methodik der Topografiemessung

Für die Messungen der vorliegenden Untersuchung kam das Topografiemessgerät wie bei Kilian [1] zum Einsatz. Dabei wird mit dem Scanner eine Laserlinie senkrecht auf die zu vermessende Oberfläche projiziert und ein Teil des Laserlichtes vom Objekt auf einen Detektor reflektiert. Nach dem Triangulationsprinzip wird daraus der Abstand zum Objekt berechnet. Die Messung erfolgte an insgesamt 16 verschiedenen Produkten unter Labor- und an drei Laufflächenmaterialien unter Praxisbedingungen. Im Labor wurden die Materialkategorien

- Beschichtungen mit Epoxidharz-Sand
- Gussasphalt
- Beton planbefestigt und perforiert
- Gummimatten

untersucht (Tabelle 2). In der Praxis erfolgten die Messungen auf 18 Betrieben mit den Materialien Gussasphalt, Beton planbefestigt und perforiert. Dabei wurden die Böden von je drei Betrieben in die Altersklassen unter drei und über neun Jahre eingeteilt. Die Materialien im Labor wurden an vier Messstellen in jeweils zwei Längs- und zwei Quermessungen erfasst, um eventuell vorhandene Unterschiede der Oberflächentextur durch die entsprechende Messrichtung zu berücksichtigen. Eine Messstelle bestand aus drei parallelen Messspuren von je  $186 \times 10$  mm. Die Messungen auf den Praxisbetrieben wurden an jeweils zehn Messstellen pro Stall durchgeführt. Alle Messungen erfolgten im Neuzustand bzw. in der Praxis auf

Tab. 1

Zuordnung funktionsrelevanter Oberflächeneigenschaften von Laufflächen

Table 1: Assignment of function-relevant surface characteristics of floors

Tiergerechtigkeit Animal welfare	NH <sub>3</sub> -Emissionen NH <sub>3</sub> emissions
Kanten/Grate/Punktbelastung Edges/burrs/concentrated load	Emissionsfläche und -volumen Emission area and volume
Abrasivität Abrasiveness	Drainierbarkeit Drainability
Verdrängungsraum Displacement space	Reinigungsfreundlichkeit Ease of cleaning
Rutschfestigkeit Slip resistance	Restverschmutzung Residual soiling

gereinigten Flächen. Die Daten wurden mit der Oberflächen-Software WinSAM ausgewertet. Das offene bzw. geschlossene Leervolumen wurde jeweils als Mittelwert von sechs Messungen dargestellt.

### Ergebnisse

Im Hinblick auf das Emissionsvolumen in Form des Kot-Harn-Gemisches wurden die beiden Kenngrößen offenes ( $V_{op}$ ) und geschlossenes ( $V_{cl}$ ) Leervolumen zusammengefasst. Bei den Oberflächen im Neuzustand ergaben sich im Mittel Volumina zwischen 260 und 1000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (Abbildung 2). Bodenausführungen mit fein strukturierten Oberflächen wie Mörtel-Beschichtungen oder ein stark geglätteter Spaltenboden (Beton perforiert 1) hatten tiefe Volumina. Die höchsten Werte resultierten bei groben Strukturen von Beton-Profilboden, Beton-Gummigranulat sowie bei Gummimatte 1 mit ausgeprägten Vertiefungen in Schüsselform (Abbildung 3). Der Anteil des  $V_{op}$  am Gesamtvolumen lag in der Regel unter 10 % des Gesamtvolumens. Eine Ausnahme bildete Gummimatte 1 mit einem Anteil von rund 25 % (207 von 838 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>). Die Topografiertiefe  $S_t$  betrug bei feinstrukturierten Oberflächen lediglich 0,6 bzw. 0,8 mm, bei groben Strukturen wie Gummigranulat und Profilboden 2,8 bzw. 2,4 mm.

Die Böden auf den Praxisbetrieben zeigten signifikante Unterschiede durch Alterungseffekte [1] (Abbildung 4). Bei Gussasphalt betrug die Volumina im Alter von unter drei Jahren im Mittel 430, bei solchen über neun Jahren 1810 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Planbefestigte Betonflächen ergaben Volumina von rund 750 (< 3 J.) und 610 (> 9 J.), perforierte solche von 310 bzw. 210 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Spaltenböden unter drei Jahren wiesen Topografiertiefen von 0,7, solche mit über neun Jahren 0,5 mm auf; bei planbefestigten Betonflächen ergaben sich 1,5 bzw. 1,2 mm.

### Drainierbarkeit sicherstellen

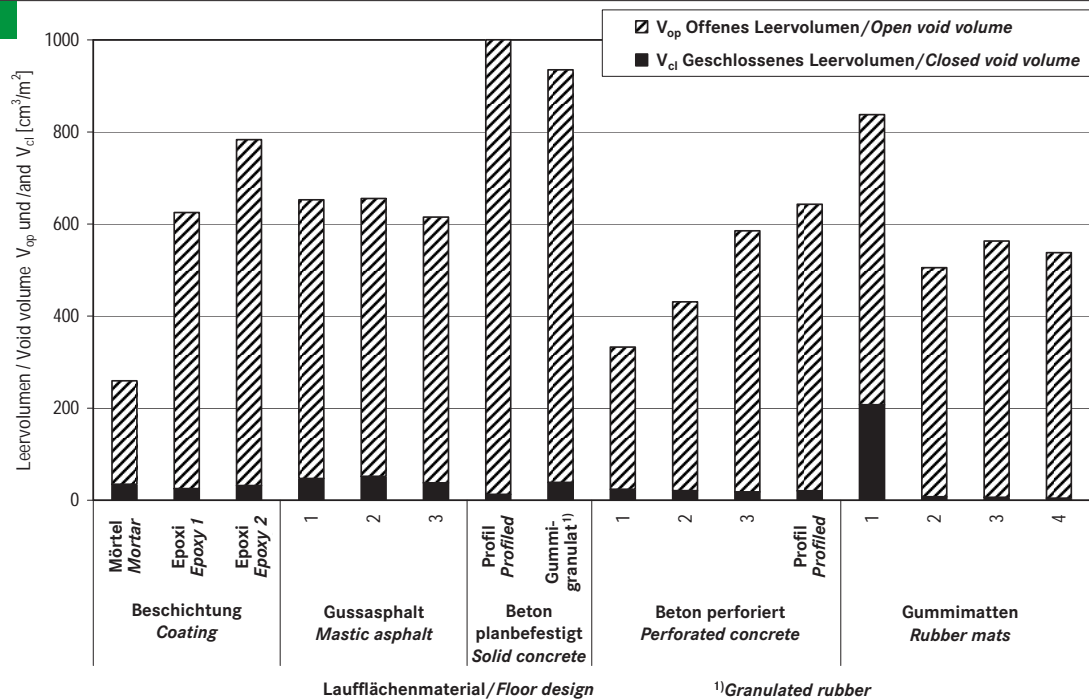
Für ein niedriges Emissionsvolumen sollte die Summe aus  $V_{cl}$  und  $V_{op}$  möglichst gering sein. Mit Blick auf andere funktionsrelevante Eigenschaften (Tabelle 1) ist jedoch ein mittlerer Bereich anzustreben. Je rauer Laufflächenmaterialien sind, desto

Tab. 2

Übersicht über die untersuchten Laufflächen-Materialien und Unterschiede in der Ausführung  
 Table 2: Overview of flooring materials investigated and differences in design

Bodenmaterial Floor design		Details zur Oberflächenbearbeitung Details of surface treatment		
Beschichtung Coating		Struktur/Körnung Texture/Grain size		
Beschichtung Coating	Mörtel/Mortar	3-Komponenten-Mörtel Mortar 3-components		
	Epoxi/Epoxy 1	0,1-0,6 mm		
	Epoxi/Epoxy 2	0,7-1,2 mm		
Gussasphalt Mastic asphalt	1	Quarzsand/Silica sand 1-1,7 mm		
	2	Quarzsand/Silica sand 1-2,2 mm		
	3	Rundsand/Round sand 1-2,2 mm		
Beton planbefestigt Solid concrete	Gummigranulat/Rubber granulate	2 kg/m <sup>2</sup>		
	Profiliert/Profiled	<b>Breite/Width</b>	<b>Tiefe/Deep</b>	<b>Abstand/Apart</b>
Beton perforiert Perforated concrete	Profiliert/Profiled	10 mm	2,5 mm	40 mm
	1	5 mm	1 mm	15 mm
	2	Geglättet/Smoothed		
Gummimatten Rubber mats	3	Mit Quarzsand abgestreut Surface-dressed with silica sand		
	1	Vertiefungen schüsselförmig Dish-shaped hollows		
	2	<b>Gripprofile/Grip profiles</b> Rillen zwischen Erhebungsflächen Grooves between raised areas: Breite/Width 1-3 mm Tiefe/Deep 1 mm		
	3			
	4			

Abb. 2



Ergebnisse der Kenngrößen offenes (V<sub>op</sub>) und geschlossenes (V<sub>cl</sub>) Leervolumen von verschiedenen Laufflächen-Materialien im Neuzustand  
 Fig. 2: Results of open (V<sub>op</sub>) and closed (V<sub>cl</sub>) void volume parameters of different as-new flooring materials

Abb. 3



Gummimatte 1  
Rubber mat 1

Gummimatte 2  
Rubber mat 2

Makroaufnahmen von Gummimatten 1 und 2 im Neuzustand.

Foto: ART

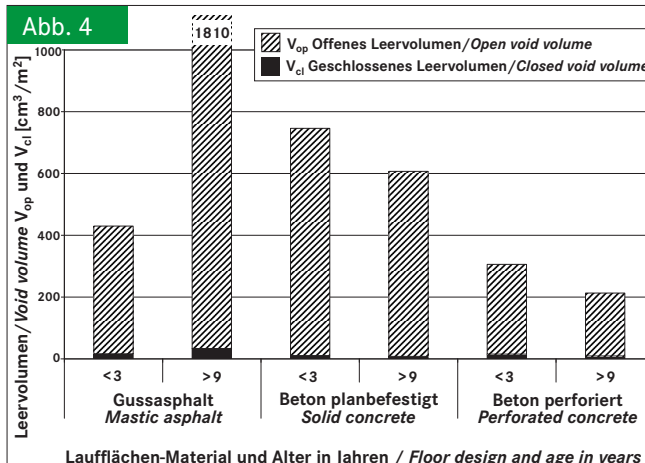
Fig. 3: Close-up photographs of as-new flooring materials

besser kann sich ein Mikroklima ausbilden, das die ureasebildende Mikroflora positiv beeinflusst (Urease ist das Enzym, das Harnstoff in Kohlenstoffdioxid und Ammoniak spaltet). Glatte und somit feinraue Oberflächen erzielen geringere Ureaseaktivitäten [3; 4; 5]. Je schlechter die Drainierbarkeit einer Lauffläche und je mehr Kot-Harn-Gemisch auch nach einem Entmistungsvorgang permanent in den Vertiefungen der Topografie verbleibt (sogenannte Restverschmutzung), desto mehr emissionswirksames Volumen steht zur Verfügung. Vorteilhaft sind Oberflächen mit einem hohen Anteil an offenem Leervolumen. Struktur und Gefälle müssen jedoch so ausgeführt sein, dass eine Drainagewirkung zustande kommt. In der Situation ohne Gefälle ist für die Emissionen die Summe von offenem  $V_{op}$  und geschlossenem  $V_{cl}$  Leervolumen relevant. Bei ausreichendem Gefälle kann Harn aus den offenen Leerflächen abfließen, in diesem Fall ist nur das geschlossene Leervolumen emissionsrelevant. Betrachtet man die Ergebnisse nach Materialgruppen, so zeigen sich innerhalb der Beschichtungen, der perforierten Böden sowie der Gummimatten erhebliche Unterschiede in der Oberflächenausführung.

### Schlussfolgerungen

Um den unterschiedlichen Anforderungen an Laufflächen gerecht zu werden gilt es, den geeigneten Kompromiss zwischen der minimal erforderlichen Größe und Griffigkeit der Kornstruktur an der Oberfläche (Rauheit) sowie einer möglichst geringen Restverschmutzung (Emissionsvolumen) zu finden. Laufflächen benötigen Verdrängungsraum für das Kot-Harn-Gemisch. Grobe Strukturen lassen sich unter Praxisbedingungen mit der vorhandenen Entmistungstechnik nur unzureichend ausräumen. Fein strukturierte Oberflächen wie Mörtel-Beschichtungen oder Beton mit Verkalkungen sind wiederum bezüglich des Kraftschlusses zwischen Klaue und Boden ungünstig. Strukturen mit mittleren Korngrößen wie Sand im Bereich von 0,7–1,2 mm oder elastische Gummimatten mit feinen Oberflächenstrukturen erfüllen nach bisherigen Erkenntnissen auch die Eigenschaften bezüglich Tiergerechtigkeit [6] am besten. Durch Alterung verändert sich die Oberflächenstruktur der Materialien Beton und Gussasphalt. Während bei Beton mit zunehmendem

Abb. 4



Ergebnisse der Kenngrößen offenes ( $V_{op}$ ) und geschlossenes ( $V_{cl}$ ) Leervolumen von verschiedenen Laufflächen-Materialien unter Praxisbedingungen

Fig. 4: Results of open ( $V_{op}$ ) and closed ( $V_{cl}$ ) void volume parameters of different flooring materials under practical conditions

Alter die Rauheit abnimmt, entstehen bei Gussasphalt-Flächen durch die Nutzung gröbere Strukturen. Diese Erkenntnisse verdeutlichen die Forderung nach geeigneten Rezepturen und einer Oberflächenbearbeitung, welche den chemischen und mechanischen Verschleiß dieser Materialien vermindern. In der weiteren Entwicklung von Laufflächen sind Oberflächenstrukturen mit geringem Leervolumen bei gleichzeitig hoher Rutschfestigkeit über die ganze Nutzungsdauer anzustreben.

### Literatur

- [1] Kilian, M. (2007): Bestimmung und Messung physikalischer und technischer Parameter zur Beschreibung von Laufflächen in Milchviehställen. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Nr. 10
- [2] Sobis, T. (1996): Beitrag zur Mechanik der Mischreibung in der Wirkfuge umformtechnischer Prozesse. Bericht aus dem Lehrstuhl für Fertigungstechnologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. In: Reihe Prozesssimulation in der Umformtechnik, Band 10, Berlin, Springer Verlag
- [3] Aarnink, A.J.A. (1997): Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. Ph.D. Thesis, University Wageningen, Netherlands
- [4] Braam, C.R.; Swierstra, D. (1999): Volatilization of Ammonia from Dairy Housing Floors with Different Surface Characteristics. Journal of Agricultural Engineering Research 72, pp. 59-69
- [5] Monteny, G.J. (2000): Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Ph.D. Thesis, University Wageningen, Netherlands
- [6] Steiner, B. (2009): Bodengestaltung in Melkständen. 2. Täglicher Melktechniktagung. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen, ART-Schriftenreihe Nr. 9, S. 41-47
- [7] Neudecker, T.; Popp, U.; Schiffer, R.; Engel, U. (2001): Messvorschrift zur Bestimmung funktionaler 3D-Oberflächenkenngrößen für die Blechumformung. In: Idee - Vision - Innovation, Hg. Vollertsen, F. und Kleiner, M., Bamberg, Meisenbach GmbH Verlag, S. 391-408

### Autoren

**Dipl.-Ing. Beat Steiner** bearbeitet an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) die Themen Laufflächen und Entmistungstechnik, E-Mail: beat.steiner@art.admin.ch

**Dr. Margret Keck** ist an der ART mit dem Thema Emissionsminderung in der Tierhaltung befasst.

**Dr. Michael Kilian** verwendete in seiner Dissertation an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising-Weihenstephan, optische Kenngrößen bei Laufflächen in Milchviehställen unter der Leitung von **Dr. Bernhard Haidn**.