



DIPL.-ING. CHRISTOPH WETZEL  
Bergische Universität Wuppertal



B.SC. TIM SCHOTES  
Bergische Universität Wuppertal

CHRISTOPH WETZEL, TIM SCHOTES, ANKE KAHL, ULRICH WINDHÖVEL

# Rutschhemmung von Schuhen

## Getragene Straßenschuhe und Arbeitsschuhe im Vergleich

**Das Rutschhemmungspotenzial von getragenen Straßenschuhen weist eine große Spannweite auf. Der Einfluss der Komponenten Rauheit, Profil und Härte auf die Rutschhemmung ist verhältnismäßig gering. Es wird die These aufgestellt, dass die Materialkombination der entscheidende Faktor für die Rutschhemmung ist.**

### Einleitung

Unfälle durch Ausrutschen passieren in allen Arbeitsbereichen, jedoch wird nur in einem Teil dieser Bereiche Sicherheits-, Schutz- oder Berufsschuhe getragen. In öffentlich zugänglichen Bereichen, Verwaltungsbereichen, Verkehrswegen und diversen Produktionsbereichen besteht keine Tragepflicht von Sicherheitsschuhen. Der Arbeitgeber hat in der Regel keinen Einfluss darauf, welche Straßenschuhe durch die Beschäftigten getragen werden. Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle weisen im gewerblichen Bereich einen Anteil von ca. 20% und im privaten Bereich von ca. 25% (BRD) des Unfallgeschehens aus. Diese Unfälle geschehen sowohl mit Straßenschuhen als auch mit Sicherheitsschuhen auf diversen Fußböden. Aus diesem Grund hat das Fachgebiet Sicherheitstechnik/Arbeitssicherheit der

Bergischen Universität Wuppertal die Rutschhemmung von getragenen Straßenschuhen und Sicherheitsschuhen auf verschiedenen Bodenbelägen in Verbindung mit dem Gleitmittel Wasser untersucht.

Jährlich werden weltweit ca. 14 Milliarden<sup>1</sup> Paar Schuhe produziert. Für den Anteil der Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe sind normative Mindestanforderungen für das Inverkehrbringen festgelegt (siehe DIN EN ISO 20344 bis 20347<sup>2</sup>). Für die Prüfung und das Inverkehrbringen von Straßenschuhen gibt es im Gegensatz zu den Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhen keine gesetzlich oder normativ konstituierten Anforderungen an die Rutschhemmung. Die Rutschhemmung von Schuhen wird mit maschinellen Schuhprüfmaschinen gemäß DIN EN ISO 13287<sup>3</sup> durch Messung des Reibungskoeffizienten geprüft (Abb.1).

### Methodik und Versuchsmaterial

Im Rahmen einer Bachelor-Thesis an der Bergischen Universität (Schotes, 2009<sup>4</sup>) wurde die Rutschhemmung von Schuhsohlen getragener Straßen- und Freizeitschuhe untersucht. Dabei standen der Einfluss der Sohleigenschaften, die Oberflächenrauheit, das Profil (Kontaktfläche) und die Härte in Bezug auf die Rutschhemmung im Mittelpunkt der Untersuchung. Im Anschluss daran wurde die Rutschhemmung der Straßenschuhe mit den normativen Anforderungen an Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe verglichen. Abschließend wurde in einer Auswahl von typischen Praxis-situationen die Rutschhemmung mit verschiedenen Bodenbelägen ermittelt und bewertet.

Insgesamt wurden 61 getragene Damenschuhe (D-Schuh) und Herrenschuhe (H-Schuh) von 7 verschiedenen Personen, 3 Sicherheitsschuhe (S-Schuh) und 2 Schuhe mit Referenzsohlenmaterial (Ref-Schuh) untersucht. Die Sohlen der Referenzschuhe bestehen aus den Materialien SBR und Slider 96,

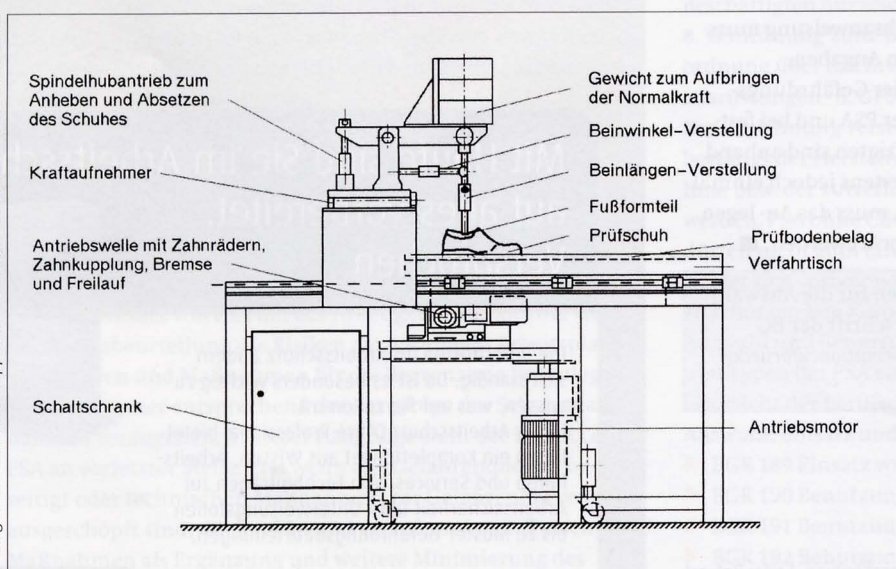


Abb. 1: Beispiel einer Schuhprüfmaschine gemäß DIN EN ISO 13287.



die nach DIN 51131<sup>5</sup> und DIN EN 13845<sup>6</sup> als Referenzmaterialien für die Bodenbelagsprüfung eingesetzt werden. Die Rutschhemmung wurde nach der seit 2008 international gültigen Prüfnorm DIN EN ISO 13287 mittels einer maschinellen Prüfmaschine ermittelt. Dabei wurden die Untersuchungen auf die Prüfkombination Keramikfliese mit Wasser + Natriumlaurylsulfat 0,5% als Zwischenmedium in der 0°-Schuhstellung beschränkt.

Die Einflussfaktoren Rauheit und Härte wurden nach den einschlägigen Normen gemessen. Die Kontaktfläche wurde über einen Abdruck ermittelt und entspricht der Fläche, die während der maschinellen Prüfung den Prüfboden berührt.

### **Rutschhemmung und weitere Materialeigenschaften von Straßenschuhen**

Abb.2 zeigt die Messergebnisse der untersuchten Schuhe. Es wurden Gleitreibungskoeffizienten  $\mu$  im Bereich von 0,10 bis 0,51 gemessen.

Die Rauheitswerte Rz (ermittelt gemäß DIN EN ISO 4288<sup>7</sup>, Filter 0,8 mm) liegen bei den 29 untersuchten Damenschuhen in der Spannweite von 8  $\mu\text{m}$  bis 43  $\mu\text{m}$  und bei den 32 Herrenschuhen in der Spannweite von 11  $\mu\text{m}$  bis 58  $\mu\text{m}$ .

Die Bestimmung der Härte (DIN EN ISO 8688) der Schuhsohlen ergibt einen Bereich von 42 Shore A bis 97 Shore A. Die Kontaktflächen der tragenden Schuhsohlenprofile unter Last liegen im Bereich von 14% bis 41%, bezogen auf die Gesamtfläche der Sohle.


Der Zusammenhang zwischen den Parametern Sohlenrauheit, Sohlenhärte und Kontaktfläche zu der Rutschhemmung nach DIN EN ISO 13287 wurde anhand einer Korrelationsanalyse untersucht.

Die Ergebnisse dieser Korrelationsanalyse (Abb. 3) zeigen, dass bei der untersuchten Stichprobe von Schuhsohlen weder die Sohlenrauheit noch die Sohlenhärte oder die Kontaktfläche signifikant auf den Gleitreibungskoeffizienten  $\mu$  einwirken.

### **Vergleich von Straßenschuhen mit Sicherheitsschuhen**

Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn die Laufsohle rutschhemmend ausgeführt ist. Die Einhaltung dieses in der EG-PSA-Richtlinie<sup>9</sup> geforderten Schutzzieles kann durch die Anwendung der harmonisierten Normen DIN EN ISO 20344 bis 20347 umgesetzt und nachgewiesen werden. Um die Kennung SRA oder SRC zu erhalten, muss ein Schuh in dem hier durchgeführten Test „Ebenes Vorwärtsgleiten auf der keramischen Fliese mit SDS-Wasser“ einen Reibungswert von mindestens 0,32 erreichen. Die dem Vergleich zugrunde gelegte Untersuchung (Sebald, 2007<sup>10</sup>) von 52 Sicherheits-, Schutz- oder Berufsschuhen weist Reibungskoeffizienten zwischen 0,31 und 0,57 aus.


Von den in dieser Untersuchung gemessenen Straßenschuhen haben insgesamt 37 von 61 geprüften



**dbl service**  
Miettextilien

Unseren Service können Sie sehen. Ihr Team spürt ihn.

**Mietberufskleidung von DBL.**  
Wir beschaffen, holen, bringen und pflegen Ihre Berufskleidung. Individuell, pünktlich und zuverlässig. Testen Sie unser Angebot. Rufen Sie an unter 0800/3103110.



DBL – Deutsche Berufskleider-Leasing GmbH | info@dbl.de | www.dbl.de



Ergebnisse														
Schuh-bezeichnung	Größe	Rz [µm]	Härte shore A	Kontakt- fläche %	Schuh- bezeichnung	Größe	Rz [µm]	Härte shore A	Kontakt- fläche %	Schuh- bezeichnung	Größe	Rz [µm]	Härte shore A	Kontakt- fläche %
D-Schuh 1	40	0,37	8	43		H-Schuh 1	42,5	0,19	17	46	33			
D-Schuh 2	40	0,22	28	42		H-Schuh 2	43	0,16	19	70	25			
D-Schuh 3	40	0,37	12	60		H-Schuh 3	43	0,18	23	63	14			
D-Schuh 4	39	0,21	17	54	14	H-Schuh 4	43	0,28	26	56				
D-Schuh 5	38,5	0,31	40	53		H-Schuh 5	43	0,38	13	67				
D-Schuh 6	40	0,10	14	56		H-Schuh 6	44	0,24	34	64				
D-Schuh 7	43	0,41	11	60	34	H-Schuh 7	42	0,43	11	74	39			
D-Schuh 8	39	0,26	33	50	17	H-Schuh 8	45	0,24	13	58				
D-Schuh 9	40	0,29	12	57		H-Schuh 9	43	0,27	23	52				
D-Schuh 10	40	0,38	24	55		H-Schuh 10	39	0,34	24	45				
D-Schuh 11	40	0,26	21	53		H-Schuh 11	40	0,21	15	74				
D-Schuh 12	40	0,14	43	58	30	H-Schuh 12	44	0,13	35	49	17			
D-Schuh 13	41	0,21	26	74		H-Schuh 13	44	0,35	23	55				
D-Schuh 14	40	0,34	35	52		H-Schuh 14	44	0,24	25	68				
D-Schuh 15	41	0,47	40	62	35	H-Schuh 15	44	0,29	21	48				
D-Schuh 16	40	0,26	29	62		H-Schuh 16	44	0,18	15	65				
D-Schuh 17	40	0,28	16	60		H-Schuh 17	47	0,21	14	64				
D-Schuh 18	40	0,29	21	61		H-Schuh 18	47	0,36	22	65				
D-Schuh 19	42	0,26	19	95		H-Schuh 19	47	0,17	33	67				
D-Schuh 20	41	0,13	27	61		H-Schuh 20	47	0,26	22	67				
D-Schuh 21	42	0,37	18	69		H-Schuh 21	47	0,35	20	62				
D-Schuh 22	42	0,32	30	86		H-Schuh 22	43	0,37	17	75				
D-Schuh 23	42	0,31	26	83		H-Schuh 23	42	0,44	16	62				
D-Schuh 24	38	0,20	18	73		H-Schuh 24	43	0,42	23	63				
D-Schuh 25	39	0,31	23	88		H-Schuh 25	44	0,34	17	52				
D-Schuh 26	39	0,33	12	97		H-Schuh 26	43	0,39	30	77				
D-Schuh 27	40	0,27	14	82		H-Schuh 27	43	0,49	35	60	23			
D-Schuh 28	41	0,14	33	59		H-Schuh 28	43	0,51	58	48	41			
D-Schuh 29	40,5	0,32	24	57		H-Schuh 29	44	0,37	22	67				
S-Schuh 1	42	0,53	10	75	22	H-Schuh 30	44	0,19	23	58				
S-Schuh 2	42	0,50	13	50	20	H-Schuh 31	44	0,33	15	51				
S-Schuh 3	42	0,39	10	75	25	H-Schuh 32	45	0,34	26	55				
Ref-Schuh SBR	42	0,29	14	97	46	Ref-Schuh S96	43	0,28	6	92	48			

Abb. 2: Übersicht über die geprüften Schuhe mit den ermittelten Eigenschaften.

Schuhen einen Reibungskoeffizienten unter 0,32. Würden die normativen Anforderungen an Sicherheitsschuhe auf Straßenschuhe übertragen, wäre die Konsequenz, dass 61 % der geprüften Schuhe diesen normativen Anforderungen nicht genügen würden. Die Spannweite des rutschhemmenden Potenzials von Straßenschuhen ist mit 0,10 – 0,51 wesentlich größer als die von Sicherheitsschuhen. Die Ergebnisse zeigen, dass gute Straßenschuhe auf gleichem Niveau wie gute Sicherheitsschuhe liegen, u.a. erreichte eine fast unprofilerte Herrensandale in der Untersuchung ähnliche Werte wie sehr gute Sicherheitsschuhe.

Für die Vielzahl der Arbeitsbereiche ohne Tragepflicht von Sicherheitsschuhen kann angenommen werden, dass etwa die Hälfte der Personen Schuhe tragen, die in praktischen Situationen, insbesondere bei auftretender Nässe, zum Ausrutschen beitragen können.

### Praxistest mit weiteren Bodenbelägen

Ergänzend zu den Schuhprüfungen nach DIN EN ISO 13287 wurde die Rutschhemmung ausgewählter Schuhe unter Praxisbedingungen mit einer Auswahl von 9 in öffentlichen und gewerblichen Bereichen typischen Bodenbelägen (Materialien: Kunststoff, Holz, Keramik und Betonstein) und mit dem Gleitmittel Wasser durchgeführt.

Die Schuhauswahl für den Praxistest beinhaltet die 5 Sicherheits- und Referenzschuhe und 12 Straßenschuhe, die die Spannweite der untersuchten Materialien widerspiegeln. Bei den 9 Praxisbodenbelägen handelt es sich um unprofilerte typische Bodenbelagsprodukte für Innen- und Außenbereiche mit niedrigen bis mittlerem rutschhemmendem Potenzial (entspricht den Bewertungsgruppen R-, R9 und R10 nach DIN 51130<sup>11</sup>).



Die Untersuchungen wurden mit dem maschinellen Boden- und Schuhtester durchgeführt. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte mittels Schutzkonzept „Auslöseschwelle und Grenzwert der Reibungskoeffizienten beim Gehen“ (Sebald 2007), welches die Anforderungen an das Reibungssystem aus Bodenbelag, Zwischenmedium und Schuh beschreibt und aus den biomechanischen Anforderungen an das Reibungssystem abgeleitet wurde. Gemäß des Schutzkonzeptes ist davon auszugehen, dass die Wahrscheinlichkeit des Ausgleitens hoch ist, wenn der in der Praxissituation bestehende Reibungskoeffizient unter 0,30 beträgt.

### Ergebnisse Praxistest auf nassen Bodenbelägen

Die Ergebnisse des Praxistests (Abb. 4) zeigen Die Reibungskoeffizienten in einer Spannweite von 0,13 bis 0,83. Die Anwendung des Schutzkonzeptes „Auslöseschwelle und Grenzwert des Reibungskoeffizienten beim Gehen“ auf die Ergebnisse des Praxistests verdeutlicht, dass die Gleitreibungskoeffizienten dieser speziellen Rutschhemmungssysteme in vielen Situationen den Grenzwert von 0,30 unterschreiten (grau eingefärbt). In diesen Fällen besteht eine erhöhte Rutschgefahr. Zudem werden auch Situationen dargestellt, die im sicheren Bereich, d.h. über der Auslöseschwelle von 0,45, liegen (weiß hinterlegt). Als besonders problematisch erweist sich das Bodenmaterial „Feinsteinzeug poliert“. Hier liegen lediglich vier Situationen über dem Grenzwert von 0,30. Es lässt sich diesem Bodenmaterial in Kombination kein Schuh zuweisen, bei dem der Gleitreibungskoeffizient über der Auslöseschwelle von 0,45 liegt.

Damit die Schuhe miteinander verglichen werden können, werden die in Abb. 5 dargestellten Reibungskoeffizienten  $\mu$  der Schuhsohlen der ausgewählten Schuhe in vier Perzentilbereiche je Boden unterteilt („niedrig“ = unteres 10%-Perzentil; „unterhalb Mittelwert“ = von unterem 10%-Perzentil bis Mittelwert; „oberhalb Mittelwert“ = vom Mittelwert bis oberes 10%-Perzentil, „hoch“ = oberes 10%-Perzentil).

Die Häufigkeitsverteilung innerhalb der Bereiche (Abb. 5) macht deutlich, dass der Großteil der Schuhe bei allen Bodenbelägen dem oberen (S-Schuhe 1 und 2, H-Schuh 28, D-Schuh 15), dem

mittleren oder dem unteren Bereich (H-Schuh 12, D-Schuh 12) der Rutschhemmung zugeordnet werden können. Hierbei besteht im Wesentlichen auch eine gute Übereinstimmung dieser Einstufung mit der Sortierung der Schuhe nach den Ergebnissen gemäß DIN EN ISO 13287. Eine Sonderstellung nimmt hier der Schuh mit der Sohle „Slider 96“ ein.

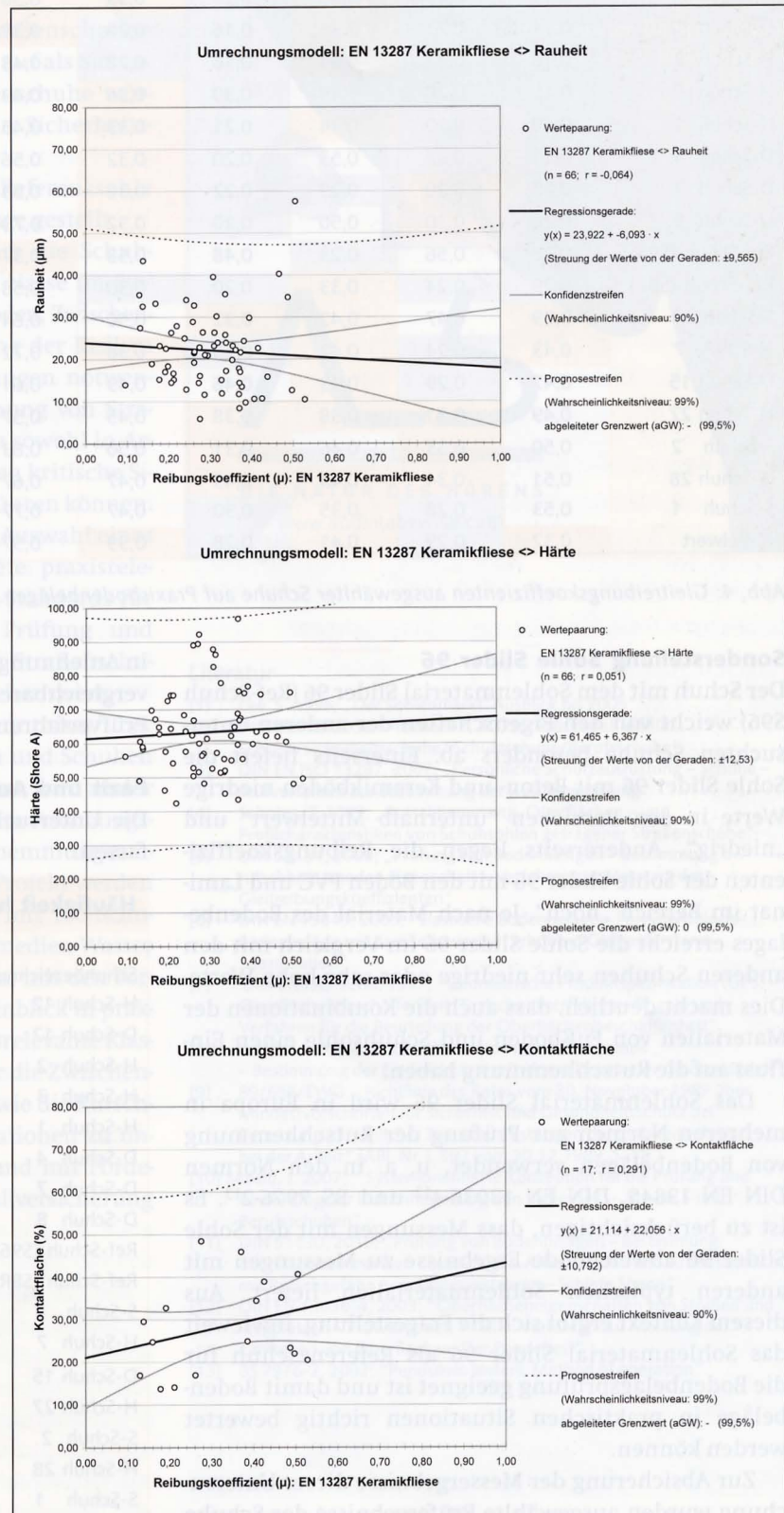


Abb. 3: Korrelationsanalysen.



► Eine Korrelation zwischen der Rutschhemmung und den Parametern Rauheit, Härte oder Kontaktfläche konnte bei diesen Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Es wird nach aktuellem Stand der Erkenntnisse davon ausgegangen, dass die Materialkombination von Bodenbelag und Schuh der entscheidende Einflussfaktor für die Rutschhemmung von Bodenbelag und Schuh bei Einsatz des Gleitmittels Wasser ist.

► Das rutschhemmende Potenzial von Straßenschuhen weist eine deutlich höhere Spannweite auf als Sicherheitsschuhe. Mehr als 50% der Straßenschuhe würden die normativen Anforderungen an Sicherheitsschuhe nicht erfüllen.

► Die fachliche Eignung von Slider 96 als Referenzsohle für die Bodenbelagsprüfung wird in Frage gestellt.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Schuhsohle ein wesentlicher Einflussfaktor bei Nässe im System der Rutschhemmung von Schuh, Fußboden, Zwischenmittel und Fußgänger ist. Zur Reduzierung der Risiken des Ausgleitens sind weitere Untersuchungen notwendig. Insbesondere sollte die Rutschhemmung von Straßenschuhen weiter untersucht werden, da sowohl in Arbeitsbereichen als auch in Freizeitbereichen kritische Situationen auftreten, die zum Ausgleiten führen können. Zur Verbesserung sind unter anderem die Auswahl eines geeigneten Prüfverfahrens, eine geeignete praxisrelevante Bewertung und die Festlegung von Standards für Straßenschuhe nötig. Eine freiwillige Prüfung und Kennzeichnung seitens der Hersteller von Straßenschuhen anhand solcher Standards wäre wünschenswert.

Um umfassendere Aussagen und Erkenntnisse über Materialkombinationen von Bodenbelägen und Schuhen (Sicherheitsschuhe- und Straßenschuhe) zu erhalten, wird an der Bergischen Universität in Wuppertal in einem Forschungsprojekt an der Entwicklung einer Rutschhemmungsmatrix gearbeitet. In dem bis 2012 laufenden Projekt werden die Kombinationen von 70 Bodenbelägen mit 100 Schuhen unter Berücksichtigung der Zwischenmedien Wasser und Öl untersucht. Es besteht das Anliegen, mit den Forschungsergebnissen einen umfassenden Einblick in praktische Situationen zu geben um eine praxisrelevante Klassifizierung von Fußböden und Schuhen für die Zwischenmedien Wasser und Öl zu ermöglichen, sowie die Rutschhemmung verschiedener Materialkombinationen zu untersuchen. Das Projekt wird im Auftrag und mit Förderung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (<http://www.dguv.de>) durchgeführt. <sup>56</sup>

#### Autoren

Dipl.-Ing. Christoph Wetzel

B.Sc. Tim Schotes

Prof. Dr.-Ing. habil. Anke Kahl

Dipl.-Ing. Ulrich Windhövel

Bergische Universität Wuppertal  
 Fachgebiet Sicherheitstechnik/Arbeitsicherheit  
 Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal  
 cwetzel@uni-wuppertal.de

**Starker Schutz bei lauten Tönen**

**Gehörschutz wird persönlich – mit NX Pro von Audio Lab Swiss**

- Individuell maßgefertigte Ohranpassstücke
- Mit patentierten versenkten Dämpfungsventilen
- Stressfreies Tragen bei voller Bewegungsfreiheit

**ALS**  
 AUDIO LAB SWISS AG

DIE NATUR DES HÖRENS  
[www.audiolabswiss.com](http://www.audiolabswiss.com)

#### Literatur

- [1] Lee, S. 1998; „Der Sohlenmarkt: Ausblick bis 2005“
- [2] DIN EN ISO 20344/45/46/47, 2009; „Prüfverfahren für Schuhe/Sicherheitsschuhe/ Schutzschuhe/Berufsschuhe“
- [3] DIN EN ISO 13287, 2007; „Persönliche Schutzausrüstung – Schuhe – Prüfverfahren zur Bestimmung der Rutschhemmung“
- [4] Schotes, T. 2009; „Rutschhemmung, Oberflächen – und Profilcharakteristiken von Schuhsohlen getragener Straßenschuhe“
- [5] DIN 51131, 2008; „Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Verfahren zur Messung des Gleitreibungskoeffizienten“
- [6] DIN EN 13845, 2005; „Elastische Bodenbeläge – Polyvinylchlorid-Bodenbeläge mit partikelbasiertem erhöhten Gleitwiderstand – Spezifikation“
- [7] DIN EN ISO 4288, 1997; „Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit“
- [8] DIN EN ISO 868, 2003; „Kunststoffe und Hartgummi – Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte)“
- [9] 89/656/EWG; „Richtlinie des Rates vom 30. November 1989 über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen durch Arbeitnehmer bei der Arbeit“ (ABl. Nr. L 393 vom 30.12.1989, S. 18.)
- [10] Sebald, J. 2007; „Systemorientierte Konzeption für die Prüfung und Bewertung der Rutschhemmung von Sicherheits-, Schutz – und Berufsschuhen“
- [11] DIN 51130, 2010; „Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr, Begehungsverfahren – Schiefe Ebene“
- [12] DIN EN 13036-4, 2003; „Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 4: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen: Der Pendeltest“
- [13] BS 7976-2, 2002; „Pendulum testers. Method of operation“