

Rutschgefahren erkennen und vermeiden

Teil 1: Grundlagen, Messverfahren und Anforderungen

Christoph Wetzel, Ulrich Windhövel, Wuppertal, Detlef Mewes, Sankt Augustin, Thomas Götte (†)

Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle sind ein Schwerpunkt des Unfallgeschehens. Nachfolgender Beitrag fasst den gegenwärtigen Stand der Technik zusammen. Teil 1 erläutert die Grundlagen, Messverfahren und Anforderungen. Teil 2 stellt die Gefährdungsbeurteilung in der Praxis vor.

Europaweit sind circa 15 bis 20 % aller meldepflichtigen Arbeitsunfälle mit einer Ausfallzeit von mehr als drei Tagen auf das Ausgleiten, Stolpern und Stürzen in der Ebene zurückzuführen [1; 2]. Der Anteil der Unfälle durch Ausrutschen beim Gehen beträgt hierbei über 50 % und ist damit sowohl innerhalb der Europäischen Union als auch in Deutschland ein Unfallschwerpunkt.

Aufgrund des hohen Anteils (in Deutschland ca. 25 %) neuer Unfallrenten am gesamten Unfallgeschehen ist dieser Unfalltyp zusätzlich als besonders schwerwiegend einzustufen. Die Kosten für die Folgen von Rutschunfällen im gewerblichen Bereich werden von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV) mit jährlich ca. 2 Mrd. € angegeben.

Anforderungen an die Rutschhemmung von Bodenbelägen und Schuhwerk sind im privaten und öffentlichen Bereich durch die Verkehrssicherungspflicht (BGB § 823) und im gewerblichen Bereich durch die Arbeitsstättenverordnung (§ 3), konkretisiert durch die Technische Regel ASR A1.5 „Fußböden“ [3], gesetzlich geregelt. Bezüglich der Produktsicherheit sind die Anforderungen in der Bauproduktenverordnung (EU 305/2011) und in der Verordnung über die Bereitstellung von persönlicher Schutzausrüstung auf dem Markt (8. ProdSV) festgelegt.

Regelmäßig werden Schadensersatzansprüche von Verunfallten sowie Auseinandersetzungen um die Ausführung von Fußböden zwischen Auftraggebern und Auftragnehmern von Bauobjekten vor Gericht verhandelt. Die Methoden der Messung und Bewertung der Rutschsicherheit sowie der Analyse der Unfallursachen sind hierbei vielfältig und führen zum Teil zu sich widersprechenden Urteilen.

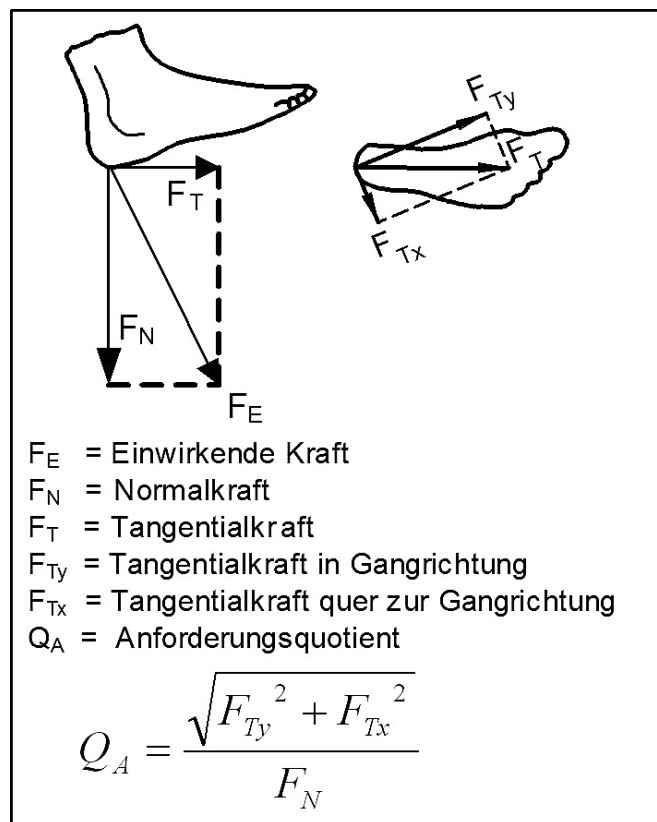


Bild 1 Kräfteverhältnisse beim Aufsetzen des Fußes auf einen horizontalen Fußboden.

Biomechanik des Gehens

„Der menschliche Gang ist einer der unsichersten Fortbewegungsvorgänge, die es unter Lebewesen in der Natur gibt“ [4]. Der biomechanische Bewegungsablauf eines Schritts ist durch die Pendelbewegung des Beines, das Aufsetzen, Abrollen und Abstoßen des Fußes auf dem Fußboden und eine Verlagerung des Körperschwerpunkts gekennzeichnet. Während der Kontaktphase des Fußes mit dem Fußboden treten Horizontal- und Vertikalkräfte auf. Diese können in Ganganalysen mittels einer Kraftmessplattform [5] gemessen werden. Das Verhältnis der horizontalen Kraft in Gangrichtung zur wirkenden Vertikalkraft ist der Anforderungs-

quotient Q_A (Bild 1). Dieser variiert je nach Gangsituation (Geradeaus, Kurven, Stoppen, Treppen, Schrägrampen) und ist insbesondere von der Ganggeschwindigkeit und dem Aufsetzwinkel des Fußes abhängig. Da diese Faktoren durch den gehenden Menschen beeinflusst werden können, ist es möglich, sich auch in Situationen mit geringer Rutschhemmung, z. B. auf Glatteis, fortzubewegen. Insofern sind neben der Produktsicherheit von Bodenbelag und Schuhwerk auch die Erkennbarkeit rutschiger Flächen und die Aufmerksamkeit des Fußgängers von besonderer Bedeutung für die sichere Fortbewegung.

Tabelle 1 Bewertungskonzept der Rutschgefahr.

Messwert	Bewertung der Rutschgefahr unter Betriebsbedingungen (BGI/GUV-I 8687)
$\mu < 0,30$	Bodensystem kritisch, besondere Maßnahmen erforderlich
$0,30 \leq \mu < 0,45$	Bodensystem betriebstauglich, eventuell risikoorientiert ausgewählte Maßnahmen erforderlich
$\mu \geq 0,45$	Bodensystem uneingeschränkt betriebstauglich

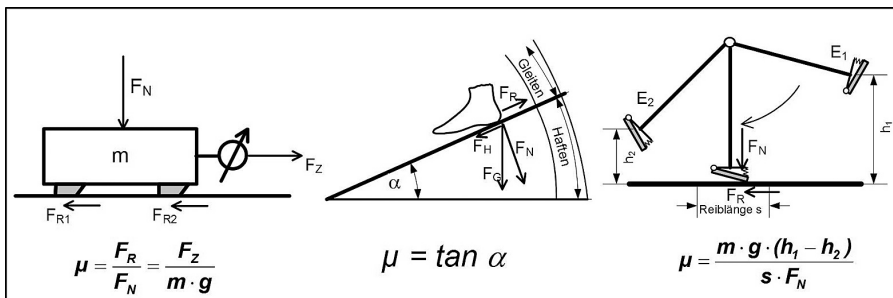


Bild 2 Messprinzipien der Reibung.

Einflussfaktoren der Rutschhemmung

Die Rutschhemmung ist die Reibungseigenschaft des Systems aus Schuhsohle und Bodenbelag, gegebenenfalls in Verbindung mit Verunreinigungen, wie z. B. Stäuben, Flüssigkeiten, Fetten oder Feststoffen. Die Rutschhemmung soll das sichere Gehen von Fußgängern gewährleisten. Dies ist dann gegeben, wenn die Reibung des Systems (Reibungskoeffizient μ) während jeder Phase eines Schritts größer ist als der momentan wirkende Anforderungsquotient. Ist dies nicht der Fall, kommt es zum Ausrutschen.

In der Praxis wird die Rutschhemmung durch viele Faktoren beeinflusst:

- Diverse Kombinationen von Materialien der Schuhsohle, des Bodenbelags und der gleitfördernden Stoffe sowie deren Materialeigenschaften (Härte, Elastizität, Viskosität etc.).
- Unterschiedliche Oberflächenstrukturen (Profile, Mikro- und Makrorauheiten) von Schuhsohle und Bodenbelag und deren Veränderung durch den Reibungsvorgang und durch Verschleiß.
- Einfluss der Bewegungsgeschwindigkeit (Haften – Gleiten).
- Umgebungsparameter.

Der Einfluss der einzelnen Faktoren lässt sich nur schwer quantifizieren und hängt stark von der jeweiligen Reibpaarung ab. Insgesamt zeigt sich, dass beispielsweise bei gleichem Zwischenmedium die Produkte Fußboden und Schuh in etwa den gleichen Einfluss haben [6].

Beurteilung der Rutschhemmung

Rutschsicherheit ist die Sicherheit gegen Ausrutschen beim Zusammenreffen der Anforderungen des gehenden Menschen (Q_A) mit den rutschhemmenden Eigenschaften des Systems aus Bodenbelag, Schuhsohle, gleitfördernden Stoffen und Umgebungsbedingungen.

Zur Beurteilung der Rutschhemmung wird methodisch zwischen Produkt- und Arbeitssicherheit unterschieden. Die Produktsicherheit bewertet eine Einzelkomponente des Reibungssystems hinsichtlich ihres rutschhemmenden Potenzials durch Standardisierung der Reibpartner. Beispielsweise werden für die Beurteilung von Fußböden die Reibpartner Schuh (bzw. Gleiter) und Zwischenmedium festgelegt. In der Arbeitssicherheit wird die räumliche und zeitliche Koinkidenz des Gefährdungsfaktors Bodensystem (Fußboden, gleitfördernden Stoff und Schuh) in der Anwendung mit dem gehenden Menschen bewertet.

Mindestwerte des Reibungskoeffizienten für das sichere Gehen können aus den biomechanischen Anforderungen beim Gehen abgeleitet werden. Aus wissenschaftlichen Ganguntersuchungen unter Berücksichtigung der maximalen Anforderungsquotienten $Q_{A,max}$, der Streubreiten von Personen sowie von Sicherheitszuschlägen wurden Konzepte für Mindestwerte der Rutschhemmung hergeleitet [7]. Die BGI/GUV-I 8687 [8] übernimmt dieses Konzept und stuft die Rutschhemmung des Bodensystems in Bereiche der Rutschgefahr ein (Tabelle 1).

Messverfahren und Anforderungen

Für die Prüfung der Rutschhemmung werden die Messprinzipien Reibungskraft, Reibungswinkel und Reibungsenergie (Pendelmessverfahren, Abrollgleiter) angewendet (Bild 2).

Zur Beurteilung der Rutschhemmung von Produkten haben sich international verschiedene Prüfmethoden und Bewertungsschemata etabliert. In Tabelle 2 sind die standardisierten Prüfgeräte, die Prüfparameter und die Anwendungsbereiche gegenüber gestellt.


Bei dem Begehungsverfahren Schiefe Ebene (DIN 51130 [9]) begeht eine Prüfperson mit Standardschuhen den zu prüfenden Fußboden auf einer neigbaren Ebene. Als standardisiertes Zwischenmedium wird Motoren-Schmieröl der Viskositätsklasse 10W30 verwendet. Der Winkel der Ebene wird solange erhöht, bis die Grenze des sicheren Gehens erreicht ist. Entsprechend dem im Rahmen dieser Baumusterprüfung ermittelten Akzeptanzwinkel werden Bodenbeläge in Bewertungsgruppen eingestuft. BGR 181 [10] ordnet die unterschiedlichen Arbeitsbereiche entsprechend ihrer Rutschgefahr den Bewertungsgruppen R9 bis R13 zu (Bild 3). Eine Positivliste geprüfter Bodenbeläge, die jährlich aktualisiert wird, veröffentlicht das Institut für Arbeitsschutz der DGUV [11].

Das Begehungsverfahren der Schiefen Ebene wird auch zur Prüfung von Bodenbelägen in nassbelasteten Barfußbereichen gemäß DIN 51097 [12] eingesetzt. Die Prüfung erfolgt barfuß mit der wässrigen Lösung eines neutralen Netzmittels. Entsprechend dem Akzeptanzwinkel werden die Bodenbeläge den Bewertungsgruppen A, B oder C zugeordnet.

Das Pendelgerät (Bild 4) ermittelt die Rutschhemmung des Bodenbelags durch Pendelschlag. Hierbei gleitet die Kante eines genormten Gleitkörpers aus Gummi mit hoher Geschwindigkeit über eine festgelegte Reibstrecke. Der dabei auftretende Energieverlust wird auf der Skala des Pendelgeräts als Messwert PTV (Pendulum Test Value) angezeigt. Der PTV entspricht bei Berücksichtigung eines Korrekturfaktors dem 100-Fachen des Reibungskoeffizienten μ . Die Messung erfolgt i. d. R. auf benässtem Fußboden. Die Prüfung erfolgt auf einer Fläche von nur etwa 0,01 m². Aufgrund der Anforderungen der Einstellung der Gleitstrecke ist dieses Verfahren z. T. für profilierte Bodenbeläge ungeeignet. Für die Prüfung stehen zwei Gleitkörper aus

Tabelle 2 Prüfstandards und Parameter der Prüfung.

Prüfverfahren/Parameter	Schiefe Ebene DIN 51130	Gleitmessgerät DIN 51131	Pendelgerät u. a. EN 14231	Schuhtester ISO 13287
Prüfgegenstand	Bodenbelag	Fußboden vor Ort	Bodenbelag	Schuhwerk
Prüfgröße	Akzeptanzwinkel (Grenze des sicheren Gehens)	Gleitreibungskoeffizient	SRT-Wert (Gleitreibung)	Gleitreibungskoeffizient
Bewertungssystem	R-Klassen (R-, R9 bis R13)	Bewertungskonzept BGI/GUV-I 8687	diverse Grenzwert- konzepte	Klassifizierung SRA, SRB, SRC
Bodenbelag	alle Arten an Bodenbelägen	eingeschränkt	eingeschränkt	a) Keramikfliese b) Stahlblech
Schuh/Gleitematerial	Schuhe „Athletic“, „LeipzigV73“	SBR-Gummi, weitere Materialien	CEN-Gleiter	alle Arten an Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe
Härte der Sohle	73 Shore A	95 Shore A	57 Shore A	
Zwischenmedium ZM	Motorenöl SAE 10W-30	a) 0,1 %-NaLS-Wasser b) ZM gemäß Situation vor Ort	Trinkwasser	a) 0,5 %-NaLS-Wasser b) Glycerin
Last Flächendruck	≈ 500 bis 1 000 N ≈ 10 bis 20 N/cm ²	≈ 90 N (9 ± 1)N/cm ²	≈ 22 N ≈ 10 bis 30 N/cm ²	500 N ≈ 10 bis 25 N/cm ²
Gleitgeschwindigkeit	personenabhängig	0,2 bis 0,25 m/s	2,8 m/s	0,3 m/s
Gleitstrecke	ca. 0,5 m	0,5 m	0,12 m	0,2 m

	Bewertungsgruppe der Rutschhemmung ¹⁾	Akzeptanzwinkel	Beispiele von Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen
	R -	< 6°	Bereiche, in denen keine gleitfördernden Stoffe auf den Fußboden gelangen und daher keine Gefahr des Ausrutschens besteht
	R 9	von 6° bis 10°	Eingangsbereiche (innen), Kundenräume (Verkauf), Treppen, Speiseräume
	R 10	> 10° bis 19°	Sanitärräume, nassbelastete Lagerräume, Kaffeeküchen, Garagen
	R 11	> 19° bis 27°	Mechanische Bearbeitungsbereiche, Kfz-Werkstätten, Gastronomieküchen, Verkehrswege in Außenbereichen
	R 12	> 27° bis 35°	Herstellung von Fetten/Ölen, Spülräume, Gastronomieküchen über 100 Gedecke je Tag
	R 13	mehr als 35°	Wurstküchen, Gemüseverarbeitung, Feinkostherstellung

¹⁾ Weitere Anforderungen bestehen bezüglich des Verdrängungsraums (Gruppen V 4 bis V 10) von Fußböden.

Bild 3 Begehungsverfahren Schiefe Ebene und Bewertungsgruppen nach BGR 181.


	Classification UKSRG	PTV
	High slip potential	0 bis 24
	Moderate slip potential	25 bis 35
	Low slip potential	≥ 36

Bild 4 Pendelgerät und Klassifizierung der UKSRG.

Gummi (Slider 57 und Slider 96) zur Verfügung.

Das Gerät wird vorrangig im Straßenwesen und für die Prüfung von Fußböden im Außenbereich (u. a. nach DIN EN 14231 [13]) eingesetzt. In den verschiedenen EN-Produktnormen be-

stehen verschiedene Mindestwerte der Rutschhemmung sowie des Weiteren eine britische Bewertungsskala. Bild 4 zeigt beispielhaft das Pendelgerät der Fa. Munro Instruments Ltd und die Klassifizierung des Rutschpotenzials gemäß UK-Slip Resistance Group [14].

Gleitmessgeräte (DIN 51131 [15]) sind mit Gleitern bestückte Körper, die motorisch angetrieben mit einer konstanten Geschwindigkeit über eine Strecke des Fußbodens gezogen werden. Es stehen zwei genormte Gleitematerialien (Leder, SBR-Gummi) für Trocken- und Nassmessungen zur Verfügung. Die Reibungskraft wird während der Messung aufgezeichnet. Der Gleitreibungskoeffizient wird aus dem Quotienten der gemittelten Reibungskraft und der Last des Körpers berechnet. **Bild 5** zeigt beispielhaft das Gleitmessgerät GMG200 der Fa. GTE Industrie-elektronik.

Gemäß DIN EN 14041 [16] ist für die Produktsicherheit von elastischen und



Bild 5 Gleitmessgerät GMG 200.

textilen Bodenbelägen der Mindestwert des Gleitreibungskoeffizienten im trockenen Zustand von $\mu \geq 0,30$ gefordert. Die Prüfung erfolgt hier auf trockenem Bodenbelag mit einem Mix-Gleiter aus Leder- und Gummisohle.

Hauptanwendung des Gleitmessverfahrens ist die BGI/GUV-I 8687. Hier wird das Messgerät zur Beurteilung von kritischen Betriebszuständen (Tabelle 1) verwendet. Typische Prüfmittel sind der SBR-Gleiter und NaLS-Wasser sowie die vor Ort auftretenden Schuhsohlenmaterialien und gleitfördernden Stoffe. Teil 2 dieses Beitrags wird den gegenwärtigen Stand der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung unter Betriebsbedingungen erläutern.

Die **Schuhprüfmaschine** nach DIN EN ISO 13287 [17] ermittelt den Gleitreibungskoeffizienten von Schuhwerk. Wesentliche Bestandteile der Prüfmaschine sind die Lastaufbringung von 400 bzw. 500 N, die Schuhmontageeinrichtung zur Einstellung des Schuhwinkels (ebenes Gleiten, Absatz 7°, Vordersohle 7°), die Referenzböden Stahlblech und Keramikfliese sowie die Zwischenmedien Glycerin und Wasser. Die Schuhe gleiten mittels einer Vorschubeinrichtung mit einer Geschwindigkeit von 0,30 m/s auf

dem Referenzboden. Hierbei werden die Horizontal- und Vertikalkräfte gemessen und der Verlauf des Gleitreibungskoeffizienten ermittelt. **Bild 6** zeigt als Beispiel einer Schuhprüfmaschine den Floor&Shoe-Tester FST der Fa. Neuhaus Hamburger Mechatronik.

Die Bewertung von Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhen erfolgt gemäß der Normenreihe DIN EN ISO 20344ff [18]. Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn die Mindestanforderungen der Klassifizierungen SRA, SRB oder SRC erfüllt sind.

Das europäische Normungsgremium CEN/TC339 (Gleitwiderstand von Fußgängerflächen – Bewertungsmethoden) arbeitet daran, die Prüfmethode der Rutschhemmung zu vereinheitlichen. In einem ersten Schritt wurden die derzeit angewendeten Prüfverfahren Schiefe Ebene, Pendelgerät und Gleitmessgerät überarbeitet und in der technischen Spezifikation DIN CEN/TS 16165 [19] zusammengefasst. Die Erwartung von Herstellern von Bodenbelägen, von Planern und Betreibern von Arbeitsstätten sowie von Sachverständigen nach einer einheitlichen Beurteilungsgrundlage ist berechtigt. Dieser Wunsch wird aber voraus-

sichtlich wegen der Komplexität der Thematik und wegen der langwierigen Prozesse der europäischen Normung noch für längere Zeit unerfüllt bleiben.

Übertragbarkeit der Prüfverfahren

Die besondere Aufgabenstellung bei der Prüfung der Rutschhemmung besteht darin, dass von den Prüfverfahren eine verlässliche Aussage über die Eignung eines Produkts für möglichst viele Bedingungen erwartet wird. Zum Beispiel soll das Prüfverfahren für Bodenbeläge eine Beurteilung der Produkte für die Vielfalt der Ausführungen des Schuhwerks und der Betriebsbedingungen (gleitfördernde Stoffe) liefern.

In den Normen werden die komplexen Einflussgrößen des Systems von Bodenbelag, Schuh, Zwischenmedium und Umgebung auf standardisierte Parameter reduziert (Tabelle 2). Durch die Festlegung der Parameter werden für die jeweilige Prüfnorm einheitliche Rahmenbedingungen geschaffen. Diese Parameter können die Unfallsituation „Ausgleiten beim Gehen“ jedoch nur bedingt abbilden. Hierdurch sind Einschränkungen bezüglich der Validität der Prüfergebnisse gegeben. Problematisch ist zudem, dass die Prüfergebnisse durch die erheblichen Unterschiede der Prüfgeräte und Normparameter i. d. R. nicht übertragbar sind und zum Teil zu unterschiedlichen Bewertungen der Eignung von Produkten führen.

In zwei Messreihen wurden 85 Bodenbeläge mit den Prüfverfahren Schiefe Ebene und Gleitmessgerät untersucht. **Bild 7** zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalysen. Die Prüfergebnisse unter Normbedingungen (DIN 51130 und DIN 51131) zeigen aufgrund der Unterschiede der Materialien Prüfschuh und Zwischenmedium eine geringe Korrelation. Die Übertragbarkeit wird wesentlich besser, wenn die Prüfungen mit übereinstimmenden Prüfmaterialien durchgeführt werden.

Klassifizierung	Prüfbedingungen DIN EN ISO 13287	Reibungskoeffizient μ
SRB Stahlboden mit Glycerin	Vorwärtsgleiten der Ferse Ebenes Vorwärtsgleiten	$\geq 0,13$ $\geq 0,18$
SRC-Anforderungen gemäß SRA und SRB erfüllt		

Bild 6 Schuhprüfmaschine FST und Klassifizierung.

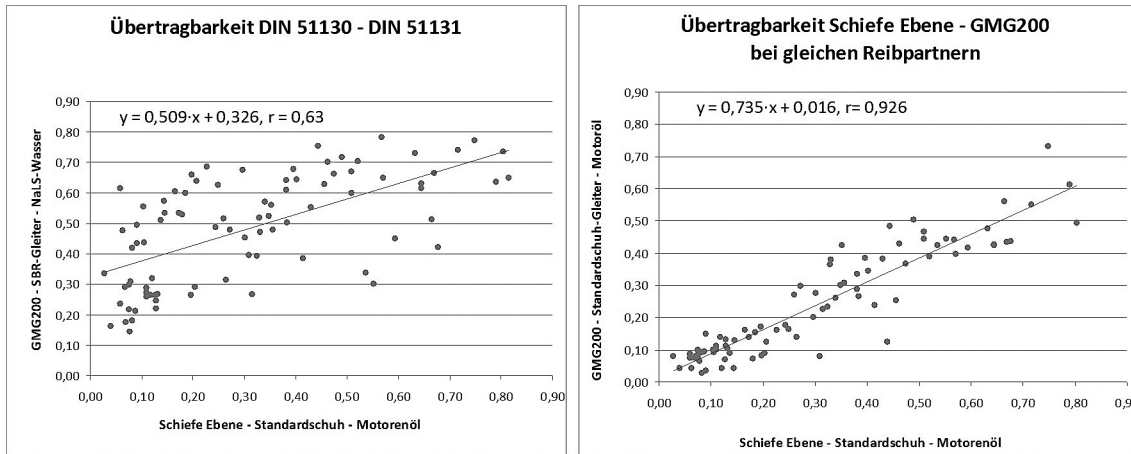
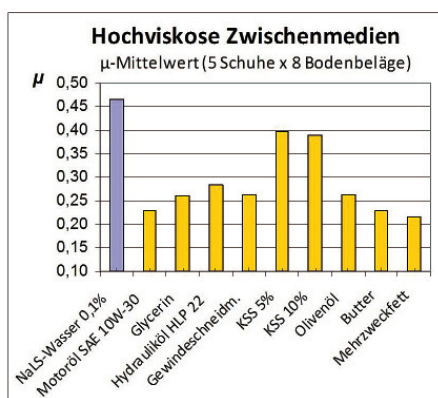
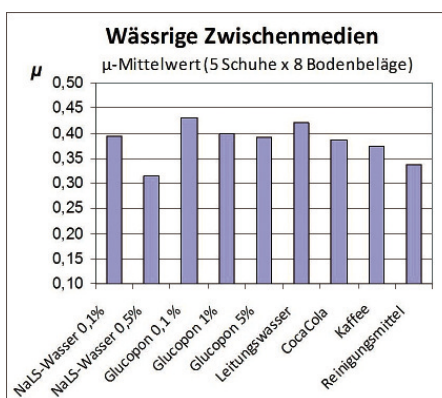


Bild 7 Korrelation der Prüfverfahren Schiefe Ebene und Gleitmessgerät.



Anforderung sollte an dieser Stelle sein, dass das Ergebnis der Baumusterprüfung eines Produkts mit der Rutschhemmung in praktischen Situationen korreliert. Dazu sind die Festlegung von einheitlichen Messsystemen und geeigneten und praxisrelevanten Prüfmitteln (Kalibrier- und Referenzmaterialien) notwendig. Diese Fragestellungen werden zurzeit im Forschungsprojekt „Rutschhemmungsmatrix“ [6] an der Bergischen Universität Wuppertal untersucht und von der DGUV gefördert. TS 283

Bild 8 Einflussfaktor Zwischenmedium bei der Prüfung der Rutschhemmung.

Bei der Prüfung von Bodenbelägen und Schuhwerk ist das ausgewählte Zwischenmedium eine Größe, die die Rutschhemmung wesentlich beeinflusst. Dieser Einflussfaktor wurde in zwei Studien im Rahmen des Projekts „Rutschhemmungsmatrix“ untersucht [6]. In den Studien wurde eine Matrix von fünf Schuhen, acht Bodenbelägen (Studie 1: R- bis R11; Studie 2: R- bis R12) und jeweils neun Zwischenmedien geprüft. Studie 1 untersucht die Vielfalt praxistypischer sowie genormter wässriger Zwischenmedien, Studie 2 die hochviskosen Zwischenmedien (Maschinenöle, Kühlschmierstoffe, Pflanzenöle- und Fette). Die Studien zeigen, dass die genormten Zwischenmedien NaLS-Wasser gemäß DIN 51131 sowie Motorenöl SAE-10-W30 gemäß DIN 51130 die Praxis kritischer Zustände gut abbilden (Bild 8).

schiedlichen sicherheitstechnischen Bewertungen von Produkten. Wünschenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die Beurteilungen der jeweiligen Produktgruppen das rutschhemmende Potenzial der Produkte in praktischen Situationen widerspiegeln. Hier stellt sich die Frage, welches Verfahren und welche Bewertung praxisgerecht und somit valide ist und eine sinnvolle sicherheitstechnische Bewertung liefert. Die

Autoren

Dipl.-Ing. **Christoph Wetzel**,
 Dipl.-Ing. **Ulrich Windhövel**,
 Bergische Universität Wuppertal.
 Dr. **Detlef Mewes**, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin, Dipl.-Phys. Ing. **Thomas Götte** (†), Berufsgenossenschaft Handel und Waren-distribution (BGHW), Bonn.

Zusammenfassung und Ausblick

Verschiedene Prüfverfahren konkurrieren im Wettbewerb um die beste Methode zur Analyse der Rutschhemmung von Bodenbelag und Schuhwerk. Zum Teil führen diese Prüfverfahren zu unter-

Literaturverzeichnis

- [1] Ursachen und Begleitumstände von Arbeitsunfällen in der EU. Hrsg.: Europäische Kommission, Generaldirektion Beschäftigung, Soziales und Chancengleichheit. Brüssel 2009. www.ec.europa.eu,
- [2] *Standke, W.*: Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2011. DGUV-Bericht, Sankt Augustin 2012. www.dguv.de/inhalt/zahlen/documents/au_statistik_2011.pdf,
- [3] Technische Regel für Arbeitsstätten (ASR) 1.5: Fußböden. 2013 (derzeit in Drucklegung).
- [4] *Fischer, H.* et al.: Vermeiden von Unfällen durch Stolpern, Umknicken, Fehlretten. Forschungsbericht F 1641. Dortmund 2008. www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F1641.pdf
- [5] Biomechanik – Messsysteme für Leistungsdiagnostik, Gang- und Gleichgewichtsanalyse in Sport, Medizin und Ergonomie. Hrsg.: Kistler Instrumente AG. Winterthur 2011. www.kistler.com/mediaaccess/600-350d-03.11.pdf,
- [6] *Kahl, A.; Wetzel, C.*: Rutschhemmungsmatrix – Arbeitsschutz auf die Füße gestellt. BUW Output (2012) Nr. 7, S. 25-29. www.buw-output.uni-wuppertal.de
- [7] *Bönig, S.*: Beitrag zur Festlegung von normgerechten Reibzahlgrenzwerten für gleitsicheres Gehen durch empirische Ganguntersuchung. Z. Arb. Wiss. 51 (1997) Nr. 2, S. 96-103.
- [8] BGI/GUV-I 8687: Bewertung der Rutschgefahr unter Betriebsbedingungen. Hrsg.: DGUV. Berlin 2011. <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8687.pdf>
- [9] DIN 51130: Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr – Begehungsverfahren, Schiefe Ebene. Berlin: Beuth Verlag 2010.
- [10] BG-Regel (BGR) 181: Merkblatt für Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr. Sankt Augustin 2003. <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr181.pdf>
- [11] *Ceylan, O.*: Geprüfte Bodenbeläge – Positivliste, Arbeitsblatt 560 210. In: IFA-Handbuch, Lfg. V/2012. Berlin: Erich Schmidt Verlag, Losebl.-Ausg.
- [12] DIN 51097: Prüfung von Bodenbelägen; Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft; Naßbelastete Barfußbereiche; Begehungsverfahren; Schiefe Ebene. Berlin: Beuth Verlag 1992.
- [13] DIN EN 14231: Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des Gleitwiderstandes mit Hilfe des Pendelprüfgerätes. Berlin: Beuth Verlag 2003.
- [14] Assessing the slip resistance of flooring. Hrsg.: Health & Safety Executive 2012. www.hse.gov.uk/pubns/geis2.pdf
- [15] DIN 51131: Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Verfahren zur Messung des Gleitreibungskoeffizienten. Berlin: Beuth Verlag 2008.
- [16] DIN EN 14041: Elastische, textile und Laminat-Bodenbeläge – Wesentliche Eigenschaften. Berlin: Beuth Verlag 2008.
- [17] DIN EN ISO 13287: Persönliche Schutzausrüstung – Schuhe – Prüfverfahren zur Bestimmung der Rutschhemmung. Berlin: Beuth Verlag 2013.
- [18] DIN EN ISO 20345: Persönliche Schutzausrüstung – Sicherheitsschuhe. Berlin: Beuth Verlag 2012.
- [19] DIN CEN/TS 16165: Bestimmung der Rutschhemmung von Fußböden – Ermittlungsverfahren. Berlin: Beuth Verlag 2012.