



DR.-ING. CHRISTOPH WETZEL  
Berufsgenossenschaft Handel und  
Warendistribution



UNIV.-PROF. DR.-ING. HABIL. ANKE KAHL  
Bergische Universität Wuppertal, Fachgebiet  
Sicherheitstechnik/Arbeitsicherheit

CHRISTOPH WETZEL, ANKE KAHL

# Rutschhemmungsmatrix – Ein neues Präventionsinstrument zur Reduzierung von Ausrutschunfällen

Jedes Jahr geschehen in Deutschland etwa eine Million Arbeits- und Wegeunfälle, die eine Ausfallzeit der Beschäftigten von mehr als drei Tagen nach sich ziehen [1]. Davon sind etwa 10% der Unfälle auf Ausrutschen beim Gehen zurückzuführen [2]. Zudem sind etwa 20 % derjenigen Unfälle, die eine dauerhafte Arbeitsunfähigkeit und damit verbundene Rentenzahlung nach sich ziehen, Folgen von Ausgleitunfällen. Die Rehabilitations- und Entschädigungsleistungen der gesetzlichen Unfallversicherungsträger und der volkswirtschaftliche Schaden durch Ausrutschunfälle lassen sich auf mehrere Milliarden Euro beziffern. [3] Beinaheunfälle oder Ausrutschunfälle ohne Verletzungen sind bei diesen Angaben nicht erfasst.

## Grundlagen

Zum Verständnis der Ursachen von Ausgleitunfällen ist eine Betrachtung des Gefährdungsmodells notwendig. Der Mensch überträgt während eines Schrittes Kräfte auf den Fußboden (Exposition), die durch eine mindestens gleichgroße Reibung im System (hazard) aus Schuhsohle, Fußboden, Zwischenmedium und Umgebungsbedingungen kompensiert werden müssen, damit es nicht zum Ausrutschen kommt. In diesem System weisen jeweils Fußböden und Schuhe durch ihre Gestaltung, insbesondere Material, Oberflächenbeschaffenheit und Profilierung, ein rutschhemmendes Potential auf, das im reziproken Verhältnis zu ihrem Gefährdungspotential steht. Stoffe, die witterungs- oder prozessbedingt

zwischen den Reibpartnern Fußboden und Schuh auftreten, wie Staub, Laub, Feuchtigkeit, Schnee, Öle oder Fette, können die Reibung herabsetzen. Zusätzlich wirken weitere Umgebungsfaktoren (z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit) Änderungen im Reibungssystem.

Der Mensch kann durch seine Gangart die Anforderungen an dieses Reibungssystem steuern. Durch vorsichtiges und langsames Gehen ist es möglich, auch bei rutschigen Bedingungen ohne Ausgleiten ans Ziel zu kommen. Dennoch ist in vielen Situationen allein durch die eingeschränkte optische Wahrnehmung nicht erkennbar, ob es rutschig ist, d.h. ob ein sicherer Gang möglich ist. So ist beispielsweise der Eingangsbereich eines Supermarktes – oder eines anderen öffentlichen Gebäudes – bei trockenem Wetter sicher zu begehen. An einem regnerischen Tag hingegen kann die Gefährdung des Ausgleitens beim Betreten des Eingangsbereiches mit einem feuchten Schuh deutlich erhöht sein.

Für die normale Ganggeschwindigkeit und das Gehen in der Ebene, um Kurven, auf Treppen und Rampen, stehen anerkannte Bewertungskriterien zur Verfügung, die aus dem menschlichen Gang abgeleitet wurden. Der Reibungskoeffizient  $\mu$  des Systems aus Fußboden, Zwischenmedium und Schuh wird dabei zur Bewertung herangezogen. Werte unterhalb von  $\mu = 0,30$  werden als kritisch bewertet, oberhalb von  $\mu = 0,45$  als sicher. Der Bereich zwischen diesen beiden Werten gilt als zulässig unter Berücksichtigung geeigneter Maßnahmen (z. B. Warnhinweise). [4] Zur optischen Kennzeichnung dieser drei Bereiche kommen die Ampelfarben zur Anwendung (im vorliegenden Beitrag aus technischen Gründen durch Graustufen ersetzt; vgl. Abb. 3).

## Maßnahmen zur Verbesserung der Rutschhemmung

Die Reibung und damit das Sicherheitsniveau des Systems „Fußboden-Zwischenmedium-Schuh“ kann durch verschiedene Schutzmaßnahmen erhöht werden. Die methodische Gestaltungskonzeption eines umfassenden Arbeitsschutzes bindet einerseits das Herstellen / Inverkehrbringen von Produkten und andererseits die Tätigkeiten mit Produkten ein (vgl. Abb. 1). Produktsicherheit

1 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Arbeits- und Wegeunfallgeschehen, <http://www.dguv.de/de/Zahlen-und-Fakten/Arbeits-und-Wegeunfallgeschehen/index.jsp>, Abrufdatum: 07. 11. 2013.

2 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Trittsicherheit auf Bodenbelägen und Treppen, <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/Trittsicherheit/Trittsicherheit.html>, 2008, Abrufdatum: 07. 11. 2013.

3 BGI/GUV-I 8687 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 2011.

4 Vgl. BGI/GUV-I 8687 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 2011.

als auch additive Arbeitssicherheit beinhalten jeweils drei Freiheitsgrade der Gestaltung. Ein Hersteller sollte die Maxime verfolgen, sein Produkt inhärent sicher zu konstruieren, das heißt, die ermittelten Risiken durch konstruktive Maßnahmen auszuschließen oder wirksam zu reduzieren (konstruktiver Primärschutz). Ist dies nicht möglich, sollten ergänzende technische Maßnahmen (konstruktiver Sekundärschutz) durch den Hersteller ergriffen werden, z.B. manipulationssichere Umweh- rung, Abweiser. Produkte dürfen zudem nur mit entsprechen- den Hinweisen zur bestimmungsgemäßen Verwen- dung (Technische Dokumentation) und Angaben zu den Restgefährdungen (wichtige Eingangsgröße für die Gefährdungsbeurteilung) in Verkehr gebracht werden (pro- duktspezifischer Tertiärschutz).

Während ein Hersteller die gesetzliche Verpflichtung hat, die Vermeidung/Minimierung der produktbezogenen Risiken mittels Risikobeurteilung im Rahmen der Herstel- lung seines Produktes zu überprüfen, bedient sich der be- triebliche Arbeitsschutz des gesetzlich verankerten Instru- mentes der Gefährdungsbeurteilung, um die möglichen Interaktionen arbeitssystembezogener Produkte und Pro- zesse bei zeitlich und räumlicher Koinzidenz mit den Be- schäftigten (Tätigkeitsbezug) zu beurteilen. Anwenderseitig stehen additive Maßnahmen zur Verfügung, um die Gefährdungen im Rahmen der Tätigkeit auf ein akzeptables Schutzniveau zu reduzieren. Die Gestaltungsrangfolge *Substitution vor technischen Maßnahmen vor organisatori- schen und personenbezogenen Maßnahmen* ist dabei einzu- halten (STOP-Modell). Abb. 1 zeigt eine Auswahl von mög- lichen Schutzmaßnahmen zur Reduzierung der Gefähr- dung „Ausgleiten beim Gehen“.

### Problemstellung

In beiden Gestaltungsbereichen sind die Primärmaß- nahmen nach gegenwärtigem Stand der Technik nicht oder nur eingeschränkt möglich. Hersteller stehen vor der komplexen Herausforderung Produkte zu entwickeln,

die einerseits mit einer großen Anzahl an verschiedenen Reibpartnern und möglichen Zwischenmedien mög- lichst hohe Reibwerte erzielen und andererseits weitere Anforderungen, wie z. B. Beständigkeit, Optik und Reini- gungsfähigkeit erfüllen müssen.

Der betriebliche Arbeitsschutz steht vor der Heraus- forderung Fußböden und Schuhe auszuwählen, die so- wohl für die betrieblichen Einsatzzwecke geeignet sind, als auch ein sicheres Gehen für die Beschäftigten ermög- lichen. Fußböden werden seit Februar 2013 nach der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A1.5/1.2 „Fuß- böden“ (zuvor nach der berufsgenossenschaftlichen Re- gel BGR 181 „Fußböden für Arbeitsbereiche mit Rutsch- gefahr“) anhand einer Baumusterprüfung in fünf sog. Bewertungsgruppen (R-Gruppen) eingeteilt. Für unter- schiedliche Arbeitsbereiche und Tätigkeiten werden je Bewertungsgruppe Mindestanforderungen für den aus- zuwählenden Fußboden festgelegt. Diese Baumusterprü- fung erfolgt mit einem definierten Sicherheitsschuh und Motoröl als Zwischenmedium. Vorangegangene Pro- jekte geben Anlass, diese Bewertung – die aus der Festle- gung dieser Normparameter resultiert – anzuzweifeln. Einige Fußbodenarten, die in ausgewählten Arbeitsbe- reichen verlegt werden und ausschließlich mit Wasser in Berührung kommen, werden durch dieses Prüfverfah- ren nicht praxisgerecht bewertet.

Für Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe, die als Persönliche Schutzausrüstung auf dem Markt bereit- gestellt werden, bestehen Mindestanforderungen an die Rutschhemmung der Laufsohle. Dem Anwender ist aller- dings das tatsächliche rutschhemmende Potential eines Schuhs nicht bekannt und folglich die Auswahl von Schuhwerk mit hohen rutschhemmenden Eigenschaf- ten nicht möglich. Zudem werden in zahlreichen Ar- beitsbereichen unterschiedliche Straßenschuhe getra- gen, z. B. an einer Universität und in Verwaltungsberei- chen. Straßen- und Freizeitschuhe unterliegen hingegen keinen verbindlichen Bestimmungen oder Mindestan- forderungen an die Rutschhemmung,

so dass folglich in der Praxis auch Schuhe getragen werden, die niedrige rutschhemmende Eigenschaften auf- weisen.

### Zielstellung

Zur Lösung dieser Problemstellungen wurde im Fachgebiet Sicherheitstechnik/Arbeitssicherheit der Bergischen Universität Wuppertal im Rahmen des Forschungsprojektes „Rutschhemmungsmatrix“ (Laufzeit 04/2009 – 12/2012; ge- fördert durch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) ein gleichnamiges Präventionsinstrument entwickelt, das insbesondere die Auswahl von sicheren Fußboden-Schuh-Kombinationen ermög- licht. In dieser Rutschhemmungsmatrix wird die Gefährdung des Ausgleitens

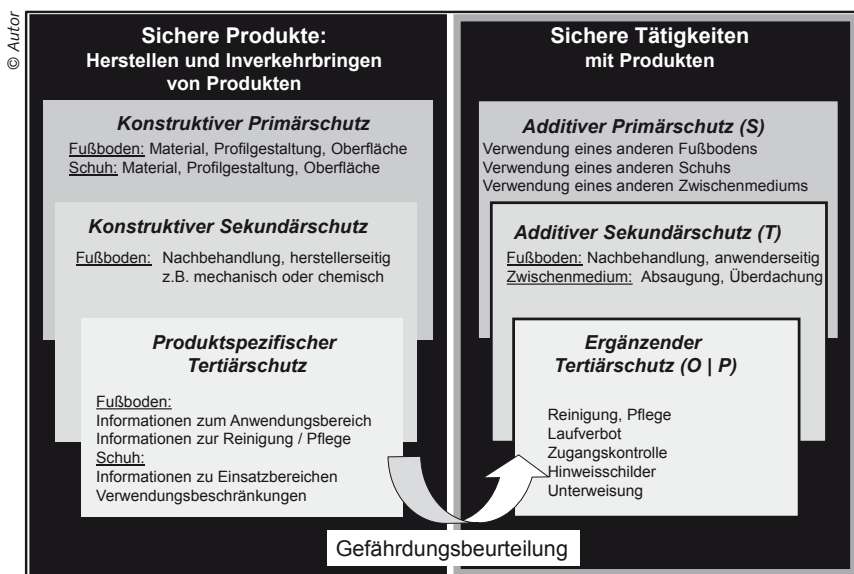


Abb. 1: Methodische Gestaltungskonzeption zum Gefährdungsfaktor „Ausgleiten beim Gehen“

als Kombination bzw. in Abhängigkeit der Gefährdungspotentiale bzw. der rutschhemmenden Potentiale von Fußböden und Schuhen dargestellt. Die Gefährdungspotentiale der Produkte werden durch eine Baumusterprüfung ermittelt, an die die Bedingung geknüpft ist, dass dieses Prüfverfahren valide ist und die Produkte praxisgerecht bewertet.

### Empirische Untersuchungen

Zur Entwicklung der Rutschhemmungsmatrix als Präventionsinstrument wurden empirische Untersuchungen durchgeführt. Dafür wurden die Reibungskoeffizienten der Fußboden-Schuh-Kombinationen von über 80 Fußböden mit über 100 verschiedenen Sicherheits- und Straßenschuhen sowohl mit Wasser als auch mit Motoröl als Zwischenmedium gemessen. Die Auswahl der Fußböden und Schuhe spiegelt die am Markt vorhandenen Materialarten, Oberflächenbeschaffenheiten und Profilierungen wider. Diese umfangreiche Auswahl wurde gewählt, um messtechnisch ein ganzheitliches Abbild der in praktischen Situationen auftretenden Fußboden-Schuh-Kombinationen zu erhalten. Die Messungen wurden mit einem maschinellen Verfahren - dem eigens für dieses Projekt weiterentwickelten - Fußboden- und Schuhtester, durchgeführt. Das Gerät ist für die Prüfung von Schuhen nach DIN EN ISO 13287 standardisiert.

### Fußboden-Schuh-Einfluss

Bis vor wenigen Jahren war sowohl die Experten- als auch die landläufige Meinung, dass der Fußboden den maßgeblichen Einflussfaktor auf die Rutschhemmung darstellt. Die neuesten Ergebnisse zeigen jedoch, dass der Schuh die Reibung wesentlich beeinflusst und somit einen signifikanten Anteil zum (un-)sicheren Gehen beisteuert. Mittels statistischer Auswertung kann der durchschnittliche Einfluss bei Auftreten von Zwischenmedien des Fußbodens mit 65 % und des Schuhs mit 35 % quantifiziert werden. Folglich stehen dem Anwender sowohl mit der Auswahl von Fußböden, als auch mit der Schuhwahl zwei geeignete Gestaltungsbereiche zur Verfügung. Durch Substitution eines der beiden Gefährdungsfaktoren (Fußboden oder Schuh) können willensunabhängige und dauerhafte Schutzmaßnahmen zum Tragen kommen, die praxisbezogen umsetzbar sind.

### Prüfergebnis ist nicht gleich Praxis

Aus den Messergebnissen konnten das durchschnittliche rutschhemmende Potential von Fußböden und Schuhen für jedes Zwischenmedium ermittelt und somit sog. „Praxisrangfolgen“ erstellt werden. Auf Grund der umfangreichen Materialauswahl kommt diese Vergleichsgröße den tatsächlichen Gegebenheiten sehr nahe. Mittels Korrelationsanalysen wurden diese Praxisrangfolgen mit „Normrangfolgen“ verglichen, die anhand von genormten Prüfverfahren ermittelt wurden (Beispiel in Abb. 2). Darunter befanden sich alle europäischen und deutschen Baumusterprüfverfahren für Fußböden sowie für Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe.

Nur mit dem Prüfverfahren nach der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A1.5/1,2 „Fußböden“ bzw. DIN 51130 „Schiefe Ebene“ ist derzeit eine praxisgerechte Produktbewertung für Fußböden in öligen Arbeitsbereichen (z.B. in der Nahrungsmittelindustrie) gegeben. Die gängige Bewertung von Sicherheitsschuhen entspricht in der Prüfkombination Keramikfliese/Wasser nach DIN EN ISO 13287 der Rutschhemmung von Schuhen in Praxissituationen. Alle anderen für Baumusterprüfungen verwendeten genormten Prüfverfahren (Normrangfolgen) weisen keine ausreichende Korrelation zu den ermittelten Praxisrangfolgen auf. Dieses Ergebnis weist deutlich darauf hin, dass insbesondere für Fußböden in Arbeitsbereichen mit auftretender Nässe und für Schuhe in öligen Arbeitsbereichen keine geeigneten genormten Prüfverfahren existieren. Ursächlich für die teils fehlerhafte Bewertung sind die verwendeten Referenzmaterialien und Prüfmedien.

### Vorschläge für geänderte Baumusterprüfungen

Um diesem neuen Bewertungsansatz gerecht zu werden, wurden Vorschläge für valide Prüfverfahren durch die Eruiierung praxisgerechter Referenzmaterialien unterbreitet. Die rutschhemmenden Eigenschaften von Fußböden bei Nässe werden dabei durch die Referenzsole „StarLP“ mit dem Prüfmedium Wasser praxisgerechter ermittelt. Schuhe, die in öligen Arbeitsbereichen eingesetzt werden, können mit dem Referenzboden „Standardbelag II“ und dem Prüfmedium Motoröl valide bewertet werden. Die Bewertungen, die aus Messungen mit den vorgeschlagenen Referenzmaterialien resultieren, werden als „Wuppertaler Rangfolgen“ bezeichnet.

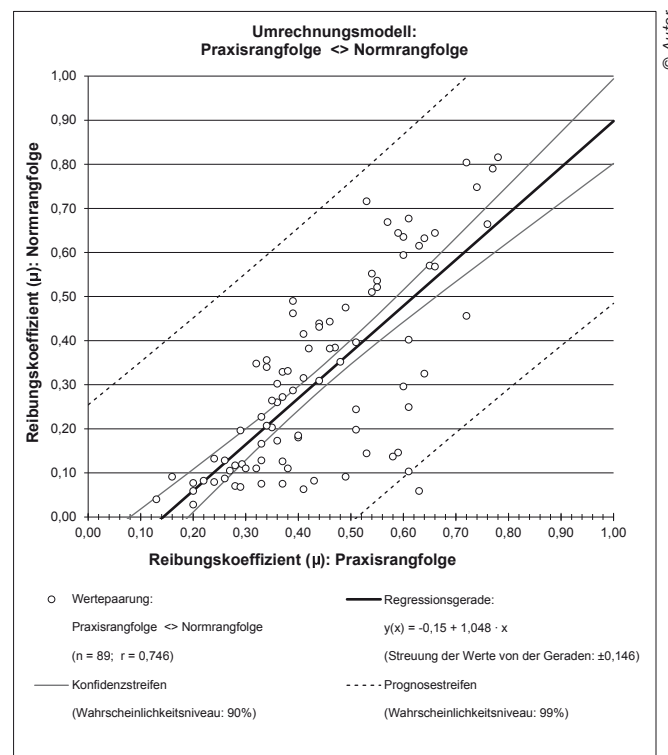


Abb. 2: Beispiel einer Korrelationsanalyse zwischen Praxisrangfolge und Normrangfolge

### Präventionsinstrument Rutschhemmungsmatrix

Fußböden und Schuhe werden in der Rutschhemmungsmatrix (vgl. Abb. 3) nach ihrem rutschhemmenden Potential in verschiedene Klassen eingestuft. Mittels multivariater, statistischer Auswertung der Messdaten wurde ein Gefährdungsmodell berechnet, das die produktbezogenen Ergebnisse der Wuppertaler Rangfolgen mit der auftretenden Reibung resp. der Gefährdung verknüpft. Somit sind die Ergebnisse aus einer Baumusterprüfung, die ohnehin im Rahmen der Bereitstellung auf dem Markt erfolgt, als Grundlage für die Auswahl von Produkten im Arbeitsbereich von Nutzen. Bereits verlegte Fußböden können mit den gleichen Referenzmaterialien auch mit mobilen Messgeräten bewertet und klassifiziert werden. Damit entsteht ein umfassendes Präventionsinstrument, das sowohl zum Einrichten von Arbeitsstätten als auch zur Gefährdungsbeurteilung eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten bietet:

- ▶ Auf dem Markt befindliche und zukünftig in Verkehr zu bringenden Produkte können nach dieser neuen Bewertung klassifiziert werden. Damit kann im Vorfeld der Tätigkeit die Gefährdung praxisbezogen beurteilt werden.
- ▶ Vor-Ort-Messung von Fußböden und eine anschließende Klassifizierung
- ▶ Für den betrieblichen Arbeitsschutz: Sichere Auswahl von geeigneten Sicherheitsschuhen für den betrieblich bereits vorhandenen Fußboden
- ▶ Für Gebäudeplaner: Berücksichtigung, dass Schuhe ohne ausreichende Rutschhemmung getragen werden und Auswahl eines Fußbodens einer entsprechend höheren Klasse bereits in der Planungsphase.

### Sicherheitsschuhe vs. Straßenschuhe

Wahrscheinlich erstmalig wurde eine große Auswahl von Straßenschuhen hinsichtlich ihres rutschhemmenden Potentials systematisch untersucht. Während Sicherheits- und Straßenschuhe etwa ähnliche Spannweiten hinsichtlich der Rutschhemmung aufweisen, weisen Sicherheitsschuhe im Vergleich mit Straßenschuhen durchschnittlich ein signifikant höheres Schutzniveau auf und führen in der Praxis zu einer reduzierten Anzahl an kritischen Situationen. Die Festlegung von Mindestanforderungen an die Rutschhemmung von Straßenschuhen, die mit denen von Sicherheitsschuhen vergleichbar sind, ist aus sicherheitstechnischer Sicht sinnvoll und würde einen maßgeblichen Beitrag zur Verbesserung des Schutzniveaus sowohl in Arbeitsbereichen als auch in öffentlichen und privaten Bereichen leisten. Während es für die Verlegung von Fußböden zu mindestens in Arbeitsbereichen und in öffentlichen Bereichen gegenwärtig bereits der Fall ist, ist jedoch die Einführung von Mindestanforderungen für alle Arten von Schuhen in der Praxis sehr schwer umzusetzen. Hier wäre neben der Information der Verbraucher, ein freiwilliger Test und eine freiwillige Kennzeichnung seitens der Schuhhersteller wünschenswert.

© Autor

Klassen der Schuhe	Wuppertaler Rangfolge Schuhe Wasser (ISO 13287; Schuhtest; Enthalte 2,0 % NaLS-Wasser)	$0,6 < \mu$	SW3	Schuhe mit hoher Rutschhemmung		+	+	+
		$0,5 < \mu < 0,6$	SW2	Schuhe mit erhöhter Rutschhemmung			+	+
		$0,4 < \mu < 0,5$	SW1	Schuhe mit ausreichender Rutschhemmung				+
		$\mu < 0,4$	SW-	Schuhe ohne ausreichende Rutschhemmung				
<b>Matrix der Rutschhemmung - Wasser</b>					Fußböden ohne ausreichende Rutschhemmung	Fußböden mit ausreichender Rutschhemmung	Fußböden mit erhöhter Rutschhemmung	Fußböden mit hoher Rutschhemmung
					RW -	RW9	RW10	RW11
					$\mu < 0,3$	$0,3 < \mu < 0,4$	$0,4 < \mu < 0,5$	$0,5 < \mu$
					Wuppertaler Rangfolge Fußböden Wasser (Schuhtester, StarLP333cepe, 0,1%NaLS-Wasser)			
					Klassen der Böden			

Abb. 3: Rutschhemmungsmatrix Wasser.

### Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Rutschhemmungsmatrix wurde ein neues Präventionsinstrument entwickelt, das umfassend sowohl die Bereitstellung auf dem Markt von Fußboden- und Schuhprodukten aufgreift und mit der Gefährdung im Arbeitsbereich verknüpft. Den Akteuren des betrieblichen Arbeitsschutzes steht damit ein Instrument zur vereinfachten Gefährdungsbeurteilung und zur Bestimmung von Schutzmaßnahmen durch die Auswahl von sicheren Fußboden-Schuh-Kombinationen zur Verfügung.

Die Forschungsergebnisse sollten in die zuständigen staatlichen Gremien, die Gremien der Unfallversicherungsträger sowie der nationalen und europäischen Normungsgremien Eingang finden. Weiter sollten Erfahrungen bei Prüfinstituten, Experten und im Rahmen von Ringversuchen gesammelt werden. Eine mittelfristige Umsetzung der Forschungsergebnisse verspricht eine nachhaltige Reduzierung von Ausrutschunfällen. Weiterhin ist eine enge Zusammenarbeit der bisher getrennt arbeitenden Ausschüsse für Fußböden und Schuhe wünschenswert.

### Literatur

- Christoph Wetzel: Entwicklung einer Rutschhemmungsmatrix für die Auswahl von Fußböden und Schuhen zur Reduzierung von Ausgleitunfällen; vom Fachbereich D der Bergischen Universität Wuppertal genehmigte Dissertation; ProBusiness Verlag, Berlin 2013
- Christoph Wetzel: Rutschhemmung von Fußböden und Schuhen – Prüfergebnis ist nicht gleich Praxis; KAN-Brief 03/13
- Anke Kahl, Christoph Wetzel: Rutschhemmungsmatrix – Arbeitsschutz auf die Füße gestellt; Forschungsmagazin OUTPUT der Bergischen Universität Wuppertal, Nr.7 / 2012

### Autoren

Dr.-Ing. Christoph **Wetzel**  
 Fachbereich Handel und Logistik (FBHL)  
 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)  
 c/o Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW)  
 68145 Mannheim  
 E-Mail: c.wetzel@bghw.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Anke **Kahl**  
 Bergische Universität Wuppertal  
 Fachgebiet Sicherheitstechnik/Arbeitssicherheit  
 Gaußstraße 20  
 42119 Wuppertal