

ABSCHLUSSBERICHT

<i>Projekt:</i>	FP341 Erarbeitung eines Kalibrierverfahrens für Bodenbeläge in nassbelasteten Barfußbereichen
<i>Projektleitung:</i>	Institut für Wand- und Bodenbeläge Säurefließner-Vereinigung e. V. (SFV) Im Langen Felde 4 30938 Burgwedel PI: Dr.-Ing. Erich H. Nolting
<i>Projektmitarbeiter/Autor:</i>	Dipl.-Ing. (FH) Tobias Mantlik
<i>Projektpartner:</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstraße 111 53757 Sankt Augustin PI: Dr.-Ing. Detlef Mewes

Der Abschlussbericht umfasst 62 Seiten.

Großburgwedel, 27.02.2015

Inhalt

	Seite
1. Titel und Laufzeit	4
1.1 Titel	4
1.2 Laufzeit	4
2. Problemstellung	4
2.1 Übersicht Unfallzahlen	4
2.2 Rutschsichere Bodenbeläge	4
2.3 Ermittlung und Bewertung der Rutschhemmung nach aktuellem Verfahren	5
3. Forschungszweck/-ziel	6
4. Methodik	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Arbeits- und Zeitabläufe	8
4.3 Auswahl an Geräten und Materialien	8
4.3.1 Schiefe Ebene	8
4.3.2 Gleitmessgerät	11
4.3.3 Prüfbeläge	11
4.3.4 Netzmittel	14
4.4 Probanden	15
5. Ergebnisse des Gesamtvorhabens	16
5.1 Ergebnisse der Netzmitteluntersuchungen	16
5.1.1 Tastversuche auf der Schiefen Ebene	16
5.1.2 Tastversuche mit dem Gleitmessgerät	16
5.1.3 Orientierende Netzmittelprüfungen mit dem Gleitmessgerät	18
5.1.4 Weiterführende Netzmittelprüfungen mit dem Gleitmessgerät	24
5.1.5 Netzmittelprüfungen an alternativen Prüfuntergründen	31
5.2 Ergebnisse der Prüfbeläge	33
5.2.1 Voruntersuchungen zur Auswahl der Prüfbeläge	33
5.2.2 Begehungsuntersuchungen mit ausgewählten Prüfbelägen	37
5.2.3 Begehung der neuen Kalibrierbeläge	42
5.2.4 Begehung der aktuellen Grenzwertbeläge	45
5.2.5 Bereinigte Mittelwerte	47
5.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse	51

	Seite
6. Relevante Ergebnisse des Gesamtvorhabens	52
6.1 Festlegung der A/B/C-Beläge	52
6.2 Festlegung des Netzmittels und des Volumenstroms	55
7. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungsziels	55
7.1 Darstellung aufgetretener Probleme	55
7.2 Schlussfolgerungen	57
8. Umsetzungs- und Verwertungsplan	58
9. Verzeichnis der Formeln	58
10. Abbildungsverzeichnis	60
11. Tabellenverzeichnis	61
12. Literaturverzeichnis	62

1. Titel und Laufzeit

1.1 Titel

Erarbeitung eines Kalibrierverfahrens für Bodenbeläge in nassbelasteten Barfußbereichen.

1.2 Laufzeit

Für das Forschungsvorhaben ist ein Zeitraum von eineinhalb Jahren veranschlagt worden. Der Beginn war am 01.01.2013, so dass das Forschungsvorhaben planmäßig am 30.06.2014 beendet werden sollte. Aufgrund von unvorhersehbaren Verzögerungen bei der Umsetzung des Forschungszieles ist die Laufzeit um ein halbes Jahr bis zum 31.12.2014 verlängert worden.

2. Problemstellung

2.1 Übersicht Unfallzahlen

Laut Unfallstatistik aus den Jahren 2004 bis 2008 haben sich 54.866 Schülerunfälle beim Schwimmen ereignet. Der Anteil allein der meldepflichtigen Ausrutsch- und Stolperunfälle liegt bei 14.687 (26,7 % aller Unfälle). Die Dunkelziffer dürfte dabei noch deutlich höher liegen. In ca. 6.600 Fällen wird konkret die Bodenoberfläche oder der Beckenrand (Beckenumgang) als allein unfallauslösender Gegenstand angegeben. Nahezu alle 6.600 Fälle sind auf eine mangelnde Rutschhemmung der jeweiligen Bodenbeläge zurückzuführen. Bei den restlichen Ausrutsch- und Stolperunfällen sind neben der Rutschhemmung noch andere Faktoren beteiligt.

Hierbei ist zu beachten, dass nur Unfälle berücksichtigt sind, bei denen ein Arzt aufgesucht worden ist und somit Kosten für die Unfallversicherung entstanden sind. Ausrutschunfälle mit glimpflichen Folgen (ohne ärztliche Behandlung und Kosten für die Unfallversicherung) sind in der Statistik nicht erfasst. Da bei der gesetzlichen Unfallversicherung keine Badegäste versichert sind, liegen auch keine Erkenntnisse über deren Unfallzahlen vor. Es ist entsprechend davon auszugehen, dass die vorgenannten Unfallzahlen weitaus höher liegen als diejenigen, die lediglich die Schüler betreffen.

2.2 Rutschsichere Bodenbeläge

Im Zusammenhang mit Ausrutschunfällen in Schwimmbädern und öffentlichen Badeanstalten entstehen für die gesetzliche Unfallversicherung jedes Jahr sehr hohe Kosten. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig und wichtig, in den jeweiligen Gefahrenbereichen sichere Bodenbeläge mit entsprechender Rutschhemmung vorzuhalten. Nur so können die Unfallzahlen reduziert und die Kosten für die Unfallversicherung klein gehalten werden.

Die Ermittlung der Rutschhemmung erfolgt dabei gemäß DIN 51097 auf der „Schiefen Ebene“. In diesem stationären Laborprüfgerät wird ein zu prüfenden Bodenbelag von barfüßigen Personen begangen, wobei während der Prüfung der Neigungswinkel der schiefen Ebene verändert wird. Der Zeitpunkt, an dem die Prüfperson beginnt unsicher zu gehen, wird in Form eines Winkelwertes festgehalten. Durch vergleichendes Gehen des zu prüfenden Bodenbelags mit sogenannten Grenzwertbelägen wird die Zuordnung zu einer Bewertungsgruppe abgesichert. Grenzwertbeläge sind solche Beläge, deren Winkelwerte (12° , 18° und 24°) bekannt sind. Den Winkelwerten sind die Bewertungsgruppen A (12°), B (18°) und C (24°) zugeordnet. Die Grenzwertbeläge sind bei diesem Prüfverfahren notwendig, um zu prüfende Bodenbeläge zielsicher bewerten bzw. einer Bewertungsklasse zuordnen zu können.

Die Winkelwerte der Grenzwertbeläge hat man in den 70er Jahren in aufwändigen Untersuchungsreihen bei der Säurefließner-Vereinigung e. V. ermittelt und entsprechende Grenzwertbeläge in begrenzter Anzahl hergestellt. Da sie nicht mehr verfügbar sind, wird in absehbarer Zeit daher die Prüfung nur noch bedingt möglich sein mit der Folge, dass eine Auswahl ausreichend rutschsicherer Bodenbeläge nach objektiven Kriterien nicht mehr gegeben sein wird. Eine Auswahl der Beläge allein nach ästhetischen Kriterien oder auch nach einer subjektiven haptischen Bewertung der Oberfläche bietet keine Gewähr für eine sichere Begehbarkeit. Eine deutliche Zunahme der Unfallzahlen wäre zu erwarten. Dem gilt es, durch eine Novellierung des Prüfverfahrens gegenzusteuern.

2.3 Ermittlung und Bewertung der Rutschhemmung nach aktuellem Verfahren

Die Prüfung der Bodenbeläge erfolgt gemäß DIN 51097 und dient der Ermittlung und Bewertung der rutschhemmenden Eigenschaft von Bodenbelägen in nassbelasteten Barfußbereichen. Während der Versuchsdurchführung ist eine ständige und gleichmäßige Überflutung des Prüfbelages mit (6 ± 1 Liter) der Prüflüssigkeit je Minute sicherzustellen. Eine barfüßige Prüfperson bewegt sich in aufrechter Haltung in Schritten einer halben Fußlänge vor- und rückwärts mit Blickrichtung talwärts auf dem zu prüfenden Bodenbelag. Dabei wird dessen Neigung vom waagerechten Zustand beginnend bis zu dem Winkel (Neigungswinkel) gesteigert, an dem die Prüfperson die Grenze des sicheren Gehens erreicht. Der Neigungswinkel wird durch mehrmaliges Auf- und Abfahren um den kritischen Bereich festgestellt. Dieser Neigungswinkel wird von zwei Prüfpersonen je viermal, jeweils vom waagerechten Zustand des zu prüfenden Bodenbelages ausgehend, bestimmt. Aus den acht Einzelwerten wird der arithmetische Mittelwert berechnet. Falls Einzelwerte um mehr als 2° vom Mittelwert abweichen, wird die Prüfung wiederholt und der Mittelwert aus 16 Einzelwerten berechnet.

Abhängig vom erreichten mittleren Neigungswinkel wird der Prüfbelag einer Bewertungsgruppe nach Tabelle 1 zugeordnet.

Tabelle 1: Zuordnung der mittleren Neigungswinkel zu den Bewertungsgruppen der Rutschhemmung

Mittlerer Neigungswinkel	Bewertungsgruppe
$\geq 12^\circ$	A
$\geq 18^\circ$	B
$\geq 24^\circ$	C

Durch vergleichendes Gehen auf der schiefen Ebene wird die Zuordnung zu einer Bewertungsgruppe abgesichert. Dies geschieht dadurch, dass der Prüfbelag und der Grenzwertbelag gemeinsam auf der Prüfeinrichtung aufgebracht werden und vergleichend bei dem zuvor ermittelten mittleren Neigungswinkel begangen werden.

3. Forschungszweck/-ziel

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Prüfung der rutschhemmenden Eigenschaft in nassbelasteten Barfußbereichen vom Verfahren mit Grenzwertbelägen auf ein Kalibrierverfahren umzustellen. Mit dem neu zu entwickelnden Kalibrierverfahren für den Barfußbereich möchte man sich dem bestehenden Verfahren, welches im gewerblichen Bereich auf Grundlage der DIN 51130 Anwendung findet, angleichen und so eine Präzisierung der Ergebnisse ermöglichen.

Es ist in der Fachwelt bekannt, dass bei Prüfungen unter Einsatz von Prüfpersonen Schwierigkeiten auftreten können, die vom Grad der Übung, der momentanen Konstitution und von weiteren menschlichen Einflussfaktoren beeinflusst werden. Berichte über die Präzision des Begehungsverfahrens und über den individuellen Einfluss der Prüfperson auf das Prüfergebnis deuten darauf hin, dass durch ein geeignetes Kalibriersystem die Präzision verbessert und der individuelle Einfluss des Prüfers eingeeengt werden kann. Eben aus diesem Grund hat man für die Prüfung von Bodenbelägen in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen (gewerblicher Bereich) im Zusammenhang mit der DIN 51130 gezielte Untersuchungen durchgeführt und ein Kalibrierverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe ein Höchstmaß an Objektivierung der Ergebnisse erreicht wird. Dieses Verfahren ist auf nationaler und europäischer Ebene anerkannt, so dass davon auszugehen ist, dass die Neustrukturierung auf breite Anerkennung in der Fachwelt stoßen wird.

Nachfolgend beschriebene Vorgehensweisen und Maßnahmen im Zusammenhang mit der Umsetzung des Forschungsvorhabens sind bei verschiedenen Sitzungen des projektbegleitenden Arbeitskreises, die zwischenzeitlich stattgefunden haben, gemeinsam diskutiert und weiter entwickelt worden.

4. Methodik

4.1 Allgemeines

Die Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft von nassbelasteten Barfußbereichen erfolgt auf Grundlage der DIN 51097. Das Prüfverfahren berücksichtigt die in Nassbereichen anstehenden Belastungsverhältnisse und erfasst weitestgehend praxisnah die wichtigsten Parameter für die Beurteilung der rutschhemmenden Eigenschaft für barfuß begangene Bereiche. Das Prüfverfahren hat sich bewährt, so dass für die Umsetzung des Forschungsvorhabens kein neues Prüfverfahren entwickelt werden musste. Aufbauend auf dieser Norm bzw. ausgehend von den derzeitigen Standard-Grenzwertbelägen galt es zunächst, Bodenbelagsmaterialien für die Kalibrierverfahren zu finden, deren rutschhemmende Eigenschaften denen der aktuellen Grenzwertbeläge (Bereich 12°, 18° und 24°) möglichst nahe kommen.

Die DIN 51097 sieht während der Versuchsdurchführung eine ständige und gleichmäßige Überflutung des Prüfbelages mit netzmittelhaltigem Wasser vor. Als Prüflüssigkeit dient eine „*wässrige Lösung eines neutralen Netzmittels*“ (Zitat: DIN 51097, Absatz 6). Als weitere Zielsetzung des Forschungsvorhabens war angedacht, das Netzmittel genauer zu definieren und vergleichende Untersuchungen mit den derzeit eingesetzten Netzmitteln durchzuführen.

Nach Auswahl geeigneter Bodenbelagsmaterialien und Festlegung des Netzmittels wurden umfangreiche Untersuchungen auf der schiefen Ebene unter Einbeziehung einer größeren Anzahl von Probanden durchgeführt. Die Ergebnisse sollen schlussendlich dazu herangezogen werden, um ein Kalibrierverfahren, das bereits bei der DIN 51130 Anwendung findet, zu entwickeln.

4.2 Arbeits- und Zeitabläufe

Arbeitsschritte	Zeittafel					
	2013 Januar bis Februar	2013 März bis Juli	2013 August bis Dezember	2014 Januar bis April	2014 Juni bis Dezember	2015 Januar bis Februar
1. Vorbereitung						
1.1 Modifizierung der Prüfeinrichtung						
1.2 Beschaffung von Fliesenmaterial						
1.3 Beschaffung von Netzmitteln						
1.4 Planung der Voruntersuchungen						
2. Voruntersuchungen						
2.1 Herstellung von Prüfbelägen						
2.2 Auswahl von Netzmitteln						
2.3 Auswahl weiterer Prüfparameter						
2.4 Begleitkreissitzung						
3. Hauptuntersuchungen						
3.1 Probandenversuche						
3.2 Begleitkreissitzung						
3.3 Vergleich mit altem Verfahren						
4. Projektabschluss						
4.1 Auswertung der Ergebnisse						
4.2 Abschlussbesprechung						
4.3 Abschlussbericht						

	Aufgabenstellung erledigt
	Aufgabenstellung gestrichen (Beschluss der projektbegleitenden Arbeitskreises)

4.3 Auswahl an Geräten und Materialien

4.3.1 Schiefe Ebene

Bei der „Schiefen Ebene“ (Abbildung 1 bis 3) handelt es sich um eine Prüfeinrichtung zur Aufnahme von Prüfbelägen, deren Neigung in Längsrichtung stufenlos verstellbar ist. *„Eine Prüfperson bewegt sich in aufrechter Haltung vor- und rückwärts auf dem zu prüfenden Bodenbelag (Abmessungen 1.000 x 500 [mm]), dessen Neigung vom waagerechten Zustand beginnend bis zu dem Winkel (Neigungswinkel) gesteigert wird, bei dem die Prüfperson beginnt, unsicher zu werden. Der Neigungswinkel wird auf dem mit netzmittelhaltigem Wasser kontinuierlich überfluteten Bodenbelag ermittelt. Der Neigungswinkel dient zur Bewertung der rutschhemmenden Eigenschaft.“* [DIN 51097]

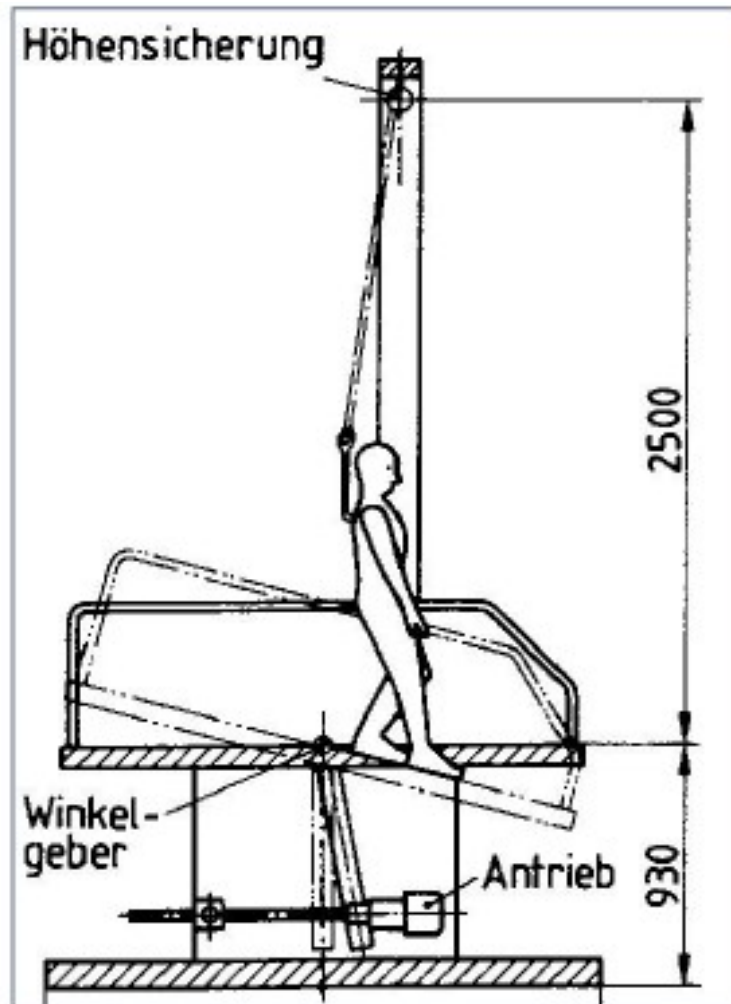


Abbildung 1: Skizze Schiefe Ebene



**Abbildung 2:
Schiefe Ebene nach DIN 51097**

**Abbildung 3:
Begehung eines Prüfbelages
auf der Schiefen Ebene**



4.3.2 Gleitmessgerät

Das Gleitmessgerät ist ein mobiles Messgerät zur Bestimmung des Gleitreibungs-Koeffizienten von Bodenbelägen gemäß DIN 51131, DIN EN 13893 und BGI/GUV-I 8687. Mit dem Gleitmessgerät, dessen Unterseite mit unterschiedlichen Gleitern bestückt werden kann, wird die Zugkraft gemessen, die aufgebracht werden muss, um einen Körper mit einer bekannten Masse über eine Messfläche zu ziehen. Das für das Forschungsvorhaben eingesetzte Gleitmessgerät GMG 200 des Herstellers GTE Industrieelektronik GmbH entspricht den Vorgaben der DIN 51130 und wurde für das Forschungsvorhaben genutzt, um die in die Untersuchungen einbezogenen Netzmittel hinsichtlich ihres Einflusses auf die rutschhemmenden Eigenschaften vergleichen zu können.

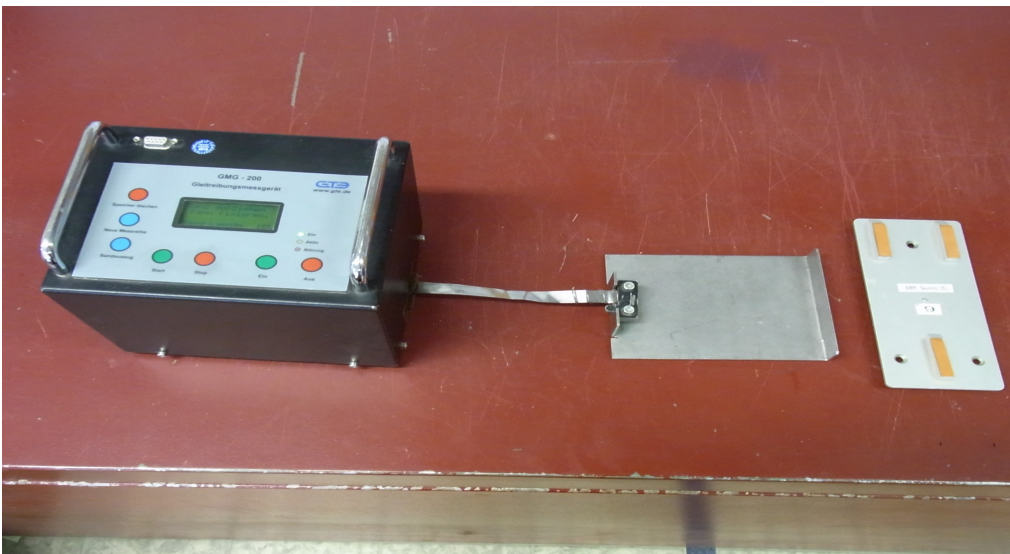


Abbildung 4: Gleitmessgerät GMG 200 und Gleiterplatte „Gummi“

4.3.3 Prüfbeläge

Ausgehend von den derzeitigen Standard-Grenzwertbelägen sind durch Voruntersuchungen Bodenbeläge gesucht worden, deren rutschhemmende Eigenschaften denen der aktuellen Grenzwertbeläge (Bereich 12°, 18° und 24°) möglichst nahe kommen. In diesem Zusammenhang sind aus der Produktion des Herstellers „Deutsche Steinzeug Fliesen GmbH“ zunächst drei verschiedene Produkte keramischer Fliesen mit entsprechender rutschhemmender Eigenschaft bezogen worden.

Bei der Erstauswahl handelt es sich um folgende Produkte:

Tabelle 2: Erstauswahl der Bodenbeläge

Kennwerte	Bodenbeläge		
	A-Belag	B-Belag	C-Belag
Winkelbereich	12°	18°	24°
Material	Spaltplatte	Spaltplatte	Spaltplatte
Produktgruppe	Al _b	All _a	Al _b
Maße [mm]	240 x 115 x 11	240 x 115 x 10	240 x 119 x 8
Farbe	beige	herbstlaub	weiß
Oberfläche	glatt	feinrau	rau

Bei anschließenden, intensiveren Begehungsprüfungen hat sich herausgestellt, dass die Ergebnisse der mittleren Neigungswinkel beim A-Belag und C-Belag nicht den vorgesehenen Winkelbereich (12° bzw. 24°) erzielen. Nach Rücksprache mit dem Hersteller der Fliesen sind andere Produkte als Ersatzlieferung zur Verfügung gestellt und anschließend bei der SFV geprüft worden. Die „ausgetauschten Fliesen“ sind auch vom IFA getestet und abschließend für geeignet erachtet worden. Der ursprüngliche B-Belag wurde weiterhin verwendet. Für die weitergehenden Begehungsprüfungen standen folgende Produkte zur Verfügung:

Tabelle 3: Abschließende Auswahl der Bodenbeläge

Kennwerte	Bodenbeläge		
	A-Belag (Ersatz)	B-Belag	C-Belag (Ersatz)
Winkelbereich	12°	18°	24°
Material	Feinsteinzeugfliese	Spaltplatte	Spaltplatte
Produktgruppe	Bl _a	All _a	Al _b
Maße [mm]	1.000 x 500 x 10	240 x 115 x 10	240 x 119 x 8
Farbe	beige	herbstlaub	grün
Oberfläche	glatt	feinrau	rau

Nachfolgend sind die für das Forschungsvorhaben ausgewählten Prüfbeläge bildlich dargestellt:



**Abbildung 5:
A-Belag**

**Abbildung 6:
B-Belag**



B-Belag FP 341



Abbildung 7:
C-Belag

4.3.4 Netzmittel

In der aktuellen DIN 51097 ist die Verwendung eines neutralen Netzmittels vorgeschrieben, ohne dass dieses detailliert benannt wird. Das Netzmittel wird während der Versuchsdurchführung dem Wasser zugegeben, damit eine ständige und gleichmäßige Überflutung des Prüfbelages gegeben ist. Bei den Prüfinstituten werden hierfür unterschiedliche Netzmittel eingesetzt, um die Oberflächenspannung des Wassers herabzusetzen. Neben handelsüblichen Geschirrrreinigern, wie z. B. „Somat“, wird auch das für die Gleitreibungsmessung in der DIN 51131 genannte Natriumlaurylsulfat (umgangssprachlich NaLs) verwendet. Im Sinne des Forschungsvorhabens ist angedacht, diese Mittel durch einen handelsüblichen „Reinstoff“, dessen gleichbleibende Zusammensetzung gewährleistet ist, der möglichst hautfreundlich ist und der am Markt erhältlich ist, zu ersetzen.

Auf Nachfrage bei zwei namhaften Herstellern für Reinigungsmittel sind von der „DR. NÜSKEN CHEMIE GmbH“ und von der „Ecolab Deutschland GmbH“ diverse Produkte als Netzmittel zur Verfügung gestellt worden. Nach umfassenden Voruntersuchungen u. a. mit dem Gleitmessgerät GMG 200 ist als Netzmittel **Dehypon LS 45** ausgewählt worden, welches dem Wasser in einem Mischungsverhältnis von 1 : 1.000 zugegeben wird.

Tabelle 4: Auswahl an Netzmitteln

Nr.	Chemische Charakterisierung	Handelsname
1	Laurylethersulfat	Ethersulfat 28
2	Di-(2-ethylhexyl) Sodium Sulfosuccinate	Eurowet PG 70
3	Alkylpolycycosid	Glucopon 225 DK
4	Fettalkohol	Dehypon LS 24
5	Fettalkohol	Dehypon LS 45
6	Fettalkohol	Dehypon LS 54
7	Alkylpolycycosid	Glucopon 600 CSUP
8	Alkylpolycycosid	Glucopon 215 UP
9	Natriumlaurylsulfat	NaLs
10	Alkoholethoxylatbutoxylat	Somat
11	H ₂ O (ohne Netzmittel)	Wasser

4.4 Probanden

Die Probanden haben nachfolgend aufgeführte Merkmale aufgewiesen:

- Geschlecht: männlich und weiblich
- Alter: zwischen 12 Jahren und 79 Jahren
- Gewicht: zwischen 48 kg und 110 kg
- Schuhgröße: zwischen 36 und 45

5. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

5.1 Ergebnisse der Netzmitteluntersuchungen

5.1.1 Tastversuche auf der Schiefen Ebene

Für erste Tastversuche sind die „neuen“ Netzmittel im Mischungsverhältnis 1 : 1.000 angemischt und die aktuellen Grenzwertbeläge (A/B/C-Beläge) der DIN 51097 auf der schiefen Ebene be- gangen worden. Dabei sollte zunächst überprüft werden, ob die neuen Netzmittel ähnliche Er- gebnisse im Vergleich zu dem bei der SFV eingesetzten Netzmittel Somat ergeben und ob eine grundsätzliche Geeignetheit gegeben ist. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Tastversuche mit Netzmitteln auf der Schiefen Ebene

Nr.	Produkt	Mi- schung sver- hältnis	Durch- fluss- menge	Neigungswinkel			Haut- rei- zung J/N	Flo- ckung J/N	Schaum- bildung J/N
				A (12°)	B (18°)	C (24°)			
1	Laurylethersulfat	1 : 1.000	6 L/min	14°	20°	24°	Nein	Nein	Ja
2	Di-(2-ethylhexyl) Sodium Sulfosuccinate	1 : 1.000	6 L/min	14°	20°	24°	Nein	dickflüs- sig	Ja
3	Alkylpolycycosid (70 %)	1 : 1.000	6 L/min	13°	18°	23°	Nein	Nein	Nein
4	Fettalkohol	1 : 1.000	6 L/min	13°	18°	23°	Nein	Nein	Nein
5	Alkylpolycycosid (50 %)	1 : 1.000	6 L/min	Nicht prüfbar, da Mittel in der Probeflasche verdickt ist.					
7	H ₂ O (ohne Netzmittel)	1 : 1	6 L/min	14°	20°	24°	Nein	Nein	Nein
8	Somat	1 : 1.000	6 L/min	14°	20°	24°	Nein	Nein	Ja

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die ermittelten Neigungswinkel bei den geprüften Netzmitteln in einer ähnlichen Größenordnung liegen und grundsätzlich geeignet erscheinen.

5.1.2 Tastversuche mit dem Gleitmessgerät

Zusätzlich sind mit den Netzmitteln auch Tastversuche in Anlehnung an DIN 51131 mit dem Gleitmessgerät GMG 200 durchgeführt worden. Als Untergrund für die Messungen wurde ein HPL-Belag (High Pressure Laminate) gewählt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Tastversuche mit GMG

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: HPL		Wasserhärte: mittel (13,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
1	Ro 1101 Laurylethersulfat Na-Salz (28%) Ethersulfat 28	1 : 1.000	3	0,46	0,47
			4	0,46	
			5	0,48	
2	Ro 1109 Di-2-ethylhexy..... Na-Salz (60%) Eurowet PG 70	1 : 1.000	3	0,41	0,40
			4	0,40	
			5	0,40	
3	Ro 1404 Alkylpolycycosid (70%) Glucopon 225 DK	1 : 1.000	3	0,42	0,41
			4	0,41	
			5	0,41	
4	Ro 1407 Fettalkohol (100%) Dehypon LS 45	1 : 1.000	3	0,32	0,33
			4	0,33	
			5	0,33	
5	Ro 1410 Alkylpolycycosid (50%) Glucopon 600 CSUP	1 : 1.000	nicht geprüft, da dickflüssig		
6	Alkylpolycycosid (50% - 70%) Glucopon 215 UP	1 : 1.000	3	0,47	0,47
			4	0,47	
			5	0,47	
7	Alkylpolycycosid (50% - 70%) Glucopon 215 UP	1 : 10.000	3	0,56	0,56
			4	0,55	
			5	0,56	
8	NaLs	1 : 1.000	3	0,46	0,46
			4	0,46	
			5	0,47	
9	H₂O (ohne Netzmittel)	1 : 1	3	0,60	0,60
			4	0,60	
			5	0,60	
10	Somat	1 : 1.000	3	0,46	0,47
			4	0,46	
			5	0,48	

Die dabei erhaltenen Ergebnisse sind auf der Sitzung des projektbegleitenden Arbeitskreises am 04.03.2013 diskutiert worden. Im Ergebnis wurde festgelegt, dass weitere Untersuchungen mit dem Produkt „RO 1407“ fortgeführt werden sollen. Hierbei handelt es sich um einen sogenannten Fettalkohol (Dehyphon), der als Inhaltsstoff u. a. in Kosmetika und Spülmittel Anwendung findet. Er handelt sich dabei um ein Produkt, das in seiner Zusammensetzung klar definiert ist.

5.1.3 Orientierende Netzmittelprüfungen mit dem Gleitmessgerät

Nach Rücksprache mit der DR. NÜSKEN CHEMIE GmbH sind von diesem Fettalkohol drei weitere Proben (Dehyphon LS 24, LS 45 und LS 54) zur Verfügung gestellt worden. Laut Aussage sind diese in ihrer Grundstruktur ähnlich und unterscheiden sich lediglich durch eine abweichende Zusammensetzung von „wasserfreundlichen“ und „hautfreundlichen“ Inhaltsstoffen – zu erkennen an den Zahlenendungen. Dehyphon wird in annähernd gleichbleibender Zusammensetzung und Qualität im Fachhandel angeboten und ist global zu beziehen.



Abbildung 8: Dehyphon LS 24, LS 45 und LS 54

Die Netzmittel Dehyphon LS 24, LS 45 und LS 54 sind in weiteren Versuchsreihen unter Verwendung des Gleitmessgerätes GMG 200 in unterschiedlicher Anwendungskonzentration und mit Wasser unterschiedlicher Härtegrade getestet worden. Als Untergrund für die Untersuchungen mit dem Gleitmessgerät ist zum einen eine Fliese eingesetzt worden, die bereits bei Vergleichsuntersuchungen namhafter Prüfinstitute auf europäischen Ebene im Zusammenhang mit Ringversuchen für die Prüfung der Rutschhemmung auf der Schiefen Ebene gemäß DIN 51130 verwendet worden ist, die sogenannte „Portugal-Fliese“. Zum anderen ist „HPL“ - eine Kalibrierplatte für Prüfungen mit dem Gleitmessgerät - eingesetzt worden. Die Ergebnisse der Dehyphon-Untersuchungen auf der Portugal-Fliese und dem HPL-Belag sind in Tabellen 7 bis 11 dargestellt.

Tabelle 7: GMG-Messung: HPL / Wasser weich

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: HPL		Wasserhärte: weich (3,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,36 0,35 0,34	0,35
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,29 0,29 0,28	0,29
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	0,31 0,31 0,30	0,31
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,32 0,31 0,30	0,31
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,26 0,25 0,26	0,26
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	0,27 0,27 0,26	0,27
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,28 0,27 0,27	0,27
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,24 0,24 0,23	0,24
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	0,27 0,27 0,25	0,26
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,27 0,27 0,27	0,27
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,27 0,28 0,27	0,27
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	0,28 0,29 0,29	0,29
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,30 0,31 0,29	0,30

Tabelle 8: GMG-Messung: HPL / Wasser mittel

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: HPL		Wasserhärte: mittel (13,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,40 0,37 0,39	0,39
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,30 0,28 0,27	0,28
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	0,30 0,30 0,29	0,30
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,31 0,30 0,29	0,30
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,27 0,26 0,26	0,26
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	0,30 0,28 0,27	0,28
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,29 0,29 0,28	0,29
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,25 0,24 0,23	0,24
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	0,27 0,27 0,26	0,27
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,28 0,28 0,27	0,28
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,31 0,30 0,29	0,30
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	0,30 0,30 0,29	0,30
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,33 0,32 0,31	0,32

Tabelle 9: GMG-Messung: HPL / Wasser hart

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: HPL		Wasserhärte: hart (21,2° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,38 0,38 0,39	0,38
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,29 0,28 0,27	0,28
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	0,30 0,29 0,29	0,29
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,30 0,30 0,30	0,30
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,27 0,26 0,26	0,26
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	0,27 0,27 0,27	0,27
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,30 0,29 0,29	0,29
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,26 0,25 0,24	0,25
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	0,26 0,27 0,27	0,27
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,28 0,27 0,28	0,28
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,27 0,27 0,26	0,27
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	0,27 0,28 0,28	0,28
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,29 0,31 0,30	0,30

Tabelle 10: GMG-Messung: Portugal-Fliese / Wasser weich

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: Portugal-Fliese		Wasserhärte: weich (3,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,51 0,51 0,53	0,52
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,49 0,50 0,50	0,50
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,44 0,44 0,43	0,44
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,48 0,47 0,47	0,47
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,34 0,34 0,35	0,34
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,40 0,39 0,37	0,39
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,33 0,33 0,33	0,33
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,46 0,46 0,46	0,46
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,44 0,41 0,41	0,42

Tabelle 11: GMG-Messung: Portugal-Fliese / Wasser hart

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: Portugal-Fliese		Wasserhärte: hart (21,2° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,53 0,55 0,58	0,55
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,52 0,54 0,55	0,54
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,47 0,47 0,43	0,45
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,39 0,42 0,44	0,42
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,32 0,31 0,30	0,31
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,36 0,34 0,3	0,35
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,30 0,30 0,30	0,30
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,34 0,35 0,36	0,35
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,32 0,31 0,31	0,31

5.1.4 Weiterführenden Netzmittelprüfungen mit dem Gleitmessgerät

Im weiteren Verfahrensablauf sind zudem die neu ausgewählten A/B/C-Beläge bzw. die zu diesem Zeitpunkt feststehenden A/B/C-Beläge mit dem Gleitmessgerät GMG 200 unter Verwendung der Dehypon-Netzmittel geprüft worden. Hierfür wurden die Prüfungen mit „weichem“ und „hartem“ Wasser im Mischungsverhältnis 1 : 1.000 und 1 : 10.000 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 12 bis 17 dargestellt.

Tabelle 12: GMG-Messung: A-Belag / Wasser weich

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: A-Belag		Wasserhärte: weich (3,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,73 0,72 0,72	0,72
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,70 0,70 0,71	0,70
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,69 0,69 0,70	0,70
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,69 0,69 0,69	0,69
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,66 0,67 0,66	0,66
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,68 0,68 0,68	0,68
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,64 0,64 0,65	0,64
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,67 0,68 0,67	0,67
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,67 0,67 0,67	0,67

Tabelle 13: GMG-Messung: B-Belag / Wasser weich

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: B-Belag		Wasserhärte: weich (3,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,62 0,62 0,63	0,62
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,61 0,62 0,61	0,61
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,59 0,61 0,61	0,60
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,62 0,63 0,62	0,62
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,60 0,59 0,60	0,60
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,62 0,62 0,61	0,62
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,59 0,61 0,60	0,60
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,60 0,60 0,61	0,60
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,59 0,59 0,58	0,59

Tabelle 14: GMG-Messung: C-Belag / Wasser weich

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: C-Belag		Wasserhärte: weich (3,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,73 0,73 0,72	0,72
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,71 0,72 0,71	0,71
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,73 0,72 0,72	0,72
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,71 0,71 0,71	0,71
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,71 0,70 0,72	0,71
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,71 0,72 0,72	0,72
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,71 0,71 0,71	0,71
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,71 0,72 0,71	0,71
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,71 0,71 0,70	0,71

Tabelle 15: GMG-Messung: A-Belag / Wasser hart

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: A-Belag		Wasserhärte: hart (21,2° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,71 0,71 0,71	0,71
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,69 0,70 0,71	0,70
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,68 0,69 0,69	0,69
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,68 0,68 0,69	0,68
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,64 0,62 0,61	0,62
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,67 0,68 0,67	0,67
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,62 0,63 0,63	0,63
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,67 0,67 0,67	0,67
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,66 0,67 0,67	0,67

Tabelle 16: GMG-Messung: B-Belag / Wasser hart

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: B-Belag		Wasserhärte: hart (21,2° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,61 0,61 0,61	0,61
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,60 0,60 0,60	0,60
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,59 0,60 0,60	0,60
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,61 0,62 0,60	0,61
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,57 0,57 0,58	0,57
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,60 0,61 0,60	0,60
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,58 0,57 0,58	0,58
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,58 0,60 0,60	0,59
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,59 0,59 0,60	0,59

Tabelle 17: GMG-Messung: C-Belag / Wasser hart

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: C-Belag		Wasserhärte: hart (21,2° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3 4 5	0,72 0,72 0,72	0,72
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 10.000	3 4 5	0,73 0,73 0,74	0,73
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
1.3	Fettalkohol Dehypon LS 24	1 : 1.000	3 4 5	0,73 0,72 0,72	0,72
2.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3 4 5	0,74 0,73 0,73	0,73
2.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
2.3	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3 4 5	0,71 0,72 0,71	0,71
3.1	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 10.000	3 4 5	0,73 0,73 0,73	0,73
3.2	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
3.3	Fettalkohol Dehypon LS 54	1 : 1.000	3 4 5	0,71 0,71 0,70	0,71
4.1	Somat	1 : 10.000	3 4 5	0,72 0,72 0,72	0,72
4.2	Somat	1 : 5.000	3 4 5	nicht geprüft	
4.3	Somat	1 : 1.000	3 4 5	0,72 0,71 0,72	0,72

5.1.5 Netzmittelprüfungen an alternativen Prüfuntergründen

Die neuen A/B/C-Beläge bestehen durchgängig aus keramischen Fliesen. Um zu bewerten, ob andere Untergründe zu ähnlichen Ergebnissen führen, sind unter Beachtung vorgenannter Parameter zusätzlich Prüfungen mit dem GMG 200 und der Schiefen Ebene an den Untergründen Edelstahlblech und Kunststoff aus Institutsbeständen der SFV durchgeführt worden. Dabei ist das Netzmittel Dehypon LS 45 mit dem Netzmittel „Somat“ verglichen worden. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 18 und 19 bzw. 20 und 21 dargestellt.

Tabelle 18: Gleitmessgerät: Edelstahlblech / Dehypon LS 45 - Somat

Prüfgerät: GMG 200		Gleiter: Gummi Nr. 1			
Untergrund: Edelstahlblech		Wasserhärte: mittel (13,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3	0,58	0,59
			4	0,60	
			5	0,58	
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3	0,59	0,58
			4	0,56	
			5	0,58	
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3	0,53	0,55
			4	0,55	
			5	0,57	
2.1	Somat	1 : 10.000	3	0,58	0,59
			4	0,59	
			5	0,60	
2.1	Somat	1 : 1.000	3	0,56	0,57
			4	0,57	
			5	0,59	

Tabelle 19: Gleitmessgerät: Kunststoff-Belag / Dehypon LS 45 - Somat

Prüfgerät: GMG 200			Gleiter: Gummi Nr. 1		
Untergrund: Kunststoff-Belag			Wasserhärte: mittel (13,4° dH)		
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Einzelwerte		Mittelwert
0	H ₂ O (ohne Netzmitte)	1:1	3	0,72	0,72
			4	0,72	
			5	0,72	
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	3	0,70	0,68
			4	0,66	
			5	0,69	
1.2	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 1.000	3	0,67	0,66
			4	0,65	
			5	0,65	
2.1	Somat	1 : 10.000	3	0,66	0,67
			4	0,66	
			5	0,68	
2.1	Somat	1 : 1.000	3	0,63	0,65
			4	0,65	
			5	0,68	

Tabelle 20: Schiefe Ebene: Edelstahlblech / Dehypon LS 45 - Somat

Prüfgerät: Schiefe Ebene			Begehung: barfuß			
Untergrund: Edelstahlblech			Wasserhärte: mittel (13,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungsverhältnis	Laborant 1		Laborant 2	
			EW	MW	EW	MW
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	20,0	20,4	22,2	21,5
			21,2		21,5	
			20,0		20,7	
2.1	Somat	1 : 10.000	19,0	18,4	18,7	18,9
			18,4		19,1	
			17,8		19,0	

Tabelle 21: Schiefe Ebene: Kunststoff-Belag / Dehypon LS 45 - Somat

Prüfgerät: Schiefe Ebene			Begehung: barfuß			
Untergrund: Kunststoff-Belag			Wasserhärte: mittel (13,4° dH)			
Nr.	Netzmittel	Mischungs- verhältnis	Laborant 1		Laborant 2	
			EW	MW	EW	MW
1.1	Fettalkohol Dehypon LS 45	1 : 10.000	11,7	11,8	10,3	10,9
			11,9		11,0	
			11,9		11,5	
2.1	Somat	1 : 10.000	11,4	11,1	10,1	10,3
			11,0		10,5	
			10,8		10,4	

Bei der Sitzung des projektbegleitenden Arbeitskreises am 12. November 2013 ist auf Grundlage der Ergebnisse beschlossen worden, dass als Netzmittel der Fettalkohol „Dehypon LS 45“ eingesetzt wird. Hinsichtlich des Mischungsverhältnisses sind die Unterschiede bei den verschiedenen Anwendungskonzentrationen als marginal bewertet worden, so dass abschließend ein Mischungsverhältnis von 1 : 1.000 festgelegt worden ist. Die Durchflussmenge des Wasser beträgt 6 ± 1 Liter/Minute bei einer Temperatur von $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

5.2 Ergebnisse der Prüfbeläge

5.2.1 Voruntersuchungen zur Auswahl der Prüfbeläge

Ausgehend von den derzeitigen Standard-Grenzwertbelägen sind durch Voruntersuchungen Prüfbeläge gesucht worden, deren rutschhemmende Eigenschaften denen der aktuellen Grenzwertbeläge (Bereich 12°, 18° und 24°) möglichst nahe kommen. In diesem Zusammenhang sind aus der Produktion des Herstellers „Deutsche Steinzeug Fliesen GmbH“ zunächst drei verschiedene Produkte keramischer Fliesen mit entsprechender rutschhemmender Eigenschaft bezogen worden. Bei der Erstauswahl handelt es sich um folgende Produkte:

Tabelle 22: Erstausswahl der Prüfbeläge

Kennwerte	Bodenbeläge		
	A-Belag	B-Belag	C-Belag
Winkelbereich	12°	18°	24°
Material	Spaltplatte	Spaltplatte	Spaltplatte
Produktgruppe	Al _b	All _a	Al _b
Maße [mm]	240 x 115 x 11	240 x 115 x 10	240 x 119 x 8
Farbe	beige	herbstlaub	weiß
Oberfläche	glatt	feinrau	rau

Aus vorgenannten Produkten sind Prüfbeläge mit den Abmessungen 100 x 50 [cm] hergestellt und vergleichend mittels Begehungsverfahren auf der schiefen Ebene unter Verwendung des Netzmittels „Somat“ geprüft worden. Die Testbeläge sind in doppelter Anzahl hergestellt worden, so dass ein kompletter Satz an den Projektpartner IFA übergeben werden konnte. Die Prüfungen sind parallel beim IFA und der SFV erfolgt. In ersten Vorversuchen erschienen diese Produkte geeignet.

Bei anschließenden, intensiveren Begehungsprüfungen mit einer größeren Anzahl von Probanden hat sich herausgestellt, dass der C-Belag zu hohe Ergebnisse (> 30°) geliefert hat. Nach Rücksprache mit dem Hersteller der Fliesen ist ein anderes Produkt als Ersatzlieferung zur Verfügung gestellt und anschließend bei der SFV geprüft worden. Der „ausgetauschte“ C-Belag ist ebenfalls vom IFA getestet und für geeignet erachtet worden. Bei der Ersatzlieferung handelt es sich um ein mit dem C-Belag vergleichbares Material (weiße Spaltplatte), das - nach Aussage des Herstellers – weniger rau ist als die Erstlieferung (grüne Spaltplatte).

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Begehungsprüfungen für die Erstausswahl der Fliesen sowie für die Ersatzauswahl des C-Belages zusammenfassend unter Ausweisung der Mittelwerte¹⁾ und der Standardabweichung²⁾ dargestellt.

Tabelle 23: Erstauswahl A-Belag

A-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	14,5	12,7	13,2	13,5	0,8
Proband 2	18,2	18,3	18,5	18,3	0,1
Proband 3	16,6	17,8	16,6	17,0	0,6
Proband 4	13,7	13,8	13,6	13,7	0,1
Proband 5	14,8	15,3	15,9	15,3	0,4
Proband 6	17,3	16,7	15,6	16,5	0,7
Proband 7	14,3	14,9	15,1	14,8	0,3

Mittelwert (7 Probanden)	15,6
Standardabweichung	1,7

Tabelle 24: Erstauswahl B-Belag

B-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	20,3	20,5	20,6	20,5	0,1
Proband 2	20,8	22,3	21,7	21,6	0,6
Proband 3	22,8	23,3	23,5	23,2	0,3
Proband 4	20,7	20,5	19,6	20,3	0,5
Proband 5	17,3	17,3	17,7	17,4	0,2
Proband 6	18,6	18,5	18,1	18,4	0,2
Proband 7	23,8	23,8	24,8	24,1	0,5

Mittelwert (7 Probanden)	20,8
Standardabweichung	2,3

Tabelle 25: Erstauswahl C-Belag

C-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	30,3	29,4	30,3	30,0	0,4
Proband 2	34,4	35,6	35,2	35,1	0,5
Proband 3	32,8	32,4	32,3	32,5	0,2
Proband 4	28,1	28,3	27,5	28,0	0,3
Proband 5	28,0	27,8	26,6	27,5	0,6
Proband 6	29,3	28,5	30,2	29,3	0,7
Proband 7	32,3	33,0	34,8	33,4	1,1

Mittelwert (7 Probanden)	30,8
Standardabweichung	2,7

Tabelle 26: Ersatzauswahl C-Belag

C-Belag (Ersatz)	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	21,1	21,1	20,4	20,9	0,3
Proband 2	24,3	27,3	25,9	25,8	1,2
Proband 3	25,3	26,6	26,2	26,0	0,5
Proband 4	21,6	21,8	24,0	22,5	1,1
Proband 5	26,9	25,9	25,4	26,1	0,6

Mittelwert (7 Probanden)	24,3
Standardabweichung	2,3

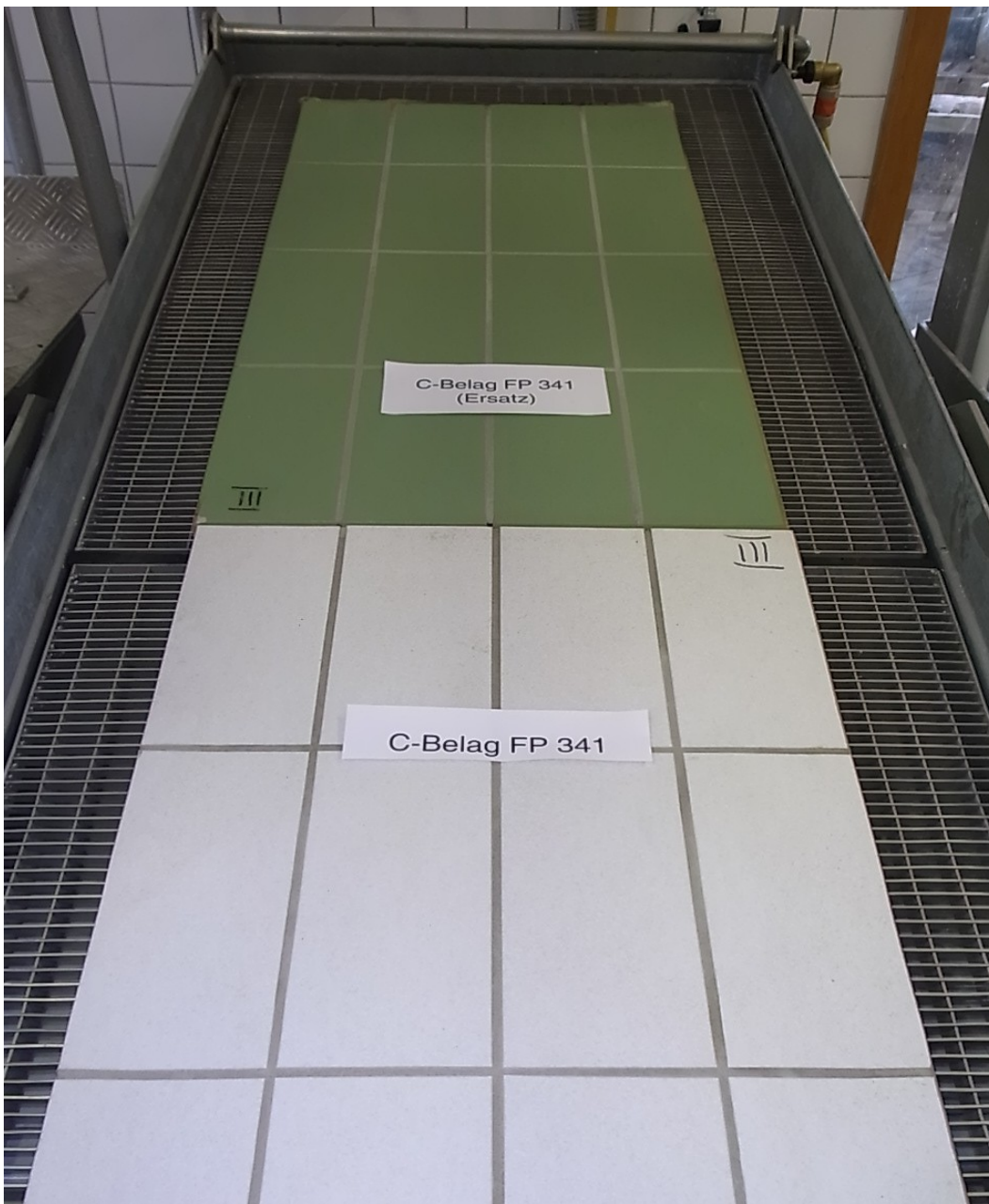


Abbildung 9: C-Belag / Ersatz für C-Belag

5.2.2 Begehungsuntersuchungen mit ausgewählten Prüfbelägen

Nach Beendigung der Netzmittel-Untersuchungen und Festlegung der A/B/C-Beläge sind weitere, umfassende Versuchsreihen auf der schiefen Ebene bei der SFV und beim IFA mit dem neuen Netzmittel Dehypon LS 45 im Mischungsverhältnis 1 : 1.000 durchgeführt worden. Für die abschließende Mittelwertfindung der jeweiligen Prüfbeläge haben bei der SFV insgesamt 25 Probanden an den Begehungsversuchen teilgenommen.

Tabelle 27: Begehungsergebnis für A-Belag

A-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	13,7	14,9	15,9	14,8	0,9
Proband 2	16,2	17,5	17,1	16,9	0,5
Proband 3	17,8	18,5	18,1	18,1	0,3
Proband 4	10,3	11,2	12,7	11,4	1,0
Proband 5	12,8	14,1	11,2	12,7	1,2
Proband 6	11,2	10,7	10,8	10,9	0,2
Proband 7	16,9	17,2	16,3	16,8	0,4
Proband 8	15,6	15,2	15,9	15,6	0,3
Proband 9	15,7	15,3	16,1	15,7	0,3
Proband 10	9,6	10,1	10,2	10,0	0,3
Proband 11	12,3	12,8	13,1	12,7	0,3
Proband 12	11,2	10,9	11,0	11,0	0,1
Proband 13	7,8	8,7	8,5	8,3	0,4
Proband 14	19,3	20,1	19,7	19,7	0,3
Proband 15	20,1	20,3	20,6	20,3	0,2
Proband 16	16,8	17,3	18,1	17,4	0,5
Proband 17	16,2	15,5	15,4	15,7	0,4
Proband 18	15,1	15,6	15,7	15,5	0,3
Proband 19	17,7	17,7	17,3	17,6	0,2
Proband 20	13,5	14,7	15,0	14,4	0,6
Proband 21	24,2	23,3	24,7	24,1	0,6
Proband 22	16,2	17,9	17,8	17,3	0,8
Proband 23	15,9	16,1	16,4	16,1	0,2
Proband 24	11,3	12,2	12,5	12,0	0,5
Proband 25	11,3	12,6	12,6	12,2	0,6

Mittelwert (25 Probanden)	15,1
Standardabweichung	3,6

Tabelle 28: Begehungsergebnis für B-Belag

B-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	21,1	19,8	20,5	20,5	0,5
Proband 2	15,9	16,3	16,0	16,1	0,2
Proband 3	20,4	20,1	20,1	20,2	0,1
Proband 4	21,5	21,9	22,1	21,8	0,2
Proband 5	18,1	18,4	18,6	18,4	0,2
Proband 6	14,9	14,6	14,5	14,7	0,2
Proband 7	24,9	24,6	24,4	24,6	0,2
Proband 8	17,7	18,1	17,5	17,8	0,2
Proband 9	18,0	17,0	17,3	17,4	0,4
Proband 10	17,0	17,9	17,8	17,6	0,4
Proband 11	14,1	15,1	14,3	14,5	0,4
Proband 12	12,5	12,1	11,7	12,1	0,3
Proband 13	8,8	8,6	9,9	9,1	0,6
Proband 14	16,2	17,2	18,1	17,2	0,8
Proband 15	21,3	22,4	22,9	22,2	0,7
Proband 16	18,0	17,3	19,5	18,3	0,9
Proband 17	18,9	20,0	19,5	19,5	0,4
Proband 18	17,6	18,3	18,3	18,1	0,3
Proband 19	18,0	16,5	18,2	17,6	0,8
Proband 20	14,2	14,8	13,8	14,3	0,4
Proband 21	20,0	20,9	21,8	20,9	0,7
Proband 22	21,6	20,6	20,9	21,0	0,4
Proband 23	22,3	21,9	22,5	22,2	0,2
Proband 24	17,5	17,9	18,2	17,9	0,3
Proband 25	16,3	16,0	16,8	16,4	0,3

Mittelwert (25 Probanden)	18,0
Standardabweichung	3,4

Tabelle 29: Begehungsergebnis für C-Belag

C-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	24,3	22,7	24,6	23,9	0,8
Proband 2	21,4	21,8	22,2	21,8	0,3
Proband 3	26,1	25,4	25,2	25,6	0,4
Proband 4	22,3	23,2	22,6	22,7	0,4
Proband 5	22,9	21,7	22,1	22,2	0,5
Proband 6	20,7	20,3	21,0	20,7	0,3
Proband 7	26,9	26,8	26,8	26,8	0,0
Proband 8	21,3	22,0	23,2	22,2	0,8
Proband 9	26,7	27,4	27,2	27,1	0,3
Proband 10	23,9	23,6	23,3	23,6	0,2
Proband 11	13,8	14,8	15,0	14,5	0,5
Proband 12	22,9	21,5	21,3	21,9	0,7
Proband 13	17,5	18,1	17,9	17,8	0,2
Proband 14	22,8	24,3	24,4	23,8	0,7
Proband 15	24,8	25,0	25,4	25,1	0,2
Proband 16	24,1	25,6	25,2	25,0	0,6
Proband 17	25,3	25,2	25,5	25,3	0,1
Proband 18	22,9	23,8	24,4	23,7	0,6
Proband 19	22,8	22,4	23,0	22,7	0,2
Proband 20	18,0	19,1	20,0	19,0	0,8
Proband 21	24,3	24,7	24,5	24,5	0,2
Proband 22	24,7	24,9	25,7	25,1	0,4
Proband 23	24,3	25,1	25,5	25,0	0,5
Proband 24	24,3	24,2	24,1	24,2	0,1
Proband 25	22,7	21,7	22,7	22,4	0,5

Mittelwert (25 Probanden)	23,1
Standardabweichung	2,8

Bei der Analyse der Einzelergebnisse ist aufgefallen, dass einige Probanden den A-Belag sehr niedrig laufen, andere wiederum deutlich höhere Neigungswinkel erzielen. Als maßgebender Einflussfaktor ist hier das Fugenmaterial gesehen worden. Im Vergleich zum „glatten Fliesenmaterial“ des A-Belages, weist die zementäre Fuge eine deutlich höhere Rauigkeit auf, so dass diese beim Begehen einen gewissen „bremsenden Einfluss“ ausübt. Dieser wird insbesondere auch durch die Fugenbreite und die Fugenanzahl bestimmt.

Vor diesem Hintergrund sind aus dem selben Fliesenmaterial (Spaltplatte 240 x 115 x 11 [mm], beige, glatt) nochmals zwei Probeläge hergestellt worden, bei denen zum einen ein fugenloser Belag und zum anderen ein nahezu ebenflächiger Belag mit oberflächenbündigen Zementfugen vorlag. Beide Beläge haben nach erneuten Begehungsversuchen wiederum nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt, so dass nach weiteren Überlegungen der Austausch des Belages als notwendig erachtet wurde.

Der Hersteller der Fliesen ist daraufhin erneut kontaktiert und um Ersatzlieferung eines neuen Fliesenproduktes gebeten worden. Um den Einfluss der Fuge zu minimieren, ist der Hersteller gebeten worden, ein möglichst großformatiges Produkt als Ersatz zur Verfügung zu stellen. Hierfür sind vom Hersteller insgesamt fünf verschiedene Produkte im Format 60 x 60 [cm] und 120 x 60 [cm] bereit gestellt worden.

Nach verschiedenen Testreihen beim Institut der SFV und beim IFA ist ein keramisches Fliesenmaterial gefunden worden, das als Ersatz für den A-Belag geeignet war. Für die abschließenden Begehungsversuche standen somit folgende Produkte fest:

Tabelle 30: Abschließende Auswahl der Bodenbeläge

Kennwerte	Bodenbeläge		
	A-Belag (Ersatz)	B-Belag	C-Belag (Ersatz)
Winkelbereich	12°	18°	24°
Material	Feinsteinzeugfliese	Spaltplatte	Spaltplatte
Produktgruppe	BI _a	AI _a	AI _b
Maße [mm]	1.000 x 500 x 10	240 x 115 x 10	240 x 119 x 8
Farbe	beige	herbstlaub	grün
Oberfläche	glatt	feinrau	rau

5.2.3 Begehung der neuen Kalibrierbeläge

Die geplanten Voruntersuchungen mussten aufgrund vorgenannter Verschiebungen teilweise abgeändert bzw. ergänzt werden. Abschließend ist eine Belagsauswahl getroffen worden, die für die Umsetzung des Forschungsvorhabens geeignet war. In Verbindung mit dem Netzmittel Dehypon LS 45 sind mit den für das Kalibrierverfahren ausgewählten A/B/C-Belägen Begehungsuntersuchungen durchgeführt worden. Hierfür standen insgesamt 20 Probanden zur Verfügung. Die Ergebnisse sämtlicher Probanden sind in den nachfolgenden Tabellen 31 bis 33 dargestellt.

Tabelle 31: Mittelwertfindung für neuen A-Belag

A-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	10,8	10,4	10,0	10,4	0,4
Proband 2	10,7	10,7	11,1	10,8	0,2
Proband 3	11,8	12,4	12,6	12,3	0,4
Proband 4	11,1	10,9	10,4	10,8	0,4
Proband 5	12,6	12,5	12,0	12,4	0,3
Proband 6	10,8	10,9	10,2	10,6	0,4
Proband 7	12,6	12,1	12,3	12,3	0,3
Proband 8	7,7	7,9	8,1	7,9	0,2
Proband 9	11,2	10,2	9,7	10,4	0,8
Proband 10	5,0	4,7	5,0	4,9	0,2
Proband 11	11,1	12,0	11,9	11,7	0,5
Proband 12	14,8	14,1	14,7	14,5	0,4
Proband 13	12,1	11,8	12,3	12,1	0,3
Proband 14	19,3	20,0	20,5	19,9	0,6
Proband 15	11,8	11,6	12,3	11,9	0,4
Proband 16	11,9	12,1	11,7	11,9	0,2
Proband 17	11,7	12,1	12,1	12,0	0,2
Proband 18	10,9	11,7	12,0	11,5	0,6
Proband 19	6,1	5,9	6,3	6,1	0,2
Proband 20	11,8	11,7	11,6	11,7	0,1

Mittelwert (20 Probanden)	11,3
Standardabweichung	3,0

Tabelle 32: Mittelwertfindung für neuen B-Belag

B-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	18,9	20,5	20,2	19,9	0,9
Proband 2	17,7	17,3	18,3	17,8	0,5
Proband 3	18,8	18,8	19,7	19,1	0,5
Proband 4	19,3	19,5	19,3	19,4	0,1
Proband 5	17,9	19,2	19,1	18,7	0,7
Proband 6	19,0	17,4	17,0	17,8	1,1
Proband 7	25,0	24,6	24,4	24,7	0,3
Proband 8	13,7	13,7	14,2	13,9	0,3
Proband 9	20,2	19,8	19,6	19,9	0,3
Proband 10	17,8	18,5	18,5	18,3	0,4
Proband 11	16,9	16,5	17,0	16,8	0,3
Proband 12	16,8	18,0	18,8	17,9	1,0
Proband 13	18,8	18,7	18,3	18,6	0,3
Proband 14	20,9	21,3	20,8	21,0	0,3
Proband 15	18,4	18,2	18,4	18,3	0,1
Proband 16	19,7	19,0	20,3	19,7	0,7
Proband 17	15,8	16,1	16,5	16,1	0,4
Proband 18	18,6	18,9	19,5	19,0	0,5
Proband 19	15,2	14,5	13,9	14,5	0,7
Proband 20	18,5	18,5	19,0	18,7	0,3

Mittelwert (20 Probanden)	18,5
Standardabweichung	2,3

Tabelle 33: Mittelwertfindung für neuen C-Belag

C-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	23,7	23,9	23,1	23,6	0,4
Proband 2	22,8	23,7	23,6	23,4	0,5
Proband 3	21,7	22,1	22,3	22,0	0,3
Proband 4	24,3	24,0	24,0	24,1	0,2
Proband 5	22,2	22,5	21,7	22,1	0,4
Proband 6	24,0	24,5	24,4	24,3	0,3
Proband 7	24,9	23,8	23,9	24,2	0,6
Proband 8	21,2	21,0	21,4	21,2	0,2
Proband 9	23,7	22,5	23,4	23,2	0,6
Proband 10	25,0	25,2	24,8	25,0	0,2
Proband 11	20,4	20,8	20,7	20,6	0,2
Proband 12	20,3	20,6	18,3	19,7	1,3
Proband 13	24,7	24,4	25,0	24,7	0,3
Proband 14	24,9	25,2	24,8	25,0	0,2
Proband 15	23,8	24,2	24,6	24,2	0,4
Proband 16	25,3	24,7	25,3	25,1	0,3
Proband 17	23,8	23,8	24,5	24,0	0,4
Proband 18	24,8	25,6	26,1	25,5	0,7
Proband 19	22,5	21,9	22,5	22,3	0,3
Proband 20	21,5	21,5	22,0	21,7	0,3

Mittelwert (20 Probanden)	23,3
Standardabweichung	1,6

Anhand der Ergebnisse ist ersichtlich, dass die Mittelwerte einzelner Probanden im Vergleich zum Gesamtmittelwert aller 20 Probanden teilweise deutlich voneinander abweichen („Ausreißer“). Aufgrund der großen Streubreite der Ergebnisse ergibt sich rechnerisch eine entsprechend hohe Gesamt-Standardabweichung.

Es liegen langjährige, laborinterne Erfahrungswerte vor, die zu der Annahme führen, dass nicht alle Probanden für die Begehungsprüfungen geeignet sind. Dies wird durch die „Ausreißer“ belegt. Es ist zu vermuten, dass Faktoren wie der Schwierigkeitsgrad der Übung, die momentane physische und psychische Verfassung, die Konstitution, etc. hier Einfluss nehmen.

5.2.4 Begehung der aktuellen Grenzwertbeläge

Um die oben genannte Annahme zu überprüfen, sind die Begehungsprüfungen mit den gleichen 20 Probanden an den aktuellen Grenzwertbelägen durchgeführt worden. Bei den derzeit aktuellen A/B/C-Belägen der DIN 51097 (Grenzwertbeläge) sind die mittleren Neigungswinkel (12°, 18° und 24°) bekannt, so dass die Probanden Werte im Bereich der mittleren Neigungswinkel laufen müssten. Die Begehungs-Ergebnisse der aktuellen Grenzwertbeläge sind in den nachfolgenden Tabellen 34 bis 36 dargestellt.

Tabelle 34: Mittelwertfindung für aktuellen A-Belag

A-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	10,8	11,0	10,7	10,8	0,2
Proband 2	16,1	15,8	16,0	16,0	0,2
Proband 3	12,1	12,3	12,4	12,3	0,2
Proband 4	12,2	12,5	12,7	12,5	0,3
Proband 5	15,5	14,9	14,2	14,9	0,7
Proband 6	12,5	12,2	12,1	12,3	0,2
Proband 7	14,1	14,5	6,0	14,4	0,3
Proband 8	13,1	13,5	13,7	13,4	0,3
Proband 9	16,2	16,4	15,9	16,2	0,3
Proband 10	8,9	9,1	9,3	9,1	0,2
Proband 11	13,1	13,0	13,0	13,0	0,1
Proband 12	15,5	13,8	15,4	14,9	1,0
Proband 13	14,2	13,7	13,5	13,8	0,4
Proband 14	21,0	21,7	21,5	21,4	0,4
Proband 15	16,1	16,3	16,6	16,3	0,3
Proband 16	15,9	16,6	16,3	16,3	0,4
Proband 17	14,2	14,0	13,9	14,0	0,2
Proband 18	15,1	14,7	14,6	14,8	0,3
Proband 19	11,4	11,9	12,3	11,9	0,5
Proband 20	12,8	13,0	12,6	12,8	0,2

Mittelwert (20 Probanden)	14,1
Standardabweichung	2,5

Tabelle 35: Mittelwertfindung für aktuellen B-Belag

B-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	20,0	19,0	19,9	19,6	0,6
Proband 2	18,2	18,7	18,3	18,4	0,3
Proband 3	19,2	18,0	19,2	18,8	0,7
Proband 4	21,7	20,7	21,5	21,3	0,5
Proband 5	15,0	14,4	15,2	14,9	0,4
Proband 6	18,9	17,9	17,0	17,9	1,0
Proband 7	23,3	23,0	22,8	23,0	0,3
Proband 8	17,8	16,1	17,3	17,1	0,9
Proband 9	20,9	19,7	20,7	20,4	0,6
Proband 10	17,3	17,1	16,9	17,1	0,2
Proband 11	17,0	17,3	17,5	17,3	0,3
Proband 12	16,1	16,4	16,4	16,3	0,2
Proband 13	18,1	17,9	17,8	17,9	0,2
Proband 14	22,4	23,0	23,0	22,8	0,3
Proband 15	21,3	22,0	21,9	21,7	0,4
Proband 16	22,3	21,4	22,3	22,0	0,5
Proband 17	17,4	17,4	18,0	17,6	0,3
Proband 18	21,2	20,7	20,8	20,9	0,3
Proband 19	17,1	16,1	16,4	16,5	0,5
Proband 20	20,9	21,1	21,5	21,2	0,3

Mittelwert (20 Probanden)	19,1
Standardabweichung	2,4

Tabelle 36: Mittelwertfindung für aktuellen C-Belag

C-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	24,1	25,5	24,6	24,7	0,7
Proband 2	23,2	22,8	22,1	22,7	0,6
Proband 3	23,4	23,7	23,7	23,6	0,2
Proband 4	23,9	24,4	24,5	24,3	0,3
Proband 5	20,9	20,2	20,9	20,7	0,4
Proband 6	24,7	24,0	24,3	24,3	0,4
Proband 7	28,2	28,8	29,2	28,7	0,5
Proband 8	21,8	21,7	21,9	21,8	0,1
Proband 9	25,8	25,3	25,0	25,4	0,4
Proband 10	23,2	25,3	25,0	24,5	1,1
Proband 11	23,2	23,5	23,1	23,3	0,2
Proband 12	20,2	20,5	23,1	21,3	1,6
Proband 13	22,7	23,4	23,1	23,1	0,3
Proband 14	26,7	26,2	26,5	26,5	0,4
Proband 15	26,2	26,6	25,9	26,2	0,3
Proband 16	27,2	27,0	26,7	27,0	0,3
Proband 17	24,7	25,5	24,9	25,0	0,4
Proband 18	26,2	25,3	26,0	25,8	0,5
Proband 19	22,6	22,0	21,3	22,0	0,7
Proband 20	25,8	26,3	25,7	25,9	0,3

Mittelwert (20 Probanden)	24,3
Standardabweichung	2,1

Anhand der Ergebnisse aus den Tabellen 34 bis 36 ist ersichtlich, dass die angestrebten Bereiche der mittleren Neigungswinkel (Grenzwertbeläge) von den Probanden nicht vollumfänglich bzw. nur bedingt erreicht werden. Auch hier finden sich wiederum „Ausreißer“. Insofern ist die Annahme, dass nicht alle Läufer für das barfußige Begehungsverfahren geeignet sind, in der Prüfpraxis bestätigt worden.

5.2.5 Bereinigte Mittelwerte

Vor diesem Hintergrund wurden bei den neuen A/B/C-Beläge diejenigen Probanden als Ausreißer bestimmt, die für die Mittelwertfindung nicht mit berücksichtigt werden und deren Ergebnisse für die weitere Berechnung ausgeschlossen werden. Für die Fortführung des Forschungsvorhabens ist festgelegt worden, dass zur weiteren Berechnung nur Ergebnisse von Probanden herangezogen werden, deren Laufergebnisse maximal $\pm 2,0^\circ$ vom mittleren Neigungswinkel der „Be-

gehung der neuen Kalibrierbeläge“ (11,3°, 18,5° und 23,3°) abweichen. Der projektbegleitende Arbeitskreis ist am 01.07.2014 über diese Maßnahme informiert worden und hat hierfür seine Zustimmung erteilt.

Durch die vorgenannte Vorgehensweise haben sich bei den Ergebnissen der „Begehung der neuen Kalibrierbeläge“ (Tabellen 31 bis 33) einzelne Streichresultate (hellgrün hinterlegt) ergeben, so dass eine Neuberechnung zu „bereinigten Mittelwerten“ geführt hat. Die „bereinigten Mittelwerte“ sowie die zugehörige Standardabweichung sind in den Tabellen 37 bis 39 dargestellt.

Tabelle 37: Bereinigte Mittelwerte für neuen A-Belag

A-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	10,8	10,4	10,0	10,4	0,4
Proband 2	10,7	10,7	11,1	10,8	0,2
Proband 3	11,8	12,4	12,6	12,3	0,4
Proband 4	11,1	10,9	10,4	10,8	0,4
Proband 5	12,6	12,5	12,0	12,4	0,3
Proband 6	10,8	10,9	10,2	10,6	0,4
Proband 7	12,6	12,1	12,3	12,3	0,3
Proband 8	7,7	7,9	8,1	7,9	0,2
Proband 9	11,2	10,2	9,7	10,4	0,8
Proband 10	5,0	4,7	5,0	4,9	0,2
Proband 11	11,1	12,0	11,9	11,7	0,5
Proband 12	14,8	14,1	14,7	14,5	0,4
Proband 13	12,1	11,8	12,3	12,1	0,3
Proband 14	19,3	20,0	20,5	19,9	0,6
Proband 15	11,8	11,6	12,3	11,9	0,4
Proband 16	11,9	12,1	11,7	11,9	0,2
Proband 17	11,7	12,1	12,1	12,0	0,2
Proband 18	10,9	11,7	12,0	11,5	0,6
Proband 19	6,1	5,9	6,3	6,1	0,2
Proband 20	11,8	11,7	11,6	11,7	0,1

Mittelwert (15 Probanden)	11,5
Standardabweichung	0,8

Tabelle 38: Bereinigte Mittelwerte für neuen B-Belag

B-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	18,9	20,5	20,2	19,9	0,9
Proband 2	17,7	17,3	18,3	17,8	0,5
Proband 3	18,8	18,8	19,7	19,1	0,5
Proband 4	19,3	19,5	19,3	19,4	0,1
Proband 5	17,9	19,2	19,1	18,7	0,7
Proband 6	19,0	17,4	17,0	17,8	1,1
Proband 7	25,0	24,6	24,4	24,7	0,3
Proband 8	13,7	13,7	14,2	13,9	0,3
Proband 9	20,2	19,8	19,6	19,9	0,3
Proband 10	17,8	18,5	18,5	18,3	0,4
Proband 11	16,9	16,5	17,0	16,8	0,3
Proband 12	16,8	18,0	18,8	17,9	1,0
Proband 13	18,8	18,7	18,3	18,6	0,3
Proband 14	20,9	21,3	20,8	21,0	0,3
Proband 15	18,4	18,2	18,4	18,3	0,1
Proband 16	19,7	19,0	20,3	19,7	0,7
Proband 17	15,8	16,1	16,5	16,1	0,4
Proband 18	18,6	18,9	19,5	19,0	0,5
Proband 19	15,2	14,5	13,9	14,5	0,7
Proband 20	18,5	18,5	19,0	18,7	0,3

Mittelwert (16 Probanden)	18,5
Standardabweichung	1,1

Tabelle 39: Bereinigte Mittelwerte für neuen C-Belag

C-Belag	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Mittelwert	Standardabweichung
Proband 1	23,7	23,9	23,1	23,6	0,4
Proband 2	22,8	23,7	23,6	23,4	0,5
Proband 3	21,7	22,1	22,3	22,0	0,3
Proband 4	24,3	24,0	24,0	24,1	0,2
Proband 5	22,2	22,5	21,7	22,1	0,4
Proband 6	24,0	24,5	24,4	24,3	0,3
Proband 7	24,9	23,8	23,9	24,2	0,6
Proband 8	21,2	21,0	21,4	21,2	0,2
Proband 9	23,7	22,5	23,4	23,2	0,6
Proband 10	25,0	25,2	24,8	25,0	0,2
Proband 11	20,4	20,8	20,7	20,6	0,2
Proband 12	20,3	20,6	18,3	19,7	1,3
Proband 13	24,7	24,4	25,0	24,7	0,3
Proband 14	24,9	25,2	24,8	25,0	0,2
Proband 15	23,8	24,2	24,6	24,2	0,4
Proband 16	25,3	24,7	25,3	25,1	0,3
Proband 17	23,8	23,8	24,5	24,0	0,4
Proband 18	24,8	25,6	26,1	25,5	0,7
Proband 19	22,5	21,9	22,5	22,3	0,3
Proband 20	21,5	21,5	22,0	21,7	0,3

Mittelwert (16 Probanden)	23,9
Standardabweichung	1,1

5.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Unter Anwendung der DIN ISO 5725 (Formeln siehe Kapitel 9) sind die in den Tabellen 37 bis 39 ermittelten Messergebnisse statistisch ausgewertet worden. Die Ergebnisse der bereinigten Mittelwertfindung sind in nachfolgender Tabelle 40 nochmals zusammengefasst. Als wesentliche Kriterien für die Präzision des Prüfverfahrens sind dabei die Standardabweichung sowie die Standardabweichung unter Wiederhol- und Vergleichsbedingungen und die Kritische Differenz ausgewiesen.

Tabelle 40: Zusammenfassung der Ergebnisse

Belag	Mittelwert [x]	Standardabweichung [S]	Wiederhol-Standardabweichung [S _r]	Vergleichs-Standardabweichung [S _R]	Kritische Differenz [CD]
A-Belag	11,5	0,8	0,4	0,8	1,4
B-Belag	18,5	1,1	0,6	1,2	2,1
C-Belag	23,9	1,1	0,4	1,1	2,1

Der **Mittelwert** ergibt sich dabei aus der Summe aller Einzelwerte einer Messreihe, geteilt durch die Anzahl der Einzelwerte. Die **Standardabweichung** ist ein Maß für die Streubreite der Einzelwerte um den Mittelwert. Für normalverteilte Merkmale gilt die Faustformel, dass innerhalb der Entfernung einer Standardabweichung nach oben oder unten vom Mittelwert rund 68 Prozent aller Einzelwerte liegen. Da bei der Auswahl der Probanden darauf geachtet worden ist, dass es sich um einen repräsentativen Durchschnitt handelt, kann entsprechend davon ausgegangen werden, dass die Beläge von etwa 2/3 der Bevölkerung innerhalb der Standardabweichung gelaufen werden würden. Die **Wiederholstandardabweichung** S_r stellt eine mittlere, ausreißerfreie, laborinterne Wiederholstandardabweichung dar. Sie wird jeweils unter Wiederholbedingungen (selbe Probe, selber Mitarbeiter, selbes Gerät, selbes Labor) innerhalb kurzer Zeit ermittelt. Die **Vergleichsstandardabweichung** S_R stellt die außereißerfreie Standardabweichung aller Einzelergebnisse eines Ringversuchs von deren Gesamtmittelwert dar. Die **kritische Differenz** gibt an, wie weit das Ergebnis eines Probanden von einem vorgegebenen Sollwert abweichen darf, ohne dass das Ergebnis als fehlerhaft einzustufen ist.

Mit Hilfe der kritischen Differenz wird auch der Zulassungsbereich dargestellt, wobei die Standard-Akzeptanzwinkel (Mittelwerte) der Bodenbeläge jeweils um die kritische Differenz (±) erweitert werden. Dies ist ein Maß für die Trenncharakteristik zwischen den Bodenbelägen und dient der Feststellung, ob zwischen den Bewertungsgruppen A/B/C ausreichend Abstand vorhanden ist.

Für die ermittelten Kritischen Differenzen der jeweiligen Beläge sind in nachfolgender Tabelle 41 die Zulassungsbereiche dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass bei Anwendung der Kritischen Differenzen keine Überschneidungen bei den Zulassungsbereichen vorliegen.

Tabelle 41: Zulassungsbereiche der A/B/C-Beläge

Belag	Mittelwert [x]	Kritische Differenz [CD]	Zulassungsbereich
A-Belag	11,5	1,4	$10,1 \leq x \leq 12,9$
B-Belag	18,5	2,1	$16,4 \leq x \leq 20,6$
C-Belag	23,9	2,1	$21,8 \leq x \leq 26,0$

Die Standardabweichungen/Kritischen Differenzen des A-Belags (0,8/1,4) sowie des B-Belags (1,1/2,1) und des C-Belags (1,1/2,1) liegen nicht in einer einheitlichen Größenordnung vor. Für die Erarbeitung eines Kalibrierverfahrens wird vorgeschlagen, einen einheitlichen „Grenzwert“ für die kritische Differenz vorzugeben. Dieser ist bei den Sitzungen des projektbegleitenden Arbeitskreises bereits diskutiert worden und mit einem Wert von $\pm 2,5^\circ$ um den Mittelwert des jeweiligen Kalibrierbelages benannt worden.

6. Relevante Ergebnisse des Gesamtvorhabens

6.1 Festlegung der A/B/C-Beläge

Im Zusammenhang mit den Versuchsreihen sind die für das Begehungsverfahren „Schiefe Ebene“ erforderlichen Prüfbeläge festgelegt worden. Hierbei handelt es sich durchgängig um keramische Fliesen aus dem Produktionsprogramm der Deutschen Steinzeug Fliesen GmbH. Die wesentlichen Kennwerte der Produkte sind unter Angabe der mittleren Akzeptanz-Winkel (Mittelwerte) in Tabelle 42 aufgelistet:

Tabelle 42: Auswahl der A/B/C-Beläge

Kennwerte	Bodenbeläge		
	A-Belag (Ersatz)	B-Belag	C-Belag (Ersatz)
Material	Feinsteinzeugfliese	Spaltplatte	Spaltplatte
Produktgruppe	BI _a	AI _a	Al _b
Maße [mm]	1.000 x 500 x 10	240 x 115 x 10	240 x 119 x 8
Farbe	beige	herbstlaub	grün
Oberfläche	glatt	feinrau	rau
Mittelwert	11,5°	18,5°	23,9°

Die Abbildungen 10 bis 12 geben einen Überblick über die keramischen Fliesen der jeweiligen Beläge und verdeutlichen deren Farbgebung und Oberflächenstruktur:



Abbildung 10:
A-Belag

**Abbildung 11:
B-Belag**



**Abbildung 12:
C-Belag**

6.2 Festlegung des Netzmittels und des Volumenstroms

Das Prüfverfahren selbst, das in der DIN 51097 beschrieben ist, sieht die Verwendung eines Netzmittels vor. Auch dieses konnte im Zusammenhang mit dem Forschungsvorhaben festgelegt werden. Hierbei handelt es sich um den Fettalkohol „Dehypon LS 45“. Dieses Netzmittel wird dem Wasser zugegeben, das während der Prüfung kontinuierlich über den zu prüfenden Bodenbelag läuft. Der Volumenstrom des für die Überflutung notwendigen netzmittelhaltigen Wassers beträgt 6 ± 1 Liter/Minute. Diese Wertangabe ist in der aktuellen DIN 51097 festgelegt und wurde übernommen.

7. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungsziels

7.1 Darstellung aufgetretener Probleme

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass im Laufe des Forschungsvorhabens einige unvorhergesehene Problematiken aufgetreten sind. Vor diesem Hintergrund sind auf den verschiedenen Sitzungen des projektbegleitenden Arbeitskreises zeitweise auch Änderungen im Hinblick auf die Inhalte des Forschungsvorhabens bzw. dessen Umsetzung beschlossen worden.

Bei Vorgesprächen im Zusammenhang mit dem Forschungsvorhaben ist zunächst davon ausgegangen worden, dass geeignete Produkte in ausreichender Anzahl abholbereit kommissioniert sind. Mit Laufzeitbeginn des Forschungsvorhabens standen jedoch nur Kleinstmengen dieser Produkte zur Verfügung, so dass für die Herstellung von Prüfbelägen größere Mengen beim Hersteller geordert werden mussten. Mit der Herstellung und Prüfung der neuen A/B/C-Beläge konnte entsprechend nur zeitlich verzögert begonnen werden.

Die parallel hierzu durchgeführten Vorversuche mit dem Netzmittel haben einen größeren Zeitraum in Anspruch genommen als ursprünglich angedacht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die Suche nach einem geeigneten Netzmittel insofern als schwierig erwiesen hat, da die angesprochenen Hersteller trotz mehrfacher Nachfragen nur sehr zögerlich entsprechende Produkte zur Verfügung gestellt haben. Die Produkte selbst sind anschließend sehr intensiv geprüft worden, wobei sich während der Versuchsdurchführung weitere Aspekte ergeben haben, die zu berücksichtigen waren. In die Untersuchungen sind unterschiedliche Konzentrationen des Netzmittels sowie Wasser unterschiedlicher Härtegrade und verschiedene Prüfbelagsmaterialien einbezogen worden. Die Ergebnisse sind zwischendurch auf den Sitzungen des projektbegleitenden Arbeitskreises analysiert und weitere Schritte abgesprochen worden. Dementsprechend haben diese Untersuchungen einen längeren Zeitraum in Anspruch genommen als ursprünglich geplant.

Nachdem alle Vorarbeiten abgeschlossen waren, konnten die neuen A/B/C-Beläge mit einer hohen Anzahl von Probanden begangen werden. Dabei hatte sich herausgestellt, dass zunächst der C-Belag und im weiteren Fortgang der Untersuchungen auch der A-Belag eine zu hohe rutschhemmende Eigenschaft aufgewiesen haben und als Kalibrierbelag nicht geeignet waren. Durch die Suche nach entsprechendem Ersatzmaterial haben sich erneut zeitliche Verzögerungen eingestellt. Diese sind auch darauf zurückzuführen, dass sich ein Fliesenhersteller im Wesentlichen mit der Produktion und dem Verkauf seiner Produkte auseinanderzusetzen hat und zwangsläufig nicht immer zeitnah auf Nachfragen eines „untergeordneten Kunden“ reagieren kann. Bedingt durch derartige Zeitverzögerungen konnte in einem Fall ein für geeignet erachtetes Produkt nicht mehr in größeren Mengen geliefert werden, da es zwischenzeitlich vom Hersteller abverkauft wurde. Die nachfolgenden Untersuchungsschritte konnten entsprechend nicht immer im angedachten Zeitrahmen weitergeführt werden, so dass der avisierte Termin für die Beendigung des Forschungsvorhabens (30.06.2014) nicht eingehalten werden konnte und sich um ein halbes Jahr verschoben hat.

Mit Fortgang des Forschungsvorhabens hatten mehrere Sitzungen des projektbegleitenden Arbeitskreises stattgefunden. Im Zusammenhang mit den bis dato vorliegenden Untersuchungsergebnissen und den sich darstellenden Problematiken ist bei der Sitzung am 01.07.2014 auch die Frage aufgekommen, ob das Verfahren in seiner angedachten Form mit Kalibrierbelägen – entsprechend dem Begehungsverfahren nach DIN 51130 mit einem Prüfschuh – überhaupt übertragbar sei. Grund hierfür sind prüftechnische Problematiken im Hinblick auf die praktische Umsetzung des Kalibrierverfahrens im Laborbetrieb. Beim barfüßigen Begehen von Belägen und permanenter Beaufschlagung der Füße mit Wasser verändern sich die „Eigenschaften“ des Fußes und der Fußsohle (Haut). Der Zeitpunkt, an dem sich der Fuß des Läufers verändert und die Laufergebnisse nicht mehr gesichert dargestellt werden können, ist zeitlich nicht vorhersehbar. Er hängt im Wesentlichen aber von der Zeitdauer und Intensität der Beanspruchung des Fußes ab. Durch das vor der eigentlichen Prüfung des Kundenbelages vorzunehmende Prüfprozedere mit den Kalibrierbelägen wird der Fuß bereits stark beansprucht, so dass das Zeitfenster für die Prüfung von Kundenbelägen sehr gering ausfällt. Aus diesem Grund kann nur eine begrenzte Anzahl von Kundenbelägen je Prüftag geprüft werden.

Die daraufhin angestoßene Diskussion hatte im Ergebnis dazu geführt, dass das Kalibrierverfahren im nassbelasteten Barfußbereich möglicherweise nicht umgesetzt und das Forschungsziel entsprechend nicht erfüllt werden könne.

7.2 Schlussfolgerungen

Unabhängig von den aufgetretenen Problematiken und den damit im Zusammenhang stehenden Änderungen sind die wesentlichen Aufgabenstellungen des Forschungsvorhabens umgesetzt worden. Beim Abschlussgespräch des projektbegleitenden Arbeitskreises am 04.12.2014 sind die maßgebenden Ergebnisse nochmals dargelegt und diskutiert worden. Nach Erörterung der relevanten Erkenntnisse ist von den Anwesenden attestiert worden, dass – abweichend von Erkenntnissen aus der vorherigen Sitzung am 01.07.2014 – ein Kalibrierverfahren ähnlich dem der DIN 51130 umgesetzt werden kann. Auf Grundlage der vorliegenden „Standard-Akzeptanzwinkel“ und den theoretisch angedachten „Grenzwerten“ wären die Grundlagen gegeben, um im Zuge der Überarbeitung der DIN 51097 ein Kalibrierverfahren zu etablieren und das bisherige Verfahren mit Grenzwertbelägen zu ersetzen. Das Forschungsprojekt kann entsprechend als umgesetzt und abgeschlossen angesehen werden.

Für die Umstellung vom Verfahren mit Grenzwertbelägen auf ein Kalibrierverfahren sind im Zuge des Forschungsvorhabens geeignete A/B/C-Beläge ermittelt worden. Die jeweiligen Standard-Akzeptanzwinkel sind aus den Begehungsuntersuchungen zur Mittelwertfindung berechnet worden. Die Standardabweichung und kritische Differenz ist ebenfalls berechnet worden, wobei die sich daraus ergebenden kritischen Differenzen nicht einheitliche Werte ergeben haben. Für die Überarbeitung der DIN 51097 wird – ähnlich der Vorgehensweise bei der DIN 51130 – daher vorgeschlagen, nicht die in Tabelle 40 ausgewiesenen Werte der kritischen Differenz zu übernehmen, sondern den „Grenzwert“ der A/B/C-Beläge einheitlich mit $\pm 2,5^\circ$ für den jeweiligen Standard-Akzeptanzwinkel festzulegen.

Mit der Etablierung eines geeigneten Kalibrierverfahrens sowie der Verfügbarmachung und Vorhaltung von Prüfmitteln sind die Voraussetzungen für eine sichere und genaue Prüfung der Rutschhemmung erfüllt. Mit diesen Vorgaben kann die DIN 51097 überarbeitet werden, so dass für die gesetzliche Unfallversicherung ein normatives Instrument zur Verfügung steht, mit dem nachprüfbar Anforderungen an die Rutschhemmung gestellt werden können und mit dem der sichere Betrieb von z. B. Schwimmbädern und öffentlichen Badeanstalten gewährleistet werden kann. Dies geht einher mit dem Vorteil, dass Rutschunfälle vermieden bzw. vermindert und Kosten für die Deutsche Gesetzlichen Unfallversicherung gesenkt werden können.

8. Umsetzungs- und Verwertungsplan

Die Überarbeitung und Neufassung der DIN 51097 steht im Jahr 2015 an, so dass die Ergebnisse des Forschungsvorhabens mit in die Überarbeitung einfließen können und das Verfahren mit Grenzwertbelägen auf ein Kalibrierverfahren umgestellt werden kann. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens stellen dabei einen wesentlichen Aspekt für die erforderlichen Modifikationen in der Norm dar. Insoweit ist in Bezug auf die Praxis die volle Verwertbarkeit der Forschungsergebnisse gegeben.

9. Verzeichnis der Formeln

Mittelwert:

Der Mittelwert beschreibt den statistischen Durchschnittswert. Für den Mittelwert addiert man alle Einzelwerte eines Datensatzes und teilt die Summe durch die Anzahl aller Einzelwerte.

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} x_{ik}$$

Standardabweichung:

Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streubreite der Werte eines Merkmals rund um dessen Mittelwert. Die Standardabweichung ist die durchschnittliche Entfernung aller gemessenen Ausprägungen eines Merkmals vom Durchschnitt.

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{k=1}^{n_i} (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}$$

Wiederholstandardabweichung

Die Wiederholstandardabweichung S_r stellt eine mittlere, ausreißerfreie, laborinterne Wiederholstandardabweichung dar. Sie wird jeweils unter Wiederholbedingungen (selbe Probe, selber Mitarbeiter, selbes Gerät, selbes Labor) innerhalb kurzer Zeit ermittelt.

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{N-p} \sum_{i=1}^p (n_i - 1) s_i^2}$$

Vergleichsstandardabweichung

Die Vergleichsstandardabweichung s_R stellt die außereißerfreie Standardabweichung aller Einzelergebnisse eines Ringversuchs von deren Gesamtmittelwert dar.

$$s_R = \sqrt{s_r^2 + s_L^2}$$

Varianz

Die Varianz ist ein Streuungsmaß, welches die Verteilung von Werten um den Mittelwert kennzeichnet (Quadrat der Standardabweichung).

Wiederholvarianz

$$s_r^2 = \frac{1}{N-p} \sum_{i=1}^p (n_i - 1) s_i^2$$

Vergleichvarianz

$$s_R^2 = s_r^2 + s_L^2$$

Varianz zwischen den Laboratorien

$$s_L^2 = \frac{1}{n} \left[\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_i (\bar{x}_i - \bar{\bar{x}})^2 - s_r^2 \right]$$

Kritische Differenz:

Die kritische Differenz beschreibt, wie weit das Ergebnis von einem vorgegebenen Sollwert abweichen darf, ohne dieses als fehlerhaft einzustufen.

$$CD = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(2,8 s_R)^2 - (2,8 s_r)^2 \left(\frac{n-1}{n} \right)}$$

\bar{x}_i	= Mittelwert
x_i	= Einzelwerte
n_i	= Anzahl der Einzelwerte
N	= Anzahl aller Einzelwerte
P	= Anzahl der Labore
s_i	= Standardabweichung
S_r	= Wiederholstandardabweichung
S_r^2	= Wiederholvarianz
S_R	= Vergleichstandardabweichung
S_R^2	= Vergleichvarianz
S_L^2	= Varianz (zwischen den Laboren)
CD	= Kritische Differenz

10. Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abb. 1	Skizze Schiefe Ebene	9
Abb. 2	Schiefe Ebene nach DIN 51097	10
Abb. 3	Begehung eines Prüfbelags auf der Schiefen Ebene	10
Abb. 4	Gleitmessgerät GMG 200 und Gleiterplatte „Gummi“	11
Abb. 5	A-Belag	13
Abb. 6	B-Belag	13
Abb. 7	C-Belag	14
Abb. 8	Dehypon LS 24, LS 45 und LS 54	18
Abb. 9	C-Belag / Ersatz für C-Belag	37
Abb. 10	A-Belag	53
Abb. 11	B-Belag	54
Abb. 12	C-Belag	54

11. Tabellenverzeichnis

		Seite
Tab. 1	Zuordnung der Neigungswinkel zu den Bewertungsgruppen	6
Tab. 2	Erstauswahl der Bodenbeläge	12
Tab. 3	Abschließende Auswahl der Bodenbeläge	12
Tab. 4	Auswahl an Netzmitteln	15
Tab. 5	Tastversuche mit Netzmitteln auf der Schiefen Ebene	16
Tab. 6	Tastversuche mit GMG	17
Tab. 7	GMG-Messung: HPL / Wasser weich	19
Tab. 8	GMG-Messung: HPL / Wasser mittel	20
Tab. 9	GMG-Messung: HPL / Wasser hart	21
Tab. 10	GMG-Messung: Portugal-Fliese / Wasser weich	22
Tab. 11	GMG-Messung: Portugal-Fliese / Wasser hart	23
Tab. 12	GMG-Messung: A-Belag / Wasser weich	25
Tab. 13	GMG-Messung: B-Belag / Wasser weich	26
Tab. 14	GMG-Messung: C-Belag / Wasser weich	27
Tab. 15	GMG-Messung: A-Belag / Wasser hart	28
Tab. 16	GMG-Messung: B-Belag / Wasser hart	29
Tab. 17	GMG-Messung: C-Belag / Wasser hart	30
Tab. 18	Gleitmessgerät: Edelstahlblech / Dehypon LS 45 – Somat	31
Tab. 19	Gleitmessgerät: Kunststoff-Belag / Dehypon LS 45 – Somat	32
Tab. 20	Schiefe Ebene: Edelstahlblech / Dehypon LS 45 – Somat	32
Tab. 21	Schiefe Ebene: Kunststoff-Belag / Dehypon LS 45 – Somat	33
Tab. 22	Erstauswahl der Prüfbeläge	34
Tab. 23	Erstauswahl A-Belag	35
Tab. 24	Erstauswahl B-Belag	35
Tab. 25	Erstauswahl C-Belag	36
Tab. 26	Ersatzauswahl C-Belag	36
Tab. 27	Begehungsergebnis für A-Belag	38
Tab. 28	Begehungsergebnis für B-Belag	39
Tab. 29	Begehungsergebnis für C-Belag	40
Tab. 30	Abschließende Auswahl der Bodenbeläge	41
Tab. 31	Mittelwertfindung für neuen A-Belag	42
Tab. 32	Mittelwertfindung für neuen B-Belag	43
Tab. 33	Mittelwertfindung für neuen C-Belag	44

	Seite	
Tab. 34	Mittelwertfindung für aktuellen A-Belag	45
Tab. 35	Mittelwertfindung für aktuellen B-Belag	46
Tab. 36	Mittelwertfindung für aktuellen C-Belag	47
Tab. 37	Bereinigte Mittelwerte für neuen A-Belag	48
Tab. 38	Bereinigte Mittelwerte für neuen B-Belag	49
Tab. 39	Bereinigte Mittelwerte für neuen C-Belag	50
Tab. 40	Zusammenfassung der Ergebnisse	51
Tab. 41	Zulassungsbereiche der A/B/C-Beläge	52

12. Literaturverzeichnis

- DIN 51097 Prüfung von Bodenbelägen; Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft; Nassbelastete Barfußbereiche; Begehungsverfahren – Schiefe Ebene (11/1992)
- DIN 51130 Prüfung von Bodenbelägen - Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft; Nassbelastete Barfußbereiche; Begehungsverfahren – Schiefe Ebene (11/1992)
- DIN 51131 Prüfung von Bodenbelägen - Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft - Verfahren zur Messung des Gleitreibungskoeffizienten (02/2014)
- DIN EN 13893 Elastische, laminierte und textile Bodenbeläge - Messung des Gleitreibungskoeffizienten von trockenen Bodenbelagsoberflächen (02/2003)
- DIN EN 14411 Keramische Fliesen und Platten - Definitionen, Klassifizierung, Eigenschaften, Konformitätsbewertung und Kennzeichnung (12/2012)
- BGI/GUV-I 8687 Bodenbeläge für nassbelastete Barfußbereiche (07/1999 – aktualisierte Fassung 10/2010)
- BGR 181 Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr (10/1993 – Stand 01/2010)
- K. Jung Objektivierbarkeit und Genauigkeit des Begehungsverfahrens zur Ermittlung der Rutschhemmung von Bodenbelägen; Zbl Arbeitsmed 39 (1989)
- BIA Projekt 1016 Beurteilung und Prüfung der rutschhemmenden Eigenschaften von Bodenbelägen und Schutzschuhwerk; K. Jung und H. Schenk 1988