

Aktuelle Entwicklungen bei Griffigkeitsmessverfahren

Karen Scharnigg

Die Griffigkeit ist die maßgebende Größe für die Übertragung der Längs- als auch der Seitenkräfte von Reifen auf die Straßenoberfläche und hat somit einen erheblichen Anteil an der Straßensicherheit. In Deutschland erfolgt die Erfassung der Straßengriffigkeit im Rahmen von Bauverträgen sowie der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) mit dem Seitenkraftmessverfahren (SKM). Mit der Veröffentlichung der TP Griff-StB (SKM) durch die FGSV am 29.4.2008 ist derzeit das aktuellste Dokument für Griffigkeitsmessungen im Rahmen von Bauverträgen sowie der Zustandserfassung und -bewertung von Bundesfernstraßen (ZEB) mit dem Seitenkraftmessverfahren herausgegeben worden. Dieses Dokument löst die TP Griff-StB (SCRIM) mit ihren drei Allgemeinen Rundschreiben ab und fasst die Ergebnisse aus verschiedenen Forschungsprojekten und Erfahrungen aus den regelmäßigen Messungen der Messgeräbetreiber zusammen.

Vortrag auf dem Deutschen Straßen- und Verkehrskongress 2008 in Düsseldorf

Verfasseranschrift:
Dipl.-Ing. K. Scharnigg,
RWTH Aachen,
Institut für Straßenwesen
(isac),
Mies-van-der-Rohe-Str. 1,
52074 Aachen,
scharnigg@
isac.rwth-aachen.de

The skid resistance is the relevant value to transfer longitudinal forces and sideway forces between the tire and the carriageway surface and that's why it has an important part on traffic safety. Skid Resistance measurements for contracts (new road approval and before end of the prescription period) as well as Road Monitoring and Assessment are carried out with the SKM (sideway-force measuring device) in Germany. After announcing of the TP Griff-StB (SKM) by the FGSV on 29th April 2008 the latest document for skid resistance measurements has been published. This document displaces the former TP Griff-StB (SCRIM) from 2001 and assumes the results from different research projects and the experiences of regularly measurements from device operators.

1 Einleitung

Die Griffigkeit von Straßen wurde in Deutschland bereits seit den 1930er Jahren gemessen. Nach dem Krieg wurde dieses Themengebiet mit einem Forschungsauftrag für den „Entwurf, Bau und Erprobung eines Reibungsmessers zur Ermittlung der Reibungswerte in der Reifenauflastfläche von Kraftfahrzeugen auf Straßendecken“, der 1951 vergeben wurde, wieder aufgegriffen. Im Rahmen dieses Projektes wurde der erste Stuttgarter Reibungsmesser (SRM) entwickelt, der nach dem Prinzip des „Blockierten Schlepprades“ arbeitet [1]. Seit den 1980er Jahren werden in Deutschland auch Griffigkeitsmessungen mit dem englischen „SCRIM-System“ vorgenommen. Im Gegensatz zum SRM erfolgt bei diesem System die Ermittlung eines Seitenreibungsbeiwertes aufgrund des um 20° zu Fahrtrichtung schräg gestellten Messrades zur Beurteilung der Griffigkeit [2]. Richtwerte für die Straßengriffigkeit wurden in dem „Merkblatt über Straßengriffigkeit und Verkehrssicherheit bei Nässe“ 1968 erstmalig veröffentlicht und 1980 sowie 1991 ergänzt.

Trotz dieser Richtwerte erfolgten damals nur in wenigen Bundesländern zu dieser Zeit regelmäßige Griffigkeitsmessungen. Erst mit der Aufnahme von Anforderungen an die Griffigkeit in der Ausgabe 2001 von den ZTV Asphalt-StB und den ZTV Beton-StB wurden diese seit Anfang 2002 für Bauverträge verbindlich, womit sich gleichzeitig auch das Interesse an Griffigkeitsmessungen erhöhte.

Im Rahmen von verschiedenen Forschungsprojekten wurden seitdem die Faktoren, die einen Einfluss auf die Qualität des Messergebnisses haben, herausgearbeitet und durch entsprechende Regelungen in den Technischen Prüfvorschriften berücksichtigt.

2 Griffigkeitsmessverfahren

Für die Messung der Griffigkeit wurden viele verschiedene Verfahren mit unterschiedlichen Messprinzipien entwickelt. Das Ergebnis ist allerdings bei allen Verfahren der Reibungsbeiwert μ als Größe zur Kennzeichnung der Fahrbahngriffigkeit.

Durch die Vielzahl der allein in Deutschland sowie in Europa existierenden Verfahren ist ein Vergleich der Messergebnisse untereinander nicht oder nur sehr schwer möglich. Demzufolge müssten Umrechnungsmöglichkeiten zwischen den Verfahren zur Verfügung stehen (z. B. EFI), die auch bei Messungen in der Praxis eingesetzt werden oder für jedes Messverfahren einen eigenen Bewertungshintergrund.

2.1 Randbedingungen für Griffigkeitsmessungen

Die Messung der Griffigkeit von Straßenoberflächen erfolgt üblicherweise mit dynamischen Messsystemen. Allerdings wurden dazu verschiedene Verfahren entwickelt und eingesetzt, die sich hinsichtlich des eingesetzten Messsystems in drei Kategorien einteilen lassen:

- schräg gestelltes Messrad (z.B. SKM) – ca. 34% Schlupf; in Abhängigkeit vom Schräglaufwinkel
- unter konstantem Schlupf abrollendes Rad, parallel zur Fahrzeugachse angebracht (z. B. GripTester, RoadStar) – 16 bis 18% Schlupf

- blockiertes Messrad, parallel zur Fahrzeugachse angebracht (z.B. SRM) - 100 % Schlupf.

Des Weiteren kann auch zwischen Messfahrzeug und Messanhänger unterschieden werden.

Das Ziel bei der Festlegung der Randbedingungen für die Messungen war dabei immer, die in der Praxis vorherrschenden Bedingungen möglichst gut nachzubilden oder so zu wählen, dass der ungünstigere Fall durch die Messverfahren erfasst wird. Zu den Einflussfaktoren bei den Griffigkeitsmessungen gehören neben den o.g. Messsystemen beispielsweise auch der Messreifen (Material, Profilierung, Größe, Reifendruck) sowie die Normalkraft. Bei den äußeren Faktoren spielt neben der Temperatur auch die Geschwindigkeit eine entscheidende Rolle.

2.2 Spezifikationen der Griffigkeitsmessverfahren

In der Tabelle 1 sind die wichtigsten Randbedingungen der derzeit in Deutschland eingesetzten dynamischen Messverfahren zusammengestellt. Dabei wird deutlich, dass bei diesen vier Messgeräten allein drei unterschiedliche Messsysteme (schräggestelltes Messrad, Messrad mit konstantem Schlupf und blockiertes Messrad) zum Einsatz kommen, wodurch die Übertragbarkeit von Messergebnissen und/oder Bewertungshintergründen nicht erleichtert wird.

2.3 Weitere Entwicklungen beim SKM (Seitenkraftmessverfahren)

In den letzten Jahren wurde eine große Anzahl von Forschungsprojekten durchgeführt, um die relevanten Faktoren, die einen Einfluss auf das Messergebnis bei SKM-Messungen haben, herauszuarbeiten und quantifizieren zu können und somit die Qualität der Griffigkeitsmessdaten zu verbessern.

Zu diesen Faktoren gehören unter anderem:

- der Messreifen,
- die Fahrbahntemperatur,
- die Wassertemperatur,
- die Wassermenge,
- der Reifendruck,
- der Kurvenradius.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen der Messgerätebetreiber sowie Forschungsprojekten wurde beispielsweise ein neuer Messreifen aus deutscher Produktion mit konstanteren Eigenschaften, als sie der Avon-Reifen aus englischer

Tabelle 1: Dynamische Griffigkeitsmessverfahren – Deutschland

	SKM	SRM	GripTester	MiniSKM
Messverfahren	dynamisch	dynamisch	dynamisch	dynamisch
Normalkraft	1960 N ± 10 N	3430 N ± 0,5 %	ca. 250 N	700 N ± 5 N
Messprinzip	schräggestelltes Messrad (20°) - ca. 34 % Schlupf	blockiertes Messrad (100 % Schlupf)	unter konstantem Schlupf abrollendes Messrad - ca. 16 % Schlupf	schräggestelltes Messrad (20°) - ca. 34 % Schlupf
Messreifen	SKM-Reifen (profillos) 3 Zoll x 20 Zoll	PIARC-Reifen (profiliert mit 4 Längsrillen)	profillos 10 Zoll	MSKM-Reifen (profillos) 3 Zoll x 10 Zoll
Messbedingungen (Temperatur)	Fahrbahn: 5 bis 50 °C Luft: ≥ 5 °C Wasser: 8 bis 25 °C	Fahrbahn: 5 bis 50 °C Luft: ≥ 5 °C	Fahrbahn: 5 bis 50 °C Wasser: 8 bis 25 °C	Fahrbahn: 5 bis 50 °C Luft: ≥ 5 °C Wasser: 8 bis 25 °C
Wasserfilmdicke (rechnerisch)	0,5 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,5 mm
Anzahl der Messfahrten	Bauvertrag: mindestens zwei	eine	objektscharfe Betrachtungen: mindestens zwei	mindestens zwei
Lage der Messspur	Bauvertrag: definierter Randabstand (0,70 m) - Erfassung der Abstandsmessdaten ZEB: mittig in der rechten Rollspur	mittig in der rechten Rollspur	-	definierter Randabstand - Erfassung der Abstandsmessdaten
Mindestmesslänge	Bauvertrag: 2 km	-	-	-
Korrekturfaktoren	Gerätekalibrierfaktor Geschwindigkeitskorrektur Fahrbahntemperatur Wassertemperatur	Geschwindigkeitskorrektur	Gerätekalibrierfaktor Geschwindigkeitskorrektur Fahrbahntemperatur	Gerätekalibrierfaktor Geschwindigkeitskorrektur Fahrbahntemperatur Wassertemperatur
Messgeschwindigkeit	40, 60 und 80 km/h in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen festzulegen	40, 60 und 80 km/h in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen festzulegen	Zugbetrieb: 20, 40, 60 und 80 km/h in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen festzulegen Schiebebetrieb: 6 km/h	40, 60 und 80 km/h in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen festzulegen

Produktion aufwies, entwickelt sowie weiterhin eine „neue“ Korrekturkurve für die Fahrbahntemperatur als auch eine Korrekturkurve für die Wassertemperatur in den neuen Technischen Prüfvorschriften eingeführt. Des Weiteren wurde in den TP auch ein gerätespezifischer Korrekturfaktor eingeführt, der die messfahrzeugspezifischen Einflüsse aufgrund von Veränderungen der Radlast bei Messfahrten als auch Abweichungen bei der Messdatenerfassung berücksichtigt. Der Einfluss der Wassermenge wurde in den neuen TP unter anderem durch die genaue Vorgabe der Anordnung des Wasserschuhs berücksichtigt.

Die Korrektur der Fahrbahntemperatur erfolgt nicht mehr mittels einer Treppenfunktion, wie in der Ausgabe 2001 von den TP, sondern linear. Auch der Einfluss der Wassertemperatur wird durch eine lineare Korrekturfunktion berücksichtigt. Im Bild 1 ist die alte (Treppenfunktion)

und die neue Temperaturkorrekturfunktion gemeinsam dargestellt. Dabei ist auch zu erkennen, dass bei der maximalen Prüftemperatur von 50 °C das Vorhaltemaß von 0,03 bereits zu mehr als 50 % „ausgenutzt“ wurde. In allen anderen Temperaturbereichen betrug diese „Ausnutzung“ im Mittel ca. 25 %.

Des Weiteren besteht seit kurzem bei Messungen mit dem SKM auch die Möglichkeit, neben Textur der Fahrbahnoberfläche auch das geometrische Profil der Fahrbahnoberfläche in Querrichtung zu erfassen. Diese Neuerungen des SKM sind aber derzeit nur für Forschungszwecke sowie im Rahmen der Kontrollprüfungen bei der ZEB vorgesehen.

3 Regelwerke für Griffigkeitsmessungen

Damit die Griffigkeitsmessungen unter

Bild 1: Vergleich der beiden Korrekturfunktionen für die Fahrbahntemperatur

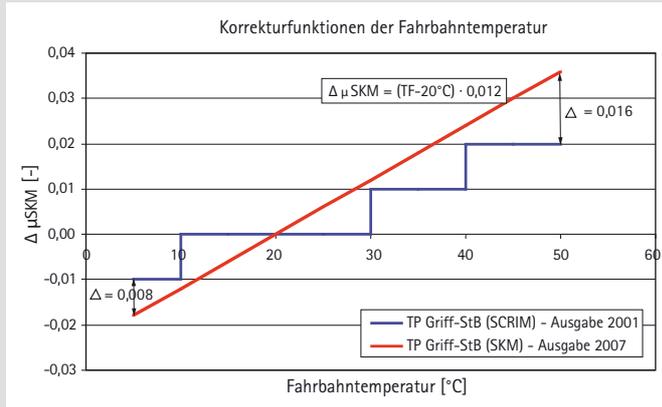
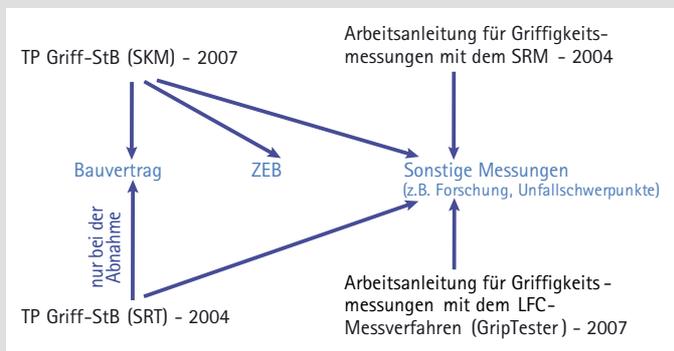


Bild 2: Regelwerke/Wissensdokumente zu den Griffigkeitsmessverfahren



Bild 3: Anwendungsgebiete der Regelwerke/Wissensdokumente zu den Griffigkeitsmessverfahren



gleichen Randbedingungen durchgeführt und einheitlich ausgewertet werden sowie die Ergebnisse beurteilt werden können, werden durch die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) bereits seit 1968 entsprechende Regelwerke/Merkblätter herausgegeben. Momentan gibt es vier von der FGSV herausgegebene Regelwerke/Wissensdokumente für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau (Bild 2). Hinsichtlich des Einsatzes im Bauvertragswesen ist ausschließlich das Messverfahren SKM vorgesehen. Mit dem SRT-Pendel sind Kontrollprüfungen zum Zeitpunkt der Abnahme zulässig, nicht aber zum Zeitpunkt der Verjährungsfrist für die Mängelbeseitigung. Des Weiteren wird das SKM auch im Rahmen der ZEB eingesetzt. Für die sonstigen Messungen,

z.B. zu Forschungszwecken oder für Messungen im Bereich von Unfallschwerpunkten, können alle Messverfahren eingesetzt werden (Bild 3). Für das Griffigkeitsmessverfahren SKM erfolgte im April 2008 die Veröffentlichung der aktuellen Fassung der Technischen Prüfvorschriften. Dieses Dokument löst die TP Griff-StB (SCRIM) mit ihren drei Allgemeinen Rundschreiben (inkl. Einführungsrundschreiben) ab und fasst die Ergebnisse aus verschiedenen Forschungsprojekten und Erfahrungen aus den regelmäßigen Messungen der Messgerätebetreiber zusammen. In der Tabelle 2 sind die Veränderungen in den Mess- bzw. Randbedingungen beim Messverfahren SKM/SCRIM von der Ausgabe 2001 über das ARS 24/2003 bis zu den aktuellen TP Griff-StB (SKM) – 2007 dargestellt.

4 Forschung auf dem Gebiet der Griffigkeitsmessverfahren

Die Forschungsprojekte zu den Griffigkeitsmessverfahren befassen sich grundsätzlich mit Untersuchungen zur Verbesserung der Qualität der Messergebnisse. Dazu gehören neben der Ermittlung von Bewertungshintergründen für Messverfahren, Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses von verschiedenen Randbedingungen (z.B. Temperatureinfluss) sowie auch Vergleichsmessungen zwischen verschiedenen Messsystemen zur Ermittlung von Korrelationen.

In Europa wird derzeit noch an der Harmonisierung der unterschiedlichen Griffigkeitsmessverfahren gearbeitet, um ggf. in Zukunft nur mit einem Messsystem zu messen oder Korrelationen zwischen den verschiedenen Systemen zu entwickeln. Begonnen haben diese Untersuchungen mit einer internationalen PIARC-Untersuchung, die den Vergleich und die Harmonisierung von Textur- und Griffigkeitsprüfungen zum Ziel hatte.

4.1 Deutschland

Im Bereich der Griffigkeitsmessungen werden derzeit in Deutschland verschiedene Projekte zu den unterschiedlichen Messverfahren, mit dem Ziel der Erhöhung der Präzision sowie der Verbesserung der Qualität der Messergebnisse, bearbeitet. Dazu gehören u. a.:

- Überprüfung der Temperaturkorrektur für das SRT-Pendel,
- Untersuchungen mit dem mobilen Wehner/Schulze-Gerät im Vergleich zu Messungen mit dem Messsystem SKM,
- Ermittlung eines Bewertungshintergrundes für das Messsystem Grip-Tester auf kurvenreichen Straßen, Ortsdurchfahrten und Ästen,
- Berührungslose Griffigkeitsmessungen,
- Erfassung von jahreszeitlichen Griffigkeitsschwankungen bei Messungen mit dem SKM-Messverfahren.

Im Folgenden werden die beiden zuerst aufgeführten Projekte genauer vorgestellt.

4.1.1 Überprüfung der Temperaturkorrektur für das SRT-Pendel

Um bei den in-situ Messungen mit dem SRT-Pendel den Einfluss der Temperatur zu berücksichtigen, werden die gemessenen Werte mit Hilfe von Korrekturwerten auf eine Referenztemperatur von 20°C korrigiert. Diese Korrekturfunktion wurde Mitte der 1960er Jahre in England [7] entwickelt

und bisher bei allen Messungen angewendet sowie in die Vorschriften [4], [8] und Normen [5] übernommen.

Die Ergebnisse von verschiedenen regelmäßigen Messungen auf unterschiedlichen Fahrbahnoberflächen gaben Anlass zu der Annahme, dass die in [4] und [5] dargestellten Temperaturkorrekturen für den SRT-Gleitkörper in den höheren Temperaturbereichen einer Überprüfung bedürfen. So zeigten sich beispielsweise bei wiederholten Messungen mit dem SRT-Pendel auf Fahrbahnoberflächen bei verschiedenen Temperaturen (10 bis ca. 40 °C) erhebliche Differenzen in den temperaturkorrigierten SRT-Werten, die zurzeit nicht anders erklärbar wären. Die bei der Bezugstemperatur sowie die bei der unteren Grenze der zulässigen Temperatur gemessenen und korrigierten Werte sind wesentlich höher, als die korrigierten Werte, die bei einer Temperatur, die an der oberen Grenze liegt, gemessen werden.

Die kombinierte Griffigkeits- und Rauheitsmessung, bestehend aus SRT-Messung und Bestimmung der Ausflusszeit mit dem Ausflussmesser nach Moore, kann gemäß den ZTV Asphalt-StB 01 [3] im Rahmen der Kontrollprüfung anstelle der Messung mit dem SKM eingesetzt werden. Da dieses kombinierte Verfahren im Vergleich zu dem „Dynamischen Messverfahren (SKM)“ einfach, schnell und kostengünstig einsetzbar ist, wird das kombinierte Messverfahren bei Ländern und Gemeinden vor allem auf kleineren Messflächen häufig eingesetzt. Aufgrund dessen ist eine Sicherstellung der korrekten Temperaturkorrektur der SRT-Werte notwendig.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde daher die derzeit in den TP Griff-StB (SRT) [4] sowie der DIN EN 13036-4 [5] geltende Temperaturkorrekturfunktion für den SRT-Gleitkörper der BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin) überprüft und ein Vorschlag für eine neue Temperaturkorrekturfunktion erarbeitet. Neben der Temperaturkorrekturfunktion wurden parallel verschiedene Parameter, die einen Einfluss auf das Messergebnis haben, untersucht. Dazu gehören der Einfluss des Gleitkörpers sowie der Einfluss der Wassertemperatur.

Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt 52 Probekörper (Asphalt und Beton mit unterschiedlichen Oberflächentexturen) innerhalb eines (Gleitkörper-)Temperaturbereiches von 5 bis 40 °C untersucht. Zur Beurteilung des Gleitkörpereinflusses auf

Tabelle 2: Anwendungsbereiche der Regelwerke/Wissensdokumente zu den Griffigkeitsmessverfahren

	TP Griff-StB (SCRIM) – 2001	TP Griff-StB (SCRIM) – 2001 + ARS 24/2003	TP Griff-StB (SKM) – 2007
Messzeitraum	Mai bis Oktober (Fahrbahntemperatur: 5 bis 50 °C) – Messungen zum Zeitpunkt der Abnahme auch außerhalb dieses Zeitraumes möglich	Mai bis Oktober (Fahrbahntemperatur: 5 bis 50 °C) – Messungen zum Zeitpunkt der Abnahme auch außerhalb dieses Zeitraumes möglich	unabhängig von der Jahreszeit, nur Temperaturanforderungen (Bauvertrag)
Messgeschwindigkeit	40, 60 und 80 km/h in Abhängigkeit von der Verbindungsfunktionsstufe der Straße	40, 60 und 80 km/h in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen festzulegen	40, 60 und 80 km/h in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen festzulegen
Abweichung von der Soll-Messgeschwindigkeit	± 10 km/h	± 4 km/h	± 4 km/h (Bauvertrag) ± 10 km/h (ZEB)
Messreifen	SCRIM-Reifen (Avon-Reifen) (in Großbritannien hergestellt)	SCRIM-Reifen (Avon-Reifen) (in Großbritannien hergestellt)	SKM-Reifen (in Deutschland hergestellt)
Reifenüberdruck	abhängig von der Lufttemperatur (z.B. 20 °C – 3,5 bar)	abhängig von der Lufttemperatur (z.B. 20 °C – 3,5 bar)	konstant (3,5 bar) – einzustellen am kalten Reifen
Temperaturmessung	Lufttemperatur, Wassertemperatur, Fahrbahntemperatur	Lufttemperatur, Wassertemperatur, Fahrbahntemperatur, Messreifenauflächentemperatur	Lufttemperatur, Wassertemperatur, Fahrbahntemperatur, Messreifenauflächentemperatur
Temperaturkorrektur	Treppenfunktion (Fahrbahntemperatur)	Treppenfunktion (Fahrbahntemperatur)	linear (Fahrbahntemperatur) sowie linear (Wassertemperatur)
Geschwindigkeitskorrektur	0,07 (für 20 km/h)	0,05 (für 20 km/h)	0,05 (für 20 km/h)
Gerätekalibrierfaktor	-	gerätespezifisch – wird bei der zeitbefristeten Betriebszulassung ermittelt	gerätespezifisch – wird bei der zeitbefristeten Betriebszulassung ermittelt
Lage der Messspur	mittig in der rechten Rollspur (Bauvertrag und ZEB)	definierter Randabstand (0,70 m) – Erfassung der Abstandsmessdaten (Bauvertrag) mittig in der rechten Rollspur (ZEB)	definierter Randabstand (0,70 m) – Erfassung der Abstandsmessdaten (Bauvertrag) mittig in der rechten Rollspur (ZEB)
Mindestmesslänge	-	2 km	2 km (Gültigkeitsabschnitt)
Anzahl der Messfahrten	eine Messfahrt	mind. zwei Messfahrten	mind. zwei Messfahrten
Datenerfassung	20 m-Einzelwert	1 m-Messdaten	1 m-Messdaten
Datenformat	ASCII-Dateien	GRI SCRIM-Rohdatenformat	XML-Geo-Rohdatenformat
Sontiges	-	-	Messung durch Messteam (Fahrer + Operator) Fahrer – Nachweis der Eignung durch Teilnahme an Schulung

das Messergebnis wurden die Messungen mit vier unterschiedlichen Gleitkörpern durchgeführt. Dabei kamen drei BAM-Gleitkörper sowie ein englischer Gleitkörper zum Einsatz. Der Einfluss der Was-

sertemperatur wurde nur im Temperaturbereich von 20 bis 40 °C betrachtet. Dazu wurde unabhängig von der Prüftemperatur die Wassertemperatur auf 10 °C eingestellt und konstant gehalten (bei al-

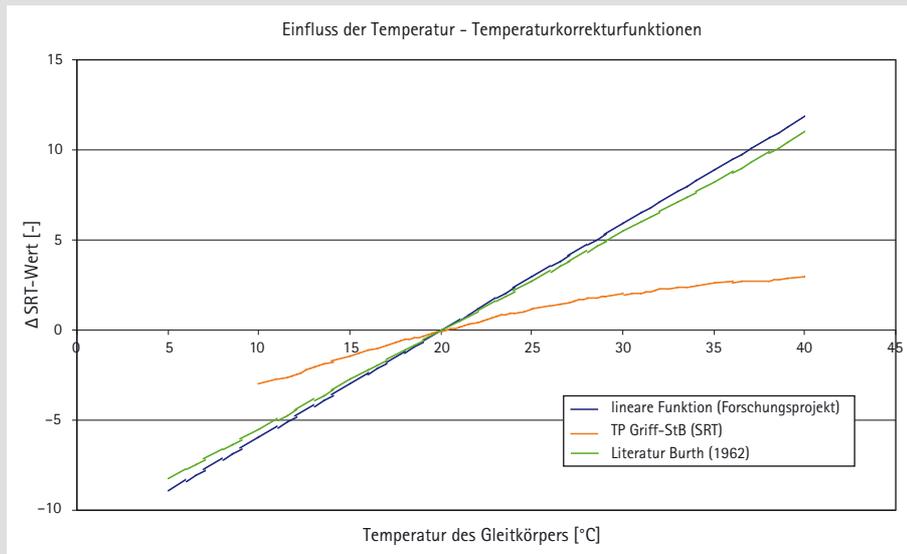


Bild 4: Temperaturkorrekturfunktionen – Vorschlag anhand der Untersuchungsergebnisse (blau) sowie zwei Korrekturfunktionen aus der Literatur [4] und [6]

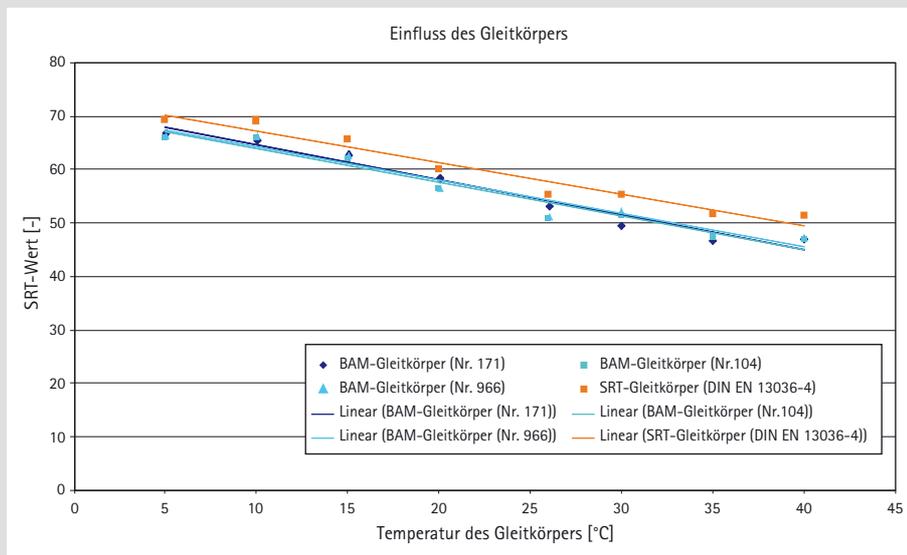


Bild 5: Einfluss des Gleitkörpers – Ergebnisse der vier verwendeten Gleitkörper

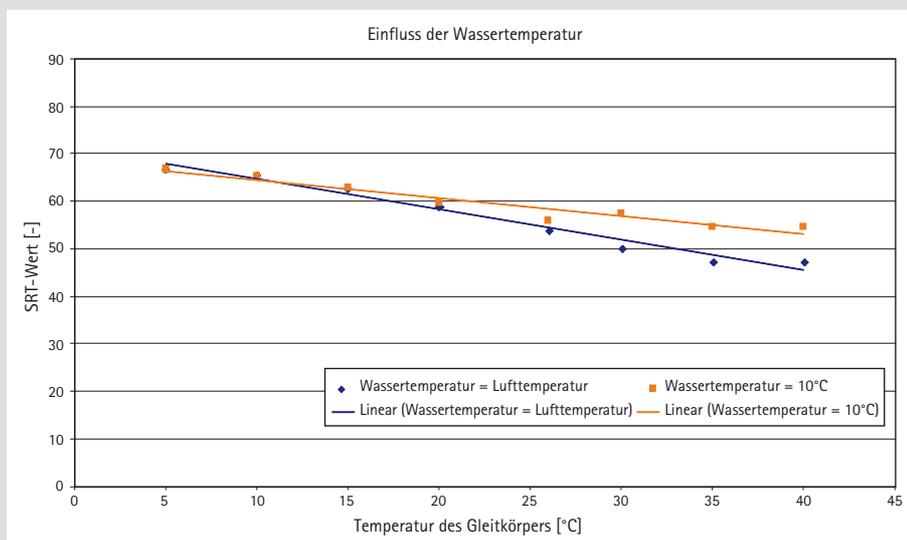


Bild 6: Einfluss der Wassertemperatur – Mittelwerte (T < 20 °C: Luft- = Wassertemperatur)

len anderen Messungen entsprach die Wassertemperatur der Gleitkörpertemperatur). Da davon auszugehen ist, dass die Wassertemperatur im Allgemeinen nicht wärmer als die Lufttemperatur sein und besonders bei frisch entnommenem Wasser etwa im Bereich von ca. 10 °C liegen wird, kann auf die Messungen im Temperaturbereich von 5 bis 15 °C verzichtet werden.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse von SRT-Messungen in dem untersuchten Temperaturbereich stellt sich eine lineare Funktion zur Korrektur des Temperatureinflusses als geeignet heraus. Diese entspricht allerdings fast einer Korrekturfunktion aus dem Jahre 1962 [6] (Bild 4). Hinsichtlich des Einflusses der Gleitkörper auf das Messergebnis zeigten sich im Rahmen der statischen Auswertung Unterschiede hinsichtlich der Signifikanz des Messgummieinflusses in Abhängigkeit von den verschiedenen Temperaturen. Unabhängig von der Temperatur wurden zwischen den Gleitkörpern der BAM keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Während gegenüber dem englischen Gleitkörper signifikante Unterschiede ab ca. 20 °C gemessen wurden. Im Bild 5 ist das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Gleitkörper anhand von eingefügten Trendlinien zu erkennen. Dabei wird deutlich, dass der temperaturabhängige Verlauf der BAM-Gleitkörper und des englischen Gleitkörpers nahezu identisch ist, wobei die Messwerte des englischen Gleitkörpers ca. 2,5 bis 3 SRT-Einheiten höher als die Messwerte der BAM-Gleitkörper liegen. Es konnte somit gezeigt werden, dass signifikante Einflüsse auf das Messergebnis durch den Einsatz von BAM-Gleitkörpern unterschiedlicher Herstellerchargen nicht festgestellt werden konnten, während im Vergleich dazu die Verwendung anderer Gleitkörper einen signifikanten Einfluss auf das Messergebnis hat.

Bezüglich des Einflusses der Wassertemperatur wird anhand der Messwerte als auch der statistischen Auswertung deutlich, dass der Einfluss der Wassertemperatur, besonders wenn große Unterschiede zwischen der Gleitkörper-, Luft- sowie Fahrbahntemperatur und der Wassertemperatur auftreten, nicht zu vernachlässigen ist und ggf. in die Auswertungen mit einbezogen werden sollte (Bild 6). Bei einer Temperatur von 40 °C beträgt der Unterschied zwischen der Messung mit der Wassertemperatur = 10 °C und Wassertemperatur = Lufttemperatur be-

reits ca. 7 SRT-Einheiten. Im Bild 6 wurden für den Einflussfaktor „Wassertemperatur = 10 °C“ die Werte für die Temperaturstufen 5, 10 und 15 °C den Werten des Einflussfaktors „Wassertemperatur = Lufttemperatur“ gleichgesetzt, da hierbei der Einfluss der Wassertemperatur als gering beurteilt wird und sich somit der Einfluss des Faktors „Wassertemperatur“ besser durch Trendlinien beschreiben und vergleichen lässt.

Durch die Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass der Einfluss der Temperatur auf die SRT-Messergebnisse signifikant ist und idealerweise durch eine andere Korrekturfunktion als die bisher verwendete berücksichtigt werden sollte. Ausgehend von dem temperaturabhängigen Verlauf der Messwerte wurde eine lineare Funktion zur Korrektur der Messwerte bezogen auf eine Referenztemperatur von 20 °C empfohlen.

Durch Beispielauswertungen für die bekannten und die neue Temperaturkorrekturfunktionen, die bei SRT-Werten auf unterschiedlichen Oberflächen durchgeführt wurden, konnte anhand von Zahlenwerten nachgewiesen werden, dass die

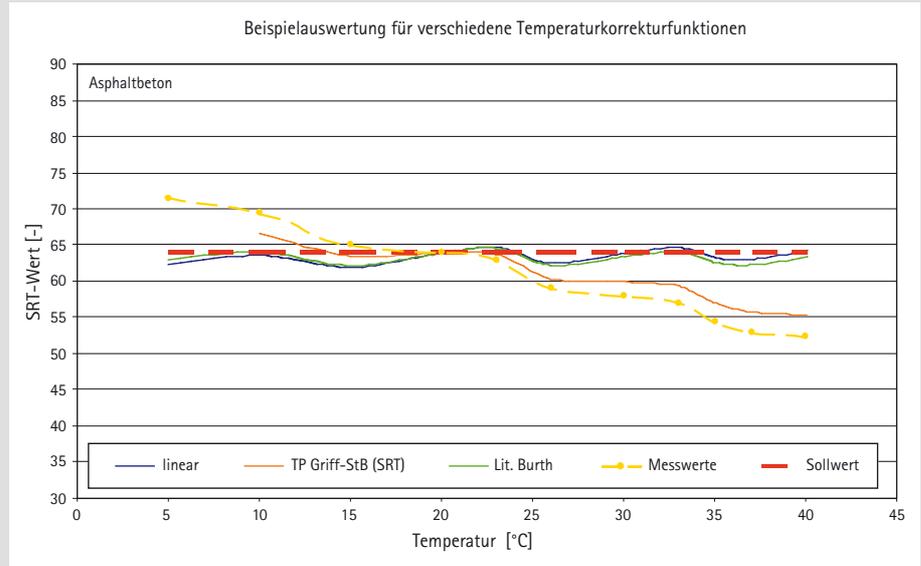


Bild 7: Anwendung der Korrekturfunktionen – Asphaltbeton

Abweichungen zwischen dem jeweiligen Referenzwert bzw. Sollwert (20 °C) und den korrigierten Werten bei der derzeit verwendeten Korrekturformel größer sind als bei neuen linearen Korrekturfunktion sowie der bereits aus Burth [6] bekannten Funktion (Bild 7).

4.1.2 Untersuchungen mit dem mobilen Wehner/Schulze-Gerät im Vergleich zu Messungen mit dem Messsystem SKM

Durch die im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Untersuchungen auf vier unterschiedlichen Oberflächentexturen



Mechatronic

traffic

Wittichstraße 2 - 64295 Darmstadt
 Tel: 06151-50031-85 - Fax 06151-50031-50
 info@mechatronic-traffic.de
 www.mechatronic-traffic.de



Fahrbahngriffigkeit

Dynamisches Messverfahren

Fahrbahnmarkierung

Dynamisches Messverfahren

Messgeräte



Verkehrszeichen



Sicherheitskleidung



Kontrollprüfungen

Bild 8: Mobiles
Wehner/Schulze-Gerät



Bild 9: Mobiles
Wehner/Schulze-Gerät
– Einheit für die
Griffigkeitsmessungen



war es erstmals möglich, Messungen mit dem Seitenkraftmessverfahren (SKM) und dem (mobilen) Wehner/Schulze-Gerät zeitnah durchzuführen. Da bisher das Wehner/Schulze-Gerät ausschließlich für den stationären Betrieb existierte, war für derartige Messungen und Vergleichsuntersuchungen stets die Entnahme von Bohrkernen in größerem Umfang notwendig, wodurch die Straßenbefestigung geschädigt wird. Durch das mobile Wehner/Schulze-Gerät ist nicht nur eine zeitnahe Messung zwischen den Messsystemen gewährleistet, sondern auch Messungen unter vergleichbaren Randbedingungen. Zeitgleich erfolgten auf den Streckenabschnitten auch Messungen mit der kombinierten Griffigkeits- und Rauheitsmessmethode. Im Bild 8 ist das mobile Wehner/Schulze-Gerät und im Bild 9 die Einheit für die Griffigkeitsmessungen dargestellt. Das Prinzip der Griffigkeitsmessung ist das Gleiche wie bei dem stationären Verfahren, allerdings muss das mobile Gerät vor der Messung parallel zur Straßenoberfläche ausgerichtet werden. Die Ergebnisse liefern erste Anhaltswerte bzgl. der Geschwindigkeitsabhängigkeit bei verschiedenen Oberflächentexturen sowie der Vergleichbarkeit der betrachteten Verfahren, die aber noch nicht verallgemeinert werden können. Die Vergleichbarkeit der SKM-Werte und der Ergebnisse des Wehner/Schulze-Gerä-

tes kann trotz des geringen Datenumfanges als gegeben beurteilt werden. Des Weiteren kann festgestellt werden, dass unabhängig von der Messgeschwindigkeit des SKM die Geschwindigkeit von 60 km/h beim Wehner/Schulze-Gerät tendenziell bessere Ergebnisse liefert, als die anderen Messgeschwindigkeiten. Hinsichtlich der Geschwindigkeitsabhängigkeit ist unter Umständen bei weiteren Untersuchungen zu erwarten, dass gerichtete Oberflächentexturen (z.B. Jutetuch) durch das Wehner/Schulze-Verfahren anders beurteilt werden, da die Messung nicht gerichtet, wie beim SKM oder SRT, sondern auf einer Kreisbahn erfolgt. Die Asphaltflächen, die keine gerichtete Oberflächentextur aufweisen, zeigen jeweils ähnliche Geschwindigkeitsabhängigkeiten bei den beiden Messverfahren. Im Bild 10 sind die Ergebnisse der zwei untersuchten Splittmastixasphalte (SMA 0/11S und SMA 0/8S) bzgl. der Geschwindigkeitsabhängigkeit des SKM und des (mobilen) Wehner/Schulze-Messverfahrens und im Bild 11 die Ergebnisse des SMA 0/11S und des Betons (Jutetuch) gegenüber gestellt. Bei den beiden Splittmastixasphalten waren die Messergebnisse mit dem SKM nahezu identisch, während die Ergebnisse der Messungen mit dem mobilen Wehner/Schulze-Gerät sich um ca. $|\Delta\mu_{PWS}| = 0,05$ unterschieden, aber der Verlauf der Ergebnisse nahezu parallel

zu den Ergebnissen des SKM ist. Während bei dem Vergleich der SMA 0/11S- und der Beton-Messstrecke die Ergebnisse beider Strecken bei den Messungen mit dem mobilen Wehner/Schulze-Gerät identisch sind, unterscheiden sich die Ergebnisse der SKM-Messungen sowohl in Bezug auf das vorhandene Griffigkeitsniveau als auch hinsichtlich der Geschwindigkeitsabhängigkeit der beiden Strecken erheblich. Die Ursachen könnten zum einen an der relativ geringen Makrotextur des Betons, aber auch an der teilweise noch vorhandenen gerichteten Textur infolge der Texturierung durch das Jutetuch bei der Herstellung liegen. Während sowohl durch das SKM als auch durch das SRT-Pendel eine gerichtete, linienhafte Erfassung der Griffigkeit der Oberfläche erfolgt, wird beim Wehner/Schulze-Gerät infolge der Messung auf einer Kreisbahn die gerichtete Textur nicht oder nicht „richtig“ berücksichtigt, was dann ggf. zu einer Fehlbeurteilung von Fahrbahnoberflächen mit gerichteten Texturen führt.

Um die Vergleichbarkeit zwischen dem Wehner/Schulze-Gerät und dem SRT-Pendel besser beurteilen zu können, sind weitere Messungen erforderlich, da anhand der derzeitigen Ergebnisse die Vergleichbarkeit, auch bedingt durch den geringen Datenumfang, nicht als hoch eingestuft werden kann. Beim Vergleich der Ergebnisse des SKM und des SRT-Pendels ist zu erkennen, dass unabhängig von der SKM-Messgeschwindigkeit eine gute Vergleichbarkeit der SRT-Werte und der SKM-Ergebnisse gegeben ist, die besser als bei der Vergleichbarkeit zwischen SRT und Wehner/Schulze-Gerät ist. Allerdings kann auch dies aufgrund des geringen Datenkollektives nicht verallgemeinert werden. Durch die Ergebnisse dieses Projektes wird es als zielführend erachtet, weitere Messungen durchzuführen und somit ein wesentlich größeres Datenkollektiv in die Betrachtungen einzubeziehen. Hierdurch kann die Möglichkeit geschaffen werden, die im Rahmen der Griffigkeitsprognose mit dem Wehner/Schulze-Gerät im Laboratorium gewonnenen Messdaten besser hinsichtlich der in-situ vorherrschenden und mit dem SKM gemessenen Griffigkeiten zu beurteilen.

4.2 Europa

Im Rahmen der PIARC-Untersuchung, die das Ziel des Vergleichs als auch der Harmonisierung von Griffigkeits- und Texturmessverfahren hatte, nahmen 13 europä-

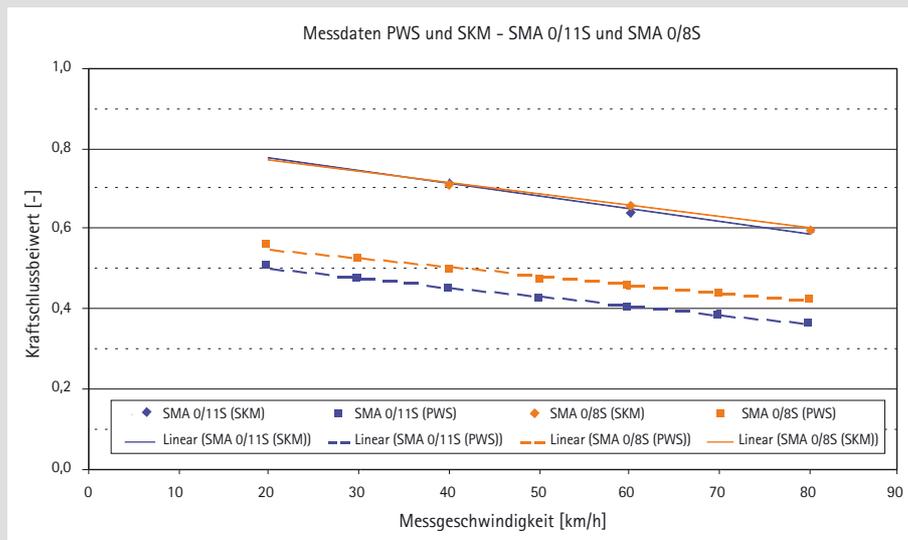


Bild 10: Geschwindigkeitsabhängigkeit der SKM-Messungen und der Messungen mit dem mobilen Wehner/Schulze-Gerät für SMA 0/11S und SMA 0/8S

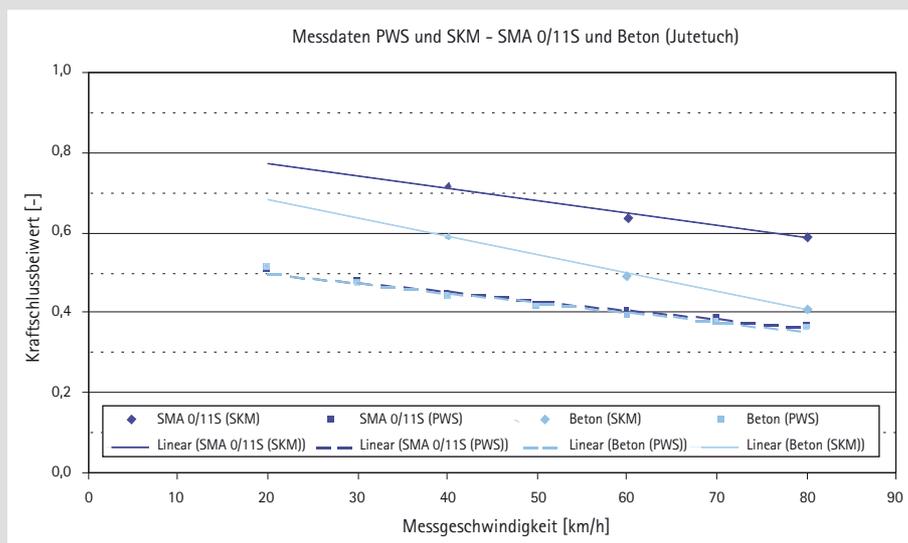


Bild 11: Geschwindigkeitsabhängigkeit der SKM-Messungen und der Messungen mit dem mobilen Wehner/Schulze-Gerät für SMA 0/11S und Beton (Jutetuch)

sche Staaten sowie Japan, Canada und die USA teil. Die Ergebnisse wurden bereits 1995 auf dem XX. Weltstraßenkongress vorgestellt. Dazu gehört auch ein mathematisches-teilempirisches Modell, das sogenannte PIARC-Modell. Mit diesem Modell können die Ergebnisse der verschiedenen Griffigkeitsmessgeräte in den IFI – International Fiction Index – umgerechnet und somit vergleichbar gemacht werden. In diesen Kennwert gehen neben gerätespezifischen Kenndaten und dem Reibungsbeiwert auch Texturkenngrößen ein.

Das „HERMES“ (Harmonization of European Routine and research Measuring Equipment for Skid Resistance) -Projekt, welches 2006 mit der Veröffentlichung des Schlussberichtes beendet wurde, hatte das

Ziel, Grundlagen für eine einheitliche Europäische Standardisierung von Griffigkeitsmessungen zu schaffen. Zugrundeliegend war dabei auch die Einführung einer gemeinsamen Werte-Skala für Griffigkeit – den EFI (European Friction Index), welcher aus dem IFI entwickelt wurde.

Bei „TYROSAFE“ – “Tyre and Road surface optimization for skid resistance and further effects“, einem Projekt aus dem 7. EU-Rahmenprogramm, erfolgt gegenwärtig ein internationaler Erfahrungsaustausch zu den wesentlichen Parametern der Reifen-Fahrbahn-Interaktion (Griffigkeit, Lärm und Rollwiderstand). Das Ziel dieses Projektes ist die Harmonisierung der Griffigkeitsmessmethoden und -systeme innerhalb der Europäischen



Graspointner

Verkehrssysteme

**Für mehr
Wirtschaftlichkeit
&
Sicherheit
auf Ihren Straßen!**

Wir stellen aus:

**Kolloquium
Straßenbetriebsdienst,
Karlsruhe 15.+16.09.2009**

**Kommunale 2009,
Nürnberg 14.+15.10.2009**

**Bankettplatten &
Leitpostenfundamentsteine**



www.graspointner.at

Union, um somit zur Verbesserung von Verkehrssicherheit und Umweltschutz beizutragen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit den derzeitigen Randbedingungen in den TP Griff-StB (SKM) [9] sind Messungen der Griffigkeit mit dem SKM mit guter Wiederhol- und Vergleichbarkeit möglich. Dazu tragen unter anderem der individuelle Kalibrierfaktor der Messgeräte, die veränderten Temperaturkorrekturfunktionen, der Messreifen aus deutscher Produktion sowie die einheitliche Ausrichtung des Wasserschuhs bei.

Die Ergebnisse der nationalen Forschungsprojekte zeigen, dass weitere Untersuchungen hinsichtlich der Übertragung von Griffigkeitsmessergebnissen zwischen Praxis (z.B. SKM) und Laboratorium (z.B. PWS) sowie die Validierung der linearen Temperaturkorrekturkurve für das SRT-Pendel notwendig sind, während die europäischen Projekte zu einer Vereinheitlichung der Messverfahren oder einer besseren Übertragbarkeit der Verfahren beitragen.

Aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeitsabhängigkeit von verschiedenen Belägen ist in Zukunft ggf. bei der Griffigkeitsmessung eine Erfassung der Makrotextur notwendig, wie dies bereits in einigen Ländern (z.B. Österreich und Frankreich) erfolgt, da auch nur damit eine Einordnung der gemessenen Griffigkeit sowie ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Messverfahren durch „Hilfsgrö-

ßen“ wie den IFI oder den EFI möglich ist. Bisher erfolgen die Messungen zur Erfassung und Beurteilung der Griffigkeit berührend, während die weiteren Messungen (Ebenheit und Oberflächenbild) im Rahmen der ZEB berührungslos erfolgen. Dadurch sind die Griffigkeitsmessungen aufgrund des Wasservorrates reichweitenabhängig sowie aufgrund der Einflussfaktoren (Geschwindigkeit und Temperatur) auch die Messergebnisse nicht unbeeinflusst. Durch die berührungslose Erfassung von relevanten Texturkenngößen die mit dem Kraftschluss in Verbindung stehen, soll die Möglichkeit geschaffen werden, die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen berührungslos zu erfassen. Dabei soll nicht nur die Wiederhol- und Vergleichsgenauigkeit der Messungen erhöht, sondern auch die Kosten reduziert werden.

- 5 DIN EN 13036-4: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen, Prüfverfahren, Teil 4: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen: Der Pendeltest; Dezember 2003.
- 6 Burth, K.: Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Griffigkeitsmessungen mit Pendelgeräten; in: Straße und Verkehr, Nr. 10/1962, S. 502-507; 1962.
- 7 Giles, C.G.; Sabey, B.E.; Cardew, K.H.F.: Development and Performance of the Portable Skid-Resistance Tester, Road Research Laboratory, Road Research Technical Paper No. 66; London, 1964.
- 8 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Arbeitsanweisung für kombinierte Griffigkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und dem Ausflussmesser; Köln; 1972.
- 9 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau, Teil: Seitenkraftmessverfahren (SKM) (TP Griff-StB (SKM)); Köln; 2007.

Literaturverzeichnis

- 1 Croce, K., et al.: Untersuchungen auf dem Gebiet der Straßengriffigkeit; Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 1; Bonn; 1959.
- 2 Dames, J.: Erfassen und Beurteilen der Griffigkeit von Straßen; in: Straße + Autobahn, Heft 2/1992; Bonn; 1992.
- 3 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 01); Köln; 2001.
- 4 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau, Teil: Messverfahren SRT (TP Griff-StB (SRT)); Köln; 2004.



Handbuch Straßenwinterdienst
 Prof. Dr.-Ing. Walter Durth
 Dr.-Ing. Horst Hanke
 Hardcover, 380 Seiten
 mit vielen Fotos und Grafiken
 Format 17 x 24 cm, 64,- Euro
 ISBN 3-7812-1616-7

Das **Handbuch Straßenwinterdienst** behandelt aus Sicht der Wissenschaft und der Praxis die Organisation und Durchführung des Winterdienstes auf Verkehrsflächen außerorts wie innerorts. Das in 15 Kapitel gegliederte Werk, inklusive Rechtsgrundlagen, ist mit vielen farbigen Abbildungen ausgestattet.