

Aktualisierung der Ermittlung von Vergleichs- und Wiederholstreubereichen von Griffigkeitsmesssystemen SCRIM

FA 4.185

Forschungsstelle: Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Straßenwesen mit Versuchsanstalt (Prof. Dr.-Ing. S. Bald)

Bearbeiter: Bald, S. / Lutz, P. / Weidich, P.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: November 2003

1. Aufgabenstellung

Das Fachgebiet "Straßenwesen mit Versuchsanstalt" der TU Darmstadt hatte aus dem gemeinsamen Forschungsprogramm von FGSV und BMVBW den Auftrag, die Präzision (Standardabweichung des Messwertes unter Vergleichsbedingungen) des Griffigkeitsmesssystems SCRIM (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine) systematisch zu untersuchen. Das Messsystem SCRIM wird in den aktuellen Ausgaben der ZTV Asphalt, ZTV Beton und ZTV BEA/BEB als mobiles Griffigkeitsmesssystem genannt. Das angegebene, bauvertraglich relevante Vorhaltemaß von 0,03 [-] sollte in den Untersuchungen nachgewiesen werden. Die Beurteilung der Schwankungen des Messobjektes (z. B. jahreszeitliche Änderungen) waren nicht Bestandteil dieses Auftrages.

2. Untersuchungsmethodik

Zur Bestimmung der Prüfverfahrenspräzision wurde ein Ringversuch im Sinne des FGSV-Merkblattes für die statistische Auswertung von Prüfergebnissen Teile 1–4 konzipiert. Im Merkblatt werden Art und Umfang der durchzuführenden Messungen und die anschließende Auswertung beschrieben. Zur Bestimmung der Präzision eines Prüfverfahrens werden von unterschiedlichen Prüfstellen wiederholt Messungen an einem Messobjekt bzw. ähnlichen Messobjekten durchgeführt.

Erste Voruntersuchungen wurden im Mai und September 2001 auf der Grundlage der Technischen Prüfvorschrift TP Griff-StB (SCRIM) durchgeführt. Die Messeinheit aus SCRIM-Fahrzeug und Bedienpersonal wurde als eine Prüfstelle aufgefasst. Die Voruntersuchungen zeigten den wesentlichen Einfluss des Fahrzeugführers auf die Spurfindung und die Präzision des Messergebnisses. Sie zeigten auch, dass die Präzision des Messverfahrens nicht von der Höhe des Messniveaus abhängig ist. Daher wurde für den eigentlichen Ringversuch auf die Forderung nach deutlich unterschiedlichen Messniveaus verzichtet und es wurden dafür bewusst unterschiedliche Deckschichtarten gewählt.

Der eigentliche Ringversuch wurde im August 2002 durchgeführt. An diesem Ringversuch nahmen sieben Prüfstellen teil, wobei eine Prüfstelle wieder als Einheit von SCRIM-Fahrzeug und Fahrzeugführer betrachtet wurde. Ergänzend zur TP Griff-StB (SCRIM) gab das BMVBW ein Allgemeines Rundschreiben ARS 12/2002 heraus. Danach durften SCRIM-Messungen nur noch von besonders geschulten und qualifizierten Fahrern durchgeführt werden. Außerdem wird das Messergebnis aus zwei miteinander verträglichen Messfahrten ermittelt.

Zusätzlich wurde ein videogestütztes Führungs- und Dokumentationssystem (Abstandsmess-System) eingesetzt und in

seiner Wirkung auf die Präzision untersucht. Ziel dieses Systems ist es, eine im festen Abstand zum Fahrbahnrand vorgeschriebene Messspur einzuhalten. Das Führungssystem überwacht mit Hilfe einer auf den Straßenrand ausgerichteten Videokamera den Abstand zu einer vorgegebenen Führungslinie (z. B. der Randmarkierung), dokumentiert ihn und gibt Orientierungsanweisungen für den Fahrer, entsprechend einem vorgegebenen Sollabstand, der dem der tatsächlichen Rollspurmitte entsprechen sollte, dem Ort der vermuteten geringsten Griffigkeit. Das Führungssystem besteht aus einer im Führerhaus angebrachten Videokamera, einem Messrechner und einer diodenbestückten Fahrerhilfe. Im Ringversuch wurden Fahrten mit ("geführte Fahrten") und ohne ("ungeführte Fahrten") Unterstützung durch das Führungssystem durchgeführt.

Die Untersuchungen wurden auf vier jeweils 2 km langen Streckenabschnitten durchgeführt. Alle Strecken lagen am Ende der Gewährleistungsfrist (nun Verjährungsfrist für Mängelansprüche), waren also 4 bis 6 Jahre alt und wiesen unterschiedliche Deckschichtarten auf. Mit den zwei Abschnitten auf der A 67 wurden Bereiche mit Splittmastixasphalt SMA 0/11S und geringfügigen Spurrinnen berücksichtigt. Die A 44, eine Versuchsstrecke in Zementbeton-Bauweise, hat einen schnellen Wechsel der Oberflächentextur (z. B. Jutetuch, Kamm). Die B 516 hat eine Asphaltbetondecke AB 0/11. Alle Strecken verfügten über mittlere bis hohe Verkehrsbelastung.

Die Messungen wurden an vier Versuchstagen innerhalb einer Woche durchgeführt. Damit waren jahreszeitlich bedingte Änderungen der Griffigkeit und deren Einfluss auf die Präzision ausgeschlossen. Bei der Durchführung der Messfahrten wurde mit einem Abstand von 4–7 Minuten auf eine konstante zeitliche Folge der SCRIM-Fahrzeuge geachtet. Sichtfahrten und eine gegenseitige Beeinflussung konnten so ausgeschlossen werden. Während der Untersuchung wurde bei jeder Messfahrt der Messreifeninnendruck kontrolliert und ggf. eingestellt.

Einzelwert im Sinne der Ringversuchsmethodik war der 100 m-Mittelwert aus fünf aufeinanderfolgenden 20 m-Messwerten, Messergebnis war entsprechend dem ARS 12/2002 der Mittelwert aus zwei miteinander verträglichen Einzelwerten. Die SCRIM-Betreiber mussten dazu die statistische Verträglichkeit der Einzelwerte prüfen.

Zwei Einzelwerte gelten als miteinander verträglich, wenn ihre Differenz kleiner gleich 0,05 ist. Die Differenz über alle Einzelwerte zweier Messfahrten darf nicht größer als 0,015 sein. Messfahrten mit mehr als 4 km/h Abweichung von der Sollmessgeschwindigkeit mussten wiederholt werden. Ziel der Versuche war es, mindestens zwei, möglichst aber drei Messergebnisse für geführte und ungeführte Fahrten zu erhalten.

3. Auswertung und Ergebnisse

Die von den Betreibern übergebenen Messfahrtendateien bildeten die Datenbasis für die Auswertung und die Bestimmung der Präzisionswerte. Im ersten Schritt der Datenaufbereitung wurden alle Messfahrten als Graphen in Diagrammen dargestellt. Der signifikante Griffigkeitsverlauf der einzelnen Messstrecken machte es möglich, einige Messfahrten zu erkennen, die nicht in den Verlauf der übrigen Messfahrten passten. Anhand dieser auffallenden Griffigkeitsverläufe konnten Verschiebungen der Messfahrten untereinander erkannt und korrigiert werden.

Als nächster Schritt der Datenaufbereitung wurde die Messwertkorrektur infolge geschwindigkeitsbedingter Abweichungen durchgeführt. Die Messwertkorrektur erfolgte nach TP Griff-StB (SCRIM) mit 0,0035 je 1 km/h-Abweichung. Alternativ wurde die Auswirkung einer Messwertkorrektur von 0,0020 je 1 km/h-Abweichung auf die Präzisionswerte überprüft. Eine Temperaturkorrektur der Messwerte nach TP Griff-StB (SCRIM) war nicht notwendig. Die gemessenen Oberflächentemperaturen lagen zwischen 19 und 29 °C. Außerdem wurden die 20 m-Werte zu 100 m-Messergebnissen zusammengefasst, die dann Gegenstand einer ersten Ringversuchs-Auswertung waren.

Die Datenbasis wurde auf statistische Ausreißer überprüft. Dazu wurden die Varianzen der Einzelwerte und Messergebnisse einer Ausreißer- und Homogenitätsüberprüfung unterworfen. Die Überprüfung erfolgte mittels Bartlett- bzw. Cochran-Test. Wurden Ausreißer erkannt, so wurden sie von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Nach ersten Auswertungen zeigte sich, dass offensichtlich systematische Niveauunterschiede zwischen den einzelnen SCRIM-Fahrzeugen bestanden. Die Ursachen konnten im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht geklärt werden. Um jedoch abschätzen zu können, welche Verbesserung durch die Aufklärung der Niveauunterschiede erreicht werden könnte, wurde eine Abschätzungsrechnung mit hypothetischen Kalibrierfaktoren vorgenommen. Zu diesem Zweck wurde aus den vorhandenen Messdaten je Prüfstation der Mittelwert gebildet. Aus den Prüfstellenmittelwerten der "geführten" Fahrten wurden im Anschluss Kalibrierfaktoren berechnet und in halber Wirksamkeit mit den Messwerten multipliziert.

Durch die Verwendung unterschiedlicher Messwertkorrektur- und hypothetischer Kalibrierfaktoren und deren Kombinationen konnte die Wirkung verschiedener Faktoren auf die Präzision ermittelt werden. Die Bestimmung der Messwertpräzision unter Wiederhol- und Vergleichsbedingungen erfolgte auf der Grundlage des FGSV-Merkblattes für die statistische Auswertung von Prüfergebnissen Teil 4 [Merkblatt Ringversuche Teil 4]. Insgesamt wurden über zehn unterschiedliche Berechnungsläufe durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigten, dass durch den Einsatz des videogestützten Führungssystems eine Verbesserung der Präzisionswerte erreichbar ist. Bereits mit der derzeitigen Messwertkorrektur nach TP Griff-StB (SCRIM) für die Geschwindigkeit wird bei videogestützten Fahrten eine Standardabweichung unter Vergleichsbedingungen von 0,0188 [-] erreicht (Tabelle 1).

Durch den Ansatz der Kalibrierfaktoren konnte eine weitere Steigerung der Präzisionswerte erreicht werden. Hier wurde für videogestützte Fahrten, insbesondere unter Berücksichtigung

Tab. 1: Ermittelte Standardabweichung unter Vergleichsbedingungen für eine Auswahl von Berechnungsparametern

Berechnungslauf mit Variation der Berechnungsparameter	Standardabweichung unter Vergleichsbedingungen ohne videogestütztes Führungssystem	Standardabweichung unter Vergleichsbedingungen mit videogestütztem Führungssystem
Messwertkorrektur der Geschwindigkeit nach TP Griff-StB (SCRIM)	0,0187	0,0188
Alternative Korrektur für die Geschwindigkeitsabweichungen	0,0205	0,0191
Ansatz hypothetischer Kalibrierfaktoren bezogen auf das BAST-Gerät	0,0161	0,0142

der hypothetischen Korrekturfaktoren, eine Standardabweichung unter Vergleichsbedingungen von bis zu 0,0140 [-] ermittelt. Wie eine solche Kalibrierung tatsächlich erreicht wird, war nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Das in den ZTV angegebene Vorhaltemaß entspricht einer Standardabweichung unter Vergleichsbedingungen von $0,03/1,65 = 0,0182$. Diese enthält allerdings auch noch die Streuung aus dem Versuch mit nicht variierten Parametern. Als Vergleichswert erscheinen deshalb 60 bis 75 % davon gemessen, also 0,010–0,014.

4. Folgerungen für die Praxis

Zusammenfassend kann als Ergebnis unter den konkreten Messbedingungen dieses Ringversuches festgestellt werden:

- Die in den ZTV (Asphalt, Beton, BEA, BEB) vorgegebenen Vorhaltemaße sind mit dem Messsystem SCRIM erreichbar, wenn die vorgeschriebene Messmethodik konsequent angewandt und in einigen Bereichen (z. B. bei der Kalibrierung der Geräte) noch etwas verbessert wird.
- Die Übereinstimmung der Messwertprofilform ist sehr gut; selbst kleine Einzelheiten werden überzeugend wiedergegeben (Bild 1).
- Die offensichtlich vorhandenen Niveauunterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugen sollten noch verringert werden. Dazu sind weitere Untersuchungen notwendig.

Forschungsbedarf besteht darüber hinaus insbesondere auch zum Einfluss der Reifen und der Temperatur, zur Wahl der Führungslinie und zur jahreszeitlichen und verkehrsbelastungsabhängigen Griffigkeitsänderung des Messgegenstandes.

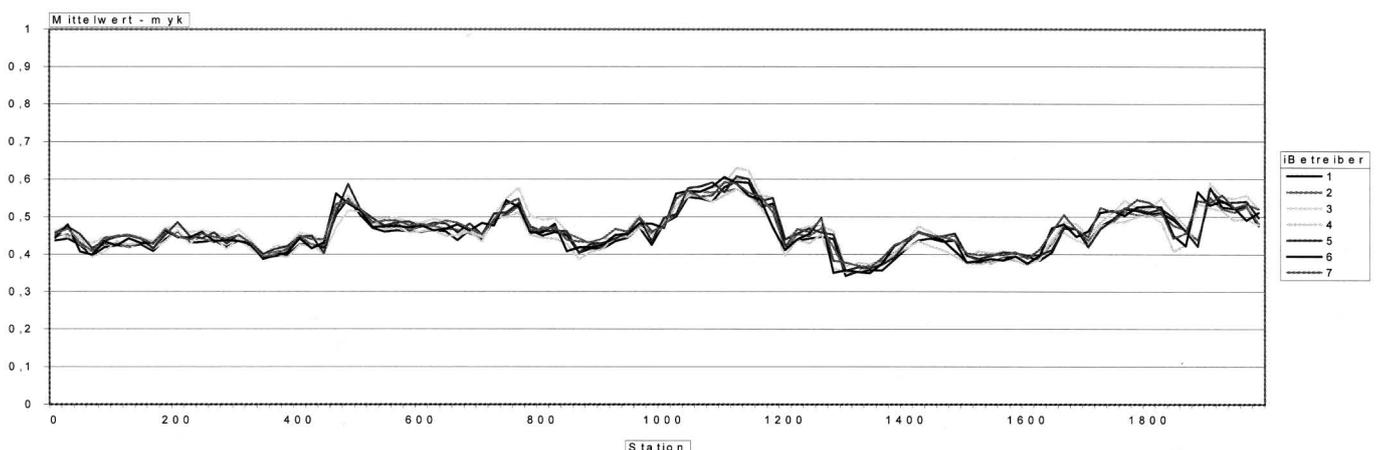


Bild 1: Gemittelte Fahrten aller SCRIM-Fahrzeuge mit videogestütztem Führungssystem am Beispiel der A 44