

Ersatzweise bzw. alternative Anwendung des kombinierten Griffigkeitsmessverfahrens mit dem SRT-Pendelgerät und dem Ausflussmesser an Stelle des Griffigkeitsmessverfahrens SKM

FA 4.195

Forschungsstelle: IWS Messtechnik GmbH, Celle

Bearbeiter: Schmidt, J. / Steinauer, B. / Ueckermann, A. / Meyer, C. / Haus, J.

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

Abschluss: September 2008

1 Aufgabenstellung

Der Nachweis einer angemessenen Griffigkeit im Neubauzustand bzw. zum Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche ist seit 2001 bauvertraglich vereinbart. Die Überprüfung der Griffigkeit erfolgt in der Regel mit dem SKM-Messverfahren (frühere Bezeichnung "SCRIM"). Bereits zum jetzigen Zeitpunkt kann der Griffigkeitsnachweis für den Neubauzustand alternativ auch mit dem kombinierten Messverfahren unter Einsatz des SRT-Pendels und des Ausflussmessers geführt werden. Die geforderten SRT-Messwerte sind jedoch mit hohen Sicherheitszuschlägen versehen. Werden diese Werte nicht erreicht, ist eine SKM-Messung durchzuführen.

Neben dieser bereits existierenden Verwendung des SRT-Pendels im Bauvertrag besteht jedoch generell Bedarf an einem Griffigkeitsmessverfahren, welches in den Bereichen einsetzbar ist, die für das SKM-Messfahrzeug nicht oder nur unter Schwierigkeiten zugänglich sind. Es ist naheliegend, auch in diesen Fällen Messungen mit dem kombinierten Messverfahren SRT-Pendel / Ausflussmesser vorzusehen. Voraussetzung für den Einsatz eines alternativen Griffigkeitsmessverfahrens ist, dass dieses zweite Verfahren zu einer gleichen Bewertung der Griffigkeit wie das bereits eingeführte SKM-Messverfahren gelangt.

Für eine direkte Umrechnung von Griffigkeitsmessergebnissen zwischen SKM und SRT fehlten bislang die Grundlagen. Die SRT-Anforderungswerte wurden daher bislang so gewählt, dass – unabhängig von der Grobtexturausprägung – davon ausgegangen werden konnte, dass die SKM-Anforderungswerte in jedem Fall sicher erfüllt wurden. Im Rahmen dieser Untersuchung war daher zu prüfen, unter welchen Randbedingungen eine Umrechnung zwischen SKM- und SRT-Werten möglich ist. Dies schließt auch unter Gesichtspunkten der Messpräzision notwendige Veränderungsvorschläge für die TP Griff-StB (SRT) mit ein. Der Einfluss des Gummigleitkörpers auf das SRT-Messergebnis wurde – analog zum Einfluss des Messreifens auf das SKM-Messergebnis – als wesentlich für die Präzision des Messverfahrens angesehen und war daher mit zu untersuchen. Ziel der Untersuchung sollten auch Vorschläge für ein möglichst präzise arbeitendes SRT-Pendel sein, um das SRT-Pendel im Bauvertragswesen ersatzweise für das SKM-Messfahrzeug an schwierig zu befahrenden Stellen mit vergleichbar hoher Zuverlässigkeit einsetzen zu können.

Das für die Vergleiche beider Messverfahren verwendete Streckenkollektiv sollte gemäß der Aufgabenstellung Strecken im Stadtstraßenbereich der Stadt Hamburg umfassen, die mit dem SKM-Messfahrzeug schwierig zu messen sind und daher als künftige Einsatzfälle für die Verwendung des SRT-Pendels bzw. des kombinierten Messverfahrens SRT-Pendel / Ausflussmesser in Betracht kommen.

2 Untersuchungsmethodik

Für die Ermittlung eines Zusammenhangs zwischen SKM- und SRT-Messergebnissen bildeten daher zehn Splittmastixasphalt-Strecken in Hamburg die Grundlage, die aufgrund von schmalen Fahrstreifen, angrenzenden Verkehrsinseln, fehlenden Randmarkierungen, Behinderungen durch Ampelanlagen und hohen Verkehrsbelastungen auf den angrenzenden Kreuzungen mit dem SKM-Messfahrzeug nur sehr schwer befahren werden konnten. Die Messung mit dem kombinierten Messverfahren SRT-Pendel/Ausflussmesser war hier deutlich einfacher möglich. Die besonderen Erschwernisse bei der Durchführung der SKM-Messungen führten im Rahmen dieser Untersuchung dazu, dass nach mehreren Messversuchen mit dem SKM-Messsystem und unbefriedigender Präzision die für die Vergleiche verwendbaren SKM-Messungen in der Nacht durchgeführt werden mussten, also unter Bedingungen, die für den regulären Messeinsatz nicht in Betracht kommen.

Je Strecke wurden zwei je 20 m große Messfelder in der Rollspur ausgewählt, von denen eines unmittelbar im Anbremsbereich vor einer Kreuzung, das zweite dagegen in größerem Abstand (in der Regel 200 m davor) angeordnet war. Sinn der Vorgehensweise war, möglichst unterschiedlich stark polierte Oberflächen gleicher Zusammensetzung in die Untersuchung mit eingehen zu lassen. Innerhalb der Messfelder wurden im 5-m-Raster Bohrkern (d. h. 5 Bohrkern je Messfeld) für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. Auf diesen Bohrkernen wurden SRT-Messungen, Ausflussmessungen und Texturmessungen durchgeführt. Die zum Vergleich vorgenommenen SKM-Messungen wurden bei verschiedenen Messgeschwindigkeiten durchgeführt (Bild 1), um die Abhängigkeit des Griffigkeitsmesswerts von der Messgeschwindigkeit möglichst vollständig beschreiben zu können. Für Messgeschwindigkeiten bis 60 km/h konnte ein linearer Ansatz in allen Fällen die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Griffigkeit ausreichend gut beschreiben (Bild 1). Ziel dieser Vorgehensweise war es, diejenige Messgeschwindigkeit zu ermitteln, bei der SKM-Messwert und der SRT-Messwert die höchste Korrelation aufweisen.

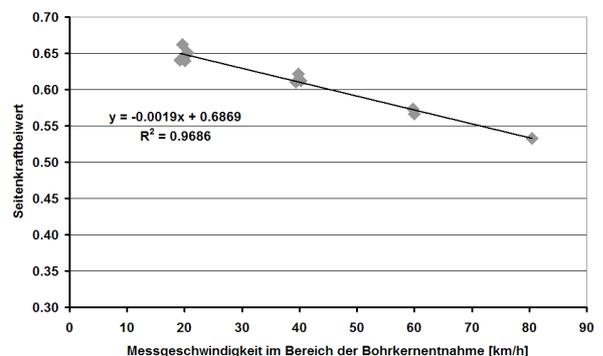


Bild 1: Geschwindigkeitsabhängigkeit der Griffigkeit auf dem regulär belasteten Messfeld der Messstrecke Swebenweg. Ausnahmsweise waren hier Messgeschwindigkeiten von bis zu 80 km/h möglich (üblich waren 20/ 40/ 60 km/h).

Die dabei festgestellten Untersuchungsergebnisse wurden in einem weiteren Schritt auf zwei Strecken mit gänzlich anderen Textureigenschaften überprüft. Die auf Splittmastixasphalt-Strecken (mittlere Grobtexturausprägung, mittlere Feinrauheit) ermittelten Zusammenhänge zwischen beiden Messverfahren wurden hierzu zum einen auf einer stark polierten OPA-Messstrecke (hohe Grobtextur, geringe Feinrauheit) sowie einer nicht polierten Tragdeckschicht (geringe Grobtextur, hohe Feinrauheit) verifiziert.

Die Vergleichs-Messstrecke mit Tragdeckschicht wurde hierzu in engem Raster (1 m bzw. 2,5 m) gependelt und hinsichtlich der Textur vermessen. Mit dieser Vorgehensweise wurde das Ziel verfolgt, neben der grundsätzlichen Eignung des Umrechnungsverfahrens auch die Anzahl der SRT-Messstellen abzuschätzen, die für eine ausreichend genaue Wiedergabe des Griffigkeitsverlaufs je 100-m-Messabschnitt notwendig sind.

3 Untersuchungsergebnisse

Die Präzision des SRT-Pendels hängt unter anderem vom verwendeten Gummigleitkörper ab. Wie nachgewiesen werden konnte, weisen die derzeit verwendeten Gummigleitkörper untereinander sehr geringe Unterschiede in den Messeigenschaften auf und sind zudem außerordentlich lagerstabil. Sie sind für den bauvertraglichen Einsatz unter diesen Gesichtspunkten daher gut geeignet. Wie ebenfalls nachgewiesen werden konnte, führen andere Gummimischungen wie z. B. die Gummimischung der SKM-Messreifen beim Einsatz am SRT-Pendel jedoch zu einer etwas unterschiedlichen Bewertung gegenüber den bisher verwendeten Gleitkörpern. Es besteht daher die Möglichkeit, dass mit angepassten Gummieigenschaften des Gleitkörpers eine engere Korrelation zum SKM-Messverfahren möglich ist. Dies ist daher ein möglicher Ansatz für eine weitere Steigerung der Präzision des in dieser Arbeit entwickelten Umrechnungsverfahrens.

Die Prüfvorschrift zum SRT-Pendel muss unter Präzisionsgesichtspunkten überarbeitet werden. Insbesondere die derzeitige bestehende Möglichkeit, auf zwei unterschiedlichen Wegen zum Messergebnis zu kommen, ist unter diesem Gesichtspunkt neu zu formulieren. Vorschläge hierzu werden im Bericht unterbreitet.

Die Untersuchung der Korrelation zwischen SRT- und SKM-Messungen ergab, dass diese sich mit abnehmender SKM-Messgeschwindigkeit verbessert. Eine Extrapolation der Messergebnisse der 10 Hamburger Messstrecken bis auf 0 km/h SKM-Messgeschwindigkeit führte dazu, dass bei dieser Geschwindigkeit (0 km/h) das Bestimmtheitsmaß der Korrelation ein Maximum erreicht. Die Erweiterung des Datenkollektivs um die beiden Vergleichsstrecken bestätigte dieses Ergebnis (Bild 2).

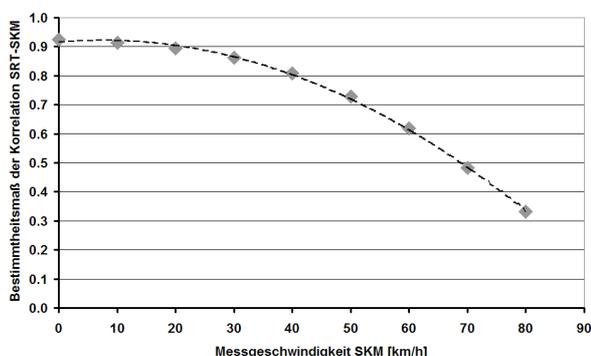


Bild 2: Bestimmtheitsmaß der Korrelation SRT-SKM bei unterschiedlichen SKM-Messgeschwindigkeiten (SMA und Vergleichsstrecken)

Die physikalische Ursache dieses Verhaltens ist darin zu sehen, dass mit dem SRT-Pendel lediglich die Feinrauheit der Oberfläche bewertet wird. Das SKM-Messverfahren dagegen nimmt eine Mischbewertung aus Feinrauheit und Wasserdrainagevermögen vor, wobei sich die Gewichtung beider Anteile in Abhängigkeit der SKM-Messgeschwindigkeit verschiebt.

Bei theoretischen 0 km/h Messgeschwindigkeit spielt die Wasserdrainage unter dem Messreifen dagegen keine Rolle. Beide Messverfahren bewerten dann ausschließlich die Feinrauheit der Oberfläche und kommen daher zu sehr gut vergleichbaren Bewertungsergebnissen. Die Verwendung ausreichend ähnlicher Gummimischungen für die Prüfmittel kann dies voraussichtlich noch weiter verbessern. Doch auch mit den bisherigen SRT-Prüfgummis ist eine Umrechnung des SRT-Werts auf die extrapolierten SKM-Messwerte bei 0 km/h aufgrund des hohen Bestimmtheitsmaßes der Korrelation ($> 0,92$ bei ausreichender Spreizung der Messwerte von 37 – 65 SRT-Einheiten) relativ gut möglich.

Um mit dem SRT-Pendel Griffigkeitsmessergebnisse des SKM-Messverfahrens bei realistischen Messgeschwindigkeiten nachvollziehen zu können (40 bzw. 60 km/h), wird eine Information über die Drainage-Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche (Grobtextur) benötigt. Das hier bisher verwendete Messverfahren, der Ausflussmesser, weist eine zu geringe Genauigkeit und Spreizung im Bereich größerer Grobtexturausprägungen ($MTD > 0,7$ mm) auf und ist daher ungeeignet. Die Ausflusszeiten betragen hier unter 5 Sekunden und können nicht mehr genau genug bestimmt werden. Alternativ kommen das bereits europäisch genormte Sandfleck-Messverfahren oder ein neues Texturmessverfahren (elektronischer Ausflussmesser/el. AM) in Betracht, bei dem die Textur entlang des Aufstandsrings des Ausflussmessers bestimmt wird. Beide Verfahren führen zu einer annähernd vergleichbaren Genauigkeit bei der Vorhersage des Wasserdrainageverhaltens der Oberfläche. Das Texturmessverfahren bietet dabei den Vorteil, auch auf leicht feuchter Oberfläche eingesetzt werden zu können, eine Dokumentation der Grobtextur zu ermöglichen und ohne Verbrauchsmaterial (Sand bzw. Glasperlen beim Sandfleck-Verfahren) auszukommen. Die Textur-Messungen mit dem elektronischen Ausflussmesser sind ferner deutlich schneller durchführbar. Ein Bedienerinfluss wie bei dem Ausflussmesser nach Moore oder dem Sandfleck-Verfahren ist bei diesem automatischen Messverfahren nicht gegeben.

Mit der Ergänzung durch ein geeignetes Grobtexturmessverfahren kann aus dem SRT-Messergebnis auf das SKM-Messergebnis bei einer gewählten Messgeschwindigkeit geschlossen werden (Bild 3). Die Vorhersage gelingt dabei umso besser, je niedriger die Messgeschwindigkeit angesetzt wird. Die Abweichungen zwischen vorausberechnetem SKM-Wert bei 40 km/h und gemessenem Wert lagen auf den Untersuchungsstrecken mit einer Standardabweichung von 0,033 – 0,037 SKM-Messeinheiten (bezogen auf 20-m-Messfelder) in einer vergleichbaren Größenordnung wie die Vergleichsstreuung von SKM-Messergebnissen auf einem entsprechend kurzen Messabschnitt (20 m).

Die Erprobung des Umrechnungsverfahrens auf einem 100-m-Abschnitt ergab, dass zur Charakterisierung des Streckenverlaufs der Griffigkeit 5 SRT-Messstellen im Abstand von 20 m bereits geeignet sind. Wichtig ist dabei, dass die Messungen gleichmäßig innerhalb des 100-m-Abschnitts verteilt sind. Eine Vorhersage auf nachfolgende 100-m-Abschnitte ist jedoch ebenso wenig möglich wie die Vorhersage eines 100-m-Werts auf Grundlage des bisher üblichen 20-m-SRT-Messfelds.

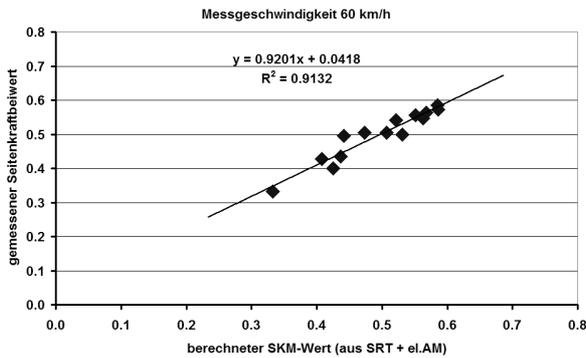


Bild 3: Korrelation zwischen (aus SRT+el.AM) gerechnetem und tatsächlich gemessenem SKM-Wert bei 60 km/h für unterschiedliche Messstrecken

4 Folgerungen für die Praxis

Nach den im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Ergebnissen ist ein ausreichend enger Zusammenhang zwischen SKM- und SRT-Messungen gegeben, mit dem ein Lückenschluss in kleineren bislang nicht messbaren Bereichen unter 100 m (enge Kurven, Kreuzungen) möglich ist. Dies kann insbesondere dann mit guter Genauigkeit erfolgen, wenn sich die Einsatzbereiche der beiden Messverfahren (SRT und SKM) überlappen und dadurch eine Plausibilitätsprüfung der SRT-Messwerte und der daraus berechneten SKM-Daten erfolgen kann. Je 100-m-Abschnitt sind dazu mindestens 5 gleichmäßig über den gesamten 100-m-Abschnitt verteilte SRT-Messungen durchzuführen.

SRT-Messungen mit ergänzenden Texturmessungen führten bislang zu der besten Korrelation zu Griffigkeitsmessungen mit dem SKM-Messverfahren. Dies gilt sowohl für Messgeschwindigkeiten von 40 wie auch von 60 km/h. Die Texturmessungen müssen hierfür aber im 100-m-Abschnitt ausreichend oft und gleichmäßig verteilt erfolgen (mindestens 10 Messungen je 100-m-Abschnitt). Für eine Ermittlung des SKM-Werts auf Basis von SRT-Messungen ist bei einer Messgeschwindigkeit von 40 km/h auch eine Abschätzung des Wasserdränageverhaltens und des daraus resultierenden Korrekturbedarfs aufgrund der visuellen Einstufung der Grobtextur der Oberfläche (aus der Bauweise und ggf. Bewertung von Unregelmäßigkeiten wie Ausmagerung oder Auffettung) oder eine Einschätzung des Wasserdränageverhaltens mittels Sandfleck-Verfahren möglich.

Für die eigenständige Beurteilung von Baumaßnahmen durch SRT-Messungen in Kombination mit einem geeigneten Texturmessverfahren ohne begleitende SKM-Messungen reicht bislang der Datenhintergrund nicht aus. Hier wären in einem ergänzenden Forschungsvorhaben eine größere Spanne an unterschiedlichen Oberflächen (z. B. Waschbeton, Beton, Asphaltbeton, OB, DSK, DSH) zu berücksichtigen, um die Allgemeingültigkeit der bisher sehr vielversprechenden Zusammenhänge nachzuweisen.

Parallel muss die TP Griff-StB (SRT) unter Präzisionsgesichtspunkten überarbeitet werden, um das Verfahren für die Verwendung im Bauvertrag mit ausreichender Präzision auszustatten.