

Straßengriffigkeit im Rahmen der deutsch-französischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Straßenwesens – Teil 1: Vergleich der Situation in Deutschland und Frankreich, Vergleichsmessungen SKM/SCRIM und Textur ; Teil 2: Praxiskonforme Oberflächentextur im Labor, Verkehrssimulation, Vergleich der Erfahrungen

FA 4.192

Forschungsstelle: Technische Universität Berlin, Fachgebiet Straßenwesen
(Prof. Dr. sc.techn. ETH S. Huschek)

Bearbeiter: Huschek, S. / Böck, M. / Gothié, M. / Do, M.-T. / Marsac, P. / Wasner, S.

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

Abschluss: Dezember 2006

Teilbericht 1: Vergleich der Situation in Deutschland und Frankreich, Vergleichsmessungen SKM/SCRIM und Textur

1. Aufgabenstellung

Ziel des ersten Teils der Arbeit war der Vergleich der unterschiedlichen Situationen in Deutschland und Frankreich bezüglich der Griffigkeit. Hierbei wurden unter anderem die Prüfverfahren, Messung, Bewertung, Anforderungen, Vorschriften, Deckschichten, Rezepturen und Polierresistenz betrachtet. Das Thema des gesamten Forschungsvorhabens ist in sechs Teilbereiche unterteilt worden, von denen die ersten drei Bestandteil dieses Teils der Forschungsarbeit sind. Diese drei Teilgebiete sind wie folgt definiert:

- 1) Übersicht über die Anforderungen an die Griffigkeit und die Prüfverfahren: Messgeräte und -verfahren, Zustandserfassung und -bewertung, Anforderungen an die Mineralstoffe, Abnahmewerte, Straßennetz, Verkehr.
- 2) Analyse der Unterschiede zwischen den Situationen in Deutschland und Frankreich: tabellarische Gegenüberstellung aller griffigkeitsrelevanten Fakten.
- 3) Vergleich der Griffigkeitsmessmethoden, SCRIM-Vergleichsmessungen. Diese sind von der BASt und dem LCPC direkt organisiert worden und die Ergebnisse wurden der TU Berlin zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt.

2. Teilgebiet 1 und 2: Vergleich der Situation in Deutschland und Frankreich

Der Vergleich der Situation in Deutschland und Frankreich bezüglich der Griffigkeit von Straßenoberflächen beruht auf Literaturstudien und persönlichem Austausch zwischen der TU Berlin, der BASt, dem LRPC Lyon und dem LCPC in Nantes.

Die Gesamtlänge des französischen Straßennetzes ist um 37 % größer als die des deutschen Straßennetzes. Das französische Straßennetz verteilt sich jedoch über eine 35 % größere Gesamtfläche. Hieraus ergibt sich ein nur um 3 % dichteres Straßennetz in Frankreich bezogen auf die Fläche. Bezieht man die Straßenlängen jedoch auf die Einwohnerzahl, ist die Stra-

ßendichte in Frankreich mehr als doppelt so hoch wie in Deutschland.

Beim Vergleich der Straßenkategorien (Autobahn, Bundes-, Land-, Kreis-, und Gemeindestraße) können Unterschiede festgestellt werden. Die Einteilung in Deutschland, ob eine Straße Bundes-, Landes- oder Gemeindestraße ist, richtet sich nach Zuständigkeit und nicht nach Kriterien, die für die Nutzung entscheidend sind, wie zum Beispiel Breite, Streckenführung oder Geschwindigkeitsbeschränkungen. Gleiches gilt für die Einteilung der Straßenkategorien in Frankreich in "routes nationales", "chemins/routes départementales" und "voies communales et urbaines". Anhand der Definition der Straßentypen kann man sie gegenüberstellen. Betrachtet man den jeweiligen prozentualen Anteil am Gesamtnetz, wird deutlich, dass die Aufteilung der Strecken in diese Kategorien in beiden Ländern unterschiedlich ist. Die Differenzen sind bedingt durch Unterschiede der Verwaltungsstruktur der beiden Länder.

2.1 Verkehr

Die gewichteten DTV-Werte für Autobahnen und Bundesstraßen (bzw. autoroutes und routes nationales) zusammen liegen in Frankreich nur geringfügig unter denen in Deutschland (ca. 6 % Unterschied). Betrachtet man die Autobahnen allein, so sind diese in Deutschland höher belastet als in Frankreich. Der Unterschied zwischen den DTV-Werten der deutschen Autobahnen und der "autoroutes non concédées", den gebührenfreien Autobahnen Frankreichs, liegt nur bei ca. 1 %. Der DTV-Wert der "autoroutes concédées", also kostenpflichtigen Autobahnen in Frankreich, liegt um 46 % niedriger als der DTV-Wert der Autobahnen in Deutschland.

2.2 Deckschichtarten

Die Deckschichten in Deutschland und Frankreich werden nach unterschiedlichen Kriterien klassifiziert, hergestellt und beurteilt.

Es handelt sich nicht um dieselben Deckschichtarten mit anderen Namen, sondern um vom Grundsatz anders entwickelte Typen. Es wird zum Beispiel in beiden Ländern ein unterschiedliches Größtkorn verwendet und der Hohlraumgehalt ist bei französischen Deckschichten deutlich höher als bei deutschen Deckschichten.

2.3 Deckenstatistik

Seit den 90er Jahren wird in Deutschland vor allem auf stärker belasteten Straßen überwiegend Splittmastixasphalt eingebaut. Da der Einbau von Splittmastixasphalt jedoch erst in den 80er Jahren üblich wurde, ist der Prozentsatz im Bestand im Vergleich zu seiner aktuellen Bedeutung noch gering. In Frankreich wird größtenteils der sogenannte "beton bitumineux très mince" (BBTM) eingebaut. Der sogenannte "beton bitumineux ultra mince" (BBUM) spielt durch den verstärkten Einbau von BBTM im Neubau kaum noch eine Rolle.

2.4 Anforderungen an die Gesteinskörnungen

Die Anforderungen an die Polierresistenz der Gesteinskörnungen werden in beiden Ländern über unterschiedliche Versuche

definiert. Sowohl in Deutschland als auch in Frankreich ist der PSV-Wert maßgebend. In Frankreich wurde bisher anstatt des PSV-Werts der sogenannte CPA-Wert verwendet. Ersatzweise kann in Frankreich statt dem geforderten CPA-Wert der sogenannte RPA-Wert herangezogen werden. In Frankreich wird je nach Güteklasse ein PSV-Wert von mindestens 50 oder von mindestens 56 gefordert. In Deutschland bewegt sich der Mindest-PSV-Wert zwischen 43 und 53, bei offenporigem Asphalt beträgt der geforderte Wert 55.

2.5 Griffigkeitsmessmethoden

Die Griffigkeitsmessungen werden in Deutschland mit der „sideway force coefficient routine investigation machine“ (SCRIM), ausnahmsweise auch mit der kombinierten Messmethode „skid resistance tester“ (SRT-Pendel)/Ausflussmesser durchgeführt. In Frankreich wird die Griffigkeit mit der SCRIM, dem ADHERA, dem Griptester oder mit dem SRT-Pendel gemessen.

2.6 Anforderungen an die Griffigkeit

In Deutschland sind für Abnahme und Gewährleistung die in den ZTV-Asphalt und ZTV-Beton festgelegten SCRIM-Werte maßgebend. Bei Strecken auf denen eine SCRIM-Messung nicht möglich oder nicht gerechtfertigt ist, wird alternativ mit dem SRT-Pendel und dem Ausflussmesser gemessen. Es sind außerdem Zustandswerte (Schwellen-, Warn- und Zielwert) definiert, die für die Bewertung bestehender Straßen maßgebend sind. In Frankreich sind die Griffigkeitsanforderungen indirekt über die Polierresistenz und die Textur definiert. Es wird vorausgesetzt, dass beim gleichzeitigen Einhalten bestimmter Texturtiefen und Polierresistenzen das erforderliche Griffigkeitsniveau nicht unterschritten wird. Es bestehen keine festgelegten Anforderungen an SCRIM-Werte in Frankreich. Üblicherweise wird bei Werten unter 0,50 eine Betrachtung der Unfallhäufigkeit für notwendig erachtet, bei Werten unter 0,25 besteht (theoretisch) akuter Handlungsbedarf. Werte über 0,70 werden als gut angesehen. Gute SCRIM-Werte werden jedoch in Frankreich nicht als Garantie für eine hohe Verkehrssicherheit gesehen, da beispielsweise eine hohe Wassertiefe trotzdem zu Unfallhäufungen führen kann.

2.7 Texturmessmethoden

In beiden Ländern wird die mittlere Texturtiefe entweder aus Texturprofilen oder aus der volumetrischen Flecktechnik bestimmt, die eine Weiterentwicklung der Sandfleck-Technik darstellt. Die Texturkennwerte sind in den europäischen Normen EN ISO 13473-1 und DIN EN 13036-1 definiert. Es existieren unterschiedliche Geräte zur Bestimmung der Texturprofile. Die Eigenschaften dieser Geräte sind in der EN ISO 13473-1 festgelegt.

2.7.1 Texturkennwerte

Die gebräuchlichsten Texturkennwerte sind die mittlere Profiltiefe MPD (mean profile depth), die geschätzte Texturtiefe ETD (estimated texture depth) und die mittlere Texturtiefe MTD (mean texture depth).

Bei Verwendung von volumetrischen Methoden erhält man die mittlere Texturtiefe MTD.

In Frankreich sind des Weiteren die Bezeichnungen HSv (hauteur au sable vrai) und HSc (hauteur au sable calculée) üblich. Bei der Bezeichnung HSv handelt es sich um den MTD-Wert.

2.7.2 Texturmessgeräte

In Frankreich wird das sogenannte RUGO-Gerät (rugosimètre à laser) verwendet. Es handelt sich dabei um ein mobiles Messsystem, welches an das SCRIM-Messgerät gekoppelt verwendet wird. Die BASt betreibt das mobile TMF-Messsystem (Texturmessfahrzeug), welches für die zweidimensionale Aufnahme von Oberflächentexturen im Bereich der Makro- und Megaraueheit verwendet wird. Bei dem Laser-Textur-Messgerät (LTM) der TU Berlin handelt es sich um ein stationäres System. Die Berechnung der Werte erfolgt sowohl beim RUGO als auch beim TMF und dem LTM nach der EN ISO 13473-1. Die Geräte arbeiten jedoch mit unterschiedlichen Protokollen. Die EN ISO 13473-1 erlaubt die Berechnung des Werts entweder mit der Hochpassfilterung oder mit Steigungsunterdrückung. Die Berechnung der RUGO-Werte erfolgt mit der Methode der Steigungsunterdrückung, die Berechnung der TMF-Werte und der LTM-Werte mit Hochpassfilterung.

2.8 Anforderungen an die Textur

Die Textur wird unterteilt in Mega-, Makro- und Mikrotextrur. Anforderungen an die Textur werden in Deutschland nicht gestellt. In Frankreich wird die Makrotextrur spätestens sechs Wochen nach Fertigstellung einer Strecke geprüft. Dies kann mit der volumetrischen Flecktechnik erfolgen oder mit einem Gerät zur Bestimmung von Texturprofilen. Anforderungen richten sich nach Kriterien wie der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, der Anzahl der Fahrspuren, der Längsneigung und der Lage der Straße und liegen im Bereich von 0,30 bis 0,80 mm. Für Autobahnen gilt zusätzlich ein maximaler MTD-Wert von 1,4 mm, da bei hohen Makrotextruren durch die kleinere Kontaktfläche zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche die Mineralstoffe stärker poliert werden, was eine ungünstige Griffigkeitsentwicklung zur Folge hat.

Die Bedeutung der Texturtiefe für die Verkehrssicherheit wurde in Frankreich untersucht. Die Untersuchungen zeigen deutlich, dass die Texturtiefe einen Einfluss auf die Verkehrssicherheit hat. Bei Texturtiefen von unter 0,5 mm ist ein deutlicher Anstieg der Unfallhäufigkeit zu beobachten. Diese Untersuchungen sind eingeflossen in die in Frankreich festgelegten Makrotextruranforderungen.

2.9 Zustandserfassung und -bewertung

2.9.1 Griffigkeit

Im Rahmen der Zustandserfassung und -bewertung wird in beiden Ländern die Griffigkeit gemessen. Ein Vergleich der Ergebnisse muss berücksichtigen, dass die Straßenkategorien beider Länder sich nicht genau decken. Für Autobahnen lässt sich jedoch ein aussagekräftiger Vergleich ziehen. Das Griffigkeitsniveau der Autobahnnetze ist in beiden Ländern sehr ähnlich.

2.9.2 Textur

Die systematische Zustandserfassung in Frankreich beinhaltet zusätzlich zu den Griffigkeitswerten die Ergebnisse aus den Texturmessungen. Für das deutsche Straßennetz liegen keine vergleichbaren Erfahrungswerte vor.

3. Teilgebiet 3: Deutsch-französische Vergleichsmessungen, SCRIM und Textur

3.1 SCRIM

Für die im Rahmen des Projekts zur Straßengriffigkeit erfolgten Griffigkeitsmessungen kamen auf deutscher Seite die SCRIM der BAST, zwischenzeitlich unter der Bezeichnung SKM (Seitenkraftmessverfahren) als eigenes Gerät geführt, aber im Weiteren zur Vereinfachung als SCRIM bezeichnet, und auf französischer Seite die SCRIM des LRPC Lyon zum Einsatz.

Die Vergleichsmessungen erfolgten am 21.09.2004 und am 22.09.2004 im Raum Köln und zwar in abwechselnder Reihenfolge mit der SCRIM-LRPC Lyon und der SCRIM-BAST. Der erste Übergang auf jeder Strecke erfolgte jeweils mit der SCRIM-LRPC Lyon, da hier zeitgleich auch Texturmessungen durchgeführt wurden und somit Probleme bei bereits angenähter Fahrbahn durch eine vorausfahrende deutsche SCRIM von vorneherein vermieden werden sollten.

Aus den Vergleichsmessungen im September 2004 ergibt sich eine Korrelation, die deutlich näher an der Winkelhalbierenden liegt, als diejenige der PIARC Vergleichsmessungen von 1992, obwohl sie SCRIM-Werte bei zwei unterschiedlichen Geschwindigkeiten betrachtet. Die Korrelation ist mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,972 als hervorragend zu bewerten. Beide SCRIM-Geräte sind seit 1992 erheblich verbessert worden. Eine weitere Ursache für diese hervorragende Korrelation liegt darin, dass bei den Messungen von 2004 eine genaue Abstimmung der Details erfolgen konnte, da der Vergleich auf zwei Geräte beschränkt war und somit eine engere Zusammenarbeit während der Messungen erfolgen konnte. Auch die zeitliche Nähe der Messung durch die Beschränkung auf zwei Geräte wirkt sich günstig aus. Für den Vergleich sind relativ lange, möglichst homogene Streckenabschnitte ausgewählt worden. Die Temperaturbedingungen waren für beide Geräte praktisch gleich.

Die Messungen unter Wiederholbedingungen zeigen, dass die Unterschiede zwischen Messwerten der beiden Geräte im Rahmen der Größenordnung von Messunterschieden unter Wiederholbedingungen für ein Gerät liegen. Die Vergleichsmessung zur Ermittlung des Einflusses der Messreifen zeigt, dass die Messwerte der beiden Geräte durch die Wahl des Messreifens nicht wesentlich beeinflusst wurden.

3.2 Makrotexturmessung

Für alle Strecken wurden zusätzlich zu den SCRIM-Messungen Makrotexturmessungen durchgeführt. Die Messungen mit dem RUGO-Gerät des LRPC Lyon wurden im Zuge der SCRIM-Messungen durchgeführt, da das RUGO an der SCRIM befestigt eingesetzt wird. Diese Messung ist in Frankreich üblich, da Anforderungen an die Makrotexturtiefe gestellt werden. Polierresistenz der Mineralstoffe und Makrotextur werden in Frankreich als zuverlässiges Kriterium für die Griffigkeit angesehen. Der Zusammenhang zwischen Mikro- und Makrotextur, Polierresistenz und Griffigkeit wurde in verschiedenen Untersuchungen auf französischer Seite ermittelt. Hiervon kann die deutsche Seite durch weiteren Erfahrungsaustausch profitieren.

Die Makrotexturmessungen mit dem TMF der BAST wurden nachträglich am 27. und 28. Juni 2005 durchgeführt. Bemerkenswert ist, dass die deutschen und französischen Messergebnisse, trotz der Zeitspanne von ca. 9 Monaten, die zwischen den Messungen lag, eine sehr gute Korrelation aufweisen, die auch sehr nahe an der Winkelhalbierenden liegt.

Die gemessenen Texturtiefen liegen alle – bis auf zwei Ausnahmen (0,35 mm auf der A1 und 0,39 mm auf der A4) bei Messung mit dem RUGO – in einer Größenordnung, die nach

der unter 2.9 erwähnten französischen Studie erwünscht wären. Die französischen Anforderungen an die Texturtiefe würden jedoch von ca. der Hälfte der Strecken nicht erfüllt werden. Da die andere Hälfte der Strecken diese Werte jedoch erreicht, kann man erkennen, dass auch mit den in Deutschland gebräuchlichen Deckschichten, für die die genannten Anforderungen nicht erstellt worden sind, ausreichend hohe Texturtiefen erzielt werden können.

4. Untersuchungsergebnisse

1. Die SCRIM-Vergleichsmessungen haben ergeben, dass eine sehr gute Übereinstimmung der Messergebnisse erreicht werden kann, wenn die Randbedingungen wie Temperatur, Geschwindigkeit, Zeitpunkt der Messung, Spurhaltung und Homogenität der Abschnitte berücksichtigt werden.
2. Auf der Grundlage der sehr guten Korrelation der beiden SCRIM können die Histogramme zur Griffigkeit der beiden Länder miteinander verglichen werden. Hier fällt auf, dass trotz der sehr unterschiedlichen Asphaltdeckschichten ein fast gleiches Griffigkeitsniveau bei den Autobahnnetzen besteht. Ein Griffigkeitsvergleich der übrigen Strecken ist nicht direkt möglich, da die Zustandserfassung der Griffigkeit in Deutschland nach Autobahn und Bundesstraße getrennt ausgewertet wird, für Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen hingegen keine statistischen Daten vorliegen. In Frankreich erfolgt die Aufteilung jedoch nach Autobahnen, Hauptverkehrsstraßen und Straßen 2. Ordnung und nicht nach "routes nationales", "routes départementales" und "voies communales".
3. Die Anforderungen an die Gesteinskörnungen wurden bisher in beiden Ländern sehr unterschiedlich definiert. Durch Einführung der EN 13043 werden erst seit kurzem einheitliche Prüfverfahren verwendet. Die Anforderungen an die Polierresistenz werden nun auch in Frankreich über den PSV-Wert definiert. Der geforderte Mindestwert liegt in den meisten Fällen sowohl in Deutschland als auch in Frankreich bei 50. In Deutschland reicht für die Bauklassen III bis VI mit normaler Beanspruchung bereits ein Wert von 43, in Frankreich wird immer mindestens 50 gefordert. Bei besonders starker Beanspruchung wird in Deutschland ein Wert von 53 gefordert, in Frankreich sogar 56, bei OPA in Deutschland 55. Demzufolge sind die Anforderungen in Frankreich höher.
4. Ein grundlegend unterschiedlicher Ansatz besteht in beiden Ländern bezüglich der Anforderungen, die bei der Abnahme von Straßenoberflächen eingehalten werden müssen. In Deutschland wird die Einhaltung von Griffigkeitswerten vorgeschrieben, während in Frankreich die Makrotextur die maßgebende Größe ist. Untersuchungen haben gezeigt, dass beide Größen die Unfallhäufigkeiten beeinflussen. Durch den Erfahrungshintergrund, den Frankreich in Bezug auf Texturmessungen – sowohl bei der Makro- als auch bei der Mikrotextur – besitzt, kann Deutschland hier von einem weiteren Austausch profitieren. Umgekehrt ist in Deutschland der Erfahrungshintergrund bezüglich vertraglicher Griffigkeitsanforderungen und Messungen im Rahmen der Zustandserfassung besser.
5. Der Hohlraumgehalt von Deckschichten ist in Frankreich in der Regel höher als der von Deckschichten in Deutschland.

- Das Größtkorn der Asphaltgemische, die in beiden Ländern verwendet werden, ist zwar unterschiedlich, liegt jedoch in einem ähnlichen Bereich. In Deutschland reicht die Spanne zwar von 0/2 (Asphaltmastix) bis 0/16 (AB und TDM), üblich sind jedoch 0/8 oder 0/11. In Frankreich reicht die Spanne nur von 0/6 bis 0/14.
- Auch die Dicke der Deckschicht unterscheidet sich in beiden Ländern. In Deutschland ist eine Schichtdicke zwischen 2 und 4 cm üblich. In Frankreich sind Schichtdicken bis zu 8 cm normal. Die Schichtdicken in Frankreich bewegen sich in einer Spanne von 1,5 cm (BBUM) bis 8 cm (BBSG oder BBME).
- Ein weiterer grundsätzlicher Unterschied besteht darin, dass für die meisten Oberflächen (alle AB, SMA und GA) in Deutschland eine Abstreuerung vorgeschrieben ist. In Frankreich ist das Abstreuen als griffigkeitsverbessernde Maßnahme nicht üblich.
- Beanspruchungsstufe auf der Wehner/Schulze-Maschine mit anschließender Griffigkeitsmessung, PWS
- Dosiertes Sandstrahlen (Beanspruchungsstufe) mit anschließender Griffigkeitsmessung auf der Wehner/Schulze-Maschine, PWS
- Laser-Textur-Messung, MPD
- Volumetrisches Verfahren ("Sandfleck"), MTD_G
- Lichtreflexmessung, LR
- Beanspruchungsstufe auf der Wehner/Schulze-Maschine mit anschließender Griffigkeitsmessung, PWS
- Messreihe auf der Wehner/Schulze-Maschine gemäß Beanspruchungsstufe, PWS
- Volumetrisches Verfahren ("Sandfleck"), MTD_G
- Laser-Textur-Messung, MPD
- Lichtreflexmessung, LR
- Fotografie

Teilbericht 2: Praxiskonforme Oberflächentextur im Labor, Verkehrssimulation, Vergleich der Erfahrungen

1. Aufgabenstellung

Aktion 2 des Forschungsauftrags FA 4.192 mit dem Thema „Straßengriffigkeit im Rahmen der deutsch-französischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Straßenwesens“ besteht aus den Teilgebieten 4, 5 und 6. Ziele der Untersuchungen waren das Herstellen einer praxiskonformen Oberflächentextur im Labor, Vorschlag einer Methode für eine Verkehrssimulation im Labor sowie das Zusammenfassen von Informationen über die Erfahrungen aus Versuchsstrecken und Bewertung der Griffigkeitseigenschaften der verschiedenen Bauweisen. Die Untersuchungen basieren im Wesentlichen auf Arbeiten mit der Wehner/Schulze-Maschine.

2. Teilgebiet 4: Herstellen einer praxiskonformen Oberflächentextur im Labor Vorgehensweise

Zunächst wurden von neu erstellten Fahrbahnen in beiden Ländern Proben aus der Fahrbahn und vom verwendeten Deckschichtmaterial genommen. Es erfolgte dann im Labor die Herstellung von Probekörpern aus dem Deckschichtmaterial, die dann bezüglich ihrer Textur- und Griffigkeitseigenschaften mit den Bohrkernen verglichen wurden. Variiert wurden bei der Herstellung an der TU Berlin die Einbautemperatur, die Abstreutemperatur und die Korngröße des Abstreumaterials, am LCPC die Verdichtungsmethode und der Verdichtungsgrad. Die Prüfkörperherstellung in Deutschland und Frankreich erfolgte mit unterschiedlichen Verdichtungsgeräten. In Deutschland erfolgte die Herstellung mit dem Walzsektorverdichter, während in Frankreich der BBPAC verwendet wurde, der entweder mit glattem Zylinder oder mit Zwillingsreifen zum Einsatz kommt.

Das Untersuchungsprogramm, das an der TU Berlin auf jedem Bohrkern und jeder Laboroberfläche ausgeführt wurde, setzt sich aus folgenden Schritten zusammen:

- Fotografie
- Laser-Textur-Messung, MPD
- Volumetrisches Verfahren ("Sandfleck"), MTD_G

Das Untersuchungsprogramm am LCPC setzt sich für jede Probe aus den folgenden Schritten zusammen:

- Volumetrisches Verfahren ("Sandfleck"), MTD
- Dreidimensionale Vermessung der Oberfläche
- Fotografie
- Chemische Oberflächenbehandlung
- Mikroprofilmessung
- Griffigkeitsmessung mit Pendel, kurzes Messgummi, SRT
- Beanspruchungsstufe: Eine Messung mit der Wehner/Schulze-Maschine, PWS
- Beanspruchungsstufe auf der Wehner/Schulze-Maschine mit anschließender Griffigkeitsmessung, PWS
- Griffigkeitsmessung mit Pendel, kurzes Messgummi, SRT
- Mikroprofilmessung
- Sandstrahlen gemäß Beanspruchungsstufe der Wehner/Schulze-Methode
- Mikroprofilmessung
- Griffigkeitsmessung mit Pendel, kurzes Messgummi, SRT
- Griffigkeitsmessung auf der Wehner/Schulze-Maschine, PWS
- Beanspruchungsstufe auf der Wehner/Schulze-Maschine mit anschließender Griffigkeitsmessung, PWS
- Messreihe auf der Wehner/Schulze-Maschine gemäß Beanspruchungsstufe, PWS
- Griffigkeitsmessung mit Pendel, kurzes Messgummi, SRT
- Mikroprofilmessung

2.1 Untersuchungsergebnisse

Es hat sich gezeigt, dass der Walzsektor-Verdichter für die Herstellung praxiskonformer Asphaltoberflächen im Labor sehr gut geeignet ist. Voraussetzung ist allerdings, dass die Einbaubedingungen der Baustelle im Labor genau eingehalten werden. Die Schwierigkeit liegt in erster Linie darin, dass diese Einbaubedingungen auf der Baustelle in der Regel nicht präzise bekannt sind. Bei abgestreuten Deckschichten muss im Labor zusätzlich der Abstreuvorgang genau simuliert werden. Um die Gleichförmigkeit der Abstreuerung zu verbessern, ist an der TU Berlin eine einfache Vorrichtung entwickelt und mit gutem Erfolg erprobt worden. Wenn auch die Aufgabe der praxiskonformen Herstellung von Oberflächen im Labor im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht abschließend geklärt werden konnte, so wird durch die vorliegenden Versuchsergebnisse deutlich, dass das Problem beherrschbar ist – allerdings nur bei sorgfältiger Beachtung aller relevanten Herstellungsbedingungen.

Die Untersuchungen in Frankreich bestätigen, dass es möglich ist, Texturen von Bohrkernoberflächen ausreichend genau mit dem Plattenverdichter des LCPC, der mit dem glatten Metallzylinder ausgerüstet ist, zu reproduzieren. Ein realistischer Oberflächenzustand ist wesentlich schwieriger für Deckschichten mit hohem Verdichtungsgrad mit Verdichtung durch Reifen zu erzielen. Eine bessere Simulation mit Verdichtung durch Reifen könnte erzielt werden, indem die doppelte Bereifung des Verdichters ersetzt wird durch einen einzelnen größeren Reifen, oder indem die Schichtdicke erhöht wird, um die Verdichtung zu erleichtern. Die Untersuchung zeigt außerdem, dass die Verwendung der Kombination der zwei Oberflächenparameter S_q und S_{sk} eine Auswertung und eine Verbesserung der Übereinstimmung der im Labor erstellten Texturen im Vergleich zu denen der Baustellen ermöglicht.

Wie die Laboruntersuchungen zeigten, hat der Hohlraumgehalt bzw. der Verdichtungsgrad einen Einfluss auf die Texturtiefe. Je höher der Verdichtungsgrad, bzw. je niedriger der Hohlraumgehalt, desto geringer die mittlere Texturtiefe. Auch das Abstreuen beeinflusst die Texturtiefe. Bei ansonsten gleichen Deckschichten weisen jeweils die abgestreuten Oberflächen eine geringere Texturtiefe auf. Entsprechend ist der Hohlraumgehalt von Deckschichten in Frankreich in der Regel höher als der von Deckschichten in Deutschland.

Bei der Prüfkörperherstellung werden in Deutschland und Frankreich unterschiedliche Verdichtungsgeräte verwendet. Mit beiden lassen sich praxiskonforme Oberflächen herstellen. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass der Verdichtungsgrad, die Einbau- und Abstreutemperatur sowie die Abstreumenge genau eingehalten werden. Die Temperaturen sind im Walzsektorverdichter besser kontrollierbar. Auch das Erreichen des Verdichtungsgrades ist beim Walzsektorverdichter besser möglich, dies fällt besonders beim BBSG auf. Hier traten auf deutscher Seite keine Probleme auf. Auf französischer Seite gab es beim BBSG Schwierigkeiten den geforderten Verdichtungsgrad zu erreichen. Der Verdichter des LCPC bietet jedoch im Gegensatz zum Walzsektorverdichter die Möglichkeit, den Einfluss der Walzenart (Glattmantelwalze und Gummiradwalze) zumindest im Ansatz zu simulieren.

3. Teilgebiet 5: Verkehrssimulation

Für die Untersuchungen der Verkehrssimulation wurden auf deutscher Seite drei Strecken gewählt, die bereits seit einigen Jahren unter Verkehr lagen. Hier wurden jeweils Bohrkern aus durch Verkehr belasteten (Rollspur des 1. Fahrstreifens) und unbelasteten Bereichen (Mitte des 2. Fahrstreifens) gezogen. Auf den Proben aus den unbelasteten Bereichen wurde dann mit der Wehner/Schulze-Maschine eine Verkehrssimulation

durchgeführt. Aus den Messergebnissen der unbelasteten Bohrkernoberflächen wurde eine Verhaltensfunktion abgeleitet. Sie wurden zudem mit den Messwerten der Proben aus den belasteten Bereichen verglichen. Zusätzlich wurden Säurebehandlungen auf Proben durchgeführt, um den Einfluss von saurem Regen zu untersuchen.

Auf französischer Seite wurden neue Strecken über einen Zeitraum von ca. einem Jahr beobachtet. Es wurden Proben sowohl direkt nach Fertigstellung gezogen als auch nach jeweils ca. einem halben Jahr. Auch hier wurden Bohrkern aus durch Verkehr belasteten und unbelasteten Bereichen gezogen. Es wurde die Griffigkeitsentwicklung sowohl durch Verkehr als auch durch Polieren an der Wehner/Schulze-Maschine dokumentiert und verglichen. Zusätzlich wurde der Witterungseinfluss betrachtet indem der Witterung ausgesetzte Proben ohne Verkehrsbelastung im Abstand von ca. einem halben Jahr gemessen wurden.

3.1 Untersuchungsergebnisse

Die Texturbestimmung nach volumetrischer Methode kann gleichwertig zu der Methode nach DIN EN 13036 – 1 auch nach einer veränderten Methode erfolgen, die statt des festgelegten Glasperlenvolumens von einer festgelegten Fläche ausgeht. Der Vergleich zwischen den volumetrischen Methoden und der Lasertexturmessung ergibt eine Korrelation, die annähernd der Formel nach Sandberg entspricht.

Die mittlere Texturtiefe in unbeanspruchten Bereichen der Fahrbahn liegt stets höher als die in der Rollspur. Insbesondere bei SMA ist in den unbeanspruchten Bereichen eine starke Ausmagerung zu erkennen. Der Verkehr hat in der Rollspur eine einebnende Wirkung.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass der Poliervorgang wie erwartet einen exponentiell abnehmenden Verlauf aufweist. Eine eindeutige Korrelation zwischen Anzahl der Überrollungen in situ und Anzahl der Überrollungen auf der Wehner/Schulze-Maschine konnte hier nicht hergeleitet werden. In der Mehrzahl der Fälle reichen 3 000 bis 4 000 Überrollungen auf der Wehner/Schulze-Maschine um das Griffigkeitsniveau in der Rollspur des ersten Fahrstreifens zu erreichen, welches sich nach wenigen Jahren einstellt. Die Simulation einzelner Belastungszustände ist somit mit der hier dargestellten Vorgehensweise möglich. Es müssen jedoch stets auch Größen wie die Makrotextur und ihre Entwicklung unter Verkehr mit in die Betrachtung einbezogen werden, da sowohl die Griffigkeit als auch die Griffigkeitsentwicklung durch sie mit beeinflusst wird. Eine hohe Makrotextur bewirkt schnelleres Polieren der Mikrotextur da eine kleinere Kontaktfläche zwischen Reifen und Fahrbahn besteht.

Neben dem Verkehr sind weitere wichtige Einflussgrößen zu beachten. Der Witterungseinfluss auf die Griffigkeit konnte sowohl in den französischen Untersuchungen als auch in älteren deutschen Untersuchungen deutlich erkannt werden. Der Einfluss des sauren Regens konnte hingegen im Labor mit den bisherigen Methoden nicht separiert werden. Zum einen kann dies daran liegen, dass die Menge der einwirkenden Säure nur der eines Regenereignisses entspricht und somit der Griffigkeitsanstieg in einer Größenordnung erfolgt, die zu gering ist, um von der Wehner/Schulze-Maschine erfasst zu werden. Zum anderen ist es möglich, dass der saure Regen erst im Zusammenwirken mit weiteren Faktoren zu einem Griffigkeitsanstieg führt. Es ist somit fraglich, ob die Witterungseinflüsse durch Laborversuche beschleunigt durchgeführt werden können, oder ob sie entsprechend der Untersuchungen in Frankreich durch eine Beobachtung über die tatsächliche Zeitspanne und mit tatsächlicher Witterung erfolgen müssen. Der Alterungsprozess an sich spielt ebenfalls eine Rolle.

Es ist wahrscheinlich, dass die unterschiedlichen Wellenlängenbereiche von Mikro- und Makrotextur nicht auf dieselbe Art vom Polieren mit der Wehner/Schulze-Maschine betroffen sind. Eine Analyse einer größeren Anzahl von unterschiedlichen Wellenlängenbereichen würde gegebenenfalls erlauben, die Unterschiede zwischen der Entwicklung der Winkelparameter und der Griffigkeitsentwicklung zu erklären.

Da neue Asphaltdeckschichten in Deutschland abgestreut werden, in Frankreich jedoch nicht, verläuft die Entwicklung der Griffigkeit in beiden Ländern unterschiedlich. Aus diesem Grund sind unterschiedliche Verhaltensfunktionen notwendig. Die in Frankreich entwickelten Funktionen berücksichtigen einen anfänglichen Anstieg der Griffigkeit durch die Bitumenalterung und den Abtrag des Bitumens an der Oberfläche, während die in Deutschland entwickelten Funktionen eine Griffigkeitsabnahme unmittelbar nach Inbetriebnahme der Fahrbahn darstellen.

Bei den Untersuchungen wurde festgestellt, dass der Messvorgang selbst eine erhebliche Griffigkeitsveränderung bewirkt. Dies wurde bisher bereits durch die Unterscheidung zwischen Belastungsstufe und beim Standardprüfverfahren nach Wehner/Schulze deutlich. Die Überrollungen an der Polierstation können bei einer durch mehrere Messvorgänge stark polierten Oberfläche dann auch eine aufrauende Wirkung zeigen und zu einem Griffigkeitsanstieg führen.

Es wurde außerdem festgestellt, dass der Temperatureinfluss auf das Messergebnis je nach Oberfläche unterschiedlich hoch ausfällt. Während der Einfluss auf einer glatten Oberfläche wie der Kalibrierplatte aus Glas praktisch nicht vorhanden ist, weist er bei rauen Asphaltflächen eine Größenordnung von ca. 0,001/°C auf. Die Temperatur sollte deshalb bei den Messvorgängen möglichst genau eingehalten werden.

4. Teilgebiet 6: Vergleich der Erfahrungen

In Frankreich bestehen Untersuchungen zu dem Einfluss der Mikrotextur auf die Griffigkeit. Zum Einsatz kamen hierbei das UBM Microfokus System für die Mikrotexturmessungen und das SRT-Pendel für die Griffigkeitsmessungen. Technische Einschränkungen ergaben sich dadurch, dass bei einer höheren Auflösung nur eine kürzere Strecke aufgezeichnet werden konnte. Beim UBM Microfokus System betrug die Auflösung 1 µm bei einer Messlänge von 1 mm. Die aus den Ergebnissen entwickelten Modelle zur Bestimmung der Griffigkeit aus der Mikrotextur ergaben eine gute Korrelation zwischen der errechneten und der jeweils tatsächlich gemessenen Griffigkeit. Bei dem Modell Stéfani handelt es sich um ein Modell, welches auf den Winkeln der Spitzen im Mikrotexturprofil basiert. Beim Modell Michelin werden die Höhen und Abstände der Asperiten im Mikrotexturbereich herangezogen. Der optimale Bereich liegt hier bei unter 100 µm.

Die Beschreibung der Textur erfolgt einerseits über die Einteilung des Profils in einzelne Abschnitte. Ein Abschnitt wird hier Motif genannt. Es handelt sich dabei jeweils um den Abstand zwischen zwei Spitzen. Eine beispielhafte Darstellung befindet sich in Bild 1.

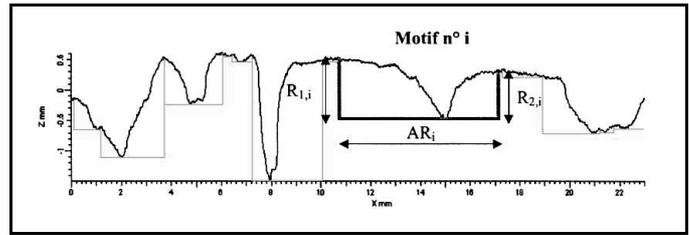


Bild 1: Darstellung der Parameter eines Motifs

Zusätzlich werden analog für die Hüllkurve, welche alle Spitzen der Abschnitte verbindet, Parameter ermittelt. Die Beschreibung erfolgt zum anderen auch durch Winkelangaben, welche die Spitzen beschreiben. Bild 2 stellt die verwendeten Parameter dar.

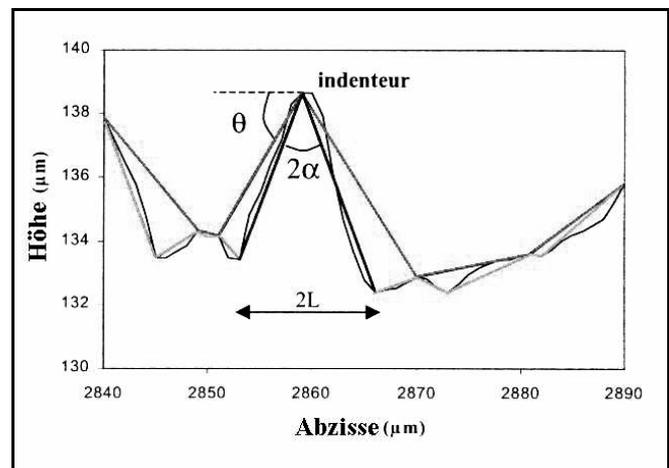


Bild 2: Beschreibung eines Profils durch Winkelangaben

Die Untersuchungen am LCPC zum Einfluss der Mikrotextur auf die Griffigkeit haben einen deutlichen Zusammenhang zwischen den gewählten Mikrotexturparametern und der gemessenen Griffigkeit ergeben. Während die Makrotextur vor allem dadurch die Griffigkeit beeinflusst, dass sie für die Verdrängung des Wassers eine Rolle spielt und die Kontaktfläche zwischen Reifen und Fahrbahn beeinflusst, spielen bei der Mikrotextur unterschiedliche Wellenlängenbereiche und die Form der Spitzen eine Rolle.