



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Grundlagen zur Revision der Griffigkeitsnormen

Bases pour la révision des normes sur l'adhérence

**Base works for the updating of the skid resistance
standards**

**SACR AG, Ingenieurbüro und Labor für die Strassenerhaltung,
Zürich**

A. Jacot, dipl. Ing. ETH

**Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme - IVT**

Prof. H. P. Lindenmann, dipl. Ing. ETH

L. Seiler, dipl. Ing. ETH

**Forschungsauftrag VSS 1999/298 auf Antrag des
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

November 2007

1202

Grundlagen zur Revision der Griffigkeitsnormen

Bases pour la révision des normes sur l'adhérence

**Base works for the updating of the skid resistance
standards**

**SACR AG, Ingenieurbüro und Labor für die Strassenerhaltung,
Zürich**

A. Jacot, dipl. Ing. ETH

**Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme - IVT**

Prof. H. P. Lindenmann, dipl. Ing. ETH

L. Seiler, dipl. Ing. ETH

**Forschungsauftrag VSS 1999/298 auf Antrag des
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

November 2007

1202

Forschungsstelle

SACR AG

Ingenieurbüro und Labor für die Strassenerhaltung
Berninastrasse 9, CH - 8057 Zürich
Tel. +41 44 312 46 72 / www.sacr.ch

Alain Jacot, dipl. Bau-Ing. ETH

IVT / ETHZ

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme - IVT
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
ETH-Hönggerberg, CH - 8093 Zürich
Tel. +41 44 633 30 99 / www.ivt.ethz.ch

Prof. Hans Peter Lindenmann, dipl. Bau-Ing. ETH

Luzia Seiler, dipl. Bau-Ing. ETH (IVT bis 28.02.07)

Begleitkommission

(Expertenkommission 7.11)

Markus Grieder, Tiefbauamt Basel-Landschaft, Liestal (Vorsitz)
Martin Horat, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Zürich
Yvan Ramel, Ertec SA, Le Mont-sur-Lausanne
Christophe Rohr, Infralab SA, Romanel-sur-Lausanne

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	6
RÉSUMÉ	7
SUMMARY	8
1 EINLEITUNG	9
1.1 Problemstellung	9
1.2 Auftrag und Ziele	10
1.3 Methodisches Vorgehen	10
1.4 Aufbau des Berichtes	11
2 TEXTURMESSUNGEN	12
2.1 Texturbereiche und Definitionen	12
2.2 Volumetrische Messmethoden	14
2.3 Profilometrische Messmethoden	14
2.4 Pendelmessgerät	14
3 DYNAMISCHE GRIFFIGKEITSMESSUNGEN	15
3.1 Einführung	15
3.2 Messung mit gerade geführtem und blockiertem Messrad	16
3.3 Messung mit gerade geführtem Rad und konstantem Schlupf	17
3.4 Messung mit gerade geführtem Rad und variablem Schlupf	17
3.5 Seitenkraftmessung mit schräggestelltem Rad	18
3.6 Einflüsse der Schlupfkurve	19
3.7 Messreifen	20
3.8 Messgeschwindigkeit	21
4 GRIFFIGKEITSMESSGERÄTE	22
4.1 Einführung	22
4.2 Geräte mit gerade geführtem und blockiertem Messrad	23
4.3 Geräte mit gerade geführtem Rad und Schlupfmessung	25
4.4 Geräte mit schräggestelltem Messrad	27
4.5 Übersicht der in Europa angewendeten Griffigkeitsmessgeräte	28

5 BEWERTUNG DER GRIFFIGKEIT	29
5.1 Einführung	29
5.2 Bewertungsansätze und -methoden	29
5.2.1 Bewertungsansätze in der Schweiz	29
5.2.2 Bewertungsansätze in Frankreich	31
5.2.3 Bewertungsansätze in Deutschland	31
5.2.4 Bewertungsansätze in England	32
5.3 Aktuelle Anforderungen in Europa	33
5.3.1 Stand der EN-Normierung	33
5.3.2 Anforderungen für Messungen mit gerade geführtem Rad	33
5.3.3 Anforderungen für Seitenkraftmessungen	33
5.4 Zeitlicher Verlauf der Anforderungen	34
5.4.1 Abnahme neuer Beläge	34
5.4.2 Garantieabnahme	34
5.4.3 Periodische Griffigkeitskontrolle	34
5.5 Massnahmen bei schlechter oder ungenügender Griffigkeit	35
5.5.1 Schlechte Griffigkeit	35
5.5.2 Ungenügende Griffigkeit	35
6 WEITERE EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE GRIFFIGKEIT UND IHRE ZEITLICHE ENTWICKLUNG	36
6.1 Anfangsgriffigkeit von neuen Deckschichten	36
6.2 Zeitliche Veränderung der Textur	36
6.3 Witterungseinflüsse	36
6.4 Ebenheitseinflüsse	37
7 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE NORMREVISION	38
7.1 Art und Methoden der Griffigkeitserhebung	38
7.2 Messbedingungen für dynamische Systeme	38
7.3 Wahl der Bewertungsmethoden	39
7.4 Wahl der Beurteilungswerte	39
7.5 Berücksichtigung der Texturwerte	40
7.6 Massnahmen bei ungenügender Griffigkeit	41
8 LITERATURVERZEICHNIS	42

VERZEICHNIS DER BEILAGEN

- Beilage 1** Synthese der in Europa angewendeten Messgeräte
- Beilage 2** Synthese der europäischen Beurteilungswerte nach Geräte-
kategorien und Beurteilungsart (Abnahmemessungen und
Zustandserhebung)
- Beilage 3a** Graphische Darstellung der Beurteilungswerte nach Geräte-
kategorien und Beurteilungsart (Abnahmewert, Schwellenwert,
Warnwert)
- Beilage 3b** Graphische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Beur-
teilungswerte nach Gerätekategorien und Beurteilungsart
(Abnahmewert, Schwellenwert, Warnwert)
- Beilage 4** Literaturlauswertung und Literaturzusammenfassung

Zusammenfassung

Die heute in der Schweiz gültigen Griffigkeitsnormen SN 640 510b (Messverfahren) und SN 640 511b (Bewertung) sind in ihrer aktuellen Fassung im 1984 und 1985 erschienen. Mit Ausnahme von einigen kleinen Anpassungen in der Bewertungsnorm wurde während fast 20 Jahren keine gründliche Aktualisierung vorgenommen. Obwohl die Griffigkeit als physikalische Messung eines Reibungsbeiwertes sich im Grundsatz nicht geändert hat, wurden inzwischen sowohl die eingesetzten Messverfahren als auch die angewendeten Bewertungs- und Beurteilungsmethoden weiterentwickelt und angepasst.

Diese Arbeit soll die nötigen Grundlagen für die anstehende Revision der Griffigkeitsnormen liefern. Dabei wurden sowohl die verschiedenen Messverfahren und Messgeräte als auch die unterschiedlichen Beurteilungsmethoden und Bewertungsskalen zusammengetragen und kritisch analysiert. Verschiedene Ansätze zur Berücksichtigung von relevanten Aspekten der Verkehrssicherheit werden ebenfalls thematisiert.

Der Forschungsbericht besteht einerseits aus dem eigentlichen Synthesebericht und andererseits aus ausführlichen Beilagen mit allen gesammelten Informationen. Ein wesentlicher Teil davon besteht aus der Literaturlauswertung, welche alle relevanten Aspekte der untersuchten Literaturquellen erörtert und strukturiert. Für die wichtigsten Literaturquellen wurden ausserdem kleine Zusammenfassungen erarbeitet. Diese Literaturlauswertung bestätigt die enorme Vielfalt der europäischen Mess- und Beurteilungsmethoden, welche in zahlreichen nationalen Merkblättern, Richtlinien und Empfehlungen enthalten sind. Diese Unterlagen sind natürlich von den eingesetzten Messverfahren und von der jeweiligen Beurteilungsmethode einseitig geprägt.

Der Synthesebericht fasst zuerst die technischen und physikalischen Grundlagen der Textur, der Griffigkeit und der verschiedenen Griffigkeitsmessmethoden zusammen. Die entsprechenden Gerätekategorien werden beschrieben (detaillierte Angaben sind in den Beilagen zu finden). Die in Europa teilweise sehr verschiedenen Beurteilungsansätze und Bewertungsmassstäbe werden dann beschrieben und analysiert. Einige der zahlreichen Einflussfaktoren auf die Griffigkeit und ihre zeitliche Entwicklung werden ebenfalls erläutert.

Als Schlussresultat werden verschiedene Empfehlungen und Ansätze für die Revision der schweizerischen Griffigkeitsnormen gegeben: Als Abnahmemessung wird eine Erfassung der Makrostruktur empfohlen. Aufgrund der besseren Zuverlässigkeit sollen dynamische Griffigkeitsmessungen vorzugsweise mit gerade geführtem Messrad ausgeführt werden. Dabei soll in Zukunft eine kontinuierliche Erfassung des Reibungsbeiwertes bei 18% Schlupf den Vorrang gegeben werden. Die momentan in der Schweiz übliche Erfassung mit blockiertem Messrad soll für Strassenabschnitte mit erhöhtem Griffigkeitsbedarf (insbesondere innerorts oder im Kreuzungs- oder Kreisbereich) weiterhin angewendet werden. Die Beurteilung der Griffigkeit soll die zeitliche Entwicklung (Garantieabnahme, Mindestwert) und die örtlichen Randbedingungen (Standorte mit erhöhtem Griffigkeitsbedarf) berücksichtigen. Im Rahmen der aktuellen Bestrebungen zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus auf den Schweizerstrassen (VESIPO, Via Sicura) müsste man sich zudem mit dem in England angewendeten Ansatz einer örtlich bezogenen Beurteilung des Griffigkeitsbedarfs befassen, sprich eine Umsetzung des Grundprinzips: Angebot \geq Nachfrage.

Résumé

Les normes sur la qualité antidérapante actuellement valables en Suisse, la SN 640 510b (Méthode de mesure) et la SN 640 511b (Appréciation), datent des années 1984 et 1985. A l'exception de quelques petites adaptations au niveau de l'appréciation, aucune actualisation de fond n'a été entreprise durant les 20 dernières années. Bien que les bases physiques pour la mesure de l'adhérence restent inchangées, de nombreux développements ont été réalisés au niveau des systèmes de mesure. Les méthodes d'exploitation et d'appréciation des résultats ont également évoluées.

Ce rapport a comme but de fournir les bases nécessaires pour la révision des normes sur l'adhérence. A cet effet, les différents principes et appareils de mesure ainsi que les nombreuses méthodes d'exploitation et d'appréciation des résultats ont été catalogués et analysés de façon critique. Il thématise également différentes réflexions sur la prise en compte des aspects inhérents à la sécurité routière.

Le rapport de recherche est constitué d'une part du rapport de synthèse et d'autre part de nombreuses annexes avec toutes les informations réunies. Une part conséquente de ces annexes est dédiée aux résultats détaillés et structurés de l'analyse bibliographique. Des petits résumés ont été préparés pour les sources les plus intéressantes. Cette analyse bibliographique confirme l'extrême diversité des méthodes européennes de mesure et d'appréciation de l'adhérence, décrites et formalisées au niveau national dans de nombreux règlements, directives et normes. Ces documents sont naturellement valables de cas en cas pour les appareils et les méthodologies utilisés.

Le rapport de synthèse résume dans une première partie les bases physiques et techniques de la mesure de la texture et de l'adhérence. Les différents principes de mesure et les familles d'appareils correspondants sont ensuite décrits (les informations détaillées sur chaque appareil sont consignées en annexe). Les différentes méthodes et échelles d'appréciation des valeurs mesurées utilisées en Europe sont décrites et analysées. Quelques uns des nombreux paramètres d'influence sur le niveau et l'évolution temporelle de la qualité antidérapante sont également abordés.

Dans la partie finale du rapport, différentes méthodologies et recommandations pour la révision des normes suisses sont formulées: La réception des couches de roulement après la pose devrait être faite par une mesure de la texture. Pour les mesures dynamiques, la préférence est à donner aux appareils avec mesure du coefficient de frottement longitudinal. Pour ce genre de mesures, on donnera à l'avenir la priorité aux relevés avec roue freinée à env. 18%. La méthode actuellement normalisée en Suisse avec roue bloquée pourrait être appliquée aux sections en zones urbaines, aux carrefours et giratoires (probabilité de freinage d'urgence plus élevé). L'appréciation des valeurs doit prendre en considération l'évolution temporelle (réception de garantie, valeur minimale) et les particularités locales (tronçons à besoins accrus en adhérence). Dans le cadre des efforts actuels pour augmenter le niveau de sécurité sur les routes suisses (VESIPO, Via Sicura), il serait bon de réfléchir à l'opportunité d'introduire en Suisse la méthodologie anglaise, qui part d'une démarche fonctionnelle et situative, c'est-à-dire applique à l'adhérence et à la texture le principe de base : offre \geq demande.

Summary

The skid resistance standards currently valid in Switzerland, SN 640 510b (Method of measurement) and SN 640 511b (Appreciation), date from the years 1984 and 1985. With the exception of some small adaptations in the appreciation standard, no basic actualization was undertaken during the 20 last years. Although the physical bases for the measurement of adherence remains unchanged in the principle, in the meantime both the assigned measuring procedures became new developments and the applied evaluation and appreciation methods are further adapted.

Goal of this work is to supply the necessary bases for the lining up revision of the pavement skid resistance standards. Both the differently measuring procedures and measuring devices and the different evaluation methods and appreciation scales were gathered and analyzed critically. Different considerations to take into account relevant aspects of the road safety are brought up for discussion likewise.

The research report consists on the one hand of the actual synthesis report and on the other hand of detailed appendices with all collected information. A substantial part of it consists of the bibliographical evaluation, which discusses and structures all relevant aspects of the examined sources of literature. In addition, for the most important sources of literature, small summaries were compiled. This bibliographical evaluation confirms the enormous variety of the European measuring and evaluation methods, which are contained in numerous national instruction guidelines, standards and recommendations. These documents are naturally only valid for the considered measuring procedures and for the respective evaluation method.

The synthesis report summarizes first the technical and physical fundamentals of the texture, the skid resistance and the different pavement grip measuring methods. The various principles of measurement and the families of corresponding devices are then described (detailed data are in the appendices to find). The various methods and scales of evaluation used in Europe are described and analyzed. Some of the numerous factors of influence on pavement skid resistance and its temporal evolution are described likewise.

In the final part of the report different recommendations and beginnings for the revision of the Swiss skid resistance standards are given: As acceptance test of the wearing courses a measurement of the macro texture is recommended. Due to the better reliability of this type of devices, dynamic skid measurements are to be done preferably with straight led measuring wheel (coefficient of longitudinal friction). In the future the priority is to be given to a continuous collection of the friction coefficient with 18% slip ratio. The collection with blocked measuring wheel, momentarily common in Switzerland, is to be used further for road sections with increased skid resistance need (in particular urban zones, crossing and turn around). Evaluation scales for skid resistance has to consider the temporal evolution (warranty acceptance, minimum value) and the local boundary conditions (locations with increased need). In the context of the current efforts to increase the safety level on the Swiss roads (VESIPO, via Sicura), it would be wise to think of the advisability of introducing in Switzerland the English methodology, which starts from a functional and situative step, i.e. applies to adherence and texture the guiding principle: Offer \geq demand.

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

Die heute gültigen Griffigkeitsnormen SN 640 510b (Messverfahren) und SN 640 511b (Bewertung) sind in ihrer aktuellen Fassung im 1984 und 1985 erschienen. Mit Ausnahme von einigen kleinen Anpassungen in der Bewertungsnorm SN 640 511 wurde während fast 20 Jahren keine gründliche Aktualisierung vorgenommen. Obwohl die Griffigkeit als physikalische Messung eines Reibungsbeiwertes sich im Grundsatz nicht geändert hat, wurden inzwischen sowohl die eingesetzten Messverfahren als auch die angewendeten Bewertungs- und Beurteilungsmethoden weiterentwickelt und angepasst.

Die Erhebung des Griffigkeitszustandes kann entweder mit statischen Verfahren (Sandfleck, SRT-Pendel, Ausflussmesser) oder mit dynamischen Messgeräten (Skiddometer, SRM, RoadStar, SCRIM, usw.) erfolgen. Die dynamischen Messungen liefern die für die Verkehrssicherheit relevanten Reibungsbeiwerte auf nasser Oberfläche. Die statischen Verfahren geben über die lokalen Eigenschaften der Griffigkeit (die statische Messung wird vor allem von der Mikrotextur beeinflusst) und der Oberflächentextur allgemein Auskunft und werden eher als weitere Untersuchungen im Falle von ungenügenden, dynamischen Werten eingesetzt (oder für die Beurteilung von kleinen Flächen: Fussgängerstreifen, Spezialbeläge, Industrieböden). Statische und dynamische Methoden sind in der Norm SN 640 510 aufgeführt (SRT-Pendel, Ausflussmesser, Skiddometer) und bleiben grundsätzlich gültig. In Anlehnung an die aktuelle europäische Normung war eine Aktualisierung nötig. Die Grundlagen zu den dynamischen Verfahren und die zugehörigen Beurteilungsmethoden waren aufgrund der in der Praxis eingesetzten Erhebungssysteme zu ergänzen und anzupassen.

Bei der Ausarbeitung der europäischen Normen sind die statischen Verfahren unbestritten und die entsprechenden Normwerke stehen kurz vor der Publikation oder sind bereits publiziert (Serie EN 13036-x). Da Uneinigkeit bei der Normung der dynamischen Verfahren besteht (Sistierung der prEN 13036-2 aufgrund der zu grossen Unsicherheiten in Bezug auf einer zuverlässigen Anwendung des EFI „European Friction Index“), wurde die Weiterbearbeitung dieser Norm auf vorläufig unbestimmte Zeit verschoben. Die in letzter Zeit, seitens der Praxis, immer häufiger verlangte Verbesserung und Konkretisierung der Bewertung der Griffigkeit und die damit verbundene Ausarbeitung eines detaillierten Beurteilungsmassstabes erforderten die Erarbeitung von entsprechenden Grundlagen.

Damit wird auch eine Revision und Ergänzung der schweizerischen Griffigkeitsnormen unerlässlich.

Die aktuelle SN 640 511b (Bewertung) enthält nur einen Richtwert für die jeweilige Messgeschwindigkeit (40, 60 oder 80 km/h), aber weder eine Beurteilungsskala noch ein Vorgehen bei Unterschreitung des Richtwertes. Ihre Anwendung in der Praxis ist oftmals mit grossen Unsicherheiten verbunden. Die zukünftige Normreihe soll einen differenzierten Bewertungsmassstab und ein klares Beurteilungsvorgehen enthalten und damit eine bessere Handhabung in der Praxis gewährleisten.

1.2 Auftrag und Ziele

Gemäss Schreiben vom 2.06.2004 des Direktors des Bundesamts für Strassen (ASTRA) wurde das Forschungsteam beauftragt, die vorliegenden Untersuchungen durchzuführen.

Die vorliegende Forschungsarbeit hatte folgende Ziele:

- Berücksichtigung der verschiedenen dynamischen Geräte (z.B. Skiddometer, SRM, RoadStar, SCRIM) sowie der bekannten statischen Messmethoden (Pendel, Ausflussmesser, Sandfleck) unter Berücksichtigung der jeweiligen Anwendungsbereiche
- Analyse der für die Griffigkeit relevanten Beurteilungsmethoden und Beurteilungsmassstäbe
- Formulierung von Beurteilungswerten (z. B. Abnahme- und Schwellenwerte)
- Ausarbeitung einer geeigneten Methodik zur Beurteilung der Griffigkeit hinsichtlich Bedürfnisse der Verkehrssicherheit. Dabei sind die dazu nötigen Grundlagen zu bezeichnen und der Beurteilungsprozess zu definieren.
- Festlegen von Grundlagen für die Qualitätssicherung der eingebauten Beläge (Abnahme- und Garantiewerte)

1.3 Methodisches Vorgehen

Für diese Forschungsarbeit wurde folgendes Vorgehen angewendet:

- Literaturstudium (insbesondere der ausländischen Mess- und Beurteilungsmethoden). Die Uneinigkeit bei der europäischen Normung spiegelt sich in den von Land zu Land unterschiedlichen Mess- und Beurteilungsmethoden wieder. Diese sind in zahlreichen nationalen Merkblättern, Richtlinien und Empfehlungen enthalten. Diese Unterlagen sind natürlich von den eingesetzten Messverfahren und von der jeweiligen Beurteilungsmethode geprägt.
- Analyse und Vergleich der vorhandenen SN und EN Normen zur Griffigkeit
- Beurteilung und Gewichtung der Erkenntnisse der analysierten Fachliteratur sowie der Erfahrungen der Praxis in der Schweiz (Zulassung des Einsatzes von verschiedenen Messmethoden und Messsystemen)
- Ableitung von Bewertungsmethoden und Beurteilungsmassstäben der Griffigkeit
- Beurteilung der Verkehrssicherheitsfrage und Festlegung eines Bewertungsverfahrens
- Zusammenstellung der Grundlagen für die Normrevision.

1.4 Aufbau des Berichtes

Dieser Bericht besteht einerseits aus dem eigentlichen Synthesebericht dieser Forschungsarbeit und andererseits aus ausführlichen Beilagen mit allen gesammelten Informationen. Ein wesentlicher Teil dieser Arbeit, die Literaturlauswertung und Literaturbeurteilung, ist in den Beilagen enthalten. Dabei werden alle relevanten Aspekte der untersuchten Literaturquellen erörtert und strukturiert beschrieben. Für die wichtigsten Literaturquellen wurden ausserdem kleine Zusammenfassungen erarbeitet.

Der Synthesebericht fasst zuerst die technischen und physikalischen Grundlagen der Textur, der Griffigkeit und der verschiedenen Griffigkeitsmessmethoden zusammen. Diese Grundlagen sind für das richtige Verständnis über Anwendbarkeit und Vergleichbarkeit der verschiedenen Messsysteme von hoher Bedeutung. Die in Europa teilweise sehr verschiedenen Beurteilungsansätze und Bewertungsmaassstäbe werden dann beschrieben und analysiert. Einige der zahlreichen Einflussfaktoren auf die Griffigkeit und ihre zeitliche Entwicklung werden ebenfalls erwähnt. Als Schlussresultat werden verschiedene Empfehlungen und Ansätze für die Revision der schweizerischen Griffigkeitsnormen gegeben.

2 TEXTURMESSUNGEN

2.1 Texturbereiche und Definitionen

Die Textur ergibt sich durch Form, Grösse und Verteilung der Zuschlagstoffe des Belagsmaterials. Unter Textur versteht man die geometrische Feingestalt der Strassenoberfläche, ausgedrückt durch die Parameter Wellenlänge und Amplitude. Die Textur erstreckt sich über ein weites Wellenlängenspektrum vom Mikrometerbereich bis in den Dezimeterbereich. Man unterscheidet die Mikrotextr (bis 0.5 mm Wellenlänge), die Makrotextr (0.5 – 50 mm Wellenlänge) und die Megatextr (50 – 500 mm Wellenlänge). Wellenlängen über 0.5 m werden der Ebenheit zugerechnet.

Das sogenannte Profil der Oberfläche wird durch ihre Verschiebung entlang der Oberfläche (Distanz) und die Verschiebung vertikal zur Oberfläche (Amplitude) beschrieben. Die Distanz schliesst jeden Winkel in Bezug auf die Fahrriichtung mit ein. Die Texturwellenlänge wird durch die (Minimal-) Distanz zwischen periodisch wiederholten Teilen der Kurve entlang der Oberflächenebene definiert.

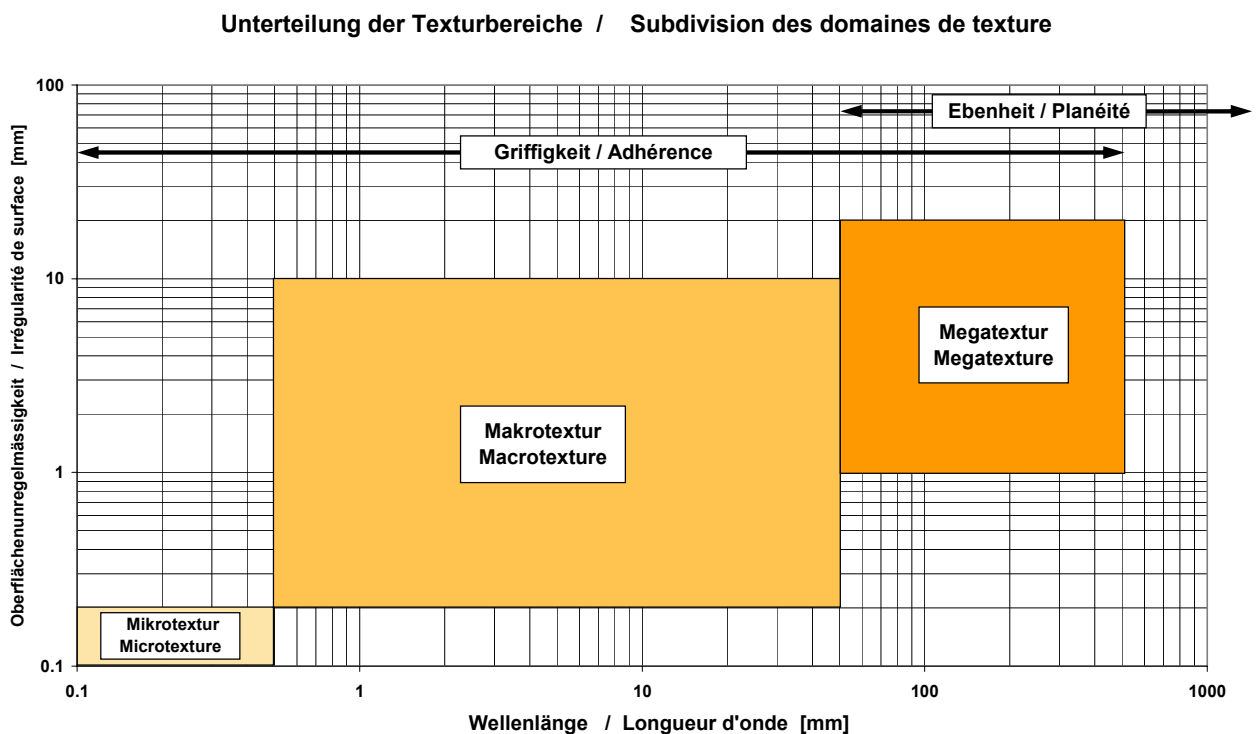


Abb. 1: Unterteilung der Texturbereiche aufgrund der Wellenlänge gemäss Abb.1 der SN 640'510c

Mikrotextr

Die Belagsmikrotextr ist die Abweichung einer Belagsoberfläche von einer idealen ebenen Oberfläche mit den charakteristischen Dimensionen im Bereich von weniger als 0.5 mm längs der Oberfläche (entsprechend Texturwellenlängen mit Terzbändern mit nicht mehr als 0.4 mm der Zentralwellenlängen). Die Amplituden zwischen zwei Spitzen können normalerweise im Bereich von 0.01 - 0.5 mm variieren. Diese Art von Textur macht die Oberfläche insgesamt mehr oder weniger rau, ist aber normalerweise nicht von Auge sichtbar.

Makrotextur

Die Belagsmakrotextur ist die Abweichung einer Belagsoberfläche von einer idealen ebenen Oberfläche mit den charakteristischen Dimensionen von 0.5 - 50 mm längs der Oberfläche (entsprechend Texturwellenlängen mit Terzbändern einschliesslich des Bereichs 0.5 - 50 mm der Zentralwellenlängen). Die Amplituden zwischen zwei Spitzen können (normalerweise) im Bereich von 0.01 - 20 mm variieren. Diese Art von Textur ist die Textur, die Wellenlängen in der Grössenordnung von Reifennoppen in der Reifen/Fahrbahn- Übergangszone aufweist.

Megatextur

Die Belagsmegatextur ist die Abweichung einer Belagsoberfläche von einer idealen ebenen Oberfläche mit den charakteristischen Dimensionen von 50 - 500 mm längs der Oberfläche (entsprechend Texturwellenlängen mit Terzbändern einschliesslich des Bereichs von 63 - 500 mm der Zentralwellenlängen). Die Amplituden zwischen zwei Spitzen können normalerweise im Bereich von 0.11 - 50 mm variieren. Dieser Texturtyp hat Wellenlängen in der Grössenordnung der Reifen/Fahrbahn Übergangszone (oft durch Schlaglöcher oder Wellblechverformungen verursacht).

Unebenheit

Die Unebenheit ist die Abweichung einer Belagsoberfläche von einer idealen ebenen Oberfläche mit den charakteristischen Dimensionen von mehr als 500 mm (0.5 m).

Texturtiefe

Im dreidimensionalen Raum bedeutet Texturtiefe (TD = Texture Depth) die mittlere Distanz (innerhalb eines bestimmten Oberflächenbereiches in der Grössenordnung der Reifen/ Fahrbahn-Grenzfläche) zwischen der Oberfläche und einer Ebene durch die drei höchsten Teilchen, die innerhalb dieses Oberflächenbereiches liegen.

Die Texturtiefe wird entweder durch die mittlere Texturtiefe (volumetrische Methode) oder die mittlere Profiltiefe (profilometrische Methode) definiert.

Mittlere Texturtiefe

Bei Anwendung der volumetrischen Fleckmethode ist die "Ebene", die durch das Verteilen des Füllmaterials mit einem Gummi erhalten wird, keine eigentliche Ebene, eher eine gewellte, schwer definierbare Oberfläche. Die mit der volumetrischen Fleckmethode erhaltene Texturtiefe wird deshalb Mittlere Texturtiefe (MTD = Mean Texture Depth) genannt.

Mittlere Profiltiefe

In einer zweidimensionalen Sicht, d.h. wenn eine Profilkurve beurteilt wird, bedeutet die Mittlere Profiltiefe (MPD = Mean Profile Depth) die mittlere Differenz (innerhalb einer gewissen Quer- oder Längsdistanz in der Grössenordnung der Reifen/Fahrbahn-Grenzfläche) zwischen dem Profil und einer Linie durch die Spitze des höchsten Teilchens innerhalb des betrachteten Profilausschnittes (100 mm Basislänge gemäss (ISO/CD 13473).

Geschätzte Texturtiefe: Wenn die mittlere Profiltiefe zur Schätzung der mittleren Texturtiefe anhand einer Umrechnungsformel benutzt wird, dann wird hier von der „Geschätzten Texturtiefe“ (ETD = Estimated Texture Depth) gesprochen.

2.2 Volumetrische Messmethoden

Fleckmethode

Die so genannte „Sandfleckmethode“ wurde früher auf der ganzen Welt jahrelang verwendet um die Oberflächentextur zu messen. Sie benötigt eine vorgegebene Menge Sand, die auf der Strassenoberfläche ausgebreitet wird. Der Sand wird verteilt, um einen kreisförmigen Fleck zu formen, dessen Durchmesser gemessen wird. Durch dividieren der Sandmenge durch die Fläche ergibt sich ein Wert, der die mittlere Tiefe der Sandschicht darstellt, daher der Ausdruck "Mittlere Texturtiefe". In den letzten Jahren wurden anstelle von Sand oft Glaskörner verwendet. Der Ausdruck Sandfleck wurde daher fallengelassen. Da es sich um eine volumetrische Methode handelt, bei der Material zu einem Fleck verteilt wird, ist der angemessene Ausdruck „Volumetrische Fleckmethode“. Diese Methode ist in ISO 10844 und ASTM E-065 beschrieben und basiert auf der Verwendung von Glaskörnern.

Ausflussmessung

Bei der Ausflussmessung wird ein in seinen Abmessungen bekannter Zylinder mit einer Gummiabdichtung auf die Strassenoberfläche gestellt. Der Zylinder wird mit Wasser gefüllt und es wird die Zeit in Sekunden gemessen bis eine bekannte Wassermenge ausgeflossen ist. Die Zeit wird mit einer Stoppuhr oder mittels am Zylinder befestigten Elektroden erfasst. Die Ausflusszeit ist umgekehrt proportional zur Textur, bei einer perfekt glatten Oberfläche wäre die Ausflusszeit demnach unendlich.

2.3 Profilometrische Messmethoden

Es gibt grundsätzlich drei Typen von Textur-Profilometern, die heute gebraucht werden. Alle drei Typen produzieren ein digitales Profil der Makrotextur. Die Aufnahme erfolgt dabei entweder mit einem Laser, mit Licht oder mit einem Abtaststift. Das gebräuchlichste Erhebungswerkzeug ist der Laser, von stationären Vorrichtungen bis zu Systemen, die bis zu einer Geschwindigkeit von 80 km/h erfassen können. Viele Griffigkeitsmessgeräte werden mit einem Laserprofilographen für Makrotexturmessungen ausgerüstet. Die parallele Erfassung von Griffigkeit und Textur macht durchaus Sinn und ermöglicht eine fundiertere Beurteilung der Oberflächeneigenschaften.

2.4 Pendelmessgerät

Eigentliche Mikrotexturmessgeräte existieren höchstens als Prototyp in Forschungslaboratorien. Statische Reibungsmesser mit einer tiefen relativen Geschwindigkeit zwischen Messkörper und gemessener Oberfläche - wie etwa das Pendelgerät - gelten als Ersatz für die Mikrotexturmessung, das heisst die damit gemessenen Reibungswerte werden vorwiegend von der vorhandenen Mikrotextur beeinflusst.

3 DYNAMISCHE GRIFFIGKEITSMESSUNGEN

3.1 Einführung

Die Griffigkeitsverhältnisse der Belagsoberfläche sind für die Kraftübertragung der Längskräfte (Antriebs- und Bremskräfte) und der Seitenkräfte (Zentrifugalkräfte und Kurvenfahrt) vom Reifen auf die Fahrbahn massgebend.

Die Griffigkeit ist definitionsgemäss ein Wirkindex. Sie kennzeichnet die Wirkung der Rauheit auf den Reibungswiderstand (Kraftschlussvermögen) zwischen dem Fahrzeugreifen und der nassen Fahrbahn. Danach gilt es, die Wirkung der Rauheit, der Mikro- und Makro-Rauheit bzw. der Textureigenschaften der Fahrbahnoberfläche bei nasser Fahrbahn zu beschreiben. Aufgrund der Vielzahl von Einflussparametern auf die Griffigkeit sind Griffigkeitsmessungen unter genau definierten Bedingungen durchzuführen.

Die kennzeichnende Grösse für die Fahrbahngriffigkeit ist der Reibungsbeiwert μ , der bei angenässter Belagsoberfläche in der Regel in der rechten Radspur gemessen wird.

Aufgrund der Konstruktion der Griffigkeitsmesssysteme und der Wankbewegungen der Messgeräte bei grösseren Geschwindigkeiten ergeben sich mechanische Grenzwerte für die Griffigkeitsmessungen bei geringen Kurvenradien. Diese Grenzwerte sind von der Geschwindigkeit abhängig. In der folgenden Grafik (Beispiel für den RoadStar) ist der Zusammenhang zwischen Messgeschwindigkeit und den minimalen Kurvenradien aufgrund der Geometrie und der Querneigung dargestellt. Je nach Messsystem sind die Kurvenradien und die Messgeschwindigkeiten unterschiedlich.

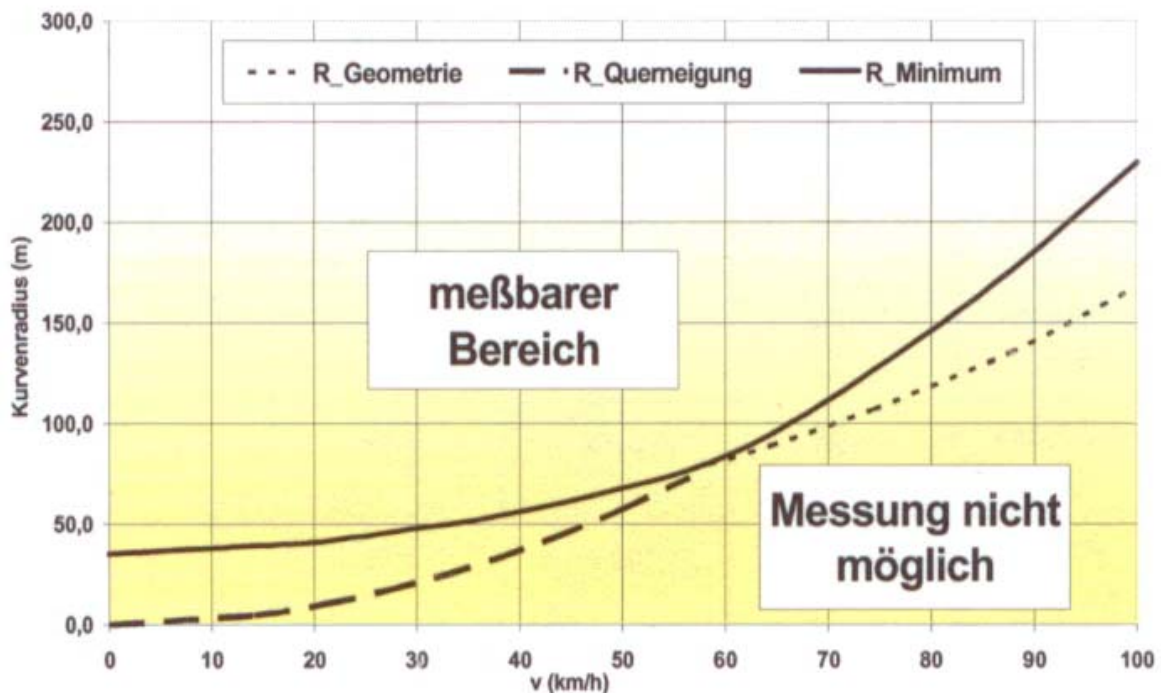


Abb. 2: Messbarer Bereich der Griffigkeit unter Berücksichtigung der geometrischen Randbedingungen und der Messgeschwindigkeit [1]

Die Reibungsverhältnisse auf Strassen und Flugpisten spielen eine wichtige Rolle für die Strassen- und Flugplatzsicherheit. Strassen- und Flugpistenoberflächen müssen also eine genügende Griffigkeit für die darauf verkehrenden Fahrzeuge und Flugzeuge bereitstellen. Es existiert heute ein breites Spektrum an Systemen und Methoden, mit denen die Griffigkeit und die Oberflächentextur gemessen werden. Diese Methoden variieren teilweise stark von Messsystem zu Messsystem und ebenfalls von Land zu Land.

Es gibt heute vier Grundtypen von Messsystemen für dynamische Reibungsmessungen:

- Messung mit gerade gestelltem, blockiertem Messrad
- Messung mit gerade gestelltem Messrad und konstantem Schlupf
- Messung mit gerade gestelltem Messrad und variablem Schlupf
- Messung der Seitenkraft mit schräggestelltem Messrad.

Zusätzlich bestimmen einige Systeme die Reibungsspitze und andere variieren den Schlupf, um im Bereich der Reibungsspitze zu arbeiten.

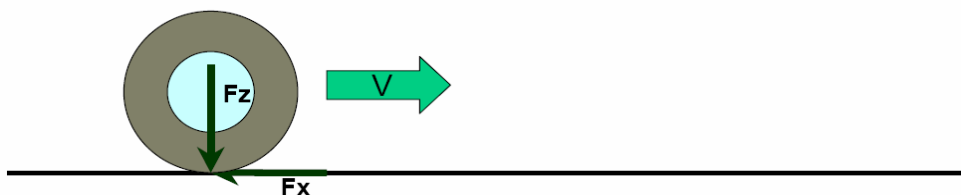
In ähnlicher Weise gibt es drei Grundmethoden zur Charakterisierung der Makrotextur: Profilographen, volumetrische Methoden und Ausflussmessungen (vgl. 2.2 und 2.3).

3.2 Messung mit gerade geführtem blockiertem Messrad

In den USA benützen alle 50 Staaten Messdaten zur Beurteilung der Fahrbahngriffigkeit, die mit blockiertem Messrad ermittelt werden. Die Schweiz sowie Frankreich, Deutschland, Griechenland, Schweden und Polen benützen ebenfalls (mindestens teilweise) Messsysteme mit blockiertem Messrad. Systeme mit blockiertem Messrad messen mit 100% Schlupf.

Definition Reibungsbeiwert μ

$$\mu = F_x / F_z$$



$$F_x = M_B / R$$

$$F_x = \text{Bremskraft [kN]} \quad M_B = F_x * R = \text{Bremsmoment [kN*m]}$$

$$F_z = \text{Normalkraft [kN]} \quad V = \text{Messgeschwindigkeit [m/s]}$$

$$R = \text{Abstand Messradmittelpunkt zur Fahrbahnoberfläche [m]}$$

Abb. 3: Definition Reibungsbeiwert μ bei Messung mit gerade geführtem Messrad

Die relative Geschwindigkeit zwischen Messrad und Fahrbahnoberfläche entspricht der Fahrzeuggeschwindigkeit. Das Messrad wird gebremst, und nachdem das Rad vollständig blockiert ist, wird die Kraft gemessen und über eine Sekunde gemittelt. Da die Kraftmessung kontinuierlich erfolgt, können die Geräte normalerweise die Reibungsspitze bestimmen. Eine Variation davon ist der variable Schlupf, bei dem die Reibung als Funktion des Schlupfes aufgezeichnet wird vom frei rollenden Rad (0% Schlupf) bis zum blockierten Rad (100% Schlupf). Die Messgeräte mit blockiertem Messrad sind normalerweise mit einem Bewässerungssystem ausgerüstet, da bei nasser Oberfläche gemessen wird; der Wasserfilm wird in den meisten Fällen auf eine Dicke von 0.5 mm eingestellt.

Eine weitere Variation der oben beschriebenen Messarten wird von der Fahrzeug- und der Reifenindustrie bevorzugt. Hierbei wird die Reibungsspitze bei feuchter und bei trockener Fahrbahn gemessen, wobei die Bremsen unmittelbar nach Erreichen der Spitze losgelassen werden. Diese Prozedur wiederholt sich etwa einmal pro Sekunde und gewinnt dadurch eine erhöhte Anzahl Samples. Der Test heisst CHIRP, so genannt aufgrund des entstehenden Geräusches.

3.3 Messung mit gerade geführtem Messrad und konstantem Schlupf

Der Vorteil einer Schlupfmessung besteht in der Möglichkeit, die Reibung über die ganze Messstrecke kontinuierlich aufzuzeichnen, sofern ein kleines Schlupfverhältnis gewählt wird. Aufgrund des Reifenverschleisses ist dieses Vorgehen mit blockiertem Messrad nicht möglich. Die Geräte mit konstantem Schlupf werden gerätespezifisch mit unterschiedlichen Schlupfeinstellungen zwischen 15 % und 86 % betrieben. Damit messen sie die Reibung wie die Seitenkraftmesssysteme bei tiefer Schlupfgeschwindigkeit, da sich die Rollgeschwindigkeit auf $V * \text{Schlupf-\%} / 100$ beläuft. Der Saab Friction Tester und der Runway Friction Tester wurden vornehmlich für Flughäfen entwickelt. Sie werden von Piloten kritisiert, da sie nicht bei der Reibungsspitze messen. Tatsächlich können sie bei Schnee- oder Eisbedeckten Pisten sehr weit von der Spitze entfernt sein. Bei der Benutzung auf Autostrassen sind sie normalerweise von einer Makrotexturmessung begleitet. Geräte mit konstantem Schlupf werden unter anderem in Österreich, Holland, Norwegen, Schottland, Schweden und in der Schweiz, aber auch auf Flughäfen, verwendet.

3.4 Messung mit gerade geführtem Messrad und variablem Schlupf

Der Norsemeter ist eines der wenigen Geräte, das so konstruiert ist, dass es bei jedem beliebigen Schlupf oder mit einer vorbestimmten Abfolge von Schlupfeinstellungen messen kann oder auch die Maximalreibung mit einem Kontrollsystem suchen kann. Der österreichische RoadStar oder der Stuttgarter Reibungsmesser SRM sind ebenfalls befähigt, die Spitze mit seiner ABS-Ausrüstung zu finden. Die Reibung/Schlupf-Kurve zu kennen kann für verschiedene Zwecke nützlich sein, speziell etwa auf Flugpisten. Die Kurve enthält ein Maximum an Informationen über die Reibungseigenschaften eines Reifen/Oberflächen-Paares (siehe Ziffer 3.6).

3.5 Seitenkraftmessung mit schräggestelltem Rad

Seitenkraftmesssysteme halten das Messrad in einer Ebene und in einem Winkel zur Bewegungsrichtung, ansonsten läuft das Rad frei. Die Seitenkraft oder die Winkelkraft, senkrecht zur Rotationsebene, wird gemessen.

Definition Seiten-Reibungsbeiwert μ_y

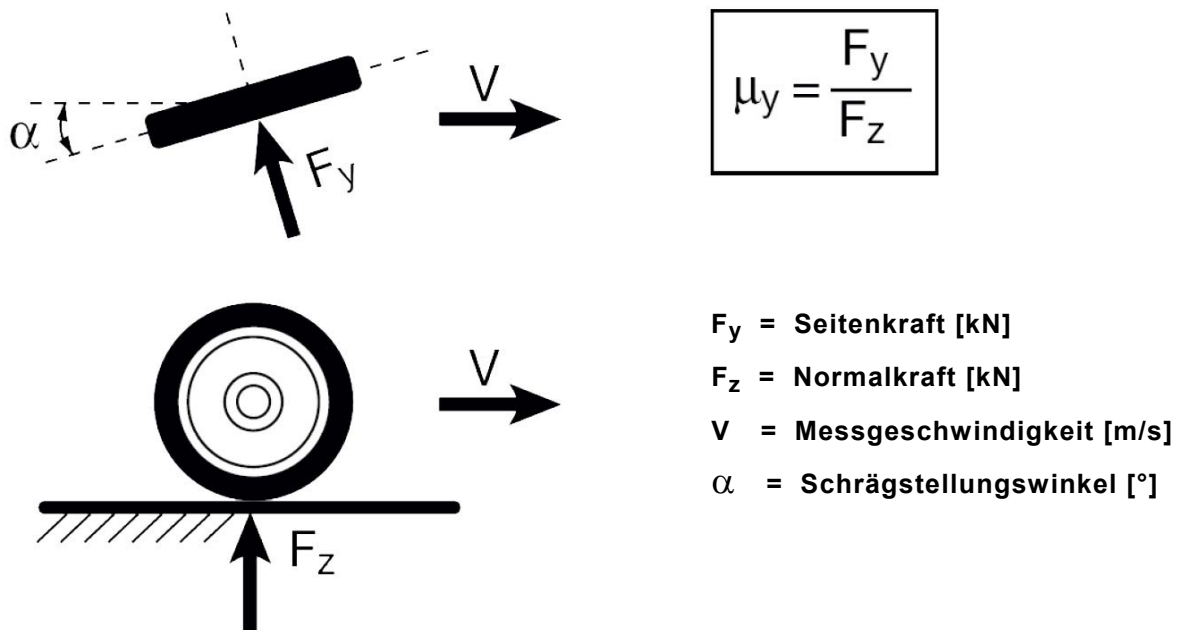


Abb. 4: Definition Seiten-Reibungsbeiwert μ_y bei Messung mit gerade schräggestelltem Messrad

Der in Grossbritannien entworfene SCRIM ist das gebräuchlichste dieser Geräte. Das Messrad des SCRIM befindet sich in der Regel in einem 20° Winkel und das Gerät verfügt über ein eigenes Bewässerungssystem mit einer Nennwassertiefe von 0.5 mm. Der ebenfalls in England entworfene Mu-Meter hat zwei Testräder, die mit einem Winkel von 7.5° schräg nach aussen laufen. Der Mu-Meter wurde für Flugpisten entwickelt und ist nicht für Strassen geeignet, da die Fahrspuren der Testräder nicht mit Fahrspuren auf Strassen übereinstimmen. In Belgien wird der Odiograph für die Abnahme neuer Deckschichten benutzt, während der SCRIM für Routineinspektionen verwendet wird.

Der Odiograph hat kein eigenes Bewässerungssystem und folgt einem Lastwagen, der das Wasser auf die Strassenoberfläche aufbringt. In Belgien werden Geräte mit 15° und 20° schräg gestelltem Messrad benutzt. Seitenkraftmesssysteme werden unter anderem in Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Italien und in England eingesetzt. Die relative Geschwindigkeit zwischen dem Messrad und der Fahrbahnoberfläche dieser Geräte liegt im Bereich von $V \cdot \sin \alpha$ (wobei α der Winkel zur Fahrtrichtung ist) und ist deshalb eine Messung mit tiefer Geschwindigkeit bezüglich des Schlupfes, obwohl die Fahrzeuggeschwindigkeit hoch ist. Solche Systeme mit tiefer Schlupfgeschwindigkeit sind in erster Linie empfindlich auf Mikrotextur. Darum wird oft als Ergänzung eine Makrotexturmessung durchgeführt. Die SCRIM's sind deshalb grösstenteils zusätzlich mit einer Laserabtastung zur profilometrischen Makrotexturmessung ausgerüstet.

3.6 Einflüsse der Schlupfkurve

Das lokale Griffigkeitsverhalten einer Fahrbahnoberfläche kann anhand einer Schlupfkurve charakterisiert werden (siehe nachfolgende Abbildung). Die Schlupfkurve weist nach einem relativ steilen Anstieg ein Maximum im Bereich von 16% bis 20% Schlupf auf. In Abhängigkeit der Textureigenschaften und der oberflächlichen Entwässerungsleistung fällt die Schlupfkurve bis 100% Schlupf (blockiertes Rad) mehr oder weniger ab. Mit Ausnahme der Drainbeläge, welche aufgrund ihrer speziellen Eigenschaften fast keinen Abfall aufweisen, fällt je nach Belagstyp das Ausmass dieses Abfalls sehr unterschiedlich aus. Eine einfache Vergleichbarkeit zwischen den Reibungskoeffizienten, welche mit unterschiedlichen Messsystemen erfasst worden sind (Schlupf mit verschiedenen Prozentwerten bzw. blockiertes Rad gemäss SN-Norm), ist somit sehr schwer zu gewährleisten. Für eine optimale Lösung sollten Korrelationen für jeden Belagstyp und jede Gerätepaare bestimmt werden. Dies wäre jedoch mit grossem Aufwand verbunden und könnte höchstens für die wichtigsten Gerätefamilien in Betracht gezogen werden.

Abhängigkeit Reibungsbeiwert - Schlupf (gemessene Daten - PIARC - Norsemeter)

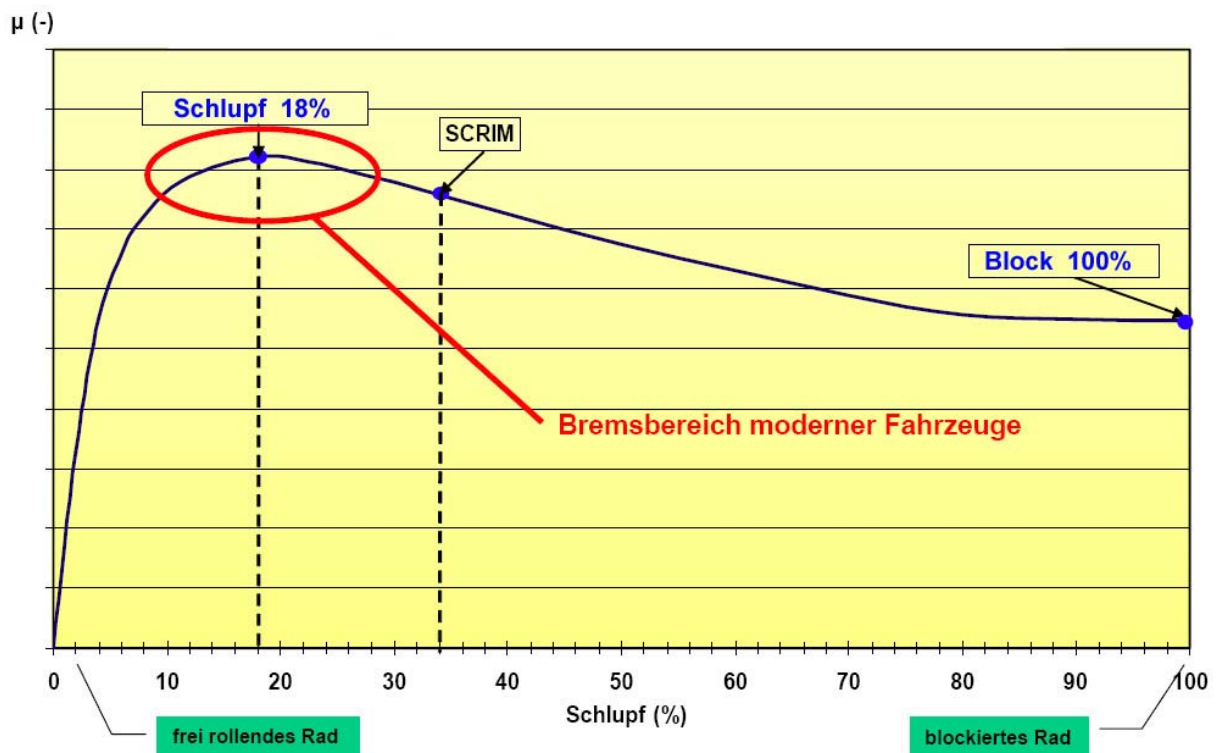


Abb. 5: Schlupfkurve: Auswirkung des Schlupfanteiles auf den gemessenen Reibungsbeiwert
(Quelle: Arsenal Research – Wien) [1]

3.7 Messreifen

Die für die Griffigkeitsmessungen verwendeten Messreifen unterscheiden sich in Form und Grösse teilweise erheblich. Die folgende Abbildung zeigt die Kontaktflächen von verschiedenen Messreifen im Vergleich zu einem modernen PW-Reifen.

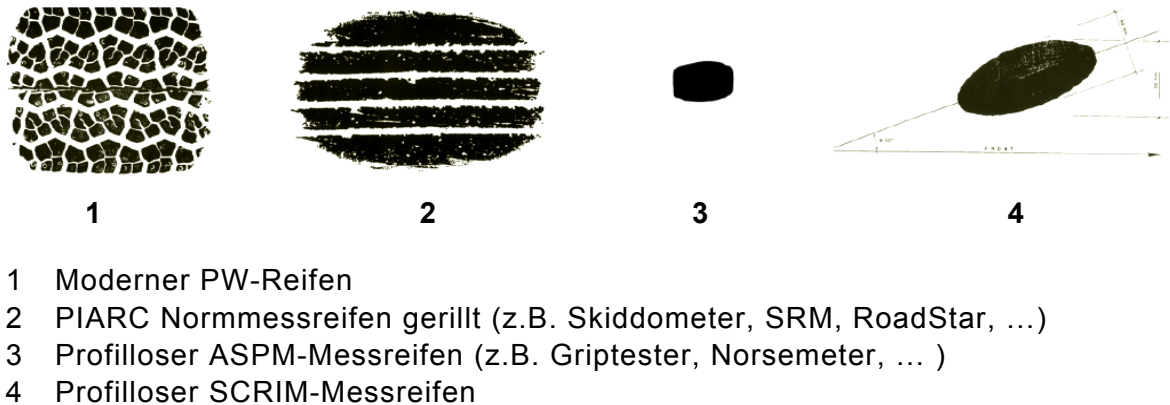


Abb. 6: Kontaktflächen von verschiedenen Messreifen im Vergleich zu PW-Reifen [27]

Die Messsysteme mit gerade gestelltem Messrad verwenden grösstenteils die gerillten oder profillosen PIARC Normmessreifen, welche eine vergleichbare Kontaktfläche zu üblichen PW-Reifen aufweisen. Somit ist gewährleistet, dass das gesamte Makrotexturspektrum in seiner vollständigen Relevanz für die real verkehrenden Fahrzeuge durch die Reibungsmessung erfasst wird. Messungen mit kleineren (SCRIM) oder viel kleineren Messreifen (ASPM-Messreifen) können je nach Texturausprägung zu etwas anderen „Reibungsverläufen“ als mit normalen PW-Reifen führen. Die kleinere Kontaktfläche hat eine entsprechend schlechtere Mittelungswirkung und kann eher von störenden Faktoren wie Oberflächenschäden oder Spurrinnen beeinflusst werden. Die störenden Einflüsse von Spurrinnen oder kurze Unebenheiten sind bei Systemen mit schräggestelltem Rad noch verstärkt.

Vergleich gerillter PIARC-Reifen mit konventionellem PW-Reifen

In Österreich wurde vom Forschungsinstitut Arsenal Research in Wien eine umfangreiche Vergleichserie zwischen dem gerilltem PIARC-Normreifen und verschiedenen konventionellen PW-Reifen mit dem RoadStar Messfahrzeug (18% Schlupf) durchgeführt [27]. Dabei wurde ein Wirkungsvergleich auf unterschiedlich griffigen Strecken realisiert sowie die Extremzustände auf trockener und Schnee bedeckter Fahrbahn erfasst.

Die nachstehende Abbildung zeigt deutlich:

1. Trockene oder Schnee bedeckte Fahrbahnen weisen einen etwa gleichmässigen Verlauf der Reibungsbeiwerte auf hohem, bzw. tiefem Niveau auf.
2. Unterschiedliche Griffigkeitswerte (hier sogar extrem unterschiedliche) sind nur auf nassen Fahrbahnen (0.5 mm Wasserfilm bei dieser Messung) zu verzeichnen.
3. Verglichen mit konventionellen PW-Reifen weist der PIARC-Normreifen stets einen leicht tieferen Wert (bei guter Griffigkeit) bis deutlich tieferen Wert (bei schlechter Griffigkeit) auf. Dieses Verhalten ist optimal. Somit ist eine hohe Erhebungsempfindlichkeit gewährleistet, welche eine gegen unten offene Sicherheitsreserve gegenüber PW-Reifen aufweist.

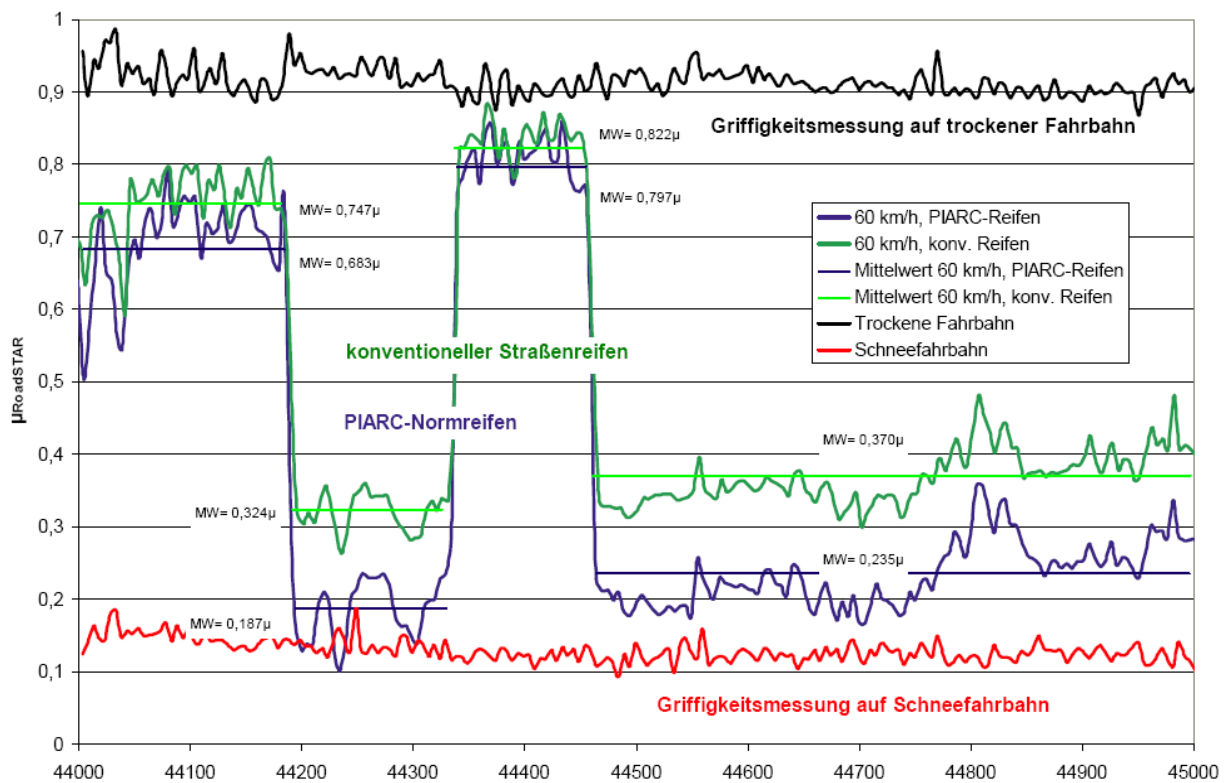


Abb. 7: Vergleichsmessungen mit trockener und bewässelter Messspur sowie zwischen konventionellem PW-Reifen und dem normierten gerillten AIPCR-Messreifen [Messungen und Abbildung: Arsenal Research – Wien]

3.8 Messgeschwindigkeit

Die Messgeschwindigkeit ist von Land zu Land individuell geregelt und weist auch gerätespezifisch eine sehr grosse Bandbreite auf. Es wird hauptsächlich unterschieden zwischen Inner-/Ausserortsstrassen und Autobahnen. Für die Vergleichbarkeit der Resultate ist jedoch die Messgeschwindigkeit ein entscheidender Faktor. Zu Beachten ist die relative Geschwindigkeit des Messrades zur Fahrbahnoberfläche.

Während diese bei der Blockmessung identisch mit der gefahrenen Geschwindigkeit ist, muss bei der Schlupfmessung die Messgeschwindigkeit noch mit der Prozentzahl der Schlupfeinstellung multipliziert werden, (z.B. 60 km/h * 18/100 = 11 km/h bei 18 % Schlupf). So können Resultate von gleichen Messsystemen nur direkt miteinander verglichen werden, wenn sie mit der gleichen Geschwindigkeit ermittelt worden sind (und bei Schlupfmessung mit der gleichen Einstellung). Ist das aus irgendwelchen Gründen nicht möglich, müssen die gemessenen Werte von der einen der beiden Geschwindigkeiten auf die andere mit einem im Voraus ermittelten Faktor umgerechnet werden. Ein solcher Umrechnungsfaktor muss auf einer Teststrecke mit diversen Vergleichsfahrten für jedes Messsystem ermittelt und mit vergleichbaren Messsystemen verglichen werden. Mögliche Einfüsse des Belagstyps müssen ebenfalls analysiert werden.

4 GRIFFIGKEITSMESSGERÄTE

4.1 Einführung

Die Griffigkeit ist definitionsgemäss ein Wirkindex. Sie kennzeichnet die Wirkung der Rauheit auf den Reibungswiderstand (Kraftschlussvermögen) zwischen den Fahrzeugreifen und der nassen Fahrbahn. Danach gilt es, die Wirkung der Rauheit, bzw. der Textureigenschaften der Fahrbahnoberfläche bei nasser Fahrbahn zu beschreiben. Aufgrund der Vielzahl von Einflussparametern sind Griffigkeitsmessungen unter genau definierten Bedingungen durchzuführen.

Alle angewandten Messgeräte führen somit ihre Aufnahmen in einer bewässerten Messspur mit einem kontrollierten Wasserfilm von 0.5 bis 1 mm. Die folgende Abbildung stellt als Beispiel die Bewässerungsvorrichtung eines Messgerätes (RoadStar) mit gerade geführtem Messrad dar.

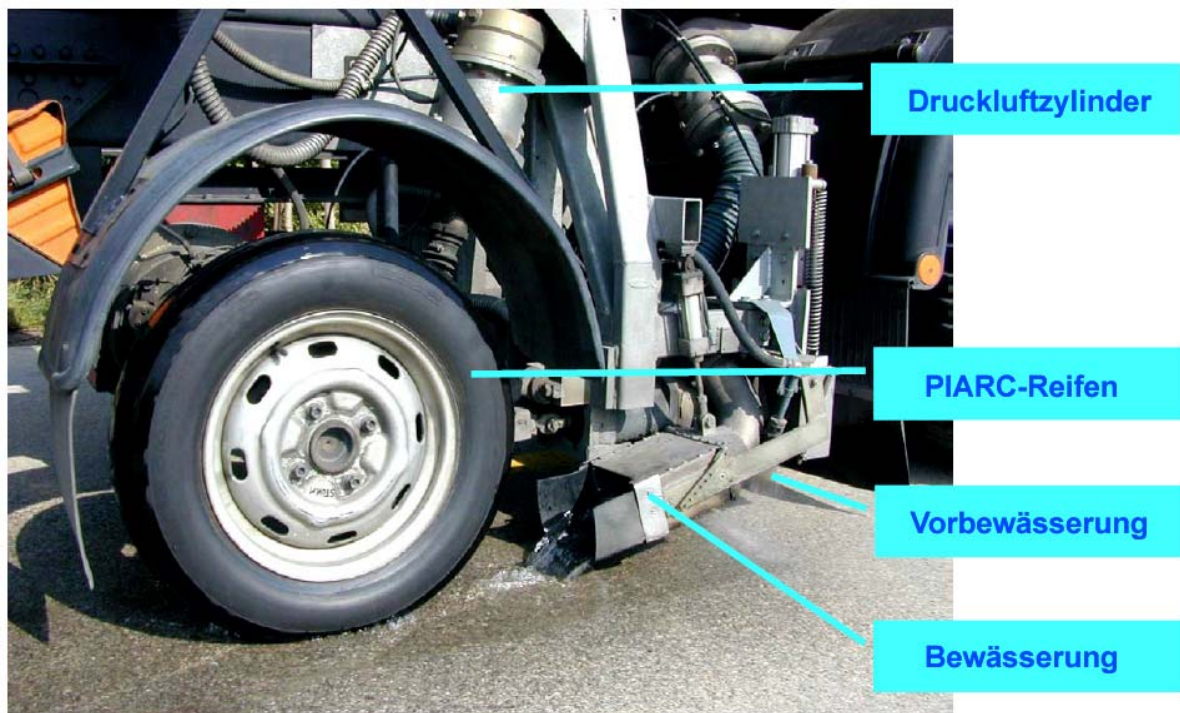


Abb. 8: Beispiel einer Bewässerungsvorrichtung vor dem Messreifen (RoadStar) [27]

Die Griffigkeitsmessgeräte können in zwei Hauptgruppen unterteilt werden:

- Gerade geführtes Messrad
Skiddometer, SRM, RoadStar, Adhera, GripTester, IMAG, ROAR
- Schräg geführtes Messrad
SCRIM (20°), Odiolograph (20°), Stradograph (12°), μ -Sisu (8-20°)

4.2 Geräte mit gerade geführtem und blockiertem Messrad

4.2.1 Messprinzip

Zur Beurteilung der Griffigkeit einer Fahrbahnoberfläche wird ein in Fahrtrichtung abrollendes Schlepprad verwendet, welches während der Messphase (ca. 20 m) blockiert wird. Gemessen wird jeweils in den Radspuren. Das Verhältnis der gemessenen Reibungskraft R zur statischen Radlast N wird als Reibungskoeffizient μ bezeichnet. Die Messgeschwindigkeit, der Gleitreibungsbeiwert und die Wegmarkierungen für die örtliche Zuordnung werden laufend aufgezeichnet. Es wird während der Messung keine automatische Korrektur bei einer Abweichung der Ist- von der Sollmessgeschwindigkeit vorgenommen. Die auf der Kontaktfläche Reifen/Fahrbahn entstehende Reibungskraft wird nach dem Prinzip einer Drehmomentenmessung durch Dehnmessstreifen gemessen. Die Blockmessungen werden automatisch ausgelöst, sodass durchschnittlich alle 50 m eine Messung erfolgt.

Skiddometer

Der Skiddometer ist ein einachsiger Messanhänger mit drei Rädern. Das Messrad ist in der Mitte angeordnet. Um in der rechten Radspur eines Fahrstreifens zu messen muss mit dem Messanhänger versetzt gefahren werden. Es wird eine Vollbremsung ohne Anti-Blockier-System (ABS) simuliert, indem das Messrad während der Messfahrt bei konstanter Geschwindigkeit intermittierend blockiert.

SRM

Der Schweizer SRM (IVT-ETHZ) ist ein Lastwagen mit einer doppelten Messeinrichtung (zwei Schleppräder), welche die gleichzeitige Prüfung beider Radspuren erlaubt. Die Schleppräder sind hinten am Lastwagen rechts und links angebracht. Mit dem SRM sind Block-, Schlupf- (ca. 15%) und ABS-Messungen möglich. Der grössere Wassertank erlaubt es, längere Messstrecken aufzunehmen. Die Blockmessung erfolgt analog dem Skiddometer ebenfalls vollautomatisch. Die Auswertung erfolgt informatikgestützt.

Adhera

Der französische Adhera ist wie der Skiddometer als Anhänger konzipiert, ist jedoch lediglich als einrädiger Anhänger mit dem Messrad ausgerüstet. Die Blockmessung wird analog dem Skiddometer automatisch ausgelöst.

4.2.1 Messverfahren

Bei diesen Geräten wird mit einer Benetzungsanlage ein gleichmässiger Wasserfilm von 0.5 mm (Skiddo/SRM) bzw. 1.0 mm (Adhera) vor dem Messrad erzeugt. Die Radlast beträgt 3.5 kN (Skiddo/SRM) bzw. 2.5 kN (Adhera), der Reifeninnendruck 1.5 bar (Skiddo/SRM) bzw. 1.8 bar (Adhera). Zu verwenden sind PIARC-Messreifen der Dimension 165 R15, schlauchlos mit vier Längsrillen (Skiddo/SRM) oder profillos (Adhera). Die Messreifen sind verpackt und vor Sonnenlicht und Zugluft geschützt bei Temperaturen unter 20°C fachgerecht aufzubewahren. Aus Gründen der Gummialterung sollte ein Messreifen nicht länger als vier bis sechs Monate im Einsatz sein. Andere Schleppräder sind zugelassen wenn eine eindeutige Korrelation nachgewiesen wurde. Die Messung erfolgt mit einer konstanten Messgeschwindigkeit.

Einmal jährlich müssen die in der Schweiz eingesetzten Geräte (Skiddometer/SRM) durch das Institut für Verkehrsplanung und Transportsystem (IVT) an der ETHZ durch Vergleichsmessungen geprüft und die Geräte allenfalls neu justiert werden.

4.2.3 Einsatzbereich

Griffigkeitsmessungen mit Messfahrzeugen eignen sich vor allem, wenn hohe Messleistungen erforderlich sind. Beim Skiddometer wie auch beim SRM wird mit konstanter Geschwindigkeit gefahren (80, 60 oder 40 km/h), mit dem Adhera sind Messgeschwindigkeiten von 40 bis 120 km/h üblich. Um diese Geschwindigkeit zu erreichen ist vor und nach der Messstrecke eine entsprechende Beschleunigungs- bzw. Bremsstrecke notwendig. Der Vorteil dieser Messsysteme liegt zudem darin, dass die Griffigkeit unter Verkehr gemessen werden kann, eine Sperrung der Strasse während der Messfahrt ist nicht notwendig.



Abb. 9: Skiddometer BV8 der SACR AG



Abb. 10: Stuttgarter Reibungsmesser SRM des IVT-ETHZ



Abb. 11: ADHERA des französischen LCPC



Abb. 12: IMAG (Aéroport de Paris)

4.3 Geräte mit gerade geführtem Rad und konstantem oder variablem Schlupf

Der Vorteil der Schlupfmessung gegenüber den punktuellen Messungen bei der Blockmessung besteht darin, dass auf der ganzen Messstrecke eine lückenlose Bestandesaufnahme in der entsprechenden Radspur resultiert.

SRM, Skiddo, Roadstar, Grip Tester, ROAR, TATRA, IMAG, DWW

Der Stuttgarter Reibungsmesser, genannt SRM, sowie der Skiddometer sind so ausgelegt, dass sie nebst der Blockmessung auch Griffigkeitsmessungen mit konstantem Schlupf messen können. Die Schlupfmessung wird z.B. beim Skiddometer mechanisch erzeugt, indem die Messradachse mit den beiden anderen Radachsen zusammengekoppelt wird. Durch den kleineren Radius des Messrades entsteht so ein konstanter Schlupf von 16 %.

Die restlichen aufgeführten Messgeräte sind nur für die Schlupfmessungen konzipiert oder werden lediglich dafür eingesetzt. So ist beim Grip Tester das Messrad über eine Kettenverbindung mit unterschiedlichen Zahnkränzen auf eine konstante Schlupfmessung von 18 % eingestellt. Die Schlupfeinstellung variiert von Gerät zu Gerät zwischen 15 % (SRM/IMAG), 16 % (Skiddo), 18 % (RoadStar & Grip Tester), 20 % (ROAR in Dänemark), 25 % (TATRA) bis hin zu 86 % Schlupf (ROAR in Norwegen und Niederlande/DWW).

Der SRM und der RoadStar sind im Übrigen noch zusätzlich mit einer ABS-Messsteuerung ausgerüstet, sodass sie die Spitze des Widerstandes zwischen der Fahrbahnoberfläche und dem Messrad ermitteln können. Mit dieser Messmethode ist die beste Übereinstimmung mit den modernen, vorwiegend mit ABS ausgerüsteten, PKW möglich.



Abb. 13: RoadStar (Arsenal Research, Österreich)



Abb. 14: ROAR (Norwegen)



Abb. 15: GripTester



Abb. 16: ROAR, Messfahrzeug und Messvorrichtung mit ASTM-Reifen (Niederlande)



4.4 Geräte mit schräggestelltem Messrad

SCRIM, μ -SISU, Stradograph, Odiolograph

SCRIM ist eine Abkürzung vom englischen Begriff „Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine“. Beim SCRIM wird, wie bei den anderen Maschinen dieser Gerätefamilie, der Seitenkraft-Reibungsbeiwert μ_y (siehe Definition im Kapitel 3.5) mit einem schräg gestellten Rad gemessen. Die Seitenkraft entsteht, wenn der Geschwindigkeitsvektor V ausserhalb der Ebene des Messrades liegt. Dieses Messprinzip simuliert weitgehend den Zustand der Kurvenfahrt und des Schleuderns, wo der Seitenreibungswert eine massgebende Rolle spielt. Das Messrad ist seitlich am Fahrzeug (LKW) montiert und ermöglicht dadurch Messungen in der rechten Fahrspur ohne nennenswerte Behinderungen des Verkehrs. Die Messung erfolgt mit einem profillosen Messreifen auf einer bewässerten Fahrbahn mit einem künstlich erzeugten Wasserfilm, was zu einer grösseren Empfindlichkeit der Messung und einer besseren Wiederholbarkeit der Messergebnisse führt. Die Messgeschwindigkeit ist national geregelt und variiert zwischen 50-100 km/h (Ausnahme Stradograph 12-60 km/h). Je nach Messgeschwindigkeit liefern die Messgeräte alle 5, 10 oder 20 Metern einen Mittelwert aus 8 Messungen des Griffigkeitskoeffizienten.

Bei Messungen auf verformten Fahrbahnen (insbesondere bei Spurrinnen) ist die Seitenkraftmessung aufgrund der Radanordnung in Bezug auf die Wiederholbarkeit problematisch. Das schräg gestellte Messrad reagiert sehr differenziert auf seitliche Abweichungen während der Messung und kann somit bei gleicher Oberfläche unterschiedliche Resultate erzeugen. Bei ebenen Fahrbahnoberflächen ist diese Problematik nicht vorhanden. Alle Messresultate sowie die üblichen Informationen wie Geschwindigkeit, Bezugspunkte etc. werden während der Fahrt elektronisch gespeichert. Die Auswertung erfolgt Informatik gestützt.



Abb. 16: SCRIM (WDM England)



Abb. 17: Stradograph

4.5 Übersicht der in Europa verwendeten Griffigkeitsmesssysteme

Die nachstehende Auflistung gibt einen Überblick über die verschiedenen Messgeräte der 3 Hauptgruppen und ihre Verbreitung (die Geräteanzahlen wurden anhand der Literaturlauswertung bestimmt und im Rahmen von Kontakten im CEN TC 227 WG5 überprüft. Sie sind ohne Gewähr auf absolute Richtigkeit und Vollständigkeit).

a) Gerade geführtes Messrad mit Blockmessung

	EUROPA	SCHWEIZ
Skiddometer BV8	2 Messgeräte	2
SRM	4 Messgeräte	1
Adhera	1 Messgerät	---

b) Gerade geführtes Messrad mit konstantem Schlupf

	EUROPA	SCHWEIZ
Skiddometer BV8	4 Messgeräte	2
Skiddometer BV11 (Flughafen)	ca. 20 Messgeräte	14
SRM	4 Messgeräte	1
RoadStar	2 Messgeräte	---
Grip Tester	ca. 10 Messgeräte	---
DWW	2 Messgeräte	---
ROAR	4 Messgeräte	---
TATRA	1 Messgerät	---
IMAG	2 Messgerät	---

c) Schräg gestelltes Messrad

	EUROPA	SCHWEIZ
SCRIM	ca. 45 Messgeräte	---
Stradograph	2 Messgeräte	---
μ - Sisu	1 Messgerät	---
Odiolograph	2 Messgeräte	---

Detaillierte Angaben über die einzelnen Messgeräte sind in Beilage 2 zu finden.

5 BEWERTUNG DER GRIFFIGKEIT

5.1 Einführung

Für die Bewertung der Griffigkeit stehen verschiedene Verfahren und Methoden zur Verfügung. Einerseits kann die dynamische Messmethode mit Messfahrzeugen angewendet werden, andererseits gibt es die Möglichkeit einer Einschätzung des Griffigkeitszustandes mittels Texturmessungen (es gibt vorläufig keine allgemein gültige Korrelation zwischen Textur und Griffigkeit). Bei der Kombination beider Erhebungsmethoden können vor allem für Expertisen auf kritischen Strecken ergänzende Resultate erzielt werden, die für eine optimale Beurteilung der Griffigkeitsverhältnisse und der potentiellen Verbesserungsmöglichkeiten hilfreiche Anhaltspunkte liefern.

Die Bewertung der dynamischen Griffigkeitsmessungen richtet sich nach der jeweiligen Messmethode (Block- oder Schlupfmessung, gerade oder schräg gestelltes Rad etc.) und dem Anwendungsbereich (Abnahmemessung, Zustandserfassung, Objekt bezogene Beurteilung, Sicherheitsaudit, etc.).

5.2 Bewertungsansätze und -methoden

Die Bewertungsansätze variieren in Europa erheblich und sind in den meisten Fällen aufgrund der verschiedenen Messmethoden nicht direkt vergleichbar. Es bestehen jedoch auch innerhalb der gleichen Messmethoden und für die gleichen Anwendungen teilweise recht grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Staaten (siehe Zusammenstellung in den Beilagen 2 und 3).

5.2.1 Bewertungsansätze in der Schweiz

Gemäss Schweizernorm SN 640'510 [60] basiert die aktuelle Bewertung ausschliesslich auf Messsystemen mit gerade geführtem Messrad (Skiddometer und SRM) und auf Reibungswerten mit blockiertem Rad (100% Schlupf).

Die Griffigkeit wird lediglich aufgrund der Messgeschwindigkeit unterschiedlich bewertet. Je nach Geschwindigkeit sind die unteren Grenzwerte des Reibungsbeiwertes auf $\mu = 0.32$ (80 km/h), $\mu = 0.39$ (60 km/h) und $\mu = 0.48$ (40 km/h) festgelegt.

Die Richtwerte gemäss aktueller Norm SN 640'511 [61] gelten sowohl für Zustandserfassungen wie auch für Abnahmemessungen. Sie basieren auf Untersuchungen des damaligen ISETH (Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau der ETH Zürich), heute Teil des IVT-ETHZ, und wurden seit 1982 nicht mehr systematisch und ganzheitlich überprüft.

Es werden in der Schweiz keine offiziellen Unterscheidungen gemacht zwischen z.B. Zielwert, Warnwert, Schwellenwert oder Abnahmewert, Garantiewert, Zustandswert. Eine differenzierte Festlegung der Grenzwerte würde jedoch genauere und zielbezogene Beurteilungen der Messungen ermöglichen und wird in weiten Teilen Europas bereits angewendet (siehe Beilagen 3).

Als nicht normierte Hilfe zur Klassifizierung der Griffigkeitswerte kann der Bewertungshintergrund des IVT (Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich) angewendet werden. Dieser Hintergrund basiert auf den Resultaten von rund 270 dynamisch gemessenen Fahrbahnbelägen in den Jahren 1979 – 1982 (Forschungsbericht EDI Nr. 20/76 des Instituts für Strassenbau der ETH Zürich). Er hat trotzdem einen indirekten Weg in die Normierung gefunden. Der Hintergrund diene als Grundlage für die Abbildung 4 „Umwandlung des Reibungskoeffizienten in Indexwerte I₄“ der SN 640'925b [62].

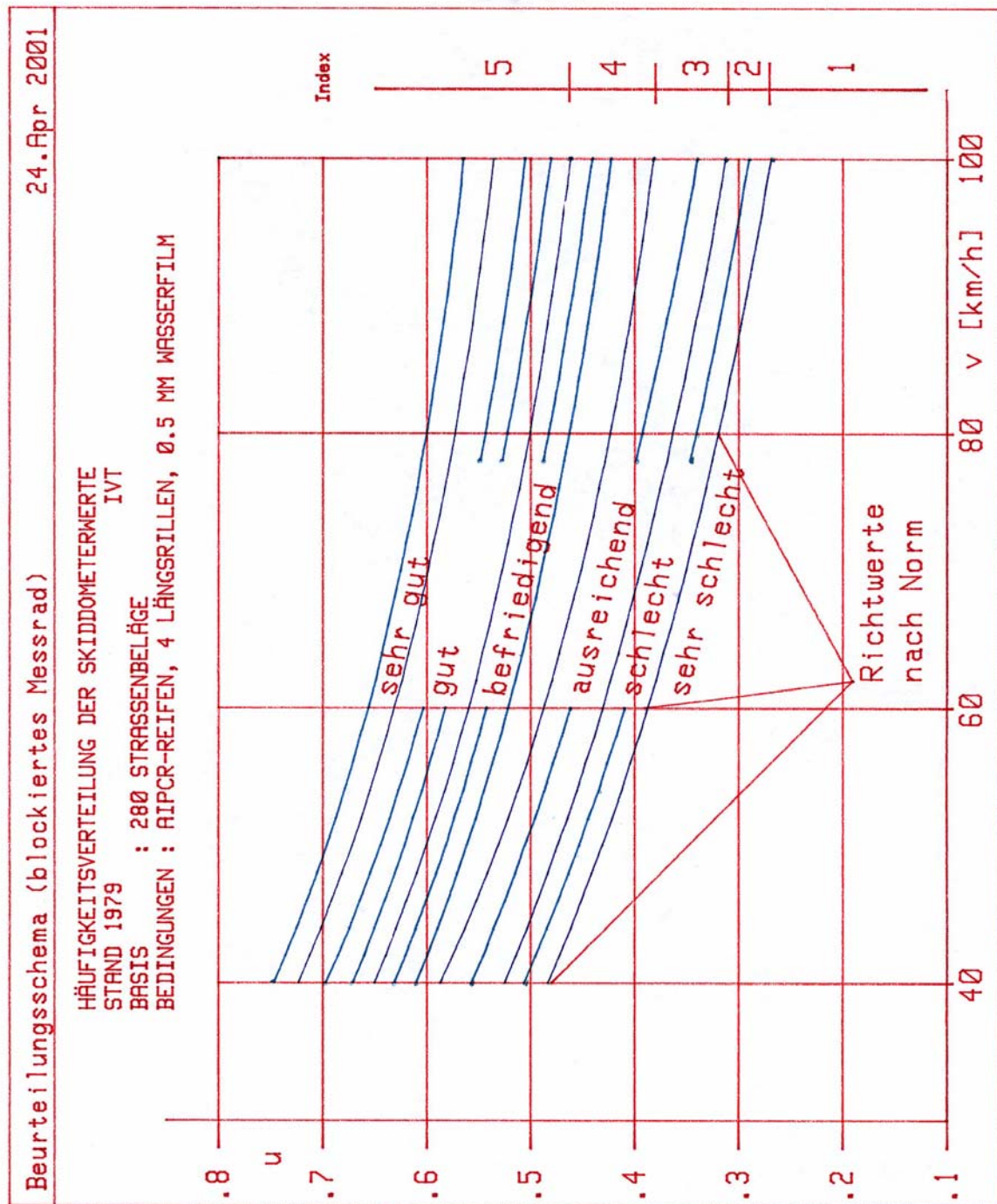


Abb. 19: Bewertungshintergrund IVT-ETHZ (Ergebnis FA EDI 20/76)

5.2.2 Bewertungsansätze in Frankreich

In Frankreich wird bei den Abnahmemessungen normalerweise komplett auf Griffigkeitsmessungen verzichtet. Somit werden die Unsicherheiten in Bezug auf die Anfangsgriffigkeit umgangen. Die Abnahmemessungen basieren ausschliesslich auf die systematische Erhebung der mittleren Makrotexturtiefe. Die entsprechenden Anforderungen sind für verschiedene Strassenkategorien und verschiedene Verkehrssituationen in der „Circulaire n° 2002-39 de la direction des routes,“ [20] sehr detailliert abgestuft. Messungen von Griffigkeitsbeiwerten mit den Messfahrzeugen Adhera oder SCRIM werden lediglich zur Beurteilung des Betriebszustandes eingesetzt. Dabei werden je nach Strassentyp und Strassenlage (innerorts und ausserorts) insgesamt 4 Geschwindigkeitsstufen berücksichtigt.

Maximale Geschwindigkeit	Strassentyp	Linienführung	Längsgefälle	Mittlere Texturtiefe	
				Mittelwert	Minimum
V = 90 km/h	Kantonsstrassen	Alle Strecken	$i \leq 5 \%$	$\geq 0.60 \text{ mm}$	$\geq 0.40 \text{ mm}$
			$i > 5 \%$	$\geq 0.80 \text{ mm}$	$\geq 0.60 \text{ mm}$
V = 110 km/h	Autostrassen		$i \leq 5 \%$	$\geq 0.60 \text{ mm}$	$\geq 0.40 \text{ mm}$
			$i > 5 \%$	$\geq 0.80 \text{ mm}$	$\geq 0.60 \text{ mm}$
V = 130 km/h	Autobahnen	$R \geq 1000 \text{ m}$	$i \leq 5 \%$	$\geq 0.60 \text{ mm}$	$\geq 0.40 \text{ mm}$
		$R \geq 600 \text{ m}$		$\geq 0.70 \text{ mm}$	$\geq 0.50 \text{ mm}$

Abb. 20: Beispiel von Textursollwerten im Ausserortsbereich aus „Circulaire n° 2002-39“

5.2.3 Bewertungsansätze in Deutschland

In Deutschland wurden im Rahmen der ZTV Asphalt-StB 01 [25] und der ZTV Beton-StB 01 [26] die Abnahmewerte der Griffigkeit sowie die Gewährleistungswerte (Garantieabnahme nach 3 Jahren) definiert. Dazu wurden in einer PMS-Sicht die entsprechenden Zielwerte, Warnwerte (Anlass zur Analyse der Ursachen für die gemessene Zustandsverschlechterung und zur Planung von möglichen Sanierungsmassnahmen) sowie Schwellenwerte (Erhaltungsmassnahmen oder Verkehrsbeschränkung nötig) für die verschiedenen Messgeschwindigkeiten angegeben.

Bei ungenügender Griffigkeit wird eine ingenieurmässige Beurteilung vorgenommen. Dies bedeutet, dass Abklärungen betreffend der Notwendigkeit von baulichen Massnahmen getroffen werden. Diese Überprüfung basiert in erster Linie auf eine Analyse der Unfallhäufigkeit auf dem untersuchten Abschnitt. Nur im Falle einer nachgewiesenen erhöhten Anzahl von Schleuder- und Auffahrunfällen werden sofortige Massnahmen getroffen. Je nach Situation und Schwere der Abweichung können solche Massnahmen von der Oberflächenbehandlung über die Auswechslung der Deckschicht bis zu Anpassungen in der Streckengeometrie reichen. Im Falle einer nicht erhöhten Unfallhäufigkeit wird die Strecke weiterhin regelmässig beobachtet und überprüft.

5.2.4 Bewertungsansätze in England

Drei Länder in Europa zeigen interessante offizielle Beurteilungsansätze im Bereich der Oberflächeneigenschaften. England spielt seit 1988 eine Vorreiterrolle und wendet seit mehr als 10 Jahren eine klare und engagierte Politik in diesem Bereich an. Die vorhandenen Anforderungen sind 2004 noch verfeinert worden. Im Sinne einer Abstimmung zwischen Angebot und Nachfrage wurden die Anforderungsmassstäbe an die Makrotextur und die Griffigkeitswerte für verschiedene Strassenkategorien und Strassenumgebungen abgestuft. Bei Nichteinhaltung der Anforderungen wird sofort eine ingenieurmässige Beurteilung der betroffenen Strecke angeordnet.

Oberflächeneigenschaften GB	Griffigkeit	Mittlere Makrotexturtiefe MTD	
	Erforderliche Mindestwerte	CFT [%]	Abnahme
Autobahn & Autostrasse	35	1.0 mm	0.7 mm
Strassenabschnitt mit nicht Richtungsgetrenntem Verkehr	40	1.0 mm	0.7 mm
Kreuzungsbereich bei Strassen mit richtungsgetrenntem Verkehr	40	1.0 mm	0.7 mm
Kreuzungsbereich bei Strassen mit nicht richtungsgetrenntem Verkehr	45	1.0 mm	0.7 mm
Strassenäste einer Kreuzung mit einer Hauptstrasse	45	1.2 mm	0.8 mm
Längsgefälle 5..10% über mehr als 50 m	45	1.2 mm	0.8 mm
Längsgefälle >10% über mehr als 50 m	50	1.2 mm	0.8 mm
Kurvenradius kleiner als 250 m bei maximaler Geschwindigkeit > 60 km/h	45	1.2 mm	0.8 mm
Strassenäste im Bereich eines Kreisels	55	1.5 mm	1.0 mm
Bereich vor einem Fussgängerstreifen	55	1.5 mm	1.0 mm

Abb. 21: Erforderlicher Mindestwert der Griffigkeit (CFT) und Textur (MDT) [15]

5.3 Aktuelle Anforderungen in Europa

5.3.1 Stand der EN-Normierung

Die Anforderungen an die Griffigkeit sind in Europa sehr individuell geregelt. Es gibt selbst unter den Ländern mit den gleichen Messgeräten unterschiedliche Anforderungsmassstäbe. Die Korrelationen zwischen verschiedenen Messarten und Messgeräten sind trotz den Ergebnissen des HERMES Projektes noch nicht von genügender Zuverlässigkeit. Eine einheitliche Normierung der einzelnen Gerätefamilien (Technische Spezifikationen wurden im CEN TC 227 – WG 5 ausgearbeitet und sollten 2008 publiziert werden) könnte wesentlich mehr Transparenz und bessere Vergleiche ermöglichen.

5.3.2 Anforderungen für Messungen mit gerade geführtem Messrad

Die Anforderungen der meisten europäischen Länder sind in der Beilage 2 tabellarisch aufgelistet und in der Beilage 3 grösstenteils graphisch zusammengefasst.

Aufgrund der verschiedenen Messgeräte und der teilweise sehr unterschiedlichen Ansätze in den EU-Ländern bezüglich Messgeschwindigkeit, Typ der Beurteilungswerte und Abstufung je nach Strassenkategorien, bleiben statistisch auswertbare Vergleichsmöglichkeiten begrenzt. Die Vergleichsmöglichkeiten sind aufgrund der Versplitterung zwischen Block- und Schlupfmessungen sowie zwischen gerilltem und profillosem AIPCR-Messreifen zusätzlich erschwert.

5.3.3 Anforderungen für Seitenkraftmessungen

Die Anforderungen der meisten europäischen Länder sind in der Beilage 2 tabellarisch aufgelistet und in der Beilage 3 grösstenteils graphisch zusammengefasst.

Aufgrund der teilweise sehr unterschiedlichen Ansätze in den EU-Ländern bezüglich Messgeschwindigkeit, Typ der Beurteilungswerte und Abstufung je nach Strassenkategorien, bleiben statistisch auswertbare Vergleichsmöglichkeiten begrenzt. Die Vergleichsdiagramme der Beilage 3 für die verschiedenen Wertekategorien (Abnahme-, Ziel-, Schwellen- und Warnwerte) zeigen aber meistens einen „Mehrheitstrend“ mit mehr oder weniger grossen Schwankungen. Eine einigermaßen gute Übereinstimmung ist bei den Schwellen- und Warnwerten des SCRIM-Gerätes zu beobachten.

5.4 Zeitlicher Verlauf der Anforderungen

Die Anforderungen sollten Erhebungen zu verschiedenen Zeitpunkten vorsehen. Die erste Griffigkeitsüberprüfung sollte bei der Belagsabnahme erfolgen. Die nächste Erfassung sollte spätestens vor der Garantieabnahme anhand einer dynamischen Messung stattfinden. Anschliessend sind im Sinne der Sicherheitsgewährleistung periodische Zustandserfassungen nötig.

5.4.1 Abnahme neuer Beläge

Die Problematik der Anfangsgriffigkeit, vor allem bei Belägen mit Polymermodifiziertem Bitumen PmB (der oberflächliche Bitumenfilm überdeckt die Mikrotexur und braucht eine relativ lange Zeit bis er abgefahren wird), ist seit längerem bekannt. Diese Tatsache sollte bei der Griffigkeitsabnahme berücksichtigt werden. Die Abnahme der Griffigkeit sollte innerhalb der ersten drei bis sechs Monate nach dem Einbau des Deckbelages erfolgen. Die Minimalgriffigkeit bei der Abnahme, aber auch vom ersten Tag der Verkehrsübergabe, muss ein Niveau erreichen, das ein gefahrloses Befahren der Strecke bei Nässe gewährleistet.

5.4.2 Garantieabnahme

Die Schlussprüfung erfolgt vor dem Ablauf der Garantiefrist. Die Garantie ist in der Regel auf 3 Jahre (eventuell 5 Jahre) befristet. Die Anforderungen bei der Schlussprüfung müssen höher sein als bei der Abnahmemessung, sollten aber im Minimum eine für die vorgesehene Gebrauchsdauer noch befriedigende Griffigkeit gewährleisten.

5.4.3 Periodische Griffigkeitskontrollen (Netzebene)

Um die Sicherheit auf den Strassen langfristig zu gewährleisten, sollte die Griffigkeit periodisch auf den übergeordneten Strassen kontrolliert werden. Ein Intervall von durchschnittlich 5 Jahren gibt den Strasseneigentümern die Möglichkeit, bei schlechter werdender Griffigkeit rechtzeitig Massnahmen zu ergreifen. Eine individuelle Anpassung der Intervalle kann aufgrund der vorherigen Ergebnisse (mindestens 2 Abfolgen von Erhebungen) vorgenommen werden. Bei sehr guten Griffigkeitswerten kann das Intervall ohne weiteres erhöht werden, wogegen sich bei Strassen mit kritischen Werten intensivere Kontrollen aufdrängen.

5.5 Massnahmen bei schlechter oder ungenügender Griffigkeit

Die Griffigkeit ist einer der wichtigsten Faktoren für die Verkehrssicherheit auf den Strassen, deshalb ist deren laufende Beurteilung ein besonderes Augenmerk zu widmen. Nebst der Möglichkeit von finanziellen Abzügen (bei Abnahme oder Garantieabnahme) sind vor allem bei allzu schlechten Werten griffigkeitsverbessernde Massnahmen zu planen.

5.5.1 Schlechte Griffigkeit

Bei schlechten Abnahmewerten ist die Garantiefrist entsprechend zu verlängern. Die Verlängerung richtet sich nach dem Zustand der Griffigkeit sowie der Bedeutung der Strasse und muss von Fall zu Fall individuell unter Berücksichtigung aller Parameter festgelegt werden. Eine frühzeitige Wiederholung der Griffigkeitserhebung (6 bis 12 Monate nach der Abnahme) ist je nach Griffigkeitsniveau und Prognose über seine potentielle Entwicklung vorzusehen.

Schlechte Griffigkeitswerte bei periodischen Zustandserfassungen oder bei Objektbezogenen Erhebungen sollen ebenfalls zu einer baldigen Wiederholung der Aufnahmen bzw. zu weiteren Abklärungen führen (Texturmessung, Überprüfung des Polierwiderstands, usw.).

5.5.2 Ungenügende Griffigkeit

Bei ungenügender Griffigkeit sind die folgenden Untersuchungs- und Beurteilungsetappen vorzusehen:

1. Untersuchung der Unfallhäufigkeit und Unfallart auf dem betroffenen Abschnitt.
2. Wenn die Unfallanalyse griffigkeitsrelevante Unfalltypen aufzeigt (Schleuderunfall oder Auffahrunfall) sind Sofortmassnahmen nötig: Anbringen von Gefahrsignalen oder von Geschwindigkeitsbeschränkungen.
3. In der Folge müssen die Ursachen der ungenügenden Griffigkeit untersucht werden, (Texturmessungen, Überprüfung des Polierwiderstands der Mineralanteile, Belagsanalysen). Je nach Ergebnis sind umgehend griffigkeitsverbessernde Massnahmen zu ergreifen.
4. Wenn keine griffigkeitsrelevanten Unfälle zu verzeichnen sind, ist eine Planung von griffigkeitsverbessernden Massnahmen an die Hand nehmen.
5. Falls aufgrund der Untersuchungen keine langfristige Verbesserung der Griffigkeit erreicht werden kann, zum Beispiel aufgrund eines ungenügenden Polierwiderstands der Mineralstoffe, ist ein Ersatz des Belages vorzusehen.

6 WEITERE EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE GRIFFIGKEIT UND IHRE ZEITLICHE ENTWICKLUNG

6.1 Anfangsgriffigkeit von neuen Deckschichten

Es muss darauf hingewiesen werden, dass mögliche Griffigkeitsmängel sich hauptsächlich bei Nässe zum Risikofaktor entwickeln können (vgl. Abbildung Kapitel 3.7). Sehr griffige Beläge können in besonderen Situationen (z.B. Haltebereich vor Fussgängerstreifen) ebenfalls bei trockenen Verhältnissen zu besseren Verzögerungsleistungen (kürzere Bremswege) verhelfen und somit der Verkehrssicherheit dienen.

Die Problematik der Anfangsgriffigkeit wird oft unterschätzt. Die meisten Beläge weisen in den ersten Monaten nach dem Einbau eine tiefere Anfangsgriffigkeit auf als die endgültigen Werte im normalen Betriebszustand. Dieses Phänomen hängt mit der noch kompletten Umhüllung der oberflächlichen Splitte durch einen mehr oder weniger dicken Bitumenfilm zusammen. Dieser Bitumenfilm überdeckt die Körnoberfläche und vermindert entsprechend die Griffigkeitsanteile der Mikrotextur. Die nötige Zeit für seine Entfernung an der Kontaktfläche hängt vor allem vom Bitumentyp (länger bei PmB-Bitumen), von der Verkehrsbelastung (insbesondere Schwerverkehrsanteil), von der Intensität der Witterungseinflüsse (Galerien und Tunnels: kleinere bis keine Einflüsse) sowie von der Texturart und Texturgrösse ab.

6.2 Zeitliche Veränderung der Textur

Die zeitliche Verschlechterung der Griffigkeitswerte einer Belagsoberfläche hängt meistens mit einer der folgenden Einflussfaktoren zusammen:

- Allmähliche Abnützung der Mikrotextur aufgrund ungenügenden Polierwiderstandes der Mineralkörner.
- Verschluss der Makrotextur durch Nachverdichtung in den Radspuren bzw. Bindemittelanreicherung der Oberfläche bei hoher Temperatur.
- Verschmutzung bzw. Verschluss der Oberfläche durch Staub, Pneuabrieb und Russpartikel. Dies kann insbesondere in langen Tunnels vorkommen.

6.3 Witterungseinflüsse

Die Witterung hat auf die Griffigkeit der Fahrbahnoberflächen einen direkten, jedoch nach Art des Belagstyps (geschlossene oder poröse Textur) unterschiedlichen Einfluss. Bei Belägen mit porösen Oberflächen und einer hohen Entwässerungsleistung ist die Reduktion der Griffigkeit bei Regen gegenüber trockener Fahrbahn geringer als bei geschlossenen Decken. Nach längeren Trockenperioden kann sich bei Regen durch die Verbindung von grösseren Staubmengen mit dem Regenwasser auf allen Belagsarten eine Art Schmierschicht bilden. Länger anhaltende Regenfälle dagegen haben auf die Oberflächentextur eine eher reinigende Wirkung. Diese positiven Einflüsse bleiben auf überdeckten Abschnitten oder in Tunneln aus.

Die UV-Bestrahlung und die Schwankungen der Temperaturzyklen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für die oberflächliche Mikroalterung des Belages. Da diese Einflussfaktoren in Tunnel oder Galerien ebenfalls nicht zum Tragen kommen, zeigt warum auf solchen Strassenabschnitten mit einer relativ geringen Verbesserung der Anfangsgriffigkeit zu rechnen ist.

6.4 Ebenheitseinflüsse

Ebenheitsmängel können sich ebenfalls als sicherheitsrelevant erweisen. Die Bildung von Spurrinnen beeinträchtigen nicht nur die Spurführung, sondern sie können je nach Längs- und Querneigung zur Rückhaltung von unterschiedlichen Wassermengen führen, was das Aquaplaningrisiko entsprechend erhöht. Lokale ausgeprägte Längsunebenheiten, im schlimmsten Fall mit „Schanzenwirkung“, führen zu Schwankungen der Fahrzeugnormalkräfte (Anpresskraft auf den Kontaktflächen) und somit zu Störungen der Lenk- und Bremseigenschaften.

7 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE NORMREVISION

7.1 Art und Methoden der Griffigkeitserhebung

- Für neue Deckschichten auf dem übergeordneten Strassennetz sollte eine Abnahmemessung durchgeführt werden, sei es mindestens anhand einer kontinuierlichen Texturmessung.
- Eine dynamische Erfassung sollte für Objekte mit erhöhtem Griffigkeitsbedarf (Einfahrts- und Ausfahrtsrampen mit ausgeprägten Radien, Kreisel, Haltebereich vor Fussgängerstreifen) systematisch vorgesehen werden.
- Dynamische Griffigkeitsmessungen sollten vorzugsweise mit gerade geführtem Messrad ausgeführt werden (keine Verfälschung der Werte in Kurven, weniger empfindlich auf Verformungen und Spurrinnen). Bei grossen Messkampagnen auf Autobahnen mit Fahrbahnen im guten Zustand ist der Einsatz von Messsystemen mit schräg geführtem Messrad möglich (ohne Einfahrts- und Ausfahrtsrampen).
- In Zukunft sollten Erhebungen anhand einer Schlupfmessung den Vorrang gegeben werden (siehe auch 7.2).

7.2 Messbedingungen für dynamische Messsysteme

- Aufgrund der Ausführungen in den Kapitel 3.6 und 3.7 ist eine kontinuierliche Erfassung des Reibungsbeiwertes bei 18% Schlupf mit dem gerillten AIPCR-Reifen (aktueller Reifen für Blockmessung) als Grundstandard zu empfehlen. Diese Art von Messung entspricht am ehesten den aktuellen Fahrzeugsverhältnissen mit dem Trend einer vollständigen Verbreitung von ABS-Bremssystemen (aktuell ca. 60% des schweizerischen Fahrzeugsparkes).
- Die momentan in der Schweiz normierte Erfassung beim blockierten Messrad sollte für Strassenabschnitte mit erhöhtem Griffigkeitsbedarf (Sicherheit bei potentiell nötiger Vollbremsung, insbesondere für Fahrzeuge vorläufig ohne ABS) weiterhin angewendet werden. Solche Abschnitte liegen vor allem Innerorts oder im Kreuzungs- oder Kreiselbereich.
- Eine Erhebung der Makrotextur parallel zur Griffigkeitserfassung sollte für eine detaillierte Beurteilung und Interpretation der Griffigkeitswerte herangezogen werden. Sie wird bei einer möglichen späterer Einführung in die EN-Normierung des EFI (European Friction Index) sowieso erforderlich werden.

7.3 Wahl der Bewertungsmethoden

- Die heutige Situation in der Schweiz mit einem einzigen und allgemein gültigen Richtwert führt immer wieder zu Unverständnis seitens der Bauherrschaft und der Bauunternehmungen. Dieser Ansatz entspricht ausserdem keineswegs der realen Entwicklung der Griffigkeit (Anfangsgriffigkeit, zeitliche Schwankungen und langzeitige Entwicklung der Griffigkeit) sowie den Bedürfnissen einer differenzierten Beurteilung der Griffigkeitsverhältnisse (Abnahme, Garantieabnahme, Mindestwert oder Schwellenwert, Strassenabschnitte mit erhöhtem Griffigkeitsbedarf).
- Die Schwierigkeit bei der Wahl eines geeigneten Zeitpunkts zur Ausführung einer dynamischen Abnahmemessung (variiert in Europa zwischen „sofort nach Verkehrsfreigabe“ bis 6 Monate später) könnte mit der Einführung von verbindlichen und immer gültigen Mindesttexturwerten umgegangen werden. Diese Werte sollten wie in Frankreich je nach Strassentyp und Strassenlage abgestuft werden. Vor einer solchen Einführung müssen allerdings die wissenschaftlichen Grundlagen und ihre Anwendbarkeit in der Schweiz überprüft werden. Eine Kombination mit einer obligatorischen zusätzlichen Griffigkeitsmessung bei Unterschreitung eines Mindestwertes der Textur wäre ebenfalls denkbar.
- Im Rahmen der aktuellen Bestrebungen zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus auf den Schweizerstrassen (VESIPO, Via Sicura) müsste man sich ernsthaft mit dem in England angewandeten Ansatz einer situativen Beurteilung des Griffigkeitsbedarfs befassen, sprich Angebot \geq Nachfrage (siehe Kapitel 5.2.4). Ohne allzu weit ins Detail zu gehen, wäre es vernünftig, eindeutige und für die Verkehrssicherheit und Fussgängersicherheit relevante Situationen gesondert zu beurteilen (z.B. Kreiselbereiche, Ein- und Ausfahrten, Tunnel bzw. Tunnel mit Kurvenbereichen, Haltebereich vor Fussgängerstreifen, usw.).

7.4 Wahl der Beurteilungswerte

- Die Wahl der Beurteilungswerte hängt eng mit der Wahl der Mess- und Beurteilungsmethoden zusammen.
- Die vorhandenen dokumentierten Beurteilungswerte im In- und Ausland sind zahlreich und sollten bei den erwähnten Ansätzen für eine Normrevision eine geeignete Wahl ermöglichen (mindestens für eine erste Einführungsstufe).
- Die Weiterbenützung der jetzigen „Blockwerte“, sei es in einem engeren Rahmen, macht eine Aktualisierung und Normierung des vorhandenen Bewertungshintergrunds unumgänglich (Anpassung an der jetzigen Verteilung der Belagstypen). Die entsprechenden Grundlagen werden im Rahmen des im Frühling 2007 gestarteten Forschungsauftrags VSS 2005/702 „Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit“ ausgearbeitet und sollten gleichzeitig in die laufenden Normungsarbeiten einfließen.

7.5 Berücksichtigung der Texturwerte

- Um dem Unsicherheitsfaktor bezüglich Anfangsgriffigkeit der Beläge entgegenzuwirken, ist eine Abnahmemessung mittels Texturmessung (vor der Bauabnahme) gegenüber der dynamischen Griffigkeitserfassung vorzuziehen. Die dynamische Erfassung von Griffigkeitsbeiwerten sollte spätestens vor der Schlussprüfung erfolgen, bzw. im Rahmen der Abnahme bei kritischen Texturwerten.
- Eine Erhebung der Makrotextur parallel zur Griffigkeitserfassung sollte für eine detaillierte Beurteilung und Interpretation der Griffigkeitswerte standardmässig erfolgen. Bei einer allfälligen späteren Einführung des EFI (European Friction Index) wären dann diesbezüglich keine Änderungen mehr notwendig (beim EFI sind Texturmessungen vorgeschrieben).
- Mit verbindlichen und immer gültigen Mindesttexturwerten könnte eine einheitliche Beurteilung schon bei der Bauabnahme eines neuen Belages erfolgen. Ein guter Ansatzpunkt ist die Beurteilung in England mit sehr differenzierten Mindestvorgaben bezüglich Griffigkeit und Makrotexturtiefe je nach Verkehrssituation und Strassentyp (siehe Kap. 5.2.4). Möglich wäre auch eine Beurteilung analog dem französischen Muster.

7.6 Massnahmen bei ungenügender Griffigkeit

Bei ungenügender Griffigkeit ist je nach Ergebnis der Unfallanalyse (siehe auch Kapitel 5.5.2) eine Geschwindigkeitsbeschränkung und entsprechende Signalisation als Sofortmassnahme anzuordnen. In der Folge müssen die Ursachen der ungenügenden Griffigkeit untersucht werden, (Texturmessungen, Belagsanalysen, Materialeigenschaften, usw.). Je nach Ergebnis sind umgehend griffigkeitsverbessernde Massnahmen zu ergreifen. Falls aufgrund der Untersuchungen keine langfristige Verbesserung der Griffigkeit erreicht werden kann (z.B. aufgrund eines ungenügenden Polierwiderstandes der Mineralstoffe), ist ein Ersatz des Belages zu planen.

Bei ungenügender Griffigkeit sind folgende Massnahmen anzuordnen:

- Sofortmassnahmen (bei griffigkeitsrelevanten Unfällen)

- Geschwindigkeitsreduktion
- Zusätzliche Signalisation (Gefahrenhinweis)

- Langfristige Massnahmen (immer)

- **Ursachenermittlung**
 - Messung der Oberflächentextur
 - Bestimmung der Polierfähigkeit der Splitte (PSV-Wert)
 - Auswertung der Einbauprotokolle
 - Vollständige Belagsanalysen:
 - ♦ Bestimmung der Siebkurve
 - ♦ Bestimmung des Füllers (Art und Menge)
 - ♦ Bestimmung des Bitumentyps und -gehaltes, bzw,
 - ♦ Bestimmung der Zementdosierung.

- **Massnahmen**
 - Griffigkeitsverbessernde Oberflächenbehandlung mit Wasser-Höchstdruck (1'000 bis 2'000 bar)
Vorteil: Schonende Behandlung
Nachteil: Nur mittlere Verbesserung der Griffigkeit.
 - Mechanische Oberflächenbehandlung zur Verbesserung der Griffigkeit (Fräsen)
Vorteil: Gute Verbesserung der Griffigkeit
Nachteil: Oberflächenstruktur wird gestört.
> Lebensdauer wird reduziert.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Für die folgenden Quellen, siehe auch in Beilage 4 die komplette **Literaturauswertung - Teil 1** mit Zusammenfassung und Sortierung der Beitragsinhalte.

- [1] Strassenzustandserfassung mit dem Roadstar. Autor: Peter Maurer, Markus Meissner, Michael Fuchs, Johannes Gruber, Paul Foissner
- [2] Ergebnisse aktueller Griffigkeitsmessungen und Auswirkungen auf das technische Regelwerk. Autor: Dr. Ing. J. Schmidt
- [3] Qualitätssicherung bei den Systemen der Zustandserfassung und Bewertung. Die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche. Autor: Dr. Dipl. Ing. R. Kretz
- [4] Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland als Beitrag zu einer verbesserten Strassenverkehrssicherheit. Die Sicht einer Strassenverwaltung. Autor: Guntram Gumprecht, Jürg M. Sparmann
- [5] Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland - Eine kritische Analyse. Autor: Ulrich Habermann
- [6] Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner/Schulze. Autor: Siegfried Huschek
- [7] Griffigkeitsmessung in Österreich. Autor: Michael Fuchs
- [8] Der GripTester - Ein Kleingerät zur dynamischen Griffigkeitsmessung. Autor: Andreas Pfeiler
- [9] Griffigkeitsanforderungen aus der Sicht der österreichischen Strassenverwaltung. Autor: Hubert Tiefenbacher
- [10] Adhérence et sécurité routière. Revue Générale des Route et Aérodrômes n° 842 (2005). Autor: Delanne Y., Goyat Y.
- [11] Etude de l'effet de la pluie sur la sécurité des routes nationales et autoroutes. Analyse statistique - Note d'information n° 77 (1990). Autor : Setra institut
- [12] Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety. Project code 80435. Autor: Wallman C-G, Astrom H., Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping (2001)
- [13] Analyse des accidents. Infrastructure et sécurité. Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 185 (1993). Autor : Ferrandez F.
- [14] Apport à la sécurité routière des caractéristiques de surface des chaussées. Autor : M. Gothié Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 224 (2000)
- [15] Révision de la politique sur l'adhérence au Royaume Uni. Autor: Viner H., Sinhal R., Parry T. Revue routes n° 326 (2005)
- [16] Sealing is at the origin of rubber slipping on wet road. Autor: Persson B.N.J. Nature Material, Vol. 3 (2004)
- [17] Les mesures de l'adhérence des chaussées en France et leur interprétation. Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 255 (2005). Autor : Gothié M.
- [18] Rôle du pneumatique dans le phénomène l'adhérence Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 255 (2005). Autor : Foucard J.
- [19] Adhérence des pneumatiques, adhérence conventionnelle, comparaison et liaison avec la texture. Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 255 (2005). Autor : Delanne Y.

- [20] Circulaire n° 2002-39 de la direction des routes relative à l'adhérence des couches de roulement neuves et au contrôle de la macrotexture (2002).

Für die folgenden Quellen, siehe auch in Beilage 4 die komplette **Literaturauswertung - Teil 2** mit Zusammenfassung und Sortierung der Beitragsinhalte.

- [21] Merkblatt für griffigkeitsverbessernde Massnahmen an Verkehrsflächen aus Asphalt; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2002
- [22] Merkblatt für den Bau griffiger Asphaltdeckschichten; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 1994
- [23] Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Fahrbahndecken aus Beton; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Betonstrassen; 2000
- [24] Arbeitsanleitung für Griffigkeitsmessungen mit dem SRM; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 2004
- [25] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2001
- [26] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen in Betonbauweise; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Betonstrassen; 2002
- [27] Strassenzustandserfassung mit dem Roadstar; Messsystem und Genauigkeit; Arsenal Research; 2002
- [28] Beurteilung der Griffigkeit auf Fahrbahnen; Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich; 1983
- [29] Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland - eine kritische Analyse Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13,2002
- [30] Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner/Schulze Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13;
- [31] Griffigkeitsmessungen in Österreich Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13;
- [32] Der GripTester - ein Kleingerät zur dynamischen Griffigkeitsmessung Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13;
- [33] Griffigkeitsanforderungen aus der Sicht der österreichischen Strassenverwaltung Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002
- [34] Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland als Beitrag zu einer verbesserten Strassenverkehrssicherheit. Die Sicht einer Strassenverwaltung; Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002
- [35] Asphaltdeckschichten mit anforderungsgerechter Griffigkeit; Massnahmen für Planung und Ausführung. Deutscher Asphaltverband; 2001
- [36] Merkblatt zur Bewertung der Strassengriffigkeit bei Nässe; Merkblatt Griffigkeit; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 2003
- [37] Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer; weitere Ergebnisse; Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich; 1979
- [38] Griffigkeit – Bremsspur - Kraftübertragung; Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich 1984
- [39] Einfluss der Witterung auf die Griffigkeit von Fahrbahnen; Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich 1985

- [40] Griffigkeit und Verkehrssicherheit auf nasser Strasse;
Institut für Strassen- und Untertagebau an der ETH Zürich 1975
- [41] Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik; Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen;
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; 2002
- [42] Deutscher Strassen und Verkehrskongress Hamburg 2002;
Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen; 2002
- [43] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen; Asphaltbauweisen; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen;
Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2003
- [44] Untersuchungen über Ursache und Umfang der jahreszeitlich bedingten Schwankungen der Strassengriffigkeit; Technische Universität Berlin, Institut für Strassen- und Verkehrswesen; 1967
- [45] Richtlinien zur Bewertung der Strassengriffigkeit bei Nässe;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsausschuss Rauheit; 1998
- [46] Zur Griffigkeit österreichischer Strassenbeläge;
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2004
- [47] Ergebnisse aktueller Griffigkeitsmessungen und Auswirkungen auf das technische Regelwerk
- [48] Zustandserfassung und -bewertung Nationalstrassen (Fahrbahnen) ZEB-NS (1999-2002)
Bundesamt für Strassen
- [49] Arbeitsanweisung für kombinierte Griffigkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und dem Ausflussmesser; Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen;
Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 1972
- [50] Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Strassenbau, Teil: Messverfahren SCRIM; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 2001
- [51] Europäische Norm prEN 13036-2; 2002: Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen - Prüfverfahren - Teil2: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Verkehrsflächen
- [52] Europäische Norm EN 13036-1; 2001: Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren -Teil1: Messung der Makrotexturtiefe der Fahrbahnoberfläche mit Hilfe eines volumetrischen Verfahrens
- [53] Europäische Norm EN 13036-4; 2003: Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 4: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen: Pendeltest
- [54] Europäische Norm EN 13036-3; 2002: Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 3: Messung der horizontalen Entwässerung von Deckschichten
- [55] Qualitätssicherung bei den Systemen der Zustandserfassung und -Zustandsbewertung .
Die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche
- [56] Internes Handbuch - GripTester
Institut für Strassenbau und Strassenerhaltung T.U. Wien
- [57] Implementation of new method of measuring friction condition in Denmark
Nordic Road and Transport research No. 1/1999
- [58] Evaluation des recherches sur l'application de l'indice international de frottement (IFI)
Routes Roads N° 318 April 2003
- [59] Bauvertragliche Anforderungen an die Griffigkeit – Erste Erfahrungen aus NRW
Strasse und Autobahn 3.2005
- [60] SN 640'510, Griffigkeit, Messverfahren
- [61] SN 640'511, Griffigkeit, Bewertung
- [62] SN 640'925, Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen, Zustandserhebung und Indexbewertung

BEILAGE 1

Synthese der in Europa angewendeten Geräte

Synthese der in Europa angewendeten Messgeräte

Messgerät	Messbedingungen		Land	Anwendungsart	Bemerkungen
Roadstar	Messreifen Reifeninnendruck Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	PIARC-Reifen gerillt 2.0 bar 3'500 N 60 km/h 0.5 mm 5.00 m 50.00 m Rechte Radspur	Österreich (2)	Konstanter Schlupf 18 %	Minimale Profiltiefe 1.6 mm Bei tieferer Messgeschwindigkeit umrechnen
SRM	Messreifen Reifeninnendruck Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	PIARC - Reifen gerillt 1.5 bar 3'500 N 40-80 km/h 0.5 mm 20.00 m 50.00 m Rechte + linke Radspur	Deutschland (3) Schweiz (1)	Blockiertes Messrad Konstanter Schlupf 15 % ABS-Messung	Stuttgarter Reibungsmesser
SKIDDO	Messreifen Reifeninnendruck Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	PIARC - Reifen gerillt 1.8 bar 3'500 N 40 - 80 km/h 0.5 mm 20.00 m 50.00 m Rechte/Linke Radspur, Mitte	Schweiz (2)	Blockiertes Messrad Konstanter Schlupf 16 %	
SCRIM	Messreifen Reifeninnendruck Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser SCRIM-Reifen 3.5 bar 1'960 N 60-80 km/h, Autobahn 100 km/h 0.5 mm 20.00 m 100.00 m Rechte Radspur	Deutschland (14) Spanien (k.A.) Belgien (3) England (12) Frankreich (5) Italien (k.A.)	Schräggestelltes Messrad 20 °	Sideway-force coefficient routine investigation machine

Synthese der in Europa angewendeten Messgeräte

Messgerät	Messbedingungen	Land	Anwendungsart	Bemerkungen	
ADHERA 2	Messreifen Statische Radlast Reifeninnendruck Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser PIARC-Reifen 2'500 N 1.8 bar 40 - 120 km/h 1.0 mm 20.00 m 50.00 m Rechte/Linke Radspur / Mitte	Frankreich (1)	Blockiertes Messrad	
Grip Tester Schleppbetrieb	Messreifen Statische Radlast Reifeninnendruck Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser ASTM-Reifen 1.38 bar 30-130 km/h 0.2 - 1.0 mm 10.00 m 20.00 m Rechte/Linke Radspur / Mitte	GB (k.A.) Italien (5)	Konstanter Schlupf 18 %, erzeugt durch Kettenverbindung des Messrades (kleinerer Radkranz) mit der Hinterachse	Neuer Typ MK II (schwerer) Geschwindigkeitsabhängige Wasserfilmdicke
Grip Tester Schubbetrieb/ Handbetrieb	Messreifen Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser ASTM -Reifen 5 km/h 0.2 mm 16 cm Rechte/Linke Radspur / Mitte		Konstanter Schlupf 18 %, erzeugt durch Kettenverbindung des Messrades (kleinerer Radkranz) mit der Hinterachse	
μ-SISU	Messreifen Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Normaler Autopneu 60 - 80 km/h 1.0 mm 30 m 100 m Rechte Radspur	Finnland (1)	Schräg gestelltes Messrad 8-20°	

Synthese der in Europa angewendeten Messgeräte

Messgerät	Messbedingungen	Land	Anwendungsart	Bemerkungen	
ROAR	Messreifen Statische Radlast Reifeninnendruck Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser ASTM - Reifen 1551 1'200 N 2.0 bar 60/80(N;NL), 50/70(DK) km/h 0.5 mm min. 5 m 5 - 100 m Rechte/Linke Radspur	Dänemark (1) Norwegen (1) Niederlande (2)	Konstanter Schlupf 20 % Variabler Schlupf 86 % Variabler Schlupf 86 %	Inkl. Ableitung eines Texturwertes
Stradograph	Messreifen Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Lage der Messspur	Profilloser PIARC-Messreifen 250 kg 12 - 60 km/h 0.5 mm Rechte Radspur	Dänemark (2)	Schräg gestelltes Messrad 12°	
Odiolograph	Messreifen Reifeninnendruck Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser PIARC - Reifen 2.4 bar 2'700 N 50 / 80 km/h 0.5 mm 10 m (10 m) 100 m Rechte Radspur	Belgien (2)	Schräggestelltes Messrad 20°	50 km/h normale Strassen 80 km/h Autobahnen
DWW (Skiddo)	Messreifen Reifeninnendruck Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser PIARC - Reifen 2.0 bar 1'962 N 50 / 70 km/h 0.5 mm 5 m 100 m Rechte/Linke Radspur / Mitte	Niederlande (2)	Variabler Schlupf 86 %	

Synthese der in Europa angewendeten Messgeräte

Messgerät	Messbedingungen	Land	Anwendungsart	Bemerkungen	
TATRA	Messreifen Reifeninnendruck Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser ASTM - Reifen 2.1 bar 1'000 N 40 - 140 km/h 0.5 mm 20.00 m 50.00 m Linke Radspur	Tschechien (1)	Konstanter Schlupf 25 %	
IMAG Aéroports de Paris	Messreifen Reifendruck Statische Radlast Messgeschwindigkeit Wasserfilmdicke Mittelungslänge Auswertungslänge Lage der Messspur	Profilloser PIARC - Reifen 1.5 bar 1'800 N 65 km/h	Frankreich (1)	Konstanter Schlupf 15 %	

BEILAGE 2

Synthese der Beurteilungswerte nach Länder und Messart

Synthese der Beurteilungswerte nach Länder und Messart

1. Schräggestelltes Messrad

Land	Gerät (Anzahl)	Kategorie	V [km/h]	Abnahme	Garantie	Zustand	
Deutschland	SCRIM (14)	Neue Beläge	40 km/h	$\mu = 0.60$	$\mu = 0.56$		
			60 km/h	$\mu = 0.53$	$\mu = 0.50$		
			80 km/h	$\mu = 0.46$	$\mu = 0.43$		
		Schwellenwert	Warnwert Zielwert	80 km/h			$\mu = 0.32$
				80 km/h			$\mu = 0.39$
				80 km/h			$\mu = 0.53$
		Schwellenwert	Warnwert Zielwert	60 km/h			$\mu = 0.39$
				60 km/h			$\mu = 0.46$
				60 km/h			$\mu = 0.60$
Schwellenwert	Warnwert Zielwert	40 km/h			$\mu = 0.46$		
		40 km/h			$\mu = 0.53$		
		40 km/h			$\mu = 0.67$		
Grossbritannien	SCRIM (12)	Besser als Warnwert >> Keine Massnahmen Unfallhäufungsstelle? Wenn ja > Massnahmen Unfallhäufungsstelle? Wenn ja > Massnahmen Wenn nein >> Ingenieurmässige Überprüfung ob erhöhte Unfallgefahr wegen Streckencharakteristik				$\mu > 0.39$ $0.32 - 0.39$ $\mu < 0.32$	
			Warnwert auf Autobahnen/Autostrassen Warnwert auf Überlandstrassen Warnwert auf Strassen mit kleinen Kreuzungen Warnwert im Kreuzungsbereich mit Hauptstrassen Warnwert in Kurven mit $R < 250\text{ m}$ & $V > 65\text{ km/h}$ Warnwert auf Strassenabschnitte mit 5 - 10% Gefälle Warnwert auf Strassenabschnitte mit $> 10\%$ Gefälle Warnwert im Einfahrtbereich eines Kreisels Warnwert im Bereich von Fussgängerstreifen	60 km/h			$\mu \geq 0.35$
				60 km/h			$\mu \geq 0.40$
				60 km/h			$\mu \geq 0.45$
				60 km/h			$\mu \geq 0.45$
				60 km/h			$\mu \geq 0.45$
				60 km/h			$\mu \geq 0.45$
				60 km/h			$\mu \geq 0.45$
				60 km/h			$\mu \geq 0.50$
60 km/h				$\mu \geq 0.55$			

Synthese der Beurteilungswerte nach Länder und Messart

1. Schräggelastetes Messrad

Land	Gerät (Anzahl)	Kategorie	V [km/h]	Abnahme	Garantie	Zustand
Österreich	SCRIM (3) (Richtwerte)	Neue Beläge	80 km/h	$\mu = 0.46$	$\mu = 0.43$	
		Warnwert	80 km/h			$\mu = 0.39$
		Schwellenwert	80 km/h			$\mu = 0.32$
Belgien	SCRIM (3)	Klasse A	50 & 80 km/h	$\mu > 0.48$		$\mu > 0.50$
		Klasse B				0.40 - 0.45
		Klasse C				0.35 - 0.40
		Klasse D				0.30 - 0.35
		Klasse E				$\mu < 0.30$
	Odiolograph (2)	Messung mit AIPCR-Rad !	50 & 80 km/h			$\mu = 0.45$
Italien	SCRIM (5)	Normale Beläge (AC)	60 km/h	$\mu \geq 0.60$ $\mu \geq 0.55$ $\mu \geq 0.55$ $\mu \geq 0.60$ $\mu \geq 0.60$ $\mu \geq 0.65$ $\mu \geq 0.65$ $\mu \geq 0.75$ $\mu \geq 0.55$		
		Remix in place				
		Beläge mit PmB				
		Beläge mit z.B. Lecca				
		Drainbeläge DRA				
		Abgestreute Decke				
		OB mit Natursplitt				
		OB mit Kunstsplitt				
		Calzestruzzo non caltratte				
		Schlecht				
Kritisch		0.35 - 0.45				
Genügend		0.45 - 0.55				
Gut		$\mu > 0.55$				

Synthese der Beurteilungswerte nach Länder und Messart

1. Schräggestelltes Messrad

Land	Gerät (Anzahl)	Kategorie	V [km/h]	Abnahme	Garantie	Zustand
Frankreich	SCRIM (5)		40 km/h	-----		$\mu > 0.53$
			60 km/h	-----		$\mu = 0.39$
			90 km/h	-----		$\mu = 0.31$
			120 km/h	-----		$\mu = 0.22$
Spanien	SCRIM	Nicht akzeptiert Warnschilder empfohlen + reduzierte Geschw. Gilt als "Sicher"	50 km/h	$\mu < 0.35$ $0.35 - 0.50$ $\mu > 0.50$		
Finnland	μ - Sisu	Messung mit AIPCR-Rad ! Strassen mit Höchstgeschwindigkeit ≤ 80 km/h Strassen mit Höchstgeschwindigkeit 100 km/h Strassen mit Höchstgeschwindigkeit 120 km/h	60 - 80 km/h			
			60 km/h	$\mu \geq 0.40$		
			60 km/h	$\mu \geq 0.50$		
			60km/h	$\mu \geq 0.60$		

Synthese der Beurteilungswerte nach Länder und Messart

2. Längsmessung mit Schlupf

Land	Gerät (Anzahl)	Kategorie	V [km/h]	Abnahme	Garantie	Zustand
Österreich	Roadstar (1) 18 % Schlupf konstant (Toleranz = -0.03)	Sehr gut	60 km/h			0.75 - 1.00
		Gut	60 km/h			0.59 - 0.75
		Ausreichend	60 km/h	$\mu = 0.59$	$\mu = 0.52$	0.45 - 0.59
		Schlecht	60 km/h			0.38 - 0.45
		Sehr schlecht	60 km/h			0.20 - 0.38
Frankreich	IMAG	Warnwert	60 km/h			$\mu = 0.45$
		Schwellenwert	60km/h			$\mu = 0.38$
Niederlande	DWW	Abnahme 100 m-Wert	50 km/h	$\mu = 0.52$		
		Abnahme 5 m-Wert	50 km/h	$\mu = 0.45$		
Dänemark	86 % Schlupf variabel	Warnwert	50 km/h			$\mu = 0.45$
		Schwellenwert	50 km/h			$\mu = 0.37$
Norwegen	86 % Schlupf variabel	Strassen bis 80 km/h Höchstgeschwindigkeit	80 km/h	$\mu = 0.40$		
		Strassen über 80 km/h Höchstgeschwindigkeit Wenn Wert tiefer >> Signalisation	80 km/h	$\mu = 0.50$		$\mu < 0.40$
Norwegen	86 % Schlupf variabel	Strassen bis 80 km/h Höchstgeschwindigkeit	80 km/h	$\mu = 0.50$		
		Strassen über 80 km/h Höchstgeschwindigkeit Wenn Wert tiefer >> Signalisation	80 km/h	$\mu = 0.50$		

Synthese der Beurteilungswerte nach Länder und Messart

3. Längsmessung mit blockiertem Messrad

Land	Gerät (Anzahl)	Kategorie	V [km/h]	Abnahme	Garantie	Zustand
Schweiz	Skiddo (2) SRM (1)	SN 640 511	40 km/h	$\mu = 0.48$		$\mu = 0.48$
			60 km/h	$\mu = 0.39$		$\mu = 0.39$
			80 km/h	$\mu = 0.32$		$\mu = 0.32$
		Zur Erinnerung (Empfehlung) : Strassen für langsamen Verkehr (V < 60 km/h): - Mindestwert für normale Verhältnisse - Mindestwert für schwierige Verhältnisse ▪ Steigung > 6 % auf mehr als 100 m ▪ Kurvenradius < 150 m oder andere Gefahrenstellen				$\mu = 0.35$ $\mu = 0.40$
Deutschland	SRM (3)	Schwellenwert Warnwert Zielwert	80 km/h			$\mu = 0.30$ $\mu = 0.36$ $\mu = 0.48$
Frankreich	Adhera 2	Warnwert Schwellenwert Abnahmegrenzwert	60 km/h 60 km/h 120 km/h			$\mu = 0.55$ $\mu = 0.45$
Dänemark	Stradograph		60 km/h	$\mu = 0.20$ $\mu = 0.40$		$\mu = 0.40$

Synthese der Beurteilungswerte nach Länder und Messart

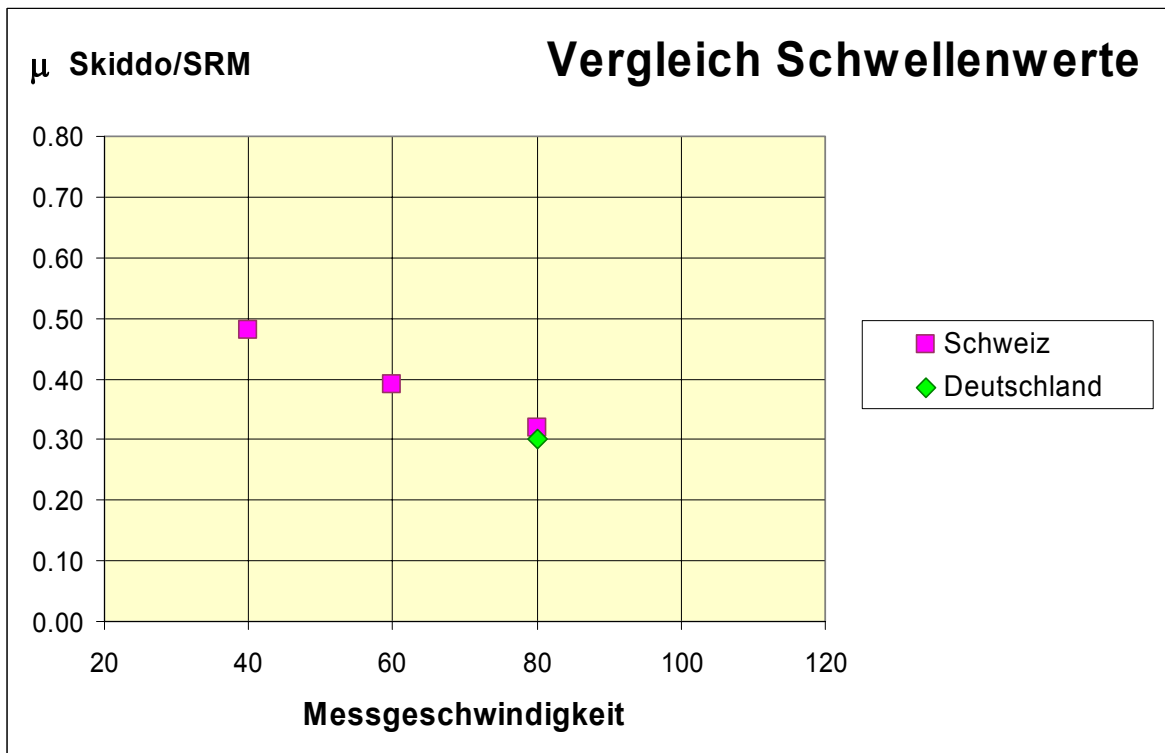
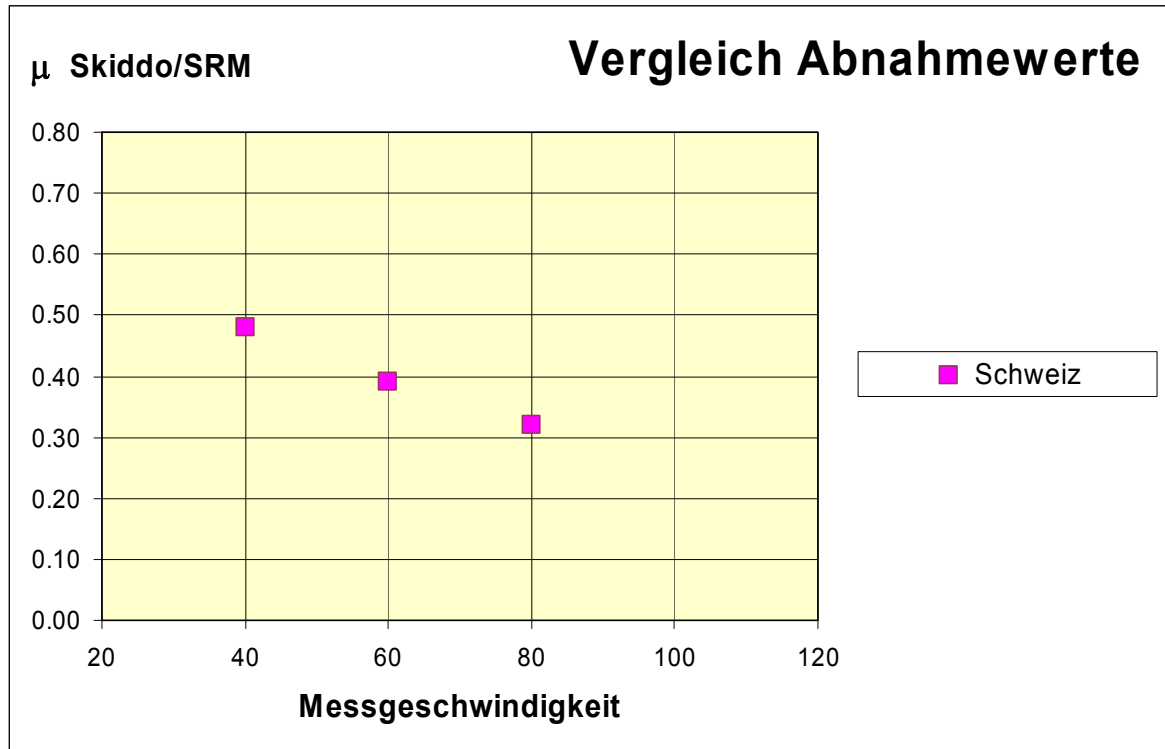
4. Griptester

Land	Gerät / Anzahl	Kategorie	V [km/h]	Abnahme	Garantie	Zustand
Grossbritannien			30 - 130 km/h			
Italien	5 Stk.		30 - 130 km/h			
Österreich			30 - 130 km/h			
Belgien			30 - 130 km/h			

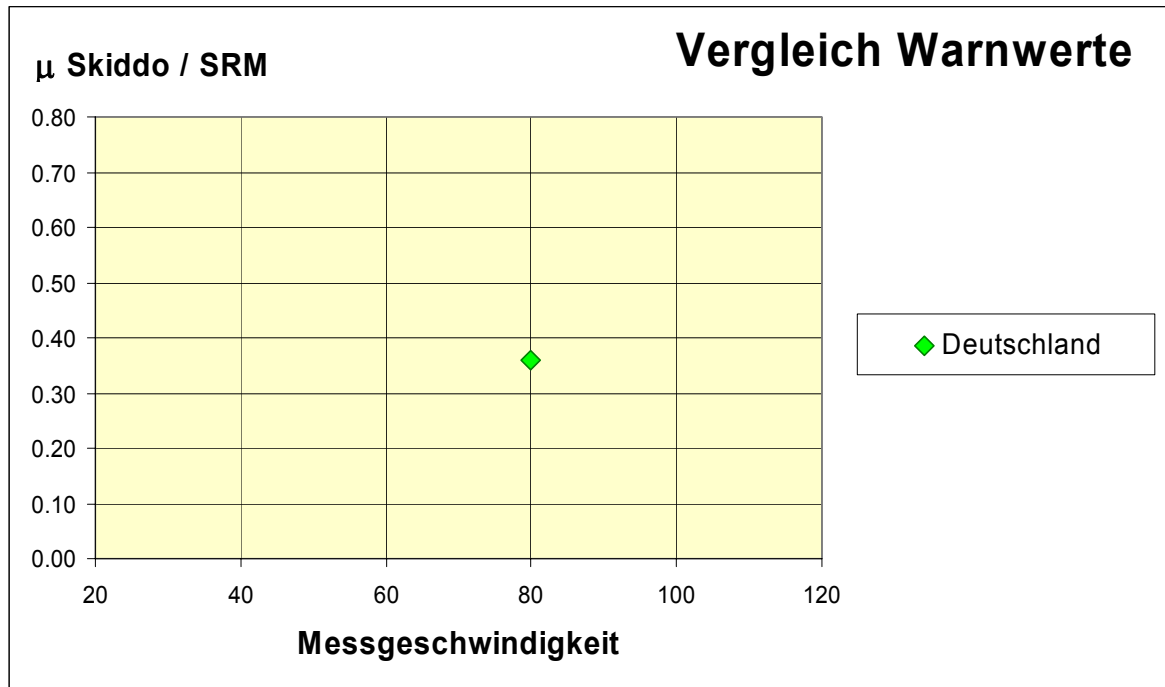
BEILAGE 3

Zusammenfassung und Gegenüberstellung der europäischen Beurteilungswerte

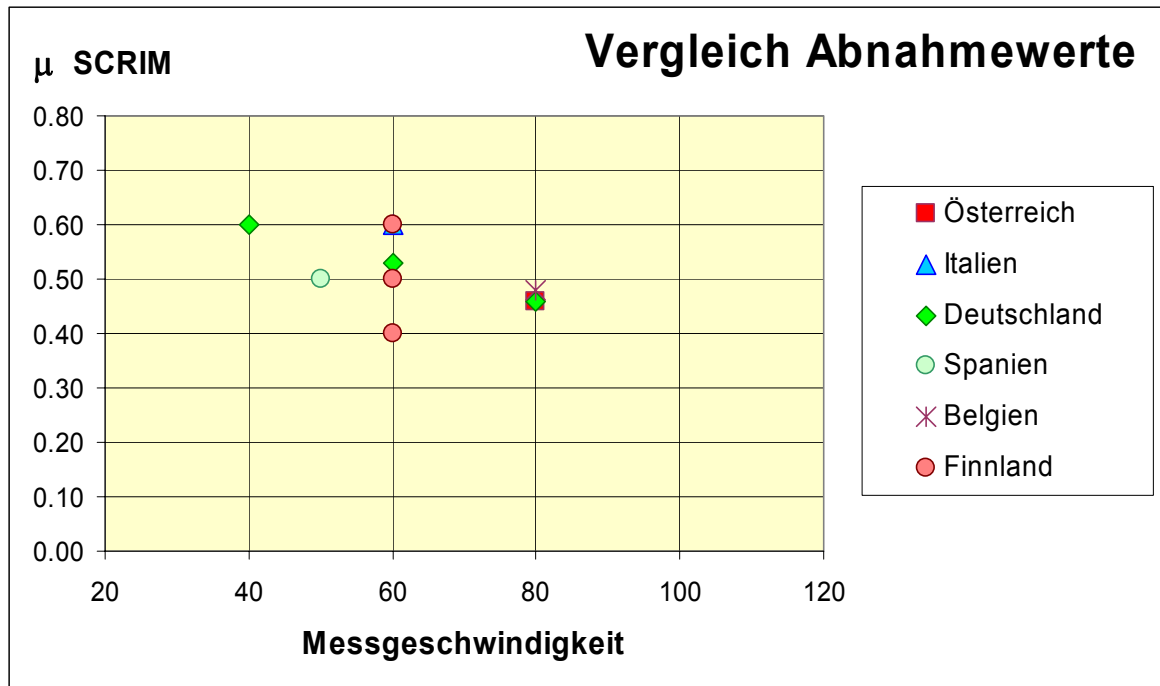
Synthese Griffigkeitswerte Skiddo / SRM



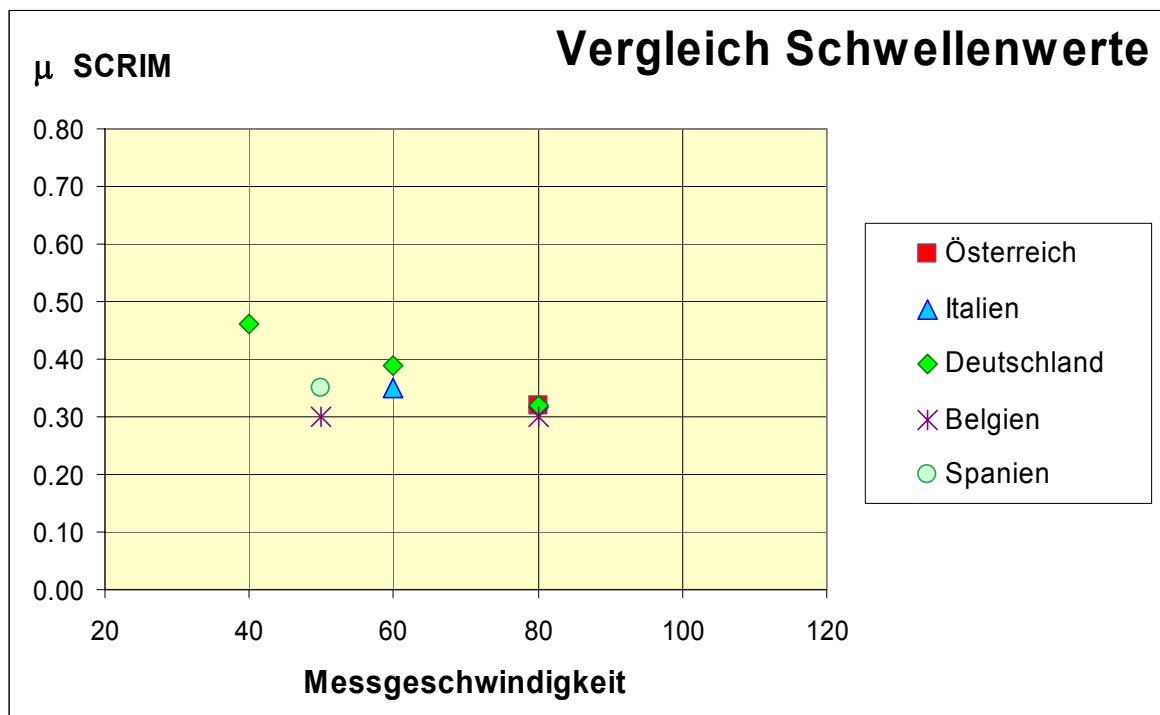
Synthese Griffigkeitswerte Skiddo / SRM



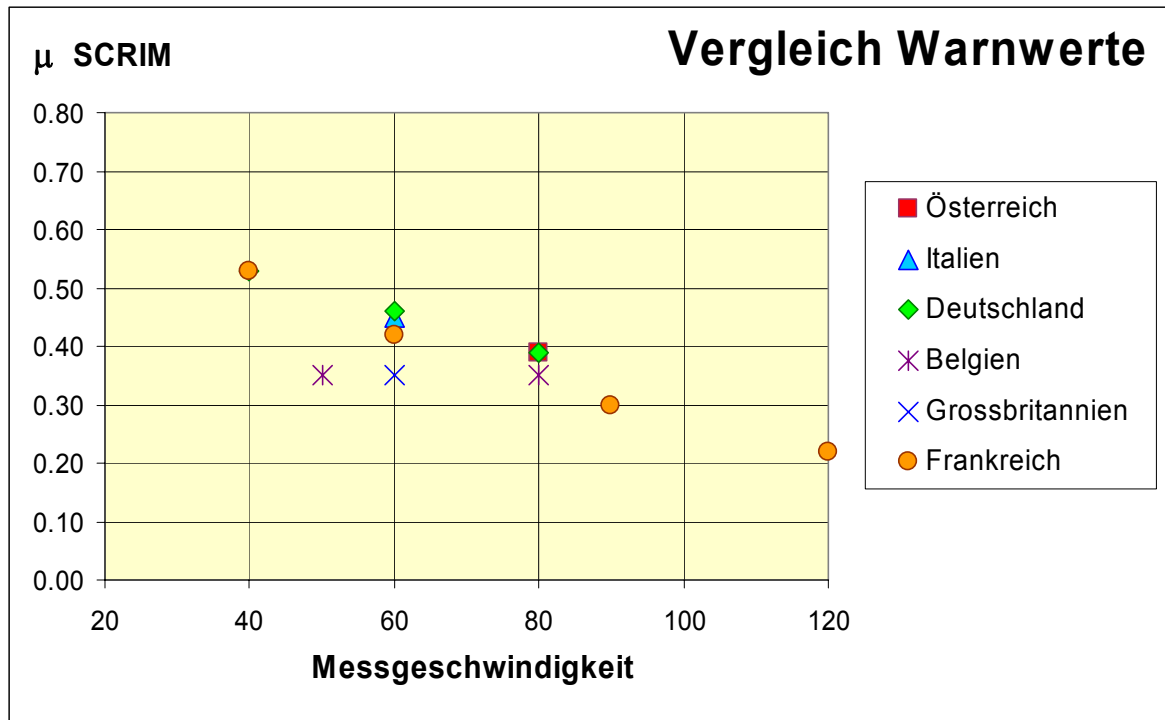
Synthese Griffigkeitswerte SCRIM



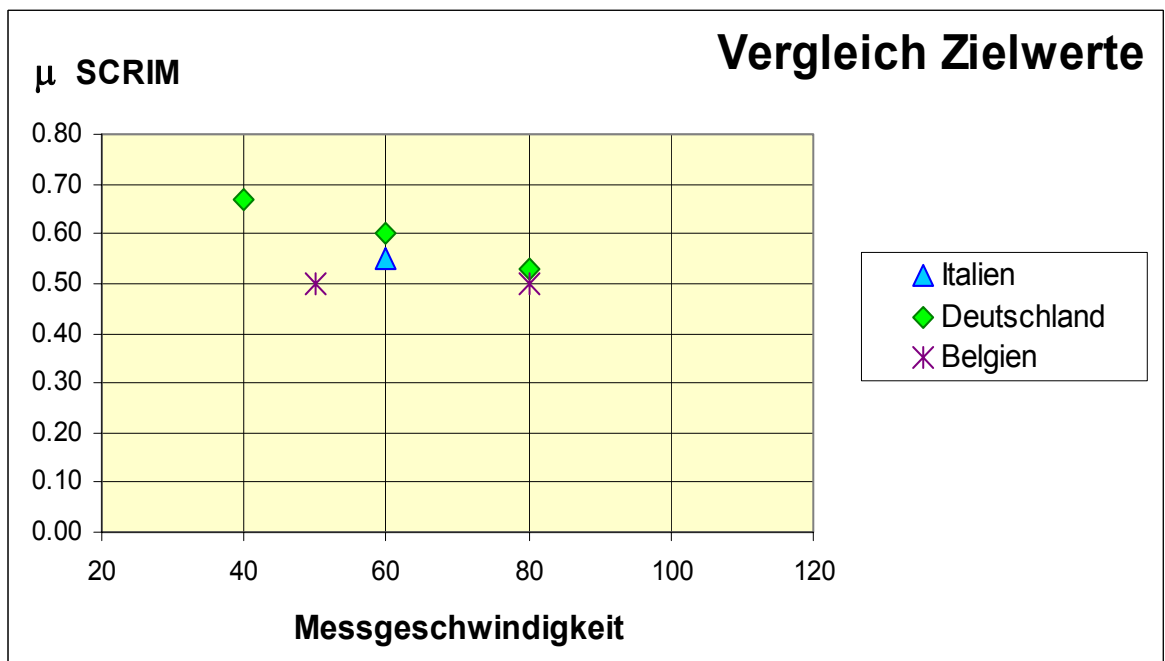
Synthese Griffigkeitswerte SCRIM



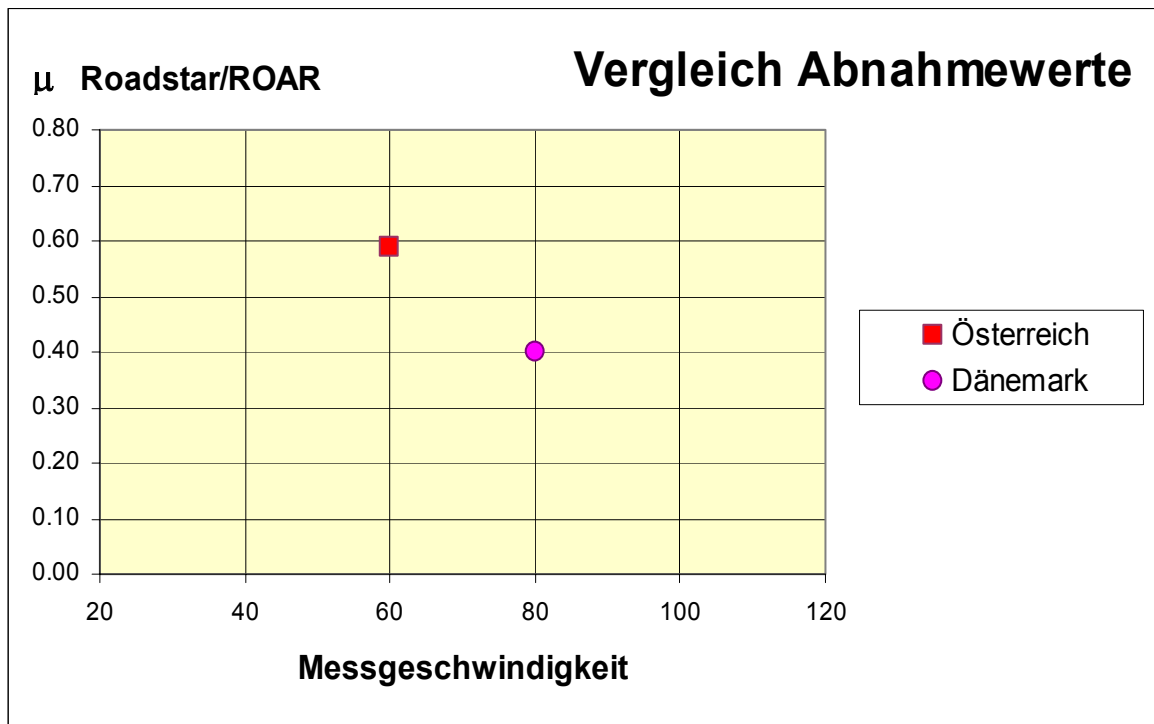
Synthese Griffigkeitswerte SCRIM



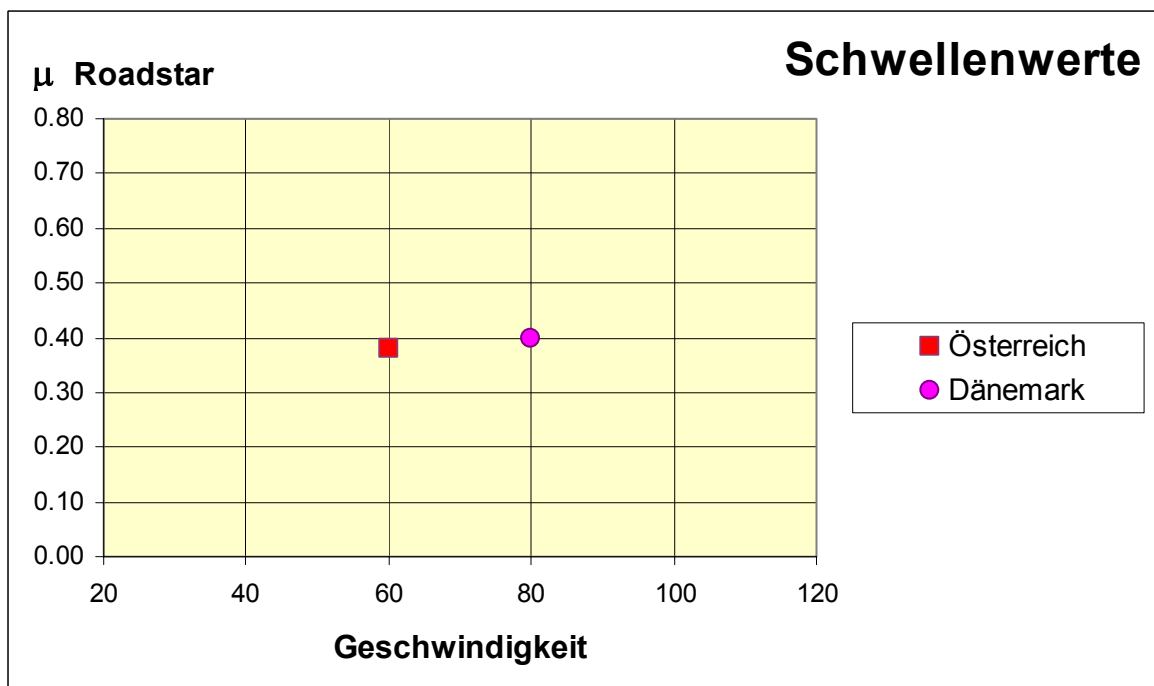
Synthese Griffigkeitswerte SCRIM



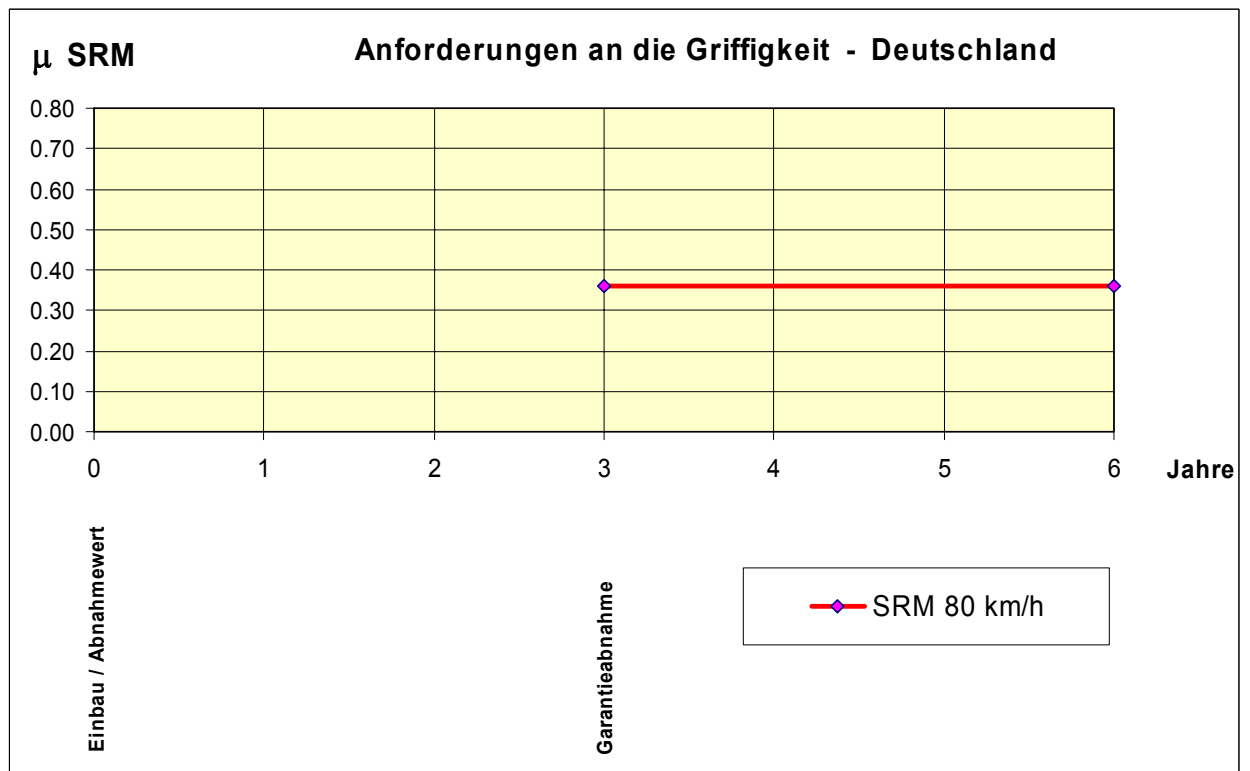
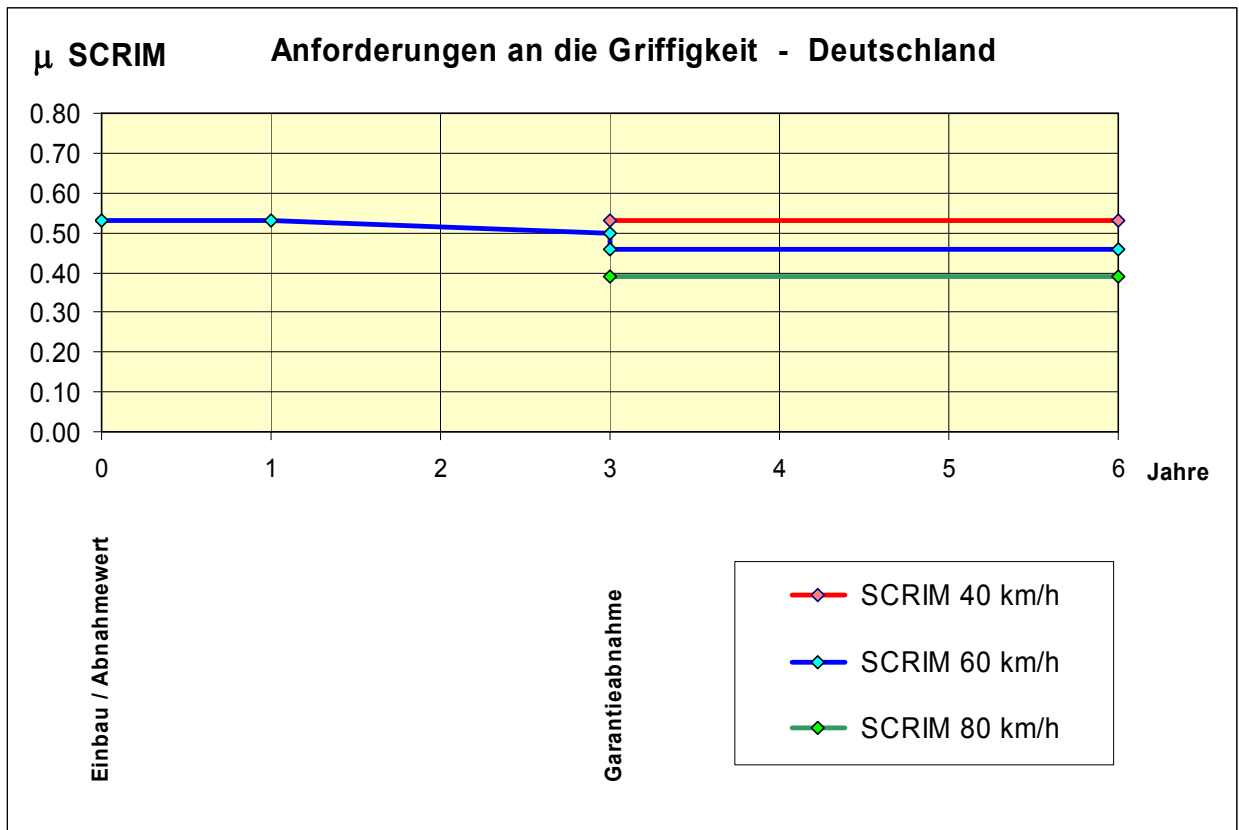
Synthese Griffigkeitswerte mit konstantem Schlupf



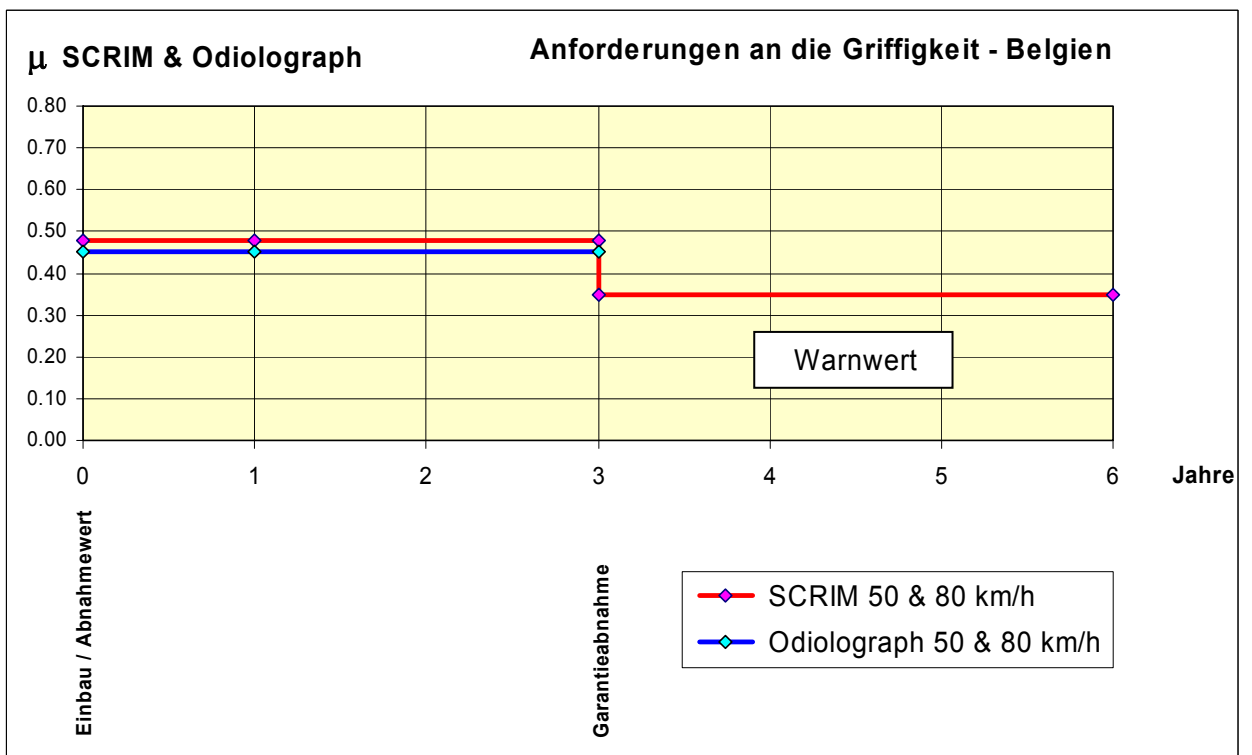
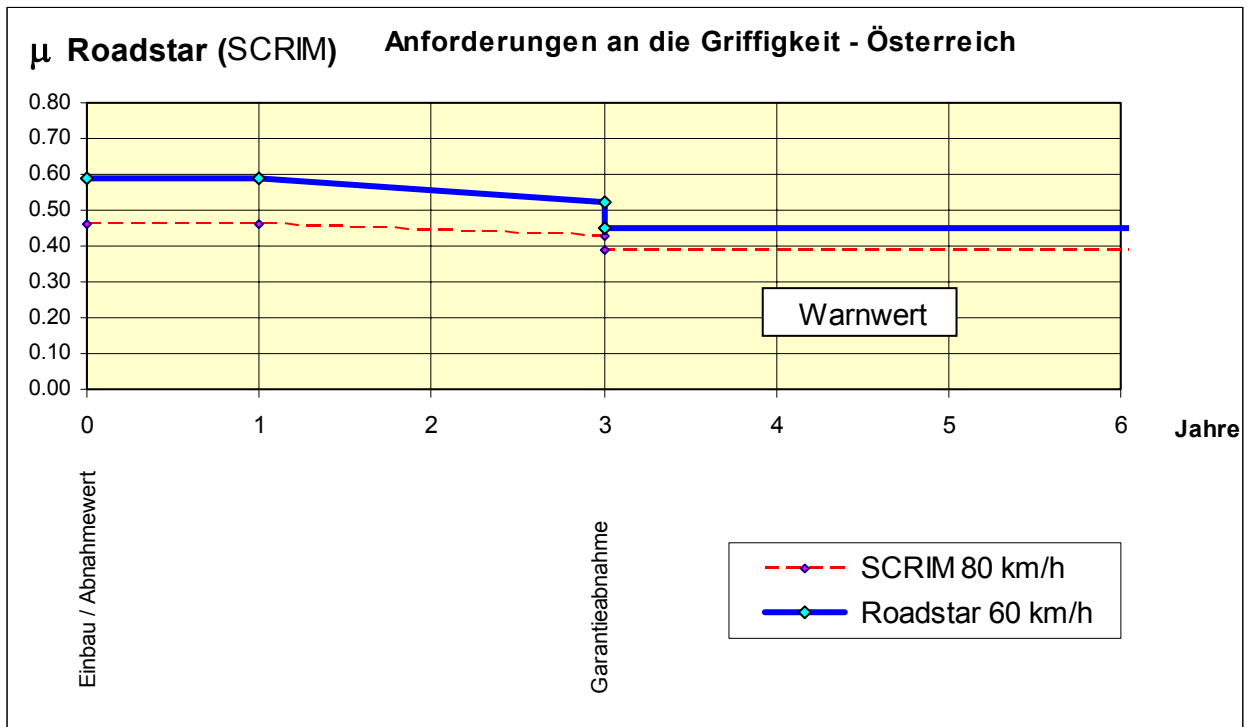
Synthese Griffigkeitswerte mit konstantem Schlupf



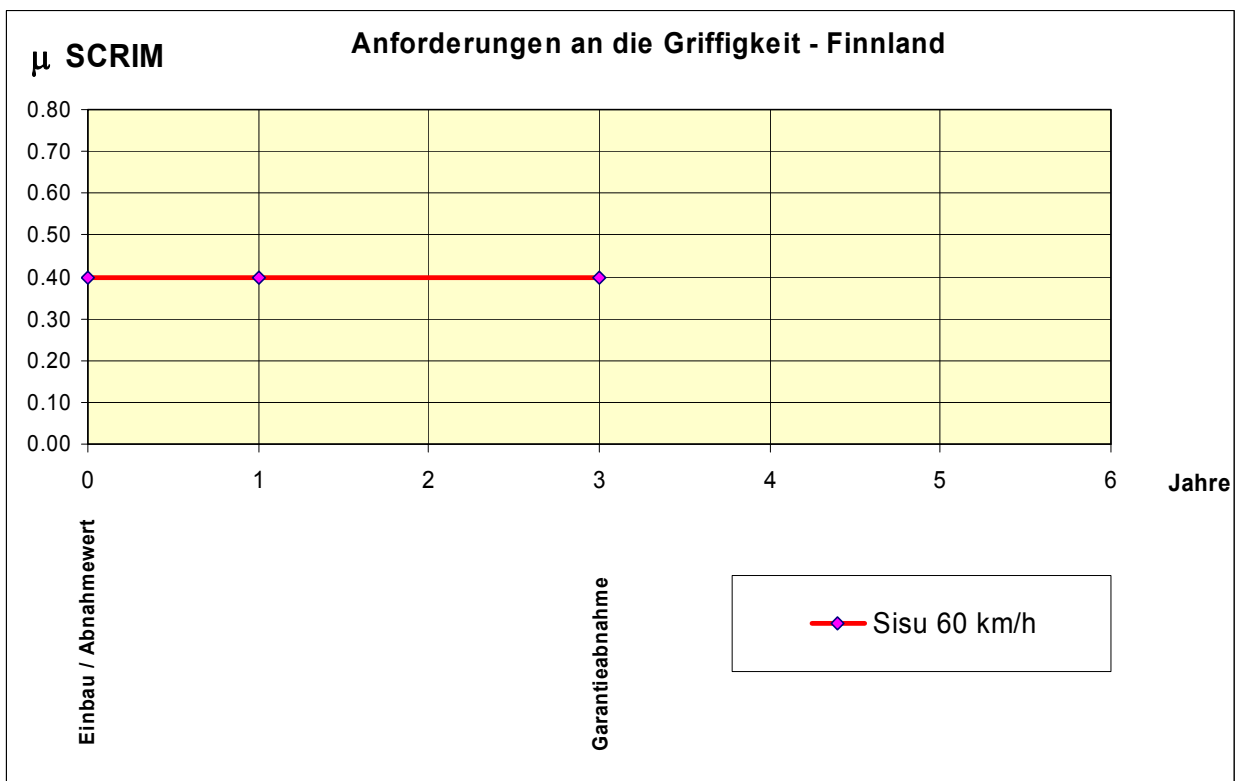
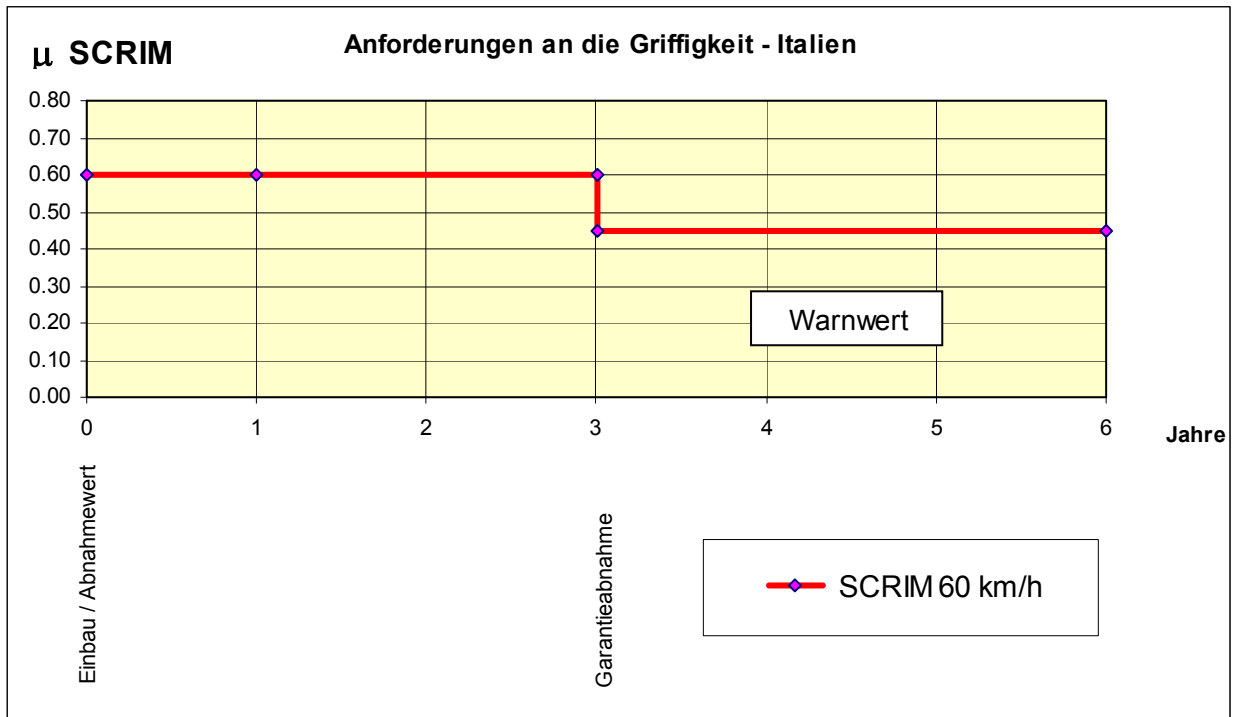
Anforderungen an die Griffigkeitsentwicklung



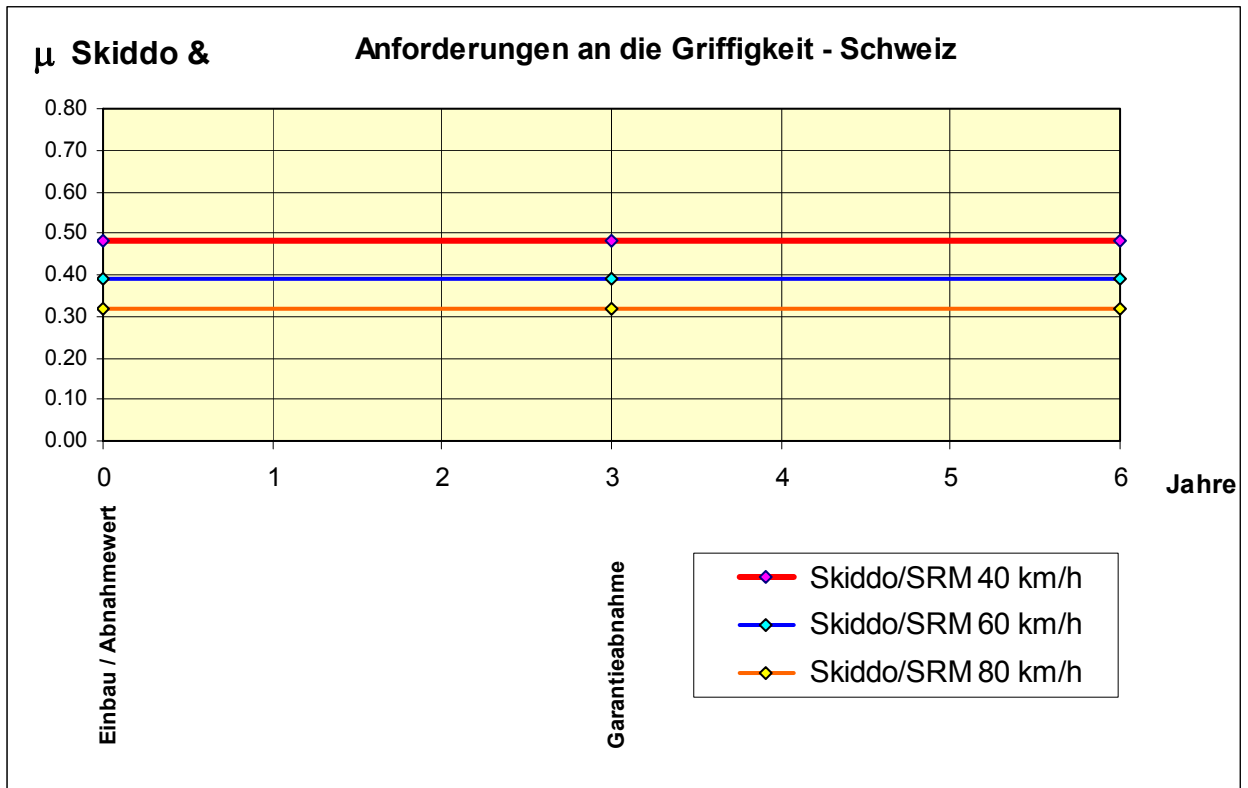
Anforderungen an die Griffigkeitsentwicklung



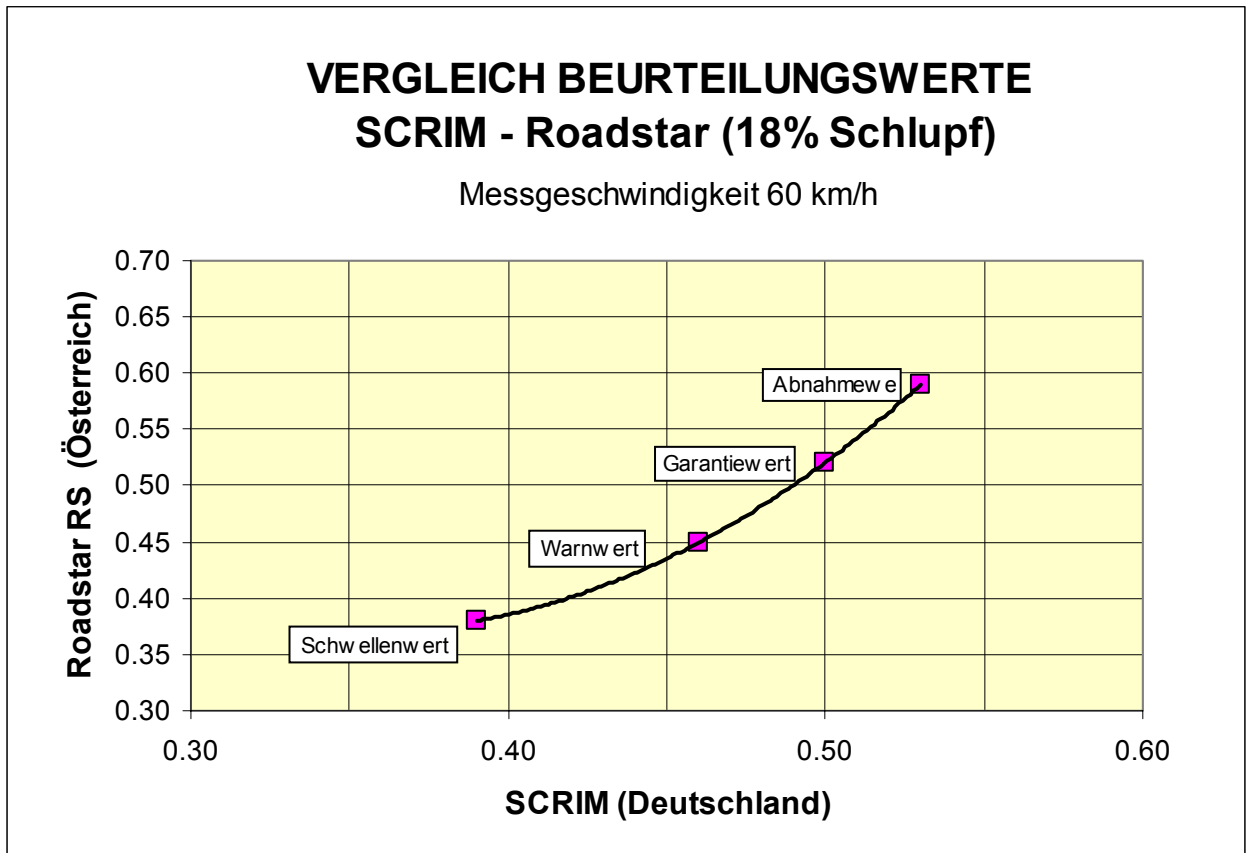
Anforderungen an die Griffigkeitsentwicklung



Anforderungen an die Griffigkeitsentwicklung



Bewertungsvergleich bei 18% Schlupf



BEILAGE 4

Literaturlauswertung und Zusammenfassungen

Literaturauswertung Griffigkeit - Auflistung Teil 1

- 1 Strassenzustandserfassung mit dem Roadstar
Autor: Peter Maurer, Markus Meissner, Michael Fuchs, Johannes Gruber, Paul Foissner
➤ Standardmessbedingungen (Messparameter); Werte; Einflussfaktoren; Normierung
- 2 Ergebnisse aktueller Griffigkeitsmessungen und Auswirkungen auf das technische Regelwerk
Autor: Dr. Ing. J. Schmidt
➤ Ausgangssituation; Technisches Konzept; Einsatz und Auswirkungen; Zusammenfassung
- 3 Qualitätssicherung bei den Systemen der Zustandserfassung und Bewertung. Die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche.
Autor: Dr. Dipl. Ing. R. Kretz
➤ Griffigkeit und Fahrbahnoberfläche; Messverfahren; Randbedingungen bei den ZEB-Projekten; Anforderungen und Bewertung; Messergebnisse.
- 4 Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland als Beitrag zu einer verbesserten Strassenverkehrssicherheit. Die Sicht einer Strassenverwaltung.
Autor: Guntram Gumprecht, Jürg M. Sparmann
➤ Griffigkeit als relevante Einflussgrösse für die Verkehrssicherheit bei Nässe; Pflichten der Strassenbauverwaltung; Pflichten der Bauindustrie.
- 5 Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland - Eine kritische Analyse.
Autor: Ulrich Habermann
➤ Handling der Griffigkeitsanforderungen bis 2001; Griffigkeit - Diskussion und Entwicklungen in den letzten 10 Jahren; Drei unterschiedliche Schlussfolgerungen > Woltereck/Huschek/Potschka; Das neue Regelwerk 2001; Ausblick
- 6 Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner/Schulze.
Autor: Siegfried Huschek
➤ Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen; Das Verfahren nach Wehner - Schulze; Grundlagen / Polierprüfung / Verkehrssimulation / Griffigkeitsmessung; Zur Bewertung des Griffigkeitsverhaltens; Griffigkeitsprognose; Folgerungen für die Praxis; Asphaltbeton / Splittmastixasphalt / Empfehlung.
- 7 Griffigkeitsmessung in Österreich.
Autor: Michael Fuchs
➤ Messgerätetypen; Definition Reibungsbeiwert und Seitenkraftbeiwert; Einflüsse auf die aktivierbare Reibungskraft; Fahrzeug / Geschwindigkeit / Schlupf / Reifen (Profil, Gummimischung, Alter, Temperatur) / Strassenoberfläche / Wasserfilmdicke / Verschmutzung / Temperatur / Makrotextur / Mikrotextur (Gestein, Polierbarkeit,/Polierresistenz) / Messfehler durch Umwelt / Messfehler durch Messgerät > Messfehler SCRIM / Messfehler Roadstar; Messgenauigkeit.
- 8 Der Grip Tester - Ein Kleingerät zur dynamischen Griffigkeitsmessung.
Autor: Andreas Pfeiler
➤ Messsystem; Messgerät; Bewässerungseinheit; Datenerfassungseinheit; Betriebsarten; Schlepptrieb (Automatikbetrieb); Schubtrieb (Handbetrieb); Technische Daten; Vergleichsuntersuchungen Grip Tester/Roadstar.
- 9 Griffigkeitsanforderungen aus der Sicht der österreichischen Strassenverwaltung.
Autor: Hubert Tiefenbacher
➤ Griffigkeitsmessungen; Messmethodik auf Netzebene > Ergebnisse und Bewertung der Griffigkeitsmessungen; Griffigkeitsanforderungen an die Baustoffe; Griffigkeitsanforderungen an die Strassenoberfläche; Grenzwerte für Abnahme und Garantie; Grenzwerte für Strassenerhaltung (Warn- und Schwellenwerte).
- 10 Adhérence et sécurité routière.
Revue Générale des Routes et Aérodrômes n° 842 (2005).
Autor: Delanne Y., Goyat Y.

- 11 Etude de l'effet de la pluie sur la sécurité des routes nationales et autoroutes. Analyse statistique - Note d'information n° 77 (1990)
Autor : Setra institut
- 12 Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety.
Autor: Wallman C-G, Astrom H., Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping (2001)
- 13 Analyse des accidents. Infrastructure et sécurité.
Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 185 (1993)
Autor : Ferrandez F.
- 14 Apport à la sécurité routière des caractéristiques de surface des chaussées.
Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 224 (2000)
Autor : Gothié M
- 15 Révision de la politique sur l'adhérence au Royaume Uni. Revue routes n° 326 (2005)
Autor: Viner H., Sinhal R., Parry T.
- 16 Sealing is at the origin of rubber slipping on wet road. Nature Material, Vol. 3 (2004)
Autor: Persson B.N.J.
- 17 Les mesures de l'adhérence des chaussées en France et leur interprétation.
Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 255 (2005).
Autor : Gothié M.
- 18 Rôle du pneumatique dans le phénomène l'adhérence.
Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 255 (2005).
Autor : Foucard J.
- 19 Adhérence des pneumatiques, adhérence conventionnelle, comparaison et liaison avec la texture.
Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 255 (2005).
Autor : Delanne Y.
- 20 Circulaire n° 2002-39 de la direction des routes relative à l'adhérence des couches de roulement neuves et au contrôle de la macrotecture (2002).

Literaturauswertung Griffigkeit - Auflistung Teil 2

- 1 Merkblatt für griffigkeitsverbessernde Massnahmen an Verkehrsflächen aus Asphalt;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2002
- 2 Merkblatt für den Bau griffiger Asphaltdeckschichten;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 1994
- 3 Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Fahrbahndecken aus Beton;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Betonstrassen; 2000
- 4 Arbeitsanleitung für Griffigkeitsmessungen mit dem SRM;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahr-
bahn; 2004
- 5 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken
aus Asphalt;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2001
- 6 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Ver-
kehrsflächen
Betonbauweise; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Be-
tonstrassen; 2002
- 7 Strassenzustandserfassung mit dem RoadSTAR; Messsystem und Genauigkeit;
Arsenal Research; 2002
- 8 Beurteilung der Griffigkeit auf Fahrbahnen;
Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich; 1983
- 9 Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland - eine kritische Analyse
Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13,2002
- 10 Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner/Schulze
Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13;
- 11 Griffigkeitsmessungen in Österreich
Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13;
- 12 Der Griptester - ein Kleingerät zur dynamischen Griffigkeitsmessung
Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13;
- 13 Griffigkeitsanforderungen aus der Sicht der österreichischen Strassenverwaltung
Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002
- 14 Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland als Beitrag zu einer verbesserten Strassenver-
kehrssicherheit
Die Sicht einer Strassenverwaltung; Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002
- 15 Asphaltdeckschichten mit anforderungsgerechter Griffigkeit; Massnahmen für Planung und Aus-
führung
Deutscher Asphaltverband; 2001
- 16 Merkblatt zur Bewertung der Strassengriffigkeit bei Nässe; Merkblatt Griffigkeit;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahr-
bahn; 2003
- 17 Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer; weitere Ergebnisse;
Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich; 1979
- 18 Griffigkeit – Bremsspur - Kraftübertragung;
Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich 1984
- 19 Einfluss der Witterung auf die Griffigkeit von Fahrbahnen;
Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich 1985

- 20 Griffigkeit und Verkehrssicherheit auf nasser Strasse;
Institut für Strassen- und Untertagebau an der ETH Zürich 1975
- 21 Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik; Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen;
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; 2002
- 22 Deutscher Strassen und Verkehrskongress Hamburg 2002;
Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen; 2002
- 23 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen; Asphaltbauweisen;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2003
- 24 Untersuchungen über Ursache und Umfang der jahreszeitlich bedingten Schwankungen der Strassengriffigkeit;
Technische Universität Berlin, Institut für Strassen- und Verkehrswesen; 1967
- 25 Richtlinien zur Bewertung der Strassengriffigkeit bei Nässe;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsausschuss Rauheit; 1998
- 26 Zur Griffigkeit österreichischer Strassenbeläge;
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2004
- 27 Ergebnisse aktueller Griffigkeitsmessungen und Auswirkungen auf das technische Regelwerk
- 28 Zustandserfassung und -bewertung Nationalstrassen (Fahrbahnen) ZEB-NS (1999-2002)
Bundesamt für Strassen
- 29 Arbeitsanweisung für kombinierte Griffigkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und dem Ausflussmesser; Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen; Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 1972
- 30 Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Strassenbau, Teil: Messverfahren SCRM;
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 2001
- 31 Entwurf Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen - Prüfverfahren - Teil2: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Verkehrsflächen
Europäische Norm prEN 13036-2; 2002
- 32 Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren -Teil1: Messung der Makrotexturtiefe der Fahrbahnoberfläche mit Hilfe eines volumetrischen Verfahrens; Europäische Norm EN 13036-1; 2001
- 33 Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 4: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen: Pendeltest; Europäische Norm EN 13036-4; 2003
- 34 Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 3: Messung der horizontalen Entwässerung von Deckschichten; Europäische Norm EN 13036-3; 2002
- 35 Qualitätssicherung bei den Systemen der Zustandserfassung und -Zustandsbewertung .
Die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche
- 36 Internes Handbuch - Griptester
Institut für Strassenbau und Strassenerhaltung T.U. Wien
- 37 Implementation of new method of measuring friction condition in Denmark
Nordic Road and Transport research No. 1/1999
- 38 Evaluation des recherches sur l'application de l'indice international de frottement (IFI)
Routes Roads N° 318 April 2003
- 39 Bauvertragliche Anforderungen an die Griffigkeit – Erste Erfahrungen aus NRW
Strasse und Autobahn 3.2005

Literaturauswertung Griffigkeit - Teil 1

Titel: Strassenzustandserfassung mit dem Roadstar

Autor: Peter Maurer, Markus Meissner, Michael Fuchs, Johannes Gruber, Paul Foissner

Hauptthema: Griffigkeit

Beitragsart: Aufzählung der verschiedenen Messmethoden

- Blockiertes Messrad
- Messrad mit permanent 18% Schlupf
- ABS – Methode

Messparameter

Vergleichsmessungen

Auswertungstabellen mittels Diagrammen

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

Standardmessbedingungen (Messparameter)

Messreifen	PIARC-Normmessreifen
Messverfahren	Konstanter Schlupf 18%
Statische Radlast	3'500 N
Messgeschwindigkeit	60 km/h >> bei tieferer Geschwindigkeit umrechnen auf 60 km/h
Theoretische Wasserfilmdicke	0.5 mm
Mittelungslänge	5.00 m
Auswertungslänge	50.00 m
Lage der Messspur	Rechte Radspur

Werte : Ermittlung des Reibungsbeiwertes μ durch Division der Bremskraft F_B durch die aktuelle Radlast F_N .

$$\mu = F_B / F_N$$

Ermittlung der Bremskraft durch Division Bremsmoment M_B durch den Radius r des Messrades.

$$F_B = M_B / r$$

Die Bewertung des Griffigkeitsbeiwertes μ wird aufgeteilt in folgende Kriterien (bei Standardbedingungen):

$\mu = 0.75 - 1.00$ Sehr gut

$\mu = 0.60 - 0.75$ Gut

$\mu = 0.45 - 0.60$ Ausreichend

$\mu = 0.40 - 0.45$ Schlecht

$\mu = 0.00 - 0.40$ Sehr schlecht

- Einflussfaktoren:** Fahrbahnoberflächen-Temperaturen zwischen 5° C und 50° C ergeben identische Resultate.
Die Lufttemperatur sollte > 3° C betragen
Bei 60 km/h beträgt der Minimalradius 80 m (Schleifeffekt).
Kleinere Radien müssen mit reduziertem Tempo gemessen werden
>> Messwerte auf 60 km/h umrechnen.
Die Messstrecke sollte keine sichtbare Verschmutzung aufweisen.
Belagsart (Textur)
>> Die Bestimmung kann mittels Texturmessgerät erfolgen.
Das Texturmessgerät befindet sich beim RoadSTAR direkt vor dem Griffigkeitsmessrad.
- Normierung :** Wenn diverse Messmethoden und Gerätetypen zugelassen werden für die Griffigkeitsmessungen, müssen die Resultate miteinander vergleichbar sein (Umrechnungsgrundlagen).
>> Der ermittelte Reibungsbeiwert μ sollte unabhängig vom eingesetzten Gerät die gleichen Resultate ergeben.
Die verschiedenen Geräte müssen durch umfangreiche Vergleichstests aufeinander abgestimmt werden.
Allenfalls könnte ein Gerät als Referenzgerät bestimmt werden, an dem sich periodisch die anderen Geräte überprüfen können.
- Die Messmethode (blockiertes Rad/Schlupf/ABS) muss bestimmt werden.

Titel **Ergebnisse aktueller Griffigkeitsmessungen und Auswirkungen auf das technische Regelwerk**

Autor Dr. Ing. J. Schmidt

Hauptthema **Griffigkeit**

Beitragsart Messungen mit dem System SCRIM
Ausgangssituation
Technisches Konzept
Einsatz und Auswirkungen
Untersuchung der Vergleichbarkeit
Zusammenfassung

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

- Das SCRIM misst den Seitenkraftbeiwert mit einem um 20° schräg gestellten Messrad.
 - Regelmessgeschwindigkeit 60 – 80 km/h und auf Autobahnen 100 km/h
 - Kontinuierlicher Wasserfilm 0.5 mm
 - Besondere Untersuchung der Wiederholbarkeit von verschiedenen Vergleichsmessungen in diesem Beitrag.
 - Grosse Abweichungen bei ungeführten Fahrten aufgrund von ungleichen Randabständen.
Schon 30 cm seitliche Abweichung von der Rollspur kann massive Resultatverschiebungen bewirken, weil die Griffbarkeit im Querprofil erfahrungsgemäss grossen Schwankungen ausgesetzt ist.
- In Deutschland werden nun bei allen SCRIM – Fahrzeugen Kameras installiert um die seitlichen Randabstände kontrollieren zu können. Die Kamera-Aufnahmen werden in die Fahrerkabine gesendet, sodass sie der Fahrer in seinem Blickwinkel hat. Bei seitlicher Abweichung ertönt für ihn ein akustisches Signal.
- Zusätzlich wird die Abweichung von der Rollspur in einer Grafik dargestellt.
Als Folge davon ist die Wiederholbarkeit von Messwerten deutlich besser geworden und Abweichungen bei Wiederholungsmessungen können mit der Abstandsgrafik verglichen werden.
- Um aussagekräftige Resultate zu erhalten, muss vor jeder Messung eine Messlinie definiert werden.
 - Die Messfahrzeuge müssen periodisch kalibriert werden.
 - Es ist sinnvoll, alle Strassenoberflächen einer periodischen Kontrolle zu unterziehen, da sich die Griffigkeit durch die Benützung ständig verändert.

Titel **Qualitätssicherung bei den Systemen der Zustandserfassung und Bewertung. Die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche**

Autor Dir. Dipl. Ing. R. Kretz

Hauptthema **Griffigkeit / QS**

Beitragsart Abhandlung über Qualitätssicherung der Griffigkeits-Auswertung

Einleitung
Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche
ZEB-Griffigkeitsmessungen und Bewertungen
- Messverfahren
- Anforderungen und Bewertung
- Qualitätssicherung
Messergebnisse
Ausblick

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

Griffigkeit und Fahrbahnoberfläche

Griffigkeit ist definitionsgemäss ein Wirkindex. Sie kennzeichnet die Wirkung der Rauheit auf den Reibungswiderstand (Kraftschlussvermögen) zwischen dem Fahrzeugreifen und der nassen Fahrbahn. Danach gilt es, die Wirkung der Rauheit, der Mikro- und Makro-Rauheit bzw. der Textureigenschaften der Fahrbahnoberfläche bei nasser Fahrbahn zu beschreiben.

Aufgrund der Vielzahl von Einflussparametern auf die Griffigkeit sind Griffigkeitsmessungen unter genau definierten Bedingungen durchzuführen.

Das Griffigkeitsverhalten einer Fahrbahnoberfläche kann über eine Schlupfkurve charakterisiert werden. Die Schlupfkurve weist nach relativ steilem Anstieg im Bereich von 10% bis 20% Schlupf ein Maximum in Abhängigkeit der Textureigenschaften auf. Zwischen dem 100%-Schlupf, was dem blockierten Rad entspricht, und dem freirollenden Rad bei 0% Schlupf wird für die Mehrzahl der Messsysteme der Betriebsmodus bei 18% bis 20% Schlupf gewählt.

Mit diesem Vorgehen werden vorrangig die texturbedingten Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche erfasst. Der massgebliche Reibungsbeiwert μ ist als Quotient der Reibungskraft und der Auflast definiert (Coulomb - Reibung). Somit gilt es, diese beiden Kräfte zur Bestimmung eines definierten Reibungsbeiwertes kontinuierlich zu messen.

Messverfahren

In Deutschland haben sich bisher 2 Messsysteme durchgesetzt.

- SRM (Stuttgarter Reibungsmesser) mit 100% Schlupf (Reibungsbeiwert).
 - SCRIM (sideway-force coefficient routine investigation machine) mit 20° schräggestelltem Rad (Seitenkraftbeiwert) .
- >> Bei einem Vergleich verschiedener Messverfahren ist der Unterschied zwischen Reibungsbeiwert und Seitenkraftbeiwert zu beachten.

Randbedingungen bei den ZEB - Projekten (ZEB = Zustandserfassung und Bewertung)

Die Messungen erfolgen grundsätzlich:

- nur in der rechten Spur
- bei einem Wasserfilm von 0.5 mm (geschwindigkeitsgeregelt)
- auf zweibahnigen Strassen auf allen Fahrstreifen mit einer Regelmassgeschwindigkeit von $v = 80 \text{ Km/h}$
- auf einbahnigen Strassen nur auf dem Fahrstreifen in Stationierungsrichtung mit einer Regelmassgeschwindigkeit von $v = 60 \text{ Km/h}$
- im Netzknoten- und Stationierungssystem nach ASB (Anweisung Strassendatenbank)
- mit kontinuierlicher Messwertaufzeichnung; 1m/20m - Mittelwertbildungen online
- für 100 m Auswerte- und Bewertungsabschnitte.

Darüber hinaus sind die Messwerte nur gültig, wenn:

- Abweichungen der Messgeschwindigkeit im Toleranzbereich für zulässige Korrekturen von $\Delta v = +10 \text{ Km/h}$ bis -30 Km/h bezogen auf die Regelmassgeschwindigkeit liegen.
- die Temperatur der Fahrbahnoberfläche 5°C nicht unterschreitet und die Lufttemperatur $> 10^\circ\text{C}$ beträgt.

Anforderungen und Bewertung

Die Messergebnisse werden geschwindigkeitskorrigiert für 100 m-Auswert- und Bewertungsabschnitte aufbereitet, sodass bisherige fünf 20 m-Schritte zu einem 100 m-Schritt zusammengefasst werden. Seit der ZEB-BAB 2002 erfolgt eine Aggregation der 1m-Mittelwerte zu den 100m-Mittelwerten für den definierten Auswerte- und Bewertungsabschnitt.

Die Bewertung erfolgt in einer Umrechnung von der Zustandsgrösse μ_{SCRIM} in den Zustandswert μ_{GRI} . Der Zustandswert ist unterteilt in einer Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schlecht).

In den Tabellen 1 + 2 auf Seite 114 sind die Grenzwerte und Abnahmewerte tabellarisch dargestellt.

Zustandswert μ_{GRI} bei den Grenzwerten:	Zielwert	= 1.5
	Warnwert	= 3.5
	Schwellenwert	= 4.5
Zustandswert μ_{GRI} bei den Abnahmewerten:	Abnahmewert	= 2.50
	Gewährleistungswert	= 2.93
	Toleranzen	= 0.43

Der Gewährleistungswert (Garantieleistungswert) berücksichtigt die zeitliche Differenz von der Fahrbahnabnahme bis zur Garantieabnahme, die in der Regel nach 5 Jahren erfolgt.

Anhand der Tabelle 3 auf Seite 115 sind die Anforderungen an die Messgenauigkeit (Wiederholbarkeit) aufgelistet. Als Geräteprüfungen stehen Eignungsprüfung, Eigenüberwachungsprüfung und Kontrollprüfung zur Verfügung. Die geforderten Differenz-Mittelwerte und die Standardabweichungen sind tabellarisch aufgeführt.

Messergebnisse

- Aufgrund der unterschiedlichen Beanspruchung ergeben sich erhebliche Unterschiede im Griffigkeitsverhalten von Hauptfahrstreifen und Überholfahrstreifen im gleichen Messabschnitt.
- In den Ortsdurchfahrten (Innerortsstrassen) sind generell schlechtere Griffigkeitswerte zu erwarten als bei Ausserortsstrassen.

Bei objektbezogenen Betrachtungen der Griffigkeitsergebnisse sind Auswertungen mit den 20 m-Einzelwerten aussagefähiger als die bewertungsrelevanten 100 m-Einzelwerte.

Titel **Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland als Beitrag zu einer verbesserten Strassenverkehrssicherheit**
Die Sicht einer Strassenverwaltung

Autor Guntram Gumprecht, Jürg M: Sparmann

Hauptthema **Griffigkeit**

Beitragsart Auswertung und Interpretation von diversen Forschungsberichten

Einführung

Die Griffigkeit als relevante Grösse für die Verkehrssicherheit bei Nässe

Pflichten der Strassenbauverwaltung

Pflichten der Bauindustrie

Zusammenfassung und Ausblick

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

Einführung

Die Sorgen der Strassenverwaltungen, durch die Festlegung von Griffigkeitswerten könnten grosse Investitionen oder Schadensansprüche auf sie zukommen, sind weitgehend unbegründet.

Im Rahmen des ZEB hat sich herausgestellt, dass die Griffigkeit von bestehenden Strassen zum grossen Teil gute Werte aufweisen.

Zudem besteht Rechtssicherheit darüber, dass es im Rahmen der Aufrechterhaltung der Verkehrssicherungspflicht für die Strassenbauverwaltungen nur dann geboten ist Sofortmassnahmen zu veranlassen, wenn gleichzeitig ein auffällig hohes Unfallaufkommen festgestellt wird.

Griffigkeit als relevante Einflussgrösse für die Verkehrssicherheit bei Nässe

Die Nässe ist zwar nicht der alleinige, aber ein sehr bestimmender Faktor für das Griffigkeitsverhalten einer Fahrbahnoberfläche. Was den Umgang mit dem Begriff der Griffigkeit so schwierig macht, ist der Umstand, dass die Griffigkeit sowohl einer temporären wie auch einer dauerhaften Veränderung unterliegt, die der Autofahrer aber nicht so ohne weiteres wahrnehmen kann.

Sind aber die Griffigkeitswerte nicht mehr vorhanden, müssen vor baulichen Massnahmen Verkehrsschilder mit Geschwindigkeitsbegrenzungen als Sofortmassnahme aufgestellt werden, um bei einem Unfall rechtlich abgesichert zu sein.

Die Veränderung der Griffigkeit über die Zeit sind Folgen von Witterungs- und Verkehrseinflüssen. Griffigkeitsveränderungen ergeben sich vor allem durch wechselnde Temperaturen der Fahrbahn, jedoch auch durch die verkehrlichen Belastungen, die eine Fahrbahndecke erfährt.

Mit der Festlegung von Griffigkeitswerten benötigt die Strassenindustrie Messmethoden, die ausreichend genau Aussagen über die Griffigkeiten und deren Veränderungen zulassen.

Pflichten der Strassenbauverwaltung

Im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht ist es die vordringliche Aufgabe der Strassenverwaltung, die Sicherheit des Strassenverkehrs aufrecht zu erhalten.

Hierzu zählt auch die systematische Strassenerhaltung auf der Grundlage der periodisch wiederholten Zustandserfassung und Bewertung.

Die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche ist in der Unfallbilanz ein wohl entscheidendes Kriterium, aber nicht alleine der Garant für den Erfolg der Unfallentwicklung der letzten Jahre. Da sie aber eine wesentliche Voraussetzung für die Verkehrssicherheit ist, insbesondere bei schnellem Verkehr und Nässe, ist es logisch, sich diesem Thema mit der gebotenen Intensität zu widmen und alle bei der Griffigkeitsforschung gewonnen Erkenntnisse in die Festlegung der Anforderungen und in die Bewertung der Griffigkeit einzubringen.

Ein Beispiel aus Hessen verdeutlicht die Problematik:

Ein Splittmastix-Belag konnte schon zum Zeitpunkt der Verkehrsübergabe die geforderten Griffigkeitswerte nicht einhalten. Trotz Temporeduktion auf 70 Km/h traten überproportional viele Nässeunfälle auf. Erst nach Aufrauungsmassnahmen gingen die Unfälle markant zurück.

Es handelte sich hier um einen Baufehler, der bei der neuen Regelung schon vor der Verkehrsübergabe festgestellt worden wäre.

Die Festlegung und Überprüfung von Griffigkeitsgrenzwerten hat direkten Zusammenhang mit der Verkehrssicherheit.

Die Zustandserfassung und Bewertung ist auch Grundlage für die systematische Erhaltungsplanung, die dann im Bauprogramm umgesetzt wird. Sie dient der Dringlichkeitsreihung für Baumassnahmen und für verkehrstechnische Eingriffe nach der Strassenverkehrsordnung.

Pflichten der Bauindustrie

Die wesentlichen Pflichten der Bauindustrie liegen in der Erfüllung der vertraglichen Grundlage, die zwischen beiden Vertragspartnern vereinbart werden. Während bisher die Anforderungen an die Materialeigenschaften und deren Einhaltung im Vordergrund standen, werden nun vermehrt die Anforderungen an das Gebrauchsverhalten festgelegt. Speziell für die Griffigkeit stehen unterschiedliche Grenzwerte fest für die Beurteilung.

Es sind dies zum Einen die Abnahmewerte für eine Bauwerksübergabe und zum Andern die Garantiewerte, die bei Ablauf der vertraglichen Garantie gefordert werden.

Diese Differenzierung ergibt sich aus dem Griffigkeitsverhalten eines Belages, das sich durch die Benutzung durch den Verkehr und die Witterungseinflüsse naturbedingt verändert.

In Deutschland sind die Grenzwerte für das Messverfahren SCRIM folgendermassen festgelegt:

- Griffigkeitswerte für die Abnahme

bei 80 Km/h $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.46$

bei 60 Km/h $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.53$

bei 40 Km/h $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.60$

- Griffigkeitswerte nach Ablauf der Garantiezeit

bei 80 Km/h $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.43$

bei 60 Km/h $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.50$

bei 40 Km/h $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.56$

Diese Grenzwerte beim Messverfahren SCRIM gelten nicht für Wohnsammelstrassen, Anliegerstrassen, Fussgängerzonen und befahrbare Wohnwege sowie Parkflächen des kommunalen Strassenbaus.

Für die Bauindustrie stellen die geforderten Grenzwerte keine neuen Hindernisse dar, weil die Strassenbautechnik heute soweit entwickelt ist, dass diese Griffigkeitswerte eingehalten werden können. Ein besonderes Augenmerk für die Einhaltung der langfristigen Griffigkeit gilt auch der Polierresistenz der Mineralien, die auch über die Garantiezeit hinaus erhalten bleiben sollte.

Titel **Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland - Eine kritische Analyse**

Autor Ulrich Habermann

Hauptthema **Griffigkeit**

Beitragsart Analyse bestehender und neuer Regelungen
Handling der Griffigkeitsanforderungen bis 2001
Griffigkeit - Diskussion und Entwicklungen in den letzten 10 Jahren
Das neue Regelwerk 2001
Ausblick

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

Handling der Griffigkeitsanforderungen bis 2001

- Bisherige Regelwerke haben die Griffigkeitsanforderungen nur sehr ungenügend formuliert. Eine Formulierung wie z.B. "Die Oberfläche muss eine dem Verwendungszweck angemessene Rauheit aufweisen" ist weder für den Bauherrn noch für den Unternehmer befriedigend.
- Lediglich in Bayern wurde sehr frühzeitig mit Messwerten nach dem Stuttgarter Reibungsmesser gearbeitet.
- Für den Zeitraum der Garantie hatte der Unternehmer keine konkreten Anforderungen hinsichtlich der Griffigkeit der Strasse nachzuweisen.
- Die Strassenbaulassträger überwachten fortlaufend die Griffigkeit und reagierten vor allem auf Gefahrenstellen.

Griffigkeit - Diskussion und Entwicklungen in den letzten 10 Jahren

- Anfang der 90er Jahre setzte sich vor allem durch vorankommende Geräteentwicklungen zu Griffigkeitsmessungen eine verstärkte Diskussion ein.
 - 1992 wurden im bayrischen Autobahnnetz erstmalig durchgehend mit dem SCRIM - Messverfahren Griffigkeitsmessungen in der Normalspur durchgeführt.
 - Im Sommer 1993 wurden dort in den Bereichen, in denen der Warnwert der Griffigkeit überschritten war, nochmals mit dem SCRIM - Messgerät überprüft. Zusätzlich wurden Messungen im Überholstreifen durchgeführt.
- >> Die Nachmessung des Normalstreifens zeigte sehr deutliche Abweichungen von der ZEB 92, bei der Nachmessung war die Griffigkeit durchgehend besser.
- Die Messungen im Überholstreifen erbrachten durchwegs bessere Griffigkeitswerte, womit klar war, dass das Griffigkeitsproblem überwiegend ein Problem des Normalstreifens in den Rollbahnen des LKW-Verkehrs ist.

Drei unterschiedliche Schlussfolgerungen:

Woltereck

- Durch Witterungseinflüsse und Messungenauigkeiten bedingt sind sehr starke Streubreiten festzustellen.
- Die andiskutierten strengen Abnahmewerte erscheinen ihm problematisch, da sie bei unterschiedlichen Bauweisen nur schwer erreichbar und die Schwankungsbereiche in den höheren Griffigkeitsbereichen sehr ausgeprägt sind.

Huschek

- Die Griffigkeit ist eine sehr launische Oberflächeneigenschaft, denn sie unterliegt nicht nur langfristigen, sondern auch mittelfristigen und sogar erstaunlich kurzfristigen Schwankungen.

Es handelt sich hierbei um die effektive Veränderung des zu messenden Objektes selbst, die mit der Wiederholbarkeit der Messmethode nichts zu tun hat.

Potschka

- Griffigkeitswerte, die durch unterschiedliche Messverfahren mit unterschiedlich festgelegten Bedingungen gewonnen wurden, sind nicht immer vergleichbar und nicht über eine ganze Bandbreite miteinander korrelierend.

Das neue Regelwerk 2001

Die Formulierung der angemessenen Rauheit der Oberfläche findet auch weiterhin im neuen Regelwerk Verwendung, ist jedoch mit den Abnahmegrenzwerten und Grantiegrenzwerten versehen (Abb. 1 Seite 23).

Der Autor dieses Artikels ist sehr skeptisch in Bezug auf die Genauigkeit und Wiederholbarkeit von Griffigkeitsmessungen und stellt zu diesem Thema einen Fragenkatalog mit 7 relevanten Fragen zusammen und gibt darauf selbst die aus seiner Sicht richtigen Antworten.

Sein Fazit:

- Die Anforderungen gemäss ZTV Asphalt und ZTV Beton sind bezüglich der Anfangsgriffigkeit erfüllbar, da diese vor allem durch gezielte Abstumpfung erreichbar sind.
- Die Anforderungen an die Griffigkeit bis zum Ende der Garantiezeit stellen jedoch im Zusammenhang mit den zuvor aufgeworfenen Fragen im vertragsrechtlichen Sinne "ein unbilliges Verlangen" seitens der Auftraggeber an den Auftragnehmer im Strassenbau dar.
- Auf Anregung der Strassenbauindustrie wurde ein zusätzliches Messprogramm aufgelegt und im August 2002 durchgeführt. Damit soll der Nachweis erbracht werden, ob mit dem SCRIM-Messverfahren reproduzierbare Messwerte mit einer für Bauverträge ausreichenden Genauigkeit erzielt werden kann.
- Allfällige Korrekturen am neuen Regelwerk werden nach Auswertungen der Messresultate in Fachkreisen zu diskutieren sein.
- **Die von der Strassenbauindustrie vorgebrachten Kritiken sollten ernst genommen werden. Niemandem ist gedient, wenn in drei bis vier Jahren eine erhebliche Anzahl von Streitfällen zur Griffigkeit womöglich gerichtlichen Klärungen zugeführt werden.**

Ausblick

- Die Strassenbauindustrie ist nicht gegen Regelungen der Griffigkeitsanforderungen, sie ist im eigenen Interesse darum bemüht, griffige Strassen zu realisieren und stellt sich der Verantwortung.
- Von wesentlicher Bedeutung ist das Zusammenwirken aller beteiligten Partner am "Bauwerk Strasse".
- Trotz aller Weiterentwicklungen bleibt das Hauptproblem ungelöst; der Unternehmer soll für Oberflächeneigenschaften der Strasse über einen längeren Zeitraum einstehen und hat auf deren Nutzung keine Einflussmöglichkeiten.

Dieses "unbillige Verlangen" kann er deshalb nicht tragen.

Titel Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner / Schulze

Autor Siegfried Huschek

Hauptthema Griffigkeit

Beitragsart Bericht und Abhandlung

Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen
Das Verfahren nach Wehner / Schulze
Bewertung des Griffigkeitsverhaltens
Griffigkeitsprognose
Folgen für die Praxis

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen

Zum Zeitpunkt der Abnahme ist die Griffigkeit bei korrekter Rezeptur und sachgerechtem Einbau in aller Regel recht hoch. Bekannt sind jedoch Probleme mit der Anfangsgriffigkeit infolge Bindemittelanreicherungen, deren Ursache sowohl zu bindemittelreiche Mischungen als auch zu intensives Verdichten sein kann. Für die unmittelbare Anfangsgriffigkeit ist die Polierresistenz der Mineralstoffe selbstverständlich unbedeutend. Es kann jedoch beobachtet werden, dass die Griffigkeitsentwicklung bereits nach einigen Wochen Verkehrsbeanspruchung von der Polierresistenz beeinflusst wird.

Ist die Anfangsgriffigkeit unproblematisch, stellt hingegen das Erreichen der Griffigkeitsanforderungen nach Ablauf der Garantiefrist eine echte Herausforderung für die Unternehmer dar. Die statistischen Daten aus den Zustandserfassungen der Autobahnen und Bundesstrassen lassen erkennen, dass bei Beibehaltung der bisherigen Bauweisen ca. 25 - 30 % der 100 m-Abschnitte den geforderten Wert von $\mu_{SCRIM} = 0.43$ nicht erreichen würden.

Das Verfahren nach Wehner / Schulze

Grundlagen

Die Verkehrsbeanspruchung bewirkt auf vielfältige Weise die Veränderung der Fahrbahnoberfläche. Im Vordergrund steht jedoch das Polieren der an der Oberfläche exponierten Mineralstoffe durch den mit Schlupf abrollenden Reifen. Daneben hat auch die Witterung auf die Griffigkeitsentwicklung einen bedeutenden Einfluss. Diese bewirkt im Gegensatz zum Verkehr tendenziell eine Griffigkeitsverbesserung.

Zwischen beiden Einwirkungen, Verkehr und Witterung, stellt sich langfristig ein Griffigkeitsgleichgewicht ein, dessen Niveau sowohl von der Qualität der Deckschicht als auch von der Verkehrsbeanspruchung abhängt.

Polierprüfung

Das vorrangige Ziel des Wehner/Schulze – Verfahrens, bestehend aus Verkehrssimulation und Griffigkeitsmessung, war zunächst die Prüfung der Polierresistenz von Mineralstoffen. Das diesbezügliche Vorgehen ist in TP Min-StB [11] beschrieben. Im Gegensatz zum Polierverfahren nach BS 812 (PSV-Wert) kann auch Wehner/Schulze nicht nur Splitt 8/11 sondern auch Splitt 2/5 und 5/8 sowie Sand ge-

prüft werden und zwar mit erheblich grösserer Spreizung und besserer Wiederholbarkeit. Siehe Abb. 4 Seite 43 sowie Abb. 5 + 6 Seite 44.

Verkehrssimulation

Die Verkehrssimulation für die Griffigkeitsprognose von Asphaltdeckschichten erfolgt an Bohrkernen mit einem Durchmesser von 22.5 cm. Diese werden entweder aus der vorhandenen Deckschicht oder aus Probeplatten gezogen, die im Laboratorium mit dem Walzsektor-Verdichtungsgerät hergestellt worden sind. Die Oberflächen beider Prüfkörper verhalten sich praktisch gleichwertig.

Das ist wichtig im Hinblick auf eine Griffigkeitsprognose, die notwendigerweise auf dem Verhalten von im Labor hergestellten Oberflächen beruht.

Beim Wehner/Schulze - Verfahren wird die Verkehrsbeanspruchung durch konische Rollen aus Reifengummi simuliert, die in der Prüfbahn mit 17 Km/h, einem mittleren Kontaktdruck von 0.4 N/mm² und einem Schlupf von 0.5 bis 1.0 % auf der Prüfoberfläche abrollen. Die mit Querrillen versehenen Gummilaufflächen simulieren das Ausschlagen der Reifenstollen am Riefenauslauf, verstärkt durch Zugabe eines Wasser/Quarzmehl-Gemisches, das den Strassenstaub simuliert. Das witterungs-bedingte Entmörteln wird durch zusätzliches dosiertes Sandstrahlen bewirkt.

Durch 2 x 90'000 Überrollungen wird ein Griffigkeitszustand erzeugt, der sich unter einer vier- bis sechsjährigen Verkehrsbelastung der Klasse SV einstellt.

Durch langjährige Erprobung dieses Verfahrens im Rahmen von Versuchsstrecken haben sich die in der Tabelle (Abb. 9 Seite 46) angegebenen Beanspruchungsstufen für die Verkehrssimulation als erfolgreich erwiesen.

Griffigkeitsmessung

Bei Griffigkeitsmessungen wird eine Reibkraft gemessen, die durch gleiten eines Gummikörpers auf der nassen Fahrbahn hervorgerufen wird.

Beim Stuttgarter Reibungsmesser (SRM) wird der Gleitbeiwert gemessen (Gleitgeschwindigkeit = Fahrgeschwindigkeit). Mit dem SCRIM- Verfahren wird der Seitenkraftbeiwert gemessen, wobei die Gleitgeschwindigkeit $v_g = v \cdot \sin. \alpha$ (für $\alpha = 20^\circ$ ist $v_g = 0.342 \cdot v$) 34.2% der Fahrgeschwindigkeit beträgt. Die Messergebnisse von SRM und SCRIM können über eine Korrelationsgleichung jeweils umgerechnet werden.

Bei der Griffigkeitsmessung mit dem Labormessgerät nach Wehner/Schulze gleiten 3 Gummistollen mit jeweils 4 cm² auf einer 56.5 cm langen Kreisbahn über die zu prüfende Oberfläche. Der mittlere Kontaktdruck beträgt 0.20 N/mm². Der Gleitbeiwert auf nasser Oberfläche wird in Abhängigkeit der Geschwindigkeit von 100 Km/h bis zum Stillstand kontinuierlich aufgezeichnet.

Der PWS-Wert ist der mit dem Labor-Griffigkeitsmessgerät (LGM) nach Wehner/Schulze auf nasser Prüfoberfläche bestimmte Gleitwert bei 60 Km/h. Der PWS-Wert wird als Mittelwert aus mindestens zwei Einzelbestimmungen auf zwei Prüfoberflächen berechnet. Die Wiederholbarkeit des PWS-Wertes auf Asphaltdeckschichten beträgt $r=0.017$.

Zur Bewertung des Griffigkeitsverhaltens

Mit den Anforderungen an die Polierresistenz des Splittes 8/11 in Abhängigkeit der Bauklasse werden dauerhaft griffige Deckschichten angestrebt. Aus den Untersuchungen geht jedoch hervor, dass diese Anforderung alleine nicht ausreicht, um den geforderten Wert von $\mu_{SCRIM} = 0.43$ bei Ablauf der Garan-

tiefzeit zu erreichen. Der Polierresistenz des Sandes wird noch zu wenig Beachtung geschenkt, obwohl der Einfluss des Sandes auf die Griffigkeit von Asphaltbeton-Deckschichten nachgewiesen ist.

Gleichung zur Berechnung der Griffigkeit in Abhängigkeit PSV-Wert und Verkehrsbeanspruchung:

$$\mu_{SRM 80} = 0.075 (PSV) - 0.012 (Fz) + 0.070$$

wobei Verkehrsbeanspruchung (Fz) = (DTV) · 0.09 · (Nutzungstage) : 10⁶

Diese Gleichung kann einen generellen, keineswegs aber zufriedenstellenden Hinweis auf die Griffigkeit geben, weil wesentliche Einflüsse wie z.B. Maximal Korn, Sieblinie, Sandqualität und Bindemittelgehalt unberücksichtigt bleiben.

Griffigkeitsprognose

Nach dem heutigen Stand sind verbindliche Griffigkeitsprognosen nur beschränkt möglich. Zu viele Einflussfaktoren sind in Bezug auf das Langzeitverhalten der Griffigkeit noch zu wenig oder gar nicht erforscht.

So ist beispielsweise die Äquivalenz zwischen PKW und LKW hinsichtlich der Polier- und Verschleisswirkung sowie die Auswirkung von Steigungen, Kurvenradien und einer aussergewöhnlichen Beschleunigungs- und Verzögerungsbeanspruchung unbekannt.

Folgerungen für die Praxis

Mit dem Vorbehalt einer bestimmten Prognosewahrscheinlichkeit ermöglicht das Verfahren nach Wehner/Schulze die sich unter Verkehrsbeanspruchung einstellende Griffigkeit abzuschätzen. Voraussetzung ist allerdings eine hinreichende Kenntnis der Verkehrsbeanspruchung. Die Polierresistenz der verwendeten Mineralstoffe (Splitt und Sande) hat einen wesentlichen Einfluss auf die Griffigkeitsentwicklung.

Hinsichtlich des Einflusses der Mischungszusammensetzung auf die Griffigkeitsentwicklung verhalten sich Deckschichten aus Asphaltbeton und Splittmastixasphalt unterschiedlich.

Asphaltbeton: Bei Asphaltbeton besteht ein deutlicher Einfluss der Polierresistenz des Sandes sowie ein grösserer Einfluss der Splittfraktion 2/5 gegenüber 5/8. Dieser Umstand kann bei Verwendung von Gemischen unterschiedlicher Splittqualitäten genutzt werden.
Die Griffigkeitsentwicklung ist von der Grösse des Grösstkorns unabhängig.

Splittmastix: Deckschichten aus Splittmastixasphalt mit einem Grösstkorn von 8 mm weisen unter sonst gleichen Bedingungen tendenziell höhere Griffigkeit auf als solche mit einem Grösstkorn von 11 mm. Der Einfluss der Polierresistenz des Sandes ist nur gering.

Empfehlung: Eine Verbesserung der Abstreutechnik wird empfohlen.

Die bisher überwiegend praktizierte Abstreutechnik mit 0.5 bis 1.0 kg/m² Edelbrechsand/Splitt 1/3 verbessert nur die Anfangsgriffigkeit und ist nach 2 Jahren Verkehrsbeanspruchung wirkungslos.

Eine längerfristige Griffigkeitsverbesserung kann bei Verwendung von vorumhülltem Splitt 2/5 mm mit hoher Polierresistenz erwartet werden, wenn dieser regelmässig dosiert in die heisse Deckschicht (unmittelbar hinter dem Fertiger) eingedrückt und sehr gut verankert wird.

Titel Griffigkeitsmessung in Österreich

Autor Michael Fuchs

Hauptthema Griffigkeit

Beitragsart Bericht und Vorstellung Roadstar
Geschichte der Griffigkeitsmessung
Messgerätetypen
Definition Reibungsbeiwert und Seitenkraftbeiwert
Einflüsse auf die aktivierbare Reibungskraft
Messfehler
Messgenauigkeit

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

Messgerätetypen

RoadSTAR Bremsarten
- blockiertes Messrad
- konstanter Schlupf
- ABS

Messbedingungen
- rechte Radspur
-konstante Radlast
-Messgeschwindigkeit bis 130 Km/h
- vorwählbare Wasserfilmdicke 0 – 2 mm
- 6'000 l Wassertank
- Messlänge bis 60 Km
- EDV- unterstützte Messung und Auswertung
- Zuordnung der Messwerte zu GPS-Koordinaten
- Temperaturmessung

Standardmessroutine
- Wasserfilmdicke 0.5 mm
- Messgeschwindigkeit 60 Km/h
- Konstante Radlast 3'500 N
- Reifendruck 2.0 bar
- Schlupfmessung (18%)

Definition Reibungsbeiwert und Seitenkraftbeiwert

Die Messergebnisse der verschiedenen Messverfahren unterscheiden sich auch aufgrund der verschiedenen tatsächlichen Geschwindigkeiten (Gleitgeschwindigkeit) des Messrades.

Blockiertes Messrad (SRM)	$G = V \cdot 100 \cdot \% \text{ Schlupf}$	$G = V \cdot 100 \%$
SCRIM	$G = V \cdot \sin. \infty (0.342)$	$G = V \cdot 34 \%$
Konstanter Schlupf (RoadSTAR)	$G = V \cdot \% \text{ Schlupf}$	$G = V \cdot 18 \%$

G = Geschwindigkeit des Messrades V = Geschwindigkeit des Messfahrzeuges

Einflüsse auf die aktivierbare Reibungskraft

Folgende Einflussfaktoren von Fahrzeug und Strassenoberfläche sind relevant:

- | | |
|--------------------|---|
| Fahrzeug | - Geschwindigkeit
- Schlupf
- Reifen (Profil, Gummimischung, Alter, Temperatur) |
| Strassenoberfläche | - Wasserfilmdicke
- Verschmutzung
- Temperatur
- Makrotextur
- Mikrotextur (Gestein, Polierbarkeit/Polierresistenz) |

In Abb. 10 Seite 65 ist der Einfluss der Mikrotextur und der Makrotextur unterschiedlicher Oberflächentypen auf den Reibungsbeiwert dargestellt.

Anhand der Kurven kann man auch ableiten, dass Messgeräte, die mit unterschiedlicher Geschwindigkeit messen, komplett andere Messergebnisse liefern. Bei gleichen Oberflächen werden sehr gute Korrelationen zwischen unterschiedlichen Messgeräten ableitbar sein. Hingegen müssen bei unterschiedlichen Belägen die Mikro- und Makrotextur miteinbezogen werden um gültige Resultate zu erzielen.

Beim PIARC-Ringversuch wurden auch die Reifenabdrücke der Messreifen erfasst.

>> Je näher der Messreifen (Reifenabdruck) bei einem normalen PKW-Reifen ist, desto Praxisrelevanter sind auch die Messergebnisse.

Folglich sollten u.U. die Normmessreifen an die neuen Reifengenerationen angepasst werden.

Messfehler

Messfehler durch Umfeld

- Jahreszeit
- Strassenzustand (Querebenheit/Spurrinnen, Längsebenheit)
- Gesteinsart (Polierbarkeit)
- Belagstemperatur
- Belagsart
- Verschmutzung
- Messung vor/nach Regen
- Startpunkt
- Einhalten der Messspur (Breite des Fahrstreifens, Gegenverkehr, Fahrer)

Messfehler durch Messgerät

- Messverfahren (Messreifen, Produktion/Gummimischung, Alter, Lagerung)
- Lastaufbringung (Eigengewicht, Luftdruckzylinder,
- Kraftmessung (statische Last, dynamische Last)
- Wasseraufbringung (Vorbewässerung, Benetzung, Wasserfilmdicke, Aufnahmeintervall)
- Lagezuordnung
- Kalibrierhäufigkeit
- Normierung der Messwerte (Geschwindigkeit, Temperatur)

Messfehler SCRIM

Das Messgerät SCRIM hat aufgrund seines Messprinzips einige systematische Messfehler:

- Kurz nach Fertigstellung liefert SCRIM gegenüber SRM höhere Griffigkeitswerte.
 - > Nach 1 Woche ca. 55 % höhere Werte
 - > Nach 1 Jahr ca. 5 % höhere Werte
- Bei augenscheinlich überfetteten Oberflächen sind die SCRIM-Werte ebenfalls höher
 - > Vergleich in Abb. 2 Seite 68
- Vorhandene Spurrinnen haben beim SCRIM grösseren Einfluss auf die Messergebnisse.
 - > Während sich die SRM-Werte konstant zwischen 0.64 und 0.66 bewegen, variieren die SCRIM-Werte zwischen 0.54 und 0.68.
- Grosse Abhängigkeit des Reibungsbeiwertes bei Kurvenfahrt
 - > Vergleich:

Linkskurve SRM	$\mu = 0.58$	Keine Abhängigkeit links/rechts
Rechtskurve SRM	$\mu = 0.59$	Keine Abhängigkeit links/rechts
Linkskurve SCRIM	$\mu = 0.58$	Grosse Abhängigkeit links/rechts
Rechtskurve SCRIM	$\mu = 0.70$	Grosse Abhängigkeit links/rechts

Messfehler RoadSTAR

Auch der RoadSTAR weist konstruktionsbedingt Messfehler auf. Bestimmte Messwerte sind in Abhängigkeit von Kurvenradius und Messgeschwindigkeit zu verwerfen (Abb. 13 S. 71).

Bei der standardmässigen Messgeschwindigkeit von 60 Km/h beträgt der Mindestkurvenradius 80 m.

Messgenauigkeit

Die Messsysteme SCRIM, SRM und RoadSTAR weisen ähnliche Korrelationskoeffizienten auf. Einzig das SRT-Pendel hat grössere Differenzen gegenüber den anderen Messsystemen.

Betreffend der Wiederholbarkeit von Griffigkeitsmessungen sind im PIARC-Ringversuch intensive Tests auf unterschiedlichen Oberflächen und Geschwindigkeiten durchgeführt.

Resultate der Wiederholbarkeit :

- Seitenkraft (SCRIM) Wiederholbarkeitswerte zwischen 0.027 bis 0.034
- Konstanter Schlupf (RoadSTAR) Wiederholbarkeitswerte zwischen 0.023 bis 0.033
- Blockiertes Rad (SRM) Wiederholbarkeitswerte zwischen 0.015 bis 0.029

Es zeigt sich, dass die kleinsten Abweichungen beim Messsystem mit blockiertem Rad (SRM) gemessen wurden (1.5 – 2.9 % Abweichung).

Die Differenzen bei Wiederholbarkeitsmessungen werden allerdings zu einem grossen Teil durch äussere Witterungsbedingungen beeinflusst. Es ist bekannt, dass sich die Eigenschaften der Strassendecken durch klimatische Verhältnisse und Verkehrsverhältnisse ständig leicht ändern.

Titel **Der GripTester – Ein Kleingerät zur dynamischen Griffigkeitsmessung**

Autor Andreas Pfeiler

Hauptthema **Griffigkeit**

Beitragsart Bericht und Vorstellung GripTester

Einleitung

Messsystem

Betriebsarten

Technische Daten

Vergleichsuntersuchungen GripTester – RoadSTAR

Zusammenfassung

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

Einleitung

Der GripTester ist ein kompakter Dreiradanhänger für die dynamische Erfassung der Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen. Aufgrund der Abmessungen kann er auch auf bisher nicht zugänglichen Verkehrsflächen wie Fussgängerzonen, Radwegen oder Fahrbahnmarkierungen eingesetzt werden. Die zulässige Messgeschwindigkeit zwischen Schrittgeschwindigkeit im Handbetrieb und 130 Km/h im Automatikbetrieb sowie die sehr einfache Bedienung bei vergleichsweise niedrigen Betriebs- und Wartungskosten zeichnet dieses Messsystem aus und ermöglicht ein sehr breites Einsatzspektrum.

Die Teilnahme am PIARC – Ringversuch hat gezeigt, dass die Messergebnisse mit denen anderer Systeme durchaus vergleichbar sind.

Messsystem

- Messgerät „Grip Tester“
- Bewässerungseinheit
- Datenerfassungseinheit „Husky Hunter“ oder Laptop
- Zugfahrzeug (nur im Automatikbetrieb)

Messgerät

Das Fahrwerk des „GripTester“ besteht aus der vorderen Laufradachse und der hinteren Messrad-Achse. Die Vorderachse ist mit zwei profilierten Rädern und einem Zahnrad versehen und über eine Antriebskette mit der Hinterachse verbunden. Die Hinterachse trägt das mittig angebrachte profillose Messrad und ist mit einem vergleichsweise grösseren Zahnrad als das der Vorderachse versehen.

Durch die unterschiedliche Grösse der beiden Zahnräder entsteht während der Fortbewegung ein 18 %-iger Schlupf. Das Messrad erhält also eine konstante Bremsung.

Während der Fortbewegung wird die infolge des Schlupfes entstehende tangentielle Horizontalkraft in der Grenzfläche zwischen Messreifen und Fahrbahnoberfläche und die gleichzeitig auf den Messreifen wirkende Verteilskraft gemessen.

Die Messeinheit kann je nach Einstellung Messwerte im Abstand von 16, 40 bzw. 80 cm aufnehmen, bildet jedoch einen Mittelwert über eine Abschnittslänge von 10 m. Der Gleitreibungsbeiwert μ_{GT} , der als Quotient der Horizontalkraft und Verteilkraft definiert ist, wird laufend berechnet und von der im GripTester eingebauten Messeinheit mittels Datenkabel an die Datenerfassungseinheit gesendet.

Bewässerungseinheit

Die Bewässerungseinheit des GripTester ermöglicht die Zufuhr einer geschwindigkeitsabhängigen Wassermenge und somit die Aufbringung eines konstanten Wasserfilmes von 0.2 bis 1.0 mm. Das Bewässerungssystem GT BW 01 besteht aus einem Wassertank mit Pumpe, Durchflussmesser und Rückschlagventil, dem Bedienteil mit LCD-Display und dem Steuergerät (Regelelektronik). Der 275 l fassende Wassertank reicht bei einer Messgeschwindigkeit von 60 Km/h und einem Wasserfilm von 0.5 mm für eine Messstrecke von 7'000 m.

Während dem Messvorgang können sämtliche relevanten Messparameter auf dem Display abgelesen werden. Ab einer Geschwindigkeit von 10 Km/h sendet die integrierte Regelelektronik ein Geschwindigkeitssignal an das Steuergerät und ermöglicht somit einen konstanten Wasserfilm unter dem Messrad von 0.5 mm Stärke.

Datenerfassungseinheit

Als Datenerfassungseinheit kommt der zugehörige Rechner „Husky Hunter“ oder ein Laptop zum Einsatz. Die Messdaten werden in der Datenerfassungseinheit in Form einer ASCII-Datei abgespeichert. Die ASCII-Dateien können zu Textdateien konvertiert werden, in welchen die Messgrößen als 4 bzw. 5-stellige Integralzahl abgespeichert sind. Während die beiden letzten Stellen dieser Zahl die Messgeschwindigkeit in Km/h angeben, stellen die ersten zwei bzw. drei Stellen einen Reibungswert dar, der mit dem Faktor 1,2 / 255 zu einem Gleitreibungsbeiwert μ_{GT} umgerechnet werden muss.

Beispiel: Abgespeicherter Wert 88 06
>> Reibungsbeiwert = $88/255 \cdot 1.2 = 0.41$
>> Messgeschwindigkeit = 6 Km/h

Betriebsarten

Schleppbetrieb

Im Schleppbetrieb, dem Automatikbetriebsmodus, wird der GripTester an ein Zugfahrzeug gehängt und kann bis zu einer Geschwindigkeit von 130 Km/h Griffigkeitsmessungen durchführen.

Schubbetrieb

Mit wenig Aufwand kann der GripTester für den Handbetrieb, den sogenannten Schubmodus umgebaut werden. Eine geringfügige Adaption in Form der Montage eines Schubbügels und zweier Wassertanks ermöglicht die Aufnahme des Gleitreibungsbeiwertes im Schritttempo. Diese Betriebsart ist jedoch lediglich für den Einsatz auf Projektebene möglich (Geringe Messgeschwindigkeit).

Technische Daten

Abmessungen	Länge = 101 cm, Breite = 79 cm, Höhe = 51 cm
Messreifen	Profilloser ASTM Reifen, Reifendruck: 20 psi = 1.38 bar
Gewicht	85 Kg
Messschlupf	Konstanter Schlupf von 18 %
Messgeschwindigkeit	ca. 5 Km/h beim Handbetrieb, 30-130 Km/h beim Automatikbetrieb
Messauflösung	4 cm Intervall im Handbetrieb (Schubbetrieb) 16, 40, 80 cm Intervall beim Automatikbetrieb (Schleppbetrieb)
Mittelungslänge	16 cm im Handbetrieb, 10 m im Automatikbetrieb

Vergleichsuntersuchungen GripTester - RoadSTAR

Umfangreiche Untersuchungen zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse des GripTester mit jenen des RoadSTAR wurden 2001 in Österreich durchgeführt.

Insgesamt stehen Daten von über 80 Messfahrten zur Verfügung. Die statistische Auswertung zeigt, dass eine direkte Korrelation zwischen den Reibungsbeiwerten der beiden Messgeräte nur sehr schwach ausgeprägt ist. Nach Berücksichtigung der Makrotextur erhält man jedoch eine wesentlich bessere Korrelation mit einem Bestimmtheitsmass von $r = 0.80$.

Zusammenfassung

Der GripTester ist durch seine Kompaktheit und seine bedienerfreundliche Handhabung ein sehr einfaches Messgerät, das zur dynamischen Erfassung der Griffigkeit dient. Aufgrund der zwei Betriebsmöglichkeiten Hand- und Automatikbetrieb steht einem Einsatz sowohl auf Projekt- wie auch auf Netzebene nichts im Wege.

Titel Griffigkeitsanforderungen aus der Sicht der österreichischen Strassenverwaltung

Autor Hubert Tiefenbacher

Hauptthema Griffigkeit

Beitragsart Bericht
Einleitung
Griffigkeitsmessungen
Griffigkeitsanforderungen auf die Baustoffe
Griffigkeitsanforderungen an die Strassenoberfläche
Zusammenfassung und Ausblick

Erkenntnisse für eine Anwendung in einer CH – Norm

Einleitung

Die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen bildet einen wichtigen Parameter zur Planung von Strassen, da für die Länge des Bremsweges als auch für die Seitenführungskraft bei der Kurvenfahrt die aktivierbare Kraft zwischen Fahrbahn und Reifen von entscheidender Bedeutung ist. Diese Kraft wird sehr wesentlich von der Griffigkeit und der Rauheit bestimmt.

Griffigkeitsmessungen

Systematische Griffigkeitsmessungen auf Netzebene wurden erstmals 1991 begonnen. Das Gerät des Arsenal wurde 1999 grundlegend modernisiert, wobei die Änderungen in erster Linie die Messung der Quer- und Längsebenheit sowie der Oberflächentextur betreffen (RoadSTAR).

Messmethodik auf Netzebene

Die Standardbedingungen für die Griffigkeitsmessungen mit dem Stuttgarter Reibungsmesser Arsenal (RoadSTAR) sind:

- 60 Km/h Fahrgeschwindigkeit, einheitlich für alle Strassentypen
- Konstanter Schlupf des Messrades von 18 %
- PIARC –Messreifen (längsgerillt)
- Radlast 3500 N
- Reifendruck 2 bar
- Simulation der nassen Fahrbahn mit einem Wasserfilm von 0.5 mm
- Alle 5 m ein gemittelter Messwert

Ergebnisse und Bewertung der Griffigkeitsmessungen

- Der erste Messdurchgang auf Netzebene erfolgte in drei Teilen von 1991 bis 1996. Insgesamt wurden dabei 4'300 Km auf Autobahnen und Schnellstrassen (Rechte Fahrspur) und 7'900 Km auf Bundesstrassen (nur eine Fahrtrichtung) gemessen.
- Der zweite Messdurchgang begann 1999 mit 3'700 Messkilometern auf Autobahnen und Schnellstrassen. Die Bundesstrassen wurden von 2001 bis 2002 gemessen.
- In Abb. 1 S. 91 sind anhand der Statistik die Häufigkeitsverteilungen in den Griffigkeitsklassen und die Änderungen von der ersten zur zweiten Messperiode(A+S) ersichtlich.

Griffigkeitsanforderungen an die Baustoffe

In den derzeit geltenden Richtlinien und Vorschriften für den Strassenbau sind Anforderungen an die Zuschlagstoffe für die oberste Schicht festgelegt. Im Allgemeinen wird an die Grobzuschlagstoffe (> 4 mm) eine Mindestanforderung an den Reibungsbeiwert nach Polieren (PSV-Wert) gestellt. Teilweise wird dabei nach der Verkehrsbeanspruchung differenziert.

Der derzeit geltende Mindest-PSV-Wert beträgt 40. Er wird in absehbarer Zeit wegen der erforderlichen Anpassung an die europäische Normierung auf 44 angehoben werden müssen.

Die Prüfungen werden im Allgemeinen an einer speziellen Prüfkörnung (8/11 mm). Wenn von der Beschränkung des Karbonanteils im Oberbeton von Betonkecken abgesehen wird, bestehen derzeit an die feinkörnigen Zuschlagstoffe (≤ 4 mm) keine Anforderungen an die Polierresistenz. Hinsichtlich bituminöser Konstruktionen wurde ein Forschungsauftrag zur Klärung dieser Frage erteilt. An die feinkörnigen Zuschlagstoffe bestehen jedoch ebenso wie an die grobkörnigen Zuschlagstoffe Anforderungen an die Festigkeit (Los-Angeles-Wert).

Griffigkeitsanforderungen an die Strassenoberfläche

Grenzwerte für Abnahme und Garantie

- Amerikanische und vor allem deutsche Untersuchungen zeigen einen grossen Einfluss der Griffigkeit auf die Unfallrate oder das Verhältnis von Nässeunfällen zur Gesamtzahl von Unfällen auf Autobahnen.
- Die von verschiedener Seite verlangte Darstellung der (alleinigen) Abhängigkeit der Nässeunfälle von der Griffigkeit und damit die Festlegung von Warn- und Schwellenwerten konnte jedoch nicht gefunden werden, sondern es musste auf fahrdynamische Untersuchungen Bezug genommen werden.
- Seit Beginn der Griffigkeitsmessungen in Österreich wurde die Frage der Abhängigkeit der Unfälle von der Griffigkeit begleitend untersucht. Eine Abhängigkeit der Nässeunfälle von der Griffigkeit konnte wohl festgestellt werden, jedoch wurde aus den unmittelbaren Daten kein signifikanter funktioneller Zusammenhang gefunden. Dies deshalb, weil auch ein Einfluss anderer Parameter auf das Unfallgeschehen (DTV, Kurvenradien, Gefälle, Anteil Ortsgebiet, Spurrinntiefe etc.) nachzuweisen ist. Allerdings wurde die bisher geübte Praxis nach hohen Anforderungen an die Polierresistenz der Zuschlagstoffe bestätigt.
- Aus den Ergebnissen der systematischen Zustandserfassung konnten für das höchstrangige Strassennetz (Autobahnen und Schnellstrassen) in Verbindung mit der bautechnischen Strassen-Datenbank der Bundesverwaltung folgende Abschätzungen vorgenommen werden:
Während 25 % der ein Jahr alten Decken den potenziellen Grenzwert nicht erreichen, sind dies am Ende der Garantiezeit nur ca. 12 %. In beiden Fällen zeigt sich eine starke Abhängigkeit von der Deckenbauart und vom Strassenerhalter.
Abklärungen haben ergeben, dass vor allem die Abnahmegrenzwerte durch eine schlechte Anfangsgriffigkeit infolge Bindemittelfilm oder Zementschlämme nicht erreicht wurden.
- In Abb. 4 auf S. 96 und Abb. 5 auf S. 97 ist ersichtlich, dass die Abnahme der Griffigkeit sowohl bei Betondecken wie auch bei Asphaltdecken einen Abwärtstrend haben.
Die Abnahme der Griffigkeit kann innerhalb der Garantiezeit eine geringe Grösse von ca. $\Delta\mu = 0.03-0.05$ betragen, während sie bei einer Gebrauchsdauer von 30 Jahren im ungünstigsten Fall einen Wert von $\Delta\mu = -0.2$ erreichen kann.

Grenzwerte für Strassenerhaltung (Warn- und Schwellenwerte)

Im internationalen Gleichklang wurde die Grenze zwischen den Zustandsklassen III und IV als vorläufiger Warnwert, entsprechend der 10%-Fraktile mit $\mu=0.45$ und die Grenze zwischen den Zustandsklassen IV und V als vorläufiger Schwellenwert, entsprechend der 5%-Fraktile mit $\mu=0.38$ auf Basis des ersten Messdurchganges festgelegt. Nach Ablauf des zweiten Messdurchganges wird der Bewertungshintergrund erforderlichenfalls einer Überarbeitung unterzogen.

Das Ergebnis eines von der deutschen FGSV beauftragten Gutachtens sagt aus:

- Es besteht kein Rechtsanspruch auf einen gewissen Mindestgriffigkeitswert.
- Der Verkehrsteilnehmer muss sich aber bei Strassen gleicher Art und gleichen Standards auf ein vergleichbares Griffigkeitsverhalten einstellen können.
- Die Bestimmung des Griffigkeitsniveaus durch entsprechende Messverfahren ist Stand der Technik und den Baulastträgern zumutbar.

Die durch systematische Zustandserfassungen festgelegten Grenzwerte für die Strassenerhaltung bilden die Grundlage der Strassenverwaltungen für deren Strategie an durchführenden Aktivitäten. Anlässlich eines Workshops der Länder Deutschland, Schweiz und Österreichs traten jedoch unterschiedliche Ansichten über den Inhalt der Strategie zutage. Konkret geht es um die Frage, ob bei Unterschreiten des Schwellenwertes ein absoluter Handlungsbedarf besteht oder nicht. Während in Deutschland ein Handlungsbedarf in Abhängigkeit von der Unfallsituation gesehen wird, sieht Österreich auf den entgeltungspflichtigen Bundesstrassen (A+S) einen unbedingten Handlungsbedarf, der in einer Gefahrensignalisation bestehen kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Verwendung polierresistenter Gesteinsmaterialien in der obersten Schicht von Strassendecken stellt ein notwendiges, jedoch kein hinreichendes Kriterium dar. Neben den Eigenschaften der Gesteinsmaterialien hat die Textur der Fahrbahnoberfläche einen erheblichen Einfluss auf die erzielbare Griffigkeit. Die Textur der Fahrbahnoberfläche wird jedoch wesentlich von der Bauweise und der Bauausführung bestimmt. Die Erfahrung zeigt, dass die Veränderung der Griffigkeit mit der Zeit, unter der Voraussetzung ausreichender Polierresistenz der Gesteinsmaterialien, eher gering ist.

Unter Bedachtnahme auf die erhöhte Sorgfaltspflicht des Strassenerhalters am entgeltpflichtigen Bundesstrassennetz ist daher die direkte Messung der Griffigkeit bei der Herstellung und am Ende der Garantiezeit unabdingbar.

Die dafür erforderlichen Mindestwerte müssen derart festgelegt werden, dass die Fahrbahnoberfläche während ihrer planmässigen Nutzungsdauer eine ausreichende Griffigkeit aufweist, d.h. dass der Schwellenwert nicht unterschritten wird.

Literaturauswertung Griffigkeit - Teil 2

1	Merkblatt für griffigkeitsverbessernde Massnahmen an Verkehrsflächen aus Asphalt; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2002	Land	Verfahren
		Deutschland	Griffigkeitsverbessernde Massnahmen
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Begriffsdefinitionen Verfahrensbeschreibungen: Feinfräsen, Kugelstrahlen, Schlagsternverfahren, Meisselverfahren, Wasserhochdruckverfahren, Anwärmen und Absplitten, Oberflächenbehandlung, Dünne Schichten im Kalteinbau, Dünne Schichten im Heisseinbau, Ersatz einer Deckschicht, Kunstharzbeschichtungen. Angaben zu Arbeitsbreite der verschiedenen Verfahren Verfahrenszuordnung nach Erscheinungsbild (Mörtelanreicherung oder polierte Kornoberfläche)		Messung: Bewertung: Divers: Es liegen keine ausreichenden Erfahrungen bezüglich der Dauerhaftigkeit der Verbesserung der Griffigkeit vor	

2	Merkblatt für den Bau griffiger Asphaltdeckschichten; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 1994	Land	Verfahren
		Deutschland	Abstreuen
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Definition Makrorauheit, Mikrorauheit (>0.5mm, <0.5mm Wellenlänge) Einfluss Zusammensetzung Mischgut Abstreuen; Angaben zur optimalen Ausführung Einflussfaktoren: Asphaltmörtel, Splitt, Sand, Korngrössenverteilung, Grösstkorn, Bindemittel, Füller, Hohlraumgehalt		Messung: Bewertung: Divers: Günstige Griffigkeitsverhalten bei Splitten deren Minerale innerhalb des Gesteins sich in Härte und Spaltbarkeit unterscheiden. Hoher Splittgehalt wirkt sich günstig auf die Makrorauheit aus. Asphaltdeckschichten mit abnehmendem Grösstkorn zeigen eine Tendenz zu besserer Griffigkeit Der Einfluss des Sandes auf die Griffigkeit ist von erheblicher Bedeutung. Hoher Brechsandanteil -> bessere Anfangsgriffigkeit Art und Korngrössenverteilung der Füller haben keinen Einfluss auf die Griffigkeit Bindemittelsorte hat keinen Einfluss	

3	Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Fahrbahndecken aus Beton; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Betonstrassen; 2000	Land	Verfahren
		Deutschland	Sandfleckmethode
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Graphik Wellenlängenspektrum im Texturbereich Oberflächentextur: Jutetuchlängsstrich, Jutetuchlängsstrich plus Kamm, Besenlängsstrich, Kunstrasenlängsstrich, Stahlbesenquerstrich, Entfernen Oberflächenmörtel Einflussfaktoren: Textur, Polierwiderstand, Sand		Messung: Bewertung: Mittlere Texturtiefe mit der Sandfleckmethode soll mindestens 0.4 mm betragen PWS- Wert ≥ 0.55 Divers: Die mineralische Zusammensetzung des Oberflächenmörtels hat einen hohen Einfluss auf die Griffigkeit Kleines Grösstkorn hohe Polierresistenz bessere Griffigkeit. Erforderlich im Oberbeton sind polierresistente Sande 0/2 bzw. 0/4. Besonders günstig wirkt sich dabei ein hoher Anteil in der Korngruppe 0.71 bis 1.00 mm auf die Griffigkeit aus.	

4	Arbeitsanleitung für Griffigkeitsmessungen mit dem SRM; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 2004	Land	Verfahren
		Deutschland	SRM
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Begriffsbestimmungen Messprinzip, standardisierte Messbedingungen Einsatzbedingungen Messreifen Datenerfassung Einflussfaktor Geschwindigkeit		Messung: Standardisierte Messbedingungen: Arbeitsanleitung gilt nur für Blockmessungen; Radlast: $3430N \pm 0.5\%$; Mess-Geschwindigkeit: 40/60/80 km/h; Zykluslänge: 25 m, Temperatur Fahrbahnoberfläche: 5 bis 50°C; Temperatur Luft: min. 5°C, Messung in rechter Rollspur; Wasserfilm 1 mm; Formel für die Geschwindigkeitskorrektur. Maximale Geschwindigkeitsabweichung von ± 10 km/h zulässig Wiederholungsgenauigkeit maximal $\mu_{SRM} = \pm 0.015$ Vergleichsmessungen maximal $\mu_{SRM} = \pm 0.025$ Bei zwei Messstrecken von min. 1000 m und je zwei Messungen Mindestens zweimal jährlich sind Kontrollmessungen durchzuführen, bei ständigem Einsatz mindestens einmal im Monat Bewertung: Divers:	

5	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2001	Land	Verfahren
		Deutschland	SCRIM,SRT, Ausflussmesser
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Anforderungen an Mischgut Ausführung und Einbau Griffignostgrenzwerte für die Abnahme und Gewährleistung SRT und Ausfluss Werte		<p>Messung: Auf Messung mit dem SCRIM kann verzichtet werden, wenn folgende Richtwerte eingehalten werden: SRT – Wert ≥ 65 Ausflusszeit (sec) ≤ 30</p> <p>Bewertung: 100 m Abschnitt darf nachfolgende Grenzwerte um nicht mehr als 0.03 unterschreiten: Abnahme: Gewährleistung: 80 km/h: $\mu_{SCRIM} = 0.46$ $\mu_{SCRIM} = 0.43$ 60 km/h: $\mu_{SCRIM} = 0.53$ $\mu_{SCRIM} = 0.50$ 40 km/h: $\mu_{SCRIM} = 0.60$ $\mu_{SCRIM} = 0.56$</p> <p>Diese Grenzwerte gelten nicht für Wohnsammelstrassen, Anliegerstrassen, Fussgängerzonen und befahrbare Wohnwege sowie für Parkflächen des kommunalen Strassenbaus.</p> <p>Prüfung der fertigen Deckschicht für die Abnahme 4 bis 8 Wochen nach Verkehrsfreigabe.</p> <p>Divers: Der SRM ist für Kontrollprüfungen nicht vorgesehen</p>	

6	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen – Betonbauweise; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Betonstrassen; 2002	Land	Verfahren
		Deutschland	
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Abtragen von Beton: fräsen, Hochdruckwasserstrahlverfahren, Stahlstrahlen, schleifen, Rillenschneiden Oberflächenbehandlung mit Reaktionsharz		Kontrollprüfungen der Griffignost bei Oberflächenbehandlungen notwendig. Bei SRT/Ausflussmesser einmal nach der ersten Tagesleistung, bei SCRIM für jeden Fahrstreifen in der rechten Rollspur Abstreuen mit Mineralstoffen mit einem PSV ≥ 53	

7	Strassenzustandserfassung mit dem RoadSTAR; Messsystem und Genauigkeit; Arsenal Research; 2002	Land	Verfahren
		Österreich	RoadSTAR (mod. SRM Verfahren)
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Gerätebeschrieb, Systemskizze Standardmessbedingungen Texturmesseinrichtung mit Lasergeräten		<p>Messung: Standardisierte Messbedingungen: konstanter Schlupf 18%; Radlast: 3500 N PIARC Normmessreifen, Messgeschwindigkeit: 60 km/h; Auswertelänge 50 m, Mittelungslänge 5m, Temperatur Fahrbahnoberfläche: 5 bis 50°C, Lufttemperatur: > 3°C Messung in rechter Rollspur; Wasserfilm 0.5 mm;</p> <p>Etwa alle 1000 Messkilometer wird kalibriert. In monatlichen Abständen wird eine Wiederholungsmessung auf einer mind. 2 km langen Referenzstrecke durchgeführt. Betrag der Differenz der Mittelwerte der Erst- und Wiederholungsmessung: $\Delta\mu \leq 0.03$ Doppelte Standardabweichung der Differenzen der Einzelwerte der unmittelbar hintereinander durchgeführten Erst- und Wiederholungsmessung: $2\sigma \leq 0.05$ Bei V = 60 km/h beträgt der minimale messbare Kurvenradius 85 m</p> <p>Bewertung: $\mu = 0.75 - 1.0$ sehr gut $\mu = 0.6 - 0.75$ gut $\mu = 0.45 - 0.6$ ausreichend $\mu = 0.38 - 0.45$ schlecht $\mu = 0.0 - 0.38$ sehr schlecht</p> <p>Divers: Graphik messbarer Bereich in Abhängigkeit von V und Kurvenradius Temperatur Fahrbahnoberfläche zwischen 5 und 50°C ergeben identische Resultate</p>	

10	Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner / Schulze Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002	Land	Verfahren
		Deutschland	
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
ZTV Asphalt-StB 01 und ZTV Beton-StB 01 Beschreibung des Verfahrens von Wehner / Schulze		<p>Messung:</p> <p>Bewertung: siehe ZTV Asphalt-StB 01 / ZTV Beton-StB 01</p> <p>Divers: 25-30% der Strassen würde den geforderten Wert bei Ablauf der Garantiefrist von $\mu_{SCRIM} = 0.43$ nicht erreichen. Griffigkeitsgleichgewicht zwischen Verkehr und Witterung $\mu_{SRM80} = 0.0075 (PSV) - 0,012 (Fz) + 0.070 (Fz) = (DTV) \cdot 0.09 \cdot (Nutzungstage)/10^6$ diese Gleichung gibt nur einen generellen, nicht zufrieden stellenden Hinweis auf die Griffigkeit Splittmastixasphalt: Belag mit Grösstkorn 8 mm weist höhere Griffigkeit auf als mit Grösstkorn 11m. Einfluss Polierresistenz des Sandes ist nur gering. Asphaltbeton: Deutlicher Einfluss der Polierresistenz des Sandes, grösserer Einfluss der Splittfraktion 2/5 gegenüber 5/8; Griffigkeitsentwicklung von der Grösse des Grösstkorns unabhängig.</p>	

11	Griffigkeitsmessungen in Österreich Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002	Land	Verfahren
		Österreich	RoadSTAR, SCRIM
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Beschreibung RoadSTAR Einflussfaktoren: Geschwindigkeit, Schlupf, Reifen, Wasserfilmdicke, Verschmutzung, Temperatur, Makrotextur, Mikrotextur Beschreibung der verschiedenen Messfehler		<p>Messung: siehe Strassenzustandserfassung mit dem RoadSTAR; Messsystem und Genauigkeit</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers: Bei einem Vergleich von verschiedenen Messgeräten bei unterschiedlichen Belägen ist die Messung von Mikro- und Makrotextur unerlässlich. Systematische Messfehler SCRIM: Kurz nach Fertigstellung liefert SCRIM höhere Werte als SRM (1 Woche-55%). SCRIM Werte sind höher bei überfetteten Oberflächen. Beim SCRIM haben vorhandene Spurrinnen einen grossen Einfluss. Grosser Einfluss ob Links- oder Rechtskurve beim SCRIM Wiederholbarkeit: SCRIM: $\mu = 0.027$ bis 0.034; RoadSTAR: $\mu = 0.023$ bis 0.033; SRM: $\mu = 0.015$ bis 0.029</p>	

12	Der Griptester – ein Kleingerät zur dynamischen Griffigkeitsmessung Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002	Land	Verfahren
		Österreich	Griptester
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Beschreibung Messgerät		<p>Messung: konstanter Schlupf (18%), Messgeschwindigkeit zwischen Schrittgeschwindigkeit und 130 km/h, Mittelungslänge 10 m bzw. 16cm, Wasserfilm zwischen 0.2 mm und 1.0 mm, profilloser ASTM Reifen Geeignet für Fussgängerzonen, Radwege, Fahrbahnmarkierungen</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers: Messgerät lässt sich mittels PIARC Formel als auch CEN Formel mit Messergebnissen anderer Geräte vergleichen. Direkte Korrelation zwischen RoadSTAR und GripTester schwach. Mit Berücksichtigung der Makrotextur Korrelation mit $R^2=0.80$ vorhanden</p>	

13	Griffigkeitsanforderungen aus der Sicht der österreichischen Strassenverwaltung Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002	Land	Verfahren
		Österreich	
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Beschreibung Standardmessbedingungen für RoadSTAR Griffigkeitsanforderungen an die Strassen Rechtliche Fragen		<p>Messung: siehe Strassenzustandserfassung mit dem RoadSTAR; Messsystem und Genauigkeit</p> <p>Bewertung: Mindest PSV – Wert: 40, wird in absehbarer Zeit auf 44 angehoben werden müssen Bei Betondecken bestehen derzeit an die feinkörnigen Zuschlagstoffe keine Anforderungen an die Polierresistenz. Bei fein wie auch bei grobkörnigen Zuschlagstoffen bestehen jedoch Anforderungen an die Festigkeit</p> <p>Divers: Eine Abhängigkeit der Nassunfälle von der Griffigkeit konnte wohl festgestellt werden, jedoch wurde aus den unmittelbaren Daten kein signifikanter funktioneller Zusammenhang gefunden. Abklärungen habe ergeben, dass vor allen die Abnahmegrenzwerte durch schlechte Anfangsgriffigkeit in folge Bindemittelfilm oder Zementschlämme nicht erreicht wurden. Die Abnahme der Griffigkeit kann innerhalb der Garantiezeit eine geringe Grösse von ca. $\Delta\mu = 0.03-0.05$ betragen, während sie bei einer Gebrauchsdauer von 30 J. im ungünstigsten Fall einen Wert von $\Delta\mu = -0.2$ erreichen kann.</p>	

14	Neue Griffigkeitsanforderungen in Deutschland als Beitrag zu einer verbesserten Strassenverkehrssicherheit – Die Sicht einer Strassenverwaltung Kolloquium Fahrbahngriffigkeit; Tagungsband 13; 2002	Land	Verfahren
		Deutschland	
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Erläuterung der rechtlichen Situation Pflichten der Strassenbauverwaltung Pflichten der Bauindustrie		<p>Messung:</p> <p>Bewertung:</p> <p>Abnah mewerte: 40km/h: $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.60$ 60 km/h: $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.53$ 80 km/h: $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.46$ Gewährleistungswerte: 40km/h: $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.56$ 60 km/h: $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.50$ 80 km/h: $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.43$ Diese Grenzwerte gelten nicht für Wohnsammelstrassen, Anliegerstrassen, Fussgängerzonen und befahrbare Wohnwege sowie Parkierungsflächen des kommunalen Strassenbaus.</p> <p>Divers:</p> <p>Es gehört zu den Pflichten der Strassenbauverwaltung systematische Strassenerhaltung auf der Grundlage der periodischen wiederholten Zustandserfassung und -bewertung durchzuführen.</p>	

15	Asphaltdeckschichten mit anforderungsgerechter Griffigkeit; Massnahmen für Planung und Ausführung Deutscher Asphaltverband; 2001	Land	Verfahren
		Deutschland	SCRIM, SRT, Ausfluss
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Grenzwerte für die Gewährleistung Angaben an den PSV Wert der Mineralstoffe Angaben zu maximalen Mischguttemperaturen Tabelle über Art und Menge des Abstumpfungsmaterials bei Walzasphalt und Gussasphalt Beschreibung SCRIM, SRT, Ausfluss Messverfahren Tabelle SCRIM Messgeschwindigkeit Einflussfaktoren: Sand, Füller, Bindemittel		<p>Messung:</p> <p>Nach ZTV-Asphalt – StB 01 ist der Einsatz des SRM für Kontrollprüfungen nicht vorgesehen. Messtolleranz $\mu_{\text{SCRIM}} = \pm 0.03$ unabhängig von der Messgeschwindigkeit. Fahrbahnoberflächentemperatur darf bei der Messung minimal 5°C und maximal 50°C betragen. Eine Korrektur der Messgeschwindigkeit ist bis zu einer maximalen Geschwindigkeitsabweichung von ± 10 km/h zulässig. Auf regennassen Fahrbahnen sind Messungen nicht zulässig.</p> <p>Bewertung:</p> <p>Unterschreitung der Grenzwerte um 0.03 -> Mangel liegt vor Unterschreitung der Grenzwerte um 0.06 so hat der Auftragnehmer dauerhaft wirksame griffigkeitsverbessernde Massnahmen durchzuführen</p> <p>Divers:</p> <p>Die jahreszeitlichen Schwankungen betragen 0.1 μ_{SCRIM}</p>	

16	Merkblatt zur Bewertung der Strassengriffigkeit bei Nässe; Merkblatt Griffigkeit; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 2003	Land	Verfahren
		Deutschland	SCRIM, SRM, SRT, Ausfluss
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Begriffsbestimmungen Bewertung der Griffigkeit und Massnahmen Fahrdynamische- physikalische Zusammenhänge Graphische Darstellung des Zusammenhanges zwischen der Griffigkeit, der Haltesichtweite und der Geschwindigkeit Normierungsfunktionen: Zustandswert – Messverfahren (SCRIM,SRM,SRT)		Messung: Bewertung: Schwellenwert: Zustandswert 4.5 V80km/h $\mu_{SCRIM} = 0.32$; $\mu_{SRM} = 0.3$ Warnwert: Zustandswert 3.5 V80km/h $\mu_{SCRIM} = 0.39$; $\mu_{SRM} = 0.36$ Zielwert: Zustandswert 1.5 V80km/h $\mu_{SCRIM} = 0.53$; $\mu_{SRM} = 0.48$ $\mu_{SCRIM} > 0.39$ keine Massnahmen $0.32 < \mu_{SCRIM} < 0.39$ Unfallhäufungsstelle? Wenn ja -> Massnahmen $\mu_{SCRIM} \leq 0.32$ Unfallhäufungsstelle? Wenn ja -> Massnahmen Wenn nein ingenieurmässige Überprüfung ob erhöhte Unfallgefahr wegen Streckencharakteristik Divers: Merkblatt gilt nur für Fahrbahnen mit einer zulässigen Geschwindigkeit grösser 50 km/h Jahreszeitliche Schwankung der Griffigkeit $\mu_{SCRIM} = 0.1$ Eine Korrelation zwischen SRM und SCRIM ist nicht zulässig	

17	Griffignormmessungen mit dem Skiddometer; weitere Ergebnisse; Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich; 1979	Land	Verfahren
		Schweiz	Skiddometer, SRM, LPC
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Beschreibung Skiddometer Messverfahren Diagramm Griffigkeit in Funktion der Wasserfilmdicke und der Geschwindigkeit Diagramm Einfluss Querrillen und Messmethode (blockiert oder gebremst) auf gemessene Griffigkeit Korrelation zwischen dem ASTM und dem AIPCR Reifen Einflussfaktoren: Wasserfilmdicke, Querrillen		Messung: siehe Beurteilung der Griffigkeit auf Fahrbahnen Bewertung: Beurteilungsmassstäbe für die Schweiz, Frankreich und Deutschland Divers: Das gebremste Rad spricht stärker auf die Mikrotextrur an als das blockierte Rad. Das blockierte Rad stärker auf die Makrotextrur. Beim blockierten Rad wurde beim Belag mit Querrillen eine deutlich höhere Griffigkeit gemessen als ohne Querrillen. Beim gebremsten Rad war dies nur wenig der Fall.	

18	Griffign – Bremsspur- Kraftübertragung; Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich 1984	Land	Verfahren
		Schweiz	
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Griffignanstieg bei sehr hoher Geschwindigkeit Überschreitung der Materialfestigkeit Einflussfaktor Reifen		Messung: Bewertung: Divers: Untersuchung betreffend eines wieder Ansteigens der Griffign bei sehr hohen Geschwindigkeiten. (Flugzeug, Rennwagen); Für den Strassenverkehr nicht von Bedeutung	

19	Einfluss der Witterung auf die Griffign von Fahrbahnen; Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich 1985	Land	Verfahren
		Schweiz	SRT, Ausfluss, Skiddometer
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Einfluss Wasserfilmdicke Beschreibung Skiddometer, SRT, Summenkurve von 85 SRT – Werten und Ausflussmesswerte Thematik tieferer Griffignwerte im Tunnel und bei Überführungen infolge geringerer Mikrotextur Diagramm der Witterungseinflüsse Jahreszeitliche Griffignschwankungen Bremswegberechnung und Kurvengeschwindigkeit in Abhängigkeit des Radius und der Griffignwerte		Messung: Genauigkeit SRT Pendel: ± 1 SRT – Einheit Bewertung: Divers: Griffignabfall im Tunnel nicht bedingt durch zusätzliche Verschmutzung Regeneration der Mikrotextur infolge Temperaturschwankungen Am Anfang Zunahme der Mikrotextur des bituminösen Belages bei Sonnenbestrahlung, keinen Einfluss beim Zementbetonbelag Verbesserung der Mikrotextur infolge Regenwassereinfluss	

20	Griffigkeit und Verkehrssicherheit auf nasser Strasse; Institut für Strassen-, und Untertagebau an der ETH Zürich 1975	Land	Verfahren
		Schweiz	Skiddometer, Sandfleck, Ausflussmesser
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Beschreibung Skiddometer Verhältnis des Griffigkeitswertes bei 15% Schlupf zum Gleitbeiwert (blockiertes Rad) Beschreibung Sandfleckmethode und Beurteilungsmassstab Beschreibung Ausflussmesser und Messbereich Korrelation SRT mit Skiddometer bei 40 km/h (beste Korrelation) Korrelation Unfallhäufigkeit und Griffigkeit Mindestwerte der Griffigkeit für den Skiddometer, SRT Pendel und Ausflussmesser Griffigkeitsbedarf in Abhängigkeit vom Kurvenradius		Messung: Messunsicherheit des Skiddometers: ± 0.03 Bewertung: Strassen mit langsamen Verkehr ($V < 60$ km/h): Mindestwert normale Verhältnisse $V = 60$ km/h: 0.35 Mindestwerte schwierige Verhältnisse $V = 60$ km/h: 0.40 Schwierige Verhältnisse: Längsneigung > 6 % auf mehr als 100 m, Kurvenradius < 150 m, andere Gefahrenstellen Bei Strassen mit schnellem Verkehr liegen die Werte bei einer Messgeschwindigkeit von 80 km/h jeweils um 0.05 tiefer. Schwierige Verhältnisse gelten bei Kurvenradien < 300 m und Längsneigung > 6 % Divers: Unterhalb 6° und oberhalb 25° sind aus Gründen des Temperatureinflusses keine Messungen mehr durchzuführen Griffigkeitsschwankungen innerhalb eines Jahres: Abweichung der Mittelwerte vom Durchschnitt: ± 0.03 Abweichung der Einzelwerte vom Durchschnitt: ± 0.06 Bei tiefen Geschwindigkeiten bis 40 km/h ist Makrotextur praktisch nicht erforderlich Einsatzbereich Ausflussmesser und Sandfleck abhängig von der Texturtiefe	

21	Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik; Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen; Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; 2002	Land	Verfahren
		Deutschland	SCRIM, SRM
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Literaturstudium SCRIM und SRM (block) Beschreibung und Bewertungshintergrund Einflussfaktoren: Splittkomponente, Sand, Deckschichtart, Jahreszeit Unfall - Griffigkeitsanalysen auf Autobahnen Bremswegberechnungen		Messung: Messtoleranz: 0.03 Bewertung: Abnahmewert: 0.46 als Mittelwert eines 100m Abschnittes Gewährleistungswert: 0.43 Mindestgriffigkeit für Bremsvorgang innerhalb Haltesichtweite in der Geraden auf Bundesfernstrassen $\mu_{SCRIM} = 0.31$ Divers: Ein für die ganze Datenbank gültiger Zusammenhang zwischen der Griffigkeit und der Verkehrsbelastung konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Griffigkeitsniveau mit Nassunfälle ist geringfügig tiefer als Griffigkeitsniveau des übrigen Netzes. Kein direkter Zusammenhang zwischen Griffigkeit und Unfallgeschehen	

21 a	Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik; Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen; Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; 2002		
England (SCRIM)	Spanien (SCRIM)	Andere Länder:	
13 Strassenkategorien, Anforderungen an PSV und Seitenreibungskoeffizient Höhere Seitenreibungskoeffizient bei: Längsneigung > 5 %, Kurvenradius < 250 m, bei Lichtsignalanlagen, Fussgängerüberwegen, Kreuzungen und Kreiseln Messgerät: SCRIM V = 50 km/h Schräglaufwinkel 20° Mindestgriffigkeit für Autobahnen: 0.35	$\mu_{SCRIM} < 0.35$ Werte werden nicht akzeptiert $0.35 < \mu_{SCRIM} < 0.5$ Warnschilder dringend empfohlen und Geschwindigkeitsreduktion $\mu_{SCRIM} > 0.5$ gilt als „Sicher“ Messgeschwindigkeit: 50 km/h Abweichung bis zu 10% zulässig	Australien: SCRIM Frankreich: SCRIM Belgien: Odoliograph Dänemark: Stradograph Finnland: VTT Friction lorry Schweden: Skiddometer 15-15% Schlupf Norwegen: Roar Niederlande: DWW Trailer Polen: eigenes Gerät Prinzip SRM	

22	Deutscher Strassen und Verkehrskongress Hamburg 2002; Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen; 2002 Die Strassengriffigkeit zwischen Verkehrssicherheit und Machbarkeit	Land Deutschland	Verfahren SCRIM
Stichwörter	Aussagen / Bemerkungen		
Diagramm Nassunfälle – Griffigkeit und Einfluss einer griffigkeitsverbessernden Massnahme Griffigkeitsanforderungen für SCRIM, SRM und SRT	Messung: Bewertung: siehe ZTV Asphalt-StB 01 / ZTV Beton-StB 01 Divers: Flächen mit SCRIM kleiner als 0.45 weisen dreimal so viele Nassunfälle auf als Flächen mit einem Wert grösser als 0.65 (500 km Autobahn). Es zeigt sich statistisch ein deutlicher Einfluss der Griffigkeit auf die Verkehrssicherheit bei Nässe.		

23	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen – Asphaltbauweisen Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Asphaltstrassen; 2003	Land Deutschland	Verfahren
Stichwörter	Aussagen / Bemerkungen		
Begriffsbestimmungen Instandhaltungsverfahren bei mangelnder Griffigkeit Tabelle mit den geeigneten Verfahren Einflussfaktoren: Mischgutarten			

24	Untersuchungen über Ursache und Umfang der jahreszeitlich bedingten Schwankungen der Strassengriffigkeit	Land	Verfahren
	Technische Universität Berlin, Institut für Strassen- und Verkehrswesen; 1967	Deutschland	Skiddometer, Pendelgerät
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
<p>Temperatur des Messwassers hat keinen Einfluss auf die gemessene Griffigkeit</p> <p>Temperatur der Reifenlauffläche und der Fahrbahn hat einen Einfluss auf die gemessene Griffigkeit</p> <p>Regen und Verkehr sind Ursachen der Schwankungen der Griffigkeitswerte</p> <p>Regen = chemische Verwitterung</p>		<p>Messung: Messunsicherheit Pendelgerät: ± 1.4 Pendeleinheiten</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers: Bei $V = 40\text{km/h}$ je $^{\circ}\text{C}$ Temperaturanstieg Fahrbahn Griffigkeitsabsenkung um 0.002 Einheiten. Bei $V = 60\text{km/h}$ keine Absenkung -> Einfluss Temperatur bei Blockmessung Skiddometer kann vernachlässigt werden.</p> <p>Beim Pendelgerät: je $^{\circ}\text{C}$ Temperaturanstieg Griffigkeitsabsenkung Fahrbahn um 0.45 bis 0.55 Pendeleinheiten</p> <p>Griffigkeitsjahresschwankungen: $V = 60\text{km/h}$: mittlere Schwankung ± 0.03, Einzelabweichung ± 0.06 bei blockierten Schlepprad. Die Schwankungen nehmen mit steigender Messgeschwindigkeit ab.</p>	

25	Richtlinien zur Bewertung der Strassengriffigkeit bei Nässe;	Land	Verfahren
	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsausschuss Rauheit; 1998	Deutschland	SRM, SCRIM, SRT, Ausflussmesser
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
<p>Richtlinien gelten für Fahrbahnen mit einer Höchstgeschwindigkeit grösser als 50 km/h</p> <p>Umrechnungsdigramme der SRM,SCRIM und SRT Werte in Zustandswerte</p>		<p>Messung:</p> <p>Bewertung: Warn- und Schwellenwerte für SRM und SCRIM sowie für SRT und Ausflussmesser</p> <p>Warnwert $V = 80\text{ km/h}$ $\mu_{\text{SRM}} = 0.36$ $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.39$ Schwellenwert $\mu_{\text{SRM}} = 0.30$ $\mu_{\text{SCRIM}} = 0.32$</p> <p>Warnwert SRT = 55 Ausflusszeit = 60s Schwellenwert SRT = 50 Ausflusszeit = 120s</p> <p>Divers:</p>	

26	Zur Griffigkeit österreichischer Strassenbeläge; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2004	Land	Verfahren
		Österreich	SRM (RoadSTAR)
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Messgeschwindigkeit generell 60 km/h Seit 1991 Messgerät mit 18% konstantem Schlupf Griffigkeitsanforderungen an die Zuschläge > 4mm (PSV –Wert) Diagramm Griffigkeitsverteilung		Messung: Bewertung: Werte für SCRIM (V = 80km/h) und RoadSTAR (V = 60km/h, 18 % Schlupf) Abnahmewert: SCRIM: 0.46 RoadSTAR:0.59 Gewährleistungswert: SCRIM: 0.43 RoadSTAR:0.52 Warnwert: SCRIM:0.39 RoadSTAR:0.45 Schwellenwert: SCRIM:0.32 RoadSTAR:0.38 Wir der kritische Schwellenwert unterschritten sind verkehrsbeschränkende oder bauliche Massnahmen zu treffen. Divers:	

27	Ergebnisse aktueller Griffigkeitsmessungen und Auswirkungen auf das technische Regelwerk	Land	Verfahren
			SCRIM
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Messbeschreibung Untersuchung der Wiederholbarkeit von verschiedenen Vergleichsmessungen		Messung: Schräglaufwinkel 20°, Regelmessgeschwindigkeit 60-80 du auf Autobahnen 100 km/h; Wasserfilmdicke 0.5 mm. Messfahrzeuge müssen periodisch kalibriert werden. Bewertung: Divers: Installation von Kameras zur Kontrolle der seitlichen Radabständen. Darstellung der Abweichung von der Rollspur in einer Graphik.	

28	Zustandserfassung- und bewertung Nationalstrassen (Fahrbahnen) ZEB-NS (1999-2002) Bundesamt für Strassen 2003	Land	Verfahren
		Schweiz	SCRIM
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Häufigkeitsverteilung der auf der Nationalstrassen gemessenen Griffigkeitswerte		<p>Messung: siehe technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Strassenbau; Teil Messverfahren SCRIM</p> <p>Bewertung: SFC < 0.32 bei Überholfahrstreifen 0.3% und bei Normalfahrstreifen 1.0% 95% der Fahrstreifen weisen eine ausreichende bis gute und 5% der Fahrstreifen kritische bis schlechte Griffigkeitswerte auf.</p> <p>Divers:</p>	

29	Arbeitsanweisung für kombinierte Griffigkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und dem Ausflussmesser Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen; Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 1972	Land	Verfahren
		Deutschland	SRT, Ausflussmesser
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Beschreibung SRT Messung Labor und Feldmessungen Beschreibung und Überwachung des SRT Gerätes Beschreibung und Überwachung des Ausflussmessers und Beschreibung der Messung		<p>Messung: SRT : Längsneigung der Strasse nicht mehr als 10%; Mehr als 10°C; kein starker Regen oder Wind. Gemessen wird in der rechten Fahrspur. Bei zweistreifigen Strassen ist alle 300 bis 500 m ein Messfeld anzulegen. Pro Messfeld beträgt die Zahl der Messpunkte: 5 Pendel- und 10 Ausflussmesspunkte Strassen mit V<60 km/h: SRT ausreichend, Ausflussmesser nicht nötig Strassen mit V>60 km/h: SRT und Ausflussmesser nötig</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers:</p>	

30	Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Strassenbau; Teil Messverfahren SCRIM; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn; 2001	Land	Verfahren
		Deutschland	SCRIM
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Begriffsbestimmungen Beschreibung SCRIM Messung Geschwindigkeitskorrektur Formelangabe Temperaturkorrektur		<p>Messung: Standardisierte Messbedingungen: Radlast: 1960 N SCRIM Reifen, Wasserfilm 0.5 mm; Schräglaufwinkel 20°; Messgeschwindigkeit: 40/60/80 km/h; Mittelungslänge 20 m, Temperatur Fahrbahnoberfläche: 5 bis 50°C, Lufttemperatur: > 5°C, Messzeitraum: Mai bis Oktober ausser nach griffigkeitsverbessernden Massnahmen, keine regennasse Fahrbahn, maximale Abweichung der Geschwindigkeit von der Soll - Messgeschwindigkeit: 10 km/h</p> <p>Toleranzen: Wiederholungsmessungen maximal: $\mu_{SCRIM} = \pm 0.015$ Vergleichsmessungen: $\mu_{SCRIM} = \pm 0.025$ auf 1000 m Länge und dem Referenzmessgerät der BAST Gesamt toleranz unabhängig von der Messgeschwindigkeit: $\mu_{SCRIM} = \pm 0.03$ für die geforderten 100 m Einzelwerte</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers:</p>	

31	Entwurf Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen- Prüfverfahren – Teil 2: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Verkehrsflächen Europäische Norm prEN 13036-2	Land	Verfahren
		Europa	
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Begriffsdefinitionen Definition des Griffigkeitskennwertes (Skid Resistance Index SRI) und Bestimmung des SRI Kalibrierung von Reibungsmessgeräten		<p>Messung: Wiederholungsgenauigkeit und Vergleichsgenauigkeit der Referenzmessgeräte: 0.08 – 0.14 SRI Die Oberflächentemperatur sollte zwischen 10°C und 35°C liegen.</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers: Jährliche Kalibrierung notwendig</p> <p>$SRI = A + B \times F \times \text{Exp} [(S-30)/S_p]$ $S_p = 57 + 56 \times \text{MPD}$ oder $S_p = 43 + 70 \times \text{MTD}$</p> <p>MPD = Profiltiefe; MTD = Textur tiefe S = Gleitgeschwindigkeit SRM Blockmessung CH A = 0.181 B = 0.590 Skiddometer Blockmessung CH A = 0.347 B = 0.340</p>	

32	Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 1: Messung der Makrotexturtiefe der Fahrbahnoberfläche mit Hilfe eines volumetrischen Verfahrens Europäische Norm EN 13036-1; 2001	Land	Verfahren
		Europa	Sandfleck
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Beschreibung Prüfverfahren und Prüfmaterial		<p>Messung: Ergebnisse ausserhalb des Bereichs von 0.25 mm bis 5 mm mittlerer Texturtiefe (MTD) sind mit Vorsicht zu interpretieren. Standardabweichung bei wiederholten Messungen durch denselben Messtechniker bis zu 1% der mittleren Texturtiefe, bei verschiedenen Messtechniker bis zu 2% auf derselben Fahrbahnoberfläche. Standardabweichung zwischen verschiedenen Standorten innerhalb eines homogenen Fahrbahnabschnittes: bis zu 27% der mittleren Texturtiefe</p> <p>Sandfleckmethode: 0.25 bis 5 mm Texturtiefe (MTD); Profilverfahren: 0 bis 5 mm mittlere Profiltiefe (MPD) Ausflussmessung: 0 bis 0.4 mm mittlere Profiltiefe</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers:</p>	

33	Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 4: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen: Pendeltest Europäische Norm EN 13036-4; 2003	Land	Verfahren
		Europa	Pendeltest
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Beschreibung Pendeltest Feld- und Labormessungen, Prüfeinrichtung Pendelwert PTV Temperaturkorrektur der Pendelwerte Kalibrierung Pendelgerät		<p>Messung: Mit dem Pendel wird die Griffigkeit einer 0.01 m² grossen Fläche bestimmt. Neigung der Oberfläche darf maximal 6% betragen. Die Temperatur muss zwischen 1° und 40°C liegen. Die Standardabweichung liegt bei 1.0 PTV.</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers:</p>	

34	Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 3: Messung der horizontalen Entwässerung von Deckschichten Europäische Norm EN 13036-3; 2002	Land	Verfahren
		Europa	Ausflussmesser
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Ausflussmesser Beschreibung Prüfeinrichtung Kalibrierung		<p>Messung: Geprüft wird in den Fahrspuren. Um den Wert des Ausflussmessgerätes für eine Länge von 25 m zu erhalten, sind mindestens 10 Werte in einem Abstand von etwa 2,5 m zu ermitteln. Prüffeldlänge = 25 m Abstand zwischen den Prüffeldern 300 m bis 500 m. Standardabweichung bei feinstrukturierten ebenen Flächen beträgt ca. 4 s Einsatzbereich bei mittlerer Profiltiefe unter 0.4 mm</p> <p>Bewertung:</p> <p>Divers:</p>	
35	Qualitätssicherung bei den Systemen der Zustandserfassung und - Zustandsbewertung . Die Griffignorm der Fahrbahnoberfläche	Land	Verfahren
		Deutschland	
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Qualitätssicherung Griffignorm der Fahrbahnoberfläche ZEB Griffignormmessungen und Bewertungen <ul style="list-style-type: none"> - Messverfahren - Anforderungen und Bewertung 		<p>Messung: Beschreibung der Schlupfkurve. Bei der Mehrzahl der System wird ein Schlupf von 18%-20% gewählt. Es werden vorrangig die Texturbedingten Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche erfasst. Randbedingung ZEB Projekten: rechte Spur; Wasserfilmdicke 0.5 mm; Messgeschwindigkeit 80 bzw. 60; 100 m Bewertungsabschnitte; Geschwindigkeitsabweichung max. ± 10 km/h; Lufttemperatur $> 10^{\circ}\text{C}$; Temperatur Fahrbahnoberfläche $> 5^{\circ}\text{C}$</p> <p>Bewertung: Zustandswert μ_{GRI} bei den Grenzwerten: Zielwert: 1.5 Warnwert: 3.5 Schwellenwert: 4.5 Zustandswert μ_{GRI} bei den Abnahmewerten: Abnahmewert: 2.5 Gewährleistungswert: 2.93 Toleranzen: 0.43 Der Gewährleistungswert muss in der Regel nach 5 Jahren eingehalten sein.</p> <p>Divers:</p>	

36	Internes Handbuch –Griptester Institut für Strassenbau und Strassenerhaltung T.U. Wien	Land	Verfahren
		Österreich	Griptester
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Gerätebeschrieb Bedienungsanleitung von Messung Kalibrierverfahren		Messung: Schlepptrieb: Geschwindigkeit 30 –100 km/h, Netz- und Projektebene Schubetrieb: Schrittempo, Projektebenen Messreifen: 25.4 cm profilloser ASTM Reifen; Schlupf 18%; Mittelungslänge 10m im Automatikbetrieb, 16 cm im Handbetrieb; Wasserfilmdicke 0.5 mm; Lufttemperatur > 3°C; Fahrbahnoberflächentemperatur 5 bis 50 °C Bewertung: Divers: Messsystem geeignet für Fussgängerzonen, Fahrbahnmarkierungen, Austobahnen- Auf und Abfahrten mit engen Radien, Helidecks	
37	Implementation of new method of measuring friction condition in Denmark Nordic Road and Transport research No. 1/1999	Land	Verfahren
		Dänemark	ROAR / Stradograph
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Vergleich Stradograph und ROAR Testergebnisse		Messung: Stradograph: 12° schräglaufendes Messrad ROAR: in Fahrtrichtung laufendes Messrad; Messreifen ASTM Reifen, 20% Schlupf Bewertung: Divers: Dänemark ersetzte 1997 den Stradograph durch den ROAR nachdem 1996 Vergleichsmessungen erstellt wurden. Dieses Gerät wird seit 1999 als Standardmessgerät verwendet. Beim Stradographen muss bei jedem neuen Reifen zuerst 500 km gefahren werden bevor gültige Messungen möglich waren. Es gibt eine gute Korrelation zwischen dem Stratographen und dem ROAR und beide Geräte weisen eine gute Wiederholbarkeit auf.	

38	Évaluation des recherches sur l'application de l'indice international de frottement (IFI) Routes Roads N° 318 April 2003	Land	Verfahren
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Vergleich der verschiedenen Griffigkeitsmesssysteme Kalkulation des IFI Wertes Erfahrungen in den verschiedenen Ländern mit dem IFI		Messung: $F60 = A + B \cdot FR60 + C \cdot Tx$ A,B und C sind gerätespezifische Griffigkeitsparameter Bewertung: Divers: Die Mitglieder von Hermes kam zu der Erkenntnis, dass der Gebrauch des IFI, infolge grosser Unsicherheiten in der Vorhersage und wenig Erfahrung bei der Kalibrierung, noch nicht sinnvoll ist. Verschiedene Untersuchungen zeigen Schwierigkeiten bei der Anwendung des IFI (Dänemark, Deutschland, Niederlande, Neuseeland). Die Untersuchung in Frankreich weist keine solchen Schwierigkeiten auf. Belgien löst das Problem in dem sie die Messgeschwindigkeit auf 30 km/h reduziert.	
39	Bauvertragliche Anforderungen an die Griffigkeit – Erste Erfahrungen aus NRW Strasse und Autobahn 3.2005	Land	Verfahren
		Deutschland	
Stichwörter		Aussagen / Bemerkungen	
Erläuterungen zur Umsetzung der neuen Regelwerk im Landesbetrieb Strassenbau NRW und deren Schwierigkeiten		Messung: Bewertung: Divers: Nach Bautätigkeit: Abnahme unter Vorbehalt; Beschilderung der besonderen Situation Griffigkeitsmessung für die Abnahme: 4 bis 8 Wochen nach Verkehrsfreigabe; Wahlweise SCRIM oder SRT; Mindestanforderungen SRT: 60, Ausflusszeit kleiner als 30 s, wenn nicht erfüllt -> SCRIM Messung notwendig. Mindestwert SCRIM 0.46 bis 0.56. SRT Messungen werden dann ungültig. Wenn Mindestwert nicht erreicht liegt ein Mangel vor. Unterschreitung max. 0.06 μ_{SCRIM} : Erneute Kontrollprüfung. Unterschreitung mehr als 0.06 μ_{SCRIM} oder erneute Kontrollprüfung erfüllt nicht den Anforderungswert so ist eine griffigkeitsverbessernde Massnahme durchzuführen, Beschilderung mit Zeichen Schleudergefahr. Griffigkeitsmessung für die Gewährleistung: grundsätzlich mit dem SCRIM, werden die Anforderungswerte nicht eingehalten -> Prüfung der Angelegenheit nach HVA B-StB Abschnitt 3.10 -> griffigkeitsverbessernde Massnahmen	