



Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit

Vérification des bases d'évaluation pour l'appréciation de l'adhérence des chaussées

Verification and development of the bases for the assessment for skid resistance

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Prof. Hans Peter Lindenmann, dipl. Ing. ETH
Franziska Baumgartner, dipl. Ing. ETH**

**SACR AG, Zürich & Bevaix
Alain Jacot, dipl. Ing. ETH
Erhard Kälin, dipl. Bauleiter TB**

Forschungsauftrag VSS 2005/702 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 "Clôture du projet", qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) commissioned by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit

Vérification des bases d'évaluation pour l'appréciation de l'adhérence des chaussées

Verification and development of the bases for the assessment for skid resistance

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Prof. Hans Peter Lindenmann, dipl. Ing. ETH
Franziska Baumgartner, dipl. Ing. ETH**

**SACR AG, Zürich & Bevaix
Alain Jacot, dipl. Ing. ETH
Erhard Kälin, dipl. Bauleiter TB**

Forschungsauftrag VSS 2005/702 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Prof. Hans Peter Lindenmann, dipl. Ing. ETH

Mitglieder

Franziska Baumgartner, dipl. Ing. ETH

Alain Jacot, dipl. Ing. ETH

Erhard Kälin, dipl. Bauleiter TB

Nicolas Latuske, Dr. rer. nat.

Federführende Fachkommission

Fachkommission 7: Erhaltungsmanagement

Begleitkommission

Präsident

Markus Grieder

Mitglieder

Martin Horat

Yvan Ramel

Christophe Rohr

Luzia Seiler

Antragsteller

Verband der Schweizer Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einleitung	13
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Forschungsziel.....	14
1.3 Zweck des Forschungsprojektes	14
1.4 Notwendigkeit der Forschung	14
2 Methodik und Vorgehen	15
2.1 Aktueller Bewertungshintergrund.....	15
2.1.1 Datenbasis 1984	15
2.1.2 Messstrecken und -methodik.....	15
2.1.3 Bewertungshintergrund und Griffigkeitsrichtwerte	16
2.1.4 SN 640 511b	17
2.1.5 Beurteilungsschema des IVT für die Fahrbahngriffigkeit.....	18
2.2 Überprüfung des aktuellen Bewertungshintergrundes	18
2.2.1 Griffigkeitsdaten Messsysteme Skiddometer und SRM	18
2.2.2 Grundlagen Griffigkeitsdaten Messsystem SCRIM	19
2.2.3 Auswahl der Auswertungsstrecken.....	19
2.2.4 Methodik der Auswertung	19
2.2.5 Gesamtdatenumfang	21
2.2.6 Datenlage.....	21
2.3 Aussagekraft	22
2.3.1 Datensätze 1984 und 2009.....	22
2.4 Auswertung und Darstellung der Resultate	23
2.4.1 Darstellung der Quantilverteilung	23
2.4.2 Statistische Auswertungen.....	23
3 Verwendbarkeit der Daten	26
3.1 Statistische Überprüfung der Daten 2009 und SCRIM 2001	26
3.1.1 Gauss Fit und Normal Probability Plot.....	27
3.1.2 Mittelwerte und Standardabweichungen der Quantile.....	27
3.2 Ermittlung von Unterschieden in den Datenbeständen	29
3.2.1 Überprüfung der Teildaten Skiddometer und SRM IVT und Skiddometer SACR auf Unterschiede.....	29
3.2.2 Überprüfung der Datenbestände Skiddometer und SRM auf Unterschiede	30
3.2.3 Überprüfung der Datenbestände Skiddometer IVT und SACR auf Unterschiede.....	32
3.2.4 Überprüfung der Datenbestände SRM / Skiddometer SACR auf Unterschiede	33
3.2.5 Vergleich Griffigkeitsniveaus SCRIM 2001 mit Skiddometer und SRM 2009	35
3.2.6 Vergleich Daten 2009 mit Daten aus dem FA ASTRA 2000/423	35
4 Ergebnisse	37
4.1 Einleitung	37
4.1.1 Vorbemerkungen	37
4.1.2 Gesamtdatenumfang	37
4.1.3 Aufgliederung der Daten nach Messgeschwindigkeit.....	37
4.1.4 Lokalisierung von Unterschieden zwischen den Gruppen der Daten 2009.....	38
4.1.5 Gegenüberstellung Daten 2009 mit dem aktuellen Bewertungshintergrund 1984.....	39
4.1.6 Gegenüberstellung Daten 2009 und 1984 mit den Daten SCRIM 2001	39
4.2 Ergebnisse Auswertung Daten SRM und Skiddometer 2009.....	39
4.2.1 Gesamtdaten und Teildaten mit Aufgliederung nach bitumenhaltigen und Beton- belägen	39
4.2.2 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Hochleistungsstrassen HLS	41
4.2.3 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Hauptverkehrsstrassen HVS	50
4.2.4 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für übrige Strassen	57
4.3 Gesamtdaten SCRIM 2001.....	59
4.3.1 Auswahl der Messwerte.....	59
4.3.2 Ergebnisse Auswertung Gesamtdaten SCRIM 2001	60

4.4	Datenanalyse	61
4.4.1	Datenanalyse HLS	61
4.4.2	Datenanalyse HVS	65
4.4.3	Analyse der Unterschiede HLS und HVS	67
4.5	Gegenüberstellungen und Vergleiche	74
4.5.1	Daten des aktuellen Bewertungshintergrundes 1984 und Gesamtdaten 2009	74
4.5.2	Vergleich der Daten SCRIM 2001 mit den Daten 1984 und 2009	78
5	Erkenntnisse	80
5.1	Variabilität Daten 1984 und Daten 2009	80
5.1.1	Datenumfang	80
5.1.2	Herkunft der Daten	81
5.2	Unterschiede Griffigkeitsgesamtdaten 2009 und 1984	81
5.3	Unterschiede Griffigkeitsdaten 2009 zwischen Hochleistungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen ausserorts	83
5.4	Unterschiede Griffigkeitsdaten HLS 2009, HVS 2009 und Daten 1984	84
5.5	Unterschiede Griffigkeitsdaten 2009 nach Anlageart sowie HLS und HVS	85
5.6	Unterschiede Griffigkeitsdaten 2009 zwischen verschiedenen Fahrbahndeckschichten bei HLS und HVS	86
5.7	Unterschiede im Griffigkeitsniveau bei 40 km/h bei Strassen ausserorts und HVS innerorts 2009 und den Gesamtdaten 1984	87
5.8	SCRIM-Griffigkeiten 2001 und Unterschiede zu den Griffigkeitswerten 2009	88
6	Folgerungen	89
6.1	Vorbemerkungen	89
6.1.1	Datengrundlagen	89
6.1.2	Vergleichbarkeit der Datensätze 2009 und 1984	89
6.1.3	Aussagekraft der Erkenntnisse	90
6.2	Anforderungen an die Fahrbahngriffigkeit aus Verkehrssicherheitsgründen	90
6.3	Veränderungen Gesamtdaten und Einflüsse	91
6.4	Einflüsse der Anlageart auf das Griffigkeitsniveau	92
6.5	Variabilität der Teildaten 2009 der Hauptverkehrsstrassen und Einflüsse	93
6.6	Festlegung von Richtwerten für Mindestanforderungen an die Fahrbahngriffigkeiten	93
6.7	Überprüfung der Auswirkungen	94
6.8	Richtwerte Messsystem SCRIM	94
7	Empfehlungen	95
7.1	Erarbeitung eines Konzeptes zur Festlegung von Griffigkeitsanforderungen	95
7.2	Überprüfung von neuen Festlegungen	95
7.3	Normung	95
7.3.1	Ersatz der Norm SN 640 511b	95
7.3.2	Einflüsse auf die Revision der Norm SN 640 925b	96
7.4	Weitere Arbeiten und Forschungsbedarf	96
7.4.1	Anforderungen an SCRIM-Griffigkeiten	96
7.4.2	Griffigkeitsverhältnisse auf Innerortsstrassen	96
	Anhänge	97
	Abkürzungen	121
	Literaturverzeichnis	123
	Projektabschluss	124
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	129

Zusammenfassung

Ausgangslage und Forschungsziel

Für die Analyse von Unfallschwerpunkten und die Planung von Unterhaltsmassnahmen sind Kenntnisse der Griffigkeit von wesentlicher Bedeutung. Sie bilden auch wesentliche Grundlagen für die Festlegung der sicherheitsrelevanten minimalen Sichtweiten (Anhaltesichtweiten). Griffigkeitswerte werden mit unterschiedlichen Messsystemen wie z.B. dem Skiddometer, dem SRM oder dem SCRIM resp. SKM gemessen. Die heute in der Schweiz verwendete SN 640 511b zur Beurteilung der gemessenen Strassengriffigkeit basiert auf Untersuchungen aus dem Jahre 1984. Diese Norm enthält für die Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h je einen Richtwert für Mindestgriffigkeiten. In den vergangenen 25 Jahren hat das Verkehrsaufkommen auf dem Schweizer Strassennetz erheblich zugenommen und die Situation der verwendeten Fahrbahndeckschichten hat sich verändert. Die vorliegende Forschungsarbeit hatte deshalb die Überprüfung und Ergänzung der Grundlagen zur Bewertung der Strassengriffigkeit zum Ziel. Für die Messsysteme Skiddometer und SRM galt es abzuklären, ob ein neuer Bewertungshintergrund notwendig ist, und ob eine Aufgliederung nach verschiedenen Strassentypen zweckmässig wäre. Ausserdem war im Rahmen dieser Forschungsarbeit zu untersuchen, ob allenfalls die heute gültigen Richtwerte für die Beurteilung der Griffigkeit anzupassen wären bzw. ob für verschiedene Strassentypen eine Festlegung unterschiedlicher Mindestrichtwerte notwendig wäre. Zur Beurteilung von Griffigkeitsmessungen mit dem Messsystem SCRIM sollte zudem aufgrund der Ergebnisse der ZEB-NS 2001 und unter Berücksichtigung der in der EU geltenden Beurteilungsmassstäbe ein Bewertungshintergrund für Nationalstrassen für die Messgeschwindigkeiten 80 km/h resp. 60 km/h formuliert werden.

Erkenntnisse und Folgerungen

Gesamthaft konnte festgestellt werden, dass sich die Verteilung der Griffigkeitswerte auf den Schweizer Strassen 2009 gegenüber 1984 im Mittel wenig verändert hat. Im als ausreichend bis gut bewerteten Griffigkeitsniveaubereich zeigen sich die Anteile 2009 und 1984 sehr ähnlich. Bei den schlechten bis ungenügenden Griffigkeitsniveaus hat sich die Situation 2009 gegenüber 1984 verschlechtert. Dies bedeutet, dass in der Gesamtmenge der Griffigkeitswerte 2009 mehr ungenügende Griffigkeiten, welche ungünstiger als die geforderten Richtwerte für die Mindestgriffigkeiten sind, vorhanden waren als 1984. Weiter zeigt sich, dass die Anteile der tiefen und damit schlechten Griffigkeitswerte 2009 ihren Ursprung bei der Kategorie Hauptverkehrsstrassen haben, während die analogen Griffigkeitsbereiche bei den Hochleistungsstrassen 2009 fast identisch mit denjenigen der Gesamtdaten von 1984 sind.

Die Hauptverkehrsstrassen weisen 2009 in Gegenüberstellung zu den Gesamtdaten 1984 und auch im Vergleich mit den Hochleistungsstrassen grössere Anteile schlechter Griffigkeitswerte auf. Das bedeutet auch, dass die schlechtesten 5% der Griffigkeitswerte dieser Strassenkategorie heute ungünstiger liegen als 1984. Im Durchschnitt bestehen heute also bei mehr Hauptverkehrsstrassen schlechtere Griffigkeitsverhältnisse als noch 1984, was als ungünstige Entwicklung taxiert werden muss. Es sind deshalb Überlegungen zur Festlegung von Richtwerten der Mindestanforderungen der Griffigkeit je getrennt für Hauptverkehrsstrassen und Hochleistungsstrassen anzustellen. Dabei ist zu prüfen, ob die Anforderungen für Hauptverkehrsstrassen nicht zu verschärfen wären mit dem Zweck, langfristig das sich seit 1984 verschlechternde Griffigkeitsniveau auf diesen Strassen positiv zu beeinflussen. Zudem liessen sich durch eine Festlegung höherer Griffigkeitsmindestanforderungen auf Hauptverkehrsstrassen allenfalls die Anforderungen an die Sichtweiten reduzieren.

Obwohl Unfälle auf nasser Fahrbahn naturgemäss nicht allein auf mangelnde Fahrbahngriffigkeiten zurückgeführt werden können, ist immerhin unbestritten, dass schlechte Griffigkeiten Bremswege verlängern und somit sicherheitsrelevant sind. In vielen Ländern sind die Mindestanforderungen in Normen gleich oder ähnlich wie in der Schweiz, sind aber, wie z.B. in Frankreich, nicht pauschal sondern differenziert nach Strassentyp und Ortslage gegliedert festgelegt. Damit wird versucht, den verkehrsbedingt örtlich verschie-

denen Situationen Rechnung zu tragen. Die im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit gewonnenen Erkenntnisse, wonach sich nach Strassentyp, Anlageart und Ortstage Unterschiede in den vorhandenen Griffigkeitsniveaus zeigen, deuten darauf hin, dass die Anforderungen an die Griffigkeit auch in der Schweiz ebenfalls differenziert formuliert werden sollten.

Um dem ungünstigen Trend der Verschlechterung des Griffigkeitsniveaus entgegen wirken zu können, erscheint eine Differenzierung der Mindestanforderungen vor allem dort nötig und zweckmässig wo eine Möglichkeit der positiven Einflussnahme durch die Normung besteht. Damit würden ähnliche Wege angepeilt wie sie auch in Frankreich beschritten werden. Grundsätzlich könnten bei der Konzipierung einer neuen Festlegung von Mindestanforderungen Richtwerte für Strassentypen (HLS, HVS a.o. und i.o.) je nach Anlageart sowie Richtwerte für Bereiche mit erhöhten Bedürfnissen für die Fahrbahngriffigkeiten (Knoten und Fussgängerstreifen) anvisiert werden.

Die Auswirkungen eines solchen Konzeptes müssen vor einer allfälligen Festlegung von Richtwerten einer sorgfältigen Überprüfung unterzogen werden. Dazu zählen u.a. Einflüsse auf Anhaltewege, Einflüsse auf vorhandene Sichtweiten, Einflüsse auf den baulichen Unterhalt und vor allem finanzielle Folgen für Erhaltungsplanung und Werterhaltung. Die Konformität mit internationalen Normen und Richtlinien ist zwingend anzustreben.

Empfehlungen

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Forschungsauftrages wird empfohlen, ein Konzept für die Festlegung von Richtwerten für Griffigkeitsanforderungen zu erarbeiten. Dieses Konzept sollte sich nebst den Fragen der Mindestanforderungen auch um die Belange der Bewertung der Griffigkeit bestehender Anlagen verschiedener Zustände der Fahrbahnen annehmen.

Vor einer allfälligen Normierung sollten sämtliche Auswirkungen und Konsequenzen von geplanten, neuen Festlegungen in erster Linie hinsichtlich Verkehrssicherheit und in zweiter Linie bezüglich baulichem Unterhalt und Planung von Erhaltungsmaßnahmen abgeschätzt werden. Im Weiteren wäre zusätzlich auch noch zu überlegen ob allenfalls im gleichen Zuge der Erarbeitung einer neuen Norm auch die Belange der Griffigkeitsanforderungen an winterliche Fahrbahnen mit einbezogen werden sollten.

Die im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages gewonnenen Erkenntnisse sollen zusammen mit dem noch zu generierenden Konzept für die Festlegungen der Anforderungen (Mindestrichtwerte, Qualitätsbereiche, Abnahmewerte) die Basis für eine neue zukünftige Norm „Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen“ bilden. Eine Abstimmung mit den Normierungsarbeiten zur Norm „Griffigkeit, Messsysteme“ ist zwingend. Dabei sollten auch die Erkenntnisse aus dem Forschungsauftrag „Grundlagen zur Revision der Griffigkeitsnormen“ (Jacot, 2007) mit beachtet werden.

Da die Erfahrungen zur Beurteilung von SCRIM-Griffigkeiten in der Schweiz weitgehend fehlen, sind entsprechende Festlegungen allein auf der Basis der Messung 2001 verfrüht. Vielmehr sollten die neuen Erkenntnisse aus der netzweiten Erhebung der Griffigkeit mit dem SKM-Messsystem im Jahre 2009 abgewartet und dann zumal mit den Ergebnissen SCRIM 2001 verglichen werden.

Résumé

Situation de départ et objectif de la recherche

Il est très important de disposer de connaissances quant à l'adhérence pour l'analyse des points noirs et la planification de mesures d'entretien. Ces connaissances constituent également des bases essentielles pour définir les distances de visibilité minimales afin d'assurer la sécurité (distances de visibilité d'arrêt). Différents systèmes de mesures tels que par exemple le skiddomètre, le SRM, le SCRIM ou le SKM permettent de mesurer les valeurs d'adhérence. La norme SN 640 511b, utilisée actuellement en Suisse pour l'évaluation de l'adhérence des routes mesurée, se base sur des recherches datant de 1984. Cette norme contient une valeur indicative d'adhérence minimum pour chacune des vitesses de mesure suivantes: 40 km/h, 60 km/h et 80 km/h. Or, la circulation sur le réseau de routes suisse a considérablement augmenté ces 25 dernières années et la situation des couches de surface utilisées a changé. Le présent travail de recherche avait donc pour objectif de réviser et de compléter les bases existantes pour l'évaluation de l'adhérence des routes. Pour les systèmes de mesure skiddomètre et SRM, il s'est agi de déterminer si de nouvelles bases sont nécessaires pour l'évaluation et si un classement selon le type de route serait approprié. Par ailleurs, dans le cadre de ce travail de recherche il s'agissait d'analyser si éventuellement il faudrait adapter les valeurs indicatives utilisées actuellement pour l'évaluation de l'adhérence, resp. s'il serait nécessaire de déterminer des valeurs indicatives pour différents types de routes. En outre, afin d'évaluer les mesures relatives à l'adhérence avec le système de mesure SCRIM, des bases d'évaluation pour les vitesses de mesure 80 km/h resp. 60 km/h pour les routes nationales devaient être formulées sur la base des résultats de ZEB-NS 2001 et en tenant compte des critères d'évaluation en vigueur dans l'UE.

Connaissances acquises et conclusions

D'une manière générale, il a été constaté que la répartition des valeurs d'adhérence sur les routes suisses s'est en moyenne peu modifiée entre 2009 et 1984. Dans le domaine du niveau d'adhérence «suffisant à bon», les valeurs de 2009 sont très similaires à celles de 1984. Pour les niveaux d'adhérence «mauvais à insuffisant» la situation s'est dégradée entre 2009 et 1984. Ainsi, parmi l'ensemble des valeurs d'adhérence 2009, il y a davantage de valeurs d'adhérence insuffisantes – qui sont inférieures aux valeurs indicatives requises pour les adhérences minimales – qu'en 1984. Par ailleurs, il a été constaté que les pourcentages des valeurs d'adhérence basses en 2009 – et donc mauvaises – proviennent de la catégorie des routes principales, alors que les domaines d'adhérence analogues de 2009 pour les routes à grand débit sont presque identiques à ceux de l'ensemble des données de 1984.

Les routes principales font état en 2009 de pourcentages plus élevés de mauvaises valeurs d'adhérence par rapport à l'ensemble des données en 1984 et aussi en comparaison avec les routes à grand débit. Cela signifie également que les 5% des valeurs d'adhérence les plus mauvaises de cette catégorie de routes sont actuellement plus basses qu'en 1984. Ainsi, la moyenne des valeurs d'adhérence est plus mauvaise actuellement pour davantage de routes principales, ce qui doit être considéré comme une évolution défavorable. Une réflexion sur la détermination de valeurs indicatives des exigences minimales de l'adhérence de manière séparée pour les routes principales et les routes à grand débit doit donc être menée. Pour ce faire, il faut évaluer si les exigences pour les routes principales ne devraient pas être renforcées afin d'influencer de manière positive et sur le long terme leur niveau d'adhérence qui s'est dégradé depuis 1984. De plus, en renforçant les exigences minimales relatives à l'adhérence sur les routes principales, les exigences quant à la visibilité pourraient éventuellement être réduites.

Bien que les accidents sur des chaussées mouillées ne puissent évidemment pas uniquement être imputés au manque d'adhérence des chaussées, il est néanmoins admis qu'une mauvaise adhérence prolonge la distance de freinage et qu'elle a donc des répercussions sur la sécurité. Dans de nombreux pays, les exigences minimales formulées dans des normes sont les mêmes qu'en Suisse ou similaires. Elles ne sont cependant pas définies de manière globale, mais, comme par exemple en France, de manière diffé-

renciée et classées selon le type de route et la situation géographique. On essaie ainsi de prendre en compte les différentes situations locales liées au trafic. Les connaissances acquises dans le cadre du présent travail de recherche, à savoir que les niveaux d'adhérence diffèrent selon le type de route, le type d'infrastructure et de la situation géographique, mettent en évidence le fait que les exigences relatives à l'adhérence devraient être formulées de manière différenciée également en Suisse.

Afin de pouvoir contrecarrer la tendance de la dégradation du niveau d'adhérence, une différenciation des exigences minimales paraît surtout nécessaire et appropriée là où la normalisation pourrait avoir une influence positive. La voie empruntée serait alors similaire à celle qui a été adoptée en France. Lors de l'élaboration d'une nouvelle détermination d'exigences minimales, l'on pourrait viser à établir des valeurs indicatives pour les types de routes (RGD, RP, en localité et hors localité) selon la catégorie d'infrastructure ainsi que des valeurs indicatives pour les domaines dont les besoins en matière d'adhérence des chaussées sont plus élevés (carrefour et passage piétons).

Les répercussions d'un tel concept doivent être étudiées de manière approfondie avant de définir des valeurs indicatives. Il s'agit notamment d'évaluer les influences sur les distances d'arrêt, sur les distances de visibilité existantes, sur la maintenance de l'infrastructure et surtout les répercussions financières pour la planification de l'entretien et le maintien de la valeur. En outre, il faut absolument veiller à la conformité avec les normes et les lignes directrices internationales.

Recommandations

Sur la base des présents résultats et connaissances issus de ce mandat de recherche, il est recommandé d'élaborer un concept pour l'établissement de valeurs directives quant aux exigences pour l'adhérence. Ce concept devrait non seulement traiter les questions relatives aux exigences minimales, mais également celles quant à l'évaluation de l'adhérence des infrastructures existantes pour différents états des chaussées.

Avant de procéder à une normalisation éventuelle, toutes les répercussions et conséquences de nouvelles déterminations prévues devraient être évaluées, en premier lieu quant à la sécurité routière et en second lieu quant à la maintenance de l'infrastructure et à la planification de mesures d'entretien. En outre, il faudrait réfléchir si, lors de l'élaboration d'une nouvelle norme, les exigences quant à l'adhérence pour des chaussées avec des conditions hivernales devraient également être prises en considération.

Les connaissances acquises dans le cadre du présent mandat de recherche doivent, conjointement au concept à élaborer afin de déterminer les exigences (valeurs indicatives minimales, domaines de qualité, valeurs d'acceptation), constituer la base pour une nouvelle norme future «Exigences relatives à l'adhérence des surfaces de roulement» qui doit absolument être coordonnée avec les travaux de normalisation pour la norme «Adhérence, systèmes de mesure». Pour ce faire, les informations résultant du mandat de recherche «Bases pour la révision des normes relatives à l'adhérence» devraient également être prises en compte.

Les expériences pour l'évaluation d'adhérences SCRIM faisant en grande partie défaut en Suisse, il est encore trop tôt pour procéder à des déterminations uniquement sur la base de la mesure 2001. Il faut donc attendre de connaître les nouveaux résultats du recensement de l'adhérence sur tout le réseau avec le système de mesure SKM effectué en 2009 et ensuite les comparer avec les résultats SCRIM 2001.

Summary

Initial position and research objective

Knowledge of skid resistance is of substantial importance for the analysis of accident black spots and planning of maintenance measures. They also form substantial bases for the definition of the safety-relevant minimum ranges of sight distances (stopping sight distances). Skid resistance values are measured with different measuring systems e.g. the Skiddometer, the SRM or the SCRIM / SKM. The standard SN 640 511b, which is used in Switzerland today, is based on investigations from 1984. This standard contains approximate values for minimum skid resistance for the measuring speeds of 40 km/h, 60 km/h and 80 km/h. The traffic volume on the Swiss road system increased substantially over the last 25 years and the situation of the used lane surface layers changed. The present research is aimed to revise and to add to the bases for the assessment for skid resistance. For the measuring systems Skiddometer and SRM it was required to clarify whether a new evaluation background is necessary and whether a classification in different road types would be appropriate. In the context of this research it was to be examined in addition whether it would be necessary to adapt today's valid approximate values for the evaluation of the skid resistance and/or whether a definition of different minimum approximate values would be necessary for different road types. For the evaluation of skid resistance measurements with the measuring system SCRIM an evaluation background for national routes for the measuring speeds of 80 km/h and 60 km/h should be formulated, besides the results of the ZEB-NS 2001 should be included and the evaluation criteria, which is valid in the European Union should be taken into consideration.

Findings and conclusions

It could be stated that the average distribution of the skid resistance values on Swiss roads has changed very little between 1984 and 2009. The portions of the skid resistance level, which range from sufficient to well evaluated, showed up very similar in 2009 when compared to 1984. The situation with the bad to insufficient skid resistance levels got worse in 2009 when compared to 1984. This means that there are more insufficient skid resistances in the total quantity of the skid resistance values in 2009 than were present in 1984. These values are more unfavourable than the demanded approximate values for the minimum skid resistance. In addition it showed up that the portions of the low, and thus, bad skid resistance values in 2009 have their origin in the category of major roads, while these skid resistance ranges in the high capacity roads in 2009 are nearly identical to those of the total data from 1984.

In comparison to the total data from 1984 and also compared with the high capacity roads, the major roads in 2009 have larger portions of bad skid resistance values. This means also that the worst 5% of the skid resistance values of this road category lie more unfavourably today than in 1984. Today there exist on the average worse skid resistance conditions than in 1984 with more major roads, which must be rated as unfavourable development. Therefore considerations for the separate definition of approximate values of the minimum requirements of the skid resistance for major roads and high capacity roads are to be employed. It is to be examined whether the requirements for major roads would be intensified with the purpose to affect the skid resistance level which is decreasing on these roads since 1984 positively on a long-term basis. By a definition of higher skid resistance minimum requirements on major roads, the requirements to sight distances could possibly be reduced.

Although accidents on wet lanes cannot be attributed to the lack of lane skid resistance alone, it is nevertheless undisputed that bad grip tractions extend braking distances and are thus safety-relevant. In many countries the minimum standard requirements are alike or similar to the ones in Switzerland, they are however, as e.g. in France, not overall fixed but arranged according to road type and local situation. It is intended to treat the traffic-dependent locally different situations fairly. The obtained findings show that there are dif-

ferences in the existing skid resistance levels according to the type of road, kind of construction and local situation. These differences point to the fact that the requirements of skid resistance should be formulated differently in Switzerland as well.

In order to be able to stop the unfavourable trend of the degradation of skid resistance levels, a differentiation of the minimum requirements appears to be necessary and appropriate where the possibility of the positive influencing control by the standardization exists above all. So there would be a similar way to be followed as it is also in France. In principle approximate values of minimum requirements for road types could be sighted with conceiving a new definition depending upon the kind of construction as well as the approximate values for ranges with increased needs for the lane skid resistance (intersections and pedestrian crossings).

The effects of such a concept must carefully be revised before a possible definition of approximate values. These are, amongst others, influences on stopping distances, influences on existing sight distances, influences on the structural maintenance and, above all, financial consequences for preservation planning and preservation of value. The conformity with international standards and guidelines is compulsory.

Recommendations

Due to the present results and findings of this research it is recommended to develop a concept for the definition of approximate values for skid resistance requirements. This concept should attend to the questions of minimum requirements as well as to the needs of the evaluation of the skid resistance of existing constructions of different lane conditions.

Before a possible standardisation all effects and consequences of planned, new definitions should be evaluated, primarily regarding to road safety and in secondly concerning to the structural maintenance and planning of preservation measures. In addition it should also be considered whether if it is necessary in the same course of the development of a new standard to include the effect of the skid resistance requirements of winter road surfaces.

The obtained results from the present research should form the basis for a new standard „requirements of the skid resistance of lane surfaces“, together with the concept for the definitions of the requirements which are still to be generated (minimum approximate values, quality ranges, acceptance values). Coordination with the adjustment of the standard „skid resistance, measuring systems“ is mandatory. Thereby the findings of the research „base works for the updating of the skid resistance standards“ should be considered.

Since, to a large extent, the results for the evaluation of SCRIM skid resistance in Switzerland are missing, appropriate definitions for the basis of the measurement in 2001 are premature. It should rather be waited for the new findings from the collection of the skid resistance values with the SKM measuring system from the year 2009 on the Swiss highway network to compare them with the results from 2001.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Für die Analyse von Unfallschwerpunkten sowie für die Planung von Unterhaltmassnahmen sind Kenntnisse der Griffigkeit von wesentlicher Bedeutung. Als Grundlage für die Messung und die Bewertung der Griffigkeit dienen die im VSS-Normenwerk enthaltenen Normen SN 640 510b (1985), SN 640 511b (1984) und SN 640 925b (2003). Die Norm SN 640 510b enthält die Beschreibung der Messverfahren und Messsysteme zur Erfassung der Fahrbahngriffigkeit. Sie stammt aus dem Jahre 1985 und wird zurzeit durch die VSS-Expertenkommission 7.11 „Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche“, überarbeitet. Die Norm SN 640 511b enthält Richtwerte zur Beurteilung von gemessenen Griffigkeitswerten (Reibungsbeiwert) für die Messmethoden SRT-Pendel, Ausflussmesser und für den Skiddometer. Die Norm enthält keine Differenzierung der Richtwerte nach Strassentypen und stammt aus dem Jahre 1984. Die Norm SN 640 925b definiert die Umwandlung von Griffigkeitswerten in Zustandsindizes I_4 eines genormten Wertebereichs von 0 (sehr gute Griffigkeit) bis 5 (schlechte Griffigkeit). Sie basiert im Wesentlichen auf den Grundlagen der Normen SN 640 511b.

Neben diesen schweizerischen Normen enthält das europäische Normenwerk die Norm EN 13036-4 (für die Schweiz mit Nationalem Vorwort 640 512-4a) Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen, Pendeltest. Diese Norm beschreibt das Verfahren zur Bestimmung der Griffigkeit einer Oberfläche mit einem stationären Messgerät, dem SRT-Pendel. Die EN 13036-3 (Nationales Vorwort 640 511-3a) beschreibt die Messung der horizontalen Entwässerung von Deckschichten mittels Ausflussmesser. Die EN 13036-1 (Nationales Vorwort 640 511-1) beschreibt die Messung der Makrotexturtiefe mittels der Sandfleckmethode. Eine gültige europäische Norm zur Messung der Griffigkeit von Verkehrsflächen mittels Skiddometer, SRM oder SCRIM und anderen Messgeräten steht zurzeit in der EU in Diskussion. Die europäischen Normen beschreiben ausschliesslich die Messverfahren und enthalten keine Richt- oder Grenzwerte zur Beurteilung der Strassengriffigkeit.

Die heute gültige Schweizer Norm zur Beurteilung der Strassengriffigkeit (SN 640 511b) basiert auf Ergebnissen eines Forschungsauftrages des damaligen Instituts für Strassenbau (ISETH) der ETH Zürich (Bühlmann, 1983). Grundlage für die Erarbeitung eines Bewertungsmassstabes (auch Bewertungshintergrund genannt) für die Beurteilung der Strassengriffigkeit war die Häufigkeitsverteilung von Griffigkeitswerten von 280 repräsentativ ausgewählten Messstrecken. Die Auswahl erfolgte unter Berücksichtigung der Anteilsverhältnisse der Strassentypen, der Belagsart, dem Belagsalter auf Schweizer Strassen sowie den messtechnischen Anforderungen. Gemessen wurde bei Messgeschwindigkeiten 100 km/h, 80 km/h, 60 km/h und 40 km/h mit dem Messsystem Skiddometer (IVT ETH Zürich). Die 95% - Quantile der Häufigkeitsverteilungen der Griffigkeitswerte waren im Jahre 1984 Basis für die Festlegung der Richtwerte. Der heute noch gültige Bewertungshintergrund wurde in den vergangenen Jahren einige Male stichprobenweise überprüft und unverändert weiterverwendet.

Seit 1990 wird in der Schweiz neben den Messsystemen Skiddometer für Griffigkeitsmessungen das modernere Messsystem SRM (Stuttgarter Reibungsmesser) eingesetzt. Messergebnisse des SRM lassen sich mit dem gleichen Bewertungshintergrund wie er für Messergebnisse des Skiddometers verwendet wird, beurteilen. Der Nachweis dafür wurde 1979 im Rahmen der Untersuchung von Pelloli (Pelloli, 1979) erbracht. Die in den letzten sechs Jahren jährlich durchgeführten Vergleichsmessungen Skiddometer/SRM bestätigen die damaligen Feststellungen weitgehend. Sie zeigen, dass bei den Messgeschwindigkeiten 60 km/h und 80 km/h keine signifikanten Unterschiede feststellbar sind.

Am weitesten verbreitet in Europa ist das Griffigkeitsmesssystem SCRIM (Sidewayforce Coefficient Routine Investigation Machine).

In der Schweiz war bei der ersten, netzweiten Zustandserfassung und -bewertung der Nationalstrassen (ZEB-NS) im Jahre 2001 (Lindenmann et al., 2003) ein SCRIM aus Deutschland im Einsatz. In einem im Vorfeld der ZEB-NS durchgeführten Untersuchung zwischen Messergebnissen von SRM und SCRIM liess sich kein analytisch formulierbarer Zusammenhang zwischen Messergebnissen des SCRIM und des SRM ableiten (Lindenmann, 2001), so dass die Bewertung der SCRIM Messergebnisse mit dem in Deutschland verwendeten Beurteilungsmassstab erfolgen musste (FGSV, 2001 und FGSV, 2003). Ein Beurteilungsmassstab für SCRIM Messergebnisse auf Schweizer Strassen existiert bisher nicht.

Die letzte stichprobenartige Überprüfung der Beurteilungsgrundlagen für die Strassengriffigkeit erfolgte vor über 15 Jahren. Eine Überprüfung der Grundlagen zur Beurteilung der Fahrbahngriffigkeit, wie sie in der Norm SN 640 511b festgesetzt sind, war deshalb dringend erforderlich, weil sich einerseits in den vergangenen Jahren die Situation bei den verwendeten Fahrbahndeckschichten stark verändert hat. Andererseits ist unbekannt, wie sich heute die Verteilung der Griffigkeitswerte im Wertebereich gut bis schlecht gesamthaft und bezüglich der verschiedenen Strassentypen zeigt. Dies ist von Bedeutung, weil die damaligen und noch heute gültigen Richtwerte der Fahrbahngriffigkeit gleich dem 95% - Quantilwert (5% der Beläge aus der damaligen Stichprobe waren noch schlechter als der Richtwert) festgelegt wurden.

1.2 Forschungsziel

Die vorliegende Forschungsarbeit hatte die Überprüfung bzw. die Erarbeitung und Ergänzung der Grundlagen zur Bewertung der Strassengriffigkeit zum Ziel.

Für die Messsysteme Skiddometer und SRM galt es abzuklären, ob ein neuer Bewertungshintergrund notwendig ist, und ob eine Aufgliederung nach verschiedenen Strassentypen zweckmässig wäre. Ausserdem war im Rahmen dieser Forschungsarbeit zu untersuchen, ob allenfalls die heute gültigen Richtwerte für die Beurteilung der Griffigkeit anzupassen wären bzw. ob für verschiedene Strassentypen, abhängig von der Messgeschwindigkeit, eine Festlegung verschiedene Richtwerte (Mindestwerte) notwendig wäre.

Zur Beurteilung von Griffigkeitsmessungen mit dem Messsystem SCRIM sollte zudem aufgrund der Ergebnisse der ZEB-NS 2001 und unter Berücksichtigung der in der EU geltenden Beurteilungsmassstab ein Bewertungshintergrund (für Nationalstrassen) für die Messgeschwindigkeiten 80 km/h und 60 km/h erarbeitet werden.

1.3 Zweck des Forschungsprojektes

Der Bewertungshintergrund für die Beurteilung der Strassengriffigkeit dient einerseits als Grundlage zur Beurteilung örtlicher Sicherheitsfragen, vor allem bei Unfallschwerpunkten, und für die Planung entsprechender Verkehrssicherheitsmassnahmen. Andererseits wird der Beurteilungsmassstab für die Zustandsbewertung von Fahrbahnen und damit als Grundlage für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen verwendet. Im Weiteren wird die Griffigkeit zur Festlegung von Sichtweiten verwendet (Bühlmann, 1991). Diese Grundlagen dienen Behörden, Strassenbetreibern und Ingenieurbüros zur Beurteilung von Massnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit.

1.4 Notwendigkeit der Forschung

Die Notwendigkeit der Forschungsarbeit ergab sich aus dem aktuellen Bedürfnis, zweckmässige Grundlagen für die Beurteilung der Griffigkeit für Autobahnen, Hauptstrassen ausserorts und innerorts sowie für alle übrigen Strassen zur Verfügung zu haben. Diese Grundlagen werden für die Beurteilung von Sicherheitsfragen und bei der Planung von Erhaltungsmaßnahmen benötigt. Aufgrund der eingangs beschriebenen Fragen und Probleme sowie des Alters der gültigen Norm SN 640 511b war eine Überprüfung, Ergänzung und Anpassung der bestehenden Grundlagen zur Bewertung und Beurteilung der Strassengriffigkeit dringend erforderlich geworden.

2 Methodik und Vorgehen

2.1 Aktueller Bewertungshintergrund

2.1.1 Datenbasis 1984

Der heute verwendete Bewertungshintergrund wurde im Zusammenhang mit dem Forschungsauftrag 20/76 (Bühlmann, 1983) am ISETH entwickelt. Dieser Forschungsauftrag befasste sich mit durchgeführten Studien auf dem Gebiet der Griffigkeit und hatte unter anderem eine Revision der bestehenden Griffigkeitsnormen zum Ziel. Ein weiteres Ziel war die Bestimmung von Grenzwerten zur Beurteilung der Griffigkeit von Strassenoberflächen und dazu die Erarbeitung eines Bewertungshintergrundes.

Gemessen wurde die Griffigkeit mit dem seit 1968 am ISETH vorhandenen Skiddometer BV 8. Die damalige Auswahl der Messstrecken und die Bestimmung der Grenzwerte werden in den folgenden Abschnitten zusammengefasst wiedergegeben.

2.1.2 Messstrecken und -methodik

Strassentypen

Die Auswahl der Messstrecken wurde unterteilt in Nationalstrassen und übrige Strassen. Es wurde damals versucht, die Anzahl und Auswahl der Messstrecken entsprechend den effektiven Längenanteilen der Strassentypen im Gesamtstrassennetz der Schweiz zu treffen. Da auf den Nationalstrassen die Verkehrsbelastung höher ist und die gefahrenen Geschwindigkeiten ebenfalls höher waren als auf den übrigen Strassen, wurden die Messstrecken auf den Nationalstrassen stärker gewichtet.

Die folgende Tabelle (Tab. 2.1) zeigt die prozentuale Verteilung der berücksichtigten Messstrecken je Messgeschwindigkeit. Die damals noch gebräuchliche Messgeschwindigkeit von 100 km/h wird heute aus Sicherheitsgründen nicht mehr angewendet.

Tab. 2.1 Prozentualer Anteil der Messstrecken je Geschwindigkeit und Strassentyp

	Messgeschwindigkeit [km/h]			
	40	60	80	100
Nationalstrassen	10%	20%	20%	75%
Übrige Strassen	90%	80%	80%	25%

(Bühlmann, 1983)

Beläge

Die Auswahl der Belagsarten und die Bestimmung der prozentualen Anteile erfolgte nach einer Umfrage bei sieben kantonalen Tiefbauämtern. Es wurde versucht, die Anteile gemäss einem Mittelwert der tatsächlich vorkommenden Beläge zu wählen. Die Anteile wurden dann angepasst, wenn die Werte in einzelnen Kantonen stark vom Durchschnitt der übrigen Kantone abwichen (z.B. AB/TA 6) resp. wenn vermutet wurde, dass die Verwendung eines bestimmten Belages auch in Zukunft überdurchschnittlich häufig auftreten werde (z.B. AB/TA 10 und AB/TA 16).

Die nachstehende Tabelle (Tab. 2.2) gibt einen Überblick über die gewählten Anteile an Messstrecken für die einzelnen Belagstypen, welche zur Erstellung des ersten Bewertungshintergrundes berücksichtigt wurden.

Tab. 2.2 Prozentualer Anteil der Messstrecken je Belag

Belagstyp	Anteil
Zementbeton	3%
Sandasphalt, Slurry Seal	3%
AB / TA 6	13%
AB / TA 10	41%
AB / TA 16	16%
Oberflächenbehandlung	19%
HRA, HMT, 0/25	4%
Andere	1%

(Bühlmann, 1983)

Der Anteil der Zementbetonbeläge auf Staatsstrassen lag gemäss der damaligen Belagsstatistik nur bei ca. 3%. Um von den 221 gemessenen Strecken mehr als nur 7 mit Zementbetonbelag messen und auswerten zu können, wurde deren Anzahl bei der damaligen Untersuchung 1983 (Bühlmann, 1983) auf 27 erhöht. In der Berechnung der Häufigkeitsverteilung der Griffigkeitswerte wurde diesem Umstand insofern Rechnung getragen, als dass die übrigen Beläge mit einem Faktor vier multipliziert und damit entsprechend dem effektiven Vorkommen gewichtet wurden. Die Anzahl der gemessenen Strecken musste dadurch nicht erhöht werden.

Messgeschwindigkeit

Aufgrund der vorhandenen Verhältnisse variierte die Anzahl der Messstrecken je Geschwindigkeit. Es wurden zwischen 75 und 277 Strecken je Messgeschwindigkeit ausgewertet. Der Anteil der Messstrecken auf Nationalstrassen lag bei den Geschwindigkeiten 60 km/h, 80 km/h und 100 km/h bei ca. 19 bis 25%. Wie bereits in Tab. 2.1 erwähnt, wurde der Anteil der Messstrecken auf Nationalstrassen aufgrund des höheren Verkehrsaufkommens und der grösseren gefahrenen Geschwindigkeiten, im Vergleich zu den übrigen Strassen, erhöht (Tab. 2.3).

Tab. 2.3 Anzahl der Messstrecken je Messgeschwindigkeit

	Messgeschwindigkeit [km/h]			
	40	60	80	100
Anzahl Messstrecken Staatsstrassen	221	221	217	56
Anzahl Messstrecken Nationalstrassen	23	52	60	19
Total	244	273	277	75

(Bühlmann, 1983)

2.1.3 Bewertungshintergrund und Griffigkeitsrichtwerte

Es wurde aufgrund der Kriterien bezüglich Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit festgelegt, dass auf 90% der Strassen gute Griffigkeitseigenschaften vorherrschen sollten. Dies einerseits, weil angenommen wurde, dass die Verkehrsteilnehmer ihre Fahrweise auf nassen Strassen, gestützt auf Erfahrungen, den am häufigsten vorgefundenen Griffigkeitsverhältnissen anpassen würden. Andererseits durfte der Anteil der als ungenügend bewerteten Strassenfläche einen wirtschaftlich vertretbaren Prozentsatz am gesamten Strassennetz nicht übersteigen (Bühlmann, 1983).

Aktuell geltender Bewertungshintergrund

Die folgende Abbildung (Abb. 2.1) zeigt den Bewertungshintergrund, wie er bisher Gültigkeit hat (Bühlmann, 1983). Dabei sind Richtwerte für Mindestanforderungen an die Fahrbahngriffigkeit in Abhängigkeit der Messgeschwindigkeit (blockiertes Messrad) dargestellt. Um Messungenauigkeiten und Schwankungen der Griffigkeit auf einem Abschnitt zu berücksichtigen, wurde um den 90% - Quantilwert ein Bereich mit ± 0.02 gelegt. Damit liegen die Mindestgriffigkeitswerte zwischen 0.48 für eine Messgeschwindigkeit von 40 km/h, 0.39 für eine Messgeschwindigkeit von 60 km/h und 0.32 bei 80 km/h resp. 0.27 bei 100 km/h (siehe Abb. 2.1, gestrichelte Linie).

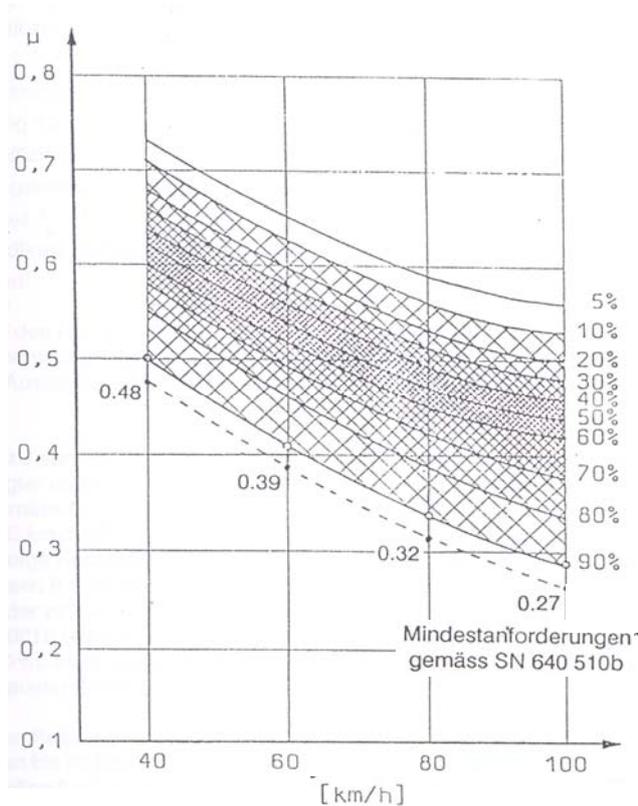


Abb. 2.1 Aktuell gültiger Bewertungshintergrund (Bühlmann, 1983)

Seit 1990 wird in der Schweiz neben den Messsystemen Skiddometer für Griffigkeitsmessungen das modernere Messsystem SRM eingesetzt. Messergebnisse des SRM lassen sich mit dem gleichen Bewertungshintergrund wie er für Messergebnisse des Skiddometers verwendet wird, beurteilen (siehe auch 2.1.5). Der Nachweis dafür wurde 1979 im Rahmen einer früheren Untersuchung (Pelloli, 1979) erbracht. Die in den letzten Jahren jährlich durchgeführten Vergleichsmessungen Skiddometer und SRM des IVT bestätigen die damaligen Feststellungen weitgehend. Sie zeigen, dass bei den Messgeschwindigkeiten 60 km/h und 80 km/h keine signifikanten Unterschiede feststellbar sind.

2.1.4 SN 640 511b

Die heute gültige Norm zur Bewertung der Fahrbahngriffigkeit (SN 640 511b) wurde in einer ersten Fassung 1980 entwickelt und letztmals 1984 revidiert. Diese Norm enthält Richtwerte zur Griffigkeit je Messgeschwindigkeit (Tab. 2.4) bei der Verwendung des Skiddometers. Es wird zwischen drei Bereichen der Höchstgeschwindigkeiten unterschieden. Für jeden dieser Bereiche wird eine zu verwendende Messgeschwindigkeit angegeben. Eine Unterteilung nach Strassentyp, Ortslage, Streckentyp oder Art des Belags gibt es nicht. Einen Bewertungshintergrund enthält diese Norm nicht.

Tab. 2.4 Richtwerte der Griffigkeit bei der Verwendung des Messgerätes Skiddometer

Höchstgeschwindigkeit V_z [km/h]	Messgeschwindigkeit [km/h]	μ - Wert (blockiertes Rad)
$V_z \leq 60$	40	0.48
$60 < V_z \leq 100$	60	0.39
$V_z > 100$	80	0.32

(SN 640 511b)

2.1.5 Beurteilungsschema des IVT für die Fahrbahngriffigkeit

In Abbildung 2.2 ist das Beurteilungsschema dargestellt, welches heute am IVT, neben der SN 640 511b, zur Bewertung von Griffigkeitsmessungen verwendet wird und auf dem Bewertungshintergrund der damaligen Untersuchung des ISETH (Bühlmann, 1983) basiert. Die Bewertung wird einerseits mit den Reibungsbeiwerten μ und andererseits mit einem Beurteilungsmassstab zwischen „sehr gut“ und „sehr schlecht“ vorgenommen. Daneben ist auch die Bewertung mit Indizes auf einer Skala von „0 = gut“ bis „5 = schlecht“ gemäss SN 640 925b möglich.

SRM - BEURTEILUNSSCHEMA (BLOCKIERTES MESSRAD)

Griffigkeitsklassen in Abhängigkeit der Erfassungsgeschwindigkeit

Basis: 280 Strassenbeläge

Bedingung: AI-PCR-Reifen, 4 Längsrillen, 0,5 mm Wasserfilm

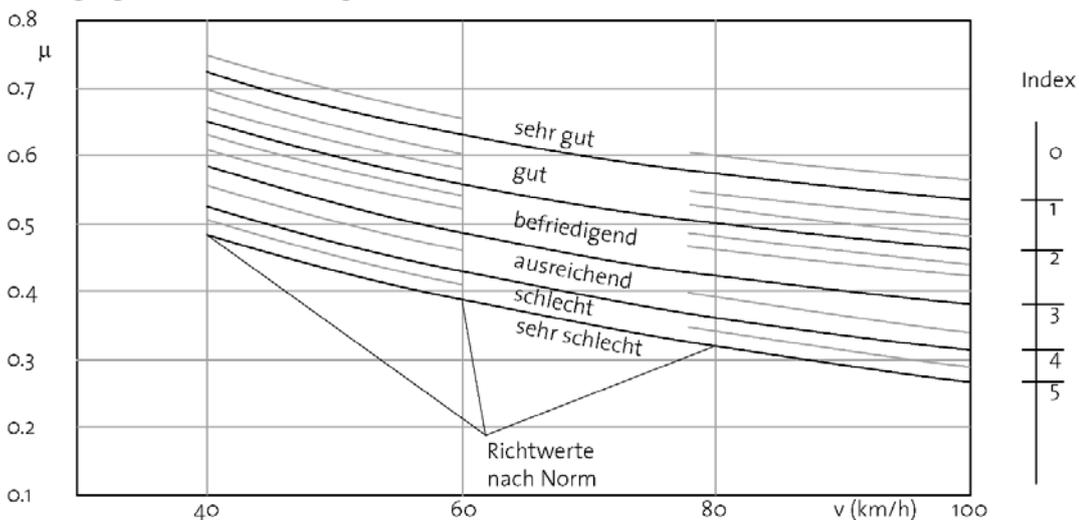


Abb. 2.2 SRM-Beurteilungsschema

Wie in Ziffer 2.1.3 erwähnt, kann das Beurteilungsschema sowohl für Messergebnisse des Skiddometer als auch für solche des SRM gleichermassen verwendet werden.

2.2 Überprüfung des aktuellen Bewertungshintergrundes

2.2.1 Griffigkeitsdaten Messsysteme Skiddometer und SRM

Datenbestände IVT

Anlässlich der Forschungsarbeit „Entwicklung der Griffigkeit von Strassenbelägen“ (Horat, 2003) wurden sämtliche durch das IVT erhobenen Griffigkeitsmessungen zwischen 1984 bis 2001 zusammengestellt. Aus Gründen teilweise fehlender oder ungenauer Ortsangaben oder Unvollständigkeit der Datensätze, konnten aus diesen Daten nur wenige weiterverwendet werden. Die einwandfrei lokalisierbar und identifizierbaren Abschnitte ab 1990 wurden für die Verwendung in diesem Forschungsauftrag in eine neu erstellte Datenbank aufgenommen. Ergänzt wurden diese Daten durch neuere Erhebungsergebnisse ab dem Jahre 2001, wo eine exakte Lokalisierung der Erhebungsabschnitte vorliegt, alle Einzelmesswerte sowie die Belagsarten bekannt sind.

Die IVT-Datenbank enthält Griffigkeitsmessergebnisse einiger tausend Messabschnitte mit folgenden Informationen:

- Messgerät: Skiddometer oder SRM
- Ort: Angaben zum Messort z.B. N9 Kt. Wallis, Siders-Sion
- Strassenkilometer (teilweise), RBBS-Bezugssystem (teilweise)
- Länge der Messstrecken
- Fahrstreifen und Fahrtrichtung (teilweise)

- Belagstyp (teilweise)
- Einbauzeitpunkt Belag (teilweise)
- Datum der Messung
- Messgeschwindigkeit
- Mittelwert der Griffigkeit (blockiertes Rad) ganze Messstrecke oder je Teilabschnitte

Datenbestände SACR AG

Die SACR AG (Ingenieurbüro und Labor für Strassenerhaltung, Zürich) besitzt ein Skidometer-Griffigkeitsmessgerät, welches in der ganzen Schweiz eingesetzt wird. Die in den letzten 15 Jahren erfassten Griffigkeitsdaten liegen in elektronischer Form vor. Es handelt sich um ca. 2'100 km Erhebungslängen (1'600 km auf Autobahnen, 500 km auf Hauptstrassen). Die vorhandenen Griffigkeitswerte sind grösstenteils (70%) bei einer Messgeschwindigkeit von 60 km/h erfasst worden. Einige Daten sind mit 40 km/h (25%) oder mit 80 km/h (5%) erhoben worden.

Die Daten enthalten folgende Informationen:

- Messgerät: Skiddometer
- Ort: Angaben (Strasse, Kilometrierung, RBBS-Bezugssystem)
- Länge der Messstrecken
- Belagstyp (teilweise)
- Messzweck (Abnahme, Zustandserhebung, Verkehrssicherheit)
- Datum der Messung
- Messgeschwindigkeit
- Mittelwert der Griffigkeit für 50 m Abschnitte (blockiertes Rad)

2.2.2 Grundlagen Griffigkeitsdaten Messsystem SCRIM

Anlässlich der Zustandserfassung und -bewertung der Nationalstrassen (Lindenmann, 2001) wurden 2001 die Griffigkeiten des ganzen Nationalstrassennetzes mit dem Messsystem SCRIM erhoben und eine entsprechende Datenbank der aggregierten Griffigkeitswerte für 100 m-Abschnitte erstellt. Die Griffigkeiten für die durchgehenden Fahrbahnen (alle Fahrstreifen) ohne Rampen bei Anschlüssen wurden bei Messgeschwindigkeit 80 km/h, teilweise bei 60 km/h und vereinzelt bei 40 km/h, erfasst. Der Umfang der Daten betrug über 60'000 Griffigkeitswerte, jeweils charakteristisch für einen 100 m-Abschnitt eines Fahrstreifens.

2.2.3 Auswahl der Auswertungstrecken

Bei der Auswahl der Messstrecken wurde auf die bereits vorhandenen Daten des IVT und der Firma SACR (siehe 2.2.1) zurückgegriffen. Dabei wurden ab 1990 bis 2009 erhobene Daten miteinbezogen. Einige dieser Daten stammen von Strassen mit sehr schlechten Griffigkeitseigenschaften, bei anderen handelt es um Abnahmen von neueingebrachten Strassenbelägen. Um ein mit dem alten Bewertungshintergrund vergleichbares Resultat zu erhalten, wurden mehrfach gemessene Strassen mit sehr schlechten Griffigkeitswerten nur einmal berücksichtigt. Der relativ lange Zeitraum gewährleistet eine gute Repräsentativität der Stichprobe, die einen breiten Bereich bzgl. Belagsart und Belagsalter umfasst.

2.2.4 Methodik der Auswertung

Gliederung der Daten in Gruppen

Der neue Bewertungshintergrund sollte zwecks Vergleichbarkeit ähnlich erarbeitet werden wie der aktuell gültige. Es erfolgte aber zusätzlich eine Aufgliederung und Analyse der Daten nach verschiedenen Gruppen. In Tabelle 2.5 ist die gruppenweise Gliederung der Griffigkeitswerte zusammengestellt.

Tab. 2.5 Gruppenweise Aufgliederung der Daten

Messgerät	Skiddometer, SRM und SCRIM
Strassentyp	HLS, HVS und übrige Strassen
Anlageart	Freie Strecke, Brücken, Tunnel und Rampen
Belag	AB/AC, SMA und Beton
Abschnittslänge	In der Regel 200 m, kürzere Abschnitte z.B. bei Brücken
Messgeschwindigkeit	40 km/h, 60 km/h und 80 km/h
Fahrstreifen	Normalfahrstreifen und Überholfahrstreifen

Neben der oben (Tab. 2.5) aufgeführten Gliederung war ursprünglich geplant, auch nach Alter der Beläge zu differenzieren. Da aber hierzu zu wenig und zum Teil zu unsichere Angaben vorhanden waren, wurde dies nicht durchgeführt.

In Tabelle 2.6 ist die schliesslich durchgeführte Aufgliederung in Gruppen dargestellt. Insgesamt konnten 25 verschiedene Gruppen zusammengestellt werden. Nicht aufgeführte Gruppen konnten aufgrund fehlender Stichprobengrössen nicht untersucht werden.

Tab. 2.6 Erfolgte Aufgliederung der Daten in Gruppen

		ZEB-NS 2001	Gesamtdaten SCRIM		
Gesamtdaten	Datenherkunft / Messgerät	IVT	Teildaten IVT (Skiddometer und SRM)		
			Teildaten SRM IVT		
			Teildaten Skiddometer IVT		
		SACR	Teildaten Skiddometer SACR		
	Strassentyp	HLS	HLS	Teildaten HLS	
				Anlageart	freie Strecke HLS
					Tunnel HLS
					Brücken HLS
					Rampen HLS
				Fahrstreifen	Normalfahrstreifen HLS
					Überholfahrstreifen HLS
				Beläge	Beläge AB/AC HLS
					Beläge SMA HLS
					Betonbeläge HLS
				HVS	HVS
Anlageart	freie Strecke HVS				
	Tunnel HVS				
	Brücken HVS				
Beläge	Beläge AB/AC HVS				
	Beläge SMA HVS				
	Beläge Beton HVS				
Übrige Strassen	Übrige Strassen	Teildaten übrige Strassen			

Massgebender Griffigkeitswert einer Messung

Pro Messung wurde jeweils eine Strecke einer definierten Länge, meistens 200 m, aus einem Messabschnitt herausgeschnitten (Abb. 2.3). So kann einerseits verhindert werden, dass Messwerte einer sehr langen Strecke ein übermässiges Gewicht erhalten und zudem gewährleistet werden, dass der Mittelwert des Abschnittes aus relativ homogenen Einzelwerten besteht. Die Abschnittslängen für Brücken und Tunnel wurden mindestens 50 m, aber maximal 200 m lang gewählt.

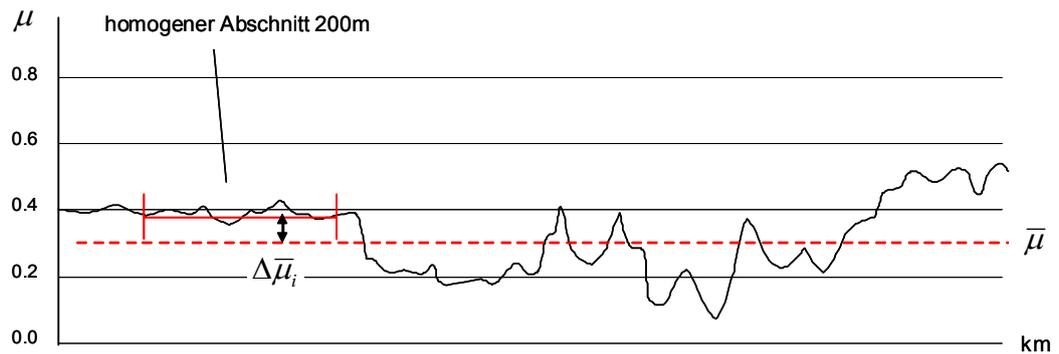


Abb. 2.3 Auswahl der homogenen Abschnitte

Ein geeigneter homogener Abschnitt pro Messstrecke wurde nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Am Anfang und am Ende wurden jeweils 200 m der Messstrecke abgeschnitten, da auf diesen Teilstrecken unter Umständen zu wenige Messwerte vorhanden sind, resp. die Messung Startungenauigkeiten aufweisen kann.
- Das $\Delta\bar{\mu}_i$ eines homogenen Abschnittes von 20 m Länge soll ≤ 0.03 sein.
- Falls mehrere Abschnitte einer Messstrecke den oben genannten Kriterien entsprechen, wird derjenige Abschnitt ausgewählt, dessen $\Delta\bar{\mu}_i$ am nächsten bei $\bar{\mu}$ der gesamten Messstrecke liegt.

2.2.5 Gesamtdatenumfang

Die folgende Tabelle (Tab. 2.7) bietet eine Übersicht über die Anzahl der schliesslich ausgewerteten Griffigkeitswerte je Messgeschwindigkeit.

Tab. 2.7 Übersicht über die vorhandenen Daten

Messgeschwindigkeit	Anzahl Abschnitte			Zeitraum
	40 km/h	60 km/h	80 km/h	
IVT (Skiddometer , SRM)	607	396	646	1990 – 2009
SACR AG (Skiddometer)	379	640	19	ca. 2000 - 2009
ZEB-NS (SCRIM)	201	752	28'081	2001

2.2.6 Datenlage

Die vorhandenen Daten waren, bedingt durch die Erhebung durch verschiedene Mess-equipen teilweise inkonsistent, ungenau und unvollständig. Auf der einen Seite waren unterschiedlich genaue Angaben zu Kilometrierung, Belagsart oder -alter vorhanden, auf der anderen Seite fehlten gewisse Informationen vollständig. Aufgrund der unter 2.3.1 genannten Voraussetzungen liessen sich nicht alle zu Beginn gewünschten Gliederungen wie vorgesehen vornehmen. Z.B. war die Unterscheidung der Messstrecken nach Belagsalter wegen fehlender Angaben nicht möglich. Eine weitere Schwierigkeit bestand in den z.T. ungenauen Angaben zur Kilometrierung, was bei der Beschaffung von fehlenden Belagsdaten aus der Belagsdatenbank des ASTRA zu ungenauen Resultaten geführt hätte. Deshalb lagen im Vergleich zur Gesamtmenge der Griffigkeitsdaten nur relativ wenig verwendbare Daten mit Angaben zur Belagsart vor (Tab. 2.8).

Tab. 2.8 Gesamtdaten 2009 Aufgliederung

Messgeschwindigkeit	40 km/h			60 km/h			80 km/h		
	n	%		n	%		n	%	
Gesamtdaten	986	100		1036	100		665	100	
Hochleistungsstrassen HLS	753	76.4	100	652	62.9	100	306	46.0	100
freie Strecke	523	53.0	69.5	471	45.5	72.2	204	30.7	66.7
Tunnel	17	1.7	2.3	96	9.3	14.7	26	3.9	8.5
Brücken	40	4.1	5.3	56	5.4	8.6	69	10.4	22.5
Rampen	173	17.5	23.0	16	1.5	2.5	5	0.8	1.6
Hauptverkehrsstrassen HVS	224	22.7	100	13	1.3	2.0	2	0.3	0.7
freie Strecke	167	16.9	74.6	360	34.7	100	329	49.5	100
Tunnel	3	0.3	1.3	229	22.1	63.6	212	31.9	64.4
Brücken	2	0.2	0.9	103	9.9	28.6	48	7.2	14.6
übrige	52	5.3	23.2	19	1.8	5.3	65	9.8	19.8
Übrige	9	0.9		9	0.9	2.5	4	0.6	1.2

n = Anzahl Messwerte

Die Summen je Spalte sind jeweils fett dargestellt

2.3 Aussagekraft

2.3.1 Datensätze 1984 und 2009

Trotz der relativ grossen Datenmenge sind die Resultate der Auswertungen der Datensätze 1984 und 2009 mit gewisser Vorsicht zu betrachten. Einerseits weil die Herangehensweise an die Auswertung 1984 und 2009 aufgrund der heute vorhandenen Daten nicht exakt gleich bewerkstelligt werden konnte und andererseits, weil die Daten 2009 nicht normalverteilt sind (siehe Anhang). D. h., es kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass gewisse Resultate zufällig entstanden sind.

Der Datensatz 2009 hat folgende Vor- und Nachteile aufzuweisen:

Vorteile Datensatz 2009

- Verbesserte Vorgehensweise mit breiter Zufälligkeit der Messstrecken
- Grosse Anzahl Messstrecken mit Aufgliederungsmöglichkeiten nach bestimmten Kriterien
- Sehr breites Alter der vorhandenen Beläge und damit gute Repräsentativität für das Schweizer Strassennetz

Nachteile Datensatz 2009

- Z.T. Ungenauigkeiten in den Ortsinformationen (Kilometrierung)
- Ungenaue oder z.T. fehlende Angaben zur Belagsart
- Häufig fehlende Angaben zum Einbauzeitpunkt des Belages
- Unterschiedliche Zahl von Daten in den einzelnen Gruppen
- Unterschiedliches Auswahlprozedere der Strecken im Vergleich zu 1984

Der Anteil der Griffigkeitswerte auf Nationalstrassen ist im Datensatz 2009 deutlich höher als 1984 (Tab. 2.9). Obwohl sich der Anteil der Nationalstrassen am Schweizer Strassennetz in den letzten 25 Jahren nicht sehr stark verändert hat (Tab. 2.10), stand aufgrund der grossen Zunahme des Verkehrs auf den Nationalstrassen eine breite und bezüglich Zahl umfangreiche Auswahl der Messwerte zur Auswertung zur Verfügung.

Tab. 2.9 Gesamtdaten nach Strassentypen

Messgeschwindigkeit	40 km/h				60 km/h				80 km/h			
	1984		2009		1984		2009		1984		2009	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Nationalstrassen	23	9	753	76.4	52	19	652	62.9	60	22	306	46
Übrige Strassen	221	91	233	23.6	221	81	384	37.1	217	78	359	54
Total	244	100	986	100	273	100	1036	100	277	100	665	100

Tab. 2.10 Streckenlängen

	1984		2009	
	km	%	km	%
Nationalstrassen	1'359	1.9	1'789	2.5
Kantonsstrassen	18'370	25.9	18'112	25.4
Gemeindestrassen	51'197	72.2	51'506 ¹⁾	72.1
Total	70'926	100	71'407	100

¹⁾ Stand 1984 Aus: Länge der National-, Kantons- und Gemeindestrassen (je-d-11.02.01.01.03.01.xls) Bundesamt für Statistik BFS 1950-2009

Der Anteil der Betonbeläge ist im Vergleich zu 1984 verdoppelt worden, der Anteil der unbekanntenen Beläge liegt bei ca. 60% (Tab. 2.11).

Tab. 2.11 Gesamtdaten nach Belagsart

	1984		2009	
	n	%	n	%
Beton	27 ¹⁾	3	170	6.3
bitumenhaltig	194	97	913	34
Belagsart unbekannt		-	1604	59.7
Total	221	100	2687	100

¹⁾ es wurden viermal so viele Strecken gemessen wie nötig gewesen wären, damit die Stichprobe verwendbar wurde. Die übrigen Beläge wurden in der statistischen Auswertung entsprechend stärker gewichtet (Bühlmann, 1983).

2.4 Auswertung und Darstellung der Resultate

2.4.1 Darstellung der Quantilverteilung

In einem ersten Schritt wurden die Daten gemäss den Aufgliederungen in Tabelle 2.6 ausgewertet und jeweils Anzahl Messwerte, Mittelwert und Standardabweichung je Messgeschwindigkeit untersucht. Weiter wurden die Quantile in 5%-Schritten in einem Diagramm, welches der Darstellung des aktuellen Hintergrundes entspricht, dargestellt. Einer genaueren Betrachtung wurden die 95% und die 50%-Quantile unterzogen.

2.4.2 Statistische Auswertungen

Die gemessenen Griffigkeitsdaten wurden mit den in den nächsten Abschnitten beschriebenen Verfahren auf Normalverteilung geprüft.

Statistische Verfahren zur Prüfung auf Normalverteilung von Daten

Im Folgenden wird beschrieben, welche Verfahren verwendet worden sind, um zu überprüfen ob die gemessenen Daten der Griffigkeiten normalverteilt sind. Prinzipiell wird unter einer Normalverteilung von zufallsbedingten Daten (Messwerten) die Abweichung dieser vom Mittelwert verstanden. Hierbei konzentriert sich der Grossteil der Daten in den Mitten der Verteilung, während die Daten mit grösserem Abstand zur Mitte hin immer seltener auftreten.

Gaussverteilung

Die Gaussverteilung oder auch Normalverteilung genannt, ist eine der wichtigsten Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Sie ist dadurch charakterisiert, dass sie das Maximum an der Stelle x_c und ihren Wendepunkt an den Stellen x_c-w und x_c+w aufweist (siehe Abb. 2.4). Dabei ist x_c der Erwartungswert und Median der Verteilung, w die Standardabweichung. Diese beiden Parameter beschreiben die Normalverteilung vollständig. Während x_c die Lage der Verteilung auf der x-Achse beschreibt, charakterisiert w die Form der Kurve. Typischerweise liegen 2/3 aller Werte zwischen x_c-w und x_c+w . (Sachs, 2003). Zu beachten ist, dass die Summe der unabhängigen Messwerte umso besser normalverteilt ist, desto grösser ihre Anzahl ist. Die in Abbildung 2.4 gezeigte Normalverteilung wurde mit dem Programm OriginLab wie folgt berechnet:

$$y = y_0 + \frac{A}{w\sqrt{\frac{\pi}{2}}} e^{-\frac{2(x-x_c)^2}{w^2}}$$

Dabei ist y_0 der Offset von der Nulllinie aus betrachtet, x_c die Mitte, w die Breite bzw. Standardabweichung und A die Fläche der Verteilung. Des Weiteren ist FWHM die „Full Width at Mid High“, also die volle Breite bei mittlerer Höhe. R^2 ist das Quadrat des Korrelationskoeffizienten. Seine Werte liegen zwischen Null und Eins und sind ein Mass für die Korrelation. Je näher der Wert bei Eins ist, desto perfekter ist das Korrelationsverhältnis der verglichenen Daten und umgekehrt.

Chi-Quadrat ist ein Qualitätsmass. Durch Minimierung der gemessenen Werte und theoretischen Werte (siehe Chi-Quadrat-Test) wird ein nichtlinearer Fit (hier Gauss Fit) an die Messwerte angenähert. Daher ist ein kleines Chi Quadrat ein Mass dafür, wie gut die Kurve mit den Messwerten übereinstimmt. Der Wert ist jedoch von der Anzahl der Messwerte abhängig. Sind nur wenige Messwerte vorhanden, kann der Wert klein sein und gleichbedeutend sein mit einer schlechten Übereinstimmung zwischen Messwerten und Fit.

Der Parameter „Höhe“ beschreibt die Höhe der Gaussverteilung von der Nulllinie bis zum Maximum der Verteilung.

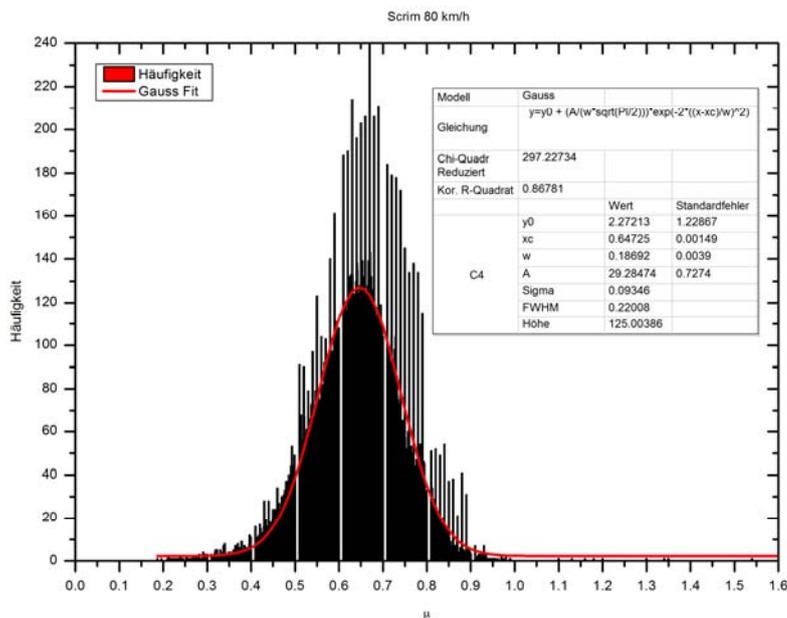


Abb. 2.4 Häufigkeitsverteilung mit Gauss Fit (rot)

Häufigkeitsverteilung

Die Häufigkeitsverteilung ist eine Methode zur statistischen Beschreibung von Daten (Messwerte). Ihre Merkmalsausprägungen werden ihrer Häufigkeit nach zugeordnet. Als

Darstellungsform wird oft die eines Histogramms verwendet. Je nach Anzahl von Messwerten können diese in Klassen zusammengefasst werden. In Abbildung 2.4 ist die Häufigkeit der Griffigkeit μ dargestellt. Deutlich erkennbar ist, dass sich die Verteilung aufgrund der hohen Anzahl von Messwerten der Normalverteilung annähert. Das bestätigt sich zudem durch den Gauss Fit (rote Kurve), welcher über die Häufigkeit gelegt wurde und einen R^2 -Wert nahe Eins aufweist.

Wahrscheinlichkeits-Plot

Mit einem Wahrscheinlichkeitsplot (Abb. 2.5) kann grafisch erfasst werden, ob eine empirische Verteilung einer stetigen Zufallsvariable einer angenommenen Testverteilung (z.B. Normalverteilung) entspricht. Im hier dargestellten Fall wurde dafür der P-P-Plot verwendet. Im nachfolgendem Beispiel ist auf der x-Achse die Häufigkeit und auf der y-Achse die Wahrscheinlichkeit aufgetragen. Die Rote Linie ist die Referenzlinie. Umso weniger die Werte von der Referenzlinie abweichen, umso näher sind diese an der Normalverteilung. Dabei ist μ der Mittelwert und σ die Standardabweichung der Verteilung der Daten.

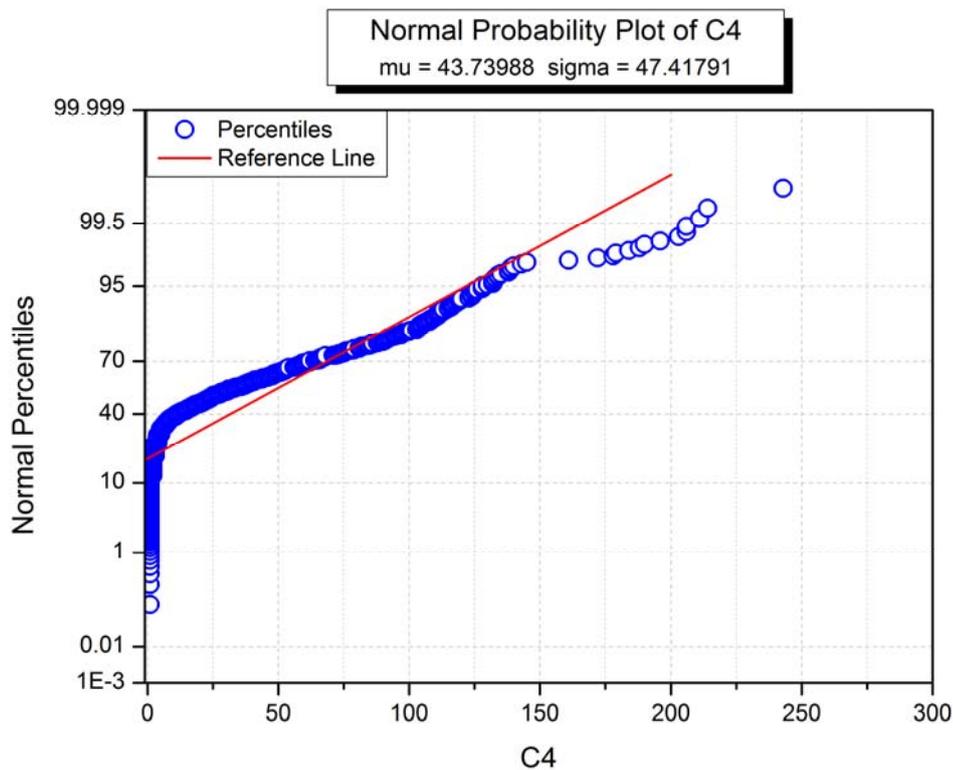


Abb. 2.5 Wahrscheinlichkeits-Plot der in Abbildung 2.4 dargestellten Messwerte

3 Verwendbarkeit der Daten

3.1 Statistische Überprüfung der Daten 2009 und SCRIM 2001

Die in Abbildung 3.1 dargestellten Grafiken zeigen die Resultate der statistischen Auswertung. Im gezeigten Beispiel sind die Gesamtdaten der Griffigkeiten 2009 für die Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h dargestellt, links die Häufigkeitsverteilung mit dem Gauss Fit und rechts der Normal Probability Plot. Erläuterungen zu den Verfahren sind in Kapitel 2.4.2 aufgeführt. Die Abbildungen zu den übrigen Auswertungen sind im Anhang zu finden.

Obwohl die Abbildungen auf den ersten Blick relativ homogen erscheinen, sind die Daten bei keiner Messgeschwindigkeit normalverteilt.

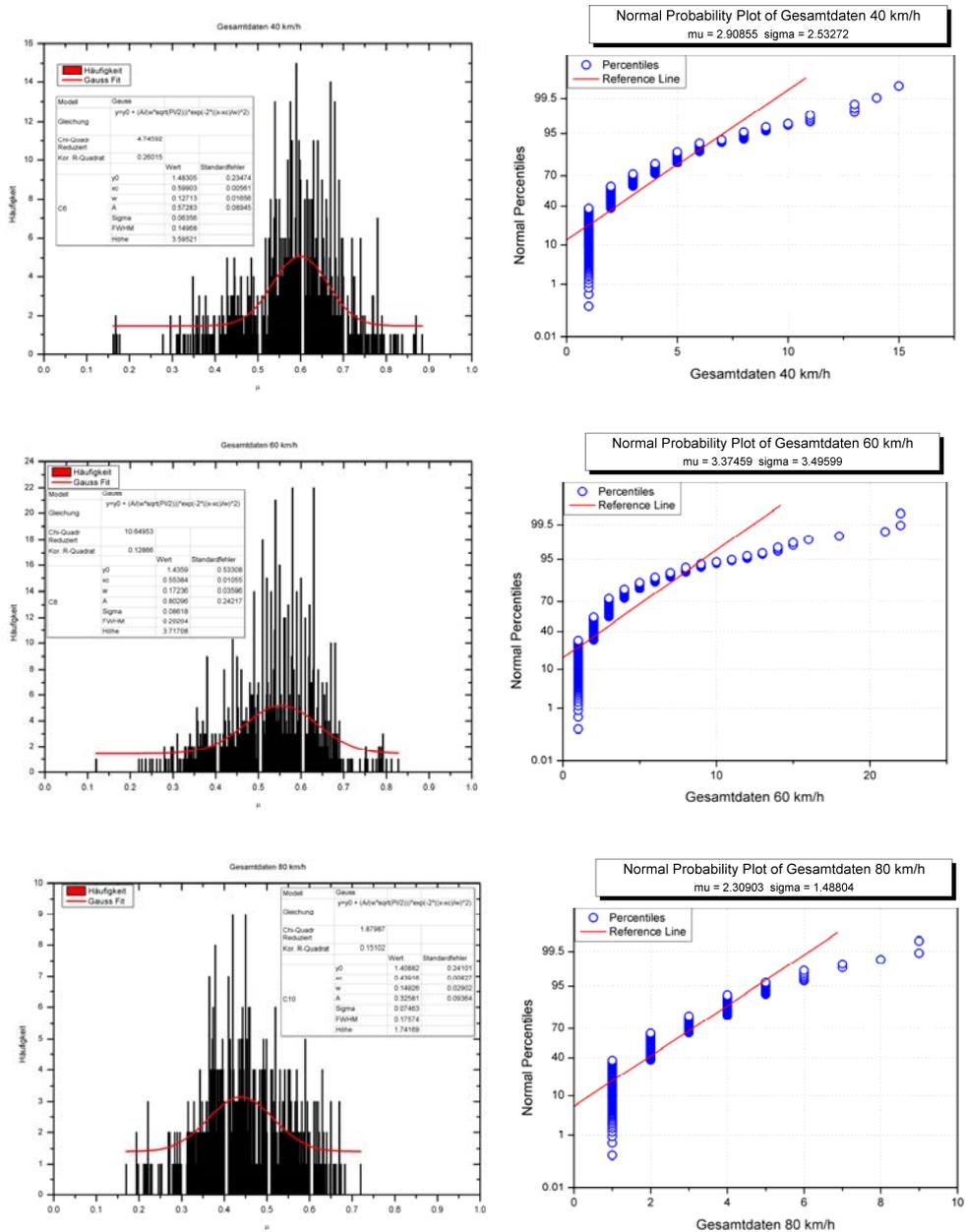


Abb. 3.1 Links Gauss Fit, rechts Normal Probability Plot (je Messgeschwindigkeit)

3.1.1 Gauss Fit und Normal Probability Plot

Es zeigt sich, dass mit Ausnahme der Gesamtdaten SCRIM 2001 bei 80 km/h kein einziger Teildatensatz normalverteilt ist (Tab. 3.1 und 3.2). Bei rund der Hälfte der Teildatensätze kann keine Angabe zu statistischen Auswerteparametern gemacht werden, da die Stichprobengrösse zu klein ist.

Tab. 3.1 Statistik: Gauss Fit nach Strassentyp, Anlageart und Belägen

	Chi ² -reduziert			Kor. R-Quadrat		
	40 km/h	60 km/h	80 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Gesamtdaten SCRIM	0.30	1.81	297.23	0.123	0.148	0.868
Gesamtdaten 2009	4.75	10.65	1.88	0.260	0.129	0.151
Teildaten HLS	4.60	9.39	0.72	0.227	0.113	0.056
HLS freie Strecke	2.10	6.46	0.56	0.159	0.140	0.127
HLS Rampen	1.04	-	-	0.130	-	-
HLS Normal-FS	4.28	3.56	-	0.112	0.171	-
HLS Überhol-FS	-	1.94	-	-	0.084	-
HLS Beläge AB/AC	0.47	-	-	0.289	-	-
HLS Beläge SMA	0.45	2.29	-	0.174	0.196	-
HLS Beläge Beton	-	-	-	-	-	-
Teildaten HVS	-	2.23	1.42	-	0.054	0.019
HVS freie Strecke	0.50	4.04	-	-0.014	0.227	-
HVS Brücken	-	-	0.20	-	-	0.209

Für Tunnel von HLS, Brücken von HLS, Tunnel von HVS, Beläge AB/AC von HVS, Beläge SMA von HVS, Betonbeläge von HVS und übrige Strassen konnten keine Angaben zu den statistischen Auswerteparametern gemacht werden.

Tab. 3.2 Statistik: Normal Probability Plot nach Strassentyp, Anlageart und Belägen

	mu			sigma		
	40 km/h	60 km/h	80 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Gesamtdaten SCRIM	1.26	2.18	43.74	0.59	1.46	47.42
Gesamtdaten 2009	2.91	3.37	2.31	2.53	3.50	1.50
Teildaten HLS	2.75	2.93	1.63	2.44	3.25	0.87
freie Strecke HLS	2.13	2.62	1.47	1.58	2.74	0.80
Tunnel HLS	-	1.35	-	-	0.76	-
Brücken HLS	-	1.33	1.21	-	0.61	0.41
Rampen HLS	1.65	-	-	1.09	-	-
Normal-FS HLS	2.68	2.11	1.27	2.20	2.07	0.51
Überhol-FS HLS	-	1.84	-	-	1.45	-
Beläge AB/AC HLS	1.36	1.35	-	0.81	0.69	-
Beläge SMA HLS	1.38	1.90	-	0.74	1.69	-
Teildaten HVS	1.57	2.09	1.87	0.87	1.53	1.20
freie Strecke HVS	1.40	2.52	1.57	0.70	2.29	0.90
Tunnel HVS	-	1.56	1.14	-	1.02	0.42
Brücken HVS	-	-	1.30	-	-	0.51
Beläge AB/AC HVS	-	1.28	1.34	-	0.58	0.62
Beläge SMA HVS	-	-	-	-	-	-
Betonbeläge HVS	-	-	1.14	-	-	0.35

Für Betonbeläge von HLS und übrige Strassen wie in Tab. 3.1 keine Angaben zu statistischen Werten.

3.1.2 Mittelwerte und Standardabweichungen der Quantile

In den folgenden Tabellen (Tab. 3.3 und 3.4) sind die Anzahl Werte je Messgeschwindigkeit, die Mittelwerte und die Standardabweichungen sowie die Quantile 50% und 95% in einer Übersicht dargestellt.

Mittelwerte und Standardabweichungen der Quantile nach Aufgliederungsarten*Tab. 3.3 Statistik: Mittelwerte und Standardabweichungen*

[km/h]	Anzahl Werte			Mittelwert			Standardabweichung		
	40	60	80	40	60	80	40	60	80
Gesamtdaten SCRIM	201	752	28081	0.713	0.673	0.638	0.124	0.119	0.100
Gesamtdaten 2009	986	1036	665	0.579	0.526	0.447	0.105	0.101	0.096
Teildaten HLS	753	652	306	0.608	0.564	0.491	0.085	0.088	0.095
freie Strecke HLS	523	471	204	0.609	0.566	0.492	0.089	0.071	0.090
Tunnel HLS	17	96	26	0.626	0.512	0.427	0.101	0.122	0.114
Brücken HLS	40	56	69	0.623	0.595	0.509	0.078	0.079	0.084
Rampen HLS	173	16	5	0.601	0.514	-	0.070	0.052	-
Normal-FS HLS	219	412	294	0.585	0.493	0.391	0.082	0.079	0.070
Überhol-FS HLS	7	229	97	-	0.528	0.455	-	0.107	0.065
Beläge AB/AC HLS	152	132	79	0.639	0.575	0.526	0.090	0.077	0.075
Beläge SMA HLS	83	152	23	0.579	0.535	0.468	0.079	0.079	0.060
Betonbeläge HLS	18	53	40	0.602	0.589	0.506	0.123	0.050	0.096
Teildaten HVS	224	360	329	0.489	0.469	0.412	0.109	0.085	0.080
freie Strecke HVS	167	360	212	0.481	0.517	0.423	0.117	0.075	0.075
Tunnel HVS	3	103	48	-	0.415	0.328	-	0.070	0.076
Brücken HVS	2	19	65	-	0.472	0.440	-	0.077	0.062
Beläge AB/AC HVS	33	60	55	0.535	0.488	0.454	0.097	0.074	0.062
Beläge SMA HVS	34	89	21	0.465	0.474	0.429	0.090	0.086	0.045
Betonbeläge HVS	3	12	49	-	0.556	0.395	-	0.054	0.078
Übrige Strassen	5	13	20	-	0.343	0.361	-	0.113	0.062

Tab. 3.4 Statistik: 50%- und 95%-Quantile

[km/h]	95%-Quantil			50%-Quantil		
	40	60	80	40	60	80
Gesamtdaten SCRIM	0.487	0.483	0.470	0.715	0.669	0.642
Gesamtdaten 2009	0.396	0.356	0.296	0.587	0.536	0.443
Teildaten HLS	0.468	0.380	0.335	0.607	0.564	0.504
freie Strecke HLS	0.455	0.419	0.339	0.611	0.568	0.508
Tunnel HLS	0.550	0.331	0.323	0.584	0.516	0.392
Brücken HLS	0.514	0.490	0.365	0.597	0.593	0.514
Rampen HLS	0.496	0.417	-	0.600	0.523	-
Normal-FS HLS	0.457	0.362	0.255	0.585	0.497	0.394
Überhol-FS HLS	-	0.329	0.347	-	0.540	0.455
Beläge AB/AC HLS	0.509	0.411	0.395	0.637	0.581	0.526
Beläge SMA HLS	0.412	0.373	0.376	0.590	0.532	0.492
Betonbeläge HLS	0.427	0.505	0.354	0.579	0.603	0.533
Teildaten HVS	0.311	0.328	0.259	0.484	0.470	0.414
freie Strecke HVS	0.298	0.357	0.314	0.476	0.486	0.419
Tunnel HVS	-	0.285	0.202	-	0.421	0.343
Brücken HVS	-	0.371	0.348	-	0.466	0.450
Beläge AB/AC HVS	0.439	0.381	0.356	0.526	0.476	0.453
Beläge SMA HVS	0.318	0.348	0.360	0.450	0.473	0.445
Betonbeläge HVS	-	0.467	0.271	-	0.573	0.389
Übrige Strassen	-	0.184	0.271	-	0.368	0.366

3.2 Ermittlung von Unterschieden in den Datenbeständen

Im folgenden Kapitel sollen die Griffigkeitsdaten nach ihrer Herkunft und nach Messgerät auf Unterschiede geprüft werden.

3.2.1 Überprüfung der Teildaten Skiddometer und SRM IVT und Skiddometer SACR auf Unterschiede

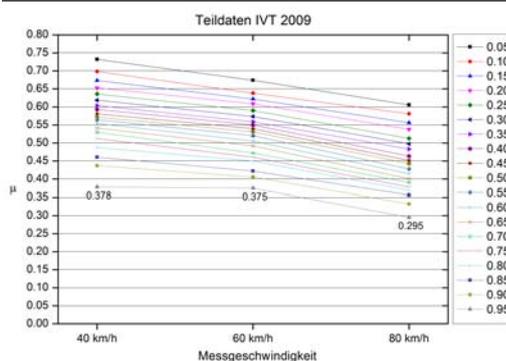
Die im vorliegenden Forschungsauftrag verwendeten Griffigkeitsdaten stammen einerseits von der Firma SACR und andererseits vom IVT der ETH Zürich (Tab. 3.5).

Tab. 3.5 Vergleich Teildaten Skiddometer und SRM IVT und Skiddometer SACR

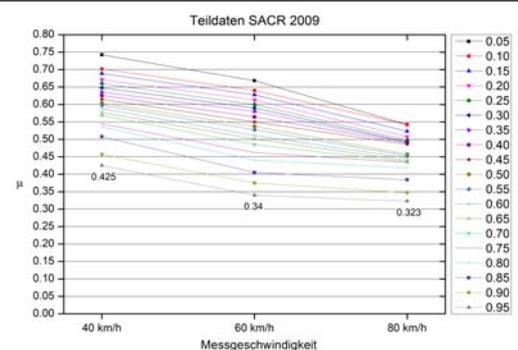
Messgerät	Skiddometer, SRM (IVT) und Skiddometer (SACR)					
Strassentyp	Alle Strassentypen					
Strecke	alle Streckentypen					
Belag	Alle Beläge					
Abschnittslänge	200m					
Ortslage	alle Ortslagen					

Messgeschwindigkeit	40 km/h		60 km/h		80 km/h	
	IVT	SACR	IVT	SACR	IVT	SACR
Anzahl Messwerte	607	379	396	640	646	19
Mittelwert	0.567	0.598	0.526	0.527	0.446	0.455
Standardabweichung	0.109	0.097	0.099	0.102	0.097	0.071
95%-Wert	0.378	0.425	0.375	0.340	0.295	0.323
50%-Wert	0.572	0.604	0.531	0.538	0.442	0.457

Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
	$\Delta\mu$ (SACR-IVT)	$\Delta\mu$ (SACR-IVT)	$\Delta\mu$ (SACR-IVT)
Mittelwert	0.031	0.001	0.009
Standardabweichung	-0.012	0.003	-0.026
95%-Wert	0.047	-0.035	0.028
50%-Wert	0.032	0.007	0.015



Teildatensatz IVT



Teildatensatz Skiddometer SACR

Die Verteilungen der beiden Teildatensätze sind relativ homogen. Die Daten der Firma SACR liegen im Allgemeinen leicht höher als die Daten IVT. Die Abweichungen sind gemessen am Toleranzbereich von 0.03 gering. Der Vergleich bei Messgeschwindigkeit 80 km/h ist allerdings wenig aussagekräftig, da im Teildatensatz Skiddometer SACR nur eine Stichprobe von 19 Werten vorhanden ist.

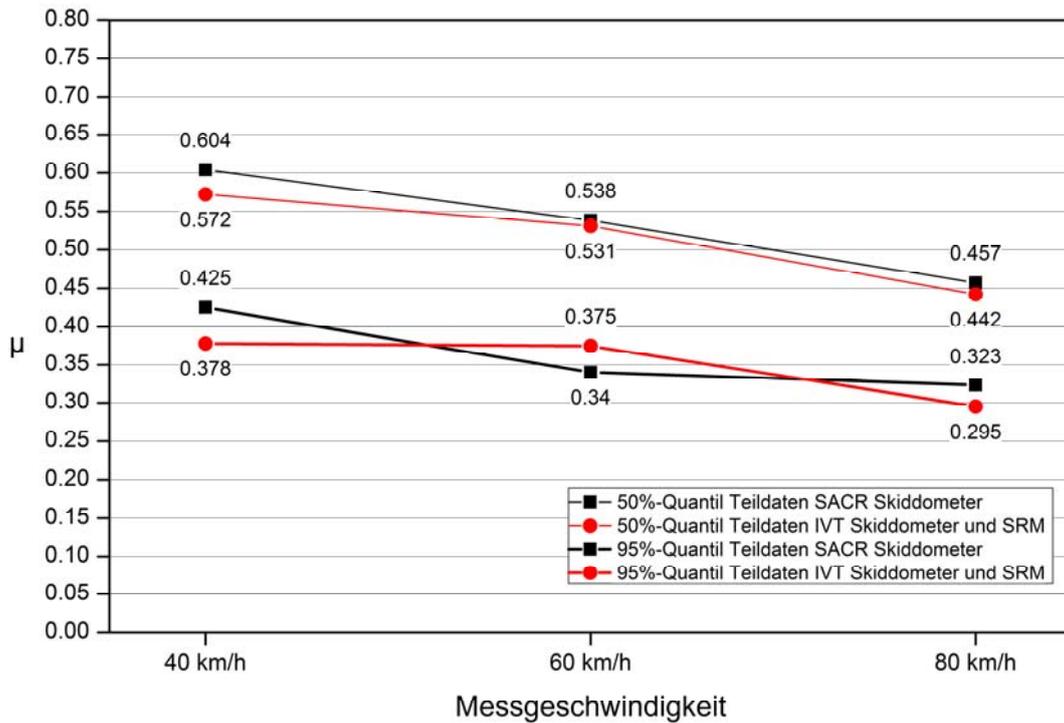


Abb. 3.2 Quantilwerte (50% und 95%) der Teildatensätze IVT und Skiddometer SACR

Betrachtet man den 95%- und den 50%-Quantil separat (Abb. 3.2), so zeigt sich eine praktisch identische Geschwindigkeitsabhängigkeit der beiden Teildatensätze. Die Differenzen der Quantilwerte sind bei 95% etwas grösser als bei 50% was durch die grössere Streuung der schlechten Griffigkeitswerte erklärbar erscheint.

3.2.2 Überprüfung der Datenbestände Skiddometer und SRM auf Unterschiede

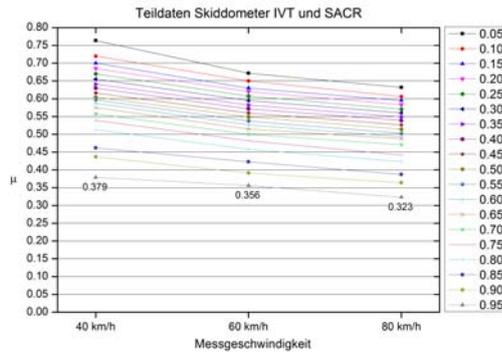
Die Daten im vorliegenden Forschungsauftrag stammen von zwei verschiedenen aber vergleichbaren Messgeräten, dem Skiddometer und dem SRM (Tab. 3.6).

Tab. 3.6 Vergleich Teildatensätze Skiddometer und SRM (Teil 1)

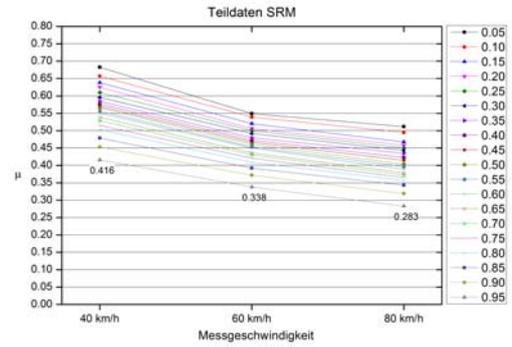
Messgerät	Skiddometer und SRM					
Strassentyp	Alle Strassentypen					
Strecke	alle Streckentypen					
Belag	Alle Beläge					
Abschnittslänge	200m					
Ortslage	alle Ortslagen					
Messgeschwindigkeit	40 km/h		60 km/h		80 km/h	
	Skiddo	SRM	Skiddo	SRM	Skiddo	SRM
Anzahl Messwerte	587	399	898	138	289	376
Mittelwert	0.593	0.560	0.537	0.457	0.502	0.404
Standardabweichung	0.117	0.081	0.101	0.066	0.095	0.073
95%-Wert	0.379	0.416	0.356	0.338	0.323	0.283
50%-Wert	0.604	0.565	0.549	0.460	0.514	0.403

Tab. 3.6 Vergleich Teildatensätze Skiddometer und SRM (Teil 2)

Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
	$\Delta\mu$ (Skiddo-SRM)	$\Delta\mu$ (Skiddo-SRM)	$\Delta\mu$ (Skiddo-SRM)
Mittelwert	-0.033	-0.08	-0.098
Standardabweichung	-0.036	-0.035	-0.022
95%-Wert	0.037	-0.018	-0.04
50%-Wert	-0.039	-0.089	-0.111



Teildaten Skiddometer



Teildaten SRM

Die beiden Teildatensätze Skiddometer und SRM zeigen eine ähnliche Geschwindigkeitsabhängigkeit (Abb. 3.3). Die Bandbreite des Teildatensatzes Skiddometer ist grösser als diejenige der Daten SRM. Die Unterschiede der Quantilwerte bei den mittleren bis guten Griffigkeitsniveaus sind allerdings grösser als der Toleranzbereich von 0.03. Im Bereich der kritischen Griffigkeiten (95%) sind die Abweichungen aber klein. Unter Umständen wurden mit dem Skiddometer mehr Abnahmemessungen mit sehr guten Griffigkeiten gemessen als mit dem Messsystem SRM.

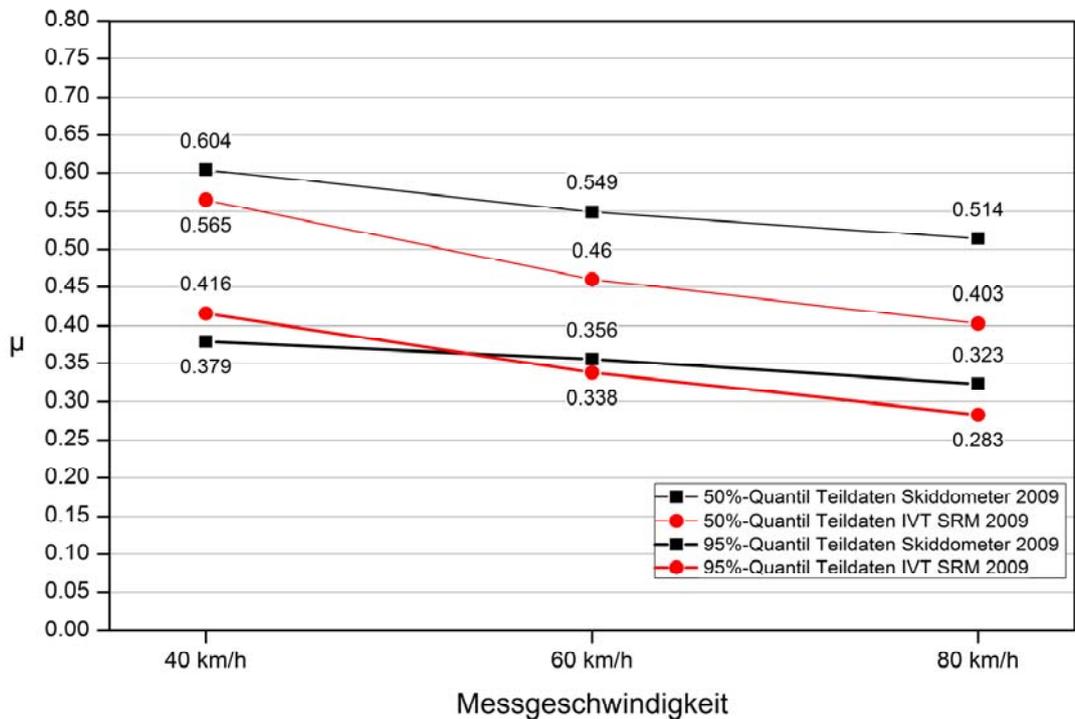


Abb. 3.3 Quantilwerte (50% und 95%) der Teildatensätze Skiddometer und SRM

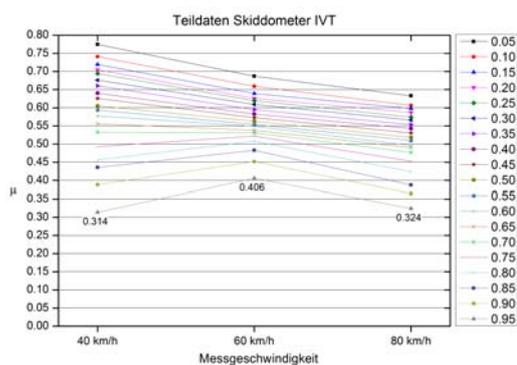
Betrachtet man die 50%- und die 95%-Quantile (Abb. 3.3) zeigt sich, dass die Geschwindigkeitsabhängigkeit bei den 50%-Quantilen und bei den 95%-Quantilen ähnlich ist. Die Griffigkeitsquantilwerte nehmen mit zunehmender Messgeschwindigkeit ab. Zumindest bei den relevanten schlechten Griffigkeitsniveaus ist die Vergleichbarkeit gut.

3.2.3 Überprüfung der Datenbestände Skiddometer IVT und SACR auf Unterschiede

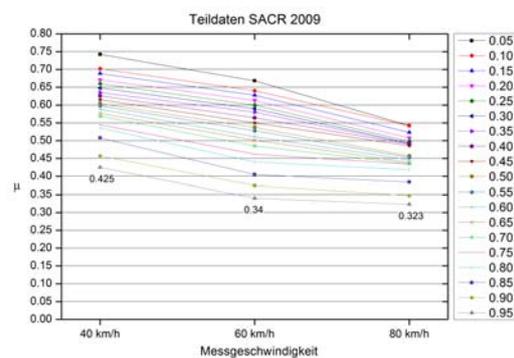
Um eine Aussage über die beiden gleichen Messgeräte (Skiddometer) der Firma SACR und des IVT's zu machen, wurden diese beiden Teildatensätze einander gegenübergestellt (Tab. 3.7).

Tab. 3.7 Vergleich Teildatensätze Skiddometer IVT und Skiddometer SACR

Messgerät	Skiddometer IVT, Skiddometer SACR					
Strassentyp	Alle Strassentypen					
Strecke	alle Streckentypen					
Belag	Alle Beläge					
Abschnittslänge	200m					
Ortslage	alle Ortslagen					
Messgeschwindigkeit	40 km/h		60 km/h		80 km/h	
	IVT	SACR	IVT	SACR	IVT	SACR
Anzahl Messwerte	208	379	258	640	270	19
Mittelwert	0.582	0.598	0.563	0.527	0.505	0.455
Standardabweichung	0.147	0.097	0.094	0.102	0.096	0.071
95%-Wert	0.314	0.425	0.406	0.340	0.324	0.323
50%-Wert	0.605	0.604	0.563	0.538	0.518	0.457
Messgeschwindigkeit	40 km/h		60 km/h		80 km/h	
	$\Delta\mu(\text{Skiddometer IVT-SACR})$		$\Delta\mu(\text{Skiddometer IVT-SACR})$		$\Delta\mu(\text{Skiddometer IVT-SACR})$	
Mittelwert	0.016		-0.036		-0.05	
Standardabweichung	-0.05		0.008		-0.025	
95%-Wert	0.111		-0.066		-0.001	
50%-Wert	-0.001		-0.025		-0.061	



Teildatensatz Skiddometer IVT



Teildatensatz Skiddometer SACR

Die Verteilungen der beiden Teildatensätze Skiddometer IVT und Skiddometer SACR sind inhomogen (Abb. 3.4). Vor allem die Quantilwerte bei Messgeschwindigkeit 40 km/h unterscheiden sich stark, die 95%-Quantilwerte weichen bei 40 km/h und bei 60 km/h mehr als der Toleranzwert von 0.03 voneinander ab. Bei Messgeschwindigkeit 80 km/h bestehen bei den 95%-Quantilen praktisch keine Unterschiede.

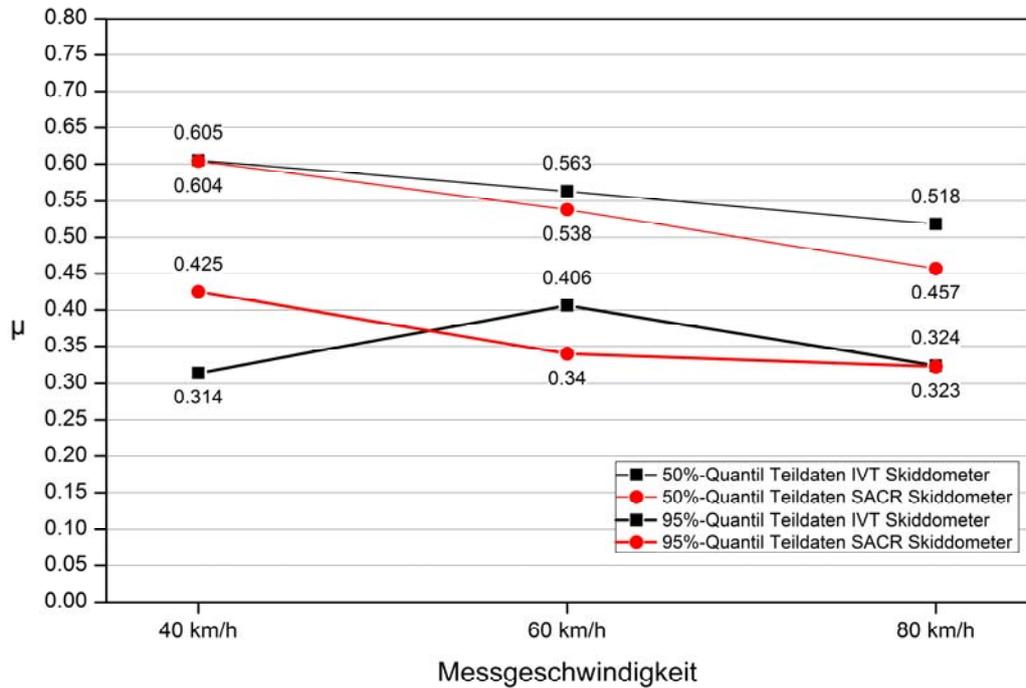


Abb. 3.4 Quantilwerte (50% und 95%) der Teildaten Skiddometer IVT und Skiddometer SACR

Betrachtet man die 50%- und die 95%-Quantilwerte (Abb. 3.4) erscheinen die Differenzen bei den Messgeschwindigkeiten 60 km/h und 80 km/h relativ gering. Eine deutliche Differenz liegt bei den 95%-Quantilen bei Messgeschwindigkeit 40 km/h vor. Da die Daten bei IVT und SACR bei Messgeschwindigkeit 40 km/h von sehr unterschiedlichen Messorten stammen, sind die Unterschiede nicht erstaunlich. Abgesehen von dieser Ausnahme, sind die Daten durchaus miteinander für die Auswertung verwendbar.

3.2.4 Überprüfung der Datenbestände SRM / Skiddometer SACR auf Unterschiede

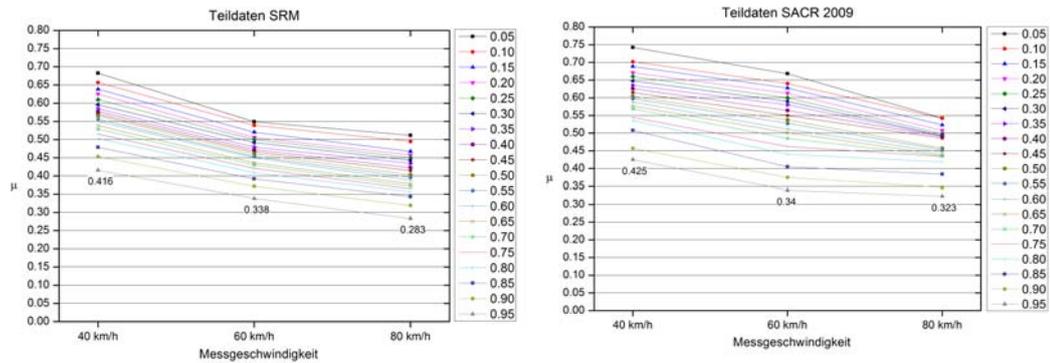
In der folgenden Tabelle (Tab. 3.8) wurden die beiden Teildatensätze SRM IVT und Skiddometer SACR miteinander verglichen.

Tab. 3.8 Vergleich Teildatensätze SRM IVT und Skiddometer SACR (Teil 1)

Messgerät	Skiddometer SACR, SRM					
Strassentyp	Alle Strassentypen					
Strecke	alle Streckentypen					
Belag	Alle Beläge					
Abschnittslänge	200m					
Ortslage	alle Ortslagen					
Messgeschwindigkeit	40 km/h		60 km/h		80 km/h	
	SRM	SACR	SRM	SACR	SRM	SACR
Anzahl Messwerte	399	379	138	640	376	19
Mittelwert	0.560	0.598	0.457	0.527	0.404	0.455
Standardabweichung	0.081	0.097	0.066	0.102	0.073	0.071
95%-Wert	0.416	0.425	0.338	0.340	0.283	0.323
50%-Wert	0.565	0.604	0.460	0.538	0.403	0.457

Tab. 3.8 Vergleich Teildatensätze SRM IVT und Skiddometer SACR (Teil 2)

Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
	$\Delta\mu(\text{SRM-SACR})$	$\Delta\mu(\text{SRM-SACR})$	$\Delta\mu(\text{SRM-SACR})$
Mittelwert	0.038	0.07	0.051
Standardabweichung	0.016	0.036	-0.002
95%-Wert	0.009	0.002	0.04
50%-Wert	0.039	0.078	0.054



Teildatensatz SRM IVT

Teildatensatz Skiddometer SACR

Die Verteilungen der beiden Teildatensätze SRM IVT und Skiddometer SACR sind im Bereich der schlechten Griffigkeitswerte (95%) beinahe identisch und auch die Geschwindigkeitsabhängigkeit der schlechteren Werte ist sehr ähnlich. Die Bandbreite der Werte ist bei der Verteilung Skiddometer SACR grösser als bei der Verteilung SRM IVT. Die 50%-Werte des Teildatensatzes Skiddometer SACR liegen höher als diejenigen der Verteilung SRM IVT (Abb. 3.5). Betrachtet man die 50%- und 95%-Quantilwerte, so erscheinen die Unterschiede recht gering und damit geeignet für die Verwendbarkeit.

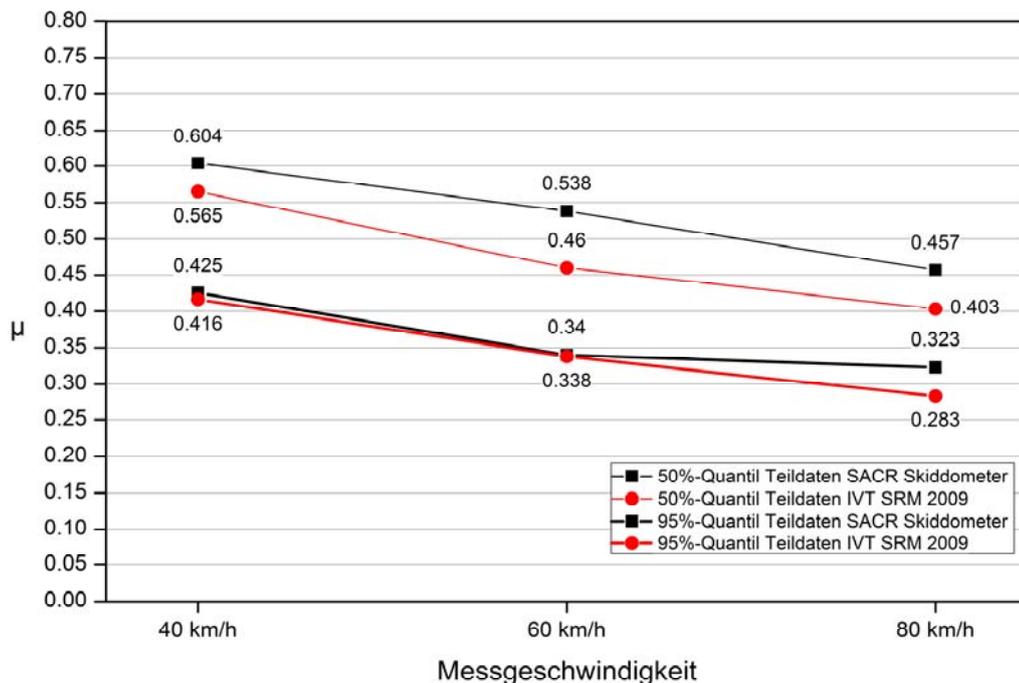


Abb. 3.5 Quantilwerte (50% und 95%) der Teildatensätze SRM IVT und Skiddometer SACR

3.2.5 Vergleich Griffigkeitsniveaus SCRIM 2001 mit Skiddometer und SRM 2009

In der folgenden Abbildung (Abb. 3.6) sind die beiden Summenhäufigkeiten aller Griffigkeitswerte Gesamtdaten SCRIM 2001 und Gesamtdaten Skiddometer und SRM 2009 bei Messgeschwindigkeit 80 km/h aufgezeigt.

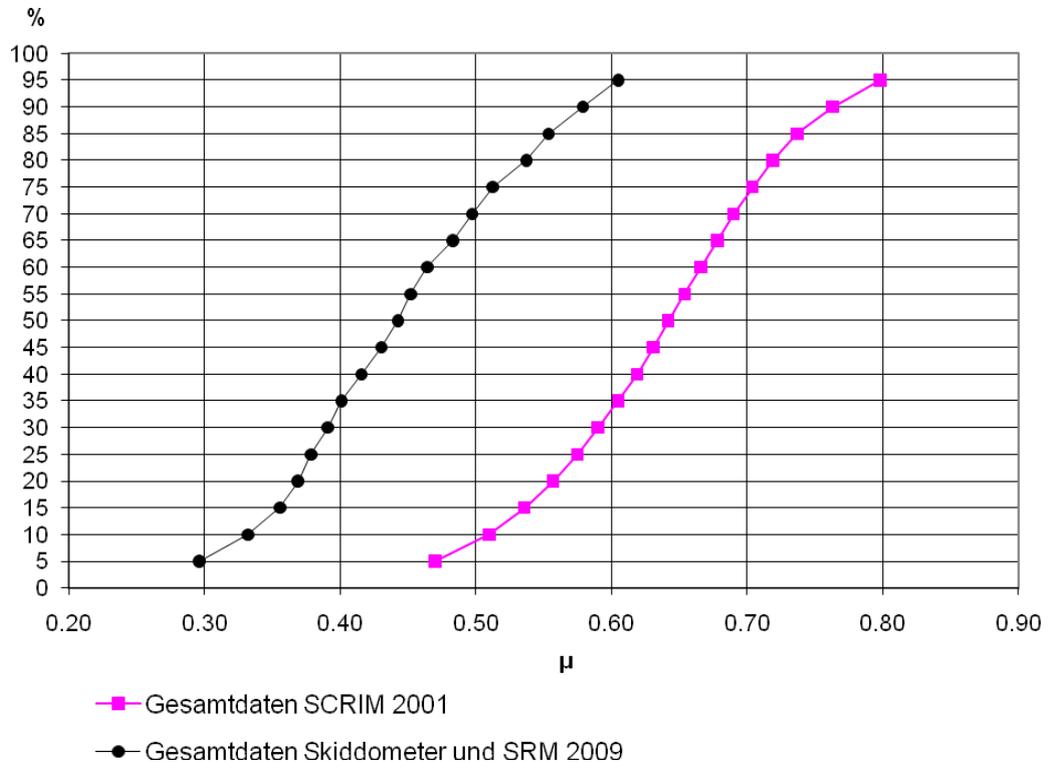


Abb. 3.6 Summenhäufigkeiten bei Messgeschwindigkeit 80 km/h

Die Differenzen zwischen den Summenhäufigkeiten der gemessenen Griffigkeiten, erhoben mit den Messsystemen SCRIM resp. Skiddometer und SRM, zeigen bei den guten Griffigkeiten grössere Unterschiede ($\Delta\mu = 0.2$ bei 95%) als bei den schlechten Griffigkeiten ($\Delta\mu = 0.18$ bei 5%). Die ähnlichen Erkenntnisse wurden bereits im FA ASTRA 2000/423 (Lindenmann, 2001) zwischen den Messsystemen SCRIM und SRM festgestellt.

3.2.6 Vergleich Daten 2009 mit Daten aus dem FA ASTRA 2000/423

Die Abbildung 3.7 zeigt eine Gegenüberstellung der SCRIM- und SRM-Daten des FA ASTRA 2000/423 (Lindenmann, 2001) und der SCRIM-Daten aus ZEB-NS 2001 und der SRM-Daten von 2009. Auf der x-Achse sind jeweils die SRM-Griffigkeitswerte und auf der y-Achse die entsprechenden SCRIM-Werte aufgetragen. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden bei den SRM-Daten von 2009 nur solche von freien Strecken auf Hochleistungsstrassen verwendet (analog FA ASTRA 2000/423).

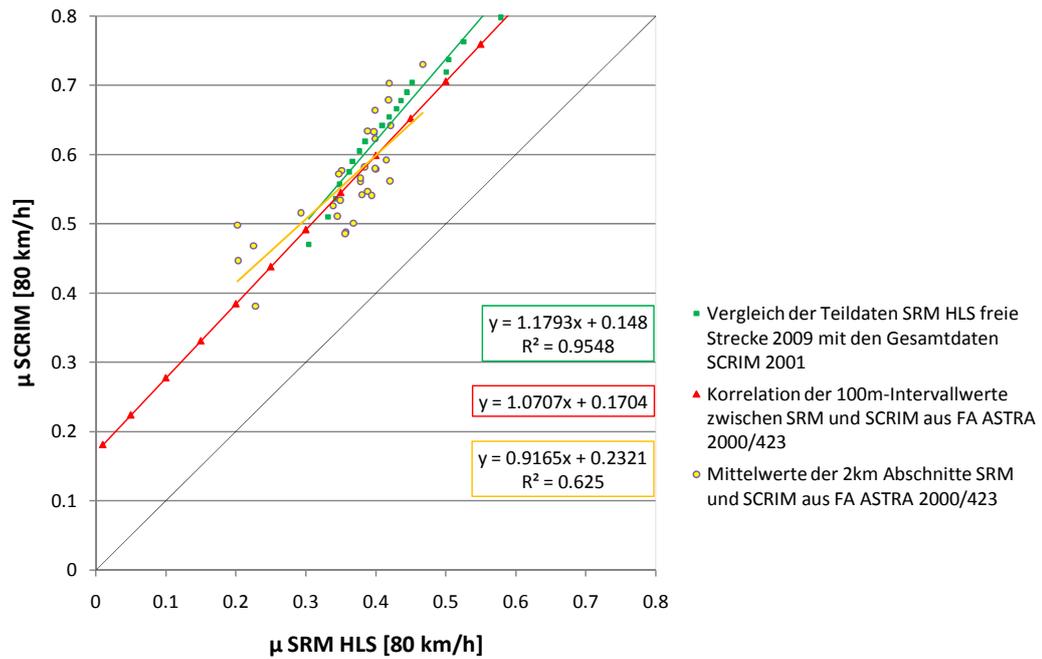


Abb. 3.7 Vergleich der Daten 2009 mit dem FA ASTRA 2000/423 (Lindenmann, 2001)

Die Abbildung 3.7 zeigt eine gleichbleibend gute Übereinstimmung der Zusammenhänge der Griffigkeitswerte der beiden Messsysteme SCRIM und SRM aus dem Forschungsauftrag ASTRA 2000/423 und den entsprechenden Daten aus dem hier vorliegenden Forschungsauftrag. Damit können die Erkenntnisse, Folgerungen und Empfehlungen aus der Auswertung des FA ASTRA 2000/423 ebenfalls für die Umsetzung der Resultate des vorliegenden Forschungsauftrages mit verwendet werden.

4 Ergebnisse

4.1 Einleitung

4.1.1 Vorbemerkungen

Das Kapitel Ergebnisse enthält jene Auswahl von Auswertergebnissen, die für die zentralen Fragestellungen der Forschungsarbeit von Bedeutung sind. Es betrifft dies die Darstellung und Analyse von Häufigkeitsverteilungen von Griffigkeitswerten, welche Mittelwerte für 200 m Strassenabschnitte bei den drei Messgeschwindigkeiten 80 km/h, 60 km/h und 40 km/h charakterisieren. Im Vordergrund stehen die Datensätze welche mit den Messsystemen Skiddometer und SRM (blockiertes Rad) erhoben wurden. Ergänzend wird der Datensatz, welcher 2001 mit dem SCRIM-Messsystem auf den Schweizer Nationalstrassen erfasst wurde, angeführt.

Zentral war die Gegenüberstellung dieser Auswertergebnisse mit dem Bewertungsmassstab gemäss SN 640 511b und dem früher erarbeiteten, aktuellen Bewertungshintergrund 1984.

4.1.2 Gesamtdatenumfang

Die folgende Tabelle (Tab. 4.1) gibt eine Übersicht des Gesamtdatenumfangs und der Teildatensätze je Messgeschwindigkeit.

Tab. 4.1 Übersicht über die vorhandenen Daten

Messgeschwindigkeit	Anzahl Abschnitte			Zeitraum
	40 km/h	60 km/h	80 km/h	
IVT (Skiddometer, SRM)	607	396	646	1990 – 2009
SACR AG (Skiddometer)	379	640	19	ca. 2000 – 2009
ZEB-NS (SCRIM)	201	752	28'081	2001

Die Datensätze IVT und SACR liessen sich aufgrund des vergleichbaren bei der Erfassung verwendeten Messsystems (Skiddometer) zu einem Gesamtdatensatz von Griffigkeitswerten für die Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h zusammenfassen. Die Originalerhebungsdaten SCRIM (ZEB-NS 2001) wurden separat behandelt.

Aufgrund der Zielsetzungen und Fragestellungen des Forschungsauftrages, der vorhandenen Datenlage (Umfänge der Teildatensätze) und den statistischen Anforderungen liessen sich die beiden Gesamtdatensätze (IVT und SACR bzw. ZEB-NS) wie folgt unterteilen (Tabelle 4.2).

4.1.3 Aufgliederung der Daten nach Messgeschwindigkeit

Die folgende Tabelle (Tab. 4.2, Teil 1 und 2) gibt einen Überblick über die vorhandenen Messwerte der einzelnen Teildatensätze.

Tab. 4.2 Teildatensätze IVT und SACR 2009 (Teil 1)

Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
SCRIM	201	752	28'081
Gesamtdaten 2009	986	1036	665
Teildaten IVT (SRM und Skiddometer)	607	396	646
Teildaten Skiddometer SACR	379	640	19
Teildaten Skiddometer IVT	208	258	270
Teildaten Skiddometer (IVT und SACR)	587	898	289
Teildaten SRM	399	138	376

Tab. 4.2 Teildatensätze IVT und SACR 2009 (Teil 2)

Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Teildaten HLS	753	652	306
Teildaten freie Strecke HLS	523	471	204
Teildaten Tunnel HLS	17	96	26
Teildaten Brücken HLS	40	56	69
Teildaten Rampen HLS	173	16	5
Teildaten Normalfahrstreifen HLS	219	412	294
Teildaten Überholfahrstreifen HLS	7	229	97
Teildaten Beläge AB / AC HLS	152	132	79
Teildaten Beläge SMA HLS	83	152	23
Teildaten Betonbeläge HLS	18	53	40
Teildaten HVS	224	360	329
Teildaten freie Strecke HVS	167	360	212
Teildaten Tunnel HVS	3	103	48
Teildaten Brücken HVS	2	19	65
Teildaten Beläge AB / AC HVS	33	60	55
Teildaten Beläge SMA HVS	34	89	21
Teildaten Betonbeläge HVS	3	12	49
Teildaten übrige Strassen	5	13	20

4.1.4 Lokalisierung von Unterschieden zwischen den Gruppen der Daten 2009

Zur Klärung der Frage der Grösse und Bedeutung allfälliger Unterschiede der Häufigkeitsverteilung der Griffigkeitswerte zwischen den Strassentypen HLS und HVS und gegliedert nach Anlageart (freie Strecke, Tunnel, Brücken, Rampen), der beiden Fahrstreifen (N, Ü) und unterschiedlicher Beläge bei HLS, Anlageart und unterschiedlicher Beläge bei HVS wurden jeweils die 50%- und die 95%-Werte der Häufigkeitsverteilungen analysiert. Die Ergebnisse der Gegenüberstellungen sind wie folgt gegliedert (Tab. 4.3):

Tab. 4.3 Gliederung der Gegenüberstellungen der Häufigkeitsverteilungen für die Daten 2009

- Hochleistungsstrassen (HLS)
- Teildaten freie Strecke, Tunnel, Brücken und Rampen
- Teildaten Beläge AB / SMA / Beton
- Teildaten Normal- und Überholfahrstreifen
- Hauptverkehrsstrassen (HVS)
- Teildaten freie Strecke, Tunnel und Brücken
- Teildaten Beläge AB / SMA / Beton
- Hochleistungsstrassen / Hauptverkehrsstrassen
- Teildaten HLS und Teildaten HVS
- Teildaten freie Strecke von HLS und HVS
- Teildaten Tunnel von HLS und HVS
- Teildaten Brücken von HLS und HVS
- Teildaten Beläge AB/AC von HLS und HVS
- Teildaten Beläge SMA von HLS und HVS
- Teildaten Betonbeläge von HLS und HVS

4.1.5 Gegenüberstellung Daten 2009 mit dem aktuellen Bewertungshintergrund 1984

Um die Frage der Veränderung der Griffigkeitswerte zwischen dem aktuellen Bewertungshintergrund von 1984 und den heutigen Daten 2009 zu klären, wurden die Häufigkeitsverteilung der Gesamtdaten 2009 derjenigen des aktuellen Hintergrundes gegenübergestellt. Da für die Festlegung der Sichtweiten Annahmen zur Verwendung bestimmter Quantilwerte der Daten HLS (1984) getroffen wurden, wurden diese sowie die Daten HVS ebenfalls mit dem aktuellen Bewertungshintergrund verglichen. Die Ergebnisse der Gegenüberstellung sind in der folgenden Tabelle (Tab. 4.4) gegliedert.

Tab. 4.4 Gegenüberstellung der Daten 2009 und 1984 (aktueller Griffigkeitshintergrund)

- Gesamtdaten Skiddometer und SRM 2009 mit aktuellem Hintergrund 1984
- Teildaten HLS 2009 mit aktuellem Hintergrund 1984
- Teildaten HVS 2009 mit aktuellem Hintergrund 1984

4.1.6 Gegenüberstellung Daten 2009 und 1984 mit den Daten SCRIM 2001

Um eine Aussage zu einem zukünftigen Bewertungshintergrund SCRIM im Vergleich zum Hintergrund SRM und Skiddometer machen zu können, wurde die Häufigkeitsverteilung der Messgeräte SRM und Skiddometer der Verteilung SCRIM gegenübergestellt. In der Tabelle 4.5 sind die einzelnen Vergleiche dargestellt.

Tab. 4.5 Gegenüberstellung der Daten SCRIM 2001 und Daten 2009 und 1984

- Gesamtdaten SCRIM 2001 mit aktuellem Hintergrund 1984
- Gesamtdaten SCRIM 2001 mit den Gesamtdaten Skiddometer und SRM 2009

4.2 Ergebnisse Auswertung Daten SRM und Skiddometer 2009

Die Auswertungen im folgenden Kapitel sind gegliedert nach Gesamtdaten, Hochleistungsstrassen, Hauptverkehrsstrassen und übrige Strassen. Es werden jeweils zuerst die Quantile bei 95% und bei 50% sowie die Mittelwerte und Standardabweichungen je Messgeschwindigkeit betrachtet (in Tabelle), danach wurden die Quantilwerte in 5%-Schritten in Form einer Häufigkeitsverteilung dargestellt (Abbildung).

4.2.1 Gesamtdaten und Teildaten mit Aufgliederung nach bitumenhaltigen und Betonbelägen

Gesamtdaten Skiddometer und SRM 2009

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.6) wurden alle Griffigkeitswerte getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantilwerte im Diagramm (Abb. 4.1) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt 665 bis 1036. Die 95%-Messwerte liegen bei 0.396 bei 40 km/h, bei 0.356 bei 60 km/h und bei 0.296 bei 80 km/h.

Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.105 bei 40 km/h, bei 0.101 bei 60 km/h und bei 0.096 bei 80 km/h.

Tab. 4.6 Gesamtdaten Skiddometer und SRM 2009

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	alle Strassentypen		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200 m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Griffigkeitswerte je Messgeschwindigkeit	986	1036	665
Griffigkeitsmittelwert	0.579	0.526	0.447
Standardabweichung	0.105	0.101	0.096
95%-Quantilwert	0.396	0.356	0.296
50%-Quantilwert	0.587	0.536	0.443

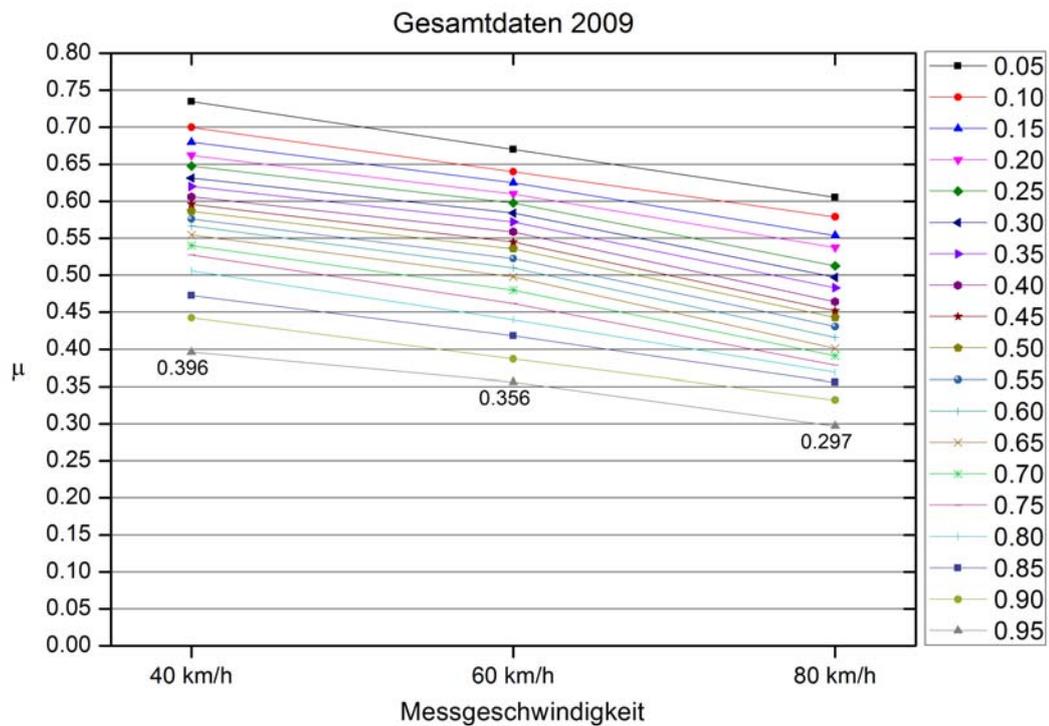


Abb. 4.1 Quantile der Gesamtdaten Skiddometer und SRM 2009

Die Verteilung der Griffigkeitswerte (Abb. 4.1) zeigt sich recht homogen. Die Niveaus der Mittelwerte fallen leicht wie erwartet mit Zunahme der Messgeschwindigkeit. Die Abhängigkeit von der Messgeschwindigkeit ist erwartungsgemäss vorhanden aber ziemlich linear. Die Standardabweichungen sind relativ gering.

4.2.2 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Hochleistungsstrassen HLS

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für HLS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.7) wurden die Griffigkeitswerte der Hochleistungsstrassen (HLS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung (Quantile, Abb. 4.2) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 306 und 753. Die 95%-Messwerte liegen bei 0.468 bei 40 km/h, bei 0.380 bei 60 km/h und bei 0.335 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.085 bei 40 km/h, bei 0.088 bei 60 km/h und bei 0.095 bei 80 km/h.

Tab. 4.7 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HLS		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	753	652	306
Mittelwert	0.608	0.564	0.491
Standardabweichung	0.085	0.088	0.095
95%-Wert	0.468	0.380	0.335
50%-Wert	0.607	0.564	0.504

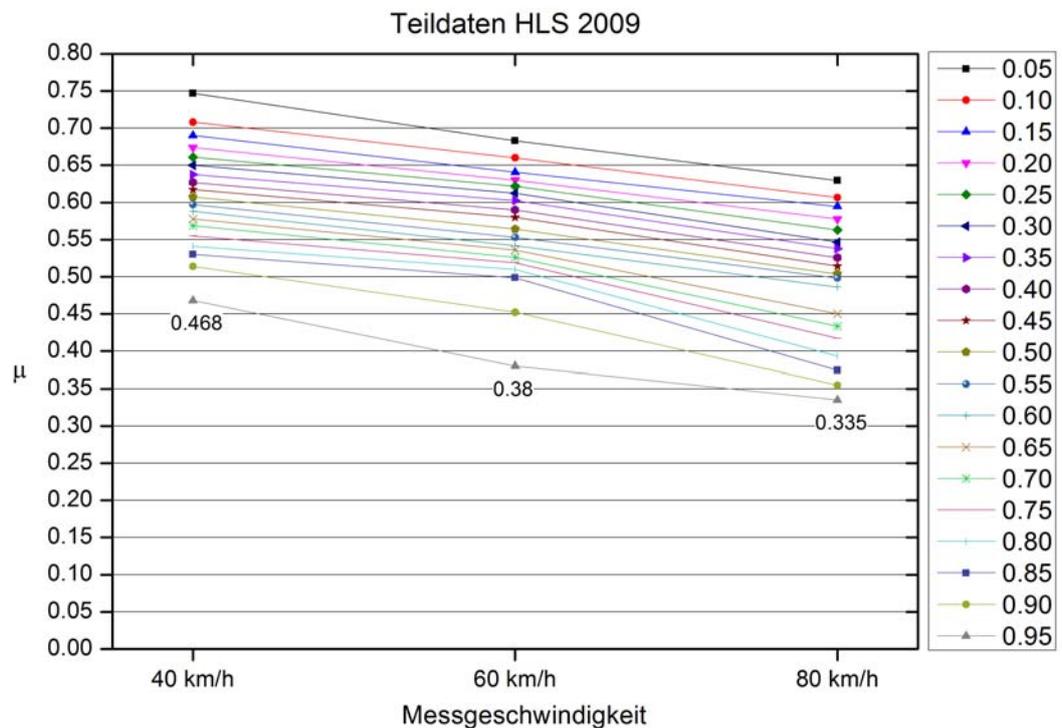


Abb. 4.2 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für HLS

Die Verteilungen der Griffigkeitswerte (Abb. 4.2) zeigen sich relativ homogen. Die Niveaus der Mittelwerte nehmen mit zunehmender Messgeschwindigkeit wie erwartet ab. Die Standardabweichungen (Streuungen) sind relativ gering.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für freie Strecken von HLS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.8) wurden die Griffigkeitswerte freie Strecke der Hochleistungsstrassen (HLS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.3) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 204 und 523. Die 95%-Messwerte liegen bei 0.455 bei 40 km/h, bei 0.419 bei 60 km/h und bei 0.339 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.089 bei 40 km/h, bei 0.071 bei 60 km/h und bei 0.090 bei 80 km/h.

Tab. 4.8 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für freie Strecken von HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HLS		
Strecke	freie Strecke		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	523	471	204
Mittelwert	0.609	0.566	0.492
Standardabweichung	0.089	0.071	0.090
95%-Wert	0.455	0.419	0.339
50%-Wert	0.611	0.568	0.508

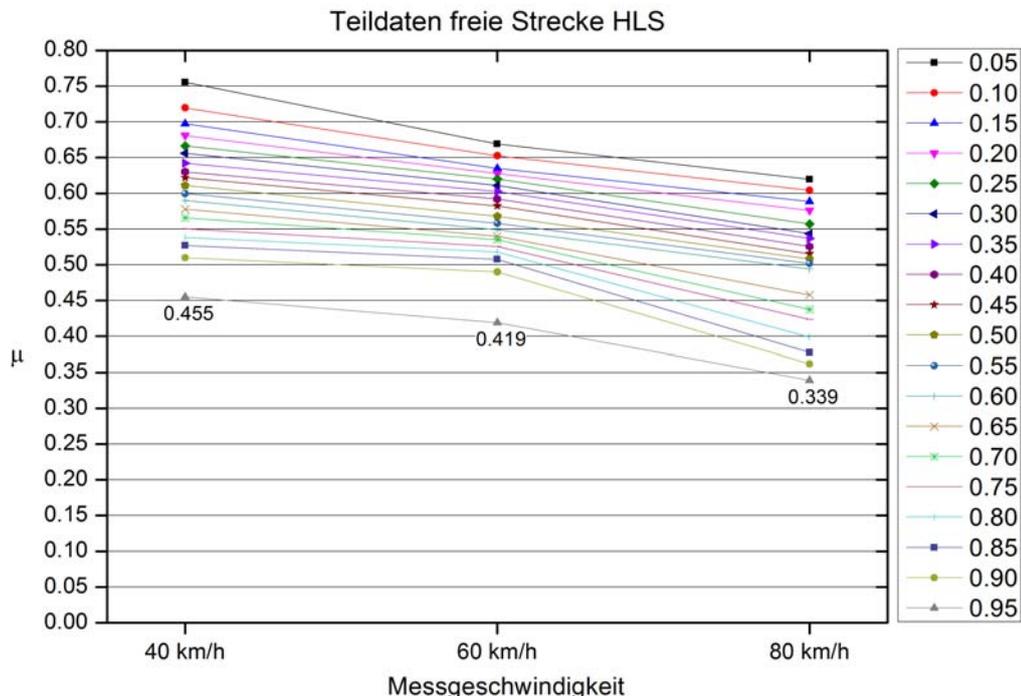


Abb. 4.3 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für freie Strecken von HLS

Die Verteilungen der Griffigkeitswerte (Abb. 4.3) sind homogen. Die Niveaus der Mittelwerte nehmen mit zunehmender Messgeschwindigkeit wie erwartet ab. Die Verteilung freie Strecken von HLS ist insgesamt ähnlich wie diejenige der Teildaten HLS. Die Standardabweichungen (Streuungen) sind relativ gering.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Tunnel von HLS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.9) wurden die Griffigkeitswerte für Tunnel der Hochleistungsstrassen (HLS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.4) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 17 und 96. Die 95%-Messwerte liegen bei 0.550 bei 40 km/h, bei 0.331 bei 60 km/h und bei 0.323 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.101 bei 40 km/h, bei 0.122 bei 60 km/h und bei 0.114 bei 80 km/h.

Tab. 4.9 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Tunnel von HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HLS		
Strecke	Tunnel		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	17	96	26
Mittelwert	0.626	0.512	0.427
Standardabweichung	0.101	0.122	0.114
95%-Wert	0.550	0.331	0.323
50%-Wert	0.584	0.516	0.392

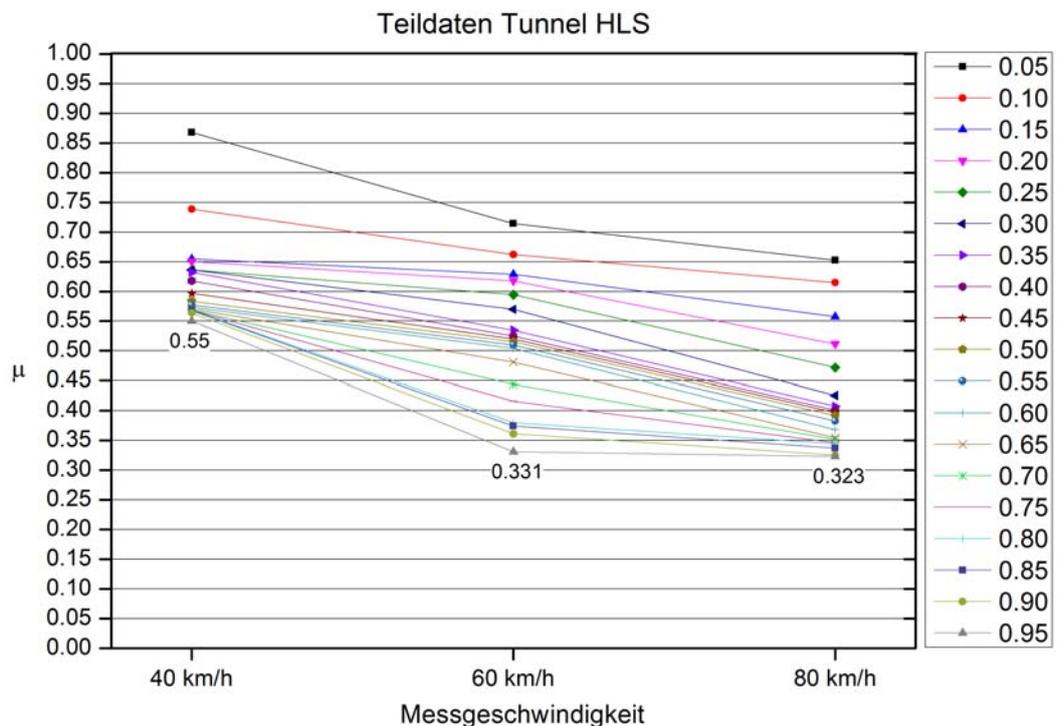


Abb. 4.4 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Tunnel von HLS

Die Verteilung der Daten (Abb. 4.4) ist inhomogen was sich auch an den Streuungen infolge der geringen Stichprobe zeigt. Die Niveaus bei den Messgeschwindigkeiten 40 – 60 km/h sind stark abnehmend, die Niveaus 60 – 80 km/h hingegen bleiben bei den tiefen Griffigkeitswerten beinahe konstant. Das Niveau der Griffigkeiten der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Tunnel von HLS bei 60 km/h und 80 km/h ist deutlich tiefer als bei den Teildaten für freie Strecken von HLS.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Brücken von HLS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.10) wurden die Griffigkeitswerte der Teildaten für Brücken von Hochleistungsstrassen (HLS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.5) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 40 und 69. Das Griffigkeitsniveau der 95%-Quantilwerte liegt bei 0.514 bei 40 km/h, bei 0.490 bei 60 km/h und bei 0.365 bei 80 km/h. Die Standardabweichung der Griffigkeitsverteilung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.078 bei 40 km/h, bei 0.079 bei 60 km/h und bei 0.084 bei 80 km/h.

Tab. 4.10 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Brücken von HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HLS		
Strecke	Brücken		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	40	56	69
Mittelwert	0.623	0.595	0.509
Standardabweichung	0.078	0.079	0.084
95%-Wert	0.514	0.490	0.365
50%-Wert	0.597	0.593	0.514

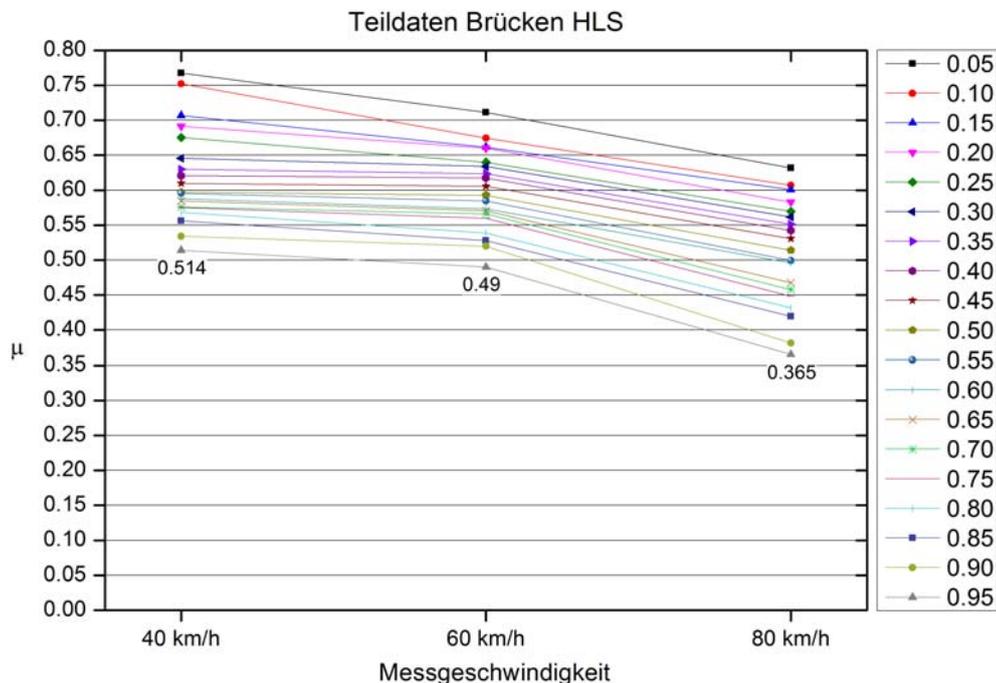


Abb. 4.5 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Brücken von HLS

Die Verteilung der Quantile (Abb. 4.5) ist relativ homogen, was die geringen Standardabweichungen zeigen. Das Niveau der Griffigkeitswerte nimmt mit zunehmender Messgeschwindigkeit ab. Es besteht bei allen Messgeschwindigkeiten ein deutlich höheres Niveau der Griffigkeitswerte der Teildaten für Brücken von HLS als bei den Teildaten für freie Strecken von HLS. Dies könnte im Zusammenhang mit unterschiedlichen Belagsarten stehen, weil auf Brücken häufig Gussasphalte verwendet werden.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für HLS Rampen

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.11) wurden die Griffigkeitswerte der Teildaten für Rampen von Hochleistungsstrassen (HLS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilungen und Quantile im Diagramm (Abb. 4.6) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit betragen 16 und 173. Die 95%-Quantilwerte der Griffigkeiten liegen bei 0.496 bei 40 km/h und bei 0.417 bei 60 km/h. Die Streuungen der Quantilwerte sind gering und relativ homogen. Dies zeigen die Standardabweichungen je Messgeschwindigkeit von 0.070 bei 40 km/h und von 0.052 bei 60 km/h.

Tab. 4.11 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Rampen von HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HLS		
Strecke	Rampen		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	173	16	5
Mittelwert	0.601	0.514	-
Standardabweichung	0.070	0.052	-
95%-Wert	0.496	0.417	-
50%-Wert	0.600	0.523	-

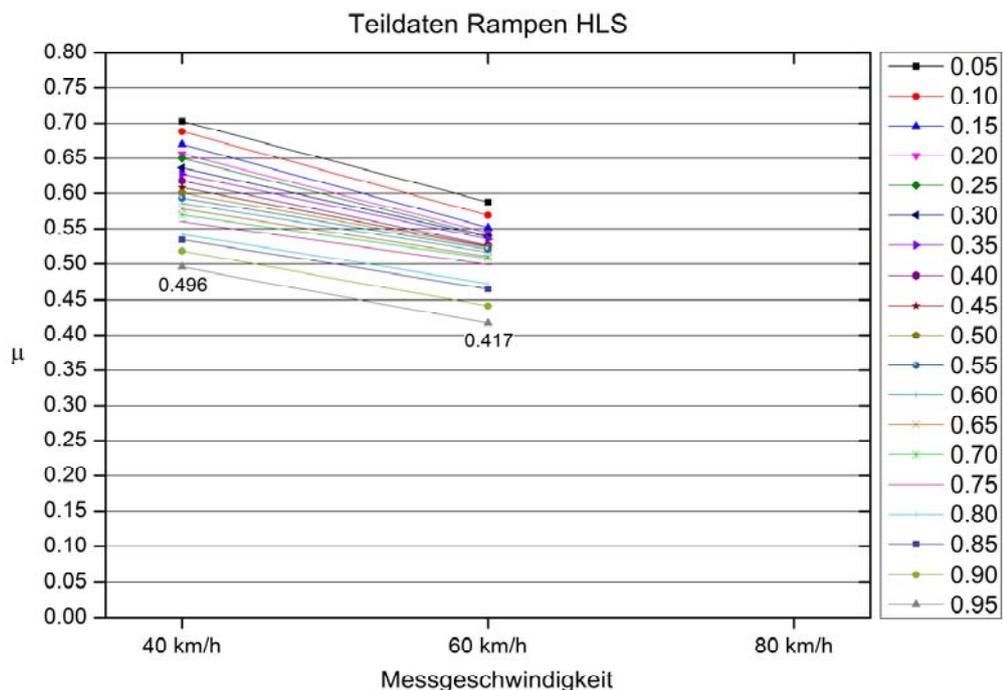


Abb. 4.6 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Rampen von HLS

Die Verteilung der Griffigkeitsdaten für Rampen von HLS (Abb. 4.6) ist zwischen 40 km/h und 60 km/h relativ homogen. Zwischen 60 km/h und 80 km/h wurde aufgrund des sehr kleinen Stichprobenumfangs auf die Darstellung der Verteilung verzichtet. Das Niveau der Mittelwerte nimmt mit zunehmender Messgeschwindigkeit ab.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009, Vergleich HLS Normal- und Überhofahrstreifen

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.12) wurden die Griffigkeitswerte der Teildaten Normal- und Überhofahrstreifen von HLS getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.7 und 4.8) dargestellt. Die Anzahl der Griffigkeitsmesswerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 97 und 412. Die Streuung der Quantilwerte der Griffigkeiten ist relativ gering, dies zeigen die Standardabweichungen je Messgeschwindigkeit von 0.082 bei 40 km/h, von 0.079 bei 60 km/h und von 0.070 bei 80 km/h beim Normalfahrstreifen. Beim Überhofahrstreifen liegt die Streuung bei 0.107 bei 60 km/h und bei 0.065 bei 80 km/h.

Tab. 4.12 Vergleich der Teildaten Skiddometer und SRM für Normal- und Überhofahrstreifen von HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM					
Strassentyp	HLS					
Strecke	alle Streckentypen					
Belag	Alle Beläge					
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)					
Ortslage	alle Ortslagen					
Messgeschwindigkeit	40 km/h		60 km/h		80 km/h	
	N	Ü	N	Ü	N	Ü
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	219	7	412	229	294	97
Mittelwert	0.585	-	0.493	0.528	0.391	0.455
Standardabweichung	0.082	-	0.079	0.107	0.070	0.065
95%-Wert	0.457	-	0.362	0.329	0.255	0.347
50%-Wert	0.585	-	0.497	0.540	0.394	0.455

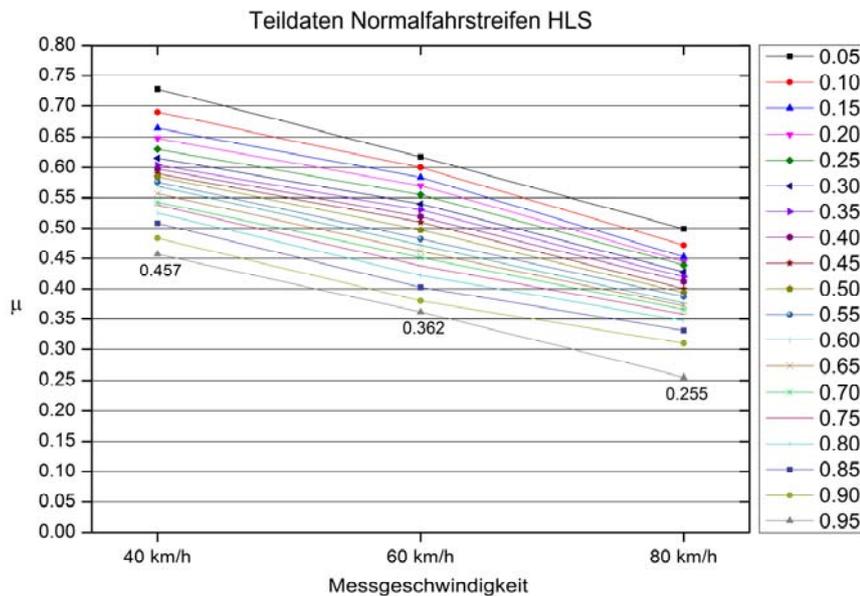


Abb. 4.7 Quantilwerte der Daten HLS Normal- und Überhofahrstreifen

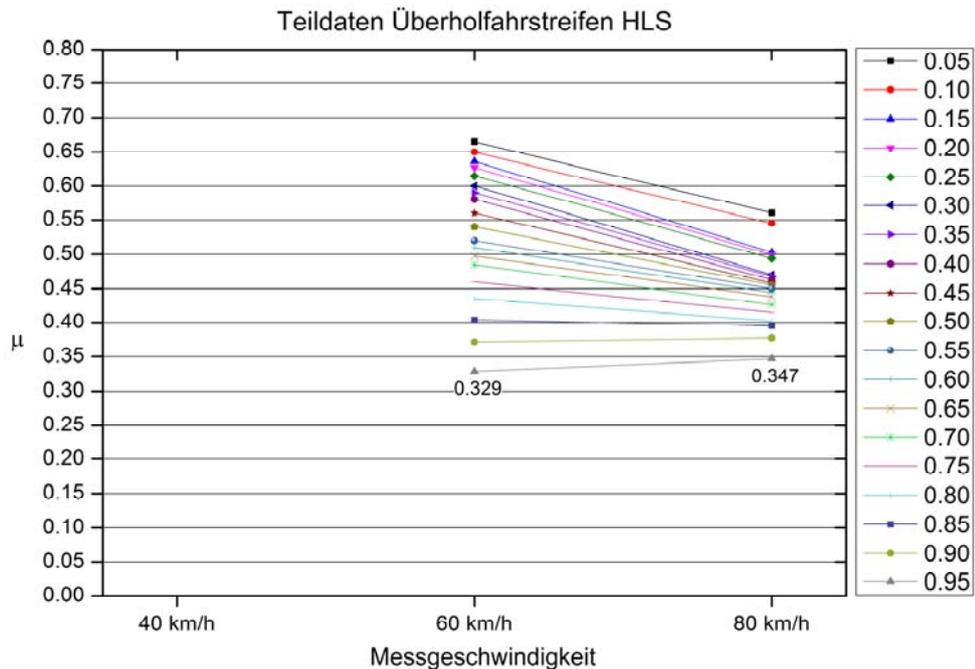


Abb. 4.8 Quantilwerte der Daten HLS Normal- und Überholfahrstreifen

Die Verteilung der Griffigkeitsdaten für die beiden Fahrstreifen ist relativ homogen (Abb. 4.7 und 4.8). Die Standardabweichungen sind gering. Die Griffigkeitsquantilwerte der Häufigkeitsverteilung der Teildaten für Überholfahrstreifen von HLS sind leicht höher als diejenigen der Verteilung der Teildaten für Normalfahrstreifen von HLS, was aufgrund der höheren Schwerverkehrsbelastung des Normalfahrstreifens zu erwarten war. Die Niveaus der Griffigkeitsmittelwerte nehmen in beiden Verteilungen mit zunehmender Messgeschwindigkeit ab.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge AB / AC von HLS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.13) wurden nur die Griffigkeitswerte der Beläge AB / AC der Hochleistungsstrassen (HLS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.9) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 79 und 152. Die 95%-Quantilwerte liegen bei 0.509 bei 40 km/h, bei 0.411 bei 60 km/h und bei 0.395 bei 80 km/h für die Beläge AB / AC. Die Streuungen der Quantilwerte der Griffigkeiten sind relativ gering. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit betragen 0.090 bei 40 km/h, 0.077 bei 60 km/h und 0.075 bei 80 km/h.

Tab. 4.13 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge AB/AC von HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HLS		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	AB / AC		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	152	132	79
Mittelwert	0.639	0.575	0.526
Standardabweichung	0.090	0.077	0.075
95%-Wert	0.509	0.411	0.395
50%-Wert	0.637	0.581	0.526

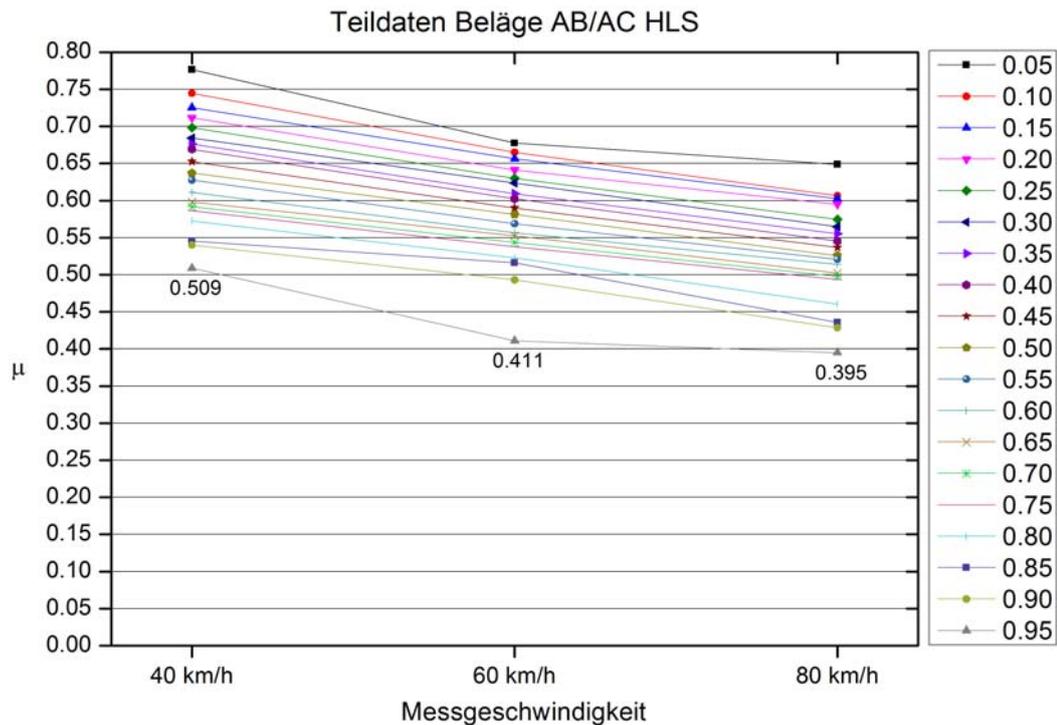


Abb. 4.9 Quantile Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge AB/AC von HLS

Die Verteilung der Griffigkeitsdaten für Beläge AB/AC von HLS (Abb. 4.9) ist relativ homogen. Das Niveau der Mittelwerte nimmt mit zunehmender Messgeschwindigkeit ziemlich konstant ab. Das Niveau der 95%-Quantilwerte nimmt zwischen 40 km/h und 60 km/h ebenfalls ab, zwischen 60 km/h und 80 km/h bleibt es hingegen beinahe gleich.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge SMA von HLS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.14) wurden nur die Griffigkeitswerte der Beläge SMA der Hochleistungsstrassen (HLS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.10) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 23 und 152. Die 95%-Quantilwerte liegen bei 0.412 bei 40 km/h, bei 0.373 bei 60 km/h und bei 0.376 bei 80 km/h. Die Streuungen der Quantilwerte der Griffigkeiten sind relativ gering. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit betragen 0.079 bei 40 km/h, 0.079 bei 60 km/h und 0.060 bei 80 km/h.

Tab. 4.14 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge SMA von HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HLS		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	SMA		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	83	152	23
Mittelwert	0.579	0.535	0.468
Standardabweichung	0.079	0.079	0.060
95%-Wert	0.412	0.373	0.376
50%-Wert	0.590	0.532	0.492

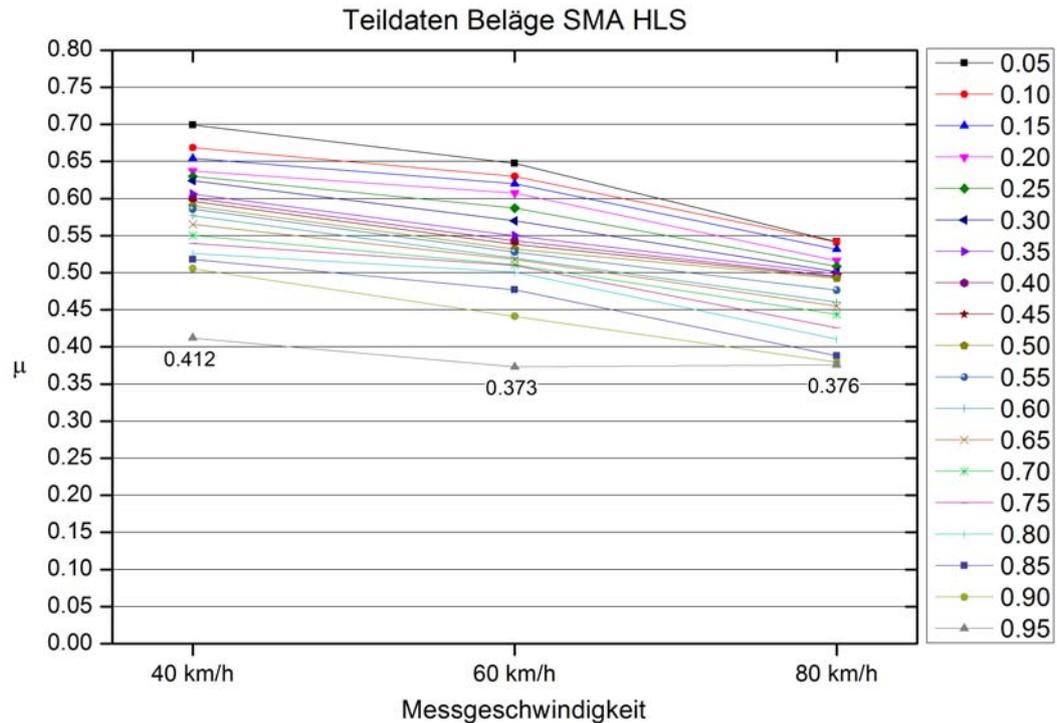


Abb. 4.10 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge SMA von HLS

Die Verteilung der Griffigkeitsdaten für Beläge SMA von HLS ist relativ homogen. Das Niveau der Mittelwerte nimmt mit zunehmender Messgeschwindigkeit ab. Das Niveau der 95%-Werte (schlechte Werte) nimmt zwischen 40 km/h und 80 km/h nur wenig ab, zwischen 60 km/h und 80 km/h bleibt es fast konstant. Die schlechten Griffigkeitswerte für Beläge SMA von HLS liegen nur leicht tiefer als jene bei den Belägen AB/AC von HLS.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Betonbeläge von HLS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.15) wurden nur die Griffigkeitswerte der Betonbeläge der Hochleistungsstrassen (HLS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.11) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 18 und 53. Die 95%-Quantilwerte liegen bei 0.427 bei 40 km/h, bei 0.505 bei 60 km/h und bei 0.354 bei 80 km/h. Die Streuungen der Quantilwerte der Griffigkeiten sind relativ gross. Dies zeigen die Standardabweichungen je Messgeschwindigkeit von 0.123 bei 40 km/h, von 0.050 bei 60 km/h und von 0.096 bei 80 km/h.

Tab. 4.15 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Betonbeläge von HLS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HLS		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	Beton		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	18	53	40
Mittelwert	0.602	0.589	0.506
Standardabweichung	0.123	0.050	0.096
95%-Wert	0.427	0.505	0.354
50%-Wert	0.579	0.603	0.533

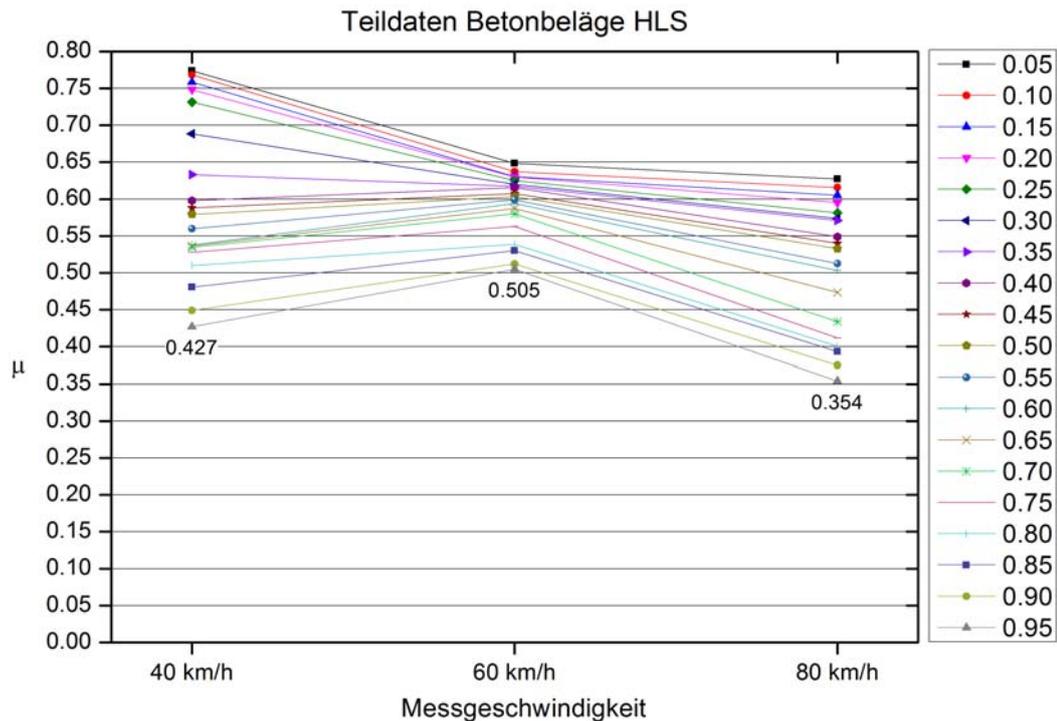


Abb. 4.11 Quantile Teildaten Skidometer und SRM 2009 für Betonbeläge von HLS

Die Verteilung der Griffigkeitsdaten für Betonbeläge von HLS ist inhomogen (Abb. 4.11). Die Standardabweichung ist bei 40 km/h und bei 80 km/h gross. Das Niveau der Mittelwerte nimmt zwischen 40 km/h und 60 km/h unerwartet zu, zwischen 60 km/h und 80 km/h ab. Ebenso ist die Bandbreite der Griffigkeitswerte bei Messgeschwindigkeit 40 km/h und bei 80 km/h beinahe doppelt so gross wie bei 60 km/h. Die Quantile von 5% bis 35% sind indessen für die Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h geschwindigkeitsabhängig. Bei den Quantilen 40% bis 95% fehlt eine Geschwindigkeitsabhängigkeit. Es ist nicht erklärbar, weshalb nur bei den Quantilswerten bei den Messgeschwindigkeiten 60 km/h und 80 km/h eine Geschwindigkeitsabhängigkeit besteht.

4.2.3 Teildaten Skidometer und SRM 2009 für Hauptverkehrsstrassen HVS

Teildaten Skidometer und SRM 2009 für HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.16) wurden die Griffigkeitswerte der vorhandenen Daten der Hauptverkehrsstrassen (HVS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.12) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 224 und 360. Die 95%-Messwerte liegen mit 0.311 bei 40 km/h, 0.328 bei 60 km/h und mit 0.259 bei 80 km/h extrem tief und damit im ungünstigen Bereich.

Die Streuung der Quantilwerte der Griffigkeiten ist relativ gross. Dies zeigen die Standardabweichungen je Messgeschwindigkeit mit 0.109 bei 40 km/h, 0.085 bei 60 km/h und 0.080 bei 80 km/h.

Tab. 4.16 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Hauptverkehrsstrassen HVS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HVS		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	224	360	329
Mittelwert	0.489	0.469	0.412
Standardabweichung	0.109	0.085	0.080
95%-Wert	0.311	0.328	0.259
50%-Wert	0.484	0.470	0.414

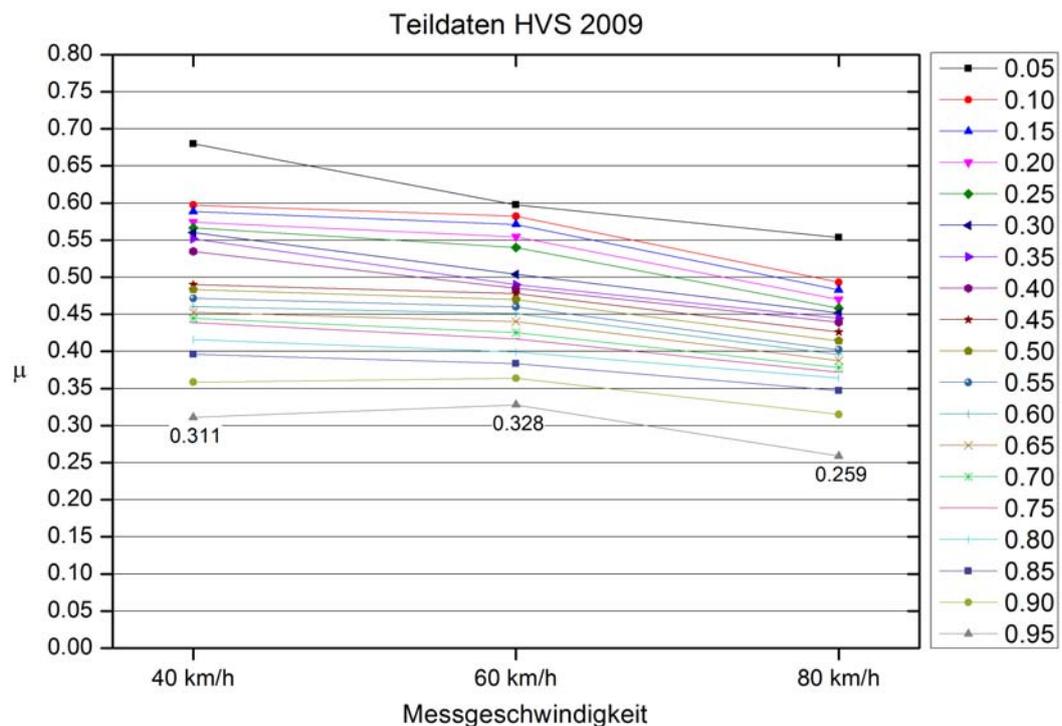


Abb. 4.12 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Hauptverkehrsstrassen HVS

Die Verteilungen der Griffigkeitsdaten für HVS sind ziemlich homogen (Abb. 4.12). Das Niveau der Mittelwerte ist grundsätzlich fast identisch, mit zunehmender Messgeschwindigkeit abnehmend. Das Niveau der schlechten Griffigkeitswerte ist auffallend tief, z.T. kleiner als 0.3. Die Geschwindigkeitsabhängigkeiten der Quantile von 5% bis 85% sind zwischen 40 km/h und 80 km/h vorhanden. Eine Geschwindigkeitsabhängigkeit besteht durchwegs auch für die 90%- und 95%-Quantile zwischen 60 km/h und 80 km/h, zwischen 40 km/h und 60 km/h besteht diese allerdings nicht.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für freie Strecken von HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.17) wurden die Griffigkeitswerte der Teildaten freie Strecke der Hauptverkehrsstrassen (HVS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.13) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 167 und 360. Die 95%-Griffigkeitswerte liegen bei 0.298 bei 40 km/h, bei

0.380 bei 60 km/h und bei 0.314 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.117 bei 40 km/h, bei 0.075 bei 60 km/h und bei 0.075 bei 80 km/h.

Tab. 4.17 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für freie Strecken von HVS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HVS		
Strecke	freie Strecke		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	167	360	212
Mittelwert	0.481	0.517	0.423
Standardabweichung	0.117	0.075	0.075
95%-Wert	0.298	0.380	0.314
50%-Wert	0.476	0.533	0.419

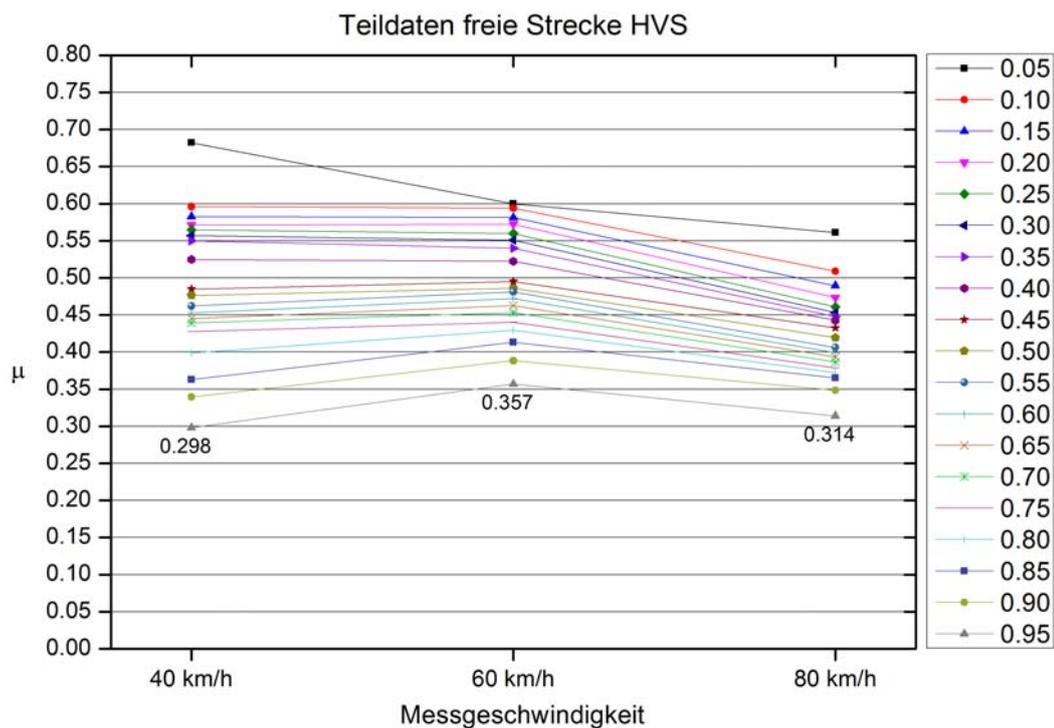


Abb. 4.13 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für freie Strecken von HVS

Die Häufigkeitsverteilung der Teildaten freie Strecke von HVS ist bei den mittleren bis hohen Griffigkeitswerten ziemlich homogen, bei den tiefen und sehr tiefen μ -Werten ist die Verteilung etwas inhomogen. Das Niveau der schlechten Griffigkeitswerte ist sehr tief und damit schlecht, besonders bei den Werten bei 40 km/h (teilweise Strecken innerorts). Die erwartete Abhängigkeit der Griffigkeitswerte von der Geschwindigkeit bei Messgeschwindigkeit 40 km/h ist nur noch wenig vorhanden.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Tunnel von HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.18) wurden die Griffigkeitswerte der Teildaten Tunnel der Hauptverkehrsstrassen (HVS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Dia-

gramm (Abb. 4.14) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt 48 und 103. Die 95%-Griffigkeitswerte liegen bei 0.285 bei 60 km/h und bei 0.202 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.070 bei 60 km/h und bei 0.076 bei 80 km/h.

Tab. 4.18 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Tunnel von HVS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HVS		
Strecke	Tunnel		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	3	103	48
Mittelwert	-	0.415	0.328
Standardabweichung	-	0.070	0.076
95%-Wert	-	0.285	0.202
50%-Wert	-	0.421	0.343

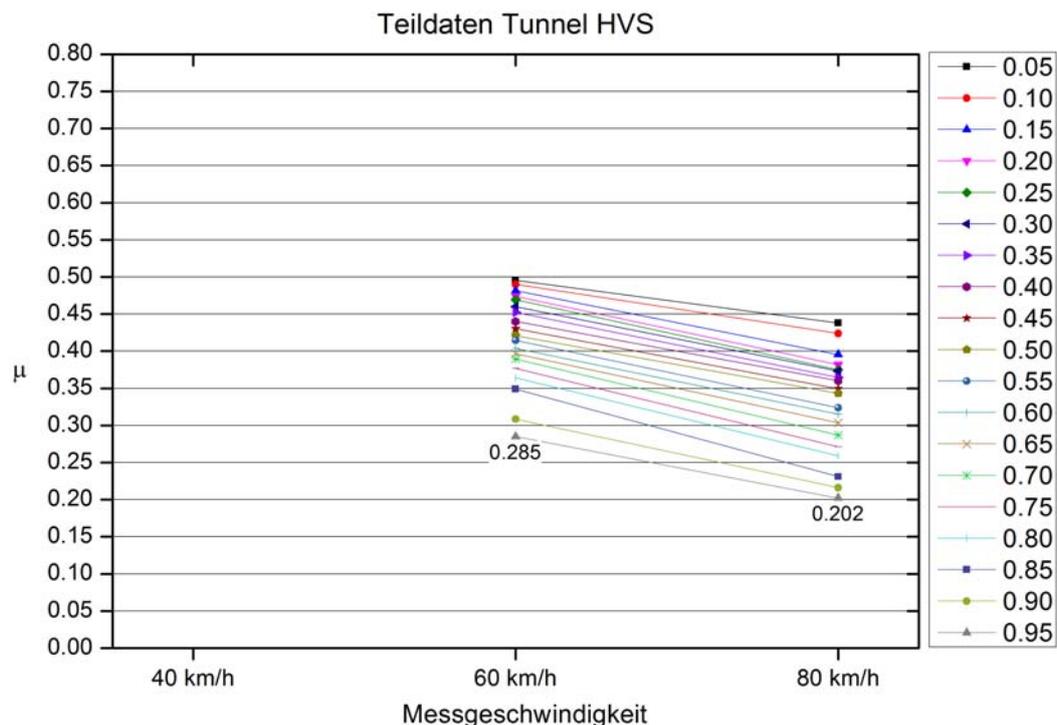


Abb. 4.14 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Tunnel von HVS

Die Häufigkeitsverteilung der Teildaten Tunnel von HVS (Abb. 4.14) ist ziemlich homogen. Das Niveau der Griffigkeitswerte liegt generell tief, die schlechten Werte (90%- und 95%-Quantile) liegen sogar extrem tief. Es ist die erwartete Abhängigkeit der Messwerte von der Geschwindigkeit vorhanden.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Brücken von HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.19) wurden die Griffigkeitswerte der Teildaten Brücken der Hauptverkehrsstrassen (HVS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.15) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt

zwischen 19 und 65. Die 95%-Griffigkeitswerte liegen bei 0.371 bei 60 km/h und bei 0.348 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.077 bei 60 km/h und bei 0.062 bei 80 km/h.

Tab. 4.19 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Brücken von HVS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HVS		
Strecke	Brücken		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	2	19	65
Mittelwert	-	0.472	0.440
Standardabweichung	-	0.077	0.062
95%-Wert	-	0.371	0.348
50%-Wert	-	0.466	0.450

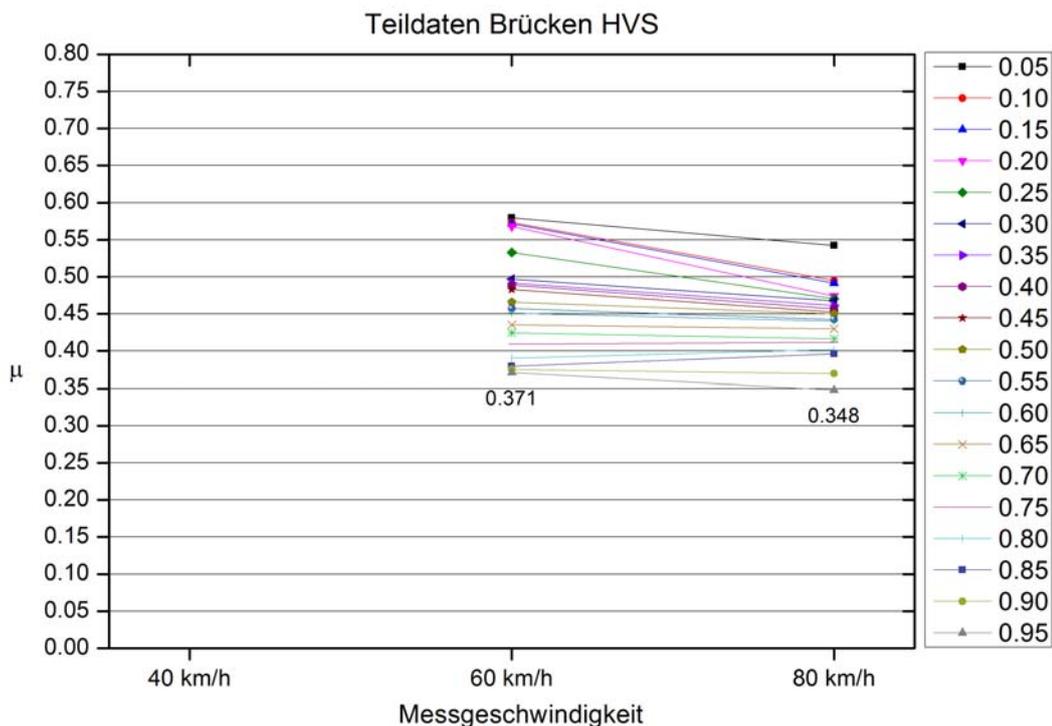


Abb. 4.15 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Brücken von HVS

Die Verteilung der Griffigkeitswerte der Teildaten Brücken von HVS ist relativ homogen (Abb. 4.15). Die Messabschnitte der Brücken waren alle eher kurz. Das Niveau der Griffigkeitswerte liegt im Mittel deutlich höher als bei den freien Strecken. Dies könnte im Zusammenhang mit den auf Brücken verwendeten Gussasphaltbelägen stehen.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge AB / AC von HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.20) wurden nur die Griffigkeitswerte der Teildaten der Beläge AB / AC der Hauptverkehrsstrassen (HVS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.16) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messge-

schwindigkeit beträgt zwischen 33 und 60. Die 95%-Griffigkeitswerte liegen bei 0.439 bei 40 km/h, bei 0.381 bei 60 km/h und bei 0.356 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.097 bei 40 km/h, bei 0.074 bei 60 km/h und bei 0.062 bei 80 km/h.

Tab. 4.20 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge AB/AC von HVS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HVS		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	AB / AC		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitwert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	33	60	55
Mittelwert	0.535	0.488	0.454
Standardabweichung	0.097	0.074	0.062
95%-Wert	0.439	0.381	0.356
50%-Wert	0.526	0.476	0.453

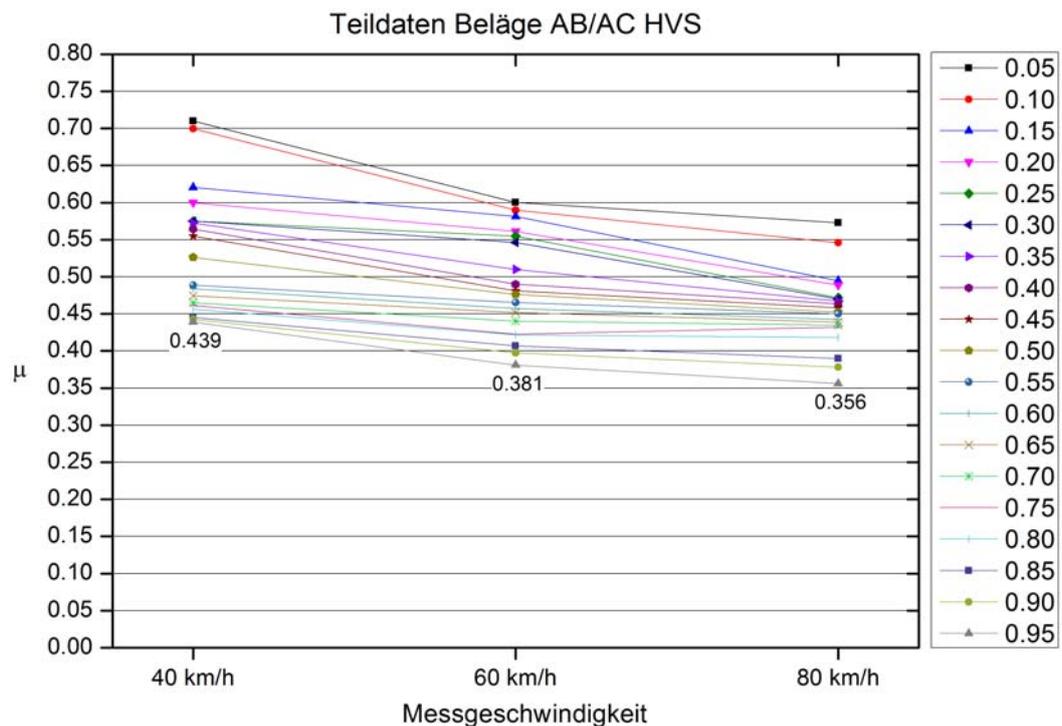


Abb. 4.16 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge AB/AC von HVS

Die Verteilung der Teildaten der Beläge AB/AC von HVS ist relativ homogen. Die Form der Häufigkeitsverteilungen insgesamt ist im Vergleich zu den Teildaten HVS insgesamt unterschiedlich. Allerdings ist die Zahl der verwendeten Messwerte für AB/AC-Beläge ziemlich gering, so dass die Unterschiede zufällig sein könnten.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge SMA von HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.21) wurden nur die Griffigkeitswerte der Beläge SMA der Hauptverkehrsstrassen (HVS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Dia-

gramm (Abb. 4.17) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 21 und 89. Die 95%-Messwerte liegen bei 0.318 bei 40 km/h, bei 0.348 bei 60 km/h und bei 0.360 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.090 bei 40 km/h, bei 0.086 bei 60 km/h und bei 0.045 bei 80 km/h.

Tab. 4.21 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge SMA von HVS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HVS		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	SMA		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	34	89	21
Mittelwert	0.465	0.474	0.429
Standardabweichung	0.090	0.086	0.045
95%-Wert	0.318	0.348	0.360
50%-Wert	0.450	0.473	0.445

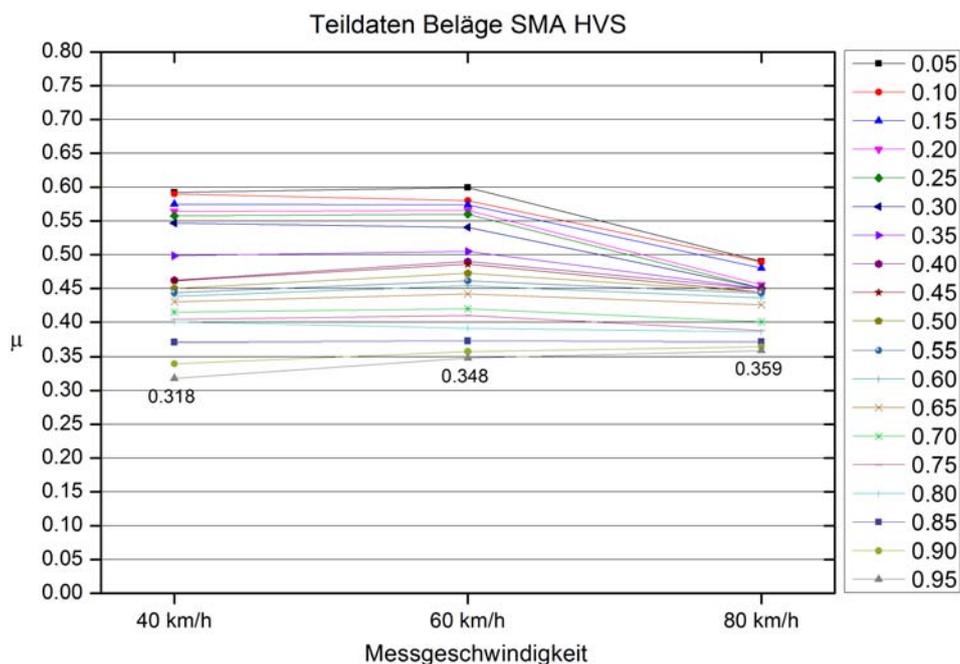


Abb. 4.17 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Beläge SMA von HVS

Die Verteilung der Teildaten der Beläge SMA von HVS ist insgesamt inhomogen. Die erwartete Abhängigkeit der Griffigkeitsmesswerte von der Geschwindigkeit besteht nicht. Allerdings zeigt sich die ähnliche Form der Gesamtheit der Häufigkeitsverteilung wie bei den Teildaten der HVS insgesamt.

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Betonbeläge von HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.22) wurden nur die Griffigkeitswerte der Betonbeläge der Hauptverkehrsstrassen (HVS) getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.18) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 3 und 49. Die 95%-Griffigkeitswerte liegen bei 0.467 bei 60 km/h und bei 0.271 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.054 bei 60 km/h und bei 0.078 bei 80 km/h.

Tab. 4.22 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Betonbeläge von HVS

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	HVS		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	Beton		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	3	12	49
Mittelwert	-	0.556	0.395
Standardabweichung	-	0.054	0.078
95%-Wert	-	0.467	0.271
50%-Wert	-	0.573	0.389

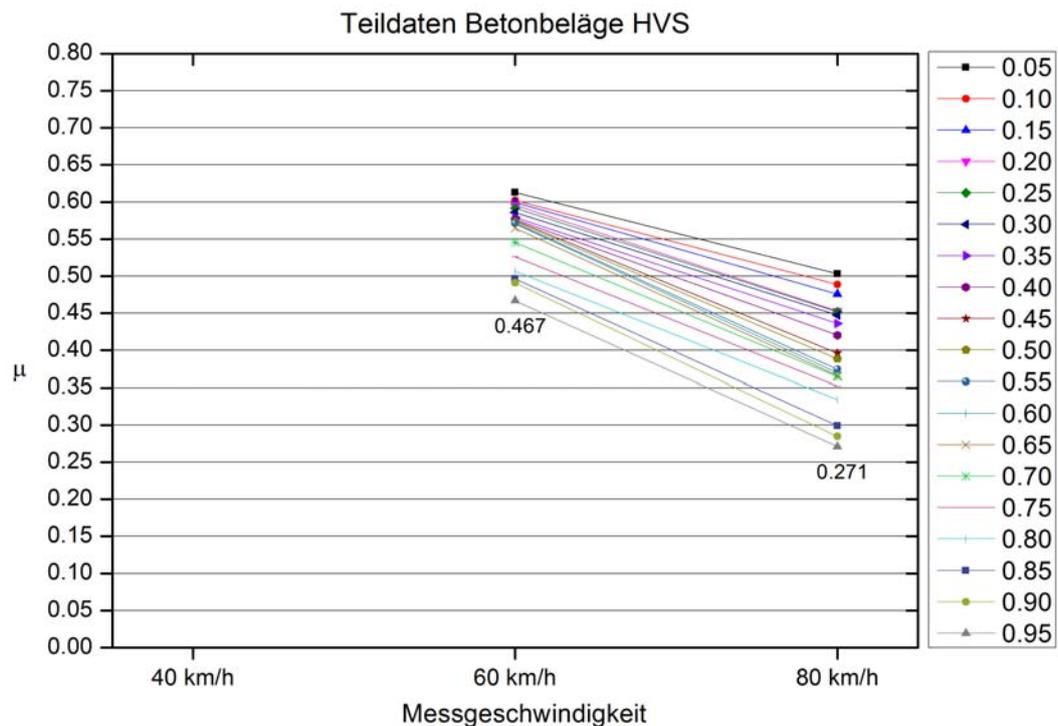


Abb. 4.18 Quantile Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Betonbeläge von HVS

Die Griffigkeitswerte der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für Betonbeläge sind sehr stark geschwindigkeitsabhängig (Abb. 4.18). Bei Messgeschwindigkeit 60 km/h liegen die tiefen Quantilwerte bei 0.467 und weisen damit ein gutes Griffigkeitsniveau auf. Bei der Messgeschwindigkeit 80 km/h liegt der 95%-Quantilwert bei 0.271 und weist somit ein sehr schlechtes Griffigkeitsniveau auf.

4.2.4 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für übrige Strassen

Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für übrige Strassen

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.23) wurden alle Griffigkeitswerte der übrigen Strassen getrennt nach den Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.19) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt 13 und 20. Die 95%-Griffigkeitswerte liegen bei 0.184 bei 60 km/h und bei 0.271 bei 80 km/h.

Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.113 bei 60 km/h und bei 0.062 bei 80 km/h.

Tab. 4.23 Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für übrige Strassen

Messgerät	Skiddometer und SRM		
Strassentyp	Übrige Strassen		
Strecke	alle Streckentypen		
Belag	alle Beläge		
Abschnittslänge	200m (1 Griffigkeitswert)		
Ortslage	alle Ortslagen		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte je Messgeschwindigkeit	5	13	20
Mittelwert	-	0.343	0.361
Standardabweichung	-	0.113	0.062
95%-Wert	-	0.184	0.271
50%-Wert	-	0.368	0.366

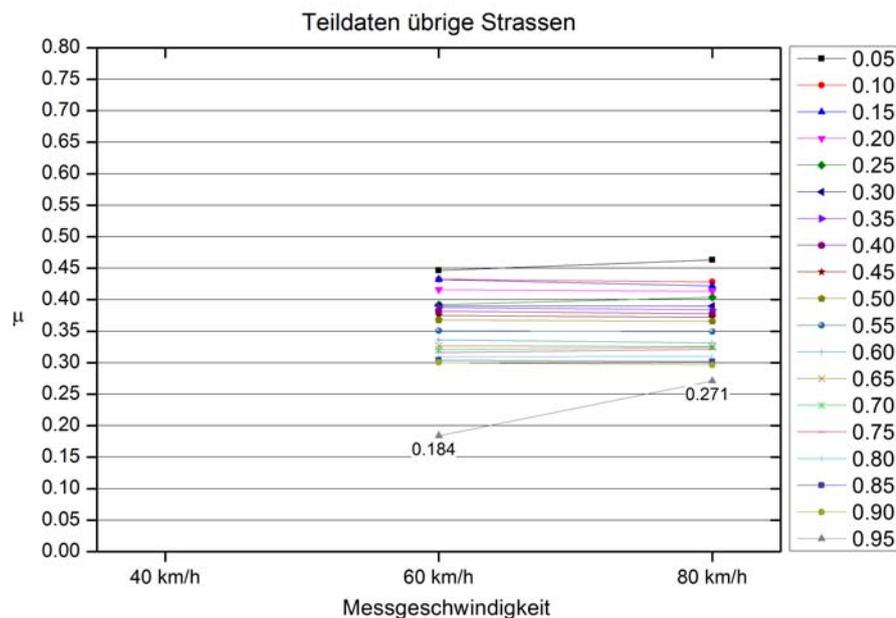


Abb. 4.19 Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 für übrige Strassen

Aufgrund der geringen Anzahl Messwerte lassen sich keine gesicherten Aussagen zum Griffigkeitsniveau der übrigen Strassen machen (Abb. 4.19). Allerdings ist zu beachten, dass die extrem tiefen und damit sehr schlechten Griffigkeitswerte vergleichbar mit Griffigkeiten auf winterlichen Fahrbahnen sind. Die Ursachen dafür bleiben zurzeit unbekannt.

4.3 Gesamtdaten SCRIM 2001

4.3.1 Auswahl der Messwerte

Die SCRIM-Daten wurden im Zusammenhang mit ZEB-NS 2001 erhoben. Die gesamte Anzahl der Messwerte betrug über 60'000. Der weitaus grösste Teil (ca. 95%) der Messwerte wurden bei Messgeschwindigkeiten zwischen 77 und 81 km/h aufgezeichnet (Abb. 4.20). Um eine Gegenüberstellung mit den Skiddometer- und SRM-Daten zu ermöglichen, wurden bei den Messgeschwindigkeiten 40 km/h und 60 km/h Messwerte innerhalb einer Bandbreite von +/- 2 km/h und bei der Messgeschwindigkeit 80 km/h innerhalb einer Bandbreite von +/- 1 km/h ausgewählt.

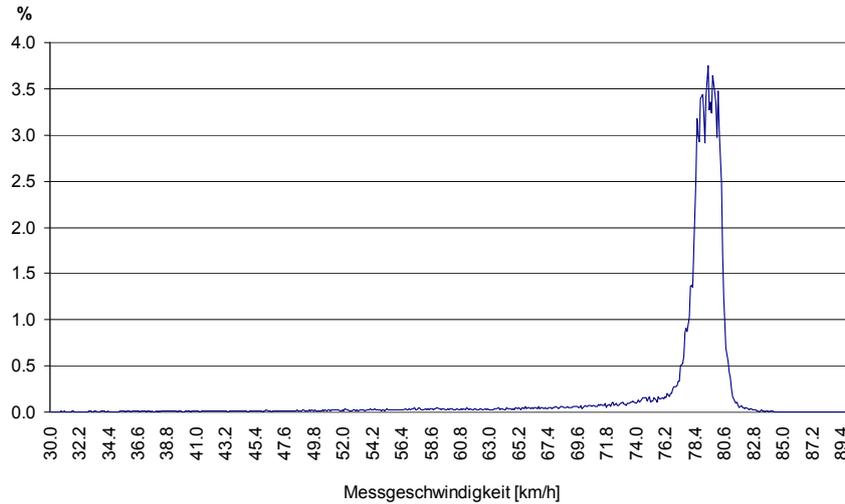


Abb. 4.20 Verteilung der Messwerte je Messgeschwindigkeit (Gesamtdaten SCRIM)

Um den Einfluss der Bandbreitenwahl und damit der Anzahl verwendeter Messwerte zu überprüfen, wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen je Bandbreite ± 1 km/h und ± 2 km/h einander gegenübergestellt. Wie in Abbildung 4.21 ersichtlich, hat die Wahl der Bandbreite der Messgeschwindigkeit einen sehr geringen Einfluss auf die Mittelwerte und die Standardabweichungen. Damit bei den Messgeschwindigkeiten 40 km/h und 60 km/h genügend Messwerte zur Verfügung standen, wurden Bandbreiten von ± 2 km/h gewählt, bei 80 km/h hingegen ergab sich auch durch die Einschränkung der Bandbreite auf ± 1 km/h eine genügend grosse Anzahl an Messwerten.

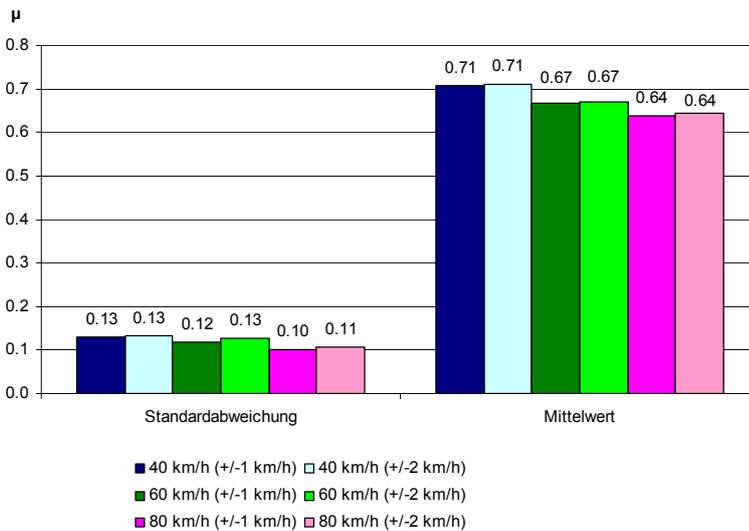


Abb. 4.21 Vergleich Messgeschwindigkeitsbereiche (Gesamtdaten SCRIM)

4.3.2 Ergebnisse Auswertung Gesamtdaten SCRIM 2001

Gesamtdaten SCRIM für Nationalstrassen

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.24) wurden die Griffigkeitswerte der vorab ausgewählten Daten getrennt nach den Geschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h ausgewertet und als Häufigkeitsverteilung und Quantile im Diagramm (Abb. 4.22) dargestellt. Die Anzahl der Messwerte je Messgeschwindigkeit beträgt zwischen 202 und 28'081. Die 95%-Messwerte liegen bei 0.479 bei 40 km/h, bei 0.477 bei 60 km/h und bei 0.470 bei 80 km/h. Die Standardabweichung je Messgeschwindigkeit liegt bei 0.133 bei 40 km/h, bei 0.126 bei 60 km/h und bei 0.100 bei 80 km/h.

Tab. 4.24 Gesamtdaten SCRIM 2001

Messgerät	SCRIM		
Strasstyp	HLS		
Strecke	Alle Streckentypen		
Belag	Alle Beläge		
Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte	202	755	28081
Mittelwert	0.709	0.670	0.638
Standardabweichung	0.133	0.126	0.100
95%-Wert	0.479	0.477	0.470
50%-Wert	0.715	0.669	0.642

Die Verteilung der Griffigkeitswerte erweist sich als relativ homogen. Die mittleren bis guten Griffigkeitsniveaus (75%- bis 5%-Quantile) zeigen eine leichte Geschwindigkeitsabhängigkeit, wie sie erwartet wird. Die schlechten Werte (95%) zeigen praktisch keine Geschwindigkeitsabhängigkeit mehr.

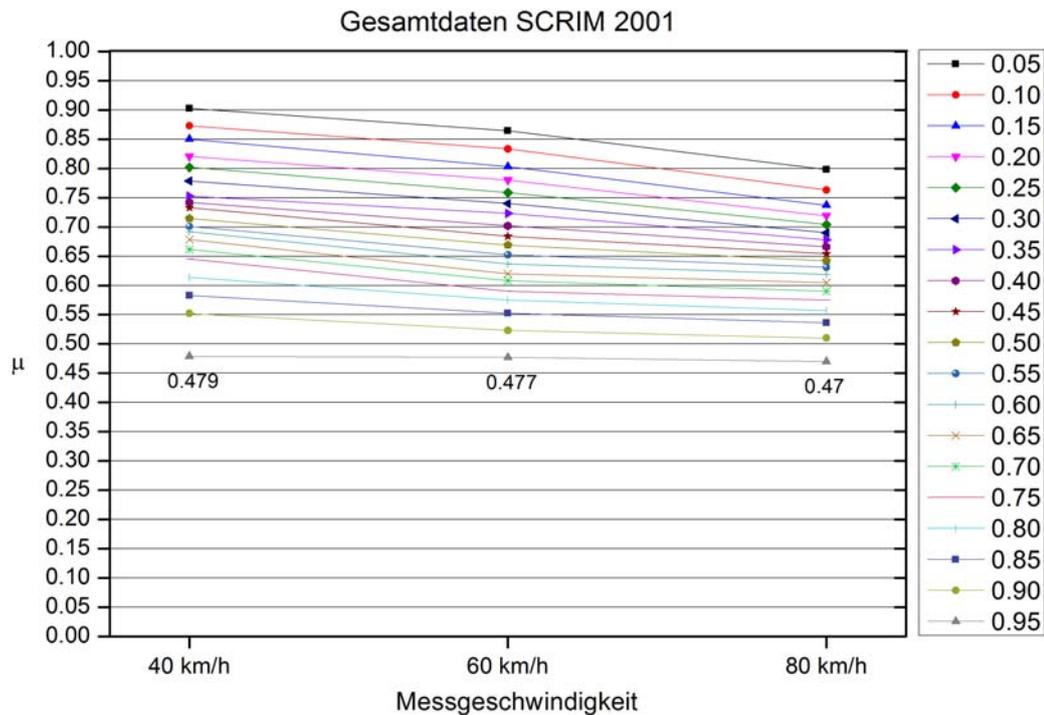


Abb. 4.22 Quantile der Gesamtdaten SCRIM 2001

4.4 Datenanalyse

4.4.1 Datenanalyse HLS

Im Abschnitt Datenanalyse HLS wurden 50%- und 95%-Quantile verschiedener Teildatensätze HLS 2009 separiert.

Anlagearten von HLS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.25) sind Griffigkeitsdaten nach verschiedenen Anlagearten der Hochleistungsstrassen HLS dargestellt. Es handelt sich dabei um die freie Strecke, Tunnel, Brücken und Rampen.

Tab. 4.25 Vergleich der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der verschiedenen Anlagearten von HLS

Messgeschwindigkeit		40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte				
Freie Strecke HLS		523	471	204
Tunnel HLS		(17)	96	26
Brücken HLS		40	56	69
Rampen HLS		173	16	(5)
50%-Wert				
Freie Strecke HLS		0.611	0.568	0.508
Tunnel HLS		-	0.516	0.392
Brücken HLS		0.597	0.593	0.514
Rampen HLS		0.600	0.523	-
95%-Werte				
Freie Strecke HLS		0.455	0.419	0.339
Tunnel HLS		-	0.331	0.323
Brücken HLS		0.514	0.490	0.365
Rampen HLS		0.496	0.417	-

In der untenstehenden Abbildung (Abb. 4.23) ist der Vergleich der Anlagearten von HLS als Übersicht mit der gleichen Skalierung wie bei den vorhergehenden Abbildungen dargestellt.

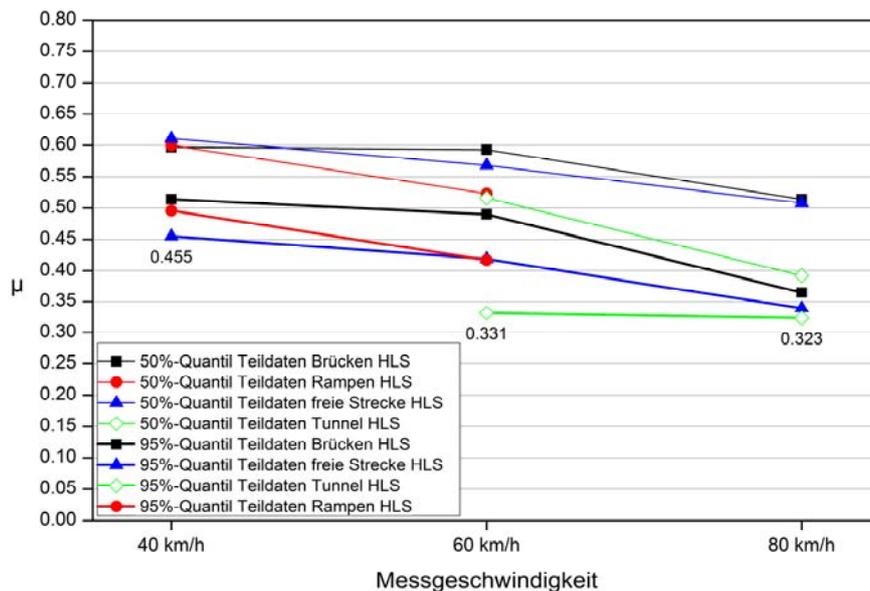


Abb. 4.23 Vergleich der 50%- und 95%-Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der verschiedenen Anlagearten von HLS (Übersicht)

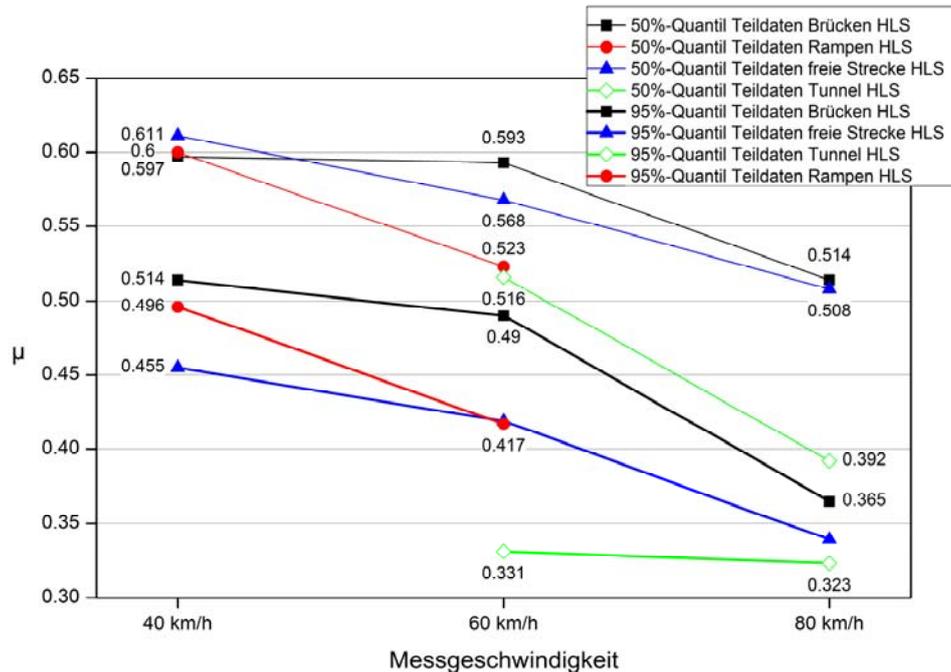


Abb. 4.24 Vergleich der 50%- und 95%-Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der verschiedenen Anlagearten von HLS

Die Gegenüberstellung der Griffigkeitsniveaus nach Anlagearten bei HLS (Abb. 4.24) zeigt, dass freie Strecken und Brücken im Mittel ein ähnliches Niveau aufweisen. Allerdings sind die schlechten Griffigkeitswerte (95%-Quantilwerte) der Brücken besser als die der freien Strecke. Dies könnte mit den auf Brücken verwendeten Belägen und dem guten Unterhalt der Kunstbauten zusammenhängen. Tunnel und Rampen haben bei den 50%-Werten ein schlechteres Griffigkeitsniveau als die freien Strecken. Tunnel sind im Bereich der schlechten Griffigkeiten (95%-Quantilwerte) schlechter als die freien Strecken. Die Unterschiede sind bei Messgeschwindigkeit 60 km/h bei allen Anlagearten ausgeprägter als bei 80 km/h. Alle Verteilungen zeigen eine deutliche Geschwindigkeitsabhängigkeit.

Teildaten der Beläge von HLS

Aufgrund der vielen fehlenden Angaben zu den Belagsarten konnten nur die Beläge AB/AC, SMA und Beton ausgewertet werden. Allerdings sind auch bei diesen Teildatensätzen die Strichproben eher klein (Tab. 4.26).

Tab. 4.26 Vergleich der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der Beläge AB/AC, SMA und Beton von HLS

Messgeschwindigkeit		40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte				
AB/AC HLS		152	132	79
SMA HLS		83	152	23
Beton HLS		18	53	40
50%-Wert				
	AB/AC HLS	0.637	0.581	0.526
	SMA HLS	0.590	0.532	0.492
	Beton HLS	0.579	0.603	0.533
95%-Werte				
	AB/AC HLS	0.509	0.411	0.395
	SMA HLS	0.412	0.373	0.376
	Beton HLS	0.427	0.505	0.354

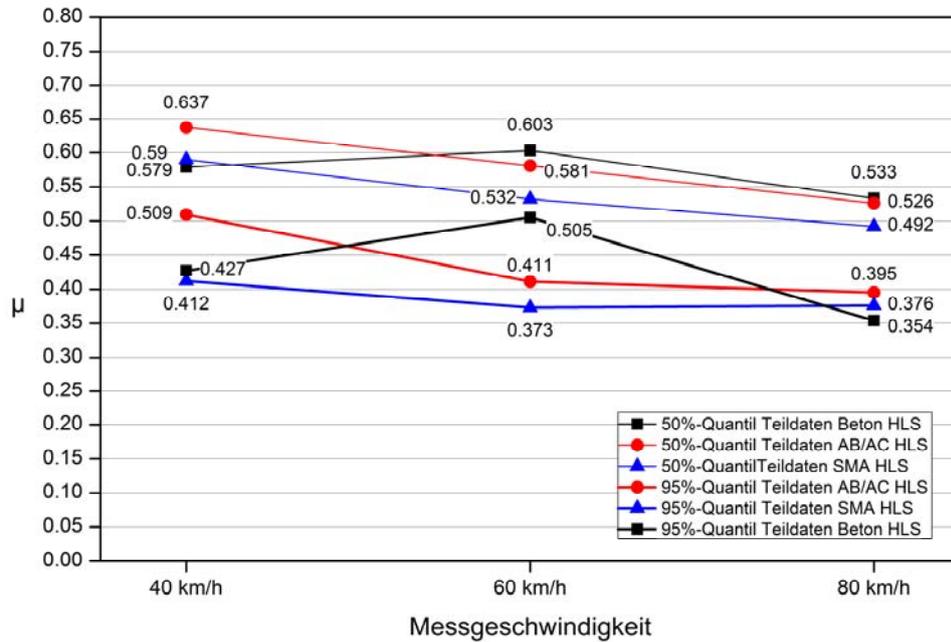


Abb. 4.25 Vergleich der Teildaten Skidometer und SRM 2009 der Beläge AB/AC, SMA und Beton von HLS

Das Griffigkeitsniveau des Teildatensatzes AB/AC bei HLS liegt höher und damit besser als die Werte SMA bei HLS, sie zeigen aber eine ähnliche Geschwindigkeitsabhängigkeit (Abb. 4.25). Die Griffigkeitswerte des Teildatensatzes Beton bei HLS liegen bei 60 km/h sowohl bei den 95%-Quantilen als auch bei den 50%-Quantilen höher als die Werte der Beläge AB/AC und SMA. Bei 40 km/h und bei 60 km/h liegen die Betonwerte im Bereich der SMA-Werte. Die Verteilung der Quantilwerte bei Beton zeigt eine etwas geringere Geschwindigkeitsabhängigkeit.

Fahrstreifen von HLS

Für den Vergleich der Fahrstreifen von HLS wurden nur diejenigen Daten verwendet, die den beiden Fahrstreifentypen Normal- und Überholfahrstreifen eindeutig zugeordnet werden konnten. Ein grosser Teil der Messwerte war mit mehrdeutigen Nummern oder anderen unklaren Bezeichnungen für die verschiedenen Fahrstreifen versehen. So ist auch diese Stichprobe nicht bei allen Messgeschwindigkeiten gleich gross (Tab. 4.27).

Tab. 4.27 Vergleich der Teildaten Skidometer und SRM 2009 der Normal- und der Überholfahrstreifen von HLS

Messgeschwindigkeit		40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte				
Normalfahrstreifen HLS		219	412	294
Überholfahrstreifen HLS		(7)	229	97
50%-Wert				
Normalfahrstreifen		0.585	0.497	0.394
Überholfahrstreifen		-	0.540	0.455
95%-Werte				
Normalfahrstreifen		0.457	0.362	0.255
Überholfahrstreifen		-	0.329	0.347

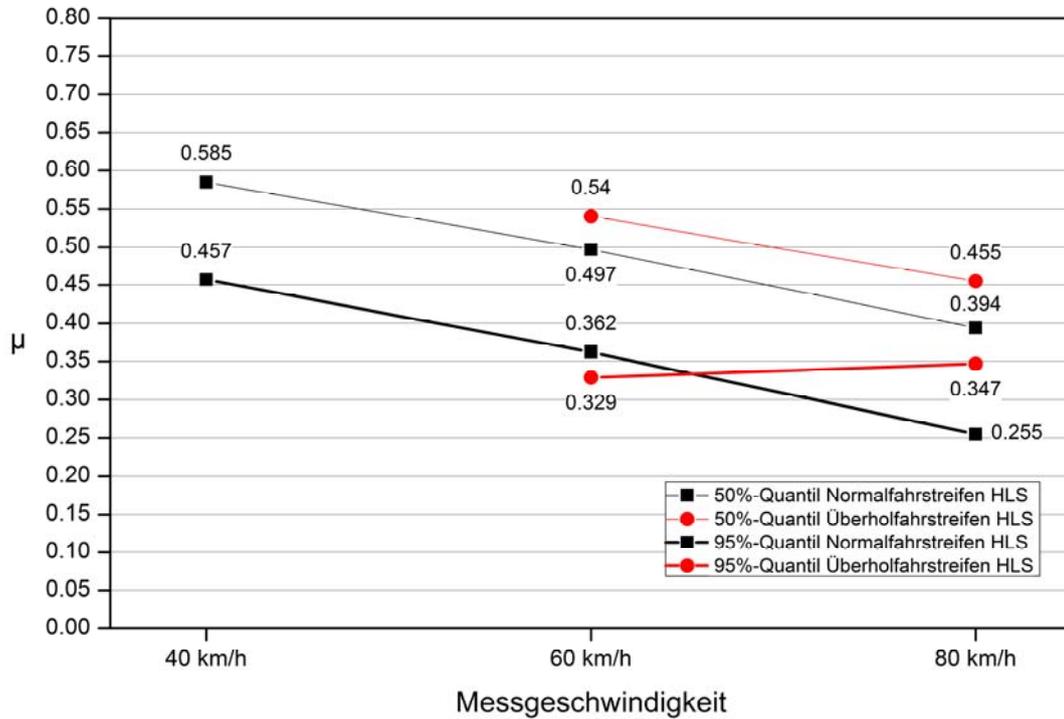


Abb. 4.26 Vergleich der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der Normal- und Überholfahrstreifen von HLS

Das Griffigkeitsniveau der 50%-Quantile der Überholfahrstreifen liegt erwartungsgemäss höher als dasjenige der Normalfahrstreifen (Abb. 4.26). Die Normalfahrstreifen sind im Allgemeinen höheren Verkehrsbelastungen, insbesondere durch Schwerverkehr, ausgesetzt. Die Quantilwerte der Normalfahrstreifen sind wie erwartet geschwindigkeitsabhängig. Bei Messgeschwindigkeit 80 km/h liegen die Griffigkeitswerte deutlich unter den Richtwerten der gültigen Norm. Das Griffigkeitsniveau der 95%-Quantilwerte der Überholfahrstreifen zeigt unerwartet keine Geschwindigkeitsabhängigkeit.

4.4.2 Datenanalyse HVS

Im Abschnitt Datenanalyse HVS und übrige Strassentypen wurden die 50%- und 95%-Quantile der verschiedenen Teildatensätze Skiddometer und SRM 2009 von HVS separiert.

Anlagearten von HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.28) werden die Griffigkeitsdaten nach den verschiedenen Anlagearten der Hauptverkehrsstrassen HVS dargestellt. Es handelt sich dabei um die freie Strecke, Tunnel und Brücken.

Tab. 4.28 Vergleich der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der verschiedenen Anlagearten von HVS

Messgeschwindigkeit	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte			
freie Strecke HVS	167	360	212
Tunnel HVS	(3)	103	48
Brücken HVS	(2)	19	65
50%-Wert			
freie Strecke HVS	0.476	0.486	0.419
Tunnel HVS	-	0.421	0.343
Brücken HVS	-	0.466	0.450
95%-Werte			
freie Strecke HVS	0.298	0.357	0.314
Tunnel HVS	-	0.285	0.202
Brücken HVS	-	0.371	0.348

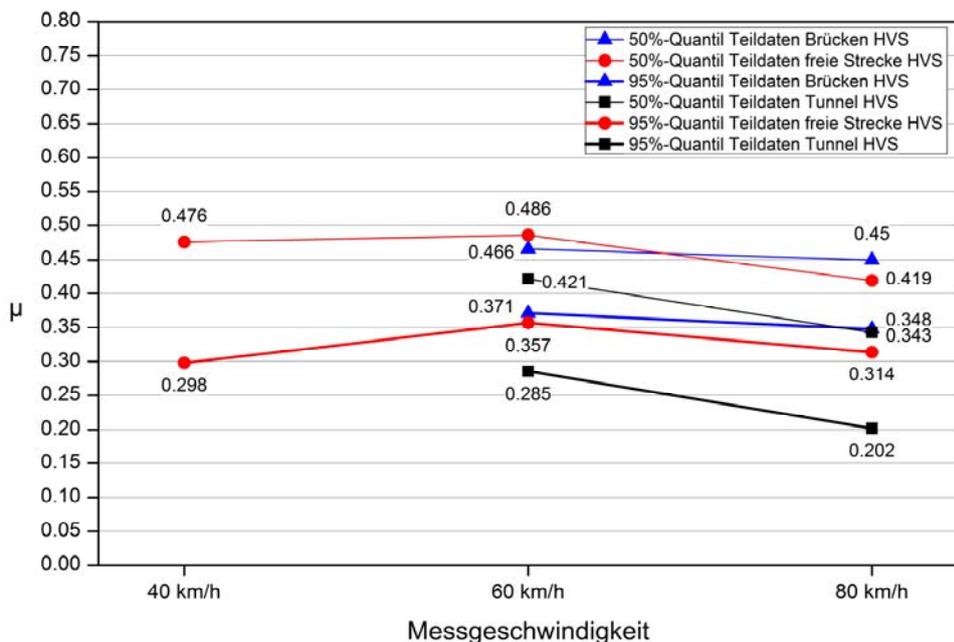


Abb. 4.27 Vergleich der 50%- und 95%-Quantile der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der verschiedenen Anlagearten von HVS

Das Griffigkeitsniveau von Tunneln von HVS ist deutlich schlechter als das Niveau der freien Strecken und Brücken von HVS (Abb. 4.27). Die Quantilwerte der Brücken von HVS zeigen bei hohen Messgeschwindigkeiten ein besseres Griffigkeitsniveau als freie Strecken von HVS und ein deutlich besseres Niveau als Tunnel von HVS.

Teildaten der Beläge von HVS

Aufgrund der vielen fehlenden Angaben zu Belagsarten konnten auch beim Teildatensatz HVS nur die Beläge AB/AC, SMA und Beton ausgewertet werden (Tab. 4.29). Allerdings sind auch bei diesen Teildatensätzen die Strichproben klein.

Tab. 4.29 Vergleich der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der Beläge AB/AC, SMA und Beton von HVS

Messgeschwindigkeit		40 km/h	60 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte				
AB/AC HVS		33	60	55
SMA HVS		34	89	21
Beton HVS		(3)	12	49
50%-Wert				
AB/AC HVS		0.526	0.476	0.453
SMA HVS		0.450	0.473	0.445
Beton HVS		-	0.573	0.389
95%-Werte				
AB/AC HVS		0.439	0.381	0.356
SMA HVS		0.318	0.348	0.360
Beton HVS		-	0.467	0.271

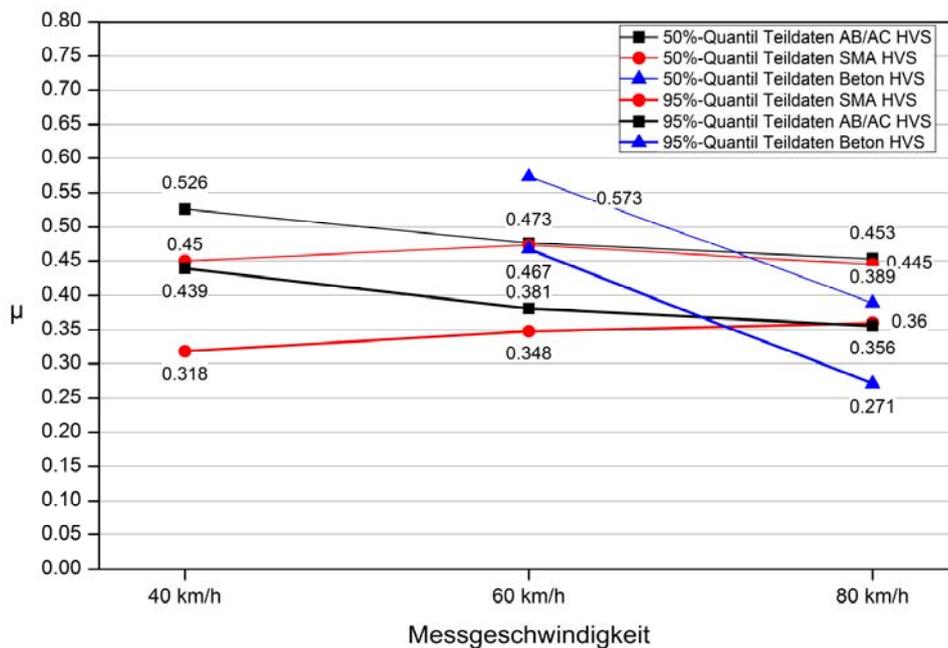


Abb. 4.28 Vergleich der Teildaten Skiddometer und SRM 2009 der Beläge AB/AC, SMA und Beton von HVS

Die Griffigkeitswerte des Teildatensatzes AB/AC bei HVS (Abb. 4.28) liegen bei 40 km/h deutlich höher als die Werte SMA bei HVS. Bei 60 km/h liegen die Daten AB/AC nur noch leicht höher und bei 80 km/h sind sie gleich wie die Griffigkeitswerte SMA von HVS. Die Werte des Teildatensatzes Beton bei HVS zeigen in Abhängigkeit der Messgeschwindigkeit einen anderen Verlauf: Bei 60 km/h ist ein deutlich besseres Griffigkeitsniveau und bei 80 km/h ein deutlich schlechteres Griffigkeitsniveau als bei den bitumenhaltigen Belägen vorhanden.

4.4.3 Analyse der Unterschiede HLS und HVS

Im Abschnitt Analyse der Unterschiede HLS und HVS wurden die 50%- und 95%-Quantile der verschiedenen Teildatensätze HLS mit den entsprechenden Quantilswerten der Teildatensätze HVS verglichen. Es wurden jeweils die entsprechenden Anlagearten und Beläge einander gegenübergestellt.

Teildaten HLS und Teildaten HVS

Im Folgenden wurden aus dem Datensatz Skiddometer und SRM 2009 die beiden Teildatensätze HLS und HVS miteinander verglichen (Tab. 4.30).

Tab. 4.30 Analyse der Unterschiede der Teildaten HLS und HVS

Messgeschwindigkeit		40 km/h	60 km/h	60 km/h	80 km/h	80 km/h
Anzahl Messwerte						
Teildaten HLS		753	652		306	
Teildaten HVS		224	360		329	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ
50%-Wert	Gesamtdaten HLS	0.607		0.564		0.504
	Gesamtdaten HVS	0.484	0.123	0.470	0.094	0.414
95%-Werte	Gesamtdaten HLS	0.468		0.380		0.335
	Gesamtdaten HVS	0.311	0.157	0.328	0.052	0.259

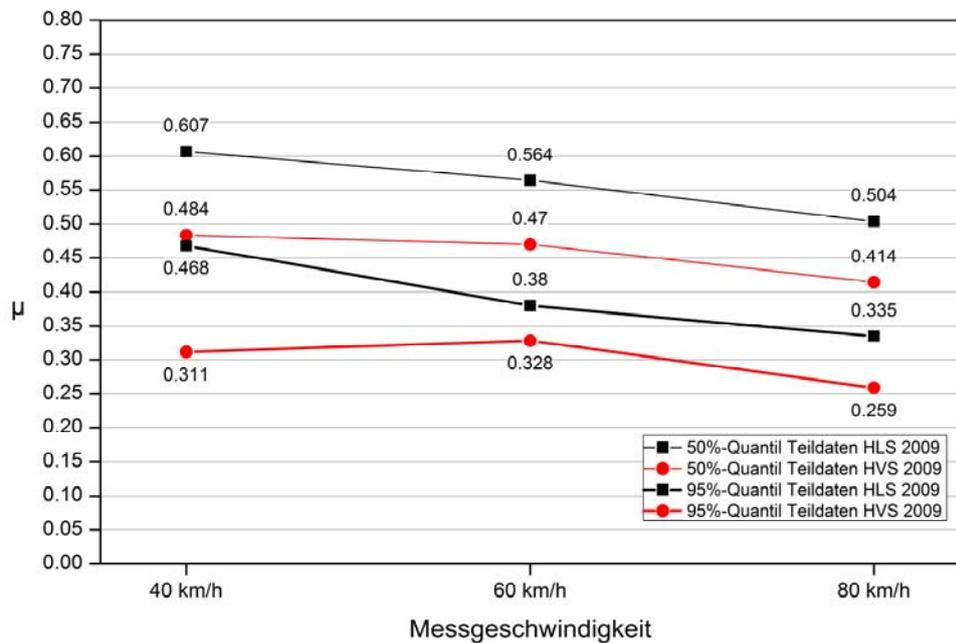


Abb. 4.29 95%- und 50%-Quantile der Teildaten HLS und HVS

Die Griffigkeitsniveaus der Teildaten HLS liegen deutlich höher als jene der Teildaten HVS (Abb. 4.29). Vor allem bei 40 km/h betragen die Unterschiede über 0.12 und auch bei 60 km/h und 80 km/h sind die Differenzen deutlich höher als der Toleranzbereich von 0.03. Es besteht die erwartete Geschwindigkeitsabhängigkeit, allerdings bei HLS ausgeprägter als bei HVS.

Teildaten freie Strecke von HLS und Teildaten freie Strecke von HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.31) werden die beiden Teildatensätze freie Strecke von HLS und freie Strecke von HVS einander gegenübergestellt. Diese beiden Teildatensätze weisen neben den Teildaten HLS und den Teildaten HVS ebenfalls einen sehr grossen Stichprobenumfang auf.

Tab. 4.31 Vergleich der Teildaten freie Strecke von HLS und HVS

Messgeschwindigkeit		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
Anzahl Messwerte							
freie Strecke HLS		523		471		204	
freie Strecke HVS		167		360		212	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	freie Strecke HLS	0.611	0.135	0.568	0.082	0.508	0.089
	freie Strecke HVS	0.476		0.486		0.419	
95%-Werte	freie Strecke HLS	0.455	0.157	0.419	0.062	0.339	0.025
	freie Strecke HVS	0.298		0.357		0.314	

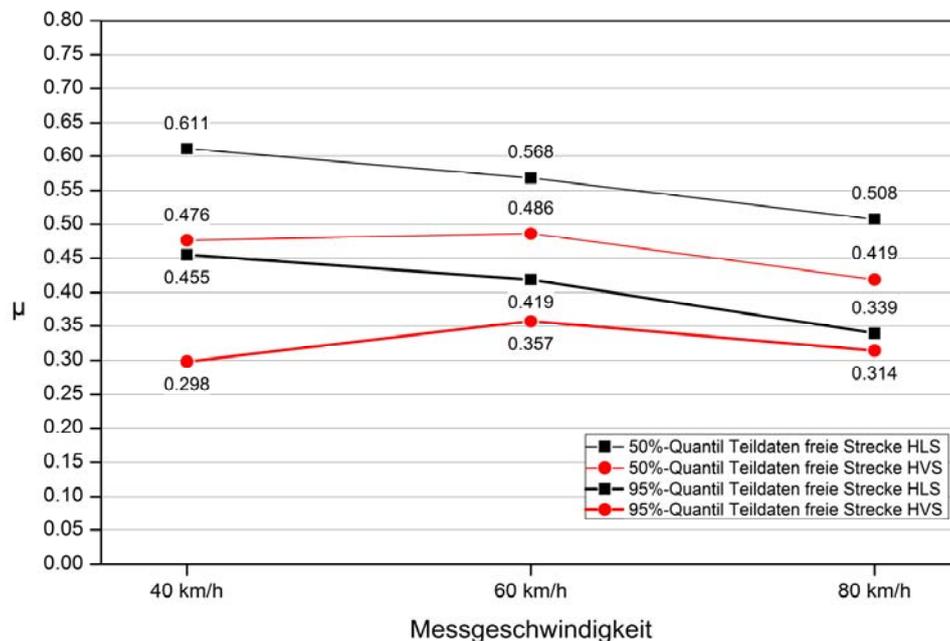


Abb. 4.30 Quantile der Teildaten der freien Strecke von HLS und HVS

Die Griffigkeitswerte der beiden Quantile (95% und 50%) der Teildaten freie Strecke von HLS sind geschwindigkeitsabhängig und die Griffigkeitswerte nehmen mit zunehmender Messgeschwindigkeit kontinuierlich ab (Abb. 4.30). Die Griffigkeitsniveaus der Teildaten freie Strecke von HLS liegen bei allen Messgeschwindigkeiten deutlich höher als jene der Teildaten freie Strecke von HVS. Bei den Griffigkeitswerten der Teildaten freie Strecke von HVS besteht die Geschwindigkeitsabhängigkeit nur zwischen den Messgeschwindigkeiten 60 km/h und 80 km/h, nicht aber zwischen 40 km/h und 60 km/h. Wieso dieser Verlauf auftritt ist unerklärlich.

Teildaten Tunnel von HLS und HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.32) wurden die beiden Teildatensätze Tunnel von HLS und Tunnel von HVS einander gegenübergestellt. Bei 40 km/h konnte wegen der zu geringen Stichprobengrösse der Teildaten HVS Tunnel kein Vergleich vorgenommen werden.

Tab. 4.32 Gegenüberstellung der Teildaten Tunnel von HLS und HVS

Messgeschwindigkeit		40 km/h	60 km/h	60 km/h	80 km/h	80 km/h	
Anzahl Messwerte							
Tunnel HLS		17	96	26			
Tunnel HVS		(3)	103	48			
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	Tunnel HLS	0.584	-	0.516	0.095	0.392	0.049
	Tunnel HVS	-	-	0.421	0.095	0.343	0.049
95%-Werte	Tunnel HLS	0.550	-	0.331	0.046	0.323	0.121
	Tunnel HVS	-	-	0.285	0.046	0.202	0.121

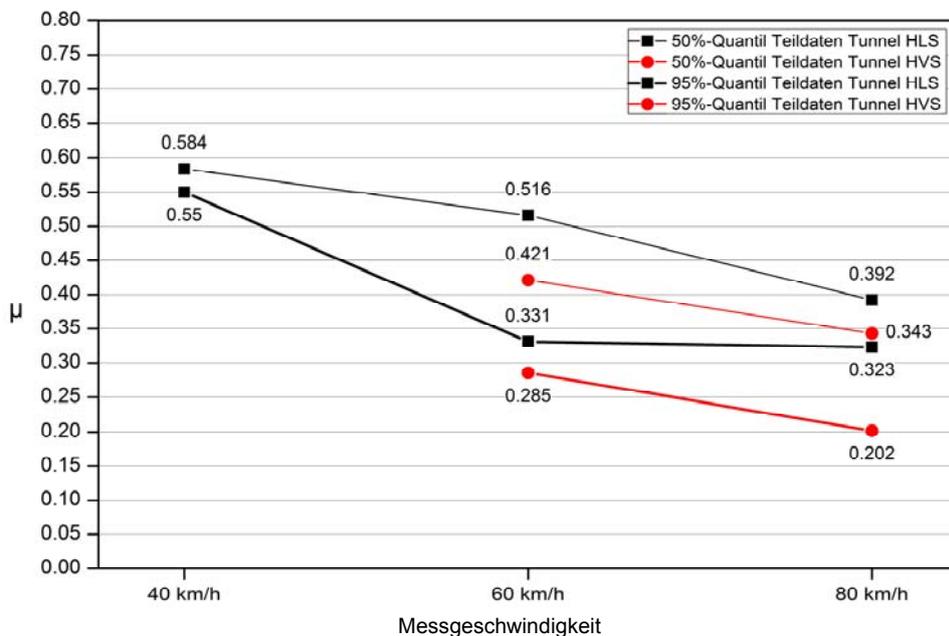


Abb. 4.31 Quantile der Teildaten Tunnel von HLS und HVS

Die Griffigkeitswerte der 50%- und der 95%-Quantile liegen sowohl bei Messgeschwindigkeit 60 km/h als auch bei 80 km/h bei den Tunnel der HVS deutlich tiefer als bei den Tunnel von HLS (Abb. 4.31). Die Differenzen betragen bis zu 0.121. Grundsätzlich zeigen sich bei der Messgeschwindigkeit 80 km/h bei Tunnels sehr tiefe, d.h. schlechte Griffigkeitsniveaus. Die ganz schlechten Griffigkeiten in HVS-Tunneln bedürfen aus Sicherheitsgründen einer näheren Analyse.

Teildaten Brücken von HLS und HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.33) wurden die beiden Teildatensätze Brücken von HLS und Brücken von HVS einander gegenübergestellt. Bei 40 km/h konnte wegen der zu geringen Stichprobengrösse der Brücken von HVS keine Gegenüberstellung vorgenommen werden.

Tab. 4.33 Gegenüberstellung der Teildaten Brücken von HLS und HVS

Messgeschwindigkeit		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
Anzahl Messwerte							
Brücken HLS		40		56		69	
Brücken HVS		(2)		19		65	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	Brücken HLS	0.597	-	0.593	0.127	0.514	0.064
	Brücken HVS	-	-	0.466	-	0.450	-
95%-Werte	Brücken HLS	0.514	-	0.490	0.119	0.365	0.017
	Brücken HVS	-	-	0.371	-	0.348	-

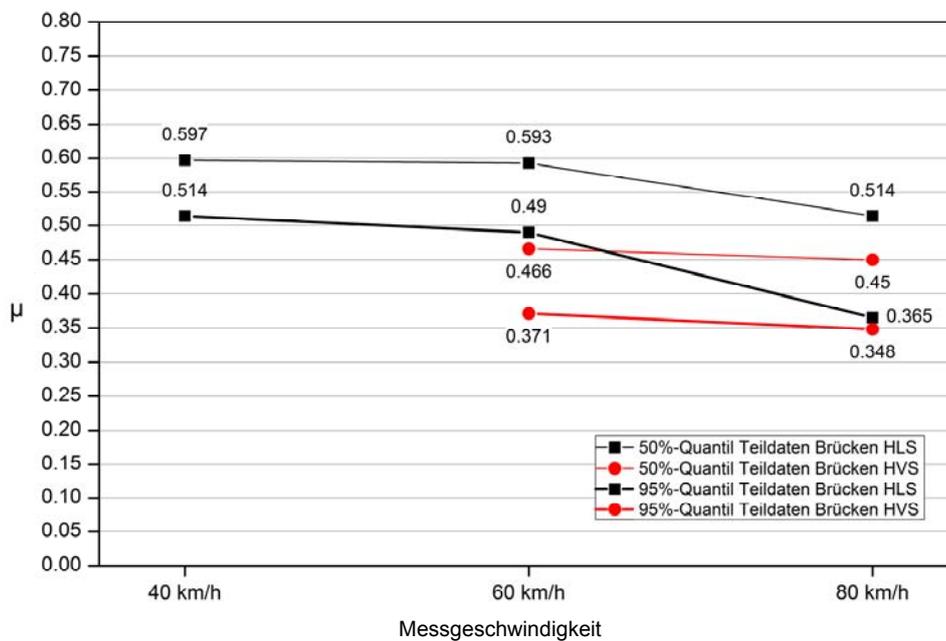


Abb. 4.32 Quantile der Teildaten Brücken von HLS und HVS

Wie in Abbildung 4.32 ersichtlich, liegen bei 60 km/h sowohl der 50%- als auch der 95%-Quantilwert der Teildaten Brücken von HLS deutlich besser und damit günstiger als der 50%-Quantilwert der Teildaten Brücken von HVS. Bei der Messgeschwindigkeit 80 km/h sind die Unterschiede etwas geringer.

Teildaten der Beläge AB/AC von HLS und HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.34) wurden die beiden Teildatensätze AB/AC von HLS und AB/AC von HVS einander gegenübergestellt.

Tab. 4.34 Gegenüberstellung der Teildaten der Beläge AB/AC von HLS und HVS

Messgeschwindigkeit		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
Anzahl Messwerte							
AB/AC HLS		152		132		79	
AB/AC HVS		33		60		55	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	AB/AC HLS	0.637	0.111	0.581	0.105	0.526	0.073
	AB/AC HVS	0.526		0.476		0.453	
95%-Werte	AB/AC HLS	0.509	0.070	0.411	0.030	0.395	0.039
	AB/AC HVS	0.439		0.381		0.356	

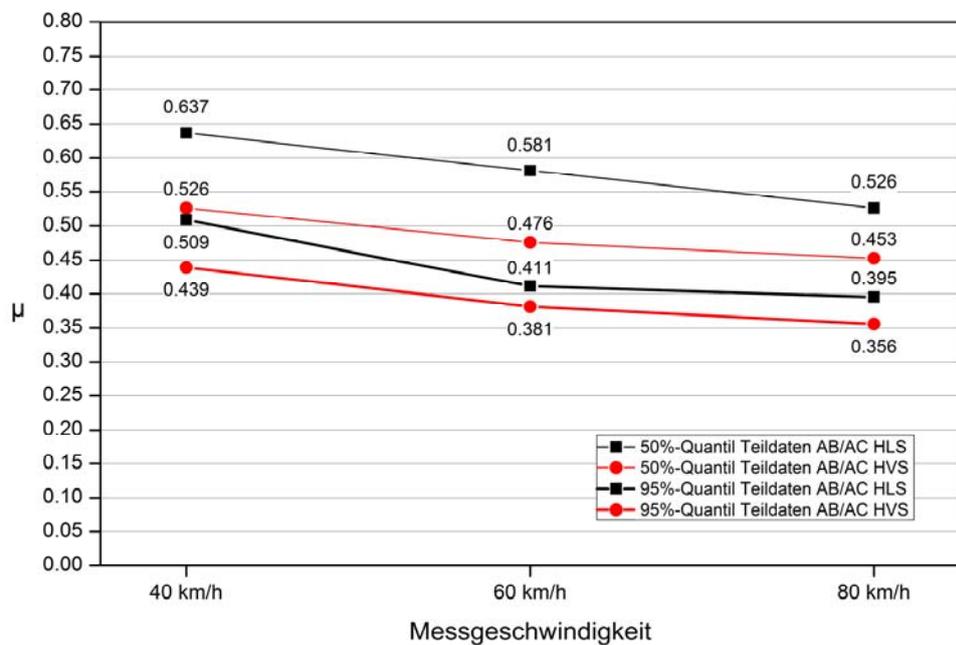


Abb. 4.33 Quantile der Teildaten der Beläge AB/AC von HLS und HVS

Das Griffigkeitsniveau des Teildatensatzes AB/AC bei HLS liegt deutlich besser als jenes des Teildatensatzes AB/AC bei HVS (Abb. 4.33). Im Bereich der 50%-Quantilwerte liegen die Daten HLS z.T. mehr als 0.1 besser, im Bereich der 95%-Quantile beträgt der Unterschied maximal 0.073. Die beiden Teildatensätze sind geschwindigkeitsabhängig.

Teildaten der Beläge SMA von HLS und HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.35) wurden die Griffigkeitsdaten der beiden Teildatensätze SMA von HLS und HVS einander gegenübergestellt.

Tab. 4.35 Gegenüberstellung der Teildaten der Beläge SMA von HLS und HVS

Messgeschwindigkeit		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
Anzahl Messwerte							
SMA HLS		83		152		23	
SMA HVS		34		89		21	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	SMA HLS	0.590	0.140	0.532	0.059	0.492	0.047
	SMA HVS	0.450		0.473		0.445	
95%-Werte	SMA HLS	0.412	0.094	0.373	0.025	0.376	0.016
	SMA HVS	0.318		0.348		0.360	

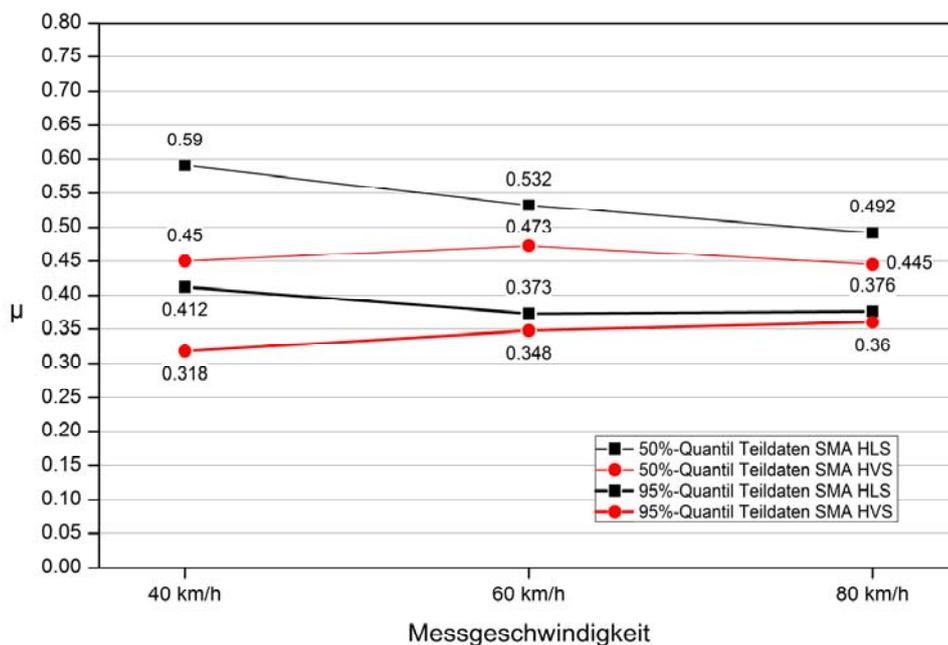


Abb. 4.34 Quantile der Teildaten der Beläge SMA von HLS und HVS

Die Griffigkeitsniveaus SMA bei HLS liegen bei 95% und bei 50% höher und damit besser als jene bei HVS (Abb. 4.34). Bei Messgeschwindigkeit 40 km/h sind die Differenzen mit 0.094 und 0.14 sehr deutlich, bei 60 km/h und bei 80 km/h sind sie geringer. Die Griffigkeitswerte der Beläge SMA bei HVS sind nur sehr gering geschwindigkeitsabhängig.

Teildaten der Betonbeläge von HLS und HVS

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.36) wurden die Griffigkeitsdaten der beiden Teildaten-sätze von Betonbeläge bei HLS und HVS einander gegenübergestellt.

Tab. 4.36 Gegenüberstellung der Teildaten der Betonbeläge bei HLS und HVS

Messgeschwindigkeit		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
Anzahl Messwerte							
Betonbeläge HLS		18		53		40	
Betonbeläge HVS		(3)		12		49	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	Betonbeläge HLS	0.579	-	0.603	0.030	0.533	0.144
	Betonbeläge HVS	-	-	0.573	0.030	0.389	0.144
95%-Werte	Betonbeläge HLS	0.427	-	0.505	0.038	0.354	0.083
	Betonbeläge HVS	-	-	0.467	0.038	0.271	0.083

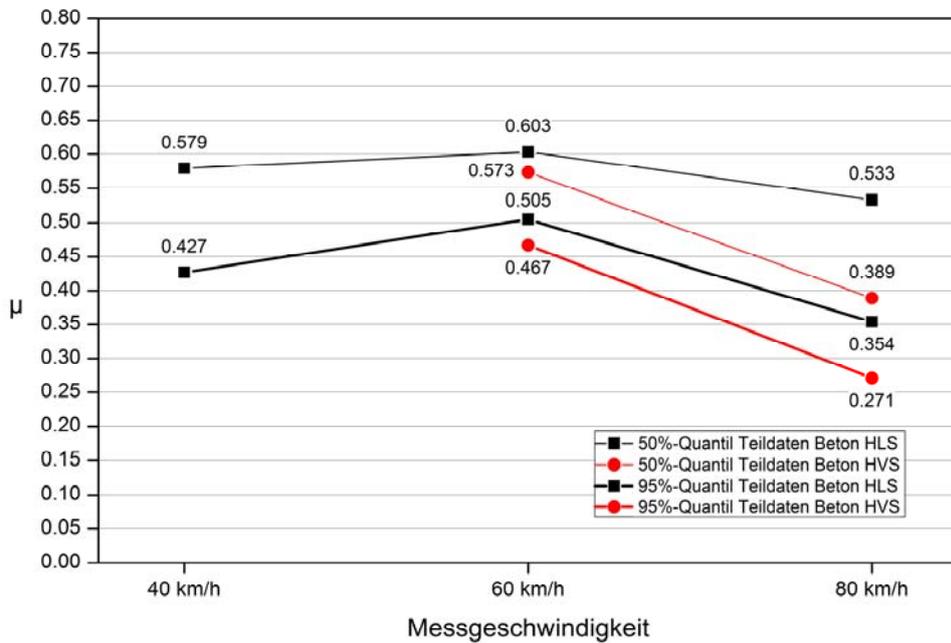


Abb. 4.35 Quantile der Teildaten der Betonbeläge bei HLS und HVS

Die Griffigkeitsdaten der Betonbeläge bei HLS (Abb. 4.35) liegen höher als die Daten der Betonbeläge bei HVS. Da hier die Stichprobengrössen generell gering sind, können die Daten nicht abschliessend beurteilt werden. Insbesondere unklar bleibt die fehlende Geschwindigkeitsabhängigkeit zwischen den Messgeschwindigkeiten 40 km/h und 60 km/h.

4.5 Gegenüberstellungen und Vergleiche

Im folgenden Kapitel wird die zentrale Fragestellung des vorliegenden Forschungsauftrages, der Vergleich der neuen Daten (Daten 2009) mit dem heute gültigen, aktuellen Bewertungshintergrund von 1984 analysiert und beurteilt.

4.5.1 Daten des aktuellen Bewertungshintergrundes 1984 und Gesamtdaten 2009

Die Daten des aktuellen Hintergrundes von 1984 wurden einerseits mit den Gesamtdaten 2009 verglichen, andererseits wurden sie auch den Teildaten HLS und den Teildaten HVS gegenübergestellt. In der Abbildung 4.36 sind die Veränderungen der Häufigkeitsverteilungen (Summenhäufigkeitsverteilungen) der Gesamtdaten 2009 gegenüber den Richtwerten in der heute gültigen Norm SN 640 511b (Daten 1984) dargestellt. Das Augenmerk liegt im Vergleich der 95%-Quantilwerte.

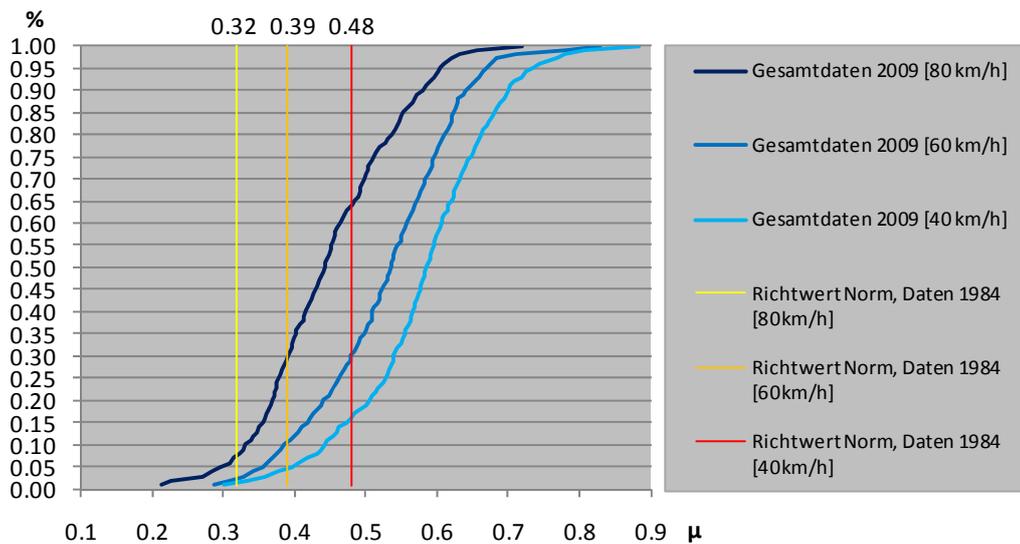


Abb. 4.36 Vergleich Gesamtdaten 2009 mit den Richtwerten der gültigen Norm (Daten 1984)

Verglichen mit den Richtwerten der Mindestgriffigkeiten gemäss gültiger Norm, welche den 95%-Quantilwerten der Daten 1984 entsprechen, ergeben sich 2009 folgende Unterschiede:

- bei 40 km/h liegen neu ca. 16,0% der Griffigkeitsdaten tiefer und damit schlechter als der alte Richtwert von 0,48
- bei 60 km/h liegen neu ca. 10,5% der Griffigkeitsdaten tiefer und damit schlechter als der alte Richtwert von 0,39
- bei 80 km/h liegen neu ca. 7,7% der Griffigkeitsdaten tiefer und damit schlechter als der alte Richtwert von 0,32

Gesamtdaten 2009 und aktueller Hintergrund 1984

Um die Gesamtdaten 2009 und die Daten 1984 vergleichen zu können (Tab. 4.37) sind sie identisch aufgegliedert, d.h. es handelt sich um die gesamten Griffigkeitsdaten der Messsysteme SRM und Skiddometer ohne weitere Unterteilung.

Tab. 4.37 Gegenüberstellung der Gesamtdaten 2009 mit dem aktuellen Hintergrund 1984

Messgeschwindigkeit		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
Anzahl Messwerte							
Gesamtdaten 2009		986		1036		665	
Aktueller Hintergrund 1984		244		273		277	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	Gesamtdaten 2009	0.587	-0.034	0.536	-0.002	0.443	-0.028
	Hintergrund 1984	0.621		0.538		0.471	
95%-Werte	Gesamtdaten 2009	0.396	-0.084	0.356	-0.034	0.296	-0.024
	Hintergrund 1984	0.480		0.390		0.320	

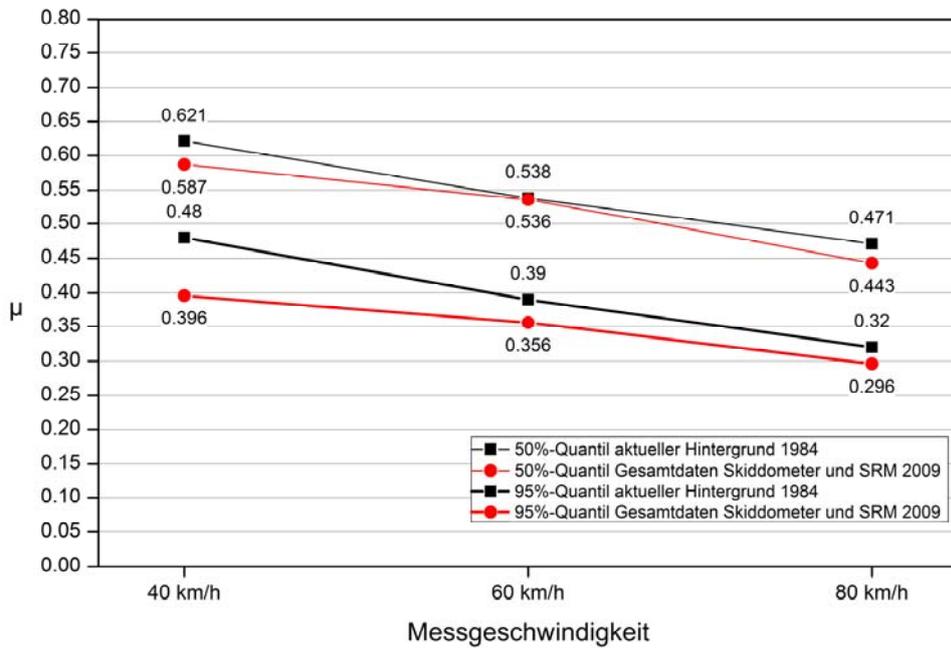


Abb. 4.37 Quantile der Gesamtdaten 2009 und des aktuellen Hintergrundes von 1984

Die Griffigkeitswerte der Gesamtdaten 2009 liegen durchwegs tiefer als die Gesamtdaten von 1984 (Abb. 4.37). Die Differenzen sind bei den 50%-Quantilen klein (0.002 bis 0.034), bei den 95%-Quantilen sind sie deutlicher (0.024 bis 0.084). Die Unterschiede mit fast 0.1 Punkten sind erheblich und zeigen, dass sich eine differenzierte Betrachtung aufdrängt.

Teildaten HLS 2009 und aktueller Hintergrund 1984

In der nachstehenden Tabelle (Tab. 4.38) werden die Daten von 1984 den Teildaten HLS 2009 gegenübergestellt. 1984 wurde angenommen, dass die Daten HLS viel besser seien als die Gesamtdaten, es wurde allerdings keine Aufgliederung in die verschiedenen Strassentypen gemacht.

Tab. 4.38 Gegenüberstellung der Teildaten HLS 2009 und aktueller Hintergrund 1984

Messgeschwindigkeit		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
Anzahl Messwerte							
Teildaten HLS 2009		753		652		306	
Aktueller Hintergrund 1984		244		273		277	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	Teildaten HLS	0.607	-0.014	0.564	0.026	0.504	0.033
	Hintergrund 1984	0.621		0.538		0.471	
95%-Werte	Teildaten HLS	0.468	-0.012	0.380	-0.010	0.335	0.015
	Hintergrund 1984	0.480		0.390		0.320	

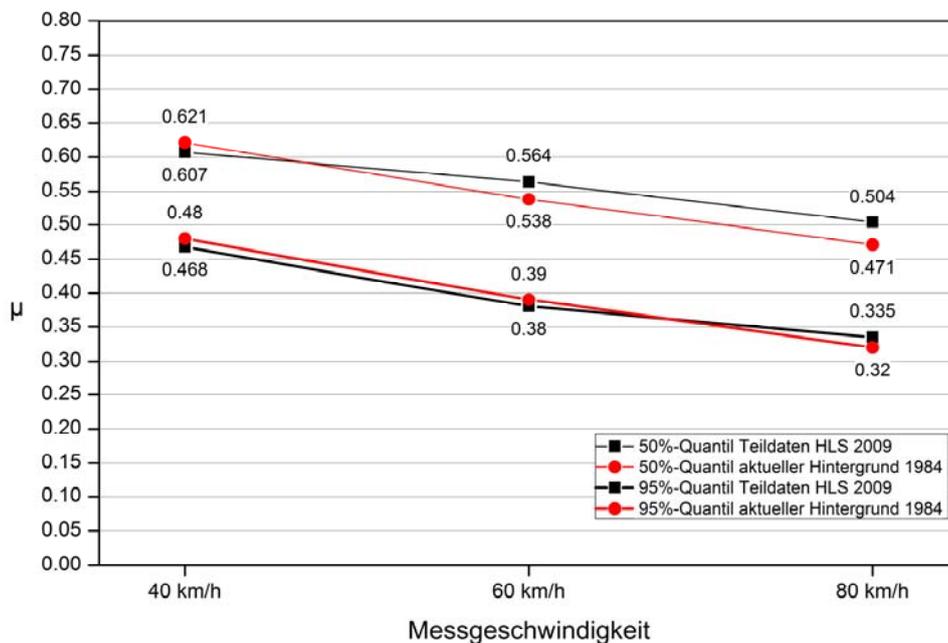


Abb. 4.38 Quantile der Teildaten HLS 2009 und des aktuellen Hintergrundes von 1984

Die Differenzen der Quantilwerte der Teildaten HLS 2009 und des aktuellen Hintergrundes von 1984 (Abb. 4.38) liegen bei 0.01 bis maximal 0.033. Da die Teildaten HLS 2009 praktisch identisch mit dem aktuellen Hintergrund von 1984 sind, die Gesamtdaten 2009 aber tiefer liegen als der aktuelle Hintergrund 1984, kann daraus geschlossen werden, dass die Verschlechterung 2009 hauptsächlich eine Folge der schlechteren Teildaten HVS 2009 ist.

Teildaten HVS 2009 und aktueller Hintergrund 1984

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.39) werden die Teildaten HVS 2009 dem aktuellen Hintergrund 1984 gegenübergestellt.

Tab. 4.39 Gegenüberstellung der Teildaten HVS 2009 und aktueller Hintergrund 1984

Messgeschwindigkeit		40 km/h	60 km/h	80 km/h			
Anzahl Messwerte							
Teildaten HVS 2009		224	360	329			
Aktueller Hintergrund 1984		244	273	277			
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	Teildaten HVS	0.484	-0.137	0.470	-0.068	0.414	-0.057
	Hintergrund 1984	0.621		0.538		0.471	
95%-Werte	Teildaten HVS	0.311	-0.169	0.328	-0.062	0.259	-0.061
	Hintergrund 1984	0.480		0.390		0.320	

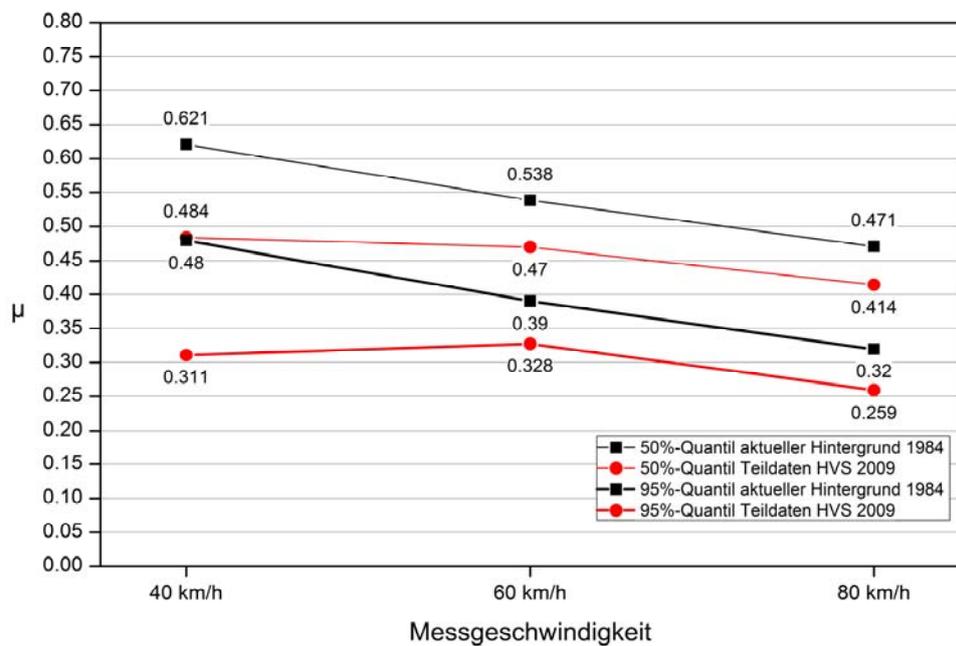


Abb. 4.39 Quantile der Teildaten HVS 2009 und des aktuellen Hintergrundes von 1984

Die Teildaten HVS 2009 sind im Vergleich zum aktuellen Hintergrund von 1984 deutlich schlechter (Abb. 4.39). Die Differenzen liegen zwischen 0.057 und 0.137 beim 50%-Quantilwert und zwischen 0.061 bis 0.169 beim 95%-Quantilwert. Sehr ausgeprägt sind die Differenzen bei den Quantilwerten bei der Messgeschwindigkeit 40 km/h. Sie sind aber auch beträchtlich bei den wichtigen Messgeschwindigkeiten 60 km/h und 80 km/h.

4.5.2 Vergleich der Daten SCRIM 2001 mit den Daten 1984 und 2009

Da später auch ein Bewertungsmaßstab für Messdaten SCRIM oder SKM geschaffen werden soll, wurden hier auch die Daten SCRIM 2001 dem aktuellen Bewertungshintergrund 1984 sowie den Gesamtdaten von 2009 gegenübergestellt.

Vergleich der Gesamtdaten 1984 und der Gesamtdaten SCRIM 2001

In der folgenden Tabelle (Tab. 4.40) sind die beiden Datensätze SCRIM 2001 und aktueller Hintergrund 1984 aufgeführt.

Tab. 4.40 Gegenüberstellung aktueller Hintergrund 1984 und Daten SCRIM 2001

Messgeschwindigkeit		40 km/h	60 km/h	80 km/h	
Anzahl Messwerte					
Gesamtdaten SCRIM 2001		201	752	28'081	
Aktueller Hintergrund 1984		244	273	277	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	Gesamtdaten SCRIM 2001	0.715		0.669	
	Hintergrund 1984	0.621	0.094	0.538	0.131
95%-Werte	Gesamtdaten SCRIM 2001	0.487		0.483	
	Hintergrund 1984	0.480	0.007	0.390	0.093
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
		0.642		0.471	0.171
		0.470		0.320	0.150

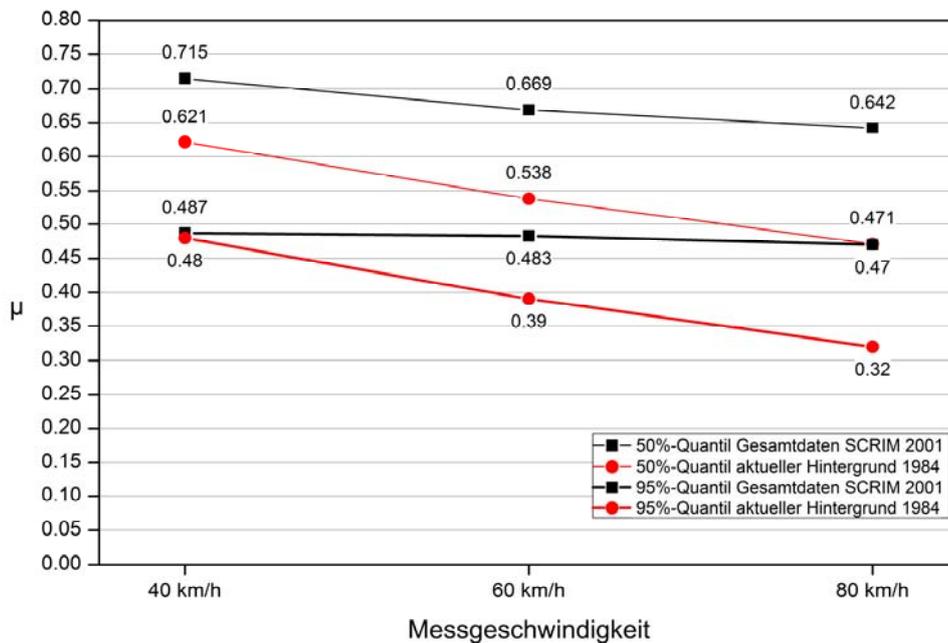


Abb. 4.40 Quantile der Gesamtdaten SCRIM 2001 und des aktuellen Hintergrundes 1984

Die Gesamtdaten SCRIM 2001 weisen mit Ausnahme der 95%-Quantile bei 40 km/h deutliche Unterschiede zwischen 0.093 bis 0.171 auf (Abb. 4.40). Der Hintergrund 1984 liegt deutlich tiefer als die mit dem SCRIM gemessenen Griffigkeitswerte von 2001.

Vergleich Gesamtdaten SCRIM 2001 und Gesamtdaten 2009

In der unten aufgeführten Tabelle (Tab. 4.41) sind die beiden Datensätze SCRIM 2001 und Gesamtdaten 2009 einander gegenübergestellt.

Tab. 4.41 Gegenüberstellung Gesamtdaten 2009 und Daten SCRIM 2001

Messgeschwindigkeit		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
Anzahl Messwerte							
Gesamtdaten 2009		753		652		306	
Daten SCRIM 2001		201		752		28'081	
		μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$	μ	$\Delta\mu$
50%-Wert	Gesamtdaten 2009	0.587	-0.128	0.536	-0.133	0.443	-0.199
	Daten SCRIM 2001	0.715		0.669		0.642	
95%-Werte	Gesamtdaten 2009	0.396	-0.091	0.356	-0.127	0.296	-0.174
	Daten SCRIM 2001	0.487		0.483		0.470	

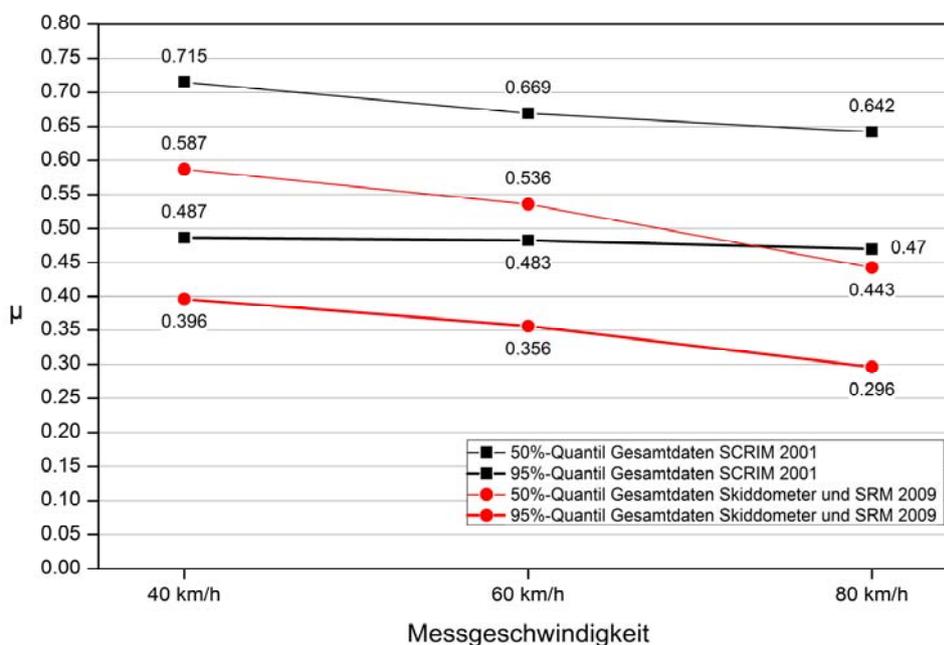


Abb. 4.41 Quantile der Gesamtdaten SCRIM 2001 und der Gesamtdaten 2009

Die Gesamtdaten 2009 (Messsysteme Skiddometer und SRM) liegen zwischen 0.091 und 0.199 tiefer als die Gesamtdaten SCRIM 2001 (Abb. 4.41). Die Gesamtdaten 2009 sind leicht stärker geschwindigkeitsabhängig als die SCRIM Daten von 2001. Die Differenzen der Quantilwerte 50% und 95% werden mit zunehmender Messgeschwindigkeit grösser. Diese Erkenntnisse wurden bereits im Forschungsauftrag Unterhalt 2000, Vergleich Messwerte SCRIM und SRM (Lindenmann, 2001) so festgestellt. Es wird daher notwendig werden, in Zukunft einen separaten Bewertungsmaßstab zur Beurteilung für SCRIM Griffigkeitserhebungen zu formulieren. Auch diese Erkenntnis wurde bereits bei den Empfehlungen zum erwähnten Forschungsauftrag postuliert. Wie weit sich allenfalls eine Aufgliederung nach Messgeschwindigkeit und Strassentyp (gemäss ZEB-NS 1) aufdrängt, wäre zu prüfen.

5 Erkenntnisse

5.1 Variabilität Daten 1984 und Daten 2009

5.1.1 Datenumfang

Wie im Kapitel Ergebnisse (Ziffer 4.1) dargelegt, standen für die vorliegende Untersuchung eine sehr grosse Datenfülle aus verschiedenen Erhebungen zur systematischen Auswertung nach den zwei Hauptgesichtspunkten wie folgt zur Verfügung:

- Vergleich der Griffigkeitsverhältnisse 2009 und 1984 auf den Schweizer Strassen und
- Unterschiede der Griffigkeitsverhältnisse bei Aufgliederung nach Strassentypen, Belagsarten und Anlageart.

Da die Griffigkeiten auf Fahrbahnoberflächen von der Fahrgeschwindigkeit abhängig sind, sind alle entsprechend ausgewerteten Griffigkeitswerte an eine Messgeschwindigkeit bei ihrer Erhebung gebunden. Gesamthaft lagen Griffigkeitswerte für die Messgeschwindigkeiten 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h vor. Seit 1990 wurden aus Sicherheitsgründen keine Werte mehr bei Messgeschwindigkeit 100 km/h erfasst. Während 2009 aus den langjährigen Erhebungen des IVT und von SACR eine grosse Auswahl von Einzelerhebungsdaten vorlagen, welche die erwähnte Aufgliederung nach unterschiedlichen Gruppen ermöglichte, war dies bei den Daten 1984 von Anfang an nicht geplant und aufgrund der viel geringeren Stichprobe auch nicht möglich. Aus diesen Gründen liessen die Daten 2009 durch den grossen Umfang und deren Aufgliederung eine vertiefte Analyse derart zu, dass Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen herausgeschält und beurteilt werden konnten. Zur Klärung allfälliger Veränderungen und Entwicklungen zwischen den Daten 1984 und 2009 mussten hingegen die nicht aufgegliederten Gesamtdaten verwendet werden, weil die einzelnen Messdaten von 1984 nicht mehr vorlagen. Die beiden folgenden Tabellen (Tab. 5.1 und 5.2) zeigen zusammengefasst die Datenbestände 1984 und 2009 und die Gruppierungen der Auswertungen in einer Übersicht.

Tab. 5.1 Datenumfang 1984 und 2009

Messgeschwindigkeit	40 km/h				60 km/h				80 km/h			
	1984		2009		1984		2009		1984		2009	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Nationalstrassen	23	9	753	76.4	52	19	652	62.9	60	22	306	46
Übrige Strassen	221	91	233	23.6	221	81	384	37.1	217	78	359	54
Total	244	100	986	100	273	100	1036	100	277	100	665	100

Tab. 5.2 Datenumfang und Aufgliederung der Daten 2009

Messgeschwindigkeit	40 km/h			60 km/h			80 km/h		
	n	%		n	%		n	%	
Gesamtdaten	986	100		1036	100		665	100	
Hochleistungsstrassen HLS	753	76.4	100	652	62.9	100	306	46.0	100
freie Strecke	523	53.0	69.5	471	45.5	72.2	204	30.7	66.7
Tunnel	17	1.7	2.3	96	9.3	14.7	26	3.9	8.5
Brücken	40	4.1	5.3	56	5.4	8.6	69	10.4	22.5
Rampen	173	17.5	23.0	16	1.5	2.5	5	0.8	1.6
Hauptverkehrsstrassen HVS	224	22.7	100	13	1.3	2.0	2	0.3	0.7
freie Strecke	167	16.9	74.6	360	34.7	100	329	49.5	100
Tunnel	3	0.3	1.3	229	22.1	63.6	212	31.9	64.4
Brücken	2	0.2	0.9	103	9.9	28.6	48	7.2	14.6
übrige	52	5.3	23.2	19	1.8	5.3	65	9.8	19.8
Übrige	9	0.9		9	0.9	2.5	4	0.6	1.2

n = Anzahl Messwerte

Die Summen je Spalte sind jeweils fett dargestellt

5.1.2 Herkunft der Daten

Während die zur Herleitung eines Bewertungshintergrundes der Fahrbahngriffigkeit verwendeten Daten aus Erhebungen auf rein zufällig festgelegten Strassenabschnitten auf Schweizer Strassen basieren (Bühlmann, 1983) stammen die Daten 2009 aus Griffigkeitsgutachten des IVT und von SACR, welche durch die Kantone, Gemeinden, Städte und Bund in Auftrag gegeben wurden. Die dabei berücksichtigten Strassenabschnitte sind in diesem Falle ebenfalls komplett zufällig ausgewählt. Es handelt sich einerseits um Griffigkeitsgutachten und -untersuchungen zwecks Überprüfung genügender Griffigkeiten. Dabei resultierten mehrheitlich genügende bis gute Griffigkeitswerte aber auch einzelne ungenügende. Dies bedeutet den Vorteil, dass auch Daten aus schlechtem bzw. ungenügendem Griffigkeitsniveau für die Untersuchung zur Verfügung standen. Da, wie die Untersuchungen zur Griffigkeit im Rahmen der Zustandserfassung und -bewertung Nationalstrassen (Lindenmann, 2001) zeigten, das Griffigkeitsniveau auf diesen Strassen gut bis sehr gut ist, wären durch eine zufällige Auswahl von Abschnitten kaum auch tiefe Griffigkeitswerte vorhanden gewesen. Die Verwendung der Griffigkeitsdaten aus den Beständen von Gutachten des IVT und von SACR haben deshalb nebst Nachteilen auch diesbezügliche Vorteile geboten. Andererseits wurden auch Daten, eher in der Minderzahl, von Bauwerksabnahmen (Belagsabnahmen) in den Datensätzen 2009 verwendet, also Griffigkeitsdaten, welche in der Regel im hohen bzw. gutem bis sehr gutem Griffigkeitsbereich lagen. Schliesslich wurde bei der Auswahl der Strassenabschnitte für die Datenbasis 2009 zwei weitere Bedingungen berücksichtigt, welche zur Zuverlässigkeit beitragen. Für einige wenige Strassenabschnitte der Schweizer Strassen wurden wiederholt Griffigkeitsmessungen durchgeführt. Solche Abschnitte wurden indessen nur einmal berücksichtigt. Damit jeder Griffigkeitswert einem Durchschnittswert über einen gleich langen Strassenabschnitt repräsentiert wurden analog zu den Messungen 1984 Abschnitte von 200 m Länge gewählt und aus den Gesamterhebungsstrecken herausgeschnitten.

Damit erscheint auch bei der Auswahl der Daten 2009 eine genügende Zufälligkeit gewährleistet. Wie die Tabellen in Ziffer 5.1.1 zudem zeigen, liessen sich die angestrebten Gegenüberstellungen der Daten 1984 und 2009 vornehmen, wenn auch die Anteile je Teilmengen nicht identisch sind und der Datenumfang 2009 viel grösser ist.

5.2 Unterschiede Griffigkeitsgesamtdaten 2009 und 1984

Zum Erkennen allfälliger grundsätzlicher Unterschiede wurden jeweils die Quantilwerte 5%, 50% und 95% der Verteilungen der Gesamtdaten 2009 und 1984 einander gegenübergestellt (Tab. 5.3 und Abb. 5.1).

Tab. 5.3 5%-, 50%- und 95%-Quantile der Griffigkeitsdaten 2009 und 1984

μ	Messgeschwindigkeit								
	40 km/h			60 km/h			80 km/h		
	2009	1984	$\Delta\mu$	2009	1984	$\Delta\mu$	2009	1984	$\Delta\mu$
5%-Quantil	0.73	0.73	0	0.68	0.65	-0.03	0.60	0.57	-0.03
50%-Quantil	0.59	0.62	-0.03	0.54	0.54	0	0.44	0.47	-0.03
95%-Quantil	0.40	0.48	-0.08	0.36	0.39	-0.03	0.30	0.32	-0.02

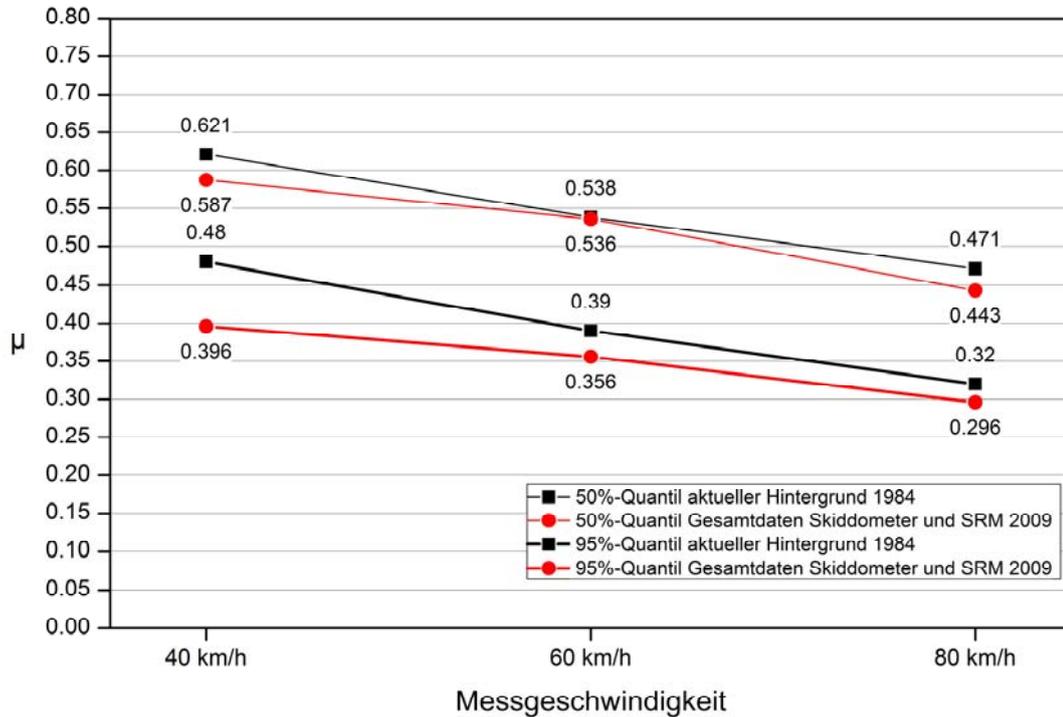


Abb. 5.1 50%- und 95%-Quantile Daten 2009 und 1984

Aus der Gegenüberstellung (Tab. 5.3 und Abb. 4.1) lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Die Gesamtheit der Daten unterscheiden sich gemessen am Mittelwert (50%) nur wenig
- Die Abhängigkeit der Griffigkeit von der Messgeschwindigkeit zeigt sich durchwegs und sehr ähnlich in der Abnahme
- Generell liegt die Gesamtheit der Daten 2009 geringfügig tiefer als 1984, was vor allem von den deutlich tieferen und damit schlechteren Griffigkeitswerten herrührt.
- Die Unterschiede in den 95%-Quantilen zeigen sich bei den drei Messgeschwindigkeiten unterschiedlich. Während bei 40 km/h ein deutlicher Unterschied von 0.08 vorliegt, sind die Unterschiede bei 60 km/h mit 0.03 und bei 80 km/h mit 0.02 gering. Als Massstab zur Bewertung der Grösse der Unterschiede dient die Differenz ± 0.03 , welche in der Regel als unbedeutend, d.h. im Zufallsbereich angesehen wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Daten bei 40 km/h besonders heterogen sind, da sie aus örtlich unterschiedlichen Messabschnitten stammen (Rampen von Hochleistungsstrassen, kurvige Verbindungsstrassen ausserorts, Innerortsstrecken).
- Obschon ein geringfügig tieferes Niveau der Gesamtheit der Daten 2009 gegenüber 1984 erkennbar ist, können gesamthaft betrachtet die beiden Verteilungen der Daten als sehr ähnlich taxiert werden. Damit wird ersichtlich, dass sich die Griffigkeitsverhältnisse über die Gesamtheit aller Fahrbahnoberflächen der Schweizer Strassen betrachtet seit 1984 praktisch kaum verändert haben.

5.3 Unterschiede Griffigkeitsdaten 2009 zwischen Hochleistungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen ausserorts

Zum Erkennen allfälliger grundsätzlicher Unterschiede zwischen den Griffigkeitsniveaus auf Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen ausserorts wurden die entsprechenden Teildaten HLS und HVS des Datensatzes 2009 einander gegenübergestellt (Tab. 5.4, Abb. 5.2). Diese Aufgliederung war mit den Daten 1984 nicht möglich.

Tab. 5.4 50%- und 95%-Quantile der Griffigkeitswerte HLS und HVS, Daten 2009

μ	Messgeschwindigkeit								
	40 km/h			60 km/h			80 km/h		
	HLS	HVS	$\Delta\mu$	HLS	HVS	$\Delta\mu$	HLS	HVS	$\Delta\mu$
50%-Quantil	0.607	0.484	0.12	0.564	0.470	0.09	0.504	0.414	0.09
95%-Quantil	0.468	0.311	0.16	0.380	0.328	0.05	0.335	0.259	0.08

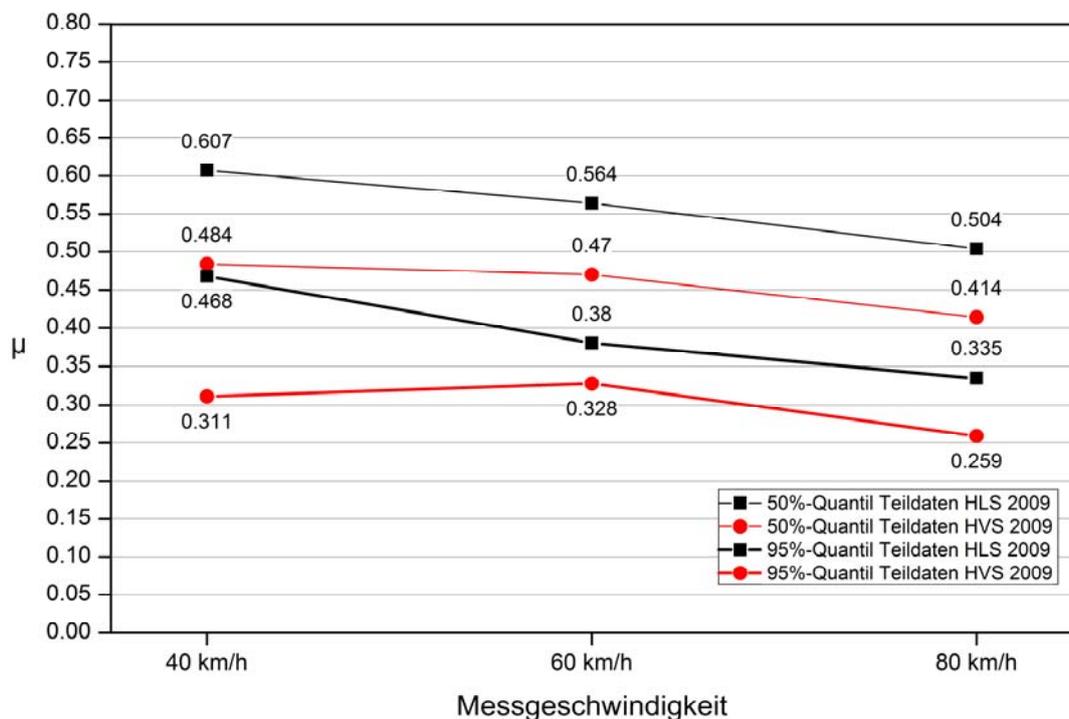


Abb. 5.2 50%- und 95%-Quantile HLS und HVS Daten 2009

Aus der Tabelle 5.4. und der Abbildung 5.2 lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Die beiden Teildatenmengen Griffigkeiten HLS und HVS 2009 unterscheiden sich deutlich und zeigen verschiedene Griffigkeitsniveaus.
- Die Differenzen der Quantilwerte HLS / HVS sind im Vergleich zum Bewertungsmassstab ± 0.03 alle mit im Durchschnitt etwa 0.05 bis 0.09 bei Messgeschwindigkeiten 60 km/h und 80 km/h und 0.14 bei 40 km/h als beträchtlich zu taxieren. Die HVS-Griffigkeitsniveaus sind alle tiefer und damit ungünstiger als diejenigen bei HLS.
- Schon auf den ersten Blick erscheinen die 95%-Quantile für HVS erstaunlich tief im Vergleich mit den bisher als Mindestgriffigkeitsanforderungen geltenden Werten.
- Die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Griffigkeit wird auch bei den beiden Teilmengen HLS und HVS grundsätzlich bestätigt, obwohl der 95%-Quantil bei HVS bei Messgeschwindigkeit 40 km/h tiefer (0.311) liegt als der 60 km/h Wert (0.328). Hier ist zu berücksichtigen, dass beim 95%-Quantil von HVS bei Messgeschwindigkeit 40 km/h eine grosse Vielfalt verschiedenster Strassenabschnitte und Ortslagen enthalten sind.

5.4 Unterschiede Griffigkeitsdaten HLS 2009, HVS 2009 und Daten 1984

Zur weiteren Analyse der Unterschiede der Griffigkeitsteildatensätze HLS und HVS 2009 wurden sie auch den Gesamtdaten 1984 gegenübergestellt (Tab. 5.5 und Abb. 5.3). Damit konnten insbesondere die folgenden Griffigkeitsniveaus anhand der 50%- und 95%-Quantile analysiert und beurteilt werden.

Tab. 5.5 50%- und 95%-Quantile der Griffigkeiten 2009 für HLS und HVS und Gesamtdaten von 1984

μ	Messgeschwindigkeit								
	40 km/h			60 km/h			80 km/h		
	2009		1984	2009		1984	2009		1984
	HLS	HVS		HLS	HVS		HLS	HVS	
50%-Quantil	0.61	0.48	0.62	0.56	0.47	0.54	0.50	0.41	0.47
95%-Quantil	0.47	0.31	0.48	0.38	0.33	0.39	0.34	0.26	0.32

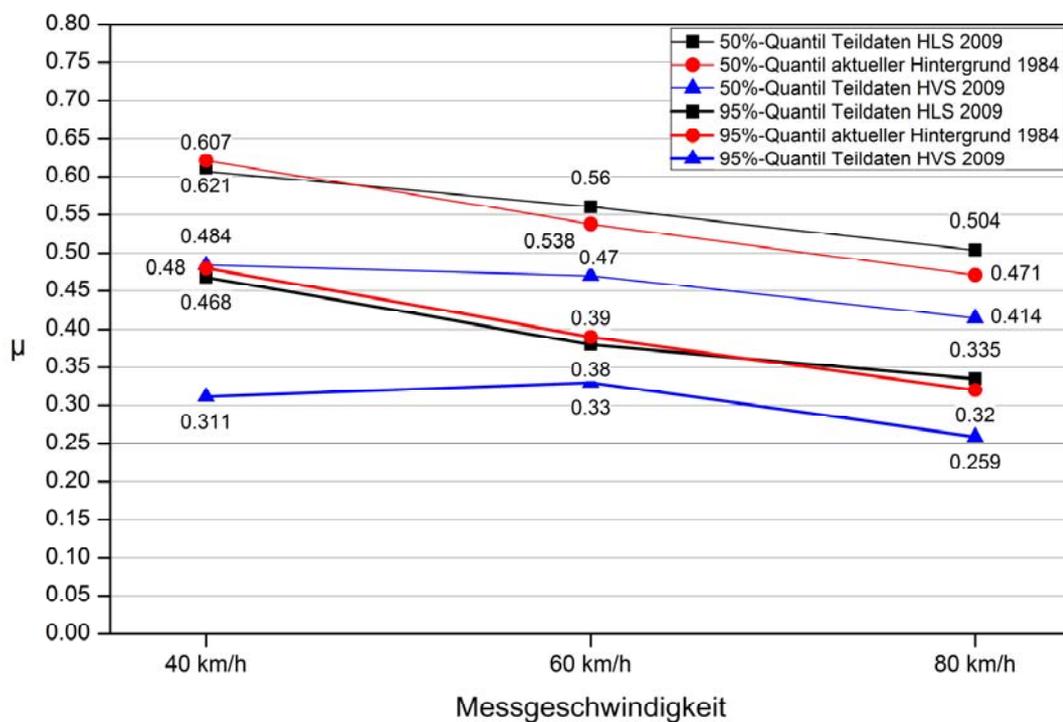


Abb. 5.3 50%- und 95%-Quantile der Griffigkeiten 2009 für HLS und HVS und Gesamtdaten von 1984

Aus den Gegenüberstellungen lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Während der Anteil der tiefen und damit schlechten Griffigkeitswerte (95%-Quantil) der HLS 2009 ähnlich liegen wie die Gesamtdaten 1984 (und damit dem bisherigen Bewertungsmaßstab) zeigt sich ein deutlich schlechteres Griffigkeitsniveau bei den HVS ausserorts. Dieses Niveau (95%-Quantil HVS für 2009) mit tiefen Griffigkeitswerten 2009 für HVS liegt deutlich tiefer und damit schlechter als die geltenden Richtwerte der heute gültigen Norm SN 640 511b „Griffigkeit, Bewertung“ (vgl. Ziffer 2.1.4).
- Auch wenn die ehemaligen 95%-Quantilwerte für HVS der Daten 1984 nicht mehr zum Vergleich zur Verfügung stehen, müssen die 95%-Quantilwerte 2009 für HVS für sich selber als ausserordentlich tief und damit im bezüglich erforderlicher Griffigkeit aus Sicherheitsaspekten weit ungenügendem Bereich taxiert werden. Die Differenzen betragen bei 60 km/h und 80 km/h bis -0.06.

- Es wird damit nachweisbar, dass das deutlich tiefere Griffigkeitsniveau bei den Hauptverkehrsstrassen 2009 im Gegensatz zu den Hochleistungsstrassen zu gesamthaft tieferem Niveau bei den tiefen und damit ungenügenden Griffigkeiten der Gesamtdaten 2009 beiträgt. Wie weit dies 1984 allenfalls auch zutraf, kann aufgrund der fehlenden Aufgliederung der Daten 1984 nicht gesagt werden.
- Aufgrund der beiden oben erwähnten Erkenntnisse wird klar, dass offensichtlich seit 1984 eine Verschlechterung der Griffigkeiten auf vor allem Hauptverkehrsstrassen ausserorts eingetreten ist.

5.5 Unterschiede Griffigkeitsdaten 2009 nach Anlageart sowie HLS und HVS

Zum Erkennen von allfälligen Unterschieden des Griffigkeitsniveaus einerseits bei den verschiedenen Anlagearten (freie Strecke, Tunnel, Brücken) und andererseits zwischen Hochleistungsstrassen (HLS) und Hauptverkehrsstrassen (HVS) ausserorts wurden die entsprechenden Teildaten der Gesamtdaten verglichen (Tab. 5.6). Diese Aufgliederung war mit den Daten 1984 aufgrund fehlender Aufschlüsselung nicht möglich.

Tab. 5.6 50%- und 95%-Quantile Griffigkeiten nach Anlagearten

μ 2009		Messgeschwindigkeit					
		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
		HLS	HVS	HLS	HVS	HLS	HVS
50%-Quantil	Gesamtdaten	0.607	0.484	0.564	0.470	0.504	0.414
	Freie Strecke	0.611	0.476	0.568	0.486	0.508	0.419
	Tunnel	0.584		0.516	0.421	0.392	0.343
	Brücken	0.597		0.593	0.466	0.514	0.450
95%-Quantil	Gesamtdaten	0.468	0.311	0.380	0.328	0.335	0.259
	Freie Strecke	0.455	0.298	0.419	0.357	0.339	0.314
	Tunnel	0.550		0.331	0.285	0.323	0.202
	Brücken	0.514		0.490	0.371	0.305	0.348

Aus der Gegenüberstellung (Tab. 5.6) lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Die Aufgliederung der Griffigkeitsdaten 2009 nach Anlagearten freie Strecke, Tunnel und Brückenabschnitte zeigt, dass die Tunnelabschnitte deutlich schlechtere Griffigkeitswerte sowohl bei den HLS als auch bei den Hauptverkehrsstrassen aufweisen.
- Im Vergleich mit den Richtwerten des heute gültigen Bewertungsmassstabes liegen die Griffigkeitswerte der 50%- und 95%-Quantile im ungenügenden Bereich bzgl. Verkehrssicherheit sowohl bei den HLS als auch bei den HVS.
- Extrem ungenügende 95%-Quantile mit 0.202 fallen bei den Tunneln von HVS auf. Auch wenn in Tunneln aufgrund der Geschützttheit gegen Regen selten oder nie nasse Fahrbahnen mit Wasserfilmen von 0.5 mm auftreten, sind solch tiefe Griffigkeitswerte dennoch ungenügend, weil sie zu deutlich längeren Anhaltewegen führen, welche vor allem in Portalbereichen problematisch sind (Auffahrgefahr).

In einem weiteren Schritt wurden jeweils die Differenzen der Teildaten freie Strecke von HLS oder HVS und der entsprechenden Teildaten Tunnel oder Brücken gebildet (Abb. 5.4).

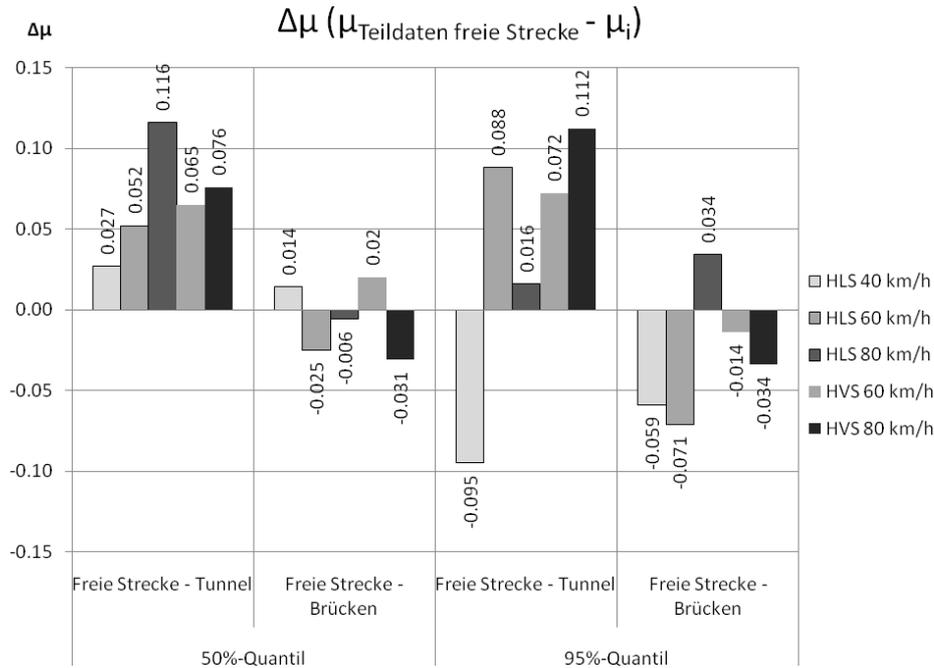


Abb. 5.4 Differenzen der 50%- und 95%-Quantile der Anlagearten von HLS und HVS der Daten 2009

Aus der Gegenüberstellung (Abb. 5.4) lassen sich, zusätzlich zu den Erkenntnissen aus Tabelle 5.6, folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Positiv zeigen sich die 50%- und 95%-Quantile der Griffigkeitsverteilungen auf Brücken. Die Durchschnittswerte liegen bei den Brückenabschnitten von HLS im Vergleich zu den Teildaten freie Strecke grösstenteils besser, weisen aber eine breite Streuung auf. Bei den Brückenabschnitten von HVS zeigt sich ein ähnliches Resultat, das aber noch mehr streut (-0.034 bis 0.02). Der häufig angewendete Gussasphalt auf Brücken dürfte einen Beitrag zu diesen günstigen Griffigkeiten liefern.

5.6 Unterschiede Griffigkeitsdaten 2009 zwischen verschiedenen Fahrbahndeckschichten bei HLS und HVS

Zum Erkennen allfälliger grundsätzlicher Unterschiede der Griffigkeitsniveaus bei verschiedenen Fahrbahndeckschichten bei HLS und HVS wurden die entsprechenden Teilmengen einander gegenübergestellt (Tab. 5.7). Dabei ist zu beachten, dass die Teilmengen bei Betonfahrbahnen deutlich geringer sind (vor allem bei HVS) als bei den Asphalt- und Splittmastixasphaltbelägen. Einen Vergleich mit den Daten 1984 war wegen fehlender Identifikation im Jahre 1984 nicht möglich.

Tab. 5.7 50%- und 95%-Quantile Griffigkeiten nach Belagsarten (Deckschichten)

μ 2009		Messgeschwindigkeit					
		40 km/h		60 km/h		80 km/h	
		HLS	HVS	HLS	HVS	HLS	HVS
50%-Quantil	Asphaltbeton AC	0.637	0.526	0.581	0.476	0.526	0.453
	Splittmastixasphalt SMA	0.590	0.450	0.532	0.473	0.492	0.445
	Beton	0.579	-	0.603	0.560	0.533	0.468
95%-Quantil	Asphaltbeton AC	0.509	0.439	0.411	0.381	0.395	0.356
	Splittmastixasphalt SMA	0.412	0.318	0.373	0.348	0.376	0.300
	Beton	0.427	-	0.505	0.490	0.354	0.308

Aus den Gegenüberstellungen der verschiedenen Deckschichtarten bei HLS und HVS lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Es zeigen sich 2009 sowohl bei HLS als auch HVS bessere Griffigkeitswerte bei Asphaltbetondeckschichten als bei Splitmastixdeckschichten. Dies ist bei HLS deutlicher als bei den HVS.
- Bei beiden Materialien zeigen jeweils bei e Deckschichtart bei HLS deutlich höhere und damit bessere Griffigkeitswerte. Dies bedeutet wahrscheinlich, dass die Beläge auf den HLS früher als jene bei HVS erneuert werden.
- Eine deutliche Abhängigkeit zur Messgeschwindigkeit zeigen die bitumenhaltigen Beläge. Die Unterschiede der 50%- und 95%-Quantile zwischen 60 km/h und 80 km/h zeigen sich gleichartig bei HLS und HVS in Abnahmen und relativ grosse Differenzen mit 0.07 bis 0.17.
- Im Vergleich mit bitumenhaltigen Belägen weisen die Betonbeläge bei Messgeschwindigkeiten von 60 km/h bessere Griffigkeitsniveaus und bei Messgeschwindigkeiten 80 km/h schlechtere Griffigkeitsniveaus auf. Einen grossen Einfluss auf die tiefen Griffigkeitswerte bei den 95%-Quantilen bei HLS und HVS dürften dabei die sehr niedrigen Griffigkeitswerte bei Tunneln haben. Die fehlende Geschwindigkeitsabhängigkeit bei Betonfahrbahnen konnte hier nicht erklärt werden.

5.7 Unterschiede im Griffigkeitsniveau bei 40 km/h bei Strassen ausserorts und HVS innerorts 2009 und den Gesamtdaten 1984

Zum Erkennen der Griffigkeitsniveaus bei den bei Messgeschwindigkeit 40 km/h gemessenen Strassen ohne Rampen von Hochleistungsstrassen, also vorab Strassen mit geringerem Ausbaustandard, kurvige Streckenabschnitte und Ortsdurchfahrten, wurden die Verteilungen der Griffigkeitswerte und die Quantilwerte verwendet (Abb. 5.5). Die Gegenüberstellung der Werte 2009 mit den Werten von 1984 ist deshalb machbar, da 1984 keine Innerortsstrassen gemessen wurden (Bühlmann, 1983) und bei den Daten 2009 nur wenige Messstrecken innerorts erfasst wurden. In den 244 Strecken von 1984 bei Messgeschwindigkeit 40 km/h sind nur ca. 10% auf Nationalstrassen gemessen worden.

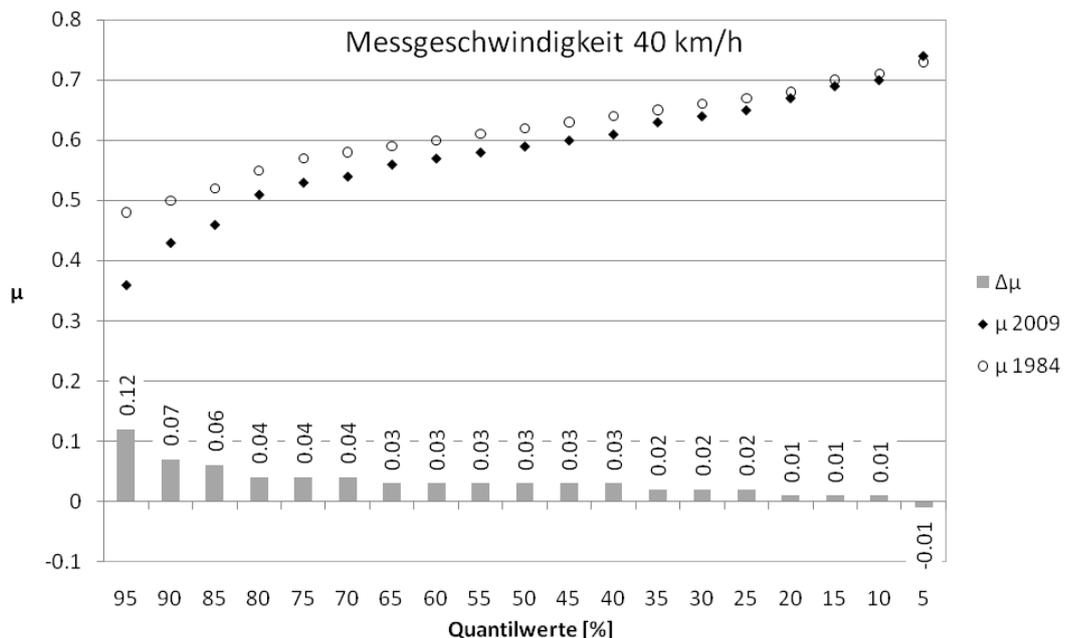


Abb. 5.5 Quantile der Griffigkeitswerte für die Messgeschwindigkeit 40 km/h 2009 und 1984 (Absolutwerte und Differenzen)

Aus der Gegenüberstellung der Daten 2009 für Ausserortsstrassen (Messgeschwindigkeit 40 km/h) und den Daten 1984 (Messgeschwindigkeit 40 km/h) lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Das Griffigkeitsniveau bei den Ausserortsstrassen, welche mit tiefen Geschwindigkeiten befahren werden, liegt heute (Daten 2009) ähnlich wie 1984.
- Die Anteile der schlechten Griffigkeitswerte, gemessen an den 95%-, 90%-, 85%- und 80%-Quantilen, haben sich indessen verschlechtert. Diese Anteile weisen Differenzen zwischen 0.12 und 0.04 auf.
- Deutlich schlechtere Griffigkeitsniveaus liegen bei den 95%-Quantilen vor. Dies bedeutet, dass heute mehr schlechte Fahrbahngriffigkeiten bei den hier betrachteten Strassen vorhanden sind als 1984.
- Da die Anforderungen an Griffigkeiten auf Fahrbahnen von Strassen mit geringerem Ausbaustandard, kurvige Streckenabschnitte und Ortsdurchfahrten bei nassen Verhältnissen auch bei kleinen Geschwindigkeiten vor allem für das rechtzeitige Anhalten vor Gefahren oder schwächeren Verkehrsteilnehmern, von grosser Bedeutung sind, ist dieser Verschlechterung die nötige Aufmerksamkeit zu schenken.

5.8 SCRIM-Griffigkeiten 2001 und Unterschiede zu den Griffigkeitswerten 2009

Zum Erkennen und Darstellen der grundsätzlichen Unterschiede der Griffigkeitsniveaus bei den beiden Messmethoden SCRIM (Schräglaufrad) und Skiddometer und SRM (blockiertes Bremsrad) wurden die Teildaten 2009 der Hochleistungsstrassen den SCRIM-Daten 2001 der Nationalstrassen gegenübergestellt (Tab. 5.8).

Tab. 5.8 5%-, 50%- und 95%-Quantile der Messdaten 2009 (Skiddometer und SRM) und 2001 (SCRIM)

μ	Messgeschwindigkeit								
	40 km/h			60 km/h			80 km/h		
	S / S 2009	SCRIM 2001	$\Delta\mu$	S / S 2009	SCRIM 2001	$\Delta\mu$	S / S 2009	SCRIM 2001	$\Delta\mu$
5%-Quantil	0.73	0.95	-0.22	0.68	0.88	-0.20	0.60	0.80	-0.20
50%-Quantil	0.59	0.79	-0.20	0.54	0.72	-0.18	0.44	0.65	-0.21
95%-Quantil	0.40	0.58	-0.18	0.36	0.51	-0.15	0.30	0.43	-0.13

S / S = Skiddometer und SRM

Aus der Gegenüberstellung der Quantilwerte der Messdaten Skiddometer und SRM (2009) und SCRIM (2001) ergeben sich folgende Feststellungen und Erkenntnisse:

- Die Griffigkeitsniveaus unterscheiden sich im Mittel um rund 0.2, was einen sehr grossen Unterschied darstellt. Damit wird klar, dass zur Bewertung von Messergebnissen erhoben mit den Messsystemen Schräglaufrad (SCRIM) ein eigener Bewertungsstabsstab angewendet werden muss.
- Obwohl die Griffigkeit bei den Quantilwerten mit zunehmender Messgeschwindigkeit ähnlich wie bei den entsprechenden Quantilen bei Messungen mit dem Messsystem Skiddometer und SRM abnehmen und sich deshalb die Geschwindigkeitsabhängigkeit bestätigt, resultiert bei den Messungen der SCRIM-Messungen im Unterschied zu den Messungen Skiddometer und SRM ein praktisch linearer Verlauf.
- Diese Erkenntnisse decken sich mit der im Rahmen der Voruntersuchungen zur netzweiten Erhebung der Griffigkeit auf Nationalstrassen 2001 durchgeführten Studie zum Vergleich von Messergebnissen mit den beiden Messsystemen SRM und SCRIM (Lindenmann, 2001).
- In Anbetracht der im Jahre 2009 durchgeführten netzweiten Erhebung der Griffigkeit mit dem Messsystem SKM (Erhebung ASTRA / IMP 2009, noch nicht veröffentlicht) ist es angezeigt, diese Messungen bei der Formulierung eines neuen Bewertungsstabsstabes für Griffigkeitsmessungen mit Schräglaufrad mit einzubeziehen.

6 Folgerungen

6.1 Vorbemerkungen

6.1.1 Datengrundlagen

Wenn auch zwei komplett unterschiedliche Anlagen der Datenauswahl bei den beiden Forschungsaufträgen Bewertungshintergrund Griffigkeit 1984 und Bewertung der Griffigkeit 2009 zugrunde lagen, führten doch beide zu einem für Schweizer Fahrbahnoberflächen repräsentativen Griffigkeitsbild. Wie in Ziffer 5.1 näher erläutert, resultierte der Bewertungshintergrund 1984 aus 869 zufällig ausgewählten aber in den Anzahlen auf die Längenanteile der verschiedenen Teile als Schweizerischen Strassennetzes ausgelegte Strassenabschnitte jeweils 200 m Länge. Je Messgeschwindigkeit 40 km/h, 60 km/h und 80 km/h wurden ungefähr gleich viele, d.h. je ein Drittel, Messresultate erzeugt. Zudem wurden 75 Messungen bei der Messgeschwindigkeit von 100 km/h vorgenommen. Für die Überprüfung dieses Bewertungshintergrundes standen indessen 2009 viel mehr Griffigkeitserhebungsergebnisse, vor allem von Nationalstrassen, zu Verfügung. Insgesamt wurden dabei rund dreimal mehr 200 m-Abschnittswerte der Griffigkeiten ausgewertet, welche sich aber ähnlich auf die drei Messgeschwindigkeiten verteilten. Im Vergleich zu 1984 sind die Anteile der Griffigkeitsergebnisse bei allen Messgeschwindigkeiten je Strassenkategorie Nationalstrassen und übrige Strassen umgekehrt verteilt. Während der Anteil bei Nationalstrassen 1984 nur rund 15% betrug sind es bei den Messungen 2009 rund 60%. Dieser Umstand muss bei der Beurteilung von Auswertergebnissen von Teilmengen (Nationalstrassen, übrige Strassen) und bei entsprechenden Gegenüberstellungen mitberücksichtigt werden. Dies insbesondere deshalb, weil im Jahre 2001 die Griffigkeitserhebungen auf Nationalstrassen, damals mit dem SCRIM-Messsystem erhoben, ein sehr gutes Gesamtniveau der Griffigkeiten auf diesen Strassen zeigte. Es resultierten damals eine sehr geringe Anzahl Strassenabschnitte mit ungenügenden Griffigkeiten, mit Ausnahme von Tunnelwerten. Die Anteile von Griffigkeitsergebnissen von bitumenhaltigen Fahrbahnoberflächen und Betonoberflächen liegen bei den Auswertungen 1984 und 2009 ähnlich, so dass kein unterschiedlicher Einfluss auf die Gesamtdaten der beiden Jahre besteht. Die grossen Anzahlen von Messwerten bei der Auswertungen 1984 und vor allem 2009 dürften ein gutes repräsentatives Bild der Griffigkeitsverhältnisse auf den Schweizer Strassen für beide Zeitpunkte ergeben. Während die Gesamtdaten 1984 aufgrund der fehlenden Identifikationen nicht mehr nach Anlagearten freie Strecke, Tunnel und Brücken aufgliedert werden können, liefern die Aufgliederungen der Gesamtdaten 2009 interessante Erkenntnisse zu den Griffigkeitsniveaus dieser Gruppen (vgl. Ziffer 5.5).

6.1.2 Vergleichbarkeit der Datensätze 2009 und 1984

Als Hauptvergleich der Verteilungen der Griffigkeitsergebnisse 2009 mit 1984 wurden einander die Quantilwerte 95% bis 5% mit Zwischenstufen von 5% resp. 10% der Gesamtdaten gegenübergestellt. Wie auch aus Ziffer 6.1.1 hervorgeht, kann dieser Vergleich exakt geführt werden und die vorhandenen Unterschiede als tatsächlich beurteilt werden.

Sobald Teilmengen der Gesamtdaten 2009 den Gesamtdaten 1984 gegenübergestellt werden sind die Vergleiche relativ, die Unterschiede schwieriger zu bewerten und die Folgerungen dementsprechend vorsichtig zu beurteilen. Z.B. hat die Aufgliederung der Gesamtdaten 2009 nach Hochleistungsstrassen (HLS) und Hauptverkehrsstrassen (HVS) zwar zu zwei für sich eindeutigen und stark unterschiedlichen Ergebnissen bzgl. der Griffigkeitsniveaus geführt (vgl. Ziffer 5.3), die Gegenüberstellung mit den Gesamtdaten 1984 (Ziffer 5.4) und die Beurteilung dieser Unterschiede gestaltete sich aber nicht einfach. In Anbetracht des Umstandes, dass bei den Gesamtdaten 1984 ein sehr hoher Anteil Griffigkeitsergebnisse der Kategorie übrige Strassen (ca. 85%) enthalten waren, 2009 aber umgekehrt der Anteil Griffigkeitsergebnisse Hochleistungsstrassen grösser war (ca. 60%) macht klar, dass sich die gezeigten Einflüsse des deutlich tieferen und schlechteren Griffigkeitsniveaus der Hauptverkehrsstrassen (2009) auf alle die Strassen, welche nicht Hochleistungsstrassen sind, zurückgeführt werden kann. Obwohl der direkte Vergleich nicht möglich ist, dürften unter Berücksichtigung dieser Tatsachen, die abgeleiteten Er-

kennnisse bzgl. der Hauptverkehrsstrassen 2009 als schlüssig betrachtet werden. Wenn dies vielleicht quantitativ nicht exakt zutrifft, gelten die Erkenntnisse zumindest grundsätzlich.

Die Aufteilung der Gesamtdaten nach verschiedenen Materialien der Fahrbahnoberflächen (Beläge bzw. Deckschichten) führte zwar zur Erkenntnis, dass die Griffigkeitsniveaus bei gleicher Belagsart auf den HLS 2009 höher und damit besser sind als bei den HVS. Infolge fehlender Identifikationen bei den Gesamtdaten 1984 konnte aber kein Vergleich vorgenommen werden. Eine interessante Erkenntnis liess sich durch Gegenüberstellung derjenigen Griffigkeitsdaten von 2009 und 1984 bei Messgeschwindigkeit 40 km/h ableiten. Unter Ausschluss der Griffigkeitsdaten für Rampen von HLS (Messgeschwindigkeit auch 40 km/h) und unter Berücksichtigung, dass 2009 einige Daten von untergeordneten (coupierten) Ausserortsverbindungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen innerorts enthalten sind, liessen sich die zwei Datensätze Griffigkeitswerte 1984 und 2009 (jeweils bei Messgeschwindigkeit 40 km/h) bezüglich Griffigkeitsniveaus von Innerortsstrassen nur grob gegenüberstellen. Die gewonnenen Erkenntnisse (Ziffer 5.7) sind deshalb bezüglich quantitativer Unterschiede nicht genau, die grundsätzlichen Feststellungen aber zumindest einigermaßen aussagekräftig.

Die Griffigkeitsniveaus SCRIM stammen alle aus den netzweiten Griffigkeitserhebungen von 2001 auf dem Nationalstrassennetz. Die neuen Erhebungsergebnisse 2010 für Nationalstrassen lagen für eine Gegenüberstellung im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages nicht vor. Es sei indessen an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass eine Gegenüberstellung mit den 2009 erhobenen Griffigkeitswerten mit dem Messsystem SKM auf den Nationalstrassennetz sehr interessant und auch ohne weiteres vorgenommen werden könnte.

6.1.3 Aussagekraft der Erkenntnisse

Unter Berücksichtigung der in 6.1.1 und 6.1.2 festgehaltenen Erwägungen sind die in den nachstehenden Ziffern aufgeführten Folgerungen differenziert zu beurteilen. Die Aussagekraft der einzelnen Folgerungen ist dementsprechend nicht gleichwertig. Es wird an den betreffenden Stellen darauf hingewiesen. Diese Einschätzungen sind insbesondere bei den Umsetzungen der Folgerungen in Empfehlungen und allenfalls in Normen zu berücksichtigen.

6.2 Anforderungen an die Fahrbahngriffigkeit aus Verkehrssicherheitsgründen

Obwohl Unfälle auf nasser Fahrbahn naturgemäss nicht allein auf mangelnde Fahrbahngriffigkeiten zurückgeführt werden können, ist immerhin unbestritten, dass schlechte Griffigkeiten Bremswege verlängern und somit sicherheitsrelevant sind. Aus diesem Grund gibt die Norm SN 640 511b Richtwerte für Mindestgriffigkeiten an. Sie gelten als Gradmesser zur Beurteilung von örtlich vorhandenen Fahrbahngriffigkeiten und haben sich bewährt. Diese Mindestanforderungen sind in vielen Ländern gleich oder ähnlich (Jacot, 2007), sind aber z.B. in Frankreich nicht pauschal sondern differenziert nach Strassentyp und Ortslage gegliedert festgelegt. Damit wird versucht, den verkehrsbedingt örtlich verschiedenen Situationen Rechnung zu tragen. Die im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit gewonnenen Erkenntnisse, wonach sich nach Strassentyp, Anlageart und Ortslage Unterschiede in den vorhandenen Griffigkeitsniveaus zeigen, deuten darauf hin, die Anforderungen (wie das in Frankreich gehandhabt wird, Jacot, 2007) differenziert zu betrachten. Es ist deshalb als Folgerung festzuschreiben, dass eine Prüfung der Eignung differenzierter Griffigkeitsanforderungen bei der Umsetzung der Erkenntnisse vorgenommen werden sollte. Dies umso mehr, als damit auch verstärkt Einfluss auf die teilweise notwendige Verbesserung vorhandener Griffigkeitsniveaus durch erforderliche Normfestlegungen genommen werden kann.

6.3 Veränderungen Gesamtdaten und Einflüsse

Gesamthaft kann festgestellt werden (vgl. Ziffer 5.2), dass sich die Verteilung der Griffigkeitswerte auf dem Schweizer Strassen 2009 gegenüber 1984 im Mittel wenig verändert hat. Im mit bzgl. Verkehrssicherheit als ausreichend bis guten Griffigkeitsniveaubereich sind die Quantile 2009 und 1984 sehr ähnlich (Abb. 6.1). Bei den schlechten bis ungenügenden Griffigkeitsniveaus hat sich die Situation 2009 gegenüber 1984 verschlechtert, indem der 95%-Quantil 2009 deutlich tiefer liegt als 1984. Dies bedeutet, dass in der Gesamtmenge der Griffigkeitswerte 2009 mehr ungenügende Griffigkeiten vorhanden waren als 1984, welche ungünstiger als die geforderten Richtwerte für die Mindestgriffigkeiten sind. Während die Werte der 95%-Quantile bei den Messgeschwindigkeiten 80 km/h bei -0.02 und bei 60 km/h bei -0.03 sehr gering sind, ist der Wert mit -0.08 bei 40 km/h deutlich grösser. Die quantitative Veränderung lässt sich auch an den Summenlinien der 95%-Quantile anschaulich aufzeigen.

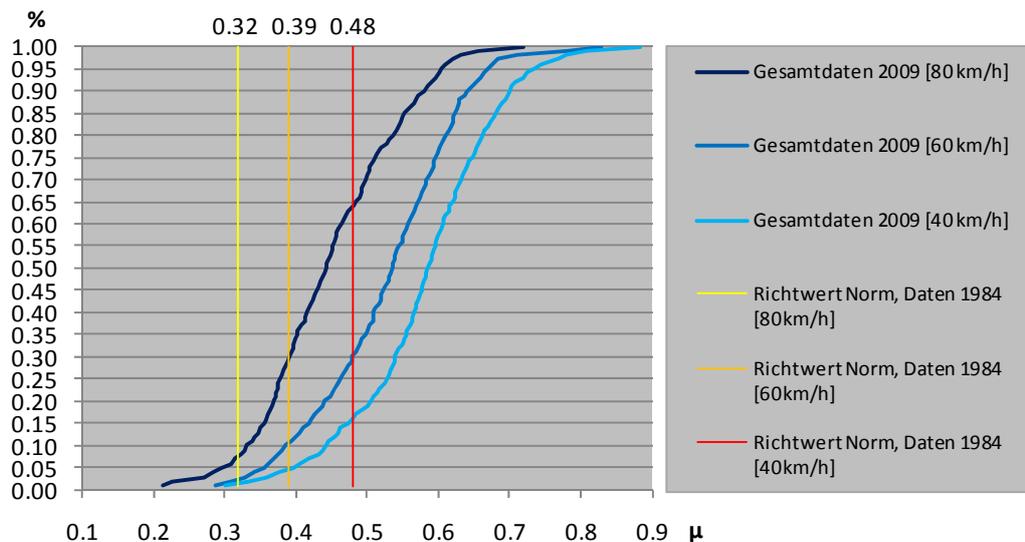


Abb. 6.1 Gesamtdaten 2009 und Richtwerte der gültigen Norm (Daten 1984)

Verglichen mit den Richtwerten der Mindestgriffigkeiten gemäss gültiger Norm, welche den 95%-Quantilwerten 1984 entsprechen, ergeben sich 2009 folgende Unterschiede:

- bei 40 km/h liegen neu ca. 16.0% der Griffigkeitsdaten tiefer und damit schlechter als der alte Richtwert von 0.48
- bei 60 km/h liegen neu ca. 10.5% der Griffigkeitsdaten tiefer und damit schlechter als der alte Richtwert von 0.39
- bei 80 km/h liegen neu ca. 7.7% der Griffigkeitsdaten tiefer und damit schlechter als der alte Richtwert von 0.32

Wie weiter gezeigt wurde (Ziffer 5.3) haben die Anteile der tiefen und damit schlechten Griffigkeitswerte 2009 ihren Ursprung bei der Kategorie Hauptverkehrsstrassen, während die analogen Griffigkeitsbereiche bei den Hochleistungsstrassen 2009 fast identisch mit denjenigen der Gesamtdaten 1984 sind (siehe nachstehende Abbildung 6.2).

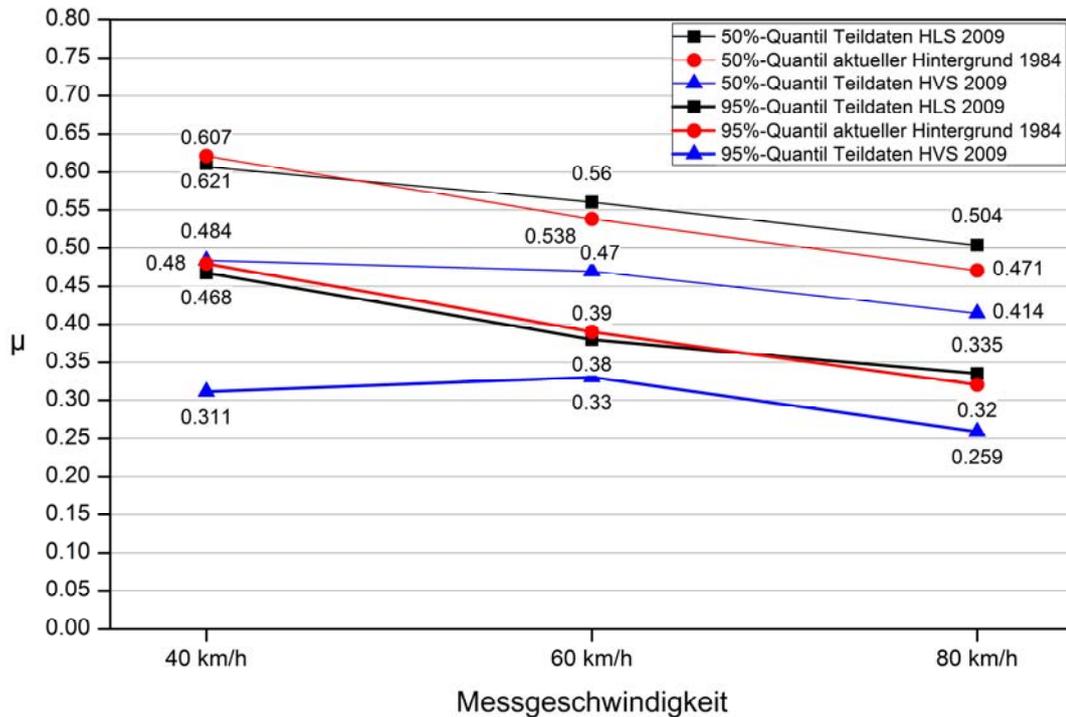


Abb. 6.2 50%- und 95%-Quantile der Griffigkeiten 2009 für HLS und HVS und Gesamtdaten von 1984

Aus diesen zusammengefassten Erkenntnissen lassen sich zwei Folgerungen ableiten:

- Da die beiden Verteilungen der mittleren bis schlechten Griffigkeitswerte grosse Unterschiede aufweisen, kann grundsätzlich der 95%-Quantil kaum mehr für beide Strassenkategorien zur Festlegung der Richtwerte für die Mindestanforderungen an die Griffigkeiten verwendet werden.
- Während dies infolge guter Übereinstimmung der 95%-Quantile der HLS und der Gesamtdaten 1984 bei den Hochleistungsstrassen noch möglich erscheint, müssen bei den Hauptstrassen anhand weiterer Differenzierungen durch Aufgliederung der Daten neue Wege der Festlegung von Mindestwerten beschritten werden. Dabei sind vor allem Überlegungen im Zusammenhang mit den Anhaltewegen und entsprechenden Anhaltesichtweiten zu stellen.

6.4 Einflüsse der Anlageart auf das Griffigkeitsniveau

Wie in Ziffer 5.5 aufgezeigt wurde, ergeben sich Unterschiede in den Griffigkeitsniveaus auf der freien Strecke, auf Brücken und in Tunneln, sowohl bei Hochleistungsstrassen als auch bei Hauptverkehrsstrassen. Problematisch erscheinen die sehr tiefen und bzgl. Verkehrssicherheit ungenügenden Griffigkeitswerte in Tunneln der Hauptverkehrsstrassen mit 0.202 bei 80 km/h und 0.285 bei 60 km/h. Die Griffigkeitsniveaus auf Brücken sind 2009 sowohl bei den Hochleistungsstrassen als auch bei den Hauptverkehrsstrassen deutlich besser als die Griffigkeitsniveaus der freien Strecke. Grund dafür dürften u.a. die auf Brücken häufig eingebauten Gussasphaltbeläge sein, welche in der Regel langlebig gute Griffigkeitseigenschaften aufweisen.

Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich weitere Folgerungen nämlich:

- Obwohl in den Tunneln die Fahrbahnen zwar auch nass sein können, aber selten Wasserfilmdicken von 0.5 mm aufweisen dürften, erscheinen die Griffigkeitsverteilungen bei den Messgeschwindigkeiten 80 km/h und 60 km/h bzgl. Verkehrssicherheit inakzeptabel, da insbesondere bei Hauptverkehrsstrassen entsprechend grosse Anhaltewege und Sichtweiten resultieren.

- Bei der Festlegung von Richtwerten der Mindestanforderungen an die Griffigkeit sollte geprüft werden ob nicht neben einem generellen Richtwert zusätzlich differenzierte Richtwerte nach Anlageart angegeben werden sollten. Dies hätte den Vorteil, dass bei Beurteilungen von örtlich gemessenen Griffigkeiten bei Brücken und Tunneln die erwähnten Unterschiede einbezogen werden könnten, gleichzeitig liesse sich durch entsprechende Festlegungen neuer Richtwerte für Tunnels Einfluss auf das anzustrebende Griffigkeitsniveau in der Zukunft nehmen.

6.5 Variabilität der Teildaten 2009 der Hauptverkehrsstrassen und Einflüsse

Im Teildatensatz 2009 der Hauptverkehrsstrassen sind Griffigkeitsmesswerte sowohl von vor allem Hauptstrassen ausserorts bei Messgeschwindigkeit 80 km/h und 60 km/h als auch von Hauptstrassenabschnitten innerorts (Messgeschwindigkeit 40 km/h) enthalten. Dabei handelt es sich bei diesen Strassen in ganz geringem Anteil um verschiedenste Strassentypen z.B. Verbindungsstrassen ausserorts.

Wie in den Ziffern 5.4 und 5.7 dargelegt wurde, weisen die Hauptverkehrsstrassen in Gegenüberstellung zu den Gesamtdaten 1984 und auch im Vergleich mit den Hochleistungsstrassen grössere Anteile schlechter Griffigkeitswerte auf. Das bedeutet auch, dass die 95%-Quantile dieser Strassenkategorien heute ungünstiger liegen als 1984. Im Durchschnitt bestehen heute also bei mehr Hauptverkehrsstrassen schlechtere Griffigkeitsverhältnisse als noch 1984, was als ungünstige Entwicklung taxiert werden muss.

Aus diesen Erkenntnissen müssen folgende Folgerungen gezogen werden:

- Es sind grundsätzliche Überlegungen zur Festlegung von Richtwerten der Mindestanforderungen der Griffigkeit je getrennt für Hauptverkehrsstrassen und Hochleistungsstrassen anzustellen. Die in Ziffer 6.4 angegebenen Besonderheiten der Anlageart sind nebenbei ebenfalls zu berücksichtigen. Dabei ist zu prüfen, ob die Anforderungen für Hauptverkehrsstrassen nicht zu verschärfen sind mit dem Zweck langfristig das sich seit 1984 verschlechterte Griffigkeitsniveau positiv zu beeinflussen.
- Durch allfällige Festlegungen höherer Griffigkeitsmindestanforderungen auf Hauptverkehrsstrassen liessen sich Anhaltewege verringern und damit auch die Anforderungen an die Sichtweiten reduzieren. Ersteres dürfte sich positiv auf das Unfallgeschehen (z.B. Auffahrunfälle, Fussgängerunfälle) auswirken. Das Zweite wäre als günstig für die Planung der Strassenraumgestaltung zu bewerten.

6.6 Festlegung von Richtwerten für Mindestanforderungen an die Fahrbahngriffigkeiten

Die heute geltenden Richtwerte der Mindestanforderungen gemäss SN 640 511b erscheinen im generellen Niveau zwar auch heute noch nicht unrichtig, obwohl sich seit 1984 in einzelnen Bereichen eine deutliche Verschlechterung der auf Schweizer Strassen vorhandenen Griffigkeiten eingestellt hat.

Um diesem ungünstigen Trend u.a. entgegen wirken zu können erscheint gerade eine Differenzierung der Mindestanforderungen dort nötig und zweckmässig wo eine Möglichkeit der positiven Einflussnahme durch die Normung besteht. Damit würden ähnliche Wege angepeilt wie sie auch in Frankreich beschrritten werden.

Grundsätzlich könnten etwa folgende Zielrichtungen bei der Konzipierung einer neuen Festlegung von Richtwerten für Mindestanforderungen sowie Bereichen bestimmter Qualitäten für Fahrbahngriffigkeiten anvisiert werden:

- Differenzierte Richtwerte von Mindestanforderungen an die Griffigkeiten von Fahrbahnen wie folgt:
 - Hochleistungsstrassen (Messgeschwindigkeit 80 km/h freie Strecke und 60 km/h bei tiefer signalisierten Höchstgeschwindigkeiten), Hochleistungsstrassen Rampen (Messgeschwindigkeit 60 km/h und 40 km/h)

- Hinweise mit \pm Bandbreiten je nach Anlageart (Tunnel, Brücken etc.)
- Hauptverkehrsstrassen ausserorts (Messgeschwindigkeiten 80 km/h und 60 km/h je nach Anlageart und Gelände)
 - Hinweise mit \pm Bandbreiten je nach Anlageart (Tunnel, Brücken, Verbindungsstrassen etc.)
- Hauptverkehrsstrassen innerorts (Messgeschwindigkeiten 40 km/h)
 - Hinweise für erhöhte Griffigkeitsanforderungen bei Knoten und Fussgängerstreifen.
- Richtwertebereiche eventuell mit Spannweiten für höhere Griffigkeiten als die Mindestanforderungen und Qualitätsstufen 5 bis 0 und Bewertungen schlecht, kritisch, ausreichend, mittel, gut in Anlehnung an die Zustandsbewertung bei den entsprechenden weiteren Fahrbahneigenschaften.
 - Differenzierung analog der Richtwerte für die Mindestanforderungen.

6.7 Überprüfung der Auswirkungen

Das in Ziffer 6.6 entworfene Konzept muss in allen Einzelheiten bzgl. der Festlegung von Richtwerten der Mindestanforderungen vor einer allfälligen Festlegung einer sorgfältigen Überprüfung unterzogen werden. Dabei sind folgende Aspekte zu bedenken und zu berücksichtigen:

- Einflüsse auf die Anhaltewege
- Einflüsse auf die vorhandenen Sichtweiten
- Einflüsse auf den baulichen Unterhalt
- Finanzielle Auswirkungen (Erhaltungsplanung, Werterhaltung)
- Konformität mit internationalen und vor allem europäischen Bestrebungen zur Festlegung von Mindestanforderungen und entsprechender Anpassung und Ergänzung bereits bestehender Normen und Richtlinien.

6.8 Richtwerte Messsystem SCRIM

Aufgrund der Erkenntnisse der vorliegenden Forschungsarbeit ergibt sich das Bedürfnis, die SCRIM-Griffigkeitserhebungen der ZEB-NS 1 2001 neu zusätzlich nach einer analogen Gliederung wie sie hier aufgeführt wurde auszuwerten. Dies deshalb, weil die Griffigkeitswerte ebenfalls bei unterschiedlichen Messgeschwindigkeiten auf verschiedenen Strassenkategorien der Nationalstrassen erfasst wurden.

Gleichzeitig sollten die neu im Jahre 2009 erfassten Griffigkeiten (SKM) zum Vergleich zugezogen werden. Erst in der Folge liessen sich provisorische Angaben zur Bewertung formuliert und allenfalls auch Richtwerte für Mindestanforderungen festlegen.

7 Empfehlungen

7.1 Erarbeitung eines Konzeptes zur Festlegung von Griffigkeitsanforderungen

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Forschungsauftrages soll empfohlen werden ein Konzept für die Festlegung von Richtwerten für Griffigkeitsanforderungen zu erarbeiten. Dieses Konzept sollte sich nebst den Fragen der Mindestanforderungen auch um die Belange der Qualitätsstufen für die Bewertung bestehender, gemessener Griffigkeitswerte annehmen. Zusätzlich gälte es abzuklären ob nicht im gleichen Rahmen von Festlegungen auch Anforderungen an die Abnahme von neu erstellten Fahrbahnoberflächen (Deckschichten) möglich und sinnvoll wären.

Dieses Konzept, einerseits basierend auf den im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages abgeleiteten Erkenntnissen und Folgerungen und andererseits unter Berücksichtigung von ausländischen Normungen und Festlegungen, sollte schliesslich die konkreten Grundlagen für die Normierung darstellen.

7.2 Überprüfung von neuen Festlegungen

Vor einer allfälligen Normierung sollten sämtliche Auswirkungen und Konsequenzen von geplanten, neuen Festlegungen in erster Linie hinsichtlich Verkehrssicherheit und in zweiter Linie bezüglich baulichem Unterhalt und Planung von Erhaltungsmaßnahmen abgeschätzt resp. bestimmt werden. Daraus gewonnene Erkenntnisse könnten zu Anpassungen der beabsichtigten Festlegungen führen. Dieser Arbeitsschritt erscheint deshalb nötig und zwingend, damit die formulierten und normierten Festlegungen praxistaugliche und dementsprechend auch breite Anwendung fänden. Damit liessen sich Unsicherheiten, wie sie bei der Anwendung der bestehenden Anforderungsnorm SN 640 511b auftreten in Zukunft sicher weitgehend vermeiden. Zur Überprüfung sind Experten der Fachkommission 2, Projektierung, zufolge von Auswirkungen und Einflüsse der Griffigkeitsmindestanforderungen auf Anhaltewege und Sichtweiten einzubeziehen. Einflüsse und Auswirkungen auf den baulichen Unterhalt und die Erhaltungsplanung wären durch die Fachkommission 7, Erhaltungsmanagement, zu überprüfen.

Im Weiteren wäre zusätzlich auch noch zu überlegen ob allenfalls im gleichen Zuge der Erarbeitung einer neuen Norm auch die Belange der Griffigkeitsanforderungen an winterliche Fahrbahnen mit einbezogen werden sollen (Fachkommission 6, Umwelt). Solche grundsätzlichen Abklärungen sollten ebenfalls im Rahmen der oben erwähnten Entwicklungen eines Konzeptes vorgenommen werden.

7.3 Normung

7.3.1 Ersatz der Norm SN 640 511b

Die im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages gewonnenen Erkenntnisse können zusammen mit dem noch zu generierenden Konzept für die Festlegungen der Anforderungen (Mindestrichtwerte, Qualitätsbereiche, Abnahmewerte) die Basis für eine neue zukünftige Norm „Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen“ bilden.

Eine Abstimmung mit den Normierungsarbeiten zur Norm „Griffigkeit, Messsysteme“ ist zwingend. Dabei sollten auch die Erkenntnisse aus dem Forschungsauftrag „Grundlagen zur Revision der Griffigkeitsnormen“ (Jacot, 2007) mit beachtet werden.

Ergänzend könnten allenfalls wie in 7.2 bereits erwähnt die Belange der Festlegung von Griffigkeitsanforderungen für winterliche Fahrbahnen gerade gleichzeitig mit einbezogen werden. Hierzu liegen neuere Erkenntnisse aus dem Forschungsauftrag „Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen“ (Lindenmann, 2010) vor.

7.3.2 Einflüsse auf die Revision der Norm SN 640 925b

Zeitgleich mit dem Abschluss des vorliegenden Forschungsauftrages ist eine Revision der Norm „Zustandserhebung und -bewertung von Fahrbahnen“ in Gang gesetzt worden. Einige der hier abgeleiteten Erkenntnisse sowie spätere Festlegungen haben Auswirkungen auf die Revision dieser Norm SN 640 925b. Hier wäre von Beginn der Revisionsarbeiten weg der entsprechende Informationsaustausch sicherzustellen (Fachkommission 7, Erhaltungsmanagement).

7.4 Weitere Arbeiten und Forschungsbedarf

7.4.1 Anforderungen an SCRIM-Griffigkeiten

Grundsätzlich liegen aus den damaligen netzweiten Erhebungen der Griffigkeiten auf den Nationalstrassen umfangreiche Erkenntnisse zum Griffigkeitsniveau vor (Lindenmann et al., 2003), allerdings fehlen die Aufgliederungen nach Strassenkategorien und Anlagearten, wie sie im vorliegenden Forschungsauftrag untersucht wurden. Eine solche Aufgliederung wäre aber ohne weiteres möglich.

Da die Erfahrung bei Beurteilungen mit SCRIM-Griffigkeiten in der Schweiz weitgehend fehlt, sind entsprechende Festlegungen auf der Basis der Messung 2001 verfrüht. Vielmehr sollten die neuen Erkenntnisse aus der netzweiten Erhebung der Griffigkeit mit dem SKM-Messsystem im Jahre 2009 abgewartet und dannzumal mit den Ergebnissen SCRIM 2001 verglichen werden. Damit erst wäre eine gute Basis für allfällige Festlegungen für Griffigkeitsmindestwerte von Schräglaufrad-Messsystemen vorhanden.

7.4.2 Griffigkeitsverhältnisse auf Innerortsstrassen

Die in diesem Forschungsauftrag bei Messgeschwindigkeit 40 km/h gemessenen Strassen ohne Rampen von Hochleistungsstrassen sind vor allem Strassen mit geringem Ausbaustandard, kurvige Streckenabschnitte und einige wenige Innerortsstrassen. Obwohl die im Rahmen dieses Forschungsauftrages ausgewerteten Griffigkeitsdaten eine relativ spärliche und bescheidene Basis für eine Übertragung der Resultate für die Bewertung der Griffigkeiten auf Hauptverkehrsstrassen innerorts darstellen, kann immerhin folgender Hinweis angegeben werden:

Das Thema Griffigkeit auf Innerortsstrassen sollte im Auge behalten und im Rahmen eines zukünftigen Forschungsauftrages vertieft untersucht werden. Die vorliegende Untersuchung deutet darauf hin, dass sich das Griffigkeitsniveau auf Hauptverkehrsstrassen innerorts verschlechtert hat. Diese ungünstige Entwicklung muss aufmerksam verfolgt werden, weil sich ungenügende Griffigkeitsverhältnisse im Innerortsverkehr fatal auswirken können (Anhaltewege bei Knotenzufahrten, Vorbereiche von Fussgängerstreifen etc.).

Neue Erkenntnisse aus einer entsprechenden Untersuchung (Forschungsauftrag) könnten helfen die heute weiterhin vorhandenen Unsicherheiten zu klären.

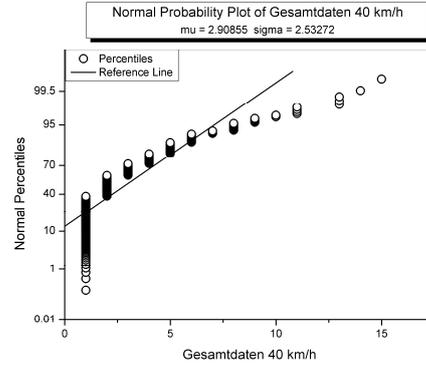
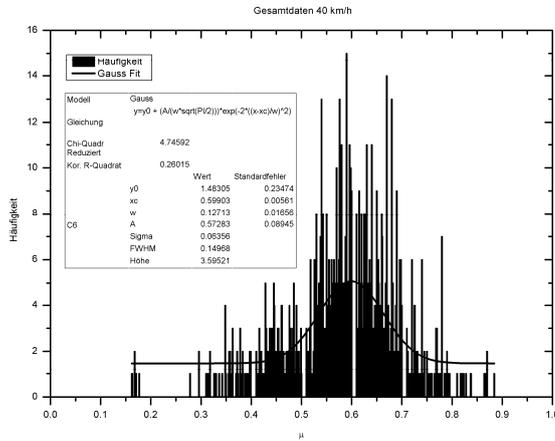
Anhang

Gesamtdaten	98
I.1 Gesamtdaten Häufigkeiten und Gauss Fit	98
Teildaten nach Messsystem	99
I.2 Teildaten SRM Häufigkeiten und Gauss Fit	99
I.3 Teildaten Skiddometer Häufigkeiten und Gauss Fit	100
I.4 Teildaten Skiddometer IVT Häufigkeiten und Gauss Fit	101
I.5 Teildaten Skiddometer SACR Häufigkeiten und Gauss Fit	102
Datenherkunft	103
I.6 Teildaten IVT Häufigkeiten und Gauss Fit	103
Teildaten Hochleistungsstrassen HLS	104
I.7 Teildaten HLS Häufigkeiten und Gauss Fit	104
I.8 Teildaten HLS freie Strecke Häufigkeiten und Gauss Fit	105
I.9 Teildaten HLS Tunnel Häufigkeiten und Gauss Fit	106
I.10 Teildaten HLS Brücken Häufigkeiten und Gauss Fit	107
I.11 Teildaten HLS Rampen Häufigkeiten und Gauss Fit	108
I.12 Teildaten HLS Beläge AB/AC Häufigkeiten und Gauss Fit	109
I.13 Teildaten HLS Beläge SMA Häufigkeiten und Gauss Fit	110
I.14 Teildaten HLS Beläge Beton Häufigkeiten und Gauss Fit	111
Teildaten Hauptverkehrsstrassen HVS	112
I.15 Teildaten HVS Häufigkeiten und Gauss Fit	112
I.16 Teildaten HVS freie Strecke Häufigkeiten und Gauss Fit	113
I.17 Teildaten HVS Tunnel Häufigkeiten und Gauss Fit	114
I.18 Teildaten HVS Brücken Häufigkeiten und Gauss Fit	115
I.19 Teildaten HVS Beläge AB/AC Häufigkeiten und Gauss Fit	116
I.20 Teildaten HVS Beläge SMA Häufigkeiten und Gauss Fit	117
I.21 Teildaten HVS Beläge Beton Häufigkeiten und Gauss Fit	118
Teildaten übrige Strassen	119
I.22 Teildaten übrige Strassen Häufigkeiten und Gauss Fit	119
SCRIM	120
I.23 Gesamtdaten SCRIM Häufigkeiten und Gauss Fit	120

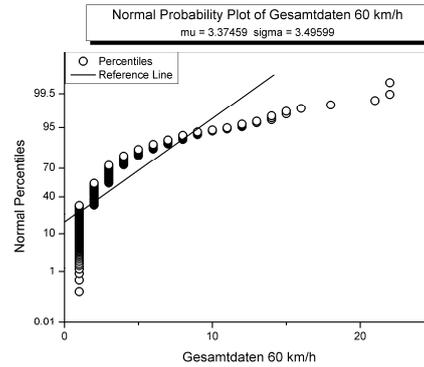
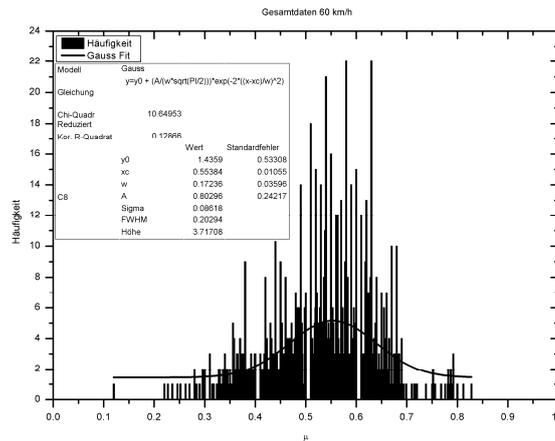
Gesamtdaten

I.1 Gesamtdaten Häufigkeiten und Gauss Fit

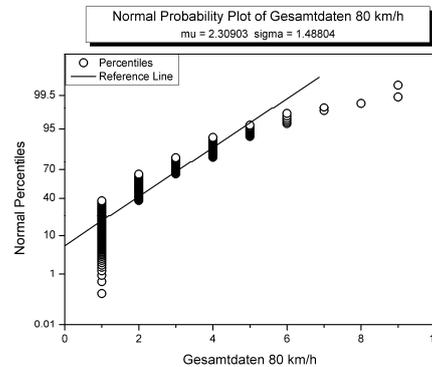
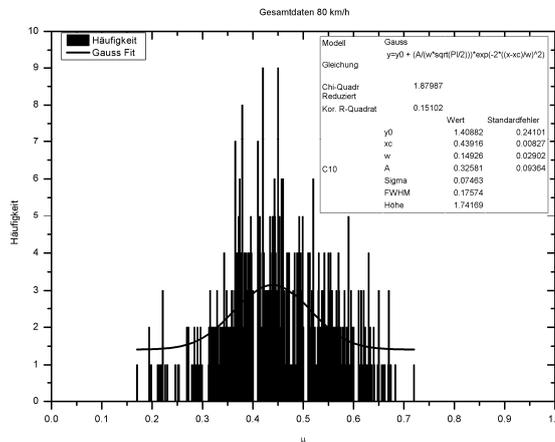
Gesamtdaten 40 km/h



Gesamtdaten 60 km/h



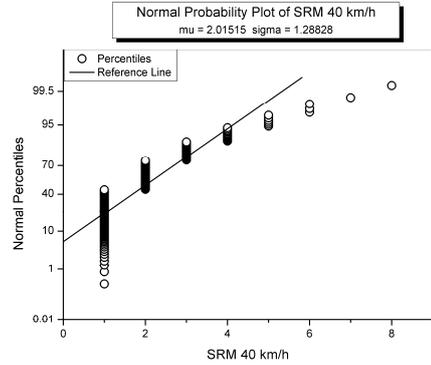
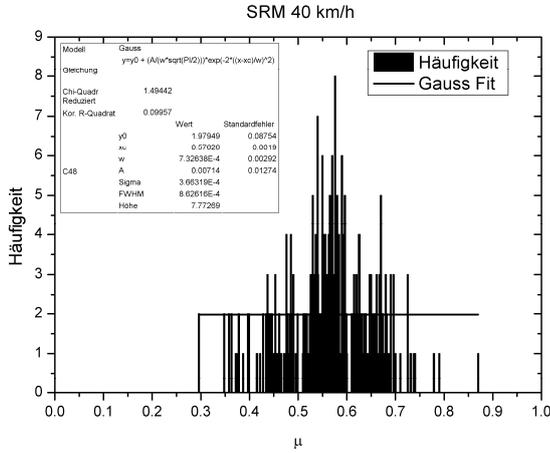
Gesamtdaten 80 km/h



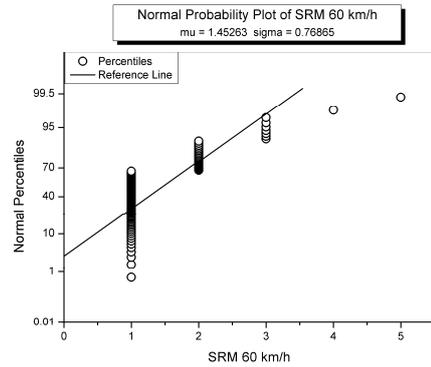
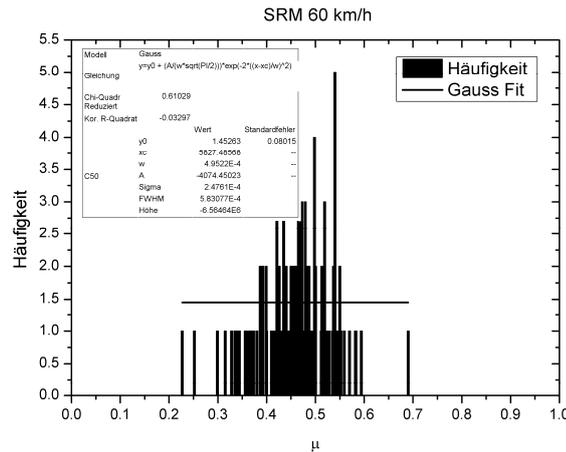
Teildaten nach Messsystem

I.2 Teildaten SRM Häufigkeiten und Gauss Fit

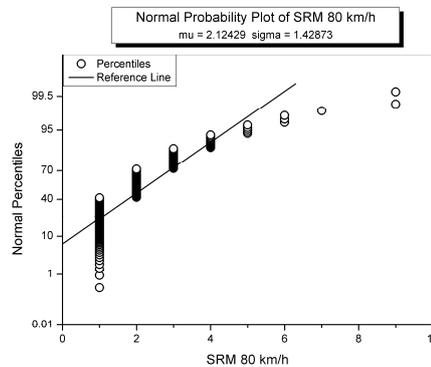
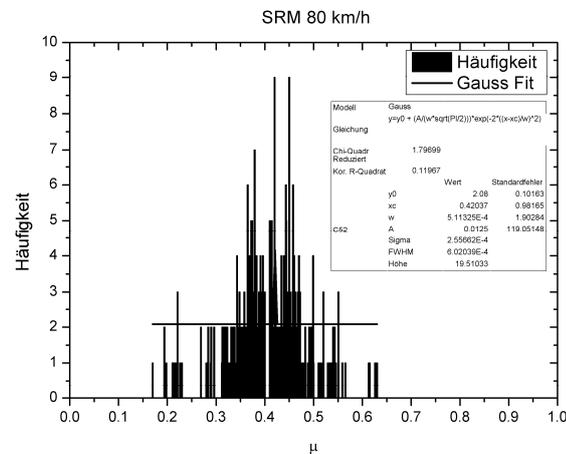
Teildaten SRM 40 km/h



Teildaten SRM 60 km/h

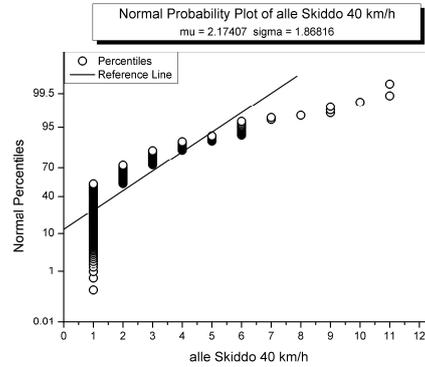
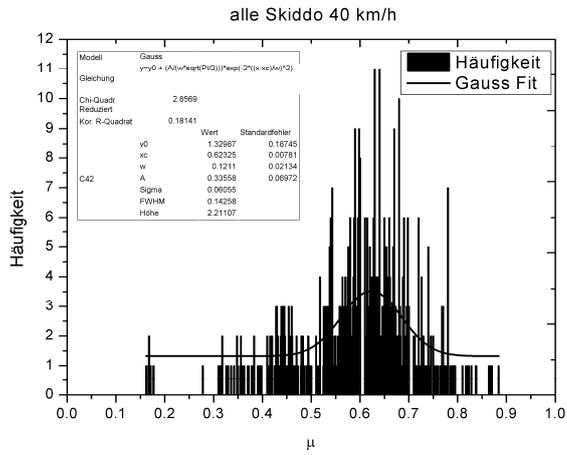


Teildaten SRM 80 km/h

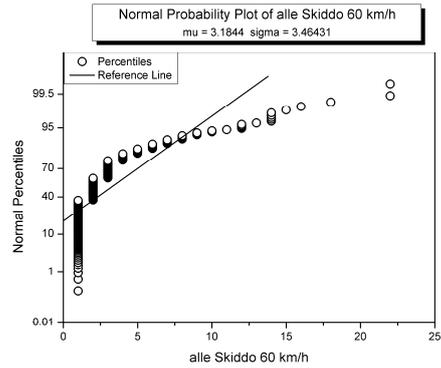
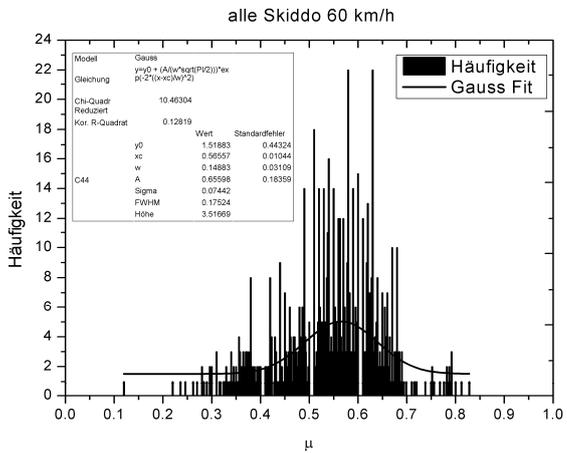


I.3 Teildaten Skiddometer Häufigkeiten und Gauss Fit

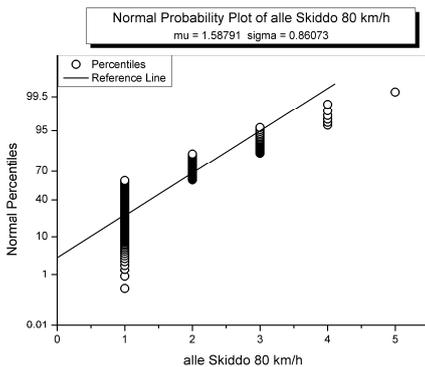
Teildaten Skiddometer 40 km/h



Teildaten Skiddometer 60 km/h

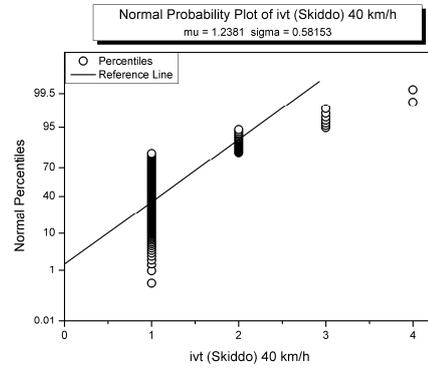
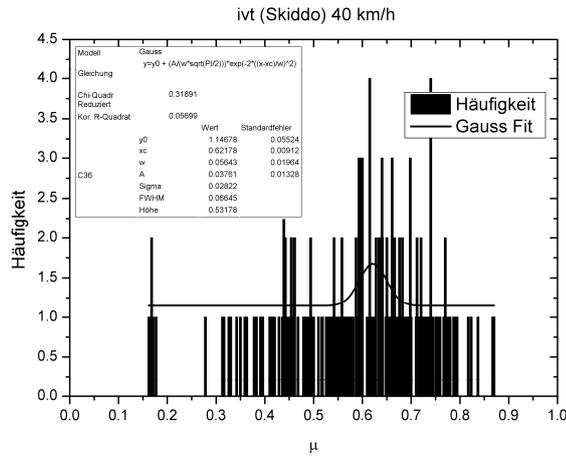


Teildaten Skiddometer 80 km/h

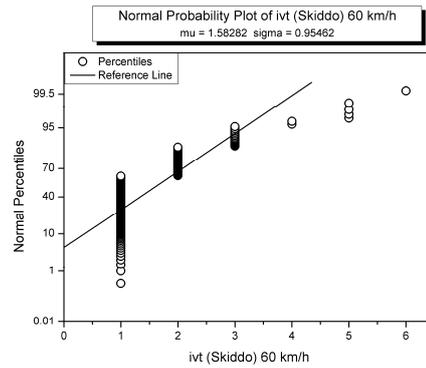
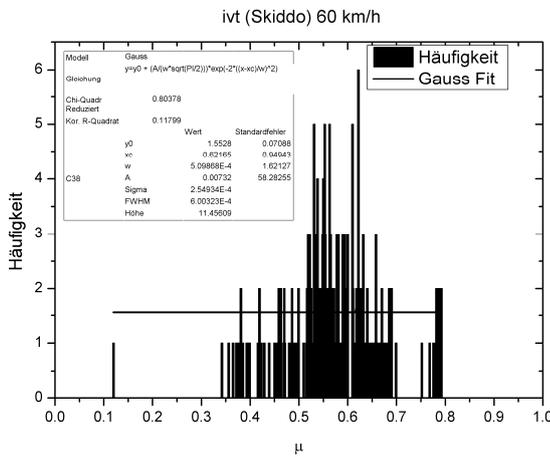


I.4 Teildaten Skiddometer IVT Häufigkeiten und Gauss Fit

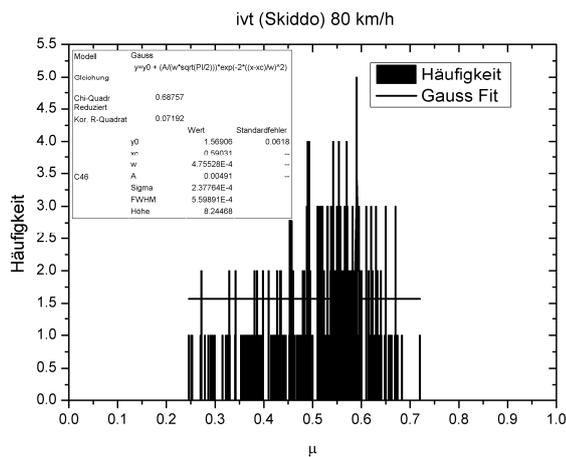
Teildaten Skiddometer IVT 40 km/h



Teildaten Skiddometer IVT 60 km/h

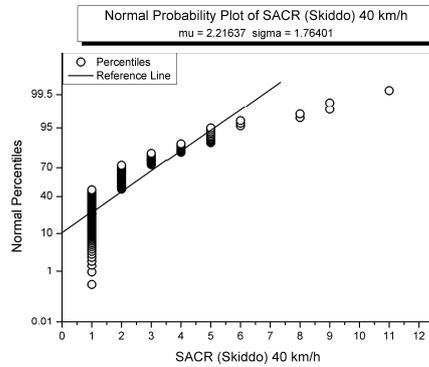
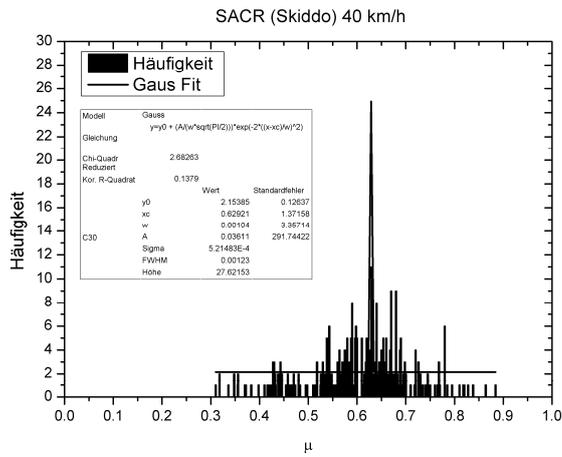


Teildaten Skiddometer IVT 80 km/h

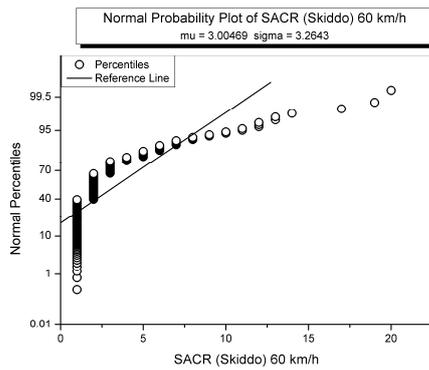
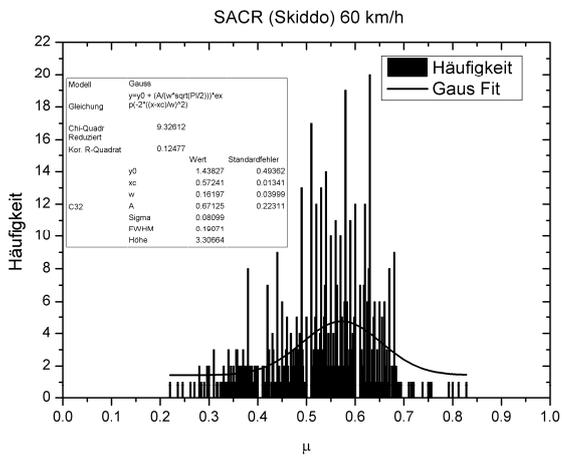


I.5 Teildaten Skiddometer SACR Häufigkeiten und Gauss Fit

Teildaten Skiddometer SACR 40 km/h



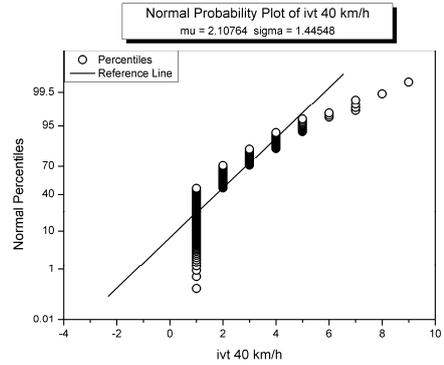
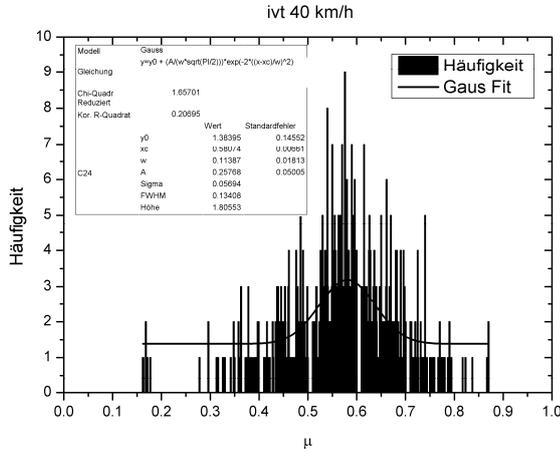
Teildaten Skiddometer SACR 60 km/h



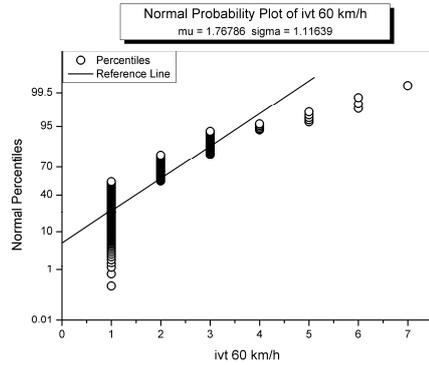
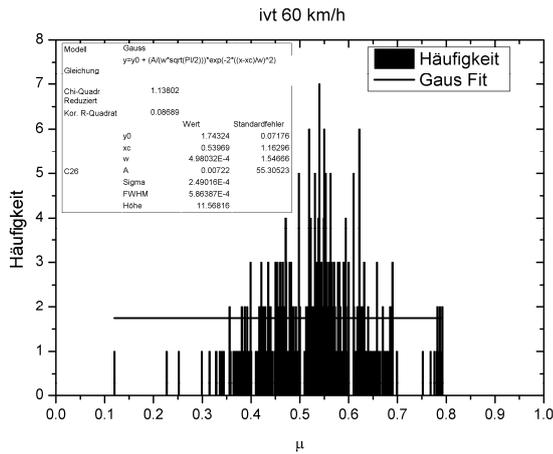
Datenherkunft

I.6 Teildaten IVT Häufigkeiten und Gauss Fit

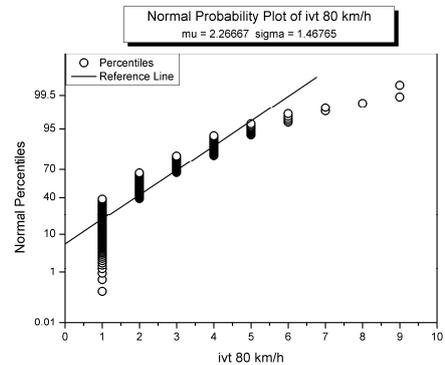
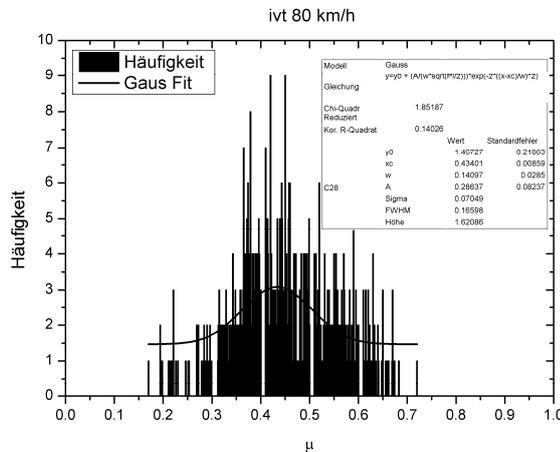
Teildaten IVT 40 km/h



Teildaten IVT 60 km/h



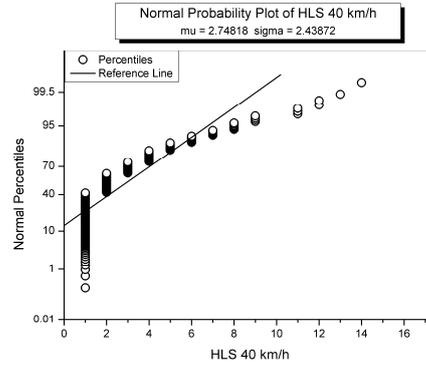
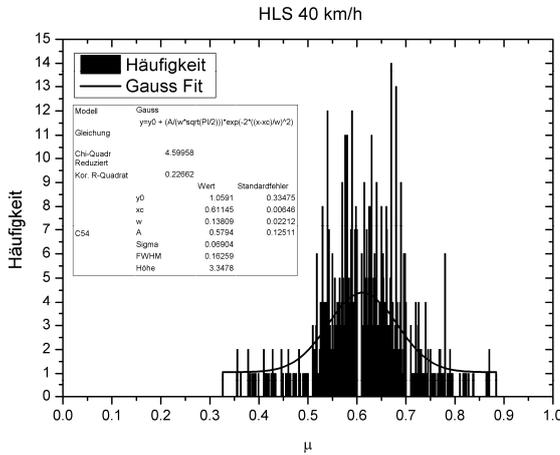
Teildaten IVT 80 km/h



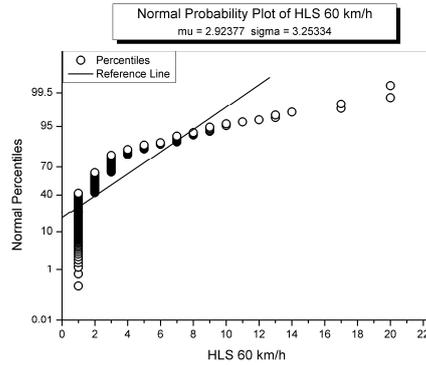
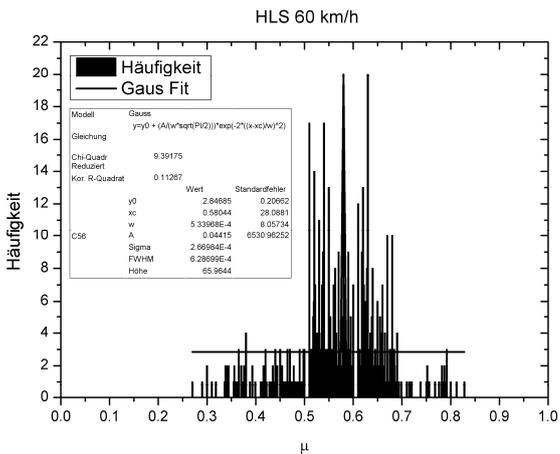
Teildaten Hochleistungsstrassen HLS

I.7 Teildaten HLS Häufigkeiten und Gauss Fit

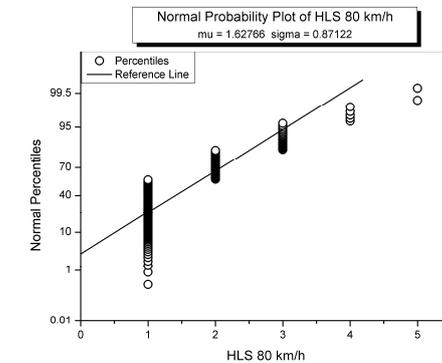
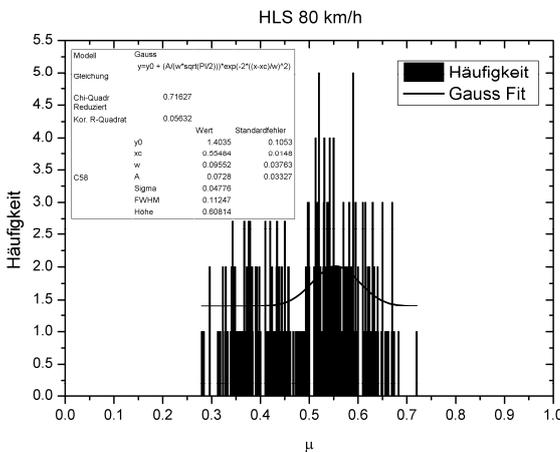
Teildaten HLS 40 km/h



Teildaten HLS 60 km/h

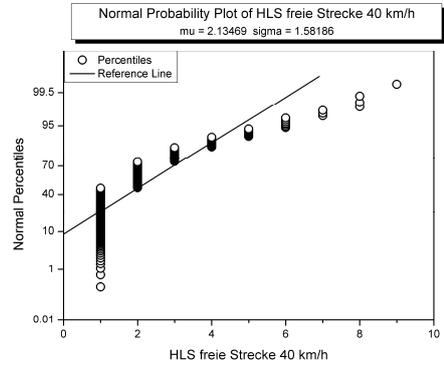
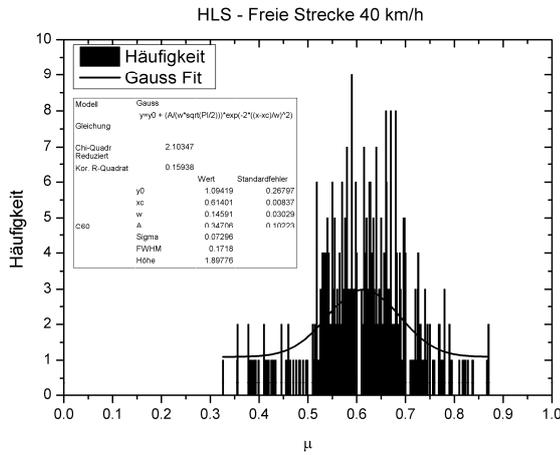


Teildaten HLS 80 km/h

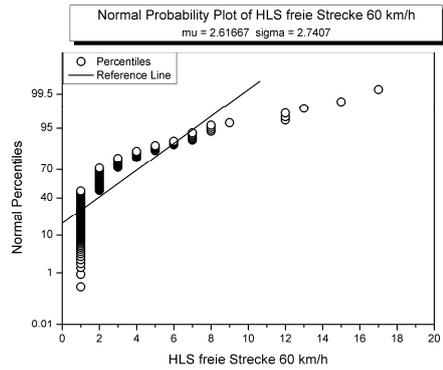
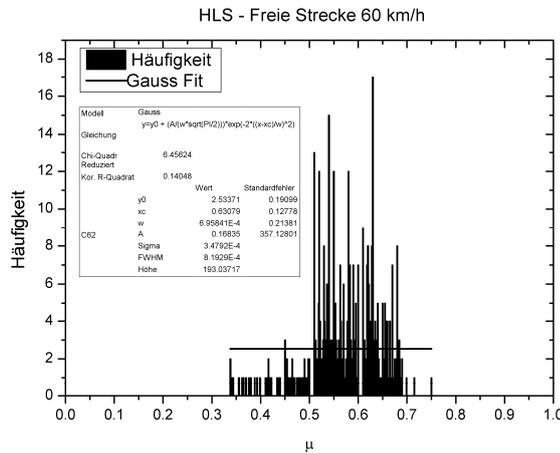


I.8 Teildaten HLS freie Strecke Häufigkeiten und Gauss Fit

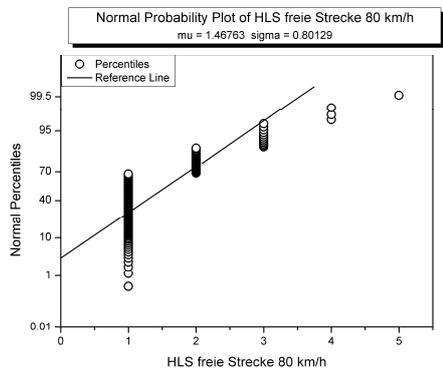
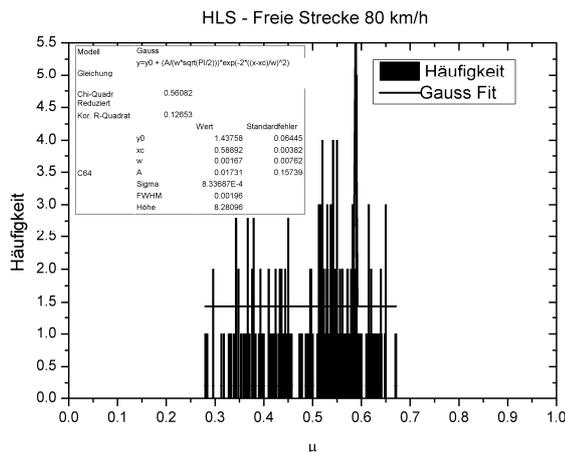
Teildaten HLS freie Strecke 40 km/h



Teildaten HLS freie Strecke 60 km/h

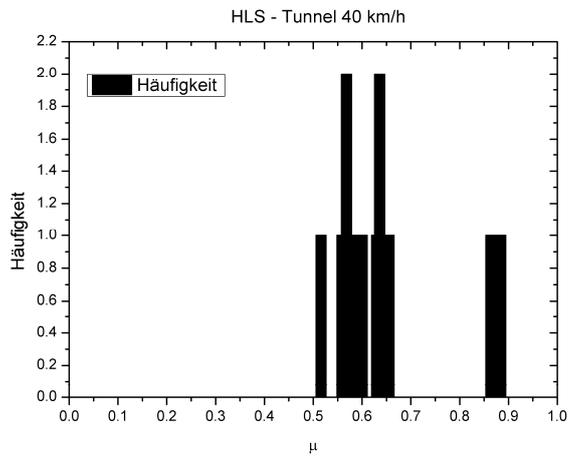


Teildaten HLS freie Strecke 80 km/h

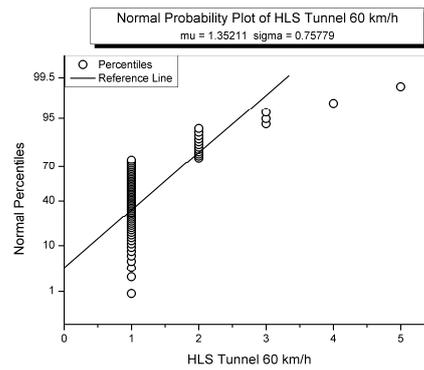
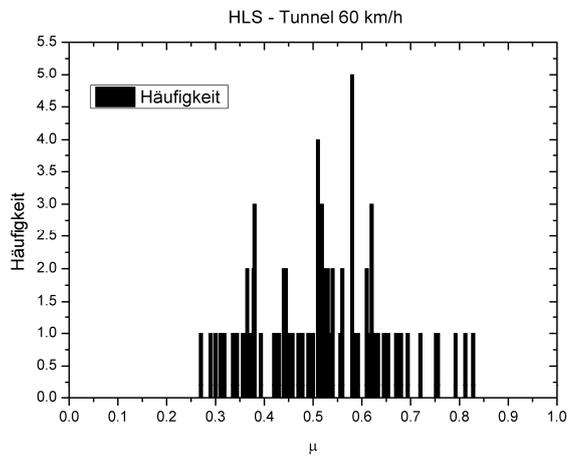


I.9 Teildaten HLS Tunnel Häufigkeiten und Gauss Fit

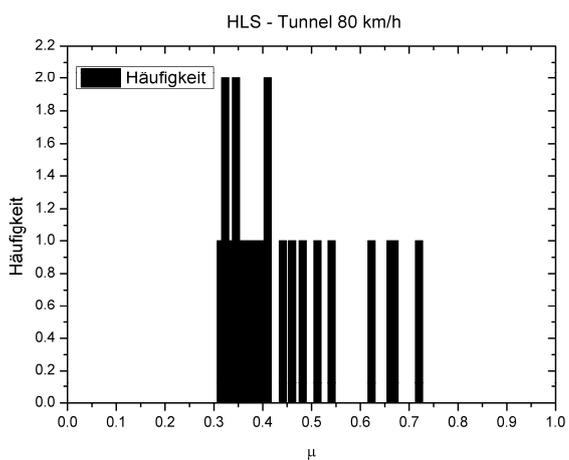
Teildaten HLS Tunnel 40 km/h



Teildaten HLS Tunnel 60 km/h

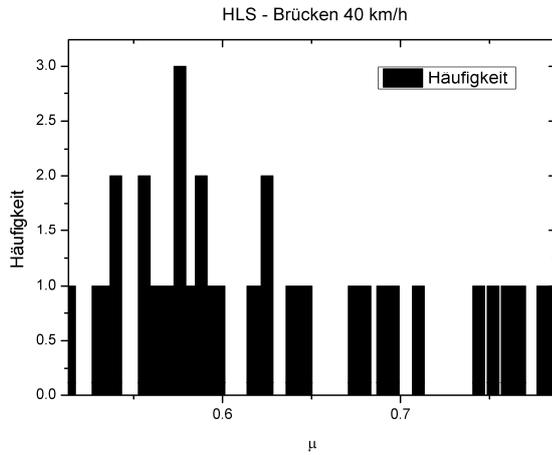


Teildaten HLS Tunnel 80 km/h

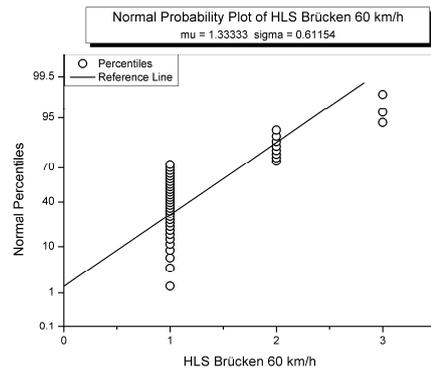
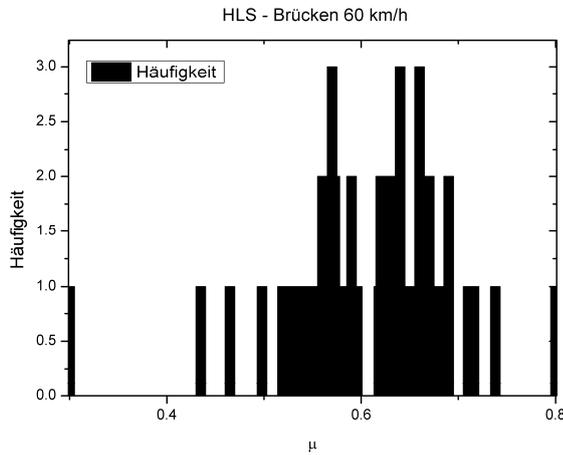


I.10 Teildaten HLS Brücken Häufigkeiten und Gauss Fit

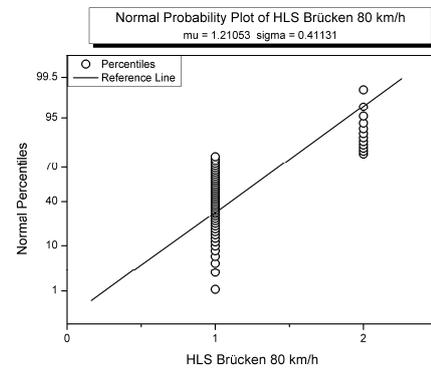
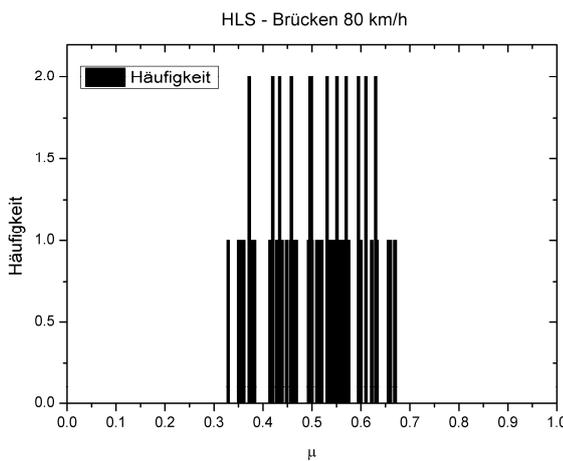
Teildaten HLS Brücken 40 km/h



Teildaten HLS Brücken 60 km/h

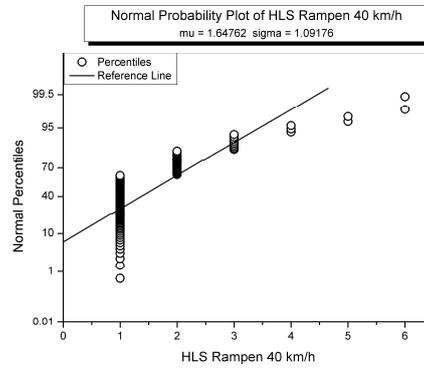
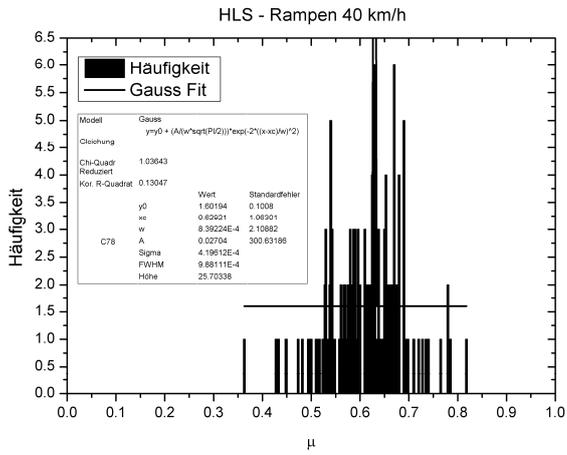


Teildaten HLS Brücken 80 km/h

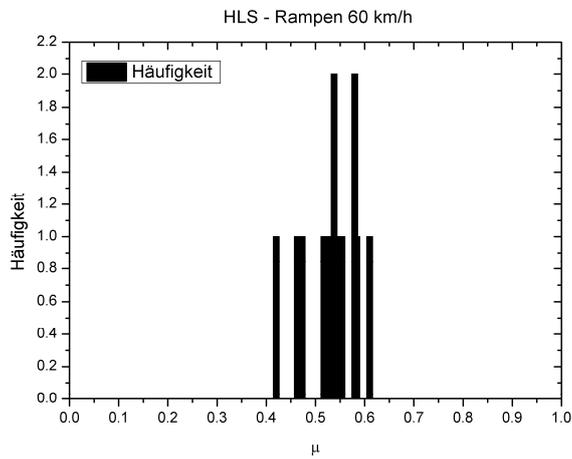


I.11 Teildaten HLS Rampen Häufigkeiten und Gauss Fit

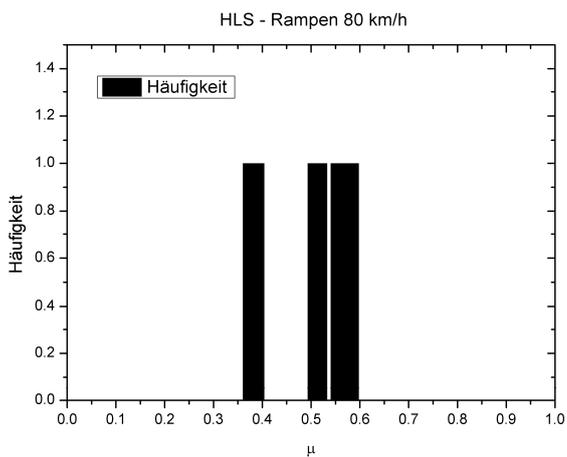
Teildaten HLS Rampen 40 km/h



Teildaten HLS Rampen 60 km/h

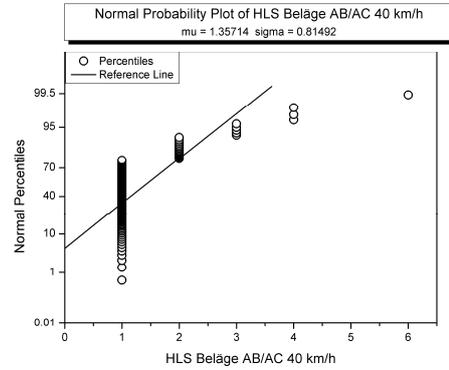
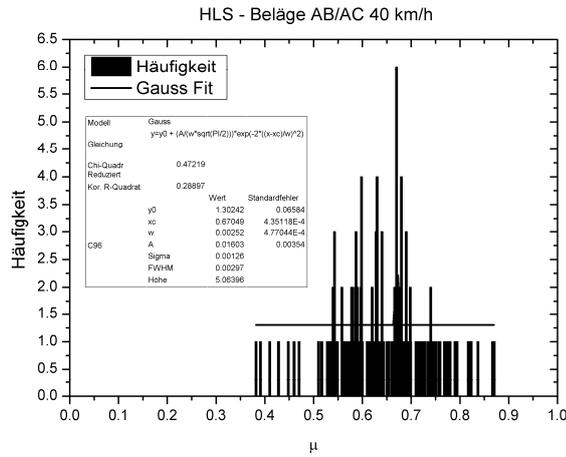


Teildaten HLS Rampen 80 km/h

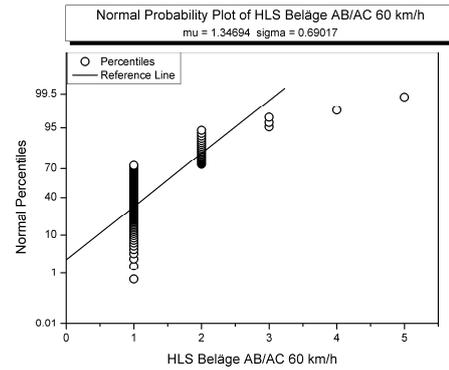
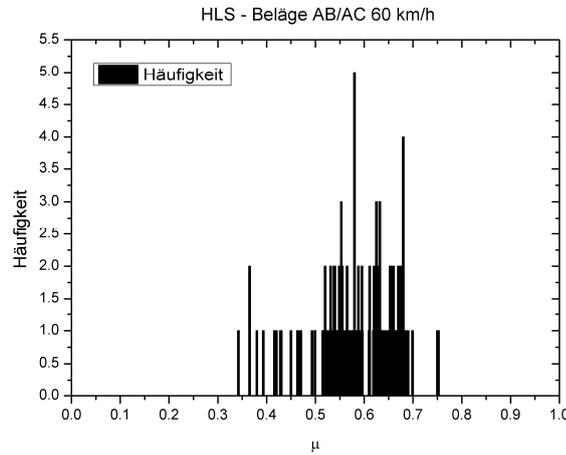


I.12 Teildaten HLS Beläge AB/AC Häufigkeiten und Gauss Fit

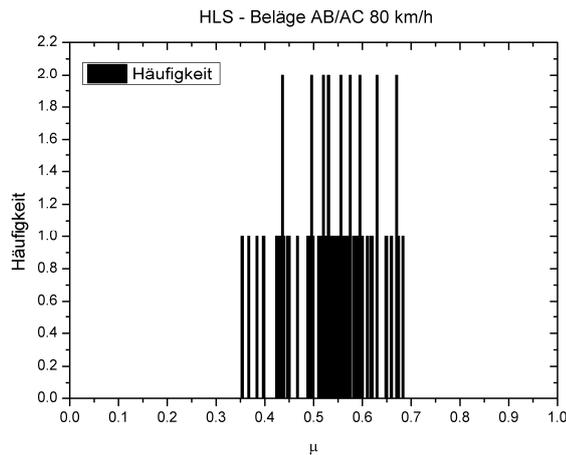
Teildaten HLS Beläge AB/AC 40 km/h



Teildaten HLS Beläge AB/AC 60 km/h

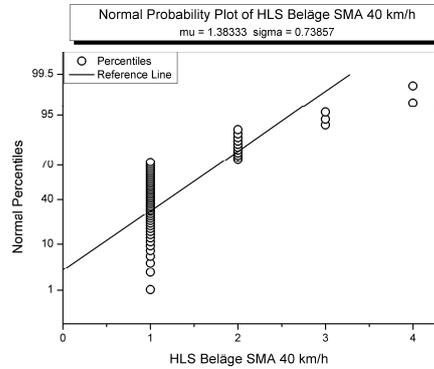
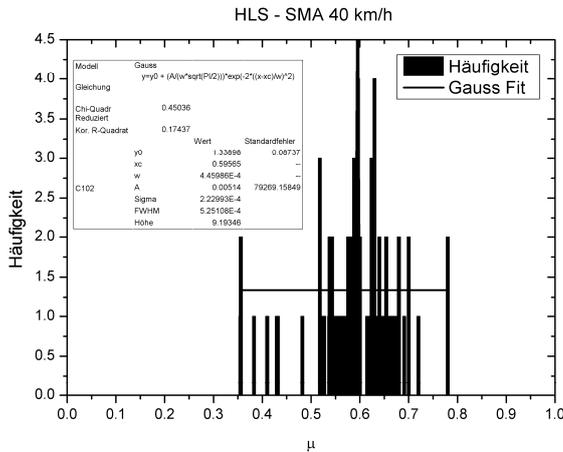


Teildaten HLS Beläge AB/AC 80 km/h

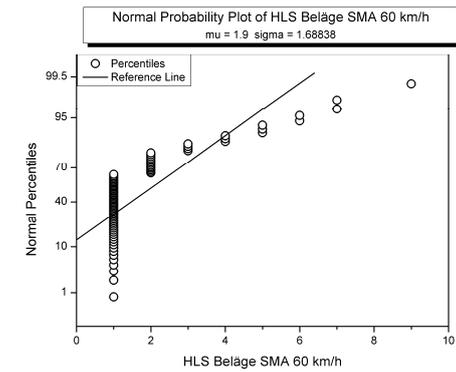
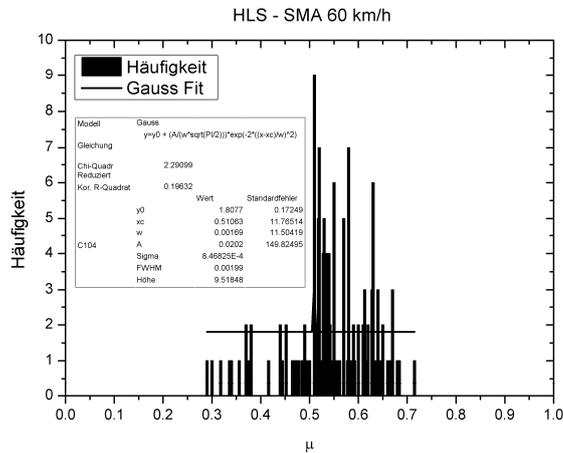


I.13 Teildaten HLS Beläge SMA Häufigkeiten und Gauss Fit

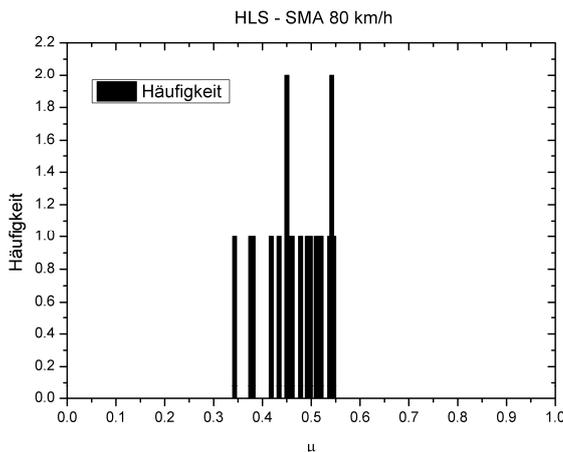
Teildaten HLS Beläge SMA 40 km/h



Teildaten HLS Beläge SMA 60 km/h

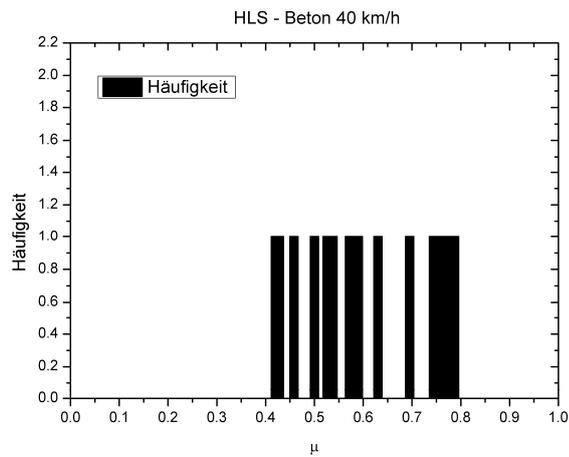


Teildaten HLS Beläge SMA 80 km/h

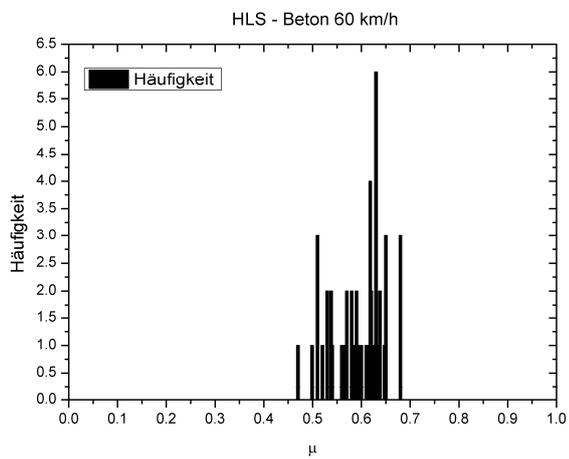


I.14 Teildaten HLS Beläge Beton Häufigkeiten und Gauss Fit

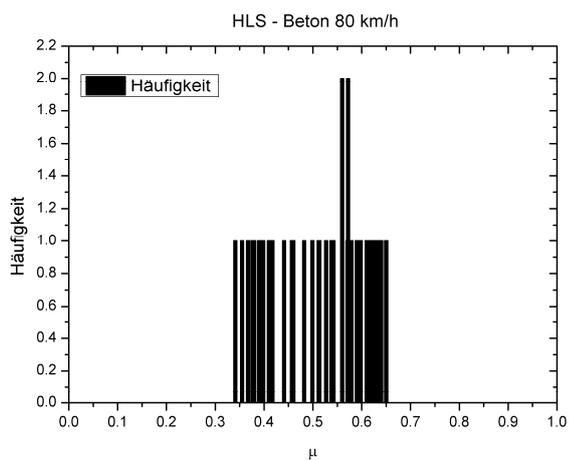
Teildaten HLS Beläge Beton 40 km/h



Teildaten HLS Beläge Beton 60 km/h



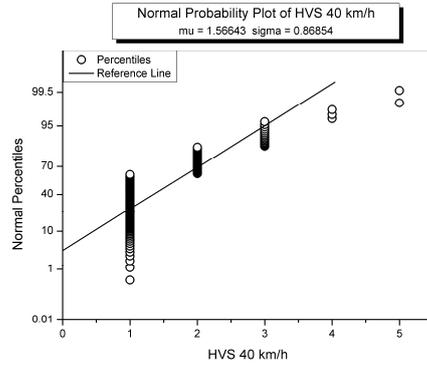
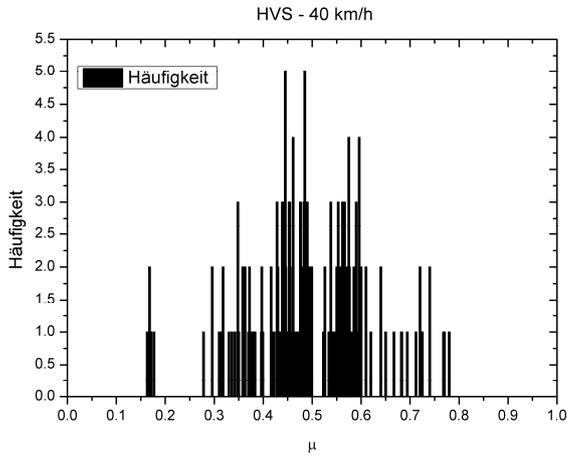
Teildaten HLS Beläge Beton 80 km/h



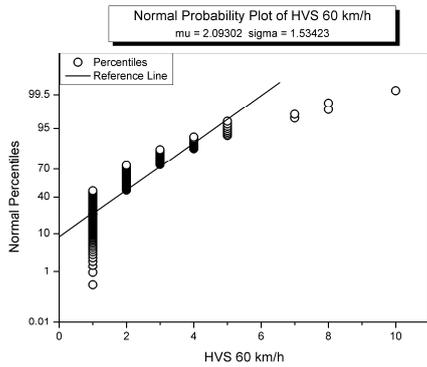
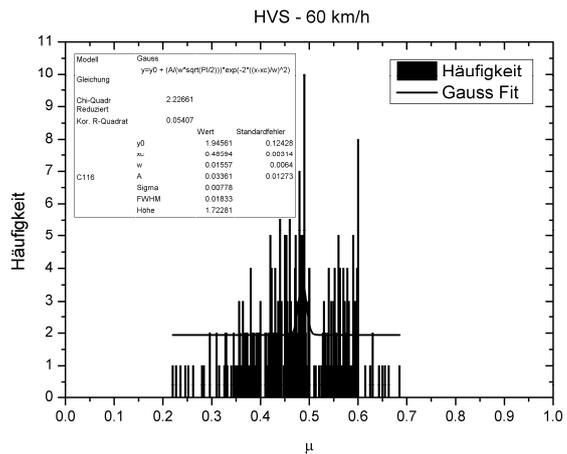
Teildaten Hauptverkehrsstrassen HVS

I.15 Teildaten HVS Häufigkeiten und Gauss Fit

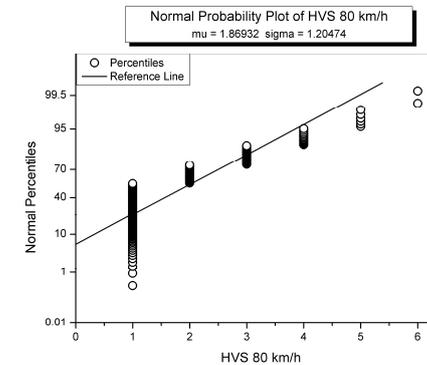
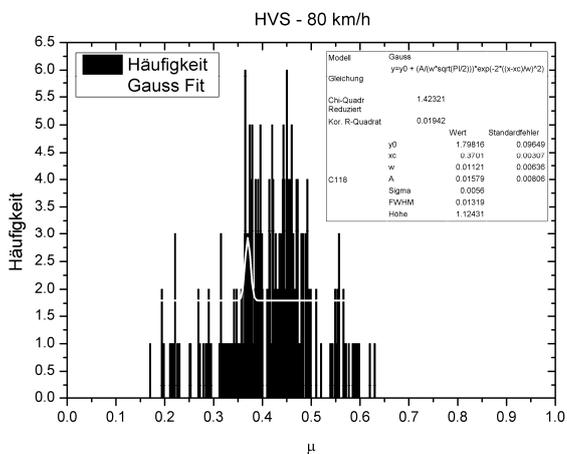
Teildaten HVS 40 km/h



Teildaten HVS 60 km/h

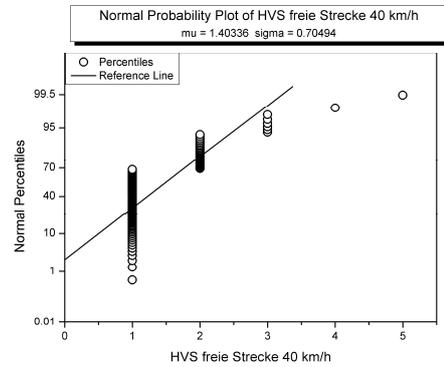
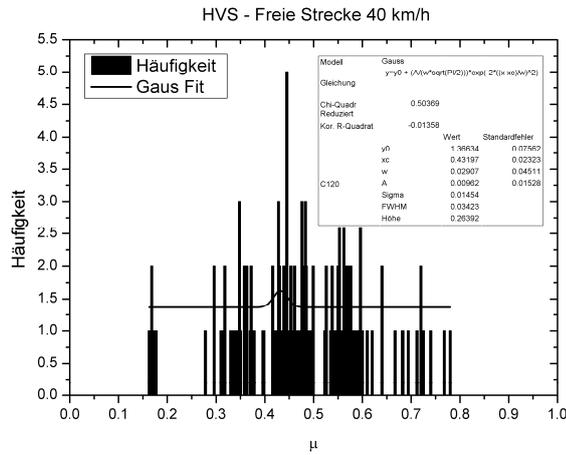


Teildaten HVS 80 km/h

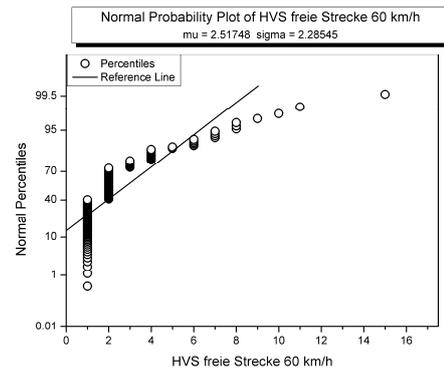
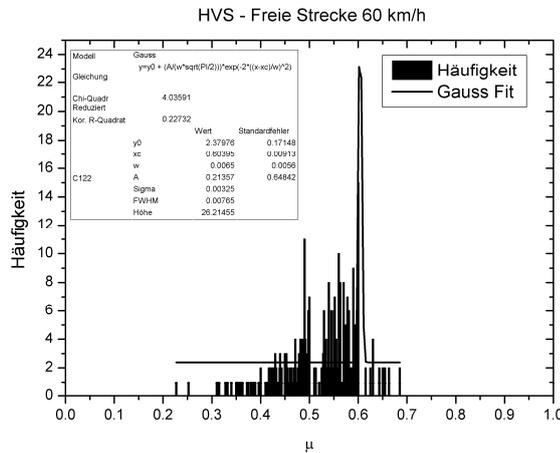


I.16 Teildaten HVS freie Strecke Häufigkeiten und Gauss Fit

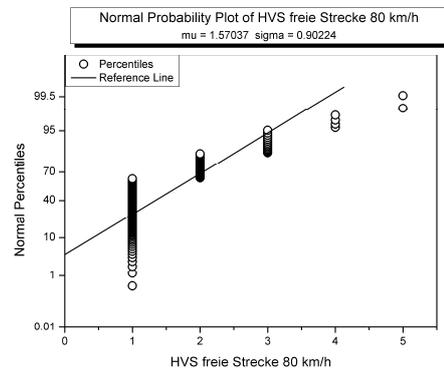
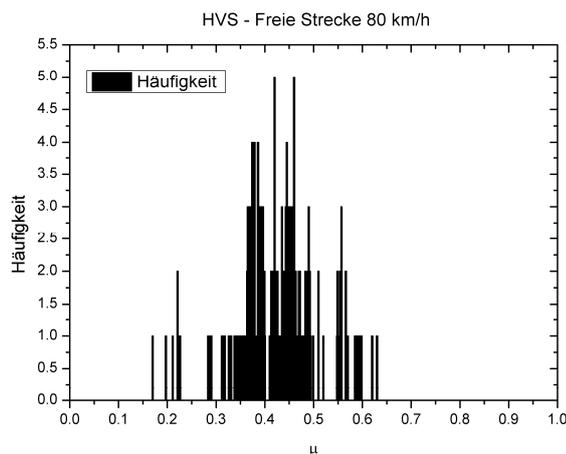
Teildaten HVS freie Strecke 40 km/h



Teildaten HVS freie Strecke 60 km/h

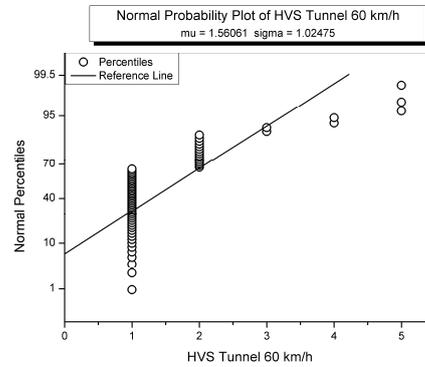
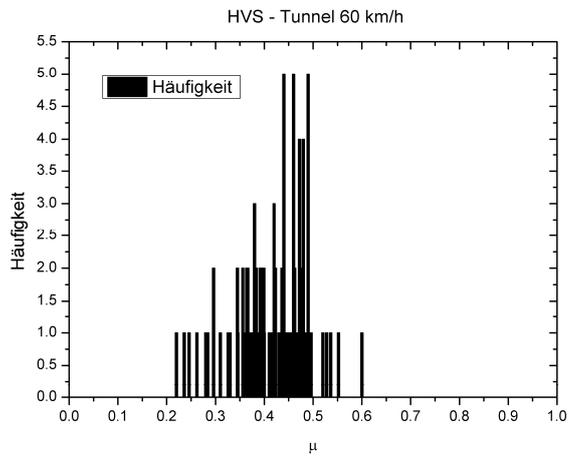


Teildaten HVS freie Strecke 80 km/h

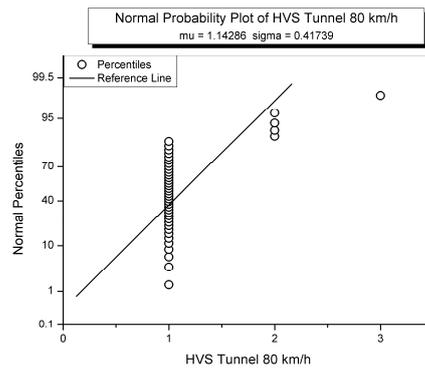
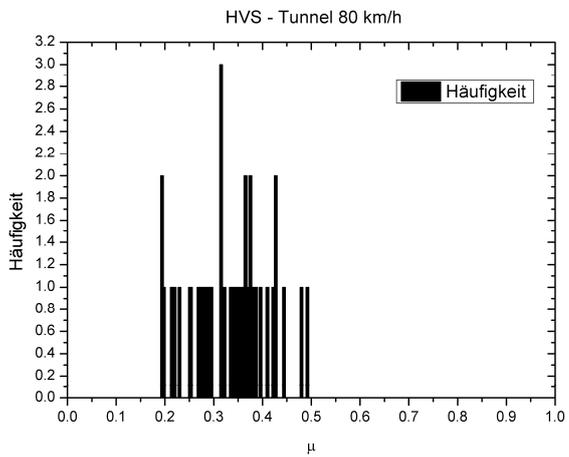


I.17 Teildaten HVS Tunnel Häufigkeiten und Gauss Fit

Teildaten HVS Tunnel 60 km/h

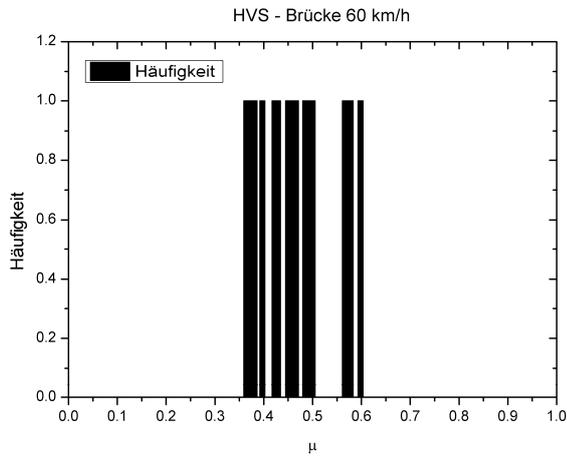


Teildaten HVS Tunnel 80 km/h

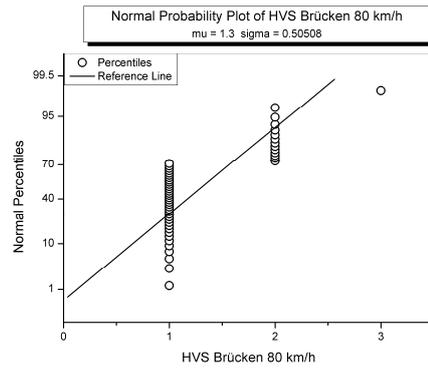
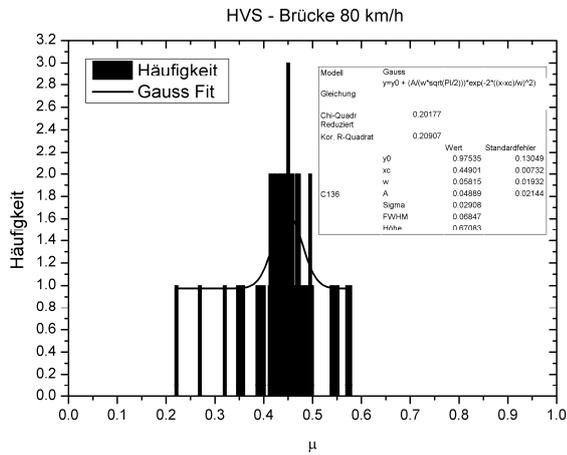


I.18 Teildaten HVS Brücken Häufigkeiten und Gauss Fit

Teildaten HVS Brücken 60 km/h

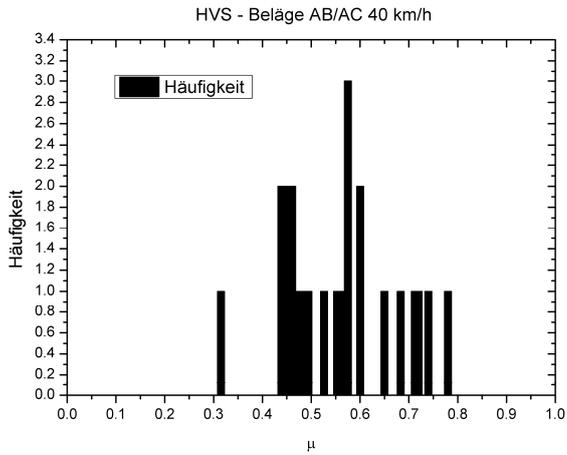


Teildaten HVS Brücken 80 km/h

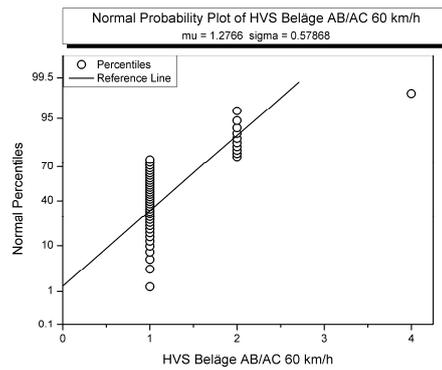
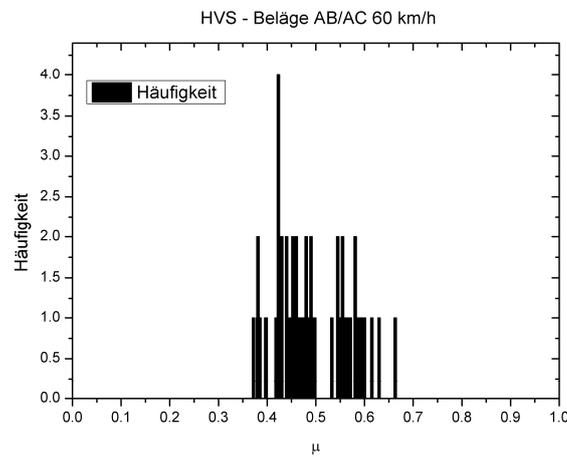


I.19 Teildaten HVS Beläge AB/AC Häufigkeiten und Gauss Fit

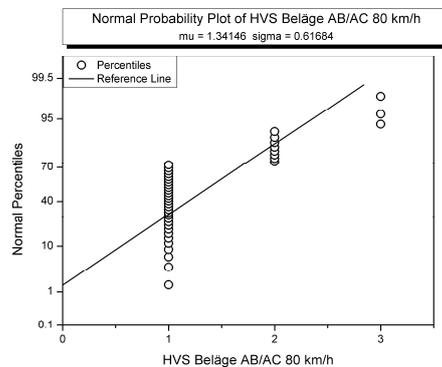
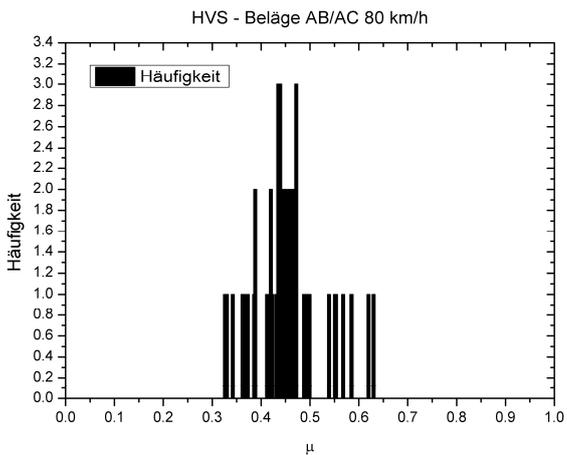
Teildaten HVS Beläge AB/AC 40 km/h



Teildaten HVS Beläge AB/AC 60 km/h

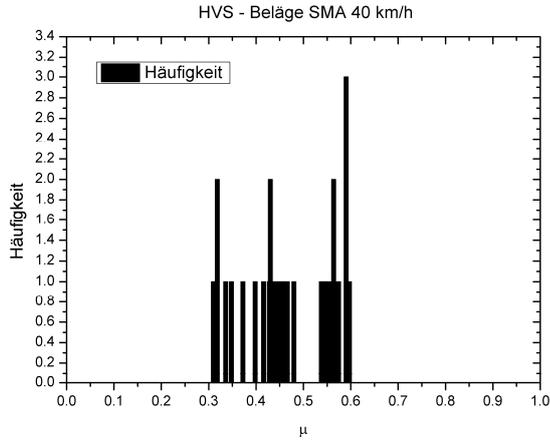


Teildaten HVS Beläge AB/AC 80 km/h

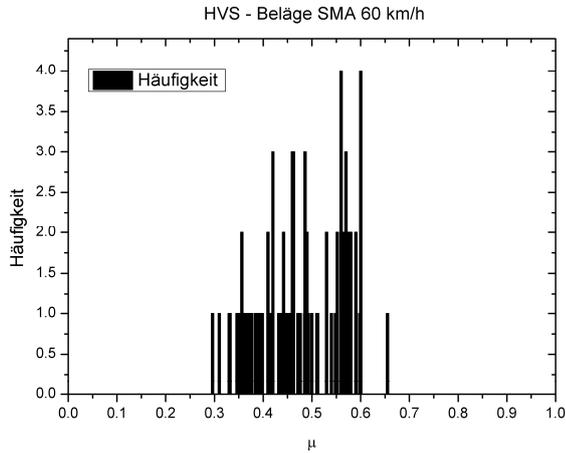


I.20 Teildaten HVS Beläge SMA Häufigkeiten und Gauss Fit

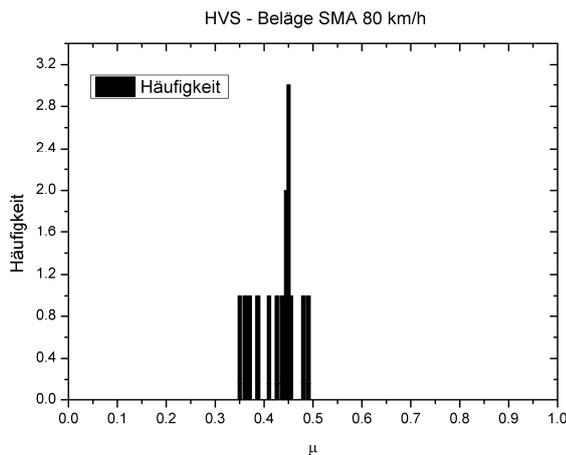
Teildaten HVS Beläge SMA 40 km/h



Teildaten HVS Beläge SMA 60 km/h

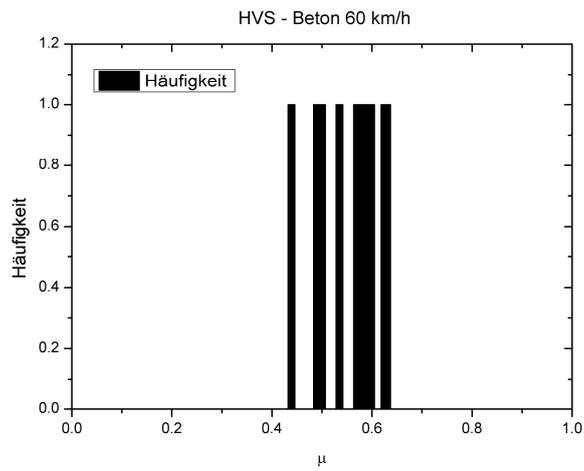


Teildaten HVS Beläge SMA 80 km/h

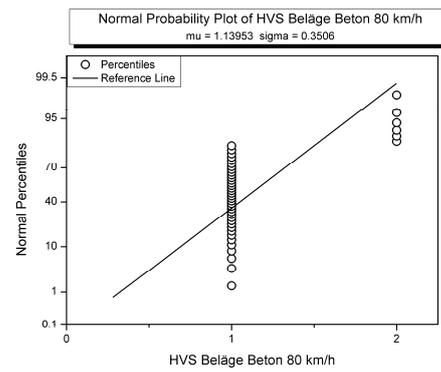
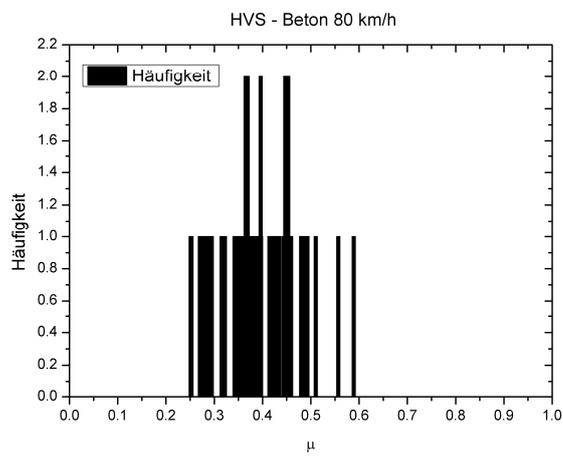


I.21 Teildaten HVS Beläge Beton Häufigkeiten und Gauss Fit

Teildaten HVS Beläge Beton 60 km/h



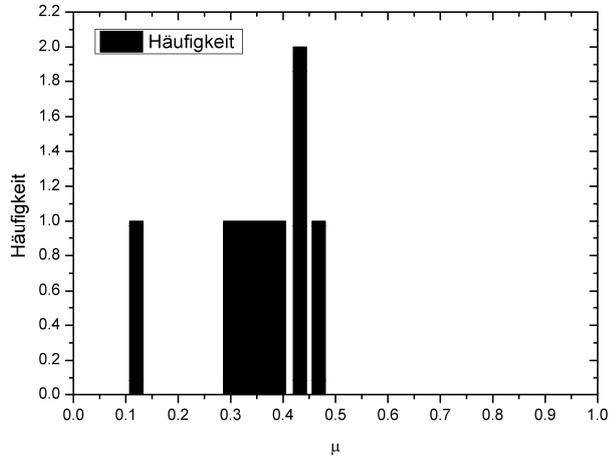
Teildaten HVS Beläge Beton 80 km/h



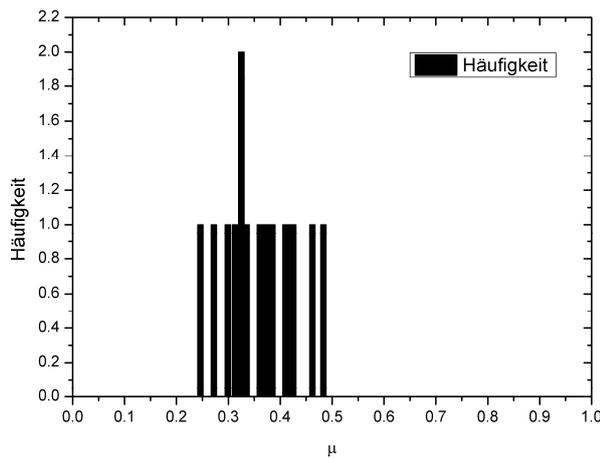
Teildaten übrige Strassen

I.22 Teildaten übrige Strassen Häufigkeiten und Gauss Fit

Teildaten übrige Strassen 60 km/h

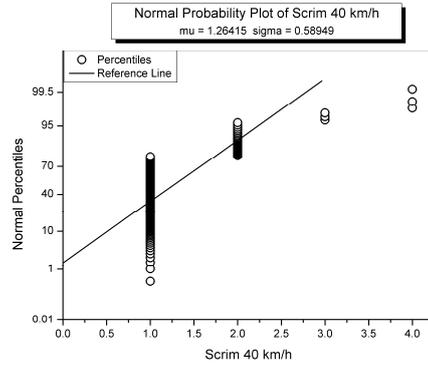
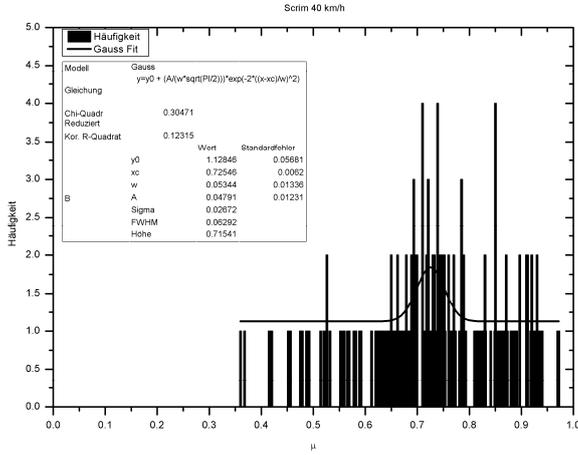


Teildaten übrige Strassen 80 km/h

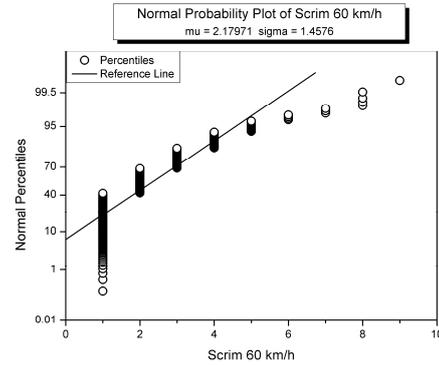
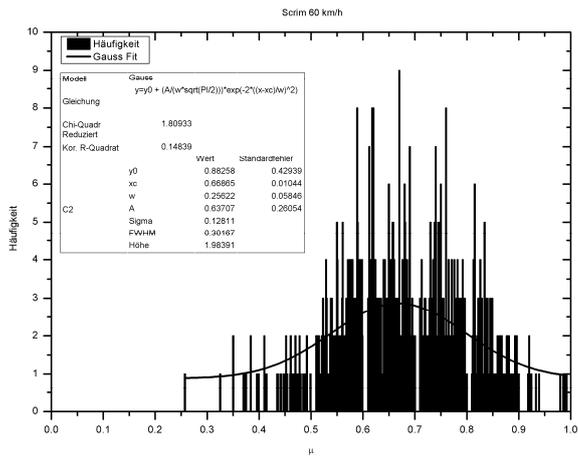


SCRIM

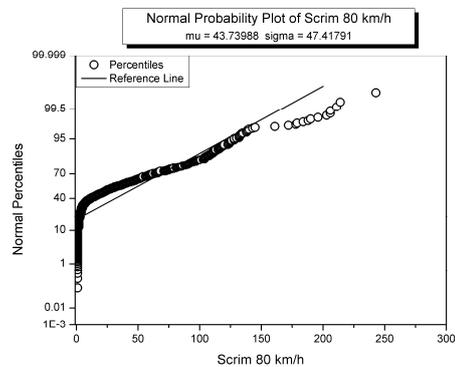
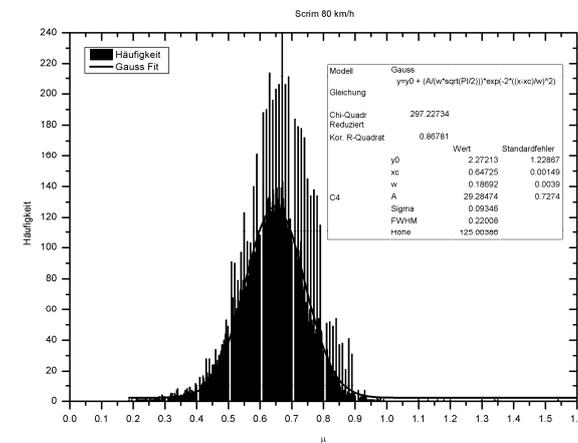
I.23 Gesamtdaten SCRIM Häufigkeiten und Gauss Fit Gesamtdaten SCRIM 40 km/h



Gesamtdaten SCRIM 60 km/h



Gesamtdaten SCRIM 80 km/h



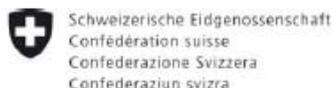
Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
AB/AC	Asphaltbeton / asphalt concrete
ISETH	Institut für Strassenbau der ETH Zürich (heute IVT)
μ	Reibungsbeiwert
SCRIM	Sidewayforce Coefficient Routine Investigation Machine
SKM	Seitenkraft-Messverfahren
SMA	Splitmastixasphalt
SRM	Stuttgarter Reibungsmesser
SRT-Pendel	Skid Resistance Tester (stationäres Griffigkeitsmessgerät)
ZEB-NS	Zustandserfassung und -bewertung der Nationalstrassen

Literaturverzeichnis

ASTRA/IMP, 2009	ASTRA (2009) Netzweite Erhebung der Griffigkeit mit dem Messsystem SKM, noch nicht veröffentlicht
Bühlmann, 1983.	BÜHLMANN F. (1983) Beurteilung der Griffigkeit auf Fahrbahnen, Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich, Mitteilung Nummer 53, Forschungsauftrag des EDI Nr. 20/76, Schlussbericht, Zürich
Bühlmann, 1991	BÜHLMANN F., H.P. LINDENMANN, P.SPACEK (1991) Sichtweiten, Überprüfung der Grundlagen zur VSS-Norm SN 640 090 Projektierungsgrundlagen, Sichtweiten, Schriftenreihe des IVT Nr. 89, Zürich
FGSV, 2001	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (2001) Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Strassenbau, Teil: Messverfahren SCRIM, TP Griff-StB (SCRIM), Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn, Arbeitsausschuss: Rauheit, Köln
FGSV, 2003	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (2003) Merkblatt zur Bewertung der Strassengriffigkeit bei Nässe, M BGriff, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn, Arbeitsausschuss: Rauheit, Köln
Horat, 2003	HORAT M., M. CAPREZ, L. SEILER (2003) Entwicklung der Griffigkeit von Strassenbelägen verschiedener Strassentypen in der Schweiz, Forschungsauftrag VSS 1996/031 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
Jacot, 2007	JACOT A., H.P. LINDENMANN, L. SEILER (2007) Grundlagen zur Revision der Griffigkeitsnormen (SN 640 510 & SN 640 511), Forschungsauftrag VSS 1999/298 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
Lindenmann et al., 2003	LINDENMANN H.P., F. SCHIFFMANN, T. WEBER, J.J. MÄDER, D. BAER, M. FONTANA (2003) Schlussbericht Zustandserfassung und -bewertung Nationalstrassen (Fahrbahnen) ZEB-NS (1999-2002), Bundesamt für Strassen ASTRA, 3003 Bern
Lindenmann, 2001	LINDENMANN H.P., M. CAPREZ, Y. CHABOT (2001) Griffigkeit auf Autobahnen, Vergleich der Messergebnisse SRM und SCRIM, Unterhalt 2000, Forschungsprojekt 6, Forschungsauftrag ASTRA 2000/423, Bern
Lindenmann, 2010	LINDENMANN, H.P., N. LEEMANN (2010) Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen, Forschungsauftrag ASTRA 2007/012, Bern
Pelloli, 1979	PELLOLI R. (1979) Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer –weitere Ergebnisse, Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der ETH Zürich, Mitteilung Nummer 41, Forschungsauftrag der VSS Nr. 20/76, Teilbericht, Zürich
Sachs, 2003	SACHS, L. (2003) Angewandte Statistik; Anwendung statistischer Methoden; 11. Auflage Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
SN 640 510b. 1985.	Schweizer Norm SN 640 510b (1985) Griffigkeit, Messverfahren, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
SN 640 511b. 1984.	Schweizer Norm SN 640 511b (1984) Griffigkeit, Bewertung, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
SN 640 925b. 2003.	Schweizer Norm SN 640 925b (2003) Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF) – Zustandserhebung und Indexbewertung, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich

Projektabschluss



Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

ARAMIS SBT

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 08.11.2010

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2005/702

Projekttitel: Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit

Enddatum: 6.12.2010

Projektleiter

Name: Vorname:

Amt, Firma, Institut:

Strasse, Nr.:

PLZ: Email:

Ort: Telefon:

Kanton, Land: Fax:

Texte:

Zusammenfassung der
Projektresultate:

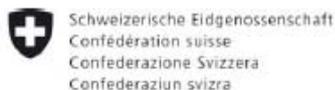
Gesamthaft konnte festgestellt werden, dass sich die Verteilung der Griffigkeitswerte auf den Schweizer Strassen 2009 gegenüber 1984 im Mittel wenig verändert hat. Im als ausreichend bis gut bewerteten Griffigkeitsniveaubereich zeigen sich die Anteile 2009 und 1984 sehr ähnlich. Bei den schlechten bis ungenügenden Griffigkeitsniveaus hat sich die Situation 2009 gegenüber 1984 verschlechtert. Dies bedeutet, dass in der Gesamtmenge der Griffigkeitswerte 2009 mehr ungenügende Griffigkeiten, welche ungünstiger als die geforderten Richtwerte für die Mindestgriffigkeiten sind, vorhanden waren als 1984. Weiter zeigte sich, dass die Anteile der tiefen und damit schlechten Griffigkeitswerte 2009 ihren Ursprung bei der Kategorie Hauptverkehrsstrassen haben, während die analogen Griffigkeitsbereiche bei den Hochleistungsstrassen 2009 fast identisch mit denjenigen der Gesamtdaten von 1984 sind.

Die Hauptverkehrsstrassen weisen 2009 in Gegenüberstellung zu den Gesamtdaten 1984 und auch im Vergleich mit den Hochleistungsstrassen grössere Anteile schlechter Griffigkeitswerte auf. Das bedeutet auch, dass die schlechtesten 5% der Griffigkeitswerte dieser Strassenkategorie heute ungünstiger liegen als 1984. Im Durchschnitt bestehen heute also bei mehr Hauptverkehrsstrassen schlechtere Griffigkeitsverhältnisse als noch 1984, was als ungünstige Entwicklung taxiert werden muss.

Es sind deshalb Überlegungen zur Festlegung von Richtwerten der Mindestanforderungen der Griffigkeit je getrennt für Hauptverkehrsstrassen und Hochleistungsstrassen anzustellen. Dabei ist zu prüfen, ob die Anforderungen für Hauptverkehrsstrassen nicht zu verschärfen wären mit dem Zweck, langfristig das sich seit 1984 verschlechternde Griffigkeitsniveau auf diesen Strassen positiv zu beeinflussen.

ARAMIS SBT: Aramis_nr_3

Seite 1 / 4



Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Das Ziel der Forschungsarbeit, die Überprüfung bzw. die Erarbeitung der Grundlagen zur Bewertung der Strassengriffigkeit, wurde teilweise erreicht. Für die Messsysteme Skiddometer und SRM liess sich aufzeigen, dass eine Unterscheidung nach Strassentypen und Anlageart prüfenswert wäre. Die Abschätzung der Auswirkungen von allfälligen Anpassungen der Richtwerte für Mindestanforderungen war nicht Teil dieses Forschungsauftrages, erscheint aber für eine Normüberarbeitung unabdingbar.

Für die Bewertung von Griffigkeitswerten von Erhebungen mit den Messsystemen SCRIM konnte gezeigt werden, dass ein separater Bewertungshintergrund notwendig ist. Für die Erstellung sollten aber noch die Ergebnisse des FA VSS 2009/703 „Zusammenhang Textur und Griffigkeit von Fahrbahnen und Einflüsse auf die Lärmemission“ abgewartet werden.

Folgerungen und
Empfehlungen:

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Forschungsauftrages wird empfohlen, ein Konzept für die Festlegung von Richtwerten für Griffigkeitsanforderungen zu erarbeiten. Dieses Konzept sollte sich nebst den Fragen der Mindestanforderungen auch um die Belange der Bewertung der Griffigkeit bestehender Anlagen verschiedener Zustände der Fahrbahnen annehmen.

Vor einer allfälligen Normierung sollten sämtliche Auswirkungen und Konsequenzen von geplanten, neuen Festlegungen in erster Linie hinsichtlich Verkehrssicherheit und in zweiter Linie bezüglich baulichem Unterhalt und Planung von Erhaltungsmaßnahmen abgeschätzt werden. Im Weiteren wäre zusätzlich auch noch zu überlegen ob allenfalls im gleichen Zuge der Erarbeitung einer neuen Norm auch die Belange der Griffigkeitsanforderungen auf winterlichen Fahrbahnen mit einbezogen werden sollten.

Die im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages gewonnenen Erkenntnisse bilden zusammen mit dem noch zu generierenden Konzept für die Festlegungen der Anforderungen (Mindestrichtwerte, Qualitätsbereiche, Abnahmewerte) die Basis für eine neue zukünftige Norm „Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen“. Da die Erfahrungen zur Beurteilung von SCRIM-Griffigkeiten in der Schweiz weitgehend fehlen, sind entsprechende Festlegungen allein auf der Basis der Messung 2001 verfrüht. Vielmehr sollten die neuen Erkenntnisse aus der netzweiten Erhebung der Griffigkeit mit dem SKM-Messsystem im Jahre 2009 abgewartet und dann zumal mit den Ergebnissen SCRIM 2001 verglichen werden.

Publikationen:

Lindenmann, H.P., F. Baumgartner, A. Jacot, E. Kälin (2010). Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit. UVEK-Schriftenreihe Nr. (noch offen), VSS, Zürich

Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:

Die im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages durchgeführte Überprüfung der Grundlagen für die Bewertung der Griffigkeit und der Festlegung von Richtwerten für Griffigkeitsmindestanforderungen erlauben erstmals, nebst der Bestimmung der Veränderungen des grundsätzlich auf Schweizer Strassen vorherrschenden Griffigkeitsniveaus 2009 gegenüber 1984, die Ermittlung der 2009 vorliegenden Griffigkeitsniveaus getrennt für Hochleistungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen ausserorts. Zusätzlich erfolgte eine Separierung der Griffigkeitsniveaus für die Strassen nach Fahrbahnen, der freien Strecke, auf Brücken und in Tunneln. Dabei konnten folgende neuen Erkenntnisse gewonnen werden:

- Das Griffigkeitsniveau hat sich, über alle Strassen betrachtet, in den vergangenen 25 Jahren praktisch nur sehr geringfügig verändert.
- Die Griffigkeitsniveaus von Hochleistungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen unterscheiden sich stark; vor allem die schlechteren Griffigkeiten (95%-Quantile) liegen bei den Hauptverkehrsstrassen deutlich ungenügender als bei den Hochleistungsstrassen.
- Während Brückenabschnitte bessere Griffigkeitsverhältnisse als der Durchschnitt sowohl bei Hauptverkehrsstrassen als auch bei Hochleistungsstrassen aufweisen, ist es bei Fahrbahnen in Tunneln umgekehrt. In Tunneln von Hauptverkehrsstrassen zeigten sich vereinzelt völlig ungenügende Griffigkeiten gemessen an den Richtwerten der Mindestanforderungen.

Die Zielsetzung gemäss Forschungsauftrag liessen sich, was die Überprüfung der Grundlagen und die verlangte Differenzierung betrifft, gut erfüllen. Eine abschliessende Interpretation der Ergebnisse mit schlüssigen Folgerungen war indessen nur teilweise möglich. Es bedarf einer erneuten Diskussion der Erkenntnisse, insbesondere eine Abschätzung und Analyse der Sensitivität der Auswirkungen von in Betracht zu ziehenden Anpassungen der gültigen Normen, welche Richtwerte für Mindestanforderungen der Griffigkeiten definieren (SN 640 511b).

Umsetzung:

Zur Umsetzung der verschiedenen Erkenntnisse zur Revision der entsprechenden Normen, resp. neuer Normen, ist eine eingehende Diskussion der Auswirkungen allfällig angepasster oder nach Strassenkategorien gegliederter Richtwerte der Mindestanforderungen unumgänglich. Diese muss koordiniert zwischen den Experten der Fachkommissionen 7, 2 und 3 erfolgen, da nebst den erforderlichen Griffigkeitsnormen Normen der Projektierung und der Verkehrstechnik betroffen sind, und allfällige Änderungen bei den Anforderungen an die Griffigkeit weitreichende Einflüsse und Konsequenzen haben.

Schliesslich sollte grundsätzlich diskutiert werden, ob und wie Einfluss auf das sich generell verschlechternde Griffigkeitsniveau auf Hauptverkehrsstrassen, vor allem ausserorts, teilweise auch innerorts, genommen werden könnte.

weitergehender Forschungsbedarf:

Obwohl die Griffigkeit bei tieferen Geschwindigkeiten gegenüber höheren Geschwindigkeiten bzgl. Verkehrssicherheit nicht die gleiche Bedeutung hat, sind auch bei Geschwindigkeiten im Innerortsbereich genügende Griffigkeiten wichtig. Über die Griffigkeitsniveaus auf Hauptverkehrsstrassen innerorts, insbesondere auch örtliche (z.B. Knotenbereiche, Fussgängerstreifen), sind bisher noch wenige Grundlagen und Erkenntnisse aus Untersuchungen bekannt. Es besteht eine deutliche Lücke im Kenntnisstand womit hier ein konkreter, begrenzter Forschungsbedarf vorliegt.

Einfluss auf Normenwerk:

Je nach Ergebnis der Diskussion und Schlussbeurteilung der Erkenntnisse des vorliegenden Forschungsauftrages ergeben sich allenfalls weitreichende Auswirkungen auf Normen der Projektierung, Verkehrstechnik, Bau und Erhaltung.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Präsident Begleitkommission:

Name:	Grieder	Vorname:	Markus
Amt, Firma, Institut:	TBA Basel Landschaft, Geschäftsbereich Kantonsstrassen		
Strasse, Nr.:	Rheinstrasse 29		
PLZ:	4410	Email:	markus.grieder@bl.ch
Ort:	Liestal	Telefon:	061 552 54 59
Kanton, Land:	BL	Fax:	061 552 69 80

Unterschrift Präsident Begleitkommission:

Liestal, 13.12.2010 *M. Grieder*

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology <i>Méthodologie pour l'estimation de matrices origine-destination dynamiques en réseau urbain</i> <i>Methode zur Ermittlung dynamischer Quell-Ziel-Matrizen für städtische Netzwerke</i>	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht <i>Influence des systemes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière</i> <i>Rapport partiel d'ingénierie de la circulation</i> <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on driver behaviour and road safety</i> <i>Report part of traffic engineering</i>	2009
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisell <i>Capacité des giratoires à deux voies de circulation</i> <i>Capacity of two-lane roundabouts</i>	2009
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen <i>Mesures in-situ des propriétés acoustiques des écrans anti-bruit</i> <i>In-situ measurement of the acoustical properties of noise barriers</i>	2009
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren <i>Procédure analytique d'estimation de la capacité et du niveau de service de carrefours sans feux complexes</i> <i>Analytic procedure to estimate capacity and level of service at complex uncontrolled intersections</i>	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos <i>Estimation du risque pour le réseau</i> <i>Estimation of the network risk</i>	2010
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten <i>Appréciation des risques pour les ouvrages d'art</i> <i>Risk assessment for highway structures</i>	2010
945	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat <i>Bases pour l'utilisation du béton de recyclage en granulats de béton</i> <i>Fundamentals for the use of recycled concrete comprised of concrete material</i>	2010
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen <i>Aménagement des feux de signalisation pour les personnes à mobilité réduite ou âgées</i> <i>Traffic control systems - Handicapped and older people at signalized intersections</i>	2010
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie <i>Niveaux de service multimodales de la circulation routière - études préliminaires</i> <i>Multimodal level of service of road traffic - preliminary study</i>	2010
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschieben von Erhaltungsmaßnahmen <i>Coûts supplémentaires engendrés par l'exécution anticipée ou retardée des mesures d'entretien</i> <i>Additional costs caused by bringing forward or delaying of standard interventions for road maintenance</i>	2010

