



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich
IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme

Entwicklung der Griffigkeit von Strassenbelägen verschiedener Strassentypen in der Schweiz

**Développement de l'adhérence des revêtements de
chaussées**

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, IVT, der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich
Martin Horat, dipl. Ing. ETH
Dr. Markus Caprez, dipl. Ing. ETH
Luzia Seiler-Scherer, dipl. Ing. ETH

Forschungsauftrag 11/96 auf Antrag des Schweizerischer Verband der
Strassen- und Verkehrsfachleute, VSS

Zürich, Januar 2003

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Résumé	5
1. Auftrag und Ziel	7
2. Vorgehen	
2.1 Griffigkeit und Messverfahren	9
2.2 Datenbearbeitung	10
3. Datenbank	
3.1 Inhalt der Datenbank	11
3.2 Umfang der Datenbank	13
4. Entwicklung der Griffigkeit	
4.1 Einflussgrössen	15
4.2 Literatur	17
4.3 Streckenauswahl	18
4.3 Auswertung	20
5. Ergebnisse	
5.1 Allgemein	23
5.2 Beurteilung	23
6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	
6.1 Datenbank	25
6.2 Verhaltensmodelle und Periodizität von Griffigkeitsmessungen	25
7. Literaturverzeichnis	27
8. Anhang	
Anhang 1, Beispiel aus der Griffigkeitsdatenbank	31
Anhang 2, Zusammenstellung der ausgewerteten Wiederholungsmessungen	33
Anhang 3, Beispiel: Griffigkeitsentwicklung	37
Anhang 4, Beispiel: Mögliches Schema für Management der Strassenerhaltung	45

Zusammenfassung

Das IVT verfügt über langjährige Erfahrungen mit Griffigkeitsmessungen. Der vorliegende Bericht umschreibt aufgrund der umfangreichen Datensammlung des IVT die Erarbeitung von Grundlagen im Hinblick auf

- Verhaltensmodelle für die Entwicklung der Griffigkeit verschiedener Beläge
- die Periodizität, mit der Griffigkeitsmessungen durchgeführt werden sollten
- die Erstellung eines neuen Beurteilungsschemas für die Griffigkeit, welches auf Belagsverhältnissen der letzten Jahre beruht.

Zu diesem Zweck wurde eine umfangreiche Datenbank erstellt, Messabschnitte mit Wiederholungsmessungen wurden aussortiert und, wenn Belags- und Einbaudaten bekannt waren, wurde der Verlauf der Griffigkeitswerte für einen ersten Überblick zusammengestellt. Damit sind die Grundlagen für weitere Arbeiten gegeben.

Résumé

L'IVT dispose d'une expérience de plusieurs années dans le domaine des mesures de la qualité antidérapante. Le présent rapport décrit l'élaboration d'une base de données établie à partir des nombreuses données existant à l'IVT et pouvant être utilisée pour:

- des modèles de comportement pour l'évolution de la qualité antidérapante de différents revêtements
- définir les intervalles de temps auxquels des mesures de la qualité antidérapante sont à effectuer
- la mise en place d'un nouveau schéma d'appréciation de la qualité antidérapante se basant sur l'évolution de l'état des revêtements durant les dernières années.

Une fois la base de données mise en place, des sections, pour lesquelles des mesures répétitives existaient, ont été triées. En plus, lorsque des informations concernant le revêtement et sa mise en place étaient disponibles, une première synthèse de l'évolution de la qualité antidérapante) a été faite. Des bases solides sont ainsi disponibles pour des travaux futurs.

1. Auftrag und Ziel

Die Forschungsstelle, IVT, verfügt über jahrzehntelange Erfahrungen mit Griffigkeitsmessungen (Pendel, Skiddometer, SRM). So beruhen etwa die heutigen Griffigkeitsnormen aus dem Jahre 1984 teilweise auf Empfehlungen des IVT [1] [2] [8]. Der vorliegende Forschungsauftrag hat zum Inhalt, die archivierten Griffigkeitsmessungen des IVT in zweierlei Hinsicht aufzubereiten:

1. Im Hinblick auf eine Normrevision soll in einem ersten Schritt eine Datenbank erstellt werden. Diese soll als Grundlage dienen, eine zukünftige Norm auf aktualisierten Daten (Grenzwerte für Abnahmen) aufzubauen.
2. Es soll geprüft werden, ob sich aufgrund der Datenbank Grundlagen eines Verhaltensmodelles über die Entwicklung der Griffigkeit ergeben und damit auch auf die Periodizität, mit der die Griffigkeit eines Strassenabschnittes erfasst werden sollte.

Der entsprechende Forschungsauftrag des VSS vom 11. November 1996 im Wortlaut:

Das Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau ETH Hönggerberg (Projektleiter: Prof. Karl Dietrich, Dr. M. Caprez, M. Horat) beabsichtigt für die Erarbeitung von Verhaltensmodellen über die Entwicklung der Griffigkeit verschiedener Strassenbelägen erste Grundlagen zu erarbeiten. Im Hinblick auf das Management der Strassenerhaltung soll besonderes Gewicht auf die Periodizität, mit der Griffigkeitsmessungen durchgeführt werden sollten, gelegt werden. Das Forschungsvorhaben soll auch die Grundlagen für die Erstellung eines neuen Beurteilungsschemas, das den heute existierenden Belagsverhältnissen in der Schweiz gerecht werden soll, ergeben.

2. Vorgehen

2.1 Griffigkeit und Messverfahren

Die Belagsgriffigkeit ist von zentraler Bedeutung für die Verkehrssicherheit. Was die tatsächliche Reibungskraft im konkreten Fall betrifft, so ist die Belagsgriffigkeit allerdings nur einer von zahlreichen Einflüssen [3] [9] [10].

Dazu gehören:

Der Mensch: Bremsverhalten, Fahrmanöver

Das Fahrzeug: Bereifung (Profiltiefe, Profilart, Gummiqualität), Bremsanlage, Radlast, Federung

Die Strasse: momentane Belagsgriffigkeit, momentaner Oberflächenzustand (Benetzung, Schmutz), Ebenheit, Linienführung

Aus diesen Einflüssen folgt einerseits, dass der Griffigkeitsbedarf nicht überall derselbe sein muss und andererseits folgt daraus auch, dass Griffigkeitswerte, erfasst durch verschiedene Messverfahren, nur bedingt vergleichbar sind. In den meisten Fällen reagieren die Messverfahren je nach Messart, Geschwindigkeit und Bereifung unterschiedlich auf die Mikro- und die Makrotextur.

Diese Problematik ist im vorliegenden Bericht nebensächlich, da die Daten mit Messgeräten erfasst wurden, die nach demselben Messprinzip funktionieren (Schleppradmessung bei nasser Oberfläche) und mit der gleichen Bereifung gemessen wurde.

Es sind dies:

Der Skiddometer, er erlaubt:

- Messung mit blockiertem Messrad: Simulation einer Vollbremsung bei nasser Fahrbahn mit blockiertem Rad ("Worst Case Scenario")
- Messung mit gebremstem Messrad (Schlupf ca. 16%): Simulation einer Bremsung bei nasser Fahrbahn mit einem gebremstem Rad

Der Stuttgarter Reibungsmesser (SRM), er erlaubt:

- Messung mit blockiertem Messrad: Simulation einer Vollbremsung bei nasser Fahrbahn mit blockiertem Rad ("Worst Case Scenario")
- Messung mit gebremstem Messrad (Schlupf ca. 14%): Simulation einer Bremsung bei nasser Fahrbahn mit einem gebremsten Rad
- Messung mit ABS: Simulation einer Bremsung mit ABS (Anti-Blockier-System)

Für die Auswertung der Daten in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Griffigkeit wurden im vorliegenden Bericht nur Daten berücksichtigt, die mit blockiertem Messrad erfolgten und bei beiden Geräten bei Messbedingungen, die den Normen entsprachen, so dass die Messungen vergleichbar sind [9] [12]:

Messreifen: AIPCR mit 4 Längsrillen
Reifeninnendruck: 1.5 bar
Radlast: 3.5 kN
Wasserfilmdicke: ca. 0.5 mm

2.2 Datenbearbeitung

Zur Bearbeitung des Auftrags wurde wie folgt vorgegangen:

1. Erstellen der Datenbank:
Dabei wurde eine Tabelle mit praktisch allen Griffigkeitsmessungen seit 1984 erstellt. Ältere Messungen wurden ebenfalls berücksichtigt, wenn es im Hinblick auf die Entwicklung der Griffigkeit nützlich erschien.
2. Sortieren der Daten im Hinblick auf Wiederholungsmessungen:
Die Datenbank wurde auf Strecken abgesucht, die wiederholt gemessen wurden. Hinweise auf die entsprechende Problematik finden sich im Kapitel 3.2
3. Auswerten der Wiederholungsmessungen:
Betrachtet wurde, ob und wie sich die Griffigkeit auf den betreffenden Abschnitten veränderte. Welche Einflüsse hier hineinspielen können, wird im Abschnitt 4.1 kurz erläutert.

3. Datenbank

3.1 Inhalt der Datenbank

Für die Erstellung der Datenbank wurden alle verfügbaren Messberichte und Griffigkeitsmessungen im Rahmen anderer Forschungsarbeiten seit 1984 eingegeben. Ältere Messungen wurden berücksichtigt, wenn sie im Hinblick auf die Entwicklung der Griffigkeit von Interesse erachtet wurden.

Die Datenbank wurde in Form einer Tabelle erstellt mit folgenden Angaben in den einzelnen Kolonnen:

- 1. Auftragsnummer:** Interne Numerierung für Mess- und Forschungsaufträge.
- 2. Art /Gebiet:** Griffigkeit im vorliegenden Falle
- 3. Gerät:** Skiddometer oder SRM; Messungen mit dem SRT Pendel wurden nicht berücksichtigt
- 4. Ort / Thema:** Grobangaben zum Messort, z.B. N9 Kt. Wallis
- 5. Auftraggeber:** Angabe über den Auftraggeber, z.B. Tiefbauamt Kt. Zürich, wichtig z.B. auch im Hinblick auf mögliche folgende Aufträge, wenn u.U. Zusatzinformationen zu den Strecken benötigt werden. Eine dazugehörige Spalte wurde für allfällige Zusatzinformationen genutzt (z.B. spezielle Wetterverhältnisse bei den Messungen etc.)
- 6. Abschnitt:** Angaben über die Messabschnitte, Strassentyp etc. Angaben variieren stark je nach Messbericht
- 7. Richtung:** Angaben über die Richtung, in der gemessen wurde, so genau wie vorhanden
- 8. Spur:** Angaben über Fahrstreifen und Spur, welche gemessen wurden, Angaben so genau wie vorhanden, z.B. N R: Normalfahrstreifen, rechte Fahrspur
- 9. km/Länge:** Angaben zum eigentlichen Messabschnitt, so genau wie vorhanden: Kilometrierung oder Anfangs- und Endpunkte wie z.B. Ortstafeln
- 10. Belag:** Angabe Belagstyp, wenn vorhanden

11. Belagsalter:	Angaben über das Alter des gemessenen Belags, wenn vorhanden
12. Datum:	Datum der Messung
13. Geschw. B:	Messgeschwindigkeit bei Messung mit blockiertem Messrad
14. N:	Anzahl Messblöcke mit blockiertem Messrad, wenn vorhanden
15. Min.:	Minimaler Messwert mit blockiertem Messrad auf der Messstrecke
16. Max.:	Maximaler Messwert mit blockiertem Messrad auf der Messstrecke
17. S:	Standardabweichung der Blockmessungen
18. Mittel:	Mittelwert der Blockmessungen
19. Geschw. S:	Messgeschwindigkeit bei Messungen mit Schlupf (gebremstes Messrad), wenn vorhanden.
20. N:	Anzahl Messblöcke mit gebremstem Messrad, wenn vorhanden
21. Min.:	Minimaler Messwert mit gebremstem Messrad auf der Messstrecke
22. Max.:	Maximaler Messwert mit gebremstem Messrad auf der Messstrecke
23. S:	Standardabweichung der Schlupfmessungen
24. Mittel:	Mittelwert der Schlupfmessungen

Ein Beispiel aus der Datenbank findet sich im Anhang 1.

3.2. Umfang der Datenbank

Insgesamt umfasst die Datenbank bei Redaktionsschluss des Auftrags :

Blockmessungen: über 6400 Strecken

Messungen mit Schlupf: über 1500 Strecken

Messungen mit 40 km/h (Block): ca. 800 Strecken

Messungen mit 60 km/h (Block): ca. 2200 Strecken

Messungen mit 80 km/h (Block): ca. 3700 Strecken

Anzahl Berichte: ca. 250 Berichte

Dabei ist zu beachten, dass hier eine "Strecke" im Sinne von Messabschnitten mehrfach vorkommen kann, so etwa

- wenn neben der Radspur auch in Fahrstreifenmitte gemessen wurde
- wenn bei verschiedenen Geschwindigkeiten gemessen wurde
- wenn eine Strecke desselben Belags in mehrere Abschnitte unterteilt wurde
- wenn in Gegenrichtung gemessen wurde.

Im Hinblick auf die Entwicklung der Griffigkeit oder im Hinblick auf ein neues Beurteilungsschema bei allfällig weitergehenden Forschungsprojekten müssen diese Eigenheiten berücksichtigt werden, ebenso wie die Tatsache, dass die Länge der Messabschnitte zwischen wenigen Messblöcken bis zu mehreren hundert reichen kann.

4. Entwicklung der Griffigkeit

4.1 Einflussgrössen

Gemäss [3] [10] ist die Belagsgriffigkeit von verschiedenen Einflüssen abhängig, die sich laufend ändern. Sie lassen sich wie folgt gliedern:

Kurz- und mittelfristige Einflüsse:

Dazu gehören v.a. „wetterbedingte“ Einflüsse wie:

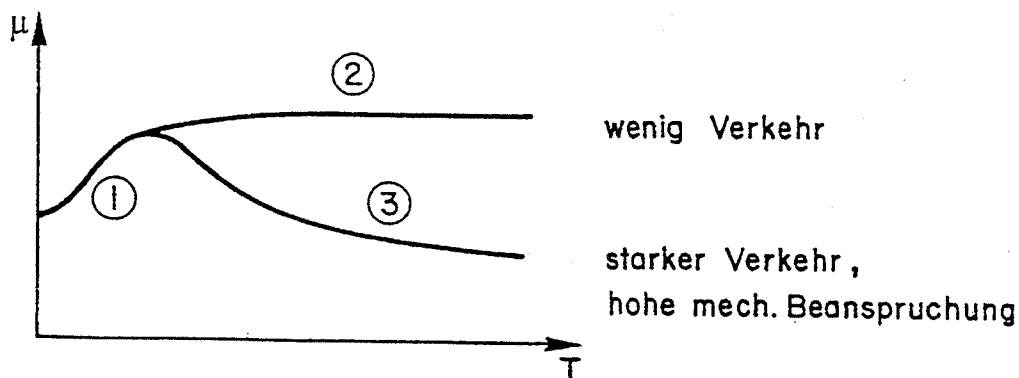
- anhaltende Trockenheit: Gefahr des Polierens -> Verlust an Schärfe (Probleme im Tunnel)
- Regen: Oberflächliche Verwitterung -> Schärfe kann zunehmen (auch durch Salz)
- Jahreszeitliche Temperatureinflüsse (vor allem bei bituminösen Belägen)

Langfristige Einflüsse:

Dazu gehört primär der Verkehr, aber auch die Witterung spielt stark mit (Alterung, Verwitterung, Mikroklima)

Generell wird von folgenden Grundmodellen ausgegangen:

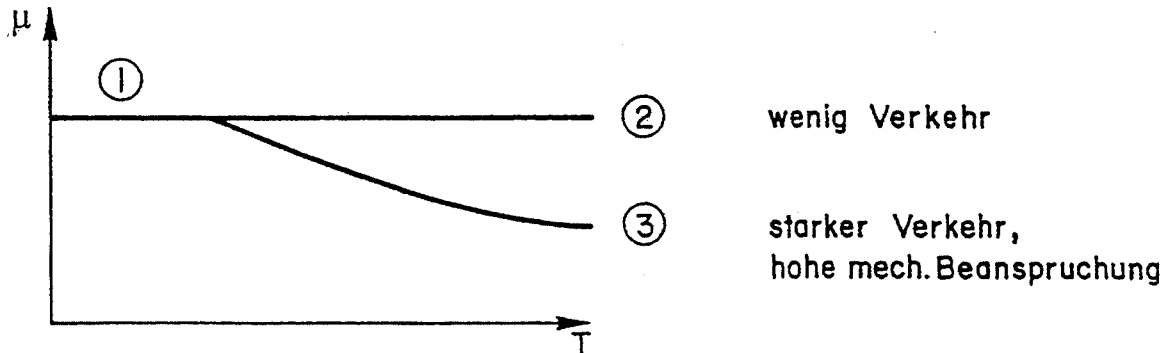
- Bituminöse Beläge



- 1 Erhöhung der Griffigkeit durch Abfahren der Bindemittelhaut
- 2 Erhöhung der Griffigkeit durch Oxidation und Alterung (Splitt und Bindemittel)
Problem: Absanden, Inhomogenität über Querschnitt
- 3 Verminderung der Griffigkeit durch
 - Walzwirkung (=Verlust an Rauhtiefe)
 - Polierwirkung des Verkehrs (Verlust an Schärfe)

Problem: Die altersbedingte Abnahme der Griffigkeit ist nicht nur zeitabhängig; die mechanische Beanspruchung (Kurven, Steigungen usw.) beschleunigt die Erscheinung. Daraus entsteht eine Inhomogenität über die Strecke (gilt auch für Betonbeläge)

- Betonbeläge



- 1 Hohe Anfangsgriffigkeit durch künstliche Textur(Fertiger)
- 2 Keine Zunahme durch " Alterung" aber auch keine " Verwitterungsgefahr"
- 3 Abnahme durch Polierwirkung (unterstützt durch Zementstein)

Folgerungen bezüglich Griffigkeit:

- Bituminöse Beläge
 - Die Mischung soll bindemittelarm sein
 - Der Hohlraumgehalt soll gross sein (Grenzen)
 - Zu grosses Korn ist zu vermeiden: Poliergefahr, Verminderung der Verzahnung (16mm ~ Optimum)
- Betonbeläge
 - Problem des Polierens ist durch hochwertigen Splitt zu lösen
 - Grösstkorn: Vorschriften einhalten

Auch die Messtechnik kann einen Einfluss auf die Messwerte aufweisen. Vor allem das Einhalten bzw. das Wiederfinden der Messspur, wenn sie optisch nicht klar erkennbar ist oder in engen Kurven, kann Unterschiede der Messwerte zur Folge haben. Dies ist vor allem ein Problem mit dem Skiddometer, da seitlich versetzt gefahren werden muss. Weiter werden die Messwerte durch die Messgenauigkeit der Geräte und die Länge der Messstrecken beeinflusst. Generell ist hinzuzufügen, dass normalerweise

für die Mittelbildung mit dem SRM mehr Einzelmessungen gemacht werden, als mit dem Skiddometer.

4.2 Literatur

Die Entwicklung der Griffigkeit wurde in verschiedenen Forschungsvorhaben ermittelt. Die Schlussfolgerungen von vier davon werden im folgenden aufgeführt.

[5] befasste sich mit einer Beobachtungsstrecke, auf der das Verhalten von AB 16-Beläge mit verschiedenen Strassenbaubitumen von 1972 bis 1983 verglichen wurden. Bezüglich Griffigkeit wurden die folgenden Beobachtungen gemacht:

- Eine geringe seitliche Verschiebung der Messstelle der jährlich durchgeführten Griffigkeitsmessungen kann sich stark auswirken.
- Normalfahrstreifen: Die Ergebnisse der Skiddometermessungen (80 km/h, blockiertes Messrad) unterscheiden sich für die verschiedenen Beobachtungsstrecken nicht wesentlich. Von 1976 - 1983 waren die Mittelwerte auf allen Strecken zunehmend.
- Überholfahrstreifen: Die Griffigkeitswerte im Überholfahrstreifen sind deutlich grösser als im Normalfahrstreifen. Zwischen den einzelnen Beobachtungsstrecken traten keine wesentlichen Unterschiede auf. Die Griffigkeitswerte nahmen bis 1980 zu, bei der letzten Messung im 1983 wurde bei allen Strecken eine leichte Abnahme der Griffigkeitswerte festgestellt.

[11] befasste sich mit Drainbelägen der frühen Generation, einige Schlussfolgerungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die auf den Drainasphaltbelägen gemessenen Griffigkeitswerte vom blockierten Messrad liegen im Rahmen der Werte konventioneller Beläge
- Die Griffigkeitswerte bei Drainbelägen sind bei tiefen Geschwindigkeiten eher schlechter als bei konventionellen Belägen (ungünstigere Mikrotextur, welche bei tieferen Geschwindigkeiten massgebend ist).
- Allgemein zeigte sich, dass sich die Griffigkeitsentwicklung auf den Drainbelägen nicht wesentlich von denjenigen konventioneller Beläge unterscheidet. Das Griffigkeitsniveau bleibt, nachdem es sich eingependelt hat, relativ konstant und weist die üblichen Schwankungen infolge jahreszeitlichem Einfluss, Witterungseinfluss, Messgenauigkeit usw. auf.

Ebenfalls mit dem Langzeitverhalten von offenporigen Belägen der früheren Generationen befasste sich [6]. Für Messungen mit dem blockierten Messrad kam er generell zu ähnlichen Ergebnissen wie [11].

[4] behandelt den Vergleich von diversen AB - und SMA-Belägen auf einer Versuchsstrecke. Dabei ging es vor allem darum, den Einfluss unterschiedlicher Mineralstoffe auf das Gebrauchsverhalten von Asphaltdeckschichten hinsichtlich Griffigkeit und anderen Eigenschaften zu vergleichen. Griffigkeitsmessungen wurden u.a. mit einem SRM durchgeführt, die Messperiode lag zwischen 1991 und 1999. Einige der gewonnenen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei den Splittmastixmischungen ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen den vor dem Einbau am Splitt 8/11 mm ermittelten Polierwerten und der Griffigkeitsentwicklung (Messung mit 80 km/h) nicht zu übersehen.
- Bei den Feldern mit AB 0/11S treten diese Einflüsse weit weniger stark in Erscheinung, die Tendenz ist aber deutlich erkennbar.
- Der günstige Einfluss polierresistenter Mineralstoffe wurde bestätigt, allerdings nur bei nicht zu hohlraumarmen Asphaltkonzeptionen.
- Es wurde eine gute Übereinstimmung zwischen den Griffigkeitswerten aus den Feldmessungen und den Resultaten in einer Laborprüfmethode zur Voraussage der Griffigkeitsentwicklung festgestellt.

4.3 Streckenauswahl

Aus den im Kapitel 4.1 erwähnten Einflussgrössen ergeben sich theoretisch einige Grundanforderungen, wenn man die Entwicklung der Griffigkeit genauer untersuchen will:

1. Es sollten mehrere Strecken untersucht werden, idealerweise zum Beispiel diverse Aufbauten (Belagsarten, Grösstkorn, Splittsorte) auf einer Strecke mit einem bestimmten Verkehrsaufkommen und ähnlicher Exposition und Linienführung und in Ergänzung dazu die gleichen Aufbauten auf einer Strecke mit einem anderen Verkehrsaufkommen. Für eine gute Mittelbildung sollten die Strecken eine gewisse Mindestlänge nicht unterschreiten.
2. Wiederholungsmessungen sollten in etwa in der gleichen Jahreszeit durchgeführt werden. Bei mehreren Messungen pro Jahr müssten die Messungen immer wieder etwa zur gleichen Zeit erfolgen. Die Messungen

sollten bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten durchgeführt werden (Einfluss- und Entwicklung Mikro- / Makrotextur)

3. Es sollten umfassende Wetter- und insbesondere Temperaturdaten erfasst werden.
4. Die zu messende Spur müsste genau definiert und markiert sein und zwar aus folgenden Gründen: Der Einfluss des Verkehrs wirkt sich vor allem in den Radspuren aus, d.h. zwischen der Radspur und der restlichen Fläche eines Fahrstreifens können beträchtliche Unterschiede bestehen. Trotzdem ist es möglich, dass visuell vom Messfahrzeug aus zwischen der Fahrspur und der Restfläche nicht immer deutlich unterschieden werden kann. Griffigkeitsmessungen werden normalerweise in der rechten Fahrspur durchgeführt, da diese am meisten belastet ist. Vor allem mit dem Skiddometer, der das Messrad in der Mitte hat, bedeutet das, dass seitlich versetzt gefahren werden muss, was nicht immer genau gleich gut oder gar nicht möglich ist (der SRM hat seine Messräder in seinen jeweiligen Radspuren).
5. Daten über den Verkehr, seine Zusammensetzung und allenfalls das Spurverhalten im entsprechenden Abschnitt sollten erhoben werden, ebenso die Entwicklung der Längs- und Querebenheit.
6. Materialuntersuchungen (vor allem die Eigenschaften und Art der Mineralstoffe) sind von Interesse.

Eine so angelegte Untersuchung war im Umfang und Rahmen des vorliegenden Auftrags nicht möglich. Die meisten Messungen erfolgten lediglich im Hinblick darauf, ob die Griffigkeit auf einem Streckenstück den Normen entsprach. Trotzdem gibt es natürlich Strecken und Abschnitte, auf denen die Griffigkeit wiederholt geprüft wurde. Diese wurden aufgrund der Datenbank aussortiert. Wie sich zeigte, hatte dies seine Tücken. Es war im Rahmen des Budgets des Auftrages nicht möglich, weitere, möglicherweise vorhandene Zusatzinformationen (z.B. bei den Tiefbauämtern) einzuholen. Die in den einzelnen Messberichten vorhandenen Informationen mussten in praktisch allen Fällen genügen; angepasste Neuauswertungen im Hinblick auf das Forschungsziel waren nicht geplant.

Es ist nochmals darauf hinzuweisen, dass praktisch alle diese Messungen zu Handen der Auftraggeber und deren Anforderungen durchgeführt wurden und nicht im Hinblick auf eine Untersuchung des IVT über die Griffigkeitsentwicklung. Das hatte zur Folge, dass sich die Identifikation gleicher Strecken oft als schwierig erwies.

Probleme ergaben sich etwa durch:

- geänderte Kilometrierungen oder Streckenbezeichnungen
- ungleiche Streckenlängen, andere Aufteilung von Teilmessstrecken
- geänderte Bezeichnung der Anfangs- und Endpunkte
- keine Belagsangaben, widersprüchliche Belagsangaben, oder Unklarheit, ob und wann und auf welchem Fahrstreifen ein Belag ersetzt wurde
- Änderung der Fahrspuraufteilung
- unterschiedliche Messgeschwindigkeiten
- geänderte Angaben zur Messrichtung
- keinen Aufschluss darüber, ob bei Neubaustrecken davon ausgegangen werden kann, ob der Belag schon befahren worden war oder nicht. Wenn nicht explizit darauf hingewiesen wurde, dass die Messung durchgeführt wurde, bevor die betreffende Strecke dem Verkehr übergeben wurde, beschränkten sich die allfälligen Altersangaben jeweils auf das Jahr des Einbaus. Das verhindert verlässliche Aussagen über die ersten Monate, die entscheidend sind für das Abfahren des Bindemittelfilms nach dem Einbau von bituminösen Belägen.

4.4 Auswertung

Das generelle Vorgehen für die Auswertung kann wie folgt umschrieben werden:

1. Aufteilen der Datenbank nach Kantonen
2. Suche der Strecken, auf denen Wiederholungsmessungen durchgeführt wurden
3. Zusammenstellen dieser Messungen
4. Bestimmen der Abschnitte, bei denen Belag und Einbaujahr bekannt waren. Im Rahmen des Auftrags erfolgte dies allerdings nur für Messabschnitte auf freier Strecke. Der Spezialfall Kunstbauten konnte bei vernünftigem Aufwand nicht weiter berücksichtigt werden. Zudem sollten auch die Angaben zur Messspur übereinstimmen

-
5. Graphische Darstellung der Entwicklung der Griffigkeit der in Punkt 4 bestimmten Abschnitte. Dabei wurden nur Mittelwerte und Messungen mit blockiertem Messrad berücksichtigt. Standardabweichungen und Extremwerte, die auf das Ausmass der Schwankungen innerhalb eines Abschnittes deuten, wurden nicht weiter beachtet. Da der Einbaumonat mit wenigen Ausnahmen bei unbefahrenen Strecken nicht bekannt war, wurde das Datum in allen anderen Fällen auf den Sommer gelegt, eine Zeit in der die meisten Strassenbautätigkeiten stattfinden. Auf die Tatsache, dass dies die Beurteilung der ersten Monate möglicherweise stark verfälscht, wurde schon hingewiesen.
 6. Visuelle Begutachtung der Graphiken

5. Ergebnisse

5.1. Allgemein

Die insgesamt begutachteten Messabschnitte sind im Anhang 2 dargestellt. Sie stammen aus neun Kantonen in der ganzen Schweiz. Die Altersspanne reicht von Strecken, die vor der Verkehrsfreigabe gemessen wurden, bis zu zwanzigjährigen Belägen.

Die in [11] und [6] erwähnten offenporigen Beläge, wurden nicht nochmals ausgewertet, siehe auch Kapitel 2.

Im Anhang 3 sind einige Griffigkeitsverläufe aufgezeichnet.

Generell zeigte sich, dass einige Strecken als Grundlage für die Erarbeitung von Verhaltensmodellen geeignet sein könnten. Doch die Beschaffung von Zusatzinformationen ist unabdingbar, wie sich nur schon an den Beispielen im Anhang unschwer erkennen lässt. Diese können umfassen:

- Genaues Einbaudatum (wichtig zur Beurteilung der heiklen ersten Phase, in welcher der Bindemittelfilm bei bituminösen Belägen abgefahren wird)
- Angaben zum Belag (bei vielen Strecken, auf denen Wiederholungsmessungen aussortiert wurden, war der Belag nicht bekannt und deshalb wurden diese auch nicht weiter berücksichtigt), Materialeigenschaften (Splittqualität)
- Zusatzmessungen, z.B. auch zur Erörterung des "Wettereinflusses"
- Angaben zum Verkehr und dessen Entwicklung über die Jahre (für die Beurteilung der ersten Phase und der Polierwirkung im Laufe der Zeit). Die generelle Verkehrszunahme in den letzten Jahren dürfte sich auch auf das Langzeitverhalten in punkto Abrieb auswirken.

etc.

5.2. Beurteilung

Eine genaue Einschätzung der Griffigkeitsentwicklung lässt sich auf Grund der in dieser Arbeit durchgeführten Auswertungen nicht vornehmen. Dem Forschungsziel, Grundlagen zu erarbeiten werden sie aber gerecht. Trotzdem lassen sich ohne

weitergehende Analyse einige Beobachtungen anführen, die allerdings im Detail noch zu bestätigen sind:

1. Die erste Phase.

Je nach Dicke und Art des Bindemittelfilms (Modifikatoren) nach dem Einbau, dem Verkehrsaufkommen, dem Spurverhalten, und dem Klima, evtl. auch dem Belagstyp kann diese Phase von wenigen Wochen bis, normalerweise, etwa einem Jahr dauern.

2. Konsolidierung

Bei vielen Belägen scheint sich nach 1 - 5 Jahren ein relativ konstantes Griffigkeitsbild einzupendeln, allerdings mit jahreszeitlichen Schwankungen, die vor allem bei Belägen mit relativ schlechter Griffigkeit problematisch sein können (z.B. zeitweises "Abrutschen" unter die Normwerte, Möglichkeit erhöhter Unfallgefahr).

3. Abrieb

Die Wichtigkeit der Splittqualität wurde schon mehrfach erwähnt. Ob sich der Abrieb für die Griffigkeit in "sprunghaften" Abnahmen oder in einer konstanten Entwicklung bemerkbar macht, ist aufgrund der vorliegenden Daten nicht ersichtlich. Es ist allerdings anzunehmen, dass sich das nicht bei allen Belagstypen, Geschwindigkeiten und Streckengeometrien (Kurven) gleichermassen bemerkbar macht (Problematik Mikro, Makrotextur).

4. Ausnahmen

Es scheint auch Strecken mit einem kurzfristigen markanten Griffigkeitsabfall zu geben. Das ist vor allem für die Verkehrssicherheit von Bedeutung (entscheidend ist natürlich letztlich der Griffigkeitsbedarf auf einem bestimmten Streckenabschnitt).

Ein Ansatz wie das Management der Strassenerhaltung betreffend der Griffigkeit aussehen könnte, zeigt Anhang 4. Sie beruht auf den in diesem Bericht betrachteten Strecken und auf den allgemeinen Erfahrungen, die in früheren Kapiteln erwähnt sind. Es ist allerdings zu beachten, dass es sich hier nur um eine Abschätzung, einen Vorschlag, handelt, der noch faktisch und mit Eckdaten zu untermauern beziehungsweise zu ergänzen ist.

6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6.1 Datenbank

Die Datenbank aus den Griffigkeitsmessungen des IVT konnte auftragsgemäss erstellt werden. Es wurden möglichst viele Daten (Streckenangaben, Belagsdaten, Maxima, Minima, Angaben zur Streuung etc.) darin aufgenommen.

Es wird empfohlen, diese Datenbank möglichst rasch bei einem weiteren Forschungsauftrag als Grundlage für ein Beurteilungsschema zu nutzen, welches den Belagsverhältnissen in der Schweiz seit etwa Mitte der achtziger Jahre entspricht. Die heutige Norm SN 640 511b und das alte Beurteilungsschema des IVT beruhen auf Werten der siebziger Jahre. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich die Verhältnisse nicht stark verändert haben.

6.2 Verhaltensmodelle und Periodizität von Griffigkeitsmessungen

Aufbauend auf der Datenbank wurden alle Messabschnitte (inkl. Kunstbauten und offenporige Beläge) zusammengestellt, auf denen Wiederholungsmessungen durchgeführt wurden. In einer ersten Auswertung wurden Messabschnitte betrachtet, bei denen die Belagsangaben und Angaben über das Einbaujahr bekannt waren. Ausnahmen bildeten offenporige Beläge, die bei früheren Forschungsberichten schon kommentiert worden waren und Kunstbauten. Diese konnten im Rahmen des Projektes nicht näher bearbeitet werden.

Eine erste Durchsicht bestätigte einerseits bekannte Phänomene wie:

- Bisweilen tiefe Anfangsgriffigkeit bei bituminösen Belägen, solange der Bindemittelfilm noch nicht abgetragen ist.
- Relativ konstante Griffigkeitsverhältnisse während mehreren Jahren, allerdings durchsetzt von "wetterbedingten" Schwankungen.

Andererseits zeigte sich auch die Problematik, Rückschlüsse auf die längerfristige Entwicklung der Griffigkeit zu ziehen aufgrund von Messungen, die in den meisten Fällen nicht auf dieser Fragestellung beruhten. Probleme ergaben sich etwa durch die folgenden Umstände:

- gewisse Belagstypen sind untervertreten, bzw. bei einer grossen Zahl der Strecken mit Wiederholungsmessungen lagen keine Angaben zu den Belägen vor

- kaum Angaben über den genauen Einbaumonats (Entscheidend für die Abschätzung der Dauer, bis wann der Bindemittelfilm abgefahren ist)
- die Anzahl Wiederholungsmessungen ist in vielen Fällen beschränkt, was genaue Rückschlüsse verunmöglicht
- Strecken mit "ungewohntem" Bild in der Griffigkeitsentwicklung
- wirkliche Langzeitwerte sind relativ selten.

Die Konsequenz daraus ist, dass für Untersuchungen bezüglich der Periodizität, mit welcher Griffigkeitsmessungen durchgeführt werden sollten, sowie über die Unterschiede bei der Entwicklung der Griffigkeit verschiedener Belagstypen, keine präzisen Rückschlüsse möglich sind. Dafür braucht es weitere Angaben (Verkehr, Material, längere Messreihen etc.). Die ausgewerteten Daten bilden aber eine nützliche Grundlage für weitere Forschungen, d.h. das Forschungsziel konnte in diesem Sinne erreicht werden.

Es wird daher empfohlen, diese Grundlagen und Daten für genauere Abklärungen und Forschungen zu nutzen. Zu den offenen Fragen gehört etwa auch, ob Betonbeläge, wie vermutet, etwas weniger auf jahreszeitliche Schwankungen reagieren und Erklärungen zu suchen, wenn etwa entlang einer Strecke starke Schwankungen auftreten, obwohl es sich scheinbar um denselben Belag handelt.

7. Literaturverzeichnis

1. SN 640 510b, Griffigkeit, Messverfahren, Feb. 1985
2. SN 640 511b, Griffigkeit, Bewertung, Feb. 1984
3. K. Dietrich, M. Caprez, Unterlagen zur Vorlesung Strassenbau inkl. Geotechnik, IVT, Zürich Frühjahr 1999.
4. Dipl. Ing. J. Dames, Prof. Dipl. Ing. J. Lindner, Griffigkeitsuntersuchungen auf der Splittversuchstrecke Bamberg A 70, Strasse und Autobahn 7/2000, S. 401-405, Kirschbaumverlag, Bonn
5. M. Seeberger, Beobachtungsstrecken mit verschiedenen Strassenbaubitumen, Jährliche Beobachtungen 1972 - 1983, Schlussbericht zum Forschungsauftrag 3/81, Forschungsberichte des Eidg. Departementes des Innern, Nr. 125, Bern, Oktober 1986
6. O. Özkul, Langzeitverhalten von bituminösen Drainbelägen, Teil 2: Funktionalitäts- und Gebrauchsdauer, Schlussbericht zum Forschungsauftrag 3/87, Forschungsberichte des Eidg. Departementes des Innern, Nr. 373, Bern, November 1996
7. S. Huschek, Griffigkeit und Verkehrssicherheit auf nasser Strasse, Mitteilung Nr. 31, ISETH, ETH Zürich, Januar 1985
8. F. Bühlmann, Beurteilung der Griffigkeit auf Fahrbahnen, Mitteilung Nummer 53, ISETH, ETH Zürich, März 1983
9. Rita Pelloli, Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer - weitere Ergebnisse, Mitteilung Nr. 41, ISETH, ETH Zürich, Mai 1979
10. F. Bühlmann, Einfluss der Witterung auf die Griffigkeit von Fahrbahnen, Schlussbericht zum Forschungsauftrag 20/76, Forschungsbericht des Eidg. Departementes des Innern, Nr. 97, Bern, Januar 1985
11. H. Köster, Drainasphalt, Schlussbericht zum Forschungsauftrag 10/82, Forschungsberichte des Eidg. Departementes des Innern, Nr. 218, Bern, Mai 1991
12. Kalibrieren, Vergleichen u. Harmonisieren der Griffigkeitsmessungen und der Oberflächenrauheitsmessungen mit internationalen Institutionen; (AIPCR-Ringversuch 1992) Horat, Caprez unveröffentlicht

8. Anhang

Anhang 1 Beispiel aus der Griffigkeitsdatenbank

Anhang 2 Zusammenstellung der ausgewerteten Wiederholungsmessungen

Anhang 3 Beispiele Griffigkeitsentwicklungen

Anhang 4 Schema der Strassenerhaltung

Anhang 2

Zusammenstellung der ausgewerteten Wiederholungsmessungen

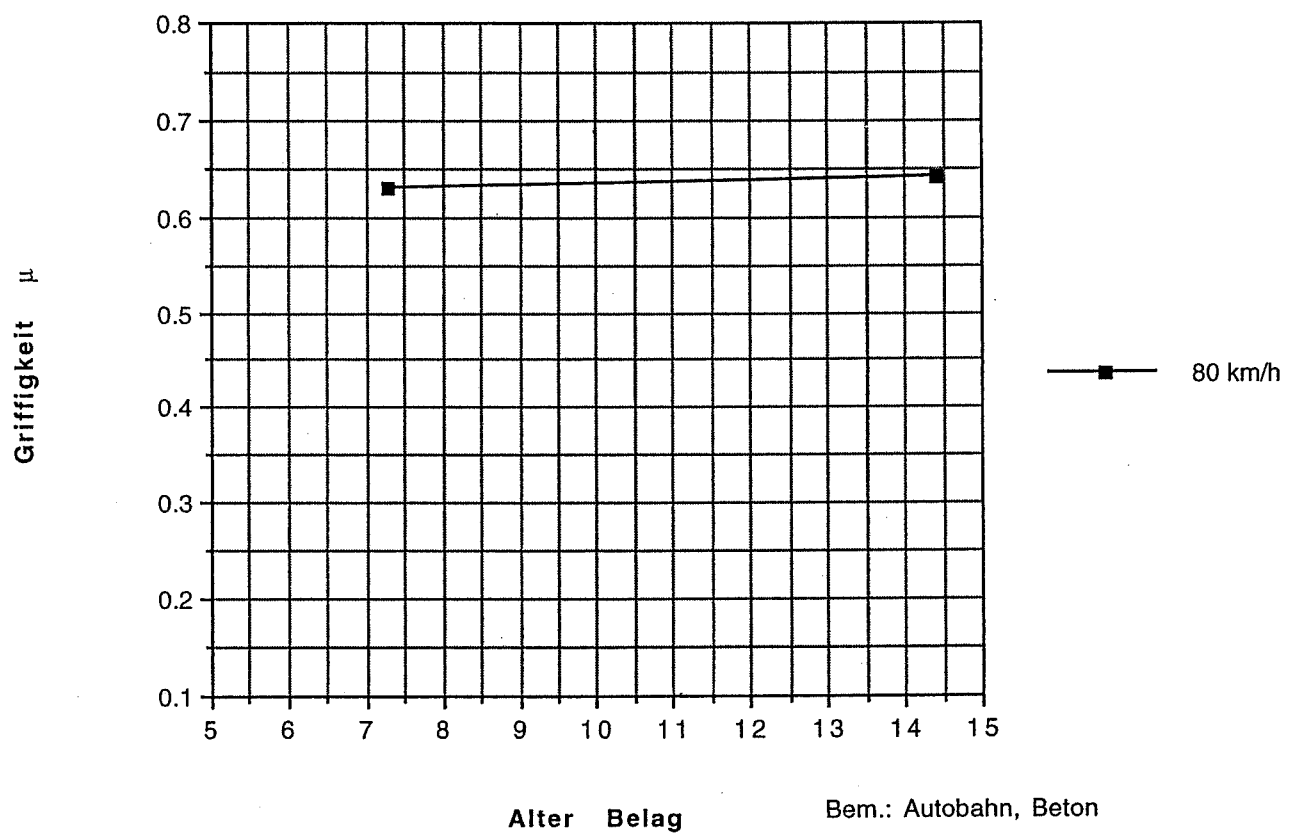
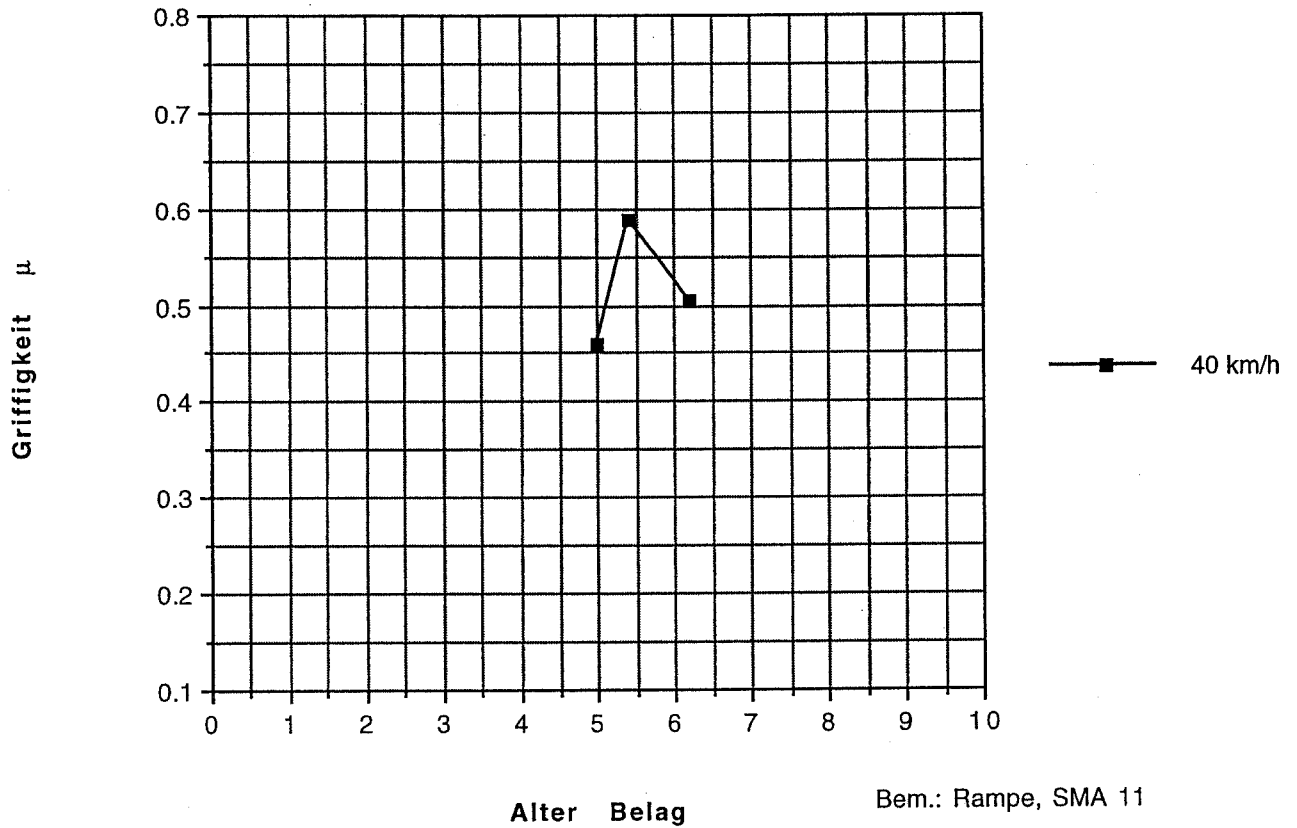
Nr	Belag	Anzahl Wiederholungsmessungen pro Spur			Messgeschwindigkeit blockiertes Messrad			Belagsalter bei erster Messung in Jahre. Einbaumonat meistens geschätzt	Belagsalter bei letzter Messung in Jahre. Einbaumonat meistens geschätzt
		N	M	Ü	40	60	80		
1	AB 10	3					x	11.8	19.0
2	AB 10	2					x	11.8	19.0
3	AB 10	3					x	11.8	19.0
4	AB 10	3					x	11.8	19.0
5	AB 10	3					x	10.8	18
6	AB 10	2					x	10.8	14.4
7	AB 10	2					x	10.8	14.4
8	AB 10	2					x	10.8	14.4
9	AB 10	2					x	10.8	14.4
10	AB 10	2					x	8.8	12.4
11	AB 10	3					x	10.8	16.0
12	AB 10	2					x	8.8	12.4
13	AB 10	2					x	8.8	12.4
14	AB 10	2					x	8.8	12.4
15	AB 10	2					x	8.8	12.4
16	AB 10	2					x	8.8	12.4
17	AB 10	2					x	8.8	12.4
18	AB 10	2					x	8.8	12.4
19	AB 10	2					x	8.8	12.4
20	AB 10	2					x	8.8	12.4
21	AB 10	3					x	8.8	16.0
22	AB 10	3					x	8.8	16.0
23	AB 10	2					x	10.8	14.4
24	AB 10	2					x	10.8	14.4
25	AB 10	2					x	10.8	14.4
26	AB 10	2					x	10.8	14.4
27	AB 10	3					x	10.8	18.0
28	AB 10	3					x	11.8	19.0
29	AB 10	3					x	11.8	19.0
30	AB 10	3					x	11.8	19.0
31	AB 10	3					x	11.8	19.0
32	AB 11 Tr	2	2				x	1.8	4.2
33	AB 11 Tr	3				x		1.9	5.9
34	AB 11 Tr	3				x		1.9	5.9
35	AB 11 Tr	4				x		0.4	5.9
36	AB 11 Tr	4				x		0.4	5.9
37	AB 16			2			x	0.1	1.2
38	AB 16			2			x	0.1	1.2
39	AB 16			2			x	0.1	1.2
40	AB 16			2			x	0.1	1.2
41	AB 16			2			x	0.1	1.2
42	AB 16	2				x	x	0.1	1.2
43	AB 16	2				x	x	0.1	1.2
44	AB 16	2				x	x	0.1	1.2
45	AB 16	2				x	x	0.1	1.2
46	AB 16	2				x	x	0.1	1.2
47	AB 16	2					x	3.8	7.4
48	AB 16	2					x	3.8	7.4
49	AB 16	2					x	3.8	7.4

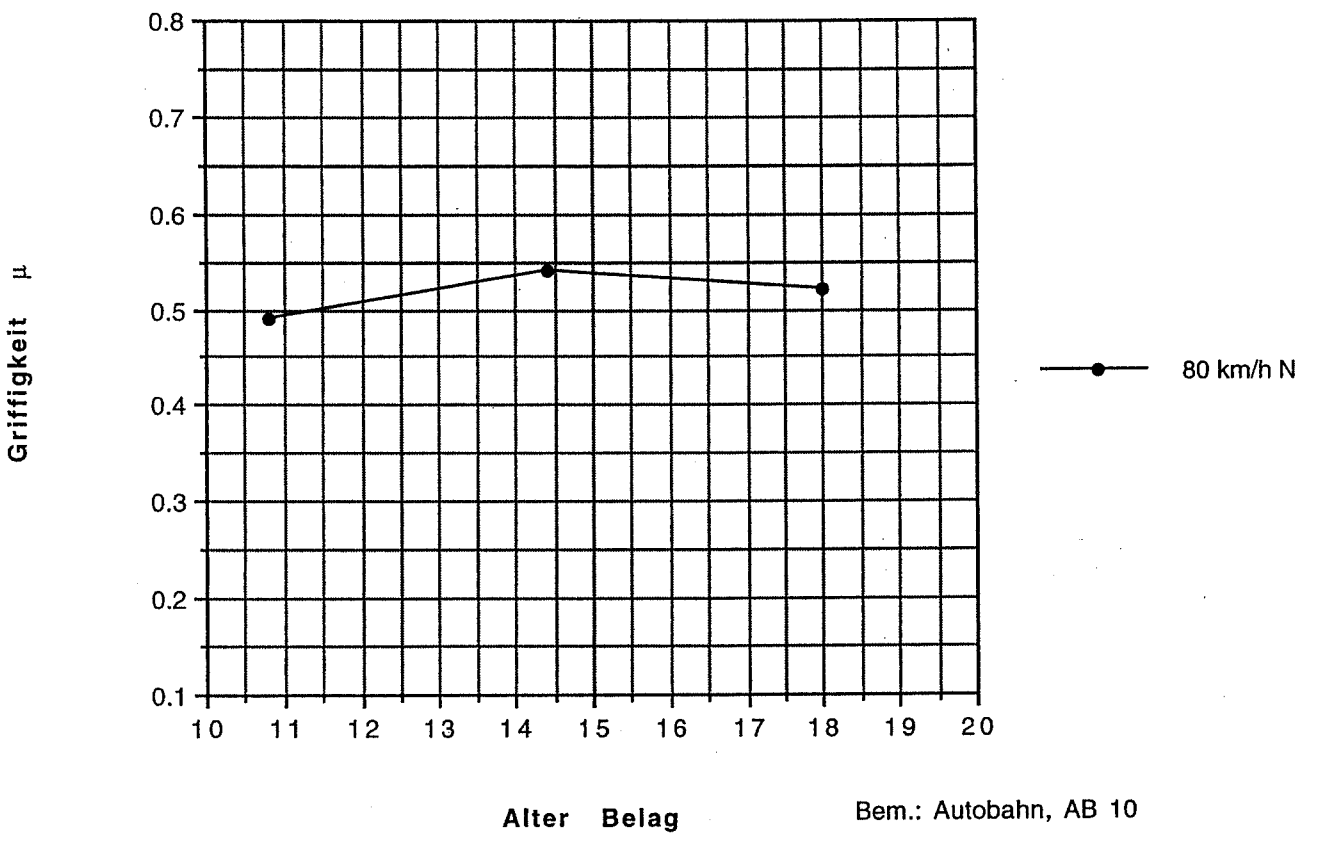
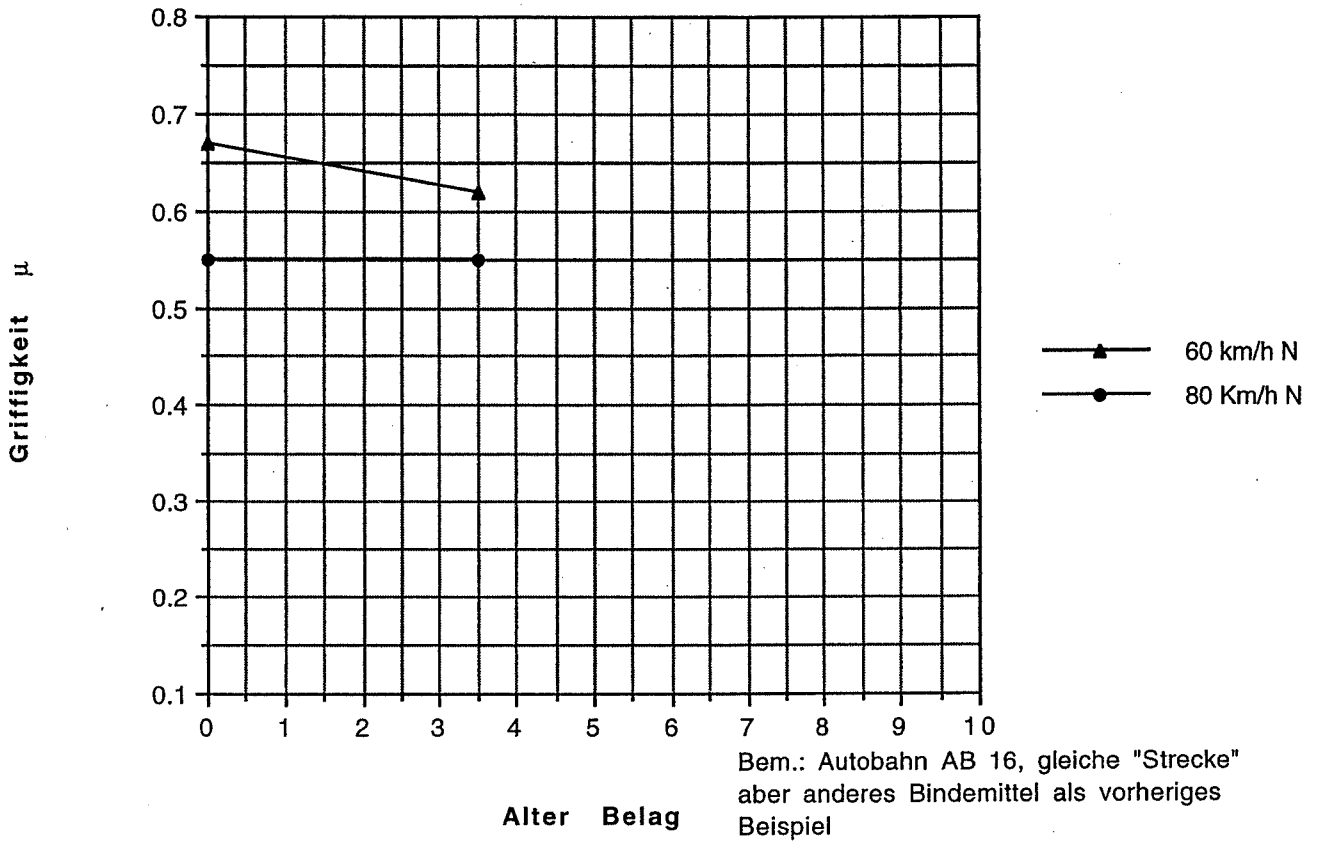
Nr	Belag	Anzahl Wiederholungsmessungen pro Spur			Messgeschwindigkeit blockiertes Messrad			Belagsalter bei erster Messung in Jahre. Einbaumonat meistens geschätzt	Belagsalter bei letzter Messung in Jahre. Einbaumonat meistens geschätzt
		N	M	Ü	40	60	80		
50	AB 16	2					x	3.8	7.4
51	AB 16	2					x	3.8	7.4
52	AB 16	2					x	3.8	7.4
53	AB 16	2					x	3.8	7.4
54	AB 16	2					x	3.8	7.4
55	AB 16	2					x	3.8	7.4
56	AB 16	2					x	3.8	7.4
57	AB 16	2					x x	0.0	3.5
58	AB 16	2					x x	0.0	3.5
59	AB 16	2					x x	0.0	3.5
60	AB 16	2					x x	0.0	3.5
61	AB 16	2					x x	0.0	3.5
62	AB 16	2					x x	0.0	3.5
63	AB 16	2					x x	0.0	3.5
64	AB 16	2					x x	0.0	3.5
65	AB 16	2					x x	0.0	3.5
66	AB 16	2					x x	0.0	3.5
67	AB 16	2					x x	0.0	3.5
68	AB 16	2					x x	0.0	3.5
69	AB 16	2					x x	0.0	3.5
70	AB 16	2					x x	0.0	3.5
71	AB 16	2					x x	0.0	3.5
72	AB 16	2					x x	0.0	3.5
73	AB 16 N	5					x x	0.0	4.9
74	AB 16 N	5			x		x x	0.0	4.9
75	AB 16 Pmb	2		2			x	2.9	3.9
76	AB 16 Pmb	2		2			x	2.9	3.9
77	AB 16 Pmb	2			x			2.2	3.9
78	AB 16 Tr	5, 4					x x	0.0	4.9
79	AB 16 Tr	5,5,4					x x	0.0	4.9
80	AB 16 Ul	5, 3					x x	0.0	4.9
81	AB 16 Ul	5			x		x x	0.0	4.9
82	Betamast	5					x x	0.0	4.9
83	Betamast	5			x		x x	0.0	4.9
84	Beton	3		3			x	9.8	16.0
85	Beton	3		3			x	9.8	16.0
86	Beton	3		3			x	9.8	16.0
87	Beton	3		3			x	9.8	16.0
88	Beton	3		3			x	13.8	20.0
89	Beton	3		3			x	13.8	20.0
90	Beton	3		3			x	12.8	19.0
91	Beton	3		3			x	12.8	19.0
92	Beton	3		3			x	12.8	19.0
93	Beton	3		3			x	12.8	19.0
94	Beton	3		3			x	12.8	19.0
95	Beton	3		3			x	12.8	19.0
96	Beton	2					x	7.3	14.4
97	Beton	2					x	7.3	14.4
98	Beton	2					x	7.3	14.4
99	Beton	2					x	0.3	7.4
100	Beton	2					x	0.3	7.4
101	Beton	2					x	0.3	7.4
102	Beton	2					x	7.3	14.4
103	Beton	2					x	7.3	14.4
104	Beton	2					x	7.3	14.4

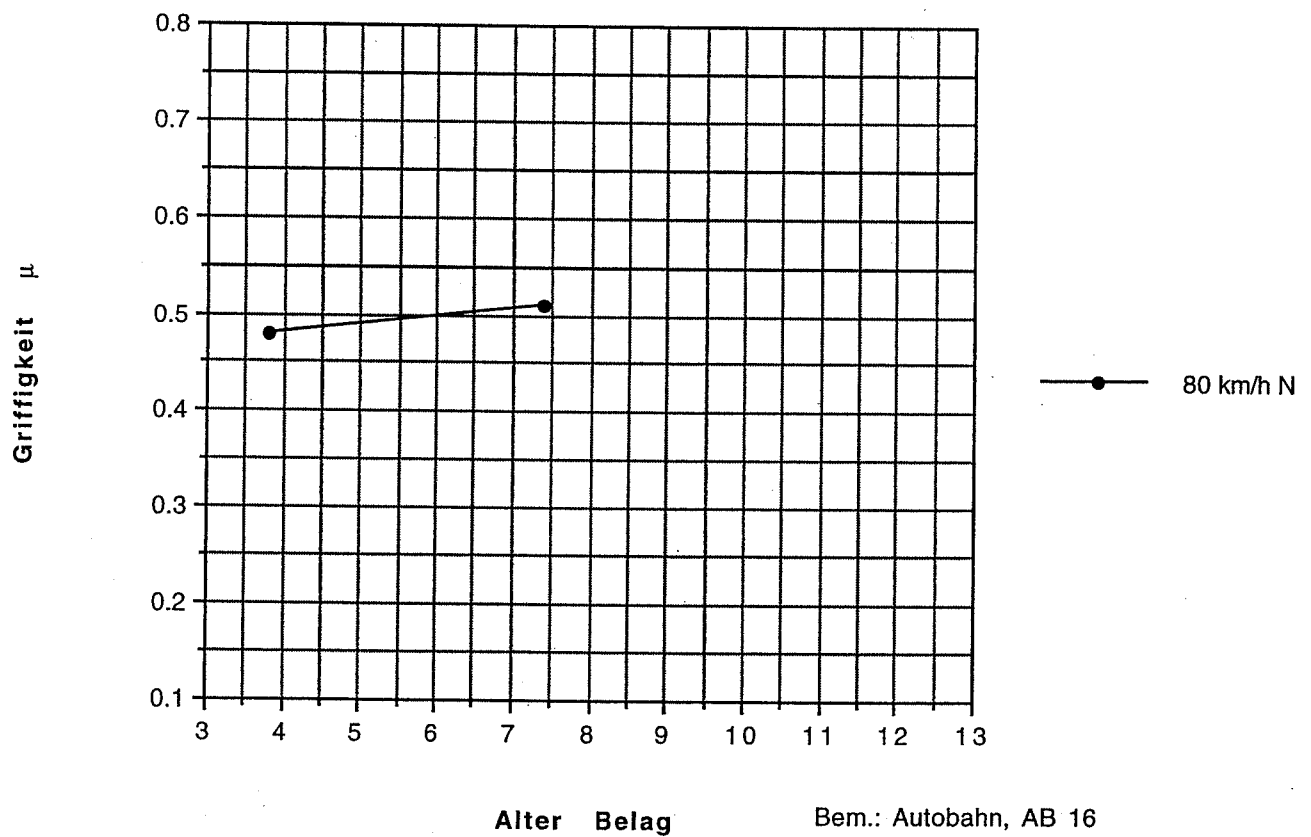
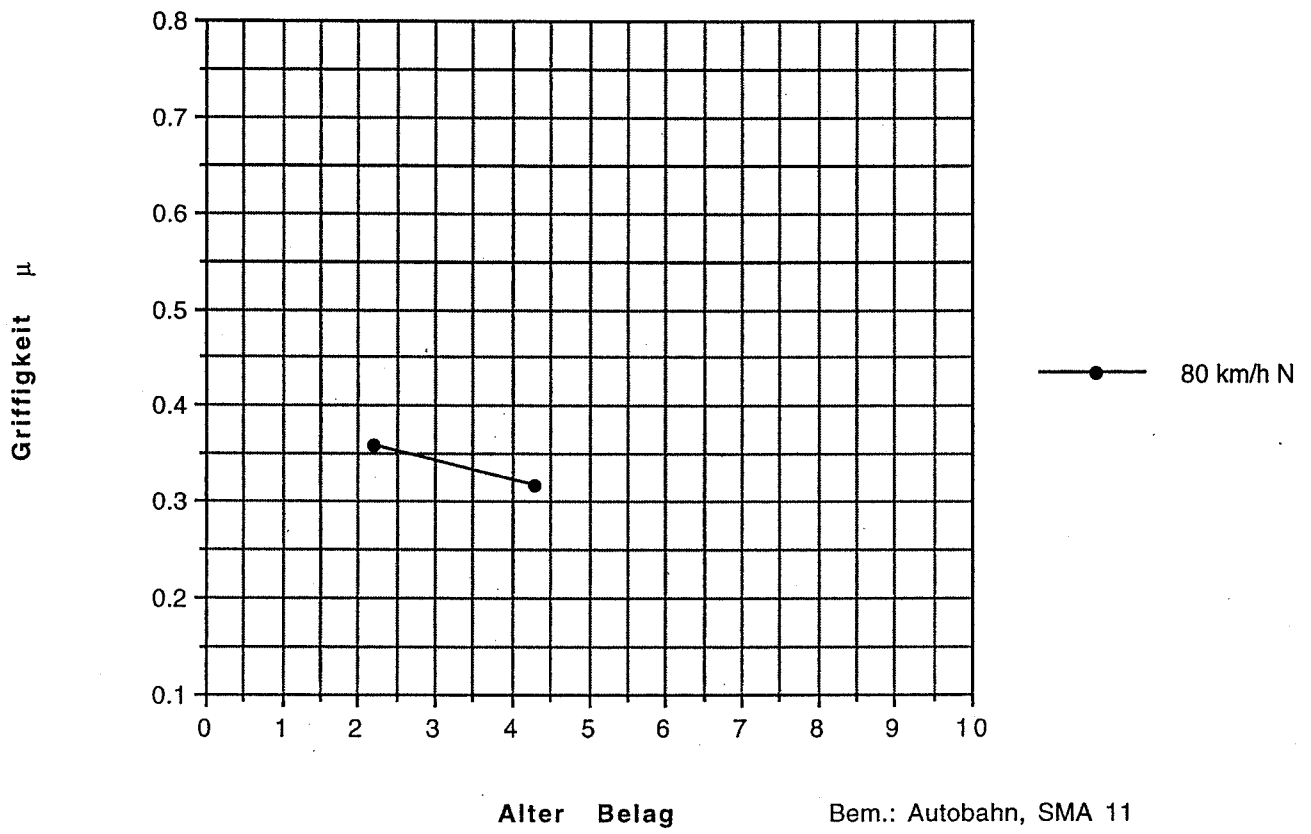
Nr	Belag	Anzahl Wiederholungsmessungen pro Spur			Messgeschwindigkeit blockiertes Messrad			Belagsalter bei erster Messung in Jahre. Einbaumonat meistens geschätzt	Belagsalter bei letzter Messung in Jahre. Einbaumonat meistens geschätzt
		N	M	Ü	40	60	80		
105	Beton	2					x	0.3	7.4
106	Beton	2					x	0.3	7.4
107	Beton	2					x	0.3	7.4
108	Beton	2					x	0.3	7.4
109	Beton	2					x	0.3	7.4
110	Beton	2					x	0.3	7.4
111	Beton	2					x	2.3	9
112	Beton	2					x	2.3	9.4
113	Beton	2					x	2.3	9.4
114	Beton	2					x	2.3	9.4
115	Beton	2					x	0.3	7.4
116	Beton	2					x	0.3	7.4
117	Beton	2					x	0.3	7.4
118	Beton	2					x	2.3	9.4
119	Beton	2					x	2.3	9.4
120	Beton	2					x	2.3	9.4
121	DRA 10	5			x	x	x	0.0	4.9
122	DRA 10	5			x	x	x	0.0	4.9
123	DRA 16	5				x	x	0.0	4.9
124	DRA 16	5			x	x	x	0.0	4.9
125	DRA11?	2					x	2.2	4.3
126	Durogrip	3					x	0.3	2.2
127	Durogrip	3					x	0.3	2.2
128	Heissmikro	3			x			0.0	1.0
129	Heissmikro	3			x			0.0	1.0
130	HRA	2					x	0.0	6.8
131	Kaltnmikro	3						0.0	1.0
132	Kaltnmikro	3						0.0	1.0
133	Mikrobelag	4			x	x	x	1.1	2.2
134	Mikrobelag	4			x	x	x	1.1	2.2
135	Mikrobelag	4			x	x	x	1.1	2.2
136	Mikrobelag	4			x	x	x	1.1	2.2
137	Mikrobelag	4			x	x	x	1.1	2.2
138	Mikrobelag	4			x	x	x	1.1	2.2
139	Refi Stahlfaser	5					x	0.0	4.9
140	Refi Stahlfaser	5			x	x	x	0.0	4.9
141	SMA	2			x	x		0.0	0.7
142	SMA	2			x	x		0.0	0.7
143	SMA	2					x	0.0	0.6
144	SMA	2					x	5.0	6.2
145	SMA	2					x	5.0	6.2
146	SMA 11	3		2			x	0.2	6.8
147	SMA 11	3		2			x	0.2	1.1
148	SMA 11	3			x			5.0	6.2
149	SMA 11	3			x			5.0	6.2
150	SMA11?	2					x	2.2	4.3
151	SMA11?	2					x	2.2	4.3
152	SMA11?	2					x	2.2	4.3
153	SMA11?	2					x	2.2	4.3
154	SMA11?	2					x	0.4	7.3
155	SMA11?	4					x	0.4	7.3
156	TA 16	4	3	3			x	8.8	19.4
157	TA 16	4	3	3			x	8.8	19.4
158	TA 16	3		3			x	9.8	16.0
159	TA 16	3		3			x	9.8	16.0

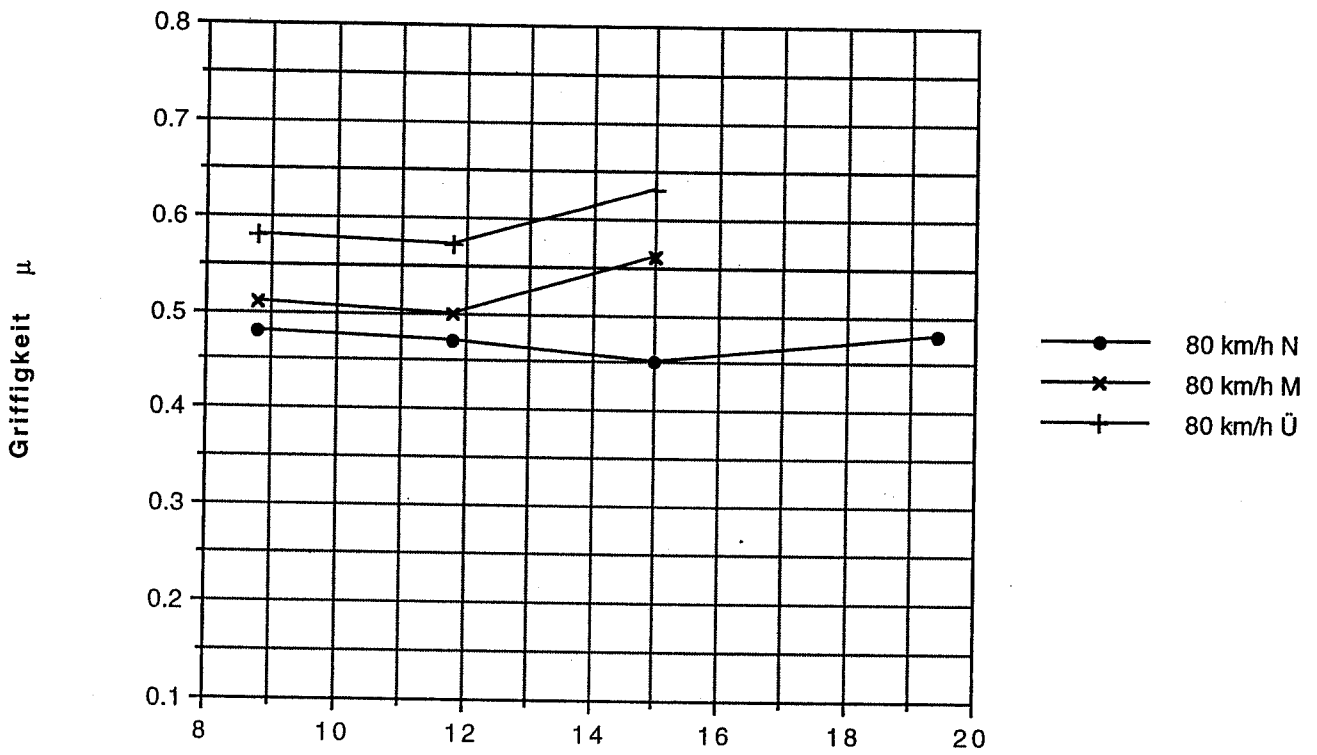
Anhang 3

Beispiele Griffigkeitsentwicklungen



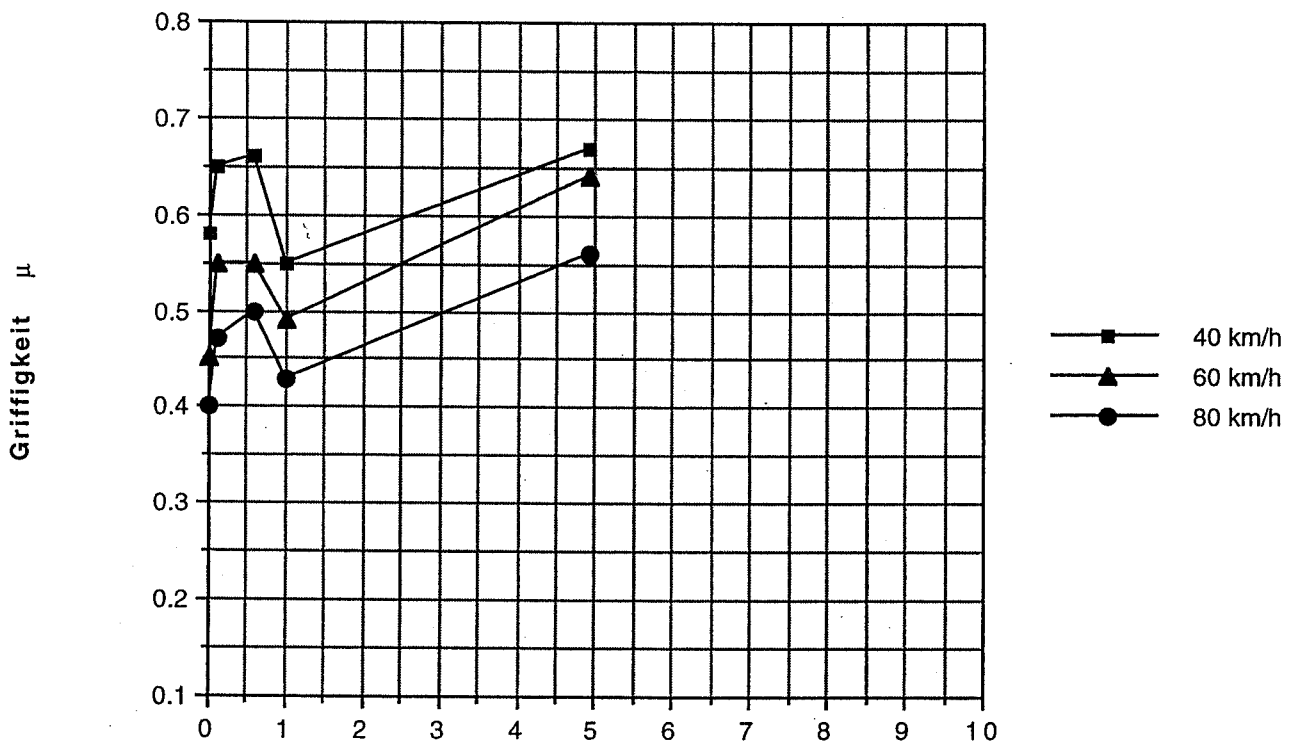




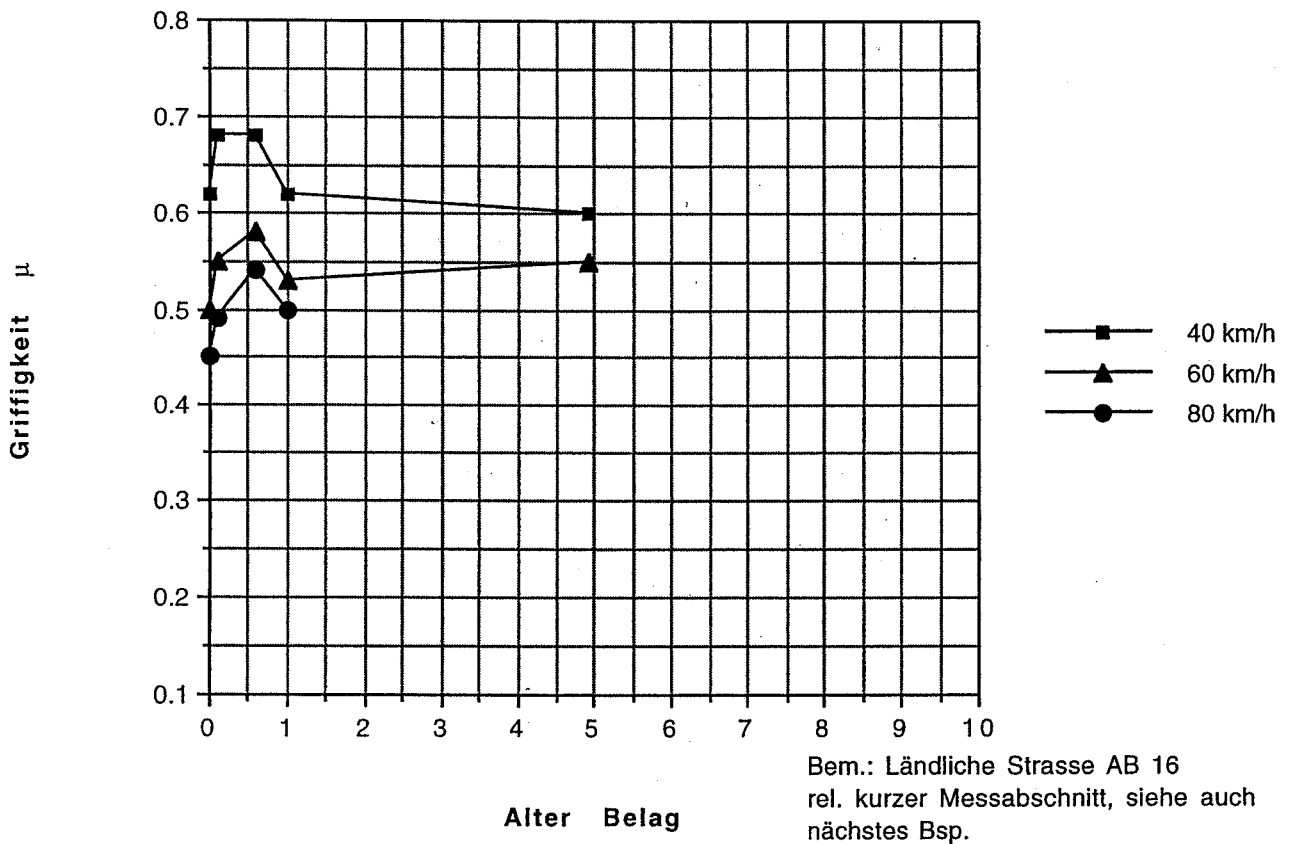
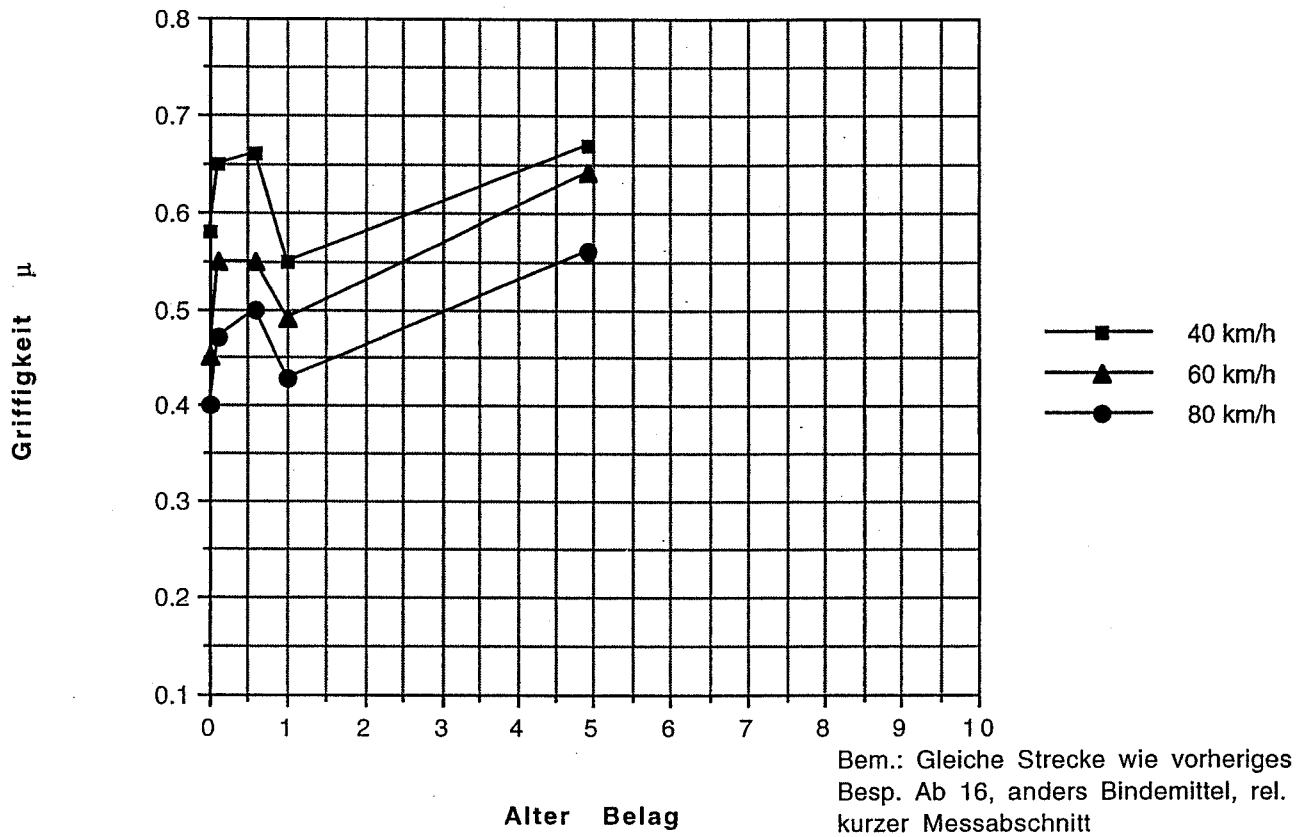


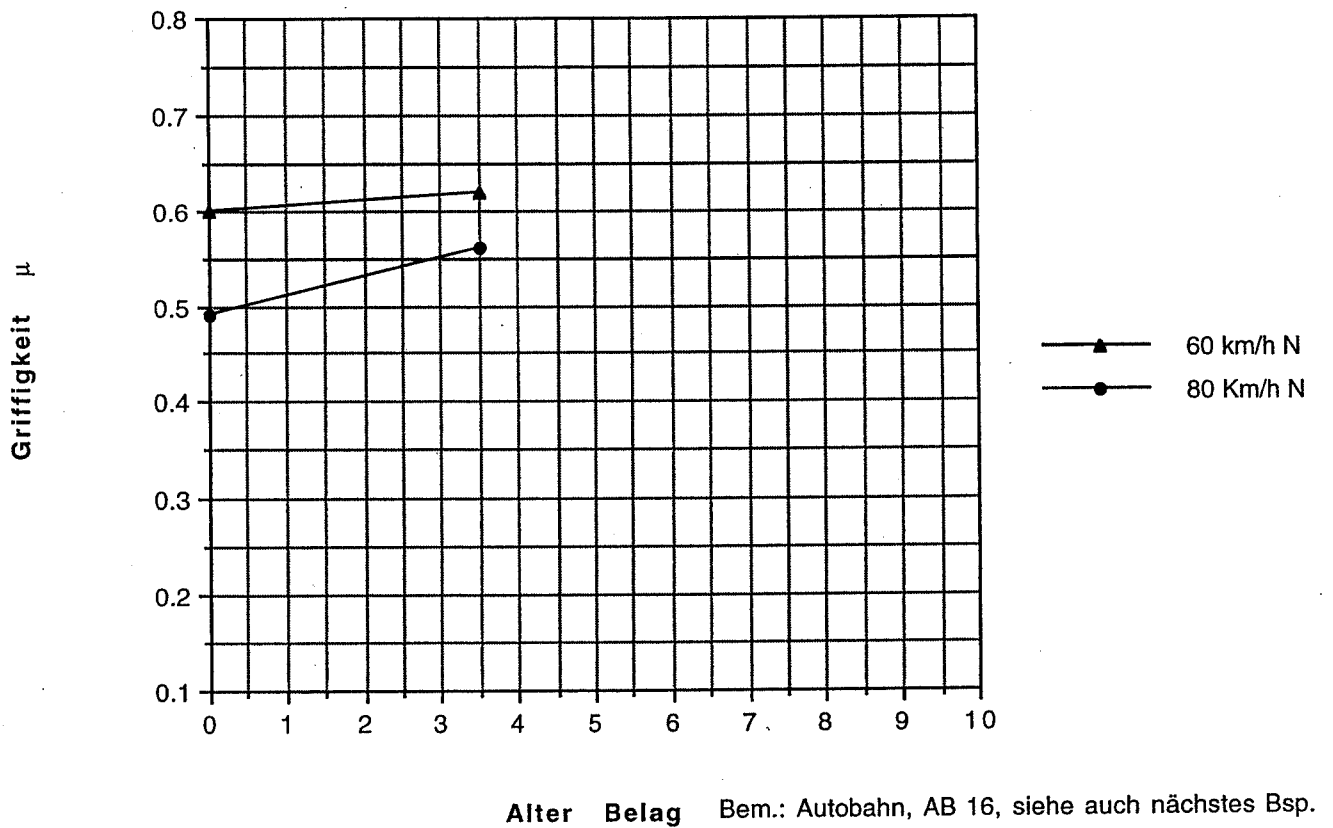
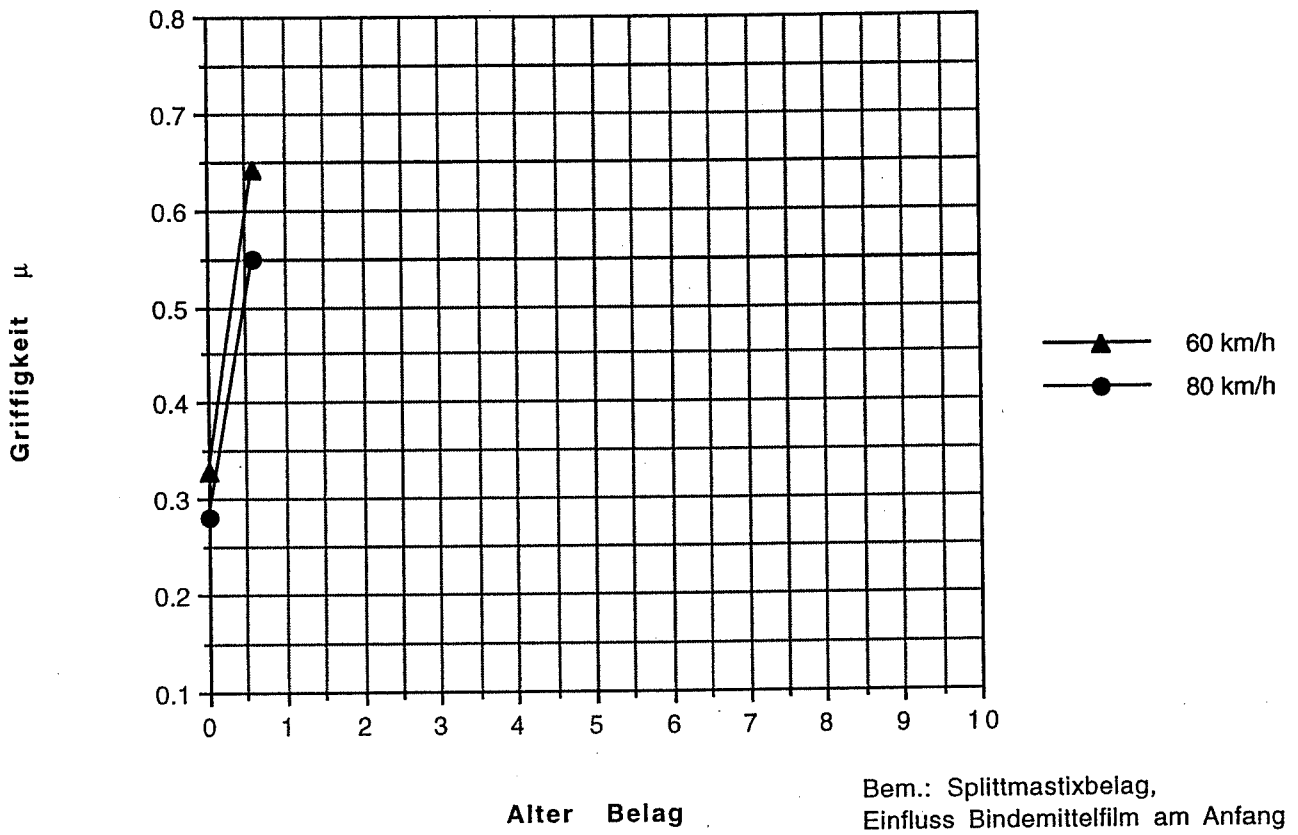
Alter Belag

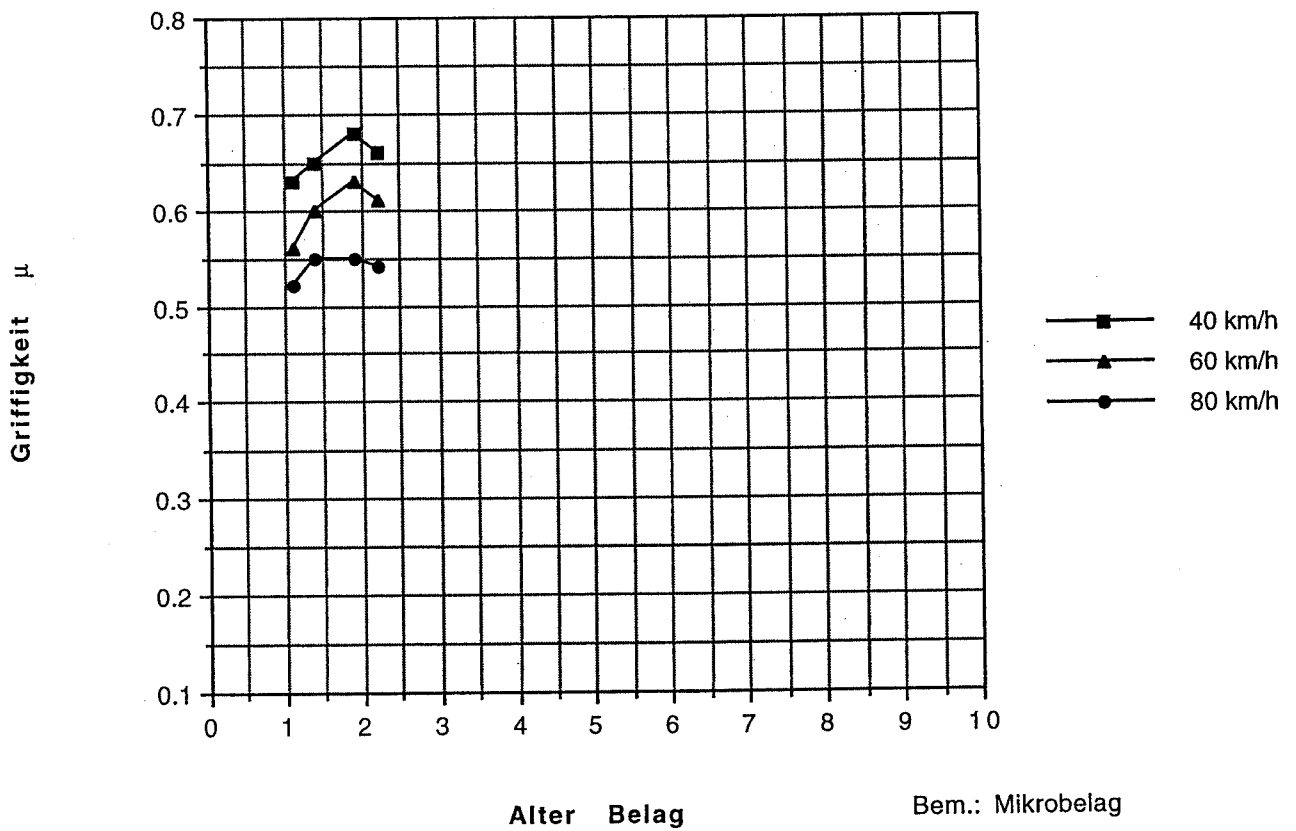
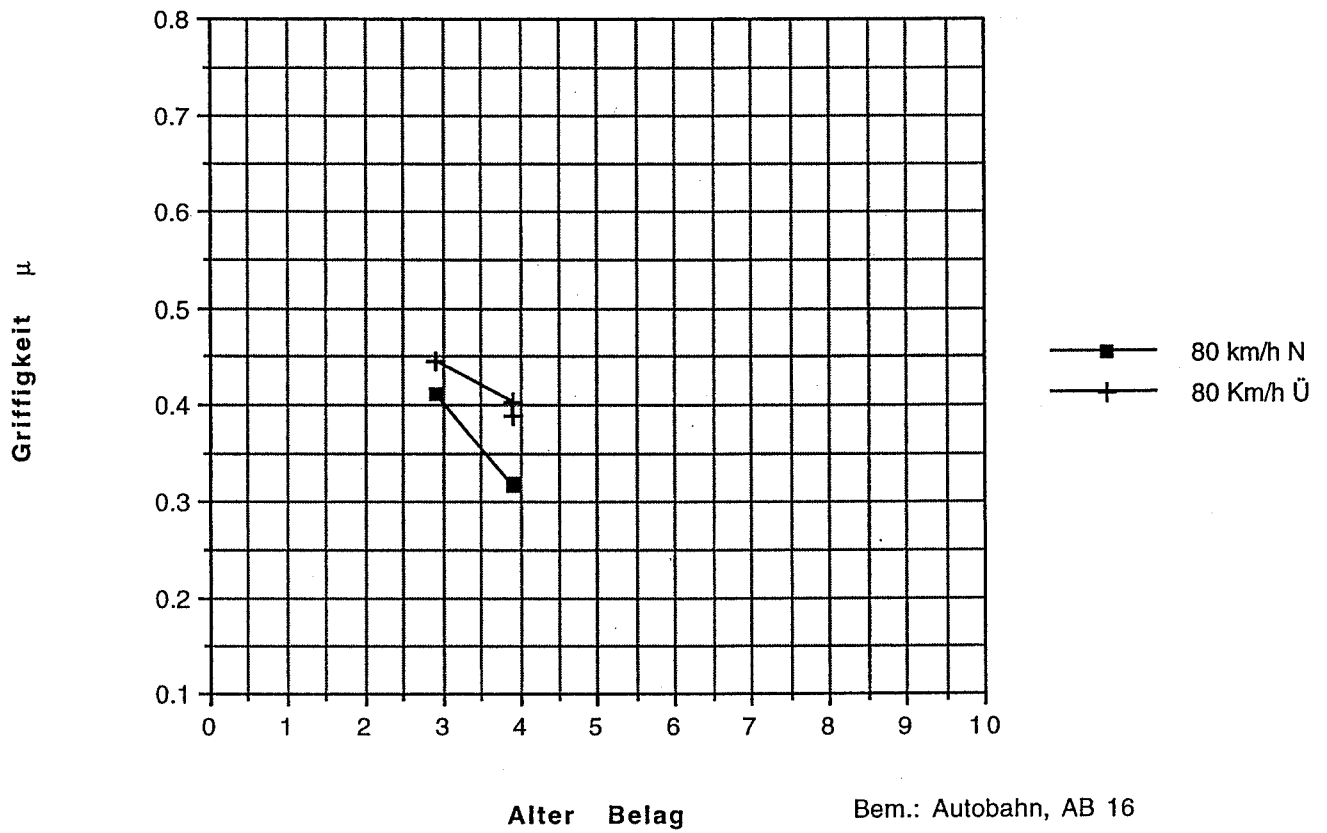
Bem.: Autobahn, älterer Belag, TA 16



Alter Belag







Anhang 4 Beispiel: Mögliches Schema für Management der Strassenerhaltung

