

Erhöhung der Anfangsgriffigkeit von Asphaltdeckschichten – Ergebnisse einer Pilotstudie

Georg Suß, Ulrike Karolewski, Darmstadt

Einleitung

Die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen stellt ein wesentliches Kriterium für die Vermeidung von Unfällen auf unseren Straßen dar. Asphaltdeckschichten, die unter Beachtung derzeit gültiger Regelwerke gebaut werden, weisen im »normalen« Gebrauchszustand eine gute Griffigkeit auf. Unmittelbar nach der Herstellung einer neuen Asphaltdeckschicht oder nach Instandsetzungsmaßnahmen ist es jedoch möglich, daß durch den vorhandenen Bindemittelfilm an der Gesteinsoberfläche die für die Griffigkeit bedeutsamen Mikrorauheiten des Gesteins noch nicht voll zur Wirkung kommen.

Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, daß während des Überwalzens der zu verdichtenden Deckschicht ein Teil des Bindemittels und Asphaltmörtels an die Deckschichtoberfläche gedrückt wird und die Gesteinsoberfläche umhüllt [1, 3, 6]. Dieser Bitumenüberzug ist in der Regel nur wenige Millimeter dick. Der Problematik »Anfangsgriffigkeit« begegnet man heute in der Praxis hauptsächlich durch Abstumpfungsmaßnahmen [2]. Eine andere Möglichkeit, die Anfangsgriffigkeit von Asphaltdeckschichten zu erhöhen, besteht in der Nachbearbeitung ihrer Oberfläche. Derzeit praktizierte Verfahren zeigen gute Ergebnisse hinsichtlich einer verbesserten Griffigkeit. Es gelingt jedoch bisher kaum, speziell den dünnen Bitumenüberzug von der Gesteinsoberfläche zu entfernen.

Im Rahmen eines durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen geförderten Forschungsvorhabens wurde an der Technischen Universität Darmstadt das Thema Anfangsgriffigkeit erneut aufgegriffen. Neben der Dokumentati-

on derzeit praktizierter Verfahren zur Erhöhung der Anfangsgriffigkeit wurden in der Pilotstudie neue Möglichkeiten zur Entwicklung geeigneter Verfahren erörtert. Dabei war ein Schwerpunkt die Untersuchung, inwieweit hochenergetische elektromagnetische Wellen für neue Verfahren zur Erhöhung der Anfangsgriffigkeit genutzt werden können. Der Bericht zu diesem Projekt wurde im September 1997 vorgelegt.

Die nachfolgenden Ausführungen stellen die wesentlichsten Ergebnisse der Pilotstudie dar. Vorab soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß die im zeitlich begrenzten Rahmen des Projektes durchgeführten Tastversuche lediglich dem Nachweis einer prinzipiellen Eignung dienen.

Versuchsdurchführung

Die Verfahren zum Abtragen des Bitumenüberzuges von der Gesteins-

oberfläche wurden in die zwei Gruppen *mechanische Verfahren* und *Verfahren unter Nutzung hochenergetischer elektromagnetischer Wellen* unterteilt. Dazu wurden Asphaltplatten (28 x 35 x 4 cm) eines Splittmastixasphaltes 0/11 S hergestellt. Die Plattenherstellung erfolgte mit einer Bordsteinvibrationswalze (Bomag BW 75). Tabelle 1 beinhaltet die Asphaltzusammensetzung sowie Daten der Eigenschaftsprüfung.

Mechanische Verfahren

Ziel dieser Verfahren war es, den Bitumenfilm auf mechanischem Weg durch Abkratzen oder Abbrennen von der Mineralstoffoberfläche zu entfernen. Dazu wurde die Oberfläche der Asphaltplatten mit einer Drahtbürste bei variierten Randbedingungen bearbeitet. In Zusammenarbeit mit der Firma Linde AG, Abteilung Technische Gase, in Unterschleißheim wurden Tastversuche mittels Flammstrahler und dem Trockeneisstrahlverfahren durchgeführt. In Tabelle 2 sind die mechanischen Versuche und gewählten Randparameter aufgeführt.

Tabelle 1: Zusammensetzung Splittmastixasphalt 0/11 S

Gesteinsart:			Diabas	
Mineralstoffrohichte			2,901	[g/cm ³]
Kornzusammensetzung:				
Edelsplitt	8/11	mm	50	[Gew.-%]
	5/8	mm	20	"
	2/5	mm	5	"
Sand	0,09/2	mm	15	"
	0/0,09	mm	10	"
Kalksteinfüller	B 65		6,5	[Gew.-%]
Stab. Zusatz	Cellulose		0,3	[Gew.-%]
Hohlraumgehalt am MPK*			3,2	[Vol.-%]
Raumdichte am MPK*			2,511	[g/cm ³]

*: Marshall-Probekörper

Vortrag, gehalten auf den IX. Deutschen Asphalttagen 1998 in Berchtesgaden

Nutzung hochenergetischer elektromagnetischer Wellen

Hintergrund der Nutzung hochenergetischer elektromagnetischer Wellen ist deren Eigenschaft, die physikalisch-chemischen und rheologischen Eigenschaften des Bitumens derart zu verändern, daß eine Verhärtung bzw. Versprödung des Bitumens eintreten kann [4,5]. Auf diese Weise sollte ein Abplatzen des Bitumenüberzuges von der Mineralstoffoberfläche hervorgerufen werden. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden Tastversuche mittels UV-Strahlung und Laserstrahlung durchgeführt. Die Bereitstellung der Lasertechnik und die fachliche Betreuung erfolgte durch das Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik in Dresden. In Tabelle 3 sind die Versuche und Randparameter aufgeführt.

Grundlage der Laserbearbeitung bildet die Tatsache, daß das Bindemittel als abzutragende Schicht andere optische und thermische Eigenschaften

als der zu erhaltende Mineralstoff besitzt. Bei der Bestrahlung des Bitumen-/Asphaltmörtelfilms wird eine definierte Energiemenge in diese Schicht eingetragen. Dieser Energieeintrag führt zum Verdampfen der abzutragenden Materialschicht. Die Wellenlänge des Lasers kann dabei so gewählt werden, daß die Laserstrahlung von der abzutragenden Bindemittelschicht gut und von den zu erhaltenden mineralischen Bestandteilen nur in geringem Maße absorbiert wird. Auf diese Weise erfolgt ein Abtrag (Abbildung 1). Dieser Abtrag wird zusätzlich begünstigt, da das Bindemittel eine wesentlich niedrigere Verdampfungs- und Zersetzungstemperatur aufweist, als der zu erhaltende Mineralstoff.

Ergebnisse

Zur Einschätzung der Griffigkeit wurden vor und nach der Bearbeitung Messungen mit dem Skid Resistance

Tester (SRT) durchgeführt. Die im folgenden aufgeführten SRT-Werte sind als Orientierungswerte einzustufen, die der Prüfung der prinzipiellen Eignung der Verfahren dienen.

Mechanische Verfahren

Bei der mechanischen Bearbeitung der Asphaltplatten mittels Drahtbürste (manuell) konnte auch bei variierten Randbedingungen keine Veränderung der Oberflächenstruktur beobachtet werden. Die anschließend ermittelten SRT-Werte ergaben bei allen durchgeführten Versuchen eine Verschlechterung der Griffigkeitskennwerte. Abbildung 2 zeigt beispielhaft anhand der Asphaltplatten, die bei einer Oberflächentemperatur von 12 °C bearbeitet wurden, die Abnahme der SRT-Werte von ursprünglich 52 auf Werte nach dem mechanischen Bürsten von ca. 44.

Daraufhin wurde die mechanische Bearbeitung intensiviert, indem die Asphaltoberfläche mit einer rotierenden Drahtbürste (2000 U/min) bearbeitet wurde. Abbildung 3 zeigt den Vergleich einer unbearbeiteten Asphaltplatte (B) mit einer Asphaltplatte, die mittels rotierender Drahtbürste bearbeitet wurde (A). Die Kornstrukturen treten auf der bearbeiteten Platte hervor. Die SRT-Messungen zeigten eine Verbesserung der Griffigkeitskennwerte von anfangs 55 auf 64. Bei dieser Bearbeitungsform handelt es sich jedoch um einen sehr harten Eingriff, der zur Zerstörung der Oberfläche führen kann.

Abbildung 4 zeigt den Vergleich einer unbearbeiteten Asphaltplatte (B) mit einer Platte, die mittels Flammstrahler bearbeitet wurde (A). Die Oberfläche der »geflämmten« Asphaltplatte erscheint insgesamt matter. In Bearbeitungsrichtung (Pfeil) ist eine leichte Rillierung der Oberfläche erkennbar. Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der SRT-Messungen zur Beurteilung der Griffigkeitsveränderung. Die Ausgangswerte von ca. 66 konnten um ca. 20 Skalenteile auf 88 erhöht werden. Anhand der SRT-Messungen konnten keine Unterschiede der Griffigkeitsverbesserung in Abhängigkeit von den gewählten Randbedingungen festgestellt werden.

Es hatte jedoch den Anschein, daß nach der Bearbeitung Rußpartikel auf der Plattenoberfläche verblieben sind. Aus diesem Grund wurde die Oberfläche einer »geflämmten« Asphaltplatte zur Hälfte mit einer Drahtbürste nachgearbeitet. Wider Erwarten ließen sich kaum noch Partikel von der Oberflä-

Bearbeitungsart:	Randbedingungen:
Bearbeitung mit Drahtbürste	- Manuelle Bearbeitung Oberflächentemperaturen der Asphaltplatten variiert (22°C, 12°C, -12°C) - Bearbeitung mit rotierender Drahtbürste (2000 U/min) Oberflächentemperatur der Asphaltplatte 22°C
Bearbeitung mit Flammstrahler ("Flämmen")	- Brenngas: Acetylen-Sauerstoff-Flamme - Vorschubgeschwindigkeiten 4 und 6 Sekunden, stechend und schleppend
Trockeneis-Strahltechnik	- Trockeneis als feste Zustandsform von Kohlendioxid (-78° C) - Strahlendruck: 15 bar - Strahlzeit: 15 und 30 Sekunden

Tabelle 2: Mechanische Verfahren

Tabelle 3: Versuche mit hochenergetischen elektromagnetischen Wellen

Bearbeitungsart:	Randbedingungen:
Bestrahlung mit UV-Licht	- Wellenlänge = 254 nm 9 Stunden Bestrahlung pro Tag - SRT-Messung wöchentlich nach vorherigem Abbürsten
Bearbeitung mit Lasern:	
Neodym-YAG-Laser (Nd-YAG)	- maximale Pulsenergie: $E_{\max} = 300 \text{ mJ}$ - Laserwellenlänge: $\Lambda = 1,06 \text{ }\mu\text{m}$ - Pulsdauer: $t_p = 6 \text{ ns}$ - Pulsfrequenz: $f_p = 20 \text{ Hz}$
CO ₂ -TEA-Laser	- maximale Pulsenergie: $E_{\max} = 12 \text{ J}$ - Laserwellenlänge: $\Lambda = 10,6 \text{ }\mu\text{m}$ - Pulsdauer: $t_p = 5 \text{ ns}$ - Pulsfrequenz: $f_p = 20 - 25 \text{ Hz}$
Bearbeitung mit Diodenlaser-Sack (Stapel von 10 Laserdioden)	- mit verwendetem Diodenlaserarray nur kontinuierlicher Betrieb möglich - Laserleistung im kontinuierlichen Betrieb: $P_{\text{CW}} = 300 \text{ W}$ - Laserwellenlänge: $\Lambda = 808 \text{ nm}$

che lösen. Anschließende SRT-Messungen zeigten, daß ein ähnlicher Effekt wie beim reinen mechanischen Bürsten auftritt. Die zunächst verbesserte Griffigkeit, die durch das Flämmen erzielt wurde (SRT-Wert 88), ver-

schlechterte sich durch das Bürsten auf einen Wert von 67 und erreichte damit nahezu den ursprünglichen Ausgangswert (Abbildung 6). Die Bearbeitung der Asphaltplatten mit dem Trockeneis-Strahlverfahren

zeigte tendenziell eine Verbesserung der Griffigkeit. (Die Oberflächenstruktur der Asphaltplatten konnte in einer fotografischen Darstellung nicht wiedergegeben werden, so daß an dieser Stelle auf eine Abbildung verzichtet

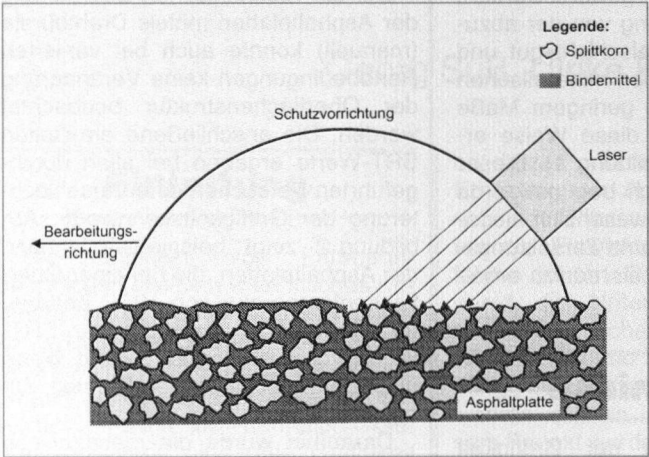


Abbildung 1: Laservorrichtung zur Bearbeitung einer Asphaltplatte

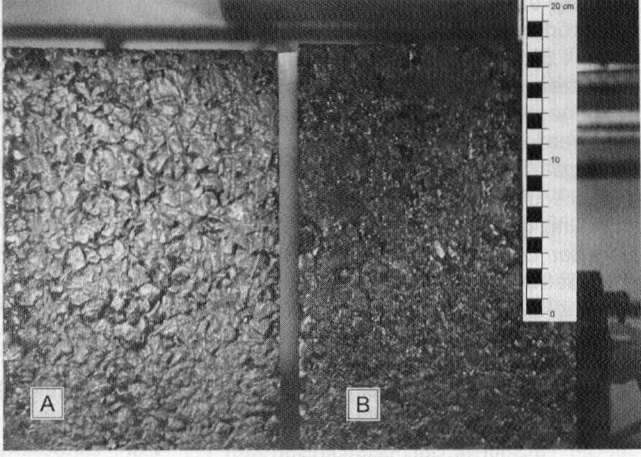


Abbildung 3: Vergleich einer unbearbeiteten Asphaltplatte (B) mit einer Platte, die mittels rotierender Drahtbürsten bearbeitet wurde (A)

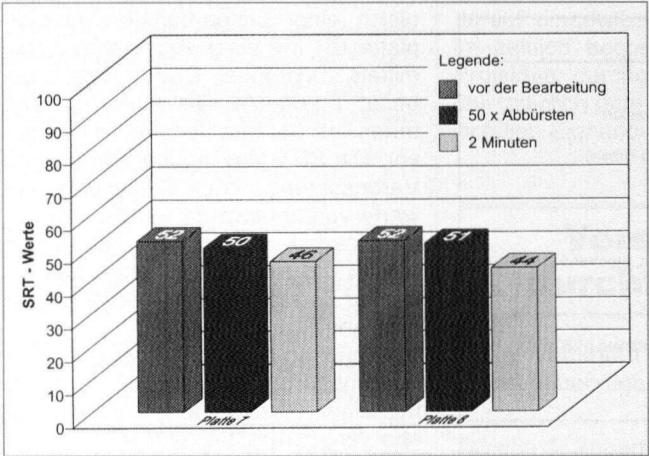


Abbildung 2: Mechnische Bearbeitung der Asphaltplatten mittels Drahtbürste (manuell)

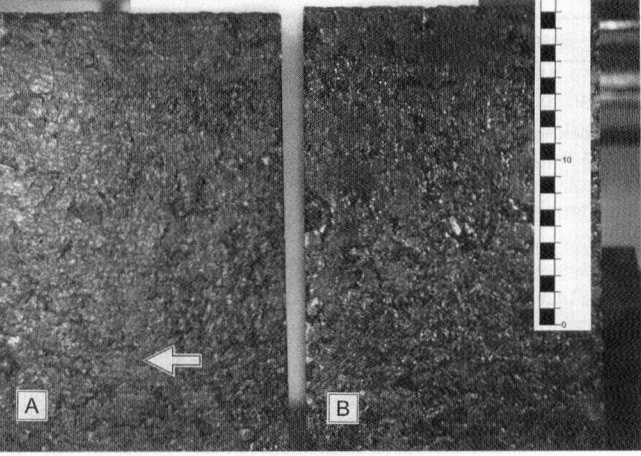


Abbildung 4: Vergleich einer unbearbeiteten Asphaltplatte (B) mit einer Platte, die geblämt wurde (A)

Abbildung 5: SRT-Werte vor und nach der Bearbeitung der Asphaltplatten mittels Flammstrahler

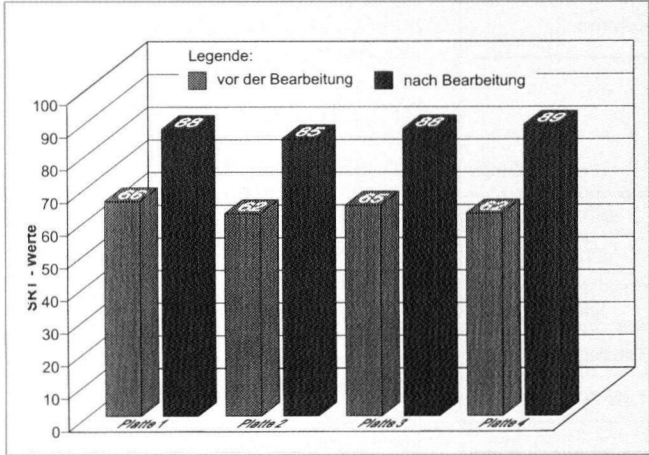
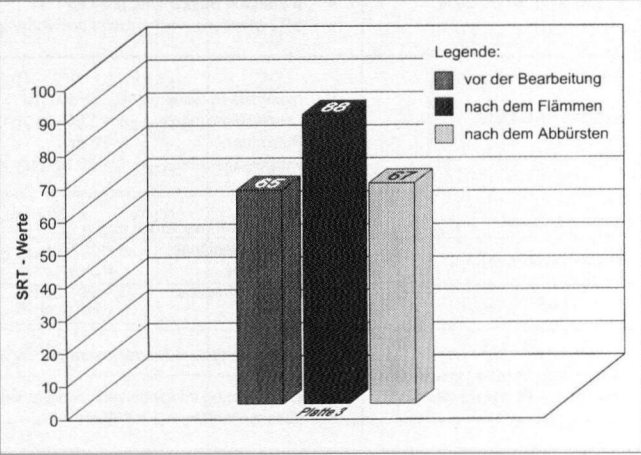


Abbildung 6: Veränderung der Griffigkeit nach dem Flämmen und anschließendem Bürsten



wurde.) Die SRT-Werte von anfangs 52 konnten bis auf einen Wert von 74 verbessert werden.

Ergebnisse mittels elektromagnetischer Wellen

Mittels UV-Lampe wurde der Versuch unternommen, eine künstliche Alterung des Bitumens hervorzurufen, um somit ein Abplatzen des Bitumenüberzuges zu erzielen. Über einen Zeitraum von drei Monaten wurde die Oberfläche von Asphaltplatten mit UV-Licht bestrahlt und Griffigkeitskennwerte mittels SRT-Messungen aufgezeichnet. Diese Messungen zeigten keine Veränderung der Oberflächenrauheit. Eine auf diese Weise hervorgerufene Bitumenalterung hat sich als zu langwierig erwiesen.

Am Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik in Dresden wurden Asphaltplatten mit verschiedenen Lasertypen bearbeitet. Abbildung 7 zeigt eine Asphaltfläche, die mit einem Neodym-YAG-Laser mit einer Energie von 300 mJ und Druckluft von 2 bar bearbeitet wurde. Es konnte ein Verdampfen der Bitumenschicht beobachtet werden. Die Mineralstoffkörner wurden freigelegt, und so wurde bei dem verwendeten Mineralstoff Diabas ein deutlicher Aufhellungseffekt erzielt. Die Beurteilung der Griffigkeit erfolgte anschließend mit dem SRT-Gerät. In Abbildung 8 sind die Ergebnisse dargestellt. Da die mit Lasern bearbeiteten Flächen sehr klein sind, können die Werte nur tendenziell eine Verbesserung der Griffigkeit aufzeigen. Die wahren SRT-Werte liegen wahrscheinlich höher.

Nach Abschluß der durchgeführten Tastversuche wurden die bearbeiteten

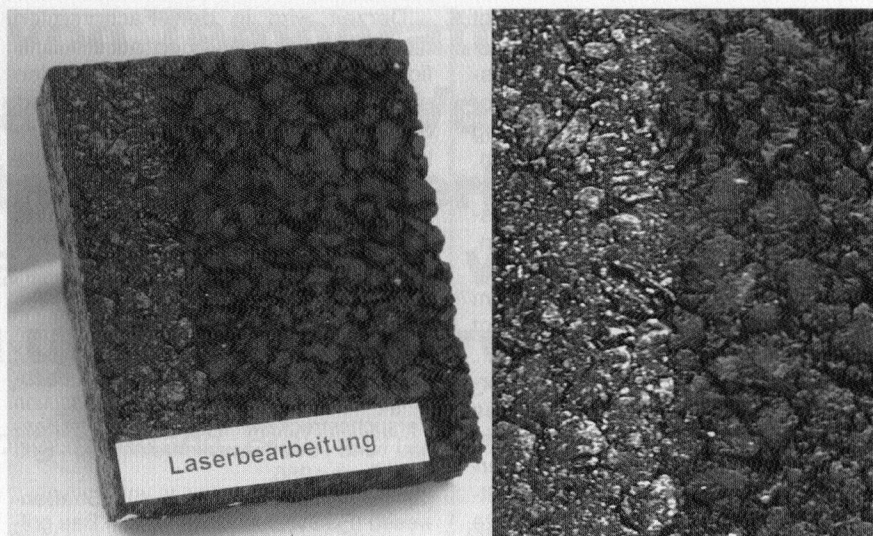


Abbildung 7: Bearbeitung einer Asphaltplatte mit Nd-YAG-Laser

den Bereiche der Asphaltplatten abgetrennt, extrahiert und am Bitumen der Erweichungspunkt Ring und Kugel bestimmt. Auf diese Weise sollte vor weiterführenden Überlegungen die Frage geklärt werden, ob eine Veränderung des Bitumens durch die aufgeführten Verfahren Flämmen, Trockeneis-Strahlverfahren und Lasereinsatz eintritt.

Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchungen. Gegenüber dem extrahierten Bitumen einer unbehandelten Asphaltplatte mit einem Erweichungspunkt Ring und Kugel von 55,5 °C ist eine leichte Erhöhung auf Werte zwischen 58,2 und 59,3 °C zu verzeichnen. Diese Erweichungspunkterhöhung ist jedoch als geringfügig einzuschätzen.

Schlußfolgerung

Ziel der durchgeführten Tastversuche war es, verschiedene Verfahren hinsichtlich ihrer Eignung zum Abtrag des Bitumenüberzuges von der Mineralstoffoberfläche zu testen. So hat sich herausgestellt, daß ein Abtrag des Bitumen-/Asphaltmörtelfilms von der Gesteinsoberfläche mittels einfacher mechanischer Versuche kaum möglich ist. Die Ursache liegt vermutlich im viskoelastischen Verhalten des Bitumens. Durch den Energieeintrag in Form von Bürsten (Reibungsenergie) wird das Bitumen erwärmt und somit »weicher«. Die Folge ist ein Verschmieren des Films auf der Oberfläche. Auch mit einer Abkühlung der Asphaltplatten vor der Behandlung,

Abbildung 8: SRT-Werte vor und nach der Bearbeitung der Asphaltplatten mittels Laser

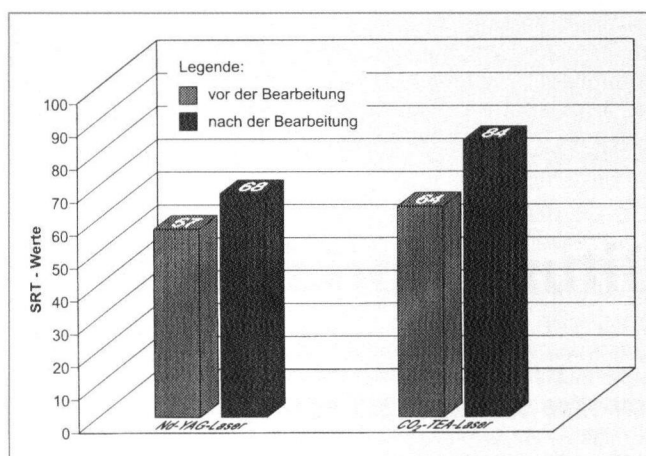
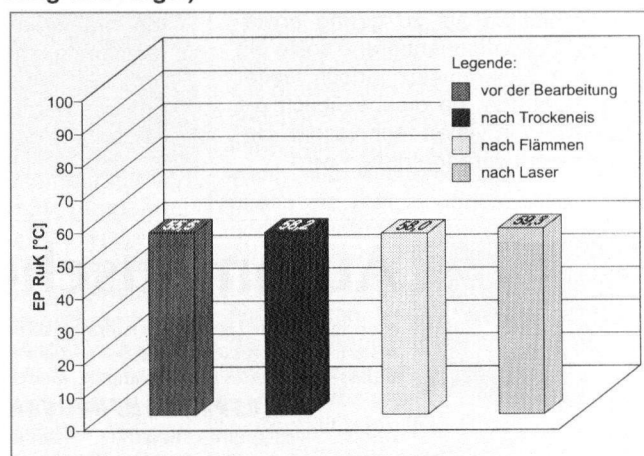


Abbildung 9: Untersuchung des Bitumens nach der Bearbeitung der Asphaltoberfläche (Erweichungspunkt Ring und Kugel)



konnte kein Bindemittelabtrag erreicht werden.

Mittels Flämmen und Trockeneis-Strahlverfahren konnten gute Ergebnisse hinsichtlich der Verbesserung der Anfangsgriffigkeit erzielt werden. Beide Verfahren können prinzipiell als Methode zur Erhöhung der Anfangsgriffigkeit in Betracht gezogen werden. Die Verfahrensparameter und Randbedingungen müßten jedoch in einem Untersuchungsprogramm festgelegt werden.

Im Rahmen der durchgeführten Vorversuche mittels Laser konnte die Mineralstoffoberfläche erstmals völlig freigelegt werden, ohne dabei den Verbund der Körner in der Asphalt-oberfläche zu stören. Dadurch konnte neben der Verbesserung der Anfangsgriffigkeit auch ein Aufhellungseffekt erzielt werden. Der Grad der Freilegung ist durch die Bearbeitungszeit und Optimierung der Verfahrensparameter steuerbar. Die Vorversuche haben gezeigt, daß die Laserstrahlung, d. h. hochenergetische elektromagnetische Wellen, zur Erhöhung der Anfangsgriffigkeit wirksam ist.

Ausblick

Der Abtrag des dünnen Bitumenfilms von der Mineralstoffoberfläche neuer Deckschichten zur Gewährleistung einer ausreichenden Anfangsgriffigkeit ist im Asphaltstraßenbau ein bisher noch nicht gelöstes Problem. Die Pilotstudie konnte nur einen kleinen Beitrag liefern, neue Möglichkeiten zur Entwicklung dafür geeigneter Verfahren zu erörtern. Mit Hilfe der Lasertechnik ist die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Erhöhung der Anfangsgriffigkeit denkbar. Eine Umsetzbarkeit in die Praxis ist vorläufig nicht möglich, da sich die erreichbare Flächenleistung als zu gering erwiesen hat. Zukunftsorientierend sollte ein möglicher Lasereinsatz jedoch weiter verfolgt werden, da diesbezüglich die Entwicklung in vielen technischen Bereichen stark vorangetrieben wird.

Derzeit wird in den Fachgremien diskutiert, Anforderungen an die Griffigkeit bei Verkehrsübergabe in den entsprechenden Regelwerken zu verankern. Im Hinblick auf diese Entwicklung erscheint es sinnvoll, praktizierte Verfahren hinsichtlich einer möglichen Optimierung zu untersuchen und Wege für neue Verfahren zur Erhöhung der Anfangsgriffigkeit zu öffnen.

Literatur

- [1] Dames, J.; Lindner, J.; Sulten, P.; Hufschmidt, H.-J., Langfristige Beobachtungen des Griffigkeitsverhaltens von Versuchsstrecken, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 481, Bonn 1986
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßenwesen (FGSV), Merkblatt für den Bau griffiger Asphaltdeckschichten, Köln 1994
- [3] Kamplade, J., Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen – Griffigkeit und Verkehrssicherheit, Straße und Autobahn, Heft 3/1995
- [4] Ha, T.B.; Rahimian, I., Über den Einfluß der Erdölharze auf das Alterungsverhalten von Bitumen, Bitumen, Heft 3/1990

[5] Neumann, H.-J., Was ist Bitumen, Bitumen, Heft 4/1995

[6] Schulze, K.-H.; Dames, J.; Schuster, F.O.; Sulten, P.; Lindner, J., Erhöhung der Anfangsgriffigkeit von Asphaltbetondeckschichten, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 248, Bonn 1978

[7] Schulze, K.-H.; Dames, S.; Lange, H., Untersuchungen über die Verkehrssicherheit bei Nässe, Schriftenreihe Straßenbau und Straßenverkehrstechnik des Bundesministeriums für Verkehr, Heft 189, Bonn 1975

Anschrift der Verfasser:

Dr.-Ing. Georg Suß
Dipl.-Ing. Ulrike Karolewski
Technische Universität Darmstadt
Versuchsanstalt für Straßenwesen
Petersenstraße 30
64287 Darmstadt

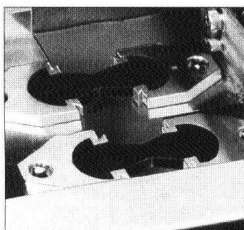
Dieses Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft durch die AiF unter der Nummer 10711 gefördert.

Increase of initial skid resistance of asphalt wearing courses

It is possible, immediately after laying a new asphalt wearing course or carrying out maintenance, that the binder film on the chipping surface prevents the rough microtexture needed for skid-resistance from developing fully. In the course of a research project sponsored by the Federation of Industrial Research Associations (AiF) at the Technical University Darmstadt, the subject of initial skid-resistance has been taken up. In addition to a literature review of currently used methods for increasing initial skid resistance, a pilot study explored new possibilities of developing suitable methods.

The pilot study found that a removal of the bitumen/asphalt mortar film from the aggregate surface was scarcely possible by mechanical means. Flame and dry ice treatment, however, gave good results regarding the improvement in initial skid resistance. The parameters and background of each process, however, will have to be laid down in a new research programme.

Preliminary trials carried out with lasers, ie, high-energy electromagnetic waves, fully freed the aggregate surfaces without affecting the cohesion of the grains in the asphalt surface. In addition to improving initial skid resistance, this also provided a lightening effect. The degree of binder removal can be controlled by altering operating times and optimising process parameters. At present it is not possible to apply this in practice since the extent of the area treated proved to be insufficient.



Automatische Bitumenprüfgeräte

- normgerechte DIN/ASTM Automatik-Tests: Brechpunkt, Duktilität, Erweichungspunkt, Flammpunkt u.v.a.m
- starten + vergessen: Versuchsende mit direkt ablesbarem Ergebnis, Dokumentation über Drucker oder PC
- passend für jedes Labor: kompakt, meist mit integrierter Kühlung/Heizung; leise, energie- und wassersparend

PROSPEKT ANFORDERN: HIGH-TECH BITUMEN TEST EQUIPMENT

E-Mail: sales@petrotest.com - Homepage: <http://www.petrotest.com> - Fax 03370 856 555
Petrotest Instruments GmbH & Co KG - Ludwig-Erhard-Ring 13 - D 15827 Dahlewitz - ☎ 03370 856 300

petrotest
zertifiziert nach ISO 9001