

Eigenschaften und Herstellung von Oberflächentexturen

Die Griffigkeit von Fahrbahndecken aus Beton (Teil 1)

Walter Fleischer und Thomas Wolf, München

Für die Sicherheit im Straßenverkehr ist die Griffigkeit einer Fahrbahnoberfläche eine wichtige Eigenschaft. Aus diesem Grund muss die Oberfläche einer Betonfahrbahndecke eine dem Verwendungszweck angemessene Rauheit aufweisen. Sie beeinflusst aber auch die Lärmentwicklung, und zwar häufig gegenläufig. Eine hohe Rauheit kann zu einer guten Griffigkeit führen, jedoch gleichzeitig zu einer hohen Lärmentwicklung. Bei den Forderungen nach einer möglichst hohen und dauerhaften Griffigkeit einer Straßenoberfläche müssen folglich auch lärmtechnische Forderungen berücksichtigt werden. Die verschiedenen Möglichkeiten zur Herstellung der Oberflächentextur im frischen und im erhärteten Beton werden in dem Beitrag dargestellt. Gute Ergebnisse für lärmsensible Bereiche werden auf Betondeckenoberflächen erzielt, die im frischen Zustand durch Nachschleppen eines Jutetuchs in Längsrichtung texturiert wurden. Auch nach Entfernen des Oberflächenmörtels („Österreichische Waschbetonoberfläche“) werden die Anforderungen hinsichtlich der Griffigkeit und Geräuschentwicklung eingehalten.

1 Aktueller Stand, Vorschriftenlage

Die Griffigkeit ist eine der wichtigsten Eigenschaften für die Sicherheit von Verkehrsflächen. Gemäß den aktuell gültigen Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton ZTV Beton-StB 01 [1] muss die Oberfläche der Betonfahrbahndecke allgemein eine dem Verwendungszweck angemessene Rauheit aufweisen. Diese Forderung ist für Verkehrsflächen grundsätzlich nicht neu. Schon vor Jahrhunderten wurden nicht selten Natursteinbeläge von Straßen oder Plätzen, die von Reitern und Fuhrwerken stark frequentiert wurden, mühselig künstlich mit Flamme und Meißel texturiert, um ein folgenschweres Ausrutschen der Tiere zu vermeiden. Beim Bau der ersten modernen Be-

tonstraße in Ohio, USA, wurden aus dem gleichen Grund etwa 10 cm x 10 cm große Quadrate in den plastischen Beton eingepreßt, um die Traktion für die Pferdehufe zu verbessern [2]. Zum ersten Mal werden jedoch nun über die Forderung nach einer angemessenen Rauheit hinaus in den ZTV Beton-StB 01 [1] und analog in den ZTV Asphalt-StB 01 [3] konkrete Anforderungen an die Griffigkeit gestellt, die allerdings für die Messgeschwindigkeiten von 40 km/h und 60 km/h mit dem ARS 24/2003 [4] mittlerweile wieder geändert wurden.

Als Messverfahren ist gemäß den ZTVen zum Nachweis, dass die Anforderungen eingehalten werden, im Rahmen der Kontrollprüfungen (Abnahme) frühestens vier Wochen nach Verkehrsfreigabe und auch für spätere Messungen (z.B. im Rahmen der Zustandserfassung und -bewertung von Straßen) das schnell-fahrende Messsystem SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine, Bild 1) mit einem schrägläufigen Messrad auf angrenzender Fahrbahnoberfläche [5] einzusetzen. Allerdings wurden die Randbedingungen der Messungen, Anforderungen an die Messgeräte und an die Ausbil-

dung des Personals usw. in jüngster Zeit bereits wieder modifiziert (z.B. [4, 6]) und werden auch in Zukunft noch weiter verbessert werden, da unter anderem noch Unsicherheiten bei der Reproduzierbarkeit der Griffigkeitsmessergebnisse im Zuge der Abnahme und bei den Prognoseverfahren bestehen [7]. Außerdem bestehen hinsichtlich des Einflus-

Die Autoren:

Dr.-Ing. Walter Fleischer studierte Bauingenieurwesen an der TU München. Von 1984 bis 1985 war er als Bauleiter im Brücken- und Industriebau aktiv. Von 1986 bis 1994 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und später als akademischer Oberrat am Baustoffinstitut der TU München. Seit 1994 ist Walter Fleischer für die Walter-Heilit Verkehrswegebau GmbH, München, ehemals Heilit+Woerner Bau AG, tätig und bekleidet dort inzwischen die Position eines Direktors und Prokuristen. Er ist Leiter der Arbeitsgruppe „Betonstraßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

Dipl.-Ing. Thomas Wolf studierte Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität Weimar mit dem Schwerpunkt Baustoffe. Nach dem Studium begann er seine berufliche Laufbahn im Jahr 2001 bei der Walter-Heilit Verkehrswegebau GmbH, München, als Projektleitungsassistent im Straßen- und Bahnbau. Heute ist er als Projektingenieur und Qualitätsbeauftragter für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau an der Zentralen Technik von Walter-Heilit tätig.



Bild 1: In Deutschland zur Messung der Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen als schnellfahrendes Messsystem eingesetzte Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)

ses der Temperatur bei der Messung noch erhebliche Unsicherheiten [8]. Um geeignete Prognoseverfahren zu entwickeln, damit z.B. dem bauausführenden Unternehmen die Möglichkeit gegeben wird, die Materialauswahl und die Herstellungstechnik bezüglich den Griffigkeitsanforderungen zu optimieren, laufen derzeit Forschungsvorhaben.

Gemäß den ZTV Beton-StB 01 kann bei der Kontrollprüfung auf die Messung mit der SCRIM verzichtet werden, wenn bei der Prüfung der Griffigkeit mit der kombinierten Messmethode SRT-Pendel/Ausflussmessung [9] die Richtwerte SRT-Wert mindestens 65 und Ausflusszeit höchstens 30 s eingehalten werden (Bild 2). Diese Werte werden von Betondeckenoberflächen in aller Regel eingehalten. Nach derzeitigem Erfahrungsstand muss jedoch der SRT-Richtwert nicht unbedingt 65 erreichen, damit davon ausgegangen werden kann, dass die in den ZTV Beton-StB 01 verlangten SCRIM-Werte ebenfalls erfüllt werden. Möglicherweise liegt die Grenze von 65 SRT-Einheiten zu stark auf der sicheren Seite. Andererseits garantieren Ausflusszeiten knapp unter dem Grenzwert von 30 s nicht in jedem Fall das Erreichen der in den ZTV Beton-StB 01 geforderten SCRIM-Mindestwerten. Daher kann es durchaus möglich sein, dass die Anforderung an die Ergebnisse der Griffigkeitsmessung mit dem SRT-Pendel abgeschwächt und ggf. die Anforderungen an die Ausflusszeit verschärft werden, wenn weitere Erfahrungen zu dem Zusammenhang zwischen den Mindestwerten dieser kombinierten Messmethode und den Messergebnissen mit der SCRIM vorliegen. Allerdings wird eine richtige Korrelation zwischen SRT-Pendel/Ausflussmessung und SCRIM wohl nicht möglich sein, vor allem, da den Methoden unterschiedliche physikalische Eigenschaften zu Grunde liegen.

2 Technische Grundlagen

Einleitend sind zwei Begriffe zu definieren:

Was bedeutet Griffigkeit?

Gemäß dem aktuellen Regelwerk kennzeichnet die Griffigkeit die Wirkung der Textur und der stofflichen Beschaffenheit

der Fahrbahnoberfläche auf den Reibungswiderstand des Fahrzeugreifens unter festgelegten Bedingungen [5, 10]. Die Größe des Reibungswiderstands (Kraftschlussvermögen) zwischen einem Fahrzeugreifen und der nassen Fahrbahn hängt im Wesentlichen von der Textur oder Rauheit der Fahrbahnoberfläche, der Dicke des Wasserfilms auf der Fahrbahn, möglichen Verschmutzungen, den Eigenschaften und dem Zustand des Reifens sowie von der Rollgeschwindigkeit ab.

Wie sind Textur und Rauheit definiert?

Jede Straßenoberfläche weist Abweichungen von der ebenen Oberfläche auf. Diese Abweichungen können als Wellen mit unterschiedlichen Wellenlängen (horizontale Ausdehnungen) und Amplituden (vertikale Abweichungen) betrachtet werden, die sich als Spektrum überlagern. Das Wellenlängenspektrum reicht von wenigen Mikrometern bis zu einigen Dezimetern [10]. Für diese Beschreibung der geometrischen Gestalt werden im allgemeinen Sprachgebrauch die beiden identischen Begriffe Rauheit und Textur verwendet.

Bei der Textur der Straßenoberfläche wird zwischen Mikro-, Makro- und Megatextur unterschieden oder analog zwischen Mikro-, Makro- und Megarauheit [5, 10].

Die Mikrorauheit – auch als Feinrauheit bezeichnet – umfasst Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung < 0,5 mm. Dabei haben Rauheiten bis zu einer Größenordnung von 1/100 mm einen sehr großen Einfluss auf die Nassreibung zwischen Gummi und Fahrbahnoberfläche. Die Mikrorauheit wird sowohl durch die flächenhafte Rauheit (Schärfe) des strukturierten Oberflächenmörtels als auch durch die Oberflächenrauheit der verwendeten Gesteinskörnungen bestimmt. Durch die Polierwirkung der Fahrzeugreifen nimmt die Texturtiefe mit zunehmender Verkehrsbeanspruchung ab. Deshalb ist eine hohe Polierresistenz der Gesteinskörnungen, vor allem der feinen Gesteinskörnungen, erforderlich.

Die Makrorauheit – auch als Grobrauheit bezeichnet – besteht aus Rauheitselementen mit einer horizontalen Ausdehnung von 0,5 mm bis 50 mm. Dabei beeinflussen jedoch nur die Rauheitselemente bis in die Größenordnung von 10 mm durch ihre Drainagewirkung die Griffigkeit. Die Makrorau-

heit wird im frischen, plastischen Zustand des Betons durch zusätzliche Maßnahmen beim Einbau der Betondecke in die Oberfläche eingepreßt. Sie ist neben der Oberflächengestaltung auch durch die Art und Zusammensetzung der Gesteinskörnung sowie durch die Zusammensetzung (Konsistenz) des Mörtels bedingt. Die Verkehrsbeanspruchung in Zusammenhang mit der Witterung (saurer Regen, Frost, Taumittel) bewirken langfristig eine Veränderung der Oberfläche der Betondecke und somit der Makrorauheit.

Die Megarauheit umfasst Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung von 50 mm bis 500 mm, also schon Unebenheiten. Sie können einen Einfluss auf die Bildung von Wasseransammlungen auf der Fahrbahn haben (z.B. in Bodenwellen oder Spurrinnen). Die Megarauheit wird in erster Linie durch das Herstellungsverfahren beeinflusst. Da sich die Welligkeiten im Bereich der Megarauheit praktisch auf alle Oberflächeneigenschaften negativ auswirken, muss bei der Deckenherstellung darauf geachtet werden, dass die Betondecke eine megatexturarme Oberfläche erhält.

Die Rauheit beeinflusst neben der Griffigkeit jedoch auch die Lärmentwicklung auf einer Straßenoberfläche. Dabei ist zu beachten, dass die Einflüsse oft gegenläufig sein können. Das heißt, eine hohe Rauheit kann zu einer guten Griffigkeit führen, jedoch gleichzeitig zu einer hohen Lärmentwicklung und umgekehrt. Dies bedeutet, dass bei den Forderungen nach einer möglichst hohen und dauerhaften Griffigkeit einer Straßenoberfläche auch die lärmtechnischen Forderungen beachtet und eingehalten werden müssen.

Die Oberfläche einer Fahrbahndecke aus Beton wird im Wesentlichen in drei Zonen (Bild 3) unterteilt [10, 11]:

Infolge der verdichtenden und vibrierenden Wirkung der Einbaugeräte bildet sich an der Oberfläche der Betondecke eine Feinmörtelschicht [12]. Dieser Oberflächenmörtel besteht aus den ersten beiden Zonen:

- Die oberste erste Zone besteht aus den sehr feinen Stoffen, d.h. aus Zement und Füller, sowie Wasser.
- Die darunter liegende zweite Zone des Oberflächenmörtels enthält neben den o.g. sehr feinen Stoffen auch feine Gesteinskörnungen (nach „alter“ Terminologie vor allem Feinsand). Der Wasserzementwert liegt im Oberflächenmörtel



1: Textur

2: feine Gesteinskörnung

3: grobe und feine Gesteinskörnung

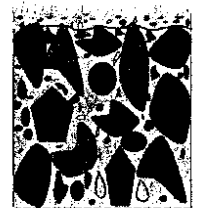


Bild 3: Eine Fahrbahndecke aus Beton weist im oberen Bereich drei unterschiedliche Zonen auf, die auch drei unterschiedlichen Phasen der Entwicklung der Oberfläche im Laufe der Liegedauer entsprechen [10]

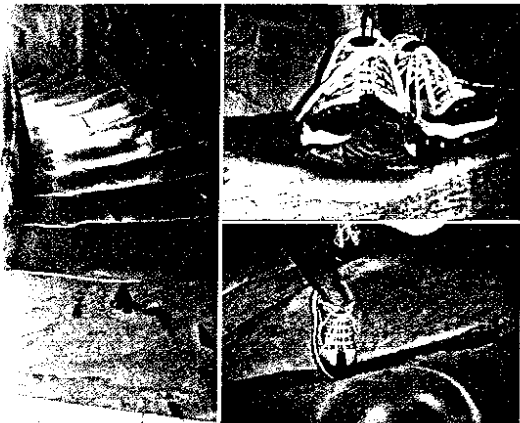


Bild 4: An alten Treppen aus Gesteinen mit geringem Polierwiderstand, die im Laufe der Jahrhunderte nur durch Fußgängerverkehr stark poliert wurden, wird die Bedeutung eines hohen PSV-Werts der Gesteinskörnung für die Griffigkeit unserer hochbelasteten Straßen deutlich

höher als der des eigentlichen Betons [12].

Unter dem Oberflächenmörtel folgt die dritte Zone mit der eigentlichen Betonzusammensetzung, das bedeutet vor allem größere Gesteinskörnung, Zementgehalt gemäß den ZTV Beton-StB 01, Wasserzementwert rd. 0,4.

Vereinfacht kann die Entwicklung der Oberfläche im Laufe der Liegedauer einer Betondecke in drei Phasen (Bild 3) aufgeteilt werden [10]:

Die erste Phase ist geprägt von der Textur des Oberflächenmörtels, die beim Beton einbau eingepreßt wird. Zunächst ist also die Textur des Frischbetons für die Griffigkeit maßgebend.

In der zweiten Phase dominiert die feine Gesteinskörnung (nach „alter“ Terminologie der Sand) und

in der dritten Phase liegen die groben Gesteinskörnungen zumindest teilweise

frei und bestimmen neben der feinen Gesteinskörnung die Griffigkeit.

3 Betontechnologische Maßnahmen

Grundsätzlich gilt, dass der Straßenbeton so zusammengesetzt werden muss, dass er die Anforderungen der einschlägigen Technischen Vorschriften, vor allem der ZTV Beton-StB 01, erfüllt. Um die geforderten Gebrauchseigenschaften und die Dauerhaftigkeit zu gewährleisten, sind insbesondere die Festigkeit und der Widerstand gegen Frostangriff mit Taumittel von Bedeutung. Außerdem muss der Beton mit den zur Verfügung stehenden Einbaugeräten, also im Regelfall mit Gleitschalungsfertigern, so eingebaut werden können, dass die geforderte Ebenheit erreicht wird, das heißt, eine megatexturarme und möglichst gleichmäßige Oberfläche entsteht, die abschließend für eine hohe Griffigkeit und eine geringe Lärm-entwicklung texturiert wird. Für diese Eigenschaften ist zunächst die Betontechnologie maßgebend. In den ZTV Beton-StB 01 werden daher unter anderem Anforderungen an den Zementgehalt, den Wasserzementwert, die Gesteinskörnungen und deren Zusammensetzung, die Betonfestigkeit und den Luftgehalt gestellt.

Für die Griffigkeit sind folgende beton-technologische Aspekte von Bedeutung [10]:

Der Oberflächenmörtel muss möglichst dauerhaft sein. Hierfür ist insbesondere auf folgende Punkte zu achten:

- ausreichender Zementgehalt (in den ZTV Beton-StB 01 wird für die Bauklassen SV, I bis III ein Mindestzementgehalt von 350 kg/m^3 gefordert),
- die Zementart: Im Regelfall soll Portlandzement CEM I 32,5 R mit zusätzlichen Eigenschaften gemäß den ZTV Beton-StB 01 verwendet werden, die Eignung von anderen Zementarten (z.B. CEM II) muss insbesondere hinsichtlich der Oberflächendauerhaftigkeit noch weiter untersucht werden,
- mit dem Zementlieferanten sollen, insbesondere in der warmen Jahreszeit, möglichst niedrige Zementtemperaturen bei der Anlieferung vereinbart werden, um eine ausreichend lange Verarbeitbarkeit des Betons zu erhalten (nach den ZTV Beton-StB 01 soll die Temperatur des Zements bei dessen Anlieferung unter 80°C liegen),
- niedriger Wasserzementwert (der Grenzwert von 0,45 in der Eignungsprüfung nach den ZTV Beton-StB 01 soll nicht überschritten werden),
- der Luftgehalt muss den Mindestwerten der ZTV Beton-StB 01 genügen; auf der anderen Seite muss darauf geachtet werden, dass keine unkontrollierte Luftentwicklung im Beton auftritt (z.B. durch Überdosierung des Luftporenbildners und nachträgliche Energiezufuhr durch die Verteilerschnecke des Fertiglers), die zu einem Oberflächenmörtel, Beton oder gar Schaumbeton mit geringer Festigkeit, geringem Abriebwiderstand und gerin-

gem Frost-Taumittel-Widerstand führen kann (weitere Hinweise enthält das neu überarbeitete Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton [13]), und schließlich - ist abschließend eine sorgfältige Nachbehandlung (s. Abschnitt 7) unabdingbar.

Die feine Gesteinskörnung bestimmt nach abgefahrener Makrorauheit maßgeblich die Griffigkeit. Erforderlich sind möglichst polierresistente feine Gesteinskörnungen 0/2 bzw. 0/4. Gleichmäßig zusammengesetzte feine Gesteinskörnungen mit wenig polierfähigen Mineralbestandteilen (z.B. quarzitisches Natursande) sind besonders geeignet. Die feine Gesteinskörnung sollte mit dem Polierversuch nach Wehner-Schulze (PWS-Wert) [14] beurteilt werden. Der PWS-Wert soll mindestens 0,55 betragen [10], besser noch darüber liegen. Die Zusammensetzung der feinen Gesteinskörnung kann auch durch eine petrographische Analyse nachgewiesen werden. Sollte diese kein eindeutiges Ergebnis liefern, kann eine Kombination mit dem PWS-Versuch eindeutige Aussagen zum Polierwiderstand der feinen Gesteinskörnung ermöglichen. Der Gehalt an feiner Gesteinskörnung sollte sich an der oberen Grenze der ZTV Beton-StB 01 orientieren.

Da die groben Gesteinskörnungen in der 3. Phase der Entwicklung der Oberfläche im Laufe der Liegedauer einer Betondecke die Griffigkeit mitbestimmen, müssen auch sie Mindestanforderungen genügen: Zunächst muss der Beton bzw. der Oberbeton für die Bauklassen SV, I bis III mindestens 50 M.-% gebrochene Gesteinskörnungen über 8 mm der Kategorie C_{90} , und insgesamt mindestens 35 M.-% gebrochene Gesteinskörnungen der Kategorie C_{90} enthalten [1, 15]. Die gebrochenen Gesteinskörnungen müssen hinsichtlich der Kornform der Kategorie SI_{30} oder FI_{20} entsprechen [15]. Darüber hinaus müssen diese Edelsplitt eine hohen Widerstand gegen Polieren aufweisen. Welche Bedeutung ein hoher Polierwiderstand der Gesteinskörnungen hat, kann man bei vielen alten Treppen und Straßen mit Natursteinbelägen feststellen, die im Laufe der Jahrhunderte von einem nur geringen Verkehr - oft lediglich Fußgänger - stark poliert wurden (Bild 4). Für Decken der Bauklassen SV, I bis III mit normaler Beanspruchung müssen daher die gebrochenen Gesteinskörnungen der Kategorie PSV_{50} entsprechen, bei langfristig besonders starker Polierbeanspruchung (zum Beispiel enge Kurven, Gefälle und Bremsbereiche bei starkem Verkehr) müssen sie bei polierempfindlichen Bauweisen (z.B. Waschbetonoberflächen) einen PSV-Wert von mindestens 53 besitzen [1, 15].

Auch im Hinblick auf die Griffigkeit ist es wirtschaftlich, die Betondecke zweischichtig



Bild 5: Der Mischplatz zur Herstellung der erforderlichen Mengen an hochwertigem Straßenbeton darf nicht zu klein bemessen sein, muss ausreichend befestigt sein und muss eine getrennte Lagerung der unterschiedlichen Gesteinskörnungen ermöglichen, hier: Mischplatz mit zwei leistungsfähigen Mischanlagen von Walter-Heilit

herzustellen. Der Oberbeton kann dann entsprechend optimiert werden, ohne dass zum Beispiel teure gebrochene Gesteinskörnung für die gesamte Betondecke eingesetzt werden muss.

Da der grundsätzliche Zusammenhang gilt, dass die Griffigkeit umso höher und die Lärmentwicklung umso geringer sind, je kleiner das Größtkorn ist, das an der Oberfläche frei liegt, wurde in den ZTV Beton-StB 01 die Mindestdicke des Oberbetons von 7 cm auf 4 cm verringert [16]. Dadurch ist die Verwendung einer gebrochenen Gesteinskörnung bis nur 8 mm möglich, die dann in der 3. Phase an der Oberfläche frei liegt und sich positiv auf die Griffigkeit und Lärmentwicklung auswirkt. Zu beachten ist, dass dieser dünne Oberbeton mit einer Gesteinskörnung nur bis 8 mm einen Zementgehalt von rd. 430 kg/m³ erfordert, die Korngruppe von z.B. 4/8 gebrochen sein muss und der Kategorie C_{10/10,0} zu entsprechen hat sowie die Anforderungen an die Kornform der Kategorie FI_{1,5} oder SI_{1,5} erfüllen muss [15].

Gebrochene Gesteinskörnungen der Kategorie C_{10/10,0} können vorgesehen werden, wenn damit regional gute Erfahrungen hinsichtlich der geforderten Oberflächeneigenschaften beim Bau von Fahrbahndecken aus Beton vorliegen. Dies ist in der Leistungsbeschreibung anzugeben. Inwieweit die Bauweise mit dünnem Oberbeton dadurch teurer ist als ein Aufbau mit einem herkömmlichen 7 cm dicken Oberbeton, hängt vom Einzelfall ab. Wenn zum Beispiel der Zementpreis günstig und der Splitt teuer ist, kann sie aufgrund der geringeren Dicke des Oberbetons durchaus wettbewerbsfähig sein. Auf der anderen Seite könnte sie auch aufgrund ihrer Vorteile bezüglich der Langzeiteigenschaften in der Ausschreibung direkt gefordert werden.

4 Betonherstellung und -transport

Grundsätzlich gilt, dass alle Einflüsse, die der Qualität des Betons im oberflächennahen Bereich schaden, auch für die Griffigkeit schädlich sind. Die Grundsätze, die beim Mischen von Straßenbeton beachtet werden

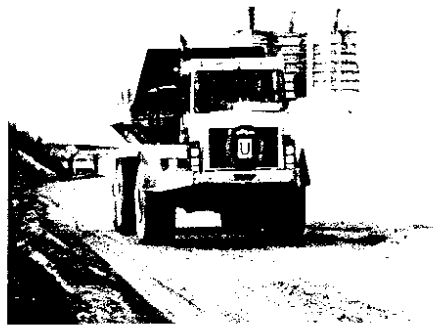


Bild 6: Die Lkw für den Transport des Betons vom Mischplatz zur Einbaustelle müssen bei zweischichtiger Bauweise (d. h. zwei unterschiedliche Betone) deutlich gekennzeichnet sein, damit Verwechslungen von Unter- und Oberbeton ausgeschlossen werden

müssen, sind in den ZTV Beton-StB 01 festgelegt. Neben den dort genannten Punkten zur Dosierung der Betonausgangsstoffe und zur Mischzeit wird darauf hingewiesen, dass der Mischplatz (Bild 5) ausreichend befestigt sein muss, damit keine Verunreinigungen über die Beschickung der Gesteinskörnungen in den Beton gelangen. Außerdem müssen Vermischungen und Verwechslungen von Gesteinskörnungen für Ober- und Unterbeton zuverlässig vermieden werden. Entsprechende Trennwände und Beschriftungen der Lagerboxen, laufende Kontrollen der Liefer- und Verbrauchsmengen der Betonausgangsstoffe sowie Belehrung des Personals über die Folgen, wenn Gesteinskörnung des Unterbetons im Oberbeton eingemischt wird, sind wirksame Hilfsmittel zur Vermeidung von Qualitätsschwankungen, die unter anderem zu Oberflächenproblemen führen können.

Der Unterbeton darf nicht als Oberbeton eingebaut werden. Eine auffällige Kennzeichnung der Lkw für den Betontransport von der Mischanlage zur Einbaustelle ist zwingend erforderlich (Bild 6). Dadurch wird sichergestellt, dass

an der Mischanlage der richtige Beton geladen und am Einbauort auch der entsprechende Beton vor dem Fertiger entladen wird. Die Transportkapazität für Unter- und Oberbeton muss auf die Mischleistung, die Einbaumenge und die Einbauleistung abgestimmt sein. Die höchstens zulässige Zeit von 45 Minuten zwischen Mischen des Betons und Entladung [17] darf insbesondere bei hohen Temperaturen nicht überschritten werden, da sonst die Gefahr besteht, dass der Beton nicht mehr ordnungsgemäß eingebaut, das heißt verdichtet, geglättet und texturiert werden kann. Die negativen Folgen des Nachwässerns von Beton auf der Baustelle oder des Annässens der Betonoberfläche vor dem Glätten für die Dauerhaftigkeit dürften hinreichend bekannt sein.

5 Betoneinbau

Der Beton muss gemäß den ZTV Beton-StB 01 über den gesamten Querschnitt vollständig und gleichmäßig verdichtet werden (Bild 7). Dabei dürfen keine Entmischungen auftreten. Die Art und Leistung der Rüttleinrichtungen müssen dazu auf die Betonkonsistenz abgestimmt werden und zur Einbaudicke und -geschwindigkeit passen. Die in den ZTV Beton-StB 01 für den Betoneinbau zulässigen bzw. nur mit besonderen Maßnahmen zulässigen Temperaturbereiche sind einzuhalten. Werden die Einschränkungen nicht beachtet, kann dies Schäden zur Folge haben: insbesondere der für die Griffigkeit entscheidende oberflächennahe Bereich reagiert empfindlich auf zu hohe Einbautemperaturen – womöglich noch bei unzureichender Nachbehandlung – und auf zu frühe Frosteinwirkung, z.B. durch Nachfröste.

Die Glätteinrichtungen (Quer- und Längsglätter, Bild 8) müssen so eingestellt sein, dass eine gleichmäßige und geschlossene Oberfläche der Betondecke entsteht. Schlieren in der Oberfläche, Schwankungen bei Dicke und Qualität des Feinmörtels usw. führen zu unterschiedlichen Oberflächeneigenschaften der Betondecke.

Teil 2 erscheint in Heft 12/2004

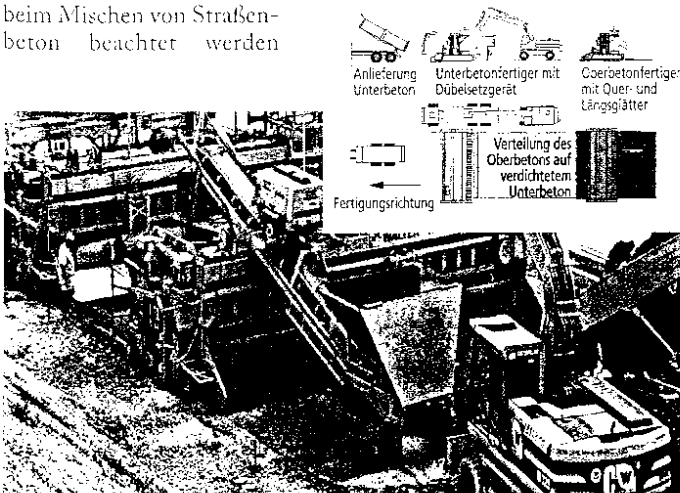


Bild 7: Walter-Heilit-Betondeckeneinbauzug der neuesten Generation im ISO-Seecontainerformat für den zweilagigen bzw. zweischichtigen, mechanisierten Einbau von Verkehrsflächen aus Beton – bestehend aus Ober- und Unterbetonfertiger sowie einer Arbeitsbühne

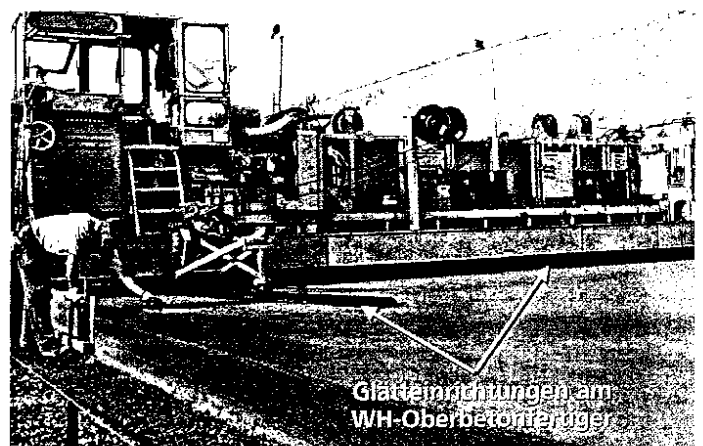


Bild 8: Der verdichtete und auf die planmäßige Höhe abgezogene Beton wird in Querrichtung mit einer Glättbohle und in Längsrichtung mit einem „Supersmoother“ geglättet

Eigenschaften und Herstellung von Oberflächentexturen

Die Griffigkeit von Fahrbahndecken aus Beton (Teil 2)

Walter Fleischer und Thomas Wolf, München

Für die Sicherheit im Straßenverkehr ist die Griffigkeit einer Fahrbahnoberfläche eine wichtige Eigenschaft. Aus diesem Grund muss die Oberfläche einer Betonfahrbahndecke eine dem Verwendungszweck angemessene Rauheit aufweisen. Sie beeinflusst aber auch die Lärmentwicklung, und zwar häufig gegenläufig. Eine hohe Rauheit kann zu einer guten Griffigkeit führen, jedoch gleichzeitig zu einer hohen Lärmentwicklung. Bei den Forderungen nach einer möglichst hohen und dauerhaften Griffigkeit einer Straßenoberfläche müssen folglich auch lärmtechnische Forderungen berücksichtigt werden. Die verschiedenen Möglichkeiten zur Herstellung der Oberflächentextur im frischen und im erhärteten Beton werden in dem Beitrag dargestellt. Gute Ergebnisse für lärmsensible Bereiche werden auf Betondeckenoberflächen erzielt, die im frischen Zustand durch Nachschleppen eines Jutetuchs in Längsrichtung texturiert wurden. Auch nach Entfernen des Oberflächenmörtels („Österreichische Waschbetonoberfläche“) werden die Anforderungen hinsichtlich der Griffigkeit und Geräuschentwicklung eingehalten.

6 Herstellung der Oberflächentextur

6.1 Allgemeines

Oberflächen von Fahrbahndecken aus Beton können sowohl im frischen Zustand nach dem Glätten als auch im erhärteten Zustand mit unterschiedlichen Texturen versehen werden [10]. Eine Texturierung im frischen Zustand ist im Regelfall die wirtschaftlichere Möglichkeit. Derzeit sind die folgenden Verfahren im Frischbeton üblich:

Längstexturierung mit Jutetuch oder Kunstrasen (versuchsweise wurden auch Kombinationen, zum Beispiel Besen und anschließend Jutetuch, ausgeführt),

Quertexturierung mit Stahibesen und Texturierung durch Entfernen des Oberflächenmörtels („exposed concrete“).

Darüber hinaus wurde eine Vielzahl von anderen Kombinationen untersucht [10], die jedoch derzeit noch nicht ausreichend geprüft sind oder sich als Fehlweg herausgestellt haben. Zur Texturierung von bereits erhärteten oder älteren Betonfahrbahndecken bieten sich eine mechanische Bearbeitung oder eine Beschichtung der Oberfläche an [18].

6.2 Jutetuchlängstexturierung

Die Längstexturierung einer frischen Betondeckenoberfläche mit einem Jutetuch ist hinsichtlich ihrer Lärmentwicklung gemäß der Ergänzung der Fußnote der Tabelle 4 der RLS-90 [19] mit einem $D_{S_{0,1}}$ -Wert von $-2,0$ dB(A), also „geräuscharm“, eingestuft. Sie wird daher auf Strecken, bei denen im Planfeststellungsverfahren diese Lärmminde rung gefordert wird, ausgeführt. Das Jutetuch wird von der Arbeitsbühne aus über die frische Betonoberfläche gezogen (Bild 9). Es ist so an der Arbeitsbühne zu befestigen, dass es ohne Falten über den Beton geschleppt wird.

In den ZTV Beton-StB 01 sind Anforderungen an das Jutetuch enthalten, zum Beispiel Masse je Flächeneinheit mindestens 300 g/m² oder Aufliegelänge beim Nachschleppen mindestens 2 m. Darüber hinaus ist das Jutetuch rechtzeitig zu wechseln bzw. auszuwaschen, damit immer eine ausreichende Textur eingeprägt wird. Nach dem Auswaschen muss das Jutetuch vor dem Aufziehen auf die frische Betonoberfläche von Überschusswasser befreit werden, damit eine Verschlechterung der Mörtelqualität vermieden

wird. Vor dem ersten Einsatz ist das Jutetuch leicht anzunässen. Allerdings hängt es von den jeweiligen betontechnologischen, geräte- und einbautechnischen Randbedingungen ab, inwieweit diese Maßnahmen sinnvoll umsetzbar sind. Es ist Aufgabe der Bauleitung und der Einbaumannschaft die richtigen Maßnahmen rechtzeitig zu ergreifen.

Die Autoren:

Dr.-Ing. Walter Fleischer studierte Bauingenieurwesen an der TU München. Von 1984 bis 1985 war er als Bauleiter im Brücken- und Industriebau aktiv. Von 1986 bis 1994 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und später als akademischer Oberrat am Baustoffinstitut der TU München. Seit 1994 ist Walter Fleischer für die Walter-Heilt Verkehrswegebau GmbH, München, ehemals Heilit+Woerner Bau AG, tätig und bekleidet dort inzwischen die Position eines Direktors und Prokuristen. Er ist Leiter der Arbeitsgruppe „Betonstraßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

Dipl.-Ing. Thomas Wolf studierte Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität Weimar mit dem Schwerpunkt Baustoffe. Nach dem Studium begann er seine berufliche Laufbahn im Jahr 2001 bei der Walter Heilt Verkehrswegebau GmbH, München, als Projektleitungsassistent im Straßen- und Bahnbau. Heute ist er als Projektingenieur und Qualitätsbeauftragter für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau in der Zentralen Technik von Walter-Heilt tätig.

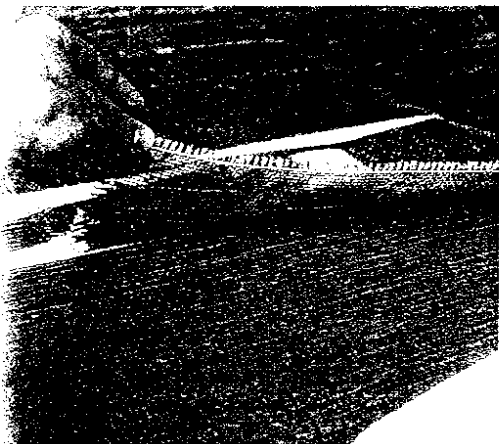


Bild 9: Von einer Arbeitsbühne wird über den frischen Beton in Längsrichtung ein Jutetuch gezogen; die dadurch erzeugte Längstextur stellt eine gute Griffigkeit und eine geringe Geräuschentwicklung der Betonfahrbahn sicher.

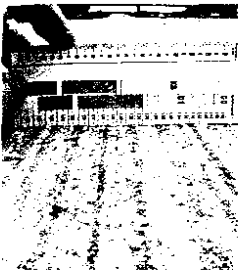


Bild 10: Oberfläche einer Fahrbahn-decke aus Beton, die durch Nachziehen eines Jutetuchs in Längsrichtung im frischen Zustand für eine dauerhafte Griffigkeit und geringe Geräusentwicklung texturiert wurde.

Trotz der auf den ersten Blick relativ detaillierten Beschreibungen des Jutetuchs und dessen Anwendung im technischen Regelwerk sind die Erfahrungen sowie der Ingenieurverstand und eine ständige augenscheinliche Qualitätskontrolle durch die bauausführende Firma erforderlich, um eine anforderungsgerechte Betondeckenoberfläche erstellen zu können. Weitere wichtige Punkte, die außerdem beachtet werden müssen, sind daher:

Das Gewicht, die Struktur und die Aufliegeänge des Jutetuchs müssen auf den Beton, seine Konsistenz, seinen Mörtelgehalt usw. abgestimmt werden. Jede Firma und selbst jede Baustelle weisen dabei mehr oder weniger große Unterschiede auf.

Die Einbaugeschwindigkeit und damit die Fahrgeschwindigkeit der Arbeitsbühne sind ebenfalls bei der Auswahl des Jutetuchs und dessen Aufliegeänge zu berücksichtigen.

Hinzu kommt, dass sich die Eigenschaften des Betons geringfügig ändern können, vor allem die Verarbeitbarkeit, bedingt durch unvermeidbare Schwankungen in den Ausgangsstoffen und Veränderungen der Witterung beim Einbau. Darauf kann zum Beispiel durch Änderung der Aufliegeänge des Jutetuchs oder Beschwerden des Jutetuchs kurzfristig reagiert werden, wenn die Textur nachlässt oder ungleichmäßig wird.

Nach den zurzeit vorliegenden Griffigkeitsmessungen sind mit Betondeckenoberflächen, die in Längsrichtung mit einem Jutetuch texturiert wurden (Bild 10), die einschlägigen Griffigkeitsanforderungen erreichbar, wenn die oben genannten Randbedingungen eingehalten werden und sorgfältig gearbeitet wird.

6.3 Kunstrasenlängstexturierung

Eine durch Nachschleppen eines Kunstrasens in Längsrichtung (Bild 11) erzeugte Textur ist bezüglich der Lärmentwicklung noch nicht im technischen Regelwerk eingestuft. Da aber bereits umfangreiche Strecken so hergestellt und auf diesen Lärmmessungen durchgeführt wurden, wird derzeit geprüft, ob auch diese Oberfläche demnächst den D_{500} -Wert von $-2,0$ dB(A), also „geräuscharm“, erhalten kann.

Bei der Texturierung mit Kunstrasen entstehen oft gröbere Oberflächen als mit Jutetuch (Bild 12). Durch das hohe Flächengewicht von etwa 2000 g/m² wird eine tiefere Textur als durch ein Jutetuch eingebracht.

Teilweise werden kleine Gesteinskörnungen durch den Kunstrasen an die Oberfläche gezogen. Die Textur ähnelt manchmal der eines Besenlängsstrichs. Die Kunstrasenlängstexturierung hat gegenüber einem Besenlängsstrich, ähnlich dem Jutetuch, den Vorteil, dass durch die mindestens 2 m lange Aufliegeänge teilweise ungünstige Wellen im Megatexturbereich minimiert werden. Dies wirkt sich günstig auf die Lärmentwicklung aus. Auch für den Kunstrasen gilt, dass er zu reinigen oder auszuwaschen ist, sobald die Texturbildung nachlässt oder ungleichmäßig wird.

Es werden auf dem Markt verschiedene Arten von Kunstrasen angeboten. Wesentliche Unterschiede sind neben dem Flächengewicht die Florhöhe (Anhaltswert 25 mm bis 30 mm) und die Art der Filamente (Bild 13). Hier gilt das Gleiche wie für die Auswahl des Jutetuchs: Die Art des Kunstrasens muss sorgfältig mit den Betoneigenschaften und den Einbaubedingungen abgestimmt werden. Es kann keine allgemein anwendbare Art von Kunstrasen vorgeschrieben werden.

Mit der Griffigkeit von Betondeckenoberflächen, die durch einen Kunstrasen in Längsrichtung texturiert wurden, liegen noch nicht so viele Messergebnisse und Erfahrungen vor wie mit Jutetuchoberflächen. Die meisten Kunstrasenstrecken weisen anfangs eine höhere Griffigkeit auf als Jutetuchstrecken. Wie sich diese Oberflächen unter Verkehr im Laufe ihrer Liegedauer entwickeln, kann derzeit noch nicht abschließend beurteilt werden. Jedoch ist davon auszugehen, dass die Griffigkeitswerte nicht schlechter sind als die von Jutetuchstrecken.

6.4 Quertexturierung mit Stahlbesen

Eine Betondeckenoberfläche, die mit einem Stahlbesen in Querrichtung texturiert wurde (Bild 14), ist lauter als in Längsrichtung texturierte Oberflächen. Hinsichtlich der Griffigkeit ist eine Texturierung in Querrichtung jedoch noch besser als in Längsrichtung texturierte Oberflächen. Es können noch höhere Anfangsgriffigkeiten hergestellt werden, die auch dauerhaft höher bleiben werden als Längstexturen unter vergleichbaren Bedingungen. Deshalb sollten Quertexturen immer dort ausgeführt werden, wo keine Lärminderung erforderlich ist, die Strecke zum Beispiel nicht durch ein Gebiet mit Wohnbebauung führt.

Die Art der Stahlborsten des Besens (Steifigkeit, Abmessungen, Anordnung) ist auf die Eigenschaften des Oberflächenmörtels abzustimmen. Bei der Ausführung ist zu beachten, dass der Anstellwinkel des Besens und der Anpressdruck im Zusammenhang mit dem Oberflächenmörtel einen erheblichen Einfluss auf die Texturtiefe haben. Diese Einflussgrößen werden im Regelfall von dem jeweiligen Arbeiter bestimmt, d.h., sein Geschick und seine Aufmerksamkeit entscheiden maßgeblich über die Qualität der Textur. Außerdem ist der Besen regelmäßig (ggf. nach jedem Übergang) von anhaftendem Feinmörtel zu befreien, zum Beispiel freizuklopfen. Werden diese handwerklichen Eck-

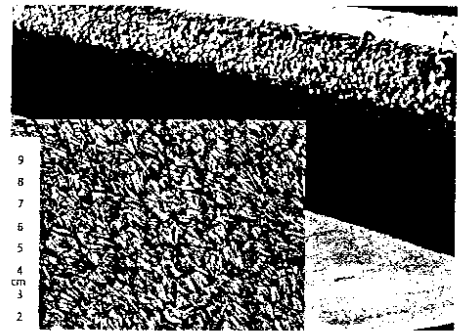


Bild 11: Texturierung einer frischen Betondeckenoberfläche durch Nachziehen eines Kunstrasens in Längsrichtung – eine vielversprechende Alternative für die Herstellung einer griffigen und geräuscharmen Fahrbahn-decke.



Bild 12: Oberfläche einer Fahrbahndecke aus Beton, die durch Nachziehen eines Kunstrasens in Längsrichtung im frischen Zustand für eine dauerhafte Griffigkeit und geringe Geräusentwicklung texturiert wurde.

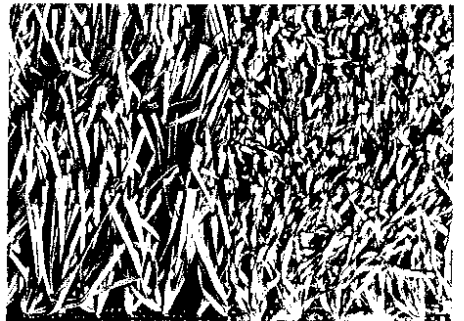


Bild 13: Die Art des Kunstrasens (vor allem Florhöhe und Art der Filamente) muss auf die Eigenschaften des Betons und die Einbaubedingungen abgestimmt werden.

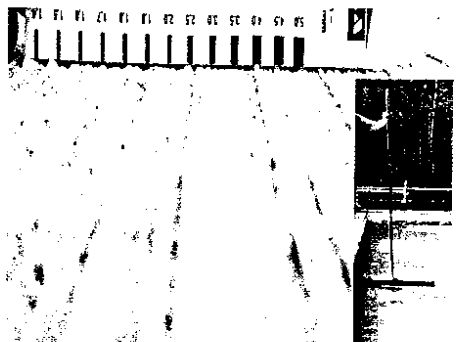


Bild 14: Eine Betondeckenoberfläche, die mit einem Stahlbesen in Querrichtung texturiert wird, weist eine noch höhere Griffigkeit auf als eine in Längsrichtung texturierte Oberfläche.

punkte nicht beachtet, kann selbst eine Stahlbesenquertextur keine ausreichenden Griffigkeitswerte gewährleisten.

6.5 Texturierung durch Entfernen des Oberflächenmörtels

Im Gegensatz zu den vorher angesprochenen Oberflächentexturen sind „Waschbetonoberflächen“ (auch als „exposed concrete“ bezeichnet, da die Betonoberfläche nicht ausgewaschen, sondern abgebürstet wird) ungerichtet und weisen im Regelfall eine größere Texturtiefe auf (Bild 15). Die Waschbetonoberfläche ist in Österreich seit über zehn Jahren die Standardbauweise für Autobahnen [20, 21]. Aufgrund des kleinen Größtkorns an der Oberfläche und der größeren Texturtiefe vereint sie eine hohe, dauerhafte Griffigkeit mit einer geringen Lärmentwicklung. Auch in Deutschland wurden bereits mehrere Versuchsabschnitte hergestellt und messtechnisch verfolgt. Die mittlerweile vorliegenden, durchweg positiven Messergebnisse an deutschen und österreichischen Strecken zeigen, dass eine Waschbetonoberfläche mit einer groben Gesteinskörnung bis 8 mm ebenso lärmarm ist wie eine mit einem Juretuch in Längsrichtung texturierte Oberfläche. Nachdem die positiven technischen Nachweise vorliegen, könnte in absehbarer Zeit die Zustimmung der maßgebenden Behörden erfolgen, dass eine Waschbetonoberfläche mit einem Größtkorn von 8 mm – wie eine mit einem Juretuch in Längsrichtung texturierte Oberfläche – mit einem $D_{S_{\text{red}}}$ -Wert von $-2,0$ dB(A), also „geräuscharm“, bewertet wird.

Die österreichische Waschbetonoberfläche ist analog zur Bauweise mit dünnem Oberbeton zu sehen, mit dem Unterschied, dass hier der Oberflächenmörtel bereits im frischen Beton abgebürstet wird und die 3. Phase, also der eigentliche Beton mit frei liegender grober Gesteinskörnung, von Anfang an vorhanden ist [22]. Die über einen herkömmlichen Straßenbeton hinausgehenden beton-technologischen Anforderungen sind daher ähnlich: Zementgehalt rd. 430 kg/m³, aus-

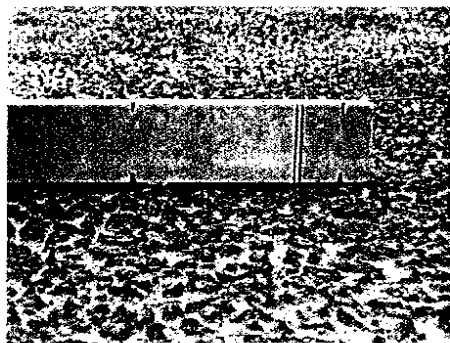


Bild 15: „Österreichische Waschbetonoberflächen“ weisen meist eine größere Texturtiefe als im Frischbeton texturierte Oberflächen auf; sie sind dauerhaft griffig und geräuscharm.

schließlich gebrochene Gesteinskörnung über 4 mm und bis höchstens 8 mm der Kategorie $C_{10/16}$, mit einem PSV-Wert von mindestens 53 und Erfüllung der Anforderungen an die Kornform FI_3 oder $SI_{1,5}$.

Unter- und Oberbeton werden bei der österreichischen Waschbetonbauweise wie üblich eingebaut, verdichtet und geglättet, wobei insbesondere die Rüttleinrichtung für die Verdichtung des Oberbetons auf dessen geringere Dicke abgestimmt werden muss (z.B. durch geringere Rüttelenergie). Anschließend wird heute im Regelfall von einer Arbeitsbühne aus ein kombiniertes Verzögerungs- und Nachbehandlungsmittel aufgesprüht (Bild 16), das eine Hydratation des Zements in der obersten Schicht (Millimeterbereich) und gleichzeitig ein Austrocknen des frischen Betons verhindert. Sobald der Beton insgesamt ausreichend erhärtet und befahrbar ist, wird der nicht erhärtete Oberflächenmörtel mit einem motorisierten Stahlbesen abgebürstet (Bilder 16 und 17) und entfernt, sodass eine gleichmäßige Waschbetonoberfläche (s. Bild 15) entsteht, an der nun die Gesteinskörnung zum Beispiel der Korngruppe 4/8 frei liegt. Abschließend wird zur weiteren Nachbehandlung von einem mobilen Trägergerät aus ein

herkömmliches Nachbehandlungsmittel aufgesprüht (s. Bild 16). Der Kerbschnitt für die Fugen kann je nach den Witterungsbedingungen und den Betoneigenschaften vor oder nach dem Ausbürsten des Oberflächenmörtels erfolgen.

Aufgrund der teureren Betonzusammensetzung und der aufwendigeren Herstellung sind die Baukosten für eine Waschbetonoberfläche geringfügig höher als für eine texturierte Betondecke. Da jedoch die Griffigkeitswerte und deren Langzeitverhalten offensichtlich noch besser sind, sollten Waschbetonoberflächen direkt ausgeschrieben werden. Der Bausträger hat dadurch die Sicherheit, nahezu keine griffigkeitsverbessernde Maßnahmen einleiten zu müssen. Bei Betrachtung der Lebensdauerkosten ist diese Bauweise also letztendlich eine wirtschaftliche Alternative.

6.6 Texturierung von erhärtetem Beton

Für bestehende Betondecken, die zum Beispiel unter sehr hoher Verkehrsbelastung stark poliert wurden und daher eine nach den heutigen technischen Regeln zu geringe Griffigkeit aufweisen, für Streckenabschnitte, bei denen die Entwässerung und damit die Griffigkeit der Straßenoberfläche bei Regen auf Grund ungünstiger Längs- und/oder Querneigungsverhältnisse ungenügend sind, oder für Schadenfälle gibt es mehrere Verbesserungsmöglichkeiten [11, 18]:

- Schleifen der Betonoberfläche
- Fräsen der Betonoberfläche
- Rillenschneiden in Längs- oder Querrichtung
- Beschichten der Betonoberfläche

Die besten Erfahrungen und die besten Ergebnisse hinsichtlich einer Verbesserung der Griffigkeit, ohne dass gleichzeitig die Lärmentwicklung ansteigt, liegen mit einem feinen Schleifen (Gründing) der Oberfläche (Bild 18) vor. Eine Beschichtung mit abgestreutem Reaktionsharzmörtel ist bezüglich dieser Eigenschaften vergleichbar. Jedoch ist sie teurer und es liegen unterschiedliche Er-

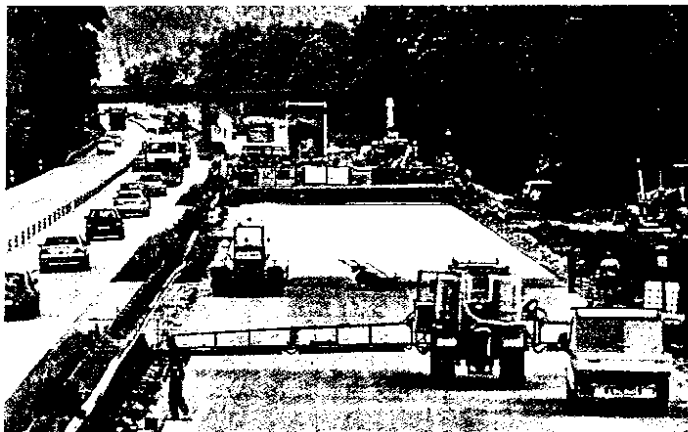


Bild 16: Herstellung einer Betonfahrbahndecke mit „Österreichischer Waschbetonoberfläche“: Betoneinbau mit Gleitschalungsfertiger, Aufsprühen eines kombinierten Verzögerungs- und Nachbehandlungsmittels von einer Arbeitsbühne aus (helle Färbung), Abbürsten des nicht erhärteten Oberflächenmörtels und Aufsprühen eines herkömmlichen Nachbehandlungsmittels von einem separaten Trägergerät aus.

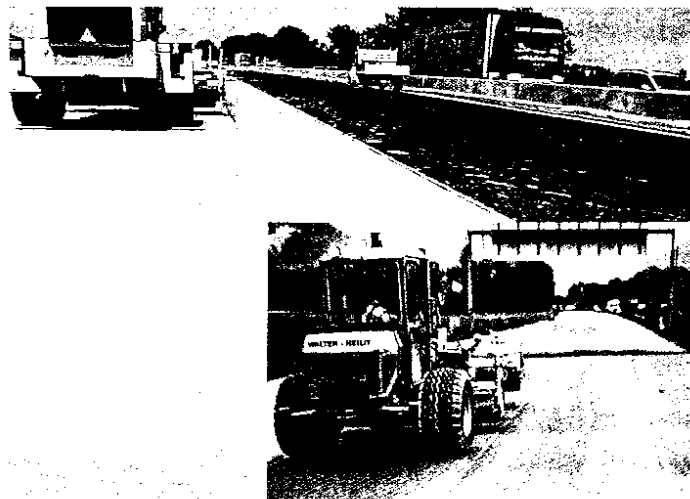


Bild 17: Herstellung einer Betonfahrbahndecke mit „Österreichischer Waschbetonoberfläche“: Abbürsten des noch nicht erhärteten Oberflächenmörtels.

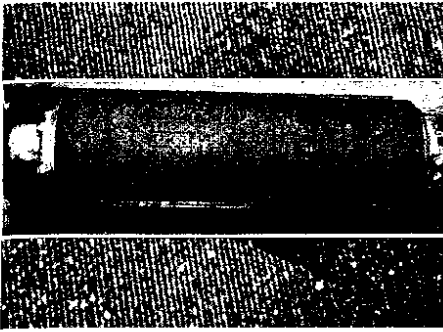


Bild 18: Stark polierte alte Betonfahrbahndecken können durch „Grinding“ in Längsrichtung wieder eine dauerhaft griffige und geräuscharme Oberfläche erhalten; hier „gegrindete“ Oberfläche und dazu eingesetzte Walze.



Bild 19: Im Regelfall wird eine frische Betonfahrbahndecke durch Aufsprühen eines flüssigen Nachbehandlungsmittels (hier: nachdem über die frische Betonoberfläche zur Texturierung ein Jutetuch gezogen wurde) von einer Arbeitsbühne aus nachbehandelt.

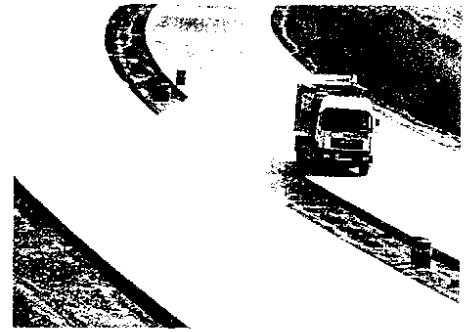


Bild 20: Eine zusätzliche Nassnachbehandlung der Betondecke ist bei hohen Lufttemperaturen und/oder hohen Windgeschwindigkeiten eine praktikable Maßnahme, um die vorteilhaften dauerhaften Oberflächeneigenschaften von Fahrbahndecken aus Beton sicherzustellen.

fahrungen über deren Dauerhaftigkeit vor. Derartige Arbeiten werden im Regelfall von Spezialfirmen ausgeführt, die über entsprechende Erfahrungen verfügen sollten. Wird nur auf eine wirksamere Entwässerung der Oberfläche Wert gelegt, kommt auch ein Präsen der Oberfläche oder das Einschneiden von Rillen in Längs- oder Querrichtung in Frage.

7 Schutzmaßnahmen und Nachbehandlung

Welche große Bedeutung der Schutz und die Nachbehandlung für die Qualität des Straßenbetons und dabei insbesondere für die oberen Bereiche einer Betondecke hat – das heißt auch für die Dauerhaftigkeit des Oberflächenmörtels und damit für die Griffigkeit –, dürfte mittlerweile hinreichend bekannt sein. Ziel von Schutz- und Nachbehandlungsmaßnahmen ist es, ungünstige mechanische Einflüsse auf die Betondecke sowie ein Austrocknen und eine Erwärmung des Betons möglichst gering zu halten.

In den ZTV Beton-StB 01 sind noch Zelte als Schutzmaßnahme vorgesehen. Sie werden aber aus mehreren Gründen nicht mehr eingesetzt. Insbesondere ist mittlerweile bekannt, dass Zelte nicht vor Austrocknung und Erwärmung schützen. Im Gegenteil, sie verstärken durch die Kaminwirkung das Austrocknen und durch den Treibhauseffekt die Erwärmung der Betondecke. Hinzu kommt bei Erneuerungslosen die Gefahr, dass Zelte durch einen Gewittersturm in den Verkehr gedrückt werden können und erhebliche baubetriebliche Erschwernisse auftreten, die die Kosten unnötig erhöhen. Daher ist in den ZTV Beton-StB 01 die Möglichkeit vorgesehen, auf Zelte zu verzichten, wenn der Betoniervorgang bei Niederschlag eingestellt wird. Einzelne Regenfelder waren und sind in der Praxis des Betonstraßenbaus nicht vollkommen zu vermeiden. Nach den vorliegenden Erfahrungen stellen sie im Regelfall lediglich eine optische Auffälligkeit dar und keine Minderung der Gebrauchseigenschaften und der Dauerhaftigkeit der Betondecke.

Beim Betonieren in der warmen Jahreszeit, d.h. bei Lufttemperaturen über 25 °C, ist

vorgeschrieben, die Betondecke unmittelbar nach dem Schneiden der Kerben – also zu einem Zeitpunkt, bei dem die Betondecke schon mit leichten Fahrzeugen befahren werden kann – mindestens dreimal im Abstand von zwei bis drei Stunden flächendeckend anzunässen. Die Betondecke darf während dieser Zeit nicht abtrocknen. Dadurch wird Verdunstungskälte aktiviert und die Betondecke erhärtet an ihrer Oberseite bei einer vorteilhaften niedrigen Temperatur oder sogar bei einer niedrigeren Temperatur als im unteren Bereich. Letztes führt zu einem günstigen negativen Nullspannungstemperaturgradienten [23, 24].

Zur Nachbehandlung wird im Regelfall gemäß den ZTV Beton-StB 01 zunächst auf die frische Betonoberfläche ein flüssiges Nachbehandlungsmittel gemäß den TL NBM [25] aufgesprüht (Bild 19), das die Verdunstung von Wasser aus dem Frischbeton stark behindert. Wird in der warmen Jahreszeit betoniert, sollten spezielle Nachbehandlungsmittel mit erhöhtem Hellbezugswert eingesetzt werden, die neben dem Schutz vor Wasserverdunstung durch ihre helle Farbe (Reflexion) die Erwärmung des Betons verringern [24]. Zusätzlich aufgesprühtes Wasser kühlt die Betonoberfläche infolge Verdunstungskälte ab. Daher sollte die Nassnachbehandlung (Bild 20) bei hohen Temperaturen und/oder hohen Windgeschwindigkeiten beim Einbau und danach für rd. drei Tage (je nach Witterung) zusätzlich zum Aufsprühen eines Nachbehandlungsmittels zur Anwendung kommen. Die anderen in den ZTV Beton-StB 01 enthaltenen Nachbehandlungsarten, wie Abdecken mit Folien und Aufbringen Wasser haltender Abdeckungen, sind nur für Ausnahmefälle (zum Beispiel Einzelfelderneuerung bei niedrigen Temperaturen) praktikabel. Hauptnachteile dabei sind das Verwischen der Oberflächentextur und Erschwernisse beim Fugenschneiden sowie in der war-

men Jahreszeit eine deutliche Erhöhung der Betontemperatur [24].

8 Sonstige Einflüsse auf die Griffigkeit

Um eine hohe Anfangsgriffigkeit von Betondeckenoberflächen sicherzustellen, ist neben den genannten Texturierungs- und Nachbehandlungsmaßnahmen darauf zu achten, dass der Schlamm, der beim Fugenschneiden entsteht, direkt am Sägeblatt abgesaugt (Bild 21) oder unmittelbar nach dem Fugenschneiden abgespült wird, bevor er auf der texturierten Oberfläche erhärtet. Diese Forderung ist auch in den ZTV Beton-StB 01 enthalten. Verbleibt der Schneidschlamm auf der Betonoberfläche, bildet er auf der feuchten Oberfläche gleichsam eine Schmier-schicht, die die Griffigkeit stark herabsetzen kann.

Ein Befahren der jungen Betondecke in den ersten Tagen nach dem Einbau soll auf ein Mindestmaß beschränkt werden, da sonst die Gefahr besteht, dass die Textur in dem noch nicht ausreichend erhärteten Ober-

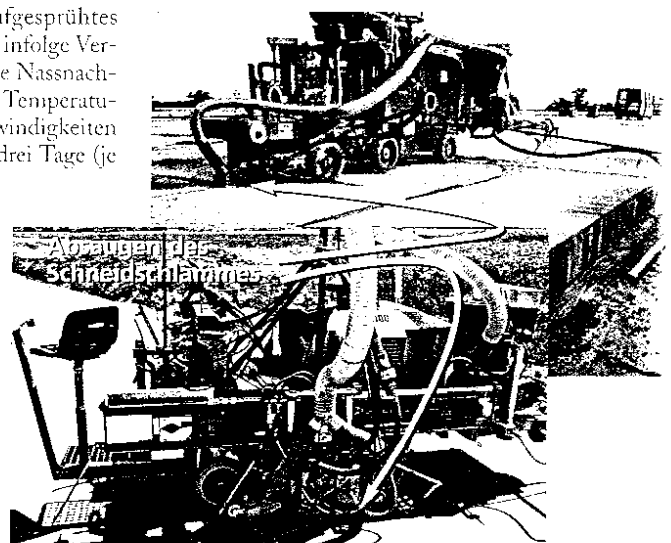


Bild 21: Mit modernen Fugenschneidgeräten wird der anfallende Schneidschlamm unmittelbar am Schnitt abgesaugt, hier: Schneidmaschinen für die Quer- und für die Längsfugenschnitte.

flächenmörtel beschädigt oder abgearbeitet wird. Auch anschließend sollte der Baustellenverkehr so spät wie möglich und so wenig wie möglich die junge Betondecke benutzen. Insbesondere Bereiche, in denen Lkw Spurfahren, rangieren oder wenden, sowie Ein- und Ausfahrtstellen auf der neuen Betondecke, sind gefährdet.

9 Prüfungen des Auftragnehmers

Gemäß den ZTV Beton-StB 01 muss der Auftragnehmer im Rahmen der Eigenüberwachungsprüfungen einmal täglich die Griffbarkeit der Betondeckenoberfläche bestimmen. Dabei sind im Gegensatz zu den Kontrollprüfungen weder das Messverfahren angegeben noch die anderen Randbedingungen der Messung, wie Zeitpunkt, Prüfstelle usw. genau festgelegt. In der Praxis der Bauausführung hat es sich bewährt, die Messungen mit der kombinierten Messmethode – SRT-Pendel/Ausflussmessung – möglichst bald nach dem Betoneinbau an einer ausreichenden, repräsentativen Anzahl von Prüfflächen durchzuführen, um frühzeitig einen Eindruck über die Griffbarkeit zu bekommen, der bei einiger Erfahrung auch eine optische und haptische Einschätzung der Griffbarkeit ermöglicht. Bei anzureichenden Messergebnissen können dann, zumindest für die noch zu fertigenden Flächen, entsprechende Verbesserungsmaßnahmen ergriffen werden. Zur Dokumentation und Erfahrungssammlung zur Griffbarkeit stehen den Mitgliedsfirmen der Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V. entsprechende Formblätter zur Verfügung.

10 Zusammenfassung

Fahrbahndecken aus Beton können griffig hergestellt werden, sodass die einschlägigen Anforderungen erfüllt werden. Jedoch ist in Streckenabschnitten, die zum Beispiel in der Nähe von Wohnbebauungen verlaufen, auch auf die Anforderungen hinsichtlich der Lärmentwicklung zu achten. Für lärmsensible Bereiche werden Betondeckenoberflächen im frischen Zustand durch Nachschleppen eines Juretuchs in Längsrichtung texturiert, um griffig und zugleich lärmarm zu sein ($D_{St(0)}$ -Wert $-2,0$ dB(A)). Auch die „Österreichische Waschbetonoberfläche“ hält die einschlägigen Anforderungen hinsichtlich Griffbarkeit und Lärminderung ein. Eine Einstufung mit einem $D_{St(0)}$ -Wert von $-2,0$ dB(A), also

„geräuscharm“, für eine Anwendung in Bereichen mit Anforderungen an eine Lärminderung gemäß der Planfeststellung könnte in absehbarer Zeit erfolgen. Hat die Lärmentwicklung keine Bedeutung, sollte eine Quertexturierung der frischen Betondeckenoberfläche mit einem Stahlbesen durchgeführt werden.

Bei der Bauausführung sind die Beton-technologie und die Einbautechnik unter Berücksichtigung der Witterung sorgfältig aufeinander abzustimmen, um dauerhafte Oberflächeneigenschaften zu erzielen. Die Nachbehandlung ist ebenfalls entscheidend für die Dauerhaftigkeit der Oberfläche und muss den Einbaubedingungen angepasst werden. Frühzeitige Messungen der Griffbarkeit ermöglichen es der Einbaukolonne rechtzeitig, Gegenmaßnahmen zur Optimierung der Oberflächentextur zu ergreifen.

Literatur

- [1] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2001, ZTV Beton-StB 2001, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen, Köln 2001
- [2] Texturing Concrete Pavements. ACI Committee 325, ACI Materials Journal (1988), May-June, pp 202-211
- [3] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt, Ausgabe 2001, ZTV Asphalt-StB 2001, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Asphaltstraßen, Köln 2001
- [4] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 24/2003: Technische Prüfvorschriften für Griffbarkeitsmessungen im Straßenbau – Teil: Messverfahren SCRIM TP Griff-StB (SCRIM), Ausgabe 2001, Änderungen, Ergänzungen, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 7.7.2003
- [5] Technische Prüfvorschriften für Griffbarkeitsmessungen im Straßenbau, Teil: Messverfahren SCRIM, Ausgabe 2001, TP Griff-StB (SCRIM), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn, Köln 2001
- [6] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 12/2002: Technische Prüfvorschriften für Griffbarkeitsmessungen im Straßenbau – Teil: Messverfahren SCRIM, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 4.7.2002; aufgehoben durch [4]
- [7] Gamprecht, G.; Sparmann, J. M.: Die Festlegung von Griffbarkeitsanforderungen als Beitrag zur Verkehrssicherheit, Straße und Autobahn 54 (2003) H. 6, S. 329-336
- [8] Franke, H.-J.: Griffbarkeit von Fahrbahndecken aus Beton, Tagungsband der FGSV-Betonstraßentagung 2003, Stuttgart, S. 61-67, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe „Betonstraßen“, Heft 26, Köln 2004
- [9] Arbeitsanweisung für kombinierte Griffbarkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und dem Ausflussmesser, Einführungs-Rundschreiben des Bundesministers für Verkehr vom 27.11.1972
- [10] Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2000, M. OB, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen, Köln 2000
- [11] Fleischer, W.: Können die Anforderungen an die Griffbarkeit bei Neubau und Instandsetzung von Fahrbahndecken aus Beton gewährleistet werden? Straße und Autobahn 46 (1995) H. 3, S. 137-143
- [12] Huschek, S.; Böhmisch, S.: Einfluss des Sandes auf die Griffbarkeit von Betonfahrbahnen, FE-Nr. 08.164/2001 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Entwurf zum Schlussbericht, Berlin 2003
- [13] Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton, Ausgabe 2004, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen, Köln 2004
- [14] Technische Prüfvorschrift für Boden und Fels im Straßenbau, TP Min StB, Teil 5.5.2: Bestimmung des Polierwertes mit dem Verfahren nach Wehner/Schulze, Ausgabe 1999, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln 1999
- [15] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 36/2003: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton, ZTV Beton-StB 01 – Übergangsregelungen für die Abschnitte 2.4.1.1, 2.4.2.1 und 2.4.2.2, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 19.12.2003
- [16] Fleischer, W.; Wagner, R.: Neuerungen in den ZTV Beton-StB 01 – Damier Oberbeton und Betondecken auf kurzen Brücken, Straße und Autobahn 53 (2002) H. 1, S. 5-10
- [17] DIN 1045-3, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 3: Bauausführung, Ausgabe Juli 2001
- [18] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen – Betonbauweisen, Ausgabe 2002, ZTV BEB-StB 02, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen, Köln 2002
- [19] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 14/1991: Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – Ausgabe 1990 – RL8-90 – Ergänzung der Fußnote der Tabelle 4, Bundesministerium für Verkehr, 25.4.1991
- [20] Sommer, H.: Developments for the exposed aggregate technique in Austria, 7th International Symposium on Concrete Roads, 3.-5. Oktober 1994, Wien
- [21] Perl, W.: Die neue österreichische Betonstraßenbauweise – 10 Jahre Erfahrung, Zement und Beton (2000) H. 1, S. 3-6
- [22] Fleischer, W.; Wagner, R.: Beton für hochbelastete moderne Verkehrsflächen, beton 53 (2003) H. 11, S. 556-558, H. 12, S. 592-597
- [23] Springenschmid, R.; Fleischer, W.: Straßenbeton unter dem Einfluss von Temperatur und Feuchtigkeit, Tagungsband der FGSV-Betonstraßentagung 1989, Landshut, S. 45-47, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe „Betonstraßen“, Heft 19, Köln 1991
- [24] Hiller, E.; Springenschmid, R.; Fleischer, W.: Nachbehandlung von Betondecken bei heißem Wetter, Straße und Autobahn 54 (2003) H. 9, S. 497-503
- [25] Technische Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel, Ausgabe 1996, TL NBM-StB 96, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen, Köln 1996