

GRINDING

Sonderdruck aus Straßen- und Tiefbau
Ausgabe 12/2011

HEIDELBERGCEMENT

GRINDING – EINE LÄRMARME UND GRIFFIGE TEXTUR

Verkehrsflächen aus Beton

Siegfried Riffel, HeidelbergCement AG,
Entwicklung und Anwendung



Straßen und Tiefbau

12'2011
65. Jahrgang
Dezember 2011

Offizielles Organ
des Straßen- und
Tiefbaugewerbes
im Zentralverband des
Deutschen Baugewerbes

Erdbau
– Planung bis ins kleinste Detail

Straßenbau
– Details entscheiden über die
Lebensdauer

Lärmschutz
– Grinding – eine griffige Textur
– Lärmschutzelemente
aus Leichtbeton

HAMM

© 2011 HAMM
Printed in Germany



Verkehrsflächen aus Beton:

Grinding – eine lärmarme und griffige Textur

von Siegfried Riffel*

In den letzten Jahren ist das Umweltbewusstsein der Bevölkerung bzw. die Sensibilisierung im Hinblick auf Lärmbelastigung erheblich gestiegen. Aufgrund des prognostizierten stark steigenden Verkehrsaufkommens, insbesondere auf den Bundesfernstraßen, nimmt das Thema Verkehrslärm heute eine zentrale Rolle ein. In Deutschland hat der Gesetzgeber dem gestiegenen Lärmaufkommen mit der 16. BImSchV [1] und der RLS-90 [2] Rechnung getragen. Zum Erreichen dieser Ziele werden zunehmend intensive aktive und passive Lärmschutzmaßnahmen getroffen wie beispielsweise die Lärmreduzierung an der Entstehungsquelle, d.h. am Fahrzeug, Reifen und Fahrbahnbelag, die Eingrenzung der Schallausbreitungsgebiete durch Lärmschutzwände und -wälle sowie schalltechnische Verbesserungsmaßnahmen an Gebäuden z.B. durch Lärmschutzfenster und -türen.

Der Verkehrslärm wird primär durch den Fahrzeugantrieb, d.h. durch das Antriebsgeräusch und Motorge-räusch sowie durch das Rollgeräusch (Reifen/Fahrbahn-Geräusch) verursacht, wobei die Entstehung der Rollgeräusche auf den folgenden Parametern basiert: Radiale Reifenvibration:

- Aufprall der Profilelemente auf die Straßenoberfläche und
- Zusammenpressung des Reifenprofils als Folge der Oberflächentextur.

Resonanz der Luft zwischen Reifen und Fahrbahnbelag:

- Rohrresonanz,
- Helmholtzresonanz und
- „Air-Pumping-Effekt“.

Adhäsion:

- Tangentialvibrationen als Folge von „Stick-Slip“-Bewegungen und
- Losreißen von Profilelementen.

Kollision von Profilelementen:

- Wasserfilm und Beschleunigung von Wassertropfen bei nasser Fahrbahn.

Nachdem die Automobil- und Reifenindustrie in Bezug auf die Optimierung der Karosserien (z.B. cw-Wert und Motorkapselung) und Reifen (z.B. Profile und Gummimischungen) in den letzten Jahren enorme Fortschritte aufweisen kann, steht im Bereich der Fahrzeug- und Reifentechnologie nur noch ein relativ kleines Verbesserungspotenzial zur Verfügung. Das größte Potenzial ist künftig in der Optimierung der Straßenbaustoffe und Bautechnik zu sehen.

Heute werden an die Straßen zunehmend erhöhte Anforderungen an die Lärminderung bei gleichzeitig guter und dauerhafter Griffigkeit gestellt. Die lärm-technischen Vorgaben für eine Straße werden bereits im Planfeststellungsverfahren festgelegt, so dass bereits bei der Planung und Dimensionierung der Verkehrsflächen die geeigneten Baustoffe und Bauweisen mit einer entsprechenden lärmarmen Oberflächentextur zu wählen sind.

Seit 2006 ist in Deutschland die Waschbetontextur mit einem D_{Stro} -Wert von -2 dB(A) als lärmarme Regelbauweise für Verkehrsflächen aus Beton eingeführt [2].



Abbildung 1: Entstehungsmechanismen Reifen-/Fahrbahngeräusch. Quelle: Müller BBM

Bei der Waschbetonbauweise handelt es sich um eine technisch anspruchsvolle und relativ kostenintensive Oberflächentexturierung. Bezüglich der Ausführungsqualität sind für das Gelingen einer Waschbetontextur folgende material- und ausführungstechnischen Parameter von großer Bedeutung:

- Anteil, Kornform und Bruchförmigkeit der gebrochenen Gesteinskörnungen,
- Kornzusammensetzung bzw. Sieblinie für eine hohe Profilspeizenzahl an der Oberfläche,
- Witterung und Temperatur beim Betoneinbau bzw. beim Entfernen des Oberflächenmörtels,
- Dicke und Qualität des Oberflächenmörtels,
- Typ des Oberflächenverzögerers sowie
- Ausbüstzeitpunkt und Nachbehandlung vor und nach dem Ausbürsten.

Bisher war es nicht möglich, dichte Betonoberflächen mit einer Lärminderung über einem D_{Stro} -Wert von -2 dB(A) zielsicher herzustellen. Deshalb ist eine weitere deutliche lärmtechnische Verbesserung an dichten

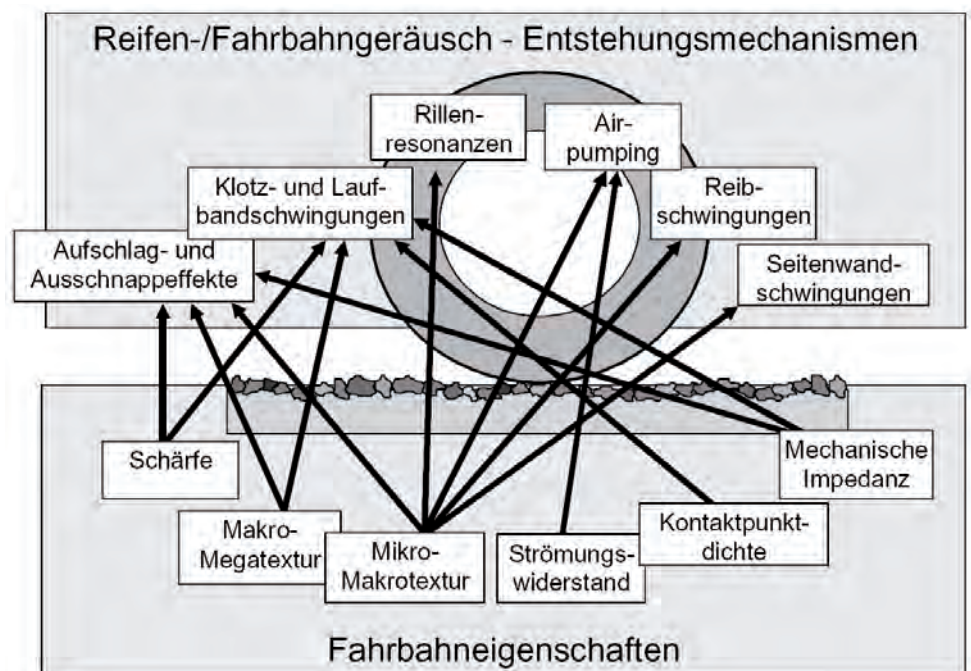


Abbildung 2: Detail: oben Grinding-Textur, unten Waschbetontextur

*Heidelberg Cement AG – Entwicklung & Anwendung – Projekte Infrastruktur, Talheim



Abbildung 3: Herstellung der Betonfahrbahn mit dem Gleitschalungsfertiger

Fahrbahnbelägen – in der Größenordnung von lärmarmen Asphaltoberflächen – nur mit einer optimierten Fahrbahntextur in Bezug auf Geometrie und Gestalt möglich. Dies kann mit dem Grinding-Verfahren durch eine gezielte, maßgenaue Bearbeitung der Oberfläche am erhärteten Beton sehr gut realisiert werden, wobei mit einer optimalen Textur eine Lärminderung in der Größenordnung von -5 dB(A) erreicht werden kann. Somit bietet das innovative Verfahren eine gute Alternative zur bisherigen Texturierung des Frischbetons in der Waschbeton-Bauweise. Bisher wurde das Grinding-Verfahren fast ausschließlich für griffigkeitsverbessernde Maßnahmen sowie für die Beseitigung von Unebenheiten angewendet [3, 4]. Auf diesen ertüchtigten Flächen wurden aber schon bald die weiteren Vorzüge dieses Schleifverfahrens festgestellt, die dann in jüngster Zeit bei konkreten Projekten akustisch und messtechnisch näher betrachtet wurden. Aufgrund der dort gefundenen hervorragenden lärmindernden Eigenschaften wird es in Zukunft möglich sein, das Verfahren sowohl im Neubau als auch bei der lärmtechnischen Sanierung von bestehenden Betonstraßen anzuwenden. Nach den bisherigen Erfahrungen und neuesten Messergebnissen können künftig mit dem Grinding-Verfahren auf einfache und kostengünstige Weise lärmarme, griffige und dauerhafte Verkehrsflächen aus Beton hergestellt werden.

Das Grinding-Verfahren

Beim Grinding-Verfahren handelt es sich um ein abtragendes Schleifverfahren, das für lärmindernde Fahrbahnoberflächen in Längsrichtung ausgeführt

wird. Hierbei wird bei dem schonenden Schleifprozess die Qualität der Betonoberfläche nicht negativ beeinflusst.

Durch eine definierte Schleiftiefe, Rillen- und Stegbreite lassen sich somit gezielt Texturen mit sehr guten Lärminderungs- und Griffigkeitseigenschaften herstellen. Des Weiteren werden beim Schleifen alle Unebenheiten aus dem Decken-Fertigungsprozess beseitigt, so dass eine Fahrbahnoberfläche mit sehr guter Längs- und Querebenheit hergestellt werden kann, was sich natürlich auch sehr günstig auf das Rollgeräusch, den Fahrkomfort und die Fahrdynamik auswirkt.

Die maßgenau hergestellte Rillenstruktur weist neben einer lärmtechnisch günstigen Rautiefe von circa $0,9$ bis $1,1$ mm auch sehr gute Drainageeigenschaften auf. Mit dem Einsatz entsprechender Gesteinskörnungen können auch helle und bezüglich der Lichtreflexionseigenschaften hervorragende Oberflächen hergestellt werden.

Die Dauerhaftigkeit der Grinding-Textur ist maßgeblich von der Qualität des Oberflächenmörtels sowie von der Festigkeit bzw. Polierresistenz der verwendeten Gesteinskörnungen abhängig.

Die Bearbeitung der Oberfläche erfolgt mit speziellen Diamantschleifscheiben, die auf einer rotierenden Schleifwelle mit Distanzscheiben in einem bestimmten Abstand nebeneinander angeordnet sind. Der Abstand und die Breite der Diamantscheiben bestimmen die spätere Textur der zu bearbeitenden Fahrbahnoberfläche.

Zum Zeitpunkt der Ausführung sollte der Beton eine Druckfestigkeit von > 20 MPa aufweisen, so dass die Stege sauber und gleichmäßig brechen.

Beim Schleifen der Oberfläche werden die Diamantscheiben mit Wasser gekühlt, wobei der entstehende Schleifschlamm direkt an der Schleifwelle auf der bearbeiteten Oberfläche abgesaugt wird. In einem speziellen Aufbereitungsverfahren wird das Wasser von den Feststoffen getrennt, so dass das Wasser beim Schleifprozess wieder verwendet werden kann. Die Feststoffe werden in der Regel in kompakter Form entsorgt.

Bisherige Lärmmessungen auf Grindingstrecken weisen gegenüber Messungen auf Waschbetonoberflächen ein deutlich höheres Lärminderungspotenzial auf.

Außerdem zeichnen sich Oberflächen mit einer längsgerichteten Grinding-Textur durch eine sehr gute Griffigkeit sowie Längs- und Querebenheit aus.

Bei der Betonzusammensetzung ist darauf zu achten, dass nur Gesteinskörnungen mit einem hohen Polierwiderstand [mindestens $PSV_{\text{angegeben}}(48)$] verwendet werden, um eine hohe Dauerhaftigkeit der Textur zu gewährleisten. Auf die nach den TL Beton-StB [6] geforderte Verwendung von groben, gebrochenen Gesteinskörnungen für Waschbetonoberflächen mit einem Polierwiderstand $PSV_{\text{angegeben}}(53)$ kann in der Regel verzichtet werden, so dass durch kostengünstigere Gesteinskörnungen (z.B. Rundkorn $D_{\text{max}} 32$ mm) ein nicht unerheblicher wirtschaftlicher Vorteil resultiert.

In jüngster Zeit sind bei den Gesteinskörnungen für Waschbetonoberflächen ($5/8$ mm) häufig Lieferengpässe aufgetreten, wodurch die Kosten durch die beschränkte Verfügbarkeit deutlich gestiegen sind.

In derzeit laufenden Forschungsprojekten wird das Grinding-Verfahren im Hinblick auf die Maschinen- bzw. Verfahrenstechnik und Betontechnologie weiter opti-

miert, so dass kurzfristig ein lärmtechnisch hochwertiges, ausführungstechnisch einfaches und kostengünstiges Texturierungsverfahren zur Verfügung stehen wird. Heute kann bereits am Rechner mit entsprechenden Modellen und Simulationsrechnungen die optimale Form und Geometrie der Textur (z.B. Steg- und Rillenform, -abstand, -breite und -tiefe) hergestellt werden, wobei in den Modellen unterschiedliche Verkehrszusammensetzungen (z.B. Pkw- und Lkw-Anteil) und Geschwindigkeiten auch zu unterschiedlichen Anforderungen an die Geometrie und Gestalt für eine lärmindernde Fahrbahntextur führen. Im nächsten Schritt gilt es, die Werkzeuge und Fertigungstechnik – z.B. mit einer Lasersteuerung – weiter zu optimieren und zeitnah unter baupraktischen Bedingungen auf Teststrecken zu erproben.

Bei den bisher ausgeführten Grindingstrecken sind mit dem CPX-Messanhänger (Nahfeldmessmethode – Close Proximity Method – CPX) [11] durchweg sehr hohe Lärminderungen gemessen worden, die teilweise deutlich über der Lärminderung von Waschbetonoberflächen und lärmarmen Asphaltbelägen liegen.

Grinding-Erprobungsstrecke – Erschließungsstraße Geseke

Die Heidelberg Cement AG hat 2009 beim Neubau der Erschließungsstraße Geseke eine circa 1 km lange Grinding-Erprobungsstrecke realisiert. Am Beispiel der Erschließungsstraße Geseke werden im Folgenden die positiven Ergebnisse mit der Grinding-Textur aufgezeigt. Das Ziel bei diesem Projekt war, auf einer Neubaustrecke das Grinding-Verfahren bezüglich des Lärminderungspotenzials in Verbindung mit der Griffigkeit unter baupraktischen Bedingungen zu erproben und messtechnisch zu prüfen.

Der Test sollte auch Aufschluss geben, inwieweit im Vergleich zum Waschbeton eine bessere Lärminderung und Griffigkeit bei geringeren Herstellkosten erreicht werden kann.

Die ca. 1 km lange Strecke wurde in zwei Abschnitte unterteilt, wobei die längsgerichtete Grinding-Textur mit zwei unterschiedlichen Rillenabständen, d.h. mit einem Segment- bzw. Scheibenabstand von 2 mm und 3 mm, hergestellt wurde. Auf der gesamten Strecke wurden Diamantscheiben mit einer Segmentbreite von 3,2 mm verwendet. Die Abtrag- bzw. die Schleiftiefe lag bei ca. 3 mm.

Von km 0+075 bis km 0+400 (325 m) wurde der schmalere Rillenabstand von 2 mm ausgeführt. Auf der restlichen Strecke von km 0+400 bis km 1+106 (706 m) wurde die Textur mit dem breiteren Rillenabstand von 3 mm hergestellt. Bei der Ausführung hat sich gezeigt, dass mit dem 2-mm-Segmentabstand eine sehr gleichmäßige Textur mit sauber und regelmäßig gebrochenen Stegen hergestellt werden konnte. Mit dem 3 mm Segmentabstand brachen die Stege teilweise sehr unregelmäßig, was sich auch negativ auf das Rollgeräusch bzw. auf die Lärmemission ausgewirkt hat.

Messergebnisse

Lärmmessung (Nahfeldmessmethode – Close Proximity Method – CPX) [11]:

Mit dem CPX-Messanhänger der BASt wurden auf den beiden Grinding-Texturen (Grinding 2 mm und 3 mm) bei einer Messgeschwindigkeit von 80 km/h folgende Geräuschpegel gemessen:

- $CPX_{Pkw\ 80\ km/h}$ Grinding 2 mm: 94,9 dB(A)
- $CPX_{Pkw\ 80\ km/h}$ Grinding 3 mm: 96,4 dB(A)
- $CPX_{Lkw\ 80\ km/h}$ Grinding 2 mm: 95,9 dB(A)
- $CPX_{Lkw\ 80\ km/h}$ Grinding 3 mm: 96,8 dB(A)



Abbildung 5: CPX-Messanhänger (Müller BBM)

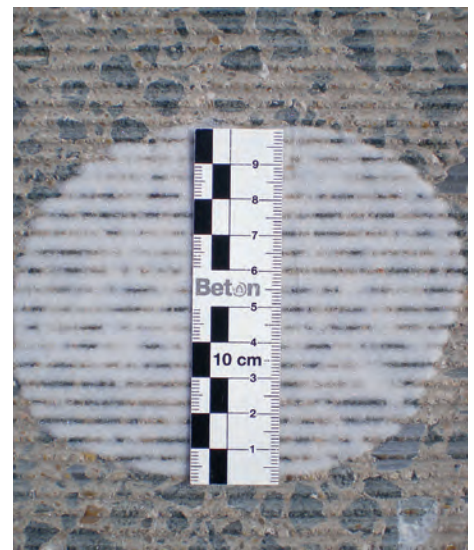


Abbildung 6: Rautiefe mit Sandfleck-Verfahren auf Grinding-Textur

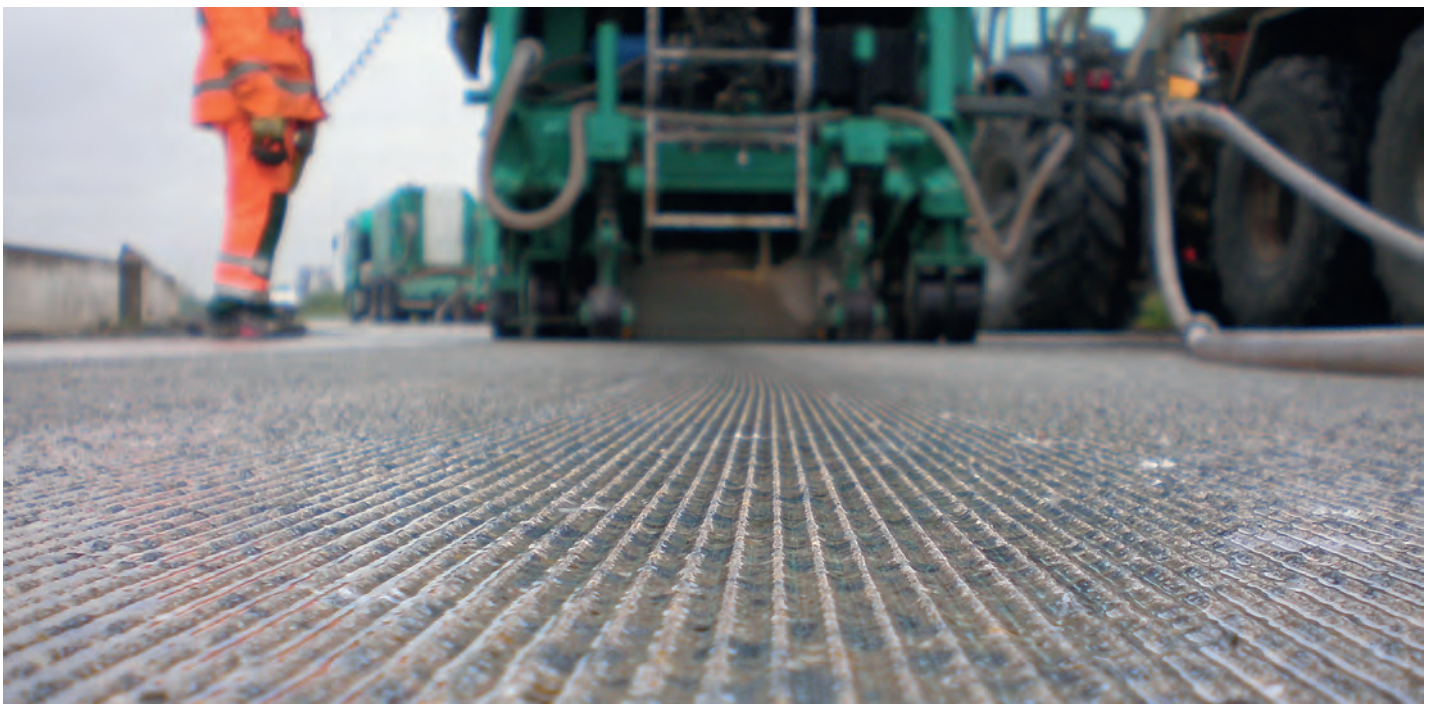
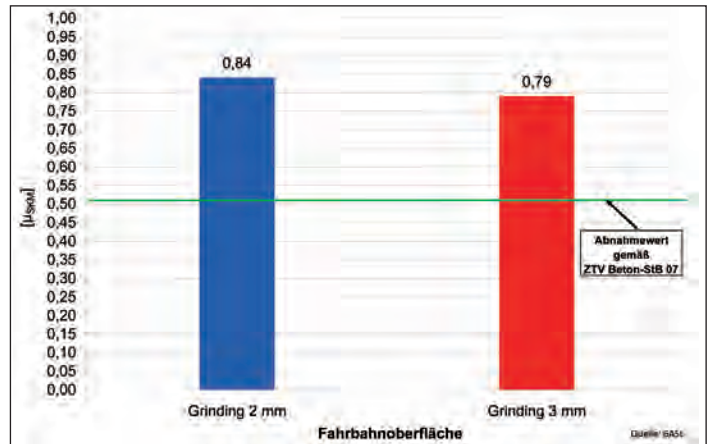


Abbildung 4: Grinding-Textur mit 2 mm Segmentabstand



Abbildung 7: Rautiefe mit ELAtextur-Messgerät auf Grinding-Textur

Abbildung 8: SKM-Griffigkeitswerte bei Grinding 2 und 3 mm



Bei der 2-mm-Grinding-Textur konnte gegenüber den vorliegenden Messwerten von verschiedenen Waschbetonoberflächen eine Lärminderung von über 2 dB(A) gemessen werden.

Oberflächentexturtiefe

Die Makrotexturtiefe der beiden Grinding-Texturen (2 und 3 mm) wurde sowohl mit dem Sandfleck-Verfahren [9] als auch mit einem berührungslosen Laser-Messgerät mit Triangulationssensoren [10] gemessen. Die beiden sehr unterschiedlichen Messverfahren lieferten gute Prüfergebnisse mit einer hohen Präzision und ausgezeichneter Vergleichbarkeit. Bei der Lärmmessung hat sich, insbesondere bei der 2-mm-

Grinding-Textur bestätigt, dass durch eine gleichmäßige Texturtiefe von ca. 1 mm das Reifen/Fahrbahn-Geräusch günstig beeinflusst wird. Sandfleck-Verfahren (DIN EN 13036-1)

- Grinding 2 mm: i.M. 0,96 mm
 - Grinding 3 mm: i.M. 1,15 mm
- ELAtextur-Messgerät (DIN EN ISO 13473-1)

- Grinding 2 mm: i.M. 1,06 mm
- Grinding 3 mm: i.M. 1,16 mm

Griffigkeit (SKM)

Mit dem Messfahrzeug der BASt wurde mit dem Seitenkraftmessverfahren (SKM) [8] auf den beiden Grinding-Texturen (Grinding 2 mm und 3 mm)

eine ausgezeichnete Griffigkeit festgestellt. In der rechten Radrollspur wurden bei einer Messgeschwindigkeit von 60 km/h folgende Seitenkraftbeiwerte gemessen:

- μ_{SKM} 60 km/h Grinding 2 mm: 0,84
- μ_{SKM} 60 km/h Grinding 3 mm: 0,79

Der Abnahmewert gemäß den ZTV Beton-StB [5] von μ_{SKM} 0,51 bei 60 km/h wurde mit 0,33 bzw 0,28 Einheiten deutlich überschritten, so dass eine hervorragende Griffigkeit gewährleistet ist.

Ebenheit

Mit dem Planographen wurden gemäß den TP Eben [7] Längsebenheitsmessungen durchgeführt. Die Grenzwerte der ZTV Beton-StB (≤ 4 mm/4 m) [5] wurden auf der gesamten Strecke zielsicher eingehalten. Ebenso wurden die Anforderungen an die Querebenheit erfüllt. Die sehr positiven Ergebnisse und Erfahrungen mit der neuartigen Oberflächentexturierung mit dem Grinding-Verfahren waren auch eine wichtige Basis für den Bau einer weiteren Erprobungsstrecke auf der A 94 in 2011, wo u.a. die lärmtechnische Optimierung der Grinding-Textur ein gestecktes Ziel war.

**Erprobungsstrecke – A 94
Steckenabschnitt Forstinning – Pastetten**

Im Sommer 2011 wurde auf der A 94 im Streckenabschnitt Forstinning – Pastetten in beiden Fahrrichtungen eine ca. 2 km lange Grinding-Erprobungsstrecke gebaut. Die beiden Testfelder wurden auf einer konventionell hergestellten 26 cm dicken Betondecke in der verdübelten und verankerten Standard-Plattenbauweise mit einem Fugenabstand von 5 m ausgeführt. Der Beton (Splittbeton 0/22) wurde zweilagig mit einem Gleitschalungsfertiger eingebaut.

Abweichend von der Ausführungsart auf der Erschließungsstraße Geseke, wo mit gleicher Segment- bzw. Scheibenbreite und mit verschiedenen Scheibenabständen geschliffen wurde, wurden bei diesem Projekt die Segmentbreiten variiert und der Scheibenabstand beibehalten.



Abbildung 9: Nachbehandlung mit Curing-Mittel

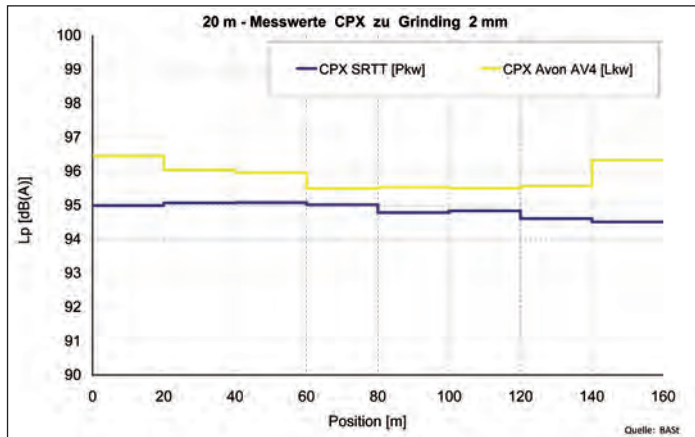


Abbildung 10: CPX-Messwerte auf Grinding 2 mm

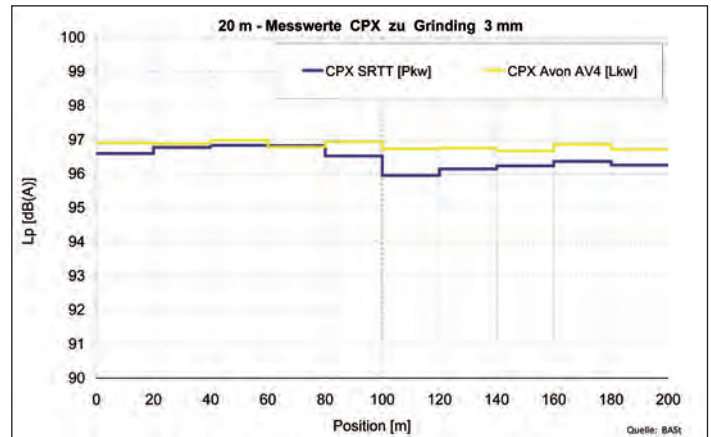


Abbildung 11: CPX-Messwerte auf Grinding 3 mm

Diese neuen Varianten auf der A 94 sollten weitere Erkenntnisse in Bezug auf die lärmtechnische Optimierung des Grinding-Verfahrens liefern.

In der Richtungsfahrbahn Passau wurde eine Segmentbreite von 2,8 mm verwendet. Für die Richtungsfahrbahn München wurde die Schleifwelle mit 3,2 mm breiten Diamantscheiben bestückt. In beiden Fällen wurde ein Scheibenabstand von 2,2 mm gefahren, wobei die mittlere Abtragtiefe bei ca. 4 mm lag.

Beide Grinding-Erprobungsstrecken wurden vor der Verkehrsfreigabe im August 2011 mit dem CPX-Messanhänger (Nahfeldmessmethode – Close Proximity Method – CPX) [11] gemessen. Die Messergebnisse liegen derzeit noch nicht vor.

Fazit und Ausblick

Die Lärmessungen mit dem CPX-Messanhänger in Geseke haben gezeigt, dass mit der Standard-Grinding-Textur mit einem Segmentabstand von 2 mm und einer Segmentbreite von 3,2 mm bei einer Schleiftiefe von ca. 3 mm eine sehr lärmarme Betondecke [$CPX_{Pkw} 80 \text{ km/h}$ 94,9 dB(A)] mit sehr guter Griffigkeit [$\mu_{SKM} 60 \text{ km/h}$ 0,84] und Ebenheit bei gleichzeitig guter Fahrdynamik und hohem Fahrkomfort hergestellt werden kann. Mit der 2 mm-Grinding-Textur konnte gegenüber dem mittleren Lärmpegel verschiedener Waschbetonoberflächen eine Lärminderung von über -2 dB(A) gemessen werden.

In weiteren Optimierungsprozessen kann durch die Modifizierung der Rillen und Stege in Bezug auf die Abmessungen und Geometrie ein Lärminderungspotenzial in der Größenordnung von -5 dB(A) erreicht werden.

Hierzu bedarf es derzeit noch weiterer Forschung und Entwicklung im Bereich der Verfahrens- und Maschinenteknik wie beispielsweise in der Mess- und Steuerungstechnik sowie im Werkzeugbau und in der Betontechnologie.

Mit Hilfe von bereits heute verfügbaren Modell- und Simulationsrechnungen kann die akustisch und fahrdynamisch optimale Grinding-Textur am Rechner modelliert und bewertet werden. Die Ergebnisse können sofort bei den weiteren Entwicklungsschritten

einfließen, so dass kurzfristig eine optimale Grinding-Textur realisierbar ist, die auch auf unterschiedliche Verkehrszusammensetzungen angepasst werden kann.

Ökonomische und ökologische Vorteile

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit bietet ein Straßenbeton mit Grinding-Textur in der einfacheren ein- oder zweilagigen Bauweise gegenüber der zweischichtigen Waschbetonbauweise ökonomische und ökologische Vorteile. Weitere Kosten lassen sich bei der Betonherstellung senken, wenn Gesteinskörnungen verwendet werden, deren Eigenschaften unter den Anforderungen der TL Beton-StB für Waschbeton liegen, jedoch eine dauerhafte Textur gewährleisten. In diesem Fall ist gegebenenfalls sogar die Verwendung von Rundkorn mit $D_{max} 32 \text{ mm}$ möglich.

Für das Grinding-Verfahren können gegenüber dem Waschbeton-Verfahren folgende Vorteile genannt werden:

- sehr hohe Lärminderung über die gesamte Nutzungsdauer,
- sehr gute Längs- und Querebenheit, da alle Unebenheiten aus dem Deckenfertigungsprozess zielsicher und exakt abgeschliffen werden,
- gute Fahrdynamik mit hohem Fahrkomfort,
- gute Drainagewirkung sowie
- einfache, kostengünstige und witterungsunabhängige Herstellung.

Mit der zielsicheren Herstellung dauerhafter Grinding-Texturen können künftig Fahrbahnoberflächen hergestellt werden, die über die gesamte Nutzungsdauer im Hinblick auf die Lärminderung mit beispielsweise texturoptimierten dichten Asphaltbelägen und herkömmlichen einschichtigen offenporigen Asphalten vergleichbar sind.

Info

siegfried.riffel@heidelbergcement.com

Literatur

- 1) 16. BImSchV 1990/2006: Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV, 12. Juni 1990, Stand: Oktober 2006.
- 2) RLS-90: Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 1990, berichtigte Fassung 1992.
- 3) M OB: Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Verkehrsflächen aus Beton, Ausgabe 2009.
- 4) M BEB: Merkblatt für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen aus Beton, Ausgabe 2009.
- 5) ZTV Beton-StB 07: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007.
- 6) TL Beton-StB 07: Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

und Fahrbahndecken aus Beton.

7) TP Eben: Technische Prüfvorschriften für Ebenheitsmessungen auf Fahrbahnoberflächen in Längs- und Querrichtung, Teil: Berührende Messungen, Ausgabe 2007.

8) TP Griff-StB (SKM): Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau, Teil: Seitenkraftmessverfahren (SKM), Ausgabe 2007.

9) DIN EN 13036-1: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 1: Messung der Makrotexturtiefe der Fahrbahnoberfläche mit Hilfe eines volumetrischen Verfahrens, Ausgabe 08/2001.

10) DIN EN ISO 13473-1: Charakterisierung der Textur von Fahrbahnbelägen unter Verwendung von Oberflächenprofilen – Teil 1: Bestimmung der mittleren Profiltiefe, Ausgabe 07/2004.

11) ISO 11819-2/3rd Draft: Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method (CPX).

WWW.HEIDELBERGCEMENT.DE

HEIDELBERGCEMENT

HeidelbergCement AG

Projektmanagement Infrastruktur

E-Mail siegfried.riffel@heidelbergcement.com

www.heidelbergcement.de



Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass das Erreichen der vorgenannten Eigenschaften eine geeignete Zusammensetzung, Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons sowie eine sachgerechte, nach dem Stand der Technik durchzuführende Vorbereitung auf der Baustelle voraussetzt.

Weitere Informationen und Hinweise zu unseren Produkten und Dienstleistungen können Sie auf Wunsch gerne bei uns anfordern.