
Horizontales Schleifen von Betondecken

Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für
Straßenwesen

Horizontales Schleifen von Betondecken

von

Jürgen Schmidt, Julius Schmidt, Johannes Schmidt, Michael Müller
IWS Messtechnik GmbH, Celle

Impressum

Fachveröffentlichung zu Forschungsprojekt: 08.0261
Horizontales Schleifen von Betondecken

Fachbetreuung:
Barbara Jungen

Referat:
Betonbauweisen

Herausgeber:
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

<https://doi.org/10.60850/fv-s-08.0261>

Bergisch Gladbach, Juli 2024

Zu diesem Forschungsprojekt werden nur die Kurzfassung und der Kurzbericht veröffentlicht. Die Langfassung des Schlussberichts kann auf Anfrage an verlag@bast.de zur Verfügung gestellt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben. Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Kurzfassung

Horizontales Schleifen von Betondecken

Ziel des Forschungsprojektes ist, die derzeitige Regelausführung von Betonfahrbahndecken als Waschbeton weiter hinsichtlich der Oberflächeneigenschaften zu verbessern.

Neben der Griffigkeit ist hier besonders die Verbesserung der Lärminderung auch bei stark ausgeprägter Makrotextur zu nennen. Erreicht wird dies durch horizontales Schleifen der oberen Kornkappen, was zu einer Angleichung der Kontaktflächen zum Reifen und einer akustisch günstigen Reduktion der Gummideformation am Reifen führt.

Bezüglich der Griffigkeit wird erwartet, dass durch die so erhöhte Kontaktfläche zum Reifen die Polierintensität je Flächenelement der Kontaktfläche reduziert wird. Daraus sollte in der Folge eine dauerhaft höhere Griffigkeit resultieren.

Im Rahmen von Laborversuchen wird untersucht, welche Oberflächeneigenschaften sich auf Basis dreier ausgewählter Waschbetonrezepturen erreichen lassen. Hierbei werden zwei Rezepturen mit Ausfallkörnung mit einer Rezeptur mit stetiger Sieblinie verglichen. Geprüft wird, welche Schleiftiefen in Abhängigkeit von der Ausbürsttiefe technisch sinnvoll umsetzbar sind und welche Textur- und Griffigkeitseigenschaften sich dabei einstellen. Hierzu werden die Griffigkeits- und Texturwerte vor und nach Polierbeanspruchung sowohl der ungeschliffenen Waschbetonoberfläche wie auch der geschliffenen optimierten Textur miteinander verglichen.

Die Erprobung unterschiedlicher Diamantwerkzeuge gibt Auskunft darüber, inwieweit die Zusammensetzung der Diamantsegmente der Schleifwerkzeuge Einfluss auf die Griffigkeit nimmt.

Anschließend wird die so optimierte Schleiftechnik auf drei Waschbetonabschnitten mit besonders hoher Textur erprobt und die Veränderung der akustischen Eigenschaften und der Griffigkeit untersucht.

Deskriptoren:

Betonfahrbahn, Waschbeton, Grinding, Horizontales Schleifen, Griffigkeitsverbesserung, Oberflächentextur, Lärminderung

Abstract

Horizontal Grinding of Concrete Pavements

The aim of the research project is to improve the current standard design of concrete pavements as wash concrete with regard to the surface properties further. In addition to the grip, the improvement in noise reduction should also be mentioned here, even with a pronounced macro texture. This is achieved by grinding the upper grain caps horizontally, which leads to an adjustment of the contact areas to the tire and an acoustically favourable reduction of the rubber deformation on the tire.

With regard to the grip, it is expected that the increased contact surface with the tire reduces the susceptibility to polishing of the surface, should be expressed in a permanently higher grip.

In the course of laboratory tests, it is investigated which surface properties can be achieved on the basis of three selected concrete mix formulations. Here two recipes with a grain size are compared with a recipe with a continuous sieve line. It is checked which grinding depths are technically feasible depending on the brushing depth and which texture and grip properties are achieved. For this purpose, the grip and texture values before and after polishing are compared to both the unsanded exposed concrete surface and the sanded, optimized texture.

Different diamond tools provide information on the extent to which the composition of the diamond elements of the grinding tools influences the grip.

Then, the grinding technique optimized in this way is tested on three washed concrete sections with a particularly high texture and the change in acoustic properties and grip is examined.

Keywords:

Concrete pavement, exposed aggregate concrete, grinding, horizontal grinding, skid resistance improvement, surface texture, noise reduction

Kurzbericht

1. Aufgabenstellung

Waschbeton-Fahrbahndecken entstehen durch Ausbürsten des Oberflächenmörtels einer neu hergestellten Betonfahrbahndecke. Dabei werden die tiefer liegenden groben Gesteinskörnungen teilweise freigelegt. Anders als bei Asphaltdecken erscheint die freigelegte Gesteinskörnung weitgehend unorientiert, weil die Umlagerung der Gesteinskörnung infolge des Walzvorganges fehlt. Dies hat zur Folge, dass ein auf dieser Oberfläche abrollender Reifen außer auf gebrochenen Gesteinsflächen auch auf Gesteinskanten oder Ecken trifft, wodurch tendenziell höhere Kontaktdrücke entstehen und eine stärkere lokale Deformation der Reifenoberfläche ausgelöst wird. Gleichzeitig differiert die Höhenlage der einzelnen freigelegten Gesteinskörner. Insbesondere bei stark ausgebürsteten Oberflächen werden einige der freigelegten Körner durch den Reifen nicht erreicht, sodass die Anzahl der Kontaktpunkte sinkt und der Kontaktdruck an den verbliebenen Punkten entsprechend steigt. Daher sind Waschbeton-Oberflächen mit hoher Texturtiefe nicht nur akustisch ungünstiger. Sie stehen auch in Verdacht, im Kontaktbereich mit dem Reifen intensiver poliert zu werden und in ihren Griffigkeitseigenschaften deshalb weniger beständig zu sein.

Im Rahmen dieser Untersuchung soll deshalb geprüft werden, ob durch nachträgliches horizontales Schleifen von Waschbeton-Oberflächen die Oberflächenqualität deutlich verbessert werden kann. Der Schleifvorgang soll dazu führen, dass die tatsächlich mit dem Reifen in Kontakt stehenden Flächenanteile im Maßstab der Makrotextur deutlich ebener sind und ein insgesamt größerer Anteil der Oberfläche in den Kontakt zum Reifen gelangt. Es soll untersucht werden, ob hierdurch sowohl die akustischen Eigenschaften als auch die Griffigkeit günstig beeinflusst werden.

Bezüglich der Griffigkeit ist mit dem Schleifen der Oberfläche ein Verlust an Makrotexturtiefe verbunden. Die Drainagefähigkeit der Oberfläche wird also etwas vermindert und entsprechend steigt das Risiko eines ganz oder teilweisen Aufschwimmens des Reifens bei Nässe. Gleichzeitig wird durch Abschleifen der Oberfläche diese deutlich weniger kantenscharf. Es wird deshalb zu untersuchen sein, wie durch Wahl einer bestimmten Diamantkörnung in den Schleifwerkzeugen die Rauheit der

entstehenden Oberfläche so verbessert werden kann, dass insgesamt die Griffigkeit auch bei Nässe trotzdem ansteigt.

Nachdem das horizontale Schleifen von offenporigen Asphalten positive Effekte auf die akustischen Eigenschaften zeigte [1], ist zu untersuchen, ob auch offener Beton (OPB) vom Schleifen profitieren kann. Hier steht die Griffigkeitsentwicklung der Oberfläche im Fokus, da der polymermodifizierte Zementleim extrem polieranfällig ist, aber gleichzeitig sehr dauerhaft der Gesteinskörnung anhaftet. Vor dem Hintergrund, dass durch das Schleifen auch das Gestein freigelegt und der Zementleim entfernt wird, besteht hier die Hoffnung, durch den Schleifvorgang die Dauerhaftigkeit der Griffigkeit entscheidend zu verbessern.

2. Untersuchungsmethodik

Anhand von Laborprobepplatten wird untersucht, welcher Einfluss von der Betonrezeptur und von der Abtragtiefe auf die Entwicklung der Griffigkeit ausgeht.

Dazu wurden Betonrezepturen mit zwei unterschiedlichen Gesteinen (Mammendorf und Löbejün) und Ausfallkörnung 5/8 erzeugt sowie für das Löbejüner Gestein auch eine Betonrezeptur mit stetiger Sieblinie (2/8 mm). Von allen drei Betonrezepturen wurden Laborplatten in den Abmessungen 30x30x4 cm mit drei unterschiedlichen Ausbürstiefen hergestellt. Zieltexturtiefen waren 1,3, 1,0 und 0,7 mm. Je Solltexturtiefe wurden jeweils drei Platten erzeugt, um sie anschließend mit unterschiedlichen Abtragtiefen bearbeiten zu können.

Zu diesen 27 Laborplatten zur Erprobung unterschiedlicher Abtragtiefen kamen weitere Platten mit einer Texturtiefe von 0,9 mm, die für die Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Diamantkörnungen auf die Griffigkeit vorgesehen waren.

Ferner wurden drei Laborplatten als OPB hergestellt, um daran den Einfluss des Schleifens auf die Dauerhaftigkeit der Griffigkeit untersuchen zu können.

Die Laborplatten wurden jeweils zur Hälfte geschliffen. Dabei wurden Abtragtiefen von 0,2, 0,4 und 0,6 mm angestrebt.

Für den Schleifabtrag stand eine kleine CNC-Maschine zur Verfügung, mit der eine sehr genaue

Zustellung des Schleiftellers möglich war. Verwendet wurde ein handelsüblicher Schleifteller mit einer Diamantkörnung, wie sie auch bei der Bestückung von Industrieschleifmaschinen zum horizontalen Schleifen zum Einsatz kam.

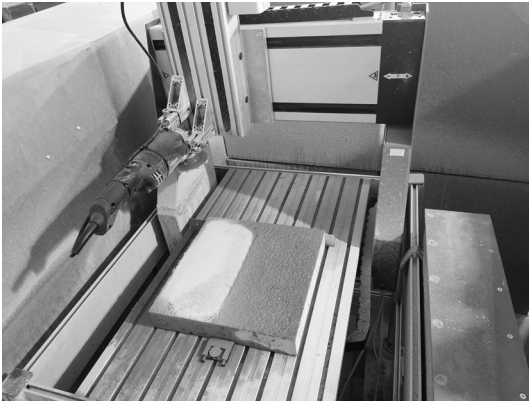


Bild 1: Laborschleifmaschine auf CNC-Basis

Allerdings unterscheidet sich das Schleifbild einer solchen Industriemaschine erheblich vom Schleifbild, wie es sich unter Laborbedingungen realisieren lässt. Dies liegt daran, dass der sich drehende Teller mit einem Durchmesser von 0,8-1m (Bild 2) seinerseits Teller wesentlich kleineren Durchmessers trägt, die sich ebenfalls drehen. Durch die Überlagerung der Drehbewegungen entsteht ein sehr homogenes, ungerichtetes Schleifbild.

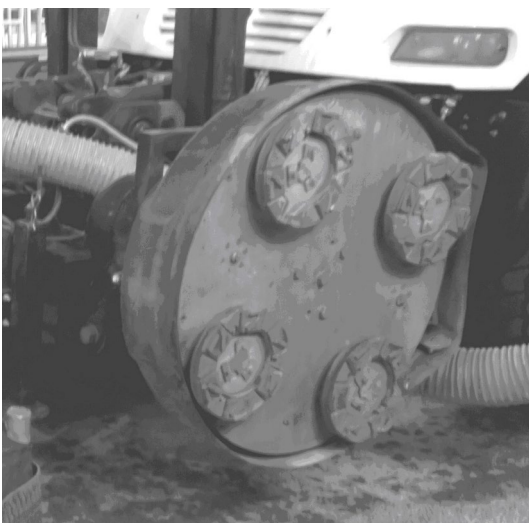


Bild 2: Einer von fünf sich drehenden Schleiftellern der Straßenschleifmaschine der *van Gompel BV* mit vier integrierten Werkzeugtellern, die sich ihrerseits ebenfalls drehen

Um dies wenigstens ansatzweise beim Laborabtrag nachbilden zu können, wurde der Schleifkopf ebenfalls auf einer Kreisbahn geführt (Bild 3).

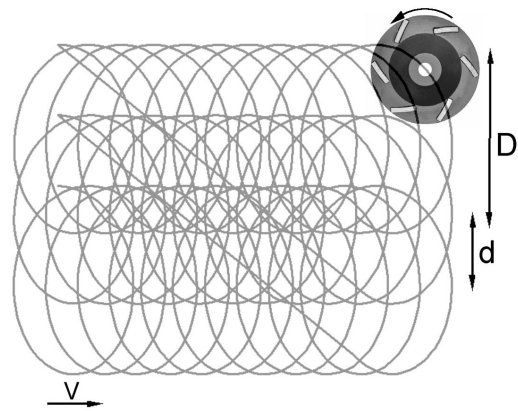


Bild 3: Prinzipskizze eines kompletten Schleifzyklus mit dem Schleifteller

Nach dem halbseitigen Schleifen der Laborplatten wurden diese mittels SRT-Pendel (Bild 4, Bild 5) und ELAtextur-Messgerät erneut überprüft.



Bild 4: Prüftisch zur SRT-Messung der Platten mit Verschiebevorrichtung für die Betonplatten

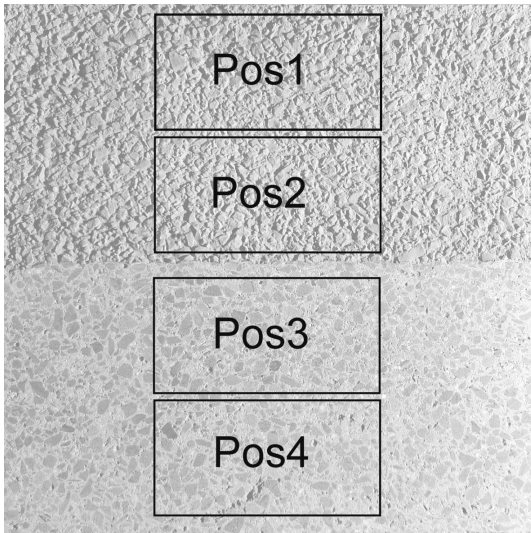


Bild 5: Anordnung der vier gependelten Bereiche auf der Platte (hier am Beispiel einer geschliffenen Platte)

Nach der Bestimmung der Oberflächenparameter an den geschliffenen Probeplatten wurden diese einer gleichmäßigen Polierbeanspruchung in vier Bahnen unterzogen. Anschließend erfolgte erneut die Bestimmung der Oberflächenparameter.

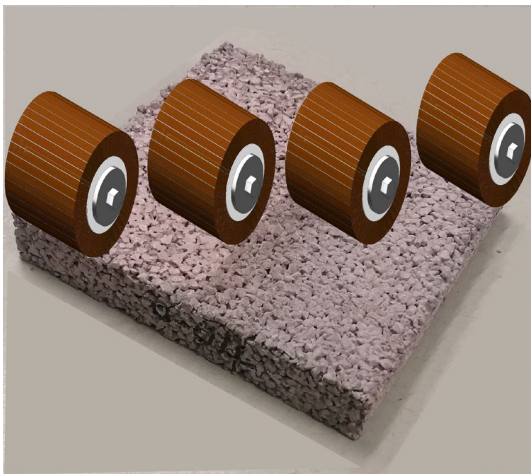


Bild 6: Die vier Polierbahnen (angedeutet durch vier Polierwalzen), hier am Beispiel einer zur Hälfte geschliffenen OPB-Platte

Aus dem Kollektiv der für Diamantwerkzeug-Tests vorgesehenen Platten wurde eine möglichst ebene Platte ausgewählt und mit Diamanten in einer weiten Spanne von Körnungen bearbeitet.

Die Erkenntnisse bezüglich der Diamantwerkzeug-Eigenschaften flossen in die Produktion der Werkzeuge für den Feldversuch mit ein.

Für den Feldversuch wurden drei hintereinander liegende Waschbeton-Oberflächen auf einem Autobahnabschnitt mit unterschiedlichen mittleren Texturtiefen ausgewählt. Die Bearbeitung erfolgte jeweils mit unterschiedlichen Abtragtiefen. Als Referenz wurde neben dem Hauptfahrstreifen auch der Seitenstreifen horizontal geschliffen.

Begleitend zum eigentlichen Schleifen wurden vorher, während und nach dem Schleifenvorgang Texturmessungen zur Bestimmung der Makrotextur durchgeführt. Griffigkeitsmessungen mit dem SKM sowie Messungen der akustischen Eigenschaften mit dem CPX-Messanhänger vor und nach dem Schleifen ergänzten diese Texturmessungen.

Nach drei bzw. 6 Monaten unter Verkehr erfolgte die erneute Überprüfung der Griffigkeit, Textur und akustische Eigenschaften (mit dem CPX-Messverfahren).

3. Untersuchungsergebnisse

Die hergestellten Probeplatten waren nach Augenschein eben und nachweislich bezüglich der Texturtiefe sehr homogen. Erste Schleifversuche zeigten jedoch, dass alle Platten eine kegel- oder pyramidenförmige Oberfläche aufwiesen. Dies führte dazu, dass im Bereich der Plattenmitte die Textur bereits vollständig weggeschliffen sein konnte, bevor an den Plattenrändern die Oberfläche durch den exakt parallel zur Grundfläche angeordneten Schleifteller erreicht wurde (Bild 7).

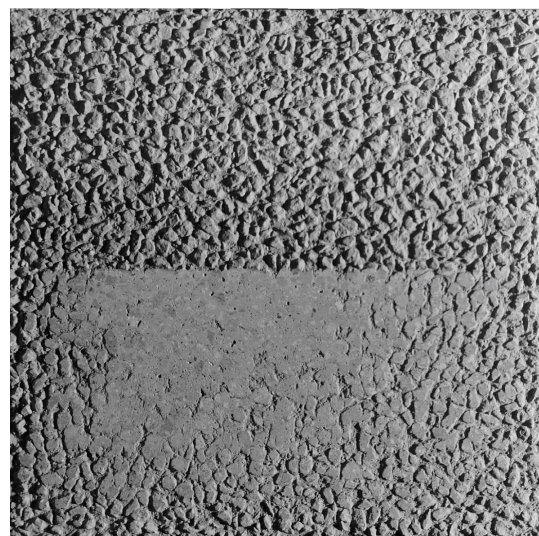


Bild 7 : Laborplatte mit geschliffener unterer Hälfte und vollständigem Texturabtrag im Bereich des Schüttkegels.

Erst durch Nachbildung des Schüttkegels beim Schleifvorgang mittels Approximation durch eine pyramidenförmige Oberfläche konnten annähernd homogene Schleifbilder erzeugt werden (Bild 8).



Bild 8: Laborplatte mit geschliffener unterer Hälfte und insgesamt gleichmäßigerer Texturausprägung

Allerdings traten auch hier bereits erste makrotexturarme Bereiche auf (Bild 9).

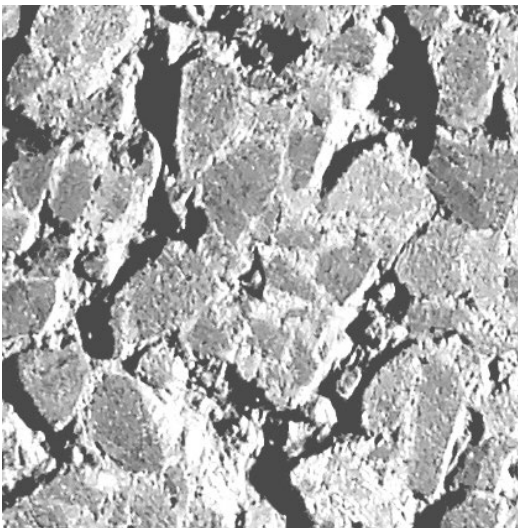


Bild 9: Beginnender Verbund zwischen der groben Gesteinskörnung durch hohen Schleifabtrag.

Die Notwendigkeit, beim Schleifabtrag den Schüttkegel berücksichtigen zu müssen, führte bei der anschließenden Polierbeanspruchung der Laborplatten zu ungleichmäßigen Polierresultaten, sodass die Ergebnisse der Polierbeanspruchung nur differenziert nach dem Vergleich geschliffen/ un-

geschliffen bzw. im Vergleich zwischen den verschiedenen Gesteinen angegeben werden können. Hier zeigt sich allerdings je nach Art des Gesteins ein durchaus differenziertes Bild. Gesteine, die ihre Griffigkeit vor allem aus Kornform („Kantenschärfe“) und Formbeständigkeit (Beispiel: Mammendorfer Gestein) beziehen, verlieren durch das Schleifen an Griffigkeit, weil für die Griffigkeit maßgebliche Wellenlängen durch das Schleifen in ihrer Amplitude reduziert werden. Gesteine, die ihre Griffigkeit aus der Rauheit der Fläche (Porosität, Beispiel Löbejüner Gestein) beziehen, profitieren vom Schleifen dagegen deutlich in Bezug auf die Griffigkeit. Hier macht sich die größere Zahl von Kontaktpunkten zum Reifen sehr positiv bemerkbar. Dies gilt insbesondere nach dem Polierangriff.

Die Ergebnisse an den OPB-Probeplatten weisen eine deutlich stabilere Griffigkeit im geschliffenen Bereich im Vergleich zum ungeschliffenen Bereich auf (Differenz ca. 4 SRT-Einheiten). Dies gilt unabhängig vom Grad der Polierbeanspruchung.

Die zum Polieren verwendeten Polierwalzen polieren sehr effizient. Rauheiten aufgrund unterschiedlicher Diamantkörnungen unterscheiden sich deshalb nach dem Polierangriff praktisch nicht. An unpolierten Oberflächen jedoch ist ein klarer Zusammenhang zwischen Diamantgröße (angegeben in Mesh = Fäden im Sieb je Inch, ein reziproker Wert zur Diamantgröße) und SRT-Wert erkennbar (Bild 10).

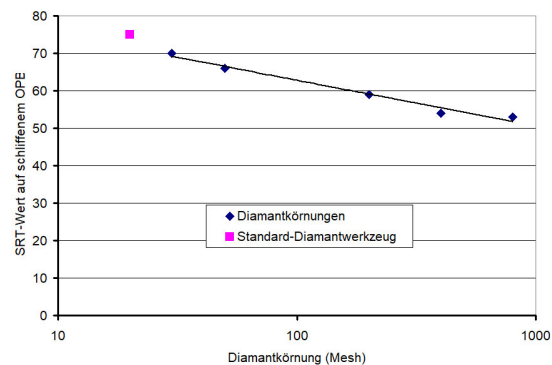


Bild 10: Zusammenhang zwischen Diamantgröße und SRT-Wert nach Schleifen

Soweit die Dauerhaftigkeit der Diamantwerkzeuge im Einsatz dies zulässt, sollten deshalb möglichst grobe Diamantkörnungen angestrebt werden.

Auf der Erprobungsstrecke konnte durch horizontales Schleifen die Texturtiefe signifikant abgesenkt werden (Bild 11). Die Texturtiefe ETD liegt

damit in allen drei Abschnitten nach dem Schleifen in der Spanne von 1,1 – 0,6 mm (bzw. MPD zwischen 1,2 – 0,5 mm), wie sie für Waschbeton typisch ist (Bild 12). Die Griffigkeit scheint sich trotz hoher Ausgangswerte nochmals verbessert zu haben und sich auf diesem erhöhten Niveau zu stabilisieren, soweit ein Monitoring nach 3 bzw. 6 Monaten eine solche Aussage bereits zulässt. Hier können aber erst weitere SKM-Messungen Klarheit bringen (Bild 13).

Eine Verbesserung der akustischen Eigenschaften konnte anhand der bisherigen Messdaten nicht verbindlich festgestellt werden. Dazu ist der Einfluss der Messspurlage im Querprofil bei dieser Waschbetonoberfläche zu groß. Analog zu den Versuchen im Labor zeigt sich, dass eine unzureichende Ebenheit im Querprofil (Ursache hier: Rüttelgassen) in Abhängigkeit von der Spurlage zu sehr unterschiedlichen Texturtiefen nach dem Schleifen führen. So konnte die Oberfläche im Bereich der Rüttelgassen aufgrund ihrer etwas tieferen Lage beispielsweise überhaupt nicht bearbeitet werden.

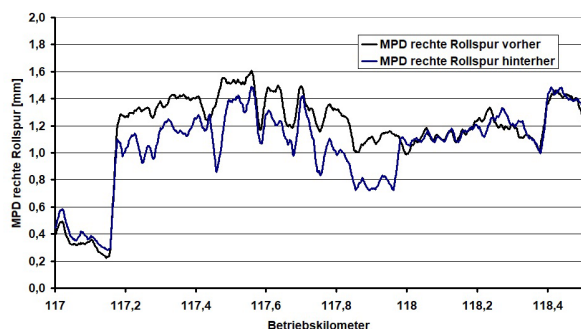


Bild 11: Textur-Messergebnisse auf dem Hauptfahrstreifen (SKM-Messfahrzeug, rechte Rollspur) vor und nach der Schleifmaßnahme von km 117,18-117,98.

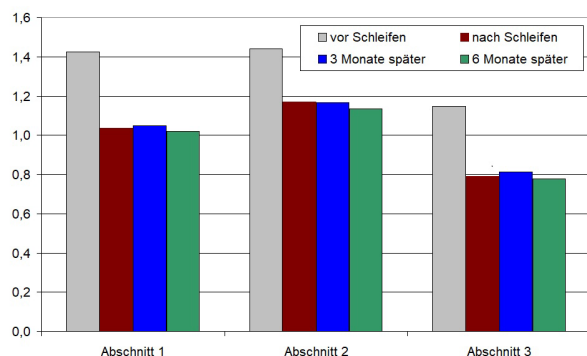


Bild 12: Mittlere MPD-Messergebnisse der drei Abschnitte auf dem Hauptfahrstreifen zwischen den Rollspuren zu unterschiedlichen Zeitpunkten

ten bis zu 6 Monate nach der Herstellung der Oberfläche.

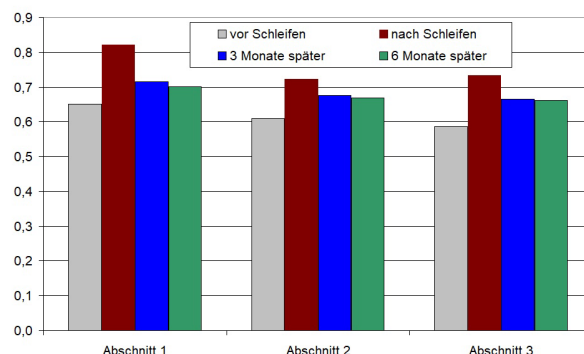


Bild 13: Mittlere SKM-Messergebnisse der einzelnen Abschnitte auf dem Hauptfahrstreifen in der rechten Rollspur zu unterschiedlichen Zeitpunkten bis zu 6 Monate nach der Herstellung der Oberfläche.

4. Folgerungen für die Praxis

Das horizontale Schleifen stellt hohe Anforderungen an die Ebenheit im Maßstabsbereich des Schleiftellerdurchmessers (0,8m-1m). Die Erfordernisse an die Ebenheit in diesem Maßstabsbereich können mit den gängigen Ebenheitsmessverfahren derzeit nicht überprüft werden. Basierend auf dem bewerteten Längsprofil ist aber vorstellbar, das zukünftig eine derartige Beurteilung möglich ist, zumindest in Bezug auf das Längsprofil.

Unterschiedliche Gesteine scheinen je nach ihrem individuellen Wirkmechanismus der Griffigkeit (Kantenschärfe oder Bruchflächenrauheit) sehr unterschiedlich auf Schleifmaßnahmen zu reagieren. Es ist deshalb auch mit Blick auf andere Grindingtexturen sehr wichtig, zwischen verschiedenen griffigkeitsfördernden Gesteinseigenschaften zu differenzieren und diese näher zu untersuchen.

Insgesamt zeigt diese erste Erprobung, dass horizontales Schleifen auf Betonoberflächen bei ausreichender messtechnischer Begleitung geeignet ist, um die Oberflächeneigenschaften, möglicherweise sogar dauerhaft, zu verbessern.

Literatur

[1] Sandberg, U. et al. Reduction of Noise and Rolling Resistance by Horizontal Grinding of Asphalt Pavements, Internoise, San Francisco 2015

Summary

1. Conceptual formulation

Free exposed aggregate concrete road surfaces are created by brushing out the surface mortar of a newly manufactured concrete road. In the process, the underlying coarse aggregates are partially exposed. In contrast to asphalt pavements, the exposed aggregate appears largely unoriented because the aggregate has not been rearranged as a result of as a result of compaction with a road roller.

As a result, a tire rolling on this surface not only hits broken mineral aggregate surfaces but also aggregate edges or corners, which tends to result in higher contact pressures and triggers greater local deformation of the tire surface. At the same time, the altitude of the individual exposed aggregate grains differs.

Particularly in the case of heavily brushed surfaces, some of the exposed grains are not reached by the tire. So, the number of contact points decreases and the contact pressure at the remaining points increases accordingly.

Therefore, exposed aggregate concrete surfaces with a high depth of texture are not only acoustically unfavorable. They are also suspected of being polished more intensively in the contact area with the tire and are therefore less stable in terms of their grip properties.

It should therefore be investigated whether the surface quality can be significantly improved by subsequent horizontal grinding of exposed aggregate concrete surfaces. The grinding process is intended to ensure that the surface areas that are actually in contact with the tire are significantly smoother on the scale of the macrotexture and that an overall larger proportion of the surface comes into contact with the tire. It is to be investigated whether this has a positive effect on both the acoustic properties and the grip.

In terms of grip, there is a loss of macrotexture depth associated with grinding the surface. The drainage ability of the surface is therefore somewhat reduced and the risk of the tire showing partially or fully aqua planning effects when wet increases accordingly. At the same time, by grinding the surface, this becomes significantly less sharp-edged. It will therefore have to be investigated how

the roughness of the resulting surface can be improved by selecting a specific diamond grit in the grinding tools in such a way that overall grip is increased even when wet

After the horizontal grinding of porous asphalt showed positive effects on the acoustic properties [1], it is to be investigated whether porous concrete (OPB) can also benefit from grinding. The focus here is on the development of grip on the surface, since the polymer-modified cement paste is extremely susceptible to polishing, but also adheres very permanently to the aggregate. Since the mineral aggregate is also exposed through the grinding and the cement paste is removed, there is hope that the grinding process will decisively improve the durability of the grip.

2. Methodology

Laboratory test slabs are used to investigate the influence of the concrete recipe and the depth of grinding on the development of skid resistance.

For this purpose, concrete formulations were created with two different mineral aggregates (Mammendorf and Löbejün) and a 5/8 grain size as well as with a continuous grading curve (2/8 mm) for the Löbejün aggregate. Laboratory slabs measuring 30x30x4 cm with three different brushing depths were produced from all three concrete formulations. Target texture depths were 1.3, 1.0, and 0.7 mm. Three slabs were created for each target texture depth so that they could then be machined with different grinding depths.

In addition to these 27 laboratory plates for testing different removal depths, there were further plates with a texture depth of 0.9 mm, which were intended for investigating the influence of different diamond grit sizes on grip.

Furthermore, three laboratory panels were produced as OPB in order to be able to examine the influence of grinding on the durability of the grip.

Half of each of the laboratory plates was sanded. Removal depths of 0.2, 0.4 and 0.6 mm were aimed for.

A small CNC machine was available for the grinding removal, with which a very precise positioning of the grinding disc was possible. A commercially available grinding disc with a diamond grit was used, with diamonds as was also used in the case

when equipping industrial grinding machines for horizontal grinding.

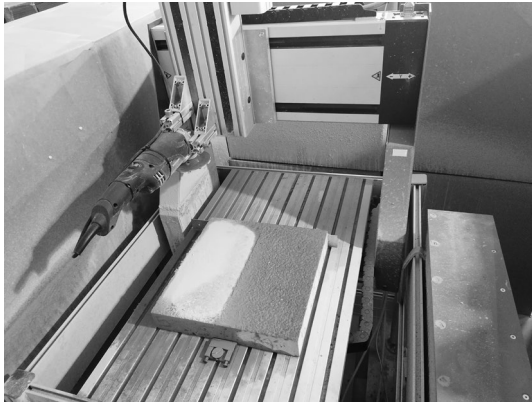


Fig. 1: CNC-based laboratory grinding machine

However, the grinding pattern of such an industrial machine differs significantly from the grinding pattern that can be realized under laboratory conditions. This is due to the fact that the rotating disk with a diameter of 0.8-1 m (Fig. 2) carries disks with a much smaller diameter, which also rotate. The superimposition of the rotary movements creates a very homogeneous, non-directional grinding pattern.

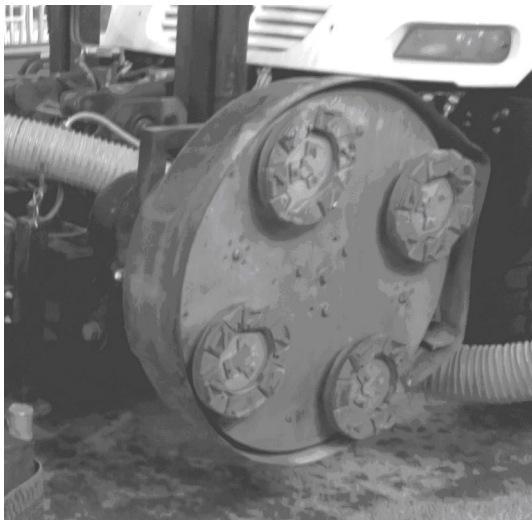


Fig. 2: One of five rotating grinding discs on the road grinding machine of van Gompel BV with four integrated tool discs, which also rotate

To be able to reproduce this at least to some extent during laboratory grinding, the grinding head was also guided on a circular path (Fig. 3).

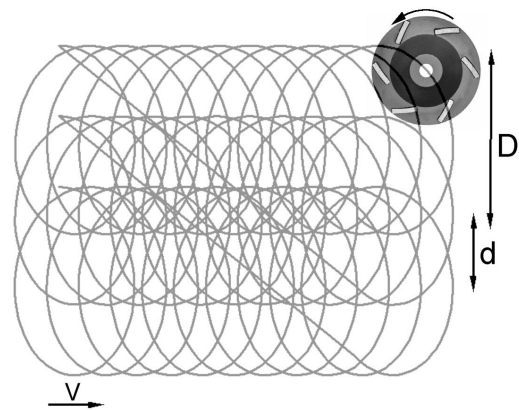


Fig. 3: Schematic diagram of a complete grinding cycle with the grinding pad

After half-side grinding of the laboratory specimen, they were checked again using the SRT pendulum (Fig. 4, Fig. 5) and ELAtextur.



Fig. 4: Test table for SRT measurement of the slabs with shifting device for the concrete slabs

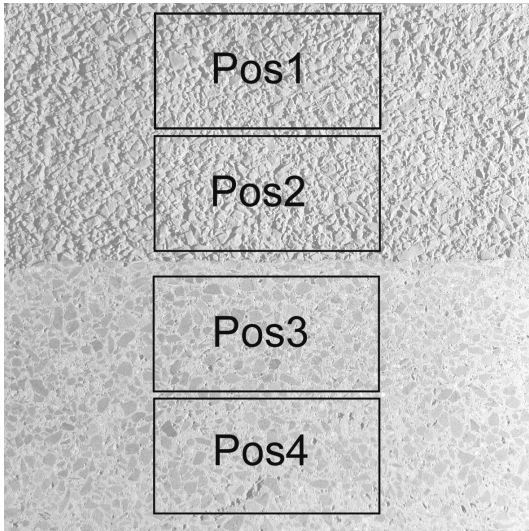


Fig. 5: Arrangement of the four pendulum areas on the plate (here using a grinded plate as an example)

After determining the surface parameters on the ground test slabs, they were subjected to uniform polishing stress in four lanes, with the outer lanes being polished with significantly increased polishing intensity. The surface parameters were then determined again.

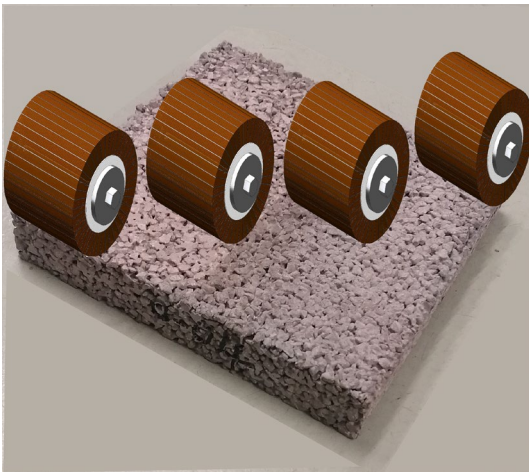


Fig. 6: The four polishing paths (indicated by four polishing rollers), here using the example of a half-polished OPB slab

From the pool of slabs intended for diamond tool tests, a slab that was as flat as possible was selected and processed with diamonds in a wide range of grain sizes.

The findings regarding the grip properties of the surface treated with the different diamond tools

were used for the production of the tools for the field test.

In the field test, three consecutive exposed aggregate concrete surfaces with different average texture depths were selected, each of which was processed with different grinding depths. In addition to the main lane, the hard shoulder was grinded horizontally as a reference.

In addition to the actual grinding, texture measurements were carried out before, during and after the grinding. Before and after grinding, these texture measurements were supplemented with both grip measurements with the SKM and acoustic measurements with the CPX measuring trailer.

After three and six months in traffic, grip, texture and acoustic properties (using the CPX measurement method) were checked again

3. Results

The test slabs produced were flat to the eye and very homogeneous in terms of texture depth. However, initial grinding tests show that all panels had a conical or pyramidal surface. As a result, the texture could already have been completely grinded away in the center area of the panel before the surface was reached at the panel edges by the grinding disc, which was arranged exactly parallel to the base surface (Fig. 7).

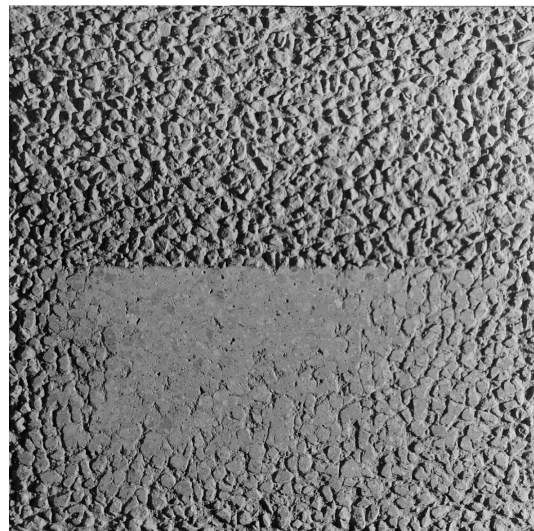


Fig. 7: Laboratory panel with the lower half grinded and complete removal of texture in the area of the material cone.

Approximately homogeneous grinding patterns could only be produced by replicating the material cone during the sanding process by means of approximation through a pyramid-shaped surface (Fig. 8).



Fig. 8: Laboratory slab with the lower half grinded and an overall more even texture

However, the first areas with a low macrotexture already appeared here (Fig. 9).

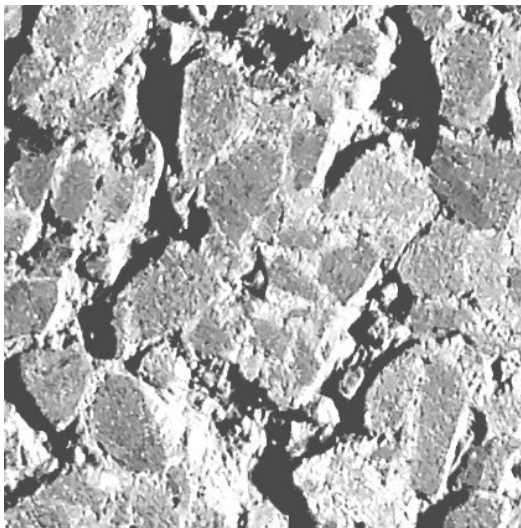


Fig. 9: Incipient bond between the coarse aggregate due to high grinding depth.

The need to take the cone of the slab into account during the grinding removal, carried out in the subsequent polishing stress on the laboratory plates to uneven polishing results, so that the results of the polishing stress can only be given concerning the

comparison ground/unpolished or in the comparison between the different mineral aggregates.

Depending on the type of mineral aggregate, however, a probable result emerges here. Aggregates that derive their grip primarily from their grain shape ("edge sharpness") and hardness (example: Mammendorf aggregate) lose grip through grinding, because the amplitude of wavelengths that are decisive for grip is reduced by grinding. On the other hand, aggregates that get their grip from the roughness of the surface (due to i.e. porosity, example Löbejün aggregate) clearly benefit from grinding in terms of grip. The larger number of contact points to the tire has a very positive effect here. This applies in particular after the polishing attack.

The results on the OPB test slabs show a significantly more stable grip in the grinded area compared to the ungrinded area (difference approx. 4 SRT units). This happens regardless of the degree of polishing stress.

The polishing rollers used polish very efficiently. Roughness on the surface due to different diamond grit sizes is therefore practically no longer existing after polishing. On unpolished surfaces, however, there is a clear connection between the diamond size (given in mesh = threads in the sieve per inch, inversely proportional to the diamond size) and the SRT value (Fig. 10).

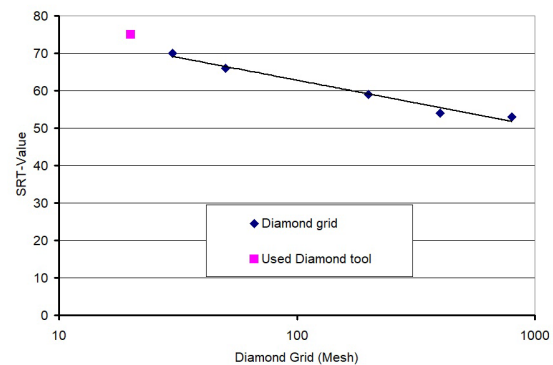


Fig. 10: Correlation between diamond size and SRT value after grinding

As long as the durability of the diamond tools in use allows it, the coarsest possible diamond grains should be aimed for.

On the test track, the texture depth could be successfully reduced by horizontal grinding (Fig. 11). The texture depth ETD is thus in all three sections after grinding in the range of 1.1 - 0.6 mm (or MPD between 1.2 - 0.5 mm), as is typical for exposed

aggregate concrete (Fig. 12). The grip seems to have improved despite higher initial values and to stabilize at this increased level, as far as monitoring after 3 or 6 months already allows such a statement. Therefore, further SKM measurements are recommended (Fig. 13).

An improvement in the acoustic properties could not be determined based on the previous measurement data. The influence of the measurement track position in the cross section is too great for this concrete surface. Analogously to the values in the laboratory, it can be seen that insufficient flatness in the transverse profile (cause here: vibrating lanes) leads to very different texture depths after grinding, depending on the transversal position. For example, the surface in the area of the vibrating lanes could not be processed at all due to its own depth.

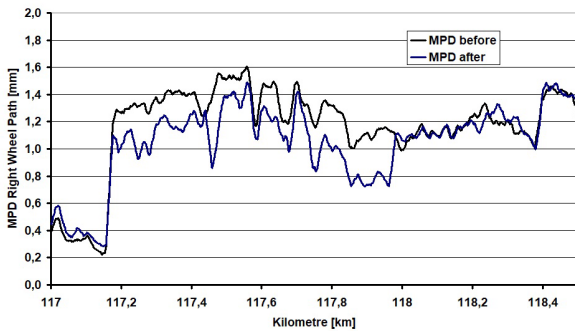


Fig. 11: Texture measurement results on the main lane (performed by the SKM measurement vehicle, right lane) before and after the grinding measure from km 117.18-117.98

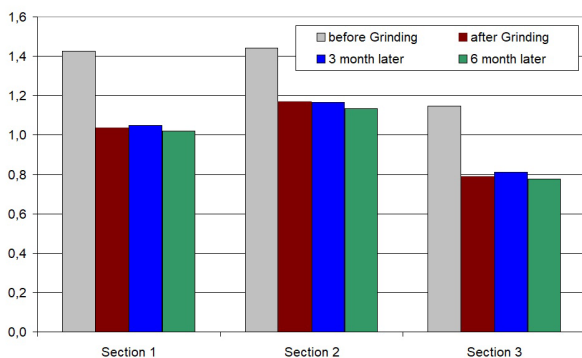


Fig. 12: Mean MPD measurement results of the three sections on the main lane at different times up to 6 months after the surface was grinded.

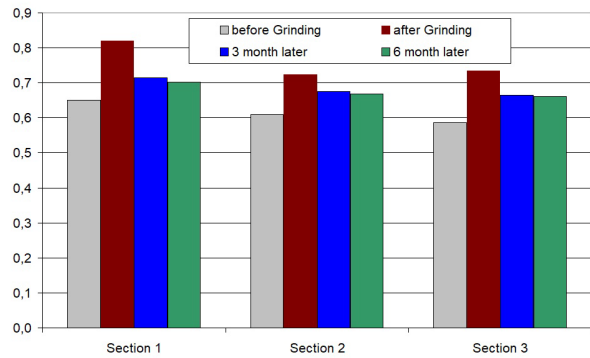


Fig. 13: Mean SKM measurement results of the individual sections on the main lane in the right wheel path at different times up to 6 months after the surface was grinded.

4. Conclusions for the practice

Horizontal grinding places high demands on evenness in the scale range of the grinding disc diameter (0.8m-1m). The requirements for evenness in this scale range cannot currently be checked with the common evenness measurement methods. Based on the weighted longitudinal profile, however, it is conceivable that such an assessment will be possible in the future, at least with regard to the longitudinal profile.

Different mineral aggregates seem to react very differently to grinding exposure depending on their individual mechanism of grip (edge sharpness or surface roughness). With a view to other grinding textures, it is therefore very important to differentiate between different grip-promoting aggregate properties and to examine them more closely.

Overall, this first test shows that horizontal grinding on concrete surfaces with sufficient support by measurements is suitable for improving the surface properties, possibly even permanently.

Literature

[1] Sandberg, U. et al. Reduction of Noise and Rolling Resistance by Horizontal Grinding of Asphalt Pavements, Internoise, San Francisco 2015