

Innovative Grinding- und Grooving- Oberflächen

INGGO

Ein Projekt finanziert im Rahmen der
DE-AT Kooperation
Verkehrsinfrastrukturforschung 2016
DE-AT 2016

Februar 2019



Impressum

Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
Invalidenstraße 44
10115 Berlin
Deutschland



Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit)
Radetzkystraße 2
1030 Wien
Österreich



Für den Inhalt verantwortlich:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Gieffingasse 4
A - 1210 Wien



Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Thematische Programme
Sensengasse 1
1090 Wien
Österreich



Innovative Grinding- und Grooving- Oberflächen

INGGO

Ein Projekt finanziert im Rahmen der
DE-AT Kooperation
Verkehrsinfrastrukturforschung 2016
DE-AT 2016

AutorInnen:

DI Roland Spielhofer
DI Dr. Denitsa Osichenko
DI Reinhard Wehr
DI Dr. Martin Kriegisch
DI Stephan Villaret
DI Bernd Frohböse
DI Stefan Pichotka
DI Tim Alte-Teigeler
DI Dr. Jürgen Schmidt

Auftraggeber:

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Deutschland
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich

Auftragnehmer:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Villaret Ingenieurgesellschaft mbH
Otto Alte-Teigeler GmbH
ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

KURZFASSUNG

Am deutschen und österreichischen Autobahnen- und Schnellstraßennetz werden die hochbelasteten Fahrbahnabschnitte bevorzugt in Waschbeton ausgeführt, der vorteilhafte Eigenschaften hinsichtlich Lärmentwicklung besitzt. Ältere Bestandsstrecken sind auch in Besenstrich oder Jutetuch ausgeführt. Betondecken zeichnen sich bei ordnungsgemäßer Herstellung durch geringen Wartungsaufwand bei hoher Liegedauer aus. Trotzdem werden mit zunehmendem Alter Erhaltungsmaßnahmen insbesondere zur Wiederherstellung einer ausreichenden Griffigkeit notwendig. In vorangegangenen Forschungsprojekten in den USA und Deutschland wurden starke Reduktionen der Lärmemissionen durch die Anwendung von Texturgründig, dem Einbringen von feinen Längsrillen in den Oberbeton, erzielt. Ebenso wurden Griffigkeit, Ebenheit und Drainageverhalten verbessert.

Im Projekt „INGGO“ wurden – aufbauend auf mehrere Vorprojekte in Deutschland – die Erkenntnisse hinsichtlich Betonzusammensetzung, Packungsdichte und Sandeinfluss vertieft. Im Labor wurden Betonrezepturen hinsichtlich Packungsdichte und Kornzusammensetzung optimiert, mit unterschiedlichen Texturgeometrien hergestellt und Untersuchungen der Dauerhaftigkeit im Hinblick auf Witterungseinflüssen und Verkehrsbelastungen durchgeführt und mit Waschbeton verglichen. Eine Untersuchung des frühestmöglichen Grindzeitpunktes war ebenfalls Gegenstand der Laborarbeiten.

Auf drei Bestandsstrecken in Österreich wurden Grindingmaßnahmen umgesetzt, eine davon in einem Tunnel. Bei diesen Strecken lag der Fokus auf der Dauerhaftigkeit der erzielten Verbesserung von Griffigkeit und Rollgeräusch. Ein möglicher Einfluss des Winterdienstes wurde erhoben, im Betrieb konnten jedoch keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Die im Jahr 2015 hergestellten Grinding-Versuchsstrecken in Deutschland (BAB A5 bei Karlsruhe) wurden weiter beobachtet und die Dauerhaftigkeit der Maßnahmen bewertet.

Auf einer Waschbeton-Neubaustrecke in Österreich wurden zwei verschiedene Grinding-Geometrien hergestellt und über einen Zeitraum von einem Jahr hinsichtlich Griffigkeit, Rollgeräusch, Textur, Ebenheit und Rollwiderstand beobachtet. Auf allen Grinding-Strecken zeigte sich eine deutliche Verbesserung des Rollgeräusches und der Ebenheit. Die Entwicklung der Griffigkeit zeigte je nach Messverfahren unterschiedliche Ergebnisse. Aus 3D-Texturmessdaten wurde ein Modell zur Prognose von Rollgeräusch-Pegeln entwickelt.

Im Projekt konnten weitere Erkenntnisse zur Einführung von Grinding als Regelbauweise im Neubau gewonnen werden. Auf den Erkenntnissen aufbauender weiterer Forschungsbedarf wurde in den Bereichen Betonrezeptur (Verwendung von Brechsand), Drainageverhalten bzw. Wasserableitung sowie Monitoring der Dauerhaftigkeit der Textur identifiziert.

ABSTRACT

Sections with heavy traffic loads on the German and Austrian motorway network are preferably built as exposed aggregate concrete, which has beneficial noise properties. Older existing sections are also made of broom or jute cloth. Concrete pavements are characterised by low maintenance requirements and a long service life when properly manufactured. Nevertheless, maintenance measures become necessary with increasing age, in particular to restore sufficient skid resistance. In previous research projects in the USA and Germany, strong reductions in noise emissions have been achieved through the use of grinding, i.e. the insertion of fine longitudinal grooves into the top layer of concrete. A positive effect on skid resistance, evenness, drainage and rolling resistance has been reported as well.

In the "INGGO" project - building on several preliminary projects in Germany - the findings regarding concrete mix design, packing density and sand influence were deepened.

In the laboratory, concrete mix design was optimised with regard to packing density and grain composition, produced with different texture geometries and durability tests were carried out with regard to weather influence and traffic loads and compared with conventional exposed aggregate concrete. An investigation of the earliest possible grinding time was also part of the laboratory work.

Grinding measures were implemented on three existing sections in Austria, one of them in a tunnel. For these sections, the focus was on the durability of the improved skid resistance and rolling noise. A possible influence of the winter road service was ascertained, but no noticeable problems were found during operation. The grinding test sections in Germany (BAB A5 near Karlsruhe) built in 2015 were further observed and the durability of the measures evaluated.

On a new exposed aggregate concrete section in Austria, two different grinding geometries were produced and monitored over a period of one year with regard to skid resistance, rolling noise, texture, evenness and rolling resistance. On all grinding sections, a clear improvement in rolling noise and longitudinal evenness was observed. The development of skid resistance showed mixed results depending on the measuring method. A model for predicting rolling noise levels was developed from 3D texture measurement data.

In the project, further insights were gained for introducing texture grinding as a standard construction method on new concrete pavements. Based on the results, further research needs were identified in the areas of concrete mix design (use of crushed sand), drainage behaviour and water drainage as well as monitoring the durability of the texture.

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung	4
Abstract	5
1 Aufgabenstellung	9
1.1 Gesamtziel	9
1.2 Methodik des Vorgehens/Struktur des Berichtes	10
2 Bestandsaufnahme und Schlussfolgerungen aus abgeschlossenen forschungsprojekten	13
2.1 Ergebnisse bisheriger deutscher Forschungstätigkeit.....	13
2.1.1 Forschungsvorhaben FE 08.0210/2010/ORB.....	13
2.1.2 Forschungsvorhaben FE 08.0211/2011/OGB	15
2.1.3 Forschungsvorhaben FE 08.0219/2012/IGB	18
2.1.4 Forschungsvorhaben FE 08.0220/2012/ORB.....	22
2.1.5 Einfluss von Fugen auf die Rollgeräusentwicklung.....	37
2.2 Internationale Forschungsvorhaben	41
2.2.1 Next Generation Concrete Surface (NGCS) in den USA	41
2.2.2 Lärmmessungen auf einer Strecke mit NGCS und Waschbeton in den Niederlanden.....	46
2.2.3 New Generation Concrete Surface (NGCS) in Belgien	49
2.3 Weiterführendes Monitoring auf der bestehenden Grindingstrecke der BAB A5 in Deutschland.....	59
2.3.1 Griffigkeitsmessungen	60
2.3.2 Lärmmessungen	61
2.3.3 Texturmessungen	62
2.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	63
3 Im Projekt eingesetzte Messmethoden	65
3.1 Griffigkeit.....	65
3.1.1 RoadSTAR.....	65
3.1.2 SKM.....	65
3.2 Querebenheit	66
3.2.1 Hochauflösende Querebenheitsmessung	66
3.2.2 Spurrinnentiefe	67
3.3 Längsebenheit.....	67
3.4 Rollgeräusch	71
3.5 Textur.....	71
3.5.1 3D-Textur.....	71
3.5.2 ELA-Textur.....	73

3.6	Rollwiderstand.....	74
4	Laboruntersuchungen	75
4.1	Aufgabenstellungen und Untersuchungsziel.....	75
4.2	Verwendete Laborgeräte	76
4.2.1	Ausgangsmaterialien	76
4.2.2	Technik zur Herstellung von Laborprobekörpern.....	81
4.2.3	Festbetonprüfungen.....	82
4.2.4	Laborgrinding.....	83
4.2.5	Polierverfahren für Laborproben	85
4.2.6	Messung der Textureigenschaften	89
4.2.7	Messung der Griffigkeit im Labor	92
4.3	Optimierung der Packungsdichte.....	93
4.3.1	Bestimmungsverfahren zur Packungsdichte	93
4.3.2	Betoneigenschaften	95
4.3.3	Textur und Griffigkeit.....	100
4.3.4	Untersuchungsergebnis	102
4.4	Variation des Sandes	102
4.4.1	Betoneigenschaften	102
4.4.2	Textur und Griffigkeit.....	106
4.4.3	Untersuchungsergebnis	111
4.5	Dauerhaftigkeit unterschiedlicher Grindingstrukturen	112
4.5.1	Textur und Griffigkeit.....	112
4.5.2	Untersuchungsergebnis	116
4.6	Untersuchung zum optimalen Grindingzeitpunkt.....	117
4.6.1	Verwendeter Beton	117
4.6.2	Zeitpunkt und Struktur des Grindings	121
4.6.3	Untersuchungsergebnis	121
4.7	Untersuchung an Bohrkernproben aus der Neubaustrecke A5	124
4.7.1	Testgrinding A5 km 40,625 RF Wien Höhe AS Großkrut.....	124
4.7.2	Grinding A5 BL03 km 25,0-25,5	129
5	Grinding auf Bestandstrecken	132
5.1	Allgemeines.....	132
5.2	Versuchsstrecke A10 Katschbergtunnel	132
5.2.1	Allgemeines	132
5.2.2	Beschreibung der Grindingtextur.....	133
5.2.3	Griffigkeit	133

5.2.4	Längsebenheit	137
5.2.5	Texturmessungen	139
5.2.6	Geräuschemission	141
5.3	Versuchsstrecke A02 Wernberg	143
5.3.1	Allgemeines	143
5.3.2	Beschreibung der Grindingtextur.....	143
5.3.3	Griffigkeit	144
5.3.4	Längsebenheit	146
5.3.5	Texturmessungen	147
5.3.6	Geräuschemission	148
6	Grinding auf Neubaustrecken	151
6.1	Allgemeines.....	151
6.1.1	Beschreibung der Grindingtextur.....	152
6.2	Griffigkeit.....	152
6.3	Längsebenheit.....	156
6.4	Texturmessungen.....	158
6.5	Messung der Geräuschemission	160
6.6	Rollwiderstandsmessung.....	165
6.7	Betrachtungen zum Drainageverhalten auf Grindingoberflächen.....	166
7	Bewertung der Ergebnisse.....	171
7.1	Griffigkeit RoadSTAR	171
7.2	Griffigkeit SKM	171
7.3	Längsebenheit.....	172
7.4	Querebenheit	172
7.5	Rollwiderstand.....	173
7.6	Rollgeräusch	173
7.7	Textur.....	176
7.8	Modellierung des Zusammenhangs Textur – Rollgeräusch	179
8	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	181
8.1	Einfluss auf den Winterdienst	183
9	Weiterer Forschungsbedarf.....	184
	Literatur	187
	Verwendete Regelwerke	188
	Anhänge	192

1 AUFGABENSTELLUNG

1.1 Gesamtziel

Das Projekt INGGO adressiert hinsichtlich der Weiterentwicklung der Methode Grinding/Grooving speziell die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der verwendeten Betone im Neubau. Nachdem die Texturierung einen bedeutenden Kostenfaktor darstellt, sollte versucht werden, durch Optimierung der Betoneigenschaften zu sowohl dauerhaften als auch kostengünstig herstellbaren Betonen zu finden, die die Kompensation der Mehrkosten durch die Texturierung zumindest teilweise erlauben.

Nachdem in den vorangegangenen Projekten bereits eingehende Untersuchungen zur Grinding/Grooving-Geometrie erfolgten, wird für die Bestands- und Neubaustrecken auf bereits bewährte Grinding-Geometrien zurückgegriffen. Im deutschsprachigen Raum war der Schwerpunkt bei den jüngeren Forschungsprojekten bei reinen Grindingtexturen. Die Kombination von Grinding mit Grooving wurde erstmals im jüngsten Forschungsprojekt umgesetzt und befindet sich weiterhin in der Entwicklung und Erprobung. Aus diesem Grund beschränkt sich dieses Projekt ausschließlich auf Grinding-Oberflächen.

Die Rahmenbedingungen für den erfolgreichen Einsatz von Grinding in Tunneln waren zu untersuchen, ebenso wurden Rückwirkungen auf den Winterdienst betrachtet.

Ziel dieses Projektes ist, das Potential verschiedener Betonzusammensetzungen insbesondere bezüglich der Beständigkeit der Oberflächeneigenschaften auszuloten. Der Einfluss der Packungsdichte, wie auch der Einfluss des verwendeten Sandes auf die Dauerhaftigkeit der Griffigkeit und Makrotextur, wurden im Labor untersucht. Anhand von zu unterschiedlichen Zeitpunkten gegrindeten Laborproben wurde der Einfluss des Grindingzeitpunktes auf die Witterungsbeständigkeit der Oberflächentextur untersucht.

Anhand in-Situ ausgeführter Grindingoberflächen waren die Bewertungen der Griffigkeit derartiger Oberflächen zwischen den in Österreich und Deutschland standardmäßig eingesetzten Messverfahren zu vergleichen. Für die Bewertung der Ebenheit dieser Oberflächen sind konventionelle schnellfahrende Längsebenheitsmesssysteme nicht geeignet. Deshalb waren zur realistischen Bewertung der Längsebenheit neue Wege zu entwickeln. Für die Überprüfung der Querebenheit von Grindingbahnen wurde ein neues hochauflösendes stationäres Messverfahren eingesetzt, mit dem die Ausbildung der Makrotextur ebenso wie die Lage benachbarter Grindingbahnen zueinander bewertet werden kann.

Innovative Messverfahren zur Beschreibung der 3D-Textur von Grindingoberflächen wurden erstmals zur Abschätzung der Lärmeigenschaften neben konventionellen CPX-Messungen herangezogen.

Messungen zum Rollwiderstand auf Grindingoberflächen geben Hinweise auf das hohe Potential dieser Art der Oberflächenausführung bezüglich Energieeinsparung und Reduktion von verkehrsbedingter CO₂-Emission.

1.2 Methodik des Vorgehens/Struktur des Berichtes

Eine graphische Darstellung des Projektverlaufs zeigt Abbildung 1.

Kapitel 2 widmet sich der Bestandsaufnahme bzw. Fortführung der im Vorgängerprojekt bereits begonnenen Datenerhebung auf der BAB A5. Dazu wurden die im Herbst 2017 begonnen Messungen im Frühling 2018 ergänzt und nach einem Winter Liegedauer die Texturmessungen mit ELA-Textur wiederholt.

Die Erkenntnisse aus abgeschlossenen Forschungsarbeiten, die sich einerseits mit Grindingoberflächen, die aus Griffigkeits- oder Ebenheitsmängeln begründet wurden, andererseits mit theoretischen Belangen der Textur- und Betonentwicklung befassten und schließlich Erkenntnisse aus Forschungsarbeiten, bei denen gezielt lärmindernde Texturen im Praxistest erprobt wurden, wurden zusammengetragen und bewertet. Unter Einbeziehung der Messergebnisse der vorangegangenen Forschungsprojekte wurden Zeitreihen der Entwicklung der einzelnen Grinding-Abschnitte erstellt und die Ergebnisse interpretiert.

Im **Kapitel 3** werden die Messmethoden und -geräte, die beim Monitoring der Bestands- und Neubaustrecken zum Einsatz kamen, beschrieben.

Im **Kapitel 4** werden die durchgeführten Laboruntersuchungen vorgestellt. Die Schwerpunkte lagen bei:

- Packungsdichteoptimierung
- Sandeinfluss
- Texturdauerhaftigkeit
- Analyse der Bohrkern der Erprobungsstrecken

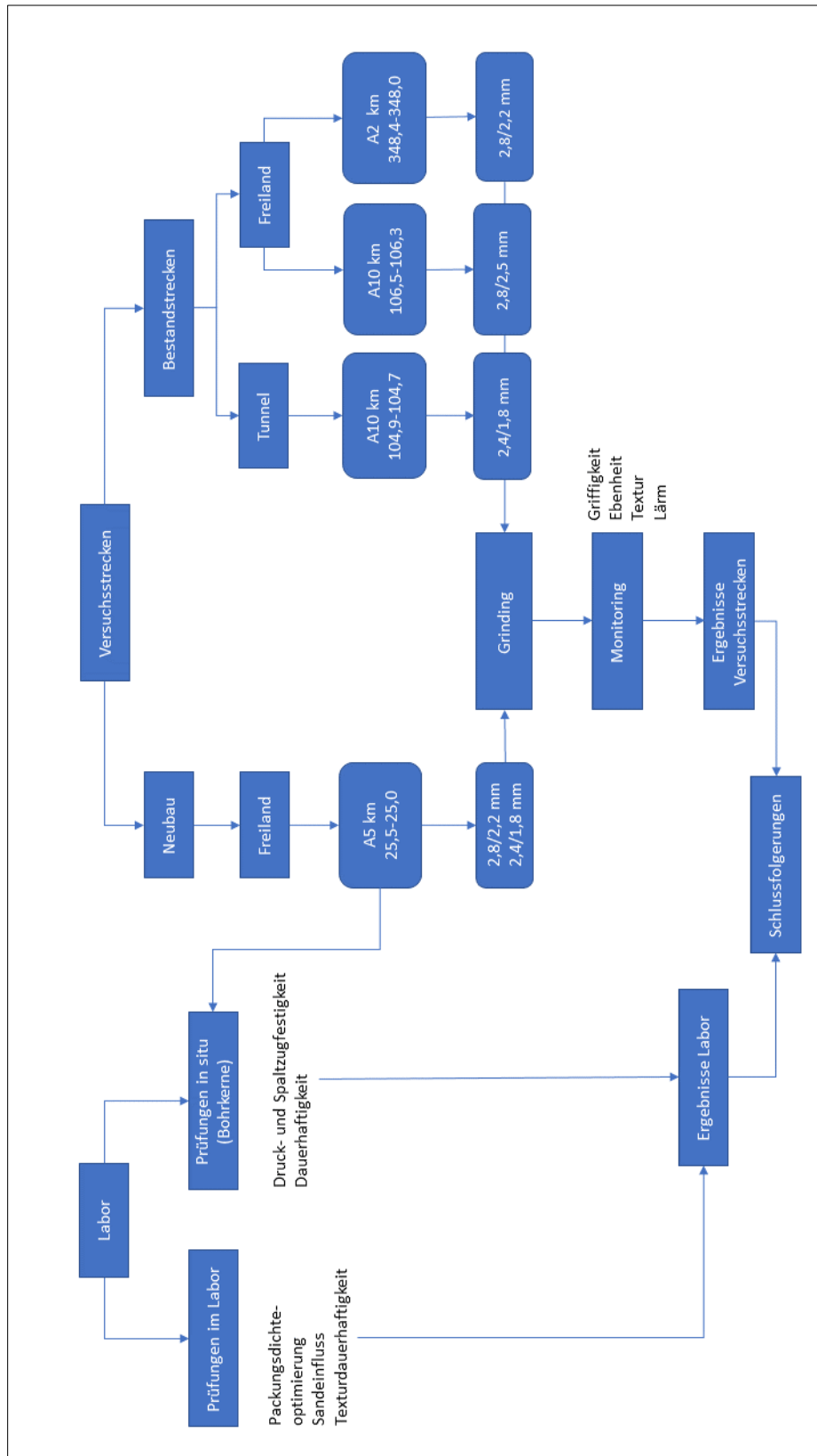


Abbildung 1: Ablaufschema des Projektes INGGO

Kapitel 5 beschreibt die Herstellung und das Monitoring des Grinding aus Bestandsstrecken. Auf drei Bestandsstecken, eine davon im Tunnel, wurden Grindingtexturen aufgebracht. Über einen Zeitraum von einem Jahr erfolgte eine messtechnische Begleitung dieser Versuchsstrecken.

Kapitel 6 beschreibt die Herstellung und das Monitoring des Grinding einer Neubaustrecke. Hier wurden zwei verschiedene Texturen unmittelbar hintereinander liegend hergestellt, die Basis war eine neu hergestellte Waschbetonoberfläche. Das Monitoring der Oberflächeneigenschaften erfolgte wiederum über den Zeitraum von einem Jahr.

Im **Kapitel 7** erfolgt nun die Bewertung der Ergebnisse des Monitorings der Grindingabschnitte auf den Bestands- und Neubaustrecken.

Kapitel 8 fasst die Ergebnisse des Projektes und die Schlussfolgerungen zusammen.

Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise und identifizierter weiterer Forschungsbedarf werden im abschließenden **Kapitel 9** festgehalten.

2 BESTANDSAUFNAHME UND SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS ABGESCHLOSSENEN FORSCHUNGSPROJEKTEN

2.1 Ergebnisse bisheriger deutscher Forschungstätigkeit

2.1.1 Forschungsvorhaben FE 08.0210/2010/ORB

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurden vorhandene Grindingstrecken auf ihre lärmmindernde Wirkung hin untersucht. Dabei wurde aus einer Vielzahl von Strecken eine Auswahl getroffen, bei denen nach Aktenlage eine Mindestlänge einer Grindingoberfläche von 100 m über die volle Breite des Hauptfahrstreifens vorhanden war. Im Ergebnis wurden 7 Strecken in die Untersuchung aufgenommen, die zum Zeitpunkt der Grindingmaßnahmen zwischen einem Jahr und zehn Jahren alt waren. Bei allen Strecken wurde das Grindingverfahren als Erhaltungsmaßnahme durchgeführt, d.h., es wurden Ebenheits- oder Griffigkeitsdefizite behoben. Lärmreduzierende Aspekte waren zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Maßnahmen nicht ausschlaggebend. Die Art der Ausführung des Grindings richtete sich dabei an dem zu behebbenden Defizit aus. Bei griffigkeitsverbessernden Maßnahmen wurde ein Konstantabtrag vorgesehen, bei dem eine relativ konstante Grindingtonur an der Oberfläche entstand, aber vorhandene Unebenheiten in Quer- und Längsprofil so gut wie nicht beseitigt wurden. Bei ebenheitsverbessernden Maßnahmen entstand keine gleichmäßige Grindingtonur an der Oberfläche, da ausschließlich Kuppen von Unebenheiten beseitigt wurden. In Abbildung 2 sind beide Fälle dargestellt.

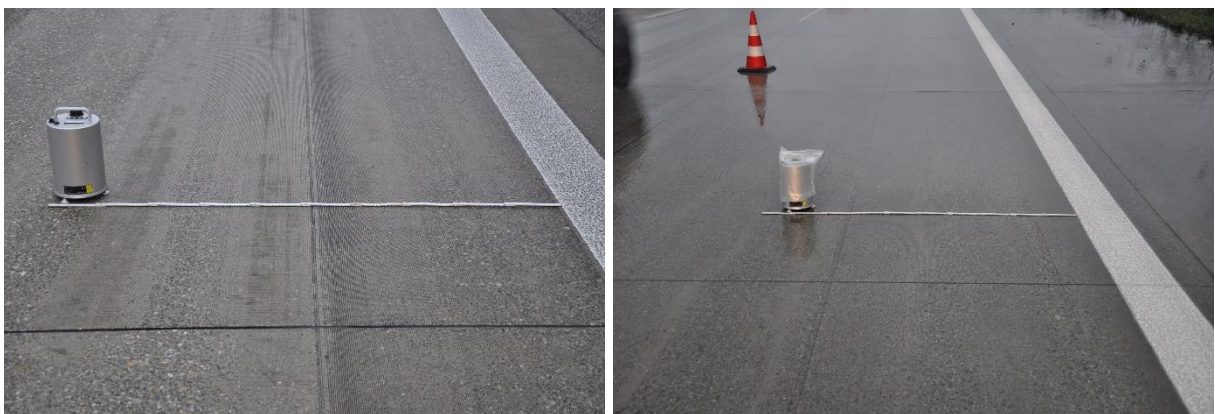


Abbildung 2: ebenheitsverbesserndes Grinding (links), griffigkeitsverbesserndes Grinding (rechts)

Die Ergebnisse der vorhandenen Grindingoberflächen waren hinsichtlich ihrer lärmmindernden Eigenschaften demzufolge auch nicht konstant zu erwarten, was die Streuung in den akustischen Eigenschaften bzw. Pegelminderungswerten erklärt.

Trotz der vorgefundenen Randbedingungen waren die Ergebnisse vielversprechend und deuteten darauf hin, dass mit einheitlichen Zielvorgaben deutlich bessere Ergebnisse zu erwarten sind. Tabelle 1 enthält die zusammengefassten Ergebnisse der Untersuchungen.

Tabelle 1: Ergebnisse aus dem FE 08.0210/2010/ORB

BAB	Grin- ding- jahr	Grin- ding-al- ter	CPX _P (80 km/h)	Pegel- minde- rungs- wert	MPD Mittel- wert	ETD Mittel- wert	fct,sp Mittel- wert	Dicke Mittel- wert	μ-SKM	μ-SKM	G _{5/95} Mittel- wert
									80 km/h Mittel- wert	60 km/h Mittel- wert	
		[Jahre]	[dB(A)]	[dB(A)]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[cm]	-	-	[%]
1	2010	1	98,0	-	0,65	0,72	3,80	28,74	0,84	-	40,63
2	2006	5	100,3	+0,4	0,46	0,57	4,31	27,63	0,57	0,64	42,51
3	2009	2	97,7	-	0,63	0,71	5,49	27,16	0,71	0,76	48,73
4	2009	2	98,5	-	0,40	0,52	5,19	25,96	0,57	0,62	46,64
7	2005	6	99,7	-	0,62	0,70	5,88	27,40	0,63	0,67	49,28
24	2001	10	98,0	-2,2	0,39	0,51	5,56	31,90	0,66	0,72	45,12
115	2004	7	98,7	-1,2	0,29	0,43	4,63	31,85	0,55	0,62	51,80

Aus den Untersuchungen konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Obwohl die Strecken aus Ebenheits- oder Griffigkeitsgründen gegründet wurden, sind aus den SPB-Messungen auch Pegelminderungen gegenüber dem Referenzwert ermittelt worden.
- Die Pegelminderungswerte konnten nur teilweise direkt durch SPB-Messungen normgemäß ermittelt werden, wobei diese einer deutlichen Streuung unterworfen sind. Die Pegelminderungswerte bewegen sich zwischen -2,2 dB(A) und +0,4 dB(A).
- Die Schalldruckpegel aller Messabschnitte aus den CPXPkw-Messungen lagen zwischen 97,7 dB(A) und 99,7 dB(A) und damit um ca. 1 bis 3 dB(A) unter dem für CPX-Messungen herangezogenen Anhaltswert von 101 dB(A) für Fahrbahnbeläge, die eine Fahrbahnoberflächenkorrektur DStrO nach den RLS-90 [34] von 0 dB(A) aufweisen.
- Die Festigkeit des Oberbetons war sehr wahrscheinlich für die Langlebigkeit der Textur (Abriebfestigkeit der Oberfläche) und somit für eine dauerhafte Lärminderung verantwortlich.

- Die gegrindeten Oberflächen zeigten hohe bis sehr hohe Griffigkeitswerte, die anscheinend altersunabhängig Bestand haben. Es ist davon auszugehen, dass die Festigkeit des Oberbetons (insbesondere die Abriebfestigkeit) dabei eine große Rolle spielt.
- Direkte Zusammenhänge zwischen den ermittelten Texturkenngrößen (Stegbreite, Rillenbreite, Rillentiefe) und den Pegelminderungswerten waren nicht nachweisbar.
- Die Messergebnisse der bereits im Alter von 10 bzw. 7 Jahren gegrindeten Oberflächen zweier untersuchter Streckenabschnitte lassen vermuten, dass die Oberflächen die Anfangseigenschaften wie Festigkeit, Griffigkeit und Lärminderung dauerhaft behalten haben.

2.1.2 Forschungsvorhaben FE 08.0211/2011/OGB

Ziel des Forschungsvorhabens war, den Einfluss verschiedener Parameter auf die Geräuschemission von Betonfahrbahndecken mit Grindingtextur zu untersuchen und somit das Grindingverfahren gezielt weiterzuentwickeln, dass reproduzierbare Texturen entstehen, die geräuschmindernd sind und eine anforderungsgerechte Griffigkeit und hohe Dauerhaftigkeit gewährleisten.

Die aus einer Recherche zu den technisch möglichen Segmentbreiten und -abständen der Scheibenbesätze abgeleiteten Texturkennwerte Rillenbreite, Stegbreite und Rillentiefe wurden in Simulationsrechnungen systematisch mit dem Ziel derart variiert, dass in Bezug auf die Lärmeigenschaften optimierte Texturen ermittelt werden.

In Laborversuchen wurden auf Grundlage der Simulationsrechnungen auf kleinformatischen Betonoberflächen mit einem Laborgrindinggerät Texturen hergestellt, deren Stege und Rillen von bisher praxisüblichen Breiten bis hin zu maximal bzw. minimal möglichen Breiten das gesamte realisierbare Spektrum abdecken. Dabei wurde auch der Einfluss verschiedener Betone auf die Realisierbarkeit der jeweiligen Grindingtextur systematisch untersucht.

Diese Untersuchungen wurden in einer ersten Versuchsreihe an Probepplatten aus Mörtel durchgeführt, um den Einfluss grober Gesteinskörnung auf die Gestalt der Grindingtextur auszuschließen. In der zweiten Versuchsreihe wurden drei verschiedene Betone getestet, die als Oberbetone in Frage kommen könnten. Dabei handelte es sich um einen Waschbeton, einen Oberbeton, der bislang für die Texturierung mit Besenstrich verwendet werden konnte und einen Beton, der als Unterbeton zum Einsatz kommen könnte.

An den texturierten Probepplatten wurden Texturmessungen sowie Messungen des texturinduzierten Strömungswiderstands durchgeführt. Diese dienten als Eingangsparameter zur

Berechnung der Vorbeirollpegel mit dem Simulationsprogramm SPERoN®. Des Weiteren wurde die Griffbarkeit der Oberflächen mit dem SRT-Pendelgerät bestimmt. Tabelle 2 enthält beispielhaft die zusammengefassten Ergebnisse der Untersuchungen an Probelplatten aus Mörtel. In Abbildung 3 sind die Ergebnisse grafisch dargestellt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Untersuchungen an Probelplatten aus Mörtel

Distanzscheibenbreite	ETD-Wert	SRT-Wert	Prog. Vorbeifahrtpegel (120 km/h)	Strömungswiderstand R_s
[mm]	[mm]	[-]	[dB(A)]	[Pa s/m]
1,0	0,310	76,00	76,4	130.000
1,5	0,397	73,00	76,8	72.300
2,0	0,437	76,00	77,2	43.000
2,5	0,540	78,00	78,4	8.700
3,0	0,610	78,00	80,1	1.813
5,0	2,220	65,00	83,8	64
10,0	1,400	63,00	82,6	189
15,0	1,170	66,00	82,9	164
20,0	0,980	65,00	81,7	381

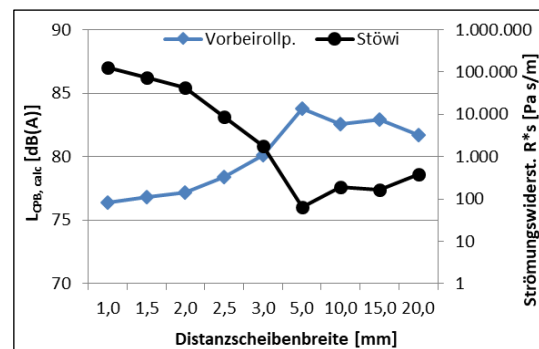
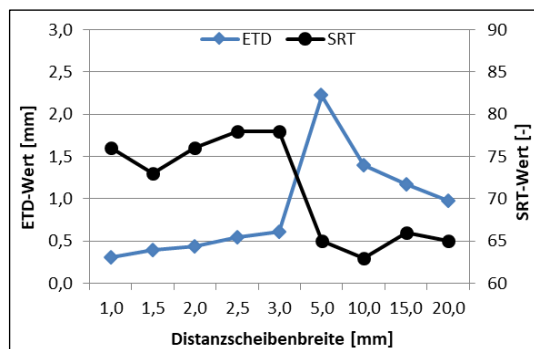


Abbildung 3: Ergebnisse der Untersuchungen an Probelplatten aus Mörtel

Die Untersuchungen ergaben, dass sich die hergestellten Grindingtexturen in drei Kategorien unterteilen lassen:

1. Bei sehr geringen Distanzscheibenbreiten von 1,0 mm bis 2,0 mm, wurde der Beton unabhängig von der gewählten Segmentbreite gleichmäßig abgeschnitten, so dass Stege mit geringer Höhe und einer sehr homogenen Geometrie entstehen. Aufgrund der hohen Strömungswiderstände und der Homogenität dieser Texturen wiesen sie die vergleichsweise höchsten Lärminderungswerte auf.
2. Bei Distanzscheibenbreiten zwischen 3,0 mm und 5,0 mm wurde weniger Beton zwischen den Segmenten abgetragen. Als Folge verblieben an der Oberfläche Stege, die teilweise brachen und so zu einem inhomogenen Texturbild führten. Aufgrund der Stegbildung nahm die Texturtiefe dieser Oberflächen zu, die Lärminderungseigenschaften nehmen jedoch infolge des höheren Vibrationsanteils ab.
3. Bei Distanzscheibenbreite von mehr als 5,0 mm wurde der Beton zwischen den Segmenten nicht mehr abgeschnitten. Es entstanden Stege, deren Höhe der Schneidtiefe entsprach. Ein Brechen der Stege fand nicht mehr statt. Bei zunehmender Stegbreite nahm der Strömungswiderstand zu, was zu einer größeren Lärminderung führte.

Aus den Untersuchungen konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die gewählten Texturgeometrien zeigten einen signifikanten Einfluss auf die berechneten Vorbeirollpegel. Diese lagen für die mittels SPERoN® berechneten Fälle zwischen 76,4 dB(A) und 83,8 dB(A).
- Bei sehr geringen Distanzscheibenbreiten kam es zu einem nahezu vollflächigen Betonabtrag. Bei diesen Texturen wurde kein Einfluss der Betonzusammensetzung auf die Textureigenschaften festgestellt. Bei zunehmenden Distanzscheibenbreiten beeinflusste die Betonzusammensetzung die Steggeometrie. Bei einer um rd. 12 MPa höheren Betondruckfestigkeit wurde hier bei einer Distanzscheibenbreite von 5,0 mm eine homogenere Steggeometrie als bei geringerer Betondruckfestigkeit festgestellt. Ein vermehrtes Brechen der Stege führte zu deutlich höheren Vorbeirollpegeln, da der Vibrationsanteil zunahm. Für die hier untersuchten Probelplatten stieg der Vorbeirollpegel eines Betons, dessen Stege nicht gebrochen waren im Vergleich zu einem Beton, dessen Stege zu einem großen Anteil gebrochen waren, um rd. 5 dB(A) an.
- Der Beton, der mit gerundeter Gesteinskörnung hergestellt wurde, wies im Vergleich zu den Betonen, die mit gebrochener Gesteinskörnung hergestellt wurden, vergleichbare Texturen und Textureigenschaften auf.
- Orientierend wurde an einem Beton mit Grindingtextur der Frost-Tausalz-Widerstand untersucht. Hier zeigte sich, dass hauptsächlich die Stege aufgrund ihrer Geometrie

und des empfindlicheren Oberflächenmörtels angegriffen werden. Die mit der Abwitterung verbundene Texturveränderung kann zu einer deutlichen Verringerung der Lärminderungseigenschaften führen.

- Die mit dem Messgerät ELAtextur ermittelten Texturkennwerte mittlere Profiltiefe MPD und geschätzte Texturtiefe ETD wiesen eine sehr gute Korrelationen zum texturinduzierten Strömungswiderstand und zum berechneten Vorbeirollpegel auf.

Aus dem Forschungsvorhaben leitete sich folgender Ausblick ab:

Aufbauend auf den hier durchgeführten Simulationsrechnungen sind Texturgeometrien mit optimalen lärmindernden Eigenschaften festzulegen. Des Weiteren sind im Labor Betone zu entwickeln, denen zielsicher die gewünschte Grindingtextur eingeschnitten werden kann. Gleichzeitig ist die Texturdauerhaftigkeit hinsichtlich mechanischer Einwirkung (Verschleiß) und Frost-Tausalz-Angriff zu optimieren, um eine dauerhaft hohe Lärminderung sicherzustellen. Zur Realisierung optimierter Grindingtexturen in der Praxis sind Geräte zur Textur- und Ebenheitsmessung und ein Maschinensteuerungssystem zu entwickeln. Zusätzlich sind Mess- und Steuerungssysteme zur Vermeidung von Überlappungsbereichen während des Grindings zu entwickeln. Weitere Untersuchungen sollten die Gebrauchstauglichkeit des Messgerätes ELAtextur hinsichtlich der Abschätzung lärmtechnischer Parameter der erzeugten Grindingtextur prüfen. Abschließend sollten die Erkenntnisse in einer Erprobungsstrecke zur Anwendung kommen. Dabei sollten unterschiedliche Betonzusammensetzungen sowie verschiedene Texturgeometrien verwendet werden.

2.1.3 Forschungsvorhaben FE 08.0219/2012/IGB

Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine Erhaltungsmaßnahme mit Grinding im Feldversuch auf zwei verschiedenen Oberbetonen (Waschbeton mit stetiger und nicht stetiger Sieblinie) durchzuführen. Hierbei sollte neben den Eigenschaften Ebenheit und Griffigkeit gezielt eine Lärminderung angestrebt werden. Die Konzipierung und die Ausführung der Texturierung sowie die Ergebnisprüfung waren Bestandteil des Vorhabens. Es sollte geprüft werden, ob mit der zielsicheren Herstellung dauerhafter Grindingtexturen zukünftig eine Erhaltungsmaßnahme bereitgestellt werden kann, die über eine lange Restnutzungsdauer im Hinblick auf die Lärminderung, Ebenheit und Griffigkeit die Anforderungen erfüllt.

Die in FE 08.0211/2011/OGB gewonnenen Erkenntnisse aus den durchgeführten Simulationsrechnungen bildeten die Grundlage für die Auswahl einer geeigneten Textur, die entsprechende Lärminderungseigenschaften erwarten ließ. Das Schneidwerkzeug wurde

hinsichtlich der Schneidtiefe, Steg- und Rillenbreite auf die erforderliche Texturgeometrie angepasst.

Bei der Betonherstellung sollte eine definierte, möglichst dünne Oberflächenmörtelschicht eingestellt werden, damit beim Schleifvorgang die grobe Gesteinskörnung angeschliffen und so deren griffigkeitsrelevante Eigenschaften aktiviert werden konnte. Des Weiteren sollte auf diese Weise der empfindlichere Matrixanteil verringert werden, was eine beständigere Textur sicherstellt.

Zum Einsatz kamen im Rahmen der grundhaften Erneuerung der BAB A 23 in Fahrtrichtung Hamburg ein Oberbeton mit stetiger Sieblinie (0/2 und 2/8) und ein Oberbeton mit nicht stetiger Sieblinie (0/2 und 5/8) auf folgenden Streckenabschnitten:

- km 34+090 bis km 31+155: Oberbeton 0/2 und 5/8, Waschbeton
- km 31+120 bis km 30+115: Oberbeton 0/2 und 5/8, Grindingtextur
- km 30+115 bis km 29+115: Oberbeton 0/2 und 2/8, Grindingtextur
- km 29+115 bis km 28+180: Oberbeton 0/2 und 5/8, Waschbeton

Die für das Grinding zwischen km 31+120 und km 29+115 zur Ausführung kommenden Oberbetone wurden nicht ausgebürstet, jedoch regelgerecht nachbehandelt.

Die Erstprüfungen ergaben für die eingesetzten Gesteine eine hohe Polierresistenz mit einem PSV = 56. Die Abwitterung der Betonoberfläche durch den CDF-Test lag bei < 5 M.-%. Somit waren gute Voraussetzungen für die Beständigkeit der vorgesehenen Grindingtextur gegeben.

Die 28-Tage-Werte der Druck- und Spaltzugfestigkeit erfüllten für den Oberbeton mit stetiger Sieblinie (0/2 und 2/8) die Anforderungen an eine Straßenbetonklasse StC 35/45 – 3,3 und für den Oberbeton mit nicht stetiger Sieblinie (0/2 und 5/8) die Anforderungen an eine Straßenbetonklasse StC 35/45 – 3,7.

Zum Zeitpunkt der Grindingmaßnahme auf der A 23 lagen keine weiteren Erfahrungen aus der Praxis mit feineren Texturen vor, die belegen können, dass Stegbreiten < 2 mm nicht dazu führen, die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche zu beeinträchtigen.

Für den Einsatz auf der A 23 wurde deshalb eine Kombination aus den mit dem Simulationsmodell SPERoN® erzeugten Texturen mit folgenden Parametern gewählt:

- Segmentbreite von 2,8 mm für eine Rillenbreite von 2,8 mm,
- Segmentabstand von 2,2 mm für eine Stegbreite von 2,2 mm,

- Die Rillentiefe als Maß zwischen Rillenboden und Stegoberfläche von ~ 1 mm.

Mit der Texturierung waren die Anforderungswerte für die Ebenheit und Griffigkeit nach [41] für einen Neubau zu erfüllen.

Die Texturierung der Fahrbahn erfolgte im Modus Ebenheitsgrinding zur gezielten Beseitigung von Unebenheiten in der Fahrbahn. Zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit der Textur war das Anschleifen der groben Gesteinskörnung auf der gesamten Fahrbahnoberfläche Voraussetzung. Die dafür notwendige Abtragstiefe war entsprechend anzupassen (siehe Abbildung 4).

Der Nachweis der Oberflächeneigenschaften Ebenheit und Griffigkeit wurde im Rahmen der Kontrollprüfungen außerhalb des Forschungsvorhabens geführt.

Die lärmindernde Wirkung wurde mittels CPX- und SPB-Verfahren messtechnisch ermittelt und ausgewertet. Zusätzlich wurde die hergestellte Oberflächentextur mit dem Messgerät ELAtextur repräsentativ erfasst werden.

Alle Ergebnisse von kontinuierlichen Messungen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.



Abbildung 4: Grindingarbeiten auf der BAB A23

Tabelle 3: Ergebnisse aus FE 08.0219/2012/IGB

Streckenabschnitt der BAB A23, FR Hamburg	CPX _p (80 km/h)	Vorbaifahrt- pegel	Pegelminder- ungswert	MPD Mit- telwert	ETD Mit- telwert	μ-SKM 80 km/h Mittelwert
	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[mm]	[mm]	-
OB 5/8, WB, km 31+500 bis km 31+155	-	84,0	-1,2	0,69	0,75	0,53
OB 5/8, Grinding, km 31+120 bis km 30+115	96,1	83,3	-1,9	0,75	0,80	0,75
OB 2/8, Grinding, km 30+115 bis km 29+115	-	83,3	-1,9	0,77	0,82	0,77
OB 5/8, WB, km 29+115 bis km 28+800	-	83,5	-1,7	0,4	-	0,46

Zusammenfassend kann für die durchgeführte Grindingmaßnahme festgestellt werden:

- Es war erstmalig in Deutschland möglich, eine neu erbaute Betonfahrbahn auf voller Breite und auf einer bis dahin nicht erreichten Länge mit einer Grindingtextur zu versehen und die Auswirkungen des Grindings auf die Ebenheit, die Griffigkeit und das Lärmverhalten zu untersuchen.
- Die Griffigkeitswerte der Grindingabschnitte lagen deutlich über den Werten auf der sich anschließenden Waschbetonoberfläche und lagen deutlich über dem Sollwert bei Abnahme.
- Die für die Auswertung vorgelegten Ergebnisse der CPX-Messungen lagen 5 dB(A) unter dem für CPX-Messungen herangezogenen Anhaltswert von 101 dB(A) für Fahrbahnbeläge, die eine Fahrbahnoberflächenkorrektur DStrO nach den RLS-90 [34] von 0 dB(A) aufweisen.
- Nach dem SPB-Verfahren konnte trotz der nicht anforderungsgerechten Standortvoraussetzungen der Messungen eine Lärminderung von 2 dB(A) gegenüber dem in ARS 5/2006 [34] und ARS 3/2009 [32] festgelegten SPB-Referenzwert erreicht werden.
- Die repräsentativ erfasste Texturtiefe ist in Bezug auf eine anforderungsgerechte Griffigkeit und auf die erzielte Lärminderung als gut zu bewerten.

- Das nach dem Verfahren der Mehrfachabtastung mittels Laser-Abstands-Sensoren erzeugte Höhenlängsprofil war für die Beurteilung der Längsebenheit einer Grindingtextur nicht geeignet.
- Der Einsatz eines Oberbetons mit stetiger Sieblinie führte durch den Grindingprozess zu einem einheitlicheren Niveau der Griffigkeit und Texturtiefe als ein Oberbeton mit Ausfallkörnung.

Für eine bleibend hohe Griffigkeit der gegrindeten Betondecke sowie die konstante Lärm-minderung ist die Dauerhaftigkeit der Grindingtextur von entscheidender Bedeutung.

Bis zum Abschluss des Forschungsvorhabens lagen zur zeitlichen Entwicklung von Grindingtexturen hinsichtlich der Einflüsse aus Verkehr und Witterung nur wenige langfristige Erkenntnisse vor.

Es wurde deshalb vorgeschlagen, die Chance zu nutzen, die auf diesem Streckenabschnitt der A 23 aufgebrachte Grindingtextur langfristig in festzulegenden Intervallen auf ihr Griffigkeits-, Ebenheits- und Lärmverhalten sowie auf die Entwicklung der Texturtiefe zu überprüfen.

2.1.4 Forschungsvorhaben FE 08.0220/2012/ORB

Ziel des Projekts war die Entwicklung einer lärmtechnisch optimalen Grindingtextur auf Grundlage existierender theoretischer Berechnungsmodelle. Es waren folgende Entwicklungsschritte vorgesehen:

- Entwicklung eines Texturerstellungsverfahrens zur Verbesserung der Gebrauchs- und Substanzeigenschaften der Betonoberfläche,
- Entwicklung von optimalen und wirtschaftlichen Betonzusammensetzungen für das Herstellungsverfahren unter Berücksichtigung der Eigenschaften in Bezug auf die strukturelle Substanz,
- Erprobung des Verfahrens in der Praxis mit Bestimmung
 - der schalltechnischen Eigenschaften,
 - der anforderungsgerechten Griffigkeit,
 - der anforderungsgerechten Ebenheit,
 - der Dauerhaftigkeit der erzeugten Textur,
 - der Dauerhaftigkeit der mechanischen Eigenschaften des Oberbetons.

Das Vorhaben zielte ab auf die Herstellung von Grindingtexturen mit guter Reproduzierbarkeit der schall- und griffigkeitstechnischen Eigenschaften, wobei eine Pegelminderung von -4 dB gegenüber dem Referenzbelag nach RLS-90 [34] angestrebt wurde.

2.1.4.1 Art und Umfang der Untersuchungen

Auf drei Autobahnen in Brandenburg und Bayern wurden im Zuge von griffigkeitsverbessernden Maßnahmen mehrere Versuchsstrecken eingerichtet, auf denen unterschiedliche Grindingtexturen aufgebracht wurden (Tabelle 4).

In die Baubeschreibungen wurden zusätzliche Anforderungen formuliert, um eine hohe Qualität der erzeugten Grindingtexturen in Bezug auf Ebenheit, Griffigkeit und der zu erwartenden Lärminderung zu gewährleisten. Die Anforderungen wurden im Verlaufe des Forschungsvorhabens entsprechend den neuen Erkenntnissen ständig angepasst.

Tabelle 4: Texturvarianten zur Kalibrierung des Rechenmodells SPERoN®

BAB	von km	bis km	Textur 1		Textur 2		
			Segment-		Segment-		Rillen- tiefe
			breite	abstand	breite	abstand	
			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
A 13, RF Dresden	7,800	16,000	2,8	1,8			
	7,800	8,000	2,8	1,8	2,8	10,0	3,0
	10,450	10,650	2,8	1,8	2,8	15,0	3,0
	14,700	14,900	2,8	1,8	2,8	20,0	3,0
A 13, RF Berlin	16,000	7,800	3,2	2,2			
	16,000	15,800	3,2	2,2	3,2	20,0	3,0
	14,700	14,500	3,2	2,2	3,2	20,0	4,0
	13,025	12,825	3,2	2,2	3,2	25,0	3,0
	10,900	10,700	3,2	2,2	3,2	25,0	4,0
A 92, RF München	17,000	16,500	2,8	2,0	2,8	16,4	3,0
A 93, RF Hof	127,400	129,350	2,8	1,6			
	129,350	129,550	2,8	1,6	2,8	13,0	3,0
A 93, RF Regens- burg	129,350	127,400	2,8	1,6			
	129,550	129,350	2,8	1,6	2,8	13,0	3,0

Die Untersuchungen an den Versuchsstrecken, jeweils im ersten Fahrstreifen, hatten zum Inhalt:

- Die Grobtexturmessung mit Messgerät ELAtextur gemäß DIN EN ISO 13473-1 [29],
- Berührungslose und zerstörungsfreie Ermittlung der Oberflächenrauigkeit (Makrotextur) mit Laserprofilometer nach DIN EN ISO 13473-1 [29],
- 3D-Texturmessungen zur Bestimmung der 3D Koordinaten der Objektoberfläche,
- Bestimmung des texturinduzierten Strömungswiderstands mit einem in [7] entwickelten Messsystem in Anlehnung an das Prüfstandsverfahren für Probekörper der DIN EN 29053 [30].
- Die Griffigkeitsmessungen gemäß TP Griff-StB (SKM) [39],
- Prüfung der Spaltzugfestigkeit nach den Vorgaben der AL Sp-Beton [10], (von der BASt zur Verfügung gestellt),
- Kontrollierte Vorbeifahrten (controlled pass-by, CPB) in Anlehnung an die Statistische Vorbeifahrtmethode bzw. Statistical Pass-By-Method (SPB) nach DIN EN ISO 11819-1 [33] bzw. ARS 16/1992 [35]
- Ermittlung der Reifen-Fahrbahn-Geräusche nach der Nahfeldmessmethode (Close Proximity Method - CPX) nach ISO/DIS 11819-2 [28].

Die Entwicklung lärmoptimierten Grindingtexturen erfolgte mit Hilfe von Computersimulationen mit dem Rechenmodell SPERoN®. Die Anpassung und Kalibrierung des Rechenmodells für anisotrope Texturen unter Einbeziehung der Ergebnisse der Untersuchungen auf den Versuchsstrecken erforderte folgende Teilschritte:

- Analyse der Kontrollierten Vorbeifahrtmessungen und Nahfeldmessungen auf den Versuchsstrecken,
- SPERoN®-Berechnungen mit den gemessenen Oberflächenprofilen, definierten Eingangsgrößen und einzubeziehenden Texturprofilen,
- Anpassung des SPERoN®-Modells für anisotrope Texturen nach Auswertung der Rechenergebnisse derart, dass der Einfluss der aerodynamischen Komponenten verringert wird, die Gewichtung der mechanischen Anteile an der Rollgeräuschenstehung dagegen verstärkt wird,
- Besondere Berücksichtigung der Querfugen bei der Kalibrierung und der Überprüfung des modifizierten Rechenmodells,
- Mathematische Modellbildung verschiedener geräuschemindernder Oberflächentexturen anhand der in FE 08.0211/2011/OGB [20] künstlich erzeugten, idealisierten Texturen,

- Variation der Modelle zur Simulation in der Praxis auftretender Abweichungen von der Modelltextur.

Aufbauend auf den Simulationen wurden im Labor Betone entwickelt, denen zielsicher die gewünschte Grindingtextur eingeschnitten werden kann. Dabei konnte auf Erkenntnisse aus FE 08.0211/2011/OGB [20] zurückgegriffen werden. Die Laborversuche waren in folgende Versuchsteile gegliedert:

- Herstellung von praxisüblichen Standardbetonen sowie Entwicklung optimierter Betone hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Texturdauerhaftigkeit. Es wurde der Wasserzementwert sowie Größtkorn und Sieblinie der Gesteinskörnung variiert. Zur Charakterisierung der Betone wurde deren Druck- und Spaltzugfestigkeit bestimmt. An den optimierten Betonen wurde zusätzlich der Frost-Tausalz-Widerstand mit dem CDF-Test bestimmt.
- Texturierung der hergestellten Betone mit einer für Laborversuche entwickelten Grindmaschine mit praxisüblichen sowie lärmtechnisch optimierten Texturen. Die Grindtexturen wurden hinsichtlich ihrer Texturtiefe und ihrer Griffigkeit (SRT-Pendel) untersucht. Zur Beurteilung der lärmmindernden Eigenschaften der Texturen wurden Texturmessungen mit einem Laserprofilometer durchgeführt und der texturinduzierte Strömungswiderstand bestimmt. Anhand dieser Ergebnisse wurde anschließend mit dem Simulationsprogramm SPERoN® die zu erwartende Geräuschemission der Oberflächen berechnet.
- Untersuchung der Dauerhaftigkeit ausgewählter Betone bzw. Texturen. Dazu wurde der Frost-Tausalz-Widerstand der Texturen in Anlehnung an den CDF-Test nach DIN CEN/TS 12390-9 [46] bestimmt sowie die Einwirkung von saurem Regen durch einen Säureangriff (pH 4,5) simuliert. Des Weiteren wurden Oberflächen mit dem Aachener Ravelling Tester (ARTE) mechanisch beansprucht. Im Anschluss wurden erneut die akustisch bzw. griffigkeitstechnisch relevanten Oberflächeneigenschaften der Texturen erfasst und bewertet.
- Zusätzlich wurde untersucht, welches Alter des Betons bzw. welche Betonfestigkeit zum Zeitpunkt des Grindings vorliegen muss, um die gewünschte Texturgeometrie zielsicher in die Betonoberfläche schneiden zu können. Orientierend wurde auch der Einfluss der Nachbehandlung auf die Eigenschaften der Grindingtextur untersucht.

Mit 3-D-FEM-Voruntersuchungen und Dimensionierungsberechnungen für den praxisrelevanten Einsatz sollte rechnerisch untersucht werden, welchen Einfluss Erhaltungszyklen,

die ggf. zu einer weiteren Reduzierung der Deckendicke führen, auf die strukturelle Substanz der Gesamtbetondecke haben.

2.1.4.2 Entwicklung und Einsatz von Mess- und Steuerungstechnik

Für die Ausführung der Grindingarbeiten in der Praxis mussten Kriterien für die Auswahl und Ausrüstung der für das Grindingverfahren anzuwendenden Maschinen- und Schneidtechnik definiert werden.

Die Entwicklung von Mess- und Steuerungssystemen an der Grindingmaschine zur Beseitigung von Unebenheiten erfolgte in mehreren Arbeitsschritten:

- Erstellung eines Simulationsmodells der Grindingmaschine zur Feststellung der „Ist“-Performance der Grindingmaschine ohne Ebenheitssteuerung bzw. -regelung und zur Simulation eines geregelten Grindingprozesses.
- Konzeption des Messverfahrens zur Anwendung an Grindingmaschinen, Auswahl und Beschaffung geeigneter Komponenten sowie Applikation der Messtechnik an das Grinding-Arbeitsgerät.

Bei der Entwicklung von Mess- und Steuerungssystemen zur Vermeidung von Überlappungsbereichen während des Grindings waren sowohl mechanische als auch optische Systeme denkbar. Beide Systeme wurden hinsichtlich Wirkungsweise und Einsatzmöglichkeiten analysiert und bewertet.

2.1.4.3 Erprobungsstrecken

Mit dem Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg konnte in Abstimmung mit der BAST eine Übereinkunft erzielt werden, dass innerhalb einer geplanten Erneuerungsmaßnahme auf der A 12 ein Abschnitt von km 34,100 bis km 35,000 als erste Erprobungsstrecke in besonderer Betonbauweise hergestellt werden soll. Die Vergabeunterlagen für die Erprobungsstrecke waren entsprechend anzupassen.

In Abbildung 5 sind die Abschnitte verschiedener Oberbetone und Texturen und in Abbildung 6 die Texturgeometrien dargestellt.

Abschnitt 1 km 34,100 - 34,400 Unterbeton GK 22 mm als Oberbeton			Abschnitt 2 km 34,400 - 34,700 Waschbeton Ausfallkörnung			Abschnitt 3 km 34,700 - 35,000 Waschbeton stetige Sieblinie		
100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m
Textur 1	Textur 2	Textur 3	Textur 3	Textur 2	Textur 1	Textur 1	Textur 2	Textur 3

Abbildung 5: Oberbetone und Texturen der Erprobungsstrecke A 12

Textur	Grinding			Grooving		
	Segmentbreite	Segmentabstand	Rillentiefe	Segmentbreite	Segmentabstand	Rillentiefe
Textur 1	2,4 mm	1,8 mm	Anschleifen	2,8 mm	22,8 mm	3,0 mm
Textur 2	2,4 mm	1,8 mm	der groben	-	-	-
Textur 3	2,4 mm	1,5 mm	Gesteinskörn.	2,8 mm	21,0 mm	3,0 mm

Abbildung 6: Texturgeometrien der Erprobungsstrecke A 12

Die Untersuchungen zur Beschreibung der Grindingtexturen sowie Nachweis der Homogenität auf der Erprobungsstrecke der A 12 umfasste:

- Bestimmung der Frischbetoneigenschaften wie Temperatur, Konsistenz und Luftporengehalt,
- Prüfung der Spaltzugfestigkeit an Bohrkernen nach den Vorgaben der AL Sp-Beton [10],
- Die Grobtexturmessung mit Messgerät ELAtextur gemäß DIN EN ISO 13473-1 [29],
- 3D-Texturmessung zur Bestimmung der 3D Koordinaten der Objekt Oberfläche,
- Bestimmung des texturinduzierten Strömungswiderstands in Anlehnung an DIN EN 29053 [30],
- kontrollierte Vorbeifahrtmessung (CPB) in Anlehnung an die Statistische Vorbeifahrtmethode (SPB) nach ARS 16/1992 [31] bzw. EN ISO 11819-1 [33],

- Ermittlung der Reifen-Fahrbahn-Geräusche nach der Nahfeldmessmethode (CPX) nach ISO/DIS 11819-2 [28],
- Dynamische Griffigkeitsmessungen mit dem LFC-Messverfahren ViaFriction
- Griffigkeitsmessungen gemäß TP Griff-StB (SKM) [39] aus Kontrollprüfungen,
- Ermittlung des Frost-Tausalz-Widerstandes der Texturen mit dem CDF-Test nach DIN CEN/TS 12390-9 [46]
- Verschleiß- bzw. Polierwiderstand mit dem Aachener Ravelling Tester (ARTE)

Mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe in Baden-Württemberg wurde in Abstimmung mit der BASt vereinbart, dass innerhalb der geplanten Erneuerungsmaßnahme auf der A 5 ein Abschnitt von km 609,400 bis km 610,280 als zweite Erprobungsstrecke mit verschiedenen Betonrezepturen und Grindingtexturen hergestellt werden soll.

Abbildung 7 beinhaltet die Oberbetone und Texturen und Abbildung 8 die Texturgeometrien der Erprobungsstrecke auf der A 5.

Abschnitt V km 609,400 - 609,500 Rundkorn GK 32 mm Ober- und Unterbeton	Abschnitt VI km 609,500 - 609,760 Rundkorn GK 32 mm Ober- und Unterbeton			Abschnitt VII km 609,760 - 610,020 Oberbeton GK 22 mm zu 35% gebrochen			Abschnitt VIII km 610,020 - 610,280 Rundkorn GK 16 mm als Oberbeton		
100 m	85 m	85 m	90 m	85 m	85 m	90 m	85 m	85 m	90 m
Textur 1	Textur 1	Textur 2	Textur 3	Textur 3	Textur 2	Textur 1	Textur 1	Textur 2	Textur 3

Abbildung 7: Oberbetone und Texturen der Erprobungsstrecke A 5

Textur	Grinding			Grooving		
	Segmentbreite	Segmentabstand	Rillentiefe	Segmentbreite	Segmentabstand	Rillentiefe
Textur 1	2,0 mm	1,0 mm	Anschlei-	-	-	-
Textur 2	2,0 mm	1,0 mm	fen der	2,4 mm	21,0 mm	3,0 mm
Textur 3	2,4 mm	1,4 mm	groben GK	-	-	-

Abbildung 8: Texturgeometrie der Erprobungsstrecke A 5



Abbildung 9: Texturen auf der Erprobungsstrecke A5

Die Untersuchungen zur Beschreibung der Grindingtexturen sowie Nachweis der Homogenität auf der Erprobungsstrecke der A 5 umfasste:

- Bestimmung der Frischbetoneigenschaften wie Temperatur, Konsistenz und Luftporengehalt,
- Prüfung der Spaltzugfestigkeit an Bohrkernen nach den Vorgaben der AL Sp-Beton [10],
- Die Grobtexturmessung mit Messgerät ELAtextur gemäß DIN EN ISO 13473-1 [29],
- Griffigkeitsmessungen gemäß TP Griff-StB (SKM) [39],
- Ermittlung der Reifen-Fahrbahn-Geräusche nach der Nahfeldmessmethode (CPX) nach ISO/DIS 11819-2 [28].

Weitere Untersuchungen erfolgten nicht mehr innerhalb dieses Projekts.

2.1.4.4 Untersuchungsergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die Untersuchungsergebnisse auf den Erprobungsstrecken der A 12 (Tabelle 5) und A 5 (Tabelle 6) zusammengestellt.

Da ursprünglich nur eine Erprobungsstrecke geplant und kalkuliert war, konnten die nach Herstellung der Grindingtexturen auf der A 5 erforderlichen Messungen und Auswertungen nur teilweise innerhalb der Bearbeitung dieses Themas erfolgen.

Tabelle 5: Untersuchungsergebnisse auf der Erprobungsstrecke A 12

Abschnitt	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
MPD-Mittelwert [mm]	0,74	0,51	0,80	0,90	0,40	0,81	0,85	0,38	0,83
Griffigkeit SKM [-]	0,6	0,6	0,61	0,56	0,55	0,58	0,57	0,57	0,59
Griffigkeit ViaFriction [-]	0,61	0,49	0,58	0,58	0,52	0,61	0,65	0,54	0,64
Strömungswiderstand [Pa s/m]	513	9245	510	455	23944	526	426	23849	556
CPX-Mittelwert [dB(A)]	98,1	98,6	98,8	98,1	98,1	98,5	98,0	97,8	97,6
L _{AF,max} - 120 km/h [dB(A)]	83,8	83,5	83,9	82,9	82,2	82,6	82,5	83,1	82,4

Die rote Umrandung und Schrift in Tabelle 5 zeigt die Messergebnisse des Abschnittes 2.2 der Erprobungsstrecke auf der A 12, auf dem die vergleichsweise höchsten Lärmminde- rungswerte erreicht wurden. Es handelt sich dabei um eine reine Grindingtextur.

Der vergleichsweise niedrigste Vorbeifahrtpegel von 82,2 dB(A) im Abschnitt 2.2 bedeutet einen Lärminderungswert von lediglich ca. -3 dB(A). Ursache hierfür könnte sein, dass das nach ca. 10 Tagen nach Betonage durchgeführte Grinding im Zusammenhang mit der Festigkeitsentwicklung des Betons zu früh erfolgte. Dies führte zu teilweiseem Herausreißen der oberen Gesteinskörnungen durch das Grinding. Diesem Aspekt wurde bei der Durch- führung der Grindingmaßnahme auf der zweiten Erprobungsstrecke auf der A 5 Rechnung getragen.

Aus den der theoretischen Berechnungen mit SPERoN[®] unter Einbeziehung der Ergeb- nisse der Lärmmessungen auf der ersten Erprobungsstrecke A 12 wurden für die zweite Erprobungsstrecke auf der A 5 grundsätzlich feinere Texturen ausgewählt. Eine Ergebnis- übersicht der vorgenommenen Messungen enthält Tabelle 6.

Tabelle 6: Untersuchungsergebnisse auf der Erprobungsstrecke A 5

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
MPD-Mittelwert [mm]	0,27	0,28	0,80	0,39	0,41	0,75	0,27	0,28	0,72	0,42
Griffigkeit SKM [-]	0,59	0,59	0,61	0,62	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,59
CPX-Mittelwert [dB(A)] 12/2015	95,9	95,7	95,8	96,0	96,3	95,9	95,6	95,6	95,8	96,2
CPX-Mittelwert [dB(A)] 05/2016					95,5	95,0	95,1	94,9	94,8	95,1

Auch hier wurde der Abschnitt mit den vergleichsweise höchsten Lärminderungswerten rot beschriftet und umrandet. Dabei handelt es sich auch hier um eine reine Grindingtextur.

Die Erkenntnisse in Bezug auf die Festigkeitsentwicklung des Betons aus der Erprobungsstrecke der A 12 wurden auf der A 5 berücksichtigt und die Grindingmaßnahme ca. 5 Wochen nach der Herstellung der Betondecke durchgeführt. Die höhere Festigkeit des Betons zu diesem Zeitpunkt verhinderte das Herausreißen der groben Gesteinskörnung während des Grindings in erheblichem Maße.

Eine kontrollierte oder statistische Vorbeifahrtmessung konnte aufgrund der Wintersaison noch nicht realisiert werden. Es ist aufgrund der CPX-Messergebnisse jedoch wahrscheinlich, dass bei der statistischen Vorbeifahrtmessung eine Lärminderung von etwa -5 dB(A) erreichbar ist. Eine Untersuchung nach Endausbildung der Fugen konnte im Rahmen dieses FE-Projektes nicht mehr durchgeführt werden.

Ergebnisse zur Ebenheit und Griffigkeit konnten nicht mehr innerhalb dieser Forschungsarbeit erzeugt und ausgewertet werden.

2.1.4.5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das in diesem Forschungsvorhaben entwickelte Verfahren ist durch ein neu entwickeltes Längsabtastsystem in der Lage, Unebenheiten bis zu einer Wellenlänge von 10 m signifikant zu verringern. Dadurch werden zwei Vorteile erreicht:

Es ergeben sich positive Auswirkungen auf den Fahrkomfort durch eine deutliche Reduzierung der Beschleunigungswerte für das Ladegut, das Fahrzeug und den Fahrer.

Gleichermaßen entsteht eine positive Wirkung hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der Betondecke durch die signifikante Reduzierung des Stoßfaktors bei der Schwerverkehrsbelastung, die wiederum zu einer Reduzierung der Einwirkungen aus Verkehrsbelastung führt.

In diesem Forschungsprojekt wurde das Grindingverfahren optimiert. Im Vordergrund stand dabei die akustische Optimierung, wobei die positiven Wirkungen der Ebenheits- und Griffigkeitsverbesserungen nicht außer Acht gelassen wurden.

Auf Basis der theoretischen und labortechnischen Untersuchungen wurden zunächst Praxisversuche an Bestandsbetonen auf der A 13 durchgeführt, bei denen verschiedene Grindingtexturen mit und ohne Grooving getestet wurden. Im Ergebnis konnten neben Verbesserungen der Ebenheiten und Griffigkeiten auch signifikante Lärminderungen erreicht werden. Das akustische Ergebnis mit dem vergleichsweise höchsten Lärminderungswert wurde in einem Abschnitt mit kombinierter Grinding-Grooving-Textur erzielt, der bei der kontrollierten Vorbeifahrt mit 80,9 dB(A) einen Lärminderungswert von etwa -4 dB(A), orientiert am Referenzbelag für SPB-Messungen (nicht geriffelter Gussasphalt mit einem Emissionspegel von 85,2 dB(A)) aufweisen konnte.

Hauptziel war die Anwendung des Grindingverfahren für neu zu bauende Betonlose, um eine weitere Standardtextur für lärmarme Betonoberflächen im Regelwerk definieren zu können.

Die erste Erprobungsstrecke innerhalb dieses Forschungsthemas, die als Neubaustrecke ausgeführt wurde, war die A 12 im Land Brandenburg im Jahr 2014. Auch hier konnten durch das Grinding insgesamt sehr gute Längsebenheiten (Planographenmessung im Rahmen einer Kontrollprüfung) und Griffigkeiten erzielt werden. Die akustischen Wirkungen ergaben bei allen Varianten Lärminderungen, wobei die Minderungswerte jedoch unter den Erwartungen blieben. Das Ergebnis mit dem vergleichsweise größten Lärminderungswert von ca. - 3 dB(A) wurde im Abschnitt 2.2 (Tabelle 5), erreicht, wo ein Vorbeifahrtpegel von 82,2 dB(A) gemessen wurde. Als Hauptursachen für die geringer als erwartet ausgefallene Lärminderung wurde das teilweise Herausreißen der oberen Gesteinskörnungen durch das Grinding und die relativ grobe Querfugenausbildung detektiert.

Zur Beurteilung weiterer Oberbetone und zur weiteren Optimierung der Grindingtextur wurde eine zweite Erprobungsstrecke erforderlich. Bezüglich möglicher Oberbetone sollte insbesondere getestet werden, inwieweit der Einsatz nicht gebrochener Gesteinskörnungen möglich ist. Hinsichtlich der weiteren Optimierung der Grindingtextur lag das Augenmerk auf sehr feinen Texturen, die einerseits keine ungebrochenen Stege nach Herstellung

hinterlassen und andererseits viele Aufstandspunkte gleicher Höhenlage für die Reifen aufweisen. Diese zweite Erprobungsstrecke wurde in Baden-Württemberg auf der A 5 bei Bruchsal angelegt und im Jahr 2015 realisiert.

Die ausgeführten Grindingtexturen sind noch feiner als die der ersten Erprobungsstrecke und stellen Grenzwerte hinsichtlich des derzeit Ausführbaren im Hinblick auf die Herstellung der Schneidwerkzeuge dar.

Ergebnisse zur Ebenheit konnten nicht mehr innerhalb dieser Forschungsarbeit erzeugt und ausgewertet werden. Griffigkeitsmessungen wurden im April 2016 vorgenommen und lieferten in allen Testfeldern sehr gute Ergebnisse. Hinsichtlich der akustischen Wirkung fand eine erste CPX-Messung statt sofort nach der Herstellung statt. Die Ergebnisse aller Abschnitte liegen relativ dicht beieinander, die Streuung der Messergebnisse ist beeindruckend gering. Aus akustischer Sicht wurden im Testfeld VIII.1 (Tabelle 6) die vergleichsweise größten Lärminderungswerte erzielt. Eine kontrollierte oder statistische Vorbeifahrtmessung konnte aufgrund der Wintersaison und der darauffolgenden Verkehrsführung (Bau der Gegenfahrbahn) noch nicht realisiert werden. Es ist aufgrund der CPX-Messergebnisse jedoch eine Lärminderung von etwa - 5 dB(A) zu erwarten. Eine mögliche Verschlechterung des Wertes ggf. durch die Endausbildung der Fugen, Aufweitungsschnitt und Fugenverguss wurde durch die Ergebnisse einer zweiten CPX-Messung 5 Monate nach der Herstellung der Textur nicht bestätigt.

Die bisherigen Ergebnisse der Erprobungsstrecken zeigen, dass eine signifikante Lärminderung durch das Grinding möglich ist. Die Parameter der Grindingtexturen müssen jedoch genau vorgeschrieben werden. Bei erforderlichen feinen Grindingtexturen ist es aus heutiger Sicht wichtig, den Anforderungswert für den Polierwiderstand der groben Gesteinskörnungen gem. TL Beton-StB 07 [36] und TL Gestein-StB 04/07 [37] einzuhalten, um ausreichende Griffigkeiten dauerhaft erzielen zu können. Die Ergebnisse der Griffigkeitsentwicklung aus einer Versuchsstrecke deuten darauf hin, dass der Widerstand gegen Polieren der feinen Gesteinskörnungen (Sande) gleichermaßen eine wichtige Rolle spielt, wenn die Packungsdichte nicht ausreichend optimiert wurde. Weitere Untersuchungen zu dieser Problematik sind notwendig.

Wahrscheinlich ist, dass feine Grindingtexturen ihre Makrotextur (Texturbereich mit Wellenlängen zwischen 0,5 und 50 mm) während der Nutzungszeit kaum verändern werden, da

die Stege bereits bei Herstellung zu 100% gebrochen wurden. Somit werden sich die Oberflächeneigenschaften vermutlich nur geringfügig ändern. Es obliegt weiteren Untersuchungen, diese These zu bestätigen und die Dauerhaftigkeit zu beweisen.

Aus den durchgeführten Untersuchungen und erzielten Ergebnissen lassen sich folgende Empfehlungen und Erkenntnisse ableiten:

Eine Optimierung der Fugenausbildung kann zu weiterer Lärminderung des Reifen-/Fahrbahngeräusches führen. Dazu sind Untersuchungen zu speziellen Anforderungen an die Fugengestaltung notwendig. Denkbar für eine Lärminderung wären die Minimierung der Phasen und das Füllen der Fugen (Verguss oder Profil) bis an die Oberkante der Fahrbahn.

Der Einfluss der durch das Grinding erzeugten gerichteten Textur der Fahrbahnoberfläche auf die Fahrdynamik muss untersucht werden.

Überlappungsbereiche beim Grinden sind aus fahrdynamischer Sicht so gering wie möglich zu halten. Der Einsatz des innerhalb des Forschungsvorhabens entwickelten Mess- und Steuerungssystems zur Vermeidung von Überlappungsbereichen bietet gute Voraussetzungen dafür.

Eine hohe Packungsdichte der Gesteinskörnung erhöht den Gesteinsanteil in den Stegen der Grindingtextur und könnte sich somit positiv auf die Dauerhaftigkeit der Grindingtextur auswirken.

Ein langfristiges Monitoring zur Entwicklung des Lärm- und Griffigkeitsverhaltens und zur Dauerhaftigkeit der erzeugten Grindingtexturen ist notwendig.

Beim Grinding von Betonfahrbahnen im Rahmen von Neubaumaßnahmen sollten für die dort zu behandelnden großen Flächen breite und leistungsfähige Grindingmaschinen zum Einsatz kommen, um die Wirtschaftlichkeit und die Präzision des Verfahrens zu erhöhen.

Für die Herstellung einer grindingtexturierten Betonfahrbahn ist der Einsatz von Kiesbeton prinzipiell geeignet. Der nach ZTV Beton-StB 07 [41] erforderliche Einsatz von gebrochener Gesteinskörnung könnte somit entfallen.

Gegenüber der Herstellung einer Waschbetonoberfläche kann der Prozess des Grindings als halbindustrieller Fertigungsprozess bezeichnet werden, mit dem ein wesentlich höheres Maß an Präzision und Gleichmäßigkeit der erzeugten Textur erreicht werden kann.

Anforderungen an das Grinding im Zuge des Neubaus der Betondecke

Die Herstellung der Grindingoberfläche muss bereits in den Ausschreibungsunterlagen berücksichtigt werden. Beim Neubau der Betondecke ist eine hohe Grundebenheit erforderlich, wenn die Herstellung der Textur mittels Grinding wirtschaftlich sein soll. In anderen Fällen müsste zunächst ein Ebenheitsgrinding vorgeschaltet werden, bevor die eigentliche Textur mit lärmindernder Wirkung hergestellt werden kann. Der Oberbeton soll eine homogene dünne Mörtelschicht aufweisen, um die grobe Gesteinskörnung ohne Mühe anschneiden zu können. Des Weiteren ist es von Vorteil, wenn die Betondecke mit einer Dickenreserve gebaut wird, damit die Möglichkeit besteht, das Grinding im Nutzungszeitraum der Betondecke eventuell wiederholen zu können.

Die Praxisversuche haben gezeigt, dass der Oberbeton eine Mindestfestigkeit erreicht haben muss, bevor der Grindingvorgang begonnen werden kann. Es wird empfohlen, die Mindestfestigkeit als Spaltzugfestigkeit gemäß TP B-StB [42] zu definieren. Je nach Festigkeit des Betons ist die Wahl der geeigneten Schneidblätter durch den Auftragnehmer vorzunehmen. Rotationsgeschwindigkeit und Vorschub sind ebenfalls durch den Auftragnehmer zu wählen und zwar so, dass eine gleichmäßige Textur entsteht und ein „Aufschwimmen“ der Grindingwelle beim Schneidvorgang vermieden wird.

Grundsätzlich sind schmalere Grindingwellen weniger geeignet, da sich die Zahl der Überlappungsbereiche erhöht und somit eine inhomogenere Oberflächentextur entsteht. Des Weiteren erhöht sich die Herstellungszeit signifikant, so dass ggf. Verkehrsführungskosten steigen und die Verfügbarkeit der Verkehrsanlage sinkt.

Die Texturparameter sind durch die Vorgabe der Segmentbreite und des Segmentabstandes festzulegen. Die Schneidtiefe ist so anzupassen, dass die durch die Betondeckenfertigung entstandene Textur vollständig beseitigt und die grobe Gesteinskörnung angeschnitten wird. Folglich führt eine größere Mörtelschichtdicke zu einer höheren Abtragstiefe. Aus dimensionierungsrelevanten Gründen sollte die Gesamtabtragstiefe nicht mehr als 1 cm betragen.

Wenn die Anforderungen an die Ebenheit mit 4 mm, bezogen auf eine Messbasis von 4 m bei der hergestellten Betondecke eingehalten werden, ist das Grinding in einem Arbeitsgang möglich. Falls die Unebenheiten größer sind, muss ein Ebenheitsgrinding vor dem akustischen Grinding vorgeschaltet werden.

Im Kontext mit den zuvor aufgeführten möglichen Gesamtabtragstiefen wird empfohlen, eine Dickenreserve von mindestens 1 cm beim Neubau zu realisieren.

Um die junge Betonmatrix des Oberbetons nicht zu schädigen, sind Mindestanforderungen an die Festigkeit des Betons einzuhalten. Dabei ist jeweils der jüngste Betonabschnitt zu prüfen. Die Grindingarbeiten können aus den Erfahrungen der Erprobungsstrecken beginnen, wenn:

- Der Einzelwert der Spaltzugfestigkeit $f_{ct,i,core}$ soll mindestens 3,0 MPa betragen.
- Der Mittelwert der Spaltzugfestigkeit $f_{ct,m,core}$ aus drei Bohrkernscheiben des Oberbetons soll mindestens 3,3 MPa betragen.
- Der zu grindende Beton muss für jeden Einzelwert eine Druckfestigkeit $f_{c,i,cube}$ von 35 MPa, geprüft am Bohrkern DN 150, aufweisen.
- Der Mittelwert der Druckfestigkeit $f_{c,m,cube}$ soll mindestens 37 MPa, geprüft an drei Bohrkernen DN 150, betragen.

Es wird empfohlen, eine Mindestwellenbreite ab 1,30 m vorzugeben, um die Anzahl der Überlappungsbereiche zu minimieren. Weiterhin sollte die Summe der Breite der Überlappungsbereiche über den Querschnitt festgelegt werden. Die Überlappungsbereiche sollten insbesondere im Hauptfahrstreifen nicht in den Rollspuren angeordnet werden.

Der Scheibenbesatz der Grindingwelle sollte so vorgenommen werden, dass die Toleranzen in den Abmessungen gleicher Schneidscheiben untereinander minimal sind.

Das Grinding soll nach dem Kerbschnitt und vor Aufweitungsschnitt der Scheinfugen erfolgen.

Die Grindingmaschine muss mit einer Vorrichtung zur Direktabsaugung des beim Schneidvorgang anfallenden Materials ausgerüstet sein, so dass keine Schneidschlämme auf die Fahrbahn gelangen können. Neue Technologien lassen eine Aufbereitung der Schneidschlämme zu.

Anforderungen an das Grinding im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen am Bestandsbeton

Bei Bestandsstrecken, bei denen im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen die Ebenheit, die Griffigkeit und/oder das Lärmverhalten verbessert werden sollen, müssen gegenüber einer Neubaustrecke in der Ausschreibung einige Anpassungen vorgenommen werden, die der

vorhandenen Ebenheit und der durch die Nacherhärtung des Betons erreichten Festigkeit Rechnung tragen.

Zunächst ist die Eignung der Strecke und speziell die des Oberbetons zu prüfen:

- Festigkeit des Oberbetons,
- Mörtelschichtdicke des Oberbetons,
- Polierresistenz der groben und feinen Gesteinskörnung,
- Unebenheiten vor dem Grinding.

Weiterhin wird empfohlen, eine Fugensanierung dem Grinding nachzuschalten.

Folgende Aspekte sind zusätzlich zu beachten:

- Die Ebenheit der Fahrbahn nach dem Grinding muss den Anforderungen der TP Eben [38] entsprechen, Unebenheiten von ≤ 4 mm, bezogen auf eine Messbasis von 4 m, sollen zugelassen werden.
- Gegebenenfalls muss ein Ebenheitsgrinding vor dem eigentlichen Grinding vorgeschaltet werden, um große Unebenheiten zu beseitigen.
- Die Abtragstiefe darf im Kontext mit der Gesamtdeckendicke 10 mm nicht überschreiten, um die Dicke der Betondecke nicht so weit zu verringern, dass daraus Folgeschäden entstehen. Bei voraussichtlicher Überschreitung dieses Wertes ist im Vorfeld eine Nachrechnung der Betondecke erforderlich, um die Restnutzungsdauer rechnerisch abzusichern.
- Durch die altersbedingte erhöhte Festigkeit des Betons ist bei der Ausführung des Grindens auf die Wahl geeigneter Schneidwerkzeuge zu achten.
- In Abhängigkeit von der Festigkeit des Betons muss Segmentanpressdruck und Vortriebsgeschwindigkeit so gewählt werden, dass ein „Aufschwimmen“ vermieden wird.
- In den Übergangsbereichen zum Bestand ist die Schneidtiefe derart anzupassen, dass keine Stufen und Verwerfungen entstehen.
- Die vorhandene Gradienten- und Querneigung sind beizubehalten.

Alle anderen Anforderungen entsprechen denen des Grindings einer Neubaustrecke.

2.1.5 Einfluss von Fugen auf die Rollgeräuschentwicklung

Zur Vermeidung von wilden Rissen und zum Ausgleich der Längenänderung durch Abkühlung und Erwärmung wird die Fahrbahndecke aus Beton durch Fugen in einzelne Platten unterteilt. Man unterscheidet Quer- und Längsscheinfugen, Raum- und Gleitfugen sowie

Pressfugen. Der Abstand der Schein- und Pressfugen wird in Deutschland in der ZTV Beton-StB [41] geregelt. Quersfugen werden in der Regel rechtwinklig zur Straßenachse angeordnet. Sie dürfen im Bereich von Längsfugen nicht gegeneinander versetzt sein. Die Ausbildung und Verfüllung der Fugen regelt die ZTV Fug-StB [43].

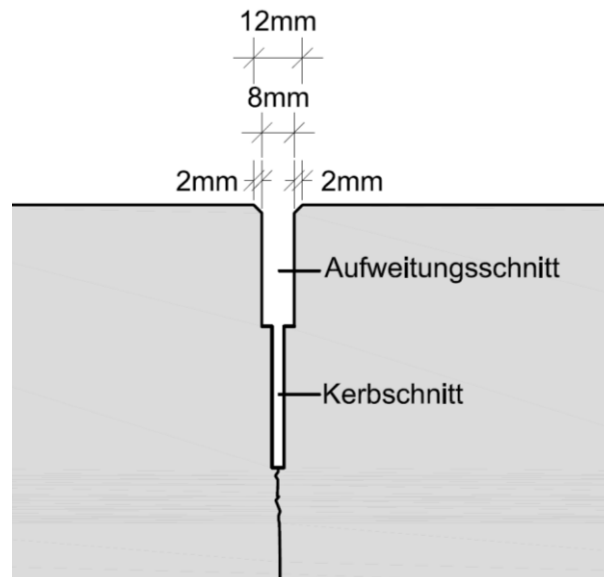


Abbildung 10: klassische Querscheinfugenausbildung nach ZTV Fug-StB bei 5 m Plattenlänge

Ansätze zur Optimierung der Ausbildung der Scheinfugen könnten die Verringerung der Breite oder der Verzicht des Aufweitungsschnittes liefern, so dass Fugenspaltbreiten von 3 bzw. 4 mm (ohne Abfasung) entstehen würden. Dabei wäre zu prüfen, inwieweit eine Abfasung der Betonkanten erforderlich ist. Gegebenenfalls wäre diese zu minimieren, so dass eine Gesamtfugenbreite von 6-7 mm entstünde. Darüber hinaus wären neue Fugenfüllsysteme zu erforschen, die einerseits dauerhaft die Dehnungen und Stauchungen im Plattensystem aufnehmen können und andererseits in das schmale Fugensystem eingebracht werden können.

Nachfolgend werden Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben FE 08.0232/2014/FRB „Einfluss der Fugenöffnungsweite auf die akustischen Eigenschaften von Fahrbahndecken aus Beton“ [18] beschrieben.

Erste Untersuchungen zur lärmtechnischen Aspekte der Fugenausbildung wurden in diesem Forschungsvorhaben durchgeführt. Dort wurde dargelegt, dass Querscheinfugen Störstellen der Fahrbahnoberflächentextur darstellen und die geometrische Form der Fuge –

beschrieben durch Öffnungsweite, Anfasung, Art und Position des Fugenfüllmaterials – zu einer sich im Zeitverlauf verändernden Kontaktkraft und zu einer Anregung von Reifenschwingungen führt.

In einer Parameterstudie wurde anhand von CPX-Messungen untersucht, welchen Einfluss verschiedene Parameter der Fugenausbildung auf die Rollgeräuscentstehung haben:

- **Fugenöffnungsweite**

Die Fugenöffnungsweite wurde als einer der wichtigsten Parameter bei der Geräuscentstehung detektiert. Abbildung 11 zeigt die lineare Abhängigkeit der Geräuscentwicklung von der Fugenöffnungsweite.

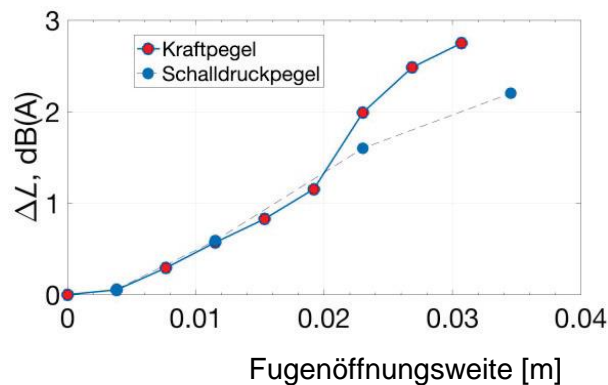


Abbildung 11: Veränderung des A-bewerteten Kontaktkraftpegels und Schalldruckpegels als Funktion der Fugenöffnungsweite [18].

- **Ausrichtung der Querscheinfuge**

Die Ausrichtung der Querscheinfuge schräg zur Fahrbahnachse wurde als zweiter Parameter simuliert (Abbildung 12). Es wurde herausgearbeitet, dass abgesehen von sehr kleinen Winkeln die Geräuscentwicklung bis zu einem Winkel bis 30° abnimmt (siehe Abbildung 13).

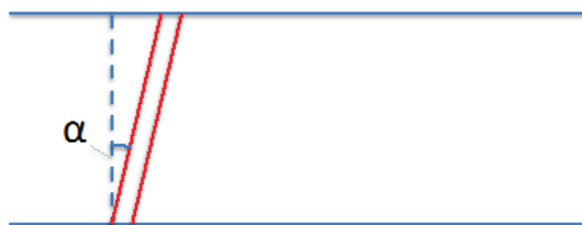


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Scheinfuge, die im Winkel α über die Querrichtung der Fahrbahn verläuft [18].

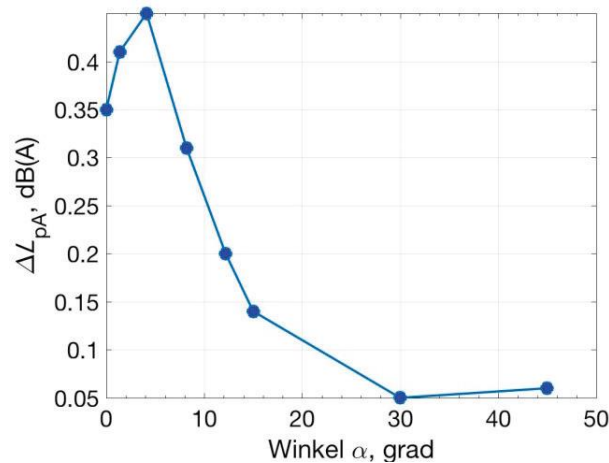


Abbildung 13: Veränderung ΔL_{pA} des A-bewerteten Schalldruckpegels als Funktion des Winkels α für die Oberfläche B02 und einer Fugenöffnungsweite von 11,5 mm [18].

- **Fugenfüllung**

Um den Einfluss der Fugenfüllung zu untersuchen, wurde das Fugenfüllmaterial in verschiedenen Tiefen der Fugen eingebracht. Bei tiefliegendem Fugenfüllmaterial bleibt der Pegel gleich, er verringert sich, wenn die Fuge vollständig ausgefüllt ist und steigt steil an beim Herausquellen des Fugenfüllmaterials aus der Fuge (siehe Abbildung 14).

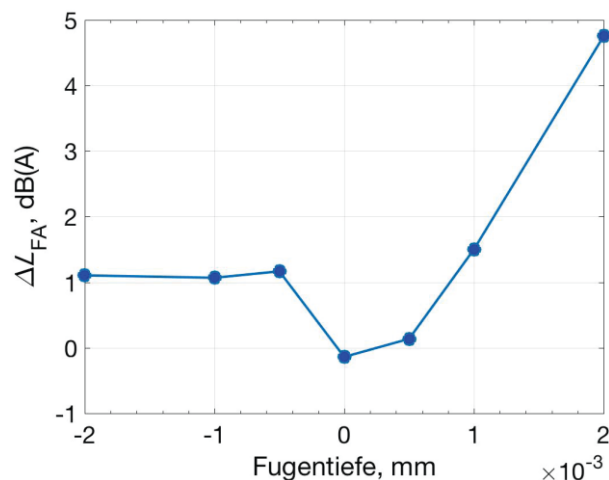


Abbildung 14: Veränderung des A-bewerteten Gesamtpegels der Kraft ΔL_{FA} durch die Überrollung von Fugen mit einer Öffnungsweite von 11,5 mm als Funktion der Fugentiefe. Positive Werte liegen oberhalb der Fahrbahnoberfläche [18].

- **Höhenversatz**

Als weiterer Parameter ist die Variation des Höhenversatzes zweier an die Querscheinfuge angrenzender Betonplatten zwischen 0,5 und 3mm in die Untersuchungen eingeflossen.

Es wurde festgestellt, dass nur Änderungen bei tieferen Frequenzen auftreten (), die für den A-bewerteten Gesamtschalldruckpegel keine Rolle spielen. Es wurde angenommen, dass die Fuge an sich eine stärkere Anregung als ein eventueller Höhenversatz darstellt (vgl. Abbildung 15).

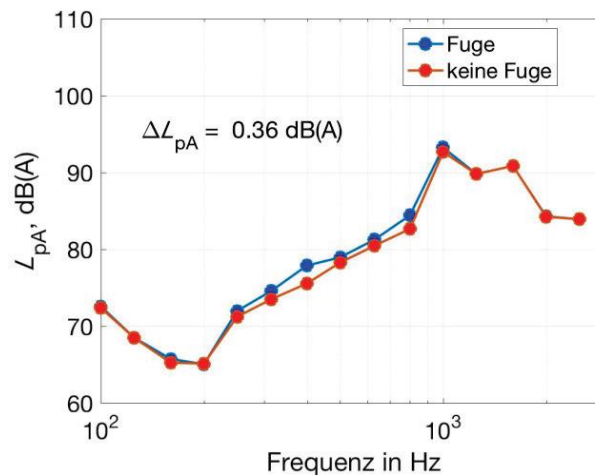


Abbildung 15: Vergleich der A-bewerteten Schalldruckpegel L_{pA} in Abhängigkeit von der Frequenz für die Fälle mit und ohne Fugenüberrollung. Höhenversatz $h = 2$ mm [18].

2.2 Internationale Forschungsvorhaben

2.2.1 Next Generation Concrete Surface (NGCS) in den USA

Das Grinding (Schneiden) und Grooving (Rillen schneiden) von Betonfahrbahndecken kommt in den USA seit Anfang der 1960er Jahre auf Straßen und Flughäfen zum Einsatz, um die Griffigkeit und die Ebenheit sowie den Wasserabfluss der Oberfläche zu verbessern. In den vergangenen Jahren wurden beide Verfahren für unterschiedlichste Anwendungsfälle modifiziert.

Das Grinding wird auch bei Betonfahrbahndecken eingesetzt, bei deren Herstellung noch keine Dübel verwendet wurden und infolgedessen es zu einer Stufenbildung der Platten gekommen ist. Die Stufenbildung wird durch den Grindingvorgang abgeschnitten. In diesem Fall kann der Betonabtrag beim Schneidvorgang auch mehrere Zentimeter betragen.

Mit dem Ziel, lärmindernde Texturen zu entwickeln und den Einfluss der Fugen auf die Geräuschemission zu untersuchen, begann im Jahr 2005 ein dreijähriges Forschungsvorhaben [3]. Im Labor der Purdue University wurden in einem Reifen/Fahrbahn-Versuchsstand (Tire Pavement Test Apparatus, TPTA) Betonprobekörper befestigt und mit einer speziellen Grindingvorrichtung texturiert (Abbildung 16). Dabei wurden unterschiedliche

Wellenbesätze der Grindingvorrichtung unter Variation der Segmentbreite und der Distanzscheibenbreite verwendet.



Abbildung 16: links: Versuchsstand [3], rechts: Grindingvorrichtung [3]

An den Grindingoberflächen wurde anschließend das Reifen/Fahrbahngeräusch gemessen und zur Oberflächencharakterisierung wurden Lasermessungen durchgeführt (Abbildung 17).



Abbildung 17: links: Messung der Reifen/Fahrbahngeräusche im Labor, [3], rechts: Lasermessung der Oberfläche im Labor, [3]

Zur Vermeidung des beim herkömmlichen Grinding auftretenden unkontrollierten Stegbruchs wurde eine Oberfläche mit definierter Texturgeometrie entwickelt, bei der es unabhängig von der Betonzusammensetzung zu keinem unkontrollierten Stegbruch kommt. Diese Oberfläche besteht aus 12,5 mm breiten Stegen, auf deren Oberfläche sich sehr feine Rillen befinden. Mit dieser als Next Generation Concrete Surface (NGCS) bezeichneten Oberfläche wurden die geringsten Reifen/Fahrbahngeräusche erzielt (Abbildung 18).

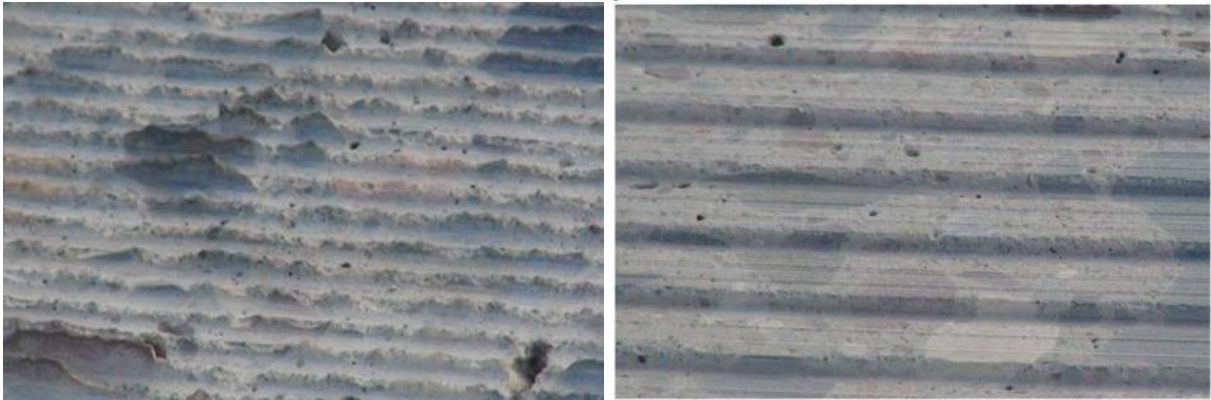
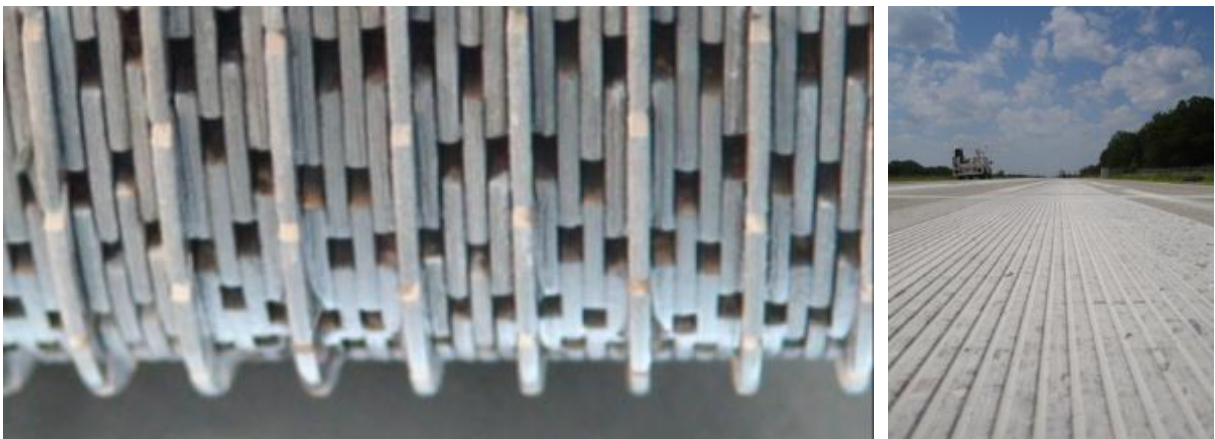


Abbildung 18: links: Konventionelle Grindoberfläche, rechts: Next Generation Concrete Surface (NGCS)

Auf dem Forschungsgelände MnROAD des Departments of Transportation in Minnesota wurden anschließend Testfelder mit unterschiedlichen Grindoberflächen hergestellt.

Zur Herstellung der NGCS in einem Arbeitsgang besteht der Wellenbesatz aus Schneid-
scheiben mit unterschiedlichem Durchmesser. Die im Radius ca. 2 mm kleineren Schneid-
scheiben sind über minimale Distanzscheiben dicht an dicht angeordnet. Sie schneiden die
feinen Rillen auf die breiten Stege der Oberfläche. Mit den größeren Schneidscheiben, de-
ren Abstand rd. 12,5 mm beträgt, werden die zum Wasserabfluss nötigen Rillen in die Ober-
fläche geschnitten (Abbildung 19).



**Abbildung 19: links: Wellenbesatz für NGCS bei einem Arbeitsgang,
rechts: NGCS-Testfeld [8]**

Die Testfelder wurden danach hinsichtlich ihrer Dauerhaftigkeit, Griffigkeit und Lärmminde-
rungseigenschaften untersucht.

Die Geräuschemission der Oberflächen wurde mit dem OBSI-Verfahren (OBSI: On-Board Sound Intensity), eine Nahfeldmethode, mit der das Reifen/Fahrbahngeräusch wie beim in Deutschland angewandten CPX-Verfahren (CPX: Close-Proximity Method) an einem genormten Reifen gemessen wird. Die Ergebnisse beider Verfahren lassen sich jedoch nicht aufeinander übertragen, da unter anderem eine unterschiedliche Anordnung der Mikrophone vorliegt. Beim OBSI-Verfahren fehlt darüber hinaus die beim CPX-Anhänger vorhandene Schallisolierung (Abbildung 20).

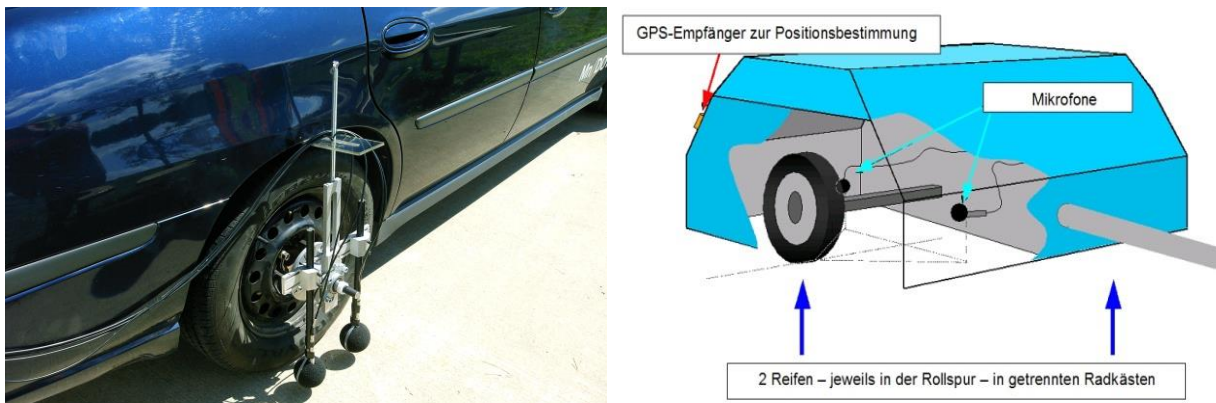


Abbildung 20: links: OBSI-Verfahren, rechts: CPX-Verfahren

Die an der NGCS ermittelten Geräuschemissionen wurden den Messungen von Testfeldern mit anderen Texturen, dem offenporigen Asphalt (ARFC), dem konventionellen Grinding (CDG), und dem Longitudinal Tining (Texturierung mittels Kamm in Längsrichtung) gegenübergestellt [2] und sind in Abbildung 21 dargestellt.

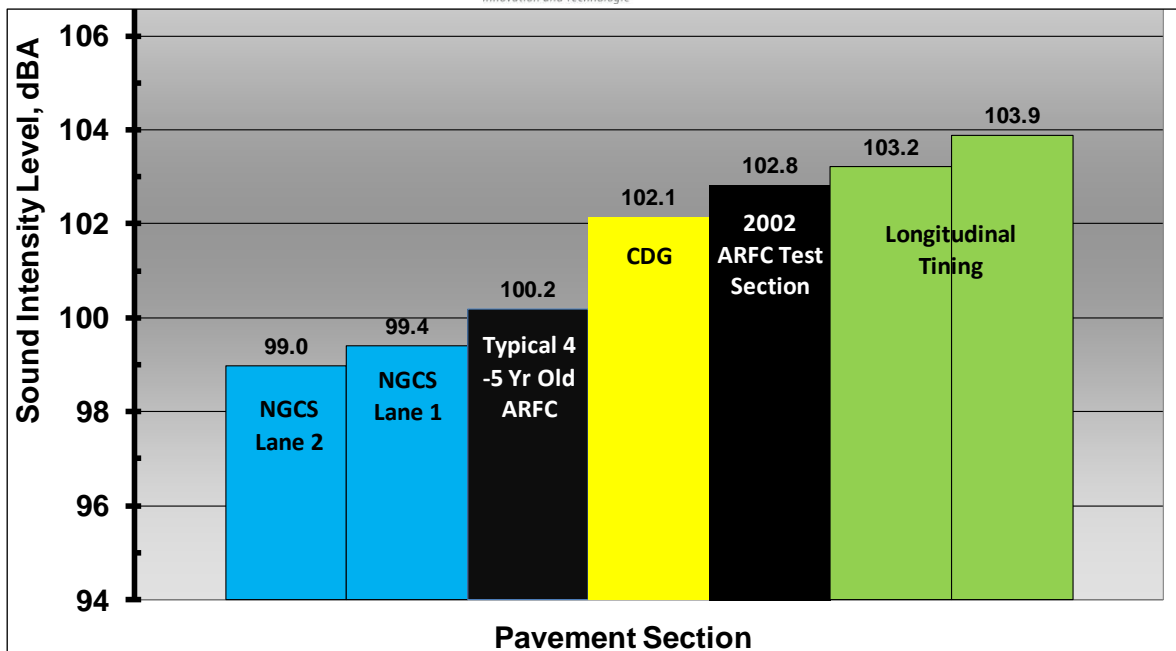


Abbildung 21: Geräuschemissionen (OBSI-Verfahren) der unterschiedlichen Testfelder

Mit im Mittel 99,2 dB(A) wurde bei der NGCS die geringste Geräuschemission erzielt. Sie ist um rd. 3 dB(A) niedriger als bei der konventionellen Grindingoberfläche (CDG). Auch bei dem hier verwendeten offenporigen Asphalt (ARFC = Asphalt Rubber Friction Course) war die Geräuschemission höher als bei der NGCS. Es ist zu vermuten, dass dies zum einen an der im Alter zunehmenden Verschmutzung der Poren und damit verbundener Verringerung der Lärminderung offenporiger Asphalte liegt. Strecke 1 (100,2 dB(A) war zum Prüfzeitpunkt 4 - 5 Jahre und Strecke 2 (102,8 dB(A) ca. 6 Jahre alt. Ein weiterer Grund könnte das Messen der Geräuschemission mit einer Nahfeldmethode sein, bei der das Absorptionsverhalten offenporiger Strukturen generell nur in geringem Maße erfasst wird. Die höchsten Geräuschpegel wurden bei den mit einem Kamm in Längsrichtung texturierten Oberflächen (Longitudinal Tining) gemessen.

Auf einer Erprobungsstrecke in Kansas wurden zum Vergleich der Lärminderungseigenschaften unterschiedliche Texturen auf einer Betonfahrbahndecke hergestellt. Die Geräuschemission wurde im Jahr der Herstellung (Abbildung 22, 08 Data) und nach einem Jahr unter Verkehr (Abbildung 22, 09 Data) gemessen.

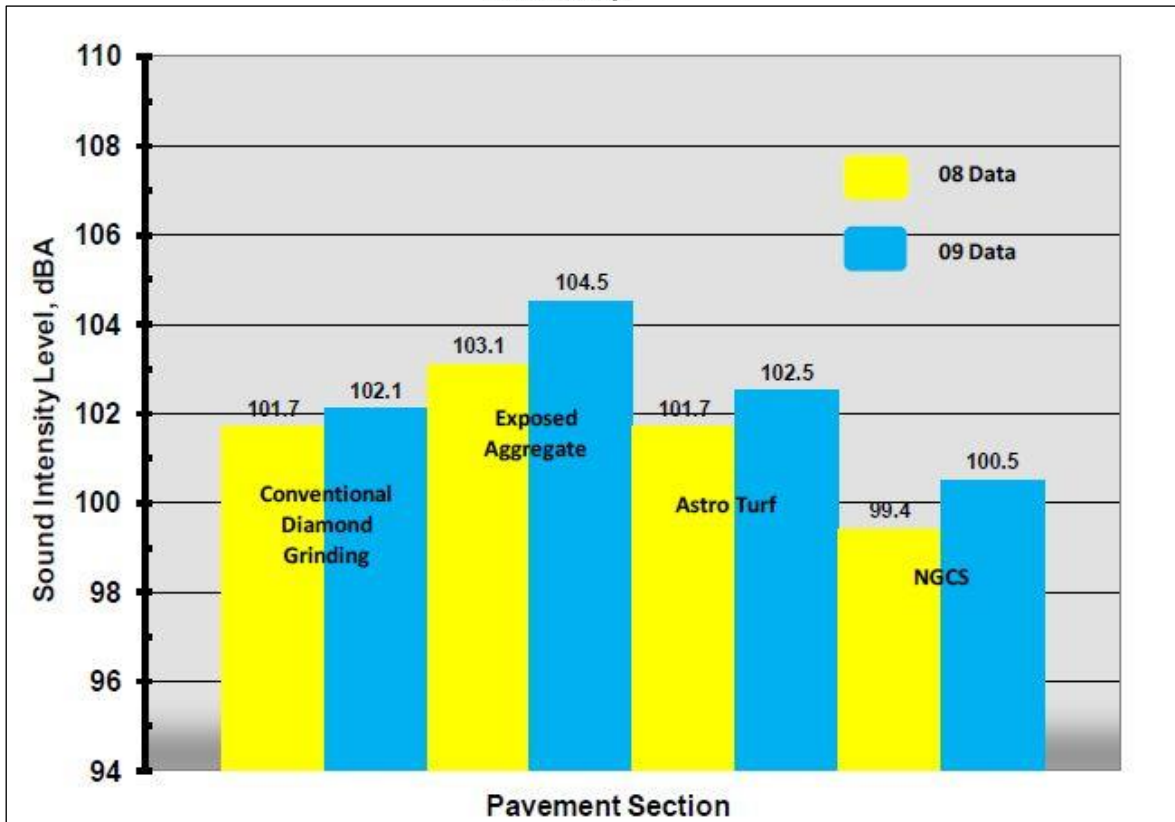


Abbildung 22: Geräuschemissionsmessungen auf einer Erprobungsstrecke in Kansas [3]

Auch hier zeigte sich, dass mit der NGCS die geringste Geräuschemission erzielt werden konnte. Nahezu gleich sind die Ergebnisse der konventionellen Grindingoberfläche und die der kunststrasentexturierten Oberfläche (Astro Turf). Am schlechtesten waren die Lärminderungsseigenschaften beim Waschbeton (Exposed Aggregate). Unabhängig von der Textur erhöhte sich die Geräuschemission aller Oberflächen nach einem Jahr unter Verkehr um rd. 1 dB(A).

2.2.2 Lärmmessungen auf einer Strecke mit NGCS und Waschbeton in den Niederlanden

Auf dem 13th International Symposium on Concrete Roads in Berlin 2018 trug W. van Keulen (VANKEULEN advies bv, Vlijmen, Niederlande) zu den Ergebnissen der Messungen auf einer NGCS-Versuchsstrecke vor [21].

2.2.2.1 Versuchsstrecke

Bezug nehmend auf die Untersuchungen von [3], bei denen auf verschiedenen Strecken mit NGCS die Lärmreduzierung im Vergleich zum herkömmlichen Grinding bei etwa 3 dB(A)

lag, regte W. van Keulen an, auf einer niederländischen Versuchsstrecke die amerikanischen Messergebnisse zu verifizieren, da es ziemlich kompliziert sei, diese Ergebnisse auf die niederländischen Messmethoden zu übertragen.

Auf einer Standard-Waschbetonfahrbahn (WB) mit einem Oberbeton der Gesteinskörnung 0/22 in der niederländischen Stadt Eindhoven wurde daraufhin eine Teststrecke eingerichtet, wo in einer eigens dafür vorgesehenen Busspur die erste Strecke mit Next Generation Concrete Surface (NGCS) gebaut wurde. Neben dieser Spur wurde eine Testspur mit optimiertem Waschbeton (optimierter WB) hergestellt, deren Oberbeton eine Gesteinskörnung 0/6 enthält (Abbildung 23).



Abbildung 23: links: Textur NGCS, rechts: Textur OEA

2.2.2.2 Lärmmessungen

Die Lärmmessungen wurden sowohl auf den beiden Teststrecken als auch auf dem angrenzenden Standard-Waschbeton 0/22 durchgeführt. Dies diente als zweite Referenz neben der niederländischen Norm AC Surf. Die Messungen wurden nach der CPX-Methode [28] und der SPB-Methode [33] durchgeführt.

Bei den SPB-Messungen wurden alle Fahrzeuge (Pkw, Busse und Lkw) auf die Busspur geführt. Das SPB-Setup wurde so erweitert, dass die Fahrzeuge pseudo simultan gemessen wurden. Dies hat die statistische Messunsicherheit erheblich eingeschränkt. Die Ergebnisse wurden dann mit denen der CPX-Messungen korreliert, was zu einer sehr genauen Übereinstimmung der Produktionsprozedur für beide Testspuren führte.

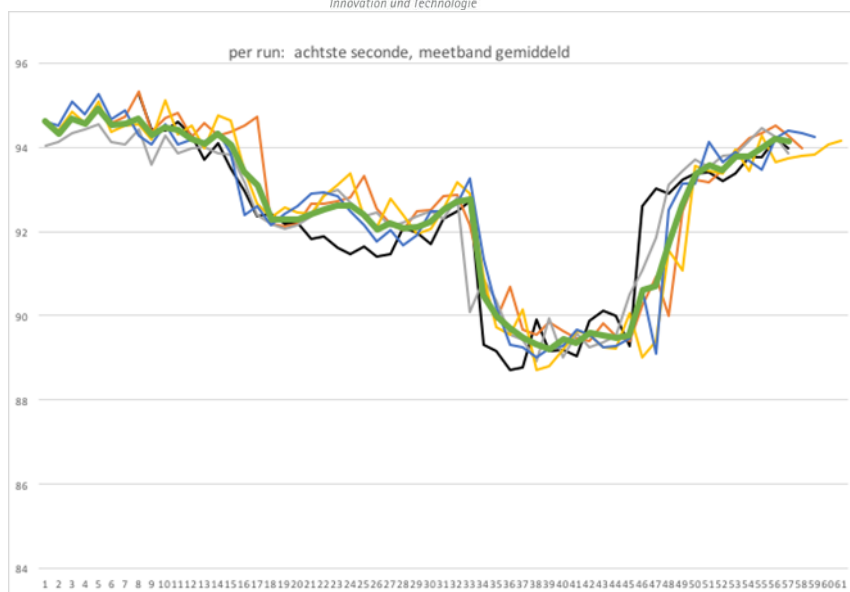


Abbildung 24: Ergebnisse der CPX-Messungen. Das erste Viertel der Grafik ist WB, das zweite optimierter WB, das dritte NGCS und das vierte ist wieder WB.

Aus Tabelle 7 ist ersichtlich, dass der optimierte WB und der Abschnitt mit NGSC eine signifikante Geräuschreduktion zeigten. Eine positive Zahl bezeichnet eine Geräuschreduzierung.

Tabelle 7: Gemessene Lärminderungen für PKW im Verhältnis zu den jeweiligen Referenzen

Referenz	Geräuschreduzierung [dB (A)]		
	WB	optimierter WB	NGCS
Angrenzender WB	--	2	5
NL-Norm AC Surf	-1	1	4

Diese Ergebnisse sind etwas besser als die Schätzungen, die auf Modellen und früheren Erfahrungen basieren.

2.2.2.3 Griffigkeitsmessungen

Die Griffigkeit wurde gemäß dem niederländischen Standardtest 72 gemessen, bei dem es sich um ein Verfahren mit einem zu 86% gesperrten Messrad handelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 enthalten.

Tabelle 8: Gemessene Griffigkeit

Position	Griffigkeitsbeiwert [-]			
	WB Abschnitt 1	optimierter WB	NGCS	WB Abschnitt 2
Zwischen den Rollspuren	0.63	0.72	0.56	0.61
In der rechten Rollspur	0.60	0.68	0.45	0.59

Die Griffigkeit der Textur NGCS ist niedriger als die der anderen getesteten Oberflächen. In der rechten Rollspur ist sie 6 Wochen nach dem Bau sogar noch niedriger als der empfohlene Wert von 0,53 für Betonstraßen. Der Unterschied der Ergebnisse von der rechten Rollspur und zwischen den Rollspuren wird damit erklärt, dass die Griffigkeitsmessungen ein Jahr nach dem Bau stattfanden, was jedoch keine Erklärung für die gemessenen gegenseitigen Unterschiede sein soll.

2.2.3 New Generation Concrete Surface (NGCS) in Belgien

In einem Vortrag auf dem 13th International Symposium on Concrete Roads in Berlin 2018, gehalten von B. Vanhooreweder, P. De Winne und A. Scheers (Flemish Government - Agency for Roads and Traffic, Belgium), wurden die Ergebnisse auf einer belgischen Versuchsstrecke mit NGCS erläutert [22].

Die erste belgische Versuchsstrecke mit NGCS wurde im Oktober 2015 auf einer bestehenden Waschbetonoberfläche der N44 in Maldegem mit zwei verschiedenen Texturen eingerichtet (Tabelle 9).

Tabelle 9: NGCS-Texturen auf der N44 in Maldegem

Textur	Grinding			Grooving		
	Segmentbreite	Segmentabstand	Rillentiefe	Segmentbreite	Segmentabstand	Rillentiefe
Textur 1	2,8 mm	1,1 mm	~ 1,0 mm	2,8 mm	15,6 mm	~ 4,0 mm
Textur 2	2,8 mm	2,6 mm	~ 1,0 mm	2,8 mm	21,0 mm	~ 4,0 mm

Die so entstandenen Texturen mit einem Wellenbesatz von aufeinander folgend jeweils einer tieferen Rille und vier flachen Rillen sind in Abbildung 25 zu sehen:

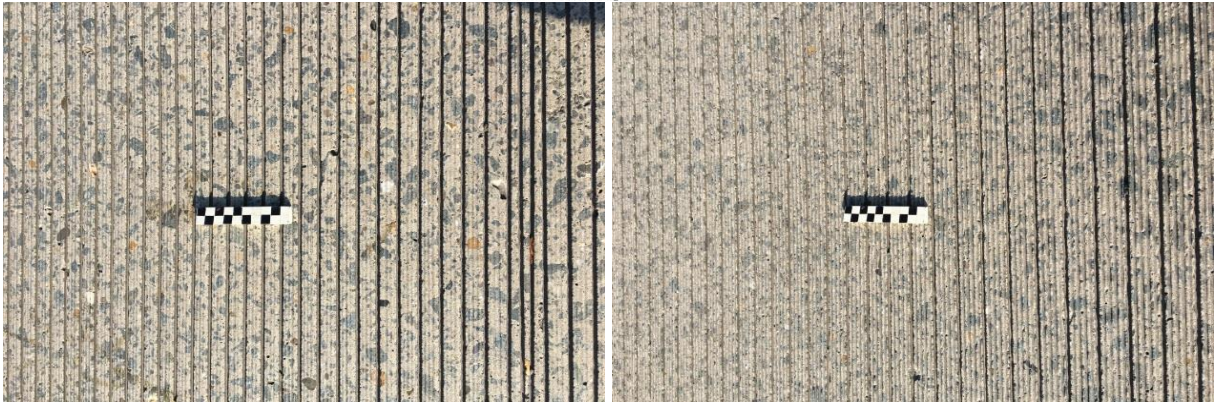


Abbildung 25: NGCS-Testabschnitt in Maldegem auf der N44, links: Profil 1, rechts: Profil 2

Um die Auswirkung auf den Lärmpegel zu ermitteln, wurden vor und nach der Texturierung Rollgeräuschmessungen mit der Close-Proximity-Methode (CPX) nach ISO 11819-2 [28] und der statistischen Vorbeifahrt-Methode (SPB) nach ISO 11819-1 [33] durchgeführt (Abbildung 26).



Abbildung 26: links: CPX-Anhänger, rechts: Statistische Vorbeifahrt-Methode (SPB)

Die CPX-Messungen vor der Texturierung mit dem Referenzreifen SRTT bei 80 km/h ergaben einen Geräuschpegel zwischen 101,1 und 101,4 dB (A). Dies ist 2,1 bis 2,4 lauter als die belgische Referenz SMA-C (Splittmastixasphalt mit einem mit einem Größtkorn von 10 mm). Beim LKW-Reifen (Referenzreifen AVON AV4 bei 80 km/h) lag der CPXH-Wert zwischen 99,6 und 100,0 dB (A).

Die weiteren CPX-Messungen wurden 1, 5, 11 und 18 Monate nach der Texturierung vorgenommen. Die Unterschiede im CPX-Niveau mit dem Referenzreifen SRTT (PKW-Reifen) im Vergleich zum bestehenden Straßenbelag sind in Abbildung 27 und mit dem Referenzreifen AVON AV4 (LKW-Reifen) sind in Abbildung 28 dargestellt.

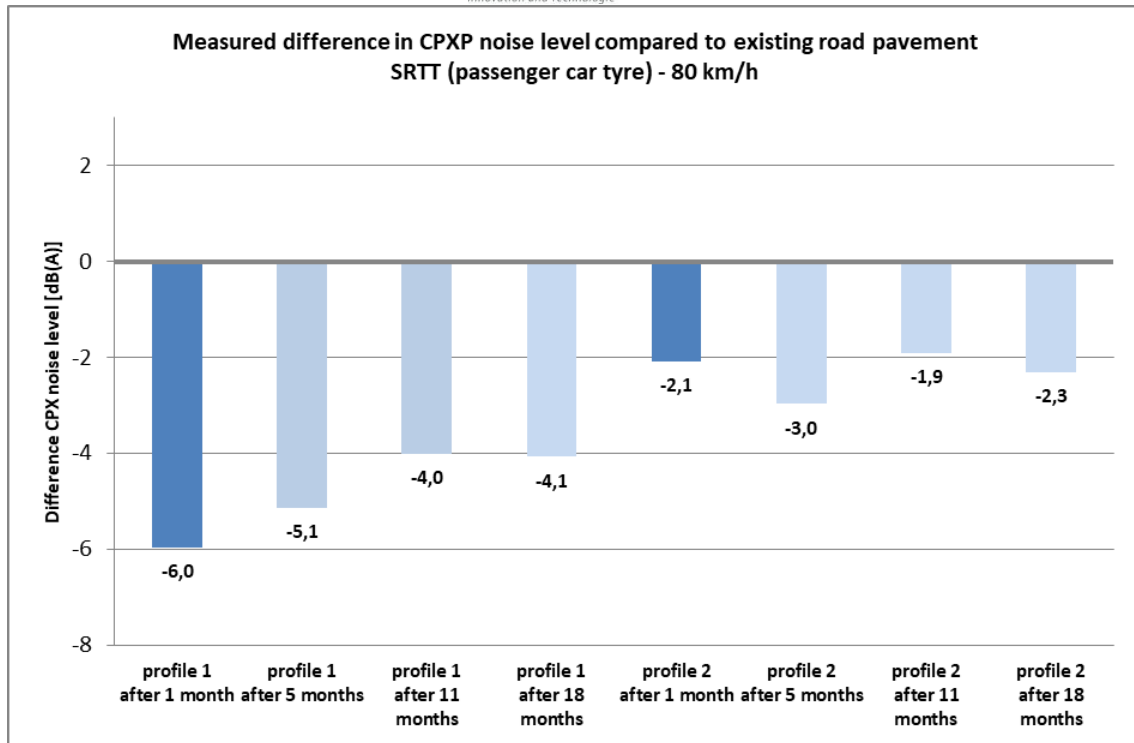


Abbildung 27: Gemessene Differenz des CPX-Lärmpegels im Vergleich zum bestehenden Straßenbelag bei 80 km/h für PKW-Reifen

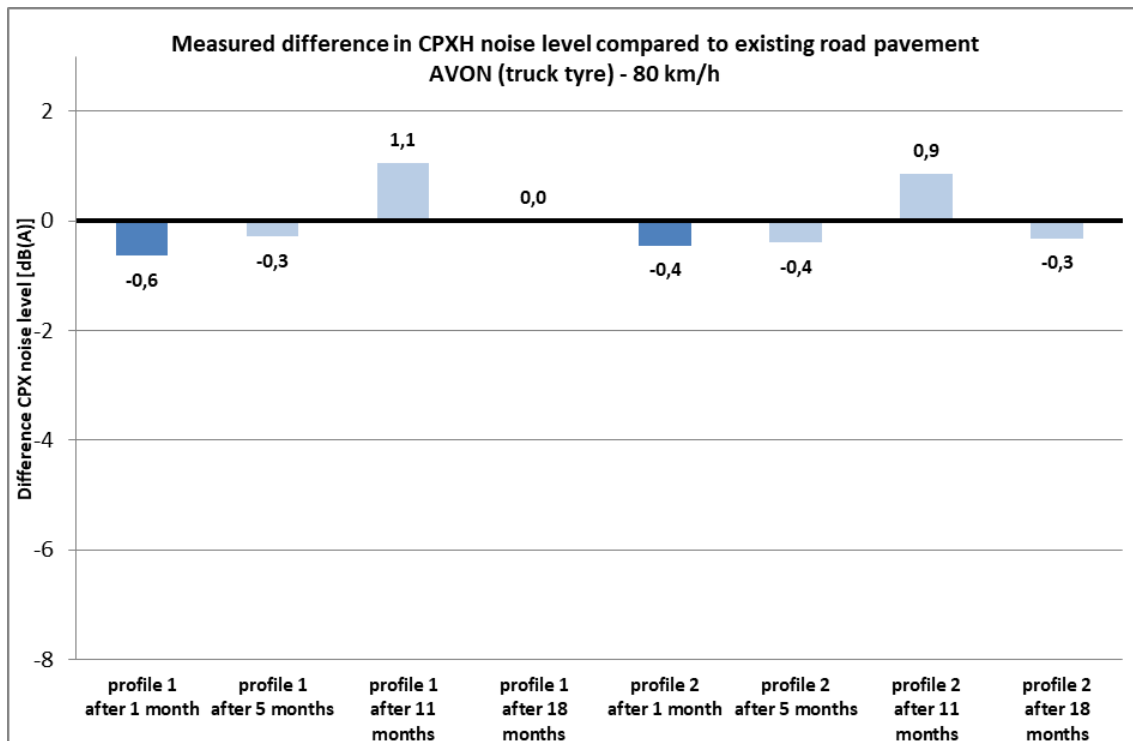


Abbildung 28: Gemessene Differenz des CPX-Lärmpegels im Vergleich zum bestehenden Straßenbelag bei 80 km/h für LKW-Reifen

Für die Textur 1 wurde einen Monat nach der Texturierung ein CPXP-Niveau von 95,2 dB (A) ermittelt. Dies sind 6 dB (A) leiser als auf dem bestehenden Straßenbelag und 4,1 dB (A) leiser als der belgische Referenzbelag SMA-C (Splittmastixasphalt mit einem Größtkorn von 10 mm). Fünf und elf Monate später erhöhte sich der Geräuschpegel jedes Mal um etwa 1 dB (A) um anschließend stabil zu bleiben.

Für die Textur 2 wurde nach der Texturierung ein CPXP-Niveau von 99,3 dB (A) gemessen. Dieser Geräuschpegel ist vergleichbar mit dem Referenzbelag SMA-C. Im weiteren Verlauf veränderte sich der gemessene Geräuschpegel kaum.

Das CPXH-Niveau beim LKW-Reifen ändert sich gegenüber dem Messwert vor der Texturierung und danach im weiteren Verlauf kaum.

Abbildung 29 zeigt das Spektrum beider Texturen vor und einen Monat nach der Grinding-Maßnahme. Textur 1 mit den schmalen Stegen zeigt hier eine starke Reduzierung des Geräuschpegels in allen Frequenzbereichen. Es wird angenommen, dass der große Abfall in den niedrigen Frequenzen auf die viel feinere Textur zurückzuführen ist, weil der Reifen weniger vibriert und deshalb weniger Lärm erzeugt. Weiterhin wird angenommen, dass das Vorhandensein der Groovingrillen die Luft viel leichter entweichen lässt und sich daher eine Reduktion auch bei den höheren Frequenzen ergibt. Textur 2 erzeugt, so die Annahme, wegen der breiteren Stege diese Effekte nicht und zeigt eine konstante Reduzierung des Geräuschpegels.

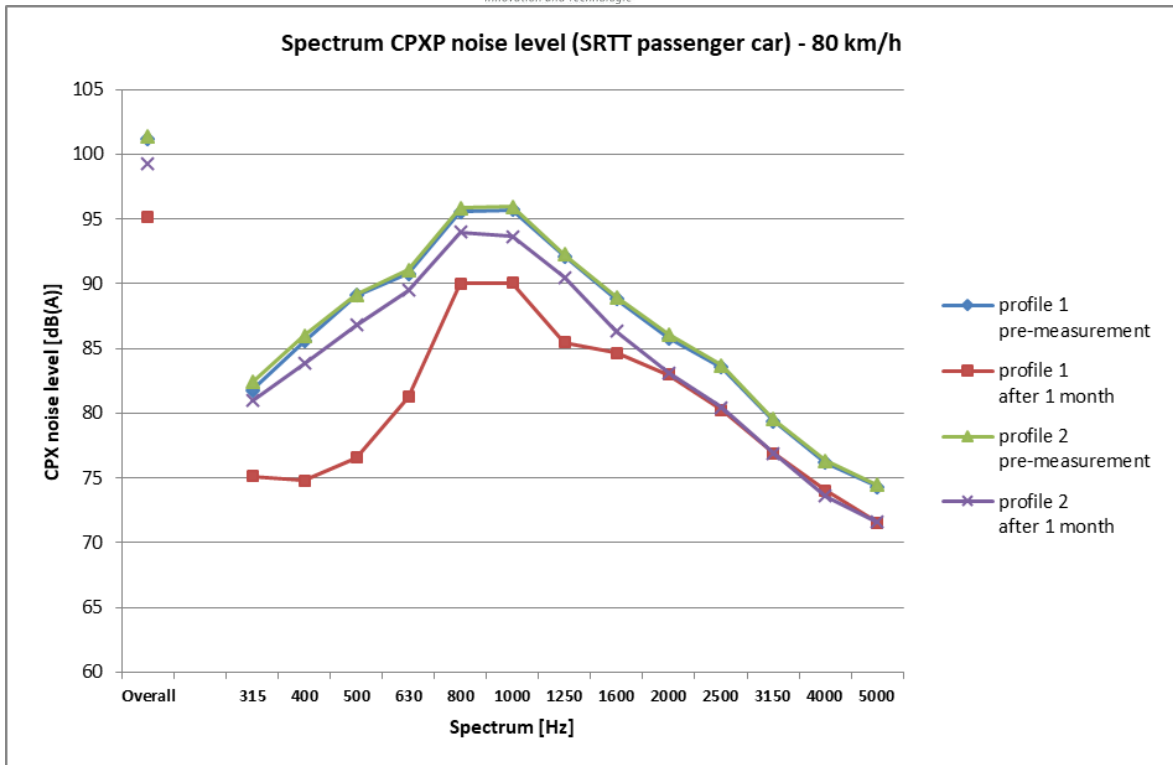


Abbildung 29: CPXP-Spektren bei 80 km/h vor und einen Monat nach der Grinding-Maßnahme für beide Texturen

Das gleiche Phänomen ist auch im Frequenzspektrum des AVON-AV4-Reifens zu sehen (Abbildung 30).

Bei den Messungen nach 11 und 18 Monaten war bei beiden Texturen und beiden Referenzreifen im Frequenzspektrum hauptsächlich eine Zunahme bei den höheren Frequenzen festgestellt worden. Man führt das zurück auf eine eventuelle Verschmutzung der Groovingrillen. Abbildung 31 zeigt das beispielhaft für die Textur 1 und dem PKW-Reifen.

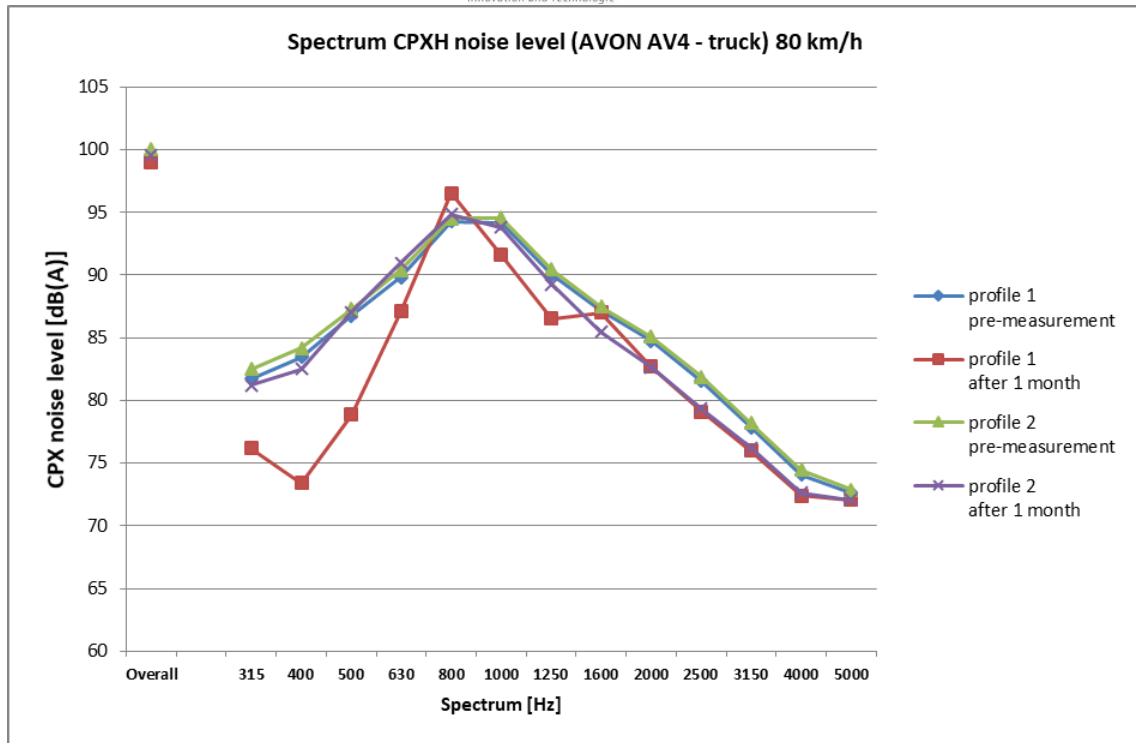


Abbildung 30: CPXH-Spektren bei 80 km/h vor und einen Monat nach der Grinding-Maßnahme für beide Texturen

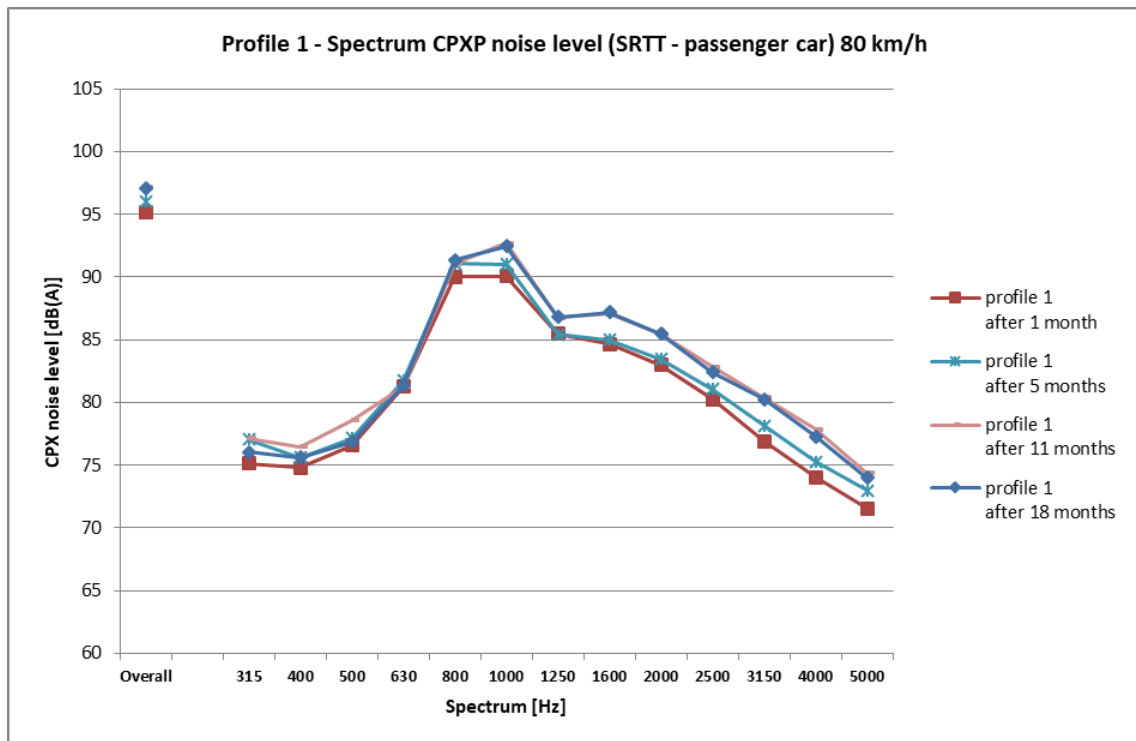


Abbildung 31: CPXP-Spektren bei 80 km/h für Textur 1 in den Monaten 1, 5, 11 und 18 nach der Texturierung

Die gemessenen SPB-Geräuschpegel sind in Abbildung 32 und Abbildung 33 dargestellt. Für die feinere Textur 1 beträgt die Geräuschreduzierung ungefähr 6 dB (A) für PKW und 4 dB (A) für den Schwerverkehr. Dies bleibt im Laufe der Zeit etwa gleich.

Für die gröbere Textur 2 bleibt der Geräuschpegel für PKW ungefähr gleich. Für den Schwerverkehr wird eine Reduzierung von fast 4 dB (A) gemessen. Ein Jahr nach der Texturierung beträgt die Reduktion noch etwa zwei dB (A).

Die Frequenzanalysen für Textur 1 in Abbildung 34 für PKW und Abbildung 35 für LKW sowie für Textur 2 in Abbildung 36 für PKW und Abbildung 37 für LKW zeigen, dass für schwere LKW eine konstante Verringerung des Geräuschpegels in jedem Oktavband vorliegt. Für PKW ist die Reduzierung für die Textur 1 im Frequenzband 500 Hz am größten.

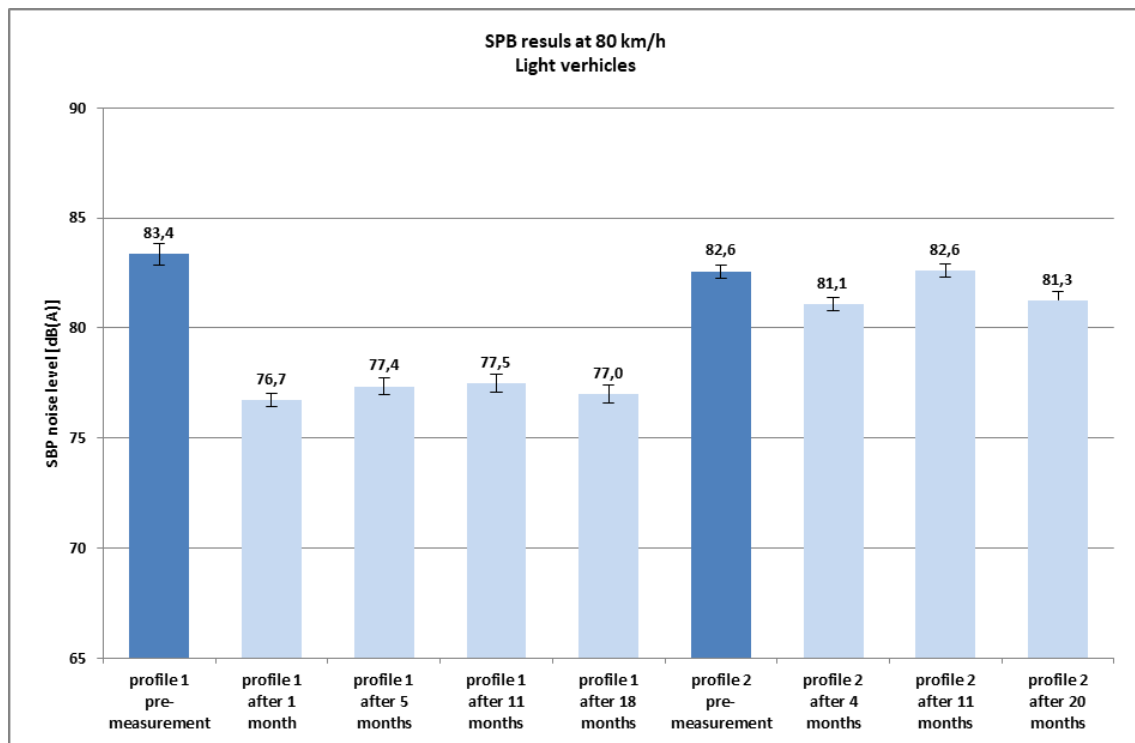


Abbildung 32: SPB-Ergebnisse bei 80 km/h für PKW vor der Texturierung und danach in den Monaten 1, 5, 11 und 18 bzw. 20

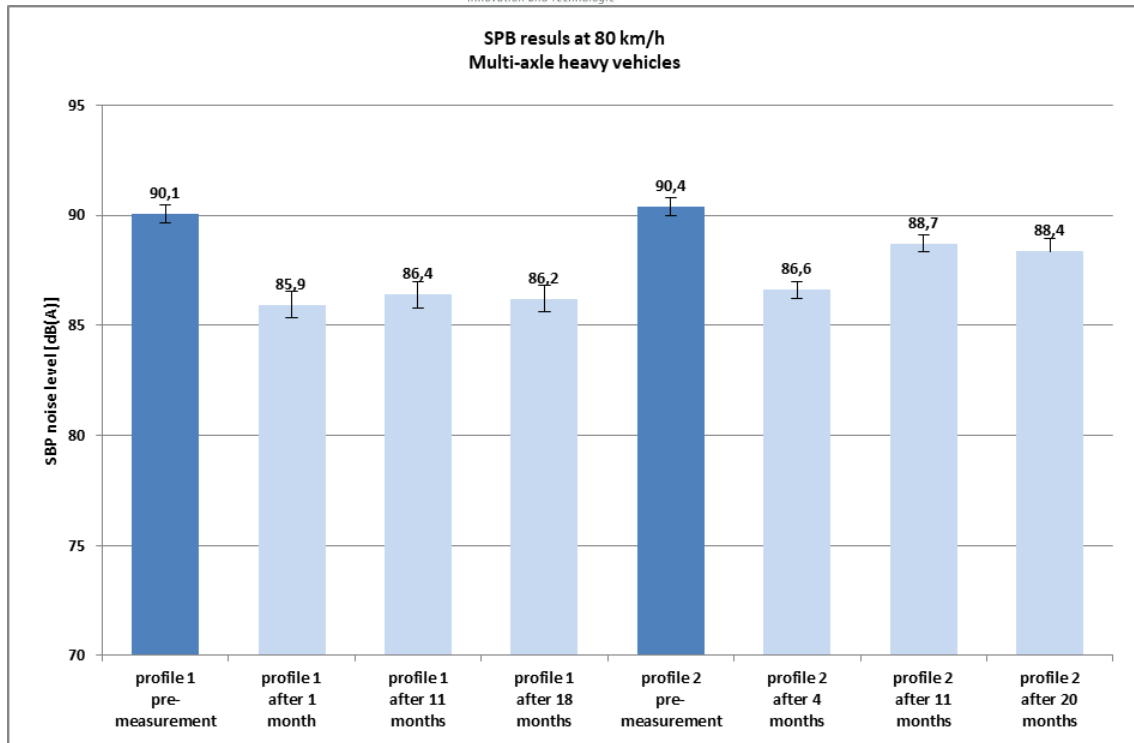


Abbildung 33: SPB-Ergebnisse bei 80 km/h für LKW vor der Texturierung und danach in den Monaten 1, 5, 11 und 18 bzw. 20

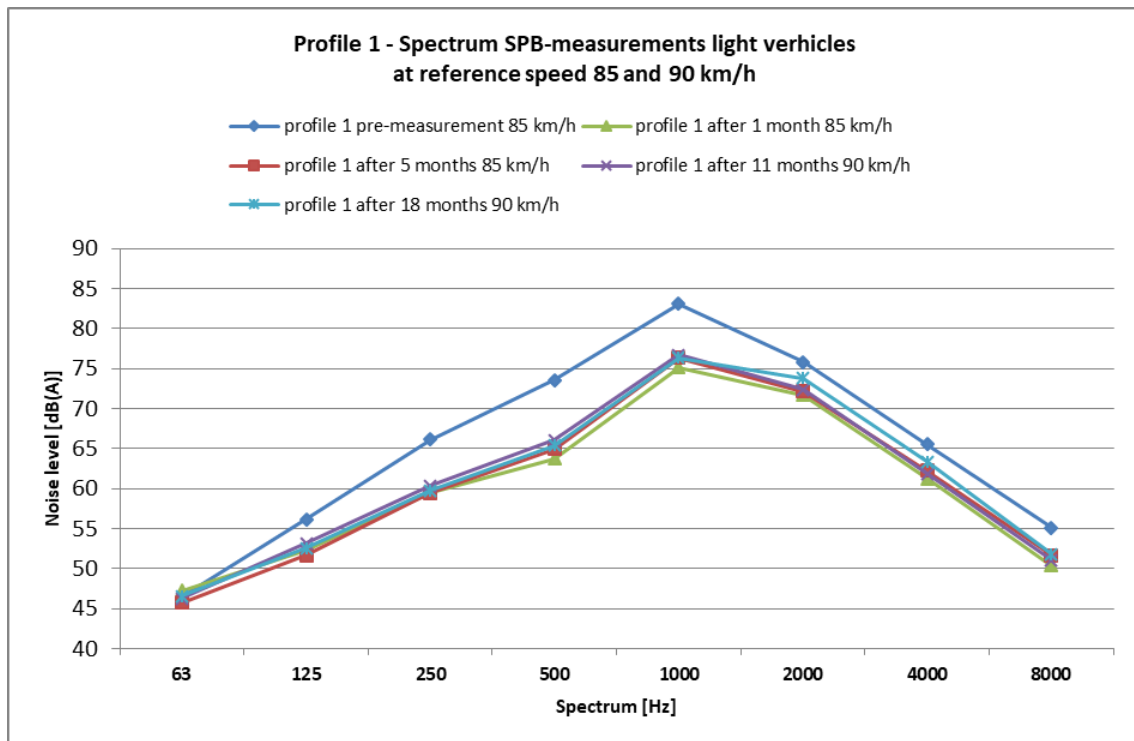


Abbildung 34: Spektrum der SPB-Ergebnisse auf der Textur 1 für PKW vor und nach der Grinding-Maßnahme

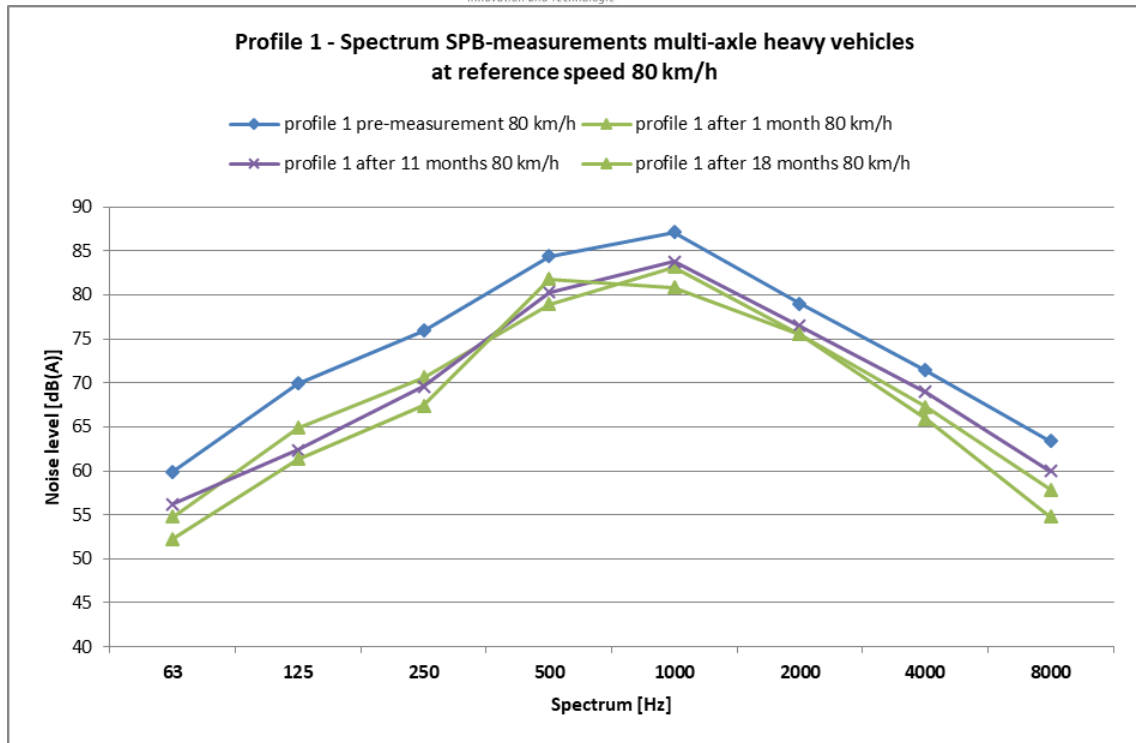


Abbildung 35: Spektrum der SPB-Ergebnisse auf der Textur 1 für schwere LKW vor und nach der Grinding-Maßnahme

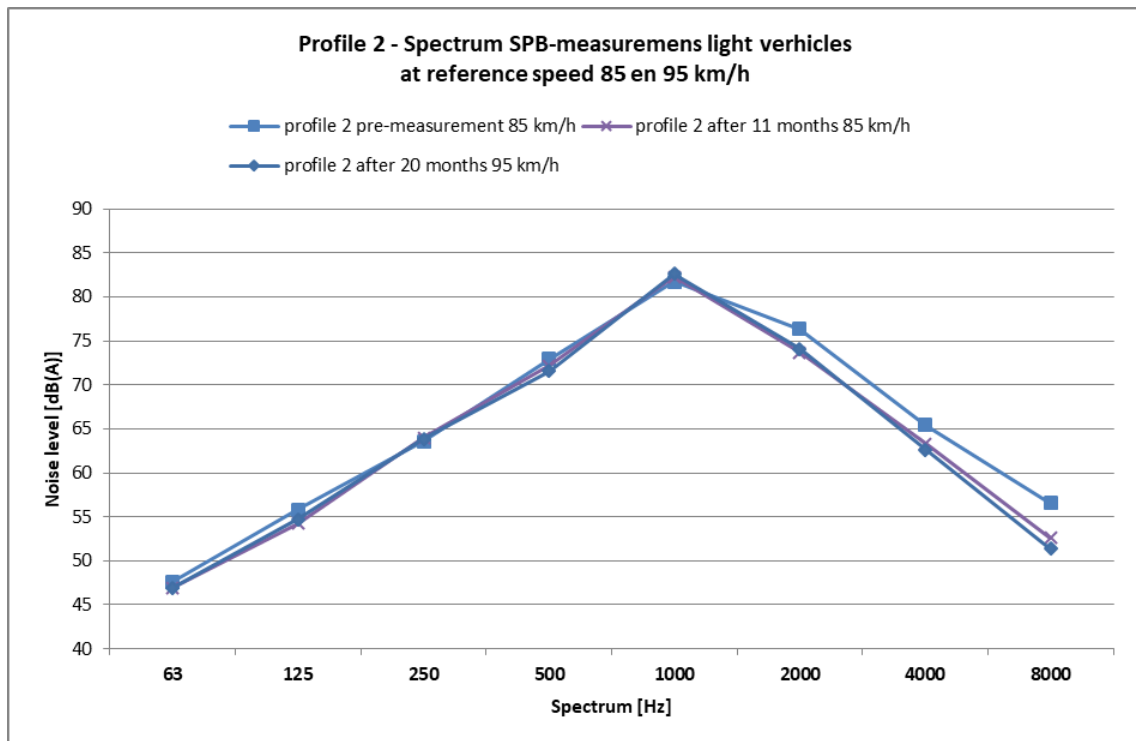


Abbildung 36: Spektrum der SPB-Ergebnisse auf der Textur 1 für PKW vor und nach der Grinding-Maßnahme

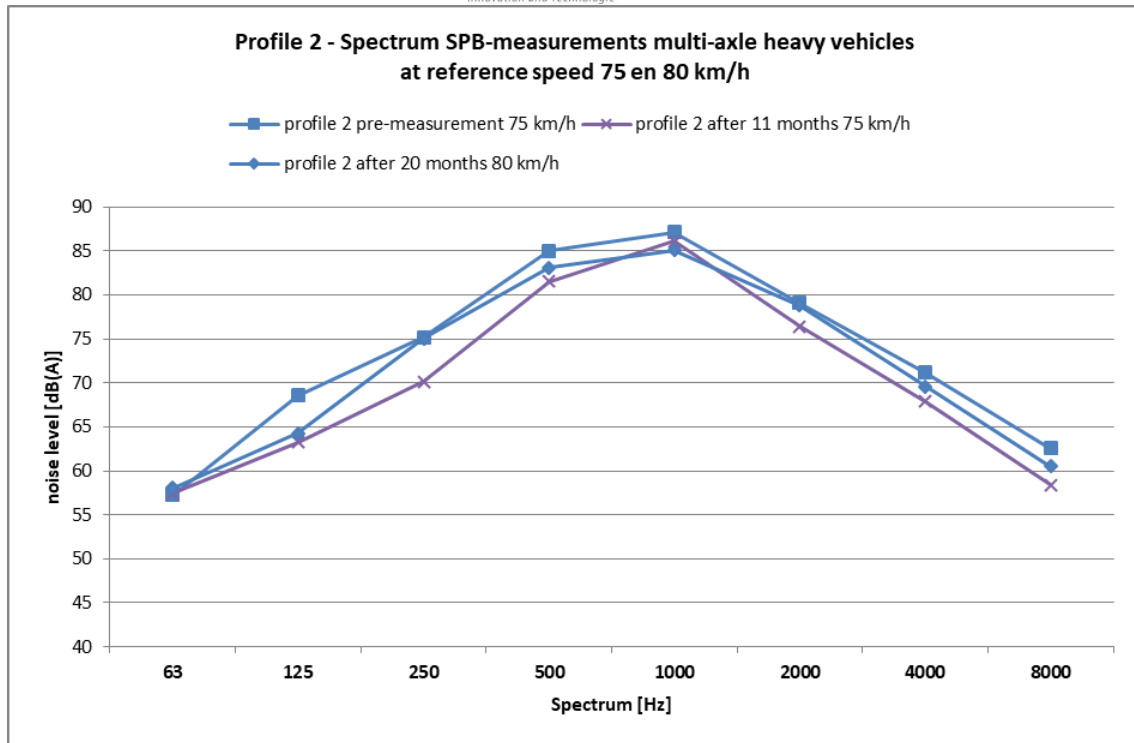


Abbildung 37: Spektrum der SPB-Ergebnisse auf der Textur 1 für schwere LKW vor und nach der Grinding-Maßnahme

Darüber hinaus wurden Texturmessungen sowie Griffigkeitsmessungen mit dem SKM-Messverfahren nach CEN/TS 15901-8 [40] durchgeführt. In Abbildung 38 sind die Ergebnisse der Messungen der beiden Abschnitte mit NGCS-Texturen sowie der sich daran anschließenden Waschbetonflächen aufgetragen. Die MPD des Waschbetons liegt deutlich höher als auf den NGCS-Texturen. Die Griffigkeit wird dadurch nicht negativ beeinflusst und liegt deutlich über dem geforderten Seitenkraftkoeffizienten von 0,45. Die Griffigkeit der Textur 1 liegt mit einem Seitenkraftbeiwert von ~ 0,8 noch über den Werten des Waschbetons.

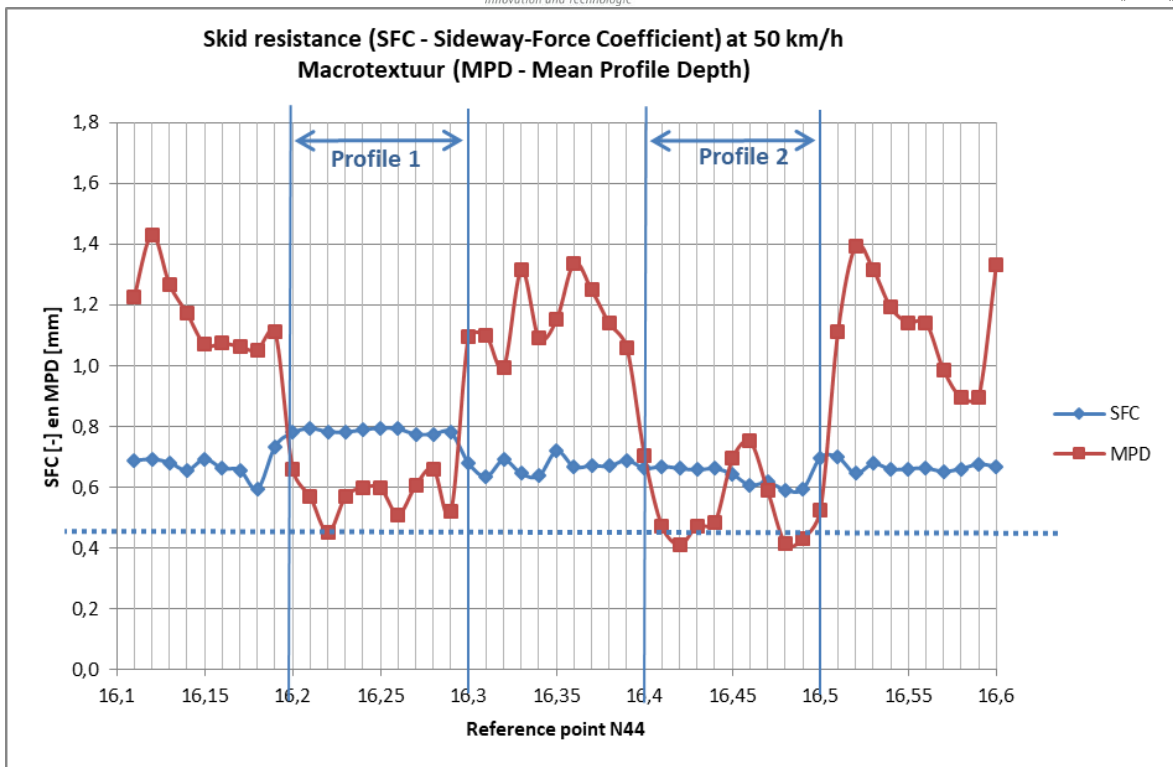


Abbildung 38: Ergebnisse der Textur- und Griffigkeitsmessungen

Aus den Ergebnissen der Lärm-, Textur- und Griffigkeitsmessungen wurde die Schlussfolgerung abgeleitet, dass die NGCS-Textur besonders für PKW eine ruhige Fahrbahn erzeugt. Zur Prüfung der Dauerhaftigkeit sollte die Versuchsstrecke in den folgenden Jahren akustisch weiter untersucht werden.

2.3 Weiterführendes Monitoring auf der bestehenden Grindingstrecke der BAB A5 in Deutschland

Im Forschungsvorhaben FE 08.0220/2012/ORB wurde zur Verifizierung der Ergebnisse empfohlen, ein langfristiges Monitoring zur Entwicklung des Lärm- und Griffigkeitsverhaltens und zur Dauerhaftigkeit der erzeugten Grindingtexturen auf der BAB A5 durchzuführen.

Zwischen Ende Februar und Anfang März wurden im Rahmen des Monitorings Griffigkeitsmessungen mit SKM, Lärmmessungen nach dem CPX-Verfahren und Grobtexturmessungen mit dem Messgerät ELAtextur vorgenommen.

Darüber hinaus wurden außerhalb des Monitorings Griffigkeitsmessungen mit dem Road-STAR und Ebenheitsmessungen durchgeführt.

2.3.1 Griffigkeitsmessungen

Die Messungen der Griffigkeit mit SKM wurden am 28.02.2017 vom RP Karlsruhe und mit dem RoadSTAR der AIT am 02.03.2017 durchgeführt.

In die Aufstellung in Abbildung 39 wurden der Vergleichbarkeit wegen nur die Ergebnisse der SKM-Messungen einbezogen.

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
von Bkm	609,500	609,585	609,670	609,760	609,845	609,930	610,020	610,105	610,190	610,280
bis Bkm	609,400	609,500	609,585	609,670	609,760	609,845	609,930	610,020	610,105	610,190
Beton	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB GK 22, 35% gebr.	OB GK 22, 35% gebr.	OB GK 22, 35% gebr.	OB 16 Rundkorn	OB 16 Rundkorn	OB 16 Rundkorn
Textur	1	1	2	3	3	2	1	1	2	3
Grinding: Segmentbreite	2,0	2,0	2,0	2,4	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,4
Grinding: Segmentabstand	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4
Grooving: Segmentbreite				2,4					2,4	
Grooving: Segmentabstand			21,0			21,0			21,0	
Grooving: Schleiftiefe			3,0			3,0			3,0	

Mittelwerte Griffigkeit SKM

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
08.04.2016 Messung 1	0,58	0,59	0,61	0,63	0,62	0,61	0,60	0,56	0,59	0,60
08.04.2016 Messung 2	0,59	0,59	0,61	0,62	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,59
28.02.2017 Messung 1	0,56	0,55	0,56	0,56	0,59	0,58	0,56	0,55	0,56	0,57
28.02.2017 Messung 2	0,58	0,55	0,56	0,58	0,59	0,58	0,57	0,56	0,58	0,58
Grenzwert bei Abnahme	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46

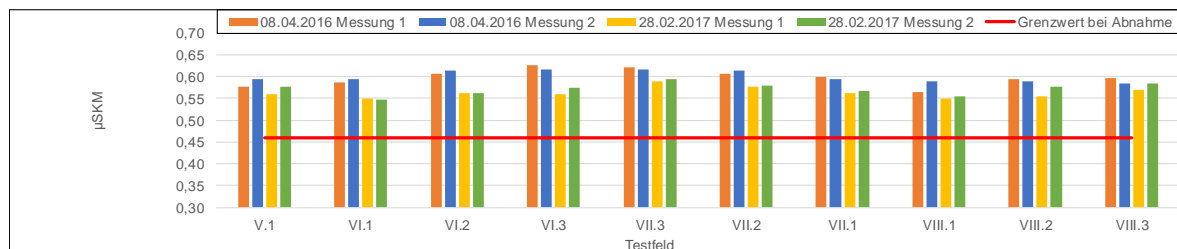


Abbildung 39: Ergebnisse der Griffigkeitsmessungen aus FE 08.0220/2012/ORB und weiterführendem Monitoring

Die Ergebnisse der SKM-Messungen zeigen zwar eine Abnahme des Griffigkeitsbeiwertes von einem Maximalwert von 0,62 auf einen Minimalwert von 0,55 über die Liegezeit der Betondecke von 15 Monaten, jedoch liegen die Werte immer noch deutlich über dem Grenzwert bei Abnahme von 0,46.

Beim Messsystem RoadSTAR ist das Messrad am Heck des Fahrzeuges ist so in Fahrtrichtung montiert, dass es ohne Seitenkräfte und mit einem Schlupf von 18% mitläuft.

Der Reibungswert, gemessen mit dem Messsystem RoadSTAR bei 60 km/h muss mindestens 0,62 bei Abnahme und mindestens 0,55 am Ende der Gewährleistungsfrist betragen. Bei beiden Grenzwerten wird eine Messtoleranz von 0,03 zu Gunsten des Auftragnehmers in Abzug gebracht.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Abbildung 40 dargestellt.

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
von Bkm	609,500	609,585	609,670	609,760	609,845	609,930	610,020	610,105	610,190	610,280
bis Bkm	609,400	609,500	609,585	609,670	609,760	609,845	609,930	610,020	610,105	610,190
Beton	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB GK 22, 35% gebr.	OB GK 22, 35% gebr.	OB GK 22, 35% gebr.	OB 16 Rundkorn	OB 16 Rundkorn	OB 16 Rundkorn
Textur	1	1	2	3	3	2	1	1	2	3
Grinding: Segmentbreite	2,0	2,0	2,0	2,4	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,4
Grinding: Segmentabstand	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4
Grooving: Segmentbreite			2,4			2,4			2,4	
Grooving: Segmentabstand			21,0			21,0			21,0	
Grooving: Schleiftiefe			3,0			3,0			3,0	

Mittelwerte Griffigkeit RoadSTAR

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
02.03.2017 Messung 1	0,52	0,52	0,52	0,51	0,54	0,54	0,54	0,56	0,55	0,56
02.03.2017 Messung 2	0,52	0,51	0,51	0,51	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,55
Grenzwert Ende Gewährleistung	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52

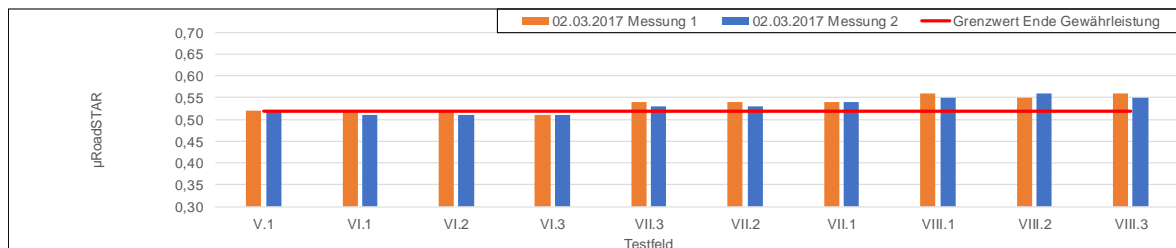


Abbildung 40: Ergebnisse der Griffigkeitsmessungen mit dem RoadSTAR beim weiterführenden Monitoring

Der Grenzwert am Ende Gewährleistung in Abbildung 40 ist unter Einbeziehung einer Messtoleranz von 0,03 zu Gunsten des AN abgebildet.

2.3.2 Lärmmessungen

Die Ergebnisse der CPX-Messungen, vorgenommen von der AIT Anfang März 2017, sind in Abbildung 41 den Messungen aus 12/2015 und 05/2016 gegenübergestellt.

Lediglich die fugenlose durchgängig bewehrte Bauweise in Abschnitt V.1 weist keinen Anstieg des Geräuschpegels auf. Bei allen anderen Abschnitten kommt es über die 15monatige Liegezeit der Betondecke zu einem Anstieg des Geräuschpegels unabhängig von der Rezeptur des Oberbetons und der aufgetragenen Textur.

Jedoch liegt auch der Maximalwert des Geräuschpegels von 96,1 dB(A) noch um ~ 5 dB (A) unter dem für CPX-Messungen herangezogenen Anhaltswert von 101 dB(A) für Fahrbahnbeläge, die eine Fahrbahnoberflächenkorrektur D_{StrO} nach den RLS-90 [34] von 0 dB(A) aufweisen.

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
von Bkm	609,500	609,585	609,670	609,760	609,845	609,930	610,020	610,105	610,190	610,280
bis Bkm	609,400	609,500	609,585	609,670	609,760	609,845	609,930	610,020	610,105	610,190
Beton	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB GK 22, 35% gebr.	OB GK 22, 35% gebr.	OB GK 22, 35% gebr.	OB 16 Rundkorn	OB 16 Rundkorn	OB 16 Rundkorn
Textur	1	1	2	3	3	2	1	1	2	3
Grinding: Segmentbreite	2,0	2,0	2,0	2,4	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,4
Grinding: Segmentabstand	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4
Grooving: Segmentbreite			2,4			2,4			2,4	
Grooving: Segmentabstand			21,0			21,0			21,0	
Grooving: Schleiftiefe			3,0			3,0			3,0	

Mittelwerte CPX, v=80 km/h, Reifen P

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
Messung 12/2015	94,9	94,7	94,8	95,0	95,3	94,9	94,6	94,6	94,8	95,2
Messung 05/2016					95,5	95,0	95,1	94,9	94,8	95,1
Messung 03/2017	95,0	95,4	95,8	96,0	96,1	96,1	96,1	95,9	96,1	96,1
Anhaltswert	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0

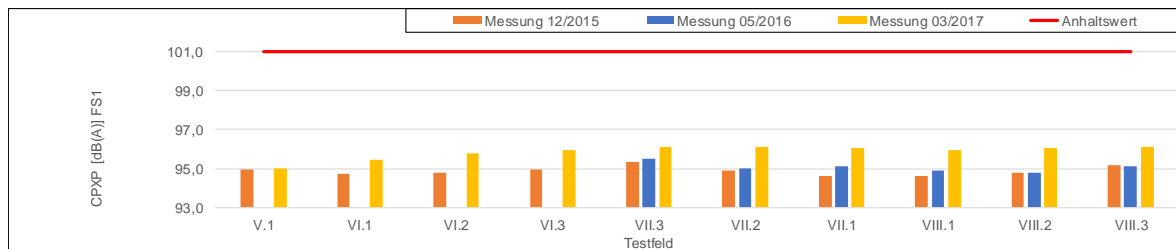


Abbildung 41: Ergebnisse der CPX-Messungen aus FE 08.0220/2012/ORB und weiterführendem Monitoring

2.3.3 Texturmessungen

Die Texturmessungen für das Monitoring wurden mit drei Messgeräten ELAtextur der BASt, des RP Karlsruhe und der Villaret Ingenieurgesellschaft durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Messergebnissen aus 12/2015 gegenübergestellt.

Dabei zeigt sich, dass die größten Veränderungen des mit ELAtextur ermittelten Texturkennwertes mittlere Profiltiefe (MPD) bei den Texturen stattgefunden haben, bei denen durch den größten Segmentabstand auf der Grindingwelle die breitesten Stege in der Betonoberfläche erzeugt wurden. Die beim Grindingprozess verbleibenden Stegspitzen werden durch den darüber rollenden Verkehr abgefahren, so dass sich die mittlere Profiltiefe verringert.

Bei den Texturen mit kleinem Segmentabstand und daraus resultierenden feinen Texturen mit schmalen Stegen brechen die Stegspitzen schon bei der Herstellung der Textur, so dass die mittlere Texturtiefe durch die Verkehrsbelastung danach im weiteren Verlauf keine große Veränderung erfährt.

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
von Bkm	609,500	609,585	609,670	609,760	609,845	609,930	610,020	610,105	610,190	610,280
bis Bkm	609,400	609,500	609,585	609,670	609,760	609,845	609,930	610,020	610,105	610,190
Beton	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB+UB Rund- korn GK 32	OB GK 22, 35% gebr.	OB GK 22, 35% gebr.	OB GK 22, 35% gebr.	OB 16 Rundkorn	OB 16 Rundkorn	OB 16 Rundkorn
Textur	1	1	2	3	3	2	1	1	2	3
Grinding: Segmentbreite	2,0	2,0	2,0	2,4	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,4
Grinding: Segmentabstand	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4
Grooving: Segmentbreite			2,4			2,4			2,4	
Grooving: Segmentabstand			21,0			21,0			21,0	
Grooving: Schleiftiefe			3,0			3,0			3,0	

Mittelwerte MPD

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
Messung 12/2015	0,27	0,28	0,80	0,39	0,41	0,75	0,27	0,28	0,72	0,42
Messung 03/2017	0,30	0,33	0,79	0,33	0,34	0,75	0,28	0,30	0,65	0,33

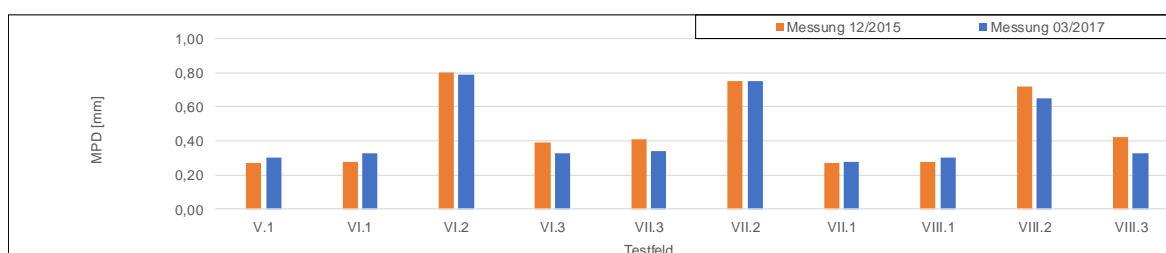


Abbildung 42: Ergebnisse der Grobtexturmessungen aus FE 08.0220/2012/ORB und weiterführendem Monitoring

2.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Einzelergebnisse der Untersuchungen zusammengefasst, ergibt sich das in Tabelle 10 dargestellte Bild.

Tabelle 10: Ergebnisse aus FE 08.0220/2012/ORB und weiterführendem Monitoring auf der BAB A5

Testfeld	V.1	VI.1	VI.2	VI.3	VII.3	VII.2	VII.1	VIII.1	VIII.2	VIII.3
MPD-Mittelwert [mm] 2015	0,27	0,28	0,80	0,39	0,41	0,75	0,27	0,28	0,72	0,42
MPD-Mittelwert [mm] 2017	0,30	0,33	0,79	0,33	0,34	0,75	0,28	0,30	0,65	0,33
Griffigkeit SKM [-] 2016 M1	0,58	0,59	0,61	0,63	0,62	0,61	0,60	0,56	0,59	0,60
Griffigkeit SKM [-] 2016 M2	0,59	0,59	0,61	0,62	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,59
Griffigkeit SKM [-] 2017 M1	0,56	0,55	0,56	0,56	0,59	0,58	0,56	0,55	0,56	0,57
Griffigkeit SKM [-] 2017 M2	0,58	0,55	0,56	0,58	0,59	0,58	0,57	0,56	0,58	0,58
CPX-Mittelwert [dB(A)] 2015	94,9	94,7	94,8	95,0	95,3	94,9	94,6	94,6	94,8	95,2
CPX-Mittelwert [dB(A)] 2016	-	-	-	-	95,5	95,0	95,1	94,9	94,8	95,1
CPX-Mittelwert [dB(A)] 2017	95,0	95,4	95,8	96,0	96,1	96,1	96,1	95,9	96,1	96,1

Im Vergleich zu den Ergebnissen im FE 08.0220/2012/ORB, die in Tabelle 10 zusammengefasst wurden, ist nunmehr der Abschnitt V.1 der mit den vergleichsweise höchsten Lärm-minderungswerten und Griffigkeitswerten, die denen der anderen Abschnitte entsprechen. Es handelt sich dabei ebenfalls um die Texturvariante 1.

Alle Abschnitte in Plattenbauweise mit Querscheinfugen weisen zwischen der Erstmessung in 12/2015 und der Messung im Rahmen des Monitorings in 03/2017 einen Anstieg des

Geräuschpegels zwischen 0,7 und 1,5 dB(A) auf. Beim Abschnitt V.1 in durchgehend bewehrter Bauweise ohne Querfugen ist ein Anstieg des Geräuschpegels ausgeblieben, so dass die Vermutung naheliegt, dass die Veränderungen an und in den Querscheinfugen (Absacken oder Ausbrechen der Fugenfüllung, Kantenschäden, Verschmutzung) zur Erhöhung der Geräuschemission vorrangig beigetragen haben.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die mit SKM ermittelten Griffigkeitswerte weiterhin sehr gut sind, die Texturen bis auf das zu erwartende Brechen der Stegspitzen in ihrer mittleren Profiltiefe relativ konstant blieben und dass die CPX-Werte mit 5 – 6 dB(A) immer noch sehr hohe Lärminderungswerte aufweisen.

3 IM PROJEKT EINGESETZTE MESSMETHODEN

Im Rahmen des Projektes sollten Grinding-Versuchsstrecken auf Bestands-Betondecken sowie auf einer Neubaustrecke hergestellt und über die Projektlaufzeit gemonitort werden. Zu Beginn wurden die Messverfahren festgelegt. Es folgt eine Beschreibung der eingesetzten Messverfahren.

3.1 Griffigkeit

3.1.1 RoadSTAR

Die Fahrbahngriffigkeit wurde mit dem Messfahrzeug RoadSTAR (vgl. Abbildung 43) gem. RVS 11.06.65 [25] bzw. ÖNORM B3581 [24] erhoben. Die Messungen erfolgten bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h und 18 % Schlupf in Längsrichtung bei Aufbringungen eines Wasserfilms mit einer Dicke von 0,5 mm. Die vertikale Last betrug 3500 N. Der eingesetzte Messreifen ist „PIARC ribbed“ 165/75R14.



Abbildung 43: Messfahrzeug RoadSTAR zur Erfassung von Griffigkeit, Längs- und Querebenheit.

3.1.2 SKM

Unmittelbar nach Herstellung der gegrindeten Oberfläche wurden Messungen mit dem in Deutschland eingesetzten SKM-Messverfahren gemäß TT Griff-StB(SKM), Ausgabe 2007, durchgeführt. Die Messgeschwindigkeit betrug wie in Deutschland auf Autobahnen üblich

80 km/h, der Schräglaufwinkel des Messrades 20° (Abbildung 44) und die Wasserfilmdicke 0,5 mm bei einer Vertikallast von 1962 N (200 kp). Der profillose Messreifen der Größe 3,00x20“ wurde wie in Deutschland üblich von der Bundesanstalt für Straßenwesen bezogen und hatte die Seriennummer 160/17 bzw. 504/16.

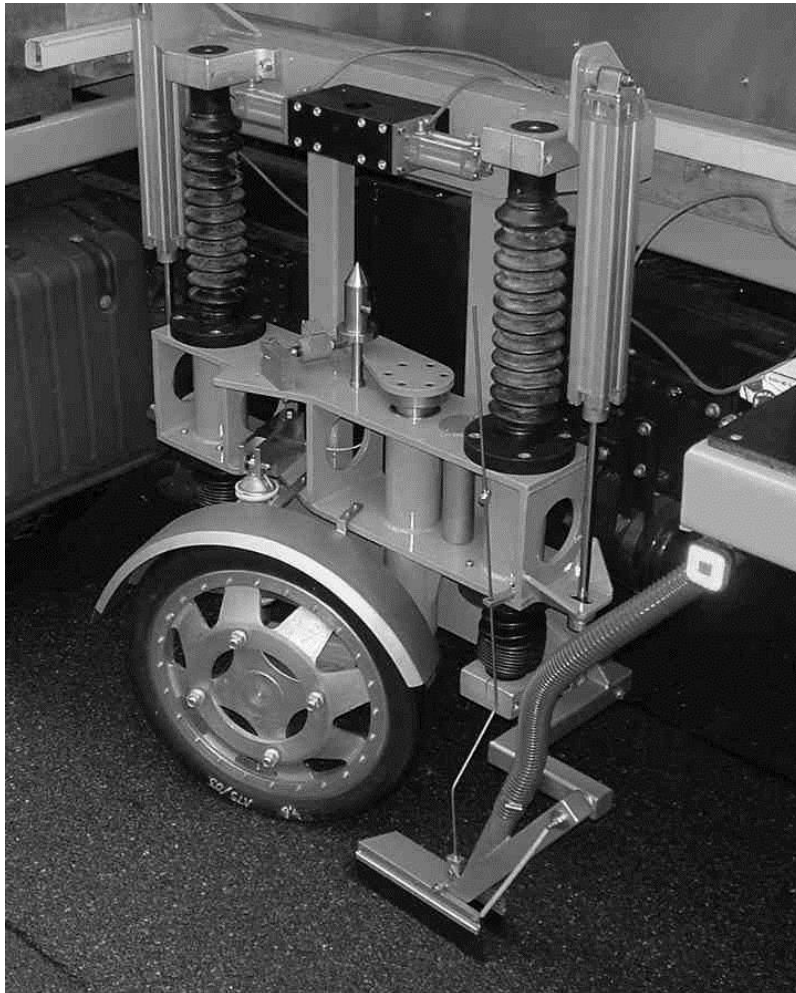


Abbildung 44: Seitenkraft-Messverfahren SKM.

3.2 Querebenheit

3.2.1 Hochauflösende Querebenheitsmessung

Zur Überwachung der Ebenheit des Schnittbildes von Grindingwellen bis zu einer Breite von 1400 mm sowie des Anschlussbereiches beiderseits der Grindingbahn wurde ein stationäres kombiniertes Ebenheits- und Texturmessgerät (ELAlinear) verwendet, welches mit einem Gesamtmessbereich von 1655 mm bei einem Messpunktabstand von 0,16 mm neben der Grindingwelle selbst mindestens 10 cm beiderseits der Grindingbahn erfasst (Abbildung 45). Insbesondere der Übergang zu den anschließenden Grindingbahnen war in

diesem Projekt von Interesse, da hier bei nicht höhengleichem Ansatz entgegen der Querneigung die Gefahr von vermehrtem Wasserrückhalt auf der Fahrbahnoberfläche besteht.



Abbildung 45: ELAlinear auf teilweise einem Grinding unterzogener Waschbetonoberfläche

3.2.2 Spurrinntiefe

Für die Erfassung der Querebenheit wurde der an der Front des RoadSTAR befindliche Profil-Scanner Fraunhofer PPS verwendet. Damit werden in der Breite 4 m erfasst. Das Messsystem ist in Abbildung 46 rechts dargestellt. Die Auswertung erfolgt gemäß RVS 11.06.67 [26], es wird die Spurrinntiefe unter der 2 m-Latte berechnet. Pro Meter Messstrecken erfolgt die Messung eines Querprofils mit einem Samplingintervall von 15 cm in Querrichtung. Es wird für jedes Profil die linke und rechte Spurrinntiefe bestimmt. Anschließend wird mit den Maxima des jeweiligen Profils ein Mittelwert über 50 m gebildet.

3.3 Längsebenheit

Für die Erfassung der Längsebenheit in der rechten Radspur des RoadSTAR wurde der 2 m lange Messbalken nach dem sogenannten HRM-Prinzip verwendet. Das Messsystem ist Abbildung 46 links dargestellt.



Abbildung 46: Längsebenheits-Messsystem (links), Querebenheits-Messsystem (rechts).

Der HRM-Balken basiert auf dem Prinzip der Mehrfachabtastung, derselbe Punkt der Straße wird bei der Überfahrt nacheinander von den vier Lasersensoren erfasst. Die Spotgröße der Lasersensoren beträgt ca. 2 mm. Daraus ergeben sich bei Grindingsoberflächen in der weiteren Folge Schwierigkeiten bei der Berechnung des Längsprofils. Durch die kleine Spotgröße kann bei feinen Grindingtonexturen nicht mehr sichergestellt werden, dass alle vier Lasersensoren dieselbe Stelle treffen – die Lasersensoren messen entweder auf dem Steg oder in der Rille, was zu Distanzunterschieden von 1 bis 3 mm führen kann. Die genau Örtlichkeit der Messung kann bei der Überfahrt mit 60 km/h nicht vorhergesagt, bzw. kann nicht sichergestellt werden, dass die Wiederabtastung jeweils am exakt gleichen Punkt am Steg oder in der Rille geschieht. Die daraus ermittelten Profile beinhalten dann Teile der Textur, was zu unerwünschten Effekten in der Kennwertberechnung von z.B. IRI oder WLP führt.

Im Projekt wurde deshalb eine Möglichkeit zur Erfassung der Längsprofile mittels des Querebenheits-Laserscanners entwickelt. Der Scanner verfügt einerseits über eine größere Spotgröße als die Triangulations-Sensoren, andererseits werden die Höhen von mehreren Punkten gemittelt. Die Bestimmung der Höhe berücksichtigt Punkte im Umkreis von 10 cm und gewichtet die Höhen invers zur Distanz. Damit werden die Effekte der Textur eliminiert. Die Höhe des Scanners selbst wird mittels Positionierungssystem nachgeführt. Aus der Kombination der beiden Systeme lässt sich so ein Längsprofil berechnen, das anschließend so wie die Profile aus dem HRM-Balken gefiltert wird und auf dem die Berechnung

der Längsebenheitskennwerte aufgesetzt. Für die Beurteilung der Strecken wurden die Kennwerte IRI (International Roughness Index) sowie WLP (Bewertetes Längsprofil) mit Abschnittslängen von 50 m berechnet.

Zur Veranschaulichung zeigt die folgende Abbildung 48 zwei Längsprofile. Das Längsprofil in Rot wurde vor der Grindingmaßnahme mit dem HRM-Balken erfasst, das zweite in Blau nach der Grindingmaßnahme. Auf den ersten 400 m führen sie über Waschbeton, danach, ab km 157,2 für 400 m über die Grindingstrecke. Der Einfluss der Grindingtextur auf das Längsprofil (in blau) ist augenfällig. Es entsteht eine Art Sägezahnmuster, das in weitere Folge zu fälschlich überhöhten Längsebenheitskennwerten im Grindingabschnitt führt. Dies wird für den gleichen Streckenabschnitt in Abbildung 47 gezeigt. Während die ersten acht 50 m-IRI-Werte der beiden Messungen nahezu ident sind, weichen die hinteren acht 50 m-IRI-Werte deutlich ab, im Grindingbereich sind die Werte deutlich überhöht.

Für die Auswertungen der Längsebenheit der Grindingabschnitte wurden im Projekt nur Längsprofile, die mit dem Laserscanner erzeugt wurden, herangezogen.

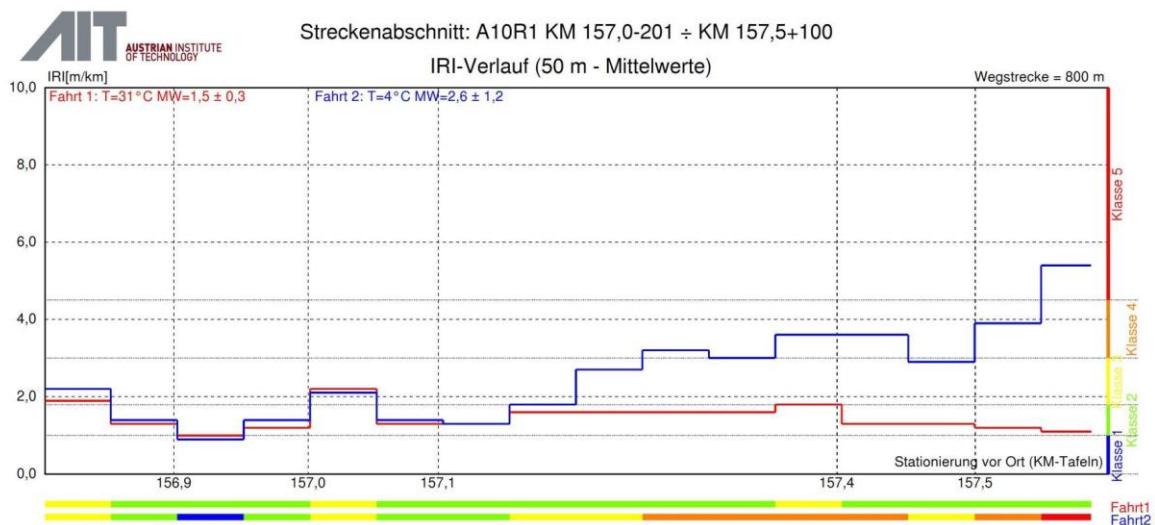


Abbildung 47: Längsebenheitskennwert IRI, basierend auf HRM-Profilen vor (rote Linie) und nach (blaue Linie) der Grindingmaßnahme auf den hinteren 400 m, ab km 157,2.

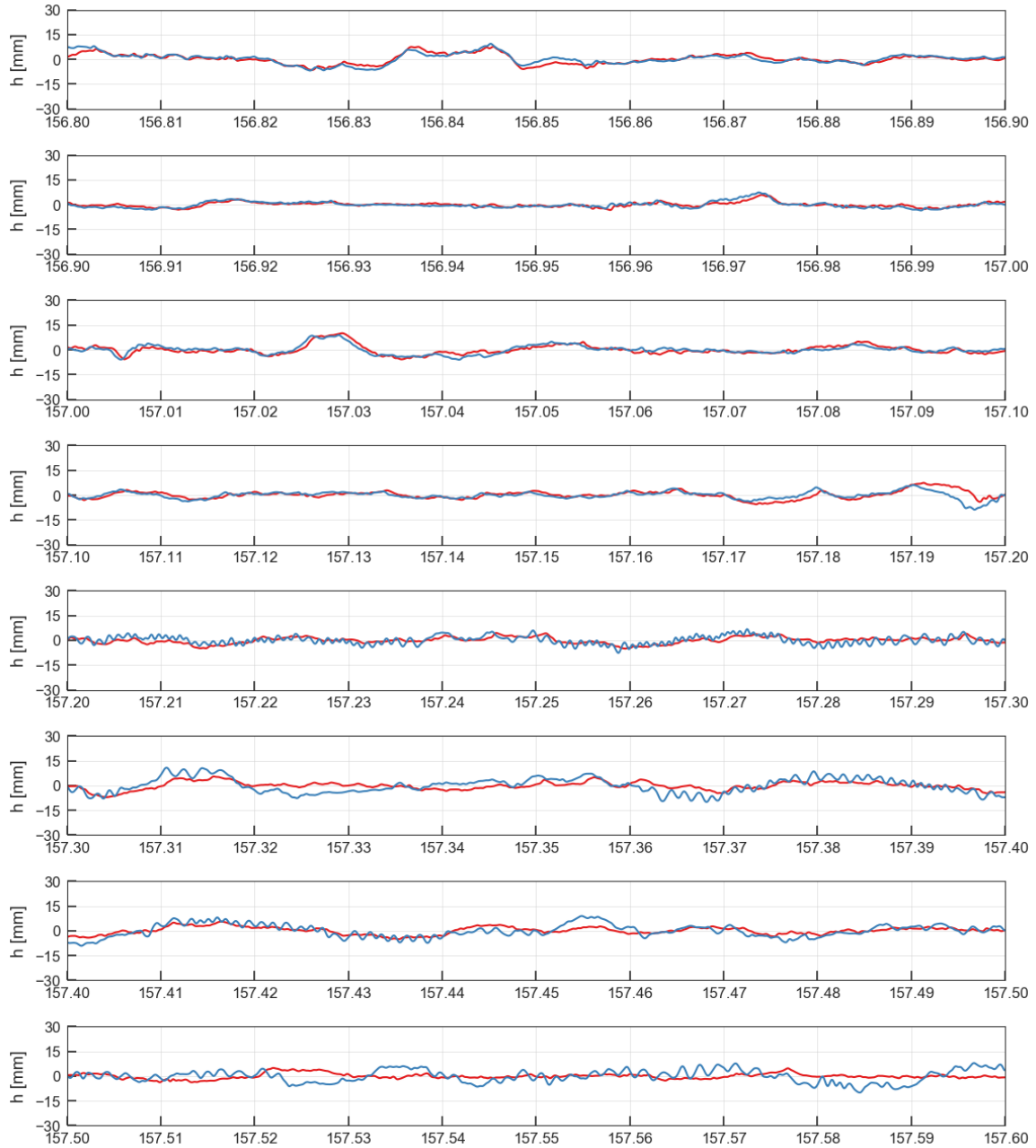


Abbildung 48: Vergleich der HRM-Längsprofile (rot: vor der Grindingmaßnahme, blau: nach der Grindingmaßnahme auf den hinteren 400 m, ab km 157,2).

3.4 Rollgeräusch

Zur Bewertung der akustischen Eigenschaften der Fahrbahndecke wurde das Messverfahren nach ISO 11819-2 (CPX-Methode) angewandt. Als Messreifen wurde dabei der ASTM SRTT (Reifen P1) verwendet, die Messungen wurden mit 80 und 100 km/h durchgeführt.

Ebenfalls wurden Vorbeifahrtsmessungen nach ISO 11819-1 (Statistical Pass-By (SPB)-Methode) vorgenommen, die durch kontrollierte Vorbeifahrtsmessungen (Controlled Pass-By (CPB)-Methode) mit einem PKW (Typ Volvo XC60) unterstützt wurden.



Abbildung 49: CPX-Messmethode (links), SPB-Messungen (rechts).

3.5 Textur

3.5.1 3D-Textur

Aufgrund der anisotropen Struktur der Grinding-Oberflächen muss zur korrekten Messung der Oberflächentextur ein 3D-Texturscanner verwendet werden. Hierbei wird auf ein Stereo-Video-System auf Basis von Hochgeschwindigkeitszeilenkameras zurückgegriffen, dass eine Auflösung von ca. 75 μm aufweist. Der Scanner ist in Abbildung 50 gezeigt, ein Beispiel einer damit aufgenommenen Oberflächentextur ist in Abbildung 51 dargestellt. Der Scanner ist am CPX-Anhänger in der Rollspur montiert, um synchrone Messungen der Oberflächentextur und des Rollgeräusches zu ermöglichen.

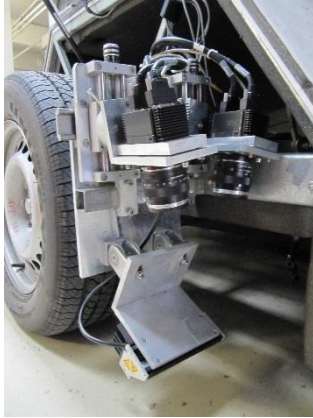


Abbildung 50: 3D-Textur-scanner

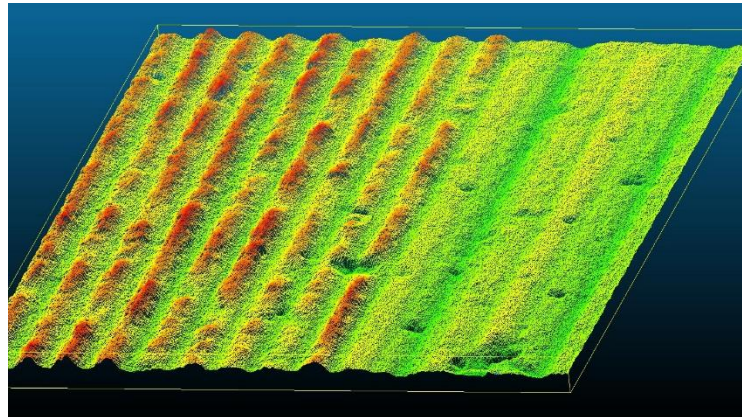


Abbildung 51: Beispiel einer Grinding-Textur

Zur Bewertung der Oberflächeneigenschaften der Fahrbahndecke können nun auf Basis der 3D-Textur verschiedene Kennwerte berechnet werden, wobei sich diese Größen teilweise an den Standard-Parametersätzen von Linientexturmessungen orientieren. Darüber hinaus können weitere Kennwerte wie z.B. die Anzahl der lokalen Maxima und Minima sowie die Höhenverteilungen dieser Extrema berechnet werden. Als statistisch relevanter Parameter mit großen Auswirkungen auf das Rollgeräusch hat sich hier nach einer Modellierung die Anzahl der lokalen Maxima innerhalb eines 3D-Texturpatches herausgestellt. Abbildung 52 zeigt dazu zwei Beispiel-Texturpatches mit den identifizierten lokalen Maxima (rote Markierungen). Man erkennt dabei, dass die angesprochene Anzahl der lokalen Maxima als Güte-Maß für die Homogenität der Stege der Grinding-Textur interpretiert werden kann, da wenige lokale Maxima auf stark strukturierte Stege mit teilweise auftretenden Stegbrüchen hinweisen.

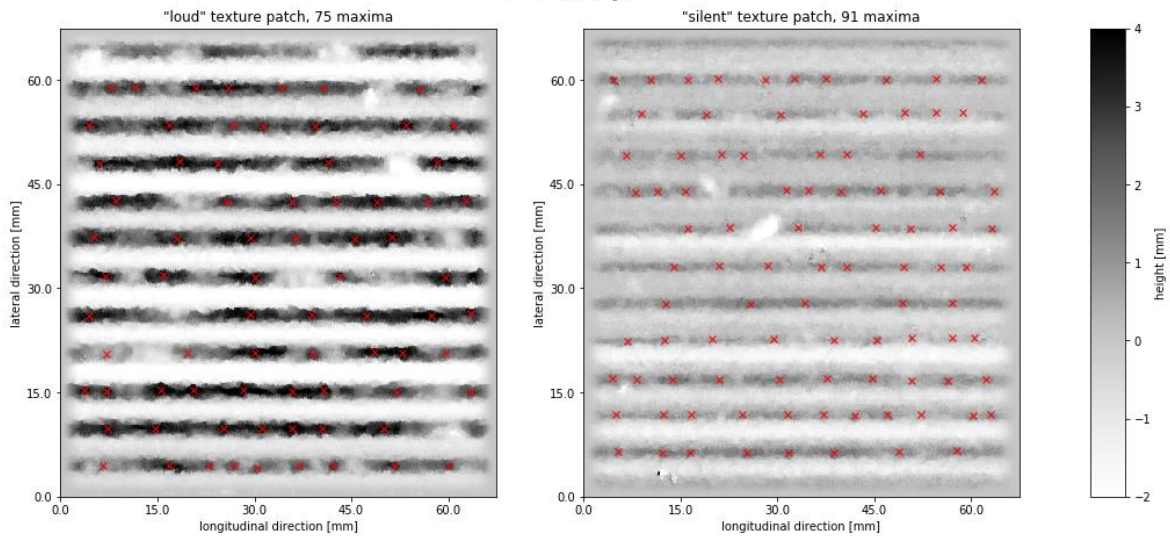


Abbildung 52: Beispiele der Anzahl lokaler Maxima innerhalb eines 3D-Texturpatches

3.5.2 ELA-Textur

Zur stationären Überprüfung der Texturausbildung auf Waschbeton und Grindingoberflächen wird in Deutschland das ELAtextur-Messgerät eingesetzt. Für die Bewertung von Grindingoberflächen muss zunächst das aufgezeichnete 400 mm lange kreisförmige Profil wieder zu einer Kreisbahn zusammengefügt und anschließend solange rotiert werden, bis in der seitlichen Projektion die beiden Teilprofile (Halbkreise) maximal korrelieren. Die seitliche Projektion der Kreisbahn führt dann zu zwei weitgehend unabhängigen Querprofilen des Grindings (Abbildung 53).

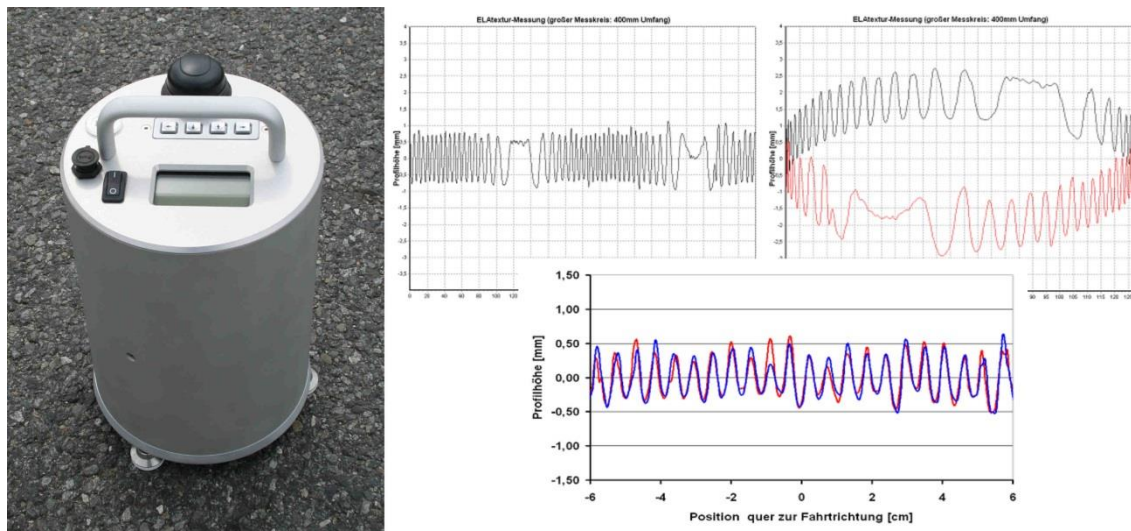


Abbildung 53: ELAtextur-Messgerät und Umformung der kreisförmigen Texturmesskurve auf Grinding durch seitliche Projektion in zwei Grindingprofile

3.6 Rollwiderstand

Die Messung des Rollwiderstandes erfolgte mit einer Messfelge, die auf der Griffigkeits-Messeinrichtung des RoadSTAR 2 (vgl. Abbildung 54) montiert wurde. Damit wurden die Kräfte in 3 Richtungen und die zugehörigen Momente erfasst. Durch die Belastungseinheit der Griffigkeits-Messeinrichtung wird eine kontrollierte Auflast von 3.500 N aufgebracht. Die Datenaufzeichnung erfolgt mit 1 kHz. Der verwendete Reifen entspricht dem bei der Griffigkeitsmessung verwendeten PIARC ribbed. Die Messung erfolgt ohne Bewässerung und mit freirollendem Rad. Aus dem Verhältnis von Horizontalkraft und Vertikalkraft wird der Rollwiderstandskoeffizient berechnet. Derzeit fehlt ein Temperaturmodell zur Kompensation von Reifentemperatur und Fahrbahntemperatur. Die Messungen wurden aber bei gleichen äußeren Verhältnissen durchgeführt, sodass ein Vergleich der Belagsarten möglich ist.



Abbildung 54: Griffigkeitsmesseinrichtung und Kraftmessfelge für Rollwiderstandsmessung

4 LABORUNTERSUCHUNGEN

Das ursprüngliche Ziel der Laboruntersuchungen war, Empfehlungen für die geplante Neubaustrecke mit Grindingtextur zu geben.

Die Ausschreibung der zur Verfügung stehenden Neubaustrecke war zum Projektbeginn allerdings bereits abgeschlossen, sodass eine Änderung der Betonrezeptur im Nachgang der Ausschreibung nicht mehr möglich war. Abweichend vom Angebot wurde deshalb vorab im Juni 2017 auf einigen Betonplatten der Neubaustrecke ein Probegrinding hergestellt, um zu ermitteln, ob die vertraglich vereinbarte Betonrezeptur für Grinding geeignet erscheint. Zur Ermittlung der Dauerhaftigkeit wurden Bohrkerne aus der Betondecke mit Probegrinding gezogen und im Labor untersucht.

Ziel war eine Aussage über die zu erwartende Dauerhaftigkeit der aufzubringenden Grindingtextur im Vergleich zum auf der restlichen Betonstrecke auszuführenden Waschbeton. Die Dauerhaftigkeit der Probegrindingflächen wurden über eine Witterungsbelastung mittels CDF-Test nach [DIN CEN/TS 12390-9] bestimmt. Dieser Test entspricht einem beschleunigten Witterungsangriff. Aus dem Ergebnis wurde abgeleitet, dass die Dauerhaftigkeit der Grindingtextur auf dem verwendeten Oberbeton gegeben und mit einer Waschbetontextur vergleichbar ist.

Nachdem auf die Betonrezeptur der Neubaustrecke kein Einfluss zu nehmen war, wurden die ursprünglich geplanten Laborversuche zeitlich nach hinten verlagert, da aufgrund der Rahmenbedingungen auf der Neubaustrecke keine Abhängigkeit zu den übrigen Arbeitspaketen mehr gegeben war.

4.1 Aufgabenstellungen und Untersuchungsziel

Ziel der Laboruntersuchungen war die Entwicklung von Betonen mit Grindingtextur, die bei hoher Dauerhaftigkeit verbesserte Oberflächeneigenschaften im Vergleich zu Betonen mit Waschbetonoberfläche bieten. Steuerungselemente der Optimierung waren die Eigenschaften der Ausgangsstoffe, die Packungsdichte der Gesteinskörnung im Beton und die Auswahl der Grindingstruktur. Die Dauerhaftigkeit der Oberflächeneigenschaften der optimierten Betonzusammensetzung sollte an texturierten Laborproben verglichen und nachgewiesen werden. Im Ergebnis sollen Empfehlungen für die Betonzusammensetzung, für die Wahl der Grindingstruktur sowie für den Grindingzeitpunkt im Rahmen einer Neubaustrecke gegeben werden.

Im Rahmen der Laborversuche wurden dazu die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- *Packungsdichteoptimierung* der groben Gesteinskörnung von Fahrbahndeckenbetonen.
 - Bestimmung der Frischbetoneigenschaften, Betrachtung der Höhenabhängigkeit der Packungsdichte, Bestimmung der Festbetoneigenschaften anhand von 3 Packungsdichterezepturen
 - Ermittlung der Dauerhaftigkeit an Proben der höchsten Packungsdichte und 2 verschiedenen Texturen über Polieren ARTe, Walzenpoliermaschine und CDF-Test
- *Ermittlung des Sandeinflusses* durch 2 zusätzliche Rezepturen zum Unterbeton der A5 Neubaustrecke AS Schrick – Poysbrunn (volumetrischer Austausch der Sandfraktion durch Carbonatsand bzw. Quarzsand), Prüfung der Dauerhaftigkeit durch Polieren auf der Walzenpoliermaschine
- *Einfluss der Grindingstruktur auf die Dauerhaftigkeit von Griffigkeit und Textureigenschaften*
- *Ermittlung des Einflusses des Grindingzeitpunktes* auf die Dauerhaftigkeit mittels CDF-Test an einer Packungsdichte und einer Textur.

4.2 Verwendete Laborgeräte

4.2.1 Ausgangsmaterialien

Ursprüngliches Ziel des Forschungsvorhabens war der Einsatz einer bezüglich Ausgangsmaterial und Zusammensetzung optimierten Betonrezeptur, die bei Texturierung der Oberfläche der Betonfahrbahndecke mittels Grinding eine zum Waschbeton mindestens gleichwertige Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit aufweist.

Die Idee, hierfür ein Rundkornmaterial einzusetzen, musste aufgrund der fehlenden regionalen Verfügbarkeit eines geeigneten Materials verworfen werden.

Weiterhin stand als Baumaßnahme für den Einsatz der optimierten Betonrezeptur ausschließlich die schon in Ausführung befindliche Strecke A5 Schrick – Poysbrunn zur Verfügung. Eine Änderung der hier eingesetzten Rezeptur war aus vertraglicher Sicht nicht mehr möglich.

Mit dem Ziel, die Ergebnisse der Laboruntersuchungen mit Untersuchungsergebnissen an im Rahmen der Neubaustrecke hergestellten Grindingtexturen vergleichen zu können, wurden für die Laboruntersuchungen die gleichen Ausgangsmaterialien wie für die Neubaustrecke verwendet. Dies sind in Anlehnung an die Betonrezeptur des Unterbetons der Neubaustrecke die folgenden Materialien.

Tabelle 11: Ausgangsmaterialien des Betons der Neubaustrecke A5

Material	Herkunft
Brechsand 0/2	HENGL Mineral GmbH Hauptstraße 39 3721 Limberg,
Splitt 2/8, 8/16, 16/22	HENGL Mineral GmbH Hauptstraße 39 3721 Limberg,
CEM II/B-S 42,5 N (DZ)	Lafarge Zementwerke GmbH Wiener Straße 10 2452 Mannersdorf
Luftporenbildner Premair LP K 2000	BT3 Betontechnik GmbH Bahnstraße 57 2604 Theresienfeld
Fließmittel Premment B 101	BT3 Betontechnik GmbH Bahnstraße 57 2604 Theresienfeld

In der Waschbetonrezeptur der Neubaustrecke wurde ein Granulit als Brechsand 0/2 des Hartsteinwerkes Wanko der Asamer Kies- und Betonwerke GmbH verwendet. Der petrografische Typ des Lieferwerkes Limberg der HENGL Mineral GmbH ist Granit. Abweichend zur Originalrezeptur des Unterbetons der Neubaustrecke der A5 enthält der Laborbeton einen Sand 0/2, nicht einen Sand 0/4. Die im Unterbeton der Neubaustrecke A5 eingesetzten Gesteinskörnungen erfüllen bezüglich der Gesteinseigenschaften die Anforderungen an einen Oberbeton.

Zur Variation des Sandes und Überprüfung des Einflusses auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Beanspruchung wurden zusätzlich die folgenden Sande eingesetzt.

Tabelle 12: Ausgangsmaterialien zur Prüfung des Sandeinflusses

Material	Herkunft
Natursand 0/2 (Quarzsand Rundkorn)	Sand + Kies Union GmbH Berlin-Brandenburg Strommeisterei 1 15528 Hartmannsdorf Werk Althüttendorf
Brechsand 0/2 (Carbonatsand)	Adolf Steinbach Steinindustrie-Schotterwerke GmbH & Co. KG Strahlunger Straße 18 97616 Salz

Im Rahmen einer Baustoffeingangsprüfung von Kornverteilung, Rohdichte, Kernfeuchte und Wasseraufnahme sowie der Sichtung der durch den Lieferanten bereitgestellten Unterlagen der Gesteinskörnungen konnten die nachfolgenden Kennwerte gemäß den TL Beton-StB 07, Anhang A, [36] dokumentiert werden.

Tabelle 13: Kornverteilung der Gesteinskörnungen der Neubaustrecke

HENGL Mineral GmbH												
Siebdurchgang [M.-%] nach DIN EN 933-1												
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	22,4	31,5	45
Brechsand 0/2	4,6	8,8	18,3	32,4	50,3	81,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Splitt 2/8	0,7	0,9	1,2	1,2	1,3	1,4	10,4	84,1	100,0	100,0	100,0	100,0
Splitt 8/16	1,1	1,4	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	12,2	99,1	100,0	100,0	100,0
Splitt 16/22	0,7	0,9	1,2	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	20,9	90,8	100,0	100,0

Tabelle 14: Kornverteilung des Quarzsandes

Sand + Kies Union GmbH Berlin-Brandenburg												
Siebdurchgang [M.-%] nach DIN EN 933-1												
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	22,4	31,5	45
Quarzsand 0/2	3,0	4,2	12,6	44,7	78,0	93,9	99,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle 15: Kornverteilung des Carbonatsandes

Adolf Steinbach Steinindustrie-Schotterwerke GmbH & Co. KG												
Siebdurchgang [M.-%] nach DIN EN 933-1												
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	22,4	31,5	45
Carbonatsand 0/2	2,2	4,1	10,5	19,5	43,3	92,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle 16: Gesteinseigenschaften Liefermaterial Neubaustrecke A5

Lieferwerk		HENGL Mineral GmbH			
	Norm	0/2	2/8	8/16	16/22
Kornzusammensetzung	DIN EN 933-1	G_{F85}	$G_{C85/20}$	$G_{C85/20}$	$G_{C90/15}$
Rohdichte [Mg/m ³]	DIN EN 1097-6	2,75	2,74	2,81	2,78
Petrografie		Granit	Granit	Granit	Granit
Feinanteile	DIN EN 933-1	f_{10}	f_1	f_1	f_1
Kornform	DIN EN 933-4	-	SI_{15}	SI_{15}	SI_{15}
Widerstand gegen Frost	DIN EN 1367-1	-	F1	F1	F1
Widerstand gegen Frost-Tausalz [M.-%] (mit 1% NaCl) - Abwitterung (8/16)	DIN EN 1367-1	-	n. e.	n. e.	n. e.
Wasseraufnahme WA_{24} [M.-%]	DIN EN 1097-6	0,44	0,55	0,45	0,37
Bruchflächigkeit	DIN EN 933-5	-	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$
Polierwert PSV/PWS (8/11)	DIN EN 1097-8/	-	50	50	50
Grobe org. Verunreinigungen	DIN EN 1744-1	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.
NaOH	DIN EN 1744-1	farblos	-	-	-
Alkali-Kieselsäure-Reaktion	DAfStB / ARS	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.

n. e. – nicht ermittelt

Werte im kursiven Schriftschnitt sind das Ergebnis eigener Untersuchungen. Alle anderen Angaben wurden der jeweiligen Leistungserklärung des Lieferanten entnommen. Für den Sand 0/2 Lieferwerk Limberg (Hengl) wird der zulässige Anteil von 3 M.-% an abschlämmbaren Bestandteilen als Siebdurchgang $\leq 0,063$ mm der TL Beton-StB 07 mit 4,6 M.-% überschritten. Die Anforderung der RVS 08.17.02 [44] an die Kategorie f_{10} wird erfüllt. Für den Sand wird des Weiteren der Siebdurchgang durch das Sieb 2 mm für die Kategorie G_{F85} geringfügig unterschritten. Alle übrigen Anforderungen der TL Beton-StB 07 werden in Bezug auf die vorliegenden Prüfzeugnisse und geprüfte Merkmale erfüllt.

Tabelle 17: Gesteinseigenschaften Quarz- und Carbonatsand

Lieferwerk		Althüttendorf	Adolf Steinbach
	Norm	0/2	0/2
Kornzusammensetzung	DIN EN 933-1	<i>G_{F85}</i>	<i>G_{F85}</i>
Rohdichte [Mg/m ³]	DIN EN 1097-6	<i>2,72</i>	<i>2,59</i>
Petrografie		Quarzsand	Carbonatsand
Feinanteile	DIN EN 933-1	<i>f₃</i>	<i>f₃</i>
Kornform	DIN EN 933-4	-	-
Widerstand gegen Frost	DIN EN 1367-1	-	-
Widerstand gegen Frost-Tausalz [M.-%] (mit 1% NaCl) - Abwitterung (8/16)	DIN EN 1367-1	-	-
Wasseraufnahme WA ₂₄ [M.-%]	DIN EN 1097-6	<i>0,60</i>	<i>1,20</i>
Bruchflächigkeit	DIN EN 933-5	-	-
Polierwert PSV/PWS (8/11)	DIN EN 1097-8/	-	-
Grobe org. Verunreinigungen	DIN EN 1744-1	n. e.	n. e.
NaOH	DIN EN 1744-1	<i>farblos</i>	<i>farblos</i>
Alkali-Kieselsäure-Reaktion	DAfStB / ARS	EI O/OF	n. e.

Tabelle 18: Eigenschaften des Zementes

CEM II/B-S 42,5 N (DZ)							
Prüfung	Blainewert [cm ² /g]	H ₂ O Anspruch [M.-%]	Erstarrungs- beginn [min]	Druckfestigkeit			Alkaligehalt [M.-%]
				2 Tage [N/mm ²]	7 Tage [N/mm ²]	28 Tage [N/mm ²]	
Richtwerte	3600	-	150	22	-	51	-

Die Anforderungen der TL Beton-StB 07 werden für die dokumentierten Parameter in Bezug auf die vorliegenden Prüfzeugnisse und geprüfte Merkmale erfüllt.

4.2.2 Technik zur Herstellung von Laborprobekörpern

Zur Herstellung des Frischbetons kam ein Zwangsmischer UEZ ZM 200 zum Einsatz. Für die Betonmischung wurden die jeweiligen Gesteinskörnungsanteile in den Zwangsmischer gegeben und das Gesteinskörnungsgemisch kurz vorgemischt. Am Gesteinskörnungsgemisch wurde anschließend die Eigenfeuchte ermittelt und für die Wasserzugabe berücksichtigt.



Abbildung 55: Zwangsmischer UEZ ZM 200



Abbildung 56: Hochfrequenzrütteltisch

Die Mischung des Betons erfolgte dann durch:

- kurzes Vormischen der Zuschläge mit dem Zement
- Zugabe des Anmachwassers, des Luftporenbildners und der erforderlichen Menge Betonverflüssiger
- 180 Sekunden Nassmischzeit

Am Frischbeton wurden die Parameter Verdichtungsmaß, Frischbetonrohichte, Luftporengehalt, Betontemperatur und die Lufttemperatur jeweils nach 10 Minuten und 45 Minuten ermittelt sowie zur Kontrolle der w/z-Wert bestimmt.

Die Herstellung der Laborproben erfolgte durch jeweils 2 Laboranten. Für die Probeplatten zur Durchführung erweiterter Untersuchungen wie Laborgrinding und Frost-Tau-Wechsel-Beständigkeit mit dem CDF-Verfahren wurden Stahlformen mit den Maßen Höhe/Breite/Tiefe 100 mm / 270 mm / 335 mm eingesetzt. Zusätzlich wurden zur Bestimmung der Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3 [48] Würfel mit dem Nennmaß 150 mm, zur Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach den TP B-StB Teil 3.1.05 [42] Zylinder mit dem Nennmaß 100 mm und zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit nach DIN EN 12390-5 [49] mit Zweipunktlasteintrag Balken mit der Kantenlänge 700 mm x 150 mm x 150 mm hergestellt.

Die Verdichtung erfolgte kombiniert durch Stampfen und Rütteln. Eingesetzt wurde ein Hochfrequenzrütteltisch mit einer Rüttelzeit für die Verdichtung von 45 s.

4.2.3 Festbetonprüfungen

Die Proben wurden nach ihrer Herstellung für 24 h in den Formen belassen und nach dem Entschalen für 7 Tage (Würfelproben) bzw. 28 Tage für die Zylinder- und Balkenproben im Wasserbad bei $20\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ gemäß DIN EN 12390-2 [47] gelagert. Für die Würfelproben schloss sich eine Trockenlagerung gemäß dem nationalen Anhang NA zur DIN EN 12390-2 bei $20\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ und $65 \pm 5\%$ relativer Feuchte an.

Die Probenzahl je Prüfserie beträgt für die Druck- und Biegezugfestigkeit jeweils 3 und für die Spaltzugfestigkeit 15 je Prüfzeitpunkt. Für die Bestimmung des optimalen Grindingzeitpunktes wurden jeweils 6 Zylinderproben zur Prüfung der Spaltzugfestigkeit für die Prüfzeitpunkte nach 1, 7 und 28 Tagen hergestellt. An den Balkenenden wurde nach Prüfung der Biegezugfestigkeit jeweils die Spaltzugfestigkeit am Prisma nach DIN EN 12390-6 [50] ermittelt.

Die Prüfung der Druckfestigkeit sowie der Spaltzugfestigkeit an den prismatischen Balkenenden erfolgte an einer Druckprüfmaschine ADR 3000 kN ELE International, Güteklasse 1 im Lastbereich 30 kN bis 3000 kN. Die Prüfung der Spaltzugfestigkeit erfolgte nach den TP B-StB 3.1.05 [42] an Zylinderscheiben mittels einer Universalpresse 35-5100 mit elektrischem Stellantrieb der Firma Infratest, Güteklasse 1 im Lastbereich 5 kN bis 50 kN. Die Biegezugfestigkeit wurde mittels Zweipunkt Lasteintrag an einer 100 kN Biegeprüfmaschine der Güteklasse 1 des Herstellers Form+Test Seidner ermittelt.

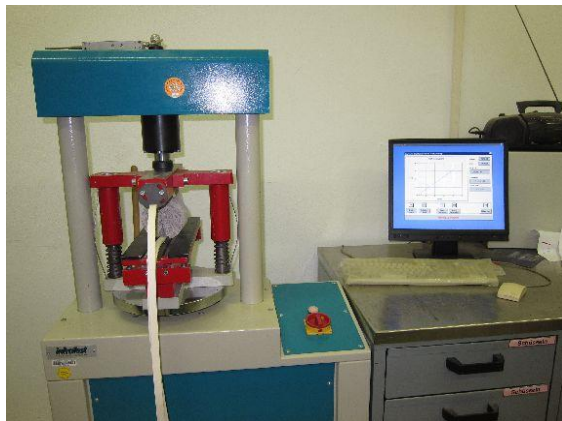


Abbildung 57: Universalpresse 35-5100

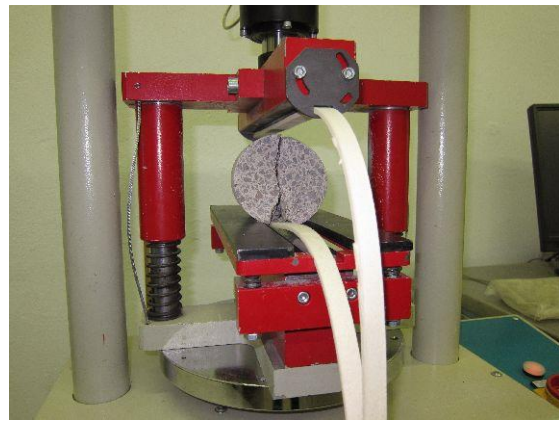


Abbildung 58: Spaltzugprüfung an Zylinderscheiben

4.2.4 Laborgrinding

Das Laborgrinding wurde mittels eines Diamantblattes mit einer Segmentbreite von 2,1 mm hergestellt. Bei gröberen Strukturen (z.B. Segmentbreite 2,8 mm) wurde dies durch einen Doppelschnitt mit 0,7 mm Abstand erzeugt. Aufgrund der Schwingungsarmut des verwendeten kleineren Diamantblattes (125mm Durchmesser) gegenüber einer realen Grindingmaschine wurden die Stege nicht in dem Umfang gebrochen, wie dies bei Verwendung einer großen Grinding-Maschine der Fall ist. Daher wurde durch zusätzliches seitliches Versetzen des Diamantblattes in leicht angehobenem Zustand (2,0 mm über der Schnitttiefe) der Stegbruch stets vollständig herbeigeführt. Um trotz der veränderten Vorgehensweise eine möglichst gute Anbindung an die Griffigkeit und Textur der Oberfläche bei in-situ-Herstellung der Grindingoberfläche herbeizuführen, wurden SRT- und Texturdaten von vorhandenen Bohrkernen aus der A5 (Schrack-Poysbrunn) aus dem Probegrinding vom Standstreifen zum Vergleich herangezogen. Es zeigte sich, dass sowohl die Texturparameter (MPD=0,98 mm) als auch die SRT-Werte (73 SRT-Einheiten) sehr gut mit den Daten von

Probepplatten vergleichbarer Betonzusammensetzung und Grindingstruktur übereinstimmen ($MPD=0,9-1,05$ mm, 70-78 SRT-Einheiten). Auch visuell wiesen die Strukturen auf den Bohrkernen große Ähnlichkeit mit den erzeugten Grindingstrukturen auf den Platten (2,8 mm/2,2 mm vor Polieren) auf (Abbildung 59). An dem Bohrkern aus dem Probegrinding werden etwas breitere Schleifspuren festgestellt (3,0-3,2 mm) als aufgrund der angegebenen Segmentbreite von 2,8 mm zu erwarten gewesen wäre. Ob dies durch Schwingungen an den Blättern oder aber durch tatsächlich breitere Segmente verursacht wurde, kann nicht mehr eindeutig festgestellt werden. In jedem Fall erscheinen die Stege hier geringfügig schmaler.

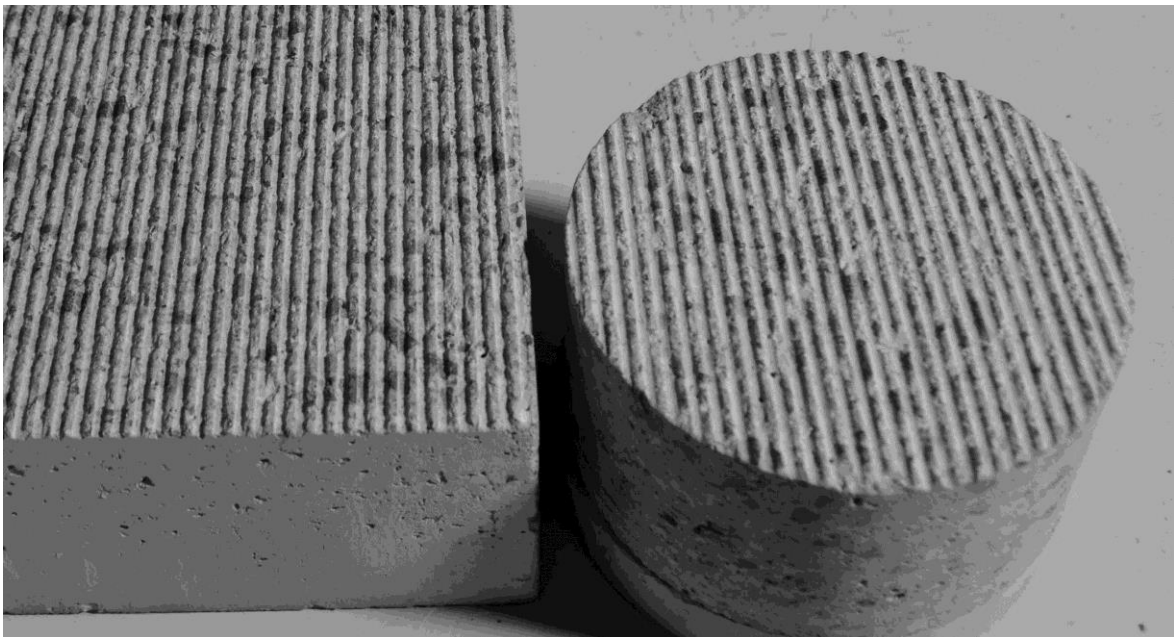


Abbildung 59: Vergleich einer im Labor hergestellten Platte mit Grindingstruktur (links) und einem Bohrkern vom Probegrinding auf der A5 (rechts)

Abbildung 60 zeigt die Laborgrindingmaschine im Einsatz. Analog zur Poliermaschine wurde auch diese Grindingmaschine auf Basis von CNC-Technik aufgebaut, um eine sehr präzise Wiederholbarkeit der Schnitt-Tiefen und -Abstände zu gewährleisten.



Abbildung 60: Herstellung der gegrindeten Oberfläche mittels Laborgrindingmaschine

4.2.5 Polierverfahren für Laborproben

Im Rahmen dieses Projektes werden zwei unterschiedliche Polierverfahren eingesetzt. Zum einen kommt der an der RWTH Aachen im Institut ISAC entwickelte ARTE-Prüfstand zum Einsatz. Darüber hinaus wurde ein Teil der Probeplatten mit der Walzenpoliermaschine poliert, die gemeinsam zwischen dem CBM der TU München und der IWS Messtechnik GmbH entwickelt wurde. Beide Poliervorrichtungen haben unterschiedliche Poliereigenschaften.

Der ARTE-Prüfstand (vgl. Abbildung 61) poliert mit entlang einer Kreisbahn geführten realen Reifen die zu prüfende Oberfläche, wobei sich der Probekörper in einer Linearbewegung unter den Reifen hinwegbewegt. Auf diesem Gerät werden die Betonplatten mit Grindtextur dementsprechend durch Schub beansprucht. Die Beanspruchung entsteht durch die Überlagerung einer Translations- und Rotationsbewegung. Die Betonplatten mit den Maßen 32 cm x 26 cm x 4 cm werden dazu in einen horizontal verschiebbaren Schlitten eingespannt, welcher die translatorische Bewegung induziert, während die Rotationsbewegung durch zwei Reifen, welche sich um eine vertikale Achse bewegen, hervorgerufen wird. Hieraus ergibt sich ein völlig richtungsunabhängiges Polieren der Oberfläche, die Grindtextur wird daher auch in Querrichtung beansprucht, was in der Praxis nur in extrem seltenen Fällen auftreten kann.

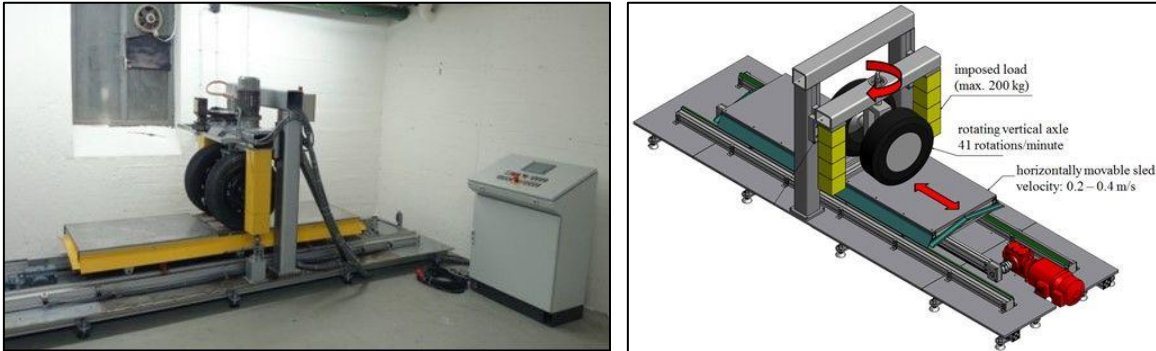


Abbildung 61: Aachener Ravelling Tester (ARTE)

Für die Bestückung der ARTE-Maschine ist jeweils ein Satz von 4 Probepplatten erforderlich. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist in der Verwendung realer Reifen der Größe Modell Vanco 8, 165/75 R 14 C 8PR 97/95 R TL der Firma Continental zu sehen, was die Anbindung an die Praxisbeanspruchung auf realen Fahrbahnen erhöht. Über die Variation von Auflast und Reifendruck lässt sich zudem die Kontaktfläche und somit die Intensität der Polierbeanspruchung variieren. Die Polierbeanspruchung im ARTE wurde mit einem Reifeninnendruck von zwei bar und einer Auflast von 400 kg durchgeführt. Die Geschwindigkeit der horizontalen Bewegung des Schlittens wurde zu neun Translationsbewegungen (Hin & Rück) pro Minute gewählt. Die Reifen drehten sich mit 41 Umdrehungen pro Minute um die gemeinsame Achse. Der Abstand der Radmitten zueinander betrug 55 cm, woraus eine Umlaufgeschwindigkeit der frei rollend gelagerten Räder von ca. 1,2 m/s resultierte. Allerdings ist das Polierverfahren sehr zeit- und damit kostenintensiv und für größere Untersuchungsreihen auch aufgrund der Vielzahl frei wählbarer nicht standardisierter Parameter eher wenig geeignet. Zur Reduktion sehr hoher Polierzeiten wurde analog zum Wehner-Schulze-Polierverfahren mit zusätzlichem Poliermittel (Quarzsand WF 31, 99,6% Quarzgehalt, Mittlere Korngröße: 0,42 mm) gearbeitet, was die Praxisnähe wiederum etwas reduziert. Die Zufuhr rate des Poliermittels betrug (27 ± 7) g/min bei etwa derselben Menge an Wasser. Abweichungen von der Probengeometrie sind zu vermeiden, um das Prüfergebnis dadurch nicht zu beeinflussen. Die Versuchsplatten sind dementsprechend exakt zuzuschneiden.

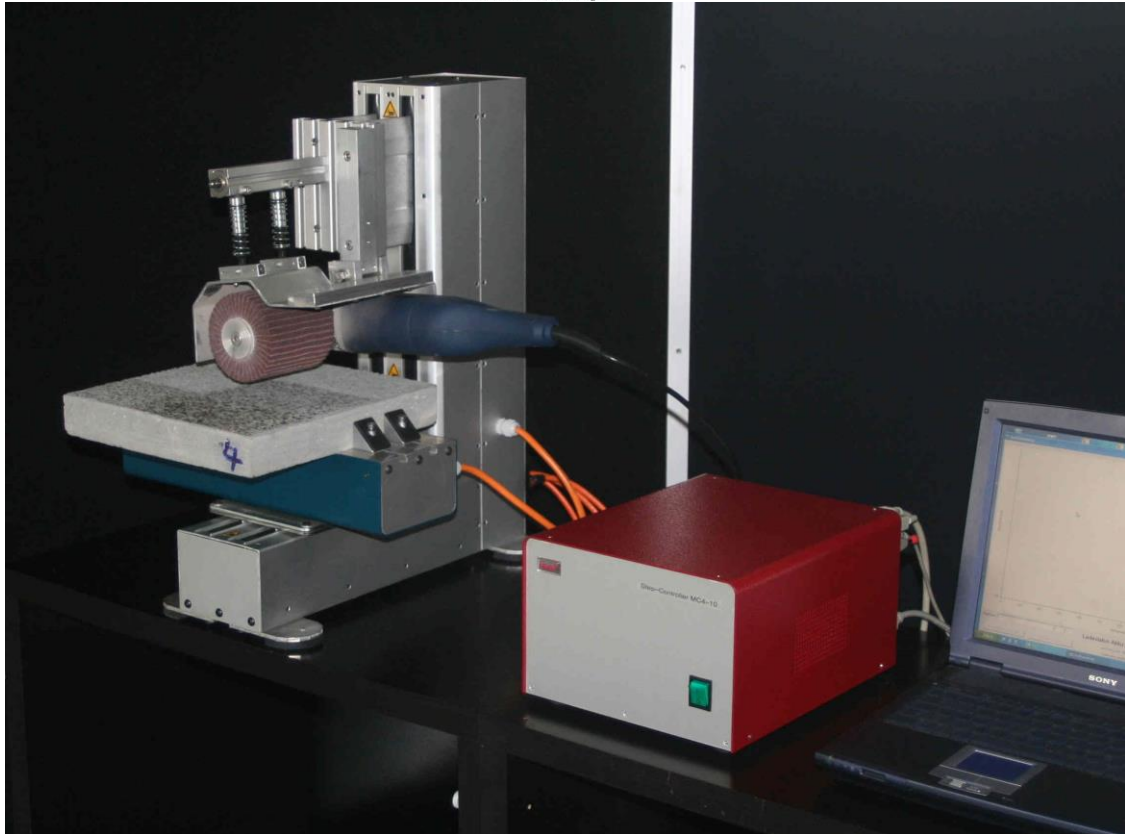


Abbildung 62: Walzenpoliermaschine von CBM und IWS

Die Walzenpoliermaschine (Abbildung 62) aus einer gemeinsamen Entwicklung von TU München (CBM) und IWS erwies sich im Rahmen dieses Projektes zunächst als wenig geeignet, da - abweichend von der ursprünglich geplanten Vorgehensweise aus den Laborprobepplatten 150mm-Bohrkerne zu bohren - beschlossen wurde, die hergestellten Platten (350x260x100 mm) als Ganzes zu bearbeiten. Hintergrund der veränderten Vorgehensweise war, dass bei derart kleinen Bohrkernen ausgeprägte Randeefekte bezüglich der Polierintensität auftraten und deshalb nicht von einer über den gesamten Querschnitt konstanten Polierleistung ausgegangen werden konnte, wie sie für die anschließende SRT-Prüfung erforderlich war. Für die Bearbeitung ganzer Platten wies die existierende Poliermaschine einige Nachteile auf: Zunächst mussten die Platten auf eine Maximaldicke von 50 mm gesägt werden. Doch selbst dann waren die Verfahwege der CNC-Komponente (190mm in x-, 100 mm in y-Richtung) deutlich zu kurz, um die Platten an ihrer gesamten Oberfläche zu bearbeiten. Daher wurde entschieden, eine weitere Poliermaschine aufzubauen, die mit ihrem nutzbaren Verfahweg von 350x280x150mm und einer Durchfahrhöhe bis 230 mm

den Erfordernissen der Laborplatten im Rahmen dieses Projektes gerecht wurde (Abbildung 63).



Abbildung 63: Walzenpoliermaschine 2. Generation

Diese Walzenpoliermaschine zeichnet sich gegenüber dem ARTe-Polierstand durch eine gerichtete Polierbeanspruchung aus und ist in dieser Beziehung praxisnäher, da die Polierbeanspruchung auf Fahrbahnen bekanntlich auch eine hohe Richtungsabhängigkeit aufweist. Anstelle von Quarzsand kommt bei diesem Gerät ein standardisiertes Industriepoliermittel in Walzenform zum Einsatz. Eine gleichbleibende Polierleistung ist durch einen konstanten Andruck der Polierwalze an die Oberfläche und eine sich permanent erneuernde Oberfläche der Polierwalzen gewährleistet. Die Beanspruchungszeiten sind außerordentlich kurz (<10 min), sodass auch umfangreichere Vergleiche durchgeführt werden können. Die Poliervorrichtung ist in eine CNC-Maschine integriert, was auch komplexere Prüfzyklen ermöglicht. Für dieses Projekt wurden schmalere Polierwalzen (90 mm statt

100 mm) gefertigt, wodurch auf den Oberflächen der Platten nebeneinander für die spätere SRT-Prüfung (Sliderbreite 75 mm) drei unterschiedliche Polierintensitäten ausreichend überlappungsfrei angelegt werden konnten. Anders als bei anderen Verfahren blieben so bis zu drei unterschiedliche Poliergrade auch für spätere Nachuntersuchungen erhalten (Abbildung 64). Genau einzuhaltende Anforderungen an die Probengeometrie waren in diesem Fall nicht gegeben, sodass die Probeplatten mit ihren Originalabmessungen direkt verwendet werden konnten. Die Maschine wurde mit einer Drehzahl von 1000 U/min und Vorschubgeschwindigkeiten von 1/5/10mm/s betrieben. Die Andruckkraft der Walze (mit reduzierter Breite 90 mm) an die Oberfläche wurde mit 20 N (entspricht 10mm Federweg) gewählt.

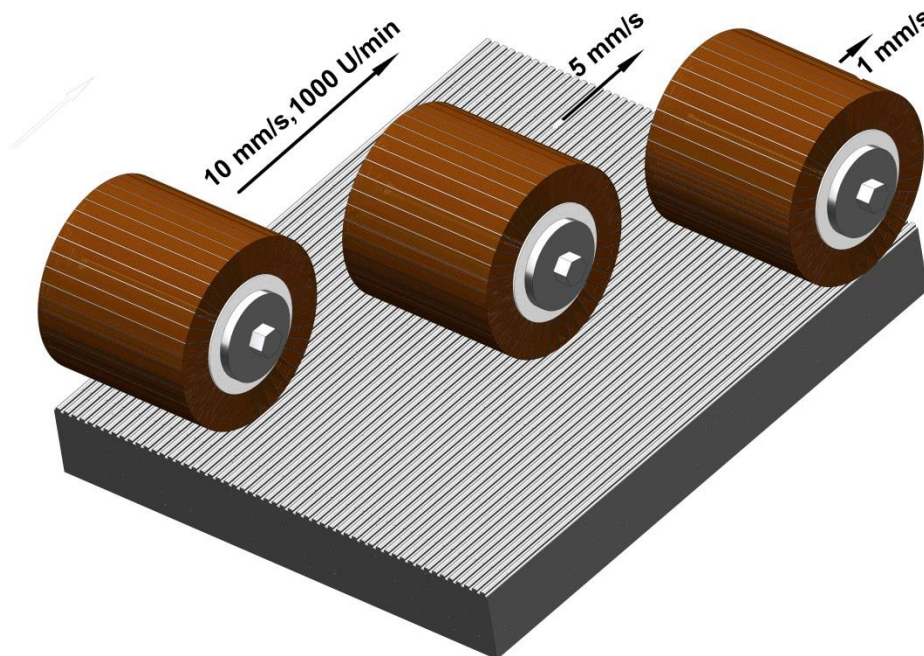


Abbildung 64: Durchführung der Polierung in drei unterschiedlich intensiv polierten Bahnen auf Grinding-Laborplatten 260x350mm (Prinzipische Skizze)

4.2.6 Messung der Textureigenschaften

Bei der Messung der Textureigenschaften wurde bei allen Laborprobekörpern das ELAtextur-Messgerät eingesetzt. Bei diesem in Abbildung 65 dargestellten Gerät wird die Textur entlang einer kreisförmigen Messlinie mit einem Durchmesser von 127 mm abgetastet. Die Länge der Messlinie beträgt dementsprechend 400mm, entlang der insgesamt 2000 Messpunkte äquidistant aufgenommen werden. Hieraus ergibt sich ein Abstand benachbarter Einzelmesspunkte von 0,2mm. Zur Plausibilitätskontrolle der Messergebnisse wird bei jeder

Messung die Kreisbahn zweifach abgetastet. Die Ergebnisse beider Messungen aus jeweils 2000 Messpunkten werden miteinander verglichen und dürfen bezüglich des Texturparameters MPD gemäß DIN EN ISO 13473-1 nicht um mehr als 0,01 mm differieren.



Abbildung 65: Für die Laboruntersuchungen verwendetes Texturmessgerät

Mittels Projektionssoftware kann die abgetastete Kreisbahn in der Weise umgerechnet werden, dass ein genaues Abbild der abgetasteten Textur quer zur Grindingrichtung erzeugt werden kann (Abbildung 66).

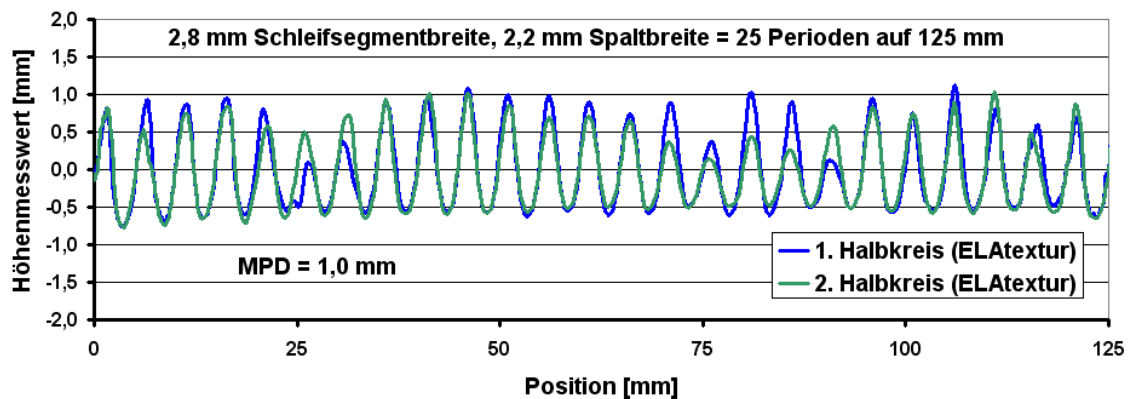


Abbildung 66: Auswertungsbeispiel einer Texturmesskurve

Da es in der Regel auf eine Beschreibung der Texturgeometrie ankommt, ist dieses die bevorzugte Auswertungsdarstellung der ELAtextur-Messungen. Bedingt durch den Durch-

messer des abgetasteten Messkreises verkürzt sich die Messlinie bei dieser Form der Darstellung auf 127 mm. Jeder der beiden Hälften der Kreisbahn ergibt ein eigenes Querprofil, welches von anderen Punkten der Oberfläche stammt.

Zur Reduzierung lokaler Einflüsse und zur Bewertung nach dem Polieren wurden je Probeplatte grundsätzlich 5 Messungen entsprechend der in Abbildung 67 dargestellten Anordnung durchgeführt.

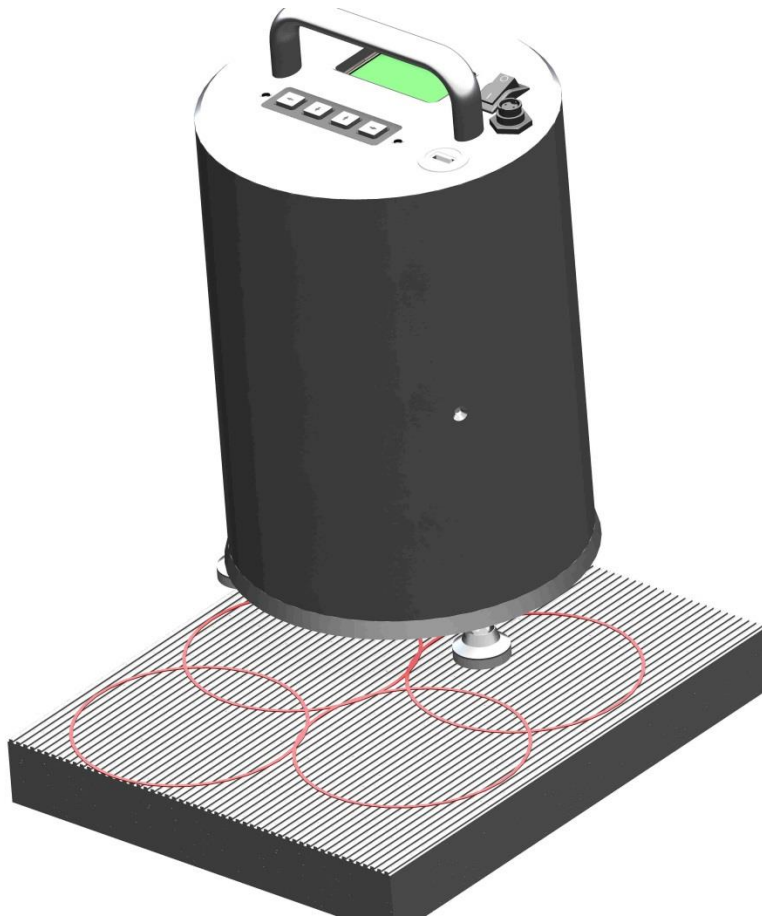


Abbildung 67: Anordnung der 5 Messungen auf den Laborprobeplatten

Für die in drei Bahnen polierten Platten (siehe dazu Abschnitt 4.2.5) bedeutet dies allerdings, dass jeder Messkreis in unterschiedlicher Gewichtung zwei Bahnen beinhaltet. Da aufgrund der Notwendigkeit das Gerät aufstellen zu können Randbereiche von ca. 15 mm Breite freigelassen werden müssen, ist liegt der Messkreis für Messung 1-3 zu 75 mm innerhalb Bahn 1 (Vorschub 10mm/s) und zu 52 mm in Bahn 2 (Vorschub 5mm/s). Die Messungen 4+5 liegen entsprechend zu 75mm in Bahn 3 (1mm/s) und zu ebenfalls 52 mm in Bahn 2 (Vorschub 5mm/s). Grundsätzlich lässt sich anhand der 5 Messungen zeigen, dass

die Abnahme der Texturtiefe bei den Messungen 4+5 deutlich höher ist als bei den Messungen 1,2 und 3. Aufgrund der Streuung der Einzelergebnisse durch Zufälligkeiten (z.B. angeschnittene Poren) in der Oberfläche muss jedoch auf eine getrennte Auswertung der 5 Messungen verzichtet werden. Die durchschnittliche Polierbeanspruchung aller 5 Messungen lässt sich über die Anteile in den 3 Bahnen ermitteln. Sie kann damit als „rechnerische durchschnittliche Vorschubgeschwindigkeit“ V_{mittel} aus den Vorschubgeschwindigkeiten in den drei Bahnen (10mm/s, 5mm/s und 1 mm/s) formuliert werden:

$V_{\text{mittel}} =$

$$(3 \cdot 75 / 127 \cdot 10 \text{ mm/s} + 3 \cdot 52 / 127 \cdot 5 \text{ mm/s} + 2 \cdot 75 / 125 \cdot 1 \text{ mm/s} + 2 \cdot 52 / 125 \cdot 5 \text{ mm/s}) / 5 = 5,88 \text{ mm/s},$$

und entspricht damit im Mittel 1,7 Poliergängen mit der maximalen Vorschubgeschwindigkeit von 10 mm/s.

4.2.7 Messung der Griffigkeit im Labor

Für die Messung der Griffigkeit wurde ein aktuell kalibriertes SRT-Pendel (Abbildung 68) und ein SRT-Gleitkörper der BAM verwendet. Sofern die Platten auf dem ARTe-Prüfstand poliert wurden, liegen auch SRT-Daten zu den Probekörpern von der RWTH Aachen (diese ist eine der beiden Kalibrierstellen für SRT-Pendel) vor.



Abbildung 68: SRT-Pendel

4.3 Optimierung der Packungsdichte

4.3.1 Bestimmungsverfahren zur Packungsdichte

Die experimentelle Bestimmung der Packungsdichte wurde mit dem Verfahren nach de Larrard [1] durchgeführt, vgl. Abbildung 69.



Abbildung 69: Experimentelle Bestimmung der Packungsdichte nach de Larrard

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Vibrationstisch, auf dem ein Hohlzylinder aus Stahl (Innendurchmesser: 160 mm, Höhe: 320 mm) verschraubt wird. Die zu untersuchende Gesteinskörnung wird mit einer Masse von 5000 g in den Zylinder gefüllt. Anschließend wird ein Vollzylinder aus Stahl in den Hohlzylinder eingesetzt. Die dabei entstehende Auflast entspricht einem Druck von 0,1 N/mm². Auf einem Vibrationstisch wird mit einer Frequenz von 100 Hz die Gesteinskörnung für eine Dauer insgesamt 120 s verdichtet und die Einsinktiefe des Vollzylinders bestimmt.

Die Packungsdichte Φ ergibt sich aus dem Quotienten des reinen Kornvolumens (V_{Korn}), das aus der Rohdichte und der Masse der eingefüllten Gesteinskörnung ermittelt wird und dem Volumen der Gesteinskörnung nach der maximalen Verdichtung (V_i).

$$\Phi = V_{\text{Korn}} / V_i$$

Gleichung 1

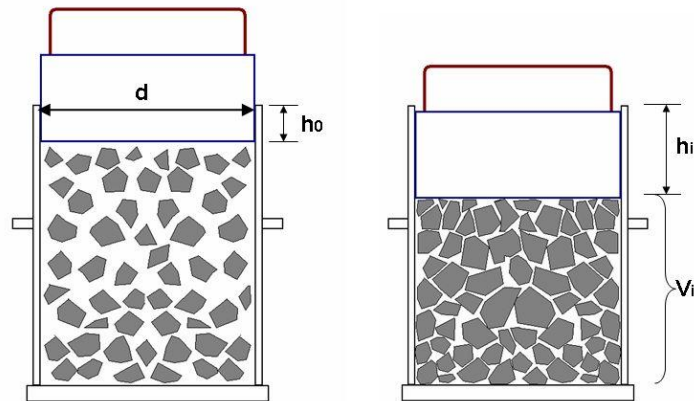


Abbildung 70: Vorgehen zur Bestimmung der Packungsdichte von Kornzusammensetzungen

$d = 160 \text{ mm}$

$h_0 = \text{Einsinktiefe vor der Verdichtung}$

$h_i = \text{Einsinktiefe nach der Verdichtung}$

$V_i = \text{Volumen des Gesteinskörnungsgemischs nach der Verdichtung}$

$V_{\text{Korn}} = \text{Volumen der reinen Gesteinskörnung (ohne Hohlräume)}$

Als Gesteinskörnung standen für die Betonherstellung ein Brechsand 0/2 mm sowie die Korngruppen 2/8 mm, 8/16 mm und 16/22 mm zur Verfügung. Alle Gesteinskörnungen stammen aus Österreich. Die Korngruppen > 2 mm wurden zudem ebenfalls beim Bau der Erprobungsstrecke auf der A 5 eingesetzt. In Tabelle 19 sind zunächst die Packungsdichten der einzelnen Korngruppen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 19: Packungsdichte der für die Betonherstellung verwendeten Korngruppen

Korngruppe	Experimentelle Packungsdichte
	[-]
2/8	0,576
8/16	0,547
16/22	0,530

Anschließend wurden zur Optimierung der Packungsdichte zwei Korngruppen in unterschiedlichen Anteilen miteinander kombiniert. Auf der Ordinate (Abbildung 71) ist der prozentuale volumetrische Anteil der kleineren Korngruppe (hier 2/8) dargestellt.

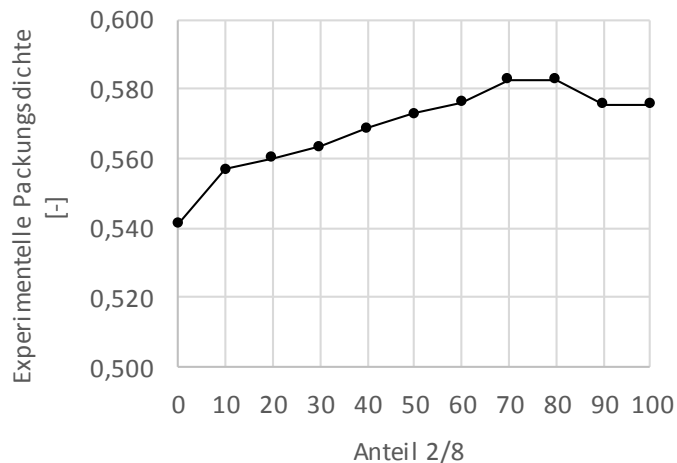


Abbildung 71: Packungsdichten der Korngruppen 2/8 und 8/16 in Abhängigkeit ihrer volumetrischen Zusammensetzung

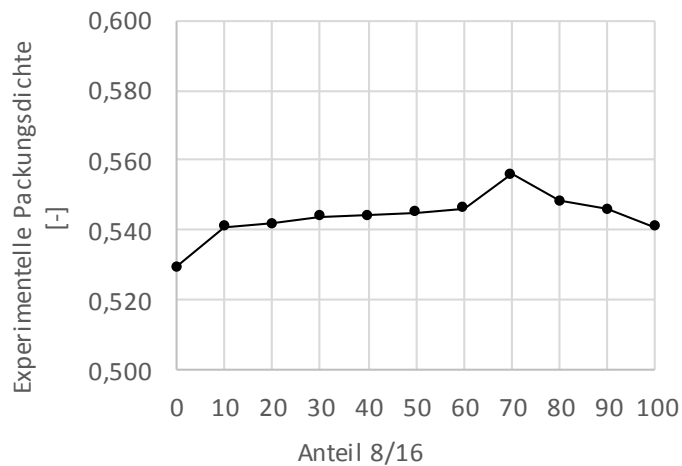


Abbildung 72: Packungsdichten der Korngruppen 8/16 und 16/22 in Abhängigkeit ihrer volumetrischen Zusammensetzung

Abbildung 72 zeigt das entsprechende Ergebnis für unterschiedliche volumetrische Kombinationen der beiden größeren Korngruppen.

4.3.2 Betoneigenschaften

Eine hohe Packungsdichte der Gesteinskörnung sichert einen möglichst geringen Hohlraumanteil im Gesteinskörnungsgemisch. In der volumetrischen Zusammensetzung des Betons kann die hohe Packungsdichte der Gesteinskörnung jedoch nur wirksam werden, wenn der Mörtelanteil so minimiert wird, dass er ausschließlich die verbleibenden Hohlräume füllt. Der Mörtel setzt sich hierbei aus den Anteilen Zement, Wasser, Luftporen und

der Gesteinskörnung kleiner 2 mm zusammen. Zur Gewährleistung einer hohen Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Beanspruchung aus Klima und Verkehr wird für alle Fahrbahndeckenoberbetone (außer Waschbeton) im deutschen Regelwerk der Mörtelanteil über den Zementgehalt von maximal 360 kg/m³ (Expositionsklasse XM2 der EN 206) und in der Summensieblinie der zulässige Sandanteil von 27 M.-% für den Siebdurchgang bei 1 mm und 30 M.-% für den Siebdurchgang bei 2 mm sowie den maximalen Mehlkorn- und Feinstsandgehalt von 450 kg/m³ beschränkt (jeweils TL Beton-StB 07).

Ein Mindestanteil an Mörtel im Beton ist wiederum erforderlich, um eine gute Verarbeitbarkeit und ein dichtes Gefüge des Betons sicher zu stellen. In der Regel wird eine gute Verarbeitbarkeit des Betons erreicht, indem der Sandanteil, in der Regel ein quarzitischer Natursand, so bemessen wird, dass die zulässigen Sandanteile von 27 M.-% und 30 M.-% im Siebdurchgang gerade unterschritten werden.

Aufgrund des hohen Mehlkorn- und Feinstsandgehaltes des auf dem Bauvorhaben A5 Schrick-Poysbrunn eingesetzten Sandes war eine Optimierung der Betonzusammensetzung durch Erhöhung des Sandanteiles zur Gewährleistung einer guten Verarbeitbarkeit nicht umsetzbar. Mit der gewählten Zusammensetzung wird der laut TL Beton-StB 07 zulässige Mehlkorn- und Feinstsandgehalt von 450 kg/m³ für den Nullbeton 0/22 A5 Neubaubstrecke bereits um 18 kg/m³ überschritten. In der RVS 08.17.02 wird der maximale Anteil an Mehlkorn- und Feinstsand nicht begrenzt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die gewählten Betonzusammensetzungen. Ausgehend vom Nullbeton 0/22 UB A5, der dem auf der A5 Schrick-Poysbrunn eingesetzten Unterbeton entspricht, wurden in Variation der Zusammensetzung ein Beton 0/22 mit einer Ausfallkörnung 2/8 und ein mörtelarmer Beton 0/16 zusammengesetzt. Für den mörtelarmen Beton wurde der Mörtelanteil durch eine Reduzierung des Zementgehaltes und Sandanteiles minimiert. Zum Vergleich wurde weiterhin mit den Ausgangsmaterialien eine Waschbetonrezeptur angesetzt.

Tabelle 20: Betonzusammensetzung zum Vergleich der Packungsdichte

Parameter		Nullbeton 0/22 UB A5	Beton 0/22 Ausfallkör- nung 2/8	Beton 0/16 mörtelarm	Waschbeton 0/8
Zementgehalt	[kg/m ³]	360	360	340	420
Zementart	[-]	CEM II/B-S 42,5 N			
Wassergehalt	[kg/m ³]	146	146	136	168
Wasserzementwert	[-]	0,41	0,41	0,40	0,40
feine Gesteinskörnung 0/2	[kg/m ³]	470	470	440	520
grobe Gesteinskörnung 2/8	[kg/m ³]	337	0	1030	1211
grobe Gesteinskörnung 8/16	[kg/m ³]	615	1020	450	0
grobe Gesteinskörnung 16/22	[kg/m ³]	475	420	0	0
Siebdurchgang 1 mm	[M.-%]	13,9	14,0	12,8	16,0
Siebdurchgang 2 mm	[M.-%]	21,7	21,8	20,0	25,4
Mehlkorn und Feinstsand (< 0,25 mm)		468	471	442	529
Mörtel	[dm ³]	463	464	443	529
LP-Gehalt	[Vol.-%]	5,0	5,0	5,5	6,5
Frischbetonrohddichte Sollwert	[kg/m ³]	2400	2420	2400	2320

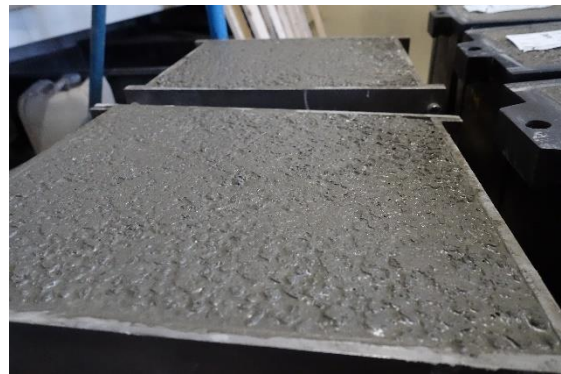
Für die vier Betone wurde der erforderliche Luftporengehalt mittels Luftporenbildner eingestellt und die sich ergebende Konsistenz des Betons mit einer Standardzugabe des Betonverflüssigers belassen. Auffällig ist eine im Vergleich höhere Steifigkeit des mörtelarmen Betons, was auf eine schlechtere Verarbeitbarkeit schließen lässt sowie bei vergleichbaren Wasser-Zement-Werten ein deutlicher Festigkeitsanstieg, insbesondere bei der Biegezugfestigkeit.

Tabelle 21: Betoneigenschaften zum Vergleich der Packungsdichte

Parameter		Nullbeton 0/22 UB A5	Beton 0/22 Ausfallkör- nung 2/8	Beton 0/16 mörtelarm	Waschbe- ton 0/8
Verdichtungsmaß nach 10 Minuten	[-]	1,26	1,25	1,34	1,15
Konsistenzklasse nach 10 Minuten	[-]	C1	C2	C1	C2
Verdichtungsmaß nach 45 Minuten	[-]	1,36	1,38	1,41	1,28
Konsistenzklasse nach 45 Minuten	[-]	C1	C1	C1	C1
w/z-Wert		0,41	0,41	0,40	0,40
Festbetonrohddichte Würfel Trockenlagerung	[kg/m ³]	2400	2400	2430	2380
Druckfestigkeit 2d	[MPa]	31,2	29,7	35,6	33,6
Druckfestigkeit 28d	[MPa]	53,0	53,2	60,5	61,4
Biegezugfestigkeit 28d	[MPa]	7,0	7,6	9,5	6,8
Spaltzugfestigkeit Würfel 28d	[MPa]	4,62	4,86	5,19	5,04
Spaltzugfestigkeit Zylinder 28d	[MPa]	5,02	4,85	5,09	4,56



Abbildung 73: mörtelarmer Beton 0/16



**Abbildung 74: Probepplatten mörtelarmer
Beton 0/16**

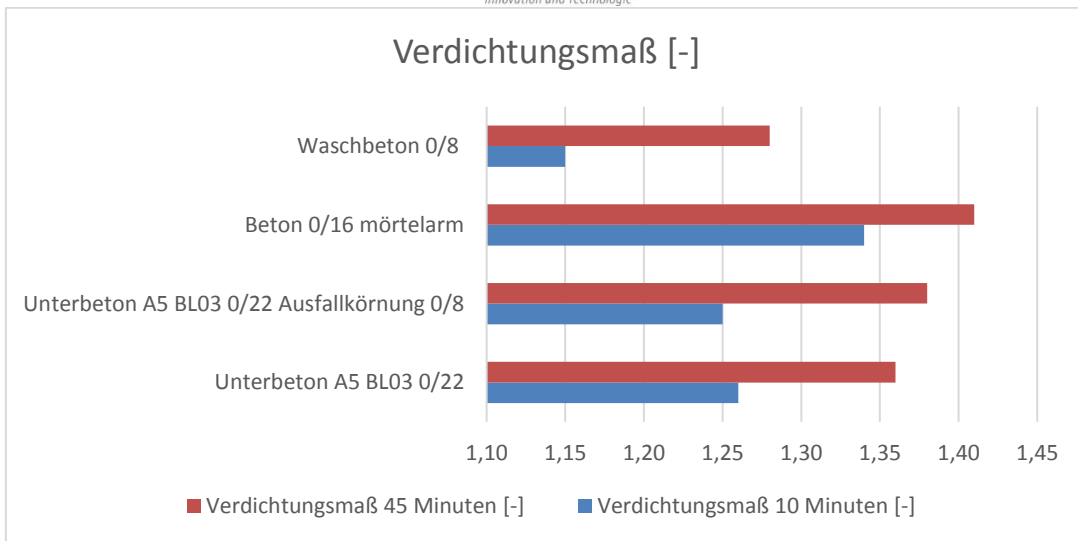


Abbildung 75: Verdichtungsmaß der Packungsdichterezepturen

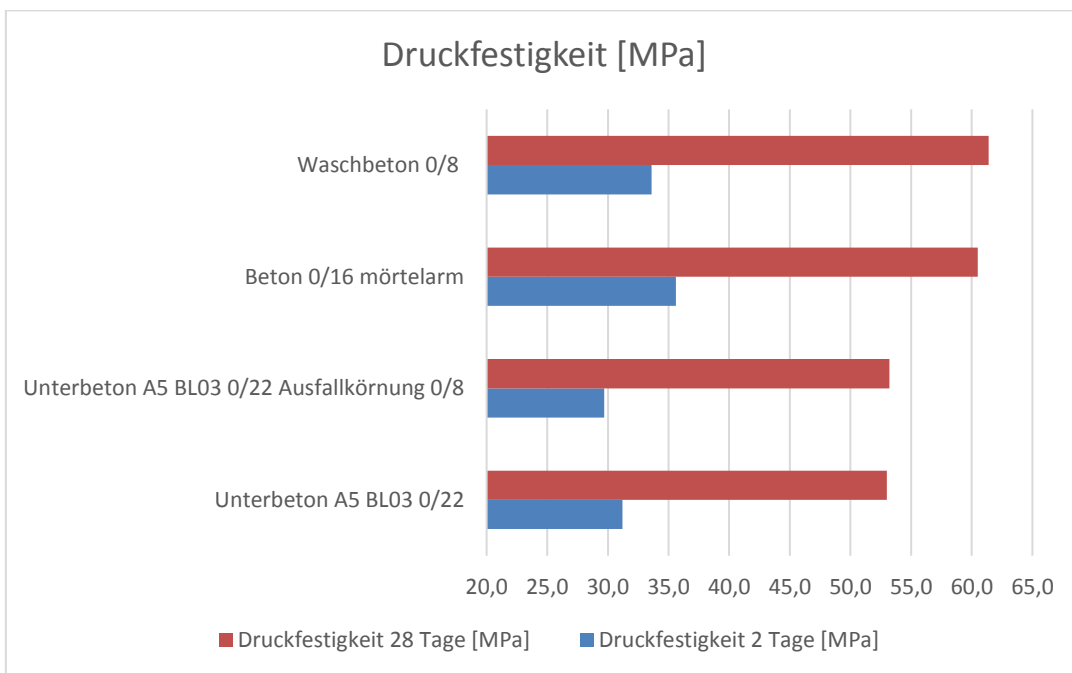


Abbildung 76: Druckfestigkeit der Packungsdichterezepturen

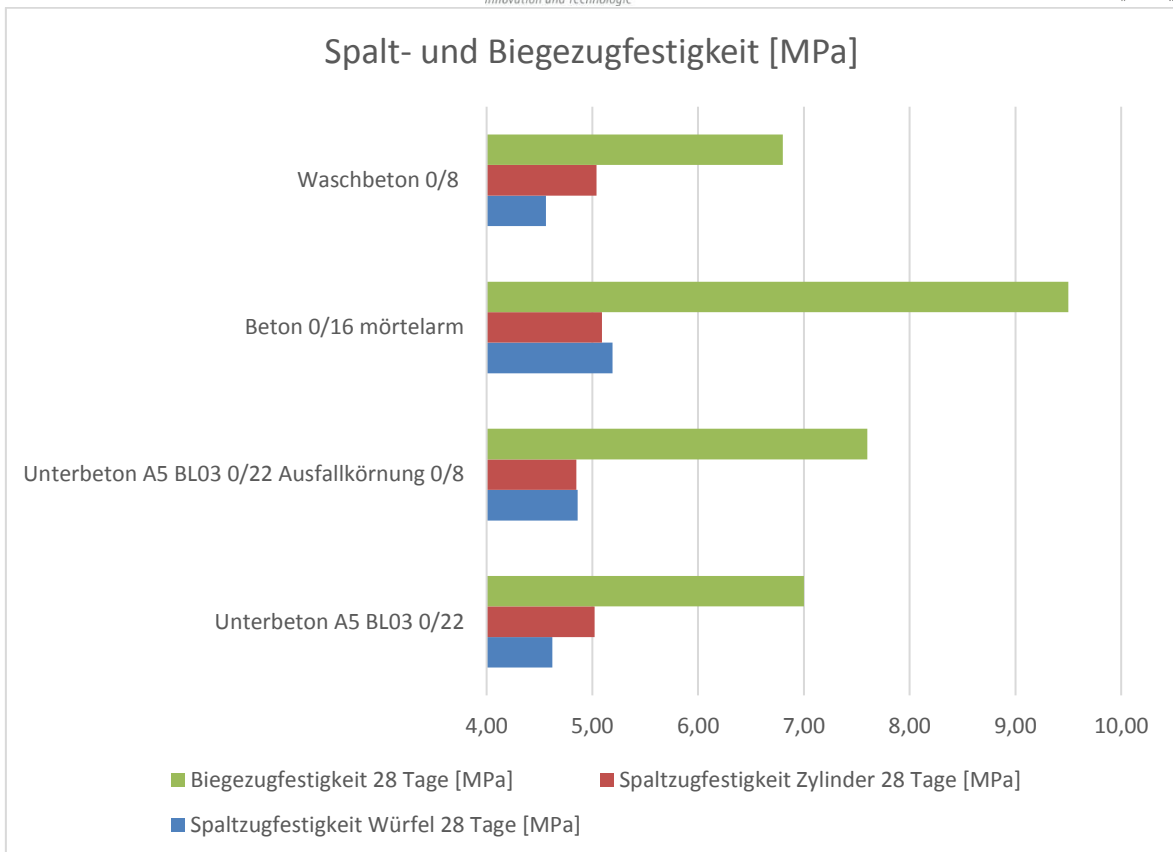


Abbildung 77: Spalt- und Biegezugfestigkeit der Packungsdichterezepturen

4.3.3 Textur und Griffigkeit

An den im Labor hergestellten Probestplatten im Rahmen dieses Teilprojektes wurden zunächst die Griffigkeiten mittels SRT-Pendel mittig in den drei verschiedenen Bahnen bestimmt sowie die Texturtiefe an 5 auf der Platte verteilten Messstellen wie in Abschnitt 4.2.6 dargestellt ermittelt.

Anschließend wurden 2 Platten mit Unterbeton-Zusammensetzung der A5 (Serie 34) sowie zwei weitere Platten mit maximaler Packungsdichte (0,58, Serie 36) auf die Abmessungen für den ARTe-Prüfstand zugeschnitten und dort poliert. Aufgrund der geringen erreichbaren Steigerung der Packungsdichte konnte keine signifikante Verbesserung der Makrotextur oder Griffigkeit im Sinne einer höheren Dauerhaftigkeit der Textur festgestellt werden. In Tabelle 1 sind die Daten aus Texturtiefemessungen und SRT-Messungen vor und nach der ARTe-Beanspruchung zusammengefasst. Unter Berücksichtigung der Prüfstreuung ist keine Differenzierung zwischen den Platten erkennbar.

Tabelle 22: Zusammenstellung der Prüfergebnisse vor und nach der Beanspruchung im Prüfstand ARTe

Beton	Platte	MPD voher [mm]	MPD mittel vorher	MPD nach ARTe	MPD mittel nach ARTe	SRT vorher	SRT mittel vorher	SRT nach ARTe	SRT mittel nach ARTe
Unterbeton A5	1	0,92	0,86	0,76	0,72	71	70	48	47,5
	2	0,79		0,68		69		47	
Packungs- dichte- optimiert	1	0,88	0,88	0,74	0,75	68	68	47	47,5
	2	0,88		0,77		68		48	

Aufgrund des allseitigen Polierangriffs wird bei der Beanspruchung im ARTe-Prüfstand ein relativ hoher Abtrag an den Stegen verursacht. Dieser hohe Abtrag und die damit verbundene ständige Erneuerung der Steg-Oberfläche führt zu einer sehr moderaten Reduzierung der mit dem SRT-Pendel gemessenen Griffigkeit.

Mit der Walzen-Poliermaschine parallel durchgeführte Polierbeanspruchung an jeweils einer weiteren Platte ergab aufgrund des deutlich geringeren Abtrags bezüglich der Textur-tiefe eine deutlich erhöhte Polierintensität an den frei liegenden Rauheitselementen. Es wird deshalb bei den weiteren Untersuchungen mit einer wesentlich größeren Spreizung bei Anwendung dieses Verfahrens gerechnet. Zu bedenken ist außerdem, dass sich der angegebene mittlere MPD der Platte auf eine durchschnittliche Polierintensität bezieht, die näherungsweise der mittleren (2.) Polierspur entspricht, während die angegebenen SRT-Werte der Spur der höchsten Polierbeanspruchung (3.Spur) entstammen. In der mittleren Spur liegen die SRT-Werte auch bei der Walzenpoliereinrichtung deutlich höher im Bereich 48-50 SRT-Einheiten.

Tabelle 23: Zusammenstellung der Prüfergebnisse vor und nach der Beanspruchung mit der Walzenpoliermaschine

Beton	MPD vorher	MPD nachher	SRT vorher	SRT nachher
Unterbeton A5	1,00	0,97	70	38
Packungsdichteoptimiert	0,95	0,92	69	39

4.3.4 Untersuchungsergebnis

Beide Polierverfahren liefern für den packungsdichte-optimierten Beton keine signifikanten Unterschiede gegenüber dem Referenzbeton. Aufgrund der geringen Steigerung der Packungsdichte in Verbindung mit den beträchtlichen Herstell- und Messunsicherheiten an kleinen Laborprobekörpern ist dies nicht zu erwarten. Trotz der Optimierungsbemühungen wird rund die Hälfte der Stegoberfläche vom Zementmörtel gebildet. Es besteht die Möglichkeit, dass der Sand einen vergleichbaren Beitrag zur Griffigkeit liefert wie die grobe Gesteinskörnung. In diesen Fällen würde die Substitution von Mörtel in den Stegen durch grobe Gesteinskörnung schon allein deshalb zu keiner Verbesserung der Griffigkeit führen. Daher soll im folgenden Untersuchungsschritt betrachtet werden, in welchem Umfang der im Mörtel enthaltene Sand Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Griffigkeits- und Textureigenschaften hat.

4.4 Variation des Sandes

4.4.1 Betoneigenschaften

Aufgrund der erforderlichen Sicherstellung einer ausreichenden Verarbeitbarkeit des Betons ist eine wesentliche Optimierung der Betoneigenschaften durch Erhöhung der Packungsdichte der Gesteinskörnung an der Oberfläche der Betonfahrbahndecke nur eingeschränkt möglich.

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Optimierung der Gebrauchseigenschaften der durch Grinding texturierten Betonoberfläche ist die Auswahl eines Sandes, der einen möglichst dauerhaft hohen Polierwiderstand aufweist und somit eine hohe Dauerhaftigkeit der Mörtelmatrix an der texturierten Oberfläche der Betonfahrbahndecke sicherstellt.

Zur Beschreibung des Sandeinflusses auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Beanspruchung wurde zusätzlich zum Brechsand (Granit) aus der Originalrezeptur ein quarzitischer Natursand sowie ein calzitischer Brechsand eingesetzt. Die Zusammensetzung der Betone ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 24: Betonzusammensetzung zur Ermittlung des Sandeinflusses

Parameter		Nullbeton 0/22 UB A5	Nullbeton 0/22 UB A5 Quarzsand	Nullbeton 0/22 UB A5 Calzitsand
Zementgehalt	[kg/m ³]	360	360	360
Zementart	[-]	CEM II/B-S 42,5 N		
Wassergehalt	[kg/m ³]	146	146	146
Wasserzementwert	[-]	0,41	0,41	0,41
feine Gesteinskörnung 0/2	[kg/m ³]	470	465	534
grobe Gesteinskörnung 2/8	[kg/m ³]	337	337	282
grobe Gesteinskörnung 8/16	[kg/m ³]	615	615	579
grobe Gesteinskörnung 16/22	[kg/m ³]	475	475	475
Siebdurchgang 1 mm	[M.-%]	13,9	19,1	14,2
Siebdurchgang 2 mm	[M.-%]	21,7	25,0	29,0
Mehlkorn und Feinstsand (< 0,25 mm)		468	430	439
Mörtel	[dm ³]	463	486	514
LP-Gehalt	[Vol.-%]	5,0	5,0	5,0
Frischbetonrohddichte Sollwert	[kg/m ³]	2400	2400	2380

Tabelle 25: Betoneigenschaften zur Ermittlung des Sandeinflusses

Parameter		Nullbeton 0/22 UB A5	Nullbeton 0/22 UB A5 Quarzsand	Nullbeton 0/22 UB A5 Calzitsand
Verdichtungsmaß nach 10 Minuten	[-]	1,26	1,27	1,27
Konsistenzklasse nach 10 Minuten	[-]	C1	C1	C1
Verdichtungsmaß nach 45 Minuten	[-]	1,36	1,38	1,34
Konsistenzklasse nach 45 Minuten	[-]	C1	C1	C1
w/z-Wert		0,41	0,41	0,41
Festbetonrohrichte Würfel Trockenlagerung	[kg/m ³]	2400	2380	2410
Druckfestigkeit 2d	[MPa]	31,2	31,9	34,5
Druckfestigkeit 28d	[MPa]	53,0	54,1	57,0
Biegezugfestigkeit 28d	[MPa]	7,0	7,2	7,2
Spaltzugfestigkeit Würfel 28d	[MPa]	4,62	4,76	4,73
Spaltzugfestigkeit Zylinder 28d	[MPa]	5,02	5,16	4,74

Für die Betone wurde der erforderliche Luftporengehalt mittels Luftporenbildner eingestellt und die sich aus der Standardzugabe eines Betonverflüssigers ergebende Konsistenz be- lassen. Bezüglich Ihrer Frisch- und Festbetoneigenschaften sind die Betone vergleichbar. Ein wesentlicher Einfluss auf die Verarbeitbarkeit ist im Labormaßstab anhand des Kenn- wertes Verdichtungsmaß nicht erkennbar. Für die Betone mit Quarzsand und Calzitsand wird die Anforderung an den Mehlkorn- und Feinstsandgehalt laut TL Beton-StB 07 einge- halten.

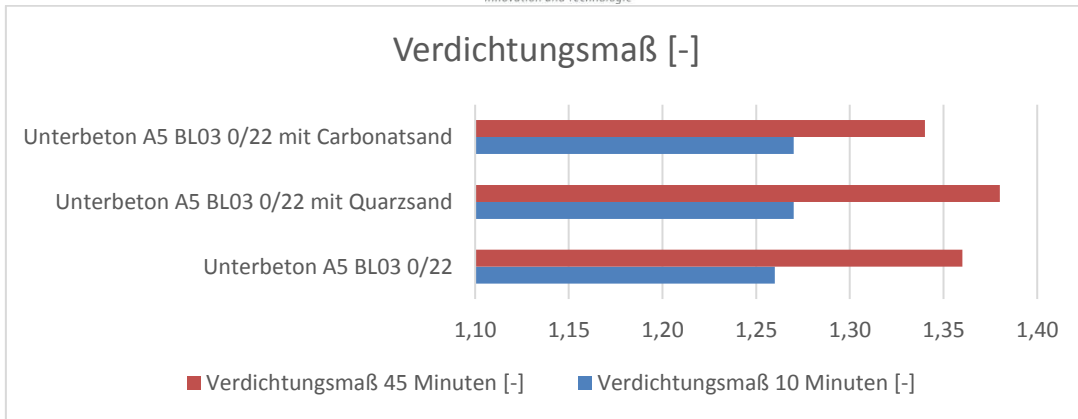


Abbildung 78: Verdichtungsmaß der Rezepturen mit Sandvariation

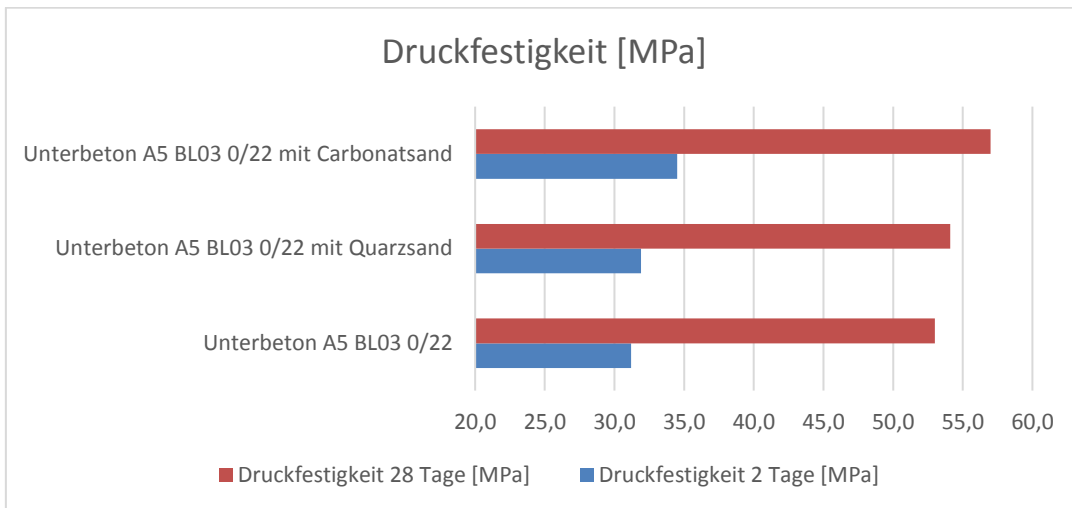


Abbildung 79: Druckfestigkeit der Rezepturen mit Sandvariation

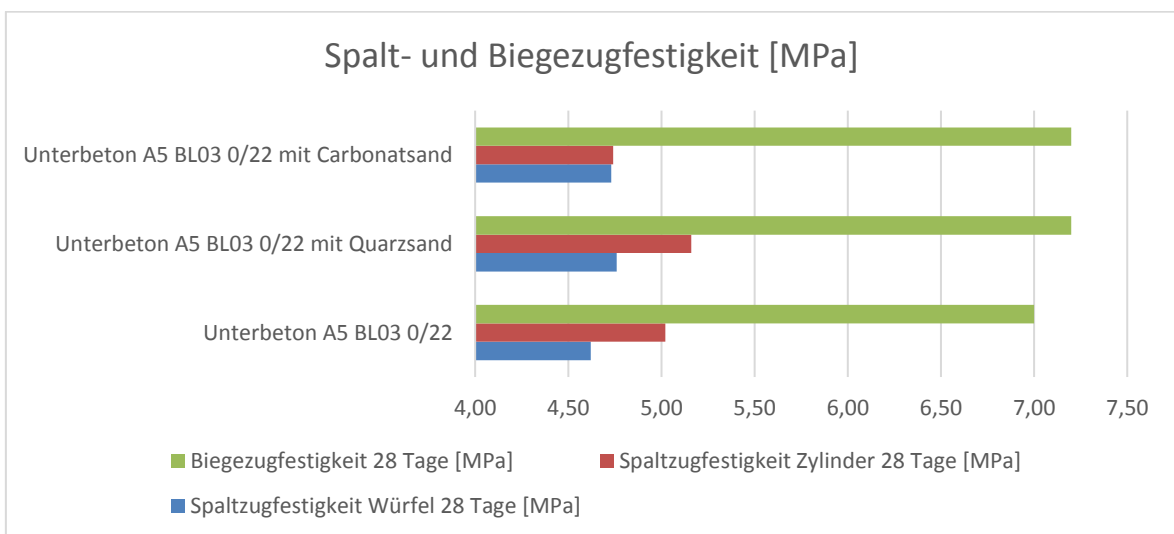


Abbildung 80: Spalt- und Biegezugfestigkeit der Rezepturen mit Sandvariation

4.4.2 Textur und Griffigkeit

Zur Herausarbeitung des Sandeinflusses auf die Griffigkeit und Textur der Grindingoberfläche wurden im Vergleich zum Standard-Unterbeton der A5 Betone hergestellt, bei denen der Sandanteil volumetrisch entweder durch quarzitären Natursand oder durch kalzitären Sand ersetzt wurde. Bei Verwendung des Natursandes kam es im Zuge der Verdichtung aufgrund der Rundkörnigkeit des Sandes zu einer deutlich stärker ausgeprägten Schicht aus Oberflächenmörtel. Im Zuge der standardmäßig angewandten Schleiftiefe von 5 mm wiesen die sich ausbildenden Stege nur einen sehr geringen Anteil an grober Gesteinskörnung auf. Da von einer Platte mit geringem Grobkornanteil in den Stegen wichtige Aussagen in Bezug auf die wirksamen Mechanismen bezüglich der Dauerhaftigkeit von Oberflächeneigenschaften erwartet wurden, wurde die Platte für die nachfolgenden Dauerhaftigkeitsuntersuchungen reserviert und eine weitere Platte mit Natursand gegründet, dieses Mal jedoch mit einer erhöhten Schnitttiefe von 7mm, bei der dann ein zu den übrigen Platten der Serie vergleichbarer Anteil an grober Gesteinskörnung angeschnitten wurde.

Bezüglich des Sandeinflusses auf die Griffigkeit und Dauerhaftigkeit von Grindingtexturen konnte aus den beiden unterschiedlichen Texturen, die im Rahmen dieses Projektes im Labor untersucht wurden, die Wirkungsweise des Sandes deutlich besser beschrieben werden, als wenn man sich an dieser Stelle nur auf eine Standardtextur beschränkt hätte. Daher werden hier im Vorgriff auf das nachfolgende Kapitel auch beide Texturen dargestellt und in ihrem Verhalten aufgrund unterschiedlicher Sande betrachtet.

In Abbildung 81 ist das Ergebnis einer ELAtextur-Messung auf einer Laborplatte mit einem Standardgrinding dargestellt, wie es auch auf der A5 zum Einsatz gekommen ist.

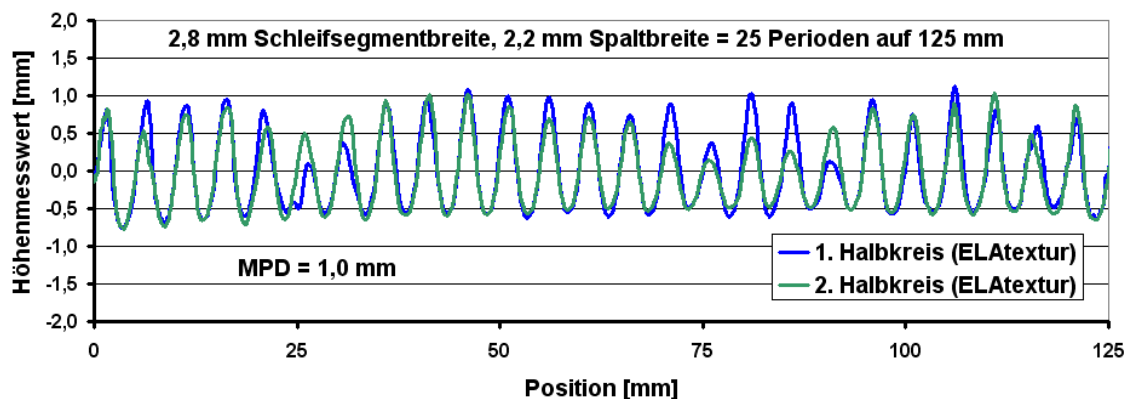


Abbildung 81: ELAtextur-Messung auf einer Laborplatte mit Standardgrinding

Die in der nachfolgenden Abbildung 82 dargestellten SRT-Messergebnisse nach unterschiedlichen Polierintensitäten für die drei unterschiedlichen Sande zeigt nur eine vergleichsweise geringe Spreizung der SRT-Werte nach maximaler Polierintensität. Der Sand der Originalrezeptur des Unterbetons schneidet dabei am besten ab, gefolgt von dem quarzitischem Natursand mit hohem Rundkornanteil. Die ungünstigste Performance bezüglich der Griffigkeit wird erwartungsgemäß von dem hoch polieranfälligen kalzitischen Sand geliefert.

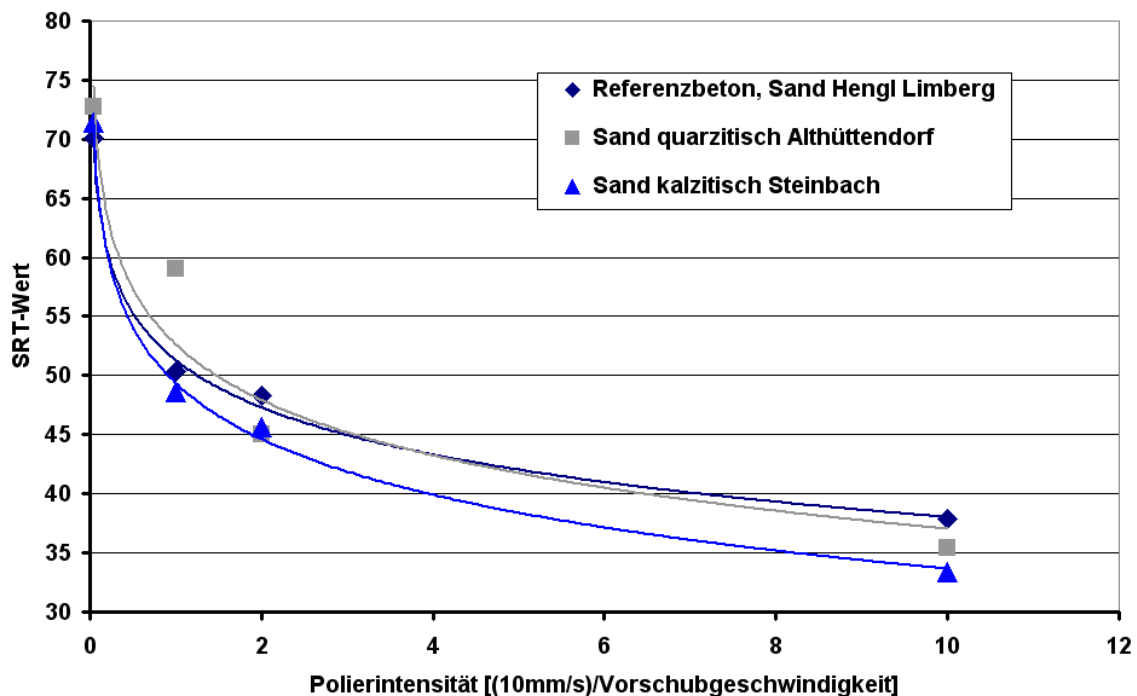


Abbildung 82: SRT-Messung an Laborplatten unter Variation des Sandes bei unterschiedlichen Polierintensitäten

Zieht man zusätzlich die Informationen zur Entwicklung der Texturtiefe (Abbildung 83) unter der Polierbeanspruchung heran, stellt man zunächst fest, dass die Texturtiefe unmittelbar nach Grinding für den Beton mit Natursand besonders niedrig ist. Da alle Platten nach exakt demselben Prinzip geschnitten wurden, lässt sich die Variation der Texturtiefe nur mit einer höheren Anzahl von Imperfektionen in den Stegen erklären. Dies wird mit einer reduzierten Bruchfestigkeit des Mörtelanteils in den Stegen aufgrund des hohen Rundkornanteils im Natursand erklärt. Der kalzitische Sand nimmt hier eine mittlere Position ein. Es wird vermutet, dass die Bruchfestigkeit der Sandkörner geringer als beim Referenzsand ist und deshalb der Mörtel insgesamt weniger stabil ist als beim Referenzbeton.

Beim Vergleich vor und nach dem Polieren zeigt sich beim Beton mit kalzitischem Sand eine deutlich reduzierte Beständigkeit gegen Abrieb. Die Abnahmerate ist hier mit 0,07mm fast doppelt so hoch wie bei den beiden anderen Sanden (0,03 bzw. 0,04 mm).

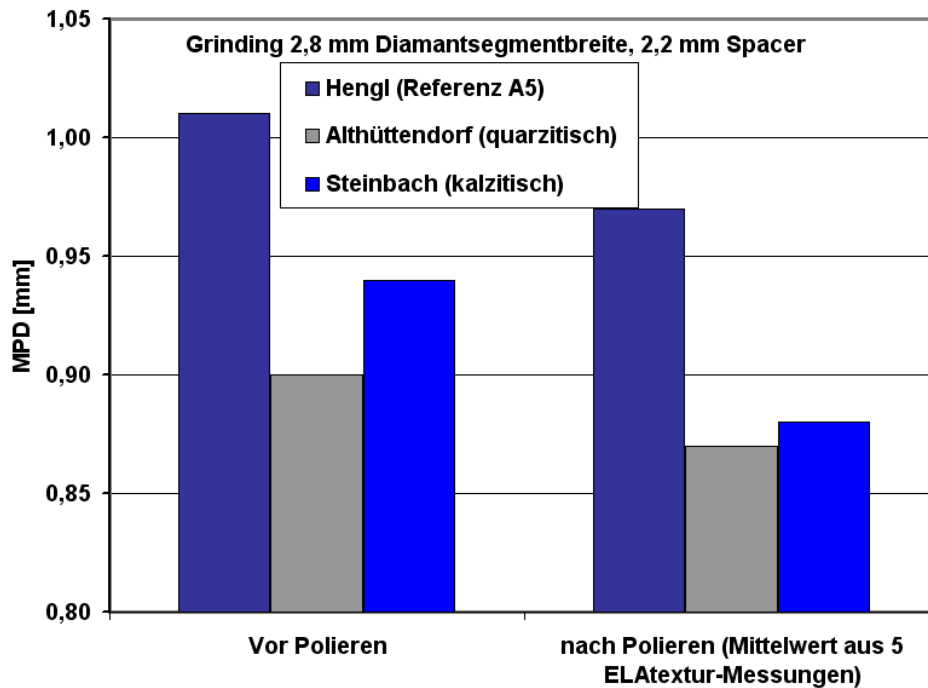


Abbildung 83: MPD-Messungen an Laborplatten unter Variation des Sandes bei unterschiedlichen Polierintensitäten

Es wurde vermutet, dass die Spreizung der Ergebnisse bei feineren Grindingstrukturen noch deutlicher zeigen könnte. Bei der zweiten untersuchten Grindingstruktur im Labor ist der Flächenanteil der Stege an der Oberfläche mit $1,4 \text{ mm} / (2,1 \text{ mm} + 1,4 \text{ mm}) = 40\%$ in einer ähnlichen Größenordnung wie beim Standardgrinding mit $2,2 \text{ mm} / (2,8 \text{ mm} + 2,2 \text{ mm}) = 44\%$. Allerdings ist die Struktur deutlich feiner, der Abstand zweier benachbarter Grindingstege ist um 30% von 5,0mm auf 3,5mm reduziert (Abbildung 85).

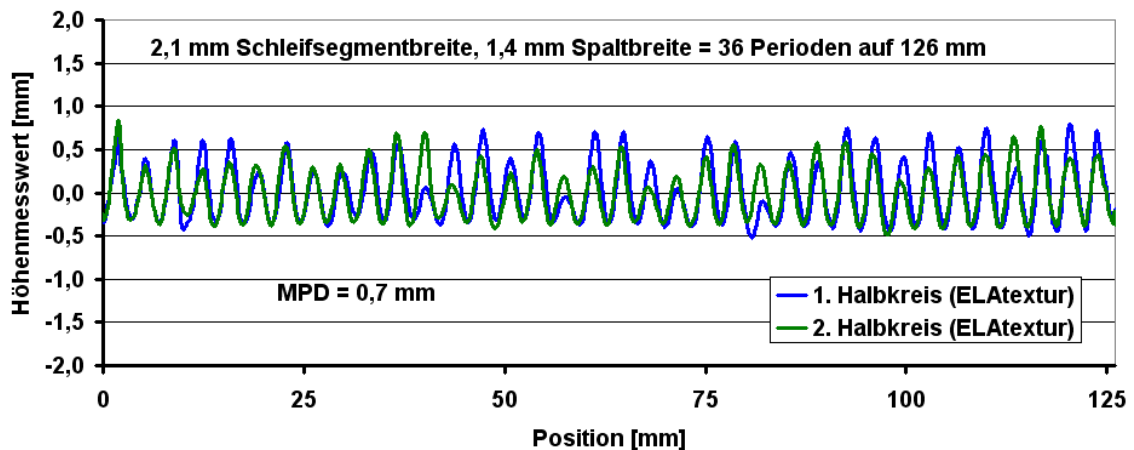


Abbildung 84: ELAtextur-Messung auf einer Laborplatte mit feinerem Grinding

Die schmalen Stege dieser Struktur brechen allerdings bei der Herstellung früher, sodass hier nur mittlere Profiltiefen von rund 0,7mm erreicht werden.

Die SRT-Ergebnisse dieser zweiten Oberfläche lieferten das zunächst völlig überraschende Ergebnis, dass am Ende des Poliervorganges wesentlich höhere Griffigkeiten festgestellt wurden, als mit der gröberen Grindingstruktur zu erreichen war (Abbildung 85). Bislang galt das SRT-Messgerät immer als Messverfahren zur Bestimmung der Feinrauheit. Diese wurde mit der Betonzusammensetzung in Verbindung gebracht, aber nicht mit Texturierungsmaßnahmen auf der Fahrbahn. Eine Analyse der Ursachen und die Bedeutung dieser Erkenntnisse für die weitere Planung von Grindingmaßnahmen ist Bestandteil des nächsten Kapitels.

Hier näher betrachtet wird nur die erreichbare Spreizung zwischen den unterschiedlichen Sanden. Der kalzitische Sand fällt hier durch wesentlich schlechtere Griffigkeiten auf als die beiden anderen Betonrezepturen mit quarzitischem Sand bzw. Referenzsand. Der Abrieb der feineren Grindingstruktur liegt im Gegensatz zu der gröberen Struktur für alle drei Sande auf einem ähnlichen Niveau zwischen 0,05-0,07 mm. Insgesamt ist aber festzustellen, dass der Abrieb deutlich erhöht ist (Abbildung 86).

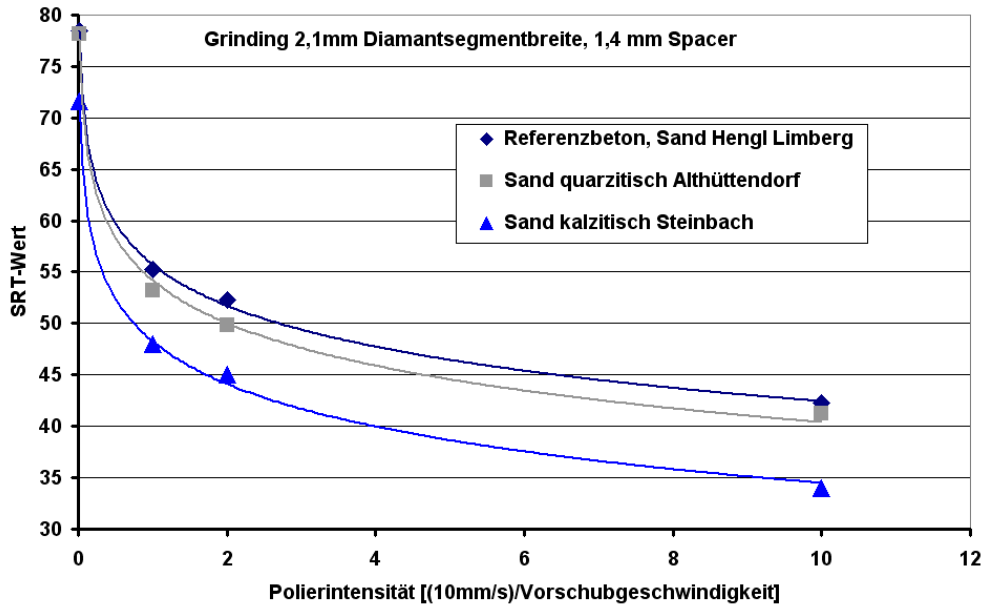


Abbildung 85: SRT-Messung an Laborplatten unter Variation des Sandes bei unterschiedlichen Polierintensitäten

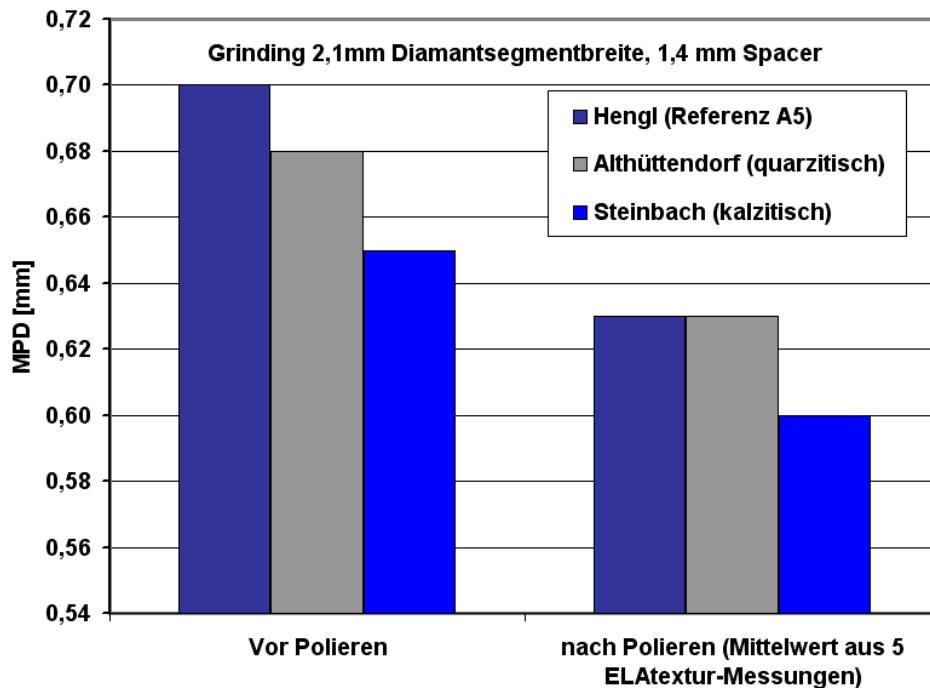


Abbildung 86: MPD-Messungen an Laborplatten unter Variation des Sandes bei unterschiedlichen Polierintensitäten

4.4.3 Untersuchungsergebnis

Die Bewertung der Polierbarkeit mit verschiedenen Sanden darf nicht entkoppelt vom festgestellten Verlust an Makrotextur betrachtet werden. Letztlich bedeutet ein Verlust an Makrotextur, dass sich die für die Griffigkeit relevanten Kontaktpunkte erneuert haben. Der für den Reifenkontakt relevante Bereich der Fahrbahnoberfläche ist nach Verlust an Makrotextur im Falle von Grindingtexturen nicht mehr derselbe. Dies gilt für andere Fahrbahnoberflächen nicht, bei denen zum Beispiel der Texturverlust durch Zusetzen der Struktur (z.B. OPA) oder Absinken der groben Gesteinskörnung in der Mörtelphase (diverse Asphalte) Ursache sein können. Vergleichbare Effekte sind bei einer Grinding-Oberfläche nicht bekannt. Deshalb muss bei einem Verlust an Makrotextur hier zwingend davon ausgegangen werden, dass sich die existierenden Stege abgerieben und damit hinsichtlich ihrer Oberfläche erneuert haben.

Dieses bedeutet bezüglich der Bewertung des Polierergebnisses, dass ein Großteil der aufgewandten Polierleistung auf Oberflächenelemente verwendet wurde, die im Endergebnis aufgrund des Abriebes nicht mehr Oberflächenbestandteil sind. Dies erschwert eine vergleichende Bewertung hinsichtlich der Polierempfindlichkeit erheblich, wenn die Oberflächen – wie hier – stark unterschiedliche Verluste an Texturtiefe aufweisen. Zu besonderen Schwierigkeiten führt dies, wenn man Texturen unterschiedlicher Gestalt und mit unterschiedlichem Abriebverhalten sinnvoll miteinander vergleichen will, wie dies in diesem Fall gegeben ist. In erster Näherung ist vielleicht die Annahme sinnvoll, dass eine Verdopplung der Abnahme an Texturtiefe mit einer Halbierung der tatsächlich wirksamen Polierintensität gegenüber der Vergleichsoberfläche einhergeht. Versucht man also zum Beispiel den Referenzbeton in 2,8/2,2 mm Ausführung mit dem Beton in 2,1/1,4 mm Grinding-Ausführung zu vergleichen, wären die Ergebnisse bei den unterschiedlichen Abriebraten (0,04 mm für 2,8/2,2 mm, 0,07 mm für 2,1/1,4 mm) erst dann vergleichbar, wenn man für die gröber texturierte Oberfläche nur $0,04/0,07=57\%$ der Polierleistung ansetzt. In diesem Fall sind in Abbildung 85 dann SRT-Werte von rund 42 SRT-Einheiten ablesbar, die dem SRT-Wert im End-Polierzustand aus Abbildung 82 entsprechen. Es wäre auch physikalisch nicht erklärbar, wenn bei gleichen Materialeigenschaften die Polierempfindlichkeit sich allein aufgrund der Texturierung verschiebt.

Die erste wesentliche Schlussfolgerung lautet also: Durch feinere Texturen lässt sich eine höhere Griffigkeit erzwingen. Dies geht aber in etwa dem gleichen Maße zulasten des Abriebes und damit zulasten der Lebensdauer der Oberfläche. Genaugenommen kann sich

die geringere Starttexturtiefe bei feineren Texturen sogar noch in der Weise auswirken, dass die Lebensdauer-Verkürzung sogar überproportional zum Griffigkeitszugewinn ist.

Im Interesse der Wirtschaftlichkeit ist es also anzustreben, nicht mehr als die wirklich notwendige Griffigkeit durch entsprechende Grindingstruktur umzusetzen.

Das zweite Ergebnis betrifft die Relevanz der Sande. Ein ungeeigneter Sand (wie der hier verwendete kalzitische) hat großen Einfluss auf die Griffigkeit der Oberfläche. Die grobe Gesteinskörnung tritt bezüglich der Griffigkeit kaum in Erscheinung, ansonsten wären nicht allein durch Variation des Sandes derart niedrige SRT-Werte erreichbar. Für die gröbere Grindingstruktur ist dies nur deshalb nicht erkennbar, weil dieser Sand gleichzeitig zu einem deutlich höheren Abrieb und damit stärkeren Erneuerung der Oberfläche unter sonst gleichen Bedingungen bezüglich der Texturierung führt (0,06 mm gegenüber 0,03/0,04 mm bei den beiden anderen Sanden).

Hiermit lässt sich auch ein Ausblick auf die zu erwartende Lärminderung geben: Der skizzierte Texturtiefeverlust wird wesentlich mit dem Rückzug der Mörtelphase in den Stegen im Zusammenhang stehen. Dies erhöht die Unebenheit in den Stegen und damit die Schwingungsanregung des Reifens. Deshalb wäre die Verwendung von Sanden auch unter Lärmgesichtspunkten sinnvoll, die eine möglichst hohe Beständigkeit der Mörtelphase in den Stegen sicherstellen. Unter Griffigkeits- wie unter Lärmgesichtspunkten wäre es deshalb wünschenswert, wenn im Mischgutkonzept Abrieb und Abwitterung der groben Gesteinskörnung und Beständigkeit der Mörtelmatrix soweit als möglich aufeinander abgestimmt sind. Nur dies gewährleistet, dass sich die Oberfläche der Textur in homogener Weise erneuert.

4.5 Dauerhaftigkeit unterschiedlicher Grindingstrukturen

4.5.1 Textur und Griffigkeit

Das erste für die weitere Betrachtung im Sinne einer hohen Dauerhaftigkeit interessante Beispiel ergab sich aus den Untersuchungen zum Sandeinfluss. Infolge des volumetrischen Austausches des Sandes war beim Beton mit Natursand aufgrund der gerundeten Kornform überdurchschnittlich viel Oberflächenmörtel während des Verdichtens entstanden. So viel, dass selbst eine Schnitttiefe von 5 mm nicht ausreichte, um die grobe Gesteinskörnung in signifikantem Umfang anzuschneiden. Bei den weiteren Betonplatten dieser Serie wurde deshalb die Schnitttiefe auf 7 mm erhöht, was dann zu einem befriedigenden Größtkornanteil in den Stegen führte (Abbildung 87, beides 2,8/2,2-Textur).

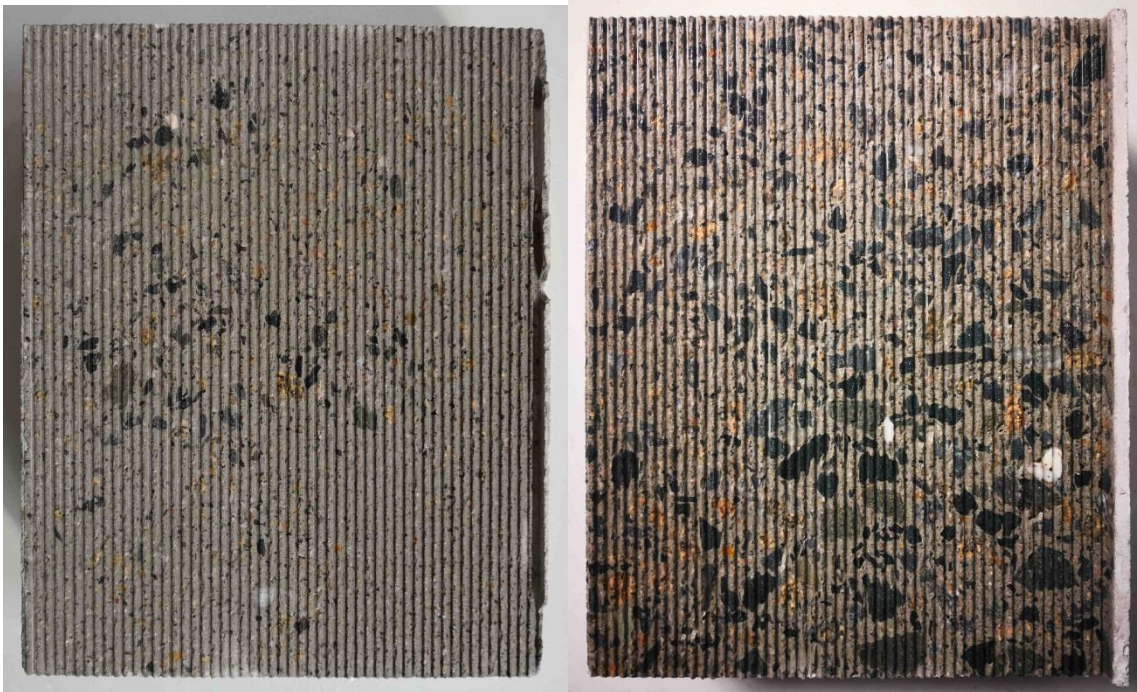


Abbildung 87: Unterbeton A5 mit substituiertem Sand (Natarsand). Links 5mm Schnitttiefe, rechts 7 mm Schnitttiefe. Platten angefeuchtet zur besseren Sichtbarkeit der groben Gesteinskörnung

Zunächst war auffällig, dass trotz identischer Vorgehensweise beim Schneiden der Oberfläche die Oberfläche mit hohem Sandanteil eine deutlich niedrigere Texturtiefe von 0,8 mm aufwies als die etwas tiefer geschnittene Oberfläche mit einer mittleren Texturtiefe von 0,9 mm (in einigen Bereichen wurden hier die eigentlich angestrebten 1,0 mm auch erreicht). Dass bei ansonsten gleicher Vorgehensweise die fehlende grobe Gesteinskörnung in den Stegen zu deutlich zu niedriger Texturtiefe führt, ist auch von Baumaßnahmen in Deutschland her bekannt (z.B. A7 Mellendorf). Aufgrund dieser Praxisrelevanz war es von Interesse, welches Verhalten derartige Oberflächen dann unter Polierbeanspruchung zeigen. Im unmittelbaren Vergleich der Polierergebnisse schien zunächst der Verlauf unter Polierbeanspruchung nahezu identisch zu sein (Abbildung 88). Drei von vier SRT-Messergebnissen lagen auf nahezu identischem Niveau.

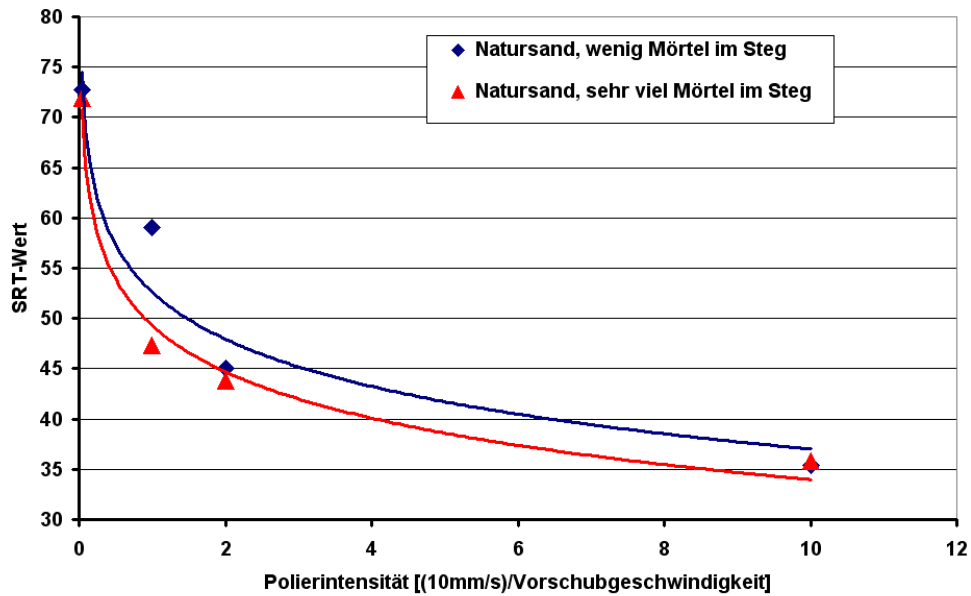


Abbildung 88: SRT-Messergebnisse nach Polierbeanspruchung (rot: Platte 5mm tief geschnitten, blau: Platte 7 mm tief geschnitten)

Die Betrachtung der Texturtiefe aber offenbart, dass beide Grindingtexturen dennoch stark unterschiedlich auf die mechanische Beanspruchung reagierten (Abbildung 89).

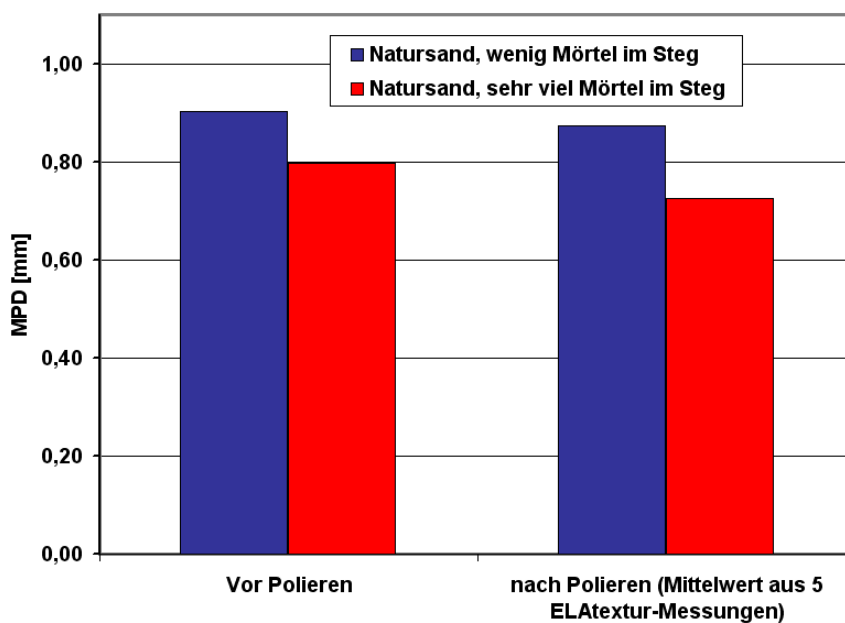


Abbildung 89: MPD-Messergebnisse vor und nach Polierbeanspruchung (rot: Platte 5mm tief geschnitten, blau: Platte 7 mm tief geschnitten)

Trotz höherer Texturtiefe war die Laborprobe mit viel grober Gesteinskörnung in den Stegen weitaus beständiger hinsichtlich der Texturtiefe (Abnahmerate 0,03 mm) als die Probe mit mörtelreichen Stegen (Abnahmerate 0,07 mm). Es ist also absehbar, dass trotz schon eingangs niedrigerer Texturtiefe der Abbau der Texturtiefe deutlich erhöht sein wird und die Oberfläche deshalb eine stark verkürzte Lebensdauer aufweisen wird. Gleichzeitig wird die scheinbar vergleichbar gute Polierresistenz nur durch eine wesentlich intensivere Erneuerung der Reifenkontaktzone (Stegkuppen) erreicht, was aber letztlich zur drastisch verkürzten Lebensdauer der Textur maßgeblich mit beiträgt.

Wie bereits im letzten Kapitel angesprochen lässt sich die Griffigkeit dauerhaft erhöhen, indem feinere Grindingstrukturen hergestellt werden. In Abbildung 90 ist dies für den Referenzbeton dargestellt, es gilt aber in gleichem Maße für alle anderen im Labor hergestellten Betone.

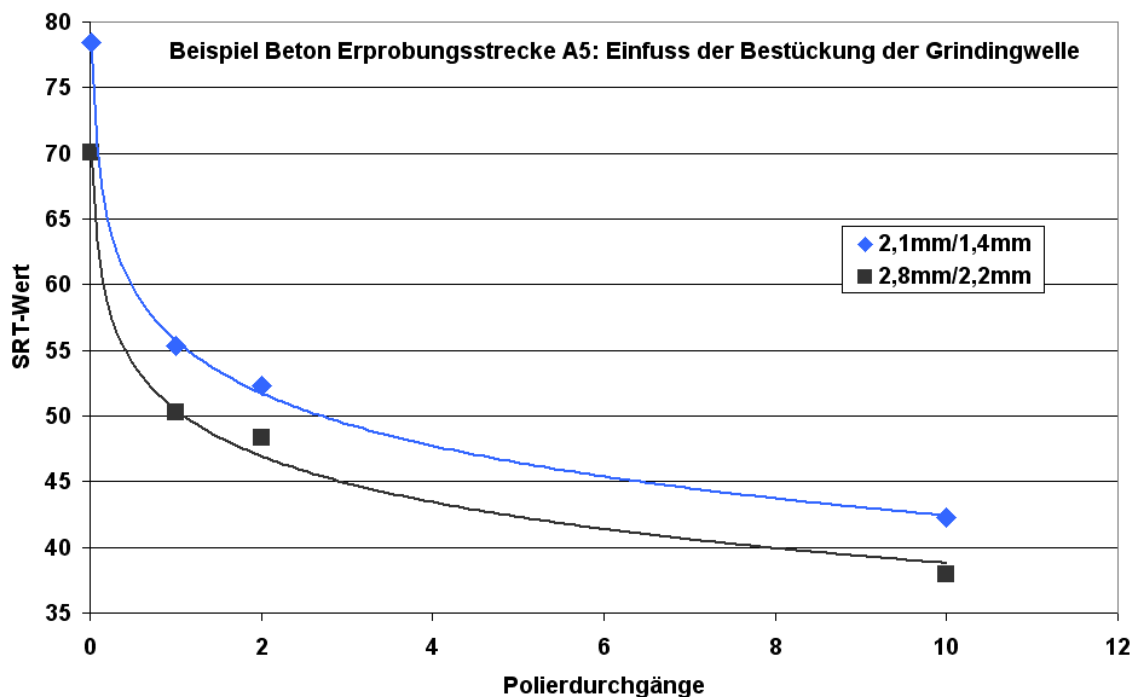


Abbildung 90: SRT-Messergebnisse nach Polierbeanspruchung in Abhängigkeit von der Wellenbestückung bzw. Feinheit der Grindingstruktur

Die Verbesserung der Griffigkeit muss dabei aber stets mit einem Verlust an Abriebfestigkeit und einer insgesamt niedrigeren Texturtiefe bereits bei Herstellung der Oberfläche er-

kaufte werden (Abbildung 91). Bezüglich der Formbeständigkeit der Textur führt die Verkürzung der Strukturwellenlänge von 5 mm auf 3,5 mm beim feineren Grinding nahezu zu einer Verdopplung der Abtragsrate unter Polierbeanspruchung.

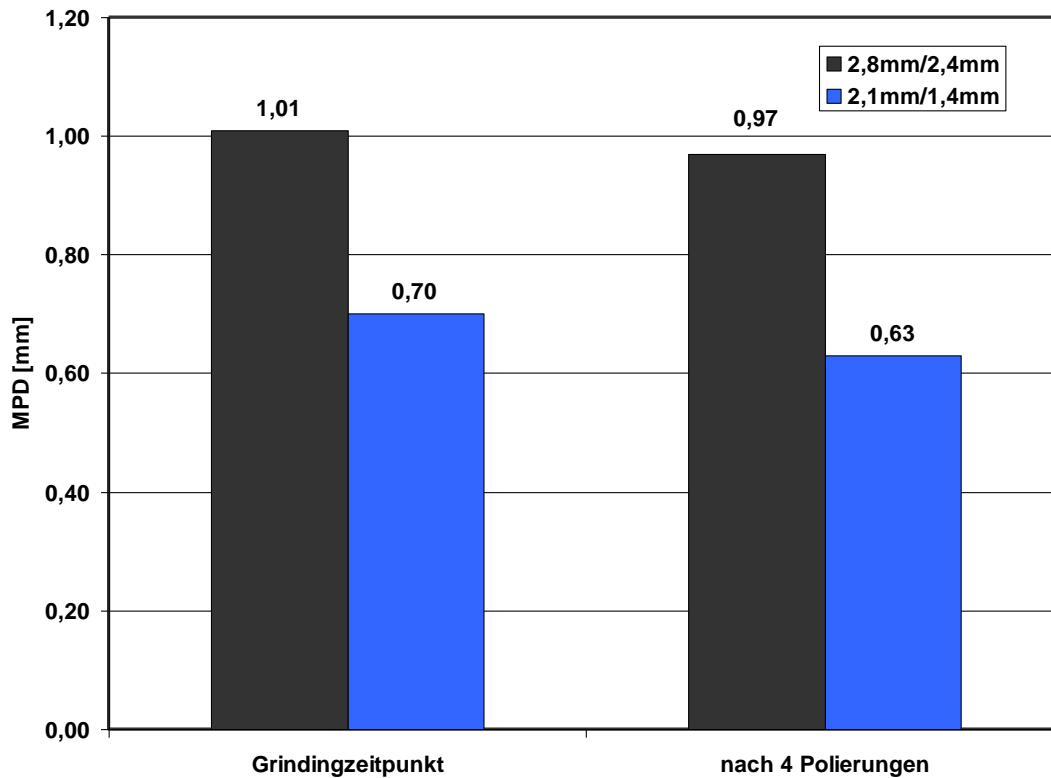


Abbildung 91: MPD-Messergebnisse nach Polierbeanspruchung in Abhängigkeit von der Wellenbestückung bzw. Feinheit der Grindingstruktur

4.5.2 Untersuchungsergebnis

Auf Basis der Labordaten lässt sich in Bezug auf die Dauerhaftigkeit folgender nachfolgender Erkenntnisstand formulieren.

Eine feinere Grindingstruktur liefert stets höhere Griffigkeiten in Bezug auf die Feinrauheit der Oberfläche. Dies gilt, obwohl die mineralogischen Eigenschaften der groben Gesteinskörnung wie auch des Sandes auch weiterhin Grundlage der Feinrauheit und Polierbeständigkeit des Betons sind. Das trotzdem mit der Wahl der Grindingstruktur auf die Dauerhaftigkeit der Griffigkeit massiv Einfluss genommen werden kann, liegt daran, dass mit Wahl der Grindingstruktur die Strukturbeständigkeit beeinflussbar ist. Die höhere Griffigkeit der feineren Struktur wird mit einem erhöhten Abrieb der Oberfläche erkauft. Durch diese stär-

kere Erneuerung der Oberfläche wird die Polierbeanspruchung der aktuell an der Oberfläche liegenden Feinrauhheitselemente reduziert. Das Resultat ist völlig in Übereinstimmung mit den bekannten Mechanismen der Griffigkeit infolge Feinrauhheit.

Die Beständigkeit von Gestein und Mörtel sollten soweit möglich aufeinander abgestimmt sein, sonst kommt es zu einem Herausarbeiten der groben Gesteinskörnung in den Stegen und damit zu einer Konzentration der Polierbeanspruchung auf die grobe Gesteinskörnung. Auch unter lärmtechnischen Gesichtspunkten wäre ein Hervorstehen der groben Gesteinskörnung in den Stegen ungünstig.

Das Steuerungselement der Grindingstruktur gibt völlig neue Möglichkeiten in der Konzeption dauerhaft griffiger Betonoberflächen, vorausgesetzt, ein gelegentliches Nachschneiden der Oberfläche ist umsetzbar.

Da mit feinerem Grinding auch die Abtragsrate an der groben Gesteinskörnung und damit dessen Oberflächenerneuerung selbst beeinflusst werden kann, verliert der PSV der groben Gesteinskörnung deutlich an Bedeutung.

Für den Sand, dessen Eigenschaften maßgeblich die Griffigkeit auf den Stegen beeinflussen, gilt dies nicht. Hier sind höchste Polierresistenz und eine vollständig gebrochene Oberfläche anzustreben.

Es sind Zemente zu verwenden, die eine möglichst hohe Beständigkeit des Mörtels gewährleisten.

4.6 Untersuchung zum optimalen Grindingzeitpunkt

4.6.1 Verwendeter Beton

Neben den verwendeten Ausgangsmaterialien und der Betonzusammensetzung ist das Betonalter zum Grindingzeitpunkt ausschlaggebend für die Dauerhaftigkeit der Grindingoberfläche. Ein zu frühes Grinden kann die Betonstruktur nachhaltig schädigen und zu einem vorzeitigen Versagen der Grindingtextur führen. Für eine zulässige mechanische Belastung sowie Beaufschlagung mit Taumitteln wird in der Regel eine Mindestdruckfestigkeit des Betons von 26 MPa angegeben.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sollte der Einfluss des Grindingzeitpunktes auf die Dauerhaftigkeit der Oberflächentextur anhand der Betonzusammensetzungen Waschbeton 0/8 und Beton 0/16 mörtelarm untersucht werden. Hierzu wurden aus den beiden Betonmischungen jeweils 3 Probestplatten hergestellt, die im Betonalter von 2, 4 und 8 Tagen mittels Grinding texturiert wurden. Der Einfluss des Grindingzeitpunktes auf die Dauerhaftigkeit der Textur wurde anschließend über das Abwitterungsverhalten mit dem CDF-Test nach DIN CEN/TS 12390-9 ermittelt. Die Zusammensetzung der Betone und deren Eigenschaften sind in den nachfolgenden Tabellen sowie Diagrammen dokumentiert.

Tabelle 26: Betonzusammensetzung zur Ermittlung des optimalen Grindingzeitpunktes

Parameter		Beton 0/16 mörtelarm	Waschbeton 0/8
Zementgehalt	[kg/m ³]	340	420
Zementart	[-]		
Wassergehalt	[kg/m ³]	136	168
Wasserzementwert	[-]	0,40	0,40
feine Gesteinskörnung 0/2	[kg/m ³]	440	520
grobe Gesteinskörnung 2/8	[kg/m ³]	1030	1211
grobe Gesteinskörnung 8/16	[kg/m ³]	450	0
grobe Gesteinskörnung 16/22	[kg/m ³]	0	0
Siebdurchgang 1 mm	[M.-%]	12,8	16,0
Siebdurchgang 2 mm	[M.-%]	20,0	25,4
Mehlkorn und Feinstsand (< 0,25 mm)		442	529
Mörtel	[dm ³]	443	529
LP-Gehalt	[Vol.-%]	5,5	6,5
Frischbetonrohddichte Sollwert	[kg/m ³]	2400	2320

Tabelle 27: Betoneigenschaften zur Ermittlung des optimalen Grindzeitpunktes

Parameter		Beton 0/16 mörtelarm	Waschbeton 0/8
Verdichtungsmaß nach 10 Minuten	[-]	1,34	1,21
Konsistenzklasse nach 10 Minuten	[-]	C1	C2
Verdichtungsmaß nach 45 Minuten	[-]	1,43	1,32
Konsistenzklasse nach 45 Minuten	[-]	C1	C1
w/z-Wert		0,40	0,40
Festbetonrohdicke Würfel Trockenlagerung	[kg/m ³]	2420	2350
Druckfestigkeit 2d	[MPa]	35,1	35,6
Druckfestigkeit 28d	[MPa]	58,2	60,8
Biegezugfestigkeit 28d	[MPa]	n. e.	n. e.
Spaltzugfestigkeit Würfel 28d	[MPa]	n. e.	n. e.
Spaltzugfestigkeit Zylinder 28d	[MPa]	4,95	4,90

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass mit den unterschiedlichen Zusammensetzungen bei einem Zementgehalt von 340 kg/m³ und 420 kg/m³ aber identischen Wasser-Zement-Werten vergleichbare Festbetoneigenschaften erreicht werden. Aufgrund des geringeren Mörtelgehaltes fällt der mörtelarme Beton deutlicher steifer aus.

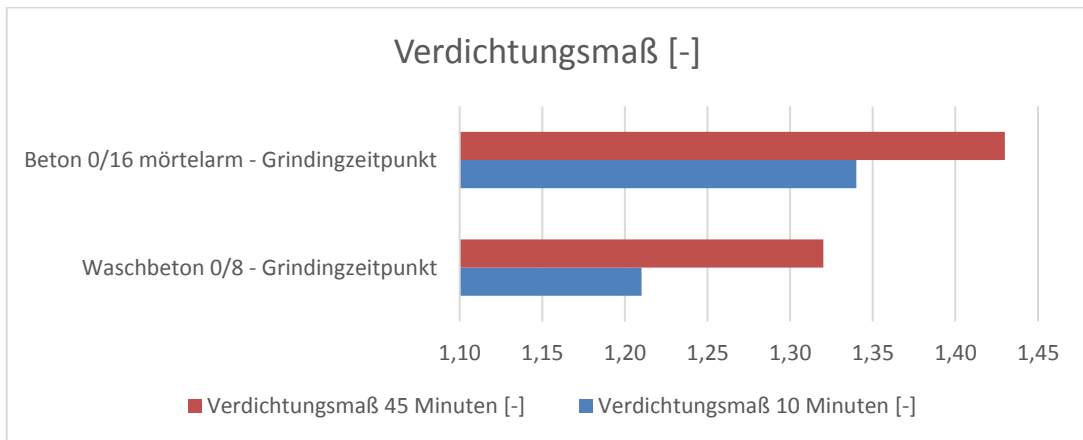


Abbildung 92: Verdichtungsmaß der Betone zur Ermittlung des Grindingzeitpunktes

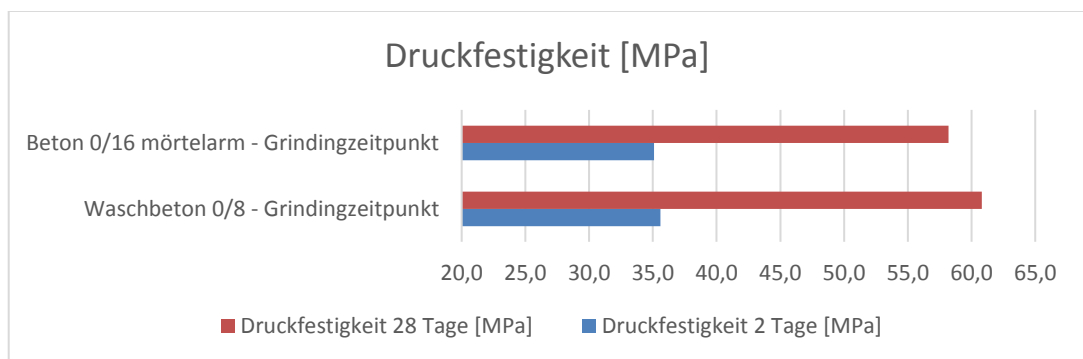


Abbildung 93: Druckfestigkeit der Betone zur Ermittlung des Grindingzeitpunktes

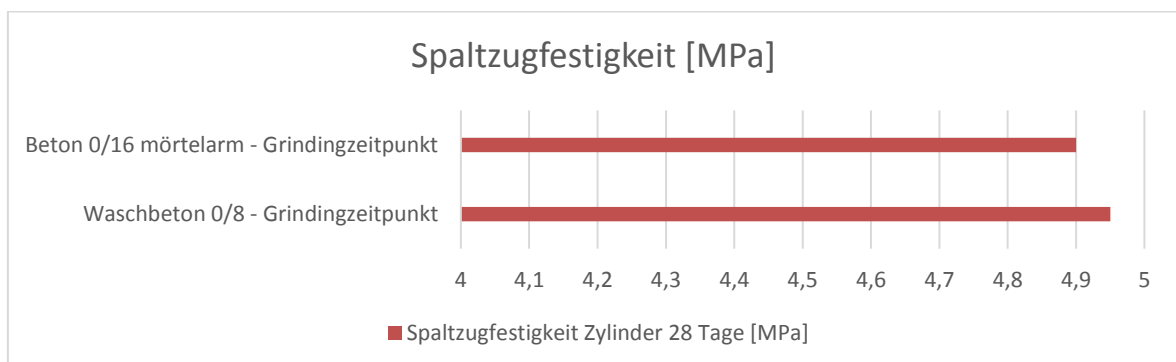


Abbildung 94: Spaltzugfestigkeit der Betone zur Ermittlung des Grindingzeitpunktes

4.6.2 Zeitpunkt und Struktur des Grindings

4.6.3 Untersuchungsergebnis

Das Abwitterungsverhalten der im Betonalter von 2, 4 und 8 Tagen gegrindeten Probeplatten weist für den ersten Grindingzeitpunkt im Betonalter von 2 Tagen erheblich Unterschiede auf. Der Substanzverlust an der Grindingtextur ist für die Waschbetonrezeptur gegenüber der Rezeptur des mörtelarmen Betons um den Faktor 3 erhöht. Für die Grindingzeitpunkte 4 und 8 Tage beträgt das Verhältnis der Abwitterungsmenge zwischen Waschbeton und mörtelarmen Beton noch rund 2. Die Druck- und Spaltzugfestigkeit befindet sich auf einem vergleichbaren Niveau, die Druckfestigkeit im Betonalter von 2 Tagen beträgt für den Waschbeton 35,6 MPa und für den mörtelarmen Beton 35,1 MPa. Es kann somit geschlossen werden, dass eine Druckfestigkeit von 26 MPa oder auch 35 MPa unter Umständen als allgemeines Festigkeitsniveau zum Feststellen einer „Grindingreife“ nicht ausreicht, da abhängig von der Betonzusammensetzung noch mit einer möglichen Gefügestörung gerechnet werden muss. Es wird empfohlen, ein Grinding des jungen Betons frühestens im Betonalter von 7 Tagen ausführen bzw. auszuführen, wenn der Beton 75 % seiner Endfestigkeit bezogen auf das Betonalter von 28 Tagen erreicht hat.

Tabelle 28: Festigkeitswerte und Abwitterung des Betons 0/16 mörtelarm

53-699-16-2.3.1 Beton mörtelarm 0-16 Grindingzeitpunkt (B39)			
Betonalter [d]	Druckfestigkeit Würfel [N/mm ²]	Spaltzugfestigkeit Zylinderscheibe [N/mm ²]	Abwitterung CDF 28 FTW [g/m ²]
1	29,3	2,77	-
2	35,1	-	428
4	41,0	-	320
7	44,9	4,36	-
8	-	-	442
28	58,2	4,9	-

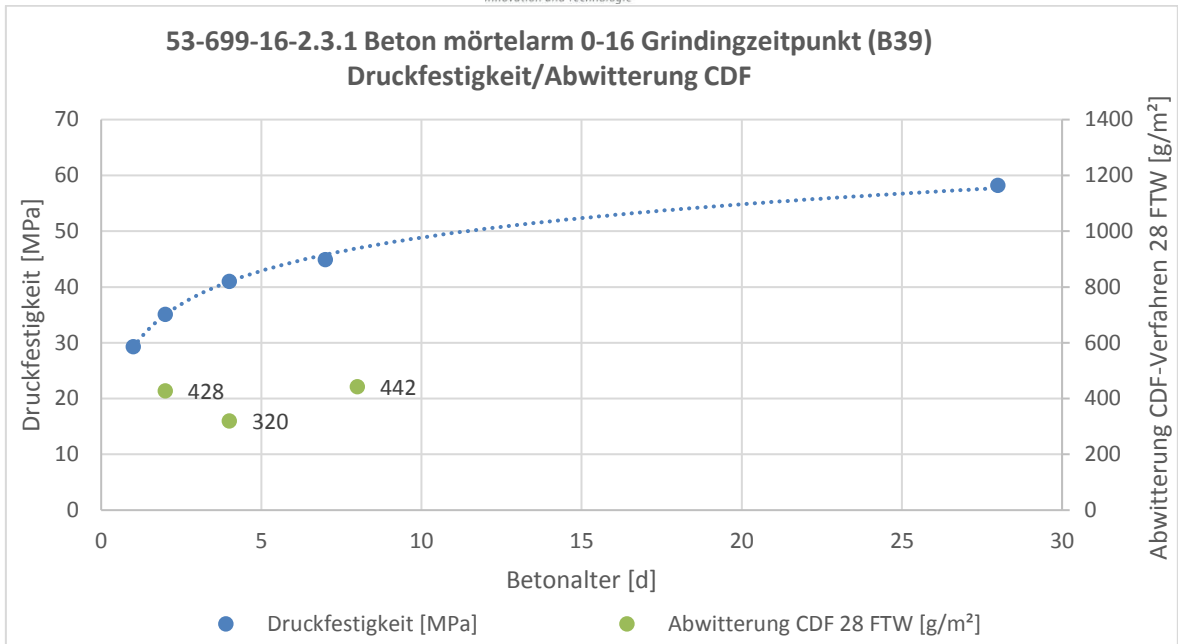


Abbildung 95: Druckfestigkeitsentwicklung/Abwitterungsverhalten Beton 0/16 mörtelarm

Tabelle 29: Festigkeitswerte und Abwitterung des Waschbetons 0/8

53-699-16-2.3.2 Waschbeton 0-8 Grindingzeitpunkt (B38)			
Betonalter [d]	Druckfestigkeit Würfel [N/mm²]	Spaltzugfestigkeit Zylinderscheibe [N/mm²]	Abwitterung CDF 28 FTW [g/m²]
1	31,8	2,77	-
2	35,6	-	1291
4	44	-	637
7	47,3	4,36	-
8	-	-	777
28	60,8	4,9	-

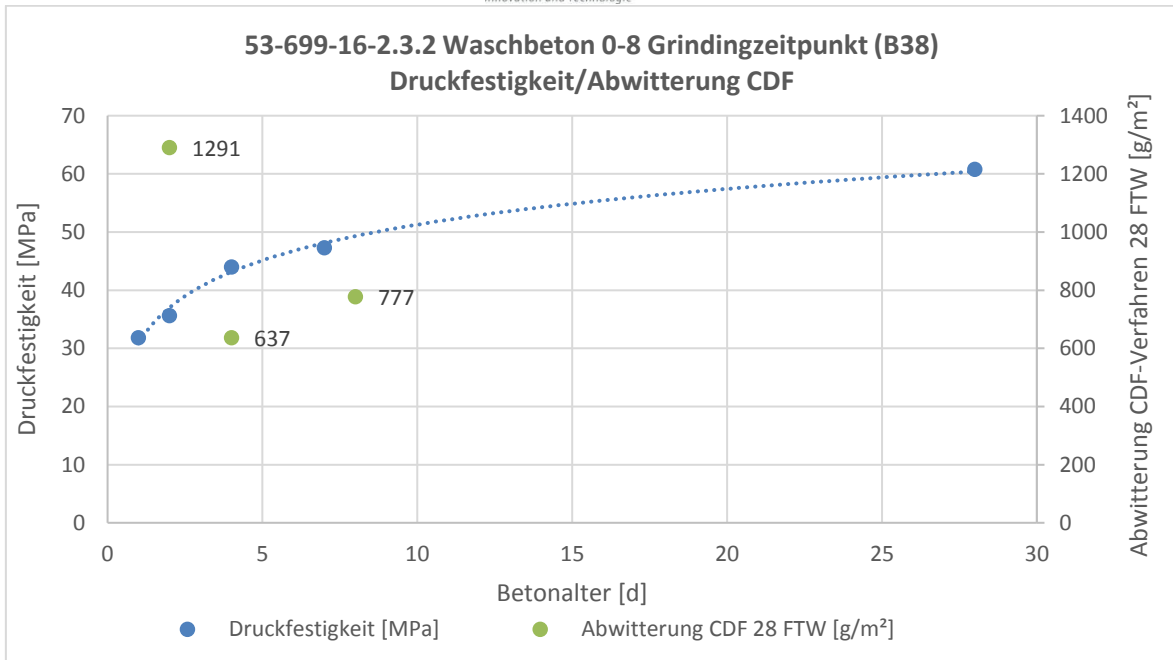


Abbildung 96: Druckfestigkeitsentwicklung/Abwitterungsverhalten Waschbeton 0/8

4.7 Untersuchung an Bohrkernproben aus der Neubaustrecke A5

4.7.1 Testgrinding A5 km 40,625 RF Wien Höhe AS Großkrut

Nachdem auf die Betonzusammensetzung der Neubaustrecke kein Einfluss genommen werden konnte, sollte an einem bereits hergestellten Abschnitt der Neubaustrecke untersucht werden, ob die Betonzusammensetzung der eingesetzten Betone für die Herstellung einer dauerhaften Grindingtextur geeignet erscheint. Die Prüfung der Dauerhaftigkeit sollte vereinbarungsgemäß über die Prüfung des Abwitterungsverhaltens an in situ und im Labor hergestellten Grindingtexturen des Ober- und Unterbetons des Bauvorhabens erfolgen. Der Einfluss der Frost-Tau-Wechsel unter Mitwirkung von Tausalz wird hierbei mit dem CDF Verfahren zeitraffend auf die Oberflächen projiziert. Ziel der Laboruntersuchungen ist es festzustellen, ob mit dem auf der Baustelle zur Verfügung stehenden Beton eine griffige und gegenüber einer Frost-Tausalz-Beanspruchung ausreichend dauerhafte Grindingtextur hergestellt werden kann. Zur Bewertung der Untersuchungsergebnisse wurden die Vertragsbedingungen zur Betondeckenherstellung aus Österreich und Deutschland zugrunde gelegt.

Zur Herstellung von Probegrindingflächen wurden auftraggeberseitig auf dem Standstreifen der A5 Schrick – Poysbrunn Richtungsfahrbahn Wien am Kilometer 40,625 und 40,975 Höhe Anschlussstelle Großkrut Abschnitte freigegeben. Der südliche Abschnitt am Kilometer 40,625 wurde am 06.06.2017 und der nördliche Abschnitt am Kilometer 40,975 am 07.06.2017 betoniert. Das Grinding erfolgte am 04.07.2017 mit einer Segmentbreite von 2,8 mm und einem Segmentabstand von 2,2 mm über jeweils 3 Platten mit einer Breite von 1,4 m in Fahrtrichtung. Im Bereich der Probeflächen wurden am 06.07.2017 jeweils 3 Bohrkern Durchmesser 150 mm aus der Fläche mit Grindingtextur und im Querschnitt hierzu parallel jeweils 3 Bohrkern Durchmesser 150 mm aus der Fläche mit Waschbetontextur im Nassbohrverfahren entnommen.

Die Bohrkernproben können wie folgt zugeordnet werden.

Tabelle 30: Bohrkernproben Probegrinding

Station km	Oberfläche	Probenkennzeichnung
40,625	Grinding	A1, B1, C1
	Waschbeton	A2, B2, C2
40,975	Grinding	D1, E1, F1
	Waschbeton	D2, E2, F2



Abbildung 97: Grindingtextur 2,8/2,2 Station km 40,625



Abbildung 98: Bohrkernproben A1 bis C2 Station km 40,625

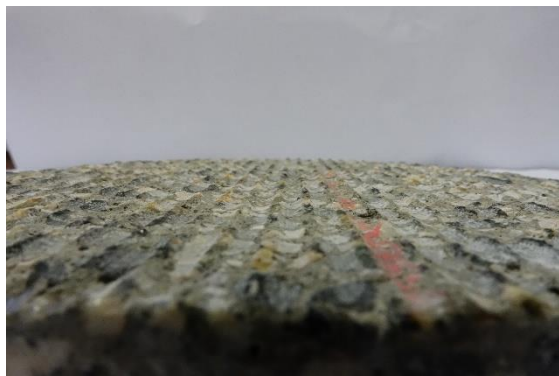


Abbildung 99: Grindingtextur 2,8/2,2 in situ



Abbildung 100: Grindingtextur 2,8/2,2 Labor

An den Bohrkernproben wurde das nachfolgende Untersuchungsprogramm ausgeführt (vgl. Tabelle 31). Die Untersuchungsergebnisse sind im Einzelnen den entsprechenden Anlagen zu entnehmen.

Tabelle 31: Labor-Untersuchungsprogramm der Bohrkernproben

Anlage Nr.	Inhalt	Gegenstand/ Bohrkernproben
1.	Untersuchungen Beton in situ	
1.1	A5, Testgrindingfläche 04.07.17	Fotodokumentation
1.1.1	Oberbeton (Waschbeton)	
1.1.1.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit	A2 - F2
1.1.1.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe	A2 - F2
1.1.1.1	Grinding bauseits Oberbeton (Waschbeton)	
1.1.1.1.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit	A1 - F1
1.1.1.1.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe	A1 - F1
1.1.1.1.c	[DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A1 - F1
1.1.1.1.c.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A1 - F1
1.1.1.1.c.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A1 - F1
1.1.1.1.c.c	Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben [TP B-StB Teil 3.1.05] nach Frost-Tau-wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A1 - F1
1.1.1.2	Grinding Labor Oberbeton (Waschbeton) an Bohrkernproben	Fotodokumentation
1.1.1.2.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit	A2o - F2o
1.1.1.2.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe	A2o - F2o
1.1.1.2.c	[DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A2o - F2o
1.1.1.2.c.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A2o - F2o
1.1.1.2.c.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A2o - F2o
1.1.1.2.c.c	Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben [TP B-StB Teil 3.1.05] nach Frost-Tau-wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A2o - F2o
1.1.2	Unterbeton	
1.1.2.1	Grinding Labor Unterbeton an Bohrkernproben	Fotodokumentation
1.1.2.1.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit	A2u - F2u
1.1.2.1.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe	A2u - F2u
1.1.2.1.c	[DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A2u - F2u
1.1.2.1.c.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A2u - F2u
1.1.2.1.c.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A2u - F2u
1.1.2.1.c.c	Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben [TP B-StB Teil 3.1.05] nach Frost-Tau-wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	A2u - F2u

Für die Beurteilung der Griffigkeit der in situ hergestellten Texturen im Labormaßstab wurde das SRT Pendel eingesetzt. Für die in situ gegrindete Fläche wurde ein SRT Wert von 74 Einheiten und für die ausgebürstete Waschbetonoberfläche ein SRT Wert von 63 Einheiten ermittelt. Herstellungsbedingt bildet die an der Waschbetonoberfläche ausgebürstete Gesteinskörnung keine gleichmäßige Bezugsebene. Mit dem SRT Pendelverfahren werden somit nicht alle an der Oberfläche später wirksamen Gesteinskörner erfasst, was zu einer schlechteren Bewertung der Waschbetonoberfläche mit dem Verfahren führt. Die Anforderung der ZTV Beton-StB 07 an einen SRT Wert ≥ 60 Einheiten wird jeweils eingehalten.

Tabelle 32: Untersuchungsergebnisse Testgrindingfläche A5 km 40,625 – 40,975

Probe	vor CDF-Test		Abwitterung CDF-Test Mittelwert	nach CDF-Test		Roh- dichte	fctm	V	fctk
	Makro- texturtiefe	SRT		Makro- texturtiefe	SRT				
	[mm]	[-]	[g/m ²]	[mm]	[-]	[kg/m ³]	[MPa]	[%]	[MPa]
OB Waschbeton in situ	1,01	65	-	-	-	-	-	-	-
OB Grinding in situ	0,87	74	329	0,81	73	2270	5,05	11,7	3,31
OB Grinding Labor	1,15	77	398	1,13	73	2280	4,60	14,1	2,68
UB Grinding La- bor	1,09	74	512	1,08	73	2280	4,75	8,0	3,62

Sowohl die mittels Grinding als auch die mittels Ausbürsten hergestellten Oberflächentexturen erfüllen die Anforderungen der ZTV Beton-StB 07. Die Grindingtexturen weisen technologisch bedingt eine geringere Streuung auf.

Im CDF Verfahren wird die nach kapillarem Saugen und 28 Frost-Tau-Wechseln abgewitterte Menge einer Probenoberfläche einem Sollwert gegenübergestellt. Der Sollwert für geschalte oder mörtelstrukturierte Oberflächen liegt in der Regel bei ≤ 1500 g/m². Für Waschbetonoberflächen liegen die Abwitterungsmengen unter 500 g/m² (vgl. FE 8.2092, [19]), Mindestluftporengehalt in Waschbeton, Ruhr-Universität-Bochum]. Die Größenordnung einer Abwitterungsmenge ≤ 500 g/m² wird auch an den Proben der in situ gegrindeten Fläche erreicht. Die Spannweite der Messwerte liegt zwischen 241 und 508 g/m². Das 95 % Quantil beträgt 519 g/m².

Der Mittelwert für die Griffigkeitsmessung mit dem SRT Pendel nach der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung der in situ hergestellten Grindingtextur beträgt über alle Proben 74 SRT-

Einheiten. Eine wesentliche Veränderung des Griffigkeitsmesswertes SRT wie auch der Makrotexturtiefe ist durch die der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nicht eingetreten.

Für die vergleichende Untersuchung von in situ hergestellten Grindingtexturen mit im Labor hergestellten Grindingtexturen wurden die in situ gewonnenen Bohrkernproben mit Waschbetonoberfläche in den Horizonten Waschbetonoberfläche und nach Probenteilung im Nassschnittverfahren im Horizont des Unterbetons mittels einer Laborgrindingmaschine texturiert. Für die Textur wurde wie in situ eine Segmentbreite von 2,8 mm bei einem Segmentabstand von 2,2 mm gewählt. Durch die vergleichende Untersuchung der in situ hergestellten Grindingtextur mit der im Labor hergestellten Grindingtextur soll der Einfluss des Texturierungsverfahrens Labor/in situ auf die Untersuchungsergebnisse zur Prognose der Oberflächeneigenschaften von Grindingtexturen verifiziert werden.

An der Laborgrindingtextur des Oberbetons wurde ein SRT Wert von 77 Einheiten ermittelt. Der an der Laborgrindingtextur des Unterbetons ermittelte SRT Wert beträgt 74 Einheiten. Die im Labor mittels Grinding texturierten Oberflächen liefern somit zu der in situ gegrindeten Oberfläche vergleichbare Werte. Die Stege der Laborgrindingflächen wurden vor den Laboruntersuchungen manuell nachgebrochen. Auch nach dem Nachbrechen der Stege weisen die Laborgrindingoberflächen im Vergleich zum Grinding in situ mit 1,15 mm im Oberbeton und 1,09 mm im Unterbeton eine größere Texturtiefe auf.

Im CDF-Test weist der Oberbeton mit einer mittleren abgewitterten Prüfkörpermasse von 398 g/m² sowie der Unterbeton mit einer mittleren abgewitterten Prüfkörpermasse der Laborgrindingoberfläche von 512 g/m² ein mit den Abwitterungsmengen der in situ gegrindeten Flächen vergleichbares Abwitterungsverhalten auf.

An den in situ und den im Labor gegrindeten Proben wurde nach der Beaufschlagung mit Frost-Tau-Wechseln mit dem CDF-Verfahren die Spaltzugfestigkeit an jeweils 6 Zylinderscheiben nach den TP B-StB, Teil 3.1.05 ermittelt. Die am Oberbeton ermittelten Werte der Spaltzugfestigkeit weisen eine leicht erhöhte Streuung auf. Erfahrungsgemäß liegt der Variationskoeffizient bei gleichmäßiger Produktion bei $\leq 10\%$.

Grundsätzlich kann aus dem Untersuchungsprogramm geschlossen werden, dass mit der Texturierung im Labor zur Texturierung in situ Grindingoberflächen mit vergleichbaren Eigenschaften hergestellt werden können.

4.7.2 Grinding A5 BL03 km 25,0-25,5

Auf der Grundlage der zufriedenstellenden Ergebnisse aus den Untersuchungen an der Testgrindingstrecke im Kilometrierungsbereich km 40,625 und 40,975 Höhe Anschlussstelle Großkrut der A5 Schrick-Poysbrunn RFB Wien wurde als Versuchsstrecke für das Grinding der kompletten Fahrbahn der Abschnitt zwischen km 25,5 und km 25,0 auf Höhe des neu errichteten LKW-Kontrollplatzes zwischen den Anschlussstellen Mistelbach/Ost und Schrick mit einer Länge von 500 m festgelegt. Der Abschnitt wurde vor dem Grinding als Waschbeton ausgeführt, die Fahrbahn wurde im August 2017 hergestellt. Es handelt sich somit um eine Neubaustrecke. Die Grindingarbeiten wurden auf einer Länge von jeweils 250 m auf beiden Fahrstreifen sowie dem Seitenstreifen ab dem 09.11.2017 durchgeführt. Die Geometrie der aufgebrachten Texturen wurde mit 2,8/2,2 mm bzw. 2,4/1,8 mm (Segmentbreite/Segmentabstand) festgelegt. Die Verkehrsfreigabe des Abschnittes erfolgte am 08.12.2017.

Aus den beiden 250 m Abschnitten wurden im Seitenstreifen jeweils 6 Bohrkerne mit dem Durchmesser 100 mm zur Bestimmung der Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben nach den TP B-StB Teil 3.1.05 sowie 8 Bohrkerne Durchmesser 150 mm für die Beurteilung der Dauerhaftigkeit der eingebrachten Grindingtextur durch zeitraffende Witterungsbeanspruchung mittels CDF-Verfahren nach DIN CEN/TS 12390-9 sowie weitere Untersuchungen wie Ermittlung der Makrotextur nach DIN EN 13036-1, Griffigkeit nach TP Griff-StB (SRT) und Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05 entnommen.

Das komplette Untersuchungsprogramm ist der Übersicht in Tabelle 33 zu entnehmen. Die Ergebnisse sind in der Anlage dokumentiert.

Tabelle 33: Untersuchung Bohrkernproben Neubaustrecke A5, BL03

Anlage Nr.	Inhalt	Gegenstand/ Bohrkernproben
1.2	Grinding BL03 (km 25,0-25,5)	
1.2.1	Segmentabstand 2,4/1,8	
1.2.1.1.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit	K16, K18, K20, K21, K24
1.2.1.1.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe	K16, K18, K20, K21, K24
1.2.1.1.c	[DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	K16, K18, K20, K21, K24
1.2.1.1.c.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	K16, K18, K20, K21, K24
1.2.1.1.c.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	K16, K18, K20, K21, K24
1.2.1.1.c.c	Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben [TP B-StB Teil 3.1.05] nach Frost-Tau-wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	K16, K18, K20, K21, K24
1.2.1.2.0.c	Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben [TP B-StB Teil 3.1.05]	K15, K17, K19, K22, K23
1.2.2	Segmentabstand 2,8/2,2	
1.2.2.1.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit	K5, K8, K9, K11, K13
1.2.2.1.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe	K5, K8, K9, K11, K13
1.2.2.1.c	[DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	K5, K8, K9, K11, K13
1.2.2.1.c.a	[TP Griff-StB (SRT)] Griffigkeit nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	K5, K8, K9, K11, K13
1.2.2.1.c.b	[DIN EN 13036-1] Makrotexturtiefe nach Frost-Tau-Wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	K5, K8, K9, K11, K13
1.2.2.1.c.c	Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben [TP B-StB Teil 3.1.05] nach Frost-Tau-wechsel [DIN CEN/TS 12390-9] CDF-Verfahren	K5, K8, K9, K11, K13
1.2.2.2.0.c	Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben [TP B-StB Teil 3.1.05]	K4, K6, K7, K10, K12

Die Bohrkernproben mit der Bezeichnung K1 bis K14 sind hierbei dem Grindingabschnitt mit der Textur 2,8/2,2 mm und die Bohrkernproben K15 bis K28 mit der Textur 2,4/1,8 mm (Segmentbreite/Segmentabstand) zuzuordnen.

Tabelle 34: Untersuchungsergebnisse Grinding Versuchsstrecke A5 km 25,0 bis 25,5

Probe	vor CDF-Test		Abwitterung CDF-Test	nach CDF-Test		Roh- dichte	fctm	V	fctk
	Makrotex- turtiefe	SRT	Mittelwert	Makrotex- turtiefe	SRT				
[mm]	[mm]	[-]	[g/m ²]	[mm]	[-]	[kg/m ³]	[MPa]	[%]	[MPa]
Segmentabstand 2,4/1,8	0,87	64	337	1,05	69	2220	3,98	11,8	2,59
	ohne CDF, nur Spaltzugfestigkeit					2210	4,52	4,6	3,90
Segmentabstand 2,8/2,2	1,07	65	274	1,08	70	2200	4,66	12,9	2,89
	ohne CDF, nur Spaltzugfestigkeit					2210	4,84	5,0	4,13

Die Untersuchungsergebnisse bezüglich Texturtiefe und Griffigkeit weisen für beide Texturen vergleichbare Ergebnisse aus. Die Texturtiefe der feineren Textur mit der Segmentbreite/Segmentabstand 2,4/1,8 mm fällt erwartungsgemäß geringer aus, gleicht sich aber nach einer zeitraffenden Witterungsbeanspruchung mittels CDF-Verfahren der Texturtiefe mit der Segmentbreite/Segmentabstand 2,8/2,2 mm an, die Griffigkeitsmesswerte SRT steigen geringfügig an.

Die Abwitterungsmengen liegend nach der Beaufschlagung mit 28 Frost-Tau-Wechseln mit 337 g/m² und 274 g/m² im Erwartungsbereich für eine dauerhaft Frost-Tausalzbeständige Grindingtextur. Der Variationskoeffizient der anhand von 5 Proben ermittelten Spaltzugfestigkeit liegt für beide Texturierungsbereiche nach der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit 11,8 % und 12,9 % über dem Erwartungswert von ≤ 10 % für eine gleichmäßige Betondeckenproduktion. Auffällig ist an dieser Stelle, dass der Variationskoeffizient der Spaltzugfestigkeit der 6 Proben je Texturierungsabschnitt, die nicht mit einer Frost-Tau-Wechselbeanspruchung beaufschlagt wurden, mit 4,6 % und 5,0 % deutlich niedriger liegt.

Es liegt die Vermutung nahe, dass die innere Struktur des Betons durch die Frost-Tau-Wechselbeanspruchung von insgesamt 56 Frost-Tau-Wechseln geschädigt wurde, was zum Teil zum vorzeitigen Versagen einzelner Proben in der Spaltzugprüfung geführt hat.

5 GRINDING AUF BESTANDSTRECKEN

5.1 Allgemeines

Auf mehreren Bestandsstrecken im österreichischen Autobahnnetz sollten Grindingtexturen aufgebracht werden. Durch Vorher-/Nachher-Vergleich und anschließendes Monitoring sollte die Entwicklung der Oberflächeneigenschaften über die Zeit verfolgt werden. Alle Bestandsstrecken waren als Waschbeton ausgeführt.

Eine der Versuchsstrecken sollte im Tunnel liegen, um eventuelle Unterschiede in der Entwicklung der Oberflächeneigenschaften zwischen Tunnel und Freiland, bedingt durch Unterschiede in Witterung, Verschmutzung etc. zu erkennen.

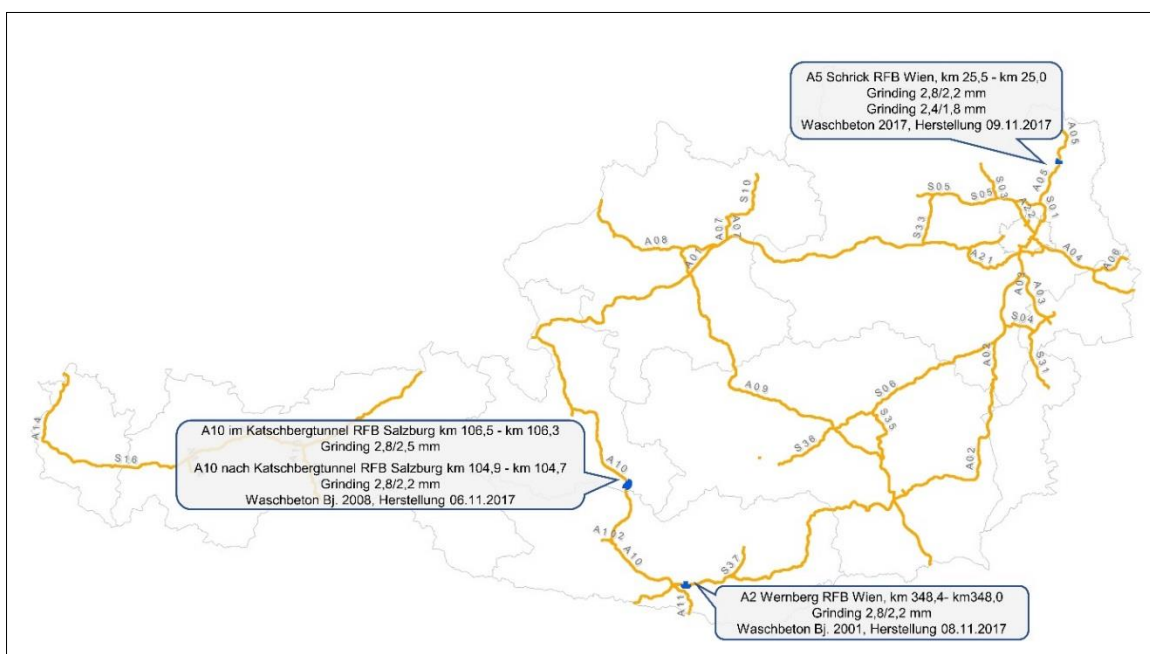


Abbildung 101: Übersicht über die im Projekt INGO hergestellten Versuchsstrecken.

5.2 Versuchsstrecke A10 Katschbergtunnel

5.2.1 Allgemeines

Die Versuchsstrecke teilt sich in zwei Bereiche. Diese befinden sich auf der A10 Tauernautobahn RFB Salzburg, bei km 106,5 bis km 106,3 mit einer Länge von 200 m im Katschbergtunnel sowie kurz nach dem Tunnel bei km 104,9 bis 104,7. Die Strecken wurde ausgewählt, um Hinweise zu möglicherweise unterschiedlichem Verhalten zwischen Tunnel- und Freilandstrecken zu erhalten. Beide Abschnitte sind als Waschbeton ausgeführt. Die Oberbaudatenbank der ASFINAG weist 2008 als Herstellungsjahr aus.

Der spätherbstliche Bauzeitpunkt im November stellte witterungsbedingt große Herausforderungen, einerseits die Baustellenabsicherung durch die Autobahnmeisterei, andererseits die Herstellung und Messdatenerfassung vor und nach der Maßnahme. Die Bauarbeiten fanden bei Schneefall in der Nacht statt (vgl. Abbildung 102).



Abbildung 102: Herstellung der Grindingtextur auf der Versuchsstrecke A10 bei Schneefall.

5.2.2 Beschreibung der Grindingtextur

Die Herstellung der Grindingtextur erfolgte am 06.11.2017 auf einer Länge von jeweils 200 m am rechten Fahrstreifen. Die Geometrie der aufgebrachten Textur wurde mit 2,8/2,5 mm (Segmentbreite/Segmentabstand) für den Tunnelabschnitt sowie mit 2,4/1,8 mm (Segmentbreite/Segmentabstand) für den Freilandbereich festgelegt.

5.2.3 Griffigkeit

Vor der Grindingmaßnahme wurde der Zustand der Betondecke erfasst. Die genaue Örtlichkeit der Maßnahme nach dem Katschbergtunnel wurde erst kurz vor der Umsetzung festgelegt. Die bereits vor der finalen Festlegung erfolgte Zustandserhebung reichte nicht in diesen Bereich. Es wurde auf eine Messung aus dem Jahr 2016 (im Rahmen einer Gewährleistungsprüfung) zurückgegriffen und mit der im Mai 2017 durchgeführten Messung, die den Katschbergtunnel sowie den unmittelbar anschließenden Freilandabschnitt um-

fasste, verglichen. Nachdem im Überlappungsbereich keine nennenswerten Griffigkeitsunterschiede zwischen den Messungen 2016 und 2017 auftraten, wurde die Messung aus 2016 als „Nullmessung“ vor der Maßnahme herangezogen. In der untenstehenden Abbildung 102 ist zur besseren Vergleichbarkeit für beide Strecken das Messdatum vom Mai 2017 angegeben.

Unmittelbar nach Abschluss der Maßnahme wurde die Erstmessung durchgeführt. Über den Projektzeitraum erfolgten wiederholte Messungen, genaue Daten sind in Tabelle 35 sowie Tabelle 36 verzeichnet.

Pro Messzeitpunkt wurden zwei unmittelbar aufeinanderfolgende Messungen durchgeführt und an Ort und Stelle verglichen. Nachdem die 50 m-Mittelwerte, aber auch die 5 m-Rohwerte keine größere Variation innerhalb der Messstrecke zeigten, wurde über den gesamten Abschnitt pro Messung ein Mittelwert gebildet („Messung 1“, „Messung 2“ in den nachfolgenden Tabellen) Die Ergebnisse der Erst- und Wiederholungsmessung wurden für die Darstellung im folgernden Diagramm ebenfalls gemittelt („MW μ_{RS} “ in den nachfolgenden Tabellen und Diagrammen). Eine Ausnahme stellt die Messung am 12.09.2018 dar, die im Rahmen der netzweiten Zustandserfassung durchgeführt wurde und bei der keine Wiederholung möglich war. Abbildung 103 und Abbildung 104 zeigen den zeitlichen Verlauf der Griffigkeitsentwicklung auf den beiden Versuchsstrecken.

Tabelle 35: Zusammenstellung der Griffigkeitsmessungen auf der A10, RFB Villach, FS1, km 106,5 – km 106,3 (im Katschbergtunnel).

Datum	Messung 1	Messung 2	MW μ_{RS}
17.05.2017	0,52	0,51	0,52
09.11.2017	0,61	0,64	0,63
29.05.2018	0,51	0,51	0,51
12.09.2018	0,51	-	0,51
13.11.2018	0,49	0,47	0,48

Tabelle 36: Zusammenstellung der Griffigkeitsmessungen auf der A10, RFB Villach, FS1, km 104,9 – km 104,7, (nach dem Katschbergtunnel).

Datum	Messung 1	Messung 2	MW μ_{RS}
29.06.2016	0,49	0,49	0,49
09.11.2017	0,59	0,60	0,60
29.05.2018	0,52	0,50	0,51
12.09.2018	0,47	-	0,47
13.11.2018	0,50	0,50	0,50

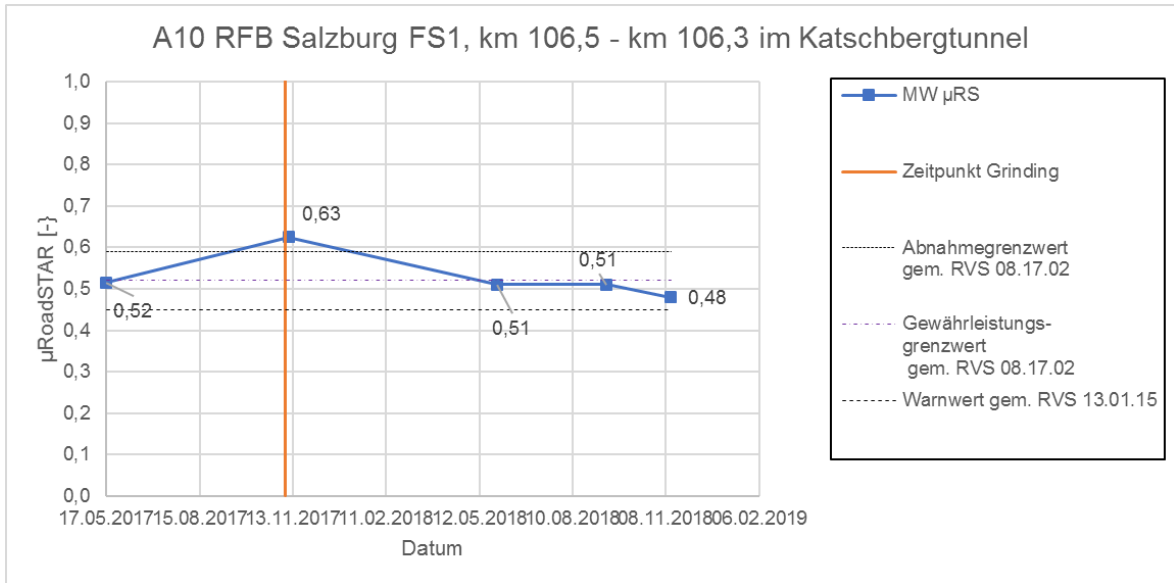


Abbildung 103: Zeitlicher Verlauf der Griffigkeit auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 106,5 – km 106,3 (im Katschbergtunnel).

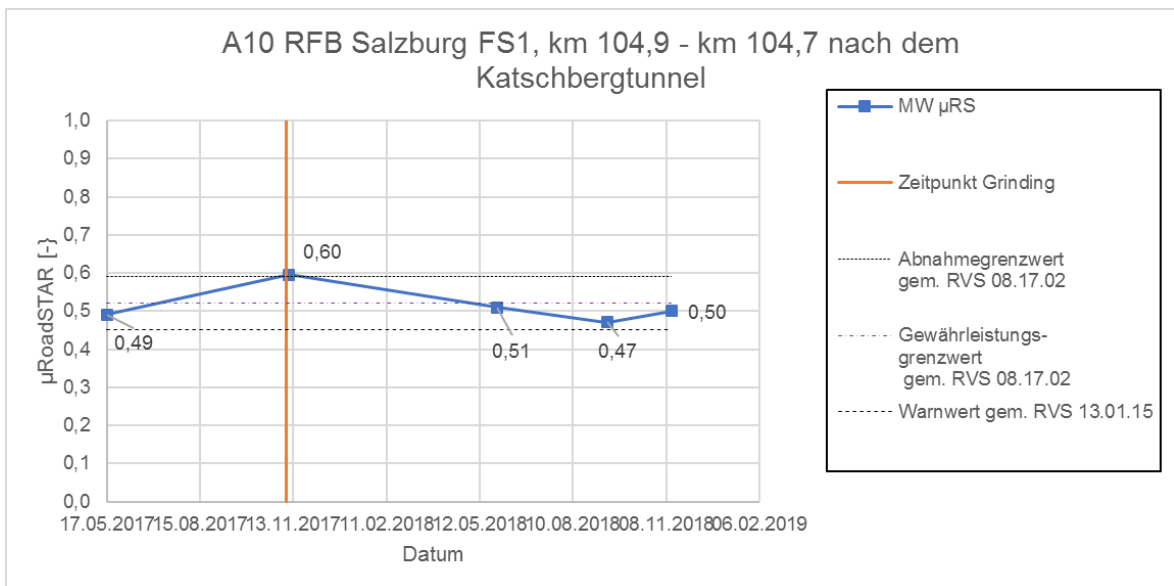


Abbildung 104: Zeitlicher Verlauf der Griffigkeit auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 104,9 – km 104,7 (nach dem Katschbergtunnel).

Griffigkeitsmessdaten mit dem in Deutschland angewendeten SKM-Messverfahren liegen für die Messung im Katschbergtunnel (A10 RFB Salzburg, km 106,5 - km 106,3) nur für den Grindingzeitpunkt selbst vor (vgl. Abbildung 105). Da unmittelbar vor Durchführung der Grinding-Maßnahme gemessen werden konnte, liegen Vergleichsdaten vor, die eine präzise Beurteilung der Griffigkeitsveränderung durch Grinding zum vorhergehenden Zustand zulassen.

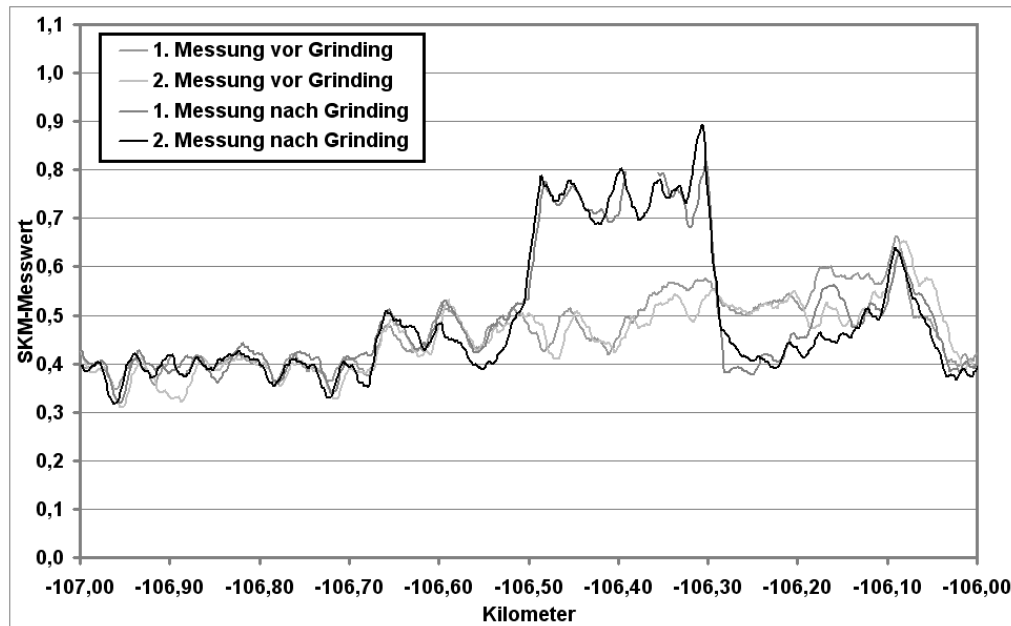


Abbildung 105: Verlauf der Griffigkeit mit der SKM auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 106,5 – km 106,3 (im Katschbergtunnel).

Die signifikanten Differenzen im Bereich von Kilometer 106,5-106,1 können sowohl an Fahrfehlern aufgrund der extremen Unebenheit im Tunnel liegen wie auch auf aus dem Grindingabschnitt heraus gefahrenen Schleifstaub-Anteilen zurückzuführen sein. Insgesamt ist die Griffigkeitsverbesserung vergleichsweise gering. Dies wird vor allem auf die geringe Schleiftiefe zurückgeführt, die aufgrund der Höhenbindung einzuhalten war. Aufgrund der extremen Schüsselung der Betonplatten im Tunnel wurden einige Bereiche am Fahrbahnrand überhaupt nicht grindet.

Außerhalb des Tunnels war aufgrund des einsetzenden Schneefalls in dieser Höhenlage keine sinnvolle Messung vor Durchführung der Grindingmaßnahme möglich. Die zweite Messung unmittelbar nach der Grinding-Maßnahme musste ebenfalls aufgrund heftigem Schneefall abgebrochen werden. Das Messniveau im Bereich des Grindings erreicht beinahe das Niveau, wie es auch in Deutschland regelmäßig bei baubegleitenden Messungen

gefunden wird (vgl. Abbildung 106. Die geringen Abweichungen nach unten können witterungsbedingt sein (Niederschlag, Schnee, etc.).

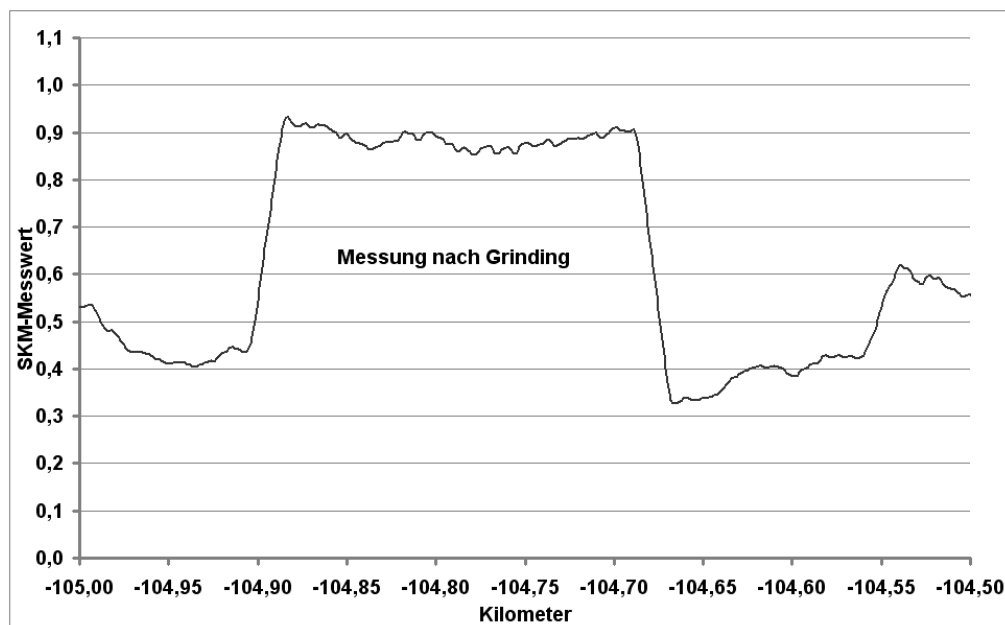


Abbildung 106: Verlauf der Griffigkeit mit der SKM A10 RFB Salzburg, FS1, km 104,9 – km 104,7 (nach dem Katschbergtunnel).

5.2.4 Längsebenheit

In den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen ist die Entwicklung der Längsebenheit für die beiden Abschnitte auf der A10 dargestellt. In allen Abbildungen sind die Kennwerte IRI (International Roughness Index) mit den zugehörigen Klassengrenzen gemäß RVS 13.01.15 [23] auf der linken Achse sowie σ_{WLP} und $\Delta_{WLP}/6$ auf der rechten Achse dargestellt. Die Darstellung von $1/6 \Delta_{WLP}$ wurde nur zu Darstellungszwecken gewählt, um den Wertebereich der beiden Kennwerte anzugleichen. Zu beachten ist die bei den beiden nachfolgenden Abbildungen die unterschiedliche Skalierung der rechten Ordinate (Werte vom WLP). Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte über den gesamten Abschnitt.

Auf beiden Strecken ist durch das Grinding eine Verbesserung des Längsebenheit festzustellen. Im Katschbergtunnel fällt die Verbesserung deutlich stärker aus, als auf dem Abschnitt nach dem Tunnel. Der Tunnelabschnitt liegt vor der Maßnahme beim IRI in Klasse 4 gemäß RVS 13.01.15, danach an der unteren Grenze von Klasse 2. Im zeitlichen Verlauf bleibt die Längsebenheit bis zum Ende des Monitorings konstant. Das Bewertete Längs-

profil zeigt einen ganz ähnlichen Verlauf, die Verbesserung liegt in derselben Größenordnung wie beim IRI. Derzeit existiert in der RVS noch kein Bewertungshintergrund für das Bewertete Längsprofil.

Der Abschnitt nach dem Katschbergtunnel weist vor der Maßnahme eine deutlich bessere Längsebenheit auf, als der Tunnelabschnitt. Der IRI liegt hier in der Klasse 2. Durch die Maßnahme wird die Ebenheit ebenfalls verbessert, der IRI des Freilandabschnitts liegt anschließend ebenfalls an der unteren Grenze von Klasse 2 und bleibt über den Monitoringzeitraum konstant.

Durch die Grindingmaßnahme wird trotz sehr unterschiedlichen Ausgangsniveaus auf beiden Abschnitten ein nahezu identes, knapp „sehr gutes“ (gem. RVS) Ebenheitsniveau hergestellt.

Tabelle 37: Zusammenstellung der Längsebenheitsmessungen auf der A10 RFB Salzburg, FS1, km 106,5 – km 106,3 (im Katschbergtunnel).

Datum	IRI [m/km]	σ_{WLP} [mm]	$\Delta_{WLP}/6$ [mm]
17.05.2017	4,3	12,1	11,4
09.11.2017	1,4	3,2	3,6
29.05.2018	1,2	2,9	3,2
13.11.2018	1,4	3,1	3,3

Tabelle 38: Zusammenstellung der Längsebenheitsmessungen auf der A10 RFB Salzburg, FS1, km 104,9 – km 104,7 (nach dem Katschbergtunnel).

Datum	IRI [m/km]	σ_{WLP} [mm]	$\Delta_{WLP}/6$ [mm]
17.05.2017	1,5	3,2	3,6
09.11.2017	1,3	3,3	3,2
29.05.2018	1,3	3,0	2,9
13.11.2018	1,3	3,3	3,3

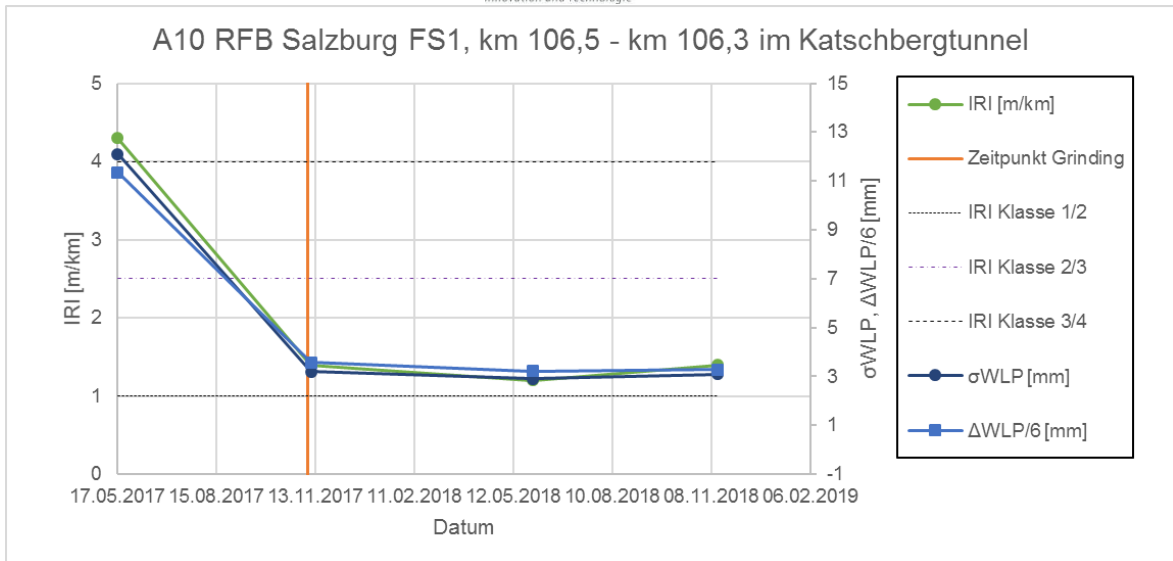


Abbildung 107: Zeitlicher Verlauf der Längsebenheit auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 106,5 – km 106,3 (im Katschbergtunnel).

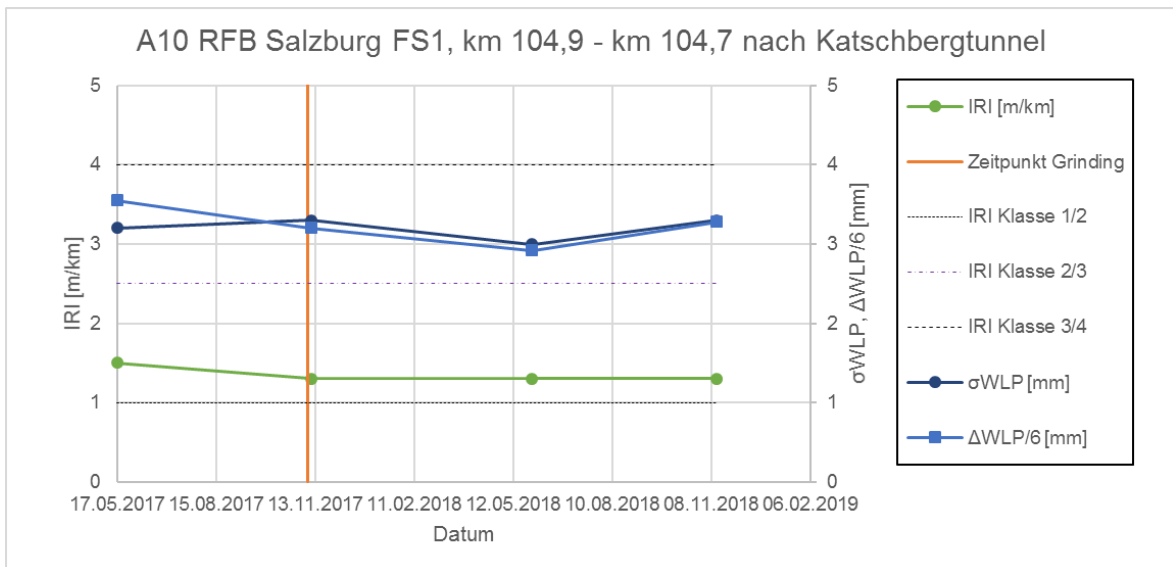


Abbildung 108: Zeitlicher Verlauf der Längsebenheit auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 104,9 – km 104,7 (nach dem Katschbergtunnel).

5.2.5 Texturmessungen

Die Messungen der 3D-Textur an der A10 im Bereich Katschbergtunnel – St. Michael wurden im Projektverlauf kurz vor und zwei Mal nach Durchführung des Grindings vorgenommen. Im Zuge der CPX-Messungen vom Dezember 2017 konnte die 3D-Textur aufgrund eines Sensordefekts nicht erfasst werden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 109 für den

Bereich im Katschbergtunnel, in Abbildung 110 für den Versuchsabschnitt nach dem Katschbergtunnel dargestellt. Durch das Grinding ist eine deutliche Änderung in der Anzahl lokaler Maxima pro Quadratmeter zu sehen, wobei bei wiederholter Messung nach Durchführung des Grindings an beiden Versuchsstreckenabschnitten eine Abnahme mit der Zeit beobachtet wird.

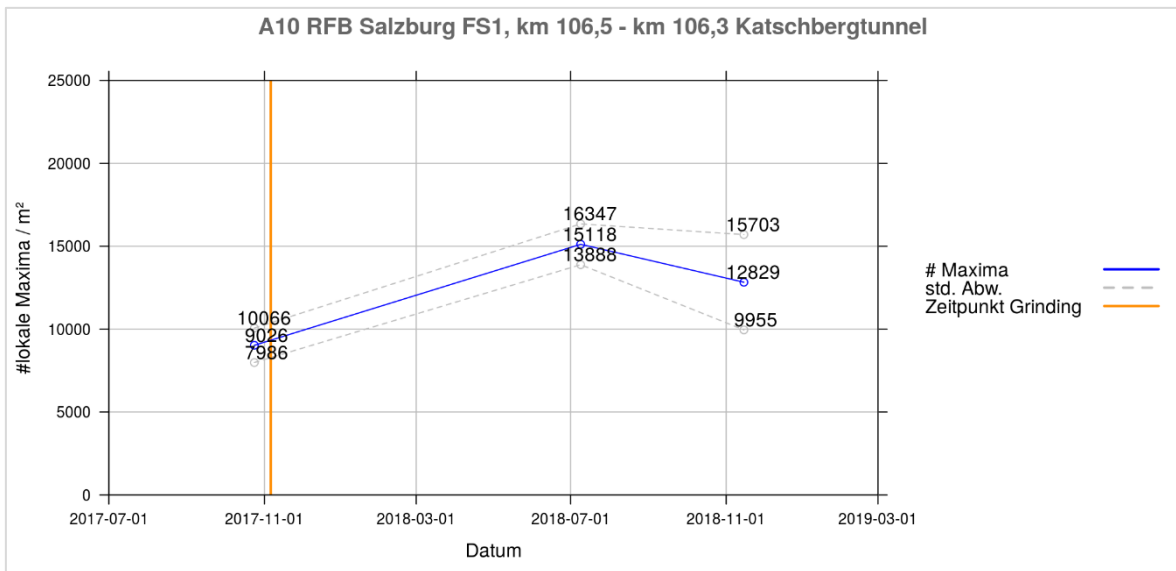


Abbildung 109: Verlauf Anzahl lokaler Maxima / m² auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 106,5 – km 106,3 (im Katschbergtunnel).

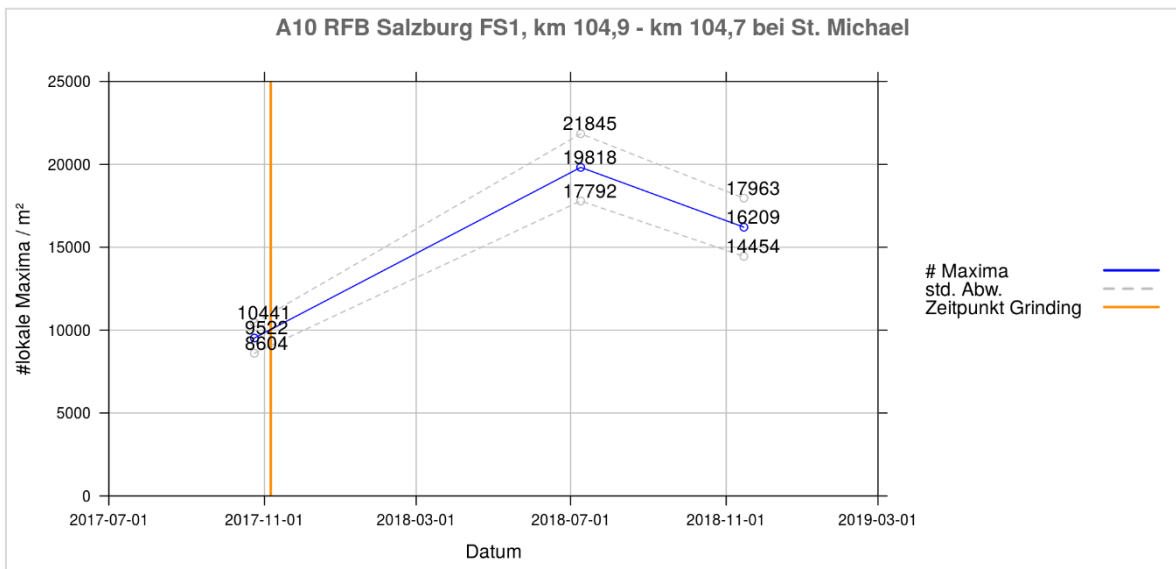


Abbildung 110: Verlauf Anzahl lokaler Maxima / m² auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 104,9 – km 104,7 (nach dem Katschbergtunnel).

5.2.6 Geräuschemission

CPX-Messungen wurden an der Versuchsstrecke im Katschbergtunnel vor der Durchführung des Grindings sowie im Projektverlauf drei Mal auf der Grinding-Fahrbahndecke mit den Messgeschwindigkeiten 80 und 100 km/h durchgeführt. Der bei St. Michael/Lungau nach dem Katschbergtunnel gelegene Versuchsstreckenabschnitt konnte aufgrund eines Baustellenbereichs nicht vor Durchführung des Grindings vermessen werden. Die Ergebnisse der CPX-Messungen sind in den Tabellen Tabelle 39 und Tabelle 40 bzw. Abbildungen Abbildung 111 und Abbildung 112 dargestellt. Die Ergebnisse der SPB- und CPB-Messungen sind in Tabelle 41 angegeben.

Tabelle 39: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 106,5 – km 106,3 (im Katschbergtunnel)

Datum	80 km/h	100 km/h
24.10.2017	99,7	102,6
06.12.2017	97,2	100,9
09.07.2018	97,9	101,1
14.11.2018	101,0	97,8

Tabelle 40: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 106,5 – km 106,3 (nach dem Katschbergtunnel)

Datum	80 km/h	100 km/h
06.12.2017	98,1	101,0
09.07.2018	97,3	100,8
14.11.2018	97,4	100,7

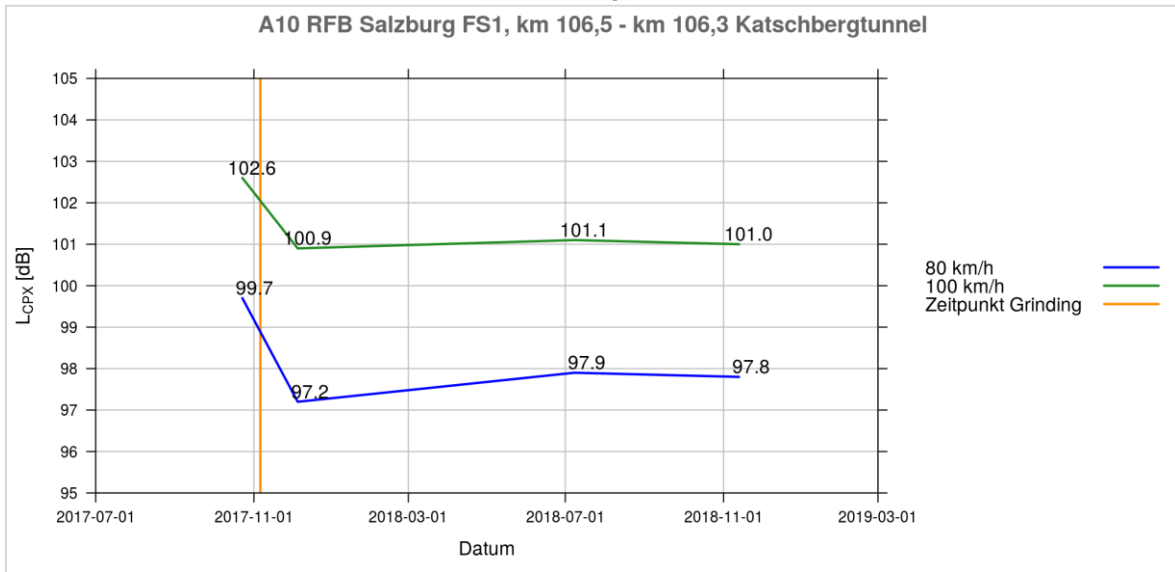


Abbildung 111: Zeitlicher Verlauf der CPX-Pegel auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 106,5 – km 106,3 (im Katschbergtunnel).

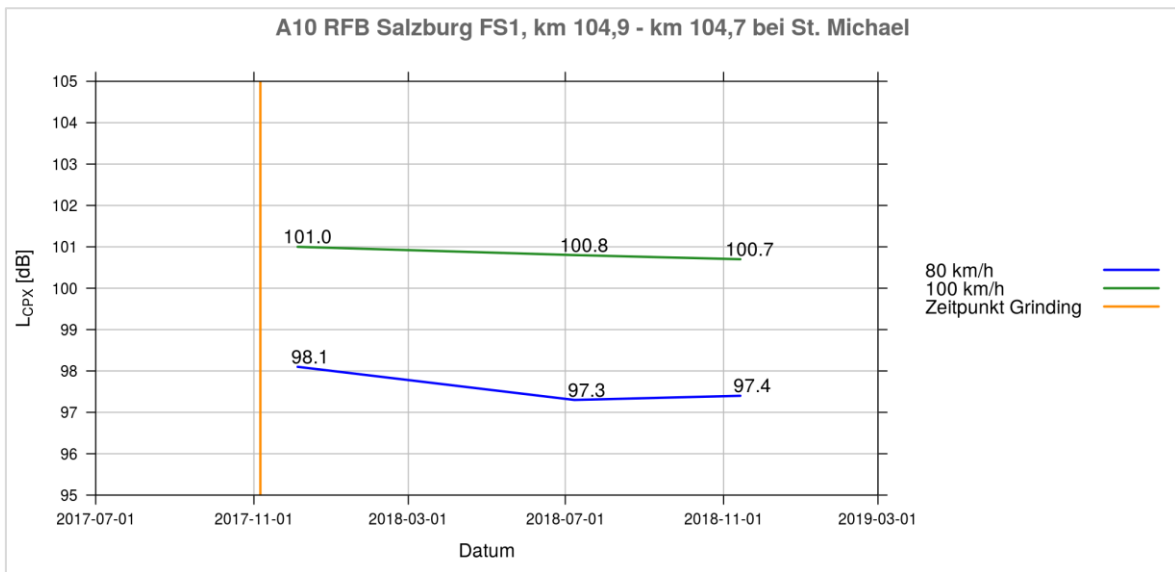


Abbildung 112: Zeitlicher Verlauf der CPX-Pegel auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 104,9 – km 104,7 (nach dem Katschbergtunnel).

Tabelle 41: Ergebnisse der SPB- und CPB-Messungen auf der Versuchsstrecke A10 RFB Salzburg, FS1, km 104,9 – km 104,7 (nach dem Katschbergtunnel); zur Vergleichbarkeit sind die Standard-Werte der RVS 04.02.11 für lärmarmen Waschbeton GK 8 ebenfalls angeführt

Messung	Fahrzeug-kategorie	Geschwindigkeit [km/h]			
		60	80	100	130
RVS 04.02.11 LWBGK8	PKW	-	53,4	55,4	57,8
	CPB	-	53,4	55,4	57,8
	sLKW	57,7	60,4	-	-
Referenz-mes- sung	PKW	-	55,7	57,9	60,5
	CPB	-	55,5	58,0	60,8
	sLKW	60,9	63,4	-	-
Grinding 01.08.2018	PKW	-	52,9	55,2	57,9
	CPB	-	53,3	55,5	58,2
	sLKW	60,8	62,9	-	-

Durch das Grinding kommt es in Bezug auf die CPX-Messungen zu einer Verbesserung der akustischen Eigenschaften der Fahrbahndecke um anfänglich ca. 3,3 dB (Messstelle im Katschbergtunnel), die Vorbeifahrtmessungen (nach dem Katschbergtunnel) zeigen eine mittlere Verbesserung für PKWs um 2,5 dB, für schwere LKWs um 0,3 dB. Im Vergleich zu den Basis- und Kennwerten der RVS 04.02.11 [45] werden durch das Grinding für PKWs wieder die ursprünglichen Werte für lärmindernden Waschbeton erreicht, in Bezug auf schwere LKWs kann im Vergleich keine derartige Verbesserung beobachtet werden.

5.3 Versuchsstrecke A02 Wernberg

5.3.1 Allgemeines

Die Versuchsstrecke befindet sich auf der A02 Südbahnhof RFB Wien, bei km 384,4 bis km 384,0 mit einer Länge von 400 m zwischen den Anschlussstellen Wernberg und Velden West. In diesem Abschnitt gilt eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h zur Lärmreduktion. Der Abschnitt ist als Waschbeton ausgeführt. Die Oberbaudatenbank der ASFI-NAG weist 2001 als Herstellungsjahr aus.

5.3.2 Beschreibung der Grindingtextur

Die Herstellung der Grindingtextur erfolgte am 08.11.2017 auf einer Länge von jeweils 400 m am rechten Fahrstreifen. Die Geometrie der aufgetragenen Textur wurde mit 2,8/2,2 mm (Segmentbreite/Segmentabstand) festgelegt.

5.3.3 Griffigkeit

Vor der Grindingmaßnahme wurde der Zustand der Betondecke erfasst. Unmittelbar nach Abschluss der Maßnahme wurde die Erstmessung durchgeführt. Über den Projektzeitraum erfolgten wiederholte Messungen, genaue Daten sind in der

Tabelle 42 verzeichnet.

Pro Messzeitpunkt wurden zwei unmittelbar aufeinanderfolgende Messungen durchgeführt und an Ort und Stelle verglichen. Nachdem die 50 m-Mittelwerte, aber auch die 5 m-Rohwerte keine größere Variation innerhalb der Messstrecke zeigten, wurde über den gesamten Abschnitt pro Messung ein Mittelwert gebildet („Messung 1“, „Messung 2“ in den nachfolgenden Tabellen) Die Ergebnisse der Erst- und Wiederholungsmessung wurden für die Darstellung im folgernden Diagramm ebenfalls gemittelt („MW μ_{RS} “ in den nachfolgenden Tabellen und Diagramme). Eine Ausnahme stellt die Messung am 13.09.2018 dar, die im Rahmen der netzweiten Zustandserfassung durchgeführt wurde und bei der keine Wiederholung möglich war. Abbildung 113 zeigt den zeitlichen Verlauf der Griffigkeitsentwicklung.

Tabelle 42: Zusammenstellung der Griffigkeitsmessungen auf der A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0.

Datum	Messung 1	Messung 2	MW μ_{RS} [-]
21.03.2017	0,45	0,47	0,46
09.11.2017	0,72	0,72	0,72
29.05.2018	0,57	0,58	0,58
13.09.2018	0,57	-	0,57
13.11.2018	0,57	0,57	0,57

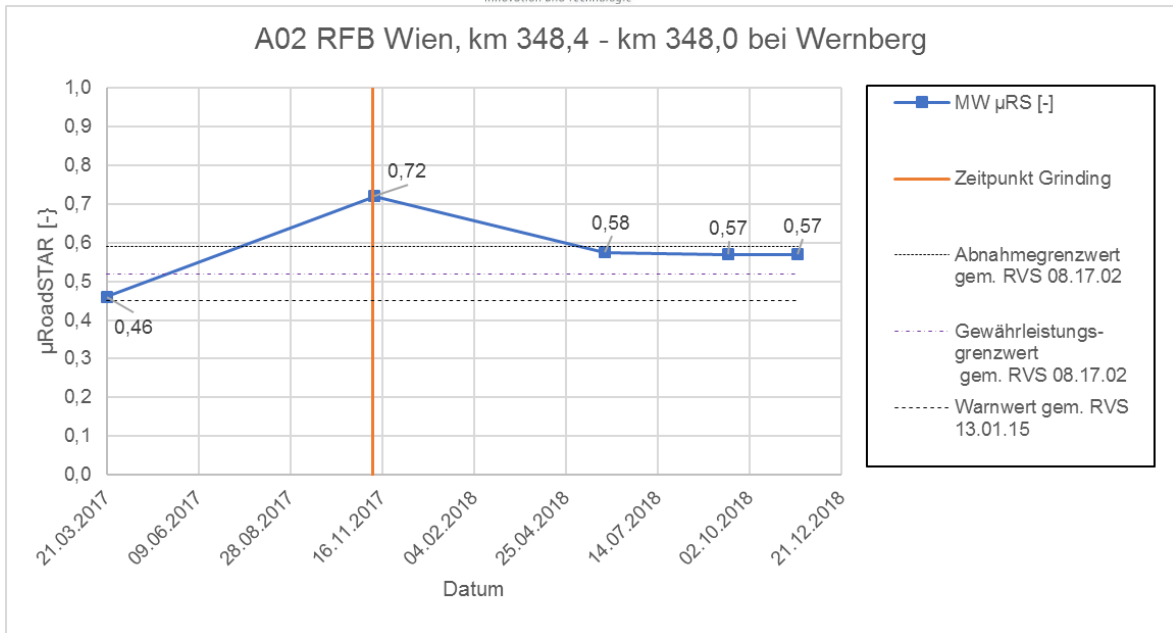


Abbildung 113: Zeitlicher Verlauf der Griffigkeit auf der Versuchsstrecke A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0 bei Wernberg.

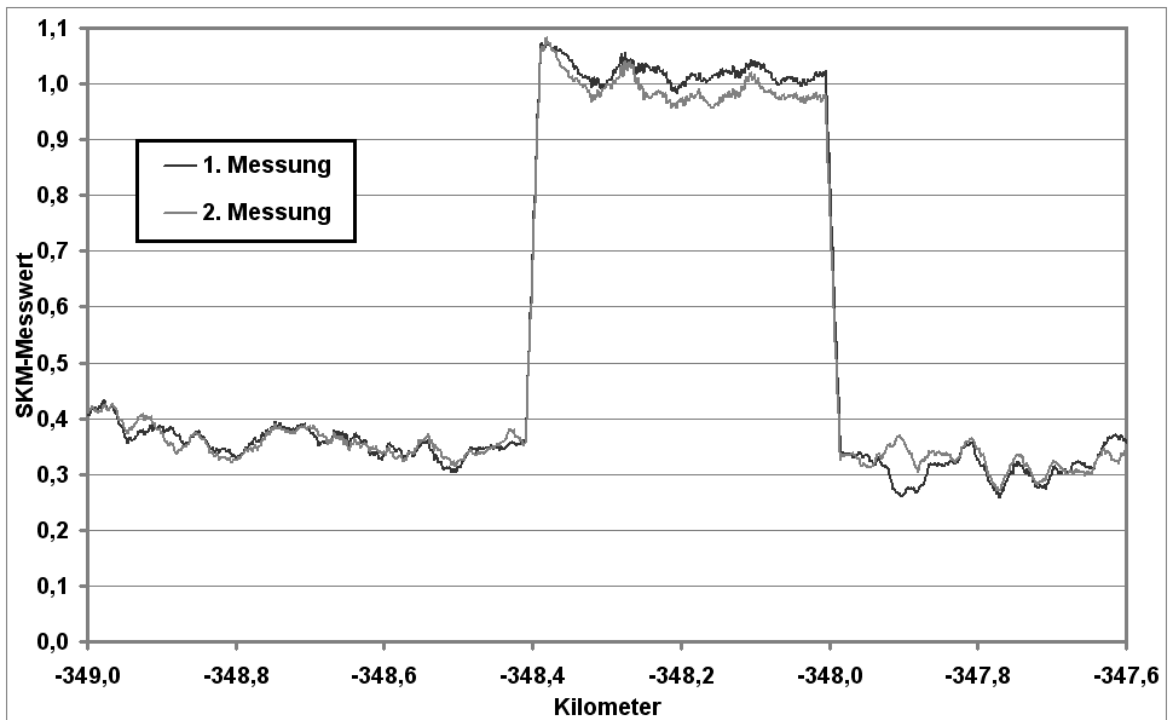


Abbildung 114: Verlauf der Griffigkeit mit der SKM auf der Versuchsstrecke A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0 bei Wernberg.

Auf der Versuchsstrecke A2 wurden extrem hohe Griffigkeiten $>1,0$ mit dem SKM-Messverfahren unmittelbar nach Herstellung der Oberfläche festgestellt, die einen Formschluss zwischen Messreifen und Fahrbahn vermuten lassen (vgl. Abbildung 114). Auch mit dem RoadSTAR wurden auf dieser Strecke Maximalwerte auf gegrundetem Beton eingefahren,

5.3.4 Längsebenheit

In der nachfolgenden Tabelle 43 und Abbildung 115 ist die Entwicklung der Längsebenheit für den Abschnitt A02 Wernberg dargestellt. In allen Abbildungen sind die Kennwerte IRI (International Roughness Index) mit den zugehörigen Klassengrenzen gemäß RVS 13.01.15 [23] auf der linken Achse sowie σ_{WLP} und $\Delta_{WLP}/6$ auf der rechten Achse dargestellt. Die Darstellung von $1/6 \Delta_{WLP}$ wurde nur zu Darstellungszwecken gewählt, um den Wertebereich der beiden Kennwerte anzugleichen. Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte über den gesamten Abschnitt.

Erfassung und Auswertung erfolgten analog zu den Versuchsstrecken auf der A10.

Tabelle 43: Zusammenstellung der Längsebenheitsmessungen auf der A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0 bei Wernberg.

Datum	IRI [m/km]	σ_{WLP} [mm]	$\Delta_{WLP}/6$ [mm]
29.06.2017	1,1	3,5	3,8
09.11.2017	0,9	2,8	2,6
29.05.2018	0,9	3	3,1
13.11.2018	0,8	3	2,9

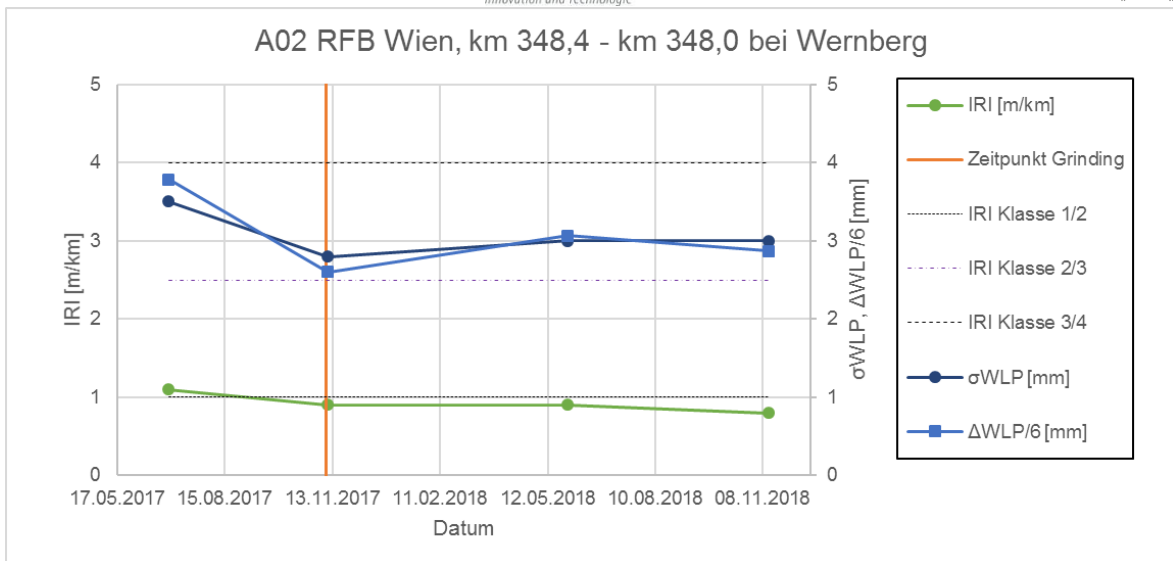


Abbildung 115: Zeitlicher Verlauf der Längsebenheit auf der Versuchsstrecke A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0 bei Wernberg.

Die Längsebenheit im Ausgangszustand ist auf diesem Abschnitt beim IRI bereits an der Grenze der Klasse 1 und 2 („sehr gut“/„gut“ gemäß RVS). Durch die Grindingmaßnahme wird die Längsebenheit nochmals verbessert, wenn auch nur in geringem Maße. Über den Monitoringzeitraum bleibt der IRI konstant und liegt durchgehend in der Klasse 1 gemäß RVS. Das Bewertete Längsprofil zeigt ebenfalls eine Verbesserung durch die Grindingmaßnahme. Auch hier bleiben die Kennwerte im Monitoringzeitraum konstant auf sehr niedrigem Niveau.

5.3.5 Texturmessungen

Die Messungen der 3D-Textur an der A02 im Bereich Wernberg wurden im Projektverlauf kurz vor und zwei Mal nach Durchführung des Grindings vorgenommen. Im Zuge der CPX-Messungen vom Dezember 2017 konnte die 3D-Textur aufgrund eines Sensordefekts nicht erfasst werden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 116 für den Versuchsabschnitt dargestellt. Wie schon auf der Versuchsstrecke A10 ist eine deutliche Änderung in der Anzahl lokaler Maxima pro Quadratmeter zu sehen. Bei wiederholter Messung nach Durchführung des Grindings tritt hier ebenfalls eine leichte Verringerung der beschriebenen Texturkenngröße auf.

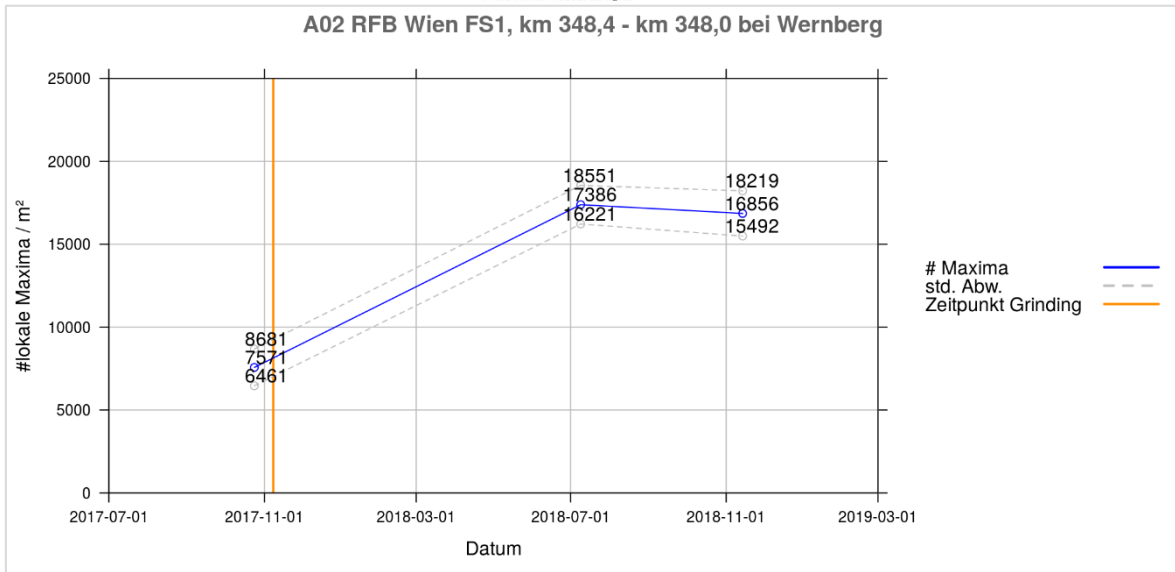


Abbildung 116: Verlauf Anzahl lokaler Maxima / m² auf der Versuchsstrecke A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0 bei Wernberg.

5.3.6 Geräuschemission

CPX-Messungen wurden an der Versuchsstrecke Wernberg vor der Durchführung des Grindings sowie im Projektverlauf drei Mal auf der Grinding-Fahrbahndecke mit den Messgeschwindigkeiten 80 und 100 km/h durchgeführt. Die Ergebnisse der CPX-Messungen sind in der Tabelle 44 bzw. Abbildung 117 dargestellt. Die Ergebnisse der SPB- und CPB-Messungen sind in Tabelle 45 angegeben.

Tabelle 44: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0 bei Wernberg.

Datum	80 km/h	100 km/h
24.10.2017	99,5	102,6
06.12.2017	97,4	100,3
09.07.2018	97,7	100,5
14.11.2018	98,1	101,0

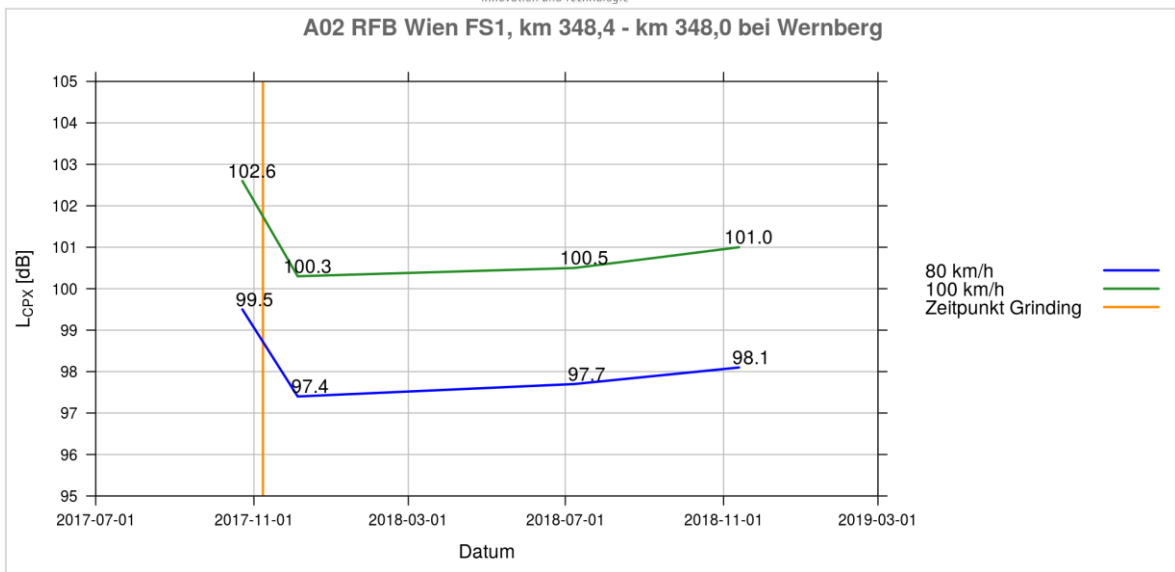


Abbildung 117: Zeitlicher Verlauf der CPX-Pegel auf der Versuchsstrecke A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0 bei Wernberg.

Tabelle 45: Ergebnisse der SPB- und CPB-Messungen auf der Versuchsstrecke A02 RFB Wien, FS1, km 348,4 – km 348,0 bei Wernberg; zur Vergleichbarkeit sind die Standard-Werte der RVS 04.02.11 für lärmarmen Waschbeton GK 8 ebenfalls angeführt

Messung	Fahrzeug-kategorie	Geschwindigkeit [km/h]			
		60	80	100	130
RVS 04.02.11 LWBGK8	PKW	-	53,4	55,4	57,8
	CPB	-	53,4	55,4	57,8
	sLKW	57,7	60,4	-	-
Referenz-mes- sung	PKW	-	56,6	58,3	60,2
	CPB	-	56,0	58,0	60,4
	sLKW	64,2	65,2	-	-
Grinding 24.07.2018	PKW	-	53,1	55,3	57,8
	CPB	-	53,2	55,1	57,3
	sLKW	59,3	62,0	-	-

Durch das Grinding konnte bei den CPX-Messungen eine mittlere Verbesserung der Lärmemissionen von 3,0 dB beobachtet werden, wobei sich diese im Projektverlauf auf 1,9 dB verringert. Diese Ergebnisse sind mit den Vorbeifahrtsmessungen für PKWs vergleichbar, auch hier kommt es zu einer mittleren Emissionsreduktion von 3 dB, für schwere LKWs um 4 dB. Dabei ist allerdings aufgrund des Gefälles an der Grinding-Messstrecke mit einer erhöhten Messunsicherheit zu rechnen. Der Vergleich mit den Werten der

RVS 04.02.11 zeigt hier wiederum, vergleichbar mit der Messstelle auf der A10, eine Rücksetzung der Emissionswerte auf die Basis- und Kennwerte für lärmmindernde Waschbetondecken der Richtlinie.

6 GRINDING AUF NEUBAUSTRECKEN

6.1 Allgemeines

Ursprünglicher Plan im Projekt war es, im Labor eine Optimierung der Betonrezeptur durchzuführen und diese dann auf einem 500 m langen Abschnitt herzustellen. Diese Strecke sollte dann gegrindet werden. Ein anschließendes Monitoring sollte danach Aufschluss über das Gebrauchsverhalten des optimierten Betons in-situ geben. Von diesem Plan musste im Projekt abgewichen werden. Die einzige Neubau-Baustelle mit Betondecke im Jahr 2017 war in Österreich auf der A05, hier wurde auf a. 22 km eine Verlängerung der Autobahn in Richtung der österreichisch-tschechischen Grenze gebaut. Die Bauarbeiten waren zu Projektbeginn bereits in vollem Gange, die Verkehrsfreigabe des gesamten Abschnitts erfolgte am 08.12.2017. Aufgrund bestehender Bauverträge war es nicht möglich, die Betonrezeptur zu ändern. Der Arbeitsplan des Labor-Arbeitspaketes wurde entsprechend angepasst.

Die Versuchsstrecke befindet sich auf der A05 Nordautobahn RFB Wien, bei km 25,5 bis km 25,0 auf Höhe des neu errichteten LKW-Kontrollplatzes zwischen den Anschlussstellen Mistelbach/Ost und Schrick mit einer Länge von 500 m. Der Abschnitt wurde vor dem Grinding als Waschbeton ausgeführt, die Fahrbahn wurde im August 2017 hergestellt. Es handelt sich somit um eine Neubaustrecke. Die Grindingarbeiten wurden ab dem 09.11.2017 durchgeführt, die Verkehrsfreigabe des Abschnittes erfolgte am 08.12.2017.

Bevor die Entscheidung über die Eignung der Strecke für die Fragestellung „Grinding im Neubau“ getroffen werden konnte, wurden versuchsweise einzelne Platten des Standstreifens gegrindet (siehe Abbildung 118). Anschließend wurden Bohrkernentnommen und zur weiteren Untersuchung ins Labor von Projektpartner ABE verbracht. Dort fanden Untersuchungen zur Festigkeit, Frost-Tausalz-Beständigkeit (CDF-Test) sowie zur Griffigkeit mit dem SRT-Pendel statt. Die Untersuchungen sind im Anhang # dokumentiert. Aufgrund der zufriedenstellenden Ergebnisse konnte der Abschnitt als Versuchsstrecke verwendet werden.



Abbildung 118: Probegrinding auf der A5 und Lage der Bohrkern für die Laboruntersuchung

6.1.1 Beschreibung der Grindingtextur

Ab dem 09.11.2017 wurde auf einer Länge von jeweils 250 m auf beiden Fahrstreifen sowie am Standstreifen unmittelbar aneinander anschließend zwei verschiedene Grindingtexturen aufgebracht. Die Geometrie der aufgetragenen Texturen wurde mit 2,8/2,2 mm bzw. 2,4/1,8 mm (Segmentbreite/Segmentabstand) festgelegt.

6.2 Griffigkeit

Im Bereich der Versuchsstrecke wurde ein umfangreiches Monitoringprogramm durchgeführt. Vor der Grindingmaßnahme wurde der Zustand der Betondecke erfasst. Unmittelbar nach Abschluss der Maßnahme wurde die Erstmessung durchgeführt. Über den Projektzeitraum erfolgten wiederholte Messungen, genaue Daten sind in der Tabelle 46 (FS1) bzw. Tabelle 47 (FS2) verzeichnet.

Pro Messzeitpunkt wurden zwei unmittelbar aufeinanderfolgende Messungen durchgeführt und an Ort und Stelle verglichen. Nachdem die 50 m-Mittelwerte, aber auch die 5 m-Rohwerte keine größere Variation innerhalb der Messstrecke zeigten, wurde über den gesamten Abschnitt pro Messung ein Mittelwert gebildet („Messung 1“, „Messung 2“ in den nachfolgenden Tabellen) Die Ergebnisse der Erst- und Wiederholungsmessung wurden für die Darstellung im folgenden Diagramm ebenfalls gemittelt („MW μ_{RS} “ in den nachfolgenden

Tabellen und im Diagramm). Eine Ausnahme stellen die Messungen am 03.04.2018 sowie am 11.10.2018 dar, bei denen keine Wiederholung möglich war.

Zusätzlich wurden Messungen am linken Fahrstreifen durchgeführt, die in Tabelle 47 dokumentiert sind. Abbildung 119 zeigt den zeitlichen Verlauf der Griffigkeitsentwicklung für beide Fahrstreifen.

Zwischen den beiden Grindingtexturen konnte in puncto Griffigkeit kein Unterschied festgestellt werden, sodass sie in der Tabelle und in der Grafik unten nicht separat ausgewiesen sind.

Die Messungen der Längs- und Querebenheit wurden analog zu den Griffigkeitsmessungen durchgeführt.

Tabelle 46: Zusammenstellung der Griffigkeitsmessungen auf der A05 RFB Wien, FS1, km 25,5 – km 25,0.

Datum	Messung 1	Messung 2	MW μ_{RS} [-] FS1
12.10.2017	0,77	0,78	0,78
13.11.2017	0,9	0,9	0,90
16.11.2017	0,87	0,85	0,86
28.03.2018	0,52	0,54	0,53
03.04.2018	0,57	-	0,57
02.05.2018	0,56	0,56	0,56
11.10.2018	0,59	-	0,59
24.10.2018	0,59	0,59	0,59

Tabelle 47: Zusammenstellung der Griffigkeitsmessungen auf der A05 RFB Wien, FS2, km 25,5 – km 25,0.

Datum	Messung 1	Messung 2	MW μ_{RS} [-] FS2
17.11.2017	0,88	0,86	0,87
28.03.2018	0,56	0,57	0,57
03.04.2018	0,58		0,58
02.05.2018	0,57	0,57	0,57

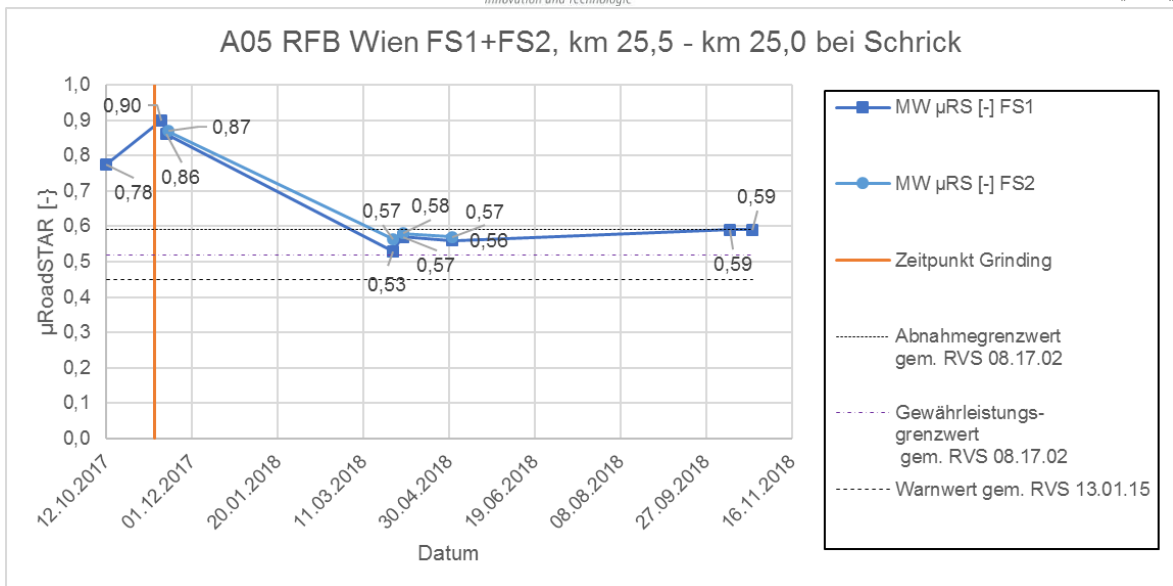
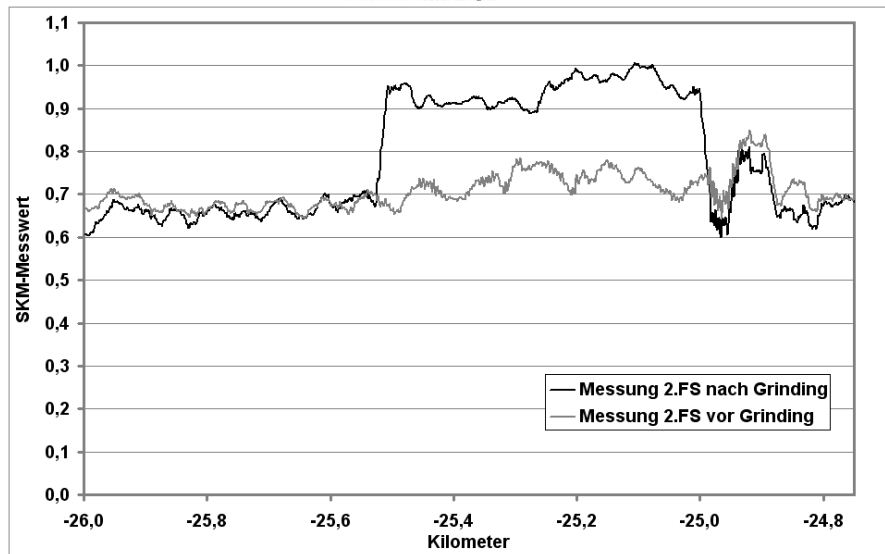


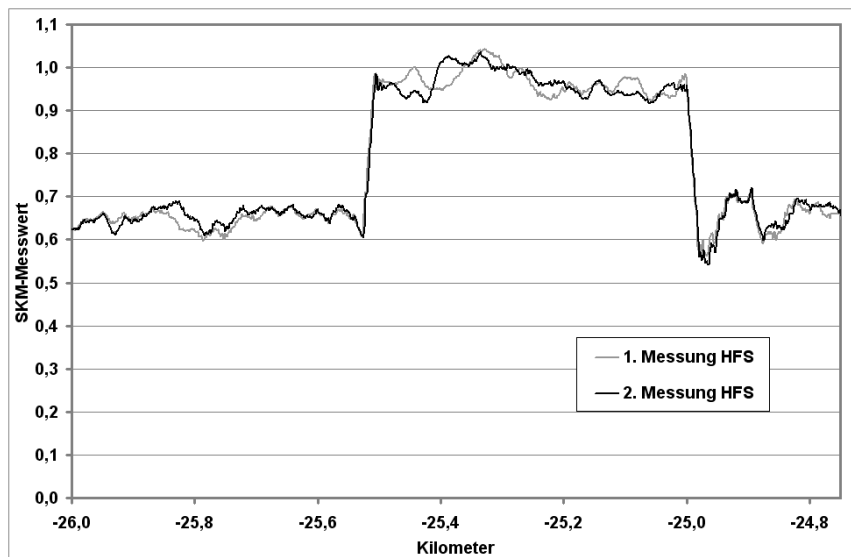
Abbildung 119: Zeitlicher Verlauf der Griffigkeit auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS1 und FS2, km 25,5 bis km 25,0

Die Griffigkeitsmessergebnisse mit der SKM unmittelbar nach Herstellung sind für die verschiedenen Fahrstreifen in den nachfolgenden Abbildung 120 bis Abbildung 122 dargestellt. Da die Herstellung der Grindingoberfläche ablauftechnisch bereits begonnen worden war, als die SKM von den Messungen auf der A2 eintraf, liegen Messungen vor dem Grinding nur vom zweiten Fahrstreifen vor. Dieser war im Gegensatz zum ersten Fahrstreifen und dem Pannestreifen zu diesem Zeitpunkt noch unbearbeitet.



**Abbildung 120: Verlauf der Griffigkeit mit SKM auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien,
FS2 m 25,5 bis km 25,0**

Der Hauptfahrstreifen und der Pannenstreifen konnten nur nach der Fertigstellung der Grindingoberfläche gemessen werden, zeigen aber einen sehr zum zweiten Fahrstreifen vergleichbaren Verlauf.



**Abbildung 121: Verlauf der Griffigkeit mit SKM auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien,
FS1 km 25,5 bis km 25,0**

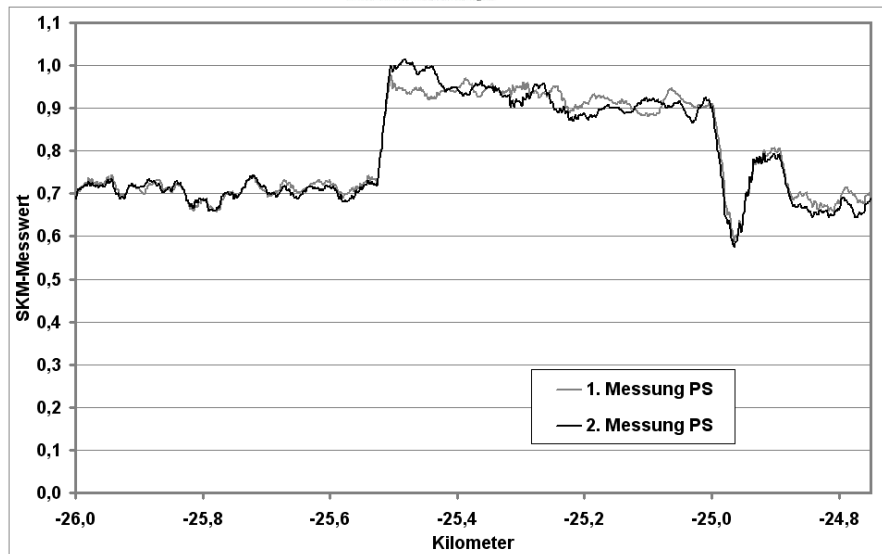


Abbildung 122: Verlauf der Griffigkeit mit SKM auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, PS km 25,5 bis km 25,0

Eine Messung mit SKM mehrere Monate nach Verkehrsfreigabe war im Rahmen dieses Projektes nicht vorgesehen. Um eine Bewertung der unterschiedlichen Messergebnisse mit RoadSTAR und SKM auf anisotropen Oberflächen wie dem Grinding vornehmen zu können, wären aber speziell auf diesen Oberflächen weitere Vergleichsmessungen wünschenswert.

6.3 Längsebenheit

In den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen ist die Entwicklung der Längsebenheit für dargestellt. In allen Abbildungen sind die Kennwerte IRI (International Roughness Index) mit den zugehörigen Klassengrenzen gemäß RVS 13.01.15 [23] auf der linken Achse sowie σ_{WLP} und $\Delta_{WLP}/6$ auf der rechten Achse dargestellt. Die Darstellung von $1/6 \Delta_{WLP}$ wurde nur zu Darstellungszwecken gewählt, um den Wertebereich der beiden Kennwerte anzugleichen. Die in Tabelle 48 und Abbildung 123 dargestellten Längsebenheitskennwerte beziehen sich auf die gesamte Strecke von km 25,5 bis km 25,0. Aufgrund des homogenen Verlaufs es erfolgt keine Trennung der beiden unterschiedlichen Texturen; die dargestellten Werte sind Mittelwerte über 10 50 m-Werte.

Obwohl die Längsebenheit der neuen Waschbetonoberfläche bereits an der unteren Grenze der Klasse 2 („gut“) gemäß RVS 13.01.15 liegt, wird sie durch die Grindingmaßnahme nochmals deutlich verbessert (Klasse 1, „sehr gut“). Der IRI liegt am Grindingab-

schnitt deutlich in Klasse 1 („sehr gut“) und bleibt über den Monitoringzeitraum nahezu konstant. Die gleiche Aussage gilt für das Bewertete Längsprofil. Auch hier sind die Werte schon vor der Maßnahme niedrig, danach noch niedriger und bleiben so über den gesamten Monitoringzeitraum.

Zur Einordnung der IRI-Werte: Im Rahmen des „European Road Profile User Group Seminar“ 2017 wurde ein Wettbewerb „The most even road in Europe“ ausgerufen. Bei den fünf Einreichungen lag der IRI im Bereich von 0,41 bis 0,55 m/km. Der Grindingabschnitt in Schrick liegt hier also auf vergleichbar sehr gutem Niveau.

Tabelle 48: Zusammenstellung der Längsebenheitsmessungen auf der A05 RFB Wien, FS1, km 25,5 – km 25,0.

Datum	IRI [m/km]	σ_{WLP} [mm]	$\Delta_{WLP}/6$ [mm]
12.10.2017	1,3	3,2	4,0
16.11.2017	0,5	1,6	1,6
03.04.2018	0,7	2	2,1
11.10.2018	0,6	1,9	2,0

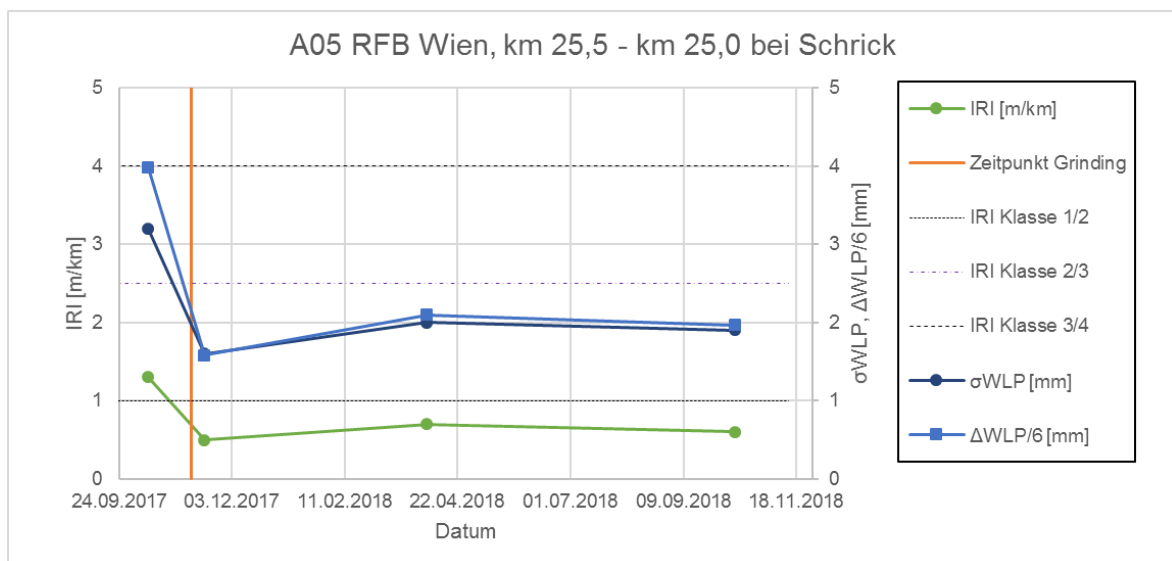


Abbildung 123: Zeitlicher Verlauf der Längsebenheit auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS1, km 25,5 bis km 25,0.

6.4 Texturmessungen

Die Messungen der 3D-Textur an der A05 im Bereich Schrick wurden im Projektverlauf kurz vor und zwei bzw. drei Mal nach Durchführung des Grindings vorgenommen. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen Abbildung 124 bis Abbildung 127 für den Versuchsabschnitt dargestellt. In Übereinstimmung mit den Bestands-Versuchsstrecken kommt es durch das Grinding zu einer Erhöhung der Anzahl lokaler Maxima pro Quadratmeter, wobei auch der Vergleich der Vorher-Messungen eine höhere Profilspitzendichte aufweist. Ebenfalls führt die feinere Grinding-Textur in der zweiten Hälfte der Versuchsstrecke zu einer Erhöhung der Texturkennggröße. In der Gegenüberstellung der beiden Fahrstreifen kommt es in beiden Abschnitten zu einer stärkeren Abnahme der Profilspitzendichte am stärker verkehrsbelasteten ersten Fahrstreifen.

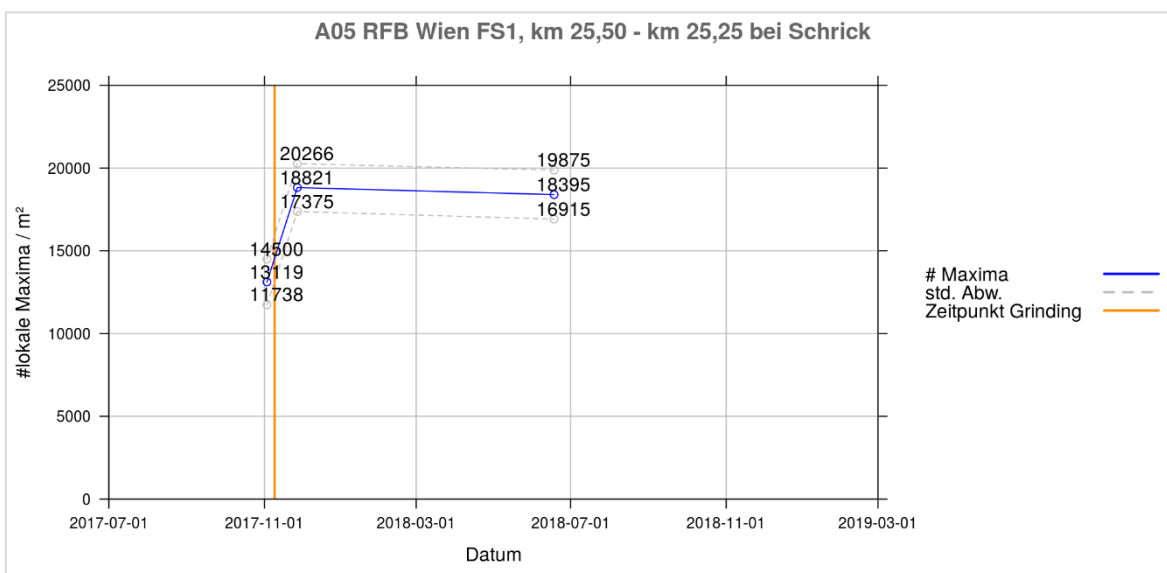


Abbildung 124: Verlauf Anzahl lokaler Maxima / m² auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS1, km 25,50 – km 25,25 bei Schrick.

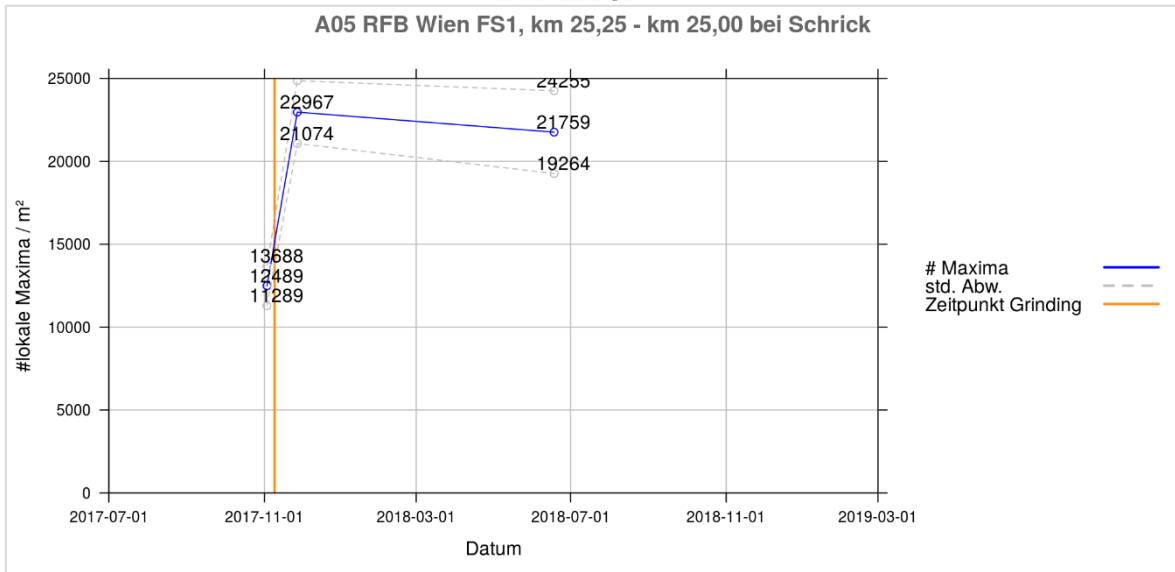


Abbildung 125: Verlauf Anzahl lokaler Maxima / m² auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS1, km 25,25 – km 25,00 bei Schrick.

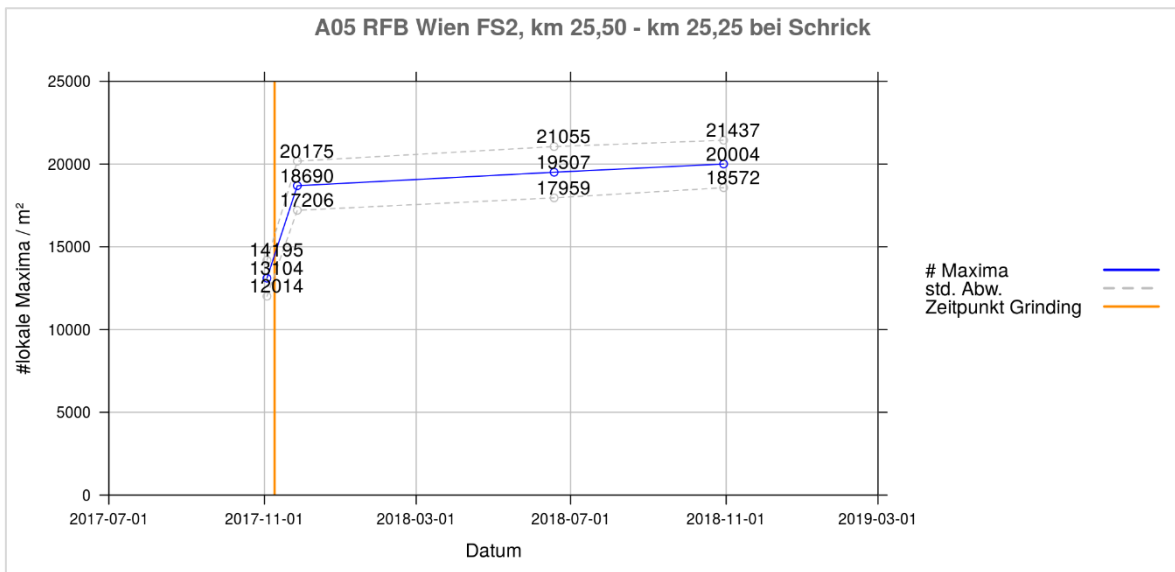


Abbildung 126: Verlauf Anzahl lokaler Maxima / m² auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS2, km 25,50 – km 25,25 bei Schrick.

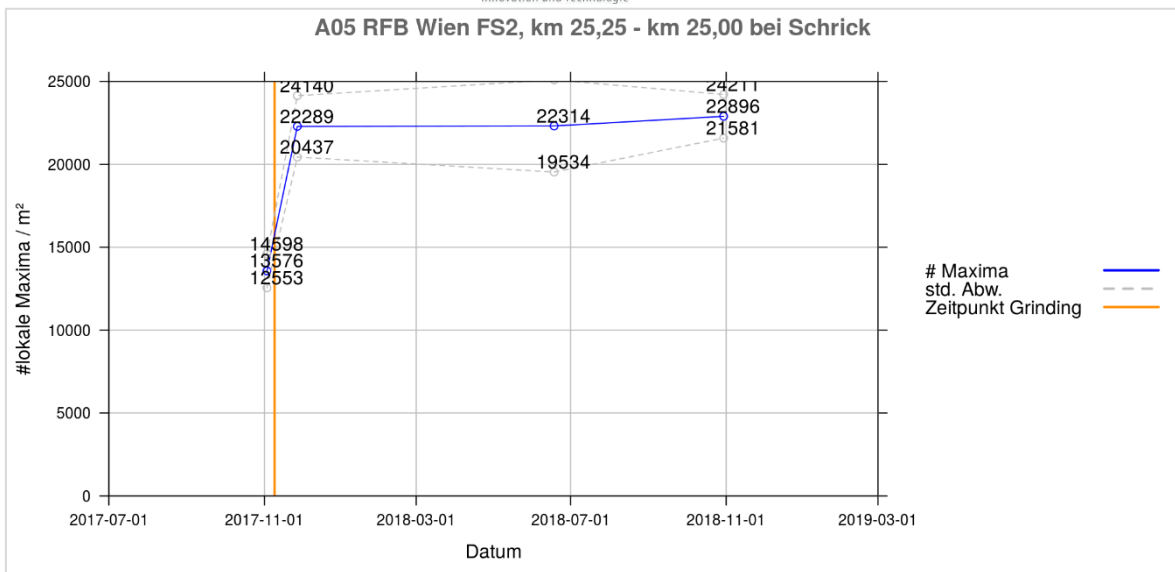


Abbildung 127: Verlauf Anzahl lokaler Maxima / m² auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS2, km 25,25 – km 25,00 bei Schrick.

6.5 Messung der Geräuschemission

CPX-Messungen wurden an der Versuchsstrecke A05 vor der Durchführung des Grindings (und damit vor der Verkehrsfreigabe) sowie im Projektverlauf drei Mal auf der Grinding-Fahrbahndecke mit den Messgeschwindigkeiten 80 und 100 km/h durchgeführt. Es wurden dabei die beiden Grinding-Texturen getrennt betrachtet. Die Ergebnisse der CPX-Messungen sind in den Tabelle 49 bis Tabelle 52 und Abbildung 128 bis Abbildung 131 gezeigt. Als Vergleich ist in den Abbildung 132 bis Abbildung 133 das Alterungsverhalten auf dem Waschbeton-Abschnitt vor der Versuchsstrecke dargestellt. Die Vorbeifahrtmessungen nach ISO 11819-1 konnten aufgrund der baulichen Umgebungsbedingungen (Lärmschutzwand im nördlich gelegenen Abschnitt) nur im Bereich km 25,25 – 25,00 in einer Pannenbucht durchgeführt werden, die Messungen wurden im Projektzeitraum zwei Mal durchgeführt. Die Ergebnisse der SPB- und CPB-Messungen dazu sind in Tabelle 53 angegeben.

**Tabelle 49: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A05 RFB
Wien, FS1, km 25,50 – km 25,25 bei Schrick.**

Datum	80 km/h	100 km/h
03.11.2017	96,4	99,2
27.11.2017	95,8	98,4
18.06.2018	97,0	99,8
30.10.2018	97,1	100,2

**Tabelle 50: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A05 RFB
Wien, FS1, km 25,25 – km 25,00 bei Schrick.**

Datum	80 km/h	100 km/h
03.11.2017	96,5	99,2
27.11.2017	95,7	98,3
18.06.2018	96,7	99,8
30.10.2018	97,1	99,9

**Tabelle 51: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A05 RFB
Wien, FS2, km 25,50 – km 25,25 bei Schrick.**

Datum	80 km/h	100 km/h
03.11.2017	96,3	99,1
27.11.2017	96,1	98,8
18.06.2018	96,3	99,0
30.10.2018	96,4	99,2

**Tabelle 52: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A05 RFB
Wien, FS2, km 25,25 – km 25,00 bei Schrick.**

Datum	80 km/h	100 km/h
03.11.2017	96,3	99,2
27.11.2017	96,1	98,8
18.06.2018	96,2	99,0
30.10.2018	96,3	99,2

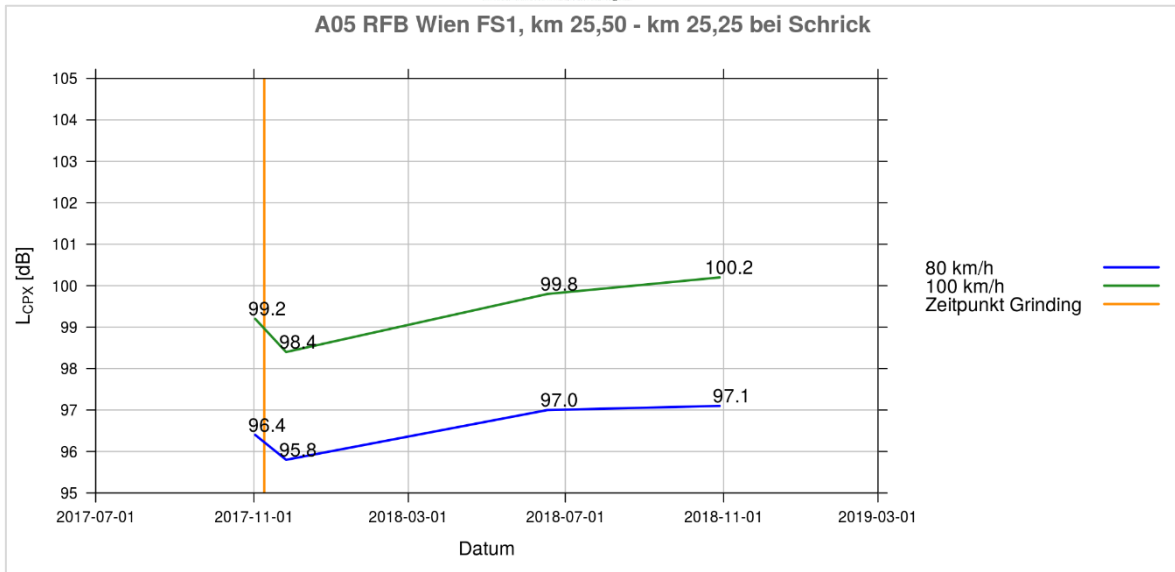


Abbildung 128: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS1, km 25,50 – km 25,25 bei Schrick.

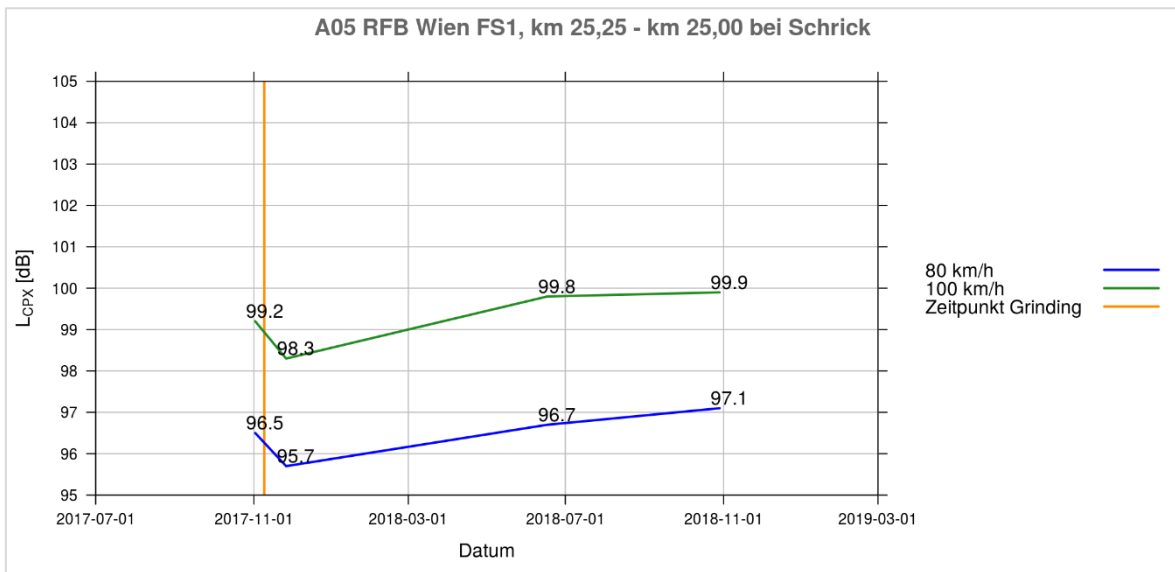


Abbildung 129: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS1, km 25,25 – km 25,00 bei Schrick.

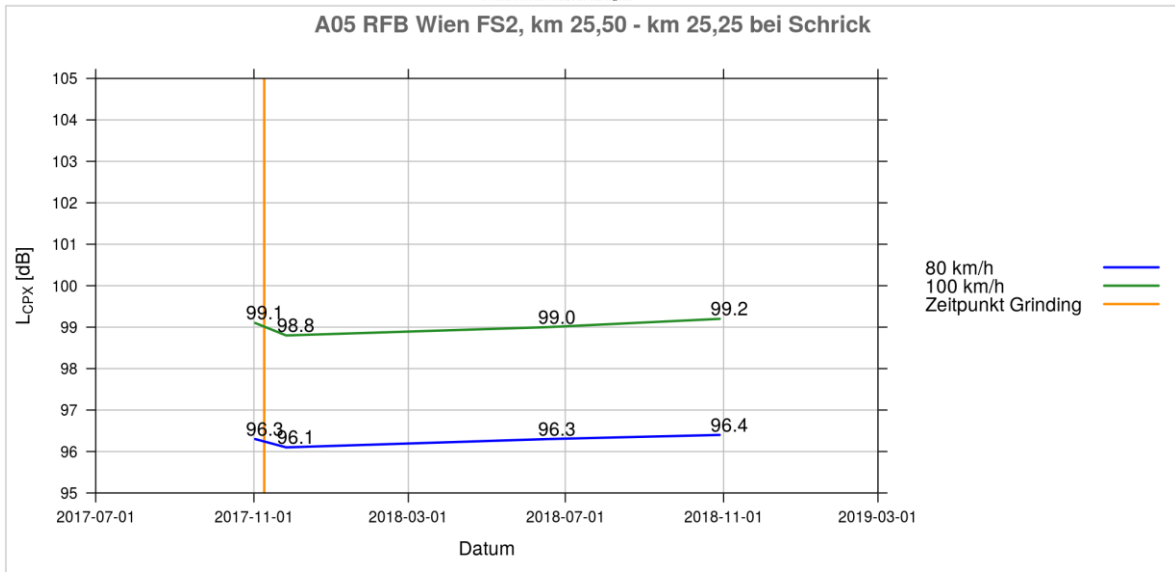


Abbildung 130: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS2, km 25,50 – km 25,25 bei Schrick.

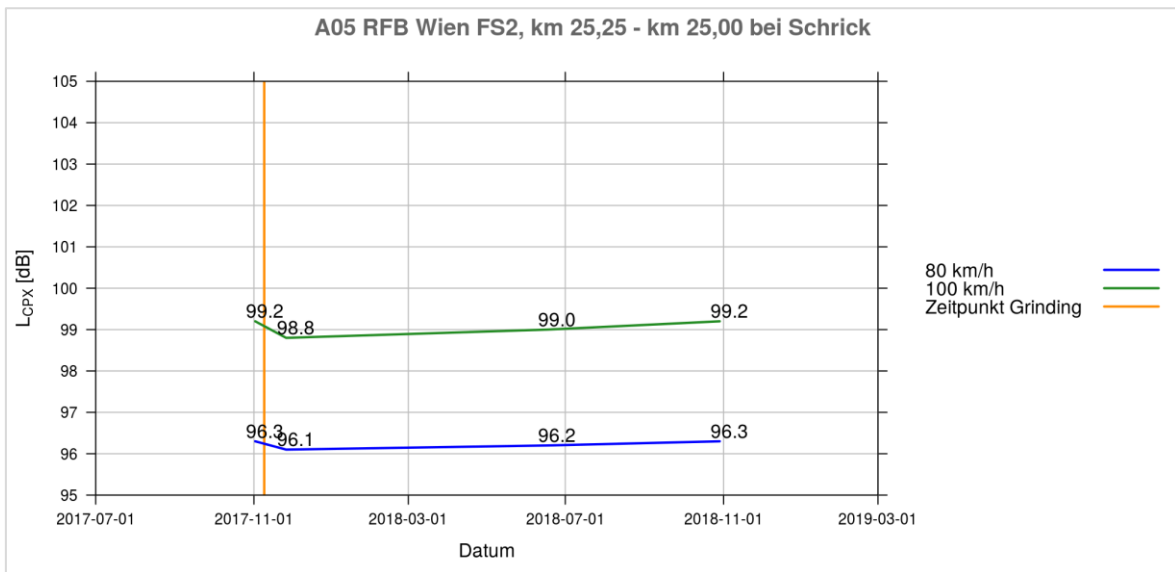


Abbildung 131: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS2, km 25,25 – km 25,00 bei Schrick.

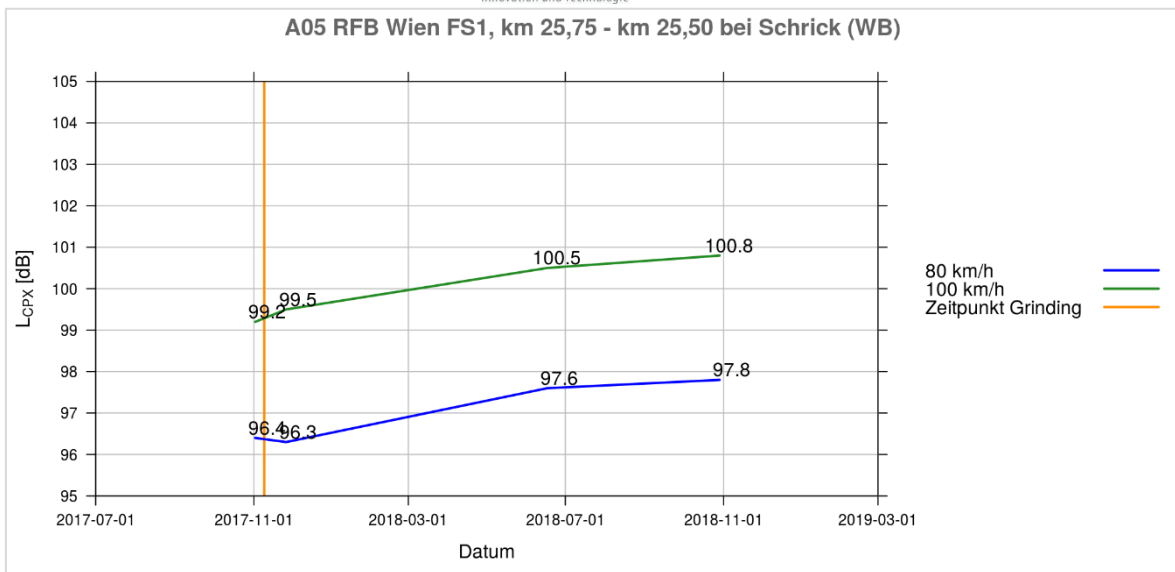


Abbildung 132: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Waschbeton-Vergleichsmessungen A05 RFB Wien, FS1, km 25,75 – km 25,50 bei Schrick.

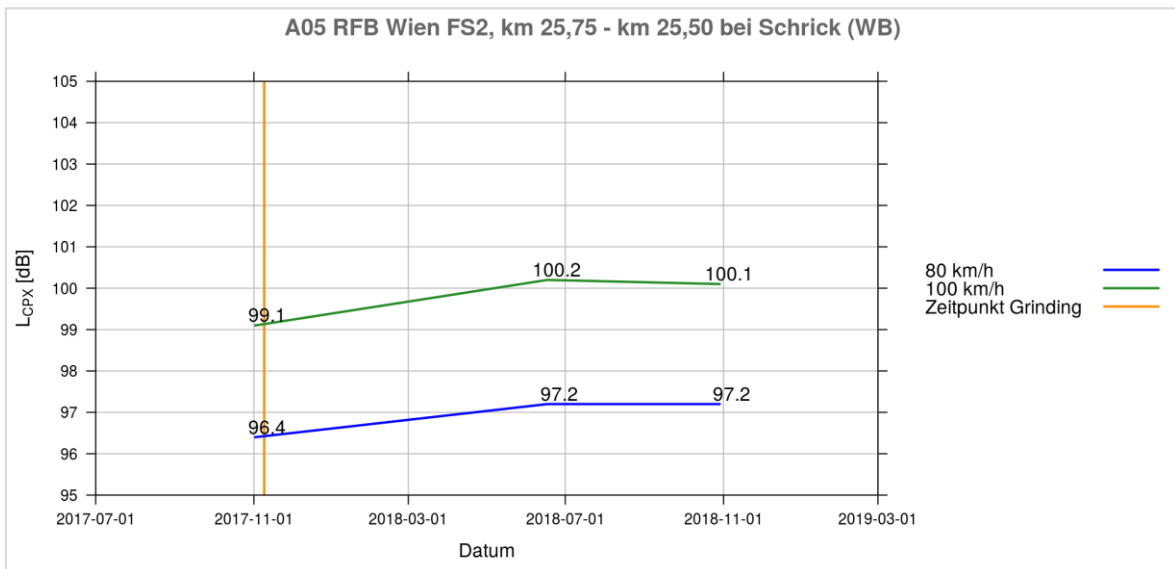


Abbildung 133: Zusammenstellung der CPX-Messergebnisse auf der Waschbeton-Vergleichsmessungen A05 RFB Wien, FS2, km 25,75 – km 25,50 bei Schrick.

Tabelle 53: Ergebnisse der SPB- und CPB-Messungen auf der Versuchsstrecke A05 RFB Wien, FS1, km 25,25 – km 25,0 bei Schrick; zur Vergleichbarkeit sind die Standard-Werte der RVS 04.02.11 für lärmarmen Waschbeton GK 8 ebenfalls angeführt

Messung	Fahrzeug- kategorie	Geschwindigkeit [km/h]			
		60	80	100	130
RVS 04.02.11 LWBGK8	PKW	-	53,4	55,4	57,8
	CPB	-	53,4	55,4	57,8
	sLKW	57,7	60,4	-	-
Referenz- messung	PKW	-	52,5	54,9	57,7
	CPB	-	53,3	55,3	57,6
	sLKW	62,2	62,1	-	-
Grinding 12.06.2018	PKW	-	52,1	53,8	55,8
	CPB	-	50,5	52,8	55,5
	sLKW	57,0	59,7	-	-
Grinding 10.12.2018	PKW	-	53,6	55,3	57,4
	CPB	-	54,3	56,4	58,9
	sLKW	56,4	60,3	-	-

Der Vergleich der CPX-Messungen vor und nach Durchführung des Grindings zeigt im Bereich der Neubaustrecke nur eine geringe Verbesserung der Schallemissionen. Dies ist, unter Beachtung der Messergebnisse an den Bestandsstrecken, auf die sehr niedrigen Werte der Waschbeton-Fahrbahndecke in diesem Versuchsabschnitt zurückzuführen. Dies wird auch im Vergleich mit den Emissionswerten der RVS 04.02.11 in Bezug auf die Vorbeifahrtmessungen deutlich.

Unter Beachtung des Alterungsverhaltens der Versuchsabschnitte und des Waschbeton-Abschnittes vor der Grindingstrecke zeigt sich dennoch ein verbessertes lärminderndes Verhalten des Grindings-Abschnittes, wobei zwischen den beiden Grinding-Strukturen keine relevanten Unterschiede in den CPX-Pegeln beobachtet werden.

6.6 Rollwiderstandsmessung

Die Rollwiderstandsmessungen wurden mit dem Messfahrzeug RoadSTAR 2 am 03.11.2017 (vor dem Grinding) und am 28.11.2017 (nach dem Grinding) durchgeführt.

Die folgende Abbildung 134 zeigt den Verlauf des Rollwiderstandskoeffizienten über die Neubaustrecke, inklusive des vorgelagerten Waschbetons und des hinter der Grindingstrecke folgenden Asphalts. Am Übergang von Waschbeton zur Grindingoberfläche ist eine

Reduktion des Rollwiderstandskoeffizienten (RRC) zu erkennen. Der Rückgang beträgt ca. 15 %. Am darauffolgenden Asphalt steigt der RRC wieder deutlich.

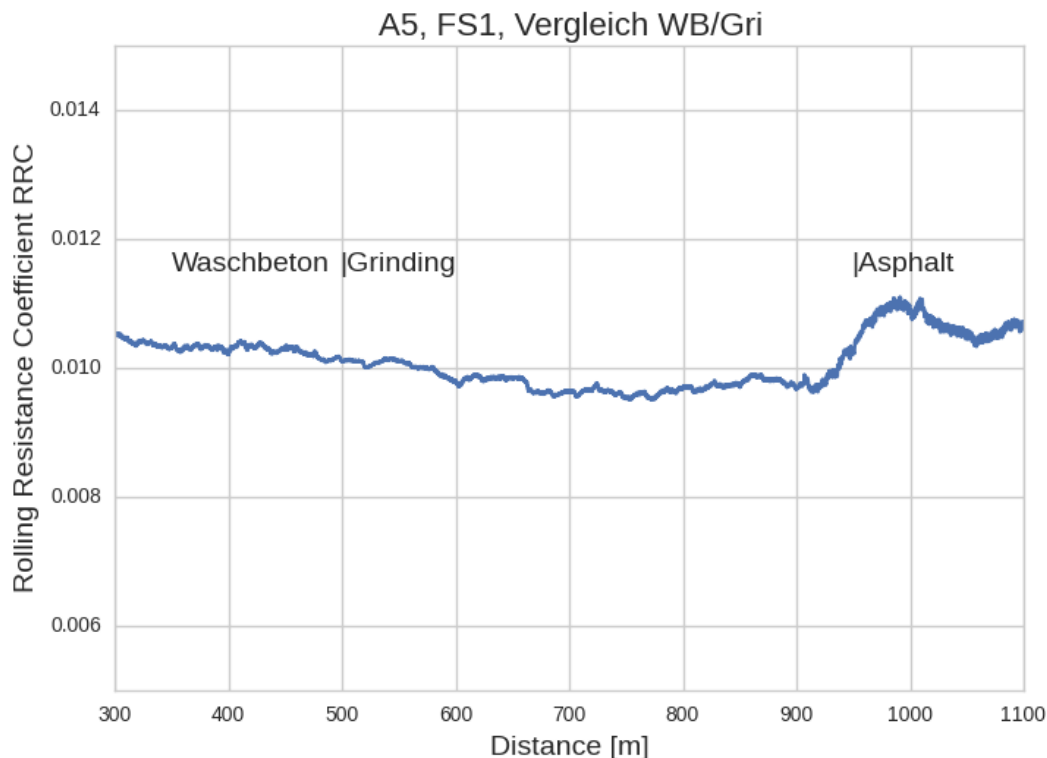


Abbildung 134: Ergebnis der Rollwiderstandsmessung auf der A5, RFB Wien, km 25,5 - km 25,0, FS1 inkl. vorgelagertem Waschbeton und nachgelagertem Asphalt.

6.7 Betrachtungen zum Drainageverhalten auf Grindingoberflächen

Begleitend zu den Messungen mit der SKM wurden auf den Neubau- und Bestandsstrecken vergleichende Untersuchungen zum Wasserabfluss auf Waschbeton- und Grindingoberflächen durchgeführt. Diese Untersuchungen zur Wasserdrainage umfassen nicht die Drainageuntersuchungen unter dem rollenden Reifen. Hier werden aufgrund der „Profilierung der Textur“ und dem geringen Abstand zwischen benachbarten Kontaktstellen in Querrichtung für Grindingoberflächen besonders günstige Eigenschaften erwartet. Die Reifenindustrie hält für diesen Aspekt des Drainageverhaltens Messmethoden bereit, mit denen z.B. die Eindringtiefe von Reifen in die Fahrbahnoberfläche ermittelt werden können (Beispiel: zu überrollende Kontaktfolien zwischen Reifen und Fahrbahn). Es ist unter anderem derzeit noch nicht bekannt, ob die für isotrope Oberflächen angegebenen Eindringtiefen in die

Oberfläche von 0,2 mm (Sommerreifen) und bis zu 0,7 mm (Winterreifen) sich auf Grindoberflächen in gleicher Weise zeigen. Dieses wäre aber für die Ermittlung der verbleibenden Drainagekanäle für die Wasserdrainage unter dem rollenden Reifen sehr sinnvoll.

Drainagebetrachtungen im Sinne dieses Forschungsprojektes sind ausschließlich Fragestellungen zur Entwässerung von gegründeten Oberflächen. Verwendet wurde zunächst ein Ausflussverfahren, bei dem eine definierte Wassermenge pro Zeiteinheit auf die Fahrbahnoberfläche ausgebracht wird und das Abfließen des Wassers in Querrichtung beobachtet werden sollte. Aus der sich unter stationären Verhältnissen einstellenden Breite der abfließenden Wasserfront sollte eine Bewertung der Drainagefähigkeit der Oberfläche erfolgen (Abbildung 135). Zur Anwendung kam die im SKM-Messfahrzeug verbaute Dosierpumpe. Über einen angeschlossenen Zusatzschlauch konnte die exakt dosierbare Wassermenge über einen Ausströmteller auf der Fahrbahn ausgebracht werden. Der Volumenstrom war prinzipiell beliebig einstellbar, in der Praxis kamen aber nur die auch bei der SKM verwendeten Standardeinstellungen (25 l/min, 40 l/min, 55l/min) zum Einsatz.



Abbildung 135: Durchführung von Ausflussversuchen auf Waschbeton- und Grinding-Oberflächen

Das in Abbildung 135 erkennbare leicht asymmetrische Abflussverhalten ist auf ein geringes Längsgefälle der Fahrbahn zurückzuführen. Zur Messausstattung gehörte neben Kamera, Zollstock und die Kombination aus Wassertank, Dosierpumpe und Ausflussteller auch eine digitale Wasserwaage, um sowohl Längs- und Querneigung aufzunehmen. Anders als ursprünglich geplant konnten die Versuche nicht vor und nach der Grindingmaßnahme an derselben Messstelle durchgeführt werden, da die hierfür notwendige Baustel-

leneinrichtung nicht für eine so lange Zeitspanne aufrechterhalten werden konnte. Es mussten daher innerhalb der Baustelleneinrüstung Waschbetonbereiche mit zumindest ähnlicher Längs- und Querneigung gefunden werden. Der Versuch konnte an der jeweiligen Stelle nur einmalig durchgeführt werden, da nicht genug Zeit zur Verfügung stand, um eine Abtrocknung der Fahrbahn unter den gegebenen Witterungsverhältnissen abzuwarten. Die Niederschlagssituation war zusätzlich limitierend, da diese Art der Auswertung eine vollständig trockene Fahrbahn voraussetzt. Im Tunnelbereich (Katschbergtunnel) war die Anwendung aufgrund der beschränkten Lichtverhältnisse, dem schlechten Abtrocknen nach Grinding aufgrund der niedrigen Temperaturen und der Ungleichmäßigkeit des Grindings infolge stark geschüsselter Platten nicht verwertbar.

Daher sollen hier die gewonnenen Erkenntnisse über das Entwässerungsverhalten von Grindingoberflächen zusammenfassend sowohl für die Neubau- wie auch die Bestandsstrecken dargestellt werden. Zunächst sehr überraschend war, dass bei Grindingoberflächen sich anders als bei Waschbetonoberflächen zu keinem Zeitpunkt ein konstantes, sich nicht mehr verbreiterndes Abflussbild von der Fahrbahn einstellte. Das Wasser schien sich nahezu unbegrenzt längs der Grindingstege auszubreiten. Insoweit waren quantitative Vergleiche wie ursprünglich geplant nicht durchführbar. Bei näherer Betrachtung der Ursachen war festzustellen, dass Grindingoberflächen eine stark anisotrope Wasserführung aufweisen. Während in Längsrichtung die Wasserführung stark begünstigt ist und schon bei geringsten Wasserfilmdicken erfolgt, setzt die Wasserführung in Querrichtung ein Überwinden der Stege voraus. Erst wenn die lokale Filmdicke des Wassers die Texturtiefe überschreitet, kommt es deshalb überhaupt zu einem nennenswerten Wassertransport in Querrichtung. Sinkt die mittlere Wasserfilmdicke durch die Verbreiterung des Abflussbereiches unter die Texturtiefe, erfolgt wieder der Wassertransport nahezu nur in Längsrichtung. Aufgrund der mittleren Texturtiefe von rund 1mm auf frisch gegrindeten Oberflächen müssen schon erhebliche mittlere Filmdicken von über 1 mm vorliegen, um einen Wassertransport in Querrichtung überhaupt zu ermöglichen. Die geschnittenen Rillen bieten dagegen ideale Strömungskanäle für das Oberflächenwasser. Soweit möglich, strömt das Wasser daher vorzugsweise in Längsrichtung des Grindings. Erst an Imperfektionen in der Profilierung der Oberfläche (Poren im Bereich der Stege, lokal vollständig weggebrochene Stege etc.) wird der nächste Steg überwunden. Sofern Querspaltungen nicht vollständig bis zur Höhe der Fahrbahnoberfläche verfüllt sind, entwickeln sich diese auch zu wichtigen Kanälen für die Querabführung des Wassers.

Leider konnte keine Betrachtung unter Verkehr durchgeführt werden. Es wird erwartet, dass durch den abrollenden Reifen ein erheblicher Beitrag zur Überwindung der Grindingstege und damit zur Querabführung des Wassers geleistet wird.

Bezüglich des Abtrocknungsverhaltens von Grindingoberflächen relativ zu Waschbetonoberflächen wurden einige Versuche im Labor gemacht. Dazu wurde auf Laborprobeplatten mit Waschbeton- und Grindingtextur gleiche Wassermengen pro Quadratzentimeter ausgebracht und das Abtrocknen der Platten beobachtet (Abbildung 136). Die Längsneigung betrug bei beiden Platten 2,0%. (Gefälle nach links). Unter Laborbedingungen (ruhende Luft) trocknen Grindingoberflächen wesentlich langsamer ab als Waschbetonoberflächen gleicher Texturtiefe (hier ca. 0,8 mm).

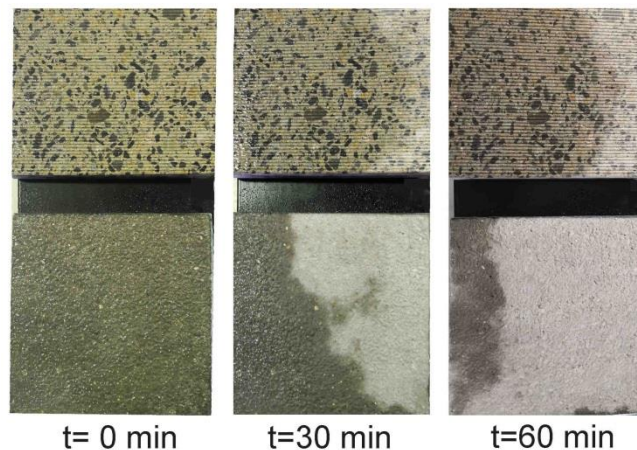


Abbildung 136: Abtrocknung von Laborplatten aus Waschbeton (unten) und mit Grindingoberfläche (oben)

Wie sich die Abtrocknung unter strömender Luft bzw. unter Verkehr darstellt, konnte nicht untersucht werden. Die Ergebnisse können in diesen Fällen von den an Laborplatten ermittelten Eigenschaften deutlich abweichen.

Eine abschließende Bewertung der Wasserdrainage auf Grindingoberflächen setzt die eingangs genannten Untersuchungen im Reifen-Fahrbahn-Kontakt voraus. Vorher sind Betrachtungen aufgrund der hier festgestellten besonderen Drainageeigenschaften von Grindingoberflächen insbesondere unter Fragen der Verkehrssicherheit nicht sinnvoll. Allerdings sollte der Wasserabführung im Querfugen-Bereich Aufmerksamkeit geschenkt werden. Da beim Grinding die Querfugen in ihrer Bedeutung für die Sammlung von Regenwas-

ser und die Ableitung von diesem möglicherweise eine größere Rolle als bei anderen Oberflächentexturen spielen, ist der Dichtigkeit der Querfugen hier eine erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Aus den stationären Querebenheits- und Texturmessungen mit dem ELAlinear-Messgerät wurden Hinweise auf einen vor allem zu Beginn der Grindingmaßnahme gelegentlich auftretenden Höhenversatz zwischen benachbarten Grindingbahnen erhalten. Visuell waren diese Höhendifferenzen während des Schleifens praktisch nicht wahrnehmbar. Bei entsprechend hoher Ausprägung der Stufe von mehr als 1 mm verschwindet allerdings der ansonsten sichtbare Überlappungsbereich zwischen benachbarten Grindingbahnen. Dies stellt jedoch kein sicheres Erkennungszeichen dar, da bei exakt aneinander anschließenden Grindingbahnen ja ebenfalls kein Überlappungsbereich auftritt. Da durch Stufen zwischen benachbarten Grindingbahnen je nach Querneigung der Fahrbahn ein zusätzlicher Wasser-rückhalt auf der Fahrbahn hervorgerufen werden kann, wird empfohlen, den Überlappungsbereich zukünftig begleitend während der Ausführung der Grindingmaßnahme in kurzen Abständen im Rahmen der Eigenüberwachung zu kontrollieren (Abbildung 137), damit derartige Versatzhöhen > 1mm allenfalls über einige Meter längs der Fahrbahn auftreten.

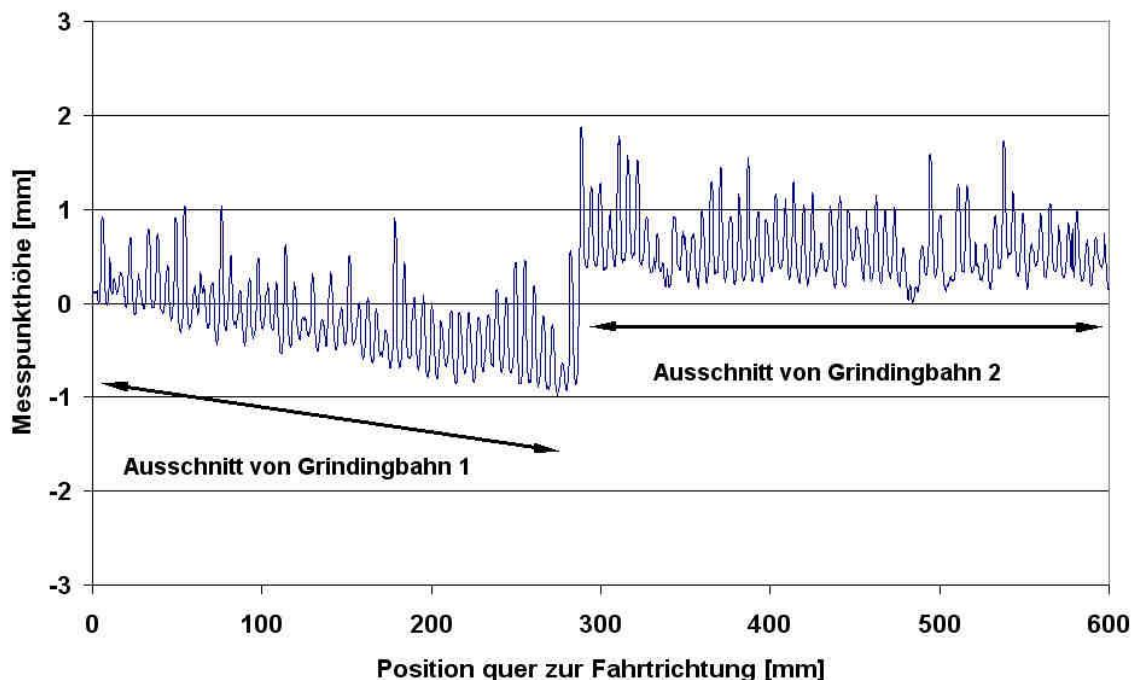


Abbildung 137: Detektion des Höhenversatzes benachbarter Grindingbahnen von ca. 1,5 mm an einem Beispiel von der A2 (Katschbergtunnel).

7 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

7.1 Griffigkeit RoadSTAR

Die Grindingmaßnahmen auf den Bestandsstrecken führen durchwegs zu einer Erhöhung der Griffigkeit. Auf den Strecken im und nach dem Katschbergtunnel konnten Erhöhungen von $\Delta\mu_{RS} \sim 0,1$ festgestellt werden. Nach dem Winter war die Griffigkeit auf beiden Strecken wieder am Ausgangsniveau angekommen und verlief in weiterer Folge leicht schwankend, aber am im Bereich des Ausgangsniveaus.

Auf der A02 bei Wernberg war das Ausgangsniveau. $\Delta\mu_{RS} \sim 0,05$ tiefer als auf der A10. Die Erhöhung durch die Grindingmaßnahme fiel hier höher aus, um $\Delta\mu_{RS} \sim 0,25$. Nach dem Winter war ein Rückgang um $\Delta\mu_{RS} \sim 0,15$ festzustellen. In weiterer Folge blieb die Griffigkeit konstant, es verblieb eine Erhöhung von $\Delta\mu_{RS} \sim 0,1$ im Vergleich zum Zeitpunkt vor dem Grinding.

Auf der Neubaustrecke A05 bei Schrick zeigte die noch unbefahrene Waschbetonoberfläche bereits ein sehr hohes Griffigkeitsniveau von $\mu_{RS} \sim 0,78$ [-]. Das Grinding führte nochmal zu einer Erhöhung der Griffigkeit auf $\mu_{RS} \sim 0,9$ [-]. Nach dem Winter war ein deutlicher Rückgang auf $\mu_{RS} \sim 0,56$ auf beiden Fahrstreifen zu verzeichnen, was einem Rückgang um $\Delta\mu_{RS} \sim 0,35$ entspricht. Im weiteren Projektverlauf blieb das Niveau über den Sommer weitestgehend konstant mit einer leichten Tendenz nach oben. Der örtlich unmittelbar vorgelagerte Waschbeton-Abschnitt von km 25,750 bis km 25,550 am rechter Fahrstreifen zeigt über den Verlauf des Projektes zwar ein ähnliches Ausgangsniveau von $\mu_{RS} \sim 0,81$ [-] der Rückgang beträgt aber nur ca. $\Delta\mu_{RS} \sim 0,1$ [-], obwohl die Verkehrsbelastung dieselbe ist. Ein weiterführendes Monitoring der Abschnitte scheint geboten.

7.2 Griffigkeit SKM

Unmittelbar nach Herstellung von Grindingoberflächen wurde mit dem SKM-Messverfahren eine Griffigkeit festgestellt, die mit Ausnahme der Messung im Katschbergtunnel in dem Bereich liegt, der auch in Deutschland regelmäßig gefunden wird SKM-Messwerte von deutlich über 0,9 bei 80 km/h sind auch hier vor Verkehrsfreigabe die Regel. Insoweit passen die Ergebnisse gut zueinander und lassen eine vergleichbare Qualität der Oberfläche erwarten, wie sie auch regelmäßig in Deutschland erreicht wird.

Die deutlich niedrigeren Messwerte des RoadSTAR auf diesem Oberflächentyp zwingen dazu, die bauvertraglichen Anforderungswerte auf Grinding-Oberflächen in Deutschland zu überdenken. Es ist mehr als zweifelhaft, dass – die Anwendung der SKM vorausgesetzt –

ein vergleichbares Sicherheitsniveau bei den derzeitigen bauvertraglichen Anforderungswerten zu erreichen ist. Ob die SKM-Messwerte auf Grindingoberflächen einer Korrektur zu unterziehen sind oder einfach höhere Anforderungswerte gefordert werden, ist vor allem eine politische Frage. Es ist aber ein sehr wesentliches Ergebnis dieses Forschungsvorhabens, dass die SKM-Anforderungswerte für Grindingoberflächen aufgrund dieser Ergebnisse dringend auf den Prüfstand gehören, bevor ein neues Regelwerk wie die ZTV Beton Grindingoberflächen als Regelbauweise zulässt.

7.3 Längsebenheit

Auf allen Strecken konnte durch die Grindingmaßnahme eine Verbesserung der Ebenheit erzielt werden. Auf den Bestandsstrecken im und nach dem Katschbergtunnel waren die Ebenheitsniveaus vor Projektbeginn sehr unterschiedlich (Klasse 4 im Tunnel, Klasse 2 nach dem Tunnel). Durch die Grindingmaßnahme wurden die Niveaus der beiden Strecken angeglichen und lagen über die verbleibenden Projektzeitraum an der unteren Grenze von Klasse 2 (bzw. knapp nicht in Klasse 1).

Auf der Bestandsstrecke in Wernberg war das Ausgangsniveau besser (bereits nahe der Grenze zur Klasse 1 in Klasse 2), wurde durch die Grindingmaßnahme aber nochmal verbessert und blieb über die Projektzeitraum in Klasse 1.

Auf der Neubaustrecken A05 bei Schrick war die Ebenheit ebenfalls bereits vor der Maßnahme gut (vergleichbar der Strecke auf der A02), konnte aber nochmals deutlich verbessert werden und lag anschließend sehr deutlich in Klasse 1 gem. RVS 13.01.15.

Das Potential zur Verbesserung war – trotz bereits gutem Ausgangsniveau – auf der Neubaustrecke erwartungsgemäß am größten, hier konnte absolut gesehen die beste Ebenheit aller Versuchsstrecken erzielt werden und kann nur als hervorragend bezeichnet werden. Die besten relativen Verbesserungen konnten auf der vor der Maßnahme schlechten Strecke im Katschbergtunnel erzielt werden, mit einem Sprung von Klasse 4 auf die untere Grenze von Klasse 2.

Auf allen Strecken blieb die Ebenheit nach der Maßnahme erwartungsgemäß auf konstantem Niveau.

7.4 Querebenheit

Obwohl in den Kapiteln 4 und 5 nicht separat beschrieben, wurde auch die Entwicklung der Querebenheit bzw. der Spurrinntiefe unter der 2 m-Latte auf den einzelnen Versuchsstrecken über den Projektzeitraum gemonitort. Die Ergebnisse sind in Abbildung 138 unten

dargestellt. Zur Einordnung ist die Klassengrenze zwischen Klasse 1 und Klasse 2 gemäß RVS 13.01.15 eingezeichnet.

Wie zu erwarten sind die Spurrinntiefen auf allen Strecken gering, was bei Betondecken auch zu erwarten war. Die Grindingmaßnahmen führen zu einer geringfügigen Verbesserung/Verringerung der Spurrinntiefe. Erwartungsgemäß sind die Spurrinntiefen auf Neubaustrecke am geringsten.

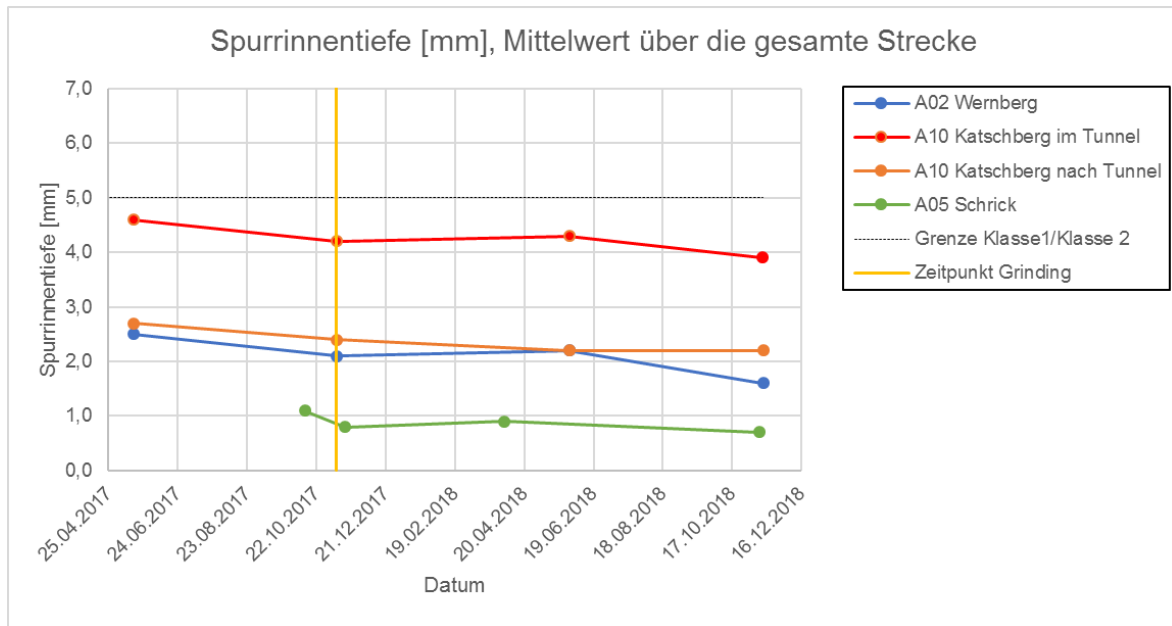


Abbildung 138: Zeitliche Entwicklung der Spurrinntiefe auf den Versuchsstrecken.

7.5 Rollwiderstand

Die Messungen auf der Neubaustrecke zeigen sowohl im Vergleich zum Waschbeton, als auch zu Asphalt eine deutlich sichtbare Reduktion des Rollwiderstandes. Der Unterschied fällt im Vergleich zum Asphalt deutlicher aus als im Vergleich zum Waschbeton.

7.6 Rollgeräusch

Um das akustische Potential von Grinding-Fahrbahndecken zu bewerten, werden in diesem Abschnitt die Ergebnisse der CPX-Messungen gemeinsam analysiert. Zusätzlich zu den in INGGO durchgeführten Messfahrten wird der Datensatz um weitere auf Grinding-Oberflächen erfolgte Messfahrten erweitert, um die statistisch verwertbare Datengrundlage zu vergrößern. Insgesamt können so 32 unabhängige Messstrecken mit unterschiedlichem Alter und unterschiedlichen Grinding-Strukturen betrachtet werden, wobei davon drei Strecken eine zusätzliche Bearbeitung mittels Grooving aufweisen.

In Abbildung 139 wird dazu die grundsätzliche Verteilung der CPX-Pegel (ASTM SRTT, Reifen P1) bei 80 und 100 km/h gezeigt. Die Median-Pegel liegen in einem für dichte Fahrbahndeckschichten guten Bereich, die Spannweite der CPX-Pegel ist – unter den Nebenbedingungen, dass Grinding-Decken mit einem Alter von unter 3 Jahren betrachtet werden und die Deckschicht grundsätzlich durch den Herstellungsprozess eine sehr definierte Oberflächentextur aufweisen soll – verhältnismäßig hoch mit einer Variation von ca. 2 dB.

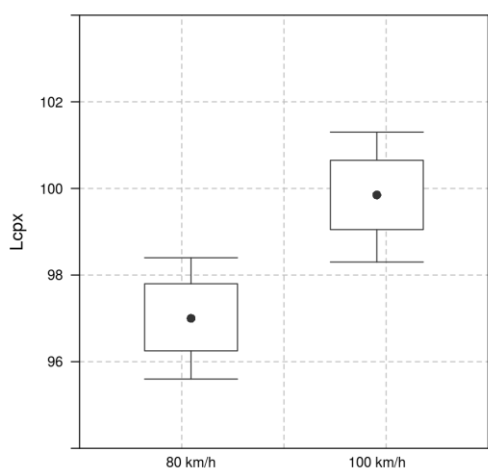


Abbildung 139: Boxplot der CPX-Pegel (ASTM SRTT) bei 80 und 100 km/h

In Bezug auf die Terzband-Daten ergibt sich die in Abbildung 140 (80 km/h) bzw. Abbildung 141 (100 km/h) gezeigte spektrale Verteilung, wobei die Linie den jeweiligen Mittelwert des Terzband-Datensatzes anzeigt. Die dominierende Komponente ist jeweils das 1 kHz-Terzband, wobei das 800 Hz-Terzband vor allem bei 80 km/h relevante Anteile zum Gesamtpegel beiträgt.

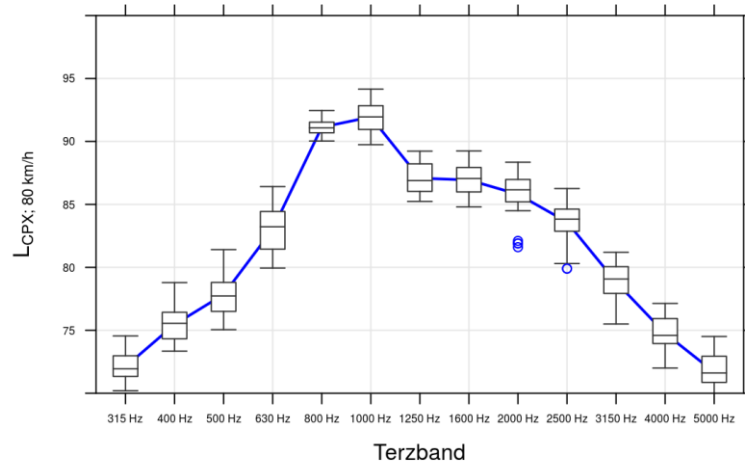


Abbildung 140: CPX-Terzbandpegel und Verteilung bei 80 km/h

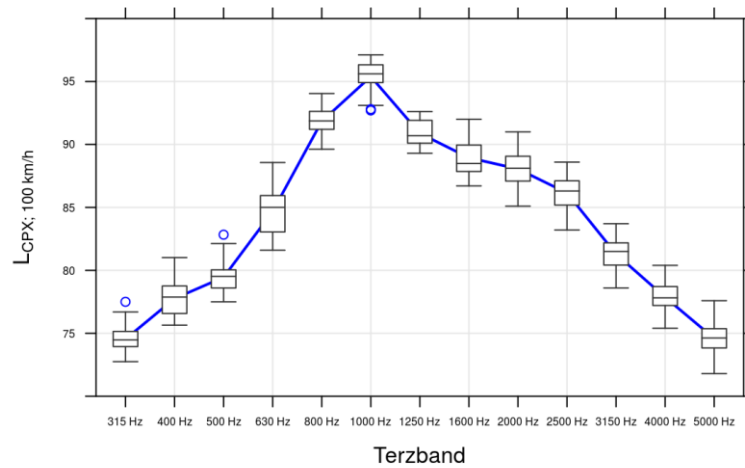


Abbildung 141: CPX-Terzbandpegel und Verteilung bei 100 km/h

Die Terzbänder zeigen untereinander ein korrelierendes Verhalten, das in zwei Hauptkomponenten (bis 800 Hz und ab 1 kHz) teilbar ist (siehe Pearson-Korrelationsmatrix in Abbildung 142). Diese Teilung, die ihren Ursprung in den unterschiedlichen Generationsmechanismen des Rollgeräusches hat, wird auch in der im weiteren durchgeführten Modellierung des Textur-Einflusses auf das Rollgeräusch genutzt.

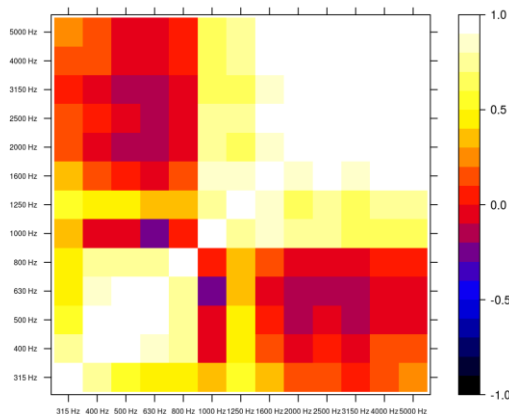


Abbildung 142: Pearson-Korrelationsmatrix der CPX-Terzbanddaten bei 80 km/h

7.7 Textur

Zur Beschreibung und zum Vergleich der Textur-Eigenschaften der Grinding-Oberflächen wurden, basierend auf den 3D-Texturmessungen, eine Vielzahl an Texturparametern berechnet. Eine Auswahl dieser ist in Abbildung 143 dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Texturparameter teilweise nur für Linientexturen definiert sind, die Berechnung der Parameter wurde daher an die Messung der 3D-Textur angepasst. Eine Beschreibung der Parameter ist in Tabelle 54 gegeben.

Die Abbildung 143 zeigt dabei in der Diagonalen die Parameterbezeichnung sowie die Kerndichtevertelung der Werte, unter der Diagonale die zweidimensionalen Zusammenhänge der Parameter sowie zur Veranschaulichung möglicher Abhängigkeiten die Loess-Kurven, sowie ober der Diagonalen das Bestimmtheitsmaß ihres linearen Zusammenhanges. Ebenfalls in die Graphik miteinbezogen sind die gemessenen CPX-Pegel bei 80 km/h.

Tabelle 54: Beschreibung ausgewählter berechneter Texturparameter

Parameter	Beschreibung
L_{CPX} 80 km/h	Gemessener CPX-Pegel bei einer Messgeschwindigkeit von 80 km/h
n_{max} rel corr	Anzahl lokaler Maxima bzw. Profilspitzen, bezogen auf 1 m ² , und korrigiert nach der Segmentbreite der Grindingstruktur
n_{max} rel	Anzahl lokaler Maxima bzw. Profilspitzen, bezogen auf 1 m ²
h_{max}	mittlere Höhe der lokalen Maxima, bezogen auf die mittlere Texturebene
h_{min}	mittlere Tiefe der lokalen Minima, bezogen auf die mittlere Texturebene
d_{max}	Spannweite der Höhe der einzelnen lokalen Maxima
d_{min}	Spannweite der Tiefe der einzelnen lokalen Minima
d_{height}	Differenz der Höhe der lokalen Maxima und Tiefe der lokalen Minima
R_q	Rauheit der Textur
MPD	mittlere Profiltiefe
g	Gestaltfaktor

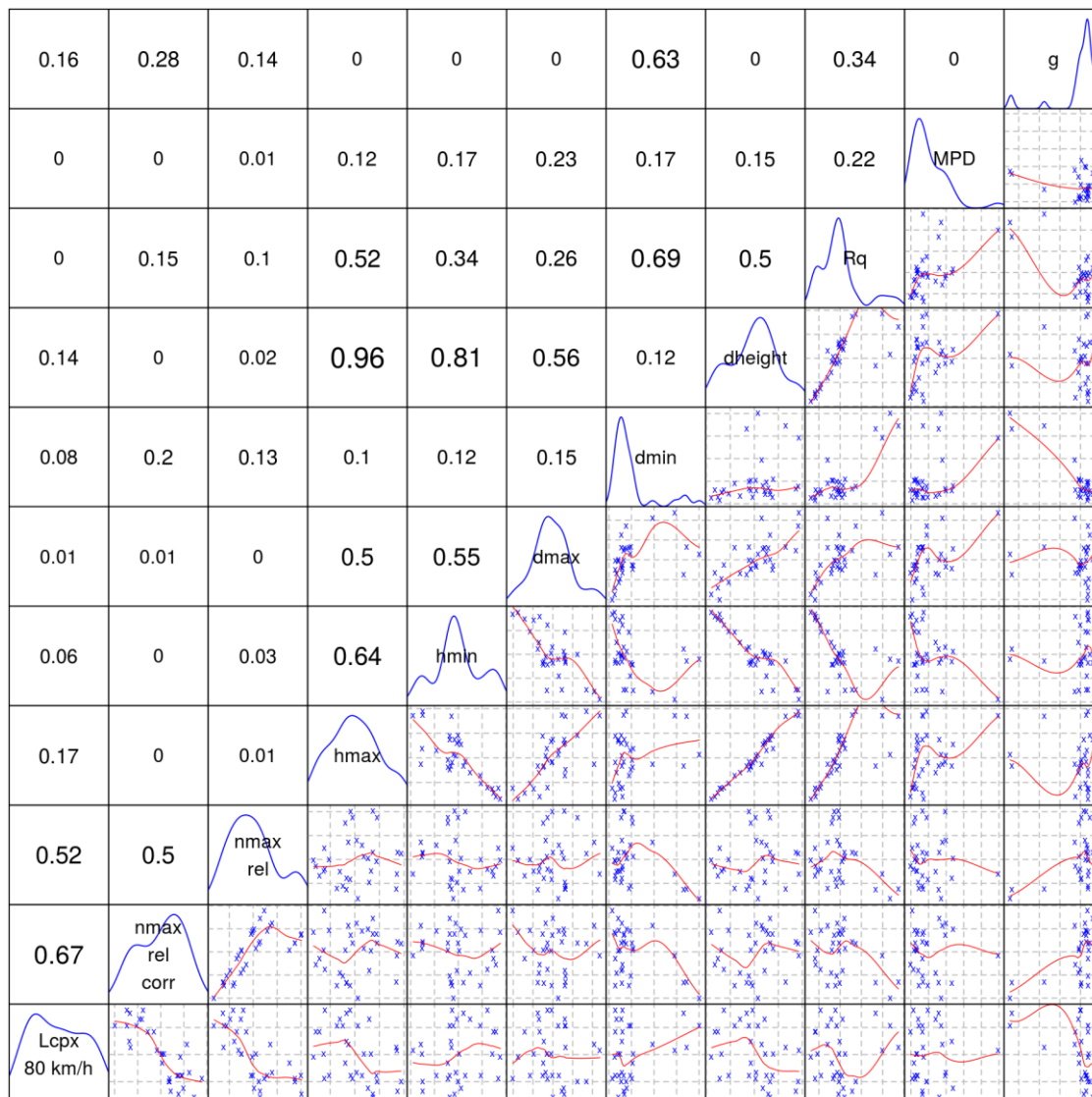


Abbildung 143: Verteilung und Zusammenhänge der betrachteten Texturparameter

Starke Zusammenhänge sind vor allem in den Parametern zur Höhenverteilung der lokalen Maxima und Minima zu finden, die Korrektur der Anzahl lokaler Maxima mit der Stegwellenlänge der Grinding-Struktur führt aufgrund der deutlich anderen Stegbreiten im zweiten Abschnitt der Versuchsstrecke A05 zu einer Entkopplung der Parameter. Im Vergleich mit den gemessenen CPX-Pegeln kommt es durch diese Korrektur zu einem höheren Bestimmtheitsmaß, was in der folgenden statistischen Modellierung Berücksichtigung findet.

7.8 Modellierung des Zusammenhangs Textur – Rollgeräusch

Aufgrund der in der Pearson-Korrelation der terzbandaufgelösten CPX-Daten wird für die statistische Modellierung des Textur-Einflusses auf das Rollgeräusch der Datensatz zwischen 800 Hz und 1 kHz geteilt und somit die tieffrequenten (von Reifenvibrationen dominierten) und die hochfrequenten (von Air-Pumping dominierten) Rollgeräuschemissionen getrennt. In beiden Fällen wird anschließend der Datensatz in Trainings- und Testdaten geteilt und eine statistische Modellierung durchgeführt. Es hat sich aus Abbildung 143 gezeigt, dass als relevante Prädiktoren in erster Linie die Anzahl lokaler Maxima sowie in geringerem Ausmaß die mittlere Höhe der Profilspitzen relativ zur mittleren Textur-Fläche auszuwählen sind. Weitere in die Modellierung einbezogene Parameter haben nur zu einer geringen Verbesserung des statistischen Modells geführt.

Zur Modellierung der tief- und hochfrequenten Anteile wurde der Datensatz jeweils 100x in zufällig gezogene Trainings- und Testdatensätze geteilt und die Teilmodelle evaluiert. Die tieffrequente Modellierung zeigt dabei ein mittleres Test-Bestimmtheitsmaß von 0,57 bei einem mittleren Standardfehler (residual standard error, RSE) von 0,46 dB. Die Modellierung der hochfrequenten Anteile, die auch das dominierende Terzband von 1000 Hz beinhaltet, weist höherwertige Testparameter auf, es wird ein Test-Bestimmtheitsmaß von 0,82 und ein Test-RSE von 0,51 dB berechnet.

Aufbauend darauf wurden im Weiteren die Modelle am gesamten vorhandenen Datensatz erstellt. Die Modellparameter sind in den Tabelle 55 und Tabelle 56 angegeben. Man sieht an den Standardfehlern des Erwartungswertes und der Signifikanzwerte, dass die Parameter einen relevanten Zusammenhang mit dem CPX-Pegel aufweisen. Dabei beeinflusst eine hohe Anzahl an lokalen Maxima sowohl im Tief- als auch Hochfrequenten das Rollgeräusch pegelmindernd, die mittlere Höhe der lokalen Maxima führt im durch Reifenvibrationen dominierten Frequenzbereich zu einer Erhöhung der Rollgeräuschemissionen, im Air-Pumping-dominierten Frequenzbereich ab 1000 Hz wirken sich höhere Profilspitzen lärmmindernd auf den CPX-Pegel aus.

Tabelle 55: Parameter des tieffrequenten Modells

Parameter	Erwartungswert	Std.-Fehler des Erwartungswerts	Signifikanzwert
Ordinaten-Schnittpunkt	95,5	1,1	< 2e-16
nmax rel corr	-5,5e-05	1,2e-05	4,9e-05
hmax	2,2e+03	4,4e+02	1,9e-05

Tabelle 56: Parameter des hochfrequenten Modells

Parameter	Erwartungswert	Std.-Fehler des Erwartungswerts	Signifikanzwert
Ordinaten-Schnittpunkt	107,3	1,2	< 2e-16
nmax rel corr	-1,0e-04	1,3e-05	8,2e-09
hmax	-3,9e+03	4,9e+02	8,8e-09

Schlussendlich werden die Teilmodelle auf dem Datensatz ausgewertet, die Frequenzbereiche zusammengeführt und mit den gemessenen CPX-Pegeln verglichen. Die somit berechnete Re-Evaluierung der Trainingsdaten führt zu dem in Abbildung 144 gezeigten linearen Zusammenhang mit einem RSE von 0,4 dB.

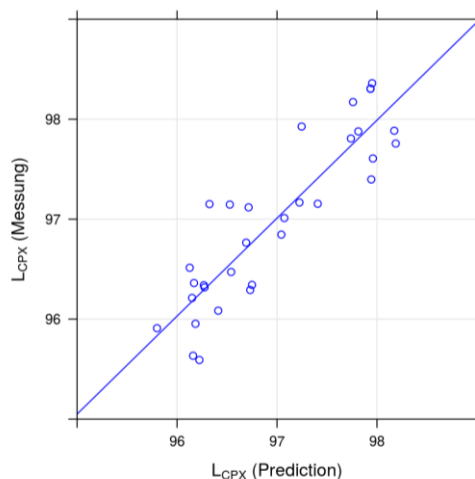


Abbildung 144: Re-Evaluierung der aus der 3D-Textur modellierten CPX-Pegel

8 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Aus dem Projektergebnissen können folgende Schlussfolgerungen gezogen bzw. Empfehlungen gegeben werden:

- Aus den Laborarbeiten zeigt sich deutlich der Einfluss des Sandes auf die Griffigkeit und auf die Dauerhaftigkeit der Textur. Dabei ist vor allem zu beachten, dass Griffigkeit und Beständigkeit der Oberfläche, charakterisiert durch die Makrotexturtiefe, immer im Zusammenhang zu betrachten sind. Unter ansonsten gleichen Verhältnissen führt ein erhöhter Verlust an Makrotexturtiefe bei Grindingoberflächen bedingt durch dann eintretende verstärkte Erneuerung der Kontaktzone zum Reifen stets zu einer günstigeren Entwicklung der Griffigkeit. Bei ungeeignetem Sand werden sehr niedrige Griffigkeitswerte unter Beanspruchung erreicht. Deshalb ist davon auszugehen, dass der Sand einen erheblichen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Griffigkeit hat. Aufgrund der starken Abhängigkeit der Griffigkeit vom Sand scheint die grobe Gesteinskörnung bezüglich der Griffigkeit eine eher untergeordnete Rolle zu spielen. Natursand führt zu niedrigeren Steghöhen bei der Herstellung der Grindingoberfläche als hochwertiger Brechsand. Deshalb sollte zukünftig der Auswahl des Sandes im Oberbeton von Grindingoberflächen auch unter dem Gesichtspunkt der Griffigkeit und Dauerhaftigkeit Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die in Deutschland übliche Verwendung von Natursand im Oberbeton ist zu hinterfragen, da nach den Laborversuchen hochwertiger Brechsand sich sowohl hinsichtlich der Makrotextur als auch der Griffigkeit als günstiger herausgestellt hat.
- Die Untersuchung des Frost-Tausalz-Widerstandes bei den gegründeten Laborproben führte zu vergleichbaren Ergebnissen wie bei Waschbeton.
- Mit verschiedenen Betonrezepturen wurde die Packungsdichte optimiert. Einerseits ließ sich im Vergleich zur Waschbeton-Rezeptur die Packungsdichte nicht wesentlich steigern, andererseits zeigten die Betone mit optimierter Packungsdichte keine signifikanten Vorteile bei der Dauerhaftigkeit der Textur bzw. bei der Griffigkeit.
- Im Projekt konnte die gute Vergleichbarkeit von im Labor und in-situ hergestellten Grindingoberflächen hinsichtlich Griffigkeit und Textur gezeigt werden
- Die Auswertung der Griffigkeitsmessungen mit den Verfahren SKM und RoadSTAR zeigt prinzipbedingt deutliche Unterschiede. Die Griffigkeitsanforderungen für Grindingstrecken im Neubau bedürfen aus diesen Erkenntnissen heraus einer Überarbeitung.

- Auf allen Strecken, auf denen im Projekt Grindingmaßnahmen gesetzt wurden, konnten deutliche Verbesserungen der Ebenheit erzielt werden. Auf der Neubaustrecke (A5 Schrick) wurde vor dem Texturgrinding zusätzlich Ebenheitsgrinding angewandt. Im Ergebnis zeigt sich eine nahezu perfekte Ebenheit.
- In Bezug auf die Dauerhaftigkeit konnte aufgrund der kurzen Projektlaufzeit und damit verbundenen kurzen „Liegendauer“ der Grindingtexturen nur erste, vorläufige Erkenntnisse gewonnen werden. Aufgrund des Anspruches bzw. der Notwendigkeit, vergleichbar lange Liegedauern wie bei anderen Betontexturierungen zu erzielen, ist ein weiteres, längerfristiges Monitoring der Oberflächeneigenschaften notwendig.
- Auf allen Versuchsstrecken (Neubau und Bestand) zeigte sich bei CPX- und SPB-Messungen eine deutliche Reduktion des Rollgeräusches.
- Die Prognose des CPX-Pegels aus den Daten der schnellfahrenden 3D-Texturmessung zeigt bereits vielversprechende Ergebnisse. Dieses neue Messverfahren steht noch am Anfang seiner Entwicklung, besonders was die Auswertungsmöglichkeiten betrifft, und eröffnet eine Fülle von potenziellen Anwendungsfeldern, u.a. die Möglichkeit zur Bewertung der ausgeführten Texturgeometrien, die Beurteilung der Homogenität der hergestellten Texturen bzw. die weitere Untersuchung des Alterungsverhaltens bzw. mechanischen Verschleiß der Textur.
- Bei der Ausführung von Grindingoberflächen kommt es insbesondere zum Erreichen einer hohen Reduzierung der Geräuschemissionen auf eine sehr homogene Fahrbahnoberfläche an. Das bedeutet zum einen, dass Überlappungsbereiche zwischen den einzelnen Grindingbahnen sowohl in der Anzahl als auch in der Breite möglichst geringgehalten werden. Aus diesem Grund ist es hilfreich, mit möglichst breiten Grindingwellen zu arbeiten, um die Anzahl der Bahnen im Vergleich zu geringeren Arbeitsbreiten zu reduzieren. Die Linienführung der Maschine wird durch eine manuelle Steuerung geregelt, bei der der Maschinenführer mit einem Visier die Richtung visuell anpeilt. Diese Vorgehensweise führt zu Überlappungsbereichen von 2-10 cm. Hier besteht noch deutlicher Optimierungsbedarf. Ein weiteres Kriterium ist die konstante Abtragung der Oberfläche. Gerade bei schnellem Vorschub und somit hoher Leistung besteht die Gefahr, dass die Schneidwelle aufschwimmt und so eine geringer Abtragtiefe der Oberfläche entsteht. Um dieses zu verhindern, gilt es ausreichend Last auf die Welle zu übertragen, wofür die Grinding-Maschine das nötige Gewicht aufbringen muss. Im Katschberg-Tunnel hat sich zudem gezeigt, dass unter gewissen Umständen ein vorheriges Ebenheitsgrinding erforderlich ist, um eine einheitliche Textur aufbringen zu können. Hier waren

im rechten Bereich zur Rinne hin die Platzverhältnisse so eng, dass die Justierungen für das Texturgrinding nicht genutzt werden konnten. Ersatzweise wurde auf dieser Seite über die Justierungen für ein Ebenheitsgrinding die Höhe eingestellt. Dies führte dazu, dass an den Hochpunkten (Bereich der Quertiefen wegen Aufschüsselung der Platten) eine Textur aufgetragen wurde in den Tiefpunkten (Plattenmitte) jedoch nicht. Da die Justierungen für ein Texturgrinding jedoch links und rechts der Welle angeordnet sein müssen, kann hier keine technologische Anforderung gestellt werden, um diesen Arbeitsbereich besser zu erfassen.

8.1 Einfluss auf den Winterdienst

Zur Abschätzung eines möglichen Einflusses der Grindingabschnitte auf den Winterdienst bzw. den Straßenbetrieb wurden die Autobahnmeistereien kontaktiert, in deren Zuständigkeitsbereichen die Grindingstrecken liegen. Es waren dies:

- ABM Alland – Rampe 3 am Knoten Steinhäusl (Grinding und Grinding+Grooving)
- ABM Kaisermühlen – Neubaustrecke A5 Schrick (Grinding)
- ABM St. Michael – Bestandsstrecke A10 im Katschbergtunnel sowie nach Tunnel (Grinding)
- ABM Lieserhofen – Bestandsstrecke A10 Paternion (Grinding)
weilers
- ABM Karlsruhe – BAB A5 Bruchsal Versuchsstrecken (Grinding, Grinding+Grooving)
- ABM Hannover – BAB A7 Hannover Ost/Anderten (Grinding seit ca. 15 Jahren)

Bei keinen der befragten Straßenmeistern war es während der bisherigen Liegedauer zu Auffälligkeiten im Betrieb oder beim Winterdienst gekommen, trotz der im Winter 2018/2019 großen Neuschneemengen in Österreich. Auch in Bezug auf die Salzstreuung wurden keine Auffälligkeiten gemeldet oder Unterschiede zu umliegenden Waschbeton-Decken festgestellt.

9 WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Aus den in Kapitel 8 ausgeführten Schlussfolgerungen wurde nachfolgende Empfehlungen bzw. offene Forschungsfragen abgeleitet.

Aus den Schlussfolgerungen zum Einfluss des Sandes auf die Griffigkeit und Dauerhaftigkeit Textur ergibt sich Bedarf nach weiteren Untersuchungen im Labor. Nachdem Brechsand sich als günstig für die Dauerhaftigkeit von Makrotextur und Griffigkeit herausgestellt hat, sind verschiedene Brechsande unter diesem Gesichtspunkt miteinander zu vergleichen. Außerdem ist die Wechselwirkung zwischen Sand und grober Gesteinskörnung in den Stegen detaillierter zu betrachten. Es wird vermutet, dass in der Regel die Beständigkeit der groben Gesteinskörnung in den Stegen deutlich höher ist als die Beständigkeit des Mörtels, was unter Beanspruchung zu einer ungünstigen Entwicklung des Lärmverhaltens durch „Freifahren“ der groben Gesteinskörnung führen kann. Sich bezüglich der Beständigkeit homogen verhaltende Kombinationen aus Mörtel und grober Gesteinskörnung könnten sowohl hinsichtlich der Lärminderung als auch hinsichtlich der Griffigkeit günstiger sein. Um dies zu überprüfen sind – abgeleitet aus aussagekräftigen Versuchsreihen – geeignete Strategien, auch bezüglich des Grindingzeitpunktes, zu erarbeiten. Aufgrund des scheinbar geringen Einflusses der groben Gesteinskörnung auf die Griffigkeit von Grindingoberflächen stehen etwaige Anforderungen an die PSV-Werte der groben Gesteinskörnung auf dem Prüfstand und sind zu untersuchen. Sollte sich die untergeordnete Rolle der groben Gesteinskörnung bezüglich der Griffigkeit bestätigen, kann dies zu einer erheblichen Verbesserung der Verfügbarkeit führen, da andere Gesteinskörnungen verwendet werden als bei anderen Deckenbauweisen.

Aufgrund der festgestellten verzögerten Wasserdrainage auf Grindingoberflächen in Querrichtung und der erleichterten Wasserdrainage in Längsrichtung ergibt sich gegenüber von Waschbeton-Oberflächen ein reduziertes Abtrocknungsverhalten. Da unter dem rollenden Reifen die Drainage aufgrund der kleineren Strukturelemente (deutlich schmalere Stegbreite gegenüber den Kornabmessungen im Waschbeton) und aufgrund der günstigeren Strömungsverhältnisse in den geschnittenen Tälern der Grindingstruktur wesentlich erleichtert ist, ist eine abschließende Bewertung unter Sicherheitsaspekten der andersartigen Führung des Niederschlagswassers zur Zeit noch nicht möglich. Vorteile im unmittelbaren Reifen-Fahrbahnkontakt bei Nässe steht ein geringeres Abführungsvermögen des Wassers in Querrichtung der Fahrbahn gegenüber. Insbesondere in Bereichen geringer Längsneigung

ist aber davon auszugehen, dass durch den geringeren Abfluss in Querrichtung die Fahr-
bahnoberfläche länger feucht bleibt, als dies bei Waschbeton-Oberflächen der Fall ist. Dies
ist weiter zu untersuchen und das Abrocknungsverhalten in seiner Bedeutung für die Ver-
kehrssicherheit zu bewerten.

Allen Versuchsstrecken gemeinsam ist ein im Projektzeitraum beobachtetes geringes Alte-
rungsverhalten der Rollgeräuschpegel. Dieses sollte jedenfalls über einen längeren Zeit-
raum beobachtet werden, um die Langzeitwirksamkeit von Grinding-Fahrbahndecken ab-
schätzen zu können. Ebenfalls sollte in diesem Zusammenhang die Ursache der Spann-
weite der Rollgeräuschpegel bei dieser technisch definierten Oberflächentextur untersucht
werden. Die im Projekt gezeigte Modellierung der Textur-Einflussparameter auf die Rollge-
räuschemission wäre hierzu in höherem Detailgrad weiterzuführen. Daneben sollte unter-
sucht werden, inwieweit die Möglichkeit besteht, die Homogenität der Einbauqualität zu op-
timieren und zu überwachen.

Zum besseren Verständnis des Alterungsverhaltens wird ein längerfristiges Monitoring der
Oberflächeneigenschaften Griffigkeit, Rollgeräusch und Ebenheit auf den Versuchsstre-
cken empfohlen.

Aus den Erkenntnissen des Forschungsprojektes FE 08.0232/2014/FRB ergibt sich die Not-
wendigkeit zur Optimierung der Fugenausbildung im Hinblick auf weiteres Lärmminde-
rungspotential.

Durch Weiterentwicklung des Auswerteverfahrens von 3D-Texturdaten ließe sich eine Be-
wertungsverfahren für die Homogenität der hergestellten Texturgeometrie entwickeln. Da-
mit ließen sich auch Zusammenhänge zwischen dem Werkzeugverschleiß und der Qualität
der hergestellten Textur aufzeigen, die nachfolgend die Formulierung von Regeln für die
Herstellung erlauben. Ziel wäre die Formulierung von Abnahme-Anforderungen für die Tex-
turqualität.

Im Projekt wurden die systembedingten Schwierigkeiten der Ebenheits-Beurteilung mit dem
HRM-Balken dokumentiert sowie ein alternatives Messverfahren vorgestellt. Hier ist weite-
rer Forschungsbedarf hinsichtlich Messgeräten und ihrer Kompatibilität mit bzw. Anwend-
barkeit auf längsgerichteten Grindingtexturen gegeben.

Ebenso konnte im Projekt exemplarisch die positive Wirkung von Grinding auf den Rollwi-
derstand (und damit einhergehend Reduktion von CO₂ bzw. Treibstoffverbrauch) gezeigt

werden. Hier wäre ein systematischer Ansatz zur Rollwiderstands-Untersuchung zu entwickeln und ein vertiefter Vergleich zu anderen Bauweisen notwendig. Damit wäre eine Grundlage zur Bewertung von Grinding unter Berücksichtigung von externen Kosten gelegt. Die Einbeziehung solcher externen Kosten wird in Zukunft bei der Lebenszyklusanalyse von Bauweisen nicht vermeidbar sein.

Bei der Maschinensteuerung gibt es noch deutlichen Optimierungsbedarf bei der Ausrichtung der Grindingbahnen, um die Überlappungsbereiche möglichst gering zu halten. Erste Systeme mit Laserabtastung sind zwar in der Entwicklungsphase, jedoch noch nicht zielsicher einsetzbar.

LITERATUR

- [1] De Larrard, François: Concrete Mixture Proportioning – A scientific approach. E & FN Spon, London, 1999
- [2] Frentress, D.: Vortrag am 20.02.2013 im Rahmen einer Fortbildungsveranstaltung in North Dakota (LTAP: Local Technical Assistance Program).
- [3] Scofield, L. (2016) "Entwicklung und Implementierung der Next Generation Concrete Surface", Bericht 2016 - Living Document. Siehe: <http://www.acpa.org/development-and-implementation-of-the-next-generation-concrete-surface/>
- [4] Scofield, L. (2010) "Sichere, glatte und ruhige Betonpflaster", Papier 78 Erste internationale Konferenz über die Erhaltung von Pflastersteinen
- [5] SB250 Version 3.1, Abschnitt 6, Abtz 2.5.2.6 Dsa ROLLENGERÄUSCH (ROLGE-LUID)
- [6] SB250 Version 3.1, Abschnitt 6, Absatz 1.6.3.10.B.1 Seitenkraftkoeffizient (Dwarsrijvingscoëfficiënt)
- [7] Verbundprojekt "Leiser Straßenverkehr - Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche" der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), BASt-Bericht S37, 2005
- [8] MnROAD, <http://www.dot.state.mn.us/mnroad/testsections/index.html>
- [9] Scofield, L., Bernhard, R., Donovan, P.: Development of the Next Generation Concrete Surface(s), 11th International Symposium On Concrete Roads, Seville 2010.
- [10] AL Sp-Beton, „Arbeitsanleitung zur Bestimmung der charakteristischen Spaltzugfestigkeit an Zylinderscheiben als Eingangsgröße in die Bemessung von Betondecken für Straßenverkehrsflächen“, Ausgabe 2006, FGSV, Köln
- [11] Jurrien, George; Keulen, Wim van; Kramer, Wim (2012) "Neue Richtlinien für exponierte Flächen in den Niederlanden". 10. Internationale Konferenz über Betonpflaster, Québec, Kanada, 8. - 12. Juli 2012.
- [12] LI, Mingliang; Keulen, Wim van; Ceylan, Halil; Molenaar, André (2017) "Statistisches Modell des Reifen-Fahrbahn-Geräusches für Dünnschichtbeläge". Noise Control Engineering Journal (65), S. 22-32.
- [13] Scofield, Larry (2016) "Entwicklung und Implementierung der Betonoberfläche der nächsten Generation". IGGA / ACPA-Bericht, USA, 4. November 2016.

- [14] Keulen, Wim van (2015), "Straßenentwurf basiert auf Lärmreduzierung (auf Niederländisch)". Niederländischer Betonstraßenkongress, 's-Hertogenbosch, die Niederlande, am 29. September 2015.
- [15] Rens, Luc (2014), "Durable leiser. Über Verkehrslärm und lärmarmes Betonpflaster (auf Niederländisch)". Infratructuur, Brüssel, Belgien, Oktober 2014.
- [16] ISO 11819-1 (1997) "Akustik - Messung des Einflusses von Straßenbelägen auf den Verkehrslärm - Teil 1: Statistische Ausweichverfahren".
- [17] Keulen, Wim van (2015), "Geräuschmindernde Gehwege erleben (zum Zusammenspiel von Akustik, Straßenbau, Psychologie, Gesetzgebung und Politik), Keynote-Vortrag". 22. Internationaler Kongress für Schall und Schwingungen, Florenz, Italien, 12. - 16. Juli 2015.
- [18] Beckenbauer, T., Altreuther, B., Ertsey, M., Otto, T., Schubert, S.: Einfluss der Fugenöffnungsweite auf die akustischen Eigenschaften von Fahrbahndecken aus Beton, Entwurf des Schlussberichtes, Februar 2017, Planegg
- [19] Forschungsprojekt FE 8.202: Mindestluftporengehalt in Waschbeton, Ruhr-Universität-Bochum, Lehrstuhl für Baustofftechnik: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1084, 2013
- [20] FE 08.0211/2011/OGB: „Akustische Optimierung von Betonoberflächen durch Texturierung des Festbetons mit verbesserten Grinding-Verfahren“, Villaret Ingenieurgesellschaft et. al.
- [21] van Keulen, W., "Noise Measurements on a new generation Concrete Surface and an optimized Exposed Aggregate in the Netherlands", 13th ISCR, Berlin 2018
- [22] Vanhooreweder, B., De Winne, P., Scheers, A., "Next generation concrete surface (NGCS). Finally, a quiet and sustainable road pavement?", 13th ISCR, Berlin 2018

VERWENDETE REGELWERKE

- [23] RVS 13.01.15, „Beurteilungskriterien für messtechnische Zustandserfassung mit dem System RoadSTAR“, Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien, 2006
- [24] ÖNORM B3591, „Bestimmung der Griffigkeit von Oberflächen durch Messung des Griffigkeitskoeffizienten in Längsrichtung mit dem System RoadSTAR (μ-RoadSTAR)“; Austrian Standards, Wien, 2007

- [25] RVS 11.06.65, „Teil V: Griffigkeitsmessungen mit dem Stuttgarter Reibungsmesser (System RoadSTAR)“, Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien, 2002
- [26] RVS 11.06.67, „Teil VII: Querebenheitsmessungen System RoadSTAR“, Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien, 2004
- [27] EN 13036-5, „Road and airfield surface characteristics — Test methods — Part 5: Determination of longitudinal unevenness indices“, Brussels, 2018
- [28] ISO/DIS 11819-2: “Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method”. Norm-Entwurf vom 30.08.2012
- [29] DIN EN ISO 13473-1: „Charakterisierung der Textur von Fahrbahnbelägen unter Verwendung von Oberflächenprofilen - Teil 1: Bestimmung der mittleren Profiltiefe“, Ausgabedatum 2004-07
- [30] DIN EN 29053: „Akustik; Materialien für akustische Anwendungen; Bestimmung des Strömungswiderstandes“, Deutsche Fassung, Ausgabedatum 1993-05
- [31] ARS 16/1992: Verfahren zur Messung der Geräuschemission von Straßenoberflächen (GEStro), herausgegeben durch den Bundesminister für Verkehr, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 16/1992, Bonn, 1992
- [32] ARS 03/2009: „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90 - Fahrbahnoberflächen-Korrekturwerte DStro für offenporigen Asphalt (VkBf. 2009 S. 260)“, herausgegeben durch den Bundesminister für Verkehr, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 03/2009, Bonn, 2009
- [33] EN ISO 11819-1: “Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic. Part 1. Statistical Pass-By method”. September 1997
- [34] ARS 05/2006: „Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2006 vom 17. Februar 2006 (S 13/7244.4/01, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung) zu Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90 – Fahrbahnoberflächen-Korrekturwerte DStro für Betone mit Waschbetonoberflächen mit Anlage: Statuspapier Deckschichten aus Waschbeton der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) vom 03.11.2003“
- [35] ARS 16/1992, „Verfahren zur Messung der Geräuschemission von Straßenoberflächen (GEStro)“, herausgegeben durch den Bundesminister für Verkehr, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 16/1992, Bonn, 1992

- [36] TL Beton-StB 07: „Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton“, Ausgabe 2007, FGSV, Köln
- [37] TL Gestein-StB 04/07: „Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau“, Ausgabe 2004/Fassung 2007, FGSV, Köln
- [38] TP Eben: Technische Prüfvorschriften für Ebenheitsmessungen auf Fahrbahnoberflächen in Längs- und Querrichtung, Teil: Berührungslose Messungen, Ausgabe 2009, FGSV, Köln
- [39] TP Griff-StB (SKM), Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau, Teil: Seitenkraftmessverfahren (SKM), Ausgabe 2007, FGSV, Köln
- [40] CEN / TS 15901-8 "Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen - Teil 8: Verfahren zur Bestimmung der Griffigkeit einer Fahrbahndecke durch Messung des Seitenkraftkoeffizienten (SFCD): SKM"
- [41] ZTV Beton-StB 07: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007, FGSV, Köln
- [42] TP B-StB Teil 3.1.05: Technische Prüfvorschriften für Verkehrsflächenbefestigungen – Betonbauweisen, Teil 3.1.05, Spaltzugfestigkeit von Beton an Zylinderscheiben, Ausgabe 2016, FGSV, Köln
- [43] ZTV Fug-StB 15: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2015, FGSV, Köln
- [44] RVS 08.17.02, „Deckenherstellung. Technische Vertragsbedingungen Betondecken“, Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien, 2011
- [45] RVS 04.02.11, „Lärmschutz. Umweltschutz. Lärm und Luftschadstoffe“, Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien, 2009
- [46] DIN CEN/TS 12390-9, „Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand – Abwitterung“, Deutsche Fassung, Ausgabe 2017-05
- [47] DIN EN 12390-2, „Prüfung von Festbeton - Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen“, Deutsche Fassung EN 12390-2, Ausgabe 2009-08
- [48] DIN EN 12390-3, „Prüfung von Festbeton - Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern“, Deutsche Fassung EN 12390-3, Ausgabe 2009-07

- [49] DIN EN 12390-5, „Prüfung von Festbeton - Teil 5: Biegezugfestigkeit von Probekörpern“, Deutsche Fassung EN 12390-5, Ausgabe 2009-07
- [50] DIN EN 12390-6, „Prüfung von Festbeton - Teil 6: Spaltzugfestigkeit von Probekörpern“, Deutsche Fassung EN 12390-6, Ausgabe 2010-09
- [51] TL

ANHÄNGE

- Anlage 1 Prüfbericht Untersuchungen Beton in situ
- Anlage 1.2 Prüfbericht Grinding BL03 (km 25,0-25,5)
- Anlage 2 Prüfbericht Laboruntersuchungen



ABE Bauprüf- und
-beratungsgesellschaft mbH
Asphalt | Beton | Erdstoff

Unabhängiges Institut

Anlage 1

Untersuchungen Beton in situ

Anlage 1.1

A5, Grinding Probefläche 04.07.2017



Fotodokumentation

A5 Schrick – Poysbrunn, Probeflächen Grinding AS Großkrut

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Grinding Fläche 1 Station km 40,625 RF Wien	2
Abb. 2: Grindingfläche 1 Station km 40,625 RF Wien.....	2
Abb. 3: Grindingoberfläche Fläche 1 Station km 40,625 RF Wien.....	3
Abb. 4: Grindingoberfläche Fläche 1 Station km 40,625 RF Wien.....	3
Abb. 5: Grinding Fläche 2 Station km 40,975 RF Wien	4
Abb. 6: Grindingoberfläche Fläche 2 Station km 40,975 RF Wien.....	4
Abb. 7: Grindingoberfläche Fläche 2 Station km 40,975 RF Wien.....	5
Abb. 8: Grindingoberfläche Fläche 2 Station km 40,975 RF Wien.....	5



Abb. 1: Grinding Fläche 1 Station km 40,625 RF Wien



Abb. 2: Grindingfläche 1 Station km 40,625 RF Wien



Abb. 3: Grindingoberfläche Fläche 1 Station km 40,625 RF Wien



Abb. 4: Grindingoberfläche Fläche 1 Station km 40,625 RF Wien

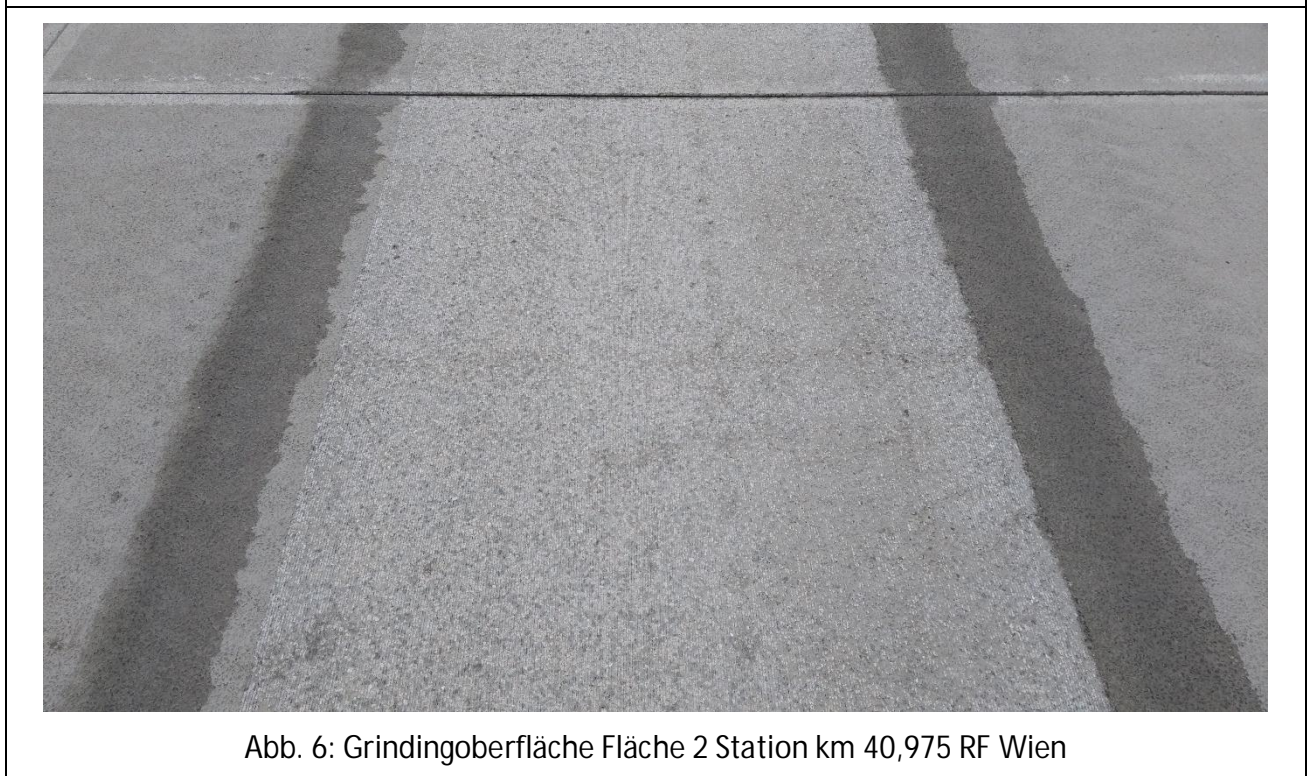
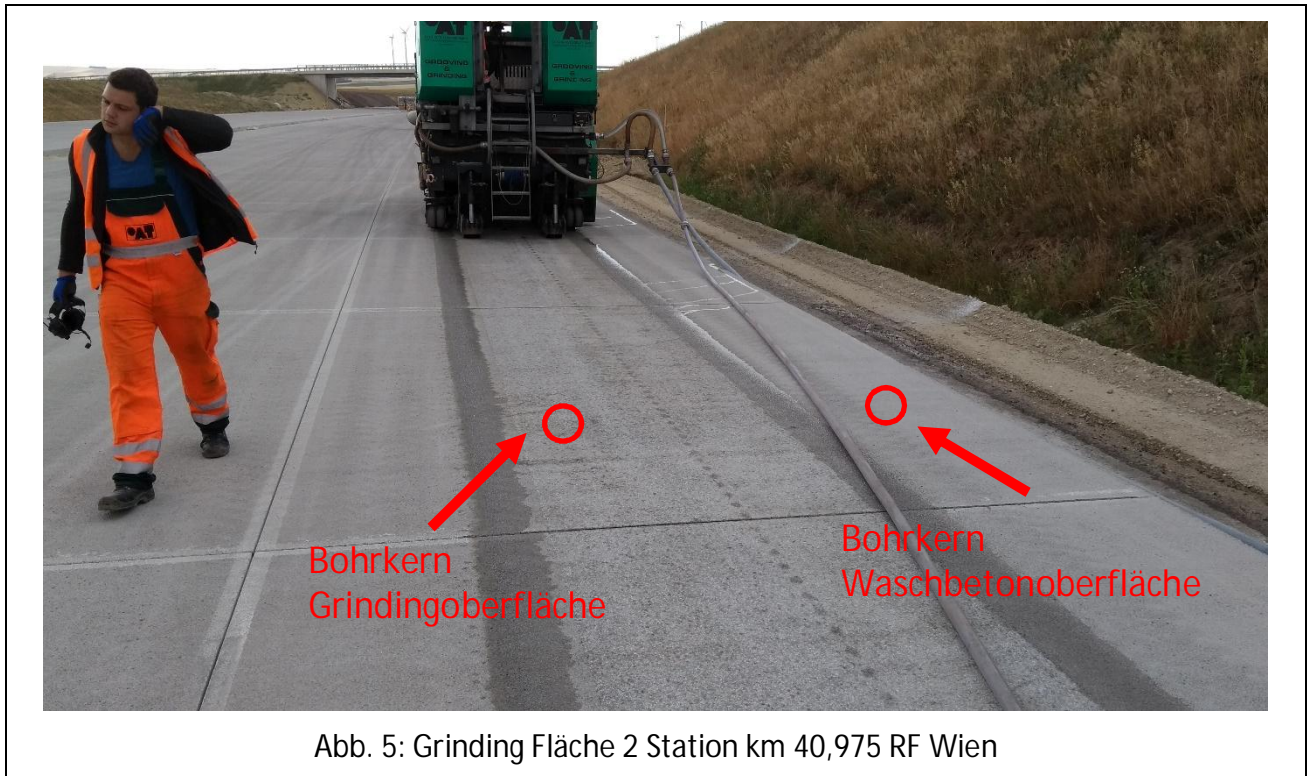




Abb. 7: Grindingoberfläche Fläche 2 Station km 40,975 RF Wien



Abb. 8: Grindingoberfläche Fläche 2 Station km 40,975 RF Wien

Anlage 1.1.1

Oberbeton (Waschbeton)

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Auftraggeber				Österreichische Forschungsg.					
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.				53/699/16					
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Anlage Nr.				1.1.1.a					
Fußring	Nr. : 775	Gültig bis: Nov 17	Baumaßnahme/Messstrecke				INGGO A5 Schrick - Poysbrunn RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut					
Datum/Uhrzeit	10.07.2017 / 17:15 Uhr						örtliche Lage)					
Wetter	bedeckt											
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	21	°C	Messfeld/Messlinie				-	km 40,625: A2, B2, C2 km 40,975: D2, E2, F2				
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	22	°C	Neigung [%]				Längs:	-	Quer:	-		
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht				Beton				
	24	°C	22	°C	23	°C	Oberflächenstruktur				Waschbeton	
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:					12.06.2017		Bau-, Erneuerungsjahr:		06/2017			
Bemerkungen		ausgebrochen										
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)												
Messbeginn: [°C]		22,5	21,9	21,6	21,3	21,2	21,3					
Messende: [°C]		22,2	21,8	21,7	21,5	21,6	21,2					
Mittelwert: [°C]		22	22	22	21	21	21					
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	A2	B2	C2	D2	E2	F2				Bemerkungen	
	1. Ablesung	61	56	53	73	71	72				Reiblänge bei B2 zu kurz	
	2. Ablesung	61	57	52	73	70	72					
	3. Ablesung	60	57	51	72	70	71					
	4. Ablesung	60	57	51	72	71	71					
	5. Ablesung	59	56	52	73	69	71					
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen											
	Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):		60,2	56,6	51,8	72,6	70,2	71,4				
	Temperaturkorrektur (k):		1,1	1,1	1,1	0,6	0,6	0,6				
	Messergebnis (Y = Y ₀ +k):		61	58	53	73	71	72				
SRT-Wert (Messfeld)										65	SRT-Einheiten	
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]											
	Mittelwert (Messfeld)										Sekunden	
Prüfer: Herr Gresky												

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 10.07.2017		Prüfnummer: 53/699/16						
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn		Prüfer: Gresky, ABE		Sandvolumen [mm ³]: 10000						
RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut										
Station km/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
40,625	Wasch- beton in situ	A2	125	126	122	127	125,0	0,81	1,01	0,6 < MTD < 1,1
		B2	123	106	110	119	114,5	0,97		
		C2	106	124	123	108	115,3	0,96		
40,975		D2	101	111	105	108	106,3	1,13		
		E2	107	112	111	109	109,8	1,06		
		F2	105	110	103	111	107,3	1,11		

Anlage 1.1.1.1

Grinding bauseits Oberbeton

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Auftraggeber				Österreichische Forschungsg.								
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.				53/699/16								
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Anlage Nr.				1.1.1.1.a								
Fußring	Nr. : 775	Gültig bis: Nov 17	Baumaßnahme/Messstrecke (Bezeichnung, lfd. Nr., örtliche Lage)				INGGO A5 Schrick - Poysbrunn RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut								
Datum/Uhrzeit	10.07.2017 / 15:30 Uhr														
Wetter	wolkig		Messfeld/Messlinie				-								
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	21	°C													
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	23	°C	Neigung [%]				Längs: - Quer: -								
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende									Mittelwert	Art der Deckschicht			
	21	°C	24	°C	23	°C	Oberflächenstruktur				Grinding				
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:					12.06.2017			Bau-, Erneuerungsjahr:				06/2017			
Bemerkungen															
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)															
Messbeginn: [°C]		22,8	22,8	22,5	24,1	25,2	23,5								
Messende: [°C]		22,6	22,1	23,0	23,5	24,8	22,0								
Mittelwert: [°C]		23	22	23	24	25	23								
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	A1	B1	C1	D1	E1	F1					Bemerkungen			
	1. Ablesung	70	75	70	75	74	71								
	2. Ablesung	70	75	70	75	73	70								
	3. Ablesung	69	75	70	74	73	71								
	4. Ablesung	69	74	71	75	72	70								
	5. Ablesung	69	75	70	74	73	70								
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen														
	Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):		69,4	74,8	70,2	74,6	73,0	70,4							
	Temperaturkorrektur (k):		1,7	1,1	1,7	2,2	2,8	1,7							
	Messergebnis (Y = Y ₀ +k):		71	76	72	77	76	72							
SRT-Wert (Messfeld)										74	SRT-Einheiten				
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]														
	Mittelwert (Messfeld)											Sekunden			
Prüfer: Herr Gresky															

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 10.07.2017		Prüfnummer: 53/699/16						
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn		Prüfer: Gresky, ABE		Sandvolumen [mm ³]: 10000						
RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut										
Station km/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
40,625	Grinding in situ	A1	120	124	123	121	122,0	0,86	0,87	0,6 < MTD < 1,1
		B1	131	123	128	125	126,8	0,79		
		C1	116	111	110	117	113,5	0,99		
40,975		D1	113	122	115	120	117,5	0,92		
		E1	123	123	121	125	123,0	0,84		
		F1	118	127	125	120	122,5	0,85		

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfasst 2 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
Ruhlsdorfer Straße 95, 14532 Stahnsdorf
Tel.: 03329 / 60 69 0 Fax: 03329 / 60 69 28

**Beton
Bohrkerne
Festbetonprüfung
Frost-Tausalz-Widerstand nach CDF Verf.**

Prüf-Nr.: 53/699/16

vom: 01.08.17 Seite 1/2

Auftraggeber: FFG
Bauausführung: OeBA
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn
RF Wien Höhe AS Großkrut

Prüfung: Oberfläche in situ gegründet
Lieferwerk: Ortbeton
Bauwerk: Fahrbahndeckenbeton

Probekörper-Kennzeichnung	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Festigkeitsklasse	S3,3	S3,3	S3,3	S3,3	S3,3	S3,3
Entnahmedatum	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17
Herstellungsdatum	06.06.17	06.06.17	06.06.17	07.06.17	07.06.17	07.06.17
Richtungsfahrbahn	Wien	Wien	Wien	Wien	Wien	Wien
Entnahmestelle	40,625	40,625	40,625	40,975	40,975	40,975
Prüfalter	35	35	35	34	34	34
	Tage					

Die Lagerung der angelieferten Bohrkerne erfolgte nach Entnahme bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$ und ca. 65 % rel. Luftfeuchte. Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

Kapillares Saugen

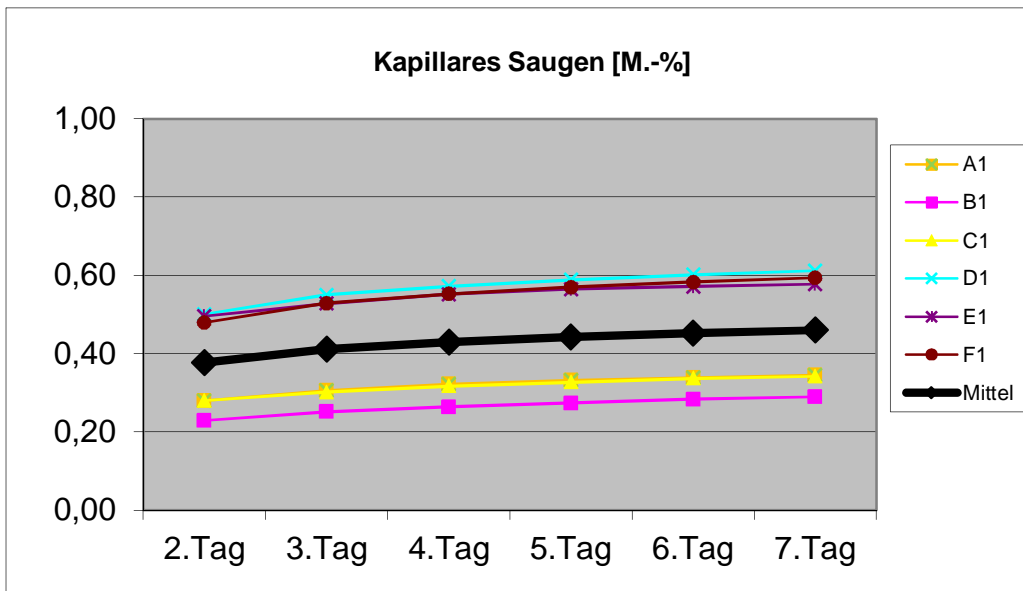
Prüfbeginn: 11.07.17
Prüfflächen: Herstellungsoberflächen (Grinding)
Prüfflüssigkeit: 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1

Masse der aufgesaugten Lösung in [M.-%]

Probenbezeichnung	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag
A1	0,28	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35
B1	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
C1	0,28	0,30	0,32	0,33	0,34	0,34
D1	0,50	0,55	0,57	0,59	0,60	0,61
E1	0,50	0,53	0,55	0,56	0,57	0,58
F1	0,48	0,53	0,55	0,57	0,58	0,59
Mittelwert	0,38	0,41	0,43	0,44	0,45	0,46
Standardabw.	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15

Grafik 1



Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfasst 2 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
Ruhlsdorfer Straße 95, 14532 Stahnsdorf
Tel.: 03329 / 60 69 0 Fax: 03329 / 60 69 28

**Beton
Bohrkerne
Festbetonprüfung
Frost-Tausalz-Wider-
stand nach CDF Verf.**

Prüf-Nr.: 53/699/16

vom: 01.08.17 Seite 2/2

Auftraggeber: FFG
Bauausführung: OeBA
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn
RF Wien Höhe AS Großkrut

Prüfung: Oberfläche in situ gegründet
Lieferwerk: Ortbeton
Bauwerk: Fahrbahndeckenbeton

Frost-Tau-Wechsel

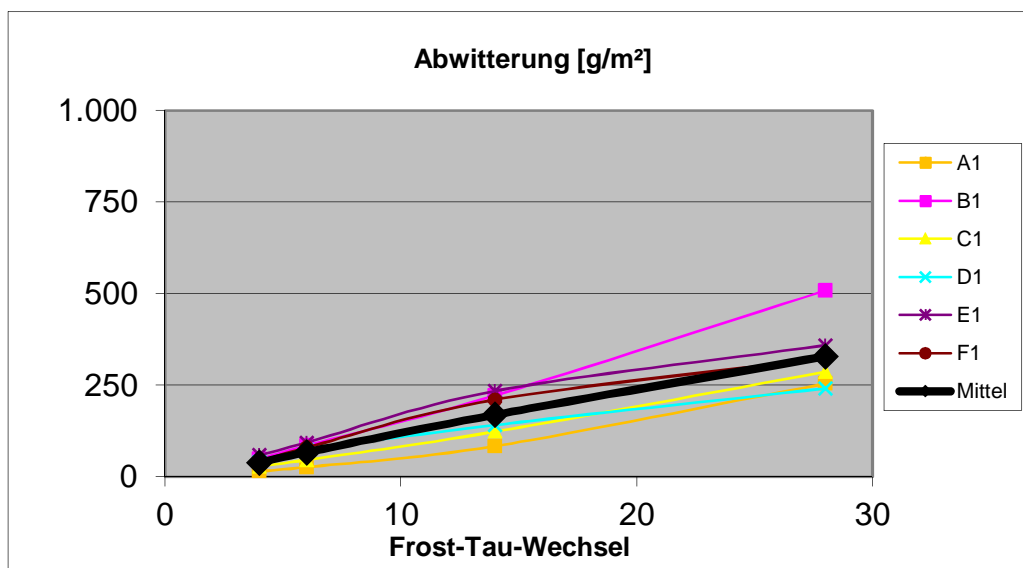
Prüfbeginn: 18.07.17
Prüfende: 01.08.17
Prüfdauer: 28 Frost-Tau-Wechsel
Prüfflächen: 6 x 0,0185 m²
Summe Prüfflächen: 0,111 m² ≥ 0,08 m² gemäß DIN CEN/TS 12390-9

Tabelle 2 abgewitterte Prüfkörpermasse in [g/m²]

Proben- bezeichnung	Frost-Tau-Wechsel			
	4	6	14	28
A1	15	26	84	254
B1	48	85	222	508
C1	28	46	123	286
D1	40	72	141	241
E1	59	93	234	359
F1	42	79	210	324
Mittelwert	39	67	169	329
Standardabw.	15,5	25,7	61,5	98,2

95 % Quantil
nach 28 FTW
519

Grafik 2



Bemerkungen:

Im Ergebnis der Untersuchung konnten für die Prüfkörper A1 bis F1 erhöhte Frost-Tausalz-Widerstände nachgewiesen werden.


In Anlehnung für Fahrbahndecken aus Beton:

Die Anforderung der Abwitterung ≤ 1.500 g/m² (DA Nr. 1/2012-33/1 des Thüringer Landesamtes für Bau und Verkehr v. 18.01.12) nach 28 Frost-Tau-Wechseln wurde erfüllt.

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Auftraggeber		Österreichische Forschungsg.				
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.		53/699/16				
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Anlage Nr.		1.1.1.1.c.a				
Fußring	Nr. : 775	Gültig bis: Nov 17	Baumaßnahme/Messstrecke		INGGO A5 Schrick - Poysbrunn RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut				
Datum/Uhrzeit	01.09.2017 / 12:00 Uhr		örtliche Lage)						
Wetter	wolkig								
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	20 °C		Messfeld/Messlinie	-	km 40,625: A1, B1, C1 km 40,975: D1, E1, F1				
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	22 °C		Neigung [%]	Längs:	-	Quer:	-		
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht		Beton			
	20 °C	20 °C	20 °C	Oberflächenstruktur		Grinding			
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:			12.06.2017	Bau-, Erneuerungsjahr:		06/2017			
Bemerkungen									
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)									
Messbeginn: [°C]	21,7	19,8	18,8	19,1	18,3	18,3			
Messende: [°C]	20,6	20,2	19,2	19,3	18,9	18,4			
Mittelwert: [°C]	21	20	19	19	19	18			
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	A1	B1	C1	D1	E1	F1	Bemerkungen	
	1. Ablesung	75	75	76	74	75	73	nach CDF-Test	
	2. Ablesung	74	75	76	74	75	72		
	3. Ablesung	73	75	75	73	74	72		
	4. Ablesung	73	74	74	72	73	71		
	5. Ablesung	73	74	74	72	73	71		
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen								
	Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):		73,6	74,6	75,0	73,0	74,0	71,8	
	Temperaturkorrektur (k):		0,6	0,0	-0,6	-0,6	-0,6	-1,1	
	Messergebnis (Y = Y ₀ + k):		74	75	74	72	73	71	
SRT-Wert (Messfeld)							73	SRT-Einheiten	
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]								
	Mittelwert (Messfeld)							Sekunden	
Prüfer: Herr Gresky									

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 16.08.2017		Prüfnummer: 53/699/16						
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn		Prüfer: Gresky, ABE		Sandvolumen [mm ³]: 10000						
RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut										
Station/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
40,625	Grinding in situ,	A1	115	136	120	127	124,5	0,82	0,81	0,6 < MTD < 1,1
		B1	122	114	123	109	117,0	0,93		
		C1	130	125	121	121	124,3	0,82		
40,975	nach CDF- Test	D1	130	123	124	128	126,3	0,80		
		E1	128	131	133	126	129,5	0,76		
		F1	130	131	130	135	131,5	0,74		

Prüf-Nr.: 57/699/16		Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05					
Bauvorhaben:	A5 Schrick – Poysbrunn	Lieferwerk:					
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - Grinding in situ	Festigkeitsklasse:					
Bohrkernentnahmen:	06.07.17 durch MPA Hartl	Textur:	Grinding	Verbund:			
Probenvorbereitung:	Firchau 23.11.17	Ø Höhe BK / OB:					Datum: 27.11.17
						Seite 1/1	

PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	Ø [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
A1	40,625	SS	06.06.17	27.11.17	174	887,2	99,0	49,0	48,8	49,2	49,2	49,1	2350	35,7	4,67	
B1	40,625	SS	06.06.17	27.11.17	174	909,3	99,0	50,0	50,2	50,4	50,4	50,3	2350	39,5	5,05	
C1	40,625	SS	06.06.17	27.11.17	174	892,6	99,0	49,0	49,0	49,2	49,2	49,1	2360	45,5	5,95	
D1	40,975	SS	07.06.17	27.11.17	173	897,7	99,0	50,0	51,0	50,8	50,3	50,5	2310	42,5	5,41	
E1	40,975	SS	07.06.17	27.11.17	173	847,4	99,0	47,7	49,0	48,3	48,5	48,4	2280	37,7	5,00	
F1	40,975	SS	07.06.17	27.11.17	173	897,5	99,0	50,8	82,2	51,8	51,4	59,1	1970	39,0	4,25	

Mittelwert:	2270	[kg/m³]	5,05	[MPa]
Standardabweichung:	150	[kg/m³]	0,59	[MPa]
Variationskoeffizient:	6,6	[%]	11,7	[%]
		k	2,951	(n = 6)
		k _n		(n = 6)
		f _{ctk, core}	3,31	[MPa]
		f _{ctk, sp}		[MPa]

charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach TP B-StB Teil 3.1.05:
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791:

Anlage 1.1.1.2

Grinding Labor Oberbeton



Fotodokumentation

A5 Schrick – Poysbrunn, Laborgrindingoberflächen Oberbeton

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Oberbeton A2o	2
Abb. 2: Oberbeton A2o	2
Abb. 3: Oberbeton B2o	3
Abb. 4: Oberbeton B2o	3
Abb. 5: Oberbeton C2o	4
Abb. 6: Oberbeton C2o	4
Abb. 7: Oberbeton D2o	5
Abb. 8: Oberbeton D2o	5
Abb. 9: Oberbeton E2o	6
Abb. 10: Oberbeton E2o	6
Abb. 11: Oberbeton F2o	7
Abb. 12: Oberbeton F2o	7

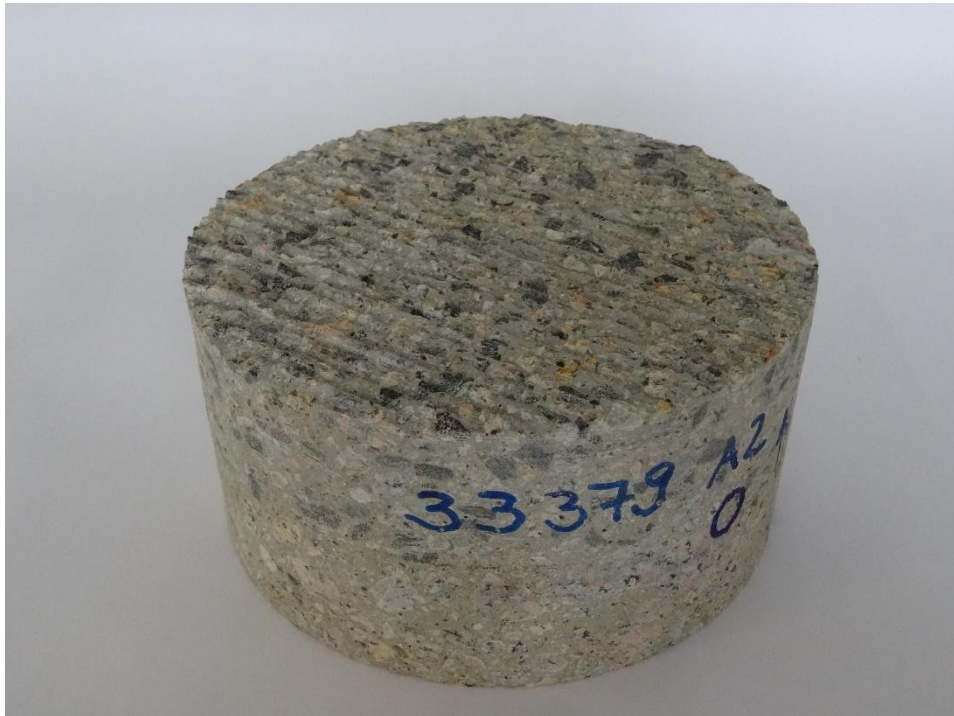


Abb. 1: Oberbeton A2o



Abb. 2: Oberbeton A2o



Abb. 3: Oberbeton B2o

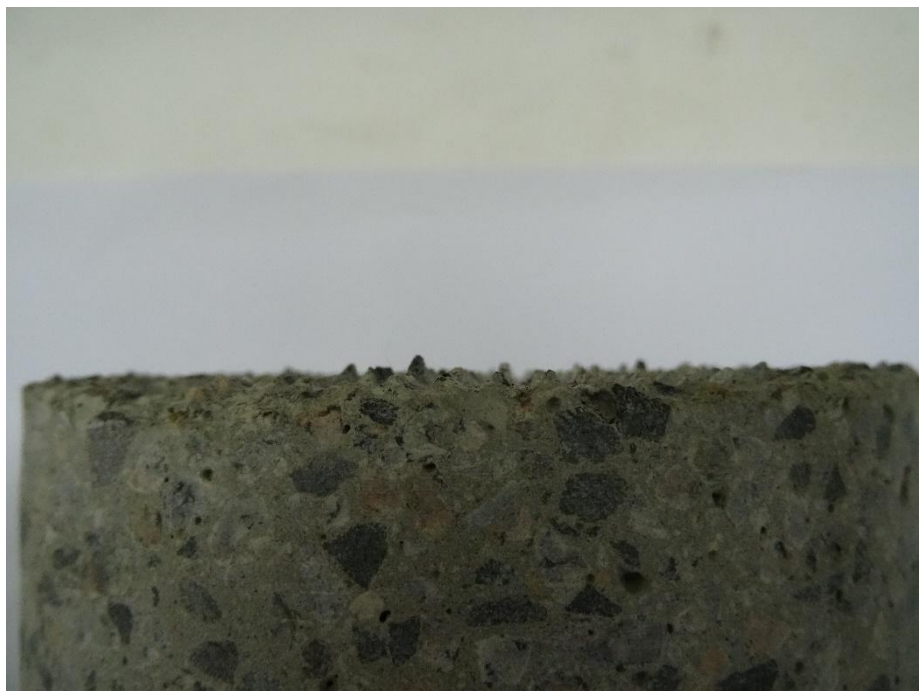


Abb. 4: Oberbeton B2o



Abb. 5: Oberbeton C20

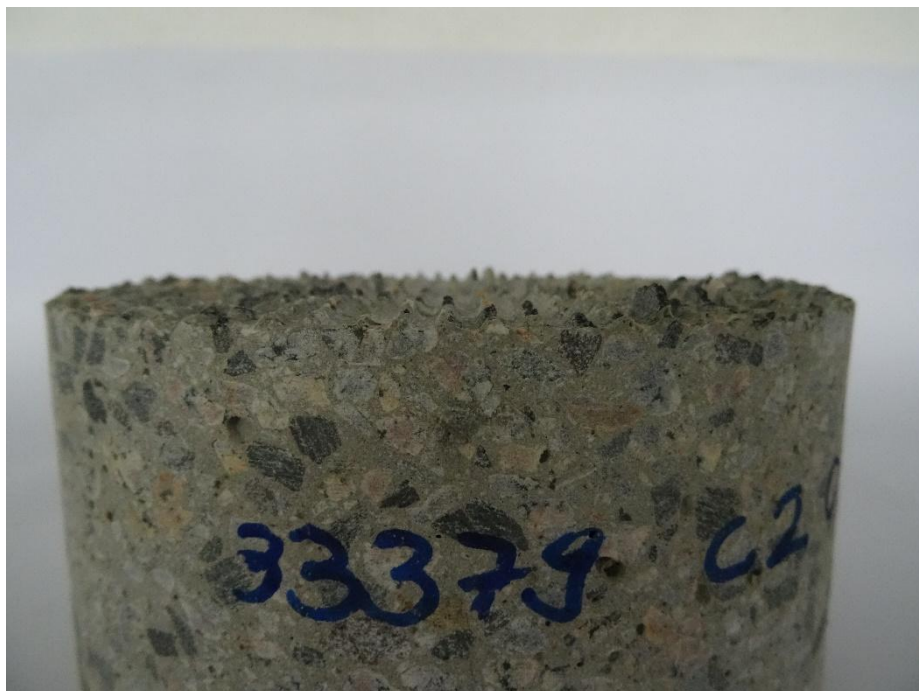


Abb. 6: Oberbeton C20



Abb. 7: Oberbeton D2o



Abb. 8: Oberbeton D2o



Abb. 9: Oberbeton E2o



Abb. 10: Oberbeton E2o



Abb. 11: Oberbeton F2o




Abb. 12: Oberbeton F2o

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Auftraggeber				Österreichische Forschungsg.					
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.				53/699/16					
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Anlage Nr.				1.1.1.2.a					
Fußring	Nr. : 775	Gültig bis: Nov 17	Baumaßnahme/Messstrecke				INGGO					
Datum/Uhrzeit	07.08.2017 / 12:00 Uhr		örtliche Lage)									
Wetter	wolkig											
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	23 °C		Messfeld/Messlinie				- km 40,625: A2, B2, C2 km 40,975: D2, E2, F2					
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	23 °C		Neigung [%]				Längs: - Quer: -					
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht				Oberbeton, Laborgrinding				
	21 °C	21 °C	21 °C	Oberflächenstruktur				Grinding				
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:			12.06.2017	Bau-, Erneuerungsjahr:				06/2017				
Bemerkungen												
Temperatur des Gleitkörpers (angenäster Zustand): (5-40 °C)												
Messbeginn: [°C]	24,0	22,3	20,3	23,5	22,9	23,8						
Messende: [°C]	22,4	20,9	20,8	22,0	23,1	23,2						
Mittelwert: [°C]	23	22	21	23	23	24						
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	A2o	B2o	C2o	D2o	E2o	F2o				Bemerkungen	
	1. Ablesung	75	79	77	79	78	79					
	2. Ablesung	75	78	75	77	77	78					
	3. Ablesung	74	77	75	77	76	78					
	4. Ablesung	74	76	74	77	76	77					
	5. Ablesung	73	76	74	77	77	78					
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen		75	74								
			75	74								
			75									
	Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):	74,2	75,0	74,0	77,4	76,8	78,0					
Temperaturkorrektur (k):	1,7	1,1	0,6	1,7	1,7	2,2						
Messergebnis (Y = Y ₀ + k):	76	76	75	79	79	80						
SRT-Wert (Messfeld)										77	SRT-Einheiten	
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]											
	Mittelwert (Messfeld)											Sekunden
Prüfer: Herr Gresky												

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 04.08.2017		Prüfnummer: 53/699/16						
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn		Prüfer: Gresky, ABE		Sandvolumen [mm ³]: 10000						
RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut										
Station km	Oberfläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll ZTV Beton-StB 07 [mm]
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
40,625	Labor- grinding	A2o	103	116	107	105	107,8	1,10	1,15	0,6 < MTD < 1,1
		B2o	104	120	109	116	112,3	1,01		
		C2o	105	98	104	103	102,5	1,21		
40,975	Ober- beton	D2o	117	105	104	113	109,8	1,06		
		E2o	89	116	92	100	99,3	1,29		
		F2o	100	90	106	115	102,8	1,21		

Dieser Prüfbericht wurde in 3 Exemplaren ausgefertigt, umfasst 2 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

	ABE Bauprüb- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Straße 95, 14532 Stahnsdorf Tel.: 03329 / 60 69 0 Fax: 03329 / 60 69 28	Beton Bohrkerne Festbetonprüfung Frost-Tausalz-Widerstand nach CDF Verf.
Prüf-Nr.: 53/699/16		vom: 04.09.17 Seite 1/2

Auftraggeber: FFG Bauausführung: OeBA Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn RF Wien Höhe AS Großkrut	Prüfung: Laborgrinding Waschbetonoberfläche Lieferwerk: Ortbeton Bauwerk: Fahrbahndeckenbeton
---	---

Probekörper-Kennzeichnung	A2 O	B2 O	C2 O	D2 O	E2 O	F2 O
Festigkeitsklasse	S3,3	S3,3	S3,3	S3,3	S3,3	S3,3
Entnahmedatum	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17
Herstellungsdatum	06.06.17	06.06.17	06.06.17	07.06.17	07.06.17	07.06.17
Richtungsfahrbahn	Wien	Wien	Wien	Wien	Wien	Wien
Entnahmestelle	40,625	40,625	40,625	40,975	40,975	40,975
Prüfalter	Tage	69	69	69	68	68

Die Lagerung der angelieferten Bohrkerne erfolgte nach Entnahme bei 20 ± 2°C und ca. 65 % rel. Luftfeuchte. Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

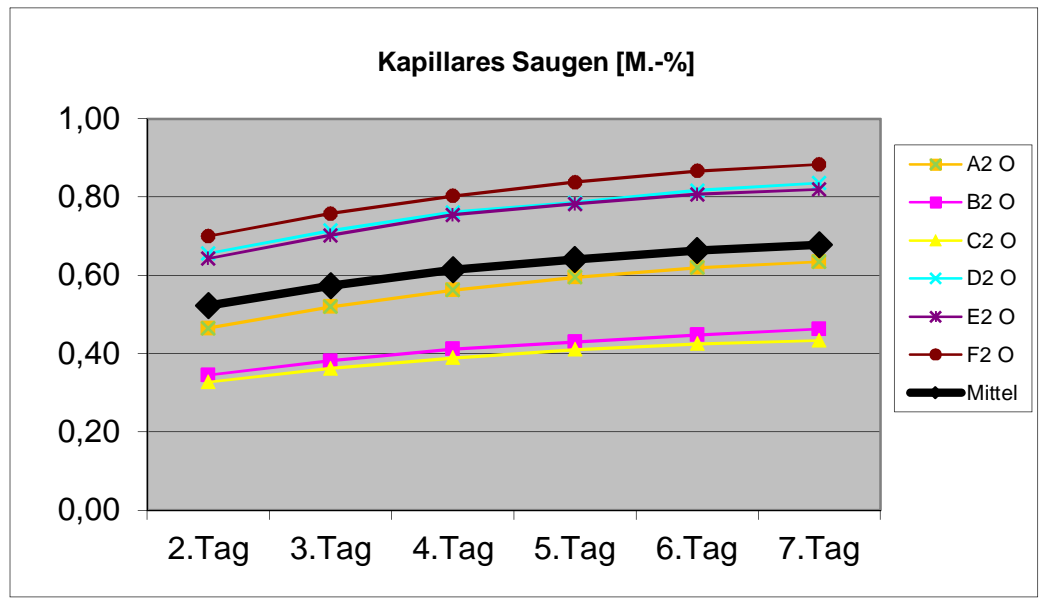
Kapillares Saugen

Prüfbeginn: 14.08.17
 Prüfflächen: Herstellungsoberflächen (Grinding)
 Prüfflüssigkeit: 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Masse der aufgesaugten Lösung in [M.-%]

Probenbezeichnung	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag
A2 O	0,47	0,52	0,56	0,60	0,62	0,63
B2 O	0,35	0,38	0,41	0,43	0,45	0,46
C2 O	0,33	0,36	0,39	0,41	0,42	0,43
D2 O	0,66	0,71	0,76	0,79	0,82	0,84
E2 O	0,64	0,70	0,75	0,78	0,81	0,82
F2 O	0,70	0,76	0,80	0,84	0,87	0,88
Mittelwert	0,52	0,57	0,61	0,64	0,66	0,68
Standardabw.	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	0,20

Grafik 1



Dieser Prüfbericht wurde in 3 Exemplaren ausgefertigt, umfasst 2 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
Ruhlsdorfer Straße 95, 14532 Stahnsdorf
Tel.: 03329 / 60 69 0 Fax: 03329 / 60 69 28

**Beton
Bohrkerne
Festbetonprüfung
Frost-Tausalz-Wider-
stand nach CDF Verf.**

Prüf-Nr.: 53/699/16

vom: 04.09.17 Seite 2/2

Auftraggeber: FFG
Bauausführung: OeBA
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn
RF Wien Höhe AS Großkrut

Prüfung: Laborgrinding Waschbetonoberfläche
Lieferwerk: Ortbeton
Bauwerk: Fahrbahndeckenbeton

Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn: 21.08.17
Prüfende: 04.09.17
Prüfdauer: 28 Frost-Tau-Wechsel
Prüfflächen: 6 x 0,0185 m²
Summe Prüfflächen: 0,111 m² ≥ 0,08 m² gemäß DIN CEN/TS 12390-9

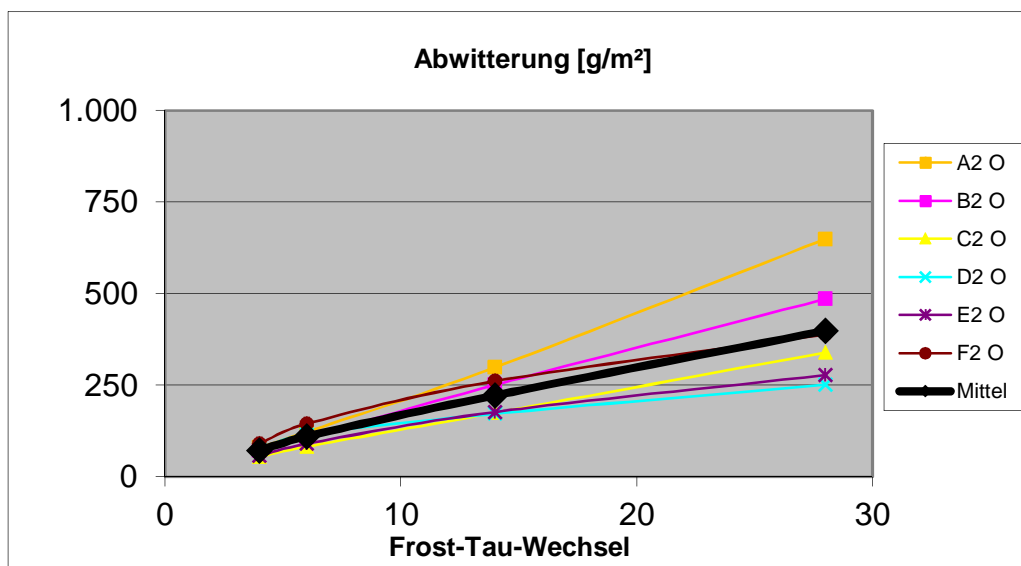
Tabelle 2

abgewitterte Prüfkörpermasse in [g/m²]

Proben- bezeichnung	Frost-Tau-Wechsel			
	4	6	14	28
A2 O	79	122	298	649
B2 O	71	106	251	485
C2 O	55	82	175	339
D2 O	75	115	172	251
E2 O	57	90	177	277
F2 O	90	144	261	389
Mittelwert	71	110	222	398
Standardabw.	13,4	22,6	54,8	148,5

95 % Quantil
nach 28 FTW
687

Grafik 2



Bemerkungen:

Im Ergebnis der Untersuchung konnten für die Prüfkörper A2 O bis F2 O erhöhte Frost-Tausalz-Widerstände nachgewiesen werden.


In Anlehnung für Fahrbahndecken aus Beton:

Die Anforderung der Abwitterung ≤ 1.500 g/m² (DA Nr. 1/2012-33/1 des Thüringer Landesamtes für Bau und Verkehr v. 18.01.12) nach 28 Frost-Tau-Wechseln wurde erfüllt.

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Auftraggeber				Österreichische Forschungsg.					
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.				53/ 699 /16					
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Anlage Nr.				1.1.1.2.c.a					
Fußring	Nr. : 775	Gültig bis: Nov 17	Baumaßnahme/Messstrecke (Bezeichnung, lfd. Nr., örtliche Lage)				INGGO A5 Schrick - Poysbrunn RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut					
Datum/Uhrzeit	24.10.2017 / 10:00 Uhr											
Wetter	heiter		Messfeld/Messlinie				- km 40,625: A2, B2, C2 km 40,975: D2, E2, F2					
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	20	°C										
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	22	°C	Neigung [%]				Längs: - Quer: -					
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht				Beton				
	20 °C	22 °C	21 °C	Oberflächenstruktur				Waschbeton / Oberbeton				
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:			23.10.2017	Bau-, Erneuerungsjahr:				06/2017				
Bemerkungen												
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)												
Messbeginn: [°C]		21,3	22,5	22,4	22,4	24,7	22,4					
Messende: [°C]		22,4	22,7	22,8	22,8	24,8	22,7					
Mittelwert: [°C]		22	23	23	23	25	23					
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	A2 o	B2 o	C2 o	D2 o	E2 o	F2 o	Bemerkungen				
	1. Ablesung	75	70	71	68	73	72					
	2. Ablesung	74	70	71	69	72	72					
	3. Ablesung	74	70	70	68	72	71					
	4. Ablesung	74	69	70	68	71	71					
	5. Ablesung	73	69	69	68	71	72					
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen											
	Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):		74,0	69,6	70,2	68,2	71,8	71,6				
	Temperaturkorrektur (k):		1,1	1,7	1,7	1,7	2,8	1,7				
	Messergebnis (Y = Y ₀ +k):		75	71	72	70	75	73				
SRT-Wert (Messfeld)								73	SRT-Einheiten			
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]											
	Mittelwert (Messfeld)											
Prüfer: Herr Niedergesäß												

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 24.10.2017		Prüfnummer: 53/699/16						
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn		Prüfer: Niedergesäß, ABE		Sandvolumen [mm ³]: 10000						
RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut										
Station km/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
40,625	Wasch- beton	A2 o	113	101	112	109	108,8	1,08	1,13	0,6 < MTD < 1,1
		B2 o	102	103	102	101	102,0	1,22		
		C2 o	112	105	109	105	107,8	1,10		
40,975		D2 o	98	108	106	101	103,3	1,19		
		E2 o	110	102	108	103	105,8	1,14		
		F2 o	104	117	115	109	111,3	1,03		

Prüf-Nr.:	57/699/16	Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05			
Bauvorhaben:	A5 Schrick – Poysbrunn	Lieferwerk:			
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - Laborgrinding Oberbeton	Festigkeitsklasse:			
Bohrkernentnahmen:	06.07.17 durch MPA Hartl	Textur:	Grinding		
Probenvorbereitung:	Firchau 23.10.17	∅ Höhe BK / OB:		Verbund:	
				Datum:	27.10.17
					Seite 1/1

PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	∅ [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
A2o	40,625	SS	06.06.17	27.10.17	143	889,6	99,0	50,0	49,4	49,8	50,3	49,9	2320	31,2	4,03	
B2o	40,625	SS	06.06.17	27.10.17	143	910,9	99,0	49,7	51,2	50,5	50,8	50,6	2340	32,7	4,16	
C2o	40,625	SS	06.06.17	27.10.17	143	940,6	99,0	51,5	51,8	52,0	52,3	51,9	2350	46,6	5,77	
D2o	40,975	SS	07.06.17	27.10.17	142	898,7	99,0	52,9	51,6	52,7	53,1	52,6	2220	36,6	4,48	
E2o	40,975	SS	07.06.17	27.10.17	142	869,3	99,0	50,1	50,7	50,2	49,4	50,1	2250	38,4	4,93	
F2o	40,975	SS	07.06.17	27.10.17	142	841,6	99,0	48,7	50,5	51,0	49,2	49,9	2190	32,9	4,24	

Mittelwert:	2280	[kg/m³]	4,60	[MPa]
Standardabweichung:	70	[kg/m³]	0,65	[MPa]
Variationskoeffizient:	3,1	[%]	14,1	[%]
		k	2,951	(n = 6)
		k _n		(n = 6)
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach TP B-StB Teil 3.1.05:		f _{ctk, core}	2,68	[MPa]
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791:		f _{ctk, sp}		[MPa]

Anlage 1.1.2

Unterbeton

Anlage 1.1.2.1

Grinding Labor Unterbeton



Fotodokumentation

A5 Schrick – Poysbrunn, Laborgrindingoberflächen Unterbeton

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Unterbeton A2u.....	2
Abb. 2: Unterbeton A2u.....	2
Abb. 3: Unterbeton B2u.....	3
Abb. 4: Unterbeton B2u.....	3
Abb. 5: Unterbeton C2u.....	4
Abb. 6: Unterbeton C2u.....	4
Abb. 7: Unterbeton D2u	5
Abb. 8: Unterbeton D2u	5
Abb. 9: Unterbeton E2u	6
Abb. 10: Unterbeton E2u	6
Abb. 11: Unterbeton F2u	7
Abb. 12: Unterbeton F2u	7



Abb. 1: Unterbeton A2u

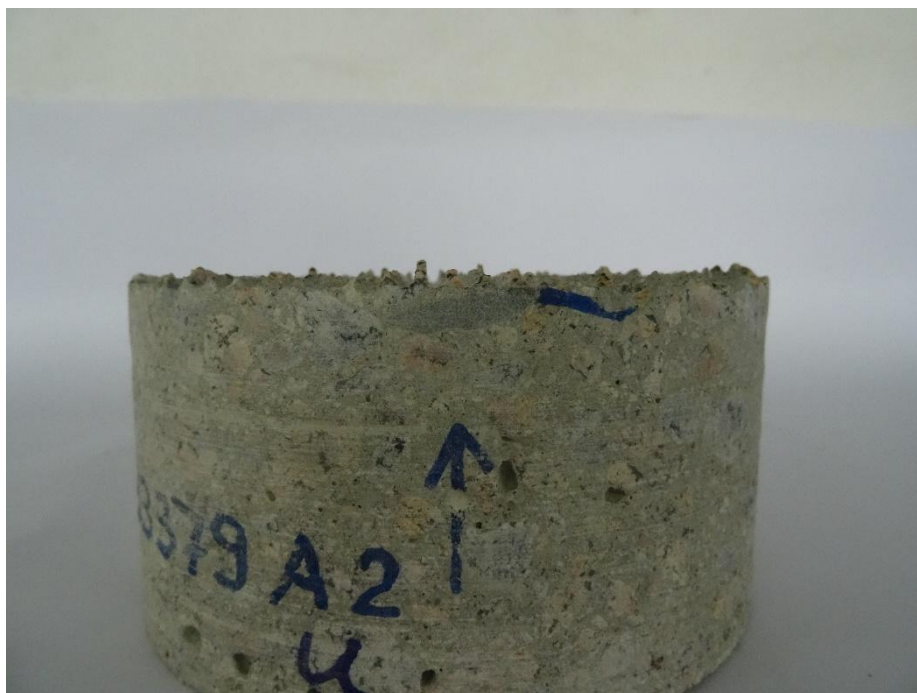


Abb. 2: Unterbeton A2u



Abb. 3: Unterbeton B2u



Abb. 4: Unterbeton B2u



Abb. 5: Unterbeton C2u

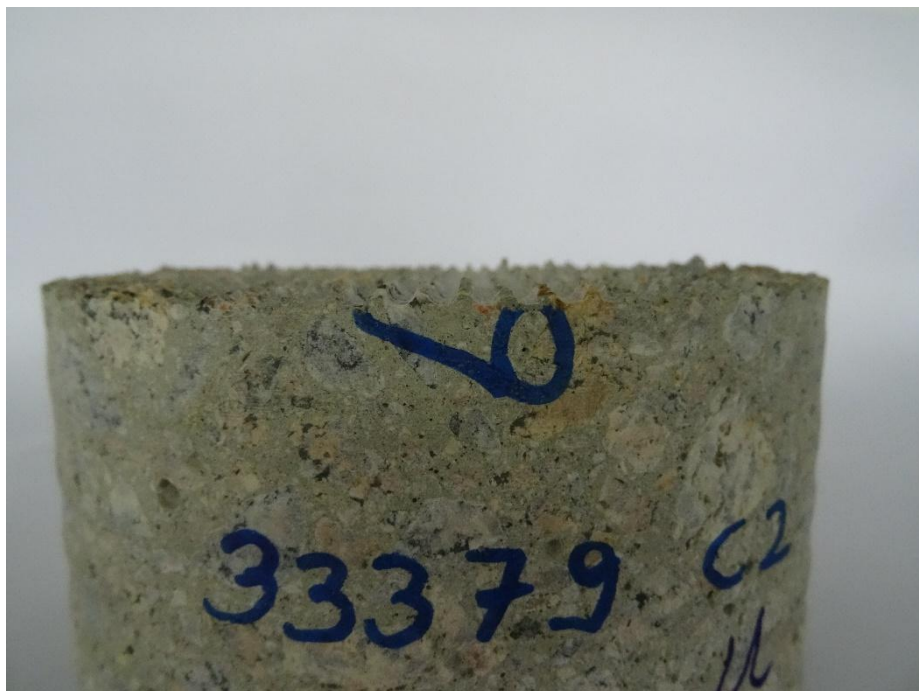


Abb. 6: Unterbeton C2u



Abb. 7: Unterbeton D2u



Abb. 8: Unterbeton D2u

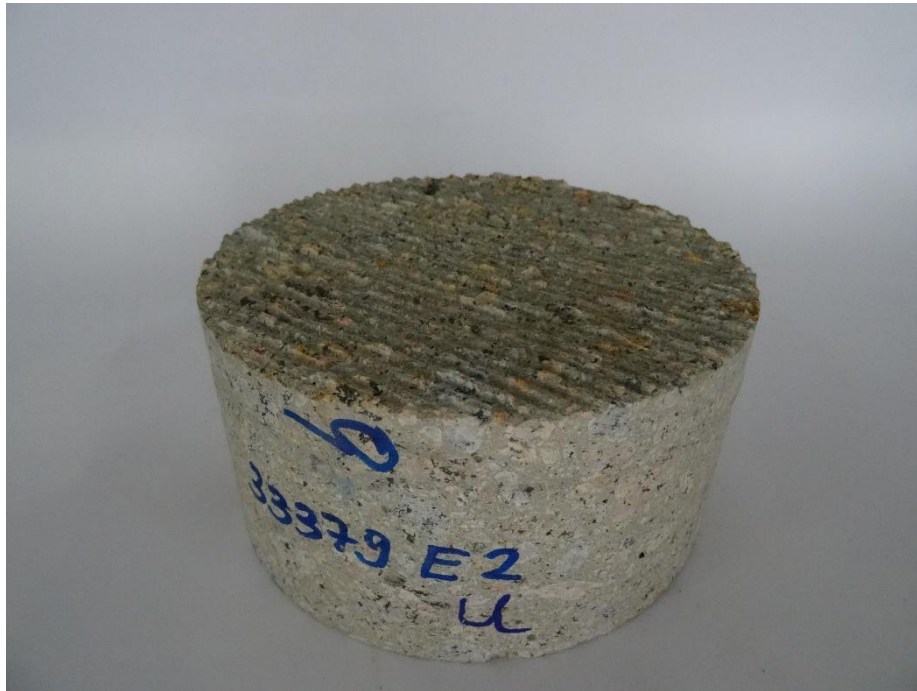


Abb. 9: Unterbeton E2u



Abb. 10: Unterbeton E2u



Abb. 11: Unterbeton F2u



Abb. 12: Unterbeton F2u

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Auftraggeber				Österreichische Forschungsg.					
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.				53/699/16					
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Anlage Nr.				1.1.2.1.a					
Fußring	Nr. : 775	Gültig bis: Nov 17	Baumaßnahme/Messstrecke				INGGO A5 Schrick - Poysbrunn RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut					
Datum/Uhrzeit	07.08.2017 / 13:30 Uhr						örtliche Lage)					
Wetter	wolkig											
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	25	°C					Messfeld/Messlinie	-	km 40,625: A2, B2, C2 km 40,975: D2, E2, F2			
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	25	°C					Neigung [%]	Längs:	-	Quer:	-	
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht				Unterbeton, Laborgrinding				
	22	°C	23	°C	22	°C	Oberflächenstruktur				Grinding	
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:					12.06.2017		Bau-, Erneuerungsjahr:		2017			
Bemerkungen												
Temperatur des Gleitkörpers (angenäster Zustand): (5-40 °C)												
Messbeginn: [°C]	24,0	21,2	21,2	22,0	20,0	22,1						
Messende: [°C]	22,4	20,7	21,1	21,0	19,9	20,5						
Mittelwert: [°C]	23	21	21	22	20	21						
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	A2u	B2u	C2u	D2u	E2u	F2u				Bemerkungen	
	1. Ablesung	75	74	76	74	74	75					
	2. Ablesung	74	72	76	74	73	74					
	3. Ablesung	73	72	73	73	73	74					
	4. Ablesung	73	73	76	72	73	73					
	5. Ablesung	73	71	74	72	72	73					
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen		71	74								
			71	74								
Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):	73,6	71,0	74,0	73,0	73,0	73,8						
Temperaturkorrektur (k):	1,7	0,6	0,6	1,1	0,0	0,6						
Messergebnis (Y = Y ₀ + k):	75	72	75	74	73	74						
SRT-Wert (Messfeld)										74	SRT-Einheiten	
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]											
	Mittelwert (Messfeld)											Sekunden
Prüfer: Herr Gresky												

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 04.08.2017	Prüfnummer: 53/699/16							
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn		Prüfer: Gresky, ABE	Sandvolumen [mm ³]: 10000							
RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut										
Station km	Oberfläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll ZTV Beton-StB 07 [mm]
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
40,625	Labor- grinding	A2u*	118	95	99	120	108,0	1,09	1,09	0,6 < MTD < 1,1
		B2u	103	118	105	110	109,0	1,07		
		C2u*	99	114	105	118	109,0	1,07		
40,975	Unter- beton	D2u	106	99	108	101	103,5	1,19		
		E2u	113	118	105	114	112,5	1,01		
		F2u	108	97	110	114	107,3	1,11		

* 2 größere Verdichtungsporen vor der Prüfung mit Glassand aufgefüllt



ABE

ABE Baupr- und -beratungsgesellschaft mbH
Ruhlsdorfer StraÙe 95, 14532 Stahnsdorf
Tel.: 03329 / 60 69 0 Fax: 03329 / 60 69 28

**Beton
Bohrkerne
Festbetonprüfung
Frost-Tausalz-Wider-
stand nach CDF Verf.**

Prüf-Nr.: 53/699/16

vom: 04.09.17 Seite 1/2

Auftraggeber: FFG
Bauausführung: OeBA
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn
RF Wien Höhe AS Großkrut

Prüfung: Laborgrinding Unterbeton
Lieferwerk: Ortbeton
Bauwerk: Fahrbahndeckenunterbeton

Probekörper-Kennzeichnung	A2 U	B2 U	C2 U	D2 U	E2 U	F2 U
Festigkeitsklasse	S2,7	S2,7	S2,7	S2,7	S2,7	S2,7
Entnahmedatum	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17	6.7.17
Herstellungsdatum	06.06.17	06.06.17	06.06.17	07.06.17	07.06.17	07.06.17
Richtungsfahrbahn	Wien	Wien	Wien	Wien	Wien	Wien
Entnahmestelle	40,625	40,625	40,625	40,975	40,975	40,975
Prüfalter	69	69	69	68	68	68

Die Lagerung der angelieferten Bohrkerne erfolgte nach Entnahme bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$ und ca. 65 % rel. Luftfeuchte. Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

Kapillares Saugen

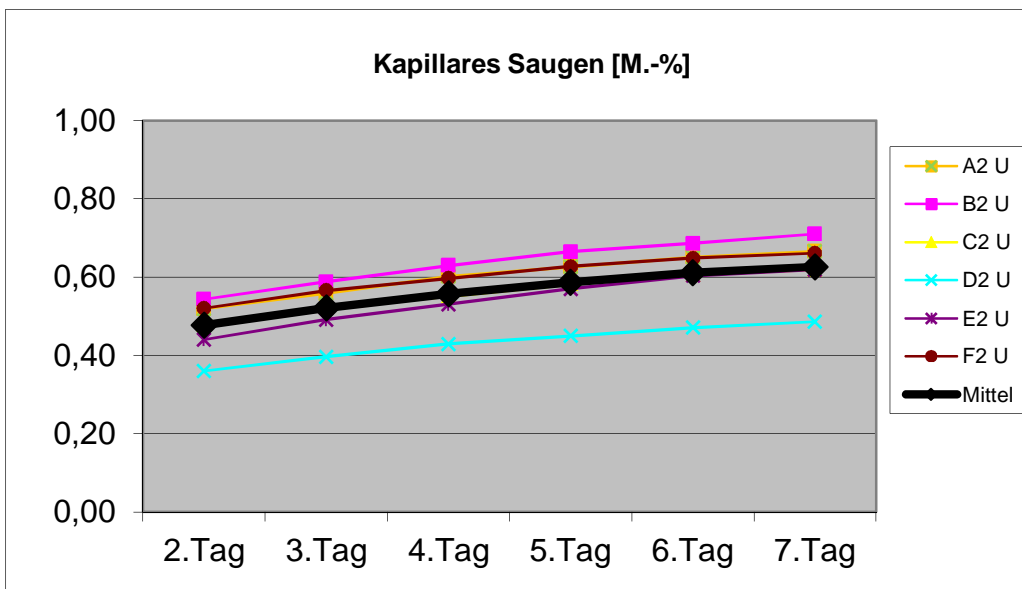
Prüfbeginn: 14.08.17
Prüfflächen: Herstellungsoberflächen (Grinding)
Prüfflüssigkeit: 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1

Masse der aufgesaugten Lösung in [M.-%]

Proben- bezeichnung	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag
A2 U	0,52	0,56	0,60	0,63	0,65	0,67
B2 U	0,54	0,59	0,63	0,66	0,69	0,71
C2 U	0,48	0,52	0,55	0,58	0,61	0,62
D2 U	0,36	0,40	0,43	0,45	0,47	0,49
E2 U	0,44	0,49	0,53	0,57	0,60	0,62
F2 U	0,52	0,57	0,60	0,63	0,65	0,66
Mittelwert	0,48	0,52	0,56	0,59	0,61	0,63
Standardabw.	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08

Grafik 1





ABE

ABE Baupruef- und -beratungsgesellschaft mbH
Ruhlsdorfer StraÙe 95, 14532 Stahnsdorf
Tel.: 03329 / 60 69 0 Fax: 03329 / 60 69 28

**Beton
Bohrkerne
Festbetonprüfung
Frost-Tausalz-Wider-
stand nach CDF Verf.**

Prüf-Nr.: 53/699/16

vom: 04.09.17 Seite 2/2

Auftraggeber: FFG
Bauausführung: OeBA
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn
RF Wien Höhe AS Großkrut

Prüfung: Laborgrinding Unterbeton
Lieferwerk: Ortbeton
Bauwerk: Fahrbahndeckenunterbeton

Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn: 21.08.17
Prüfende: 04.09.17
Prüfdauer: 28 Frost-Tau-Wechsel
Prüfflächen: 6 x 0,0185 m²
Summe Prüfflächen: 0,111 m² ≥ 0,08 m² gemäß DIN CEN/TS 12390-9

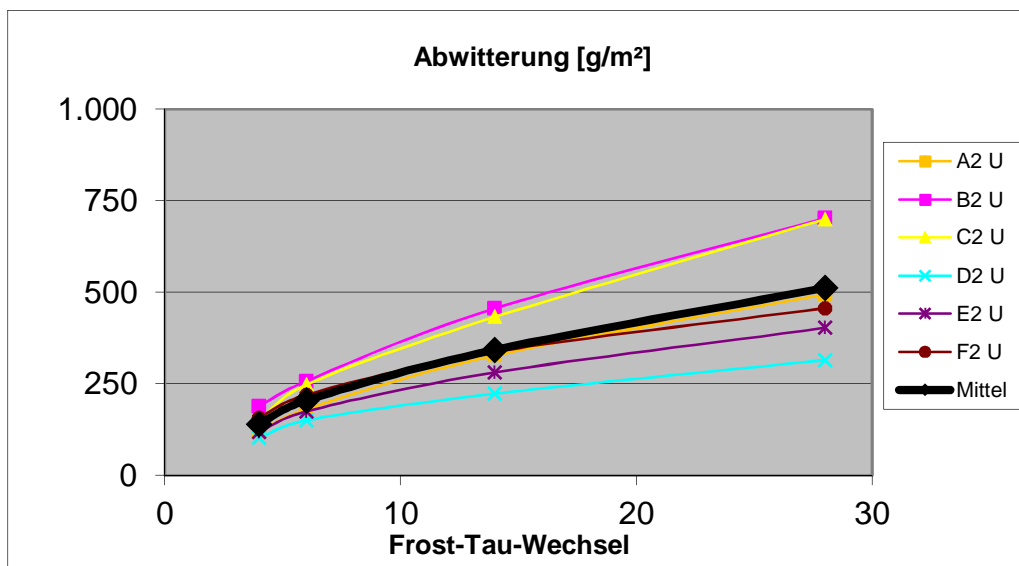
Tabelle 2

abgewitterte Prüfkörpermasse in [g/m²]

Proben- bezeichnung	Frost-Tau-Wechsel			
	4	6	14	28
A2 U	120	181	328	494
B2 U	189	257	456	702
C2 U	151	248	432	699
D2 U	102	150	223	315
E2 U	119	175	281	403
F2 U	158	220	337	457
Mittelwert	140	205	343	512
Standardabw.	32,0	43,1	88,8	158,2

95 % Quantil
nach 28 FTW

Grafik 2



Bemerkungen:

Im Ergebnis der Untersuchung konnten für die Prüfkörper A2 U bis F2 U erhöhte Frost-Tausalz-Widerstände nachgewiesen werden.

In Anlehnung für Fahrbahndecken aus Beton:


Die Anforderung der Abwitterung ≤ 1.500 g/m² (DA Nr. 1/2012-33/1 des Thüringer Landesamtes für Bau und Verkehr v. 18.01.12) nach 28 Frost-Tau-Wechseln wurde erfüllt.

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfasst 2 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Auftraggeber				Österreichische Forschungsg.									
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.				53/ 699 /16									
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Dez 17	Anlage Nr.				1.1.2.1.c.a									
Fußring	Nr. : 775	Gültig bis: Nov 17	Baumaßnahme/Messstrecke (Bezeichnung, lfd. Nr., örtliche Lage)				INGGO A5 Schrick - Poysbrunn RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut									
Datum/Uhrzeit	24.10.2017 / 10:30 Uhr															
Wetter	heiter		Messfeld/Messlinie				- km 40,625: A2, B2, C2 km 40,975: D2, E2, F2									
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	21	°C														
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	23	°C	Neigung [%]				Längs: - Quer: -									
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende									Mittelwert	Art der Deckschicht				Unterbeton, Laborgrinding
	21	°C	23	°C	22	°C	Oberflächenstruktur				Grinding					
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:					23.10.2017				Bau-, Erneuerungsjahr:				2017			
Bemerkungen																
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)																
Messbeginn: [°C]		22,4	23,1	22,1	23,4	22,4	21,8									
Messende: [°C]		22,7	23,5	22,4	23,8	22,6	22,1									
Mittelwert: [°C]		23	23	22	24	23	22									
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	A2 u	B2 u	C2 u	D2 u	E2 u	F2 u						Bemerkungen			
	1. Ablesung	69	72	71	74	73	73									
	2. Ablesung	70	71	71	72	71	73									
	3. Ablesung	69	71	71	72	71	72									
	4. Ablesung	69	70	69	72	71	71									
	5. Ablesung	68	69	70	72	70	71									
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen															
	Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):		69,0	70,6	70,4	72,4	71,2	72,0								
	Temperaturkorrektur (k):		1,7	1,7	1,1	2,2	1,7	1,1								
	Messergebnis (Y = Y ₀ +k):		71	72	72	75	73	73								
SRT-Wert (Messfeld)												73	SRT-Einheiten			
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]															
	Mittelwert (Messfeld)												Sekunden			
Prüfer: Herr Niedergesäß																

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 24.10.2017		Prüfnummer: 53/699/16						
Bauvorhaben: A5 Schrick - Poysbrunn		Prüfer: Niedergesäß, ABE		Sandvolumen [mm ³]: 10000						
RF Wien Standstreifen Höhe AS Großkrut										
Station km/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
40,625	Waschbet on	A2 u	115	100	98	113	106,5	1,12	1,08	0,6 < MTD < 1,1
		B2 u	99	116	112	108	108,8	1,08		
		C2 u	121	105	109	113	112,0	1,02		
40,975		D2 u	97	98	114	111	105,0	1,15		
		E2 u	115	104	107	117	110,8	1,04		
		F2 u	104	118	101	108	107,8	1,10		

Prüf-Nr.:	57/699/16	Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05			
Bauvorhaben:	A5 Schrick – Poysbrunn	Lieferwerk:			
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - Laborgrinding Unterbeton	Festigkeitsklasse:			
Bohrkernentnahmen:	06.07.17 durch MPA Hartl	Textur:	Grinding	Verbund:	
Probenvorbereitung:	Firchau 23.10.17	Ø Höhe BK / OB:			
				Datum:	27.10.17
					Seite 1/1

PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	Ø [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
A2u	40,625	SS	06.06.17	27.10.17	143	897,3	99,0	50,5	51,2	51,4	51,0	51,0	2280	35,1	4,42	
B2u	40,625	SS	06.06.17	27.10.17	143	917,9	99,0	51,4	51,2	51,4	51,8	51,5	2320	36,3	4,54	
C2u	40,625	SS	06.06.17	27.10.17	143	914,4	99,0	51,0	51,0	51,6	51,8	51,4	2310	37,6	4,71	
D2u	40,975	SS	07.06.17	27.10.17	142	883,8	99,0	49,0	49,8	51,1	50,2	50,0	2300	40,8	5,25	
E2u	40,975	SS	07.06.17	27.10.17	142	902,1	99,0	51,5	51,9	52,4	52,3	52,0	2250	41,8	5,17	
F2u	40,975	SS	07.06.17	27.10.17	142	854,5	99,0	50,0	50,3	50,0	49,2	49,9	2230	33,8	4,36	
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											
					0											

Mittelwert:	2280	[kg/m³]	4,74	[MPa]
Standardabweichung:	40	[kg/m³]	0,38	[MPa]
Variationskoeffizient:	1,8	[%]	8,0	[%]
		k	2,951	(n = 6)
		k _n		(n = 6)
		f _{ctk, core}	3,62	[MPa]
		f _{ctk, sp}		[MPa]

charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach TP B-StB Teil 3.1.05:
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791:

Anlage 1.2

Grinding BL03 (km 25,0-25,5)



ABE Bauprüf- und
-beratungsgesellschaft mbH
Asphalt | Beton | Erdstoff


Unabhängiges Institut

Anlage 1.2.1

Segmentabstand 2,4/1,8

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Jan 19	Auftraggeber		Österreichische Forschungsg.			
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.		53/699/16			
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Jan 19	Anlage Nr.		1.2.1.1.a			
Fußring	Nr. : 992	Gültig bis: Jan 21	Baumaßnahme/Messstrecke		INGGO A 5, Baulos 03, km 25,0-25,5			
Datum/Uhrzeit	28.02.2018 / 10:00 Uhr		örtliche Lage					
Wetter	Labor							
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	20 °C		Messfeld/Messlinie		-			
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	20 °C		Neigung [%]		Längs:	-	Quer: -	
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht		Beton		
	18 °C	19 °C	18 °C	Oberflächenstruktur		Grinding 2,4/1,8		
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:			27.02.2018		Bau-, Erneuerungsjahr:		2017	
Bemerkungen								
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)								
Messbeginn: [°C]	17,8	17,5	17,9	17,4	17,5			
Messende: [°C]	17,6	17,7	17,6	17,6	17,8			
Mittelwert: [°C]	18	18	18	18	18			
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	K16	K18	K20	K21	K24	Bemerkungen	
	1. Ablesung	60	70	58	67	74		
	2. Ablesung	59	68	58	67	74		
	3. Ablesung	59	68	58	66	73		
	4. Ablesung	59	68	57	66	73		
	5. Ablesung	58	68	57	66	73		
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen							
Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):	59,0	68,4	57,6	66,4	73,4			
Temperaturkorrektur (k):	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1			
Messergebnis (Y = Y ₀ + k):	58	67	57	65	72			
SRT-Wert (Messfeld)						64	SRT-Einheiten	
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]							
	Mittelwert (Messfeld)							Sekunden
Prüfer: Herr Niedergesäß								

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 27.02.2018	Prüfnummer: 53/699/16							
Bauvorhaben: A5, Baulos 03 km 25,0-25,5		Prüfer: Niedergesäß, ABE	Sandvolumen [mm³]: 10000							
Station km/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
25,350	Grinding 2,4/1,8	K16	117	118	118	116	117,3	0,93	0,87	0,6 < MTD < 1,1
25,350		K18	111	115	114	115	113,8	0,98		
25,350		K20	108	111	115	109	110,8	1,04		
25,350		K21	106	107	407	105	181,3	0,39		
25,350		K24	109	112	110	112	110,8	1,04		

Anlage 1.2.1.1.c
zu Prüf.-Nr.: 53/699/16

Baustoffprüfung und Forschung
Prüfstelle nach DIN 1045
Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM
Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928
e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: http://www.abe-potsdam.de

Frost-Tausalz-Widerstand Prüfung nach dem CDF-Verfahren

Stahnsdorf, den 10.07.2018

Bauvorhaben	INGGO Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen
Bauteil	Bohrkerne aus Fahrbahndeckenbeton A5 Baulos 03 (km 25,0 - km 25,5)
Auftraggeber	FFG Österreich
Lieferwerk	k.A.
Herstelldatum	August 2017
Kennung/ Lieferscheinnr.	K16, K18, K20, K21, K24 Bohrkernabschnitte
Sorte	k.A.
Prüfvorschrift	DIN CEN/TS 12390-09 Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung, 2006-08 Prüfung mit Taumittellösung (CDF)
Bewertung	DIN EN 13877-2:2013
Inhaltsverzeichnis	1. Probenvorbereitung 2. Kapillares Saugen 3. Frost-Tau-Wechsel 4. Auswertung

1. Probenvorbereitung

Die angelieferten Probekörper wurden bis zum Beginn des kap.Saugens bei 20+/-2°C trocken gelagert.

Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

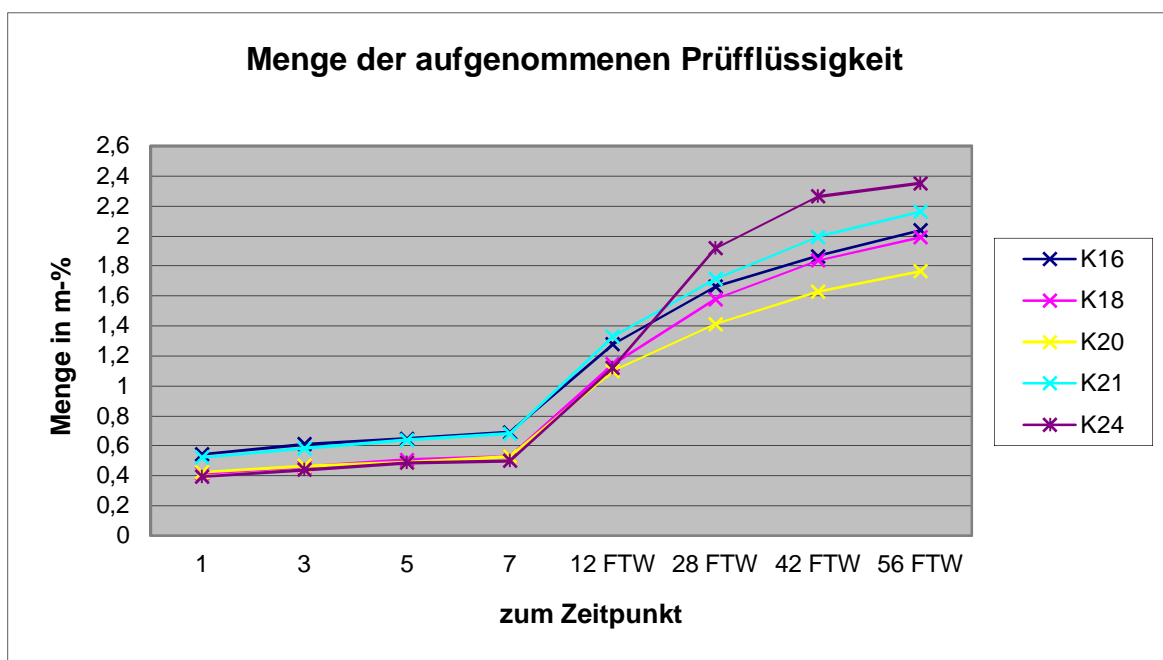
2. Kapillares Saugen

Prüfbeginn : 15.05.2018
Prüfflächen : Fahrbahnoberfläche
Prüfflüssigkeit : 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Menge der aufgesaugten Lösung in m-% nach Tagen / FT-Wechseln

Probenbezeichnung	1	3	5	7	12 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW
K16	0,5	0,6	0,6	0,7	1,3	1,7	1,9	2,0
K18	0,4	0,5	0,5	0,5	1,1	1,6	1,8	2,0
K20	0,4	0,5	0,5	0,5	1,1	1,4	1,6	1,8
K21	0,5	0,6	0,6	0,7	1,3	1,7	2,0	2,2
K24	0,4	0,4	0,5	0,5	1,1	1,9	2,3	2,4

Grafik 1



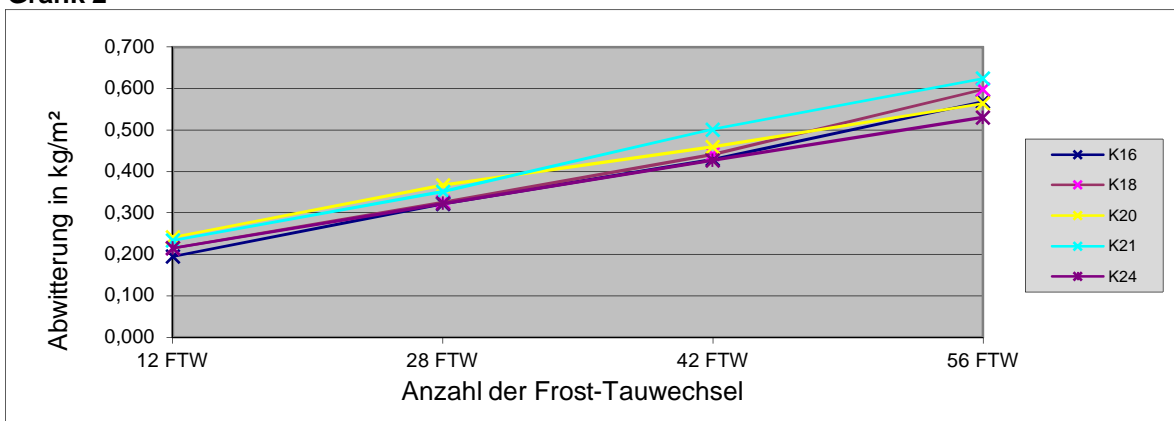
3. Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn 22.05.2018
Prüfende 19.06.2018
Prüfdauer 56 Frost-Tau-Wechsel
Prüfflächen 5 x 0,0177 m²

**Tabelle 2 Abgewitterte Prüfkörpermasse während der Frost-Tau-Wechsel
Abwitterung in kg/m²**

PK-Nr.	12 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW	m ₅₆ /m ₂₈
K16	0,194	0,322	0,429	0,569	1,768
K18	0,215	0,325	0,441	0,597	1,835
K20	0,241	0,366	0,459	0,563	1,538
K21	0,233	0,351	0,501	0,624	1,775
K24	0,215	0,322	0,427	0,530	1,646
Mittel	0,220	0,337	0,451	0,577	
Stabw.	0,016	0,018	0,027	0,032	

Grafik 2




4. Auswertung

PK	K16	K18	K20	K21	K24	
Art der PK	BK 150	BK 150	BK 150	BK 150	BK 150	
Ver- änderungen visuell nach	14 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	28 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	42 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	56 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
MW m ₂₈ < 0,5 kg/m ²	ja					
EW m ₅₆ < 1,5 kg/m ²	ja	ja	ja	ja	ja	
MW m ₅₆ < 1,0 kg/m ²	ja					
m ₅₆ /m ₂₈ < 2	ja	ja	ja	ja	ja	

Im Ergebnis der Untersuchung ist der Frost/Tauwiderstand der Prüfkörper K16 bis K24 nach 56 Frost-Tau-Wechseln einer Kategorie FT2 nach DIN EN 13877-2:2013 zuzuordnen. Alle Anforderungen werden erfüllt. **Die Prüfung gilt damit als bestanden.**

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Jan 19	Auftraggeber		Österreichische Forschungsg.			
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.		53/699/16			
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Jan 19	Anlage Nr.		1.2.1.1.c.a			
Fußring	Nr. : 992	Gültig bis: Jan 21	Baumaßnahme/Messstrecke		INGGO A 5, Baulos 03, km 25,0-25,5			
Datum/Uhrzeit	29.11.2018 / 13:30 Uhr		örtliche Lage					
Wetter	Labor							
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	17 °C		Messfeld/Messlinie		-			
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	17 °C		Neigung [%]		Längs:	-	Quer: -	
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht		Beton		
	17 °C	16 °C	17 °C	Oberflächenstruktur		Grinding 2,4/1,8		
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:			29.11.2018		Bau-, Erneuerungsjahr:		2017	
Bemerkungen								
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)								
Messbeginn: [°C]	15,4	15,0	15,2	15,4	15,4			
Messende: [°C]	15,5	15,5	15,3	15,0	15,2			
Mittelwert: [°C]	15	15	15	15	15			
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	K16	K18	K20	K21	K24	Bemerkungen	
	1. Ablesung	75	72	72	74	75		
	2. Ablesung	75	71	73	72	76		
	3. Ablesung	74	70	73	72	74		
	4. Ablesung	74	70	72	70	74		
	5. Ablesung	73	70	70	71	75		
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen			70	71			
				70	71			
Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):	74,2	70,6	70,0	71,0	74,8			
Temperaturkorrektur (k):	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8			
Messergebnis (Y = Y ₀ + k):	71	68	67	68	72			
SRT-Wert (Messfeld)						69	SRT-Einheiten	
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]							
	Mittelwert (Messfeld)							Sekunden
Prüfer: Herr Gresky								

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 27.11.2018	Prüfnummer: 53/699/16							
Bauvorhaben: A5, Baulos 03 km 25,0-25,5		Prüfer: Gresky, ABE	Sandvolumen [mm ³]: 10000							
Station km/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
25,350	Grinding 2,4/1,8	K16	119	114	116	118	116,8	0,93	1,05	0,6 < MTD < 1,1
25,350		K18	113	112	115	109	112,3	1,01		
25,350		K20	118	105	103	117	110,8	1,04		
25,350		K21	110	104	109	102	106,3	1,13		
25,350		K24	104	105	107	103	104,8	1,16		

Anlage 1.2.2

Segmentabstand 2,8/2,2

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Jan 19	Auftraggeber		Österreichische Forschungsg.				
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.		53/699/16				
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Jan 19	Anlage Nr.		1.2.2.1.a				
Fußring	Nr. : 992	Gültig bis: Jan 21	Baumaßnahme/Messstrecke		INGGO A 5, Baulos 03, km 25,0-25,5				
Datum/Uhrzeit	28.02.2018 / 11:30 Uhr		örtliche Lage						
Wetter	Labor								
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	20 °C		Messfeld/Messlinie		-				
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	20 °C		Neigung [%]		Längs:	-	Quer: -		
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht		Beton			
	19 °C	19 °C	19 °C	Oberflächenstruktur		Grinding 2,8/2,2			
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:			27.02.2018		Bau-, Erneuerungsjahr:		2017		
Bemerkungen									
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)									
Messbeginn: [°C]	18,6	18,2	18,8	18,5	18,6				
Messende: [°C]	18,3	18,5	18,6	18,9	18,9				
Mittelwert: [°C]	18	18	19	19	19				
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	K5	K8	K9	K11	K13		Bemerkungen	
	1. Ablesung	59	63	75	62	74			
	2. Ablesung	58	63	75	62	74			
	3. Ablesung	58	63	75	61	73			
	4. Ablesung	56	62	74	60	73			
	5. Ablesung	56	62	73	60	72			
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen								
	Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):		57,4	62,6	74,4	61,0	73,2		
	Temperaturkorrektur (k):		-1,1	-1,1	-0,6	-0,6	-0,6		
	Messergebnis (Y = Y ₀ + k):		56	62	74	60	73		
SRT-Wert (Messfeld)						65	SRT-Einheiten		
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]								
	Mittelwert (Messfeld)						Sekunden		
Prüfer: Herr Niedergesäß									

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 27.02.2018	Prüfnummer: 53/699/16							
Bauvorhaben: A5 Baulos 03 km 25,0 - 25,5		Prüfer: Niedergesäß, ABE	Sandvolumen [mm ³]: 10000							
Station km/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
25,350	Grinding 2,8/2,2	K 5	105	105	104	105	104,8	1,16	1,07	0,6 < MTD < 1,1
25,350		K 8	115	120	118	118	117,8	0,92		
25,350		K 9	98	99	105	104	101,5	1,24		
25,350		K 11	105	108	112	106	107,8	1,10		
25,350		K13	115	116	117	117	116,3	0,94		

Anlage 1.2.2.1.c
zu Prüf.-Nr.: 53/699/16

Baustoffprüfung und Forschung
Prüfstelle nach DIN 1045
Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM
Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928
e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: http://www.abe-potsdam.de

Frost-Tausalz-Widerstand Prüfung nach dem CDF-Verfahren

Stahnsdorf, den 22.05.2018

Bauvorhaben	INGGO Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen
Bauteil	Bohrkerne aus Fahrbahndeckenbeton A5 Baulos 03 (km 25,0 - km 25,5)
Auftraggeber	FFG Österreich
Lieferwerk	k.A.
Herstelldatum	August 2017
Kennung/ Lieferscheinr.	K5, K8, K9, K11, K13 Borhkernabschnitte
Sorte	k.A.
Prüfvorschrift	DIN CEN/TS 12390-09 Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung, 2006-08 Prüfung mit Taumittellösung (CDF)
Bewertung	DIN EN 13877-2:2013
Inhaltsverzeichnis	1. Probenvorbereitung 2. Kapillares Saugen 3. Frost-Tau-Wechsel 4. Auswertung

1. Probenvorbereitung

Die angelieferten Probekörper wurden bis zum Beginn des kap.Saugens bei 20+/-2°C trocken gelagert.

Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

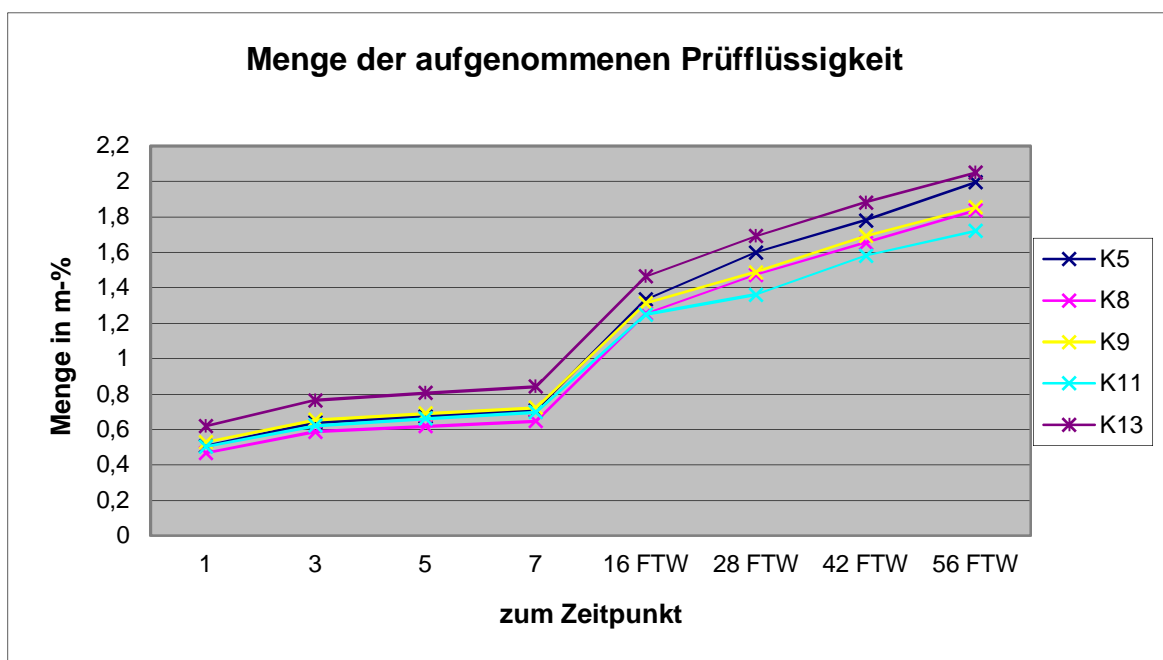
2. Kapillares Saugen

Prüfbeginn : 17.04.2018
Prüfflächen : Fahrbahnoberfläche
Prüfflüssigkeit : 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Menge der aufgesaugten Lösung in m-% nach Tagen / FT-Wechseln

Probenbezeichnung	1	3	5	7	16 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW
K5	0,5	0,6	0,7	0,7	1,3	1,6	1,8	2,0
K8	0,5	0,6	0,6	0,6	1,3	1,5	1,7	1,8
K9	0,5	0,7	0,7	0,7	1,3	1,5	1,7	1,9
K11	0,5	0,6	0,7	0,7	1,2	1,4	1,6	1,7
K13	0,6	0,8	0,8	0,8	1,5	1,7	1,9	2,0

Grafik 1



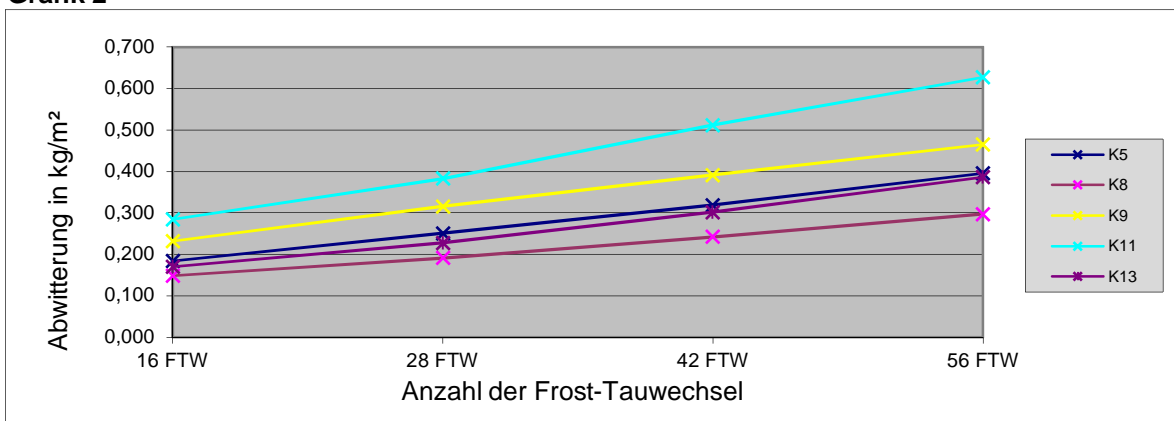
3. Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn 24.04.2018
Prüfende 22.05.2018
Prüfdauer 56 Frost-Tau-Wechsel
Prüfflächen 5 x 0,0177 m²

**Tabelle 2 Abgewitterte Prüfkörpermasse während der Frost-Tau-Wechsel
Abwitterung in kg/m²**

PK-Nr.	16 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW	m ₅₆ /m ₂₈
K5	0,183	0,251	0,319	0,395	1,577
K8	0,148	0,191	0,242	0,297	1,553
K9	0,232	0,315	0,391	0,465	1,477
K11	0,284	0,383	0,512	0,627	1,637
K13	0,170	0,228	0,302	0,386	1,695
Mittel	0,204	0,274	0,353	0,434	
Stabw.	0,049	0,068	0,092	0,110	

Grafik 2



4. Auswertung

PK	K5	K8	K9	K11	K13
Art der PK	BK 150	BK 150	BK 150	BK 150	BK 150
Ver- änderungen visuell nach	14 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	28 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	42 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	56 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
MW m ₂₈ < 0,5 kg/m ²	ja				
EW m ₅₆ < 1,5 kg/m ²	ja	ja	ja	ja	ja
MW m ₅₆ < 1,0 kg/m ²	ja				
m ₅₆ /m ₂₈ < 2	ja	ja	ja	ja	ja

Im Ergebnis der Untersuchung ist der Frost/Tauwiderstand der Prüfkörper K5 bis K13 nach 56 Frost-Tau-Wechseln einer Kategorie FT2 nach DIN EN 13877-2:2013 zuzuordnen. Alle Anforderungen werden erfüllt. **Die Prüfung gilt damit als bestanden.**

Kombinierte Griffigkeitsmessungen

Pendelgerät	Nr. : 7573	Nächste Kalibrierung: Jan 19	Auftraggeber		Österreichische Forschungsg.			
BAM Gleitkörper	Nr. : 1953	Gültig bis: Jul 19	Auftrag-Nr.		53/699/16			
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Nr. : 274	Nächste Kalibrierung: Jan 19	Anlage Nr.		1.2.2.1.c.a			
Fußring	Nr. : 992	Gültig bis: Jan 21	Baumaßnahme/Messstrecke		INGGO A 5, Baulos 03, km 25,0-25,5			
Datum/Uhrzeit	29.12.2018 / 12:00 Uhr		örtliche Lage					
Wetter	Labor							
Lufttemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	17	°C	Messfeld/Messlinie		-			
Fahrbahntemperatur: (min 5 °C; max. 40 °C)	18	°C	Neigung [%]		Längs:	-	Quer: -	
Wassertemperatur: (max. (Lufttemperatur ± 15 K))	Messbeginn	Messende	Mittelwert	Art der Deckschicht		Beton		
	18 °C	16 °C	20 °C	Oberflächenstruktur		Grinding 2,8/2,2		
Datum der letzten Eigenüberwachung des SRT-Pendels:			27.02.2018		Bau-, Erneuerungsjahr:		2017	
Bemerkungen								
Temperatur des Gleitkörpers (angenässter Zustand): (5-40 °C)								
Messbeginn: [°C]	15,1	15,4	15,0	15,6	15,1			
Messende: [°C]	15,3	15,2	15,3	15,3	15,3			
Mittelwert: [°C]	15	15	15	15	15			
SRT-Pendelgerät	Messpunkt Nr.	K5	K8	K9	K11	K13		Bemerkungen
	1. Ablesung	75	70	75	74	74		
	2. Ablesung	73	69	74	75	74		
	3. Ablesung	75	69	73	74	74		
	4. Ablesung	74	69	72	74	73		
	5. Ablesung	73	70	73	74	73		
	erforderlichenfalls weitere Ablesungen							
Mittel 1. bis 5. Ablesung (Messwert des Messpunktes) (Y ₀):	74,0	69,4	73,4	74,2	73,6			
Temperaturkorrektur (k):	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8			
Messergebnis (Y = Y ₀ + k):	71	67	71	71	71			
SRT-Wert (Messfeld)							70	SRT-Einheiten
Ausflussmesser (DIN EN 13036-3)	Messwerte [s]							
	Mittelwert (Messfeld)							
Prüfer: Herr Gresky								

Auftraggeber: Österreichische Forschungsges.		Datum: 27.11.2018		Prüfnummer: 53/699/16						
Bauvorhaben: A5 Baulos 03		Prüfer: Gresky, ABE		Sandvolumen [mm ³]: 10000						
km 25,0 - 25,5										
Station km/ Plattenr.	Ober- fläche	Bohrkern	Durchmesser der Kreisfläche [mm]				Durchmesser- mittelwert [mm]	Rauhtiefe [mm]	Rauhtiefen- mittelwert [mm]	Soll
			d1	d2	d3	d4	D	mtd	MTD	
25,350	Grinding 2,8/2,2	K 5	113	108	96	109	106,5	1,12	1,08	0,6 < MTD < 1,1
25,350		K 8	117	120	107	118	115,5	0,95		
25,350		K 9	104	105	111	91	102,8	1,21		
25,350		K 11	105	106	105	113	107,3	1,11		
25,350		K13	116	110	115	111	113,0	1,00		

Anlage 2

Laboruntersuchungen

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfaßt 1 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Prüfbericht-Nr.: 53/699/16	ABE Bauprüf- und -beratungsges. mbH Ruhlsdorferstr. 95, 14532 Stahnsdorf Tel.: 0 3329 / 6069 0 Fax: 0 3329 / 606928	
----------------------------	---	---

Naß - Trockensiebung

nach DIN EN 933-1

Bauvorhaben: Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen	Entnahmestelle: Haufwerk 0/2
Auftraggeber: Österreichische Forschungsgesellschaft	Entnahmeart: gestört
Bemerkungen: Hengl Mineral Werk Limberg	Lieferkörnung: Brechsand 0/2
	Lieferwerk: Limberg
	Anforderung: G _F 85, f ₁₀
Entnahme am: angeliefert durch:	

Prüfsiebe [mm]	Siebrückstand [g]	Siebrückstand [%]	Siebdurchgang [%]	
22		0,0	100,0	
16		0,0	100,0	
11,2		0,0	100,0	
8		0,0	100,0	
5,6		0,0	100,0	
4	0,1	0,0	100,0	
2,8	9,0	1,9	98,0	
2	78,0	16,8	81,3	
1	143,9	30,9	50,3	
0,5	83,3	17,9	32,4	
0,25	65,5	14,1	18,3	
0,125	44,1	9,5	8,8	
0,063	19,9	4,3	4,6	
< 0,063	21,2	4,6	0,0	

Rohdichte und Wasseraufnahme nach DIN 1097-6 :

auf ofentrockener Basis 2,78 Mg/m³

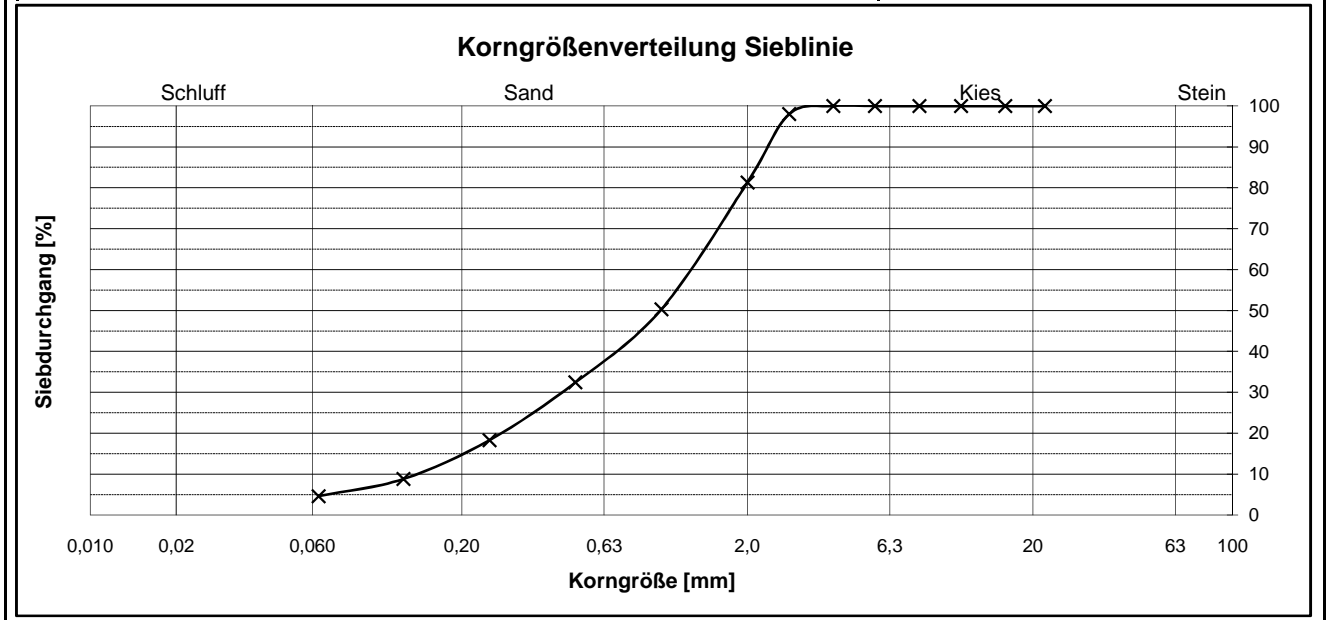
auf wassergesättigter u. oberflächentrockener Basis 2,80 Mg/m³

Wasseraufnahme WA₂₄: 0,7 M.-%

Trockenrohdsichte nach DIN 1097-6, Anhang A

Trockenrohdsichte pp : 2,76 Mg/m³

Einwaage:	465,0 g
Siebverlust:	0,0 g
Siebverlust:	0,0 %
nat. Wassergehalt:	%



d ₁₀ = 0,141	Ungleichförmigkeitszahl U = 9,3	Anteil < 0,063 mm 4,6 %
d ₃₀ = 0,457	Krümmungszahl C _C = 1,1	Anteil > 2,00 mm 18,7 %
d ₆₀ = 1,313	Durchlässigkeit k _f [m/s]	

**ABE**

ABE Baupruef- und -beratungsgesell. mbH
 Ruhlsdorfer Str. 95
 14532 Stahnsdorf
 Tel.: 03329 6069-0 / Fax: 03329 6069-28

Pruefungs-Nr.: 53/699/16
 Anlage:
 zu:

Bestimmung des Wassergehaltes

Pruefungs-Nr.: 53/699/16
 Bauvorhaben : Innovative Grinding- und
 Grooving-Oberflächen
 Auftraggeber : Österreichische Forschungs-
 gesellschaft mbH
 Datum: 18.01.2018

Entnahmestelle : Haufwerk 0/2
 Hengl Mineral GmbH
 Entnahmetiefe : -
 Art der Entnahme: -
 Entnahme am : -
 durch : Auftraggeber

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse feuchte Probe + Behälter [g]	3055,60	3065,40	3089,50
Masse trockene Probe + Behälter [g]	2963,20	2972,70	2993,60
Masse des Behälters mB [g]	1340,60	1260,80	1250,80
Porenwasser mw [g]	92,40	92,70	95,90
Masse der trockenen Probe md [g]	1622,60	1711,90	1742,80
Wassergehalt w [%]	5,7	5,4	5,5
Mittelwert w [%]	5,5		

Bestimmung der Kernfeuchte

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse der oberflächentrockenen Gesteinskörnung mf + mB [g]	2978,8	2973,9	984,9
Masse der ofengetrockneten Messprobe md + mB [g]	2963,2	2972,7	982,1
Masse des Behälters mB [g]	1340,6	1260,8	517,3
Porenwasser mw [g]	10,6	10,6	2,8
Masse der ofengetrockneten Messprobe md [g]	0,1	1711,9	464,8
Kernfeuchte wk [%]	0,7	0,7	0,6
Mittelwert wk [%]	0,7		

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfaßt 1 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Prüfbericht-Nr.: 53/699/16	ABE Bauprüf- und -beratungsges. mbH Ruhlsdorferstr. 95, 14532 Stahnsdorf Tel.: 0 3329 / 6069 0 Fax: 0 3329 / 606928	
----------------------------	---	---

Naß - Trockensiebung

nach DIN EN 933-1

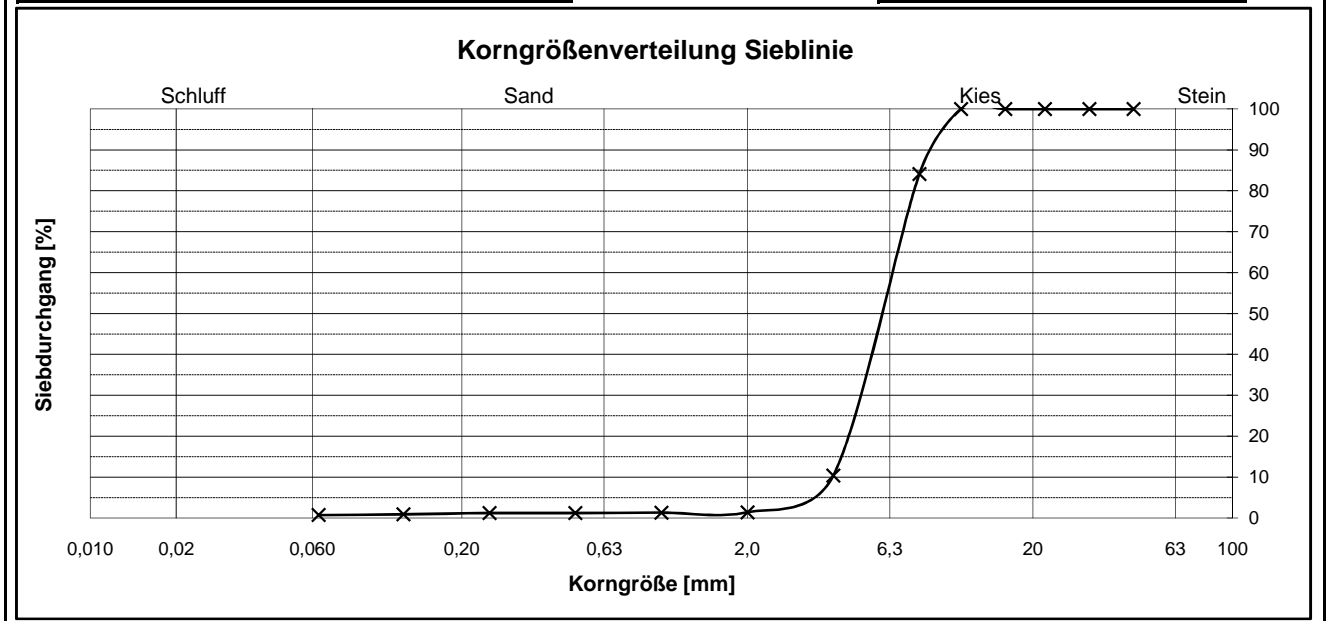
Bauvorhaben: Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen	Entnahmestelle: Haufwerk 2/8
Auftraggeber: Österreichische Forschungsgesellschaft	Entnahmeart: gestört
Bemerkungen: Hengl Mineral Werk Limberg	Lieferkörnung: Splitt 2/8
	Lieferwerk: Limberg
	Anforderung: G _C 85/20
Entnahme am: angeliefert durch:	

Prüfsiebe [mm]	Siebrückstand [g]	Siebrückstand [%]	Siebdurchgang [%]
45		0,0	100,0
31,5		0,0	100,0
22		0,0	100,0
16		0,0	100,0
11,2		0,0	100,0
8	103,3	15,9	84,1
4	479,1	73,7	10,4
2	58,2	9,0	1,4
1	1,0	0,2	1,3
0,5	0,2	0,0	1,2
0,25	0,5	0,1	1,2
0,125	1,8	0,3	0,9
0,063	1,5	0,2	0,7
< 0,063	4,3	0,7	0,0

Rohdichte und Wasseraufnahme nach DIN 1097-6 :
 auf ofentrockener Basis 2,71 Mg/m³
 auf wassergesättigter u. oberflächentrockener Basis 2,73 Mg/m³
 Wasseraufnahme WA₂₄ : 0,8 M.-%

Trockenrohichte nach DIN 1097-6, Anhang A
 Trockenrohichte pp : 2,75 Mg/m³

Einwaage:	649,9 g
Siebverlust:	0,0 g
Siebverlust:	0,0 %
nat. Wassergehalt:	%



d ₁₀ = 3,911	Ungleichförmigkeitszahl U = 1,7	Anteil < 0,063 mm = 0,7 %
d ₃₀ = 5,064	Krümmungszahl C _C = 1,0	Anteil > 2,00 mm = 98,6 %
d ₆₀ = 6,692	Durchlässigkeit k _f [m/s]	

**ABE**ABE Bauprüf- und -beratungsgesell. mbH
Ruhlsdorfer Str. 95
14532 Stahnsdorf
Tel.: 03329 6069-0 / Fax: 03329 6069-28Prüfungs-Nr.: 53/699/16
Anlage:
zu:

Bestimmung des Wassergehaltes

Prüfungs-Nr.: 53/699/16
Bauvorhaben: Innovative Grinding- und
Grooving-Oberflächen
Auftraggeber: Österreichische Forschungs-
gesellschaft mbH
Datum: 18.01.2018Entnahmestelle: Haufwerk 2/8
Hengl Mineral GmbH
Entnahmetiefe: -
Art der Entnahme: -
Entnahme am: -
durch: Auftraggeber

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse feuchte Probe + Behälter [g]	3970,50	3957,70	3971,80
Masse trockene Probe + Behälter [g]	3941,90	3928,90	3938,50
Masse des Behälters mB [g]	2188,70	2186,40	2186,10
Porenwasser mw [g]	28,60	28,80	33,30
Masse der trockenen Probe md [g]	1753,20	1742,50	1752,40
Wassergehalt w [%]	1,6	1,7	1,9
Mittelwert w [%]	1,7		

Bestimmung der Kernfeuchte

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse der oberflächentrockenen Gesteinskörnung mf + mB [g]	3953,2	3941,1	3951,4
Masse der ofengetrockneten Messprobe md + mB [g]	3941,9	3928,9	3938,5
Masse des Behälters mB [g]	2188,7	2186,4	2186,1
Porenwasser mw [g]	11,3	12,2	12,9
Masse der ofengetrockneten Messprobe md [g]	1753,2	1742,5	1752,4
Kernfeuchte wk [%]	0,7	0,7	0,7
Mittelwert wk [%]	0,7		

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfaßt 1 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Prüfbericht-Nr.: 53/699/16	ABE Bauprüf- und -beratungsges. mbH Ruhlsdorferstr. 95, 14532 Stahnsdorf Tel.: 0 3329 / 6069 0 Fax: 0 3329 / 606928	
----------------------------	---	---

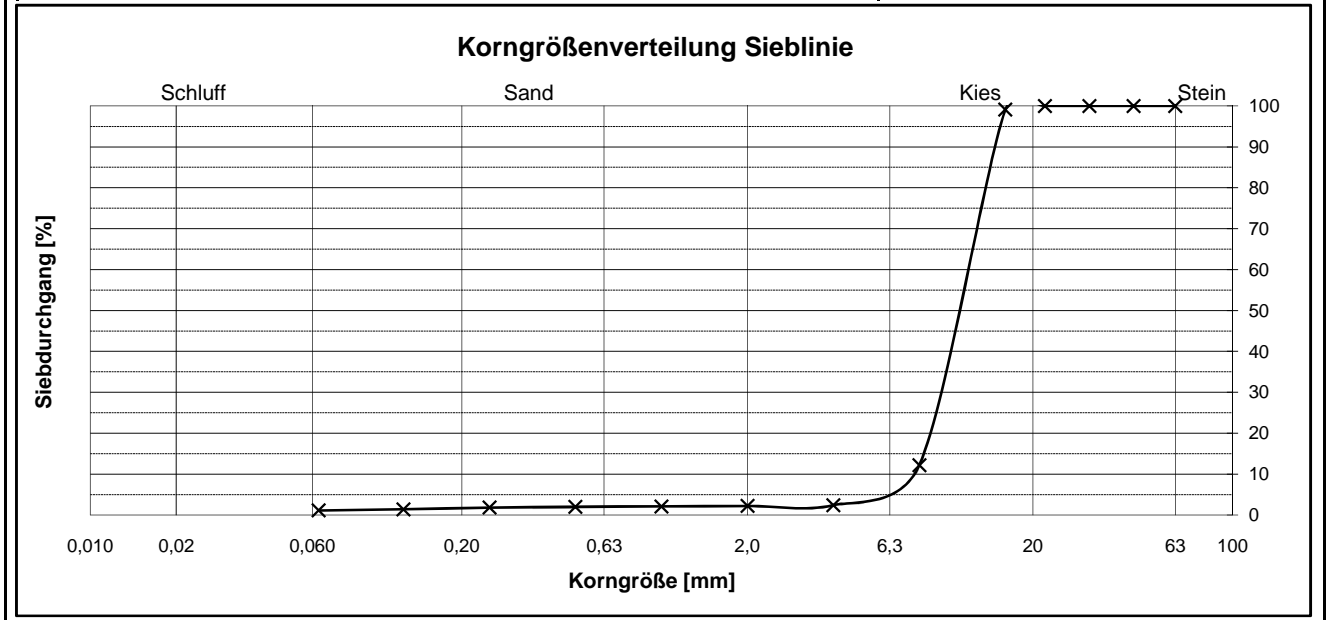
Naß - Trockensiebung

nach DIN EN 933-1

Bauvorhaben: Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen	Entnahmestelle: Haufwerk 8/16
Auftraggeber: Österreichische Forschungsgesellschaft	Entnahmekategorie: gestört
Bemerkungen: Hengl Mineral Werk Limberg	Lieferkörnung: Splitt 8/16
	Lieferwerk: Limberg
	Anforderung: GC _{85/20}
Entnahme am: angeliefert durch:	

Prüfsiebe [mm]	Siebrückstand [g]	Siebrückstand [%]	Siebdurchgang [%]	
63		0,0	100,0	Rohdichte und Wasseraufnahme nach DIN 1097-6 : auf ofentrockener Basis 2,76 Mg/m ³ auf wassergesättigter u. oberflächentrockener Basis 2,77 Mg/m ³ Wasseraufnahme WA ₂₄ : 0,6 M.-%
45		0,0	100,0	
31,5		0,0	100,0	
22		0,0	100,0	
16	26,0	0,9	99,1	Trockenrohddichte nach DIN 1097-6, Anhang A Trockenrohddichte pp : 2,81 Mg/m ³
8	2.474,9	86,9	12,2	
4	278,4	9,8	2,4	
2	5,4	0,2	2,2	
1	2,2	0,1	2,1	
0,5	3,8	0,1	2,0	
0,25	5,3	0,2	1,8	
0,125	13,1	0,5	1,4	
0,063	6,8	0,2	1,1	
< 0,063	32,1	1,1	0,0	

Einwaage:	2.848,0 g
Siebverlust:	0,0 g
Siebverlust:	0,0 %
nat. Wassergehalt:	%



d ₁₀ = 7,102	Ungleichförmigkeitszahl U = 1,7	Anteil < 0,063 mm = 1,1 %
d ₃₀ = 9,639	Krümmungszahl C _C = 1,1	Anteil > 2,00 mm = 97,8 %
d ₆₀ = 12,400	Durchlässigkeit k _f [m/s]	

**ABE**

ABE Baupruef- und -beratungsgesell. mbH
 Ruhlsdorfer Str. 95
 14532 Stahnsdorf
 Tel.: 03329 6069-0 / Fax: 03329 6069-28

Pruefungs-Nr.: 53/699/16
 Anlage:
 zu:

Bestimmung des Wassergehaltes

Pruefungs-Nr.: 53/699/16
 Bauvorhaben : Innovative Grinding- und
 Grooving-Oberflächen
 Auftraggeber : Österreichische Forschungs-
 gesellschaft mbH
 Datum: 18.01.2018

Entnahmestelle : Haufwerk 8/16
 Hengl Mineral GmbH
 Entnahmetiefe : -
 Art der Entnahme: -
 Entnahme am : -
 durch : Auftraggeber

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse feuchte Probe + Behälter [g]	4032,80	4088,50	4109,10
Masse trockene Probe + Behälter [g]	3995,40	4049,50	4069,00
Masse des Behälters mB [g]	823,40	867,80	883,10
Porenwasser mw [g]	37,40	39,00	40,10
Masse der trockenen Probe md [g]	3172,00	3181,70	3185,90
Wassergehalt w [%]	1,2	1,2	1,3
Mittelwert w [%]	1,2		

Bestimmung der Kernfeuchte

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse der oberflächentrockenen Gesteinskörnung mf + mB [g]	4014,1	4069,0	4089,0
Masse der ofengetrockneten Messprobe md + mB [g]	3995,4	4049,5	4069,0
Masse des Behälters mB [g]	823,4	867,8	883,1
Porenwasser mw [g]	18,7	19,5	20,0
Masse der ofengetrockneten Messprobe md [g]	3172,0	3181,7	3185,9
Kernfeuchte wk [%]	0,6	0,6	0,6
Mittelwert wk [%]	0,6		

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfaßt 1 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Prüfbericht-Nr.: 53/699/16	ABE Bauprüf- und -beratungsges. mbH Ruhlsdorferstr. 95, 14532 Stahnsdorf Tel.: 0 3329 / 6069 0 Fax: 0 3329 / 606928	
----------------------------	---	---

Naß - Trockensiebung

nach DIN EN 933-1

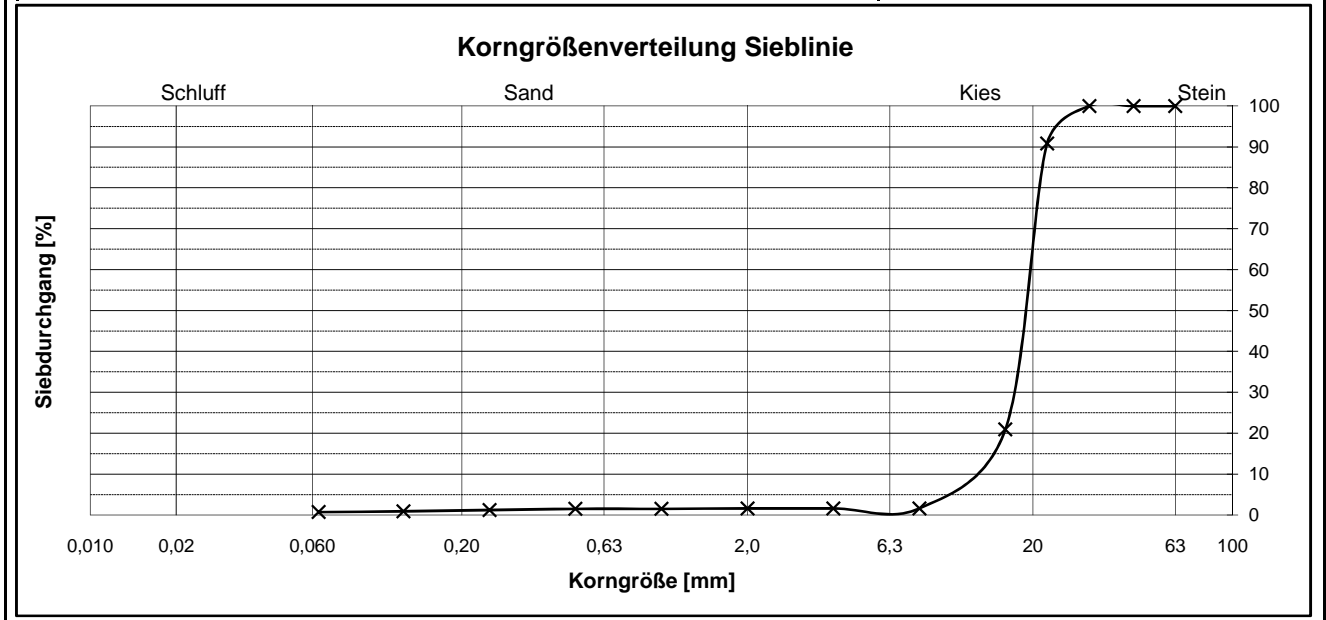
Bauvorhaben: Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen	Entnahmestelle: Haufwerk 16/22
Auftraggeber: Österreichische Forschungsgesellschaft	Entnahmeart: gestört
Bemerkungen: Hengl Mineral Werk Limberg	Lieferkörnung: Splitt 16/22
	Lieferwerk: Limberg
	Anforderung: G _C 90/15
Entnahme am: angeliefert durch:	

Prüfsiebe [mm]	Siebrückstand [g]	Siebrückstand [%]	Siebdurchgang [%]
63		0,0	100,0
45		0,0	100,0
31,5		0,0	100,0
22,4	468,3	9,2	90,8
16	3.576,1	70,0	20,9
8	982,1	19,2	1,6
4	3,0	0,1	1,6
2	0,1	0,0	1,6
1	1,1	0,0	1,5
0,5	4,9	0,1	1,5
0,25	11,9	0,2	1,2
0,125	17,1	0,3	0,9
0,063	7,7	0,2	0,7
< 0,063	37,5	0,7	0,0

Rohdichte und Wasseraufnahme nach DIN 1097-6 :
auf ofentrockener Basis 2,75 Mg/m³
auf wassergesättigter u. oberflächentrockener Basis 2,76 Mg/m³
Wasseraufnahme WA₂₄ : 0,5 M.-%

Trockenrohddichte nach DIN 1097-6, Anhang A
Trockenrohddichte pp : 2,78 Mg/m³

Einwaage:	5.109,8 g
Siebverlust:	0,0 g
Siebverlust:	0,0 %
nat. Wassergehalt:	%



d ₁₀ = 11,482	Ungleichförmigkeitszahl U = 1,7	Anteil < 0,063 mm = 0,7 %
d ₃₀ = 16,833	Krümmungszahl C _C = 1,3	Anteil > 2,00 mm = 98,4 %
d ₆₀ = 19,580	Durchlässigkeit k _f [m/s]	

**ABE**

ABE Baupruef- und -beratungsgesell. mbH
 Ruhlsdorfer Str. 95
 14532 Stahnsdorf
 Tel.: 03329 6069-0 / Fax: 03329 6069-28

Pruefungs-Nr.: 53/699/16
 Anlage:
 zu:

Bestimmung des Wassergehaltes

Pruefungs-Nr.: 53/699/16
 Bauvorhaben : Innovative Grinding- und
 Grooving-Oberflächen
 Auftraggeber : Österreichische Forschungs-
 gesellschaft mbH
 Datum: 18.01.2018

Entnahmestelle : Haufwerk 16/22
 Hengl Mineral GmbH
 Entnahmetiefe : -
 Art der Entnahme: -
 Entnahme am : -
 durch : Auftraggeber

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse feuchte Probe + Behälter [g]	6004,10	6047,90	6078,50
Masse trockene Probe + Behälter [g]	5956,10	6065,70	6034,40
Masse des Behälters mB [g]	1283,20	1267,20	1271,10
Porenwasser mw [g]	48,00	42,20	44,10
Masse der trockenen Probe md [g]	4672,90	4738,50	4763,30
Wassergehalt w [%]	1,0	0,9	0,9
Mittelwert w [%]	0,9		

Bestimmung der Kernfeuchte

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse der oberflächentrockenen Gesteinskörnung mf + mB [g]	5919,2	6029,8	6059,0
Masse der ofengetrockneten Messprobe md + mB [g]	5956,1	6005,7	6034,4
Masse des Behälters mB [g]	1283,2	1267,2	1271,1
Porenwasser mw [g]	23,1	24,1	24,6
Masse der ofengetrockneten Messprobe md [g]	4672,9	4738,5	4763,3
Kernfeuchte wk [%]	0,5	0,5	0,5
Mittelwert wk [%]	0,5		

LEISTUNGSERKLÄRUNG

Nr. 01-01-03001 für das Produktionsjahr 2017

1. Eindeutiger Kenncode des Produkttyps:

Betonzuschlag GK 0/2, 2/4 4/8, 8/11 aus natürlichem, quarzhaltigen Gestein

2. Verwendungszweck(e):

Gesteinskörnungen für die Herstellung von Beton gemäß EN 12620.

Die Gesteinskörnungen sind zur Herstellung von Betonen gemäß ÖNORM B 4710-1:2007, mit Ausnahme der Betonklassen XA2L und XA3L

3. Hersteller:

HENGL Mineral GmbH Hauptstraße 39; 3721 Limberg

Produktionsstätte: WERK Limberg Hauptstraße 39; 3721 Limberg

4. System(e) zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit:

System 2+

5. Harmonisierten Norm: EN 12620:2008

Notifizierte Stelle(n): Austrian Standards plus Certification, Nr. 0988

6. Erklärte Leistung: Siehe Beilage 1


Die Leistung des vorstehenden Produkts entspricht der erklärten Leistung/ den erklärten Leistungen. Für die Herstellung der Leistungserklärung im Einklang mit der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 ist allein der obengenannte Hersteller verantwortlich.

Unterzeichnet für den Hersteller und im Namen des Herstellers von:

DI Bernhard Smöch, WPK- Beauftragter

(Name und Funktion)

Limberg, 09.01.2017
(Ort und Datum der Ausstellung)


Hengl Mineral GmbH
A-3721 Limberg, Hauptstraße 39
T: 02958/88223-0, office@hengl.at
.....
(Unterschrift)



0988-CPR-0103

6. Erklärte Leistung

Beilage 1 zu Nr. 01-01-03001

Wesentliche Merkmale	Leistung				Harmonisierte technische Spezifikation	
	0/2	2/4	4/8	8/11		
Kornform, -größe und Rohdichte 4.2 Korngruppe 4.3 Kornzusammensetzung 4.4 Kornform von groben Gesteinskörnungen 5.5 Kornrohddichte (ρ_a) in Mg/m ³	0/2 Gr85 - 2,72–2,78	2/4 Gc90/15 Sl ₁₅ 2,72–2,78	4/8 Gc90/15 Sl ₁₅ 2,72–2,78	8/11 Gc90/15 Sl ₁₅ 2,726–2,78	EN 12620:2008	
Reinheit 4.5 Muschelschalengehalt grober Gesteinskörnungen 4.6 Gehalt an Feinanteilen	SC ₁₀ f ₁₀	SC ₁₀ f _{1,5}	SC ₁₀ f _{1,5}	SC ₁₀ f _{1,5}		
Widerstand gegen Zertrümmerung/Brechen 5.2 Widerstand gegen Zertrümmerung von groben Gesteinskörnungen	LA ₂₀ (ermittelt an Referenzkörnung 8/11)					
Widerstand gegen Polieren/Abrieb/Verschleiß 5.3 Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen 5.4.1 Widerstand gegen Polieren 5.4.2 Widerstand gegen Oberflächenabrieb 5.4.3 Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	NPD PWS _{0,50} NPD NPD	NPD PSV ₅₀ NPD NPD	NPD PSV ₅₀ NPD NPD	NPD PSV ₅₀ NPD NPD		
Zusammensetzung/Gehalt 5.8 Bestandteile von groben rezyklierten Gesteinskörnungen 6.2 Chloride 6.3.1 Säurelösliche Sulfate 6.3.2 Gesamtschwefelgehalt 6.3.3 Gehalt von rezyklierten Gesteinskörnungen an wasserlöslichem Sulfat 6.4.1 Bestandteile, von natürlichen Gesteinskörnungen, die das Erstarrungs- und Erhärtungsverhalten des Betons verändern 6.4.1 Einfluss auf den Erstarrungsbeginn von Zement (bei rezyklierten Gesteinskörnungen) 6.5 Carbonatgehalt von feinen Gesteinskörnungen für Deckschichten aus Beton	keine recycelte Gesteinskörnung ≤ 0,01 %, chloridfrei AS _{0,8} NPD keine recycelte Gesteinskörnung bestanden keine recycelte Gesteinskörnung NPD					
Raumbeständigkeit 5.7.2 Raumbeständigkeit – Schwinden infolge Austrocknen 6.4.2 Bestandteile, die die Raumbeständigkeit von Hochofenstüchschlacke beeinflussen	bestanden keine Schlacke					
Wasseraufnahme 5.5 Wasseraufnahme	NPD					
Gefährliche Substanzen H.3.3 Angaben zum Rohmaterial (petrographische Beschreibung) - Freisetzung von Radioaktivität (für Gesteinskörnungen aus radioaktiven Vorkommen, die für die Verwendung als Betonzuschlag für Gebäude vorgesehen sind) - Freisetzung von Schwermetallen - Freisetzung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe - Freisetzung anderer gefährlicher Stoffe	natürliches granitisches Gestein NPD unbedeutend unbedeutend unbedeutend					
Frost- Tau- Wechselbeständigkeit 5.7.1 Frost-Tauwiderstand von groben Gesteinskörnungen	NPD	F ₁				
Bestandteile gegen Alkali-Kieselsäure-Reaktivität 5.7.3 Alkali-Kieselsäure-Reaktivität	Beanspruchungsklasse 2					
Freiwillige Angabe gemäß ÖN B 3131						
Frostwiderstand Frostwiderstand von feinen Gesteinskörnungen	FS ₁	NPD				
4.7 Qualität der Feinteile	bestanden					
Anteil an nicht aktiven Mineralien	60 – 70% (62%)					
Anteil an gebrochenen Körnern 4.5 Anteil gebrochener Körner in grober Gesteinskörnung	Klasse K1					

LEISTUNGSERKLÄRUNG

Nr. 01-01-01006 für das Produktionsjahr 2017

1. Eindeutiger Kenncode des Produkttyps:

Betonzuschlag GK 0/4, 4/8, 8/16, 16/32 aus natürlichem, quarzhaltigen Gestein

2. Verwendungszweck(e):

Gesteinskörnungen für die Herstellung von Beton gemäß EN 12620.

Die Gesteinskörnungen sind zur Herstellung von Betonen gemäß ÖNORM B 4710-1:2007, mit Ausnahme der Betonklassen XA2L und XA3L und allen XM-Klassen, geeignet.

3. Hersteller:

HENGL Mineral GmbH Hauptstraße 39; 3721 Limberg

Produktionsstätte: WERK Limberg Hauptstraße 39; 3721 Limberg

4. System(e) zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit:

System 2+

5. Harmonisierten Norm: EN 12620:2008

Notifizierte Stelle(n): Austrian Standards plus Certification, Nr. 0988

6. Erklärte Leistung: Siehe Beilage 1

Die Leistung des vorstehenden Produkts entspricht der erklärten Leistung/ den erklärten Leistungen. Für die Herstellung der Leistungserklärung im Einklang mit der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 ist allein der obengenannte Hersteller verantwortlich.

Unterzeichnet für den Hersteller und im Namen des Herstellers von:

DI Bernhard Smöch, WPK- Beauftragter

(Name und Funktion)

Limberg, 09.01.2017
(Ort und Datum der Ausstellung)

Hengl Mineral GmbH
A-3721 Limberg, Hauptstraße 39
T: 02958/88223-0, office@hengl.at
.....
(Unterschrift)



0988-CPR-0103

6. Erklärte Leistung

Beilage 1 zu Nr. 01-01-01006

Wesentliche Merkmale	Leistung				Harmonisierte technische Spezifikation
	0/4	4/8	8/16	16/32	
Kornform, -größe und Rohdichte					EN 12620:2008
4.2 Korngruppe	0/4	4/8	8/16	16/32	
4.3 Kornzusammensetzung	G _F 85	G _C 85/20	G _C 85/20	G _C 85/20	
4.4 Kornform von groben Gesteinskörnungen	-	SI ₄₀	SI ₄₀	SI ₄₀	
5.5 Kornrohddichte (ρ_a) in Mg/m ³	2,62–2,68	2,62–2,68	2,62–2,68	2,62–2,68	
Reinheit					
4.5 Muschelschalengehalt grober Gesteinskörnungen	SC ₁₀	SC ₁₀	SC ₁₀	SC ₁₀	
4.6 Gehalt an Feinanteilen	f ₁₀	f _{1,5}	f _{1,5}	f _{1,5}	
Widerstand gegen Zertrümmerung/Brechen	NPD				
5.2 Widerstand gegen Zertrümmerung von groben Gesteinskörnungen	NPD				
Widerstand gegen Polieren/Abrieb/Verschleiß	NPD				
5.3 Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen	NPD				
5.4.1 Widerstand gegen Polieren	NPD				
5.4.2 Widerstand gegen Oberflächenabrieb	NPD				
5.4.3 Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	NPD				
Zusammensetzung/Gehalt	keine recycelte Gesteinskörnung				
5.8 Bestandteile von groben rezyklierten Gesteinskörnungen	keine recycelte Gesteinskörnung				
6.2 Chloride	≤ 0,01 %, chloridfrei				
6.3.1 Säurelösliche Sulfate	AS _{0,8}				
6.3.2 Gesamtschwefelgehalt	NPD				
6.3.3 Gehalt von rezyklierten Gesteinskörnungen an wasserlöslichem Sulfat	keine recycelte Gesteinskörnung				
6.4.1 Bestandteile, von natürlichen Gesteinskörnungen, die das Erstarrungs- und Erhärtungsverhalten des Betons verändern	bestanden				
6.4.1 Einfluss auf den Erstarrungsbeginn von Zement (bei rezyklierten Gesteinskörnungen)	keine recycelte Gesteinskörnung				
6.5 Carbonatgehalt von feinen Gesteinskörnungen für Deckschichten aus Beton	NPD				
Raumbeständigkeit	bestanden				
5.7.2 Raumbeständigkeit – Schwinden infolge Austrocknen	bestanden				
6.4.2 Bestandteile, die die Raumbeständigkeit von Hochofenstüchschlacke beeinflussen	keine Schlacke				
Wasseraufnahme	NPD				
5.5 Wasseraufnahme	NPD				
Gefährliche Substanzen	natürliches granitisches Gestein				
H.3.3 Angaben zum Rohmaterial (petrographische Beschreibung)	natürliches granitisches Gestein				
- Freisetzung von Radioaktivität (für Gesteinskörnungen aus radioaktiven Vorkommen, die für die Verwendung als Betonzuschlag für Gebäude vorgesehen sind)	NPD				
- Freisetzung von Schwermetallen	unbedeutend				
- Freisetzung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe	unbedeutend				
- Freisetzung anderer gefährlicher Stoffe	unbedeutend				
Frost- Tau- Wechselbeständigkeit					
5.7.1 Frost-Tauwiderstand von groben Gesteinskörnungen	NPD	F ₁			
Bestandteile gegen Alkali-Kieselsäure-Reaktivität	Beanspruchungsklasse 2				
5.7.3 Alkali-Kieselsäure-Reaktivität	Beanspruchungsklasse 2				
Freiwillige Angabe gemäß ÖN B 3131					
Frostwiderstand					
Frostwiderstand von feinen Gesteinskörnungen	FS ₁	NPD			
4.7 Qualität der Feinteile	bestanden				
Anteil an nicht aktiven Mineralien	60 – 70% (62%)				

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfasst 1 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Prüfbericht-Nr.: 53/699/16 Anlage:	ABE Bauprüf- und -beratungsges. mbH Ruhlsdorferstr. 95, 14532 Stahnsdorf Tel.: 0 3329 / 6069 0 Fax: 0 3329 / 606928	
---------------------------------------	---	---

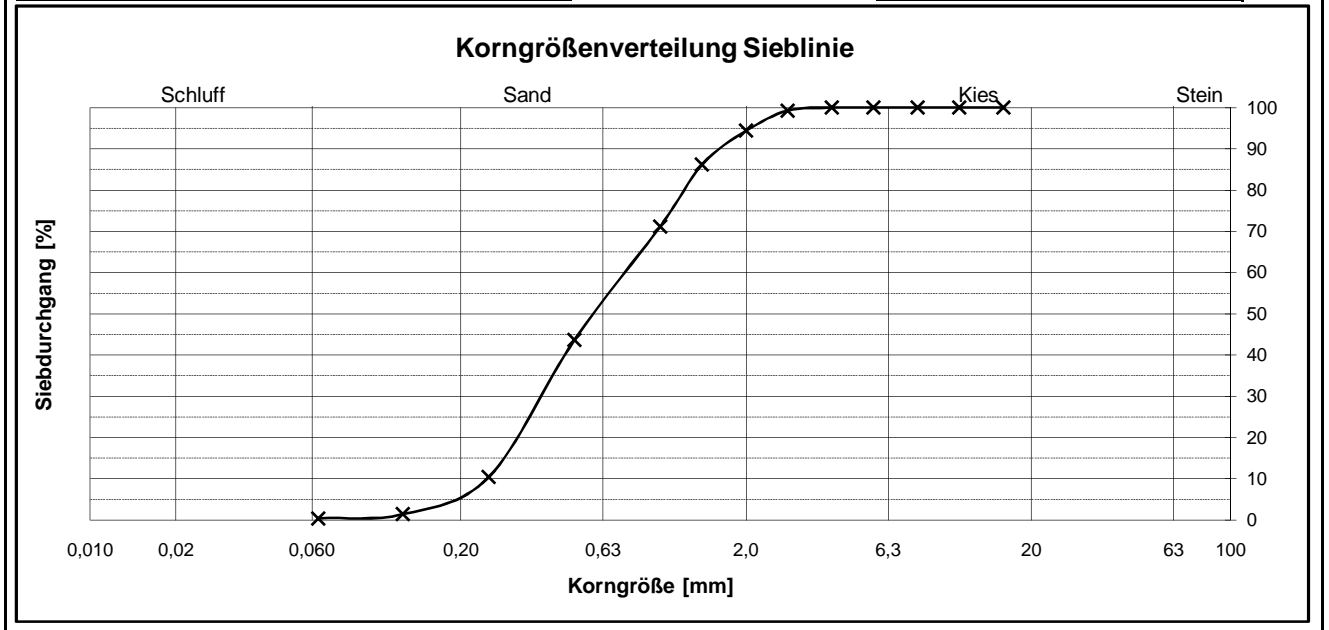
Naß - Trockensiebung

nach DIN EN 933-1

Bauvorhaben: Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen	Entnahmestelle:
Auftraggeber: Österreichische Forschungsgesellschaft	Entnahmekategorie: gestört
Bemerkungen: Werk Althüttendorf	Lieferkörnung: Quarzsand 0/2
	Lieferwerk: Kieswerk Althüttendorf
	Anforderung: G _F 85, f ₃
	Entnahme am: angeliefert durch:

Prüfsiebe [mm]	Siebrückstand [g]	Siebrückstand [%]	Siebdurchgang [%]	
16		0,0	100,0	Rohdichte und Wasseraufnahme nach DIN 1097-6 auf ofentrockener Basis: 2,72 Mg/m ³ auf wassergesättigter u. oberflächentrockener Basis: 2,73 Mg/m ³ Wasseraufnahme WA ₂₄ : 0,6 M.-%
11,2		0,0	100,0	
8		0,0	100,0	
5,6		0,0	100,0	
4		0,0	100,0	Trockenrohddichte nach DIN 1097-6, Anhang A Trockenrohddichte ρ _p : 2,66 Mg/m ³
2,8	8,2	0,7	99,3	
2	57,3	4,9	94,4	
1,4	95,8	8,2	86,2	
1	175,9	15,0	71,2	
0,5	322,1	27,5	43,7	
0,25	390,4	33,3	10,4	
0,125	104,5	8,9	1,4	
0,063	12,2	1,0	0,4	
< 0,063	4,7	0,4	0,0	

Einwaage:	1.171,1 g
Siebverlust:	0,0 g
Siebverlust:	0,0 %
nat. Wassergehalt:	3,6 %



d ₁₀ = 0,244	Ungleichförmigkeitszahl U = 3,3	Anteil < 0,063 mm = 0,4 %
d ₃₀ = 0,397	Krümmungszahl C _c = 0,8	Anteil > 2,00 mm = 5,6 %
d ₆₀ = 0,796	Durchlässigkeit k _f [m/s]	

**ABE**

ABE Baupruef- und -beratungsgesell. mbH
 Ruhlsdorfer Str. 95
 14532 Stahnsdorf
 Tel.: 03329 6069-0 / Fax: 03329 6069-28

Pruefungs-Nr.: 53/699/16
 Anlage:
 zu:

Bestimmung des Wassergehaltes

Pruefungs-Nr.: 53/699/16	Entnahmestelle : Haufwerk 0/2
Bauvorhaben : Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen	Kieswerk Althüttendorf
Auftraggeber : Österreichische Forschungsgesellschaft mbH	Entnahmetiefe : -
Datum: 18.01.2018	Art der Entnahme: -
	Entnahme am : -
	durch : Auftraggeber

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse feuchte Probe + Behälter [g]	3690,90	3504,60	3403,10
Masse trockene Probe + Behälter [g]	3644,70	3464,50	3360,50
Masse des Behälters mB [g]	2186,10	2187,80	2189,40
Porenwasser mw [g]	46,20	40,10	42,60
Masse der trockenen Probe md [g]	1458,60	1276,70	1171,10
Wassergehalt w [%]	3,2%	3,1%	3,6%
Mittelwert w [%]	3,3%		

Bestimmung der Kernfeuchte

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse der oberflächentrockenen Gesteinskörnung mf + mB [g]	3655,4	3473,1	3368,4
Masse der ofengetrockneten Messprobe md + mB [g]	3644,7	3464,5	3360,5
Masse des Behälters mB [g]	2186,1	2188,8	2189,4
Porenwasser mw [g]	10,7	8,6	7,9
Masse der ofengetrockneten Messprobe md [g]	1458,6	1276,7	1171,1
Kernfeuchte wk [%]	0,7	0,7	0,7
Mittelwert wk [%]	0,7		

**Erklärung gemäß Anhang III der Verordnung (EU) Nr. 305/2011
des Europäischen Parlaments und des Rates vom 09.03.2011**

Leistungserklärung Nr. 2941309653500212

1. Eindeutiger Kenncode des Produkttyps: fGk 0/4 DIN EN 12620 2017.11

2. Verwendungszweck(e): Herstellung von Beton zur Verwendung in Gebäuden, Straßen und anderen Ingenieurbauwerken

3. Hersteller: Sand + Kies Union GmbH Berlin-
Brandenburg
Strommeisterei 1
15528 Spreenhagen
Werk: LW Althüttendorf

4. Bevollmächtigter: EUROVIA Services GmbH, Zentrallabor
Rheinbabenstraße 75
46240 Bottrop

5. System(e) zur Bewertung und
Überprüfung der Leistungsbeständigkeit: System 2+

6. a) Harmonisierte Norm: EN 12620:2002+A1:2008

Notifizierte Stelle(n): Baustoffüberwachung Gesteinsbaustoffe BAU-ZERT e.V.
Kennnummer: 0790

7. Erklärte Leistung(en): Siehe vollständige Auflistung im Anhang dieser Erklärung

8. Angemessene Technische Dokumentation und/oder Spezifische Technische Dokumentation:
entfällt

Die Leistung des vorstehenden Produkts entspricht der erklärten Leistung/den erklärten Leistungen. Für die Erstellung der Leistungserklärung im Einklang mit der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 ist allein der obengenannte Hersteller verantwortlich.

Unterzeichnet für den Hersteller und im Namen des Herstellers von:

Bottrop, 15.11.2017


Juliane Richter, Leiterin Zentrallabor



Zeile	Wesentliches Merkmal	Leistung	Erklärte Leistung
1	Kornform, -größe und Rohdichte	Korngruppe	0/4
2		Kornzusammensetzung	G _p 85
3		Kornform von groben Gesteinskörnungen	NPD
4		Kornrohddichte	2,60 ± 0,1 Mg/m ³
5	Reinheit	Muschelschalengehalt grober Gesteinskörnungen	NPD
6		Gehalt an Feinanteilen	f ₃
7	Widerstand gegen Zertrümmerung/Brechen	Widerstand gegen Zertrümmerung von groben Gesteinskörnungen	NPD
8	Widerstand gegen Polieren / Abrieb / Verschleiß / Abnutzung	Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen	NPD
9		Widerstand gegen Polieren	NPD
10		Widerstand gegen Oberflächenabrieb	NPD
11		Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	NPD
12	Zusammensetzung/Gehalt	Bestandteile von groben rezyklierten Gesteinskörnungen	NPD
13		Chloride	< 0,01 M.-%
14		Säurelösliche Sulfate	AS _{0,2}
15		Gesamt-Schwefel	< 0,1 M.-%
16		Gehalt von rezyklierten Gesteinskörnungen an wasserlöslichem Sulfat	NPD
17		Bestandteile von natürlichen Gesteinskörnungen, die das Erstarrungs und Erhärtungsverhalten des Betons verändern	m _{lpc} 0,10
18		Einfluss auf den Erstarrungsbeginn von Zement (rezyklierte Gesteinskörnungen)	NPD
19		Carbonatgehalt von feinen Gesteinskörnungen für Deckschichten aus Beton	NPD
20		Raumbeständigkeit	Raumbeständigkeit - Schwinden infolge Austrocknen
21	Bestandteile, die die Raumbeständigkeit von Hochofenschlacken beeinflussen		bestanden
22	Wasseraufnahme	Wasseraufnahme	NPD
23	Gefährliche Substanzen	Freisetzung von Radioaktivität	NPD
24		Freisetzung von Schwermetallen	NPD
25		Freisetzung polyaromatischer Kohlenstoff	NPD
26		Freisetzung anderer gefährlicher Substanzen	NPD
27	Frost-Tau-Wechselbeständigkeit	Frost- und Tauwiderstand von groben Gesteinskörnungen	NPD
28	Beständigkeit gegen Alkali-Kieselsäure-Reaktivität	Alkali-Kieselsäure-Reaktivität	EI-O-EI-OF

Zusätzliche technische Angaben:

Angaben der typischen Kornzusammensetzung feiner Gesteinskörnungen											
Sorten-Nr.:	Korngruppe	Werkstypische Kornzusammensetzung									Grenzabweichung nach Tabelle 4, DIN EN 12620
		0,063	0,25	1	2	2,8	4	5,6	8		
13096535002	0/4	0,6	9	63			98		100		

petrographischer Typ	quartärer Sand und Kies
----------------------	-------------------------

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplaren ausgefertigt, umfaßt 1 Seite(n) und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Prüfbericht-Nr.: 53/699/16	ABE Bauprüf- und -beratungsges. mbH Ruhlsdorferstr. 95, 14532 Stahnsdorf Tel.: 0 3329 / 6069 0 Fax: 0 3329 / 606928	
----------------------------	---	---

Naß - Trockensiebung

nach DIN EN 933-1

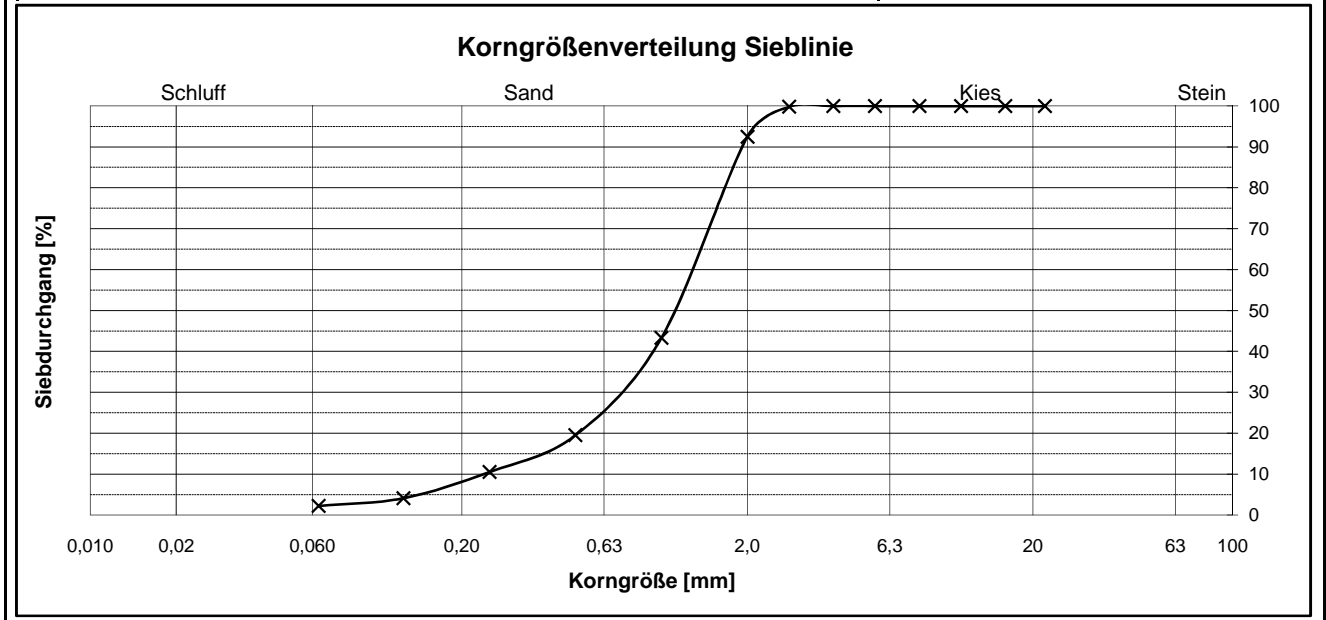
Bauvorhaben: Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen	Entnahmestelle: Haufwerk 0/2
Auftraggeber: Österreichische Forschungsgesellschaft	Entnahmeart: gestört
Bemerkungen: Adolf Steinbach Steinindustrie-Schotterwerke GmbH & Co.KG	Prüfschicht: Brechsand 0/2
	Boden: Adolf Steinbach G _F 85, f ₃
	Entnahme am: angeliefert durch:

Prüfsiebe [mm]	Siebrückstand [g]	Siebrückstand [%]	Siebdurchgang [%]
22		0,0	100,0
16		0,0	100,0
11,2		0,0	100,0
8		0,0	100,0
5,6		0,0	100,0
4		0,0	100,0
2,8	1,1	0,2	99,8
2	41,4	7,3	92,5
1	279,9	49,2	43,3
0,5	135,6	23,8	19,5
0,25	51,4	9,0	10,5
0,125	36,3	6,4	4,1
0,063	10,6	1,9	2,2
< 0,063	12,6	2,2	0,0

Rohdichte und Wasseraufnahme nach DIN 1097-6 :
auf ofentrockener Basis 2,59 Mg/m³
auf wassergesättigter u. oberflächentrockener Basis 2,62 Mg/m³
Wasseraufnahme WA₂₄: 1,2 M.-%

Trockenrohddichte nach DIN 1097-6, Anhang A
Trockenrohddichte pp : 2,72 Mg/m³

Einwaage:	568,8 g
Siebverlust:	0,0 g
Siebverlust:	0,0 %
nat. Wassergehalt:	%



d ₁₀ = 0,240	Ungleichförmigkeitszahl U = 5,6	Anteil < 0,063 mm = 2,2 %
d ₃₀ = 0,721	Krümmungszahl C _C = 1,6	Anteil > 2,00 mm = 7,5 %
d ₆₀ = 1,339	Durchlässigkeit k _f [m/s]	

**ABE**ABE Bauprüf- und -beratungsgesell. mbH
Ruhlsdorfer Str. 95
14532 Stahnsdorf
Tel.: 03329 6069-0 / Fax: 03329 6069-28Pr ufungs-Nr.: 53/699/16
Anlage:
zu:

Bestimmung des Wassergehaltes

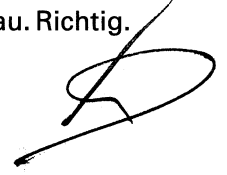
Prüfungs-Nr.: 53/699/16
Bauvorhaben : Innovative Grinding- und
Grooving-Oberflächen
Auftraggeber :  sterreichische Forschungs-
gesellschaft mbH
Datum: 18.01.2018Entnahmestelle : Haufwerk 0/2
Steinbach
Entnahmetiefe : -
Art der Entnahme: -
Entnahme am : -
durch : Auftraggeber

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse feuchte Probe + Behälter [g]	4064,10	4015,10	4058,60
Masse trockene Probe + Behälter [g]	3938,60	3886,90	3920,80
Masse des Behälters mB [g]	2189,60	2186,50	2185,30
Porenwasser mw [g]	125,50	128,20	137,80
Masse der trockenen Probe md [g]	1749,00	1700,40	1735,50
Wassergehalt w [%]	7,2	7,5	7,9
Mittelwert w [%]	7,6		

Bestimmung der Kernfeuchte

Probenbezeichnung:	1	2	3
Masse der oberflächentrockenen Gesteinskörnung mf + mB [g]	3959,6	3904,8	3936,1
Masse der ofengetrockneten Messprobe md + mB [g]	3938,6	3886,9	3910,8
Masse des Behälters mB [g]	2189,6	2186,5	2185,3
Porenwasser mw [g]	21,0	17,9	25,3
Masse der ofengetrockneten Messprobe md [g]	1749,0	1700,4	1725,5
Kernfeuchte wk [%]	1,2	1,1	1,5
Mittelwert wk [%]	1,2		

	A	BB	BE	C	D	E	F	G	H	I	K
0				C0	D0						
1	A1			C1					H1	I1	
2							F2			I2	
3	A3	B3	BE3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	I3	
4	A4	B4	BE4	C4	D4	E4	F4	G4	H4	I4	



PRÜFBERICHT

Nr. BBV 1814141/a2
(SAP-Nr. 94645047)

Datum: 16.10.2018

Prüfungsdurchgang: 1 / 2018

Auftraggeber: Adolf Steinbach Steinindustrie-Schotterwerke GmbH & Co. KG
Strahlunger Straße
97616 Bad Neustadt/Saale

Überwachungsnummer: 155041

Auftrag vom: 07.06.2018

Eingegangen am: 07.06.2018

Inhalt des Auftrages: Prüfung einer feinen Gesteinskörnung (Edelbrechsand) nach DIN EN 12620:2008-07 (Gesteinskörnungen für Beton) und nach DIN EN 13139:2002-08 (Gesteinskörnungen für Mörtel).

Werk: Salz-Strahlungen

Petrographie: Kalkstein

Prüfgegenstand: ca. 15 kg Edelbrechsand 0/2 mm

Eingeliefert am: 07.06.2018 durch den Probenehmer.

Probenahme am: 07.06.2018 durch den Auftraggeber nach DIN EN 932-1 im Beisein von Herrn Gahm (TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH).

Kennzeichnung: EBS 0/2

Bearbeiter: Roland Neumann
Telefon Nr.: +49 911 655-5336
Telefax Nr.: +49 911 655-5592
E-Mail: roland.neumann@de.tuv.com

Dieser Prüfbericht umfasst 5 Textseiten.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das/die im Prüfbericht genannte(n) Probenmaterial/ Prüfstück.

Die mit *(Stern) gekennzeichnete Prüfverfahren sind nicht im Akkreditierungsumfang der TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH enthalten.

Dieser Prüfbericht darf nur im vollen Wortlaut veröffentlicht werden.
Jede Veröffentlichung in Kürzung oder Auszug bedarf der vorherigen Genehmigung durch die TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH.

Für die Auftragsabwicklung haben wir wesentliche Daten und Ihre Anschrift gespeichert.
Der Datenschutz ist gewährleistet.

z_ews_din.doc

TÜV Rheinland
LGA Bautechnik GmbH
Verkehrswegebau
Tillystraße 2
90431 Nürnberg

Tel +49 911 655 5252
Fax +49 911 655 5505
Mail sales-is-sued@de.tuv.com

Geschäftsführung
Andreas Geck

Nürnberg HRB 20586

www.tuv.com



DAKKS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-11117-01-00

Die Akkreditierung bezieht sich auf die in der Anlage aufgeführten Prüfverfahren.

1 Allgemeines

Am 07.06.2018 wurde im Rahmen der Güteüberwachung im Werk Salz-Strahlungen eine Probe einer feinen Gesteinskörnung (Edelbrechsand) entnommen.
Diese Probe sollte auf ihre prinzipielle Eignung als Gesteinskörnung für Beton nach DIN EN 12620:2008-07 und für Mörtel nach DIN EN 13139:2002-08 untersucht werden.

2 Prüfungsergebnisse

2.1 Untersuchungen am Korngemisch 0/2 mm

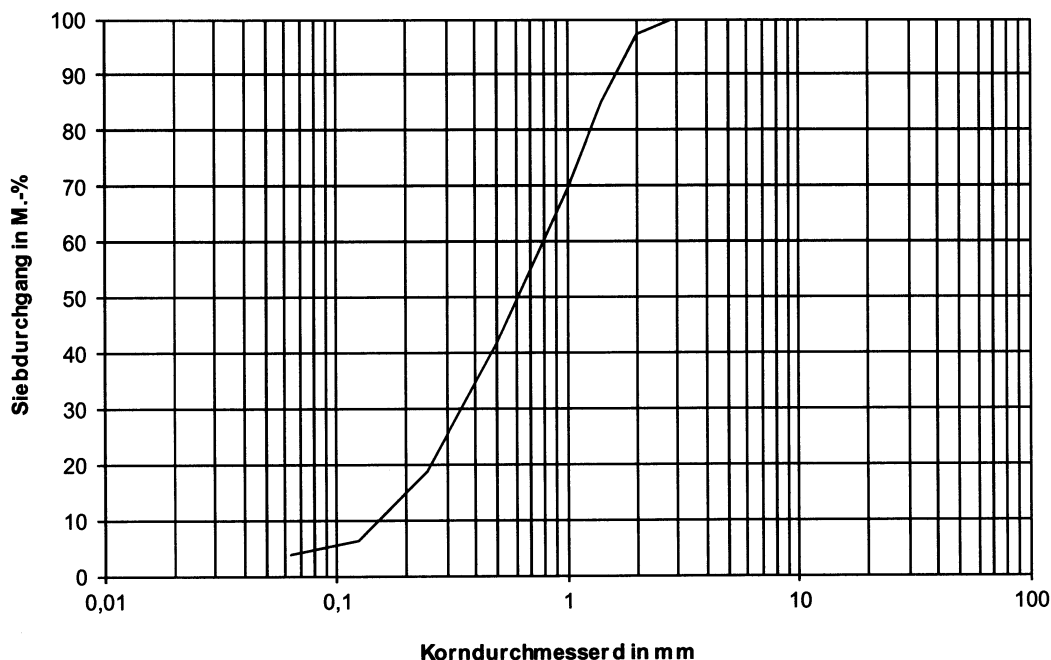
2.1.1 Korngrößenverteilung

Prüfsieb Quadratloch/ Maschenweite	Siebrückstand	Siebdurchgang
mm	M.-%	M.-%
22,4		
16		
11,2		
8		
5,6		
4	0,0	100,0
2,8	0,1	99,9
2	2,6	97,3
1,4	12,2	85,1
1	15,4	69,7
0,5	27,9	41,8
0,25	22,9	18,9
0,125	12,5	6,4
0,063	2,6	3,8
Auffang	3,8	
Summe der Auswaagen	100,0	

2.1.2 Einstufung gemäß DIN EN 12620

Korngruppe (Werksbez.)	Siebdurchgang in M.-% (Mittelwert) durch die Siebe in mm										Eingestuft als Korngruppe	
	in mm	0,25	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11,2		16
Prüfungswert	18,9	69,7	85,1	97,3	99,9	100,0						0/2
Anforderung	---	---	---	85-99	95-100	100	---	---	---	---	---	

2.1.3 Kornverteilungslinie



2.1.4 Toleranzen für die vom Lieferanten angegebene typische Korngrößenverteilung

Siebgröße in mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
Siebdurchgang Prüfungswert in M.-%	3,8	6,4	18,9	41,8	69,7	97,3	100,0	100,0
typische Korngrößenverteil. Lieferant in M.-%	3	---	20	---	70	95	---	---
zulässige Toleranz in M.-%	± 5	---	± 15	---	± 10	± 5	---	---

Der untersuchte Natursand erfüllt neben den Grenzabweichungen für allgemeine Verwendungszwecke auch die verminderten Grenzabweichungen für spezielle Verwendungszwecke gemäß DIN EN 12620, Anhang C.

Prüfbericht Nr. **BBV 1814141/a2** vom 16.10.2018

2.2 Anteil wasserlöslicher Chloride

Die Untersuchung erfolgte nach DIN EN 1744-1, Abschnitt 7.

Ergebnis: Chloridgehalt (Cl): < 0,005 M.-%

2.3 Sulfatgehalt

Die Untersuchung erfolgte nach DIN EN 1744-1, Abschnitt 12.

Ergebnis: Sulfatgehalt (SO₃): 0,09 M.-%

nach DIN EN 12620 eingestuft in Kategorie: AS_{0,2}

2.4 Gesamtschwefel

Die Untersuchung erfolgte nach DIN EN 1744-1, Abschnitt 11.

Ergebnis: Gesamtschwefel (S): 0,12 M.-%

2.5 Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel

(aus BBV 1714096)

Prüfverfahren nach TP Gestein-StB, Teil 6.3.3.

Ermittelt an der Prüfkörnung 0,71/2 mm.

Absplitterungen nach 10-maligem Frost-Tau-Wechsel

Prüfergebnis: kleiner als 0,5 mm: 0,1 M.-%

nach DIN EN 12620 eingestuft in Kategorie: F₁

3 Beurteilung

3.1 Allgemeine Beurteilung

Bei der untersuchten Probe handelte es sich um einen feinteilarmen Edelbrechsand 0/2 mm. Verwitterte, schiefrige oder tonig-lehmige Bestandteile waren nach Augenschein in der Probe nicht vorhanden.

3.2 Beurteilung als Gesteinskörnung für Beton

Die untersuchte Probe erfüllte bezüglich der Korngrößenverteilung die Anforderungen der DIN EN 12620 an eine feine Gesteinskörnung 0/2.

Ein Verdacht auf kohleartige, zuckerähnliche, sulfidische oder sulfatische Stoffe sowie auf alkali-lösliche Kieselsäure und auf stahlangreifende Stoffe bestand nicht, eine diesbezügliche Untersuchung unterblieb daher.

Der Anteil an Korn kleiner 0,063 mm betrug 3,8 M.-% und entsprach somit nach DIN EN 12620 der Kategorie f₄.

Ein Edelbrechsand, welcher der untersuchten Probe entspricht, kann mit folgender Bezeichnung als Gesteinskörnung für Beton verwendet werden:

feine Gesteinskörnung DIN EN 12620 - 0/2 - G_{F85} - f₄ - F₁ - AS_{0,2}

3.3 Beurteilung als Gesteinskörnung für Mörtel

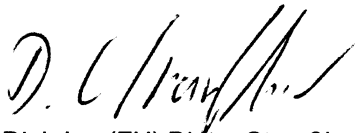
Die untersuchte Probe erfüllte bezüglich der Korngrößenverteilung die Anforderungen der DIN EN 13139 an eine feine Gesteinskörnung 0/2.

Der Gehalt an Feinanteilen betrug 3,8 M.-% und entsprach somit der Kategorie 2 (für Innenputz- und Außenputzmörtel).

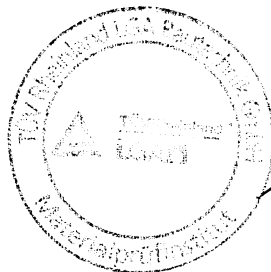
Ein Edelbrechsand, welcher der untersuchten Probe entspricht, kann mit folgender Bezeichnung als Gesteinskörnung für Mörtel verwendet werden:

feine Gesteinskörnung DIN EN 13139 - 0/2 - G_{F85} - f₄ - F₁ - AS_{0,2}

TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH
Verkehrswegebau, RAP-Str-Prüfstelle



Dipl.-Ing.(FH) Dieter Straußberger
Stellvertr. Prüfstellenleiter



Bearbeiter:



Roland Neumann
Techn. Angestellter

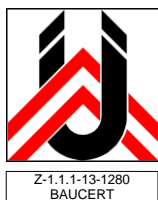


DER GRAUE®

ZEMENT



EN 197-1 - CEM II/B-S 42,5 N (DZ)



Chromatarm gem. Verordnung (EG) Nr. 1907/2006
 Portlandhüttenzement gem. ON EN 197-1, Werk Mannersdorf
 (DZ) gem. ON B 3327-1
 CE-Kennzahl 2523-CPR-0037, ÜA: Z-1.1.1-13-1280
 Fremdüberwacht durch das FI der VÖZ

Anwendungsbereich:

Spezialzement für die Herstellung von Betondecken für Verkehrsflächen gem. österreichischer Betonnorm ON B 4710-1 und RVS 08.17.02. Durch die Beschränkung der Mahlfeinheit wird die Wärmeentwicklung beim Erhärten reduziert und so die Rissbildung in der Betondecke vermieden. Die hohe Biegezugfestigkeit des CEM II/B-S 42,5 N (DZ) trägt wesentlich zu einer hohen Belastbarkeit und damit zur Dauerhaftigkeit der Betondecke bei. Darüber hinaus ermöglicht ein optimal auf das Bauvorhaben abgestimmter Erstarrungsbeginn die planmäßige Verarbeitung des Betons.

Eigenschaften gem. laufender Eigenüberwachung	Richtwerte	Normanforderungen	
		ON EN 197-1	ON B 3327-1
Dichte in kg/dm ³	3,03	-	-
Druckfestigkeit (bei 20° C) in MPa (=N/mm ²)			
1 Tag	12	-	-
2 Tage	22	≥ 10	-
7 Tage	-	-	-
28 Tage	51	≥ 42,5 ≤ 62,5	-
Biegezugfestigkeit (bei 20° C) 28 Tage in MPa	8	-	≥ 7
Mahlfeinheit (Blainewert) in cm ² /g	3.600	-	≤ 4.000
Erstarrungsbeginn (bei 20° C) in min	150	≥ 60	≥ 120
Bluten in cm ³ nach 120 min	-	-	-
Wärmeentwicklung in J/g Zement nach 15 h	-	-	-
Sulfatbeständigkeit bzw. C ₃ A-frei	nein	-	-

Lieferform:	Lose im (Silo)-LKW oder Bahnwaggon	gültig ab 01.11.2015
Lagerung:	Trocken, geschlossen im Silo, vor Feuchtigkeitszutritt schützen	
Haltbarkeit (chromatarm):	Trocken im Silo 1 Monat	Sicherheits- datenblatt anfordern bzw. beachten
Farbe als Pulver:	Hellgrau, Farbunterschiede zu anderen Zementarten bzw. - sorten möglich	



Premair LP K 2000 Luftporenbildner

Charakteristik

Premair LP K 2000 ist ein universell einsetzbarer Luftporenbildner auf synthetischer Basis für die Herstellung von Luftporenbeton. Premair LP K 2000 ist ein robuster und leicht handzuhabender Luftporenbildner.

Konformität/Zulassung

Premair LP K 2000 entspricht EN 934-1 und EN 934-2 Tab 5 und ist für Beton gemäß ÖNORM B 4710, DIN 1045-2 und EN 206 geeignet.

Technische Daten

Form	flüssig
Farbe	farblos
Dichte	1,01kg/l \pm 0,02
pH-Wert	7,5 \pm 2,0
Geruch	charakteristisch
Verarbeitungstemperatur	+5°C
Mischbarkeit mit Wasser (bei 20°C)	vollständig

Lagerung

Vor starker Sonneneinstrahlung, Frost und Verunreinigungen schützen. Im geschlossenen Gebinde 1 Jahr lagerfähig.

Anwendungsgebiet

Premair LP K 2000 wird universell für Transportbeton und Fertigteilindustrie für die Herstellung von Luftporenbeton eingesetzt.

Vor Anwendung sind Erstprüfungen gemäß den geltenden Normen und Regelwerken durchzuführen.



Premment B 101 Fließmittel

Charakteristik

Premment B 101 ist ein Fließmittel auf Basis modifizierter Polycarboxylatether mit stark verflüssigender und homogenisierender Wirkung.

Konformität/Zulassung

Premment B 101 entspricht EN 934-1 und-2 Tab. 3.1 + Tab 3.2 und ist für Beton gemäß ÖNORM B 4710, DIN 1045-2 und EN 206 geeignet

Technische Daten

Form	flüssig
Farbe	bernsteinfärbig
Dichte	1,06kg/l ± 0,02
pH-Wert	5,0 ± 2,0
Geruch	charakteristisch

Lagerung

Vor starker Sonneneinstrahlung, Frost und Verunreinigungen schützen. Im geschlossenen Gebinde 1 Jahr lagerfähig.

Anwendungsgebiet

Premment B 101 wird universell für Transportbeton, Hochleistungsbeton, Industrieböden,... bei höheren Frisch- und Umgebungstemperaturen eingesetzt.

Wirkung

Verflüssigung	■■■■□
Konsistenzhaltung	■■■□□
Frühfestigkeiten	■■□□□

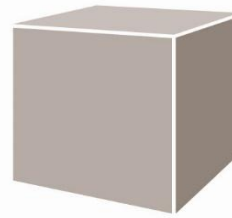
Vor Anwendung sind Erstprüfungen gemäß den geltenden Normen und Regelwerken durchzuführen.

Version 1/7, ersetzt Version -/-

Anlage 2.1

Packungsdichteoptimierung

- Baustoffprüfung und Forschung
- Prüfstelle nach DIN 1045
- Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM

Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928

e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Erstprüfung Beton nach TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.1

B31 Nullbeton 0/22 UB A5 Packungsdichte

Erstprüfung Beton Blatt 1

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation der Baustoffe für die Erstprüfung gemäß TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.1 (B31)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage

Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

1. Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Korngruppe	Werk		Anmerkung	Nachweis der Konformität	Kornverteilung (G _F / G _C)	erhöhter Frost/Tausalz/Widerstand (NaCl-Verf.)	Polierresistenz/Kornform (PSV/SI)	Einstufung nach Alkali-Rili	Kernfeuchte (M.-%)
feine GK	0/2	HENGL			ja	GF 85		- / -		0,3
grobe GK	2/8	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	8/16	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	16/22	HENGL	gebrochen		ja	GC90/15		PSV50		0,3

Werte im kursiven Schriftschnitt auf der Grundlage eigener Untersuchungen.

2. Zement

Art	Festigkeitsklasse	Lieferwerk
		Lafarge Mannersdorf
CEM II/B-S	42,5 N	
zusätzl. Anforderungen TL Beton 2.2.2 erfüllt		-
Na ₂ O-Äquivalent < 0,8 M.-%		ja

3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Konformitätserklärung	Verträglichkeitsnachweis	
				LP	BV / FM
LP	Premair	BT3	ja		
BV	Premment	BT3	ja		

4. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden

Erstprüfung Beton Blatt 2

ABE Bauprüb- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation von Erstprüfungen gemäß TL Beton-StB

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.1 (B31)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

Expositionsklassen XF4, (XM2) max. w/z 0,45

1. Eignung der Baustoffe

Dokumentations-Nr. Dokumentationsdatum

2. Mischungsberechnung

2.1. Zuschlag

Korngruppe	Sieblinie der Lieferkörnung	Anteil an der Kornklasse (M.-%)	Kernfeuchte (M.-%)
0/2	Anlage	25	0,3
2/8	Anlage	18	0,4
8/16	Anlage	32	0,4
16/22	Anlage	25	0,3

Mehlkorngehalt Zuschlag (Anteil <= 0.125 mm) 57 kg/m³ (Soll:<=50 kg/m³ Festbeton)
 Mehlkorn und Feinstsand (Anteil <=0.25 mm) 468 kg/m³ (Soll:<=450 kg/m³ Festbeton)

Anteil <= 1 mm	13,9 M.- %
Anteil <= 2 mm	21,7 M.- %
Anteil Splitt > 8 mm	100,0 M.- %

Kornverteilung

	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Summe d	3,0	5,7	9,3	13,9	21,7	28,0	44,4	79,9	100,0

2.2. Zement

Lieferwerk	Art	Zementgehalt kg/m ³	Sollgehalt kg/m ³
Mannersdorf	CEM II/B-S 42,5 N	360	>= 340

2.3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Gehalt (% d. Zem.-gew.)
LP	Premair	BT3	0,03
BV	Premment	BT3	0,40

2.4. w/z-Wert Wasser - Zement - Wert

0,41

3. Frischbetondaten

	Rohdichte kg/m ³	Ausbreitmaß cm	Verdichtungs-zahl	Frischbeton-temperatur °C	Luftgehalt Vol.- %
10 min	2350		1,26	20	5,5
45 min	2380		1,36	20	4,2
Sollwert	2400				4,5

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Erstprüfung Beton Blatt 3

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



4. Festbetondaten

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.1 (B31)

Prüfalter	Tage	2			28			Druckfestigkeit
Rohdichte	[kg/m ³]	2430	2420	2440	2420	2400	2390	
Mittelwert		2430			2400			
Druckfestigkeit ¹⁾	[MPa]	30,7	31,3	31,6	52,8	52,1	54,2	
Mittelwert		31,2			53,0			
Prüfalter	Tage	28						Biegezugfestigkeit
Rohdichte	[kg/m ³]	2430		2420		2400		
Mittelwert		2420						
Biegezugfestigkeit ²⁾	[MPa]	7,0		7,0		6,9		
Mittelwert		7,0						
Prüfalter	Tage	28						Spaltzugfestigkeit
Rohdichte	[kg/m ³]	2430	2430	2420	2420	2400	2400	
Mittelwert		2420						
Spaltzugfestigkeit ³⁾	[MPa]	4,84	4,80	4,54	4,61	4,42	4,50	
Mittelwert		4,62						

1) bis 7 Tage $f_{c,cube} = F/A_c$, sonst $f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$

2) Prismenabmessungen für Biegezugprüfung 150 mm x 150 mm x 700 mm

3) Prismenabmessungen für Spaltzug 150 mm x 150 mm x 150 mm

5. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 1/3 zu Prüfbericht Nr. : 53/699/16-2.1.1 (B31)

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

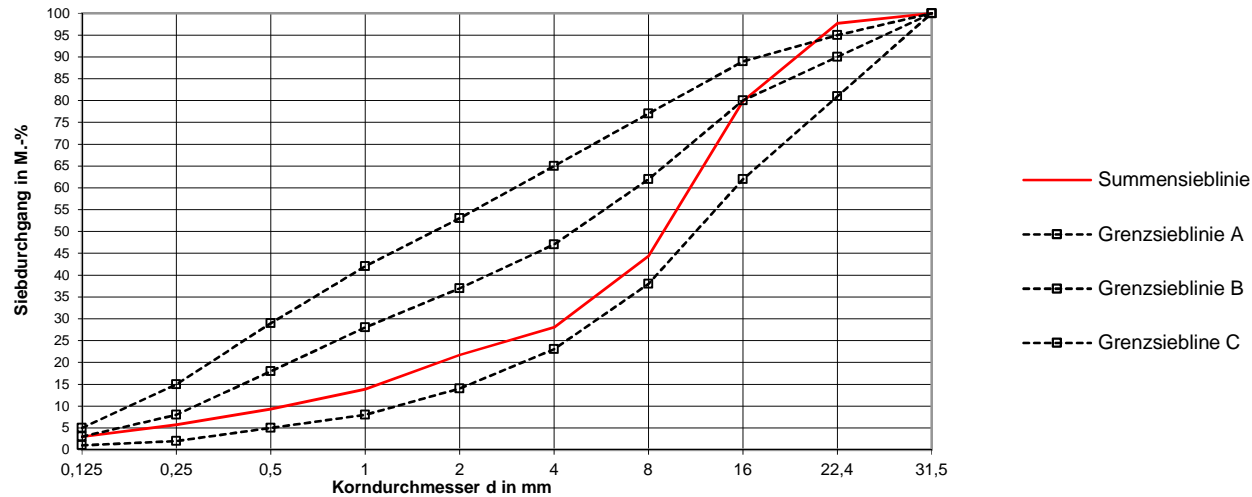
Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Korngruppe Bezeichn.	0/2 feine GK HENGL	2/8 grobe GK HENGL	8/16 grobe GK HENGL	16/22 grobe GK HENGL	
Siebweite mm	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%
0,125	8,8	0,9	1,4	0,9	100,0
0,25	18,3	1,2	1,8	1,2	100,0
0,5	32,4	1,2	2,0	1,5	100,0
1	50,3	1,3	2,1	1,5	100,0
2	81,3	1,4	2,2	1,6	100,0
4	100,0	10,4	2,4	1,6	100,0
8	100,0	84,1	12,2	1,6	100,0
16	100,0	100,0	99,1	20,9	100,0
22,4	100,0	100,0	100,0	90,8	100,0
31,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

0/2	2/8	8/16	16/22			
Anteil M.-%					Rückstand M.-%	Summe Durchgang M.-%
25	18	32	25			
Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%		
2,2	0,2	0,4	0,2	0,0	2,7	3,0
4,6	0,2	0,6	0,3	0,0	3,6	5,7
8,1	0,2	0,6	0,4	0,0	4,6	9,3
12,6	0,2	0,7	0,4	0,0	7,8	13,9
20,3	0,3	0,7	0,4	0,0	6,3	21,7
25,0	1,9	0,8	0,4	0,0	16,4	28,0
25,0	15,1	3,9	0,4	0,0	35,5	44,4
25,0	18,0	31,7	5,2	0,0	17,8	79,9
25,0	18,0	32,0	22,7	0,0	2,3	97,7
25,0	18,0	32,0	25,0	0,0		100,0

Sieblinienbereiche DIN 1045-2 und DIN EN 206-1



Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar aus gefertigt, umfasst 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugswweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 2/3 zu Prüfbericht Nr.: 53/699/16-2.1.1 (B31)



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928

Mischungsberechnung vom **INGGO**
 19.1.18

Anforderungen

Druckfestigkeitsklasse	C 30/37	Konsistenzber.	C1/C2	angestrebte Festigkeit	45 N/mm²
Expositionsklassen	XF4, (XM2)				
Mindestzementgehalt	340 kg/m³	max w/z	0,45	Luftporen	5,0 Vol.-%
angestrebter Mehlkorngehalt	< 450 kg/m³		Größtkorn	22 mm	Festbetonrohichte
					kg/m³

Ausgangsstoffe

Zementart u.-Festigkeitsklasse	CEM II/B-S 42,5 N		Werk	Mannersdorf	N 28		N/mm²
Zuschlaggemisch	0/22	Kennwert			o z	3,03	kg/dm³
Zusatzstoff	-	kg/dm	Zusatzmittel	LP	BT3	Premair	0,20 %d.Z.Gew.
	-	kg/dm	Zusatzmittel	BV	BT3	Premment	0,20 %d.Z.Gew.

Berechnung

Wassercementwert	0,42
Wassergehalt	146 kg/m³
Zementgehalt	360 kg/m³
endgültiger Wassercementwert	0,41

Stoffraum

Stoffraum		Mehlkorn und Feinstsand		Mörtelgehalt	
Zement Z:o z	119 dm ³	Zement	360 kg/m ³	Zement	119 dm ³
Wasser W:1,0	146 dm ³	Zuschlag < 0,25	108 kg/m ³	Wasser	146 dm ³
Luftporen	50 dm ³	Zusatzstoff		Luftporen	50 dm ³
				Zuschlag < 2	149 dm ³
Summe	315 dm ³	Summe	468 kg/m ³	Zusatzstoff	dm ³
Zuschlag	685 dm ³				dm ³
				Summe	463 dm ³

Zusammensetzung


Für 1 m ³ verdichteten Frischbeton							Für eine Mischung		
Korngruppe mm	Korngruppen Stoffraum		Kornroh- dichte kg/dm ³	trockener Zuschlag kg	Oberflächen- feuchte		bei feucht. Zuschlag kg	dm ³	dm ³
	%	dm ³			kg	kg		kg	kg
0/2	25	171	2,75	470	5,0	24	494		
2/8	18	123	2,74	337	1,0	3	340		
8/16	32	219	2,81	615	0,5	3	618		
16/22	25	171	2,78	475	0,5	2	477		
Summe	100	684	-	1897	1,7	26	1929		
Zugabewasser			-	-	-	118	118		
Wassergehalt				146	-	146	-		
Zementgehalt				360			360		
Zusatzstoff									
Frischbetongewicht (Soll)				2403			2408		
Zusatzmittel %	0,03	LP	Premair	0,11	l/m ³				
Zusatzmittel %	0,40	BV ¹	Premment	1,44	l/m ³				

Info: 0/2, 2/8, 8/16, 16/22 HENGL gebrochen

Sollwert mittlerer Luftporengehalt am Frischbeton 5,0 Vol.-%.

¹ Einsatz von Verflüssiger nur bei Bedarf zur Konsistenzsteuerung.

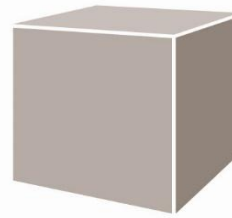
Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgeteilt, umfaßt 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 3/3		Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05					
zu Prüfbericht Nr.	53/699/16-2.1.1 (B31)	Datum:	26.02.2018				
Bauvorhaben:	INGGO	Festigkeitsklasse:	C 30/37				
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - B31 Nullbeton 022 UB A5 Packungsdichte						Seite: 1/1

PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	Ø [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
1			29.01.18	26.02.18	28	1007,0	101,3	50,5	50,5	50,5	50,5	50,5	2470	41,2	5,13	
2			29.01.18	26.02.18	28	1047,0	101,4	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2	2480	49,2	5,92	
3			29.01.18	26.02.18	28	1004,0	101,2	50,2	50,2	50,2	50,2	50,2	2490	39,1	4,90	
4			29.01.18	26.02.18	28	1046,0	100,0	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	2480	39,6	4,69	
5			29.01.18	26.02.18	28	1049,0	101,0	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3	2500	43,4	5,23	
6			29.01.18	26.02.18	28	1011,0	101,0	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7	2490	38,9	4,84	
7			29.01.18	26.02.18	28	1046,0	100,1	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	2490	45,9	5,48	
8			29.01.18	26.02.18	28	1067,0	101,1	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	2490	35,9	4,24	
9			29.01.18	26.02.18	28	1056,0	101,3	52,6	52,6	52,6	52,6	52,6	2490	40,1	4,79	
10			29.01.18	26.02.18	28	1022,0	101,0	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	2480	43,7	5,35	
11			29.01.18	26.02.18	28	1062,0	101,1	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	2490	41,7	4,94	
12			29.01.18	26.02.18	28	1058,0	101,2	52,8	52,8	52,8	52,8	52,8	2490	37,5	4,47	
13			29.01.18	26.02.18	28	1027,0	101,0	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	2480	43,5	5,30	
14			29.01.18	26.02.18	28	1032,0	101,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	2480	43,3	5,25	
15			29.01.18	26.02.18	28	1031,0	101,0	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6	2490	38,7	4,73	

Mittelwert:	2490	[kg/m³]	5,02	[MPa]
Standardabweichung:	10	[kg/m³]	0,42	[MPa]
Variationskoeffizient:	0,4	[%]	8,4	[%]
	k		2,951	(n = 6)
	k _n			(n = 6)
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach TP B-StB Teil 3.1.05: f _{ctk, core}			3,78	[MPa]
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791: f _{ctk, sp}				[MPa]

- Baustoffprüfung und Forschung
- Prüfstelle nach DIN 1045
- Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM

Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928

e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Erstprüfung Beton nach TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.2

B35 Beton 0/22 Ausfallkörnung 2/8 Packungsdichte

Erstprüfung Beton Blatt 1

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation der Baustoffe für die Erstprüfung gemäß TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.2 (B35)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage

Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

1. Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Korngruppe	Werk		Anmerkung	Nachweis der Konformität	Kornverteilung (G _F / G _C)	erhöhter Frost/Tausalz/Widerstand (NaCl-Verf.)	Polierresistenz/Kornform (PSV/SI)	Einstufung nach Alkali-Rili	Kernfeuchte (M.-%)
feine GK	0/2	HENGL			ja	GF 85		- / -		0,3
grobe GK	2/8	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	8/16	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	16/22	HENGL	gebrochen		ja	GC90/15		PSV50		0,3

Werte im kursiven Schriftschnitt auf der Grundlage eigener Untersuchungen.

2. Zement

Art	Festigkeitsklasse	Lieferwerk
		Lafarge Mannersdorf
CEM II/B-S	42,5 N	
zusätzl. Anforderungen TL Beton 2.2.2 erfüllt		-
Na ₂ O-Äquivalent < 0,8 M.-%		ja

3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Konformitätserklärung	Verträglichkeitsnachweis	
				LP	BV / FM
LP	Premair	BT3	ja		
BV	Premment	BT3	ja		

4. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden

Erstprüfung Beton Blatt 2

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation von Erstprüfungen gemäß TL Beton-StB

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.2 (B35)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

Expositionsklassen XF4, (XM2) max. w/z 0,45

1. Eignung der Baustoffe

Dokumentations-Nr. Dokumentationsdatum

2. Mischungsberechnung

2.1. Zuschlag

Korngruppe	Sieblinie der Lieferkörnung	Anteil an der Kornklasse (M.-%)	Kernfeuchte (M.-%)
0/2	Anlage	25	0,3
2/8	Anlage	0	0,4
8/16	Anlage	53	0,4
16/22	Anlage	22	0,3

Mehlkorngehalt Zuschlag (Anteil <= 0.125 mm) 59 kg/m³ (Soll:<=50 kg/m³ Festbeton)
 Mehlkorn und Feinstsand (Anteil <=0.25 mm) 471 kg/m³ (Soll:<=450 kg/m³ Festbeton)

Anteil <= 1 mm	14,0 M.- %
Anteil <= 2 mm	21,8 M.- %
Anteil Splitt > 8 mm	100,0 M.- %

Kornverteilung

	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Summe d	3,1	5,8	9,5	14,0	21,8	26,6	31,8	82,1	100,0

2.2. Zement

Lieferwerk	Art	Zementgehalt kg/m ³	Sollgehalt kg/m ³
Mannersdorf	CEM II/B-S 42,5 N	360	>= 340

2.3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Gehalt (% d. Zem.-gew.)
LP	Premair	BT3	0,03
BV	Premment	BT3	0,40

2.4. w/z-Wert Wasser - Zement - Wert

0,41

3. Frischbetondaten

	Rohdichte kg/m ³	Ausbreitmaß cm	Verdichtungs-zahl	Frischbeton-temperatur °C	Luftgehalt Vol.- %
10 min	2400		1,25	26	4,8
45 min	2420		1,38	26	4,4
Sollwert	2420				4,5

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Erstprüfung Beton Blatt 3

ABE Bauprüb- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



4. Festbetondaten

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.2 (B35)

Prüfalter	Tage	2			28			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2420	2410	2420	2380	2400	2410	
Mittelwert		2420			2400			
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	30,9	28,4	29,8	53,8	53,6	52,2	
Mittelwert		29,7			53,2			
Prüfalter	Tage	28						Biegezugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2410		2410	2420			
Mittelwert		2410						
Biegezugfestigkeit ²⁾	MPa	7,5		7,7	7,6			
Mittelwert		7,6						
Prüfalter	Tage	28						Spaltzugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2410	2410	2410	2410	2420	2420	
Mittelwert		2410						
Spaltzugfestigkeit ³⁾	MPa	4,67	4,78	5,12	4,61	4,88	5,08	
Mittelwert		4,86						

1) bis 7 Tage $f_{c,cube} = F/A_c$, sonst $f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$

2) Prismenabmessungen für Biegezugprüfung 150 mm x 150 mm x 700 mm

3) Prismenabmessungen für Spaltzug 150 mm x 150 mm x 150 mm

5. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden:

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 1/3 zu Prüfbericht Nr. : 53/699/16-2.1.2 (B35)

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

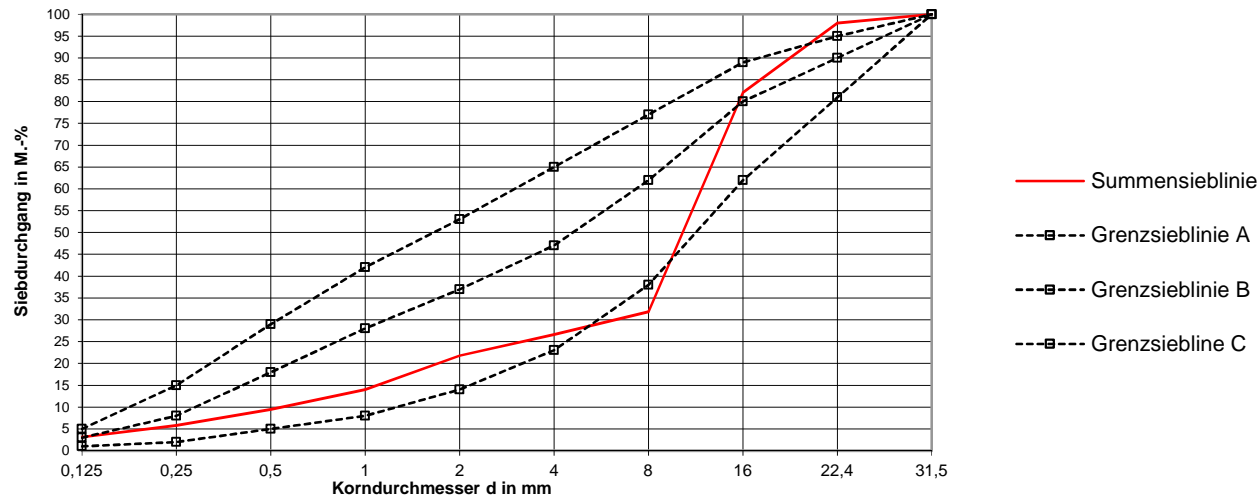
Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Korngruppe Bezeichn.	0/2 feine GK HENGL	2/8 grobe GK HENGL	8/16 grobe GK HENGL	16/22 grobe GK HENGL	
Siebweite mm	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%
0,125	8,8	0,9	1,4	0,9	100,0
0,25	18,3	1,2	1,8	1,2	100,0
0,5	32,4	1,2	2,0	1,5	100,0
1	50,3	1,3	2,1	1,5	100,0
2	81,3	1,4	2,2	1,6	100,0
4	100,0	10,4	2,4	1,6	100,0
8	100,0	84,1	12,2	1,6	100,0
16	100,0	100,0	99,1	20,9	100,0
22,4	100,0	100,0	100,0	90,8	100,0
31,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

0/2	2/8	8/16	16/22			
Anteil M.-%					Rückstand M.-%	Summe Durchgang M.-%
25	0	53	22			
Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%		
2,2	0,0	0,7	0,2	0,0	2,7	3,1
4,6	0,0	1,0	0,3	0,0	3,7	5,8
8,1	0,0	1,1	0,3	0,0	4,5	9,5
12,6	0,0	1,1	0,3	0,0	7,8	14,0
20,3	0,0	1,2	0,4	0,0	4,8	21,8
25,0	0,0	1,3	0,4	0,0	5,2	26,6
25,0	0,0	6,5	0,4	0,0	50,3	31,8
25,0	0,0	52,5	4,6	0,0	15,9	82,1
25,0	0,0	53,0	20,0	0,0	2,0	98,0
25,0	0,0	53,0	22,0	0,0		100,0

Sieblinienbereiche DIN 1045-2 und DIN EN 206-1



Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar aus gefertigt, umfasst 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugswweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 2/3 zu Prüfbericht Nr.: 53/699/16-2.1.2 (B35)



ABE Baupruef- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928

Mischungsberechnung vom **INGGO**
 19.1.18

Anforderungen

Druckfestigkeitsklasse	C 30/37	Konsistenzber.	C1/C2	angestrebte Festigkeit	45 N/mm²
Expositionsklassen	XF4, (XM2)				
Mindestzementgehalt	340 kg/m³	max w/z	0,45	Luftporen	5,0 Vol.-%
angestrebter Mehlkorngehalt	< 450 kg/m³		Größtkorn	22 mm	Festbetonrohichte
					kg/m³

Ausgangsstoffe

Zementart u.-Festigkeitsklasse	CEM II/B-S 42,5 N		Werk	Mannersdorf	N 28		N/mm²
Zuschlaggemisch	0/22	Kennwert			o z	3,03	kg/dm³
Zusatzstoff	-	kg/dm	Zusatzmittel	LP	BT3	Premair	0,20 %d.Z.Gew.
	-	kg/dm	Zusatzmittel	BV	BT3	Premment	0,20 %d.Z.Gew.

Berechnung

Wassercementwert	0,42
Wassergehalt	146 kg/m³
Zementgehalt	360 kg/m³
endgültiger Wassercementwert	0,41

Stoffraum

Stoffraum		Mehlkorn und Feinstsand		Mörtelgehalt	
Zement Z:o z	119 dm ³	Zement	360 kg/m ³	Zement	119 dm ³
Wasser W:1,0	146 dm ³			Wasser	146 dm ³
Luftporen	50 dm ³	Zuschlag < 0,25	111 kg/m ³	Luftporen	50 dm ³
		Zusatzstoff		Zuschlag < 2	149 dm ³
Summe	315 dm ³			Zusatzstoff	dm ³
Zuschlag	685 dm ³	Summe	471 kg/m ³	Summe	464 dm ³

Zusammensetzung


Für 1 m ³ verdichteten Frischbeton							Für eine Mischung		
Korngruppe mm	Korngruppen Stoffraum		Kornroh- dichte kg/dm ³	trockener Zuschlag kg	Oberflächen- feuchte		bei feucht. Zuschlag kg	dm ³	dm ³
	%	dm ³			%	kg		kg	kg
0/2	25	171	2,75	470	5,0	24	494		
2/8	0	0	2,74	0	1,0	0	0		
8/16	53	363	2,81	1020	0,5	5	1025		
16/22	22	151	2,78	420	0,5	2	422		
Summe	100	685	-	1910	0,9	11	1941		
Zugabewasser			-	-	-	133	133		
Wassergehalt				146	-	146	-		
Zementgehalt				360			360		
Zusatzstoff									
Frischbetongewicht (Soll)				2416			2434		
Zusatzmittel %	0,03	LP	Premair	0,11	l/m ³				
Zusatzmittel %	0,40	BV ¹	Premment	1,44	l/m ³				

Info: 0/2, 8/16, 16/22 HENGL gebrochen

Sollwert mittlerer Luftporengehalt am Frischbeton 5,0 Vol.-%.

¹ Einsatz von Verflüssiger nur bei Bedarf zur Konsistenzsteuerung.

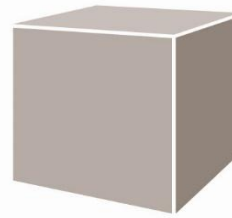
Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgeteilt, umfaßt 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 3/3		Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05				
zu Prüfbericht Nr.	53/699/16-2.1.2 (B35)	Datum:	16.07.2018			
Bauvorhaben:	INGGO	Festigkeitsklasse:	C 30/37			
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - B35 Beton 0/22 Ausfallkörnung 2/8 Packung			Seite:	1/1	

PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	Ø [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
1			18.06.18	16.07.18	28	997,0	100,0	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4	2470	40,8	5,05	
2			18.06.18	16.07.18	28	1023,0	101,0	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	2490	40,2	4,94	
3			18.06.18	16.07.18	28	1066,0	101,0	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	2510	39,6	4,70	
4			18.06.18	16.07.18	28	1087,0	101,0	54,4	54,4	54,4	54,4	54,4	2490	44,4	5,14	
5			18.06.18	16.07.18	28	986,0	101,0	49,3	49,3	49,3	49,3	49,3	2500	37,5	4,79	
6			18.06.18	16.07.18	28	1034,0	101,0	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2	2470	41,7	5,04	
7			18.06.18	16.07.18	28	1010,0	101,0	50,5	50,5	50,5	50,5	50,5	2500	40,4	5,04	
8			18.06.18	16.07.18	28	1013,0	100,5	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	2490	39,9	4,93	
9			18.06.18	16.07.18	28	988,0	101,0	49,8	49,8	49,8	49,8	49,8	2480	37,5	4,75	
10			18.06.18	16.07.18	28	1039,0	101,0	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	2470	42,0	5,04	
11			18.06.18	16.07.18	28	1001,0	101,0	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	2490	36,4	4,58	
12			18.06.18	16.07.18	28	1015,0	101,0	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	2490	39,8	4,93	
13			18.06.18	16.07.18	28	1012,0	101,0	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	2480	38,4	4,75	
14			18.06.18	16.07.18	28	1056,0	101,0	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	2510	38,3	4,60	
15			18.06.18	16.07.18	28	1029,0	101,0	51,8	51,8	51,8	51,8	51,8	2480	36,3	4,42	

Mittelwert:	2490	[kg/m³]	4,85	[MPa]
Standardabweichung:	10	[kg/m³]	0,21	[MPa]
Variationskoeffizient:	0,4	[%]	4,3	[%]
	k		2,951	(n = 6)
	k _n			(n = 6)
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach TP B-StB Teil 3.1.05: f _{ctk, core}			4,23	[MPa]
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791: f _{ctk, sp}				[MPa]

- Baustoffprüfung und Forschung
- Prüfstelle nach DIN 1045
- Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM

Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928

e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Erstprüfung Beton nach TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.3

B36 Beton 0/16 mörtelarm Packungsdichte

Erstprüfung Beton Blatt 1

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation der Baustoffe für die Erstprüfung gemäß TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.3 (B36)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage

Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

1. Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Korngruppe	Werk		Anmerkung	Nachweis der Konformität	Kornverteilung (G _F / G _C)	erhöhter Frost/Tausalz/Widerstand (NaCl-Verf.)	Polierresistenz/Kornform (PSV/SI)	Einstufung nach Alkali-Rili	Kernfeuchte (M.-%)
feine GK	0/2	HENGL			ja	GF 85		- / -		0,3
grobe GK	2/8	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	8/16	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	16/22	HENGL	gebrochen		ja	GC90/15		PSV50		0,3

Werte im kursiven Schriftschnitt auf der Grundlage eigener Untersuchungen.

2. Zement

Art	Festigkeitsklasse	Lieferwerk
		Lafarge Mannersdorf
CEM II/B-S	42,5 N	
zusätzl. Anforderungen TL Beton 2.2.2 erfüllt		-
Na ₂ O-Äquivalent < 0,8 M.-%		ja

3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Konformitätserklärung	Verträglichkeitsnachweis	
				LP	BV / FM
LP	Premair	BT3	ja		
BV	Premment	BT3	ja		

4. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden

Erstprüfung Beton Blatt 2

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation von Erstprüfungen gemäß TL Beton-StB

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.3 (B36)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

Expositionsklassen XF4, (XM2) max. w/z 0,45

1. Eignung der Baustoffe

Dokumentations-Nr. Dokumentationsdatum

2. Mischungsberechnung

2.1. Zuschlag

Korngruppe	Sieblinie der Lieferkörnung	Anteil an der Kornklasse (M.-%)	Kernfeuchte (M.-%)
0/2	Anlage	23	0,3
2/8	Anlage	54	0,4
8/16	Anlage	23	0,4
16/22	Anlage	0	0,3

Mehlkorngehalt Zuschlag (Anteil ≤ 0.125 mm) 54 kg/m³ (Soll: ≤ 50 kg/m³ Festbeton)
 Mehlkorn und Feinstsand (Anteil ≤ 0.25 mm) 442 kg/m³ (Soll: ≤ 450 kg/m³ Festbeton)

Anteil ≤ 1 mm	12,8 M.-%
Anteil ≤ 2 mm	20,0 M.-%
Anteil Splitt > 8 mm	100,0 M.-%

Kornverteilung

	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Summe d	2,8	5,3	8,6	12,8	20,0	29,2	71,1	99,7	#####

2.2. Zement

Lieferwerk	Art	Zementgehalt kg/m ³	Sollgehalt kg/m ³
Mannersdorf	CEM II/B-S 42,5 N	340	≥ 340

2.3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Gehalt (% d. Zem.-gew.)
LP	Premair	BT3	0,03
BV	Premment	BT3	0,40

2.4. w/z-Wert Wasser - Zement - Wert

0,40

3. Frischbetondaten

	Rohdichte kg/m ³	Ausbreitmaß cm	Verdichtungs-zahl	Frischbeton-temperatur °C	Luftgehalt Vol.-%
10 min	2400		1,34	20	5,5
45 min	2440		1,41	24	4,9
Sollwert	2400				5,0

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Erstprüfung Beton Blatt 3

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



4. Festbetondaten

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.3 (B36)

Prüfalter	Tage	2			28			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2470	2480	2480	2430	2430	2420	
Mittelwert		2480			2430			
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	35,7	36,9	34,4	60,4	60,1	61,1	
Mittelwert		35,7			60,5			
Prüfalter	Tage	28						Biegezugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2450		2450		2440		
Mittelwert		2450						
Biegezugfestigkeit ²⁾	MPa	9,2		9,8		9,4		
Mittelwert		9,5						
Prüfalter	Tage	28						Spaltzugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2450	2450	2450	2450	2440	2440	
Mittelwert		2450						
Spaltzugfestigkeit ³⁾	MPa	5,19	5,48	5,38	5,43	4,78	4,86	
Mittelwert		5,19						

1) bis 7 Tage $f_{c,cube} = F/A_c$, sonst $f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$

2) Prismenabmessungen für Biegezugprüfung 150 mm x 150 mm x 700 mm

3) Prismenabmessungen für Spaltzug 150 mm x 150 mm x 150 mm

5. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden:

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 1/3 zu Prüfbericht Nr. : 53/699/16-2.1.3 (B36)

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

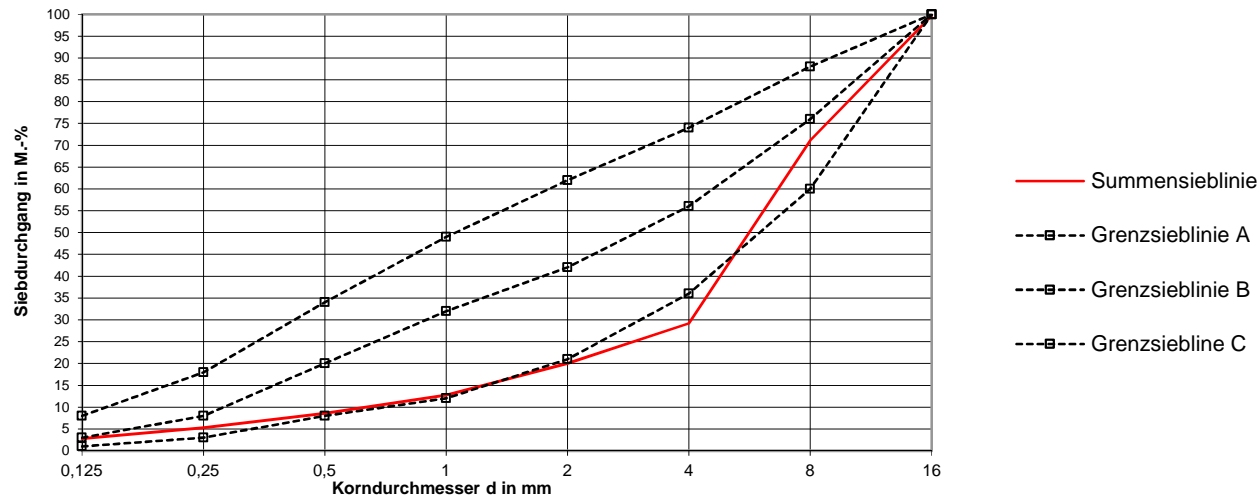
Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Korngruppe Bezeichn.	0/2 feine GK HENGL	2/8 grobe GK HENGL	8/16 grobe GK HENGL	16/22 grobe GK HENGL	
Siebweite mm	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%
0,125	8,8	0,9	1,4	0,9	100,0
0,25	18,3	1,2	1,8	1,2	100,0
0,5	32,4	1,2	2,0	1,5	100,0
1	50,3	1,3	2,1	1,5	100,0
2	81,3	1,4	2,2	1,6	100,0
4	100,0	10,4	2,4	1,6	100,0
8	100,0	84,1	12,2	1,6	100,0
16	100,0	100,0	99,1	20,9	100,0

0/2	2/8	8/16	16/22		Rückstand	Summe Durchgang
Anteil M.-%						
23	54	23	0			
Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	M.-%	M.-%
2,0	0,5	0,3	0,0	0,0	2,5	2,8
4,2	0,6	0,4	0,0	0,0	3,3	5,3
7,5	0,6	0,5	0,0	0,0	4,2	8,6
11,6	0,7	0,5	0,0	0,0	7,2	12,8
18,7	0,8	0,5	0,0	0,0	9,2	20,0
23,0	5,6	0,6	0,0	0,0	41,9	29,2
23,0	45,3	2,8	0,0	0,0	28,6	71,1
23,0	53,9	22,8	0,0	0,0		99,7

Sieblinienbereiche DIN 1045-2 und DIN EN 206-1



Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausfertigt. umia(3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 2/3 zu Prüfbericht Nr.: 53/699/16-2.1.3 (B36)



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928

Mischungsberechnung vom **INGGO**
 23.4.18

Anforderungen

Druckfestigkeitsklasse	C 30/37	Konsistenzber.	C1/C2	angestrebte Festigkeit	45 N/mm²
Expositionsklassen	XF4, (XM2)				
Mindestzementgehalt	340 kg/m³	max w/z	0,45	Luftporen	5,5 Vol.-%
angestrebter Mehlkorngehalt	< 450 kg/m³	Größtkorn	16 mm	Festbetonrohichte	kg/m³
				Sonstiges	

Ausgangsstoffe

Zementart u.-Festigkeitsklasse	CEM II/B-S 42,5 N	Werk	Mannersdorf	N 28		N/mm²	
Zuschlaggemisch	0/16	Kennwert		o z	3,03	kg/dm³	
Zusatzstoff	-	kg/dm	Zusatzmittel	LP	BT3	Premair	0,20 %d.Z.Gew.
	-	kg/dm	Zusatzmittel	BV	BT3	Premment	0,20 %d.Z.Gew.

Berechnung

Wassercementwert	0,40
Wassergehalt	136 kg/m³
Zementgehalt	340 kg/m³
endgültiger Wassercementwert	0,40

Stoffraum


Stoffraum		Mehlkorn und Feinstsand		Mörtelgehalt	
Zement Z:o z	112 dm ³	Zement	340 kg/m ³	Zement	112 dm ³
Wasser W:1,0	136 dm ³	Zuschlag < 0,25	102 kg/m ³	Wasser	136 dm ³
Luftporen	55 dm ³	Zusatzstoff		Luftporen	55 dm ³
				Zuschlag < 2	139 dm ³
Summe	303 dm ³	Summe	442 kg/m ³	Zusatzstoff	dm ³
Zuschlag	697 dm ³				dm ³
				Summe	443 dm ³

Zusammensetzung

Für 1 m ³ verdichteten Frischbeton							Für eine Mischung		
Korngruppe mm	Korngruppen Stoffraum		Kornroh- dichte kg/dm ³	trockener Zuschlag kg	Oberflächen- feuchte		bei feucht. Zuschlag kg	dm ³	dm ³
	%	dm ³			%	kg		kg	kg
0/2	23	160	2,75	440	5,0	22	462		
2/8	54	376	2,74	1030	1,0	10	1040		
8/16	23	160	2,81	450	0,5	2	452		
Summe	99,9	696	-	1920	1,2	16	1955		
Zugabewasser			-	-	-	118	118		
Wassergehalt				136	-	136	-		
Zementgehalt				340			340		
Zusatzstoff									
Frischbetongewicht (Soll)				2396			2413		
Zusatzmittel %	0,03	LP	Premair	0,10	l/m ³				
Zusatzmittel %	0,40	BV ¹	Premment	1,36	l/m ³				

Info: 0/2, 2/8, 8/16 HENGL gebrochen
 Sollwert mittlerer Luftporengehalt am Frischbeton 5,5 Vol.-%.
¹ Einsatz von Verflüssiger nur bei Bedarf zur Konsistenzsteuerung.

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgeteilt, umfaßt 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 3/3		Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05				
zu Prüfbericht Nr.	53/699/16-2.1.3 (B36)	Datum:	12.07.2018			
Bauvorhaben:	INGGO	Festigkeitsklasse:	C 30/37			
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - B36 Beton 0/16 mörtelarm Packungsdichte				Seite:	1/1

PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	Ø [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
1			14.06.18	12.07.18	28	1025,0	101,0	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2	2450	41,4	5,00	
2			14.06.18	12.07.18	28	1023,0	101,0	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	2480	39,3	4,81	
3			14.06.18	12.07.18	28	1000,0	101,0	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	2440	41,6	5,12	
4			14.06.18	12.07.18	28	1025,0	101,0	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4	2490	40,8	5,00	
5			14.06.18	12.07.18	28	1015,0	101,5	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	2450	43,8	5,37	
6			14.06.18	12.07.18	28	1021,0	101,5	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	2440	40,3	4,89	
7			14.06.18	12.07.18	28	1020,0	101,5	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	2460	41,2	5,05	
8			14.06.18	12.07.18	28	1026,0	101,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	2460	42,2	5,12	
9			14.06.18	12.07.18	28	990,0	101,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	2470	40,4	5,09	
10			14.06.18	12.07.18	28	1015,0	101,0	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	2460	41,7	5,10	
11			14.06.18	12.07.18	28	1032,0	101,0	52,1	52,1	52,1	52,1	52,1	2470	43,5	5,26	
12			14.06.18	12.07.18	28	1001,0	101,0	50,8	50,8	50,8	50,8	50,8	2460	40,5	5,03	
13			14.06.18	12.07.18	28	1008,0	101,0	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	2460	39,7	4,89	
14			14.06.18	12.07.18	28	1006,0	101,0	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4	2440	43,8	5,37	
15			14.06.18	12.07.18	28	1018,0	101,0	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6	2460	42,7	5,22	

Mittelwert:	2460	[kg/m³]	5,09	[MPa]
Standardabweichung:	10	[kg/m³]	0,17	[MPa]
Variationskoeffizient:	0,4	[%]	3,3	[%]
	k		2,951	(n = 6)
	k _n			(n = 6)
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach TP B-StB Teil 3.1.05: f _{ctk, core}			4,59	[MPa]
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791: f _{ctk, sp}				[MPa]

- Baustoffprüfung und Forschung
- Prüfstelle nach DIN 1045
- Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf



Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM

Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928

e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Erstprüfung Beton nach TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.4

B37 Waschbeton 0/8 Packungsdichte

Erstprüfung Beton Blatt 1

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation der Baustoffe für die Erstprüfung gemäß TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.4 (B37)
 Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO
 Bauteil Fahrbahndeckenbeton

1. Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Korngruppe	Werk		Anmerkung	Nachweis der Konformität	Kornverteilung (G _F / G _c)	erhöhter Frost/Tausalz/Widerstand (NaCl-Verf.)	Polierresistenz/Kornform (PSV/SI)	Einstufung nach Alkali-Rili	Kernfeuchte (M.-%)
feine GK	0/2	HENGL			ja	GF 85		- / -		0,3
grobe GK	2/8	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4

Werte im kursiven Schriftschnitt auf der Grundlage eigener Untersuchungen.

2. Zement

Art	Festigkeitsklasse	Lieferwerk
		Lafarge Mannersdorf
CEM II/B-S	42,5 N	
zusätzl. Anforderungen TL Beton 2.2.2 erfüllt		-
Na ₂ O-Äquivalent < 0,8 M.-%		ja

3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Konformitätserklärung	Verträglichkeitsnachweis	
				LP	BV / FM
cc	Premair	BT3	ja		
BV	Premment	BT3	ja		

4. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden

Erstprüfung Beton Blatt 2

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation von Erstprüfungen gemäß TL Beton-StB

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.4 (B37)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

Expositionsklassen XF4, XM2 max. w/z 0,45

1. Eignung der Baustoffe

Dokumentations-Nr. Dokumentationsdatum

2. Mischungsberechnung

2.1. Zuschlag

Korngruppe	Sieblinie der Lieferkörnung	Anteil an der Kornklasse (M.-%)	Kernfeuchte (M.-%)
0/2	Anlage	30	0,3
2/8	Anlage	70	0,4

Mehlkorngehalt Zuschlag (Anteil <= 0.125 mm) 57 kg/m³

Mehlkorn und Feinstsand (Anteil <=0.25 mm) 529 kg/m³

Anteil <= 1 mm	16,0 M.- %
Anteil <= 2 mm	25,4 M.- %
Anteil Splitt > 8 mm	M.- %

Kornverteilung

	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Summe d	3,3	6,3	10,6	16,0	25,4	37,3	88,9	100,0	100,0

2.2. Zement

Lieferwerk	Art	Zementgehalt kg/m ³	Sollgehalt kg/m ³
Mannersdorf	CEM II/B-S 42,5 N	420	>= 420

2.3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Gehalt (% d. Zem.-gew.)
LP	Premair	BT3	0,03
BV	Premment	BT3	0,40

2.4. w/z-Wert Wasser - Zement - Wert

0,40

3. Frischbetondaten

	Rohdichte kg/m ³	Ausbreitmaß cm	Verdichtungs-zahl	Frischbeton-temperatur °C	Luftgehalt Vol.- %
10 min	2320		1,15	22	7,6
45 min	23,7		1,28	23	6,7
Sollwert	2320				6,0

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Erstprüfung Beton Blatt 3

ABE Bauprüb- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



4. Festbetondaten

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.1.4 (B37)

Prüfalter	Tage	2			28			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2360	2370	2370	2320	2310	2320	
Mittelwert		2370			2320			
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	31,5	35,0	34,2	61,4	59,3	63,5	
Mittelwert		33,6			61,4			
Prüfalter	Tage	28						Biegezugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2350		2360		2360		
Mittelwert		2360						
Biegezugfestigkeit ²⁾	MPa	6,6		6,9		7,0		
Mittelwert		6,8						
Prüfalter	Tage	28						Spaltzugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2350	2350	2360	2360	2360	2360	
Mittelwert		2360						
Spaltzugfestigkeit ³⁾	MPa	4,32	4,44	4,62	4,71	4,73	4,56	
Mittelwert		4,56						

1) bis 7 Tage $f_{c,cube} = F/A_c$, sonst $f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$

2) Prismenabmessungen für Biegezugprüfung 150 mm x 150 mm x 700 mm

3) Prismenabmessungen für Spaltzug 150 mm x 150 mm x 150 mm

5. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden:

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar aus gefertigt, umfaßt 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 1/3 zu Prüfbericht Nr. : 53/699/16-2.1.4 (B37)

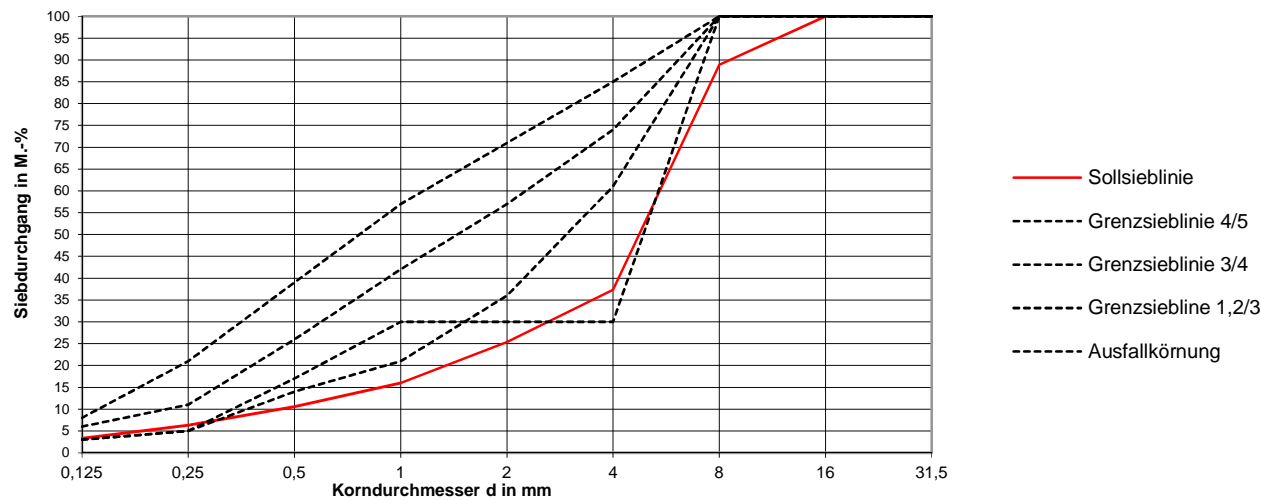
ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Korngruppe Bezeichn.	0/2 feine GK HENGL	2/8 grobe GK HENGL			
Siebweite mm	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%
0,125	8,8	0,9	100,0	100,0	100,0
0,25	18,3	1,2	100,0	100,0	100,0
0,5	32,4	1,2	100,0	100,0	100,0
1	50,3	1,3	100,0	100,0	100,0
2	81,3	1,4	100,0	100,0	100,0
4	100,0	10,4	100,0	100,0	100,0
8	100,0	84,1	100,0	100,0	100,0
16	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
31,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

0/2	2/8				Rückstand M.-%	Summe Durchgang M.-%
Anteil M.-%						
30	70					
Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%		
2,6	0,6	0,0	0,0	0,0	3,0	3,3
5,5	0,8	0,0	0,0	0,0	4,3	6,3
9,7	0,8	0,0	0,0	0,0	5,4	10,6
15,1	0,9	0,0	0,0	0,0	9,4	16,0
24,4	1,0	0,0	0,0	0,0	11,9	25,4
30,0	7,3	0,0	0,0	0,0	51,6	37,3
30,0	58,9	0,0	0,0	0,0	11,1	88,9
30,0	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
30,0	70,0	0,0	0,0	0,0		100,0

Sieblinienbereiche DIN 1045-2 und DIN EN 206-1



Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar aus gefertigt, umfasst 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 2/3 zu Prüfbericht Nr.: 53/699/16-2.1.4 (B37)



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928

Mischungsberechnung vom **INGGO**
24.4.18

Anforderungen

Druckfestigkeitsklasse	C 30/37	Konsistenzber.	C1/C2	angestrebte Festigkeit	45 N/mm²
Expositionsklassen	XF 4, XM 2				
Mindestzementgehalt	420 kg/m³	max w/z	0,45	Luftporen	6,5 Vol.-%
angestrebter Mehlkorngehalt			Größtkorn	8 mm	Sonstiges

Ausgangsstoffe

Zementart u.-Festigkeitsklasse	CEM II/B-S 42,5 N		Werk	Mannersdorf	N 28		N/mm²	
Zuschlaggemisch	0/8	Kennwert			o z	3,1	kg/dm³	
Zusatzstoff	-	kg/dm ³	Zusatzmittel	LP	BT3	Premair	0,20	%d.Z.Gew.
	-	kg/dm ³	Zusatzmittel	BV	BT3	Premment	0,20	%d.Z.Gew.

Berechnung

Wassercementwert	0,40
Wassergehalt	168 kg/m³
Zementgehalt	420 kg/m³
endgültiger Wassercementwert	0,40


Stoffraum

Stoffraum		Mehlkorn und Feinstsand		Mörtelgehalt	
Zement Z:o z	135 dm ³	Zement	420 kg/m ³	Zement	135 dm ³
Wasser W:1,0	168 dm ³			Wasser	168 dm ³
Luftporen	65 dm ³	Zuschlag < 0,25	109 kg/m ³	Luftporen	65 dm ³
		Zusatzstoff		Zuschlag < 2	160 dm ³
Summe	368 dm ³			Zusatzstoff	dm ³
Zuschlag	632 dm ³	Summe	529 kg/m ³	Summe	529 dm ³

Zusammensetzung

Für 1 m ³ verdichteten Frischbeton							Für eine Mischung		
Korngruppe mm	Korngruppen Stoffraum		Kornroh- dichte kg/dm ³	trockener Zuschlag kg	Oberflächen- feuchte		bei feucht. Zuschlag kg	dm ³	dm ³
	%	dm ³			%	kg		kg/l	kg/l
0/2	30	189	2,75	520	5,6	29	549		
2/8	70	442	2,74	1211	0,4	5	1216		
Summe	100	631	-	1731	1,5	16	1765		
Zugabewasser			-	-	-	150	150		
Wassergehalt				168		168	-		
Zementgehalt				420					
Zusatzstoff									
Frischbetongewicht (Soll)				2319			1915		
Zusatzmittel %	0,03	LP	Premair	0,13	l/m ³				
Zusatzmittel %	0,40	BV ¹	Premment	1,68	l/m ³				

Info: 0/2, 2/8 HENGL gebrochen
 Sollwert mittlerer Luftporengehalt am Frischbeton 6,5 Vol.-%
¹ Einsatz von Verflüssiger nur bei Bedarf zur Konsistenzsteuerung.

Anlage 3/3		Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05				
zu Prüfbericht Nr.	53/699/16-2.1.4 (B37)	Datum:	22.05.2018			
Bauvorhaben:	INGGO	Festigkeitsklasse:	C 30/37			
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - B37 Waschbeton 0/8 Packungsdichte			Seite:	1/1	

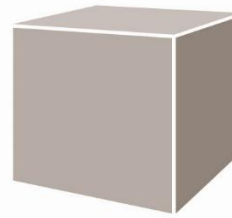
PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	Ø [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
1			24.04.18	22.05.18	28	988,0	101,5	51,6	51,6	51,6	51,6	2370	43,1	5,24		
2			24.04.18	22.05.18	28	972,0	101,0	51,4	51,4	51,4	51,4	2360	41,2	5,05		
3			24.04.18	22.05.18	28	975,0	101,0	51,1	51,1	51,1	51,1	2380	42,5	5,24		
4			24.04.18	22.05.18	28	991,0	101,5	51,5	51,5	51,5	51,5	2380	43,3	5,27		
5			24.04.18	22.05.18	28	1002,0	101,5	52,0	52,0	52,0	52,0	2380	42,1	5,08		
6			24.04.18	22.05.18	28	962,0	101,0	50,8	50,8	50,8	50,8	2360	36,3	4,50		
7			24.04.18	22.05.18	28	978,0	101,0	51,3	51,3	51,3	51,3	2380	42,6	5,23		
8			24.04.18	22.05.18	28	981,0	101,0	51,5	51,5	51,5	51,5	2380	43,2	5,29		
9			24.04.18	22.05.18	28	989,0	101,0	52,1	52,1	52,1	52,1	2370	38,3	4,63		
10			24.04.18	22.05.18	28	961,0	101,0	50,5	50,5	50,5	50,5	2380	40,7	5,08		
11			24.04.18	22.05.18	28	970,0	101,0	51,2	51,2	51,2	51,2	2360	34,1	4,20		
12			24.04.18	22.05.18	28	972,0	101,0	51,0	51,0	51,0	51,0	2380	42,6	5,26		
13			24.04.18	22.05.18	28	965,0	101,0	50,7	50,7	50,7	50,7	2380	41,0	5,10		
14			24.04.18	22.05.18	28	990,0	101,0	51,8	51,8	51,8	51,8	2390	43,2	5,26		
15			24.04.18	22.05.18	28	974,0	101,0	50,9	50,9	50,9	50,9	2390	41,5	5,14		

Mittelwert:	2380	[kg/m³]	5,04	[MPa]
Standardabweichung:	10	[kg/m³]	0,33	[MPa]
Variationskoeffizient:	0,4	[%]	6,5	[%]
	k		2,951	(n = 6)
	k _n			(n = 6)
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach TP B-StB Teil 3.1.05: f _{ctk, core}			4,07	[MPa]
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791: f _{ctk, sp}				[MPa]

Anlage 2.2

Sandeinfluss

- Baustoffprüfung und Forschung
- Prüfstelle nach DIN 1045
- Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM

Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928

e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Erstprüfung Beton nach TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.2.1

B32 Nullbeton 0/22 UB A5 Quarzsand Althüttendorf

Erstprüfung Beton Blatt 1

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation der Baustoffe für die Erstprüfung gemäß TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.2.1 (B32)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage

Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

1. Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Korngruppe	Werk		Anmerkung	Nachweis der Konformität	Kornverteilung (G _F / G _C)	erhöhter Frost/Tausalz/Widerstand (NaCl-Verf.)	Polierresistenz/Kornform (PSV/SI)	Einstufung nach Alkali-Rili	Kernfeuchte (M.-%)
feine GK	0/2	Steinbach			ja	GF 85		- / -		0,3
grobe GK	2/8	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	8/16	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	16/22	HENGL	gebrochen		ja	GC90/15		PSV50		0,3

Werte im kursiven Schriftschnitt auf der Grundlage eigener Untersuchungen.

2. Zement

Art	Festigkeitsklasse	Lieferwerk
		Lafarge Mannersdorf
CEM II/B-S	42,5 N	
zusätzl. Anforderungen TL Beton 2.2.2 erfüllt		-
Na ₂ O-Äquivalent < 0,8 M.-%		ja

3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Konformitätserklärung	Verträglichkeitsnachweis	
				LP	BV / FM
LP	Premair	BT3	ja		
BV	Premment	BT3	ja		

4. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden

Erstprüfung Beton Blatt 2

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation von Erstprüfungen gemäß TL Beton-StB

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.2.1 (B32)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

Expositionsklassen XF4, (XM2) max. w/z 0,45

1. Eignung der Baustoffe

Dokumentations-Nr. Dokumentationsdatum

2. Mischungsberechnung

2.1. Zuschlag

Korngruppe	Sieblinie der Lieferkörnung	Anteil an der Kornklasse (M.-%)	Kernfeuchte (M.-%)
0/2	Anlage	25	0,3
2/8	Anlage	18	0,4
8/16	Anlage	32	0,4
16/22	Anlage	25	0,3

Mehlkorngehalt Zuschlag (Anteil <= 0.125 mm) 23 kg/m³ (Soll:<=50 kg/m³ Festbeton)
 Mehlkorn und Feinstsand (Anteil <=0.25 mm) 430 kg/m³ (Soll:<=450 kg/m³ Festbeton)

Anteil <= 1 mm	19,1 M.- %
Anteil <= 2 mm	25,0 M.- %
Anteil Splitt > 8 mm	100,0 M.- %

Kornverteilung

	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Summe d	1,2	3,7	12,2	19,1	25,0	28,0	44,4	79,9	100,0

2.2. Zement

Lieferwerk	Art	Zementgehalt kg/m ³	Sollgehalt kg/m ³
Mannersdorf	CEM II/B-S 42,5 N	360	>= 340

2.3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Gehalt (% d. Zem.-gew.)
LP	Premair	BT3	0,03
BV	Premment	BT3	0,40

2.4. w/z-Wert Wasser - Zement - Wert

0,41

3. Frischbetondaten

	Rohdichte kg/m ³	Ausbreitmaß cm	Verdichtungs-zahl	Frischbeton-temperatur °C	Luftgehalt Vol.- %
10 min	2310		1,27	20	4,9
45 min	2350		1,38	20	4,5
Sollwert	2400				4,5

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Erstprüfung Beton Blatt 3

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



4. Festbetondaten

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.2.1 (B32)

Prüfalter	Tage	2			28			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2400	2400	2410	2390	2380	2380	
Mittelwert		2400			2380			
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	31,1	31,6	33,0	54,6	52,6	55,0	
Mittelwert		31,9			54,1			
Prüfalter	Tage	28			28			Biegezugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2490		2480	2480			
Mittelwert		2480						
Biegezugfestigkeit ²⁾	MPa	7,5		6,8	7,3			
Mittelwert		7,2						
Prüfalter	Tage	28			28			Spaltzugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2490	2490	2480	2480	2480	2480	
Mittelwert		2480						
Spaltzugfestigkeit ³⁾	MPa	5,15	5,04	4,48	4,53	4,51	4,82	
Mittelwert		4,76						

1) bis 7 Tage $f_{c,cube} = F/A_c$, sonst $f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$

2) Prismenabmessungen für Biegezugprüfung 150 mm x 150 mm x 700 mm

3) Prismenabmessungen für Spaltzug 150 mm x 150 mm x 150 mm

5. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden:

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 1/3 zu Prüfbericht Nr. : 53/699/16-2.2.1 (B32)

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

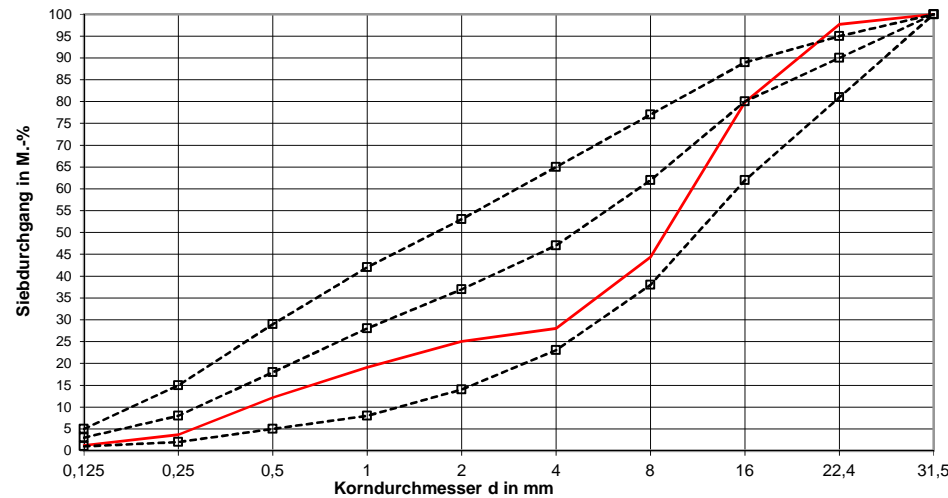
Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Korngruppe Bezeichn.	0/2 feine GK Steinbach	2/8 grobe GK HENGL	8/16 grobe GK HENGL	16/22 grobe GK HENGL	
Siebweite mm	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%
0,125	1,4	0,9	1,4	0,9	100,0
0,25	10,4	1,2	1,8	1,2	100,0
0,5	43,7	1,2	2,0	1,5	100,0
1	71,2	1,3	2,1	1,5	100,0
2	94,4	1,4	2,2	1,6	100,0
4	100,0	10,4	2,4	1,6	100,0
8	100,0	84,1	12,2	1,6	100,0
16	100,0	100,0	99,1	20,9	100,0
22,4	100,0	100,0	100,0	90,8	100,0
31,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

0/2	2/8	8/16	16/22			
Anteil M.-%					Rückstand M.-%	Summe Durchgang M.-%
25	18	32	25			
Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%		
0,4	0,2	0,4	0,2	0,0	2,5	1,2
2,6	0,2	0,6	0,3	0,0	8,5	3,7
10,9	0,2	0,6	0,4	0,0	6,9	12,2
17,8	0,2	0,7	0,4	0,0	5,9	19,1
23,6	0,3	0,7	0,4	0,0	3,0	25,0
25,0	1,9	0,8	0,4	0,0	16,4	28,0
25,0	15,1	3,9	0,4	0,0	35,5	44,4
25,0	18,0	31,7	5,2	0,0	17,8	79,9
25,0	18,0	32,0	22,7	0,0	2,3	97,7
25,0	18,0	32,0	25,0	0,0		100,0

Sieblinienbereiche DIN 1045-2 und DIN EN 206-1



- Summsieblinie
- - - □ - - - Grenzsieblinie A
- - - □ - - - Grenzsieblinie B
- - - □ - - - Grenzsieblinie C

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar aus gefertigt, umfasst 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 2/3 zu Prüfbericht Nr.: 53/699/16-2.2.1 (B32)



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928

Mischungsberechnung vom **INGGO**
 19.1.18

Anforderungen

Druckfestigkeitsklasse	C 30/37	Konsistenzber.	C1/C2	angestrebte Festigkeit	45 N/mm²
Expositionsklassen	XF4, (XM2)				
Mindestzementgehalt	340 kg/m³	max w/z	0,45	Luftporen	5,0 Vol.-%
angestrebter Mehlkorngehalt	< 450 kg/m³	Größtkorn	22 mm	Festbetonrohichte	kg/m³
				Sonstiges	

Ausgangsstoffe

Zementart u.-Festigkeitsklasse	CEM II/B-S 42,5 N	Werk	Mannersdorf	N 28		N/mm²	
Zuschlaggemisch	0/22	Kennwert		o z	3,03	kg/dm³	
Zusatzstoff	-	kg/dm	Zusatzmittel	LP	BT3	Premair	0,20 %d.Z.Gew.
	-	kg/dm	Zusatzmittel	BV	BT3	Premment	0,20 %d.Z.Gew.

Berechnung

Wassercementwert	0,42
Wassergehalt	146 kg/m³
Zementgehalt	360 kg/m³
endgültiger Wassercementwert	0,41

Stoffraum

Stoffraum		Mehlkorn und Feinstsand		Mörtelgehalt	
Zement Z:o z	119 dm ³	Zement	360 kg/m ³	Zement	119 dm ³
Wasser W:1,0	146 dm ³	Zuschlag < 0,25	70 kg/m ³	Wasser	146 dm ³
Luftporen	50 dm ³	Zusatzstoff		Luftporen	50 dm ³
				Zuschlag < 2	171 dm ³
Summe	315 dm ³	Summe	430 kg/m ³	Zusatzstoff	dm ³
Zuschlag	685 dm ³				dm ³
				Summe	486 dm ³

Zusammensetzung


Für 1 m ³ verdichteten Frischbeton							Für eine Mischung		
Korngruppe mm	Korngruppen Stoffraum		Kornroh- dichte kg/dm ³	trockener Zuschlag kg	Oberflächen- feuchte		bei feucht. Zuschlag kg	dm ³	dm ³
	%	dm ³			%	kg		kg	kg
0/2	25	171	2,72	465	5,0	23	488		
2/8	18	123	2,74	337	1,0	3	340		
8/16	32	219	2,81	615	0,5	3	618		
16/22	25	171	2,78	475	0,5	2	477		
Summe	100	684	-	1892	1	13	1924		
Zugabewasser			-	-	-	133	133		
Wassergehalt				146	-	146	-		
Zementgehalt				360			360		
Zusatzstoff									
Frischbetongewicht (Soll)				2398			2417		
Zusatzmittel %	0,03	LP	Premair	0,11	l/m ³				
Zusatzmittel %	0,13	BV ¹	Premment	0,47	l/m ³				

Info: 0/2 Althüttendorf, 2/8, 8/16, 16/22 HENGL gebrochen

Sollwert mittlerer Luftporengehalt am Frischbeton 5,0 Vol.-%.

¹ Einsatz von Verflüssiger nur bei Bedarf zur Konsistenzsteuerung.

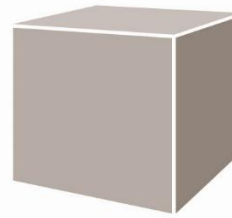
Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgeteilt, umfaßt 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 3/3		Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05		
zu Prüfbericht Nr.	53/699/16-2.2.1 (B32)	Datum:	05.03.2018	
Bauvorhaben:	INGGO	Festigkeitsklasse:	C 30/37	
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - B32 Nullbeton 0/22 UB A5 Quarzsand Althü			Seite: 1/1

PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	Ø [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
1			05.02.18	05.03.18	28	1012,0	101,1	51,0	51,0	51,0	51,0	2470	43,2	5,33		
2			05.02.18	05.03.18	28	1005,0	101,4	50,9	50,9	50,9	50,9	2450	36,2	4,47		
3			05.02.18	05.03.18	28	1019,0	101,1	51,0	51,0	51,0	51,0	2490	42,2	5,21		
4			05.02.18	05.03.18	28	977,0	101,1	50,0	50,0	50,0	50,0	2430	42,7	5,38		
5			05.02.18	05.03.18	28	1003,0	101,3	50,9	50,9	50,9	50,9	2440	44,0	5,43		
6			05.02.18	05.03.18	28	978,0	100,2	50,9	50,9	50,9	50,9	2440	40,3	5,03		
7			05.02.18	05.03.18	28	1007,0	101,2	50,8	50,8	50,8	50,8	2460	40,4	5,00		
8			05.02.18	05.03.18	28	997,0	101,0	50,1	50,1	50,1	50,1	2480	39,2	4,93		
9			05.02.18	05.03.18	28	998,0	101,1	50,0	50,0	50,0	50,0	2490	38,2	4,81		
10			05.02.18	05.03.18	28	1016,0	101,2	51,2	51,2	51,2	51,2	2470	43,2	5,31		
11			05.02.18	05.03.18	28	1010,0	101,1	50,3	50,3	50,3	50,3	2500	44,3	5,55		
12			05.02.18	05.03.18	28	1011,0	101,2	50,9	50,9	50,9	50,9	2470	44,7	5,52		
13			05.02.18	05.03.18	28	1018,0	101,0	51,0	51,0	51,0	51,0	2490	42,3	5,23		
14			05.02.18	05.03.18	28	1009,0	101,0	50,4	50,4	50,4	50,4	2500	41,7	5,22		
15			05.02.18	05.03.18	28	1011,0	101,0	50,6	50,6	50,6	50,6	2490	39,8	4,96		

Mittelwert:	2470	[kg/m³]	5,16	[MPa]
Standardabweichung:	20	[kg/m³]	0,29	[MPa]
Variationskoeffizient:	0,8	[%]	5,6	[%]
	k		2,951	(n = 6)
	k _n			(n = 6)
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach TP B-StB Teil 3.1.05: f _{ctk, core}			4,30	[MPa]
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791: f _{ctk, sp}				[MPa]

- Baustoffprüfung und Forschung
- Prüfstelle nach DIN 1045
- Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM

Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928

e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Erstprüfung Beton nach TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.2.2

B33 Nullbeton 0/22 UB A5 Carbonatsand Steinbach

Erstprüfung Beton Blatt 1

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation der Baustoffe für die Erstprüfung gemäß TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.2.2 (B33)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage

Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

1. Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Korngruppe	Werk		Anmerkung	Nachweis der Konformität	Kornverteilung (G _F / G _C)	erhöhter Frost/Tausalz/Widerstand (NaCl-Verf.)	Polierresistenz/Kornform (PSV/SI)	Einstufung nach Alkali-Rili	Kernfeuchte (M.-%)
feine GK	0/2	Steinbach			ja	GF 85		- / -		1,2
grobe GK	2/8	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	8/16	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	16/22	HENGL	gebrochen		ja	GC90/15		PSV50		0,3

Werte im kursiven Schriftschnitt auf der Grundlage eigener Untersuchungen.

2. Zement

Art	Festigkeitsklasse	Lieferwerk
		Lafarge Mannersdorf
CEM II/B-S	42,5 N	
zusätzl. Anforderungen TL Beton 2.2.2 erfüllt		-
Na ₂ O-Äquivalent < 0,8 M.-%		ja

3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Konformitätserklärung	Verträglichkeitsnachweis	
				LP	BV / FM
LP	Premair	BT3	ja		
BV	Premment	BT3	ja		

4. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden

Erstprüfung Beton Blatt 2

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation von Erstprüfungen gemäß TL Beton-StB

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.2.2 (B33)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

Expositionsklassen XF4, (XM2) max. w/z 0,45

1. Eignung der Baustoffe

Dokumentations-Nr. Dokumentationsdatum

2. Mischungsberechnung

2.1. Zuschlag

Korngruppe	Sieblinie der Lieferkörnung	Anteil an der Kornklasse (M.-%)	Kernfeuchte (M.-%)
0/2	Anlage	30	1,2
2/8	Anlage	15	0,4
8/16	Anlage	30	0,4
16/22	Anlage	25	0,3

Mehlkorngehalt Zuschlag (Anteil <= 0.125 mm) 37 kg/m³ (Soll:<=50 kg/m³ Festbeton)
 Mehlkorn und Feinstsand (Anteil <=0.25 mm) 439 kg/m³ (Soll:<=450 kg/m³ Festbeton)

Anteil <= 1 mm	14,2 M.-%
Anteil <= 2 mm	29,0 M.-%
Anteil Splitt > 8 mm	100,0 M.-%

Kornverteilung

	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Summe d	2,0	4,2	7,0	14,2	29,0	32,7	46,7	80,0	100,0

2.2. Zement

Lieferwerk	Art	Zementgehalt kg/m ³	Sollgehalt kg/m ³
Mannersdorf	CEM II/B-S 42,5 N	360	>= 340

2.3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Gehalt (% d. Zem.-gew.)
LP	Premair	BT3	0,04
BV	Premment	BT3	0,40

2.4. w/z-Wert Wasser - Zement - Wert

0,41

3. Frischbetondaten

	Rohdichte kg/m ³	Ausbreitmaß cm	Verdichtungs-zahl	Frischbeton-temperatur °C	Luftgehalt Vol.- %
10 min	2390		1,27	19	4,5
45 min	2450		1,34	20	4,0
Sollwert	2380				4,5

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Erstprüfung Beton Blatt 3

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



4. Festbetondaten

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.2.2 (B33)

Prüfalter	Tage	2			28			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2470	2470	2480	2440	2450	2450	
Mittelwert		2470			2450			
Druckfestigkeit ¹⁾	Mpa	32,4	35,5	35,6	65,8	67,0	68,2	
Mittelwert		34,5			67,0			
Prüfalter	Tage	28						Biegezugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2480		2470		2470		
Mittelwert		2480						
Biegezugfestigkeit ²⁾	MPa	7,2		7,3		7,2		
Mittelwert		7,2						
Prüfalter	Tage	28						Spaltzugfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2480	2480	2470	2470	2470	2470	
Mittelwert		2470						
Spaltzugfestigkeit ³⁾	MPa	4,95	4,86	4,55	4,47	4,73	4,79	
Mittelwert		4,73						

1) bis 7 Tage $f_{c,cube} = F/A_c$, sonst $f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$

2) Prismenabmessungen für Biegezugprüfung 150 mm x 150 mm x 700 mm

3) Prismenabmessungen für Spaltzug 150 mm x 150 mm x 150 mm

5. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 1/3 zu Prüfbericht Nr. : 53/699/16-2.2.2 (B33)

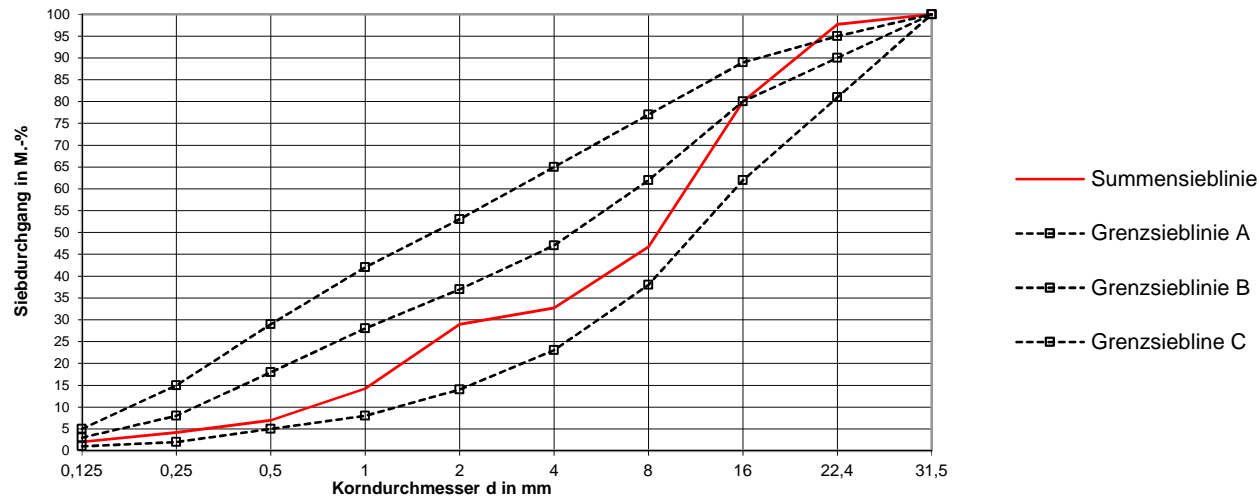
ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Korngruppe Bezeichn.	0/2 feine GK Steinbach	2/8 grobe GK HENGL	8/16 grobe GK HENGL	16/22 grobe GK HENGL	
Siebweite mm	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%
0,125	4,1	0,9	1,4	0,9	100,0
0,25	10,5	1,2	1,8	1,2	100,0
0,5	19,5	1,2	2,0	1,5	100,0
1	43,3	1,3	2,1	1,5	100,0
2	92,5	1,4	2,2	1,6	100,0
4	100,0	10,4	2,4	1,6	100,0
8	100,0	84,1	12,2	1,6	100,0
16	100,0	100,0	99,1	20,9	100,0
22,4	100,0	100,0	100,0	90,8	100,0
31,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

0/2	2/8	8/16	16/22			
Anteil M.-%					Rückstand M.-%	Summe Durchgang M.-%
30	15	30	25			
Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%		
1,2	0,1	0,4	0,2	0,0	2,2	2,0
3,2	0,2	0,5	0,3	0,0	2,8	4,2
5,9	0,2	0,6	0,4	0,0	7,2	7,0
13,0	0,2	0,6	0,4	0,0	14,8	14,2
27,8	0,2	0,7	0,4	0,0	3,7	29,0
30,0	1,6	0,7	0,4	0,0	14,0	32,7
30,0	12,6	3,7	0,4	0,0	33,3	46,7
30,0	15,0	29,7	5,2	0,0	17,7	80,0
30,0	15,0	30,0	22,7	0,0	2,3	97,7
30,0	15,0	30,0	25,0	0,0		100,0

Sieblinienbereiche DIN 1045-2 und DIN EN 206-1



Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar aus gefertigt, umfasst 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugswise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 2/3 zu Prüfbericht Nr.: 53/699/16-2.2.2 (B33)



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928

Mischungsberechnung vom **INGGO**
 19.1.18

Anforderungen

Druckfestigkeitsklasse	C 30/37	Konsistenzber.	C1/C2	angestrebte Festigkeit	45 N/mm²
Expositionsklassen	XF4, (XM2)				
Mindestzementgehalt	340 kg/m³	max w/z	0,45	Luftporen	5,0 Vol.-%
angestrebter Mehlkorngesamt	< 450 kg/m³		Größtkorn	22 mm	Festbetonrohddichte
					kg/m³

Ausgangsstoffe

Zementart u.-Festigkeitsklasse	CEM II/B-S 42,5 N		Werk	Mannersdorf	N 28		N/mm²
Zuschlaggemisch	0/22	Kennwert			o z	3,03	kg/dm³
Zusatzstoff	-	kg/dm ³	Zusatzmittel	LP	BT3	Premair	0,20 %d.Z.Gew.
	-	kg/dm ³	Zusatzmittel	BV	BT3	Premment	0,20 %d.Z.Gew.

Berechnung

Wassercementwert	0,42
Wassergehalt	146 kg/m³
Zementgehalt	360 kg/m³
endgültiger Wassercementwert	0,41

Stoffraum

Stoffraum		Mehlkorn und Feinstsand		Mörtelgehalt	
Zement Z:o z	119 dm ³	Zement	360 kg/m ³	Zement	119 dm ³
Wasser W:1,0	146 dm ³			Wasser	146 dm ³
Luftporen	50 dm ³	Zuschlag < 0,25	79 kg/m ³	Luftporen	50 dm ³
		Zusatzstoff		Zuschlag < 2	199 dm ³
Summe	315 dm ³			Zusatzstoff	dm ³
Zuschlag	685 dm ³	Summe	439 kg/m ³	Summe	514 dm ³

Zusammensetzung


Für 1 m ³ verdichteten Frischbeton							Für eine Mischung		
Korngruppe mm	Korngruppen Stoffraum		Kornroh- dichte kg/dm ³	trockener Zuschlag kg	Oberflächen- feuchte		bei feucht. Zuschlag kg	dm ³	dm ³
	%	dm ³			kg	kg		kg	kg
0/2	30	206	2,59	534	5,0	27	561		
2/8	15	103	2,74	282	1,0	3	285		
8/16	30	206	2,81	579	0,5	3	582		
16/22	25	171	2,78	475	0,5	2	477		
Summe	100	686	-	1870	1,9	25	1905		
Zugabewasser			-	-	-	120	120		
Wassergehalt				146	-	146	-		
Zementgehalt				360			360		
Zusatzstoff									
Frischbetongewicht (Soll)				2376			2385		
Zusatzmittel %	0,04	LP	Premair	0,14	l/m ³				
Zusatzmittel %	0,40	BV ¹	Premment	1,44	l/m ³				

Info: 0/2 Steinbach, 2/8, 8/16, 16/22 HENGL gebrochen

Sollwert mittlerer Luftporengehalt am Frischbeton 5,0 Vol.-%.

¹ Einsatz von Verflüssiger nur bei Bedarf zur Konsistenzsteuerung.

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgeteilt, umfaßt 3 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 3/3		Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach TP B-StB Teil 3.1.05					
zu Prüfbericht Nr.	53/699/16-2.2.2 (B33)	Datum:	07.03.2018				
Bauvorhaben:	INGGO	Festigkeitsklasse:	C 30/37				
Bauteil/Station:	Fahrbahndeckenbeton - B33 Nullbeton 0/22 UB A5 Carbonatsand S						Seite: 1/1

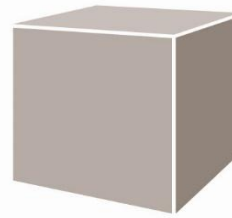
PK	km	Fahrstreifen	Einbau	Prüfung	Betonalter [d]	Masse [g]	Ø [mm]	Höhe [mm]					Rohdichte [kg/m³]	Bruchlast [kN]	f _{ct, sp} [MPa]	Bemerkung Auffälligkeiten Bruchbild
								1	2	3	4	Mittel				
1			07.02.18	07.03.18	28	1002,0	101,1	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	2510	38,3	4,85	
2			07.02.18	07.03.18	28	1000,0	101,0	49,8	49,8	49,8	49,8	49,8	2510	38,6	4,89	
3			07.02.18	07.03.18	28	1001,0	101,1	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	2480	37,7	4,72	
4			07.02.18	07.03.18	28	1021,0	101,3	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7	2500	36,3	4,50	
5			07.02.18	07.03.18	28	1031,0	101,2	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	2500	39,5	4,85	
6			07.02.18	07.03.18	28	1039,0	101,0	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	2520	37,2	4,55	
7			07.02.18	07.03.18	28	998,0	101,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	2490	39,6	4,99	
8			07.02.18	07.03.18	28	1025,0	101,0	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	2490	40,1	4,93	
9			07.02.18	07.03.18	28	1010,0	101,0	50,8	50,8	50,8	50,8	50,8	2480	38,7	4,80	
10			07.02.18	07.03.18	28	1035,0	101,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	2480	36,4	4,41	
11			07.02.18	07.03.18	28	1012,0	101,0	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	2470	33,1	4,08	
12			07.02.18	07.03.18	28	1015,0	101,0	50,5	50,5	50,5	50,5	50,5	2510	41,2	5,14	
13			07.02.18	07.03.18	28	1024,0	101,0	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	2500	40,3	4,96	
14			07.02.18	07.03.18	28	1013,0	101,0	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	2480	38,5	4,76	
15			07.02.18	07.03.18	28	1028,0	101,0	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	2480	38,8	4,73	

Mittelwert:	2490	[kg/m³]	4,74	[MPa]
Standardabweichung:	10	[kg/m³]	0,27	[MPa]
Variationskoeffizient:	0,4	[%]	5,7	[%]
	k		2,951	(n = 6)
	k _n			(n = 6)
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) nach AL Sp-Beton:	f _{ctk, core}		3,94	[MPa]
charakteristische Spaltzugfestigkeit (unteres 5 % Quantil) in Anlehnung an DIN EN 13791:	f _{ctk, sp}			[MPa]

Anlage 2.3

Grindingzeitpunkt

- Baustoffprüfung und Forschung
- Prüfstelle nach DIN 1045
- Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM

Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928

e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Erstprüfung Beton nach TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.3.1

B39 Beton mörtelarm 0/16 Grindingzeitpunkt

Erstprüfung Beton Blatt 1

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation der Baustoffe für die Erstprüfung gemäß TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.3.1 (B39)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage

Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

1. Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Korngruppe	Werk		Anmerkung	Nachweis der Konformität	Kornverteilung (G _F / G _C)	erhöhter Frost/Tausalz/Widerstand (NaCl-Verf.)	Polierresistenz/Kornform (PSV/SI)	Einstufung nach Alkali-Rili	Kernfeuchte (M.-%)
feine GK	0/2	HENGL			ja	GF 85		- / -		0,3
grobe GK	2/8	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	8/16	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4
grobe GK	16/22	HENGL	gebrochen		ja	GC90/15		PSV50		0,3

Werte im kursiven Schriftschnitt auf der Grundlage eigener Untersuchungen.

2. Zement

Art	Festigkeitsklasse	Lieferwerk
		Lafarge Mannersdorf
CEM II/B-S	42,5 N	
zusätzl. Anforderungen TL Beton 2.2.2 erfüllt		-
Na ₂ O-Äquivalent < 0,8 M.-%		ja

3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Konformitätserklärung	Verträglichkeitsnachweis	
				LP	BV / FM
LP	Premair	BT3	ja		
BV	Premment	BT3	ja		

4. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden

Erstprüfung Beton Blatt 2

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation von Erstprüfungen gemäß TL Beton-StB

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.3.1 (B39)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

Expositionsklassen XF4, (XM2) max. w/z 0,45

1. Eignung der Baustoffe

Dokumentations-Nr. Dokumentationsdatum

2. Mischungsberechnung

2.1. Zuschlag

Korngruppe	Sieblinie der Lieferkörnung	Anteil an der Kornklasse (M.-%)	Kernfeuchte (M.-%)
0/2	Anlage	23	0,3
2/8	Anlage	54	0,4
8/16	Anlage	23	0,4

Mehlkorngehalt Zuschlag (Anteil <= 0.125 mm) 55 kg/m³ (Soll:<=50 kg/m³ Festbeton)
 Mehlkorn und Feinstsand (Anteil <=0.25 mm) 443 kg/m³ (Soll:<=450 kg/m³ Festbeton)

Anteil <= 1 mm	12,8 M.- %
Anteil <= 2 mm	20,0 M.- %
Anteil Splitt > 8 mm	100,0 M.- %

Kornverteilung

	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Summe d	2,8	5,3	8,6	12,8	20,0	29,2	71,1	99,7	

2.2. Zement

Lieferwerk	Art	Zementgehalt kg/m ³	Sollgehalt kg/m ³
Mannersdorf	CEM II/B-S 42,5 N	340	>= 340

2.3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Gehalt (% d. Zem.-gew.)
LP	Premair	BT3	0,04
BV	Premment	BT3	0,40

2.4. w/z-Wert Wasser - Zement - Wert

0,40

3. Frischbetondaten

	Rohdichte kg/m ³	Ausbreitmaß cm	Verdichtungs-zahl	Frischbeton-temperatur °C	Luftgehalt Vol.- %
10 min	2280		1,34	24	5,8
45 min	2390		1,43	24	4,9
Sollwert	2430				5,0

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Erstprüfung Beton Blatt 3

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



4. Festbetondaten

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.3.1 (B39)

Prüfalter	Tage	1			2			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2440	2440	2440	2430	2420	2420	
Mittelwert		2440			2420			
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	29,0	30,1	28,7	33,8	36,7	34,9	
Mittelwert		29,3			35,1			
Prüfalter	Tage	4			7			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2440	2410	2410	2440	2390	2420	
Mittelwert		2420			2420			
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	38,4	43,3	41,4	45,0	45,3	44,3	
Mittelwert		41,0			44,9			
Prüfalter	Tage	28						Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2400	2400	2420				
Mittelwert		2410						
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	57,9	62,4	54,3				
Mittelwert		58,2						

1) bis 7 Tage $f_{c,cube} = F/A_c$, sonst $f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$

2) Prismenabmessungen für Biegezugprüfung 150 mm x 150 mm x 700 mm

5. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 1/8 zu Prüfbericht Nr. : 53/699/16-2.3.1 (B39)

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

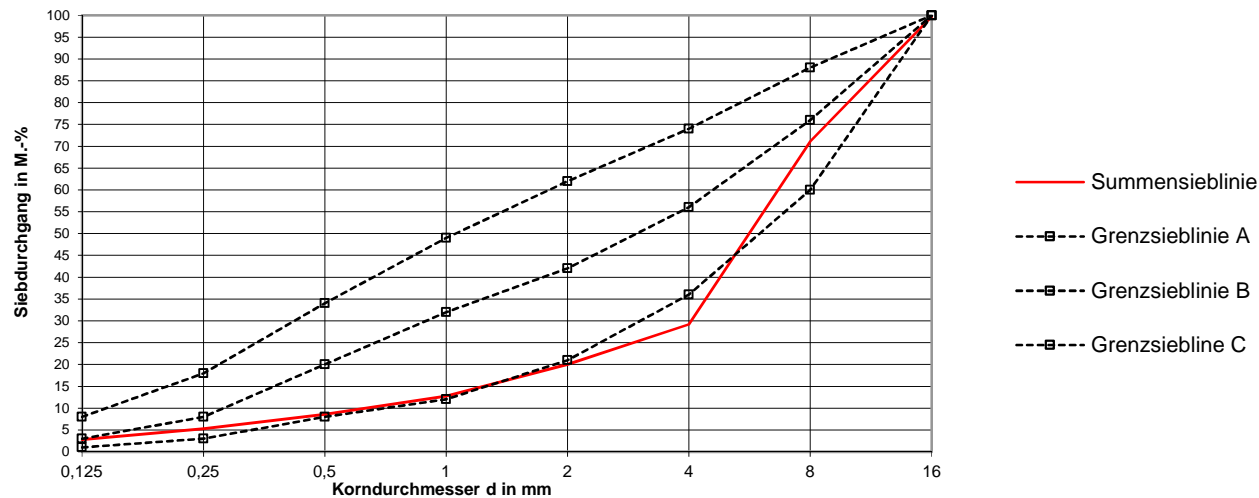
Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Korngruppe Bezeichn.	0/2 feine GK HENGL	2/8 grobe GK HENGL	8/16 grobe GK HENGL	16/22 grobe GK HENGL	
Siebweite mm	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%
0,125	8,8	0,9	1,4	0,9	100,0
0,25	18,3	1,2	1,8	1,2	100,0
0,5	32,4	1,2	2,0	1,5	100,0
1	50,3	1,3	2,1	1,5	100,0
2	81,3	1,4	2,2	1,6	100,0
4	100,0	10,4	2,4	1,6	100,0
8	100,0	84,1	12,2	1,6	100,0
16	100,0	100,0	99,1	20,9	100,0

0/2	2/8	8/16	16/22			
Anteil M.-%					Rückstand M.-%	Summe Durchgang M.-%
23	54	23	0			
Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%		
2,0	0,5	0,3	0,0	0,0	2,5	2,8
4,2	0,6	0,4	0,0	0,0	3,3	5,3
7,5	0,6	0,5	0,0	0,0	4,2	8,6
11,6	0,7	0,5	0,0	0,0	7,2	12,8
18,7	0,8	0,5	0,0	0,0	9,2	20,0
23,0	5,6	0,6	0,0	0,0	41,9	29,2
23,0	45,3	2,8	0,0	0,0	28,6	71,1
23,0	53,9	22,8	0,0	0,0		99,7

Sieblinienbereiche DIN 1045-2 und DIN EN 206-1



Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausfertigt. umiaxi 14 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 2/8 zu Prüfbericht Nr.: 53/699/16-2.3.1 (B39)



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928

Mischungsberechnung vom **INGGO**
 23.4.18

Anforderungen

Druckfestigkeitsklasse	C 30/37	Konsistenzber.	C1/C2	angestrebte Festigkeit	45 N/mm²
Expositionsklassen	XF4, (XM2)				
Mindestzementgehalt	340 kg/m³	max w/z	0,45	Luftporen	5,5 Vol.-%
angestrebter Mehlkorngehalt	< 450 kg/m³		Größtkorn	16 mm	Festbetonrohddichte
					kg/m³

Ausgangsstoffe

Zementart u.-Festigkeitsklasse	CEM II/B-S 42,5 N		Werk	Mannersdorf	N 28		N/mm²	
Zuschlaggemisch	0/16	Kennwert			o z	3,03	kg/dm³	
Zusatzstoff	-	kg/dm	Zusatzmittel	LP	BT3	Premair	0,20	%d.Z.Gew.
	-	kg/dm	Zusatzmittel	BV	BT3	Premment	0,20	%d.Z.Gew.

Berechnung

Wassercementwert	0,40
Wassergehalt	136 kg/m³
Zementgehalt	340 kg/m³
endgültiger Wassercementwert	0,40

Stoffraum

Stoffraum		Mehl Korn und Feinstsand		Mörtelgehalt	
Zement Z:o z	112 dm ³	Zement	340 kg/m ³	Zement	112 dm ³
Wasser W:1,0	136 dm ³			Wasser	136 dm ³
Luftporen	45 dm ³	Zuschlag < 0,25	103 kg/m ³	Luftporen	45 dm ³
		Zuschlag < 2		Zuschlag < 2	141 dm ³
		Zusatzstoff		Zusatzstoff	dm ³
Summe	293 dm ³				dm ³
Zuschlag	707 dm ³	Summe	443 kg/m ³	Summe	435 dm ³

Zusammensetzung

Für 1 m ³ verdichteten Frischbeton							Für eine Mischung		
Korngruppe mm	Korngruppen Stoffraum		Kornroh- dichte kg/dm ³	trockener Zuschlag kg	Oberflächen- feuchte		bei feucht. Zuschlag kg	dm ³	dm ³
	%	dm ³			kg	kg		kg	kg
0/2	23	163	2,75	448	5,0	22	470		
2/8	54	381	2,74	1044	1,0	10	1054		
8/16	23	163	2,81	458	0,5	2	460		
Summe	99,9	707	-	1950	1,5	22	1985		
Zugabewasser			-	-	-	112	112		
Wassergehalt				136	-	136	-		
Zementgehalt				340			340		
Zusatzstoff									
Frischbetongewicht (Soll)				2426			2437		
Zusatzmittel %	0,04	LP	Premair	0,14	l/m ³				
Zusatzmittel %	0,60	BV ¹	Premment	2,04	l/m ³				

Info: 0/2, 2/8, 8/16 HENGL gebrochen
 Sollwert mittlerer Luftporengehalt am Frischbeton 5,5 Vol.-%.
¹ Einsatz von Verflüssiger nur bei Bedarf zur Konsistenzsteuerung.

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgeteilt, umfaßt 14 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.



Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM
Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928
e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Frost-Tausalz-Widerstand Prüfung nach dem CDF-Verfahren

Stahnsdorf, den 01.11.2018

Bauvorhaben	INGGO Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen
Bauteil	Fahrbahndeckenbeton
Auftraggeber	FFG Österreich
Lieferwerk	Erstprüfung der ABE GmbH, Stahnsdorf
Herstelldatum	02.07.2018
Kennung/ Lieferscheinnr.	39 P1/1; P1/2; P1/3; P1/4
Sorte	B39 Beton mörtelarm 0/16 Grindingzeitpunkt
Prüfvorschrift	DIN CEN/TS 12390-09 Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung, 2006-08 Prüfung mit Taumittellösung (CDF)
Bewertung	DIN EN 13877-2:2013
Inhaltsverzeichnis	1. Probenvorbereitung 2. Kapillares Saugen 3. Frost-Tau-Wechsel 4. Auswertung

1. Probenvorbereitung

Die angelieferten Probekörper wurden bis zum Beginn des kap.Saugens bei 20+/-2°C trocken gelagert.

Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

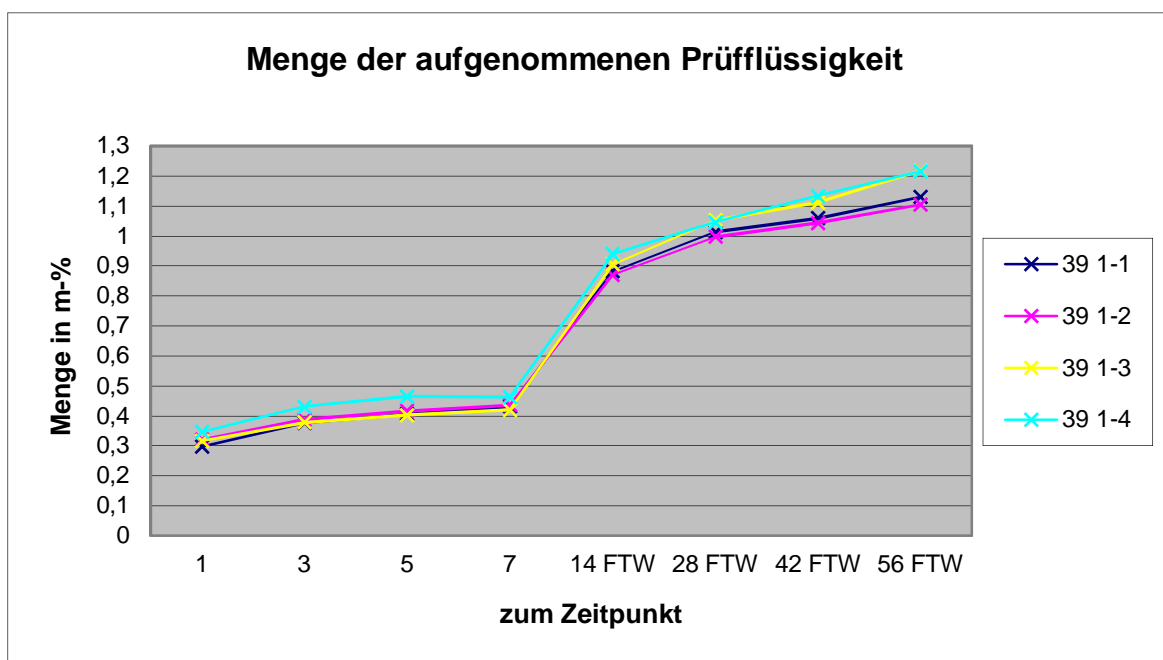
2. Kapillares Saugen

Prüfbeginn : 25.09.2018
 Prüfflächen : Fahrbahnoberfläche
 Prüflüssigkeit : 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Menge der aufgesaugten Lösung in m-% nach Tagen / FT-Wechseln

Probenbezeichnung	1	3	5	7	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW
39 1-1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,9	1,0	1,1	1,1
39 1-2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,9	1,0	1,0	1,1
39 1-3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,9	1,1	1,1	1,2
39 1-4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,9	1,0	1,1	1,2

Grafik 1



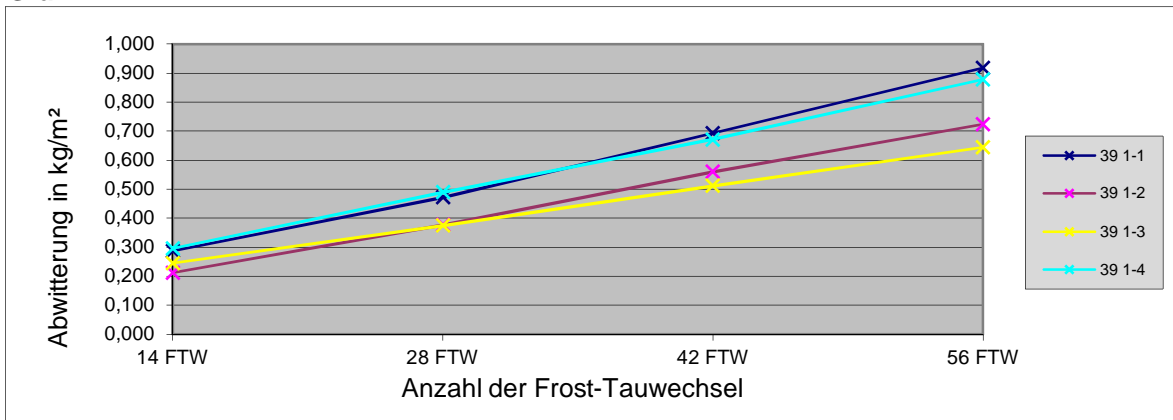
3. Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn 02.10.2018
 Prüfende 30.10.2018
 Prüfdauer 56 Frost-Tau-Wechsel
 Prüfflächen 4 x 0,0225 m²

**Tabelle 2 Abgewitterte Prüfkörpermasse während der Frost-Tau-Wechsel
 Abwitterung in kg/m²**

PK-Nr.	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW	m ₅₆ /m ₂₈
39 1-1	0,287	0,472	0,692	0,918	1,947
39 1-2	0,212	0,377	0,560	0,724	1,922
39 1-3	0,245	0,375	0,511	0,644	1,717
39 1-4	0,296	0,490	0,671	0,877	1,792
Mittel	0,260	0,428	0,609	0,791	
Stabw.	0,039	0,061	0,087	0,129	

Grafik 2



4. Auswertung

PK	39 1-1	39 1-2	39 1-3	39 1-4	
Art der PK	Prisma 170x130				
Veränderungen visuell nach	14 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	28 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	42 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	56 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
MW m ₂₈ < 0,5 kg/m ²	ja				
EW m ₅₆ < 1,5 kg/m ²	ja	ja	ja	ja	
MW m ₅₆ < 1,0 kg/m ²	ja				
m ₅₆ /m ₂₈ < 2	ja	ja	ja	ja	

Im Ergebnis der Untersuchung ist der Frost/Tauwiderstand der Prüfkörper 39 1-1 bis 39 1-4 nach 56 Frost-Tau-Wechseln einer Kategorie FT2 nach DIN EN 13877-2:2013 zuzuordnen. Alle Anforderungen werden erfüllt. **Die Prüfung gilt damit als bestanden.**



Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM
Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928
e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Frost-Tausalz-Widerstand Prüfung nach dem CDF-Verfahren

Stahnsdorf, den 28.11.2018

Bauvorhaben	INGGO Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen
Bauteil	Fahrbahndeckenbeton
Auftraggeber	FFG Österreich
Lieferwerk	Erstprüfung der ABE GmbH, Stahnsdorf
Herstelldatum	02.07.2018
Kennung/ Lieferscheinnr.	39 P2/1; P2/2; P2/3; P2/4
Sorte	B39 Beton mörtelarm 0/16 Grindingzeitpunkt
Prüfvorschrift	DIN CEN/TS 12390-09 Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung, 2006-08 Prüfung mit Taumittellösung (CDF)
Bewertung	DIN EN 13877-2:2013
Inhaltsverzeichnis	1. Probenvorbereitung 2. Kapillares Saugen 3. Frost-Tau-Wechsel 4. Auswertung

1. Probenvorbereitung

Die angelieferten Probekörper wurden bis zum Beginn des kap.Saugens bei 20+/-2°C trocken gelagert.

Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

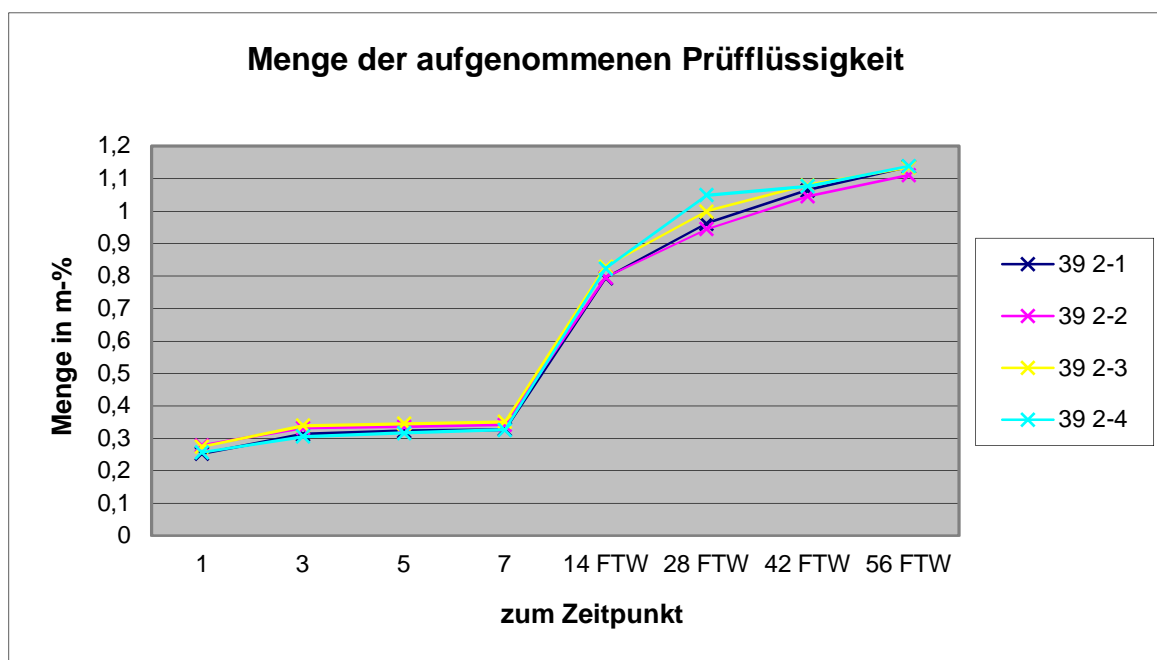
2. Kapillares Saugen

Prüfbeginn : 23.10.2018
 Prüfflächen : Fahrbahnoberfläche
 Prüflüssigkeit : 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Menge der aufgesaugten Lösung in m-% nach Tagen / FT-Wechseln

Probenbezeichnung	1	3	5	7	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW
39 2-1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8	1,0	1,1	1,1
39 2-2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8	0,9	1,0	1,1
39 2-3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,8	1,0	1,1	1,1
39 2-4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8	1,0	1,1	1,1

Grafik 1



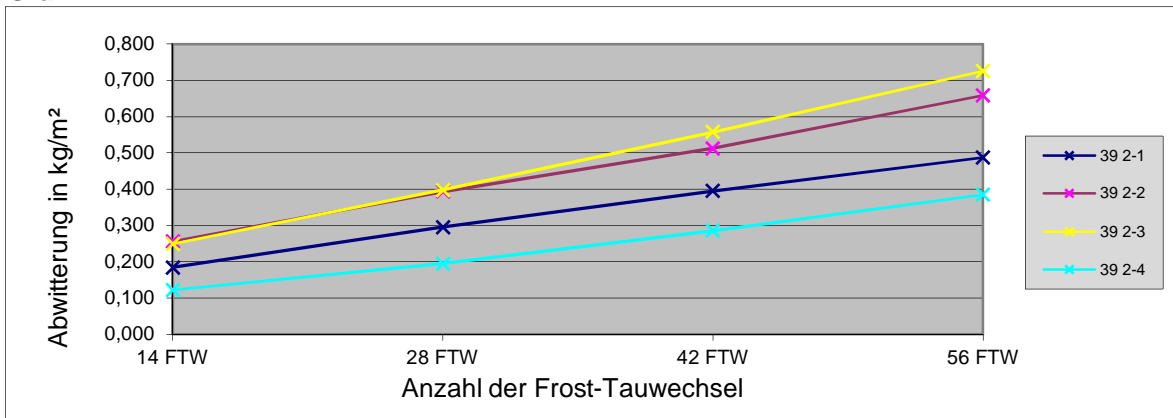
3. Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn 30.10.2018
 Prüfende 27.11.2018
 Prüfdauer 56 Frost-Tau-Wechsel
 Prüfflächen 4 x 0,0225 m²

**Tabelle 2 Abgewitterte Prüfkörpermasse während der Frost-Tau-Wechsel
 Abwitterung in kg/m²**

PK-Nr.	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW	m ₅₆ /m ₂₈
39 2-1	0,185	0,296	0,395	0,487	1,647
39 2-2	0,256	0,393	0,512	0,659	1,676
39 2-3	0,250	0,397	0,557	0,725	1,824
39 2-4	0,122	0,195	0,286	0,385	1,969
Mittel	0,203	0,320	0,438	0,564	
Stabw.	0,063	0,096	0,122	0,156	

Grafik 2



4. Auswertung

PK	39 2-1	39 2-2	39 2-3	39 2-4	
Art der PK	Prisma 170x130				
Veränderungen visuell nach	14 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	28 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	42 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	56 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
MW m ₂₈ < 0,5 kg/m ²	ja				
EW m ₅₆ < 1,5 kg/m ²	ja	ja	ja	ja	
MW m ₅₆ < 1,0 kg/m ²	ja				
m ₅₆ /m ₂₈ < 2	ja	ja	ja	ja	

Im Ergebnis der Untersuchung ist der Frost/Tauwiderstand der Prüfkörper 39 2-1 bis 39 2-4 nach 56 Frost-Tau-Wechseln einer Kategorie FT2 nach DIN EN 13877-2:2013 zuzuordnen. Alle Anforderungen werden erfüllt. **Die Prüfung gilt damit als bestanden.**



Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM
Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928
e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Frost-Tausalz-Widerstand Prüfung nach dem CDF-Verfahren

Stahnsdorf, den 28.11.2018

Bauvorhaben	INGGO Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen
Bauteil	Fahrbahndeckenbeton
Auftraggeber	FFG Österreich
Lieferwerk	Erstprüfung der ABE GmbH, Stahnsdorf
Herstelldatum	02.07.2018
Kennung/ Lieferscheinnr.	39 P3/1; P3/2; P3/3; P3/4
Sorte	B39 Beton mörtelarm 0/16 Grindingzeitpunkt
Prüfvorschrift	DIN CEN/TS 12390-09 Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung, 2006-08 Prüfung mit Taumittellösung (CDF)
Bewertung	DIN EN 13877-2:2013
Inhaltsverzeichnis	1. Probenvorbereitung 2. Kapillares Saugen 3. Frost-Tau-Wechsel 4. Auswertung

1. Probenvorbereitung

Die angelieferten Probekörper wurden bis zum Beginn des kap.Saugens bei 20+/-2°C trocken gelagert.

Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

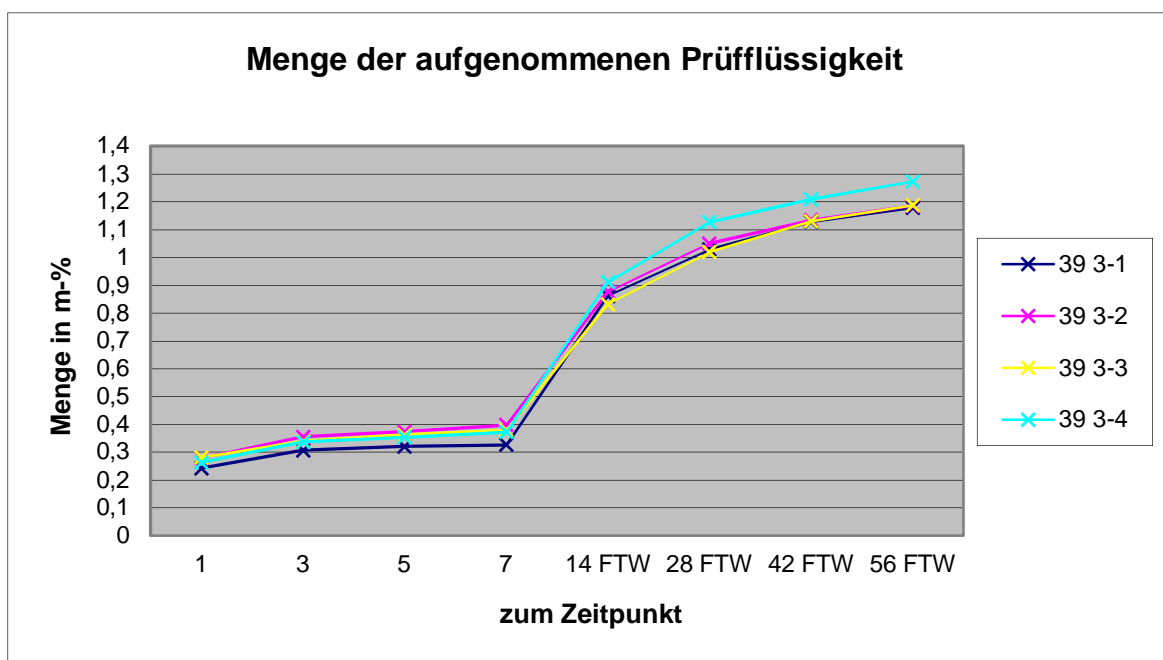
2. Kapillares Saugen

Prüfbeginn : 23.10.2018
 Prüfflächen : Fahrbahnoberfläche
 Prüflüssigkeit : 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Menge der aufgesaugten Lösung in m-% nach Tagen / FT-Wechseln

Probenbezeichnung	1	3	5	7	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW
39 3-1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,9	1,0	1,1	1,2
39 3-2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,9	1,0	1,1	1,2
39 3-3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,8	1,0	1,1	1,2
39 3-4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,9	1,1	1,2	1,3

Grafik 1



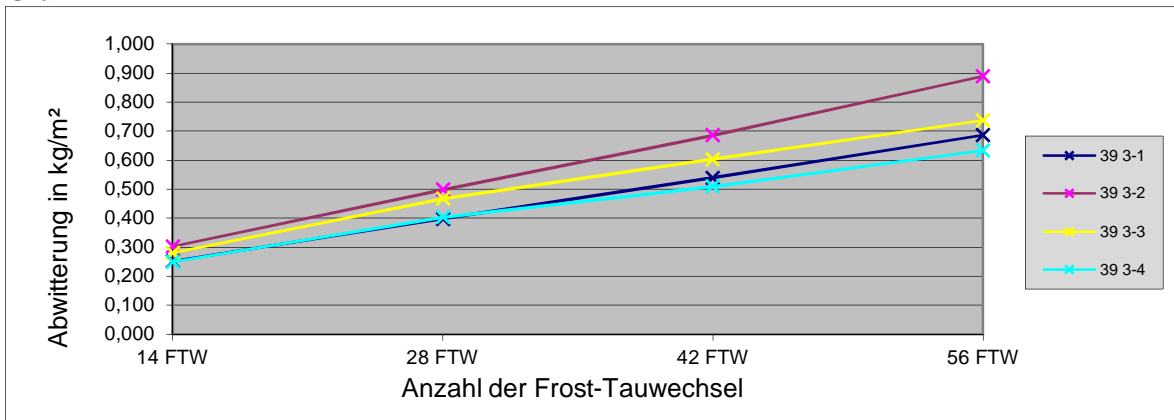
3. Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn 30.10.2018
 Prüfende 27.11.2018
 Prüfdauer 56 Frost-Tau-Wechsel
 Prüfflächen 4 x 0,0225 m²

Tabelle 2 Abgewitterte Prüfkörpermasse während der Frost-Tau-Wechsel Abwitterung in kg/m²

PK-Nr.	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW	m ₅₆ /m ₂₈
39 3-1	0,252	0,398	0,540	0,686	1,725
39 3-2	0,303	0,499	0,686	0,890	1,784
39 3-3	0,281	0,467	0,603	0,737	1,577
39 3-4	0,250	0,404	0,509	0,633	1,569
Mittel	0,271	0,442	0,584	0,736	
Stabw.	0,025	0,049	0,078	0,111	

Grafik 2



4. Auswertung

PK		39 3-1	39 3-2	39 3-3	39 3-4
Art der PK		Prisma 170x130			
Veränderungen visuell nach	14 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	28 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	42 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	56 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
MW m ₂₈ < 0,5 kg/m ²		ja			
EW m ₅₆ < 1,5 kg/m ²		ja	ja	ja	ja
MW m ₅₆ < 1,0 kg/m ²		ja			
m ₅₆ /m ₂₈ < 2		ja	ja	ja	ja

Im Ergebnis der Untersuchung ist der Frost/Tauwiderstand der Prüfkörper 39 3-1 bis 39 3-4 nach 56 Frost-Tau-Wechseln einer Kategorie FT2 nach DIN EN 13877-2:2013 zuzuordnen. Alle Anforderungen werden erfüllt. **Die Prüfung gilt damit als bestanden.**

- Baustoffprüfung und Forschung
- Prüfstelle nach DIN 1045
- Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15



ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH Ruhlsdorfer Str. 95 14532 Stahnsdorf

Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM

Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928

e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Erstprüfung Beton nach TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.3.2

B38 Waschbeton 0/8 Grindingzeitpunkt

Erstprüfung Beton Blatt 1

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation der Baustoffe für die Erstprüfung gemäß TL Beton-StB 07

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.3.2 (B38)
 Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO
 Bauteil Fahrbahndeckenbeton

1. Gesteinskörnungen

Bezeichnung	Korngruppe	Werk		Anmerkung	Nachweis der Konformität	Kornverteilung (G _F / G _c)	erhöhter Frost/Tausalz/Widerstand (NaCl-Verf.)	Polierresistenz/Kornform (PSV/SI)	Einstufung nach Alkali-Rili	Kernfeuchte (M.-%)
feine GK	0/2	HENGL			ja	GF 85		- / -		0,3
grobe GK	2/8	HENGL	gebrochen		ja	GC85/20		PSV50		0,4

Werte im kursiven Schriftschnitt auf der Grundlage eigener Untersuchungen.

2. Zement

Art	Festigkeitsklasse	Lieferwerk
		Lafarge Mannersdorf
CEM II/B-S	42,5 N	
zusätzl. Anforderungen TL Beton 2.2.2 erfüllt		-
Na ₂ O-Äquivalent < 0,8 M.-%		ja

3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Konformitätserklärung	Verträglichkeitsnachweis	
				LP	BV / FM
cc	Premair	BT3	ja		
BV	Premment	BT3	ja		

4. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden

Erstprüfung Beton Blatt 2

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Dokumentation von Erstprüfungen gemäß TL Beton-StB

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.3.2 (B38)

Betonlieferwerk Baustellenmischanlage
 Bauvorhaben INGGO

Bauteil Fahrbahndeckenbeton

Expositionsklassen XF4, XM2 max. w/z 0,45

1. Eignung der Baustoffe

Dokumentations-Nr. Dokumentationsdatum

2. Mischungsberechnung

2.1. Zuschlag

Korngruppe	Sieblinie der Lieferkörnung	Anteil an der Kornklasse (M.-%)	Kernfeuchte (M.-%)
0/2	Anlage	30	0,3
2/8	Anlage	70	0,4
0	Anlage	0	

Mehlkorngehalt Zuschlag (Anteil ≤ 0.125 mm) 57 kg/m³

Mehlkorn und Feinstsand (Anteil ≤ 0.25 mm) 529 kg/m³

Anteil ≤ 1 mm	16,0 M.-%
Anteil ≤ 2 mm	25,4 M.-%
Anteil Splitt > 8 mm	M.-%

Kornverteilung

	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Summe d	3,3	6,3	10,6	16,0	25,4	37,3	88,9	100,0	100,0

2.2. Zement

Lieferwerk	Art	Zementgehalt kg/m ³	Sollgehalt kg/m ³
Mannersdorf	CEM II/B-S 42,5 N	420	≥ 420

2.3. Betonzusatzmittel

Art	Bezeichnung	Hersteller	Gehalt (% d. Zem.-gew.)
LP	Premair	BT3	0,03
BV	Premment	BT3	0,20

2.4. w/z-Wert Wasser - Zement - Wert

0,40

3. Frischbetondaten

	Rohdichte kg/m ³	Ausbreitmaß cm	Verdichtungs-zahl	Frischbeton-temperatur °C	Luftgehalt Vol.- %
10 min	2360		1,21	23	6,6
45 min	2380		1,32	23	5,9
Sollwert	2360				6,0

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfaßt 3 Seiten mit Anlagen und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Erstprüfung Beton Blatt 3

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



4. Festbetondaten

Prüfbericht Nr. 53/699/16-2.3.2 (B38)

Prüfalter	Tage	1			2			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2370	2380	2350	2350	2330	2360	
Mittelwert		2370			2350			
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	30,5	32,6	32,3	36,1	33,7	37,0	
Mittelwert		31,8			35,6			
Prüfalter	Tage	4			7			Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2350	2340	2350	2350	2350	2360	
Mittelwert		2350			2350			
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	45,2	42,8	44,1	45,8	47,7	48,4	
Mittelwert		44,0			47,3			
Prüfalter	Tage	28						Druckfestigkeit
Rohdichte	kg/m ³	2340	2360	2350				
Mittelwert		2350						
Druckfestigkeit ¹⁾	MPa	59,8	62,7	59,8				
Mittelwert		60,8						

1) bis 7 Tage $f_{c,cube} = F/A_c$, sonst $f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$

2) Prismenabmessungen für Biegezugprüfung 150 mm x 150 mm x 700 mm

5. Kenntnisnahme des AG

Folgende Gütenachweise müssen noch erbracht werden:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Anlage 1/8 zu Prüfbericht Nr. : 53/699/16-2.3.2 (B38)

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH

Prüfstelle Potsdam

Ruhlsdorfer Str. 95

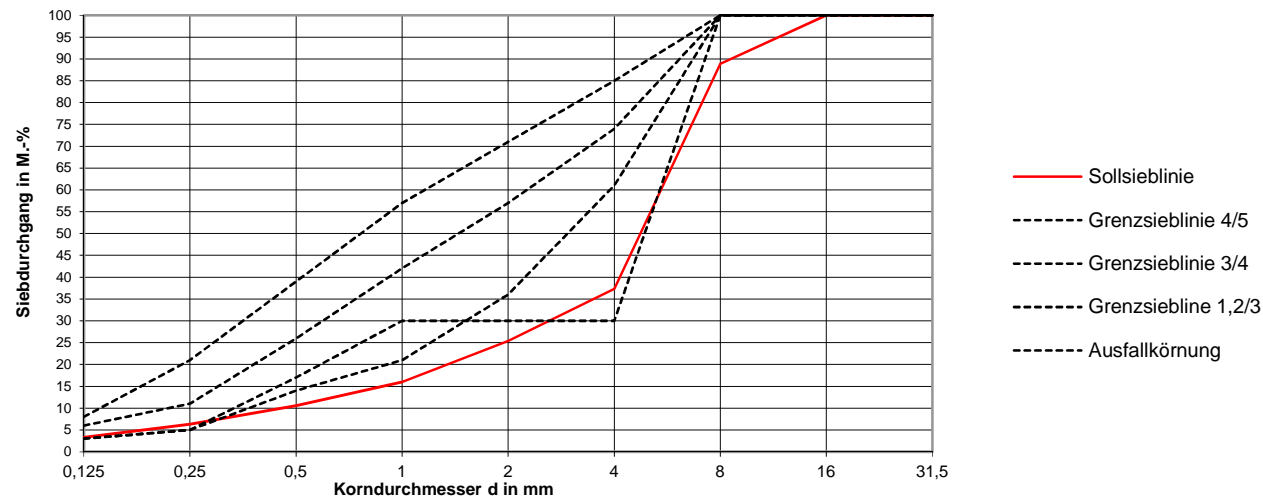
Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Korngruppe Bezeichn.	0/2 feine GK HENGL	2/8 grobe GK HENGL			
Siebweite mm	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%	Durchgang M.-%
0,125	8,8	0,9	100,0	100,0	100,0
0,25	18,3	1,2	100,0	100,0	100,0
0,5	32,4	1,2	100,0	100,0	100,0
1	50,3	1,3	100,0	100,0	100,0
2	81,3	1,4	100,0	100,0	100,0
4	100,0	10,4	100,0	100,0	100,0
8	100,0	84,1	100,0	100,0	100,0
16	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
31,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

0/2	2/8				Rückstand M.-%	Summe Durchgang M.-%
Anteil M.-%						
30 Durchgang M.-%	70 Durchgang M.-%		0 Durchgang M.-%			
2,6	0,6	0,0	0,0	0,0	3,0	3,3
5,5	0,8	0,0	0,0	0,0	4,3	6,3
9,7	0,8	0,0	0,0	0,0	5,4	10,6
15,1	0,9	0,0	0,0	0,0	9,4	16,0
24,4	1,0	0,0	0,0	0,0	11,9	25,4
30,0	7,3	0,0	0,0	0,0	51,6	37,3
30,0	58,9	0,0	0,0	0,0	11,1	88,9
30,0	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
30,0	70,0	0,0	0,0	0,0		100,0

Sieblinienbereiche DIN 1045-2 und DIN EN 206-1



Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar aus gefertigt, umfaßt 14 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Dieser Prüfbericht wurde in 1 Exemplar ausgefertigt, umfasst 14 Seiten als Anlage zur EP und darf ohne schriftliche Genehmigung der ABE GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den im Bericht angegebenen Prüfgegenstand.

Anlage 2/8 zu Prüfbericht Nr.: 53/699/16-2.3.2 (B38)

ABE Bauprüf- und -beratungsgesellschaft mbH
 Prüfstelle Potsdam
 Ruhlsdorfer Str. 95
 Tel. 03329/60690 Fax 03329/606928



Mischungsberechnung vom **INGGO**
 24.4.18

Anforderungen

Druckfestigkeitsklasse	C 30/37	Konsistenzber.	C1/C2	angestrebte Festigkeit	45 N/mm²
Expositionsclassen	XF 4, XM 2				
Mindestzementgehalt	420 kg/m³	max w/z	0,45	Luftporen	6,5 Vol.-%
angestrebter Mehlkorngehalt				Größtkorn	8 mm
				Sonstiges	

Ausgangsstoffe

Zementart u.-Festigkeitsklasse	CEM II/B-S 42,5 N		Werk	Mannersdorf	N 28		N/mm²	
Zuschlaggemisch	0/8	Kennwert			o z	3,1	kg/dm³	
Zusatzstoff	-	kg/dm ³	Zusatzmittel	LP	BT3	Premair	0,20	%d.Z.Gew.
	-	kg/dm ³	Zusatzmittel	BV	BT3	Premment	0,20	%d.Z.Gew.

Berechnung

Wassercementwert	0,40
Wassergehalt	168 kg/m³
Zementgehalt	420 kg/m³
endgültiger Wassercementwert	0,40

Stoffraum

Stoffraum		Mehlkorn und Feinstsand		Mörtelgehalt	
Zement Z:o z	135 dm ³	Zement	420 kg/m ³	Zement	135 dm ³
Wasser W:1,0	168 dm ³			Wasser	168 dm ³
Luftporen	65 dm ³	Zuschlag < 0,25	109 kg/m ³	Luftporen	65 dm ³
		Zusatzstoff		Zuschlag < 2	160 dm ³
Summe	368 dm ³			Zusatzstoff	dm ³
Zuschlag	632 dm ³	Summe	529 kg/m ³	Summe	529 dm ³

Zusammensetzung

Für 1 m ³ verdichteten Frischbeton							Für eine Mischung		
Korngruppe mm	Korngruppen Stoffraum		Kornroh- dichte kg/dm ³	trockener Zuschlag kg	Oberflächen- feuchte		bei feucht. Zuschlag kg	dm ³	dm ³
	%	dm ³			%	kg		kg/l	kg/l
0/2	30	189	2,75	520	5,6	29	549		
2/8	70	442	2,74	1211	0,4	5	1216		
Summe	100	631	-	1731	2,1	26	1765		
Zugabewasser			-	-	-	141	141		
Wassergehalt				168		168	-		
Zementgehalt				420					
Zusatzstoff									
Frischbetongewicht (Soll)				2319			1906		
Zusatzmittel %	0,03	LP	Premair	0,13	l/m ³				
Zusatzmittel %	0,20	BV ¹	Premment	0,84	l/m ³				

Info: 0/2, 2/8 HENGL gebrochen
 Sollwert mittlerer Luftporengehalt am Frischbeton 6,5 Vol.-%
¹ Einsatz von Verflüssiger nur bei Bedarf zur Konsistenzsteuerung.



Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM
Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928
e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Frost-Tausalz-Widerstand Prüfung nach dem CDF-Verfahren

Stahnsdorf, den 01.11.2018

Bauvorhaben	INGGO Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen
Bauteil	Fahrbahndeckenbeton
Auftraggeber	FFG Österreich
Lieferwerk	Erstprüfung der ABE GmbH, Stahnsdorf
Herstelldatum	02.07.2018
Kennung/ Lieferscheinnr.	38 P1/1; P1/2; P1/3; P1/4
Sorte	B38 Waschbeton 0/8 Grindingzeitpunkt
Prüfvorschrift	DIN CEN/TS 12390-09 Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung, 2006-08 Prüfung mit Taumittellösung (CDF)
Bewertung	DIN EN 13877-2:2013
Inhaltsverzeichnis	1. Probenvorbereitung 2. Kapillares Saugen 3. Frost-Tau-Wechsel 4. Auswertung

1. Probenvorbereitung

Die angelieferten Probekörper wurden bis zum Beginn des kap.Saugens bei 20+/-2°C trocken gelagert.

Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

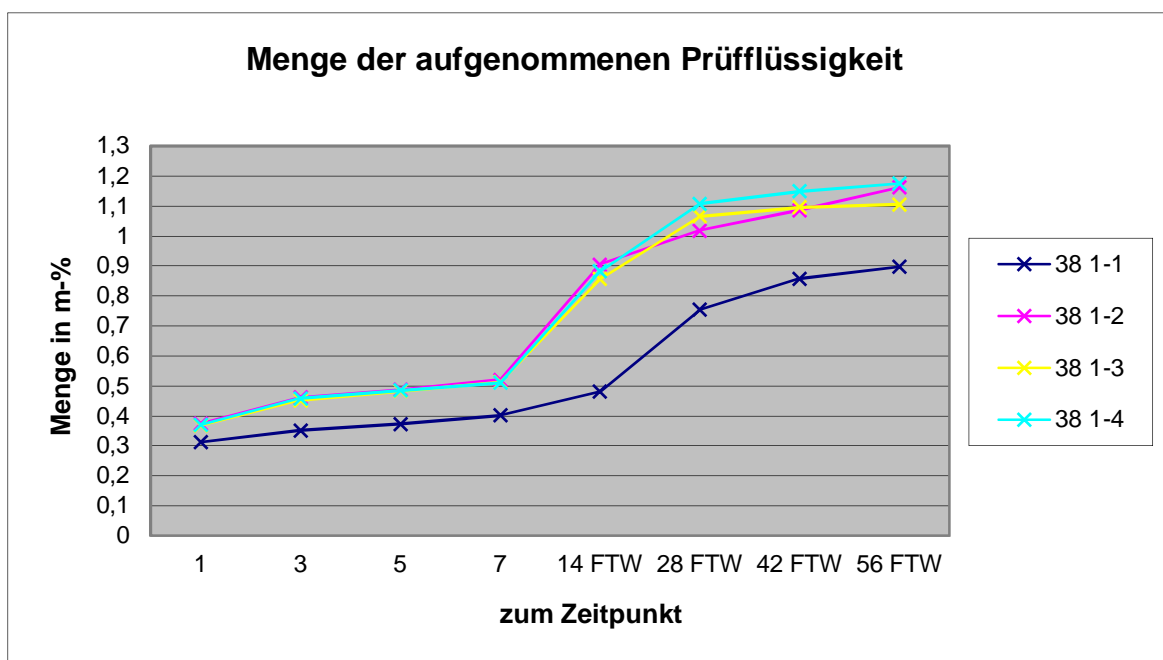
2. Kapillares Saugen

Prüfbeginn : 14.08./18.10.2018
 Prüfflächen : Fahrbahnoberfläche
 Prüfflüssigkeit : 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Menge der aufgesaugten Lösung in m-% nach Tagen / FT-Wechseln

Probenbezeichnung	1	3	5	7	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW
38 1-1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,8	0,9	0,9
38 1-2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,9	1,0	1,1	1,2
38 1-3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,9	1,1	1,1	1,1
38 1-4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,9	1,1	1,1	1,2

Grafik 1



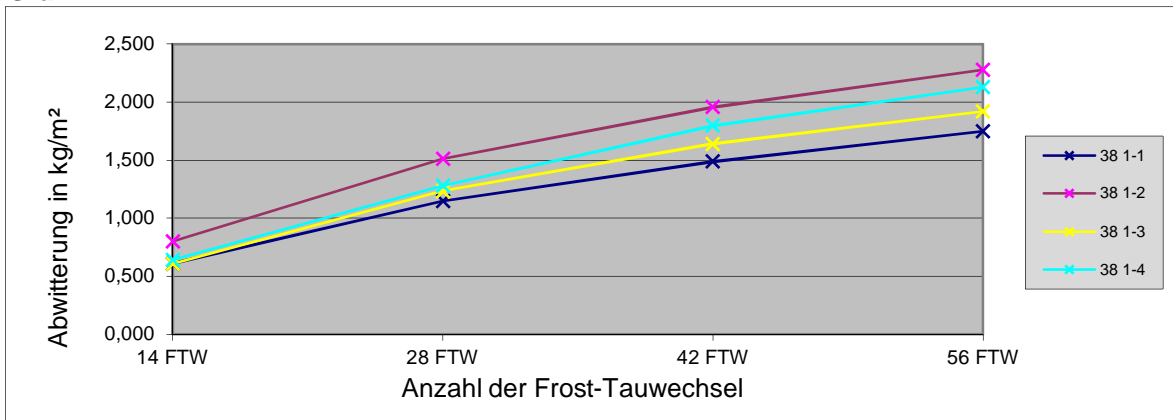
3. Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn 21.08./02.10.2018
 Prüfende 18.09./30.10.2018
 Prüfdauer 56 Frost-Tau-Wechsel
 Prüfflächen 4 x 0,0225 m²

Tabelle 2 Abgewitterte Prüfkörpermasse während der Frost-Tau-Wechsel Abwitterung in kg/m²

PK-Nr.	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW	m ₅₆ /m ₂₈
38 1-1	0,610	1,146	1,488	1,750	1,527
38 1-2	0,802	1,509	1,957	2,275	1,507
38 1-3	0,609	1,231	1,641	1,921	1,561
38 1-4	0,638	1,280	1,797	2,127	1,663
Mittel	0,665	1,291	1,721	2,018	
Stabw.	0,092	0,156	0,202	0,231	

Grafik 2



4. Auswertung

PK	38 1-1	38 1-2	38 1-3	38 1-4	
Art der PK	Prisma 170x130				
Veränderungen visuell nach	14 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	28 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	42 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	56 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
MW m ₂₈ < 0,5 kg/m ²	nein				
EW m ₅₆ < 1,5 kg/m ²	nein	nein	nein	nein	
MW m ₅₆ < 1,0 kg/m ²	nein				
m ₅₆ /m ₂₈ < 2	ja	ja	ja	ja	

Im Ergebnis der Untersuchung ist der Frost/Tauwiderstand der Prüfkörper 38 1-1 bis 38 1-4 nach 56 Frost-Tau-Wechseln einer Kategorie FT0 nach DIN EN 13877-2:2013 zuzuordnen. Die Anforderungen der Kategorien FT1 und FT2 werden nicht erfüllt.



Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM
Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928
e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Frost-Tausalz-Widerstand Prüfung nach dem CDF-Verfahren

Stahnsdorf, den 24.09.2018

Bauvorhaben	INGGO Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen
Bauteil	Fahrbahndeckenbeton
Auftraggeber	FFG Österreich
Lieferwerk	Erstprüfung der ABE GmbH, Stahnsdorf
Herstelldatum	02.07.2018
Kennung/ Lieferscheinnr.	38 P2/1; P2/2; P2/3; P2/4
Sorte	B38 Waschbeton 0/8 Grindingzeitpunkt
Prüfvorschrift	DIN CEN/TS 12390-09 Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung, 2006-08 Prüfung mit Taumittellösung (CDF)
Bewertung	DIN EN 13877-2:2013
Inhaltsverzeichnis	1. Probenvorbereitung 2. Kapillares Saugen 3. Frost-Tau-Wechsel 4. Auswertung

1. Probenvorbereitung

Die angelieferten Probekörper wurden bis zum Beginn des kap.Saugens bei 20+/-2°C trocken gelagert.

Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

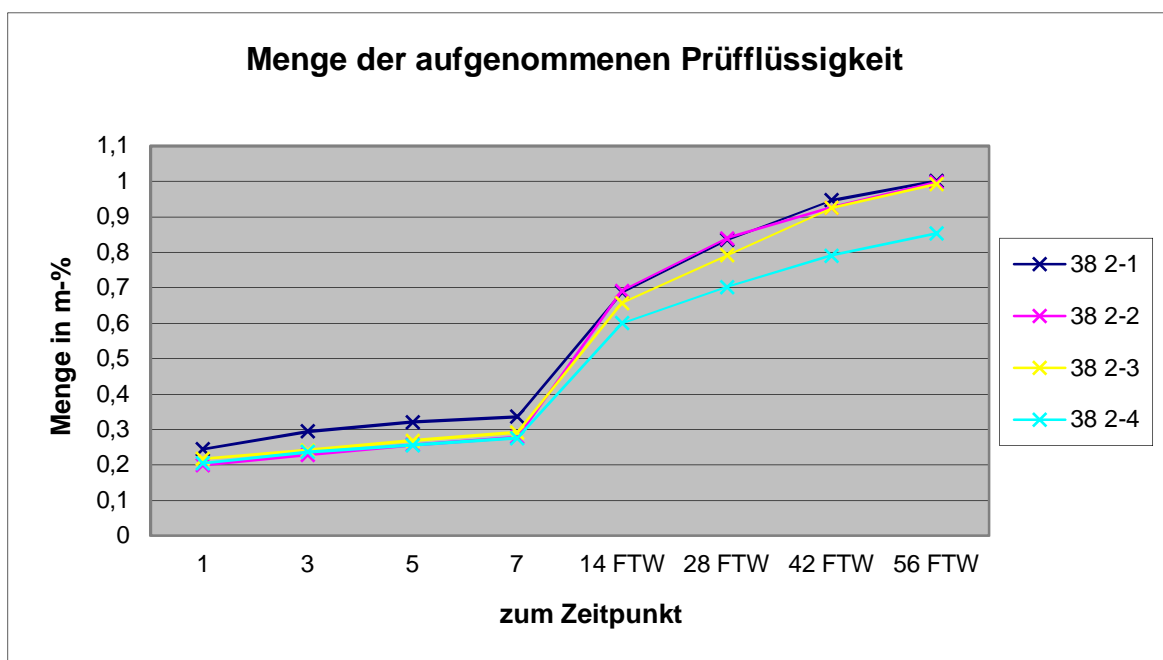
2. Kapillares Saugen

Prüfbeginn : 14.08.2018
 Prüfflächen : Fahrbahnoberfläche
 Prüflüssigkeit : 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Menge der aufgesaugten Lösung in m-% nach Tagen / FT-Wechseln

Probenbezeichnung	1	3	5	7	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW
38 2-1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,7	0,8	0,9	1,0
38 2-2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,7	0,8	0,9	1,0
38 2-3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,7	0,8	0,9	1,0
38 2-4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,6	0,7	0,8	0,9

Grafik 1



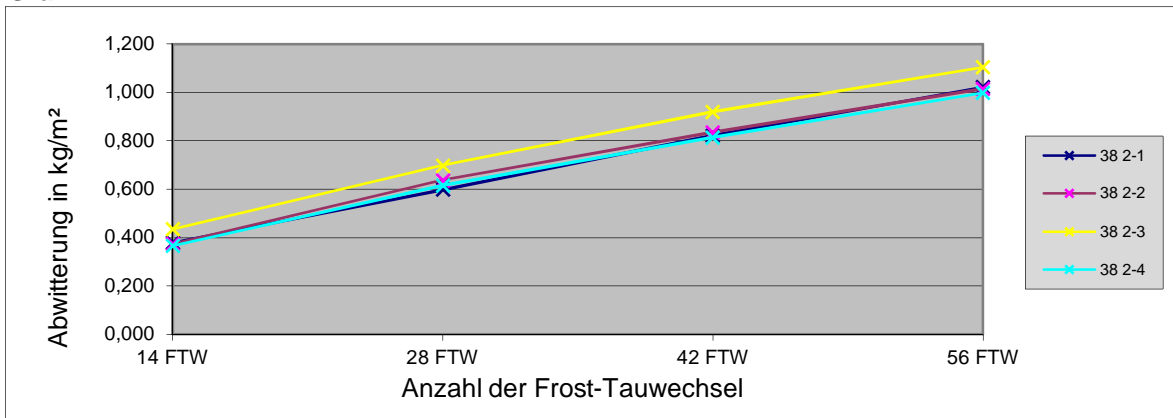
3. Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn 21.08.2018
 Prüfende 18.09.2018
 Prüfdauer 56 Frost-Tau-Wechsel
 Prüfflächen 4 x 0,0225 m²

Tabelle 2 Abgewitterte Prüfkörpermasse während der Frost-Tau-Wechsel Abwitterung in kg/m²

PK-Nr.	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW	m ₅₆ /m ₂₈
38 2-1	0,378	0,598	0,821	1,022	1,711
38 2-2	0,375	0,636	0,835	1,015	1,595
38 2-3	0,435	0,697	0,919	1,105	1,584
38 2-4	0,364	0,615	0,814	0,998	1,623
Mittel	0,388	0,637	0,847	1,035	
Stabw.	0,032	0,044	0,049	0,048	

Grafik 2



4. Auswertung

PK	38 2-1	38 2-2	38 2-3	38 2-4	
Art der PK	Prisma 170x130				
Veränderungen visuell nach	14 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	28 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	42 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	56 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
MW m ₂₈ < 0,5 kg/m ²	nein				
EW m ₅₆ < 1,5 kg/m ²	ja	ja	ja	ja	
MW m ₅₆ < 1,0 kg/m ²	nein				
m ₅₆ /m ₂₈ < 2	ja	ja	ja	ja	

Im Ergebnis der Untersuchung ist der Frost/Tauwiderstand der Prüfkörper 38 2-1 bis 38 2-2 nach 56 Frost-Tau-Wechseln einer Kategorie FT1 nach DIN EN 13877-2:2013 zuzuordnen. Nicht alle Anforderungen für FT2 werden erfüllt.



Es schreibt Ihnen:

PRÜFSTELLE POTSDAM
Ruhlsdorfer Str. 95 Tel.: 03329 / 60690
14532 Stahnsdorf Fax: 03329 / 606928
e-mail: post@abe-potsdam.de
Internet: <http://www.abe-potsdam.de>

Frost-Tausalz-Widerstand Prüfung nach dem CDF-Verfahren

Stahnsdorf, den 28.11.2018

Bauvorhaben	INGGO Innovative Grinding- und Grooving-Oberflächen
Bauteil	Fahrbahndeckenbeton
Auftraggeber	FFG Österreich
Lieferwerk	Erstprüfung der ABE GmbH, Stahnsdorf
Herstelldatum	02.07.2018
Kennung/ Lieferscheinnr.	38 P3/1; P3/2; P3/3; P3/4
Sorte	B38 Waschbeton 0/8 Grindingzeitpunkt
Prüfvorschrift	DIN CEN/TS 12390-09 Prüfung von Festbeton - Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung, 2006-08 Prüfung mit Taumittellösung (CDF)
Bewertung	DIN EN 13877-2:2013
Inhaltsverzeichnis	1. Probenvorbereitung 2. Kapillares Saugen 3. Frost-Tau-Wechsel 4. Auswertung

1. Probenvorbereitung

Die angelieferten Probekörper wurden bis zum Beginn des kap.Saugens bei 20+/-2°C trocken gelagert.

Die Seitenflächen der Probekörper wurden mit lösungsmittelfreiem Epoxidharz abgedichtet.

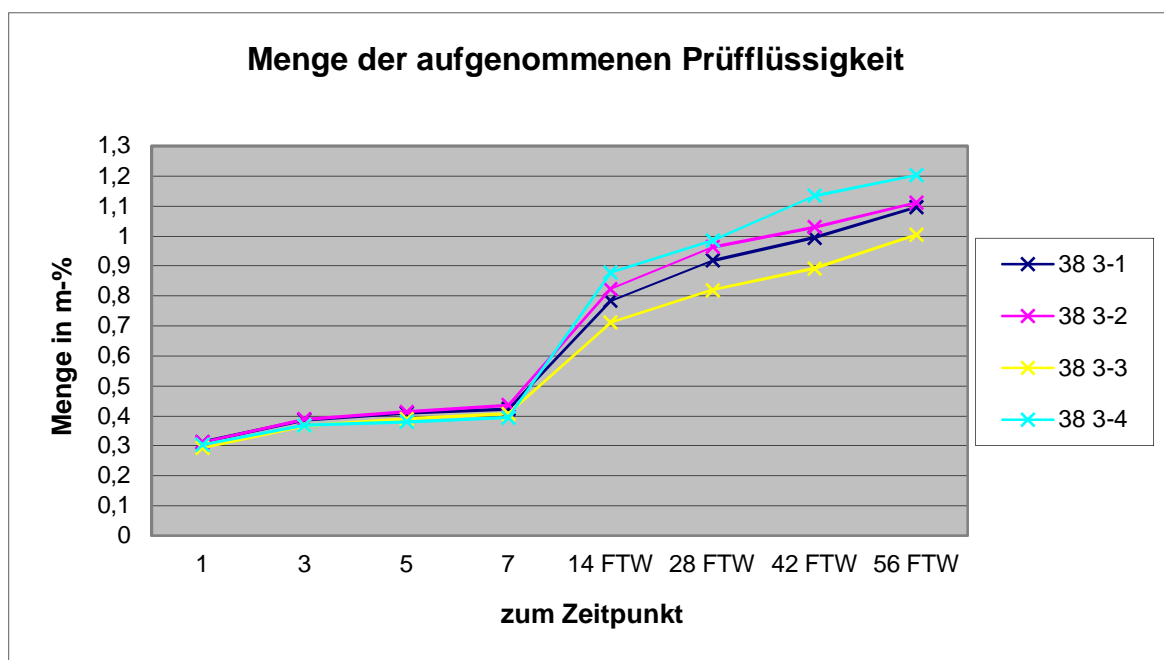
2. Kapillares Saugen

Prüfbeginn : 25.09./23.10.2018
 Prüfflächen : Fahrbahnoberfläche
 Prüflüssigkeit : 3 %-ige NaCl-Lösung

Tabelle 1 Menge der aufgesaugten Lösung in m-% nach Tagen / FT-Wechseln

Probenbezeichnung	1	3	5	7	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW
38 3-1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,8	0,9	1,0	1,1
38 3-2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,8	1,0	1,0	1,1
38 3-3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0
38 3-4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,9	1,0	1,1	1,2

Grafik 1



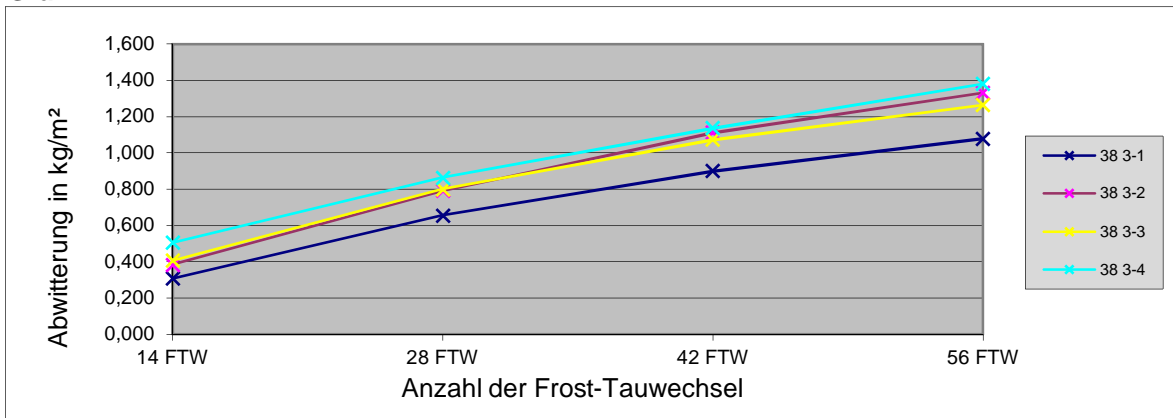
3. Frost-Tau-Wechsel

Prüfbeginn 02.10./30.10.2018
 Prüfende 30.10./27.11.2018
 Prüfdauer 56 Frost-Tau-Wechsel
 Prüfflächen 4 x 0,0225 m²

**Tabelle 2 Abgewitterte Prüfkörpermasse während der Frost-Tau-Wechsel
 Abwitterung in kg/m²**

PK-Nr.	14 FTW	28 FTW	42 FTW	56 FTW	m ₅₆ /m ₂₈
38 3-1	0,309	0,655	0,899	1,078	1,647
38 3-2	0,384	0,790	1,111	1,331	1,685
38 3-3	0,408	0,799	1,073	1,264	1,583
38 3-4	0,505	0,863	1,136	1,381	1,600
Mittel	0,401	0,777	1,055	1,264	
Stabw.	0,081	0,088	0,107	0,133	

Grafik 2



4. Auswertung

PK	38 3-1	38 3-2	38 3-3	38 3-4	
Art der PK	Prisma 170x130				
Veränderungen visuell nach	14 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	28 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	42 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
	56 FTW	Absanden	Absanden	Absanden	Absanden
MW m ₂₈ < 0,5 kg/m ²	nein				
EW m ₅₆ < 1,5 kg/m ²	ja	ja	ja	ja	
MW m ₅₆ < 1,0 kg/m ²	nein				
m ₅₆ /m ₂₈ < 2	ja	ja	ja	ja	

Im Ergebnis der Untersuchung ist der Frost/Tauwiderstand der Prüfkörper 38 3-1 bis 38 3-4 nach 56 Frost-Tau-Wechseln einer Kategorie FT1 nach DIN EN 13877-2:2013 zuzuordnen. Nicht alle Anforderungen für FT2 werden erfüllt.