FORSCHUNGSINITIATIVE Zukunft BAU

F 2921

Jürgen Schnell, Sebastian Oster, Daniele Casucci

Systematische Erforschung der Rissflankenbruchneigung von befahrbaren Industrieböden

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Fraunhofer IRB Verlag

F 2921

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2014

ISBN 978-3-8167-9330-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/bauforschung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

BAUINGENIEURWESEN
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell
Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion

Paul-Ehrlich-Straße
67663 Kaiserslautern
Gebäude 14, Zimmer 515
Telefon (0631) 2 05 - 21 57
Telefax (0631) 2 05 - 35 55
e-mail: juergen.schnell@bauing.uni-kl.de

Abschlussbericht: **BBR Forschungsprojekt**

„Systematische Erforschung der Rissflankenbruchneigung von befahrbaren Industrieböden“

(SF-10.08.18.7-11.44)

Gefördert durch:

FORSCHUNGSINITIATIVE Zukunft BAU

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Bau Kompetenz im Dialog
DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.
www.betonverein.de

BEKAERT
better together

Projektleiter:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell	0631/205-2157
Sachbearbeiter:	Dipl.-Ing. Sebastian Oster	0631/205-5498
	Daniele Casucci M.Eng.	0631/205-5219

Datum: Mai 2014

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell

Dipl.-Ing. Sebastian Oster

Dieser Bericht umfasst 91 Seiten. Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis i
Abbildungsverzeichnis iii
Tabellenverzeichnis vi
1 Ausgangssituation 7
1.1 Allgemeines und Ziel 7
1.2 Hinweise: 9
1.3 Projektbegleitung/Beratergruppe 10
1.4 Danksagung 11
1.5 Rissflankenabbruch 11
1.6 Risse in Industrieböden und Rissbreitenbeschränkung in Bezug auf Flankenschäden 16
1.7 Lastfall Flurförderzeug bei Industrieböden 18
1.8 Flurförderzeuge und deren Bereifung 21
1.8.1 Allgemeines 21
1.8.2 Bereifung/Radlasten/Kontaktpressung/Geschwindigkeit 22
1.8.3 Shore-Härte Prüfung 27
2 Versuchsprogramm 30
2.1 Versuchstand/Versuchsaufbau 30
2.1.1 Allgemeines/Konzeption der Prüfvorrichtung 30
2.1.2 Automatisierung bzw. Modifizierung des Versuchsstandes 36
2.2 Übersicht des Versuchsprogramms 38
2.3 Versuchsreifen bzw. –Rollen 41
2.4 Probekörper 45
2.4.1 Allgemeines/Konzeption des Probekörpers 45
2.4.2 Betontechnologie 47
2.4.3 Herstellung 50
2.4.4 Instandsetzungsmaßnahmen 53
2.5 Versuchsdurchführung 55
2.5.1 Allgemeines/Erzeugung der Risse/Messtechnik 55
3 Auswertung der Versuche - Versuchsergebnisse 61
3.1 Auswertung in tabellarischer Form 61
3.1.1 Beanspruchungsart luftbereifte Fahrzeuge und Fahrzeuge mit Reifen aus Elastik-Vollgummi 62
3.1.2 Beanspruchungsart Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff 67
3.1.3 Beanspruchungsart Fahrzeuge mit Reifen aus Stahl, Grauguss, Polyamid oder vergleichbarem Kunststoff 71
3.2 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse 75
3.2.1 Einfluss der Bereifung 75
3.2.2 Einfluss der Industriebodenvariante - Einfluss der Betonfestigkeit 75
3.2.3 Einfluss der Rissbreite 76
3.2.4 3 mm - Fugenschnitt 77
3.2.5 Zeitlicher Verlauf der Schädigungen 78
3.2.6 Instandsetzungsmaßnahmen 78

4 Empfehlungen zur Vermeidung von Rissflankenabbrüchen.....79

4.1 Ansatz zur Vermeidung von Rissflankenabbrüchen bzw. Umgang mit Rissflankenabbrüchen bei befahrbaren Industrieböden 79

4.2 Bei Industrieböden zu erwartende Verschleißerscheinungen an Rissenflanken (Rissflankenabbrüche) infolge einer Befahrung:..... 81

5 Fazit 85

6 Literaturverzeichnis 88

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Industrieboden in einer Lagerhalle [Schnell 2008]..... 7
Abbildung 2: Rissflankenabbruch bei einem Industrieboden..... 7
Abbildung 3: Natursteinplatten als Fahrbahnbelag, Via Appia Rom [www.planetware.com] .11
Abbildung 4: Flankenabbrüche an Rissen in einer Busspur.....11
Abbildung 5: Massive Rissflankenabbrüche bei einem befahrenen Industriefußboden.....12
Abbildung 6: Flankenabbrüche an einem 4 mm Fugenschnitt, Gabelstaplerverkehr G2, Beton C30/37 mit Hartstoffeinstreuung [Stenzel] 12
Abbildung 7: Massive Flankenschäden an einem gerissenen Betonboden in einem Einrichtungshaus.....13
Abbildung 8:Situation in dem Einrichtungshaus von Abbildung 7.....13
Abbildung 9: Durch Gummiabrieb der sich in den Rissen festsetzt wird die Optik der Böden negativ beeinflusst.....13
Abbildung 10: Schlaglochbildung infolge massiver Rissflankenabbrüche bei einem Industrieboden. 13
Abbildung 11: Situation an Rissen bei einem Industrieboden kurz nach Inbetriebnahme des Gebäudes.....14
Abbildung 12: Situation an Rissen bei einem Industrieboden zwei Jahre nach Inbetriebnahme des Gebäudes 14
Abbildung 13: Krakeleerisse und gerichtete Trennrisse in einem Stahlbetonindustrieboden.16
Abbildung 14: Gerichtete Trennrisse in einem Stahlbetonindustrieboden 16
Abbildung 15: Gebräuchliche Flurförderzeuge; Gabelstapler; Elektro-Handstapler; Palettenhubwagen.....22
Abbildung 16: Gabelstapler-Luftreifen 23
Abbildung 17: Gabelstapler-Vollgummireifen.....23
Abbildung 18: Elastomerbandage Gabelstaplerreifen.....23
Abbildung 19: Elastomerbandage an einem sog. Langläufer für ebenerdigen Transport von Gütern 23
Abbildung 20: Theoretischer Zusammenhang zwischen Shore-Härte A und D [25].....24
Abbildung 21: Verschiedene Kunststoffe mit den entsprechenden Shore-Härten [35] 24
Abbildung 22: Kontaktdruck auf Betonbodenplatten durch Räder von Flurförderzeugen [24]25
Abbildung 23: Elastik-Vollgummi-Hubwagen-Lenkrollen,.....26
Abbildung 24: Polyurethan-Hubwagen-Lenkrollen, ...26
Abbildung 25: Vulkollan-Hubwagen-Lenkrollen, Traglast1000 kg 26
Abbildung 26: Polyamid (Nylon)-Hubwagen-Lenkrollen ,.....26

Abbildung 27: Prüfmuster für die Bestimmung der Shore-Härte 27
Abbildung 28: Prüfung der Shore-Härte mit liegender Rolle 28
Abbildung 29: Prüfung der Shore-Härte mit stehender Rolle 28
Abbildung 30: Reifenprüfstand [Institut für Fahrzeugtechnik Aachen] 30
Abbildung 31: Versuchsaufbau zur Prüfung von Fahrbahnbelägen [Otto-Graf-Institut Stuttgart] 30
Abbildung 32: In den 80er Jahren am Otto-Graf-Institut entwickelte Verschleißmaschine, Stuttgart [28].....31
Abbildung 33: Prinzipskizze lineare Versuchsvariante 31
Abbildung 34: Übersichtszeichnung Prüfstand 32
Abbildung 35: Ansicht des Prüfstands 32
Abbildung 36: Lastarm mit angehangenem Gewicht.....32
Abbildung 37: Skizze des Drehteller, Seitenansicht und Draufsicht 33
Abbildung 38: Unterkonstruktion des Drehtellers 33
Abbildung 39: Drehteller, mit Motor und Riementrieb 33
Abbildung 40: Befestigung der Testräder mit Radnabe, Achse, Spannhülse und Stehlager .34
Abbildung 41: Schaltkasten mit Bedienelementen, Zählwerk und Notausschalter 34
Abbildung 42: Vergitterung des Prüfstandes.....35
Abbildung 43: Warnschild zur Unfallverhütung 35
Abbildung 44: Installierte Lichtschanke.....37
Abbildung 45: Beleuchtung.....37
Abbildung 46: Installierter Staubsauger 37
Abbildung 47: Modifizierter Prüfstand mit der Möglichkeit zur automatisierten Versuchsdurchführung 37
Abbildung 48: Risskeile 45
Abbildung 49: Probekörper für die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens47
Abbildung 50: Stahlfasern Typ Dramix® 3D 80/60BG der Firma Bekaert 49
Abbildung 51: Stahlschalung für die Probekörper 50
Abbildung 52: Detail Schalung, Verschluss 50
Abbildung 53: Schalung mit Bewehrung 50
Abbildung 54: Detail Rissblech 50
Abbildung 55: Flügelglätter mit Glättscheibe im Einsatz 51
Abbildung 56: Handflügelglätter mit Polierflügeln und daneben liegender Glättscheibe 51
Abbildung 57: Einbau des Tragbetons - Abscheiben der Oberfläche mit einem Reibbrett 52
Abbildung 58: Mit Hartstoff bestreute Betonoberfläche 52

Abbildung 59: Mit Elektroflügelglätter und Glättscheibe bearbeitete Oberfläche 52
Abbildung 60: Detail der mit Glättscheibe bearbeiteten Betonoberfläche.....52
Abbildung 61: Bearbeitung der Oberfläche mit Elektroflügelglätter und Polierflügeln.....53
Abbildung 62: Detail der mit Polierflügeln bearbeiteten Oberfläche 53
Abbildung 63: Oberfläche nach Bearbeitung mit Reibbrett – händische Bearbeitung 53
Abbildung 64: Oberfläche nach Bearbeitung mit Traufel – händische Bearbeitung.....53
Abbildung 65: Fertig geglättete Oberfläche eines Probekörpers – Abdecken mit Folie 53
Abbildung 66: Bodenschleifmaschine zum Bearbeiten von Beton- und Natursteinböden.....54
Abbildung 67: Schleifteller mit Diamantbolzen für den Grobschliff 54
Abbildung 68: Bodenschleifmaschine zum Bearbeiten von Böden aller Art mit Schleifpad für den Feinschliff 54
Abbildung 69: Mit einem Trennschleifer aufgeschnittener Riss an einem Probekörper 54
Abbildung 70: Mit Epoxidharz vergossener Riss.....54
Abbildung 71: Messung der Rissbreite bei dem ersten Reißversuch 55
Abbildung 72: Rissverlauf, Messpunkte.....55
Abbildung 73: Messtechnik, Messung der Rissbreite.....55
Abbildung 74: Messstellenplan Probekörper 01-06.....56
Abbildung 75: Messstellenplan Probekörper 07-24.....56
Abbildung 76: Rissbreiten Verlauf exemplarisch für einen 0,1 mm – Riss 57
Abbildung 77: Prüfstand in Betrieb – Ausleuchtung des zu fotografierenden Bereichs 58
Abbildung 78: Versuchsaufbau, Messtechnik 58
Abbildung 79: Fotografierter Bereich mit Display zur Anzeige der Anzahl an Überfahrungen 58
Abbildung 80: Abmessungen eines gebräuchlichen Palettenhubwagens 60
Abbildung 81: Einstellen der Radlast.....60
Abbildung 82: Detail Befestigung der Versuchsrollen, seitlich.....60
Abbildung 83: Detail Befestigung der Versuchsrollen, frontal 60
Abbildung 84: Kajaleffekt; oberes Bild: Riss mit einer Rissbreite von 0,1 mm vor der Befahrung; unteres Bild: Riss nach 25.000 Überfahrungen mit einem Gabelstaplerrad. 77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabelle 1.6 aus [24]; Beanspruchungsklassen für Betonbodenplatten mit zugehöriger Reifenklasse sowie Festlegung der Rissklasse RW bei bewehrten Betonbodenplatten 18

Tabelle 2: Auszug aus Tabelle 3 DIN 1045-1 [1] bzw. Tabelle 1 DIN 1045-2 [22] 19

Tabelle 3: Praxisbewährte Grundsätze für Anforderungen an und Eigenschaften von Industrieböden, Tabelle 1 DBV-Merkblatt [3] 20

Tabelle 4: Abmessungen von Gabelstaplern nach FL-Klassen nach EC1-1 [30] 21

Tabelle 5: Achslasten von Gabelstaplern nach EC1-1 [30] 21

Tabelle 6: modifizierte Klassifizierung der Beanspruchung (Befahrung) im Hinblick auf eine Vermeidung von Flankenabbrüche und zur Sicherstellung des Verschleißwiderstands 26

Tabelle 7: Auszug Produktinformationen Continental [16], Tragfähigkeiten von Gabelstaplerreifen in kN, in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit 27

Tabelle 8: Ergebnisse der Shore-Härte Prüfungen 28

Tabelle 9: Technische Daten des Prüfstands im Überblick 35

Tabelle 10: Tabellarische Übersicht des im vorangegangenen DBV Forschungsvorhaben absolvierten Versuchsprogramms [29] 38

Tabelle 11: Tabellarische Übersicht des Versuchsprogramms, Entwurf aus dem Zuwendungsantrag 39

Tabelle 12: Tabellarische Übersicht des durchgeführten Versuchsprogramms 40

Tabelle 13: Praxisbewehrte Grundsätze für Anforderungen an und Eigenschaften von Industrieböden 80

1 Ausgangssituation

1.1 Allgemeines und Ziel

Industrieböden finden sich in vielfältiger Form in modernen Industriebauwerken und stellen dabei ein zentrales Bauteil dar. Sie sind hoch beansprucht und müssen die unterschiedlichsten Anforderungen erfüllen. Dabei sind die Beschaffenheit und Güte der Oberfläche von zentraler Bedeutung. Nicht selten treten jedoch Risse auf, teilweise auch unvermeidbar und planmäßig. Werden die Böden befahren, lassen sich in der Praxis oft Flankenabbrüchen beobachten (siehe Abbildung 2). Flurförderzeuge (z.B. Gabelstapler oder Palettenhubwagen) stellen erhebliche mechanische Beanspruchungen für Industrieböden dar. Diese sind gerade in Bereichen, in denen sich der Verkehr konzentriert, wie beispielsweise an Toren oder zwischen Regalzeilen, besonders hoch. Im Falle von Schäden an Rissflanken werden von Bauherren neben dem optischen Mangel oft funktionale Einschränkungen bemängelt, über die Ursachen diskutieren Planer und Gutachter. Eine zentrale Frage ist dabei, inwieweit eine unzureichende Rissbreitenbeschränkung in der Tragwerksplanung schadensursächlich ist.

Abbildung 1: Industrieboden in einer Lagerhalle [Schnell 2008]

Abbildung 2: Rissflankenabbruch bei einem Industrieboden

Hinweise zur Planung und Ausführung von Industrieböden geben die DBV-Merkblätter „Industrieböden aus Beton für Frei- und Hallenflächen“ [3] sowie „Industrieböden aus Stahlfaserbeton“ [37]. Dort werden jedoch keine Empfehlungen zu ungünstigst anzustrebenden Rissbreiten gemacht. In einschlägiger Fachliteratur [5-7] finden sich gelegentlich Hinweise und Empfehlungen, die aber uneinheitlich und wenig differenziert sind. Deshalb wurde mit einer Anschubfinanzierung durch den Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein DBV an der TU Kaiserslautern ein Versuchsstand konzipiert und im Labor für konstruktiven Ingenieurbau der TU Kaiserslautern realisiert, mit dem sich die Rissflankenbruchneigung von Industrieböden untersuchen lässt. In einer Versuchsreihe wurde die Rissflankenbruchneigung bei befahrenen Industrieböden für eine Befahrung mit unterschiedlichen Radarten erforscht [8],[10], [29]. Dabei erfolgte eine Beschränkung auf fugenlose Stahlbeton-Industrieböden ohne Oberflächenbeschichtung - eine im DBV-Merkblatt beschriebenen Ausführungsvarianten für Industrieböden. Das Forschungsprojekt wurde im August 2011 abgeschlossen [29].
Daran anknüpfenden wurde beim Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) ein weiterführendes Forschungsprojekt beantragt und mit Zuwendungsbescheid vom 20.12.2011 durch das BBSR bewilligt. In dem Forschungsprojekt sollen weitere gebräuchli-

che Industriebodenarten untersucht werden. Außerdem sollten weitere gängige Rollen, die bei Flurförderzeugen zum Einsatz kommen untersucht werden. Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine umfassende und zuverlässige Beschreibung der Einflüsse auf die Rissflankenbruchneigung von befahrenen Industrieböden zu erstellen und Strategien zur Vermeidung von Bau- oder Nutzungsschäden zu entwickeln.
Die Projektabwicklung beinhaltete ein umfangreiches Versuchsprogramm. Die detaillierte Konzeption der Versuchsreihe erfolgte in enger Abstimmung mit der gebildeten Beratergruppe. Es wurden verschiedene Industriefußbodenvarianten betrachtet. Neben der Radart wurde die Rissbreite variiert und die Veränderungen an den Rissflanken empirisch untersucht.

1.2 Hinweise:

Im vorliegenden Bericht werden umfangreich Textpassagen aus dem Schlussbericht des DBV Forschungsvorhabens 283 „Zusammenhang von Rissbreiten und Rissflankenbruchneigung bei Industriefußböden“ [29] verwendet.

Um die Lesbarkeit zu erleichtern wird das DBV-Merkblatt „Industrieböden aus Beton für Frei- und Hallenflächen“ [3] in dem Bericht oft nur kurz „DBV-Merkblatt“ genannt.

Im Zusammenhang mit den bei den Versuchen beobachteten Veränderungen an den Rissflanken infolge einer Befahrung mit Flurförderzeugrollen wird in dem Forschungsbericht von einem „Schadensbild“ Rissflankenbruch gesprochen. Gemeint ist das Rissbild nach den Versuchen. Damit ist kein Schaden im juristischen Sinne gemeint. Die gewählte Formulierung ist nicht als rechtliche Wertung zu verstehen. Allgemein handelt es sich bei dem Phänomen um Abnutzungserscheinungen. Ob es sich bei den Veränderungen um einen Schaden im juristischen Sinne handelt oder nicht bedarf im Einzelfall einer individuellen Begutachtung.

1.3 Projektbegleitung/Beratergruppe

Das Projekt wurde seitens des BBR begleitet von:

Herr Dipl.-Ing. Steffen Kisseler

Fraunhofer IRB, i.A. BBSR, Referat II 3

Deichmanns Aue 31-37

D-53179 Bonn

Beratend waren an dem Projekt beteiligt:

Herr Prof. Dipl.-Ing. Claus Flohrer

HOCHTIEF Solutions AG

Consult Materials

Farmstr.91-97

D-64546 Mörfelden-Walldorf

Herr Dr.-Ing. Enrico Schwabach

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein DBV

Kurfürstenstraße 129

D-10785 Berlin

Herr Dipl.-Ing. Gerhard Vitt

Bekaert GmbH

Siemensstraße 24

D-61267 Neu-Anspach

Herr Dr.-Ing. Jörg-Peter Wagner

Bilfinger Berger SE

Zentralbereich Technik

Zentrales Labor für Baustofftechnik

Carl-Reiß-Platz 1-5

D-68165 Mannheim

1.4 Danksagung

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7-11.44 / II 3-F20-11-1-063). Weiterhin wurde das Projekt durch den Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein (DBV) finanziell unterstützt sowie von der Firma Bekaert. Den genannten Institutionen sei an der Stelle ganz herzlich gedankt.

Ferner gilt den Mitgliedern der Beratergruppe ein ganz herzlicher Dank für die vielfältigen wertvollen fachlichen Anregungen.

1.5 Rissflankenabbruch

Rissflankenabbrüche sind ein Phänomen bei Industrieböden, dass Gutachter, Bauherren, die ausführenden Baufirmen und letztendlich die Gerichte immer wieder beschäftigt. Ist man auf die Problematik aufmerksam geworden und achtet im Alltag z.B. beim Einkaufen im Baumarkt oder Einrichtungshaus auf den Zustand von Böden, begegnen einem Rissflankenschäden zahlreich. Das Phänomen wird in der Fachliteratur jedoch nur am Rande oder gar nicht behandelt und ist auch wissenschaftlich bislang noch kaum erforscht.

Abbildung 3: Natursteinplatten als Fahrbahnbelag, Via Appia Rom [www.planetware.com]

Abbildung 4: Flankenabbrüche an Rissen in einer Busspur

Dabei ist das Phänomen keineswegs neu. Flankenabbrüche finden sich gleichermaßen an Fugen oder Rissen bei Natursteinböden und begegnen der Menschheit wahrscheinlich seit der Antike (siehe Abbildung 3). Bei Betonböden und -fahrbahnen kommt es seit den Anfängen dieser Bauweise im 19. Jahrhundert zu Rissflankenabbrüchen insbesondere aufgrund anfänglich fehlender und später oft unzureichender Bewehrung. Warum sich die Fachwelt dennoch mit dem Thema in der Vergangenheit nicht auseinandergesetzt hat, hängt vermutlich mit der Tatsache zusammen, dass in den klassischen Einsatzbereichen bei industriellen Produktions- und Lagerflächen seinerzeit die Anforderungen geringer waren. Insbesondere jedoch seit Architekten und Innenarchitekten den Sichtbeton für sich entdeckt haben werden Betonböden ohne Oberflächenbeschichtung beispielsweise auch in Supermärkten, Einrich-

tungshäusern, Outletcentern oder Museen eingesetzt. Die dabei gestiegenen Anforderungen, seien es optische oder hinsichtlich Reinheit, bergen im Zusammenhang mit entstehenden Rissflankenabbrüchen jedoch ein erhebliches Konfliktpotenzial. Ob es in einer Lagerhalle für Schüttgüter oder einem Museum mit wertvollen Kunstwerken zu Rissflankenabbrüchen kommt ist ein elementarer Unterschied. Die Frage, ob es sich dabei um einen Schaden im juristischen Sinne bzw. Mangel handelt oder nicht, ist also eng mit dem jeweiligen Einsatzort bzw. den Anforderungen verknüpft und bedarf einer individuellen Begutachtung.

Nach der Einführung in die Problematik soll zunächst aber der Versuch gewagt werden eine Definition für den Begriff „Rissflankenabbruch“ zu finden. Eine mögliche Definition lautet:

Rissflankenabbruch *bezeichnet eine Phänomen bei Beton- bzw. Industrieböden. Die Flanken von vertikalen Rissen aber auch Flanken von Fugen, brechen dabei infolge mechanischer Beanspruchung, vorwiegend durch eine Befahrung mit Flurförderzeugen, oberflächennah ab.*

Abbildung 5: Massive Rissflankenabbrüche bei einem befahrenen Industriefußboden

Abbildung 6: Flankenabbrüche an einem 4 mm Fugenschnitt, Gabelstaplerverkehr G2, Beton C30/37 mit Hartstoffeinstreuung [Stenzel]

Abbildung 7: Massive Flankenschäden an einem gerissenen Betonboden in einem Einrichtungshaus

Abbildung 8:Situation in dem Einrichtungshaus von Abbildung 7

In Abbildung 5 sind Rissflankenbrüche bei einem befahrenen Industrieboden zu sehen. Abbildung 6 stammt aus einem Baumarkt. Dort kam es an 4 mm breiten Scheinfugen (Fugenschnitt) zu Flankenschäden.

Rissflankenabbrüche wirken sich negativ auf die Funktionalität, die Nutzung oder aber die Dauerhaftigkeit von Böden aus.

Zum einen kommt es in den Räumlichkeiten zu einer erhöhten Staub und Schmutzbelastung. Dies rührt aus den entstehenden Bruchstücken, die sich im laufe der Zeit lösen aber auch aus einem vermehrten Abrieb an den Flurförderzeugrollen. Ob nun dadurch die Gebrauchstauglichkeit des Bodens bzw. der Räumlichkeiten eingeschränkt ist und es sich um einen Mangel handelt, hängt wie eingangs beschrieben entscheidend von der Nutzung des Gebäudes ab und ob diese dadurch eingeschränkt ist.

Im Falle von massiven Rissflankenabbrüchen insbesondere an tiefen Rissen oder Trennrissen kann es zur Schlaglochbildung kommen. Letztendlich ist die Ebenheit des Bodens nicht mehr gegeben und vom Betreiber können Mängel geltend gemacht werden.

Durch den Gummiabrieb der sich in den Rissen festsetzt kommt es zusätzlich zu einem erheblichen optischen Mangel.

Abbildung 9: Durch Gummiabrieb der sich in den Rissen festsetzt wird die Optik der Böden negativ beeinflusst

Abbildung 10: Schlaglochbildung infolge massiver Rissflankenabbrüche bei einem Industrieboden.

Letztendlich kann es auch zu einer Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit von Industrieböden kommen, wenn die Flankenabbrüche bei tiefen Rissen bis in die Bewehrungslage reichen.

Schadensfälle zeigen häufig eine progressive Schadensentwicklung, das heißt die Rissufer brechen sukzessive ab und es entstehen immer weitere „Schollen“. Der Betreiber ist dann zum Handeln, sprich einer Sanierung, gezwungen.

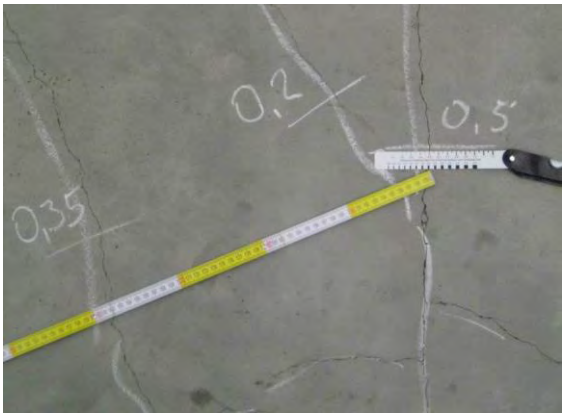


Abbildung 11: Situation an Rissen bei einem Industrieboden kurz nach Inbetriebnahme des Gebäudes

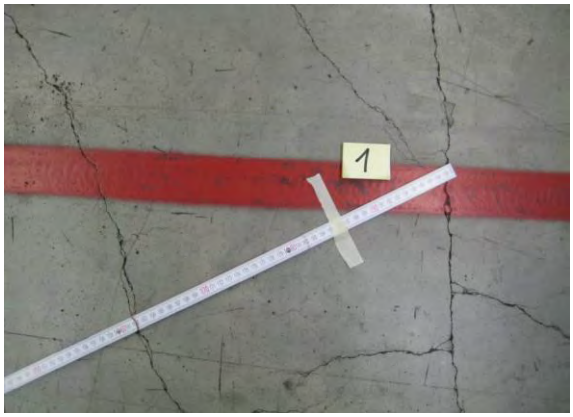


Abbildung 12: Situation an Rissen bei einem Industrieboden zwei Jahre nach Inbetriebnahme des Gebäudes

Bei Schadensfällen gilt es letztendlich vor Gericht die Schuldfrage zu klären. Was sind also die Ursachen für Rissflankenabbrüche, bzw. was sind Einflussfaktoren auf die Rissflankenbruchneigung?

Die Ursachen können in einer falschen Planung oder aber fehlerhaften Ausführung liegen.

Die zentralen Parameter sind:

- die Art der Nutzung bzw. Beanspruchung, → **Rad-, Rollenart**
- die Betonzusammensetzung,
- die Betonfestigkeitsklasse,
- die Art der Oberflächenvergütung,
- die Nachbehandlung,

  → **Industriebodenvariante**
- die Rissbreitenbegrenzung → **Rissbreite,**
- die Fugenausbildung.

Hinweise zur Planung und Ausführung von Industrieböden gibt das DBV-Merkblatt: „Industrieböden aus Beton für Frei- und Hallenflächen“ [3]. Dort wird auf die oben genannten Punkte eingegangen und es werden entsprechende Empfehlungen gemacht. Lediglich auf die Rissbreitenbeschränkung in Bezug auf Flankenschäden wird nur am Rande eingegangen.

Empfehlungen zu ungünstigst anzustrebenden Rissbreiten finden sich dort keine. Da dem Thema Rissbreitenbeschränkung als Ansatzpunkt für die Vermeidung oder Verhinderung von Flankenschäden eine zentrale Bedeutung zukommt, beschäftigt sich das nächste Kapitel näher mit der Thematik.

1.6 Risse in Industrieböden und Rissbreitenbeschränkung in Bezug auf Flankenschäden

Bei Industrieböden oder allgemein Bodenplatten lassen sich im Wesentlichen drei Hauptarten an Rissen beobachten.

Zum einen netzartig und „ungeordnet“ verlaufende Krakeleerisse. Die eher feinen und oberflächigen Risse werden teilweise auch als Haarrisse bezeichnet. Die Rissbreiten betragen nach [19] maximal 0,15 mm und die Risstiefe beträgt ca. 1-3 mm. Sie entstehen durch Schwinden des Betons zu einem frühen Zeitpunkt und sind oft nur in feuchtem Zustand sichtbar.

Weiterhin können sog. Setzrisse, oft auch als Netzrisse bezeichnet, auftreten. Diese weisen ebenfalls einen netzartigen Verlauf auf jedoch mit einer im Vergleich zu den Krakeleerissen größeren Maschenweite. Diese verlaufen in der Regel parallel oberhalb von obenliegenden Bewehrungsstäben [36]. Der Verlauf orientiert sich also an der Maschenweite der Bewehrungsmatten.

Abbildung 13: Krakeleerisse und gerichtete Trennrisse in einem Stahlbetonindustrieboden

Abbildung 14: Gerichtete Trennrisse in einem Stahlbetonindustrieboden

Die dritte Gruppe an Rissen sind Schwindrisse oder Trennrisse. Diese gehen in der Regel durch das gesamte Bauteil und können gerichtet oder „ungeordnet“ verlaufen [36]. Sie können beliebige Rissbreiten aufweisen und entstehen durch Zwangspannungen infolge von Schwindvorgängen. Trennrisse können aber auch durch Zwangspannungen infolge von Temperaturbeanspruchungen entstehen.

Daneben treten auch Biegerisse infolge von Untergrundsetzungen im Bereich der Biegezugzone auf.

Um Mängel zu vermeiden, gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten wie mit der Rissproblematik bei Industrieböden umgegangen werden kann. Entweder sind die Platten für die auftretenden Last- und Zwangschnittgrößen zu bemessen und die Rissbreite zu begrenzen (Rissbreitenbegrenzung) oder es wird versucht die Rissbildung durch geeignete konstruktive Maßnahmen zu vermeiden (Rissvermeidung).

Krakeleerisse lassen sich nur durch eine geeignete Nachbehandlung nach Anzahl und Breite minimieren.

Der Rechenwert w_k für die Rissbreitenbeschränkung ist ein charakteristischer Wert für die maximal zu erwartende Rissbreite. Die Werte w_k stellen Mittelwerte über den Wirkungsbereich der Bewehrung dar, nicht die Rissbreite an der Bauteiloberfläche (Definition nach DAfstb Heft 525 [14]). Dies spielt bei der Auswertung der Versuche in Abschnitt 3 eine Rolle. Die zulässige, rechnerische Rissbreite w_k ist vom Planer in Abhängigkeit von den Expositionsklassen und der Nutzung (beispielsweise Löschwasserrückhaltung) festzulegen und mit dem Bauherren abzustimmen [6]. Werden Industrieböden tragend ausgeführt oder haben aussteifende Funktion, ist die Rissbreite nach EC2-1 [30] zu begrenzen.

Wie bereits erwähnt findet man im DBV-Merkblatt [3] keine Empfehlungen zu ungünstigst anzustrebenden Rissbreiten zur Vermeidung von Flankenschäden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde in dem Zusammenhang zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt, um Erfahrungswerte aus der Praxis in die Betrachtungen mit einfließen lassen zu können.

Von Stenzel wird in [5] dargelegt: *„Bei LKW-Verkehr und Gabelstaplerverkehr Kategorie G5 genügt erfahrungsgemäß eine Beschränkung der Rissbreite auf 0,30 mm, um ein Ausbrechen der Rissufer beim Überfahren zu vermeiden."*

Schöppel verschärft die Empfehlung in [7] in dem er schreibt: *„Im Allgemeinen sollte die rechnerische Rissbreite $w_{cal} \leq 0{,}3$ mm* (mit Bezug auf Stenzel [5])*, besser ≤ 0,2 mm nicht überschreiten, da bei großen Rissbreiten bei entsprechender Verkehrsbelastung mit einem Ausbrechen der Rissufer zu rechnen ist"* Auf die Art der Befahrung geht er dabei nicht näher ein. Stenzel bezieht sich mit seiner Empfehlung auf Gabelstaplerverkehr Kategorie G5. Beide Verfasser unterscheiden dabei nicht nach Bauweise oder dem Aufbau des Industriebodens bzw. gehen nicht darauf ein. Diese spielt jedoch, wie auch die Art der Belastung, bei der Betrachtung eine entscheidende Rolle. Empfehlungen zu ungünstigst anzustrebenden Rissbreiten müssen unbedingt mit der beabsichtigten Nutzung bzw. Art der Befahrung des Industriebodens verknüpft werden.

Diesen Ansatz verfolgt auch Breitenbücher. Er schreibt in [21]: *„Aufgabe einer fachgerechten Planung und Konstruktion ist daher, die Rissbildung so zu kontrollieren, dass die Rissbreiten bestimmte, für die Nutzung und Dauerhaftigkeit akzeptable Grenzwerte nicht überschreiten. Je nach Nutzung und Umgebungsbedingungen liegen diese zwischen rd. 0,1 und 0,4 mm."*

In erster Linie sind Trennrisse von Flankenabbrüchen betroffen. Nach dem DBV-Merkblatt [3] begründen feine netzartige Risse mit kleinen Rissbreiten keinen Mangel. Indirekt könnte man also vermuten, dass keine Rissflankenabbrüche zu erwarten sind. In [21] schreibt Breitenbücher jedoch „bei hoch beanspruchten Industrieböden können die Flanken von solchen Krakeleerissen bei der späteren Nutzung (Befahrung) schnell ausbrechen". Dies steht also in einem gewissen Widerspruch zu der Aussage im DBV-Merkblatt. Da sich Krakeleerisse nicht gänzlich vermeiden lassen und die Rissbreite nicht direkt beeinflusst werden kann, müssen in Bereichen mit besonderen Anforderungen zusätzliche Maßnahmen wie beispielsweise eine Oberflächenbeschichtung vorgesehen werden.

Anfang 2012 ist die 3. Auflage des Buches „Betonböden“ [24] von Lohmeyer und Ebeling erschienen. Die 3. Auflage enthält im Unterschied zur vorigen Auflage konkrete Angaben in Bezug auf anzustrebende Rissbreiten zur Vermeidung von Flankenschäden. Für Betonbodenplatten werden dort für verschiedene Beanspruchungsklassen anzustrebende rechnerische Rissbreiten in Abhängigkeit der Lastwechsel pro Tag gegeben (siehe Tabelle 1). Auf welcher Grundlage diese Angaben basieren, ist der Quelle allerdings nicht zu entnehmen. Ob diese Empfehlungen hinreichend sind, um Rissflankenabbrüche wirksam zu vermeiden, soll in Abschnitt 4 auf Basis der Erkenntnisse aus den experimentellen Untersuchungen diskutiert werden.

Tabelle 1: Tabelle 1.6 aus [24]; Beanspruchungsklassen für Betonbodenplatten mit zugehöriger Reifenklasse sowie Festlegung der Rissklasse RW bei bewehrten Betonbodenplatten

Beanspruchungsklasse aus Fahrbetrieb	Bereifung		Lastwechsel pro Tag	rechnerische Rissbreite w_k [mm]	Rissklasse RW
	Art der Bereifung	Reifenklasse			
BL (leicht)	Luftbereifung	LU	n ≤ 10/d	0,30	RW30
			n ≤ 50/d	0,25	RW25
			n ≤ 100/d	0,20	RW20
	Super-Elastik-Reifen	SE	n ≤ 10/d	0,25	RW25
			n ≤ 50/d	0,20	RW20
			n ≤ 100/d	0,15	RW15
BM (mittel)	Vollgummi-Reifen	VG	n ≤ 10/d	0,20	RW20
			n ≤ 50/d	0,15	RW15
			n ≤ 100/d	0,15	RW15
	Vulkollan-Reifen oder Polyester-Urethan-Kautschuk-Reifen oder Urethan-Elastomer-Reifen	VU	n ≤ 10/d	0,20	RW20
		PU	n ≤ 50/d	0,15	RW15
BH (hoch)		UE	n ≤ 100/d	0,10	RW10
	Polyamid-Reifen bzw. Polyamid-Rollen	PA	n ≤ 10/d	0,10	RW10
Beanspruchung zu stark			n > 10/d	–	–

1.7 Lastfall Flurförderzeug bei Industrieböden

Flurförderzeuge stellen erhebliche mechanische Beanspruchungen für Industrieböden dar. Diese sind gerade in Bereichen in denen sich der Verkehr konzentriert, wie z.B. an Toren oder zwischen Regalzeilen, besonders gravierend.

Es handelt sich dabei um eine Kombination aus verschiedenen mechanischen Beanspruchungszuständen. Zum einem bewirken die Räder mit entsprechenden Radlasten Kontaktpressungen. Die Spannungen hängen dabei vom Material der Kontaktpartner und ihrer Form ab. In Abschnitt 1.8.2 sind maximale Kontaktpressungen für Flurförderzeugreifen aufgeführt. Neben Normalkräften kommt es bei einer Befahrung auch zu Horizontalkräften (Scherkräften) infolge von Anfahr-, Brems- und Lenkvorgängen, sowie Reibkräften. Letztendlich führt eine Befahrung zu einem nicht unerheblichen Verschleiß des Bodens wodurch die Gebrauchstauglichkeit und unter Umständen auch die Dauerhaftigkeit negativ beeinflusst wird.

Die Beanspruchungen werden nach Eurocode 2 [30] bzw. EC2/NA [31] in drei Expositionsklassen unterteilt: XM1 mäßige Verschleißbeanspruchung beispielsweise durch luftbereifte Fahrzeuge; XM2 starke Verschleißbeanspruchung beispielsweise durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler und XM3 sehr starke Verschleißbeanspruchung beispielsweise durch elastomerbereifte oder stahlrollenbereifte Fahrzeuge. Um die Dauerhaftigkeit von tragenden bzw. aussteifenden Industrieböden, die einem Betonangriff durch Verschleißbeanspruchung ausgesetzt sind, sicherzustellen sind nach EC2 [30] bzw. EC2/NA [31] daher in der Regel zusätzliche Anforderungen an die Gesteinskörnung nach DIN EN 206-1 zu berücksichtigen oder aber die Betondeckung muss erhöht werden (Opferbetonschicht). Für die Expositionsklasse XM1 ist die Mindestbetondeckung c_{min} danach um 5 mm, für XM2 um 10 mm und für XM3 um 15 mm zu erhöhen.
In der mittlerweile veralteten DIN 1045 wurde ähnlich verfahren. Den Expositionsklassen waren jedoch zusätzlich noch Mindestfestigkeitsklasse für den Beton zugeordnet und die Regelungen waren in tabellarischer Form verfasst (siehe Tabelle 2).
Im DBV-Merkblatt wird ähnlich vorgegangen. Mechanische Beanspruchungen werden ebenfalls in drei Klassen eingeteilt (siehe Tabelle 3). Neben Betondruckfestigkeitsklassen werden für die unterschiedlichen Beanspruchungsklassen weitere Maßnahmen wie z. B. der Einsatz einer Hartstoffeinstreuung, das Aufbringen einer Hartstoffschicht oder die Verwendung von überwiegend quarzitischen Gesteinskörnungen gefordert.
Die im DBV-Merkblatt gegebenen Empfehlungen sind dabei als praxisbewährte Grundsätze zu verstehen.

Tabelle 2: Auszug aus Tabelle 3 DIN 1045-1 [1] bzw. Tabelle 1 DIN 1045-2 [22]

1	2	3	4
Klasse	**Beschreibung der Umgebung**	**Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)**	**Mindestbeton-festigkeitsklasse**
7 Betonangriff durch Verschleißbeanspruchung			
XM1	mäßige Verschleiß-beanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge	C30/37 [c]
XM2	starke Verschleiß-beanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummi-bereifte Gabelstapler	C30/37 [c, h] C35/45 [c]
XM3	sehr starke Verschleiß-beanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler; Oberflächen, die häufig mit Kettenfahrzeugen befahren werden; Wasserbauwerke in geschiebebelasteten Gewässern, z. B. Tosbecken	C35/45 [c]

Tabelle 3: Praxisbewährte Grundsätze für Anforderungen an und Eigenschaften von Industrieböden, Tabelle 1 DBV-Merkblatt [3]

Spalte	1	2	3
Zeile	**Beanspruchung (Beispiele)**	**Druckfestigkeits-klasse**	**Anforderungen zur Sicherstellung des Verschleißwiderstands**
1	luftbereifte Fahrzeuge	C25/30	mit Hartstoffeinstreuung oder Oberflächenvergütung
		C30/37	ohne weitere Maßnahmen
2	elastomer- oder vollgummibereifte Förderfahrzeuge	C30/37	Beton mit überwiegend quarzitischen Gesteinskörnungen bis 4 mm Größtkorn (Quarz, Basalt, Diabas)
		C35/45	ohne weitere Maßnahmen
3	polyamid- und stahlrollenbereifte Gabelstapler, stark schleifende oder schlagende Beanspruchung	C30/37	mit Hartstoffschicht nach DIN 18560-7
Hinweis: Tragende oder aussteifende Industrieböden sind bei entsprechenden Einwirkungen in die Expositionsklassen XM1, XM2, XM3 nach DIN 1045-1 [1] einzuordnen			

Zu den Verschleißerscheinungen infolge einer Befahrung mit Flurförderzeugen muss man auch die oben angesprochene Problematik der Flankenschäden an Fugen und planmäßig vorkommenden Rissen zählen, mit den beschriebenen negativen Auswirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit. Maßnahmen oder Grundsätze zur Vermeidung von Flankenschäden beinhaltet das DBV-Merkblatt [3] nicht.

Für die statische Bemessung von Betonböden werden in EC1-1 [30] als Nutzlasten für Gegengewichtsstapler, die in Tabelle 4 und Tabelle 5 aufgeführten charakteristischen Werte an. Danach werden Gabelstapler nach ihrer zulässigen Gesamtlast bzw. Nenntragfähigkeit in Kategorien FL1-FL6 eingeteilt. Neben den Radlasten, die vereinfacht als Einzellasten mit einer zugehörigen Aufstandsfläche von 0,2 m x 0,2 m angenommen werden, sind auch Flächenlasten und geometrische Abmessungen aufgeführt. Flurförderzeuge besitzen für gewöhnlich keine Federung und so müssen die Reifen oder Rollen diese Aufgabe übernehmen. Bauartbedingt können sich Gegengewichtsstapler bei unebenen Bodenverhältnissen leicht aufschaukeln und in Schwingung geraten. Dies wird durch die nach oben nicht gesicherte Ladung noch verschärft. Für die Reifen sowie die Fahrbahn ergeben sich daraus hohe dynamische Beanspruchungen. Die Belastung schwankt dabei um einen Mittelwert. Bei herkömmlichen Gabelstaplern kommt dieser Effekt insbesondere bei den Hinteren-, Lenkrädern zum Tragen. Nach EC1-1 NA [31] ist für Gabelstapler mit Luftbereifung aus dem Grund die Radlast Q_k mit einem Schwingungsbeiwert $\varphi = 1{,}4$ zu multiplizieren, sofern kein genauer Nachweis geführt wird.

Andere Flurförderzeuge wie beispielsweise Hubwagen werden in EC1-1 [30] bzw. EC1-1/NA [31] nicht erfasst. Gegengewichtsstapler stellen jedoch, in Bezug auf die Radlasten und damit für eine statische Bemessung von Industrieböden den maximalen Belastungsfall dar. Radlasten von Hubwagen liegen üblicherweise in einer Größenordnung von 5 kN.

Tabelle 4: Abmessungen von Gabelstaplern nach FL-Klassen nach EC1-1 [30]

Gabelstapler Klasse	Eigengewicht (Netto) kN	Hublasten kN	Radabstand a m	Fahrzeugbreite b m	Fahrzeuglänge l m
FL1	21	10	0,85	1,00	2,60
FL2	31	15	0,95	1,10	3,00
FL3	44	25	1,00	1,20	3,30
FL4	60	40	1,20	1,40	4,00
FL5	90	60	1,50	1,90	4,60
FL6	110	80	1,80	2,30	5,10

Tabelle 5: Achslasten von Gabelstaplern nach EC1-1 [30]

Gabelstaplerklasse	Achslast Q_k kN
FL1	26
FL2	40
FL3	63
FL4	90
FL5	140
FL6	170

1.8 Flurförderzeuge und deren Bereifung

1.8.1 Allgemeines

Flurförderzeuge sind freibewegliche Transportmittel auf Rädern (im Gegensatz zu schienengebundenen) für horizontalen, zumeist innerbetrieblichen Einsatz. Sie zählen dabei zu den Unstetigförderern. Als Unstetigförderer werden Fördermittel bezeichnet, die nur bei Bedarf und nicht ständig fördern, wie z.B. Fließbänder. Flurförderzeuge sind teilweise mit Hubeinrichtungen ausgestattet und können Lasten selbst aufnehmen und absetzen, heben, stapeln oder in Regale ein- und ausladen [15]. Es gibt Handgeräte zu denen beispielsweise Hubwagen, Scherenhubwagen oder Hochhubwagen gehören und Geräte mit Fahrantrieb. Der Antrieb kann dabei mit Verbrennungsmotoren, Elektromotoren oder Treibgas erfolgen.
Auf die Schadwirkung von Flurförderzeugen für Industrieböden wurde eingangs schon hingewiesen. Im Folgenden soll auf die Bereifung von Flurförderzeugen und die Parameter Radlast und Kontaktdruck näher eingegangen werden.

Abbildung 15: Gebräuchliche Flurförderzeuge; Gabelstapler; Elektro-Handstapler; Palettenhubwagen

1.8.2 Bereifung/Radlasten/Kontaktpressung/Geschwindigkeit

Reifen von Flurförderzeugen lassen sich grob in vier Arten unterteilen: Luftreifen, Super-Elastik-Reifen (SE-Reifen) bzw. Vollreifen aus Gummi auf Felgen, Reifen mit einer Elastomerbandage und Hubwagenrollen bzw. Schwerlastrollen. Reifen mit Elastomerbandagen besitzen im Gegensatz zu den Vollreifen aus Gummi in der Regel weniger aufwändige Felgen und sind für geringere Fahrgeschwindigkeiten geeignet.
In der schon angesprochenen 3. Auflage des Buches „Betonböden“ [24] von Lohmeyer und Ebeling sind die durch Räder von Flurförderzeugen auf Betonbodenplatten ausgeübten Kontaktdrücke im Vergleich zur vorigen Auflage zum Teil leicht nach oben korrigiert worden. In Abbildung 22 aus [24] sind Kontaktdrücke von Flurförderzeugrädern für unterschiedliche Reifentragfähigkeiten übersichtlich in einem Diagramm zusammengestellt.
Luftreifen, SE-Reifen (Super-Elastik-Reifen) und Vollreifen aus Gummi werden bei größeren Flurförderzeugen wie beispielsweise Gegengewichtsstaplern eingesetzt und sind in unterschiedlichen Größen und Profilierungen auf dem Markt. Die Radlasten können für Schwerlaststapler bis zu 120 kN betragen (siehe Tabelle 4). Diese sind für Reifen vergleichbarer Größe in Luftausführung und Vollgummiausführung annähernd gleich groß. Die auf die Fahrbahn ausgeübten Kontaktpressungen als mittlere Flächenpressung sind jedoch unterschiedlich. Bei Luftreifen entspricht der maximal ausgeübte Kontaktdruck dem Reifeninnendruck. Bei einem maximalen Reifendruck von 10 bar also 1,0 N/mm² [4] [24]. SE-Reifen üben einen etwas größeren Kontaktdruck auf den Boden aus als Luftreifen, sind aber weicher als Vollgummireifen [24]. Der maximale Kontaktdruck liegt je nach Belastung und Reifengröße in einer Größenordnung von 1,5 [27] bis 2,0 N/mm² [24]. Bei Vollreifen aus Gummi ist mit einer größeren Härte als bei SE-Reifen zu rechnen. Die maximalen Kontaktdrücke können je nach Belastung und Reifengröße in einer Größenordnung von 3,5 [27] bis 4,0 N/mm² [24] liegen.

Abbildung 16: Gabelstapler-Luftreifen

Abbildung 17: Gabelstapler-Vollgummireifen

Elastomerbandagen werden sowohl bei mittelgroßen und kleinen Gegengewichtsstapler als auch für Flurförderzeuge wie z. B. Hubwagen oder Handstaplern eingesetzt. Das Spektrum der Reifentragfähigkeiten ist dementsprechend groß und reicht von 500 kg bei Rollen für z.B. Palettenhubwagen bis zu zehn Tonnen bei Rädern für Gabelstapler. Die ausgeübten Kontaktpressungen hängen vom Bandagenmaterial ab und können bei Gummibandagen bis zu 4,0 N/mm² [4], bei anderen Elastomeren sogar bis zu 6,0 N/mm [4] betragen. Eingesetzt wird neben Gummi unter anderem Polyurethan oder Vulkollan. Bei Vulkollan handelt es sich um den eingetragenen Markennamen für Polyester-Urethan-Kautschuk der Bayer AG.

Abbildung 18: Elastomerbandage Gabelstaplerreifen

Abbildung 19: Elastomerbandage an einem sog. Langläufer für ebenerdigen Transport von Gütern

Die vierte Gruppe sind Rollen für Kleinflurförderzeuge, in erster Linie Hubwagen. Allgemein werden sie auch als Schwerlastrollen bezeichnet und kommen außerdem bei fahrbaren Gerüsten oder beispielsweise Müllcontainern zum Einsatz. Die Rollen unterscheiden sich hauptsächlich durch das Laufmantelmaterial und die Laufmantelform. Als Materialien lassen sich im Wesentlichen die drei Hauptgruppen Gummi, Polyurethan und Gusspolyamid unterscheiden. Wobei jeweils nochmal Untergruppen wie beispielsweise Super-Elastik-Gummi oder Soft-Polyurethan als Materialien angeboten werden sowie spezielle Kunststoffmarken wie beispielsweise das schon angesprochene Vulkollan der Bayer AG. Darüber hinaus gibt es auch Sonderreifen aus Stahl (Grauguss). Die Tragfähigkeiten von Hubwagenrollen bzw.

Schwerlastrollen sind je nach Material ganz unterschiedlich und reichen von 500 kg für Rollen aus Elastik-Gummi bis hin zu fünf Tonnen für Rollen aus Gusspolyamid und für Stahlrollen sogar bis zu zehn Tonnen. Die Kontaktpressungen hängen sowohl vom Material als auch vom Laufmantelprofil ab. Neben zylinderförmigen Laufmantelprofilen gib es beispielsweise, dachartige, trapezförmige und ballige Profile. Zur Klassifizierung der Härte von Elastomeren und Kunststoffen wird meist die Shore-Härte verwendet. Um verschiedene Rollen auch im Hinblick auf ihre Schadwirkung für Böden vergleichen zu können, ist die Shore-Härte daher von Bedeutung. Die Shore-Härte wird je nach Härte des Materials nach Verfahren A oder Verfahren D über die Eindringtiefe einer genormten Metallnadel bestimmt (siehe Abschnitt 1.8.3). Ein Verfahren C ist von untergeordneter Bedeutung. Entsprechend dem Verfahren mit dem die Härte bestimmt wird gibt es die Skalen: Shore-Härte A und Shore-Härte D. Der Zusammenhang zwischen Shore-Härte A und Shore-Härte D ist in Abbildung 20 dargestellt. Je höher die Shore-Härte, desto härter ist das Material. Die Shore-Härte von Rollen aus Gummi liegt bei ca. 60 bis 75 A, für Rollen aus Polyurethan bei ca. 65 A bis 99 A und für Rollen aus Polyamid in einer Größenordnung von 70 D (jeweils nach Herstellerangaben).

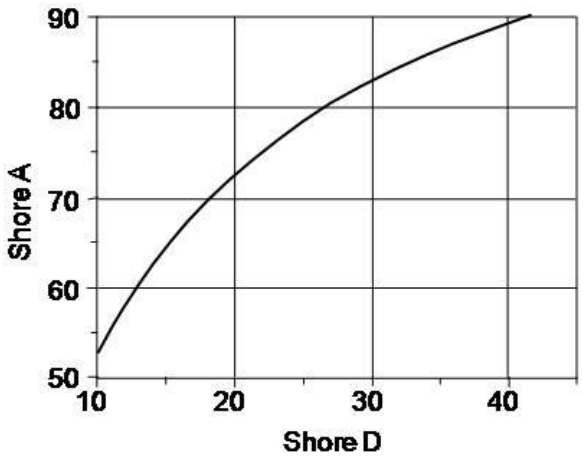


Abbildung 20: Theoretischer Zusammenhang zwischen Shore-Härte A und D [25]

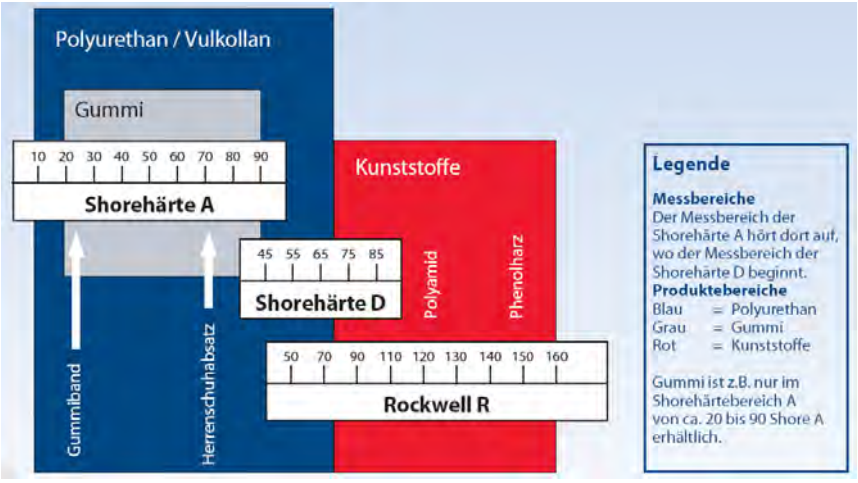


Abbildung 21: Verschiedene Kunststoffe mit den entsprechenden Shore-Härten [35]

Der Kontaktdruck welchen eine Rolle auf einen Boden ausübt hängt, vom Rollenmaterial, der Rollenform aber ebenso von der Steifigkeit des Bodens selber ab sowie von der Temperatur. Die Zusammenhänge lassen sich mithilfe der Herztschen Pressung beschreiben. In der Literatur oder von Herstellern angegebene Kontaktdrücke von Flurförderzeugrollen können daher nur als grobe Anhaltswerte gesehen werden.
Maximal ausgeübte Kontaktdrücke als mittlere Flächenpressung für Rollen aus Super-Elastik-Gummi liegen wie bereits erwähnt bei ca. 1,5 N/mm², für Vollgummi bei ca. 3,5 N/mm² was einer Shore-Härte von ca. 75 A entspricht, für Polyurethan bei 3,5 N/mm² bis 8,0 N/mm² (8,0 N/mm² entsprechen einer Shore-Härte von ca. 92 A [27]), für Polyamid 20 N/mm² [24] bis 30 N/mm² [17] und für Rollen aus Stahl sogar in einer Größenordnung von 100 N/mm² [17]. Es zeigt sich in der Praxis, dass kleinere Fahrzeuge mit Rollen aus Gusspolyamid oder Stahl zu erheblichen Schäden an der Oberfläche von Betonböden führen.

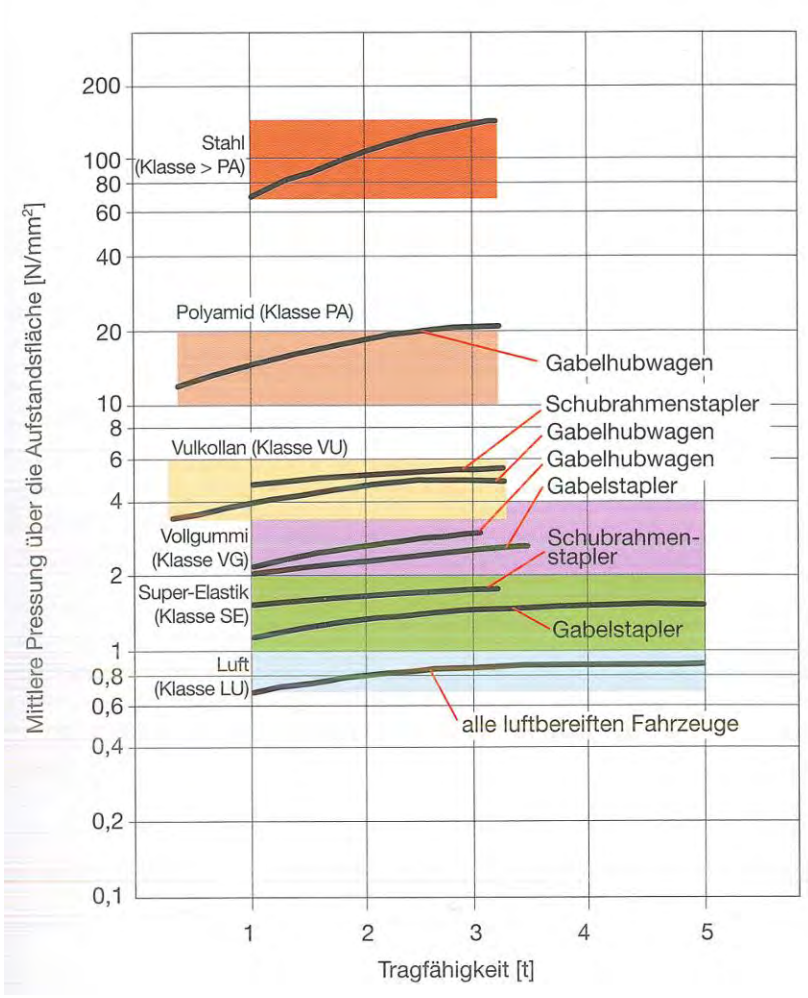


Abbildung 22: Kontaktdruck auf Betonbodenplatten durch Räder von Flurförderzeugen [24]

Das entscheidende Kriterium bei der Beurteilung der Schadwirkung im Zusammenhang mit einer Befahrung von Industrieböden ist nicht das Flurförderzeug oder dessen zulässige Gesamtlast sondern die Bereifung. Will man also Empfehlungen zu ungünstigst anzustrebenden Rissbreiten geben, ist der Ansatz nach [5] und einer Verknüpfung mit Gabelstaplerkategorien (siehe Abschnitt 1.6) nach zulässigen Gesamtlasten (Tabelle 4 nach DIN 1055-3 [2]) unge-

eignet. Ratsam ist eine Verknüpfung mit der Bereifung von Flurförderzeugen. Dabei ist eine Kategorisierung von Reifen nach Tabelle 1 des DBV-Merkblattes [3] und Einteilung in Expositionsklassen sinnvoll.

Abbildung 23: Elastik-Vollgummi-Hubwagen-Lenkrollen, Traglast 400 kg

Abbildung 24: Polyurethan-Hubwagen-Lenkrollen, Traglast 450 kg

Abbildung 25: Vulkollan-Hubwagen-Lenkrollen, Traglast1000 kg

Abbildung 26: Polyamid (Nylon)-Hubwagen-Lenkrollen , Traglast 1000 kg

In Tabelle 6 sind Reifen von Flurförderzeugen entsprechend der oben gemachten Einteilung im Hinblick auf eine Vermeidung von Flankenabbrüchen und zur Sicherstellung des Verschleißwiderstands klassifiziert. Die Tabelle ist als Weiterentwicklung der Tabelle 1 des DBV-Merkblattes [3] zu verstehen (vergleiche auch mit der Einteilung nach Tabelle 1). Die Einteilung erfolgte nach den Gesichtspunkten Bauart, Reifenmaterial und letztendlich den ausgeübten Kontaktpressungen.

Tabelle 6: modifizierte Klassifizierung der Beanspruchung (Befahrung) im Hinblick auf eine Vermeidung von Flankenabbrüche und zur Sicherstellung des Verschleißwiderstands

Spalte	1	2
Zeile	**Beanspruchung (Beispiele)**	**Kontakt-pressung**
1	luftbereifte Fahrzeuge und Fahrzeuge mit Reifen aus Vollgummi auf Felgen (z.B. alle Arten von Gabelstaplern, etc.)	1 - 1,5 [1] N/mm²
2	Fahrzeuge mit Elastomer-Bandagen-Bereifung (Bandage aus Gummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff, kleinere Gabelstapler, Handstapler, Palettenhubwagen, etc.)	3 [2] - 7 [1] N/mm²
3	Fahrzeuge mit Sonderreifen oder Rollen aus Polyamid, Gusspolyamid, Stahl etc., stark schleifende oder schlagende Beanspruchung (Sonderfahrzeuge)	30 - 100 [2] N/mm²

[1] Anhaltswerte nach Lohmeyer [24]
[2] Anhaltswerte nach Cziesielski [17]

Handfahrgeräte werden mit Schrittgeschwindigkeit betrieben. Für den Boden ergeben sich daraus nur geringfügig höhere Beanspruchungen aus Geschwindigkeitseffekten. Größere Flurförderzeuge wie beispielsweise Gabelstapler werden mit Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 25 km/h betrieben. Die Radlasten sind nicht konstant sondern besitzen einen schwellen-

den Charakter und schwanken um einen bestimmten Mittelwert. Dies kommt insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten und unebener Fahrbahn zum Tragen. Wie bereits beschrieben trägt der EC1 [30] dem Rechnung in dem die Radlast (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5) mit einem Schwingungsbeiwert beaufschlagt wird. Gabelstapler- und Reifenhersteller tragen der Tatsache Rechnung in dem sie maximale Achslasten bzw. Radlasten in Abhängigkeit der angestrebten Höchstgeschwindigkeit bzw. Montagesituation ausweisen (siehe Tabelle 7). Die Reifentragfähigkeit im Stand entspricht der maximalen Reifentragfähigkeit. Die Reifentragfähigkeiten unter Höchstgeschwindigkeit werden abgemindert. Dabei entspricht die Reifentragfähigkeit bei der entsprechenden Geschwindigkeit, der Ruhelage (Mittelwert) der Schwingungsbeziehung. Bei den Versuchen wurde eine entsprechend hohe Radlast gewählt wodurch diese Geschwindigkeits- und Unebenheitseffekte, auf der sicheren Seite liegend, abgedeckt sind.

Tabelle 7: Auszug Produktinformationen Continental [16], Tragfähigkeiten von Gabelstaplerreifen in kN, in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

Statischer[1] Halbmesser				Reifentragfähigkeit							Größe
Ist-Wert ± 2,5 %		Luftdruck		Stillstand	an anderen Fahrzeugen[3] bei Höchstgeschwindigkeit (km/h)				an Gabelstaplern max. 25 km/h		
A	B	bar	kPa		10	25	40[5]	50[5]	Lastrad[7]	Lenkrad[5]	
nach ETRTO											
209 211	204 206	10,0 10,0	1000 1000	1650 1650	1420 1420	1090 1090	975 975	920 920	1420 1420	1090 1090	5.00 R 8 TL
174 174	170 170	10,0 10,0	1000 1000	1210 1210	1040 1040	800 800	715 715	675 675	1040 1040	800 800	125/75 R 8 TL (15 x 41/2 R 8)

1.8.3 Shore-Härte Prüfung

Um die Herstellerangaben in Bezug auf die Shore-Härte zu überprüfen, wurden für die verschieden Versuchsrollen Shore-Härte-Messungen durchgeführt. Die Prüfungen erfolgten in Anlehnung an die Normen DIN EN ISO 868:2003-10 und DIN ISO 7619-1 mit Hilfe des in Abbildung 28 abgebildeten Tischprüfstands. Die genannten Prüfnormen verlangen ebene Prüfmuster mit einer Mindestdicke von 4 mm. Abweichend davon wurden die Hubwagenrollen direkt in den Prüfstand eingesetzt und getestet, einmal stehend und einmal liegend (siehe Abbildung 28 und Abbildung 29). Aus den Gabelstaplerrädern sowie den Elastikbandagen wurden entsprechende Proben herausgeschnitten und geprüft (siehe Abbildung 27).

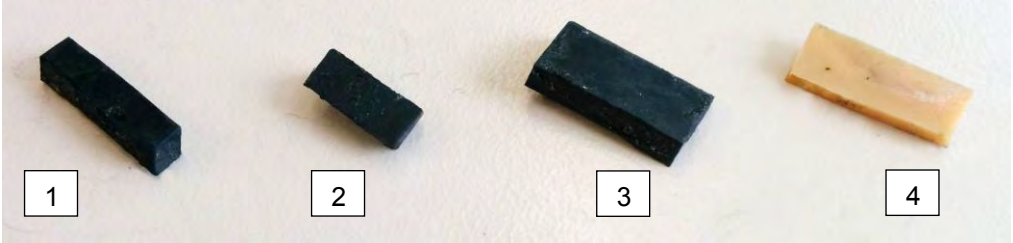


Abbildung 27: Prüfmuster für die Bestimmung der Shore-Härte

Abbildung 28: Prüfung der Shore-Härte mit liegender Rolle

Abbildung 29: Prüfung der Shore-Härte mit stehender Rolle

Bei der Bestimmung der Shore-Härte wird die Eindringtiefe einer Nadel mit genormter Spitze, belastet mit einer definierten Kraft, gemessen. Eine Eindringtiefe von 2,5 mm entspricht einer Shore-Härte von 0 auf der Shore-Härte-Skala und eine Eindringtiefe von 0 mm einer Shore-Härte von 100.

Wie in Abschnitt 1.6.2 erläutert wurde, unterscheidet man zwischen Shore-Härte „A“ und Shore-Härte „D“. Dabei unterscheiden sich zum einen die Spitzen der Prüfnadeln und zum anderen die Prüflasten. Diese Beträgt für die Bestimmung der Shore-Härte A 12,5 N und für Shore-Härte D 50 N.

Tabelle 8: Ergebnisse der Shore-Härte Prüfungen

Material	**Versuchsreifen bzw. –Rolle**	**Shore-Härte**						
		Skala	**Sollwerte**	**Messstelle**	**Messwerte Einzelwerte**			**Mittelwert**
					1.	**2.**	**3.**	
Gummi	Gabelstaplerrad in Luftausführung	A	60-75 A[1]	Probe 2	56	61	66	60,7
	Gabelstaplerrad in Vollgummiausführung	A		Probe 1	57	61	56	58,0
	Elastikbandage	A		Probe 3	64	60	62	62,0
Polyurethan	Elastikbandage	A	80[1]	Probe 4	89	91	93	91,0
	Front-Hubwagenrolle	A	80 +/- 3[2]	Lauffläche	92	91	92	91,7
	Hubwagenrolle hinten	A	95 +/- 3[2]	Seite	89	91	94	91,3
				Lauffläche	93	94	93	93,7
	Front-Hubwagenrolle Vulkollan	A	95 +/-3[2]	Seite	91	89	89	89,7
	Hubwagenrolle hinten (Elastik-Polyurethan)	A	78 +/- 3[2]	Seite	82	82	84	82,7
				Lauffläche	84	83	85	84,0
Polyamid	Front-Hubwagenrolle	D	70[2]	Seite	65	64	61	63,3
	Hubwagenrolle hinten	D	70[2]	Seite	74	72	75	73,3
				Lauffläche	73	74	74	73,7
	Schwerlastrolle	D	70[2]	Seite	73	72	73	72,7

[1)] allgemeine Angaben in der Literatur

[2)] nach Herstellerangaben

Die Ergebnisse der Shore-Härte-Messung sind in Tabelle 8 aufgeführt. Diese weisen teilweise recht große Streuungen auf was dadurch zu erklären ist, dass die Messungen nach den Versuchen erfolgte und die Rollen teilweise schon stark abgenutzt waren. Die Messwerte stimmen jedoch im Allgemeinen mit den Herstellerangaben gut überein. Lediglich die Front-Hubwagenrollen aus Polyurethan lagen mit einer Shore-Härte von rund 91 A deutlich über dem vom Hersteller angegebenen Wert von 80 A. Die Shore-Härte von Rollen aus Gummi lag in der Größenordnung von 60 A, die von Rollen aus Standard-Polyurethan und Vulkollan in der Größenordnung von 90 A. Die Shore-Härte von Elastik-Polyurethan lag bei 80 A und die von Rollen aus Polyamid in einer Größenordnung von 70 D. Die Ergebnisse unterstreichen nochmal den vorgeschlagenen Ansatz die Rollen von Flurförderzeugen im Hinblick auf eine Vermeidung von Flankenabbrüchen und zur Sicherstellung des Verschleißwiderstands in drei Kategorien zu klassifizieren (siehe Tabelle 6).

2 Versuchsprogramm

2.1 Versuchstand/Versuchsaufbau

2.1.1 Allgemeines/Konzeption der Prüfvorrichtung

Die Konzeption einer geeigneten Prüfvorrichtung erfolgte im Rahmen eines vorangegangen durch den Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein DBV geförderten Forschungsprojekts an der TU Kaiserslautern. Der Prüfstand musste eine Befahrung mit Flurförderzeugen (Radlasten bis zu drei Tonnen) wirklichkeitsnah simulieren und der Probekörper die Verhältnisse in einem realen Industrieboden möglich gut abbilden. Der Prüfstand sollte sich neben einer wirklichkeitsnahen Simulation einer Rissüberfahrung auch noch durch eine einfache Handhabung, sicheren und störungsfreien (Dauer-) Betrieb bei akzeptablen Herstellungs- und Betriebskosten auszeichnen. Bei der Konzeption mussten zudem auch noch fertigungsbedingte und räumliche Randbedingungen berücksichtigt werden. Im Rahmen einer Diplomarbeit am Fachgebiet für Massivbau und Baukonstruktion an der TU Kaiserslautern wurden verschieden Varianten untersucht und verglichen [11].
Die realisierte Drehtellervariante mit rotierendem Probekörper und stationärem Testrad besticht durch eine hohe Betriebssicherheit, einfache Handhabung und ist hinsichtlich der benötigten Versuchsdauer und des Energieverbrauchs äußerst effizient. In der Industrie eingesetzte Reifenprüfstände (siehe Abbildung 30) oder Straßenbelagprüfstände (siehe Abbildung 31) bedienen sich ebenfalls einem Rotationsprinzip. Am Otto-Graf-Institut in Stuttgart wurde in den 80 er Jahren ein ähnlicher Versuchsstand entwickelt [28] (siehe Abbildung 31).

Abbildung 30: Reifenprüfstand [Institut für Fahrzeugtechnik Aachen]

Abbildung 31: Versuchsaufbau zur Prüfung von Fahrbahnbelägen [Otto-Graf-Institut Stuttgart]

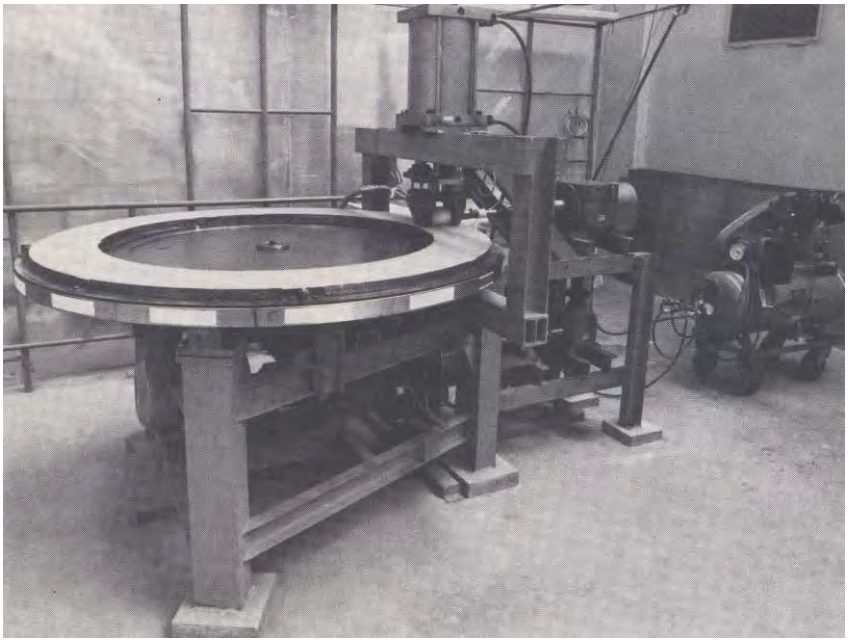


Abbildung 32: In den 80er Jahren am Otto-Graf-Institut entwickelte Verschleißmaschine, Stuttgart [28]

Eine ursprünglich angedachte lineare Variante (siehe Abbildung 33) mit zwei gegeneinander verspannten Reifen wurde aus mehreren Gründen letztlich nicht verwirklicht. Es hat sich gezeigt, dass die Verspannung der Testreifen sowie die Führung schwierig zu realisieren ist. Der „Schlitten“ bestehend aus Testreifen, Radaufhängung und Verspannvorrichtung hätte entsprechend steif ausgeführt werden müssen, um hohe Radlasten simulieren zu können, und wäre somit äußerst schwer geworden. Daneben bestand bei der Verspannung das Problem, dass die Radlast bei unvermeidbaren Schwankungen der Probekörperdicke auch mit entsprechenden Federn nicht hinreichend konstant hätte gehalten werden können. Daneben wurden auch andere Varianten untersucht, auf die jedoch nicht näher eingegangen werden soll. Letztendlich haben die Argumente für die Drehtellervariante überwogen.

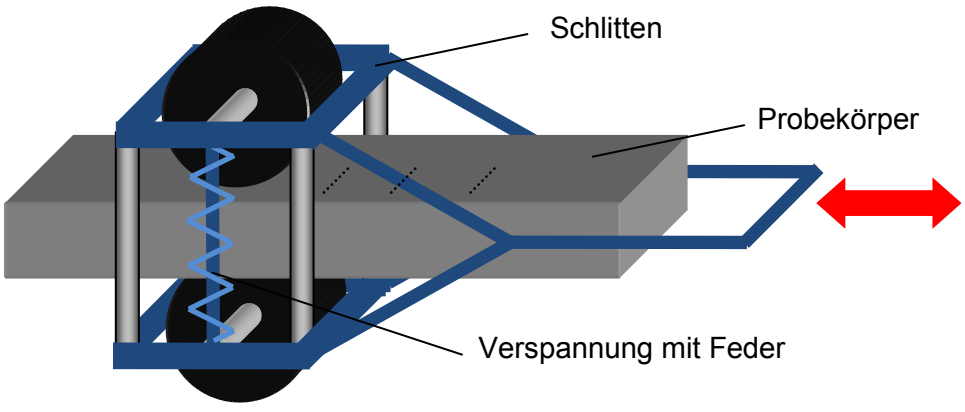


Abbildung 33: Prinzipskizze lineare Versuchsvariante

Der Prüfstand besteht aus dem eigentlichen Drehteller mit Antrieb, dem Lastarm, an welchem die Testräder befestigt werden, und dem Prüfrahmen (siehe Abbildung 34).
Der Lastarm ist über ein Bolzengelenk an dem Prüfrahmen befestigt. Die gewünschten Radlasten können durch das Aufbringen entsprechender Gewichte (siehe Abbildung 35) erzielt

werden. Dabei wird das aufzubringende Gewicht durch die Nutzung der Hebelwirkung reduziert. Die einfache Konzeption hat entscheidende Vorteile gegenüber anderen Varianten. Die Radlasten werden äußerst realistisch simuliert und die Handhabung ist einfach.

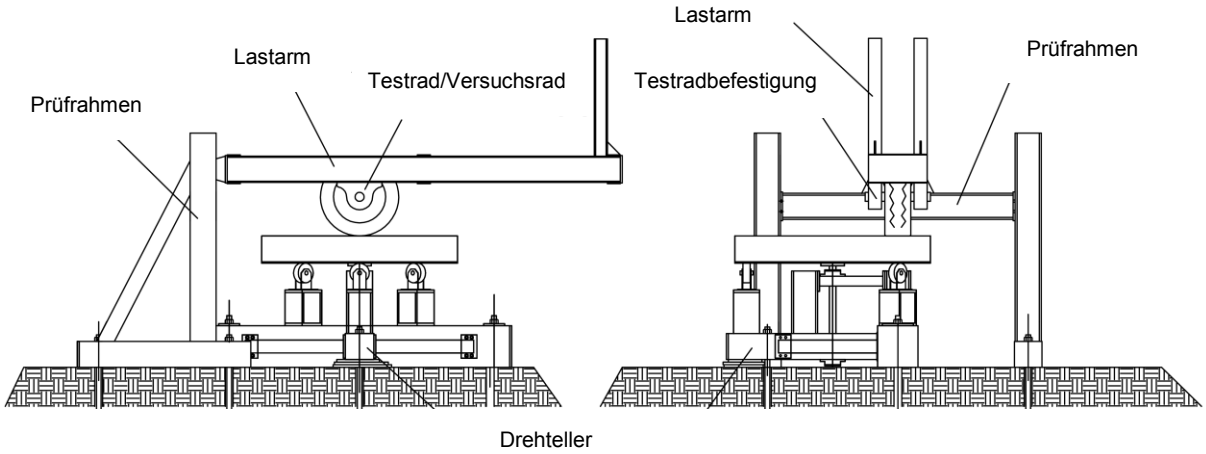


Abbildung 34: Übersichtszeichnung Prüfstand

Abbildung 35: Ansicht des Prüfstands

Abbildung 36: Lastarm mit angehangenem Gewicht

Dadurch, dass die Räder bei dem Versuchsaufbau keinen geradlinigen Lauf beschreiben, sondern eine Kreisbahn, treten Verwalkungseffekte auf. Diese sind je nach Reifenbreite und Fahrspurradius unterschiedlich groß und beeinflussen die Versuchsergebnisse. Die Versuchsvariante wurde daher lange diskutiert. Wie bereits angesprochen sind Industrieböden durch Lenk- und Bremsvorgänge starken Belastungen ausgesetzt. Gabelstapler sind in der Lage, bei voll eingeschlagenen Hinterrädern auf der Stelle zu drehen. Die Vorderräder bewegen sich in dem Fall auf einer Kreisbahn deren Durchmesser gerade der Spurbreite des Staplers entspricht. Als Fahrspurradius wurde daher ein Meter gewählt, was ungefähr der Spurbreite eines mittelschweren Gabelstaplers entspricht. Der Versuch stellt somit den ungünstigsten Fall nämlich ein permanentes Drehen eines Gabelstaplers auf der Stelle dar und ist somit auf der sicheren Seite liegend (ungünstig). Letztendlich wird bei der Versuchsvariante mit Kreisfahrt die Belastung wirklichkeitsnah simuliert. Dabei ist noch anzumerken, dass

die Verwalkeffekte nur bei den relativ breiten Gabelstaplerreifen eine Rolle spielen, nicht jedoch bei beispielsweise Schwerlastrollen. Will man im Hinblick auf zukünftige Versuche zwingend eine Geradeausfahrt simulieren, kann wie von Zollinger in [18] beschrieben mit einem konisch ausgebildeten Lastrad gearbeitet werden.
Auf die Bedeutung der Geschwindigkeit und deren Auswirkungen auf Industrieböden ist in Abschnitt 1.8.2 bereits eingegangen worden. Durch die Wahl einer entsprechend hohen Radlast werden diese Geschwindigkeits- und Unebenheitseffekte auf der sicheren Seite liegend abgedeckt.
Der Probekörper wird auf einer Stahlplatte, die auf Schwerlastrollen (Tragrollen) gelagert ist, fixiert. Über eine Antriebswelle wird der Drehteller mit einem leistungsstarken Getriebemotor in Rotation versetzt. Die zwei Zentimeter dicke Stahlplatte besitzt nur eine geringe Eigensteifigkeit, was bei der Konstruktion von Probekörpern für den Prüfstand berücksichtigt werden muss. Die Unterkonstruktion des Drehtellers besteht aus Stahlprofilen (siehe Abbildung 37).

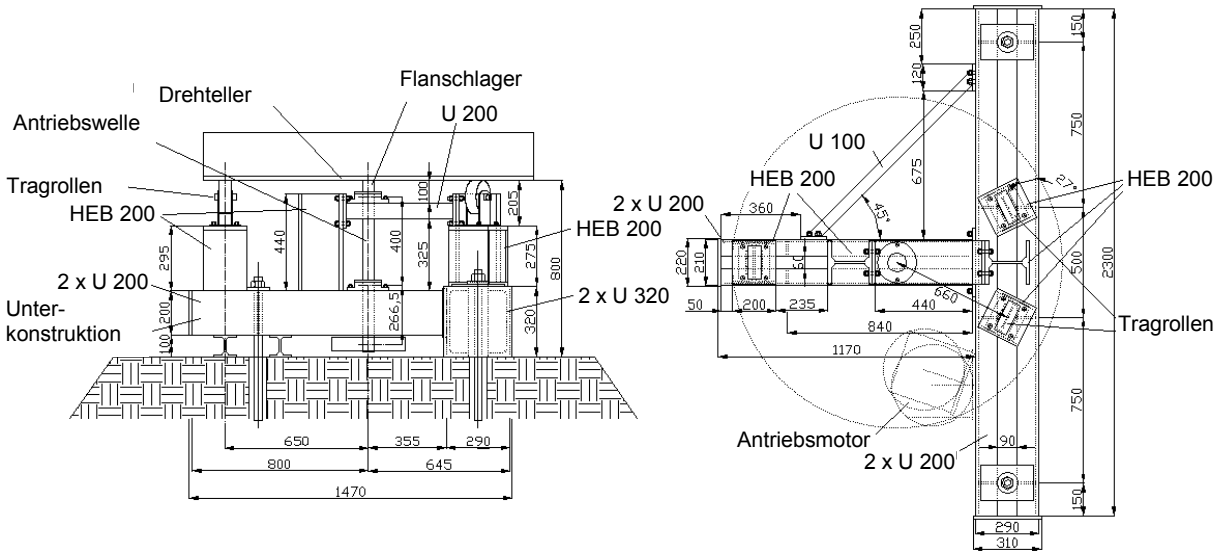


Abbildung 37: Skizze des Drehteller, Seitenansicht und Draufsicht

Abbildung 38: Unterkonstruktion des Drehtellers

Abbildung 39: Drehteller, mit Motor und Riementrieb

Der Motor musste leistungsstark genug sein um den Drehteller in Bewegung zu setzten. Das maximal erforderliche Drehmoment wurde großzügig abgeschätzt und der Motor entsprechend dimensioniert. Die Drehzahl für die Versuche sollte bei rund 30 U/min liegen und in

gewissen Grenzen stufenlos regelbar sein. Üblicherweise liegt die Drehzahl von Elektromotoren in einer Größenordnung zwischen 1000 und 3000 U/min. Es musste also eine entsprechende Übersetzung eingebaut werden. Die einfachste Möglichkeit sind Ketten- oder Riementriebe mit entsprechenden Scheibendurchmessern. Bei dem Übersetzungsverhältnis „i“ von ca. 300 wären aber überdimensional große Scheibendurchmesser notwendig geworden. Somit fiel die Wahl auf einen Getriebemotor. Dabei handelt es sich um einen Elektromotor mit angebautem Getriebe. Diese sind mit dem gewünschten Übersetzungsverhältnis erhältlich. Will man die Drehzahl von Elektromotoren regeln, wird ein sog. Frequenzumrichter erforderlich. Der letztendlich gewählte Getriebemotor mit Frequenzumrichter besitzt eine Leistung von 4 kW und ein Arbeitsdrehmoment von 1200 Nm.
Die Kraftübertragung bzw. die Übertragung des Drehmoments vom Motor auf die Antriebswelle erfolgt mit einem Riementrieb. Dieser stellt zudem eine Sicherheit gegen Überbelastung des Motors oder der Konstruktion dar. In Falle einer Überbelastung kommt es zu einem Durchrutschen der Keilriemen.
Es galt die einzelnen Bauteile entsprechend den Randbedingungen und Vorgaben zu konstruieren sowie zu bemessen. Neben dem Prüfrahmen, dem Lastarm und der Unterkonstruktion des Drehtellers als Stahlbaukonstruktionen mussten auch klassische Maschinenbau-Bauteile wie z.B. eine Radnabe für die Testräder, Lagerungen oder aber Wellen entworfen und dimensioniert werden (siehe auch Abbildung 40). Neben dem Motor musste auch der Riementrieb ausgelegt werden. Zur Erfassung der Rissüberfahrungen wurde ein Zählwerk installiert und in einem Schaltkasten mit den übrigen Bedienelementen zusammengefasst (siehe Abbildung 41).

Abbildung 40: Befestigung der Testräder mit Radnabe, Achse, Spannhülse und Stehlager

Abbildung 41: Schaltkasten mit Bedienelementen, Zählwerk und Notausschalter

Der Großteil des Prüfstandes wurde im Labor für konstruktiven Ingenieurbau gefertigt. Die Radnabe, Flanschlagergehäuse oder Antriebswelle wurden von der zentralen Metallwerkstatt, Schaltkasten mit Zählwerk von der Elektronikwerkstatt an der TU Kaiserslautern gefertigt.

Abbildung 42: Vergitterung des Prüfstandes

Abbildung 43: Warnschild zur Unfallverhütung

In einer weiteren Diplomarbeit [12] wurden sicherheitstechnische Überlegungen für den Betrieb des Versuchsstandes angestellt und eine Einbau- und Betriebsanleitung erstellt.
Um die Unfallgefahr zu minimieren wurde der Prüfstand vergittert sowie mit entsprechenden Warnschildern und einem Notausknopf versehen.
Der Prüfstand hat sich bei den Versuchen grundsätzlich bewährt. Er eignet sich durchaus auch für andere Untersuchungen und Fragestellungen.
In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten technischen Daten des Versuchsstandes aufgeführt.

Tabelle 9: Technische Daten des Prüfstands im Überblick

Parameter	Einheit	Größe/Angabe
mögl. Versuchslast:		
	kN	30
max.Probekörperabmessungen:		
Durchmesser:	m	1,50
Dicke:		beliebig
Bemerkung:		Eigensteifigkeit muss sichergestellt sein
Fahrspurradius:		
	m	1,00
Drehzahl/Geschwindigkeit:		
	U/min	30 +/-10%
	km/h	~ 15 +/-10%
Antrieb:		
Typ:		SEW Getriebemotor mit Frequenzumrichter
Leistung:	kW	4
Arbeitsdrehmoment:	Nm	1200
Drehzahl:	U/min	30 +/-10%
Bemerkung:		Frequenz stufenlos regelbar

2.1.2 Automatisierung bzw. Modifizierung des Versuchsstandes

Die Versuchsdurchführung wie sie bei den Versuchen im Rahmen des DBV Forschungsprojekts praktiziert wurde (siehe Abschnitt 2.5) gestaltete sich als sehr zeitaufwändig und war von hohem Betreuungsaufwand geprägt. Die Versuche mussten während der gesamten Versuchsdauer von einem Mitarbeiter vor Ort überwacht werden. Nach der gewünschten Anzahl an Rissüberfahrungen wurden der Prüfstand angehalten und die Schäden fotografiert sowie die Rissbreiten gemessen.
Die ersten Versuche im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden in gleicher Art und Weise durchgeführt. Wie sich bei den Versuchen gezeigt hat, ändert sich die Rissbreite während den Versuchen nur minimal. Es genügt also die Rissbreiten jeweils zu Beginn und am Ende der Versuche zu messen. Bei der großen Anzahl an Versuchen, die das Versuchsprogramm vorsah, sollte versucht werden die Versuchsdurchführung zu automatisieren. Gleichzeitig sollte die Qualität der Fotos aber möglichst noch verbessert werden. Außerdem sollte ein Staubsauger an dem Versuchsstand installiert werden mit dem ebenfalls automatisch in definierten Abständen die Betonoberfläche gesäubert wird.
Es ist nicht möglich den über einen Keilriemen angetriebenen schweren Probekörper punktgenau anzuhalten. Die gespeicherte Rotationsenergie lässt den Probekörper nach dem Abschalten des Motors noch eine Weile unkontrolliert weiter drehen. Um den Versuchsstand punktgenau anhalten zu können, hätte eine Bremsvorrichtung installiert werden müsse. Es wurde daher der Ansatz verfolgt zu fotografieren währen sich der Probekörper dreht. Beim Fotografieren von bewegten Objekten ergibt sich unvermeidlich eine sogenannte Bewegungsunschärfe. Verkürzt man die Belichtungszeit jedoch entsprechend kann die Bewegungsunschärfe minimiert werden. Für die Versuche im Rahmen des Forschungsprojekts wurde eine Spiegelreflexkamera Modell Canon EOS 60D und ein Festbrennweitenobjektiv mit einer Brennweite von 50 mm angeschafft.
Dreht sich der Probekörper mit einer Winkelgeschwindigkeit von 0,25 [1/s] (Tangentialgeschwindigkeit 1,02 m/s) beträgt die erforderliche Belichtungszeit mit der vorhandenen Kameratechnik 1/8800 Sek. Die Blendenöffnung kann dabei nicht beliebig groß gewählt werden. Daher war es notwendig die Beleuchtung entsprechend zu verbessern. Dazu wurden acht Baustrahler mit einer Leistung von jeweils 550 W installiert und so nah wie möglich an der zu fotografierenden Betonoberfläche platziert (siehe Abbildung 45).
Die Steuerung bzw. das Auslösen des Fotoapparates erfolgt über eine Lichtschranke (siehe Abbildung 44). An den Probekörper werden dafür jeweils auf Höhe der Risse Reflektoren geklebt. Um Fotos nach einer definierten Anzahl an Runden aufnehmen zu können ist am Versuchsstand ein Zählwerk installiert. Das Signal des Zählwerks bzw. Rundenzählers wird an eine programmierbare Steuereinheit weitergeleitet. Diese ist in einem Schaltkasten mit Display untergebracht (siehe Abbildung 47). Weiterhin ist die Beleuchtung an die Steuereinheit angeschlossen sowie ein Staubsauger (siehe Abbildung 46). Mit dem Staubsauger soll zum einen die Oberfläche des Probekörpers vor dem Fotografieren gereinigt werden damit mögliche Schäden besser erkannt werden können und zum anderen soll damit ein Reinigen des Bodens wie in der Realität simuliert werden. Bevor nach der gewünschten Anzahl an Überfahrungen die Fotos gemacht werden, schaltet sich zunächst der Staubsauger (für drei Runden) ein und anschließend die Beleuchtung. Die acht Fotos von den sechs Rissen und

zwei Fugenschnitten werden nicht alle in einer Runde sondern in zwei Runden geschossen. Die Anzahl an Überfahrungen wird zum einen auf dem Hauptdisplay im Schaltkasten angezeigt und zum anderen auf einer kleinen Anzeige die so befestigt ist, dass sie auf den Fotos zu sehen ist (siehe Abbildung 79).
Wird die Kamera an einen Computer angeschlossen, können die Fotos direkt auf einer Festplatte gespeichert werden. Mit Hilfe einer Webcam wurden die Versuche überwacht.

Abbildung 44: Installierte Lichtschanke

Abbildung 45: Beleuchtung

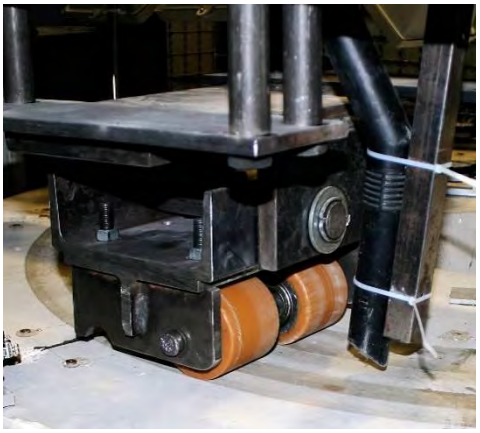


Abbildung 46: Installierter Staubsauger

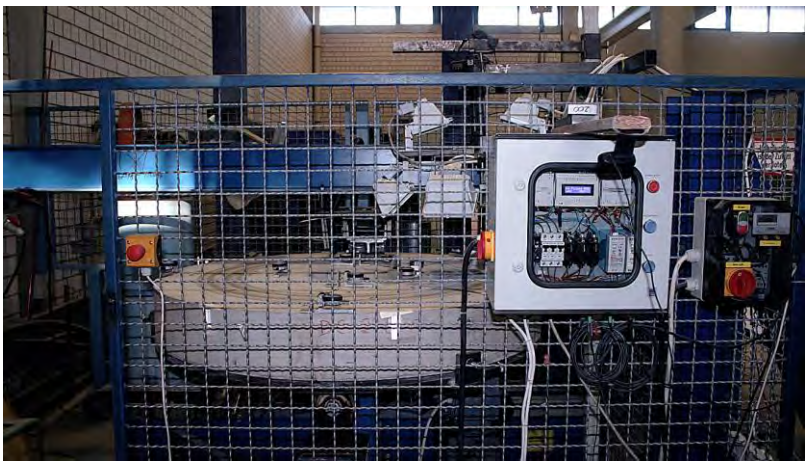


Abbildung 47: Modifizierter Prüfstand mit der Möglichkeit zur automatisierten Versuchsdurchführung

2.2 Übersicht des Versuchsprogramms

In dem Forschungsvorhaben sollte die Rissflankenbruchneigung für gängige Fußböden in Kombination mit verschiedenen Belastungsarten untersucht werden. In Tabelle 11 ist das im Zuwendungsantrag als Entwurf vorgeschlagene Versuchsprogramm in tabellarischer Form dargestellt. Es sollten u.a. die Betonfestigkeitsklasse, die Art der Oberflächenvergütung, die Rissbreiten, sowie die Reifentypen variiert werden. Als Rissbreiten waren dabei, 0,1 mm, 0,25 mm und 0,4 mm vorgesehen. Die Konzeption des genauen Versuchsprogramms sollte in Abstimmung mit den Beratern erfolgen. In der ersten Beratergruppensitzung am 19. September 2012 an der TU Kaiserslautern wurde der Entwurf des Versuchsprogramms eingehend diskutiert.

Tabelle 10: Tabellarische Übersicht des im vorangegangenen DBV Forschungsvorhaben absolvierten Versuchsprogramms [29]

Versuch	Rissbreite w_k bzw. Fugenbreite [mm]	Betonfestigkeitsklasse	Radart
V01-C25/30-PSR	0,1 0,25 0,4 3 mm Fugenschnitt	C25/30	Polyamid-Schwerlastrad
V02-C50/60-PSR	0,1 0,25 0,4 3 mm Fugenschnitt	C50/60	
V03-C25/30-GRL	0,1 0,25 0,4 3 mm Fugenschnitt	C25/30	Gabelstaplerrad als Luftreifen
V04-C50/60-GRL	0,1 0,25 0,4 3 mm Fugenschnitt	C50/60	
V05-C25/30-GRV	0,1 0,25 0,4 3 mm Fugenschnitt	C25/30	Gabelstaplerrad in Vollgummiausführung
V06-C50/60-GRV	0,1 0,25 0,4 3 mm Fugenschnitt	C50/60	

Ein wichtiger Hinweis aus der Runde war, dass höhere Betonfestigkeiten in einer Größenordnung C50/60 wie im Versuchsprogramm vorgeschlagen nicht sehr praxisrelevant seien und daher entfallen sollen. Eine weitere Anmerkung war, dass im DBV-Merkblatt Industrieböden für eine Befahrung mit Polyamidrollen eine Hartstoffschicht nach DIN 18560-7 gefordert wird. Diese ist mit der im Versuchsprogramm vorgesehenen Hartstoffeinstreuung oder Oberflächenvergütung nicht vergleichbar. Im Versuchsprogramm solle daher besser ein Industrieboden mit Hartstoffschicht (Hartstoffestrich - Estrichmörtel nach DIN 13318) nach DIN 18560-7 mit einer Dicke von einem Zentimeter untersucht werden. Zusätzlich wurde auch noch ein Stahlbetonindustrieboden mit Hartstoffeinstreuung 3 kg/m² (Hartstoff nach DIN 1100) mit in das Versuchsprogramm aufgenommen. In dem Forschungsvorhaben sollten auch mögliche Sanierungsmaßnamen untersucht werden. Die Frage war, ob verpresste Risse oder getränkte Risse untersucht werden sollen. Die Beratergruppe war der Meinung, dass getränkte Risse untersucht werden sollen. Das Versuchsprogramm sieht für die ersten Versuche Hubwagenrollen aus vier verschiedenen Materialien vor: Vollgummi, Polyurethan, Vulkollan und Polyamid. Erste Versuche mit Hubwagenrollen aus Vulkollan waren zum Zeitpunkt der Beratergruppensitzung bereits durchgeführt worden. Wie eingangs erwähnt han-

delt es sich bei Vulkollan um den Handelsnamen für ein Gusspolyurethan der Bayer AG. Es wurde daher entschieden für die weiteren Versuche speziell auf Vulkollan als Material zu verzichten und allgemein ein Polyurethan zu untersuchen.
In Tabelle 12 ist die überarbeitete, mit den Beratern abgestimmte Fassung des Versuchsprogramms in tabellarischer Form dargestellt.

Tabelle 11: Tabellarische Übersicht des Versuchsprogramms, Entwurf aus dem Zuwendungsantrag

Ausführungsvariante	Reifentyp	Betonfestigkeits-klasse	Rissbreite, Fugenausbildung	Versuchs-anzahl
gebräuchliche Ausführungsvarianten die im Hinblick auf Flankenabbrüche von Interesse sind, Beschichtung wahrscheinlich weniger von Interesse.	gebräuchliche Reifen von Flurförderzeugen, mit räpräsentativen Radlasten	am DBV Merkblatt bzw. der Praxis orientiert	An der Betonoberfläche, zwölf Risse pro Probekörpe	
Stahlbetonindustriefußboden flügelgeglättet	Gabelstaplerreifen in Luftausführung	C30/37	0,1 mm; 0,25 mm; 0,4 mm und 3 mm Fugenschnitt	1
		C50/60		1
	Gabelstaplerreifen in Vollgummiausführung	C30/37		1
		C50/60		1
	Elastikbandage Material Gummi	C30/37		1
		C50/60		1
	Elastikbandage Material Vulkollan	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubwagenrolle vorne aus Vollgummi und Polyurethan (in einem Versuch)	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubwagenrolle vorne aus Vulkollan und Polyamid (in einem Versuch)	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubwagenrolle hinten aus Vollgummi und Polyurethan (in einem Versuch)	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubwagenrolle hinten aus Vulkollan und Polyamid (in einem Versuch)	C30/37		1
		C50/60		1
Stahlbetonindustriefußboden mit Hartstoffeinstreuung nach DIN 1100, 3 kg/m²	Gabelstaplerreifen in Luftausführung	C25/30		1
		C50/60		1
	Elastikbandage, Material nach vorangegangenen Versuchen	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubagenrolle vorne, Material nach vorangegangenen Versuchen	C30/37		1
		C50/60		1
Stahlfaserbeton, Fasergehalt 30 kg/m³	Gabelstaplerreifen in Luftausführung	C30/37		1
		C50/60		1
	Elastikbandage, Material nach vorangegangenen Versuchen	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubagenrolle vorne, Material nach vorangegangenen Versuchen	C30/37		1
		C50/60		1
epoxidharzgetränkte Risse (als mögliche Sanierungsmaßnahme)	Elastikbandage, Material nach vorangegangenen Versuchen	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubagenrolle vorne, Material nach vorangegangenen Versuchen	C30/37		1
		C50/60		1
geschliffener Stahlbetonindustriefußboden (als mögliche Sanierungsmaßnahme)	Elastikbandage, Material nach vorangegangenen Versuchen	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubagenrolle vorne, Material nach vorangegangenen Versuchen	C30/37		1
		C50/60		1
			Summe:	36

Tabelle 12: Tabellarische Übersicht des durchgeführten Versuchsprogramms

Ausführungsvariante	Reifentyp	Betonfestigkeits-klasse	Rissbreite, Fugenausbildung	Versuchs-anzahl
gebräuchliche Ausführungsvarianten die im Hinblick auf Flankenabbrüche von Interesse sind, Beschichtung wahrscheinlich weniger von Interesse	gebräuchliche Reifen von Flurförderzeugen, mit räpräsentativen Radlasten	am DBV Merkblatt bzw. der Praxis orientiert	An der Betonoberfläche, zwölf Risse pro Probekörpe	
Stahlbetonindustriefußboden, flügelgeglättet	Gabelstaplerreifen in Luftausführung	C35/45	0,1 mm; 0,25 mm; 0,4 mm und 3 mm Fugenschnitt	1
	Gabelstaplerreifen in Vollgummiausführung	C35/45		1
	Elastikbandage Material Gummi	C30/37		1
	Elastikbandage Material Polyurethan	C30/37		1
	Hubwagenrolle vorne aus Vollgummi und Polyurethan (in einem Versuch)	C30/37		1
		C50/60		1
	Hubwagenrolle vorne aus Vulkollan und Polyamid (in einem Versuch)	C30/37		1
		C50/60		1
	Polyamidschwerlastrolle	C35/45		1
	Hubwagenrolle hinten aus Polyurethan	C30/37		1
	Hubwagenrolle hinten aus Polyamid	C30/37		1
Stahlbetonindustriefußboden mit Hartstoffeinstreuung 3 kg/m², flügelgeklättet	Gabelstaplerreifen in Luftausführung / Hubwagenrolle hinten aus Polyamid	C30/37		1
Stahlbetonindustriefußboden mit Hartstoffschicht, flügelgeklättet	Hubagenrolle hinten aus Polyurethan	C30/37		1
	Hubagenrolle hinten aus Polyamid	C30/37		1
	Hubagenrolle vorne aus Vulkollan und Polyamid (in einem Versuch)	C30/37		1
flügelgeglätteter Stahlfaserbeton ohne Hartstoffeinstreuung oder –verschleißschicht“, Fasergehalt 30 kg/m³	Hubagenrolle hinten aus Polyamid	C30/37		2
	Hubagenrolle hinten aus Polyurethan	C30/37		1
	Hubagenrolle vorne aus Vulkollan und Polyamid (in einem Versuch)	C30/37		1
epoxidharzgetränkte Risse (als mögliche Sanierungsmaßnahme)	Hubwagenrolle hinten aus Polyamid	C30/37		1
	Hubwagenrolle hinten aus Polyurethan	C30/37		1
geschliffener Stahlbetonindustriefußboden (als mögliche Sanierungsmaßnahme)	Hubwagenrolle hinten aus Polyamid	C30/37		1
	Hubagenrolle vorne aus Vulkollan und Polyamid (in einem Versuch)	C30/37		1
			Summe:	23

Das im Rahmen des vorangegangenen DBV Forschungsvorhabens absolvierte Versuchsprogramm ist in Tabelle 10 aufgeführt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen bei der abschließenden Diskussion der Versuchsergebnisse mit einfließen gelassen werden.

2.3 Versuchsreifen bzw. –Rollen

In dem Forschungsvorhaben sollten Gabelstaplerreifen in Luft- und Vollgummiausführung, Elastikbandagen mit Vollgummi und Polyurethanbandage sowie Front und Hinterrollen für Hubwagen aus Vollgummi, Polyurethan, Vulkollan (lediglich für die ersten Versuche - wurde nach Rücksprache mit der Beratergruppe aus dem Versuchsprogramm gestrichen) und Polyamid untersucht werden.
Im Falle der Gabelstaplerreifen (Großreifen) in Luft- und Vollgummiausführung wurden Reifen der gleichen Größe mit ähnlichen Profilen verwendet. Zum einen ist die Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse besser möglich und zum anderen wird nur eine Radaufhängungskonstruktion (Felge, Radnabe etc.) benötigt. Die Wahl fiel letztendlich auf einen bei mittelgroßen Gabelstaplern häufig eingesetzten Reifen der Größe 6.50-10 als Luftreifen sowie Vollgummireifen. Die maximale Tragfähigkeit im Stillstand liegt bei 2700 kg.

Nachfolgend sind die wichtigsten technischen Daten der verwendeten Versuchsreifen zusammengestellt:

Gabelstaplerrad als Luftreifen:

Größe 6.50 R 10, Rad- Ø 600 mm,
Radbreite 182 mm,

Tragfähigkeit (im Stillstand):	2700 kg
Expositionsklasse (nach [1]):	XM1
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 1
Gabelstaplerkategorie:	G3
Kontaktpressung:	≤ 1,0 N/mm²

Gabelstaplerrad in Vollgummiausführung SE-Reifen:

Größe 6.50 R 10, Rad- Ø 600 mm,
Radbreite 191 mm,

Tragfähigkeit (im Stillstand):	2700 kg
Expositionsklasse(nach [1]):	XM2
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Gabelstaplerkategorie:	G3
Kontaktpressung:	≤ 2,0 N/mm²

Elastikbandage Vollgummi:

Rad- Ø 415 mm,

Radbreite 100/80 mm ,

Tragfähigkeit:(im Stillstand):	1350 kg
Expositionsklasse(nach [1]):	XM2
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	≤ 2,0 N/mm²

Elastikbandage Polyurethan:

Rad- Ø 415 mm,

Radbreite 100/80 mm ,

Tragfähigkeit:(im Stillstand):	2300 kg
Expositionsklasse(nach [1]):	XM2
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	≤ 6 N/mm²

Hubwagenrad Front - Elastik Vollgummi:

Rad- Ø 200 mm
Radbreite 50 mm

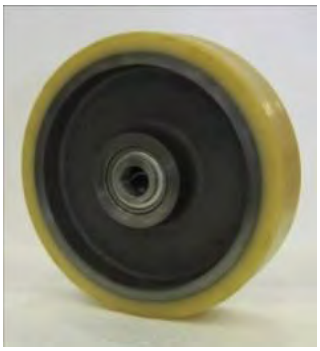
Tragfähigkeit (dynamisch):	400 kg
Laufrollenprofil:	zylindrisch
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	≤ 4,0 N/mm²
Shore-Härte:	70A +/-3

Hubwagenrad Front - Polyurethan:

Rad- Ø 200 mm
Radbreite 50 mm

Tragfähigkeit (dynamisch):	450 kg
Laufrollenprofil:	ballig
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	~ 5,0 N/mm²
Shore-Härte:	80A +/-3

Hubwagenrad Front - Vulkollan:



Rad- Ø 200 mm
Radbreite 50 mm

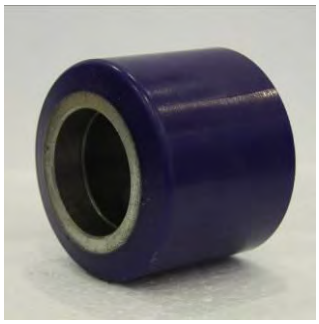
Tragfähigkeit:	1000 kg
Laufrollenprofil:	zylindrisch
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	~ 6,0 N/mm²
Shore-Härte:	95A +/-3

Hubwagenrad Front – Polyamid PA6:

Rad- Ø 200 mm
Radbreite 50 mm

Tragfähigkeit:	1000 kg
Laufrollenprofil:	ballig
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	~ 20 N/mm²
Shore-Härte:	70D

Hubwagenrad hinten - Elastik Polyurethan:

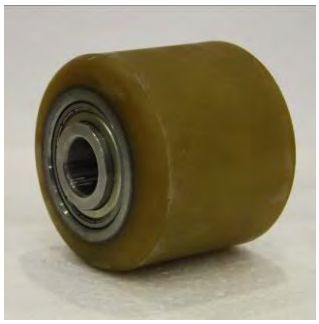


Rad- Ø 80 mm	
Radbreite 70 mm	
Tragfähigkeit (dynamisch):	700 kg
Laufrollenprofil:	zylindrisch
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	~4,0 N/mm²
Shore-Härte:	ca. 78A +/-3

Hubwagenrad hinten - Polyurethan:

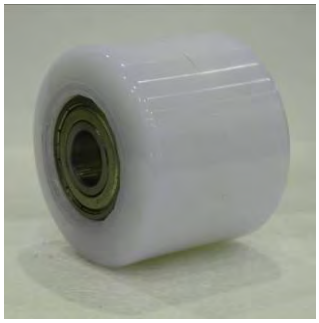
Rad- Ø 80 mm	
Radbreite 70 mm	
Tragfähigkeit (dynamisch):	500 kg
Laufrollenprofil:	ballig
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	~ 6,0 N/mm²
Shore-Härte:	95A +/-3

Hubwagenrad hinten - Vulkollan:



Rad- Ø 80 mm	
Radbreite 70 mm	
Tragfähigkeit(dynamisch):	540 kg
Laufrollenprofil:	zylindrisch
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	~ 6,0 N/mm²
Shore-Härte:	93A +/-3

Hubwagenrad hinten - Polyamid PA6:



Rad- Ø 82 mm	
Radbreite 70 mm	
Tragfähigkeit(dynamisch):	700 kg
Laufrollenprofil:	ballig
Tabelle 1 DBV-Merkblatt:	Zeile 2
Kontaktpressung:	≤ 20 N/mm²
Shore-Härte:	70D

2.4 Probekörper

2.4.1 Allgemeines/Konzeption des Probekörpers

Basis für die Konzeption des Probekörpers war der Prüfstand und dessen Abmessungen. Für die Rotationsbewegung ist eine runde Form günstiger als eine quadratische. Auch wenn die Herstellung einer kreisförmigen Platte insbesondere hinsichtlich der Schalung aufwendiger ist, wurde die runde Probekörperform gewählt. Dafür sprach auch die Tatsache, dass dadurch der Probekörper leichter wird. Der Probekörper soll einen Ausschnitt aus einem gebräuchlichen Industrieboden darstellen. Es galt also, die realen Konstruktions- und Herstellungspraktiken zu berücksichtigen.
Die Erzeugung der Risse erfolgte durch Keilung an vorgeschwächten Querschnitten. Diese Möglichkeit, Risse zu erzeugen, hat sich in der Vergangenheit bewährt. Bei entsprechender Bewehrungsführung lassen sich konstante Rissbreiten über die Bauteilhöhe und gesamte Risslänge einstellen.

Abbildung 48: Risskeile

Fugen haben in Industrieböden den Zweck unvermeidbare Dehnungen infolge von Schwindvorgängen oder Temperaturdehnungen aufzunehmen. Nachgefaste oder nachgeschnittene Fugen sind erfahrungsgemäß anfällig für Rissflankenbrüche. Daher sollte neben den Rissen eine Fuge ohne Kantenschutz betrachtet werden, welche im Probekörper vorzusehen war. Bei einer solchen Dehnfuge handelt es sich um einen ca. 2-4 mm breiten Schnitt mit einer Tiefe von 1/4 bis 1/3 der Plattendicke. Infolge der Dehnvorgänge kommt es zu Aufweitungen von bis zu einem Millimeter. Im Probekörper sollte letztendlich ein 3 mm breiter Schnitt eingebracht werden.
Die Dicke des Probekörpers sollte 200 mm betragen. Ausgehend von dem angesetzten Fahrspurradius von einem Meter, einer Reifenbreite von ungefähr 200 mm und zusätzlichem für die Keilung benötigten Platz, ergab sich ein Probekörperdurchmesser von 1,50 m. In Anlehnung an eine Mattenbewehrung wurden ringförmig gebogene Bewehrungsstäbe Ø 8 mm in einem Abstand von 140 mm im Bereich der Fahrspur verlegt (jeweils oben und unten). Um die Spaltkräfte beim Aufreißen des Querschnitts aufnehmen zu können, mussten auch Bewehrungsringe in der Nähe der Leerrohre für die Keilung, angeordnet werden. Die Betondeckungen liegen bei Industrieböden in einer Größenordnung von 20-50 mm. Für die Probe-

körper bei den Versuchen wurden 35 mm vorgesehen. Bei den Ausführungen zum Prüfstand wurde erwähnt, dass der Probekörper eine gewisse Eigensteifigkeit besitzen muss. Dieser wurde dementsprechend großzügig bemessen.
Im Probekörper sollten Risse mit definierter Rissbreite durch Keilung an vorgeschwächten Querschnitten erzeugt werden. Für eine Keilung sind Leerrohre mit einem Außendurchmesser von 25 mm im Beton vorzusehen. Der Abstand darf dabei nicht beliebig groß sein. Bei bisherigen Projekten am Fachgebiet für Massivbau und Baukonstruktion betrug dieser ca. 300 mm. Eine Keilung über die gesamte Breite bzw. den Durchmesser schied also aus. Der Rissverlauf wäre kaum vorhersehbar gewesen, hätten sich die Risse doch in der Mitte kreuzen müssen. Die Lösung war, einen Betonring herzustellen. So verringerte sich die zu reißende Querschnittsfläche und die Risskeile können näher aneinander gerückt werden. Die Wirk- (Lastausbreitung im Beton) bzw. Kontaktzone des Reifens geht über die Reifenbreite hinaus. Der Abstand der Leerrohre und damit die Risslänge durften also auch nicht zu klein gewählt werden. Die Kantenabbrüche sollen in sich abgeschlossen sein und nicht bis an die Risskeile reichen. Letztendlich wurden die Leerrohre in einem Abstand von 360 mm beidseits der Fahrspur platziert. Es hat sich gezeigt, dass die gewählten 360 mm einen brauchbaren Kompromiss darstellen. In den Probekörper mussten Rissbleche eingebaut werden, um das Aufreißen des Querschnitts zu erleichtern und einen möglichst geraden Rissverlauf zu erreichen. Die einen Millimeter starken Bleche erstrecken sich über die halbe Querschnittshöhe. Bei früheren Versuchen waren lediglich drei Risse pro Probekörper vorgesehen. Um die Aussagekraft der Versuche zu erhöhen, wurden für die Versuche im Rahmen dieses Forschungsprojekts sechs Risse pro Probekörper vorgesehen.
Die Abmessungen und der Aufbau des Probekörpers sind in Abbildung 49 dargestellt.

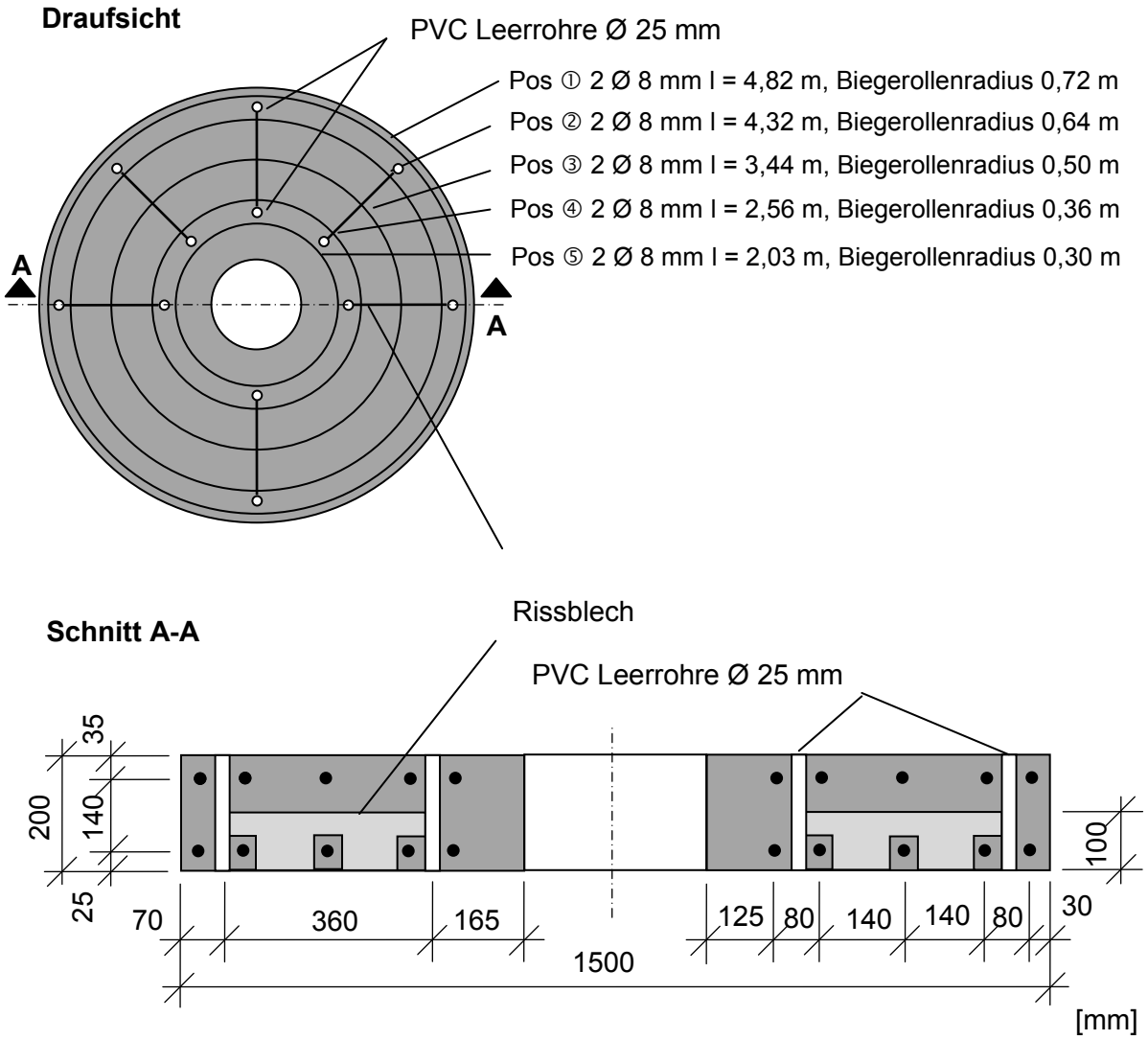


Abbildung 49: Probekörper für die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens

2.4.2 Betontechnologie

Grundgedanke bei der Wahl der Betonrezeptur war, eine gebräuchliche, an der Praxis orientierte Betonmischung einzusetzen.
Daher wurde als Ausgangsbasis eine Rezeptur der Firma Bekaert für einen Beton C25/30 verwendet und entsprechend abgeändert. Die Einbaukonsistenz bei Industrieböden sollte üblicherweise plastisch-weich (F2/F3) sein. Im Hinblick auf die Oberflächenbearbeitung kommt der Verarbeitbarkeit eine wichtige Rolle zu.

Der Beton für die Probekörper wurde im Labor für konstruktiven Ingenieurbau hergestellt.

Der Beton C25/30 besitzt folgende Zusammensetzung und Eigenschaften:

Zuschläge:	Flusssand-Flusskiesgemisch
Sieblinie:	stetig zw. A/B
Größtkorn:	16 mm
Zement:	CEM II 32,5 R
Zementgehalt	385,00 kg/m³
Wasserzementwert:	0,53
Fließmittel Glenium ACE:	1,33 (bei Bedarf hinzugefügt)
Konsistenzklasse:	C2/C3, F2/F3

Der Beton C30/37 besitzt folgende Zusammensetzung und Eigenschaften:

Zuschläge:	Flusssand-Flusskiesgemisch
Sieblinie:	stetig zw. A/B
Größtkorn:	16 mm
Zement:	CEM II 32,5 R
Zementgehalt	385,00 kg/m³
Wasserzementwert:	0,45
Fließmittel Glenium ACE:	1,62 (bei Bedarf hinzugefügt)
Konsistenzklasse:	C2/C3, F2/F3

Der Beton C50/60 besitzt folgende Zusammensetzung und Eigenschaften:

Zuschläge:	Flusssand-Flusskiesgemisch
Sieblinie:	stetig zw. A/B
Größtkorn:	16 mm
Zement:	CEM I 42,5 R
Zementgehalt	497,40 kg/m³
Wasserzementwert:	0,39
Fließmittel Glenium ACE:	-
Konsistenzklasse:	C2/C3, F2/F3

Der Beton C30/37 mit Stahlfasern besitzt folgende Zusammensetzung und Eigenschaften:

Zuschläge:	Flusssand-Flusskiesgemisch
Sieblinie:	stetig zw. A/B
Größtkorn:	16 mm
Zement:	CEM II 32,5 R
Zementgehalt	333,33 kg/m³
Wasserzementwert:	0,51
Stahlfasern:	30 kg/m³
Fließmittel Glenium ACE:	1,33 (bei Bedarf hinzugefügt)
Konsistenzklasse:	C2/C3, F2/F3

Bei den verwendeten Stahlfasern handelt es sich um Fasern des Typs Dramix® 3D 80/60BG mit Endverankerung der Firma Bekaert (siege Abbildung 50). Die Fasern des Typs Dramix® 3D 80/60BG besitzen einen Faserdurchmesser von 0,75 mm und einer Faserlänge von 60 mm. Die Zugfestigkeit des Fasermaterials beträgt 1.050 N/mm².

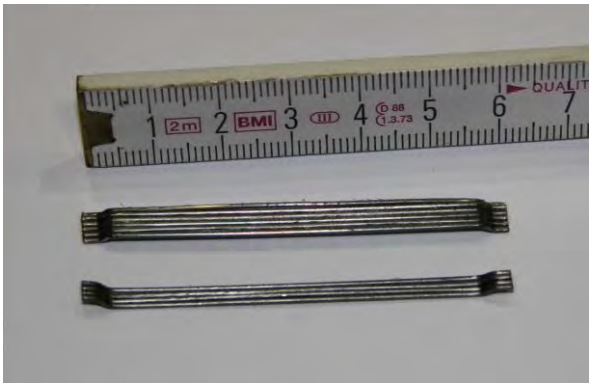


Abbildung 50: Stahlfasern Typ Dramix® 3D 80/60BG der Firma Bekaert

Um die Materialeigenschaften zum Zeitpunkt der Versuche bestimmen zu können, wurden mit den Versuchskörpern Würfel (a = 150 mm) betoniert. Bei der Herstellung der Probekörper mit Hortstoffschicht wurden neben den Würfeln auch Prismen (40x40x160 mm) aus dem Mörtel der Hartstoffschicht hergestellt. Die Würfel sowie die Prismen wurden einen Tag nach der Betonage aus der Schalung genommen und bis zur Prüfung bei den Versuchskörpern trocken gelagert. Die in diesem Bericht angegebenen Würfeldruckfestigkeiten wurden anhand von drei Würfeln gemäß DIN EN 12 390-3 jeweils zu Beginn der Versuche und am Ende ermittelt. Durch die Automatisierung des Versuchsstands hat sich die Versuchsdauer erheblich verkürzt (ca. 30 h), so dass die Würfeldruckfestigkeit bei späteren Versuchen nur einmal am Versuchstag ermittelt wurde. Mithilfe der Mörtelprismen wurden jeweils am Versuchstag die Druckfestigkeit sowie die Biegezugfestigkeit gemäß DIN EN 196-1 ermittelt. Im Anhang sind die ermittelten Materialkennwerte für die verschiedenen Probekörper bei den Versuchen zusammengestellt.

2.4.3 Herstellung

Die Herstellung der Probekörper erfolgte ebenfalls im Labor für konstruktiven Ingenieurbau an der TU Kaiserslautern.
Bei der Rotationsbewegung des Probekörpers könnten übermäßige Unwuchten problematisch sein. Deshalb musste versucht werden einen möglichst exakte Kreisform zu erreichen. Daraus ergaben sich hohe Anforderungen an die Schalung. Diese sollte zudem auch wiederverwendbar sein: Ziele, die mit einer Holzschalung nur schwer zu erreichen sind. Daher wurde eine entsprechende Stahlschalung angefertigt (siehe Abbildung 51). Der Blechring wurde mit angeschweißten Metallwinkeln auf der Schalplattform fixiert. Der Freiraum in der Probekörpermitte wurde mit einem Kunststoffeimer geschalt.

Abbildung 51: Stahlschalung für die Probekörper

Abbildung 52: Detail Schalung, Verschluss

Die Kunststoffrohre für die Risskeile wurden mit Holzpfropfen auf der Schalplattform fixiert, die Rissbleche mit Dreikantleisten. Die fertig gebogen gelieferte Bewehrung, wurde in der unteren Lage mit 25 mm Kunststoffabstandhaltern auf der Schalplattform aufgestellt, in der oberen Bewehrungslage auf Abstandsböcken mit einer Höhe von 16 cm. Zur Fixierung der Bewehrung und der Kunststoffrohre wurden zusätzlich noch Bewehrungsstäbe in radialer Richtung angeordnet.

Abbildung 53: Schalung mit Bewehrung

Abbildung 54: Detail Rissblech

Bei dem vorangegangenen DBV Forschungsvorhaben wurde zunächst ein erster Probekörper hergestellt, an dem die Herstellung, die Erzeugung der Risse und insbesondere die

Oberflächenbehandlung vorab getestet werden konnten. Dabei war auch ein Mitarbeiter der Firma Bekaert vor Ort. Die Beschaffenheit und Güte der Oberfläche ist für Industrieböden von zentraler Bedeutung. Dabei spielen Ebenheit, Rauigkeit und der Verschleißwiderstand eine Rolle. Je nach Anforderungen gibt es unterschiedliche Herstellungsverfahren und Behandlungsmethoden. Standardmäßig werden Industrieböden nach dem Abziehen mit einem Flügelglätter bearbeitet. Dabei kommt im ersten Arbeitsgang eine Glättscheibe zum Einsatz, im zweiten dann Polierflügel (siehe Abbildung 55 und Abbildung 56).

Abbildung 55: Flügelglätter mit Glättscheibe im Einsatz

Abbildung 56: Handflügelglätter mit Polierflügeln und daneben liegender Glättscheibe

Es bestand ursprünglich die Befürchtung, dass sich der Einsatz eines Flügelglätters bei den geringen Probekörperabmessungen schwierig gestaltet. Bei den ersten (sieben) Versuchen, wurde daher auch noch eine händische Glättung vorgenommen. Bei der Beratergruppensitzung am 19.09.2012 wurde die Frage, ob ein Flügelglätter verwendet werden sollte, diskutiert. Dabei wurde von den Beratern befürwortet, einen Flügelglätter zur Herstellung der weiteren Probekörper zu verwenden, um diese möglichst praxisnah herzustellen. Zur Herstellung der weiteren Probekörper wurde daher ein entsprechender Elektro-Flügelglätter angeschafft.

Das Versuchsprogramm sah Industrieböden in unterschiedlichen Ausführungsvarianten vor. Bei allen Varianten wurde der Beton zunächst in die Schalung gefüllt und anschließend mit einem Flaschenrüttler ausreichend verdichtet.

Bei der Herstellung der Probekörper mit Oberflächenvergütung wurden wir dankenswerterweise durch die Fa. Korodur mit Material sowie personell unterstütz. Es sollte zum einen ein Stahlbetonindustrieboden mit Hartstoffschicht nach DIN 18560-7 (Estrichmörtel nach DIN 13318) untersucht werden. Die Dicke der Hartstoffschicht sollte einen Zentimeter betragen. Als Estrichmörtel wurde das Produkt Neodur HE 65 der Firma Korodur verwendet. Die Herstellung erfolgte „frisch auf frisch“. Der Tragbeton wurde zunächst mit einer Abziehlatte auf die gewünschte Einbauhöhe gebracht und mit einem Reibbrett abgerieben oder abgescheibt (Abbildung 57). Danach wurde gewartet bis der Beton angesteift hatte, bevor der Hartstoffschicht eingebaut werden konnte. Die Oberfläche des Tragbetons soll dabei noch mattfeucht sein. Auf die weitere Bearbeitung der Oberfläche wird später eingegangen. Diese unterscheidet sich bei den verschiedenen Industriebodenvarianten nur geringfügig.

Des Weiteren sollte ein Stahlbetonindustrieboden mit Hartstoffeinstreuung nach DIN 18560-3 (3 kg/m² - Hartstoff nach DIN 1100) untersucht werden. Hier wurde das Produkt Neodur HE 3 der Firma Korodur verwendet. Bevor die Hartstoffeinstreuung eingebaut werden konnte wurde wiederum gewartet bis der Beton angesteift hatte. Das Aufbringen der Hartstoffeinstreuung erfolgt händisch (siehe Abbildung 58).
Auf die Bedeutung der Oberflächenbearbeitung wurde bereits hingewiesen. Es galt deshalb die einzelnen Arbeitsschritte mit besonderer Sorgfalt durchzuführen. Die Oberfläche wurde zunächst mit einer Aluminiumlatte abgezogen bevor mit dem Glätten begonnen werden konnte. Dem Glättzeitpunkt kommt bei der Herstellung von Industrieböden eine zentrale Rolle zu. Krell schreibt in seinem Beitrag zu den 55. Betontagen [18]: „der Beton sollte noch mattfeucht und gerade trittfest sein“. Diesen Zeitpunkt galt es abzupassen. Es wurde entsprechend lange gewartet bis begonnen werden konnte den Beton mit einem Reibbrett abzuscheiben (bei der händischen Bearbeitung; siehe Abbildung 63) oder eben mit dem Flügelglätter und Glättscheibe (siehe Abbildung 59 und Abbildung 60). Anschließend musste wieder gewartet werden bis mit dem Polieren der Oberfläche begonnen werden konnte. Dazu wurde die Oberfläche von Hand, mit einer Traufel (bei der händischen Bearbeitung; siehe Abbildung 64) bearbeitet oder eben mit dem Flügelglätter und den Polierflügeln (siehe Abbildung 61 und Abbildung 62). Der Poliervorgang wurde bis zu dreimal wiederholt.

Abbildung 57: Einbau des Tragbetons - Abscheiben der Oberfläche mit einem Reibbrett

Abbildung 58: Mit Hartstoff bestreute Betonoberfläche

Abbildung 59: Mit Elektroflügelglätter und Glättscheibe bearbeitete Oberfläche

Abbildung 60: Detail der mit Glättscheibe bearbeiteten Betonoberfläche

Abbildung 61: Bearbeitung der Oberfläche mit Elektro-flügelglätter und Polierflügeln

Abbildung 62: Detail der mit Polierflügeln bearbeiteten Oberfläche

Abbildung 63: Oberfläche nach Bearbeitung mit Reibbrett – händische Bearbeitung

Abbildung 64: Oberfläche nach Bearbeitung mit Traufel – händische Bearbeitung

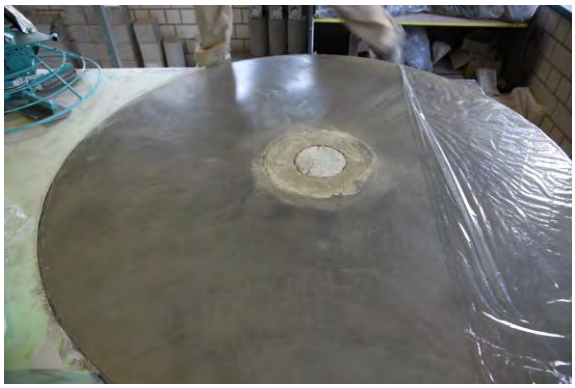


Abbildung 65: Fertig geglättete Oberfläche eines Probekörpers – Abdecken mit Folie

Die Probekörper wurden nach der Betonage mit einer Kunststofffolie abgedeckt und einige Tage in der Schalung auf der Schalplattform belassen (Abbildung 65).
Mit einem Fugenschneider wurden jeweils vor den Versuchen die Fugenschnitte mit einer Tiefe von 1/4 der Plattendicke ausgeführt.

2.4.4 Instandsetzungsmaßnahmen

Weiterhin sollten im Rahmen des Forschungsvorhabens auch mögliche Instandsetzungs-maßnahmen untersucht werden. Als Instandsetzungsmaßnahmen sollten das Tränken von Rissen mit Epoxidharz, sowie das Abschleifen von geschädigten Industrieböden untersucht werden.

Für die Untersuchungen wurden bereits getestete Probekörper wiederverwendet. Für die „Sanierungsvariante Abschleifen“ wurden die Probekörper in zwei Arbeitsschritten bearbeitet. In einem ersten Arbeitsgang wurde mit einer Schleifmaschine, die einen Schleifteller mit Diamantbolzen besaß, der Grobschliff durchgeführt. Mit einer mit einem Schleifpad ausgestatteten Schleifmaschine wurde in einem zweiten Arbeitsgang der Feinschliff vorgenommen. Dabei wurde der Beton um lediglich ein bis maximal zwei Millimeter abgeschliffen.

Abbildung 66: Bodenschleifmaschine zum Bearbeiten von Beton- und Natursteinböden

Abbildung 67: Schleifteller mit Diamantbolzen für den Grobschliff

Abbildung 68: Bodenschleifmaschine zum Bearbeiten von Böden aller Art mit Schleifpad für den Feinschliff

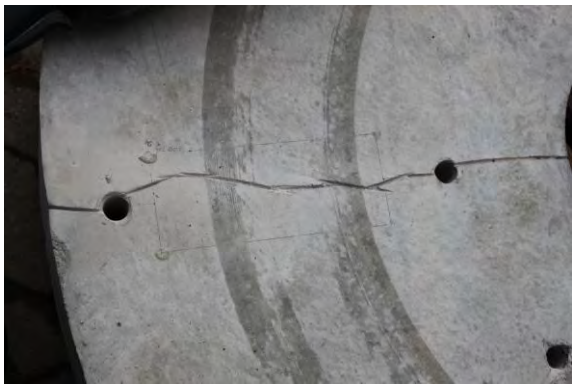


Abbildung 69: Mit einem Trennschleifer aufgeschnittener Riss an einem Probekörper

Abbildung 70: Mit Epoxidharz vergossener Riss

2.5 Versuchsdurchführung

2.5.1 Allgemeines/Erzeugung der Risse/Messtechnik

Die Leerrohre für die Risskeile mussten zunächst entfernt werden, bevor der Probekörper in den Prüfstand eingebaut werden konnte. Danach wurden die Messtechnik angebracht und die Risse erzeugt.

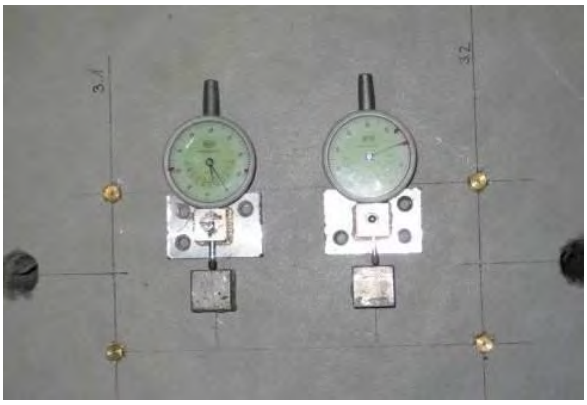


Abbildung 71: Messung der Rissbreite bei dem ersten Reißversuch

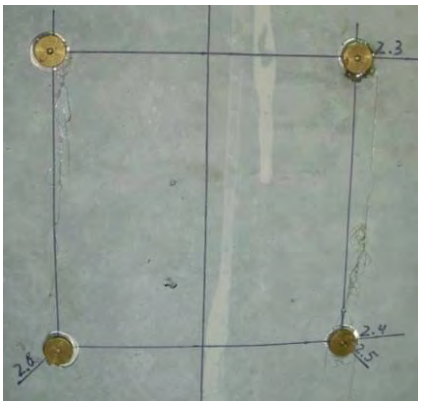


Abbildung 72: Rissverlauf, Messpunkte

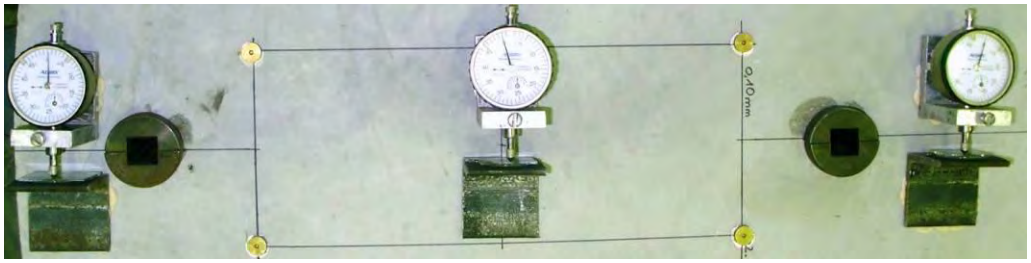


Abbildung 73: Messtechnik, Messung der Rissbreite

Die Messung der Rissbreite erfolgte analog mit Rissuhren. Mit deren Hilfe ließ sich beim Einschlagen der Keile das Öffnen des Risses kontrollieren und die gewünschte Rissbreite präzise einstellen (an drei Stellen, siehe Abbildung 73). Zusätzlich wurde die Rissbreite beim Einstellen der Risse an repräsentativen Stellen mit einer Risslupe kontrolliert und ggfls. nachjustiert.

Darüber hinaus wurden die Rissbreiten mit einer Setzpunktdehnmessung erfasst. Dazu wurde der Probekörper mit Messpunkten aus Messing versehen. Diese wurden zum einen auf der Oberseite des Probekörpers am Riss angebracht (siehe Messstellenplan Abbildung 74 und Abbildung 75) sowie bei den Probekörpern 01 bis 06 auf den Seitenflächen. Vor dem Reißen wurde dann mit einem Messgerät der Abstand im Ausgangszustand (Nullzustand) erfasst. Vergleicht man diesen Abstand, mit dem Abstand nach dem Aufreißen, erhält man die Rissbreite. Die Messung hat den entscheidenden Vorteil, dass der Ausgangszustand quasi eingefroren wird. Die Messuhren im Bereich der Fahrspur mussten nach dem Aufreißen entfernt werden, damit eine Rissüberfahrung möglich ist. Dagegen konnten die Messpunkte dauerhaft auf dem Probekörper verbleiben und die Rissbreite konnte im Verlauf der Versuche kontrolliert werden. Die Rissbreiten wurden in bestimmten Intervallen während den

Versuchen gemessen. Dabei ist zu festzuhalten, dass die Ergebnisse der Setzdehnmessung nicht als repräsentativer Wert der Rissbreite für einen entsprechenden Riss gesehen werden können. Die Rissbreite ist über den Verlauf nicht konstant und der beim Aufschlagen des Risses mithilfe einer Rissuhr oder teilweise Rissmesslupe ermittelte Wert in Rissmitte muss mit dem Wert der Setzdehnmessung am Rand des Risses nicht genau übereinstimmen. Die Messwerte sind jedoch, wichtig um Aussagen über eine mögliche Veränderung der Rissbreite im Verlauf des Versuchs treffen zu können. In dem Zusammenhang sei auch noch einmal darauf hingewiesen, dass sich die Rissbreiten bei den Versuchen nur auf die Betonoberfläche beziehen und mit dem Rechenwert der Rissbreite w_k bei einer Rissbreitenbeschränkung, nicht identisch sind. Dies gilt es entsprechend zu berücksichtigen.

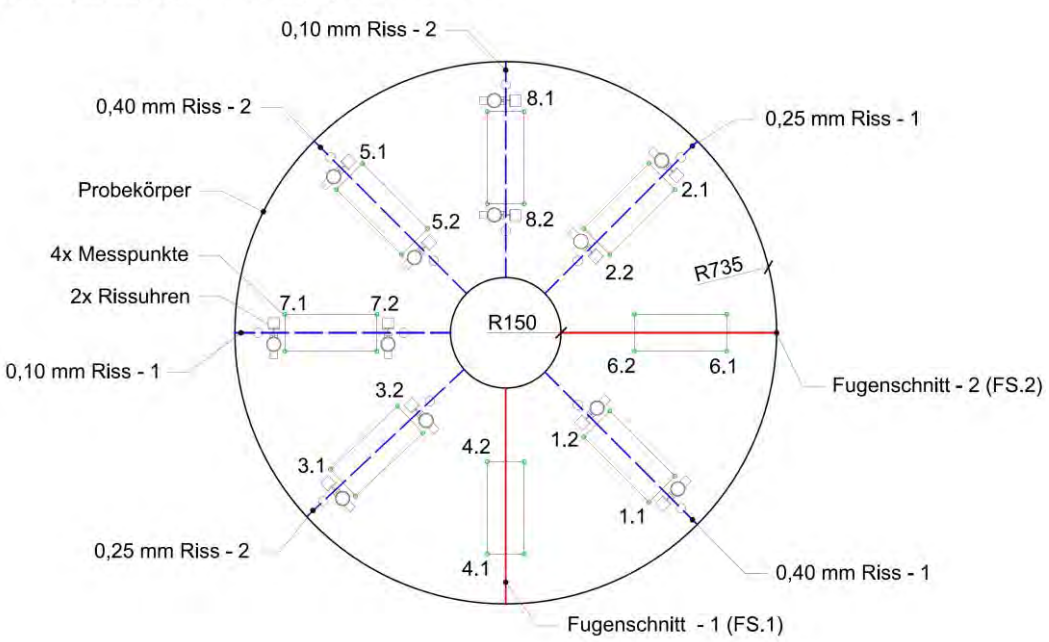


Abbildung 74: Messstellenplan Probekörper 01-06

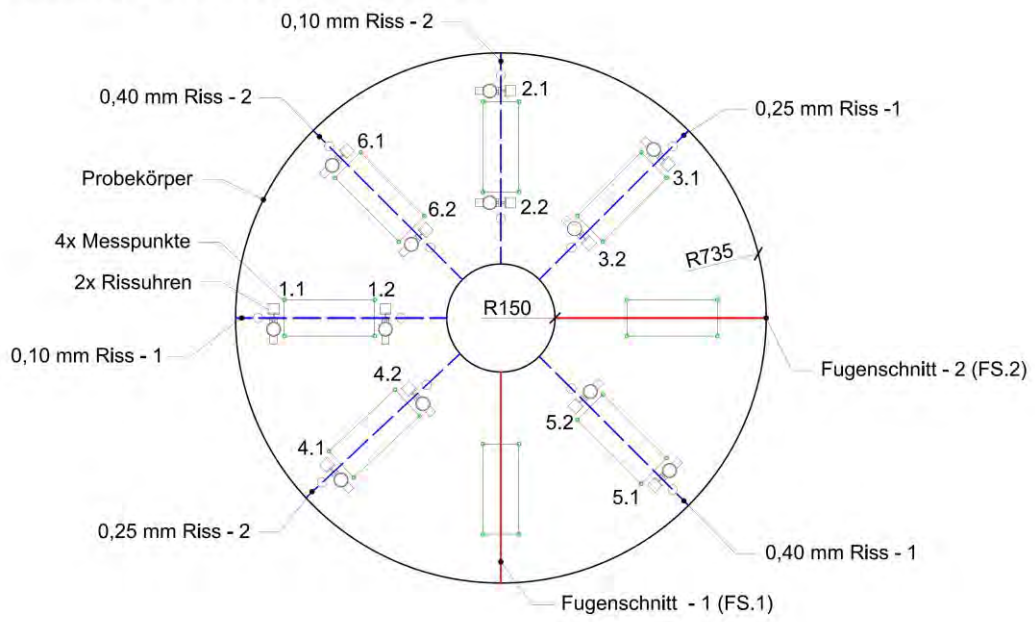


Abbildung 75: Messstellenplan Probekörper 07-24

Die beiden äußeren Rissuhren wurden nicht entfernt. Während den Versuchen konnte so kontrolliert werden, ob sich die Rissbreite bei der Rissüberfahrung verändert.
Um sicherzugehen, dass sich die Risse wie gewünscht einstellen lassen, wurde bei dem vorangegangenen DBV Forschungsvorhaben vor den eigentlichen Versuchen vorab ein Proberiss im Testprobekörper erzeugt. Dabei war zum einen natürlich die eigentliche Rissbreite in der Fahrspur des Testrades von Interesse, aber auch, ob sich der Riss gleichmäßig öffnet. Beim ersten Reißversuch wurden die Rissuhren mit einem Abstand von 10 cm mittig zwischen den Risskeilen angebracht, um die Rissbreite im Bereich der Überfahrung zu erfassen. Die Rissbreite soll über den Rissverlauf möglichst konstant sein. In Abbildung 76 ist der Zusammenhang dargestellt. Man kann deutlich erkennen, dass die Öffnung in der Nähe des Risskeils am größten ist und im Verlaufe des Risses abnimmt. Die Abnahme der Rissbreite ist aber moderat und somit unproblematisch. Beim Reißversuch konnten wertvolle Erfahrungen über das Reißverhalten gesammelt werden, die für die späteren Versuche hilfreich waren.
Es hat sich z. B. gezeigt, dass sich beim Eintreiben eines Risskeils an einem Riss auch alle anderen Risse noch geringfügig öffnen. Die Risse mussten also nacheinander vorsichtig erzeugt werden und das Verhalten der anderen Risse mit kontrolliert werden.

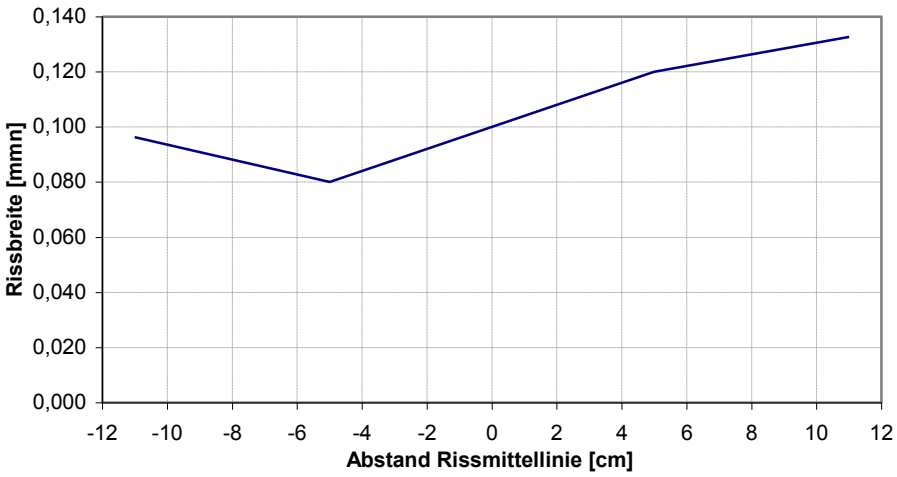


Abbildung 76: Rissbreiten Verlauf exemplarisch für einen 0,1 mm – Riss

Die Risse bzw. Schadensbilder wurden nach einer bestimmten Anzahl von Überfahrungen, in definierten Abständen (0-1-10-100-200-500-1.500-2.000-3.000…) fotografisch erfasst. Dazu wurde eine Kamera fest installiert und der zu fotografieren Bereich mit Fotolampen ausgeleuchtet, um bestmögliche Bilder zu erhalten (siehe Abbildung 77). Die Fotos für die Auswertung der Versuche wurden am Computer teilweise nachbearbeitet. Darüber hinaus wurden die Versuche entsprechend protokolliert. Beendet wurden die Versuche, wenn keine Veränderungen mehr an den Schadensbildern festzustellen waren. Dies war nach spätestens 25.000 Überfahrungen der Fall. Die Betondruckfestigkeit wurde jeweils am Anfang und Ende eines Versuchs anhand von drei Probewürfeln am Ende eines Versuchs anhand von jeweils drei Zylindern bestimmt.

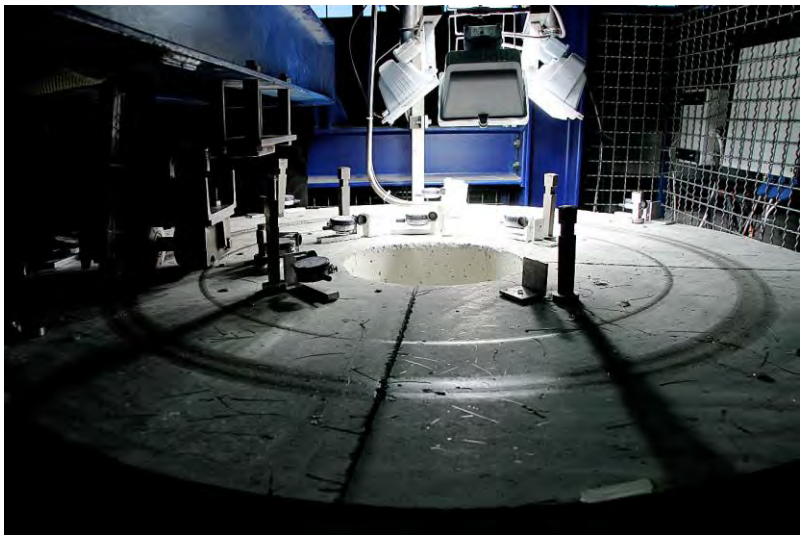


Abbildung 77: Prüfstand in Betrieb – Ausleuchtung des zu fotografierenden Bereichs

Abbildung 78: Versuchsaufbau, Messtechnik

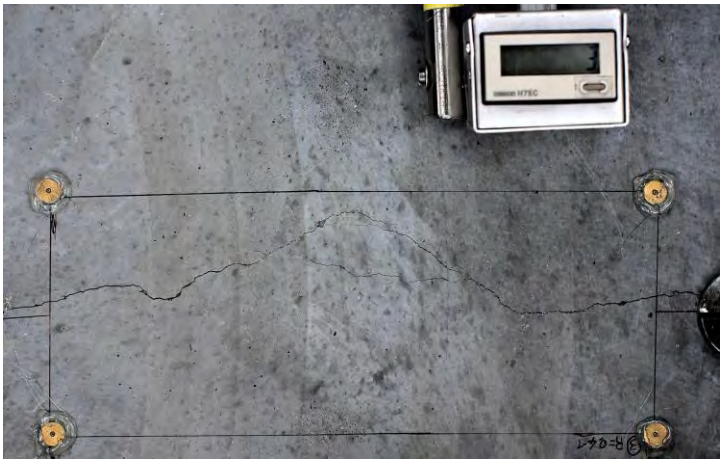


Abbildung 79: Fotografierter Bereich mit Display zur Anzeige der Anzahl an Überfahrungen

Bei der Wahl der Radlast wurde der Ansatz verfolgt, diese auf Gebrauchslastniveau zu beschränken.

Bei der unter 2.3 angegebenen Radlast für die Gabelstaplerreifen handelt es sich um Werte im Stillstand. Bei einer Verwendung der Reifen an Gabelstaplern reduziert sich die Reifentragfähigkeit bei den Lenkrädern (Hinterrädern) infolge der schon angesprochenen Schwingungsproblematik auf 1.800 kg. Dabei erfolgt die maximale Belastung der Hinterräder bei Gegengewichtsstaplern im unbeladenen Zustand (nämlich durch das Gegengewicht bzw. Eigengewicht). Bei einer Beladung reduziert sich die Belastung der Lenkräder entsprechender. Für die Gabelstaplerräder wurde als Radlast 15 kN, quasi auf Gebrauchslastniveau, festgelegt.

Reifen mit Bandagen aus Vollgummi oder Polyurethan findet man häufig bei kleineren Gabelstaplern (Elektrogabelstapler) für den Einsatz in Innenräumen. Bei den unter 2.3 angegebenen Radlasten handelt es sich wiederum um Werte im Stillstand. Bei einer Verwendung der Reifen an Gabelstaplern reduziert sich die Reifentragfähigkeit entsprechend. Für die Elastikbandage aus Vollgummi wurden als Radlast in den Versuchen 12 kN und für die Elastikbandage aus Polyurethan 13 kN gewählt, quasi auf Gebrauchslastniveau.

Die Tragfähigkeiten von Palettenhubwagen liegen in einem Spektrum zwischen 1.400 kg bis 3.000 kg. Es gibt aber auch Fabrikate für Spezialanwendungen mit Gabellängen von bis 2,10 m und einer Tragfähigkeit von bis zu 5.000 kg. Die gängigen Hubwagen und damit repräsentativen Hubwagen besitzen Traglasten von 2.200 kg bis 2.500 kg. Im täglichen Gebrauch sind Hubwagen jedoch selten maximal belastet. Als repräsentative Nutzlast wurde eine Europoolpalette (umgangssprachlich Europalette) mit Getränkekisten Vollgut angenommen. Diese wiegt ca. 1.000 kg. In
Abbildung 80 sind die Abmessungen eines gebräuchlichen Palettenhubwagens angegeben. Die Belastung für die sogenannten Lenk- oder Fronträder sowie die Gabelräder können nun einfach berechnet werden.
Bei einer Beladung von 1.000 kg ergibt sich für das Räderpaar Lenkräder eines Palettenhubwagens eine Belastung von 292 kg und für die Gabelrollen von 708 kg. Für die Lenkräder ergibt so eine Belastung von 146 kg pro Rad, bei den meistens vier Gabelrädern 177 kg pro Rad. Als Radlast in den Versuchen wurde für die Fronträder eine Last von 1,5 kN und für die Gabelrollen von 1,8 kN angesetzt.
Die genaue Einstellung der Radlast erfolgte mithilfe einer Kraftmessdose, die unter den Testrädern platziert wurde (siehe Abbildung 81). Mithilfe entsprechender Gewichte wurde dann die gewünschte Radlast erzeugt.

Die Abmessungen können je nach Hersteller leicht unterschiedlich sein

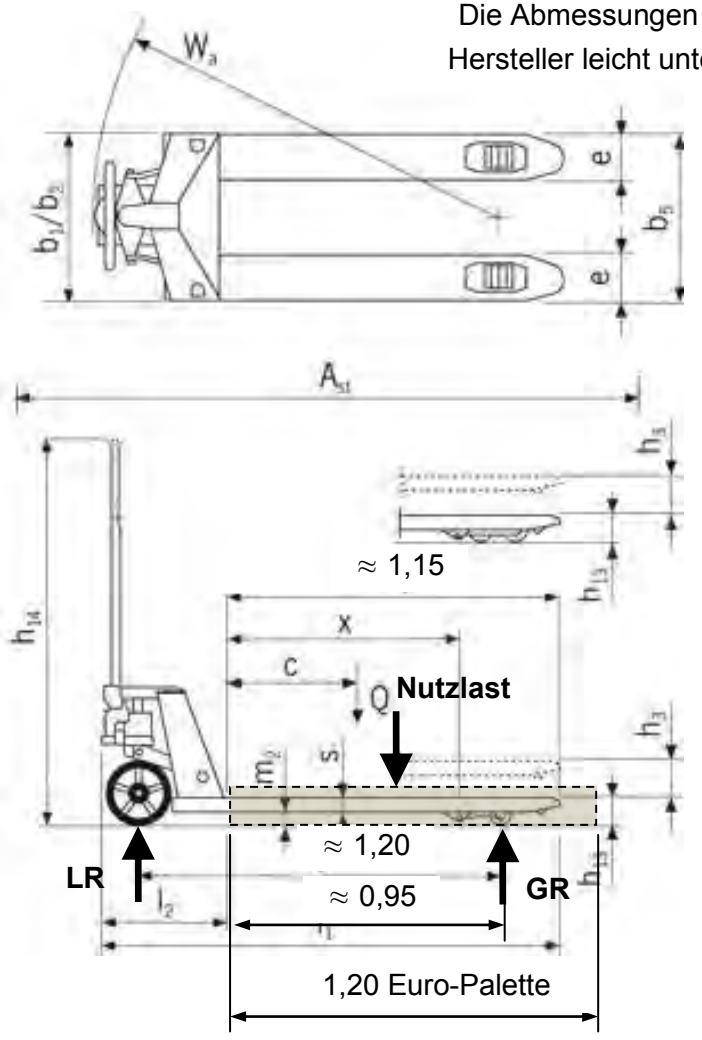


Abbildung 80: Abmessungen eines gebräuchlichen Palettenhubwagens

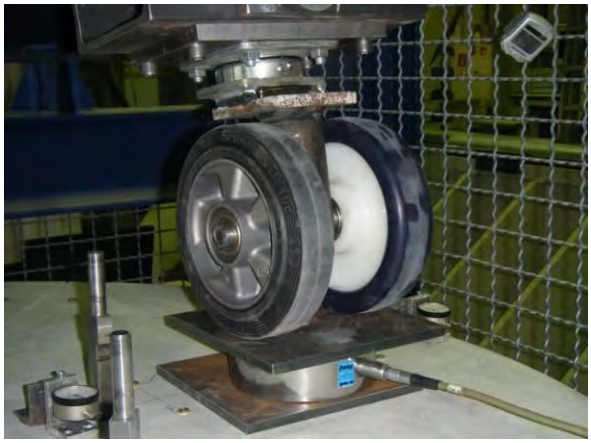


Abbildung 81: Einstellen der Radlast

Abbildung 82: Detail Befestigung der Versuchsrollen, seitlich

Abbildung 83: Detail Befestigung der Versuchsrollen, frontal

Es wurden pro Versuch jeweils zwei Rollentypen getestet. Für die Befestigung der Rollen in dem Versuchsstand wurde eine Vorrichtung konzipiert. Durch entsprechende Gelenke und Lager wird dabei sichergestellt, dass beide Rollen gleichmäßig belastet werden und zwängungsfrei gelagert sind.

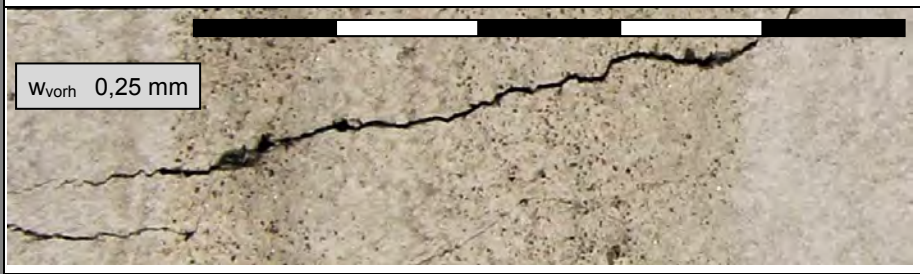
3 Auswertung der Versuche - Versuchsergebnisse

3.1 Auswertung in tabellarischer Form

Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine umfassende und zuverlässige Beschreibung der Einflüsse auf die Rissflankenbruchneigung von befahrenen Industrieböden vorzunehmen. Im Rahmen von experimentellen Untersuchungen sollte die Rissflankenbruchneigung für unterschiedliche Industriebodenvarianten und für verschiedene Beanspruchungsarten erforscht werden. Das Versuchsprogramm sah unterschiedliche Betone sowie Varianten mit und ohne Oberflächenvergütung vor. Als Beanspruchung sollten verschiedene Rad- bzw. Rollenarten, welche bei Flurförderzeugen zum Einsatz kommen, untersucht werden. Weiterhin sollte der Einfluss der Rissbreite untersucht werden. Neben den drei Parametern Industriebodenvariante, Rollen- bzw. Radart und Rissbreite war außerdem der zeitliche Verlauf der Schädigungen von Interesse.
Die Auswertung der Versuche gestaltete sich schwierig. Die Einflüsse der einzelnen Parameter auf die Rissflankenbruchneigung lassen sich nicht eindeutig und zuverlässig identifizieren und Zusammenhänge oder Gesetzmäßigkeiten feststellen bzw. erkennen.
Allgemein war festzustellen, dass auch die Ausführungsqualität des Industriebodens ganz entscheidenden Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung hat. Dies galt insbesondere bei den Stahlbetonindustrieböden. Hier variierte die Oberflächenqualität mehr als bei Böden mit Hartstoffschicht aus Werktrockenmörtel. Außerdem hat sich in den Versuchen gezeigt, dass das Rissbild bzw. der Rissverlauf ganz entscheidenden Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung hat. Die Einflüsse der Parameter Befahrung bzw. Bereifung, Industriefubodenvariante und Rissbreite werden von den beiden genannten Effekten überlagert.
Dennoch wurde der Versuch unternommen, die unterschiedlichen Parameter für die einzelnen Konstellationen in tabellarischer Form systematisch nacheinander auszuwerten. Dabei werden die zahlreichen Rad- und Rollenarten, basierend auf den in Abschnitt 1.8.2 und Abschnitt 1.8.3 gewonnenen Erkenntnissen, zu drei Hauptgruppen oder Beanspruchungsklassen zusammengefasst.
Die Einteilung erfolgte nach den Gesichtspunkten Bauart, Reifenmaterial und letztendlich den ausgeübten Kontaktpressungen. In die erste Klasse fallen luftbereifte Fahrzeuge und Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Elastik-Vollgummi (Shore-Härte kleiner 75A). Die ausgeübten Kontaktpressungen betragen dabei je nach Reifenform und Belastung maximal 2 N/mm². In die zweite Klasse fallen Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder einem vergleichbaren Kunststoff (Shore-Härte 75A bis 95A). Die ausgeübten Kontaktpressungen betragen hier je nach Reifenform und Belastung ca. 4 bis 8 N/mm². In die dritte Klasse fallen Räder mit hohem Schädigungspotential also Rollen aus Polyamid, Gusspolyamid oder beispielsweise Stahl (Shore-Härte 95A bis 95D). Die ausgeübten Kontaktpressungen betragen je nach Reifenform und Belastung ca. 30 bis 100 N/mm². Wie sich in den Versuchen gezeigt hat, ist diese Einteilung sinnvoll. Die Schadensbilder für die Rollen einer Klasse waren sehr einheitlich.

3.1.1 Beanspruchungsart luftbereifte Fahrzeuge und Fahrzeuge mit Reifen aus Elastik-Vollgummi

<table>
<tr><th colspan="3">Einflussfaktoren auf die Rissflankenbruchneigung bei Industrieböden:</th></tr>
<tr><th colspan="2">Flügelgeglätteter Industrieboden</th><th>Luftbereifte Fahrzeuge und Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Elastik-Vollgummi (Shore Härte ≤ 75A)</th></tr>
<tr><th>Beton</th><th>Zusätzliche Maßnahme</th><th>Schäden in Abhängigkeit der Rissbreite und der Anzahl an Überfahrungen:</th></tr>
<tr><td rowspan="5">C25/30</td><td rowspan="5">ohne weiter Maßnahmen</td><td>Hier wurden zusätzlich Versuche aus dem DBV-Forschungsprojekt 283 [29] mit ausgewertet.</td></tr>
<tr><td>Am 0,1 mm - Riss traten sowohl bei den Gabelstaplerreifen in Luft- als auch in Vollgummiausführung keine Abbrüche auf. Dabei war die Qualität der Betonoberfläche augenscheinlich gut und der Rissverlauf relativ gerade.
Auch wenn keine Flankenabbrüche zu beobachten waren erscheinen die Risse nach den Versuchen breiter. Die Messung der Rissbreiten hat jedoch gezeigt, dass sich die Rissbreite nicht vergrößert hat. Offenbar wurden die Risskanten infolge der Überfahrung leicht abgerundet, wodurch die Risse größer erschienen. Außerdem setzt sich in den Rissen Gummiabrieb fest wodurch die Risse zusätzlich größer erscheinen.
Datenbasis: Zwei Versuche mit jeweils einem Riss pro Rissbreite.</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td>An den 0,25 mm – und 0,4 mm – Rissen traten leichte oberflächige Abbrüche in Zwickeln bei Verästelungen des Risses auf. Schäden traten teilweise bereits nach 100 Überfahrten auf, spätestens jedoch nach 1.000 Überfahrungen.</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
</table>

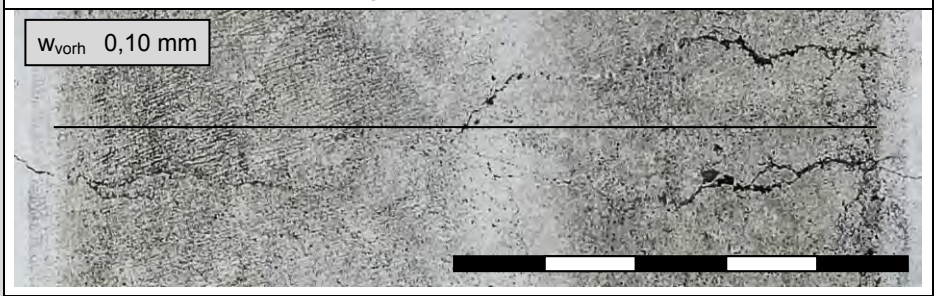
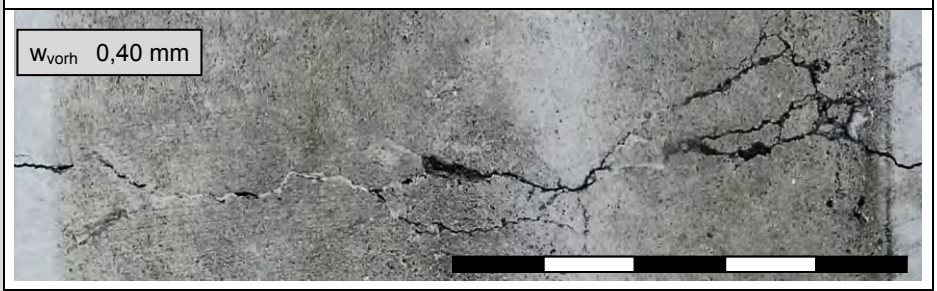
C30/37	ohne weiter Maßnahmen	Bei den Versuchen mit Elastikbandagen aus Vollgummi hat sich massiv Gummiabrieb auf der Betonoberfläche festgesetzt (siehe Fotos PK 12), was die Auswertung der Versuche erschwerte. Soweit dies möglich war konnten kaum Schäden an den Rissflanken festgestellt werden.
		An Rissen mit einer Breite von 0,1 mm konnten für eine Befahrung mit Hubwagenrollen aus Gummi kaum Schäden an Rissflanken beobachtet werden. Wobei anzumerken ist, dass die Qualität der Betonoberfläche gut war und der Riss kaum Verästelungen aufwies. Datenbasis: Zwei Versuche mit insgesamt vier Rissen pro Rissbreite.
		An Rissen mit einer Breite von 0,25 mm konnten Abbrüche an Rissflanken beobachtet werden. Die Abbrüche traten nach etwa 1.000 Überfahrungen auf. Die Qualität der Betonoberfläche war dabei gut.
		
		An Rissen mit einer Breite von 0,40 mm waren deutliche Abbrüche an Rissflanken zu verzeichnen. Die Abbrüche traten wiederum nach etwa 1.000 Überfahrungen auf. Die Qualität der Betonoberfläche war dabei ebenfalls gut.

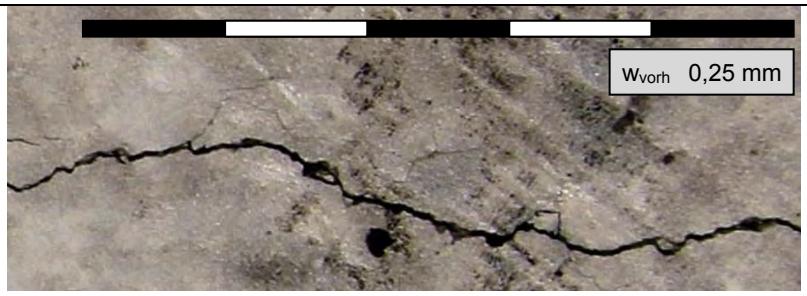
C35/45	ohne weiter Maßnahmen	An Rissen mit einer Breite von 0,1 mm traten leichte oberflächige Abbrüche in Zwickeln bei Verästelungen des Risses auf. Die Qualität der Betonoberfläche war bei dem Probekörper relativ schlecht (siehe Bilder unten). Es waren zusätzlich zu dem Hauptriss sehr feine Krakeleerisse vorhanden. Es kam erst relativ spät zu Abbrüchen, ab ca. 10.000 Überfahrungen. Datenbasis: Ein Versuch mit insgesamt zwei Rissen pro Rissbreite.
		An den 0,25 mm – und 0,4 mm – Rissen waren deutliche Abbrüche an den Rissflanken zu beobachten. Die Qualität der Betonoberfläche war bei dem Probekörper relativ schlecht (siehe Bilder unten). Es waren zusätzlich zu dem Hauptriss sehr feine Krakelee Risse vorhanden. Die Abbrüche traten meist in Zwickeln bei Verästelungen des Risses auf und das bereits nach ca. 100 Überfahrten.
		Beim Schneiden der Fuge brach der Schnitt teilweise etwas aus. Während den Versuchen kam es aber zu keinen weiteren Abbrüchen an den Flanken der Schnitte. Dies galt für alle Versuche mit Luftbereifung und Reifen aus Elastik-Vollgummi. Datenbasis: Sieben Versuche mit insgesamt zwölf Fugenschnitten.
C50/60	ohne weitere Maßnahmen	An Rissen mit einer Breite von 0,1 mm kam es bei einer Befahrung mit Gabelstaplerreifen und mit Elastikbandage zu leichten Flankenabbrüchen. Die Abbrüche traten teilweise bereits nach 100 Überfahrten auf, spätestens jedoch nach 1.000 Überfahrungen, wiederum an Stellen wo der Riss Verästelungen aufwies. Datenbasis: Drei Versuche mit insgesamt vier Rissen pro Rissbreite.
		An Rissen mit einer Breite von 0,25 mm kam es bei einer Befahrung mit Gabelstaplerreifen und mit Elastik-Bandagen zu Flankenabbrüchen. Die Abbrüche traten teilweise bereits nach 100 Überfahrten auf, spätestens jedoch nach 1.000 Überfahrungen, wiederum an Stellen wo der Riss Verästelungen aufwies.

C50/60	ohne weitere Maßnahmen	An den 0,40 mm – Rissen kam es bei einer Befahrung mit Gabelstaplerreifen zu massiven Flankenabbrüchen. Die Abbrüche traten teilweise bereits nach 100 Überfahrten auf, spätestens jedoch nach 1.000 Überfahrungen. Dabei war die Qualität der Betonoberfläche bei einem Probekörper ebenfalls relativ schlecht. Es waren zusätzlich zu dem Hauptriss sehr feine Krakelee Risse vorhanden. Die Abbrüche traten wiederum an Stellen auf wo der Riss Verästelungen aufwies.
		Fazit: Es hat sich gezeigt, dass auch luftbereifte Fahrzeuge sowie Fahrzeuge mit Bandagen aus Elastik-Vollgummi Schäden an Rissflanken verursachen können. Außerdem hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse bzw. Schadensbilder bei reinen Stahlbetonindustrieböden stark variieren. Die Herstellungsqualität und betontechnologische Faktoren sowie der Rissverlauf haben großen Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung. Daher ist es schwierig eine allgemeingültige Empfehlung auszusprechen inwieweit der Boden für eine Befahrung mit luftbereiften Flurförderzeugen sowie Flurförderzeugen mit Rädern aus Elastik-Vollgummi geeignet ist. Einfluss der Betonfestigkeit: Es konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit und der Rissflankenbruchneigung bei Stahlbetonindustrieböden ohne Oberflächenvergütung gefunden werden. Bei den Versuchen mit Betonen unterschiedlicher Festigkeit unterschieden sich die Schadensbilder nur unwesentlich von einander. Lediglich das Phänomen, dass die Rissflanken durch die Überfahrungen abgerundet werden ist bei Betonen mit höherer Festigkeit tendenziell weniger ausgeprägt. Einfluss der Rissbreite: Auch an Rissen mit Rissbreiten von 0,1 mm kann es grundsätzlich zu Flankenabbrüchen kommen. Auch hier gilt wieder, dass die Herstellungsqualität des Bodens bzw. die Güte der Betonoberfläche eine entscheidende Rolle spielt. Außerdem hat der Rissverlauf großen Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung. Ist der Rissverlauf gerade und die Betonqualität gut, treten kaum Schäden an Rissflanken auf. Ist die Betonqualität jedoch weniger gut und der Rissverlauf verästelt wie dies etwa bei Krakeleerissen zu beobachten ist muss jedoch auch bei 0,10 mm-Rissen mit leichten Flankenabbrüchen gerechnet werden. Diese treten dabei meist in Zwickeln bei Verästelungen des Risses auf. Es kann festgestellt werden, dass das Ausmaß der Schäden mit der Rissbreite zunimmt. Ist die Betonqualität gut und der Rissverlauf relativ gerade treten jedoch auch bei Rissen mit größeren Rissbreiten teilweise kaum Schäden an Rissflanken auf. 3 mm - Fugenschnitt: Während den Versuchen traten kaum oder garkeine Abbrüchen an den Flanken der Schnitte auf. Dies galt für alle Versuche mit Luftbereifung und Reifen aus Elastik-Vollgummi gleichermaßen. Zeitlicher Verlauf der Schädigungen: Die Schäden traten teilweise bereits nach hundert Überfahrungen auf, spätestens nach 10.000 Überfahrungen. Danach waren kaum noch Veränderungen an den Schadensbildern festzustellen. Eine Systematik wann Abbrüche auftreten oder gar wie sich

		der Grad der Schädigungen mit der Anzahl an Überfahrungen ändert, konnte nicht gefunden werden.
C30/37	mit Hartstoffeinstreuung nach DIN 18560-3	Bei dem Versuch mit oberflächenvergütetem Industrieboden (Hartstoffeinstreuung) wurde der Probekörper zunächst mit einem Gabelstaplerrad in Vollgummiausführung befahren. Der Versuch wurde nach 200 Überfahrungen gestoppt und mit Polyamid-Hubwagenrollen weitergeführt. Die Oberflächenqualität war gut. Der Rissverlauf war jedoch verästelt. An Rissen mit einer Breite von 0,1 mm kam es bei einer Befahrung mit Gabelstaplerreifen zu minimalen Flankenabbrüchen, wiederum an Stellen wo die Riss Verästelungen aufwiesen. Datenbasis: Ein Versuch mit insgesamt zwei Rissen pro Rissbreite.
		An Rissen mit einer Breite von 0,25 mm kam es ebenfalls zu leichten Flankenabbrüchen, wiederum an Stellen wo die Riss Verästelungen aufwiesen.
		An Rissen mit einer Breite von 0,40 mm kam es ebenfalls zu leichten Flankenabbrüchen, ebenfalls an Stellen wo die Riss Verästelungen aufwiesen.
		Fazit: Es hat sich gezeigt, dass auch luftbereifte Fahrzeuge sowie Fahrzeuge mit Bandagen aus Elastik-Vollgummi Schäden an Rissflanken bei Industrieböden mit Hartstoffeinstreuung verursachen können. Dabei waren die Schädigungen weniger gravierend. Es brachen lediglich kleine Fragmente in Zwickeln an Stellen wo der Riss Verästelungen aufwies ab. Mit zunehmender Rissbreite nahmen die Schäden jedoch nur unwesentlich zu. Schäden traten bereits nach wenigen Überfahrten auf. Die Datengrundlage mit nur einem untersuchten Probekörper ist jedoch sehr dürftig. Daher ist es schwierig eine allgemeingültige Empfehlung auszusprechen inwieweit der Boden für eine Befahrung mit luftbereiften Flurförderzeugen sowie Flurförderzeugen mit Rädern aus Elastik-Vollgummi geeignet ist. Man muss aber feststellen, dass mit Flankenabbrüchen zu rechnen ist.

3.1.2 Beanspruchungsart Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff

<table>
<tr><th colspan="3">Einflussfaktoren auf die Rissflankenbruchneigung bei Industrieböden:</th></tr>
<tr><th colspan="2">Flügelgeglätteter Industrieboden</th><th>Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff (Shore Härte 75A-95A)</th></tr>
<tr><th>Beton</th><th>Zusätzliche Maßnahme</th><th>Schäden in Abhängigkeit der Rissbreite und der Anzahl an Überfahrungen:</th></tr>
<tr><td rowspan="5">C30/37</td><td rowspan="5">ohne weiter Maßnahmen</td><td>Im Falle der Befahrung mit den relativ breiten Bandagen aus Polyurethan waren die Schäden an Rissen mit einer Breite von 0,10 mm sehr massiv. Bei einer Befahrung mit Hubwagenrollen waren die Schäden deutlich geringer. Dies liegt vermutlich daran, dass es zu Verwalkeffekten infolge der Kurvenfahrt am Reifen kommt. Für den Boden resultiert dadurch eine Schubbeanspruchung. Es kam zu größeren Abbrüchen hauptsächlich im äußeren Teil des befahrenen Risses, die aber nicht sehr tief gingen. Kleinere Abbrüche waren über die gesamte Länge des befahrenen Risses zu verzeichnen. Erste Abbrüche traten bereits nach wenigen Überfahrten auf. Anschließend entwickelten sich die Schäden kontinuierlich weiter. Außerdem konnte ein mäßiger Verschleiß an der Betonoberfläche festgestellt werden. Der Betonabrieb setzte sich teilweise in den Fugen fest wodurch das Ausmaß der Schäden auf den Fotos „harmloser“ erscheint.
Datenbasis: Vier Versuche mit insgesamt acht Rissen pro Rissbreite.</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>Beim 0,25 mm - sowie 0,40 mm - Riss gilt grundsätzlich dasselbe wie beim 0,10 mm - Riss. Es kam insbesondere bei der Befahrung mit Bandagen zu massiven Schäden an den Rissflanken.</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>Auch hier waren wiederum für eine Befahrung mit den relativ breiten Bandagen aus Polyurethan massive Schäden an den Flanken der Fugenschnitte zu verzeichnen. Bei einer Befahrung mit Hubwagenrollen waren kaum oder gar keine Schäden zu verzeichnen.</td></tr>
</table>

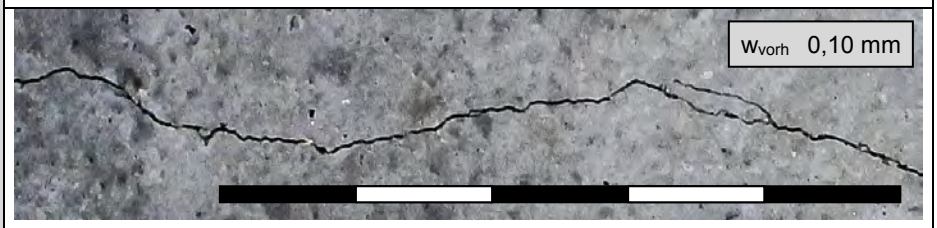
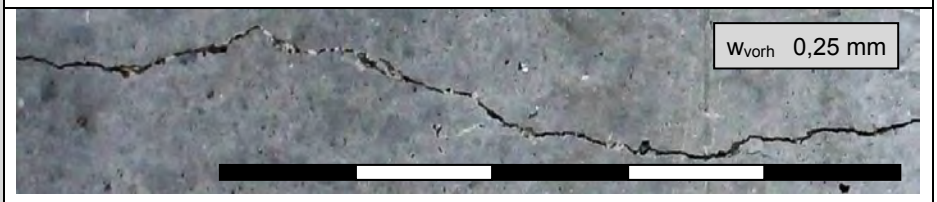
<table>
<tr><td></td><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="5">C50/60</td><td rowspan="5">ohne weitere Maßnahmen</td><td>Abnutzungserscheinungen auf der Betonoberfläche waren bei den Versuchen mit Beton C60/60 kaum zu verzeichnen. Das Ausmaß der Schäden an den Rissflanken war aber grundsätzlich vergleichbar mit denen bei Beton C30/37. Eine Befahrung mit Elastikbandagen wurde hier nicht untersucht. Es kam auch bei einer Rissbreite von 0,10 mm teilweise zu deutlichen Abbrüchen an den Rissflanken.
Datenbasis: Zwei Versuche mit insgesamt vier Rissen pro Rissbreite.</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td>Bei einer Rissbreite von 0,25 mm und 0,40 mm kam es teilweise zu deutlichen Abbrüchen an den Rissflanken wobei das Ausmaß der Schäden mit größer werdender Rissbreite tendenziell zunahm.</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td><u>Fazit:</u>

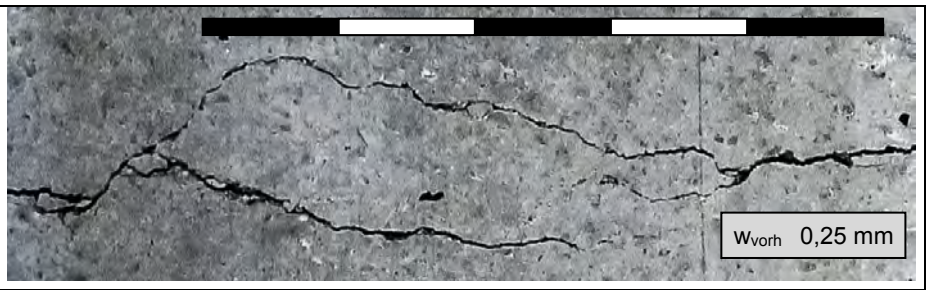
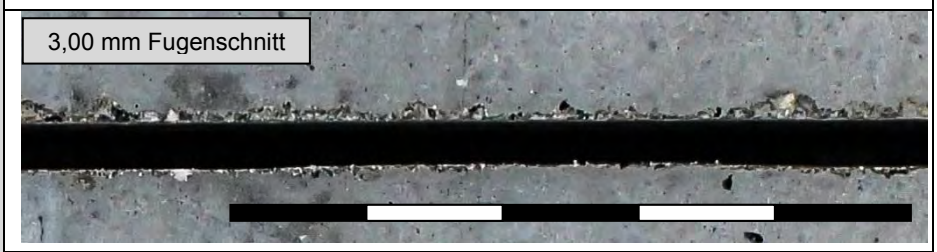
Die Datenbasis mit vier Versuchen und insgesamt acht Rissen bzw. zwei Versuchen und insgesamt vier Rissen für Beton C50/60 ist gut und die Ergebnisse Aussagekräftig. Es hat sich gezeigt, dass Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff bei der untersuchten Industriebodenvariante in der Regel deutliche Schäden an Rissflanken verursachen können. Die breiten Bandagen haben dabei ein auffallen höheres Schadenspotential. Durch die bereits angesprochenen Verwalkeffekte infolge der Kurvenfahrt und der dadurch verursachten Schubbeanspruchung für den Boden kam es zu großformatigen Abbrüchen an den Rissflanken. Hubwagenrollen verursachen kleinere Abbrüche. Auch bei den Versuchen hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse bzw. Schadensbilder bei reinen Stahlbetonindustrieböden stark variieren. Die Herstellungsqualität und betontechnologische Faktoren sowie der Rissverlauf haben großen Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung. War die Qualität der Betonoberfläche gut und der Rissverlauf gerade, ohne Verästelungen, waren teilweise kaum Schäden an den Rissflanken zu beobachten. Daher ist es schwierig eine allgemeingültige Empfehlung auszusprechen inwieweit der Boden für eine Befahrung mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff geeignet ist.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>C50/60</td><td>ohne weitere Maßnahmen</td><td><u>Einfluss der Betonfestigkeit</u>
Es konnte wiederum kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit und der Rissflankenbruchneigung bei Stahlbetonindustrieböden ohne Oberflächenvergütung gefunden werden. Bei den Versuchen mit Betonen unterschiedlicher Festigkeit unterschieden sich die Schadensbilder nur unwesentlich von einander.
Bei den Versuchen mit Beton C30/37 kam es zu mäßigem Verschleiß auf der Betonoberfläche. Der Verschleiß an den Rollen war bei den Reifen aus Polyurethan deutlich geringer als bei den Reifen aus Gummi. Daher konnte das Phänomen, dass sich Gummiabrieb in den Rissen festsetzt und diese dadurch hervorgehoben werden bei den Versuchen nicht beobachtet werden. Hier setzte sich eher Abrieb des Betonbodens (Betonstaub) in den Rissen fest, wodurch das Ausmaß der Schäden auf den Fotos eher „harmloser“ erschien.

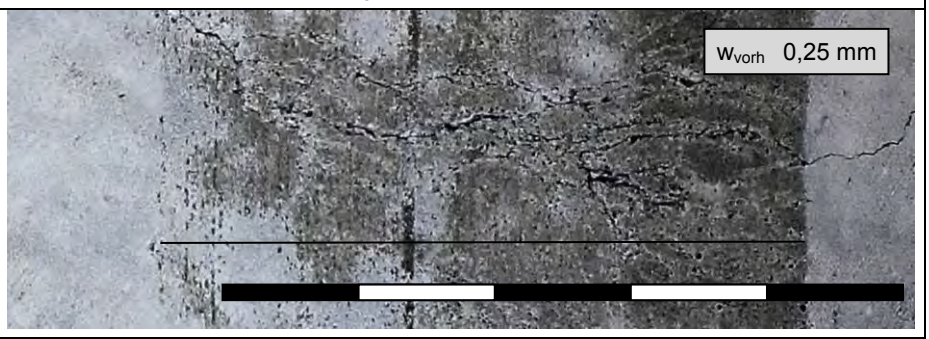
<u>Einfluss der Rissbreite:</u>
Es kam bei allen untersuchten Rissbreiten zu Flankenabbrüchen wobei das Ausmaß der Schäden mit größer werdender Rissbreite tendenziell zunahm. Aber auch hier gilt wieder, dass die Schadensbilder bei reinen Stahlbetonindustrieböden stark variieren.

<u>3,0 mm Fugenschnitt:</u>
Für eine Befahrung mit den relativ breiten Bandagen aus Polyurethan waren in den Versuchen massive Schäden an den Flanken der Fugenschnitte zu verzeichnen. Bei einer Befahrung mit Hubwagenrollen waren dagegen kaum oder gar keine Schäden zu verzeichnen.

<u>Zeitlicher Verlauf der Schädigungen:</u>
Erste Abbrüche traten bereits nach wenigen Überfahrten auf. Anschließend entwickelten sich die Schäden kontinuierlich weiter.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">C30/37</td><td rowspan="5">mit Hartstoffschicht nach DIN 18560-7</td><td>Bei Rissen mit einer Rissbreite von 0,10 mm kam es nur vereinzelt zu minimalen Flankenabbrüchen. Teilweise wiesen die Risse auch keine Schäden auf. Lediglich bei einem Riss kam es zu einem mittelgroßen Abbruch an einer Rissflanke. Der Abbruch trat nach 100 Rissüberfahrungen auf. Danach kam es zu keinen weiteren Abbrüchen. Abnutzungserscheinungen konnten keine festgestellt werden.
Datenbasis: Zwei Versuche mit insgesamt vier Rissen pro Rissbreite.</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>Bei Rissen mit einer Rissbreite von 0,25 mm waren kleinformatige Abbrüche zu verzeichnen. Die obere Risskante franste etwas aus. Schäden traten teilweise bereits nach 100 Überfahrten auf, spätestens jedoch nach 10.000 Überfahrungen. Danach kam es zu keinen weiteren Abbrüchen.</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>Bei Rissen mit einer Rissbreite von 0,40 mm waren teilweise auch größere Abbrüche an Rissflanken zu verzeichnen. Darüber hinaus kam es aber ebenfalls zu kleinformatigen Abbrüche an den Rissflanken. Schäden traten teilweise bereits nach 100 Überfahrten auf, spätestens jedoch nach 10.000 Überfahrungen. Danach kam es zu keinen weiteren Abbrüchen.</td></tr>
</table>

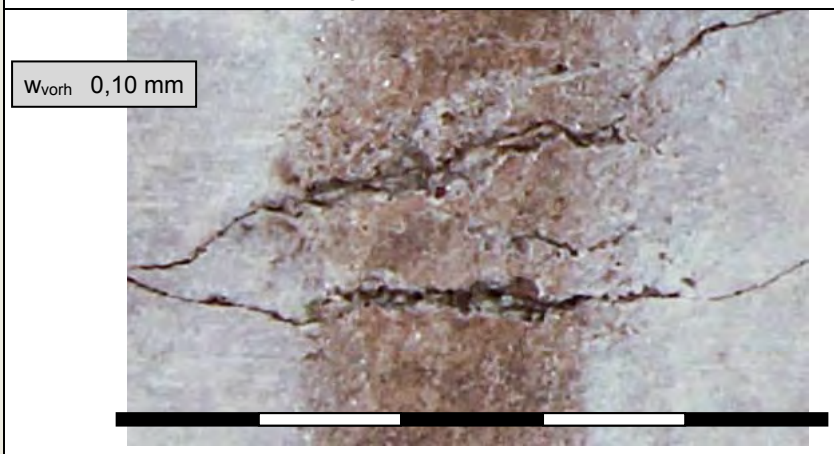
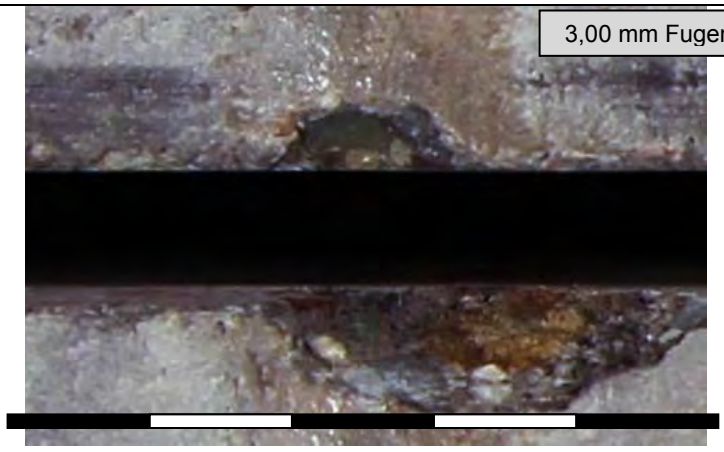
C30/37	mit Hartstoff-schicht nach DIN 18560-7	
		Beim Schneiden der Fuge franste die obere Kante des Schnittes teilweise etwas aus. Während den Versuchen kam es aber zu keinen weiteren Abbrüchen an den Flanken oder Kanten der Schnitte.
		
		Fazit: Die Qualität der Estrichschicht war allgemein gut und die Schadensbilder variierten wenig. Es hat sich gezeigt, dass Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff bei der untersuchten Industriebodenvariante Schäden an Rissflanken verursachen können. Bei Rissen mit einer Rissbreite von 0,10 mm kam es nur vereinzelt zu minimalen Flankenabbrüchen. Teilweise wiesen die Risse auch keine Schäden auf. Mit zunehmender Rissbreite nahmen die Schäden jedoch zu. Dabei brachen kleine Bruchstücke von der Risskante ab. Bei Rissen mit einer Breite von 0,40 mm kam es auch zum Abbruch eines größeren Fragments. Schäden traten teilweise bereits nach 100 Überfahrten auf, spätestens jedoch nach 10.000 Überfahrungen. Danach kam es zu keinen weiteren Abbrüchen. Beim Schneiden der Fuge franste die obere Kante des Schnittes teilweise etwas aus. Während den Versuchen kam es aber zu keinen weiteren Abbrüchen an den Flanken oder Kanten der Schnitte. Man muss feststellen, dass auch bei Industrieböden mit Hartstoffschicht mit Flankenabbrüchen zu rechnen ist. Die Schäden bei kleineren Rissbreiten sind jedoch weniger gravierend und müssen nicht zwingend auftreten. Inwieweit ein Bauerherr damit leben kann muss dieser für den jeweiligen Anwendungsfall individuell beurteilen.

3.1.3 Beanspruchungsart Fahrzeuge mit Reifen aus Stahl, Grauguss, Polyamid oder vergleichbarem Kunststoff

<table>
<tr><th colspan="3">Einflussfaktoren auf die Rissflankenbruchneigung bei Industrieböden:</th></tr>
<tr><th colspan="2">Flügelgeglätteter Industrieboden</th><th>Fahrzeuge mit Reifen aus Stahl, Grauguss, Polyamid oder vergleichbarem Kunststoff (Shore Härte 95A-95D)</th></tr>
<tr><th>Beton</th><th>Zusätzliche Maßnahme</th><th>Schäden in Abhängigkeit der Rissbreite und der Anzahl an Überfahrungen:</th></tr>
<tr><td>C30/37</td><td>ohne weiter Maßnahmen</td><td>Es kam bei allen Rissbreiten nach wenigen Rissüberfahrungen zu massiven Flankenabbrüchen. Dabei brachen die Rissufer sukzessive immer weiter aus.
Datenbasis: Drei Versuche mit insgesamt sechs Rissen pro Rissbreite.
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">C35/45</td><td rowspan="3">ohne weiter Maßnahmen</td><td>Bei den Versuchen mit Beton C30/37 und C35/35 kam es früher oder später zu starken Verschleißerscheinungen auf der Betonoberfläche. Die Schäden an den Rissflanken wurden davon überlagert. Eine differenzierte Betrachtung und Beurteilung der Rissflankenbruchneigung war für diesen Anwendungsfall daher nicht möglich.

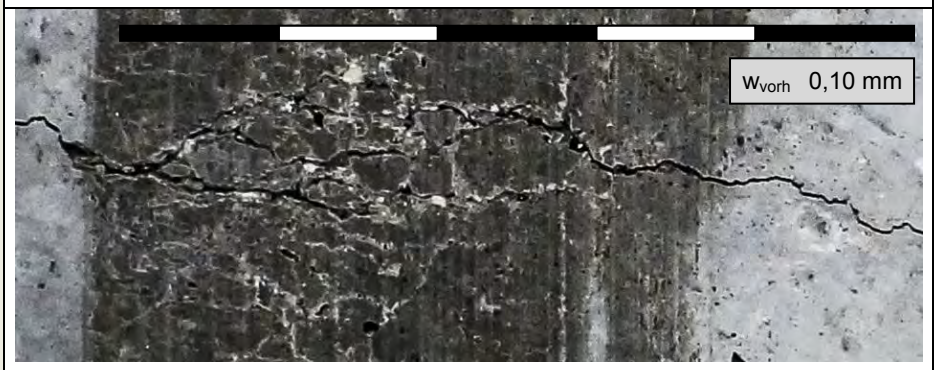
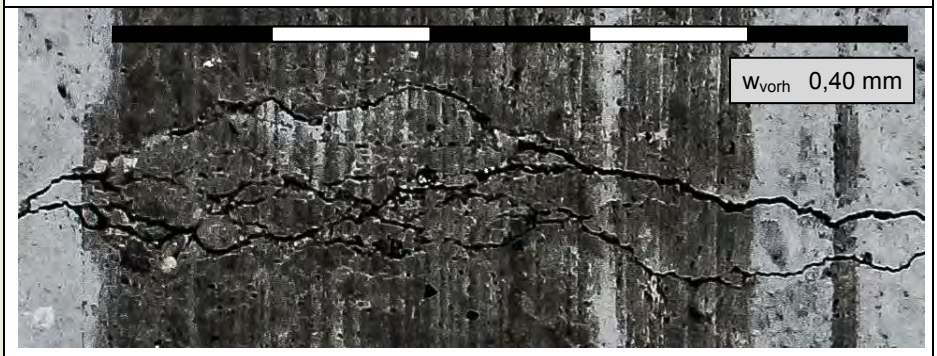
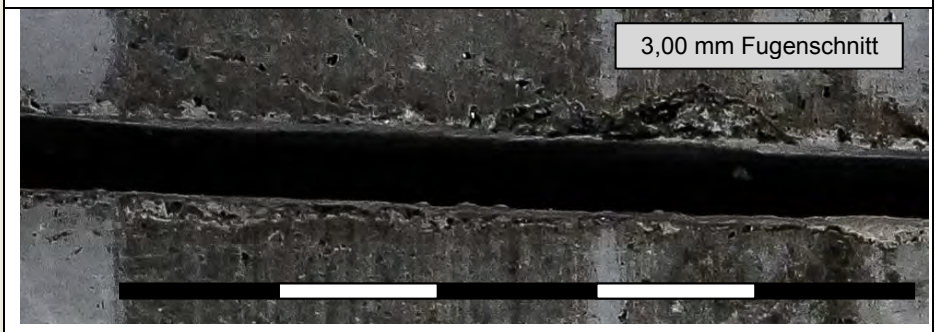
</td></tr>
<tr><td>An den Fugenschnitten kam es ebenfalls zu massiven Flankenabbrüchen. Erste Abbrüche traten bereits nach weinigen Überfahrungen auf. Die Schäden entwickelten sich wieder sukzessive weiter.

</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">C50/60</td><td rowspan="5">ohne weitere Maßnahmen</td><td>Auch bei den Versuchen mit Beton C50/60 kam es bei allen Rissbreiten nach wenigen Rissüberfahrungen zu massiven Flankenabbrüchen. Dabei brachen die Rissufer sukzessive immer weiter aus. Die Verschleißerscheinungen auf der Betonoberfläche waren jedoch nicht ganz so massiv.
Datenbasis: Ein Versuch mit insgesamt zwei Rissen pro Rissbreite.</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>An den Fugenschnitten kam es ebenfalls zu massiven Flankenabbrüchen. Erste Abbrüche traten bereits nach weinigen Überfahrungen auf. Die Schäden entwickelten sich anschließend wieder sukzessive weiter.</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td><u>Fazit:</u>

Bei der betrachteten Industriebodenvariante kam es bei allen Rissbreiten und unabhängig von der Betonfestigkeit zu massiven Flankenabbrüchen und zu starken Verschleißerscheinungen auf der Betonoberfläche. Die Schäden traten dabei innerhalb kürzester Zeit auf.
Es bleibt festzuhalten, dass Stahlbetonindustrieböden ohne Oberflächenvergütung unabhängig von der Betonfestigkeit für eine Befahrung mit Reifen aus Stahl, Grauguss, Polyamid oder vergleichbarem Kunststoff nur bedingt geeignet sind.</td></tr>
<tr><td>C30/37</td><td>mit Hartstoffeinstreuung nach DIN 18560-3</td><td>Bei dem Versuch mit oberflächenvergütetem Industrieboden (Hartstoffeinstreuung) wurde der Probekörper zunächst mit einem Gabelstaplerrad in Vollgummiausführung befahren. Der Versuch wurde nach 200 Überfahrungen gestoppt und anschließend mit Polyamid-Hubwagenrollen weitergeführt. Nach der Befahrung mit dem Gabelstaplerrad waren kaum Schäden an den Rissflanken zu verzeichnen.
Bei der Befahrung mit Polyamid-Hubwagenrollen kam es wie auch bei Stahlbetonböden ohne Oberflächenvergütung zu massiven Schäden bei allen Rissbreiten. Die Rissflanken brachen wieder sukzessive ab (Schollenbildung).
Datenbasis: Ein Versuch mit insgesamt zwei Rissen pro Rissbreite.</td></tr>
</table>

C30/37	mit Hartstoffein-streuung nach DIN 18560-3	
		An den Fugenschnitten kam es ebenfalls zu massiven Flankenabbrüchen. Erste Abbrüche traten bereits nach wenigen Überfahrungen auf. Die Schäden entwickelten sich wieder sukzessive weiter.
		Fazit: Bei der betrachteten Industriebodenvariante kam es bei allen Rissbreiten und unabhängig von der Betonfestigkeit zu massiven Flankenabbrüchen und zu starken Verschleißerscheinungen auf der Betonoberfläche. Die Schäden traten dabei inner-halb kürzester Zeit auf. Es bleibt festzuhalten, dass auch Industrieböden mit Hartstoffeinstreuung für eine Befahrung mit Reifen aus Stahl, Grauguss, Polyamid oder vergleichbarem Kunststoff nur bedingt geeignet sind.

C30/37	mit Hartstoffschicht nach DIN 18560-7	Bei dem Industrieboden mit Hartstoffschicht kam es ebenfalls zu massiven Flankenabbrüchen bei allen Rissbreiten. Die Rissflanken brachen wieder sukzessive ab (Schollenbildung). Es konnte kein Zusammenhang zwischen Rissbreite und Rissflankenbruchneigung festgestellt werden. Erste Abbrüche traten nach wenigen Überfahrungen auf. Bis etwas 10.000 Überfahrungen kam es zu immer weiteren Abbrüchen (Schollenbildung). Ab 10.000 Rissüberfahrungen stabilisierte sich die Situation. Im weiteren Verlauf des Versuchs zerbrachen lediglich die einzelnen Schollen in kleinere Stücke. Verschleißerscheinungen waren kaum auf der Oberfläche des Bodens festzustellen. Datenbasis: Zwei Versuch mit insgesamt vier Rissen pro Rissbreite.
		
		
		Auch an den Fugenschnitten ist mit Flankenabbrüchen zu rechnen. Erste Abbrüche traten bereits nach weinigen Überfahrungen auf. Die Schäden entwickelten sich wieder sukzessive weiter.
		
		Fazit: Die Qualität der Estrichschicht war allgemein gut und die Schadensbilder variierten wenig. Bei der betrachteten Industriebodenvariante kam es bei allen Rissbreiten und unabhängig von der Betonfestigkeit zu massiven Flankenabbrüchen und zu starken Verschleißerscheinungen auf der Betonoberfläche. Die Schäden traten dabei innerhalb kürzester Zeit auf. Es bleibt festzuhalten, dass Industrieböden mit Hartstoffschicht ebenfalls für eine Befahrung mit Reifen aus Stahl, Grauguss, Polyamid oder vergleichbarem Kunststoff nur bedingt geeignet sind.

3.2 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

3.2.1 Einfluss der Bereifung

Die Wahl der Reifen oder Rollen mit denen ein Industrieboden befahren werden soll hat primären Einfluss auf das Ausmaß der Schäden an Rissflanken. Es hat sich gezeigt, dass bei Stahlbetonindustrieböden auch luftbereifte Fahrzeuge sowie Fahrzeuge mit Bandagen aus Elastik-Vollgummi Schäden an Rissflanken verursachen können, wenn auch die Schäden bei kleineren Rissbreiten weniger gravierend waren. Ursache sind vermutlich nicht zu hohe Kontaktpressungen, sondern Verwalkeffekte am Reifen infolge der Kurvenfahrt. Für den Boden resultiert dadurch eine Schubbeanspruchung. Dieses Phänomen tritt insbesondere dann auf wenn die Reifen breiter sind. Es kann zu größeren Abbrüchen an den Rissflanken kommen, die aber eher oberflächig sind. In der Praxis treten Schubbeanspruchungen bei Lenkvorgängen aber auch bei Anfahr- und Bremsvorgängen auf. Bei Oberflächenvergüteten Böden war das Ausmaß der Schäden infolge einer Befahrung mit Luftreifen bzw. Reifen oder Bandagen aus Elastik-Vollgummi deutlich geringer.
Es hat sich gezeigt, dass bei Stahlbetonindustrieböden Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff deutliche Schäden an Rissflanken verursachen können. Bei Hubwagenrollen sind die Schäden eher geringer. Breite Bandagen haben ein auffallend höheres Schadenspotential. Durch die bereits angesprochenen Verwalkeffekte infolge der Kurvenfahrt und der dadurch verursachten Schubbeanspruchung für den Boden kam es auch bei kleineren Rissbreiten zu großformatigen Abbrüchen an den Rissflanken. Bei oberflächenvergüteten Böden war das Ausmaß der Schäden infolge einer Befahrung mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff deutlich geringer.
Bei einer Befahrung mit Polyamidrollen kam es bei Stahlbetonindustrieböden ohne Oberflächenvergütung unabhängig von der Rissbreite zu massiven Schäden an den Rissflanken sowie zu massiven Verschleißerscheinungen auf der Betonoberfläche. Aber auch bei Industrieböden mit Hartstoffeinstreuung oder Hartstoffschicht kam es zu gravierenden Rissflankenabbrüchen.
Dadurch, dass die Räder bei dem Versuchsaufbau keinen geradlinigen Lauf beschreiben, sondern eine Kreisbahn, treten wie beschrieben Verwalkungseffekte auf. Diese sind je nach Reifenbreite und Fahrspurradius unterschiedlich groß und beeinflussen die Versuchsergebnisse. Im Falle einer linearen Überfahrung von Rissen, also reiner Translation kann es zu einem abweichenden Schädigungsverlauf kommen.

3.2.2 Einfluss der Industriebodenvariante - Einfluss der Betonfestigkeit

Weiterhin hat die Wahl der Oberflächenbearbeitung bzw. Oberflächenvergütung entscheidenden Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung bei Industrieböden. Dabei haben auch die Herstellungsqualität und betontechnologische Faktoren großen Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung. Außerdem hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse bzw. Schadensbilder je nach Herstellungsvariante unterschiedlich stark variieren. Teilweise variierten die Schäden auch

an einem Probekörper. Das heißt auch lokale Effekte spielen eine Rolle und können die Einflüsse von Rissbreite oder Betonfestigkeit teilweise überlagern.
Bei reinen Stahlbetonindustrieböden ohne Oberflächenvergütung ist in jedem Fall und auch bei kleineren Rissbreiten mit Flankenabbrüchen zu rechnen. Es konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit und der Rissflankenbruchneigung gefunden werden. Bei den Versuchen mit Betonen unterschiedlicher Festigkeit unterschieden sich die Schadensbilder nur unwesentlich von einander. Es hat sich gezeigt, dass auch bei Industrieböden mit Hartstoffeinstreuung oder Hartstoffschicht mit Flankenabbrüchen zu rechnen ist. Die Schäden bei kleineren Rissbreiten sind jedoch weniger gravierend und müssen nicht zwingend auftreten. Inwieweit ein Bauerherr damit leben kann muss dieser für den jeweiligen Anwendungsfall individuell beurteilen. Verschleißerscheinungen waren jedoch nicht zu beobachten. Die Versuche zeigen klar die Wirksamkeit einer Hartstoffschicht sowie einer Hartstoffeinstreuung bei mechanischer Beanspruchung.
Bei den Versuchen mit flügelgeglättetem Stahlfaserbeton ohne Hartstoffeinstreuung oder –verschleißschicht zeigt sich die Bedeutung einer üblicherweise vorgenommenen Hartstoffeinstreuung bzw. einer Hartstoffverschleißschicht. Einzelne Fasern waren hier an der Oberfläche sichtbar und wurden durch die Überfahrung aus dem Beton gelöst. Neben den dadurch bedingten zusätzlichen Abnutzungserscheinungen der Betonoberfläche waren Flankenabbrüche bei allen Rissbreiten zu verzeichnen, vergleichbar denen bei einem nicht faserbewehrten Beton ohne zusätzliche Oberflächenvergütung. Bei Verwendung der üblichen Hartstoffeinstreuung bzw. –verschleißschicht sind dagegen vergleichbare Ergebnisse wie bei den Stahlbetonböden zu erwarten. Faserbetonflächen im Freien werden in der Regel taloschiert, so dass auf diese Weise ebenfalls eine faserfreie Oberfläche erzielt werden kann.

3.2.3 Einfluss der Rissbreite

Neben der Herstellungsqualität des Bodens bzw. der Güte der Betonoberfläche hat auch das Rissbild oder der Rissverlauf einen großen Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung. Ist der Rissverlauf gerade und die Betonqualität gut treten kaum Schäden an Rissflanken auf. Ist die Betonqualität jedoch weniger gut und der Rissverlauf verästelt, wie dies etwa bei Krakeleerissen zu beobachten ist, muss jedoch auch bei 0,10 mm-Rissen mit Flankenabbrüchen gerechnet werden. Diese treten dabei meist in Zwickeln bei Verästelungen des Risses auf.
Bei manchen Konstellationen konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Rissbreite und Rissflankenbruchneigung gefunden werden. Teilweise konnte festgestellt werden, dass das Ausmaß der Schäden mit der Rissbreite tendenziell zunimmt. Ist die Betonqualität gut und der Rissverlauf relativ gerade müssen auch bei Rissen mit größeren Rissbreiten nicht zwingend Schäden an Rissflanken auftreten.
Bei Versuchen mit Gummireifen erschienen die Risse im Laufe der Zeit meist breiter. Die Messung der Rissbreiten hat jedoch gezeigt, dass sich die Rissbreite nicht vergrößert hat. Teilweise werden die Risskanten durch die Überfahrten leicht abgerundet, wodurch die Risse

größer erscheinen. In erster Linie liegt es aber daran, dass sich der Gummiabrieb in den Rissen fest setzt wodurch die Risse zusätzlich größer erscheinen („Kajaleffekt“).

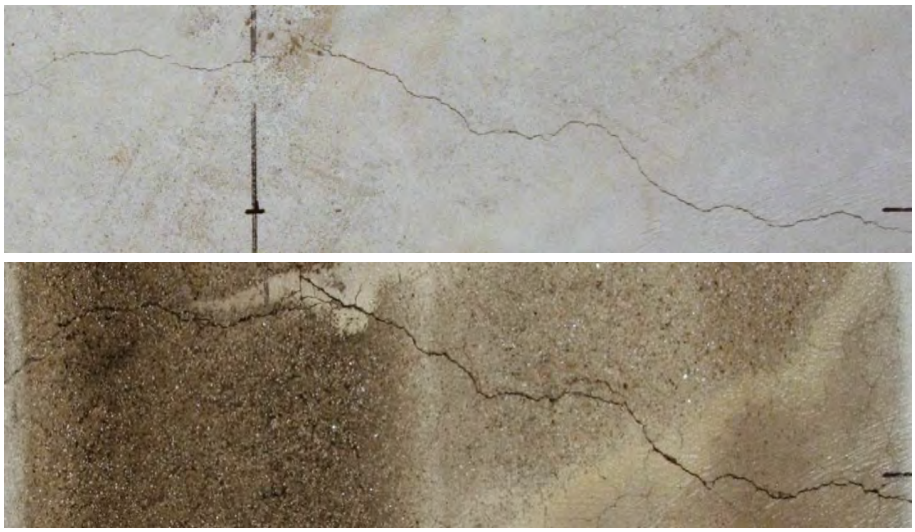


Abbildung 84: Kajaleffekt; oberes Bild: Riss mit einer Rissbreite von 0,1 mm vor der Befahrung; unteres Bild: Riss nach 25.000 Überfahrungen mit einem Gabelstaplerrad.

Letztendlich bleibt festzustellen, dass auch bei Krakeleerissen mit Flankenschäden gerechnet werden muss. Diese lassen sich durch sachgerechte Herstellung und eine geeignete Nachbehandlung weitestgehend verhindern. Die Frage nach einer wirksamen Rissbreitenbeschränkung in Bezug auf eine Verhinderung von Flankenabbrüchen ist jedoch schwierig zu beantworten. Eine Beschränkung der Rissbreite bei Trennrissen infolge Zwangspannungen aus Schwindvorgängen oder Temperaturbeanspruchungen auf ein Maß ≤ 0,1 mm ist sicherlich unwirtschaftlich und damit unrealistisch. Das Fazit muss also lauten: eine gänzliche Verhinderung von Rissflankenabbrüchen bei Industrieböden ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht möglich. Für bestimmte Anwendungsfälle sind Flankenschäden unterumständen bis zu einem gewissen Grad akzeptabel. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Flankenschäden an Rissen mit kleiner Rissbreite weniger gravierend waren und teilweise auch nicht zwingend auftreten müssen. Dies gilt es bei den Empfehlungen zur Vermeidung von Rissflankenabbrüchen oder zum Umgang mit Rissflankenabbrüchen zu berücksichtigen.

3.2.4 3 mm - Fugenschnitt

Während den Versuchen mit Luftbereifung und Reifen aus Elastik-Vollgummi traten kaum oder gar keine Abbrüche an den Flanken der Schnitte auf. Für eine Befahrung mit relativ breiten Bandagen aus Polyurethan waren in den Versuchen massive Schäden an den Flanken der Fugenschnitte zu verzeichnen. Bei einer Befahrung mit Hubwagenrollen waren dagegen kaum oder gar keine Schäden zu verzeichnen.
Bei einer Befahrung mit Rollen aus Polyamid kam es zu massiven Flankenabbrüchen an den Fugenschnitten.

3.2.5 Zeitlicher Verlauf der Schädigungen

Die Schäden traten teilweise bereits nach wenigen Rissüberfahrungen auf, spätestens nach 10.000 Überfahrungen. Eine Systematik wann Rissflankenbrüche auftreten, oder gar wie sich der Grad der Schädigungen mit der Anzahl an Überfahrungen ändert, konnte nicht gefunden werden.
Bei einer Befahrung mit Polyamidrollen kam es immer bereits nach wenigen Überfahrungen zu Rissflankenabbrüchen. Anschließend brachen die Rissufer sukzessive weiter aus. Daraus ergibt sich letztendlich die Konsequenz, dass auch bei einem kurzeitigen oder vorübergehenden Einsatz mit einem entsprechenden Flurförderzeug, beispielsweise in der Bauphase oder bei Umbauarbeiten, Schäden auftreten können. Dies gilt es, bei der Planung des Industriebodens zu berücksichtigen.

3.2.6 Instandsetzungsmaßnahmen

Weiterhin wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens auch mögliche Instandsetzungsmaßnahmen untersucht. Zum einen das Tränken von Rissen mit Epoxidharz, sowie das Abschleifen von geschädigten Industrieböden.
Es hat sich gezeigt, dass ein Vergießen der Risse eine wirksame Instandsetzungsmaßnahme darstellt. Es konnten keine Schäden im Bereich der Sanierung festgestellt werden. Die Fotos der entsprechenden Versuche sind im Anhang aufgeführt.
Das Abschleifen von geschädigten Industrieböden in der Art wie ist es im Rahmen des Forschungsprojekts erfolgte (1 bis maximal 2 mm) hat sich als nicht wirksam erwiesen. Der Boden muss deutlich tiefer abgeschliffen werden.

4 Empfehlungen zur Vermeidung von Rissflankenabbrüchen

4.1 Ansatz zur Vermeidung von Rissflankenabbrüchen bzw. Umgang mit Rissflankenabbrüchen bei befahrbaren Industrieböden

Die Bewertung der in den Versuchen beobachteten Schäden gestaltete sich als äußerst schwierig. Rissflankenabbrüche lassen sich auch bei kleinen Rissbreiten nicht gänzlich und zuverlässig vermeiden. Die Schäden sind teilweise jedoch nur minimal und unter Umständen tolerierbar. Die Frage „was ist ein Mangel und was nicht“ kann pauschal nicht beantwortet werden. Wie die Berater mitteilten hätten Bauherren ganz unterschiedliche Ansichten und Vorstellungen welches Ausmaß an Flankenabbrüchen noch zu tolerieren ist und was nicht. Dies hängt stark von der beabsichtigten Nutzung der Räumlichkeiten ab und den damit verbundenen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit, beispielsweise Reinheit, Ebenheit und in Bezug auf die Optik von Böden.
Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten wie dieser Umstand in Regelwerken berücksichtigt werden kann, will man Empfehlungen zur Vermeidung von Rissflankenabbrüchen geben. Eine Möglichkeit ist Anforderungsklassen für unterschiedliche Anwendungsfälle zu definieren, entsprechend den jeweiligen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit (oder die Dauerhaftigkeit) und diese mit entsprechenden Forderungen hinsichtlich Oberflächenvergütung oder Rissbreitenbeschränkung zu verknüpfen.
Ein weiterer Ansatz der aus dem Kreis der Beratergruppe kam sieht vor mit beispielhaften Schadensbildern zu Arbeiten. Der Vorschlag war für eine bestimmte Belastung (Befahrung mit einem Radtyp), mit unterschiedlicher Intensität und für Verschiedene Industriebodenvarianten sowie Rissbreiten, ein zu erwartendes Schadensbild anzugeben. Planer und Bauherr können damit für den speziellen Anwendungsfall eine individuelle Lösung finden.

Bei der Erstellung der Empfehlungen zur Vermeidung von Rissflankenabbrüchen wurden Konstellationen (Industriebodenvariante und Bereifung) die nach Tabelle 1 des DBV-Merkblattes [3] nicht zulässig sind nicht mit aufgenommen um die Übersichtlichkeit zu erhöhen bzw. weil diese aufgrund der Verschleißproblematik keinen Sinn machen.
Wie bereits angesprochen variieren die Rissflankenbruchneigung bzw. die Schadensbilder bei Industrieböden stark. Die Herstellungsqualität und betontechnologische Faktoren sowie der Rissverlauf haben großen Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung. Bei Stahlbetonindustrieböden ist dabei die Variation deutlich größer als bei Industrieböden mit Hartstoffschicht oder Oberflächenvergütung. Der Tatsache wird Rechnung getragen in dem bei den exemplarischen Schadensbildern jeweils bestenfalls und schlimmstenfalls zu erwartende Schadensbilder angegeben werden.

Tabelle 13: Praxisbewährte Grundsätze für Anforderungen an befahrbare Industrieböden und typische zu erwartende Verschleißerscheinungen an Rissflanken

Spalte	1	2	3	4	5	6	
Zeile	Beanspruchung (Beispiele)	Drucktestigkeits-klasse	Anforderungen zur Sicherstellung des Verschleißwiderstands	Rissbreite w_k [mm]	Zu erwartendes Schadensbild [4]	Erläuterung	Es muss zusätzlich damit gerechnet werden, dass sich Gummiabrieb in den Rissen festsetzt wo durch die optische Wahrnehmung des Risses verstärkt wird.
1	luftbereifte Fahrzeuge und Fahrzeuge mit Reifen aus Elastik-Vollgummi Kontaktpressung 1 - 2 [1] N/mm² Shore-Härte ≤ 75A	C25/30	mit Hartstoffeinstreuung oder Oberflächenvergütung	0,1 mm	1 bis 2	Es kann vereinzelt zu kleineren bis mittelgroßen Flankenabbrüchen kommen. Im Allgemeinen sind aber keine Schäden an den Rissflanken zu erwarten.	
				0,25 mm	3	Es muss mit kleineren oder sehr kleinen Abbrüchen in Zwickeln bei Verästelungen im Rissverlauf gerechnet werden. Dabei reichen die Abbrüche nicht sehr tief. Schäden treten teilweise bereits nach hundert, spätestens nach 10.000 Überfahrungen auf. Danach muss kaum noch mit Veränderungen an den Schadensbildern gerechnet werden.	
				0,4 mm	5	Es muss mit kleinen und mittelgroßen Abbrüchen an Rissflanken gerechnet werden. Verästelungen im Rissverlauf begünstigen dabei das Entstehen von Flankenabbrüchen. Schäden treten teilweise bereits nach hundert, spätestens nach 10.000 Überfahrungen auf. Danach muss kaum noch mit Veränderungen an den Schadensbildern gerechnet werden.	
		C30/37	ohne weitere Maßnahmen	0,1 mm	3 bis 4	Es muss mit kleineren oder sehr kleinen Abbrüchen in Zwickeln bei Verästelungen im Rissverlauf gerechnet werden. Dabei reichen die Abbrüche nicht sehr tief. Abbrüche wie in Bild 4 sind ausschließlich an Krakeleerissen zu erwarten. Schäden treten teilweise bereits nach hundert, spätestens nach 10.000 Überfahrungen auf. Danach muss kaum noch mit Veränderungen an den Schadensbildern gerechnet werden.	
				> 0,1 mm	5 und 7	Es muss mit kleinen und mittelgroßen Abbrüchen an Rissflanken gerechnet werden. Verästelungen im Rissverlauf begünstigen dabei das Entstehen von Flankenabbrüchen. Abbrüche wie in Bild 7 sind ausschließlich bei Krakeleerissbildung zu erwarten. Schäden treten teilweise bereits nach hundert, spätestens nach 10.000 Überfahrungen auf. Danach muss kaum noch mit Veränderungen an den Schadensbildern gerechnet werden.	
2	Fahrzeuge mit Reifen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff Kontaktpressung 4 - 8 [2] N/mm² Shore-Härte 75A-95A	C30/37	Beton mit überwiegend quarzitischen Gesteinskörnungen bis 4 mm Größtkorn (Quarz, Basalt, Diabas)	-	-	Wurde im Rahmen des Forschungsprojekts nicht untersucht	
		C35/45 [3]	ohne weitere Maßnahmen	0,1	8 bis 9	Es muss mit sehr kleinen und kleinen, aber auch größeren Abbrüchen an Rissflanken gerechnet werden. Große Abbrüche wie in Bild 9 sind nur bei der Verwendung von Reifen mit relativ breiten Bandagen aus Polyurethan oder einem vergleichbaren Kunststoff zu erwarten. Verästelungen im Rissverlauf begünstigen wiederum das Entstehen von Flankenabbrüchen. Erste Abbrüche treten bereits nach wenigen Überfahrten auf. Anschließend entwickeln sich die Schäden kontinuierlich weiter.	
				> 0,1 mm	10 bis 11	Es muss mit kleinen, mittelgroßen und größeren Abbrüchen an Rissflanken gerechnet wer-den. Große Abbrüche wie in Bild 11 sind nur bei der Verwendung von relativ breiten Reifen mit Bandagen aus Polyurethan oder einem vergleichbaren Kunststoff zu erwarten. Verästelungen im Rissverlauf begünstigen wiederum das Entstehen von Flankenabbrüchen. Erste Abbrüche treten bereits nach wenigen Überfahrten auf. Anschließend entwickeln sich die Schäden kontinuierlich weiter.	
		C30/37	mit Hartstoffschicht nach DIN 18560-7	0,1	1 bis 2	Es kann vereinzelt zu kleineren bis mittelgroßen Flankenabbrüchen kommen. Im Allgemeinen sind aber keine Schäden an den Rissflanken zu erwarten. Schäden treten teilweise bereits nach hundert, spätestens nach 10.000 Überfahrungen auf. Danach muss kaum noch mit Veränderungen an den Schadensbildern gerechnet werden.	
				> 0,1 mm	5 bis 6	Es muss mit kleinen und mittelgroßen Abbrüchen an Rissflanken gerechnet werden. Verästelungen im Rissverlauf begünstigen dabei das Entstehen von Flankenabbrüchen. Die Risskante fransen teilweise aus Schäden treten teilweise bereits nach hundert, spätestens nach 10.000 Überfahrungen auf. Danach muss kaum	
3	Fahrzeuge mit Reifen oder Rollen aus Polyamid, Gusspolyamid, Stahl etc., stark schleifende oder schlagende Beanspruchung Kontaktpressung 30 - 100 [2] N/mm²	C30/37	mit Hartstoffschicht nach DIN 18560-7	> 0,1 mm	12 bis 13	Es kommt in jedem Fall, mehr oder weniger unabhängig von der Rissbreite, zu massiven Schäden an den Rissflanken. Dabei brechen sukzessive immer weitere Stücke ab (Schollenbildung). Erste Abbrüche treten bereits nach wenigen Überfahrten auf. Anschließend entwickeln sich die Schäden kontinuierlich weiter.	

Hinweise: Tragende oder ausssteifende Industrieböden sind bei entsprechenden Einwirkungen in die Expositionsklassen XM1, XM2, XM3 nach EC2 [30] bzw. EC2/NA [31] einzuordnen.

Für eine kombinierte Beanspruchung, also Befahrung mit unterschiedlichen Bereifungsarten muss von der höheren Beanspruchungsklasse ausgegangen werden.

[1] nach Lohmeyer, G., Eberling, K.: Betonböden für Produktions- und Lagerhallen, Planung, Bemessung, Ausführung, 3. Auflage. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2012

[2] nach Cziesielski, E.: Lehrbuch der Hochbaukonstruktion, 3. Auflage. Teubnerverlag Stuttgart 1997

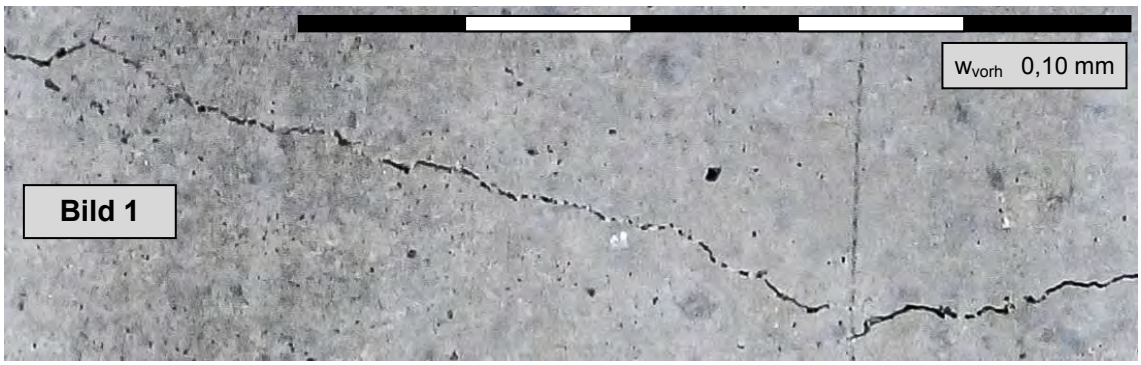
[3] Es wurden Versuche an Probekörpern aus C30/37 und C50/60 durchgeführt. Die Erbebnisse ähnelten sich. Daher wurden diese auf Betone der Festigkeitsklasse C35/45 übertragen.

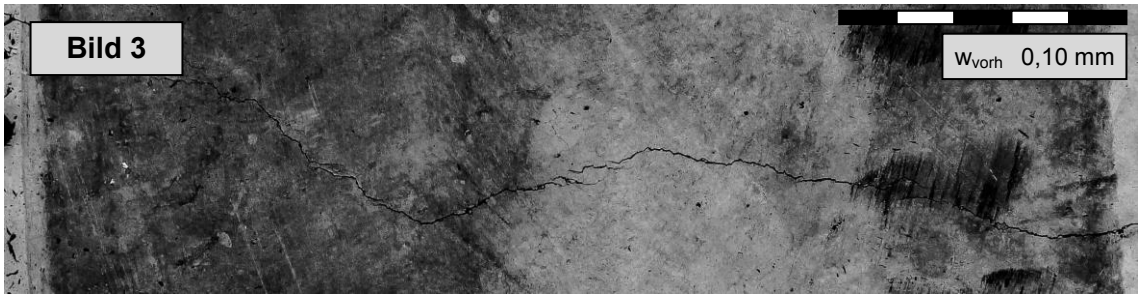
[4] Zu erwartende exemplarische Schadensbilder (Rissflankenabbrüche). Bilder 1 bis 13, siehe Seiten 81 bis 84.

4.2 Bei Industrieböden zu erwartende Verschleißerscheinungen an Rissflanken (Rissflankenabbrüche) infolge einer Befahrung:

⇨ **Die im Folgenden aufgeführten exemplarischen Schadensbilder sollen das Spektrum der zu erwartenden Schadensbilder darstellen.**

⇨ **Die Herstellungsqualität des Bodens und der Rissverlauf haben großen Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung.**





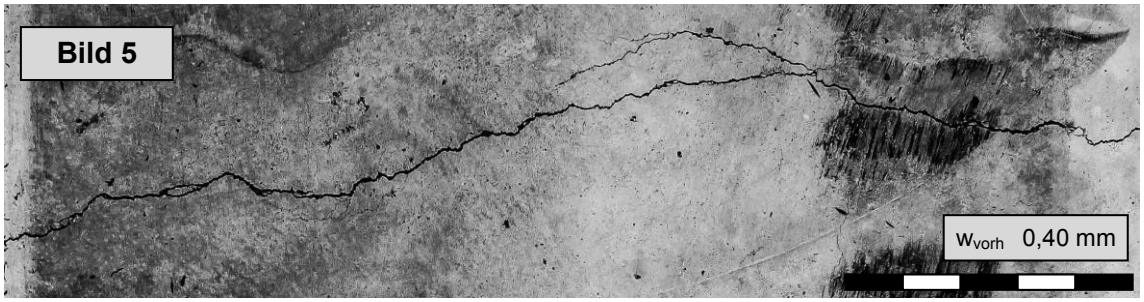


Bild 5
w_{vorh} 0,40 mm

Bild 6
w_{vorh} 0,40 mm

Bild 7
w_{vorh} 0,25 mm

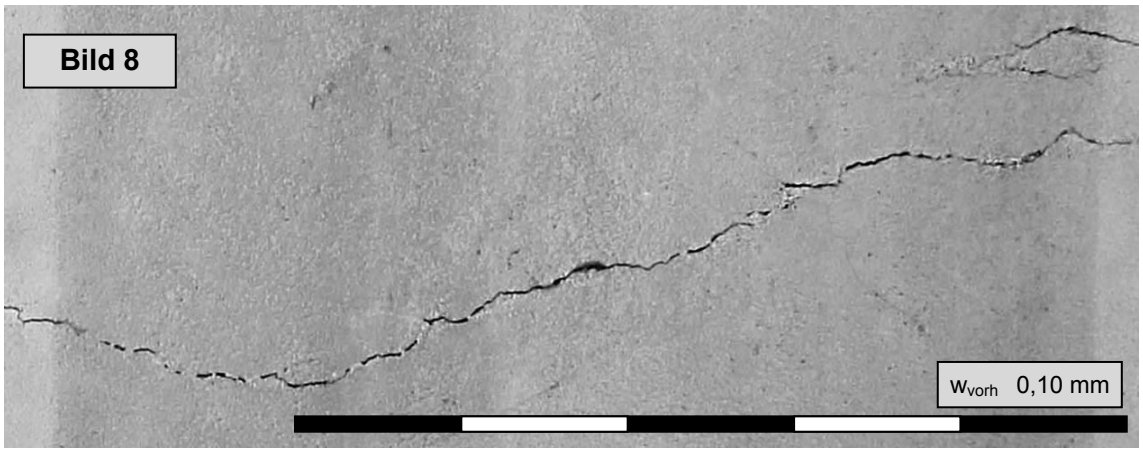


Bild 8
w_{vorh} 0,10 mm

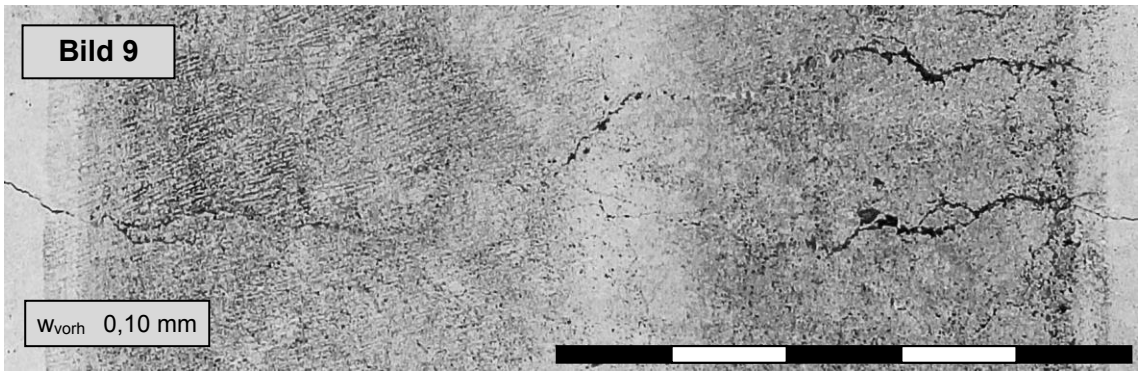


Bild 9
w_{vorh} 0,10 mm

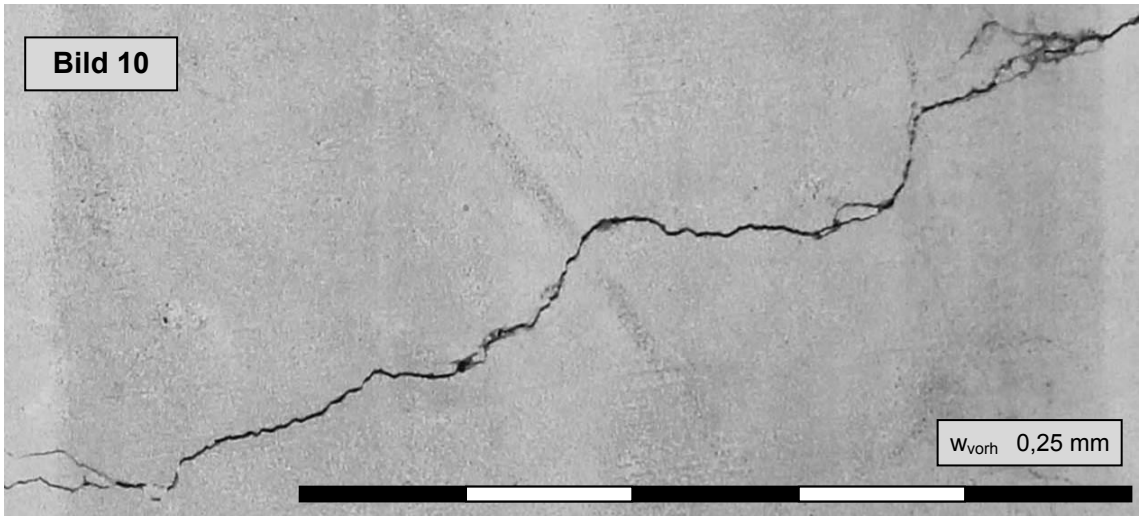


Bild 10
w_{vorh} 0,25 mm

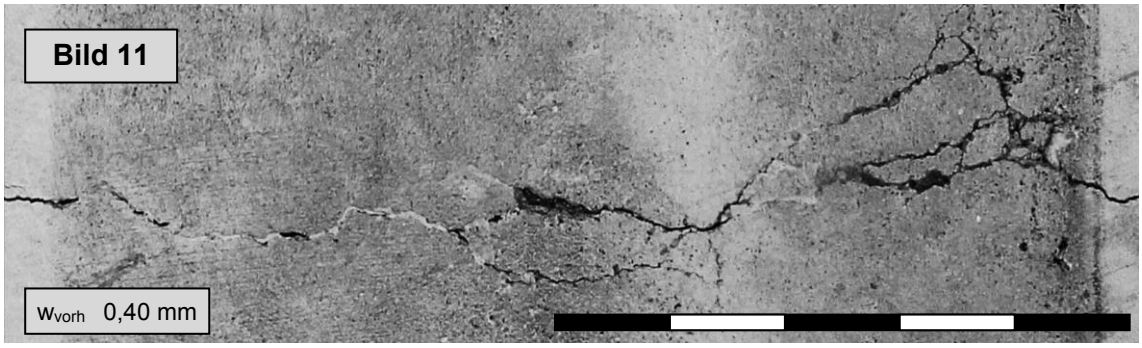


Bild 11
w_{vorh} 0,40 mm

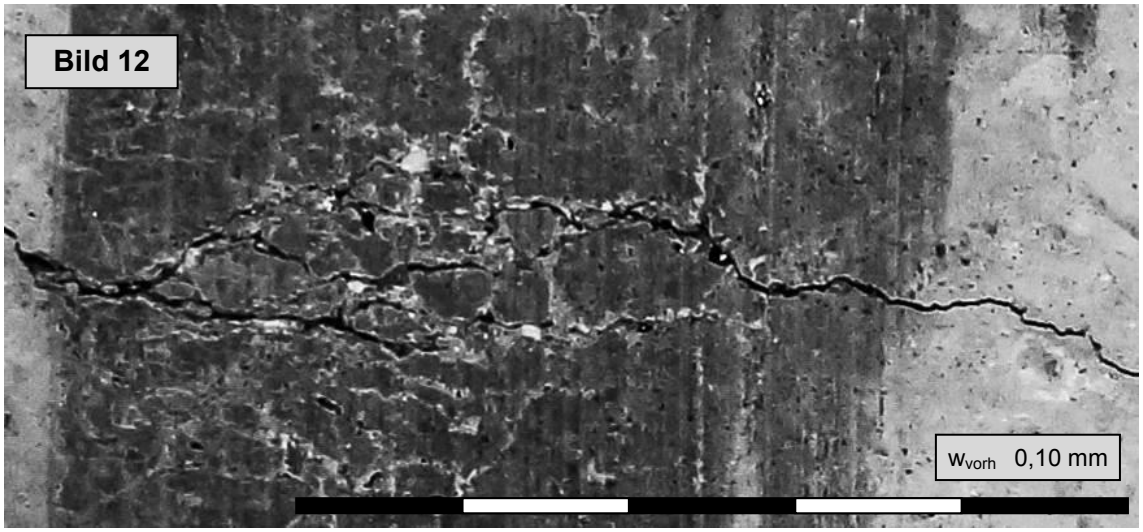


Bild 12
w_{vorh} 0,10 mm

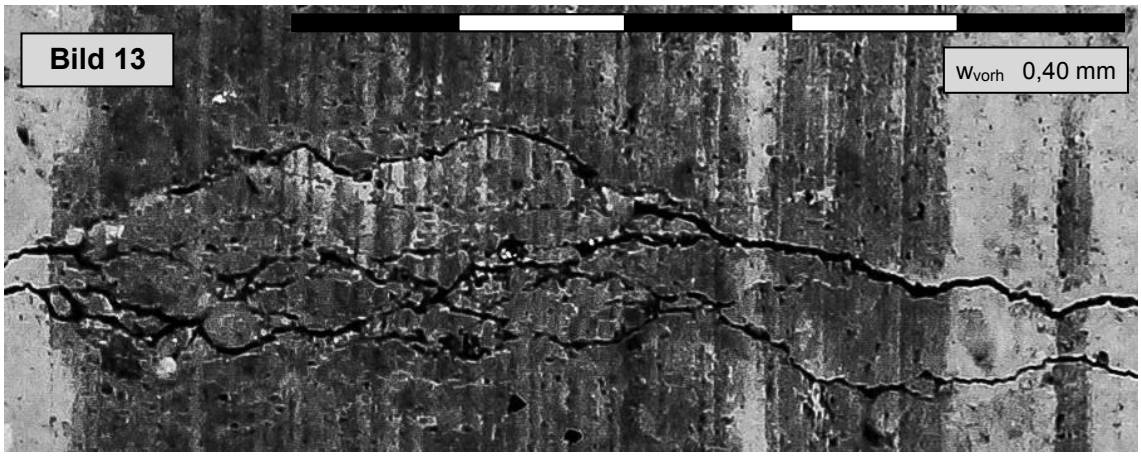


Bild 13
w_{vorh} 0,40 mm

5 Fazit

Im Rahmen dieses durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) geförderten Forschungsvorhabens wurde die Rissflankenbruchneigung bei gängigen Industrieböden empirisch untersucht. Ziel war es, eine umfassende und zuverlässige Beschreibung der Einflüsse auf die Rissflankenbruchneigung von befahrenen Industrieböden zu erstellen und Strategien zur Vermeidung von Bau- oder Nutzungsschäden zu entwickeln. Dazu wurde ein umfangreiches Versuchsprogramm durchgeführt. Neben der Betonfestigkeitsklasse wurden die Art der Oberflächenvergütung, die Rissbreiten sowie die Art der Beanspruchung, variiert. Insgesamt wurden 23 Prüfkörper getestet.

Die Auswertung der Versuche gestaltete sich schwierig. Die Einflüsse der einzelnen Parameter auf die Rissflankenbruchneigung ließen sich nicht eindeutig und zuverlässig identifizieren und Zusammenhänge oder Gesetzmäßigkeiten feststellen bzw. erkennen.

Allgemein war festzustellen, dass auch die Ausführungsqualität des Industriebodens ganz entscheidenden Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung hat. Dies galt insbesondere bei den Stahlbetonindustrieböden. Hier variierte die Oberflächenqualität mehr als bei Böden mit Hartstoffschicht aus Werktrockenmörtel. Außerdem hat sich in den Versuchen gezeigt, dass das Rissbild bzw.-. der Rissverlauf ganz entscheidenden Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung hat. Verästelungen im Rissverlauf, wie dies etwa bei Krakeleerissen zu beobachten ist, begünstigen die Entstehung von Flankenabbrüchen stark. Die Einflüsse der Parameter Befahrung bzw. Bereifung, Industriefubodenvariante und Rissbreite werden von den Beiden genannten Effekten teilweise überlagert. Dennoch wurde der Versuch unternommen die unterschiedlichen Parameter für die einzelnen Konstellationen in tabellarischer form systematisch auszuwerten. Dabei wurden die zahlreichen Rad- und Rollenarten, zu drei Hauptgruppen oder Beanspruchungsklassen zusammengefasst. Diese Kategorisierung entspricht auch in etwa der Kategorisierung nach Tabelle 1 des DBV-Merkblattes [3].

Die Wahl der Reifen mit denen ein Industrieboden befahren werden soll hat primären Einfluss auf das Ausmaß der Schäden an Rissflanken. Es hat sich gezeigt, dass bei Stahlbetonindustrieböden auch luftbereifte Fahrzeuge sowie Fahrzeuge mit Bandagen aus Elastik-Vollgummi Schäden an Rissflanken verursachen können, wenn auch die Schäden bei kleineren Rissbreiten weniger gravierend waren. Bei oberflächenvergüteten Böden war das Ausmaß der Schäden infolge einer Befahrung mit Luftreifen bzw. Reifen oder Bandagen aus Elastik-Vollgummi deutlich geringer. Es hat sich weiterhin gezeigt, dass bei Stahlbetonindustrieböden Fahrzeuge mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff deutliche Schäden an Rissflanken verursachen können. Breite Bandagen haben dabei ein auffallend höheres Schadenspotential als Hubwagenrollen. Infolge von Lenkvorgängen ergeben sich Schubbeanspruchungen für den Boden und es kam auch bei kleineren Rissbreiten zu großformatigen Abbrüchen an Rissflanken. Bei Oberflächenvergüteten Böden war das Ausmaß der Schäden infolge einer Befahrung mit Reifen oder Elastomerbandagen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff deutlich geringer. Bei einer Befahrung mit Polyamidrollen kam es bei Stahlbetonindustrieböden unabhängig von der Rissbreite zu massiven Schäden an den Rissflanken sowie zu massiven Verschleißerscheinungen auf der Betonoberfläche. Bei Industrieböden mit Hartstoffeinstreu-

ung oder Hartstoffschicht traten keine Verschleißerscheinungen auf aber es kam ebenfalls zu gravierenden Rissflankenabbrüchen. Die Versuche zeigen klar die Wirksamkeit einer Hartstoffschicht sowie einer Hartstoffeinstreuung bei mechanischer Beanspruchung.
Es konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit und der Rissflankenbruchneigung gefunden werden. Bei den Versuchen mit Betonen unterschiedlicher Festigkeit unterschieden sich die Schadensbilder nur unwesentlich von einander. Insgesamt bleibt aber festzuhalten, dass die Art der Oberflächenbearbeitung bzw. Oberflächenvergütung Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung bei Industrieböden hat.
Bei den Versuchen mit flügelgeglättetem Stahlfaserbeton ohne Hartstoffeinstreuung oder –verschleißschicht zeigt sich die Bedeutung einer üblicherweise vorgenommenen Hartstoffeinstreuung bzw. einer Hartstoffverschleißschicht. Einzelne Fasern waren hier an der Oberfläche sichtbar und wurden durch die Überfahrung aus dem Beton gelöst. Neben den dadurch bedingten zusätzlichen Abnutzungserscheinungen der Betonoberfläche waren Flankenabbrüche bei allen Rissbreiten zu verzeichnen, vergleichbar denen bei einem nicht faserbewehrten Beton ohne zusätzliche Oberflächenvergütung.
Bei manchen Konstellationen konnte festgestellt werden, dass das Ausmaß der Schäden mit der Rissbreite tendenziell zunimmt. Teilweise konnte aber auch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Rissbreite und Rissflankenbruchneigung gefunden werden. An den Flanken der Fugenschnitte traten während den Versuchen mit Luftbereifung und Reifen aus Elastik-Vollgummi kaum oder gar keine Abbrüche auf. Für eine Befahrung mit Bandagen aus Polyurethan waren massive Schäden an den Flanken der Fugenschnitte zu verzeichnen. Für eine Befahrung mit Hubwagenrollen aus Polyurethan waren dagegen kaum oder gar keine Schäden zu verzeichnen. Bei einer Befahrung mit Rollen aus Polyamid kam es wiederum zu massiven Flankenabbrüchen an den Fugenschnitten.
Die Schäden traten teilweise bereits nach wenigen Rissüberfahrungen auf, spätestens nach 10.000 Überfahrungen. Eine Systematik wann Flankenabbrüche auftreten oder gar wie sich der Grad der Schädigungen mit der Anzahl an Überfahrungen ändert konnte nicht gefunden werden. Letztendlich bleibt festzustellen, dass auch bei Rissen mit kleinen Rissbreiten und Krakeleerissen mit Flankenschäden gerechnet werden muss. Krakeleerisse lassen sich durch sachgerechte Herstellung und eine geeignete Nachbehandlung weitestgehend vermeiden. Die Frage nach einer wirksamen Rissbreitenbeschränkung in Bezug auf eine Verhinderung von Flankenabbrüchen ist jedoch schwierig zu beantworten. Eine Beschränkung der Rissbreite bei Trennrissen infolge Zwangspannungen aus Schwindvorgängen oder Temperaturbeanspruchungen auf ein Maß kleiner 0,1 mm ist sicherlich unwirtschaftlich und damit unrealistisch. Das Fazit muss also lauten: eine gänzliche Verhinderung von Rissflankenabbrüchen bei Industrieböden ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht möglich. Für bestimmte Anwendungsfälle sind Flankenschäden unter Umständen bis zu einem gewissen Grad tolerierbar. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Flankenschäden an Rissen mit kleiner Rissbreite weniger gravierend waren und teilweise auch nicht zwingend auftreten müssen.
Die Bewertung der in den Versuchen beobachteten Schäden gestaltet sich schwierig. Die Frage „was ist ein Mangel und was nicht?“ kann pauschal nicht beantwortet werden. Bauherren haben ganz unterschiedliche Ansichten welches Ausmaß an Flankenabbrüchen noch zu

tolerieren ist und was nicht. Dies hängt stark von der beabsichtigten Nutzung der Räumlichkeiten ab und der damit verbundenen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit, beispielsweise Reinheit, Ebenheit und in Bezug auf die Optik von Böden.
Als Ansatz zur Vermeidung von Rissflankenabbrüchen bzw. zum Umgang mit Rissflankenabbrüchen bei befahrbaren Industrieböden wurde der gewählt, mit beispielhaften Schadensbildern zu Arbeiten. Es werden für eine bestimmte Belastung (Befahrung mit einem Radtyp) und für verschiedene Industriebodenvarianten sowie Rissbreiten, zu erwartende Schadensbilder angegeben. Die dabei aufgeführten Schadensbilder stammen aus den Versuchen und sollen das Spektrum der zu erwartenden Schadensbilder darstellen. Bauherr, Planer und Bauausführende können auf dieser Grundlage vor Herstellung Erwartungen abgleichen und ausgewogene vertragliche Vereinbarungen treffen. Bei dem Ansatz wurde sich in Bezug auf die Beanspruchung an die Kategorisierung nach Tabelle 1 des DBV-Merkblattes angelehnt. Konstellationen (Industriebodenvariante und Bereifung) die nach Tabelle 1 des DBV-Merkblattes [3] nicht zulässig sind wurden nicht mit aufgenommen. Die Kategorisierung nach Tabelle 1 des DBV-Merkblattes ist insbesondere vor dem Hintergrund sinnvoll, dass die darin gemachten Vorgaben im Zusammenhang mit der Verschleißproblematik bei Industrieböden ohnehin von Bedeutung sind. Wie sich bei den Versuchen gezeigt hat, steht die Rissflankenbruchproblematik in enger Verbindung mit den Verschleißeigenschaften eines Bodens und sollte zweckmäßigerweise gemeinsam betrachtet werden.
Die Ergebnisse sollen durch eine Veröffentlichung in einer rezensierten nationalen oder internationalen Fachzeitschrift bekannt gemacht werden. Weiterhin ist vorgesehen die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens detektierten Einflussfaktoren in Bezug auf Rissflankenabbrüche in das DBV-Merkblatt „Industrieböden aus Beton…“ [3] mit aufzunehmen. Ziel ist es, eine breite Anwendung in der Praxis zu ermöglichen und somit zur Vermeidung von Bau- oder Nutzungsschäden sowie zur besseren Planungs- und Vertragssicherheit beizutragen.

6 Literaturverzeichnis

[1] DIN 1045-1, Tragwerke aus Beton- und Stahlbeton-Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Ausgabe 2008-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Beuth Verlag GmbH Berlin Wien Zürich.

[2] DIN 1055-3, Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten. Ausgabe 2006-03, Deutsches Institut für Normung e. V.: Beuth Verlag GmbH Berlin Wien Zürich.

[3] DBV-Merkblatt Industrieböden aus Beton für Frei- und Hallenflächen, Fassung November 2004. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., Berlin 2005.

[4] Lohmeyer, G., Eberling, K.: Betonböden für Produktions- und Lagerhallen, Planung, Bemessung, Ausführung, 2. überarbeitete Auflage, Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2008.

[5] Stenzel, G.: Beton-Bodenplatten für Hallen-Freiflächen. In: Beton- und Stahlbetonbau 100 (2005). Heft 4, S. 277-288.

[6] Stenzel G.: Industriefußböden. Beitrag im Betonkalender 2006, Teil 2, S. 263, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH und Co. KG, Berlin 2006.

[7] Schöppel K.: Planung von nicht tragenden Bodenplatten. In: Beton- und Stahlbetonbau 102 (2007), Heft 10, Seite 716-724.

[8] Rödig W., Vogel G.: Enzyklopädie der Flurförderzeuge, 6. Auflage. AGT Verlag Thum GmbH, Ludwigsburg 2001.

[9] Müller H., Haist M.(Hrsg.): Industrieböden aus Beton, 4. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung, Universität Karlsruhe (TH), 15. März 2007, Universität Karlsruhe.

[10] Kunz, J. Holzinger, M.: Kunststofflaufrollen mit dachartigem Laufmantelprofil. Kunststoffe-Synthetics 11/2006, S. 24-27.

[11] Oster, S.: Konstruktion und Bau eines Versuchsstandes zur Untersuchung des Zusammenhangs von Rissbreite und Rissflankenbruchneigung bei Industriefußböden. Diplomarbeit, FG Massivbau und Baukonstruktion, TU Kaiserslautern 2010.

[12] Rahn, T.: Untersuchung des Zusammenhangs von Rissbreite und Rissflankenbruchneigung bei Industriefußböden. Diplomarbeit, FG Massivbau und Baukonstruktion, TU Kaiserslautern 2010.

[13] Schnell, J., Oster, S.: Planung von Rissbreiten in befahrbaren fugenlosen Stahlbetonbodenplatten. 55. Betontage, Neu Ulm, 08.-10. Februar 2011.

[14] Deutscher Ausschuss für Stahlbetonbau Heft 525 Erläuterungen zu DIN 1045-1, 3. Auflage, Beuth Verlag GmbH Berlin Wien Zürich.

[15] www.stapler-wissen.de

[16] Continental, Technischer Ratgeber Industriereifen. Ausgabe 04/2008.

[17] Cziesielski, E.: Lehrbuch der Hochbaukonstruktion, 3. Auflage. Teubnerverlag Stuttgart 1997.

[18] Krell, J.: Wann darf und wann muss ich glätte?, 55. Betontage, Neu Ulm, 08.-10. Februar 2011.

[19] Seidler, P.: Handbuch Industrieböden, Planung Ausführung, Instandhaltung, Sanierung, 3. Auflage, Expert Verlag Renningen-Malmsheim 1994.

[20] Bundesfachgruppe Estrich und Belag im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V., Bundesverband Estrich und Belag e.V., Bundesfachschule Estrich und Belag e. V.: Handbuch für das Estrich- und Belaggewerbe, Robert Müller Verlag Köln 1997.

[21] Breitenbücher, R.: potenzielle Ursachen von Mängeln in Industrieböden aus Beton und deren Bewertung, Beitrag auf dem 4. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung, Universität Karlsruhe 15. März 2007.

[22] DIN 1045-2, Tragwerke aus Beton- und Stahlbeton-Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Ausgabe 2008-08, Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH Berlin Wien Zürich.

[23] Meier, A.: Sind intakte Industrieböden möglich? – Typische Fälle aus der Bauberatung, Schriftfassung des Vortrags auf der DBV-Regionaltagung 2011

[24] Lohmeyer, G., Eberling, K.: Betonböden für Produktions- und Lagerhallen, Planung, Bemessung, Ausführung, 3. überarbeitete Auflage, Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2012.

[25] Tobisch, K.: Über den Zusammenhang zwischen Shore A und Shore D Härte. Kautsch. Gummi Kunstst. 34 (1981) 347-349

[26] Herstellerangaben: http://www.fta.info/de/Technische-Info-Raeder.html; Stand Mai 2012

[27] Herstellerangaben: http://www.blickle.de/schwerlastraeder.html; Stand Mai 2012

[28] Manns, W., Schneider, H., Elsäßer, H.: Simulierung der Verschleißbeanspruchung von Estrischen im Industriebau durch Flurförderzeuge, In: Boden-wand-decke (1982), Heft 12, Seite 74-76.

[29] Schnell, J., Oster, S: Abschlussbericht zum DBV-Forschungsvorhaben 283: Zusammenhang von Rissbreiten und Rissflankenbruchneigung bei Industriefußböden. Fraunhofer IRB Verlag 2012:

[30] Eurocode 1: DIN 1991-1-1:2010-12: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau, Deutsches Institut für Normung e. V.: Beuth Verlag GmbH Berlin.

[31] Eurocode 1: DIN 1991-1-1/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau, Deutsches Institut für Normung e. V.: Beuth Verlag GmbH Berlin.

[32] Eurocode 2: DIN 1992:2010-12: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Deutsches Institut für Normung e. V.: Beuth Verlag GmbH Berlin.

[33] Eurocode 2: DIN 1992/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Deutsches Institut für Normung e. V.: Beuth Verlag GmbH Berlin.

[34] Schnell, J., Oster, S: .: Zusammenhang von Rissbreiten und Rissflankenbruchneigung bei Industriefußböden, in: Heft 26, Oberflächeneigenschaften von Beton, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., 2013, S. 49-54

[35] http://www.fta.info/de/Technische-Info-Raeder.html

[36] DBV-Merkblatt Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau, Fassung Januar 2006. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., Berlin 2006.

[37] DBV-Merkblatt Industrieböden aus Stahlfaserbeton, Fassung Juli 2013. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., Berlin 2013.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

BAUINGENIEURWESEN
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell
Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion

Erwin-Schrödinger-Straße
67663 Kaiserslautern
Gebäude 14, Zimmer 515
Telefon (0631) 2 05 - 21 57
Telefax (0631) 2 05 - 35 55
e-mail: juergen.schnell@bauing.uni-kl.de

Anhang zum
Abschlussbericht: **BBR Forschungsprojekt**

„Systematische Erforschung der Rissflankenbruchneigung von befahrbaren Industrieböden“

(SF-10.08.18.7-11.44)

Gefördert durch:

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Bau Kompetenz im Dialog
DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.
www.betonverein.de

BEKAERT
better together

Sachbearbeiter:	Dipl.-Ing.	Sebastian Oster	0631/205-5498
	M. Eng.	Casucci Daniele	0631/205-5219

Datum: 25. März 2014

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell

Dipl.-Ing. Sebastian Oster

Inhaltverzeichnis

Messstellenplan 3

Versuch 01 1

Versuch 02 12

Versuch 03 23

Versuch 04 36

Versuch 05 47

Versuch 06 58

Versuch 07 69

Versuch 08 wurde geprüft aber nicht ausgewertet 80

Versuch 09 81

Versuch 10 91

Versuch 11 102

Versuch 12 112

Versuch 13 122

Versuch 14 132

Versuch 15 142

Versuch 16 152

Versuch 17 wurde geprüft aber nicht ausgewertet 170

Versuch 18 171

Versuch 19 181

Versuch 20 190

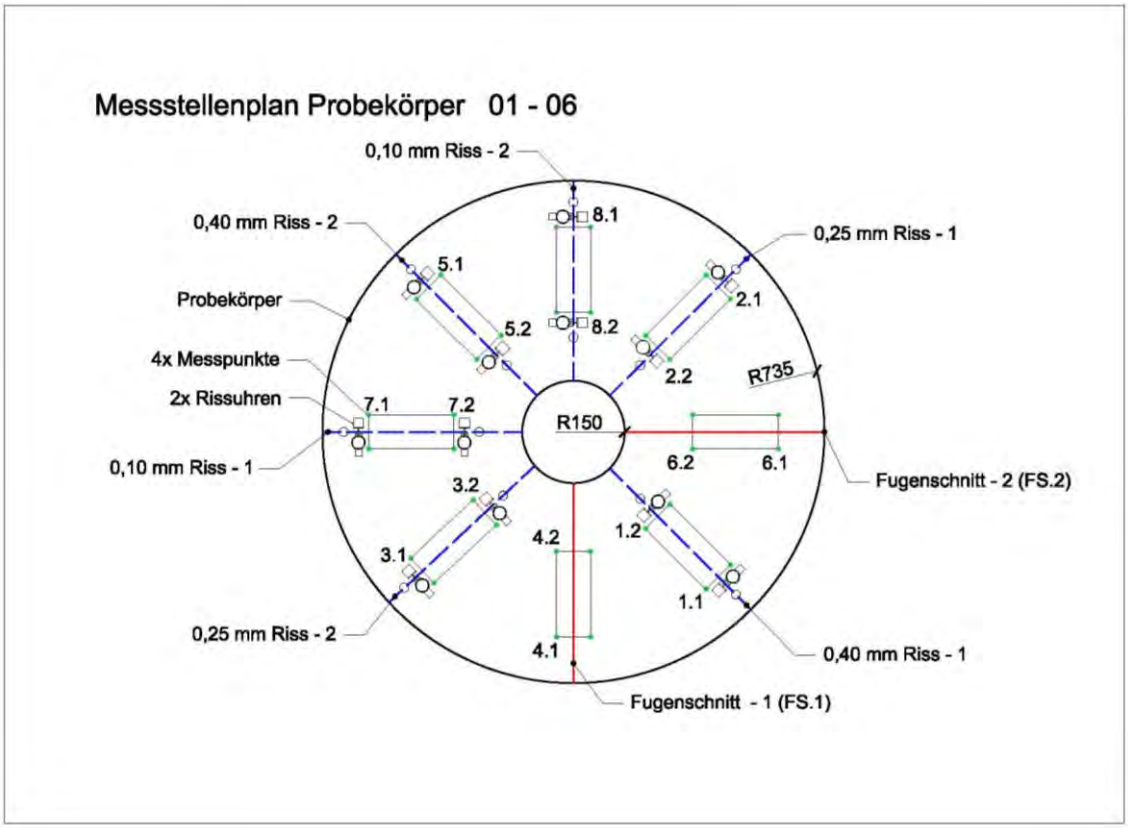
Versuch 21 199

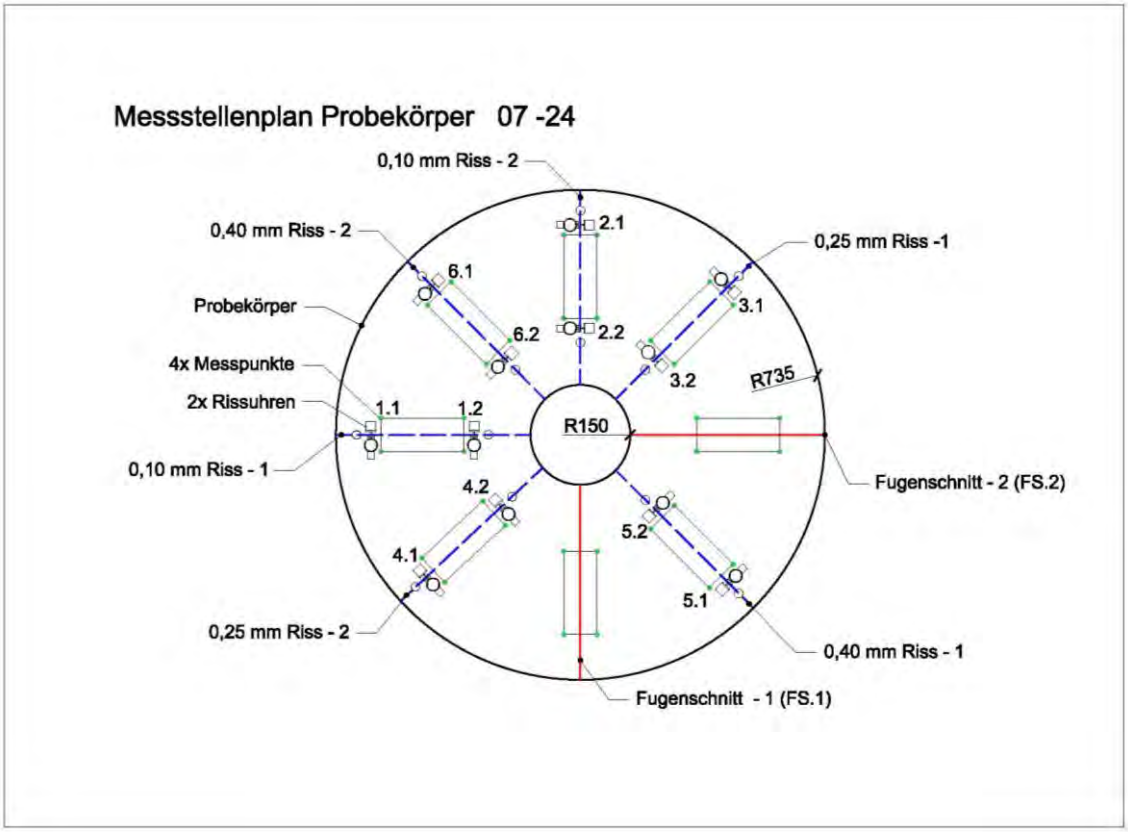
Versuch 22 208

Versuch 23 217

Versuch 24 226

Messstellenplan





Versuch 01

Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Probekörper:	-	PK01 SBF
Beton:	-	C35/45
Betonagedatum:	-	06.05.2011
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	51,04
→ am (Versuchsbeginn):	-	01.08.2011
→ Betonalter	[d]	87
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	51,83
→ am (Versuchsende):	-	08.08.2011
→ Betonalter	[d]	94
Solllast:	[kN]	15,00
Last gemessen:	[kg]	15,08

Bemerkungen

Der 0,40 - 1 mm Riss teilt sich im Bereich der Überfahrung auf; Durch den Gummiabrib werden im Verlauf des Versuchs (ca. ab 3.000 Überfahrungen) netzartige oberflächennahe Risse im gesamte "Fahrbahnbereich" sichtbar; bei 0,25 mm und 0,40 mm Riss ab 100 Überfahrungen und bei 0,10 mm Riss ab 500 Überfahrungen kleinere Abbrüche erkennbar; ab 4000 Überfahrung keine Veränderung mehr erkennbar. Am Fugenschnitt sind keine Schädigungen feststellbar.

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40 mm.1	1.1	**0,377**	**0,364**	**0,362**	**0,364**	**0,350**	**0,364**	**0,356**	**0,359**	**0,353**
	1.2	**0,390**	**0,383**	**0,375**	**0,382**	**0,377**	**0,378**	**0,375**	**0,372**	**0,368**
	1.3	0,314	0,310	0,306	0,316	0,310	0,300	0,309	0,305	0,307
	1.4	0,167	0,169	0,168	0,181	0,172	0,170	0,182	0,173	0,169
	1.5	0,131	0,154	0,179	0,158	0,163	0,163	0,098	0,171	0,080
	1.6	0,220	0,171	0,130	0,185	0,184	0,181	0,192	0,186	0,136
0,25 mm.1	2.1	**0,261**	**0,259**	**0,264**	**0,270**	**0,265**	**0,258**	**0,272**	**0,266**	**0,266**
	2.2	**0,312**	**0,311**	**0,312**	**0,324**	**0,314**	**0,313**	**0,319**	**0,327**	**0,316**
	2.3	0,311	0,290	0,277	0,296	0,296	0,269	0,285	0,299	0,301
	2.4	0,116	0,112	0,112	0,124	0,126	0,117	0,137	0,132	0,122
	2.5	0,248	0,266	0,212	0,180	0,190	0,222	0,224	0,186	0,278
	2.6	0,215	0,220	0,188	0,199	0,230	0,192	0,233	0,236	0,185
FS.1	4.1	**0,027**	**0,022**	**0,026**	**0,027**	**0,026**	**0,021**	**0,028**	**0,030**	**0,019**
	4.2	**0,016**	**0,021**	**0,019**	**0,023**	**0,021**	**0,020**	**0,031**	**0,023**	**0,016**
FS.2	6.1	**0,032**	**0,014**	**0,024**	**0,028**	**0,028**	**0,025**	**0,035**	**0,032**	**0,031**
	6.2	**0,018**	**0,010**	**0,017**	**0,019**	**0,013**	**0,013**	**0,025**	**0,027**	**0,016**

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25 mm.2	3.1	**0,280**	**0,272**	**0,276**	**0,270**	**0,265**	**0,270**	**0,276**	**0,269**	**0,273**
	3.2	**0,287**	**0,289**	**0,288**	**0,291**	**0,284**	**0,273**	**0,284**	**0,283**	**0,281**
	3.3	0,231	0,236	0,238	0,243	0,242	0,237	0,243	0,245	0,241
	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5	0,053	0,007	0,066	0,103	0,089	0,049	0,057	0,111	0,105
	3.6	0,066	0,081	0,143	0,130	0,135	0,092	0,081	0,101	0,113
0,40 mm.2	5.1	**0,444**	**0,434**	**0,428**	**0,433**	**0,427**	**0,428**	**0,440**	**0,438**	**0,430**
	5.2	**0,430**	**0,428**	**0,421**	**0,418**	**0,420**	**0,421**	**0,422**	**0,425**	**0,420**
	5.3	0,361	0,357	0,333	0,354	0,356	0,352	0,361	0,365	0,355
	5.4	0,212	0,211	0,209	0,204	0,210	0,203	0,230	0,213	0,212
	5.5	0,247	0,253	0,243	0,251	0,266	0,254	0,241	0,248	0,235
	5.6	0,090	0,121	0,067	0,100	0,080	0,114	0,154	0,072	0,089
0,10 mm.1	7.1	**0,167**	**0,175**	**0,162**	**0,169**	**0,169**	**0,173**	**0,176**	**0,182**	**0,185**
	7.2	**0,155**	**0,165**	**0,149**	**0,162**	**0,155**	**0,160**	**0,157**	**0,171**	**0,176**
	7.3	0,092	0,111	0,109	0,115	0,114	0,112	0,128	0,126	0,128
	7.4	0,023	0,033	0,022	0,029	0,024	0,035	0,055	0,051	0,058
	7.5	0,113	0,128	0,104	0,086	0,081	0,110	0,110	0,093	0,173
	7.6	0,011	0,002	0,010	0,047	0,040	0,079	0,030	0,080	0,008
0,10 mm.2	8.1	**0,119**	**0,142**	**0,140**	**0,159**	**0,150**	**0,150**	**0,159**	**0,165**	0,159
	8.2	**0,142**	**0,130**	**0,134**	**0,145**	**0,137**	**0,131**	**0,143**	**0,152**	0,134
	8.3	0,114	0,121	0,119	0,125	0,130	0,120	0,127	0,132	0,124
	8.4	0,065	0,255	0,070	0,075	0,073	0,064	0,088	0,076	0,071
	8.5	0,011	0,026	0,010	0,070	0,099	0,023	0,018	0,034	0,068
	8.6	0,036	0,070	0,064	0,172	0,119	0,125	0,104	0,192	0,086

Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
01.08.2011	149,80	149,50	150,00	7,52	2238,29	1107	49,43
01.08.2011	149,80	150,30	149,60	7,62	2263,20	1168	51,88
01.08.2011	149,80	150,200	149,900	7,561	2241,795	1166	51,82
						Mittelwert	**51,04**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
05.08.2011	150,40	149,90	149,60	7,58	2247,44	1172,00	51,99
05.08.2011	150,00	149,90	149,60	7,64	2271,57	1184,00	52,66
05.08.2011	150,30	149,80	149,60	7,61	2259,05	1145,00	50,86
						Mittelwert	**51,83**

Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
2000	
10.000	
25.000	

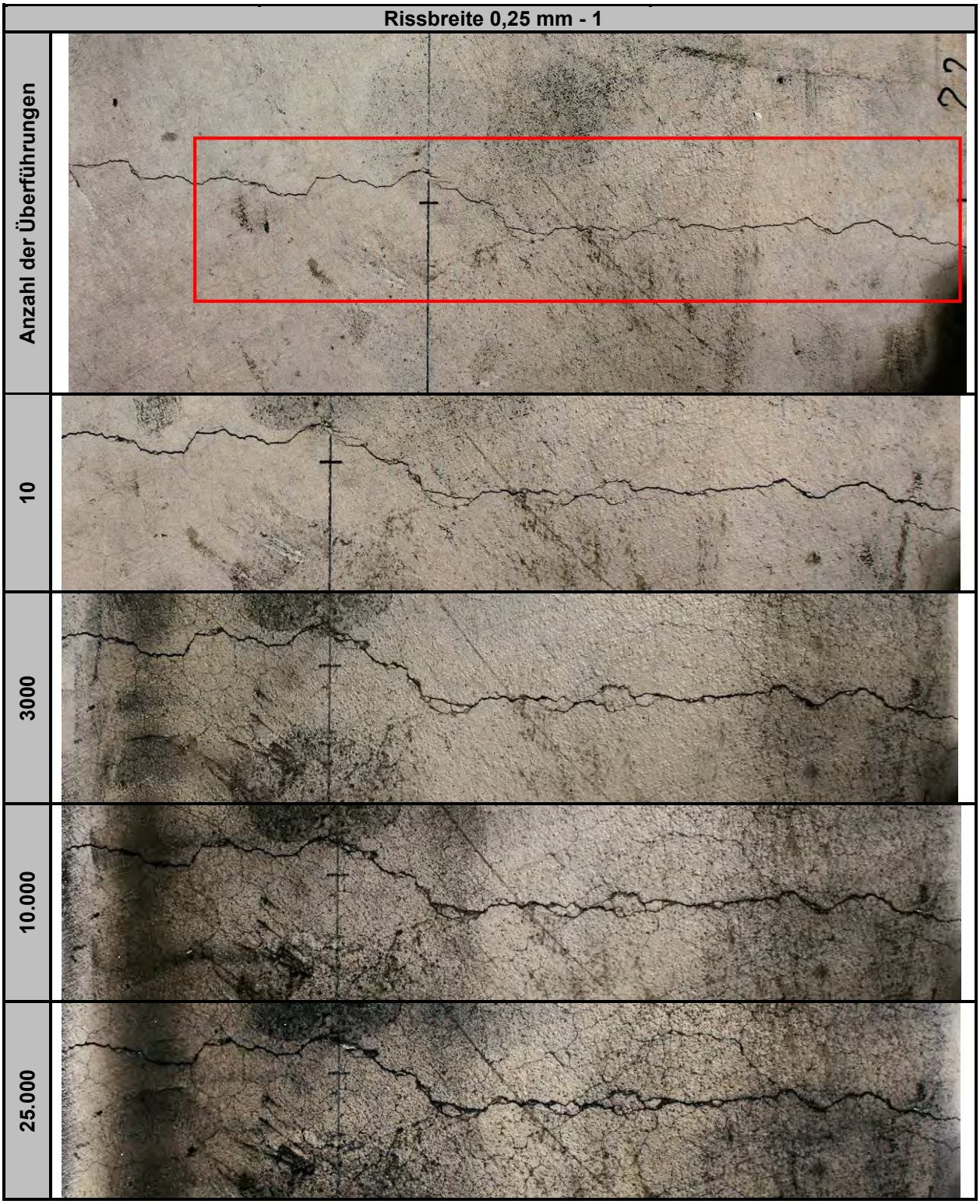
Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,25 mm - 1



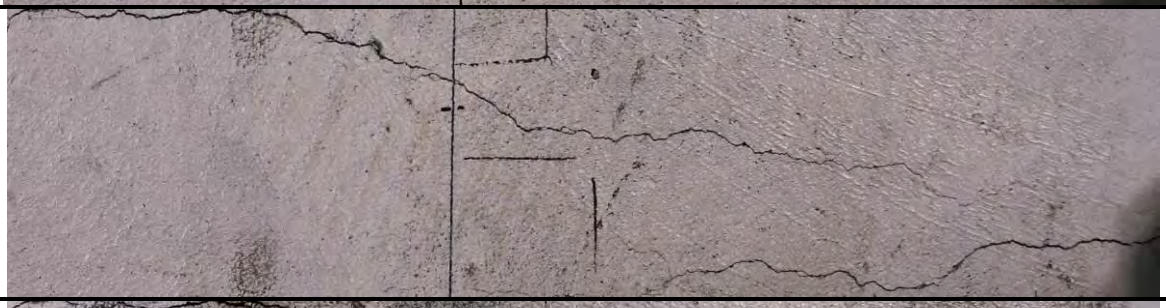
Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

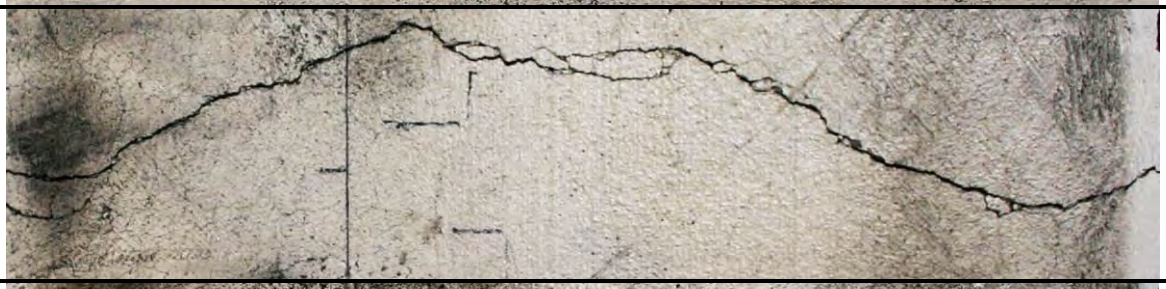
Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

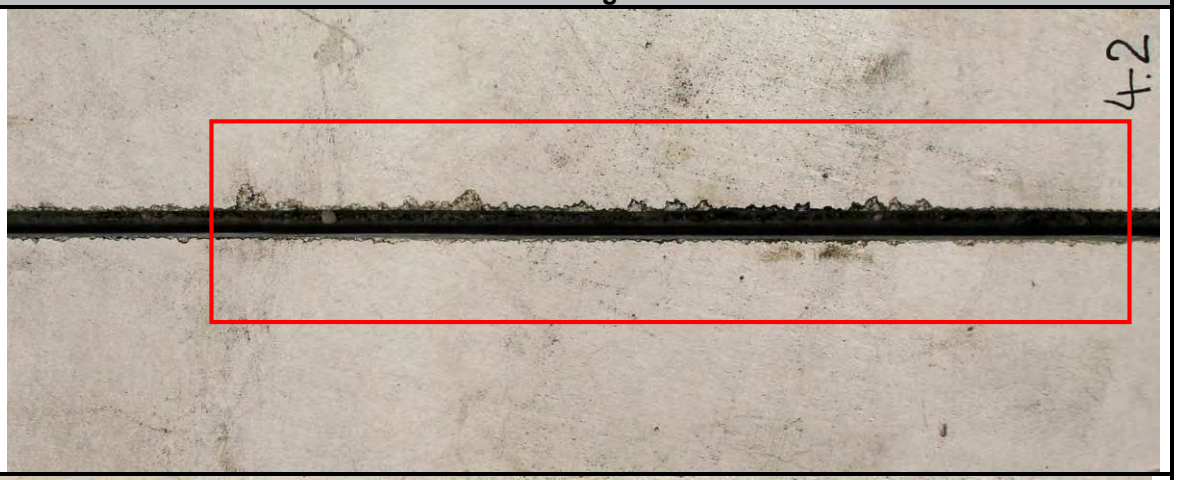
Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
20.000	

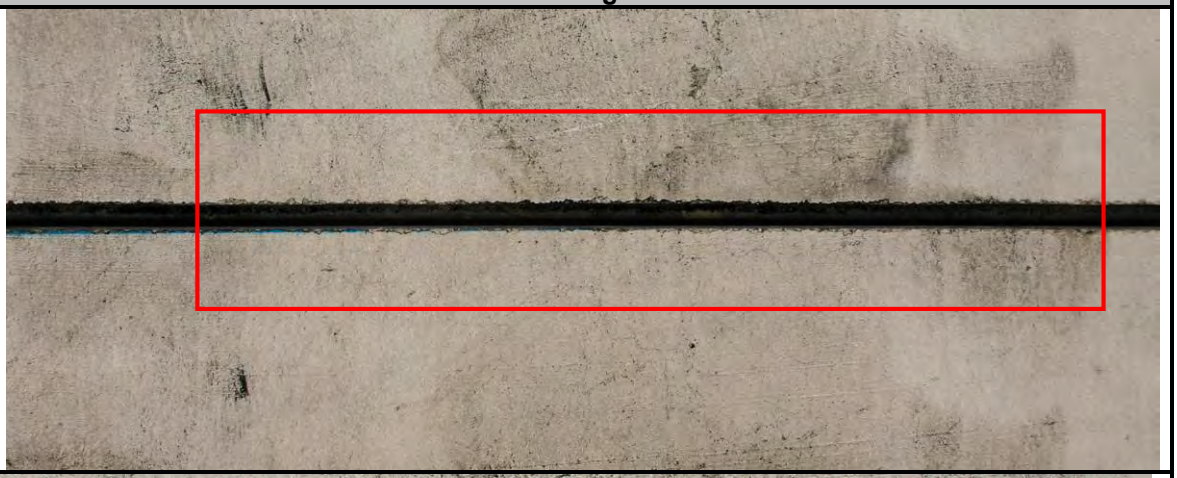
Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
2000	
10.000	
25.000	

Versuch V01 SBF - Probekörper PK 01 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
3000	
10.000	
25.000	

Versuch V02 SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummiausführung - Radlast 15 kN

Probekörper:	-	PK02 SBF
Beton:	-	C35/45
Betonagedatum:	-	17.05.2011
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	55,24
→ am (Versuchsbeginn):	-	09.08.2011
→ Betonalter	[d]	84
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	56,72
→ am (Versuchsende):	-	16.08.2011
→ Betonalter	[d]	91
Solllast:	[kN]	15,00
Last gemessen:	[kN]	15,08

Bemerkungen

Rissverlauf beim 0,10 - 1 und 0,25 - 2 mm Riss leicht verästelt; Der 0,10 - 2 mm Riss teilt sich im Bereich der Überfahrung auf; Rissverlauf beim 0,40 - 2 Riss verästelt. Durch den Gummiabrib werden im Verlauf des Versuchs (ca. ab 3.000 Überfahrungen) netzartige oberflächennahe Risse im gesamte "Fahrbahnbereich" sichtbar. Bei allen drei Rissbreite ab 100 Überfahrungen kleine Abbrüche erkennbar, deutlicher bei 0,25 und 0,40 mm Risse; ab 5000 Überfahrung kleine Veränderung erkennbar. Fugenschnitte bleiben über die gesamte Versuchsdauer ohne Abbrüche. Abriebverhalten ähnlich Versuch V01 SBF.

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	3.000	6.000	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40 mm.1	1.1	**0,431**	**0,425**	**0,450**	**0,438**	**0,429**	**0,432**	**0,436**	**0,432**	**0,418**
	1.2	**0,497**	**0,489**	**0,484**	**0,489**	**0,489**	**0,485**	**0,485**	**0,487**	**0,478**
	1.3	0,426	0,442	0,432	0,428	0,433	0,432	0,438	0,435	0,436
	1.4	0,211	0,227	0,208	0,205	0,221	0,230	0,221	0,216	0,215
	1.5	0,124	0,156	0,194	0,194	0,171	0,174	0,197	0,183	0,130
	1.6	0,421	0,092	0,098	0,147	0,162	0,111	0,169	0,228	0,180
0,25 mm.1	2.1	**0,206**	**0,190**	**0,197**	**0,193**	**0,189**	**0,191**	**0,192**	**0,186**	**0,188**
	2.2	**0,292**	**0,300**	**0,301**	**0,293**	**0,295**	**0,283**	**0,286**	**0,287**	**0,293**
	2.3	0,128	0,119	0,130	0,118	0,125	0,115	0,113	0,127	0,124
	2.4	0,101	0,109	0,111	0,110	0,117	0,128	0,112	0,121	0,121
	2.5	0,075	0,043	0,062	0,008	0,082	0,053	0,081	0,026	0,113
	2.6	0,041	0,003	0,070	0,052	0,117	0,016	0,119	0,049	0,009
FS.1	4.1	**0,017**	**0,029**	**0,010**	**0,024**	**0,021**	**0,020**	**0,021**	**0,024**	**0,032**
	4.2	**0,000**	**0,002**	**0,006**	**0,001**	**0,015**	**0,004**	**0,007**	**0,001**	**0,008**
FS.2	6.1	**0,032**	**0,028**	**0,027**	**0,033**	**0,052**	**0,039**	**0,053**	**0,037**	**0,037**
	6.2	**0,013**	**0,015**	**0,010**	**0,010**	**0,022**	**0,006**	**0,020**	**0,015**	**0,005**

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	3.000	6.000	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25 mm.2	3.1	**0,053**	**0,062**	**0,052**	**0,055**	**0,042**	**0,053**	**0,052**	**0,068**	0,040
	3.2	**0,182**	**0,181**	**0,184**	**0,178**	**0,169**	**0,185**	**0,191**	**0,185**	0,173
	3.3	0,172	0,167	0,176	0,162	0,167	0,171	0,151	0,167	0,163
	3.4	0,367	0,049	0,053	0,387	0,367	0,373	0,388	0,360	0,369
	3.5	0,128	1,903	0,078	0,124	0,076	0,114	0,078	0,040	0,039
	3.6	0,161	0,099	0,167	0,183	0,064	0,204	0,163	0,171	0,043
0,40 mm.2	5.1	**0,313**	**0,318**	**0,308**	**0,315**	**0,320**	**0,313**	**0,306**	**0,299**	**0,300**
	5.2	**0,527**	**0,532**	**0,521**	**0,524**	**0,528**	**0,512**	**0,512**	**0,508**	**0,513**
	5.3	0,348	0,341	0,336	0,355	0,350	0,344	0,341	0,349	0,344
	5.4	0,095	0,102	0,105	0,099	0,119	0,104	0,112	0,120	0,102
	5.5	0,020	0,106	0,105	0,100	0,119	0,131	0,028	0,090	0,130
	5.6	0,080	0,141	0,162	0,188	0,204	0,164	0,206	0,062	0,139
0,10 mm.1	7.1	**0,202**	**0,202**	**0,202**	**0,198**	**0,192**	**0,198**	**0,193**	**0,209**	**0,191**
	7.2	**0,174**	**0,184**	**0,190**	**0,186**	**0,174**	**0,175**	**0,179**	**0,186**	**0,177**
	7.3	0,143	0,135	0,149	0,146	0,148	0,146	0,140	0,151	0,140
	7.4	0,059	0,060	0,064	0,067	0,060	0,067	0,066	0,062	0,060
	7.5	0,095	0,003	0,132	0,059	0,058	0,115	0,138	0,016	0,007
	7.6	0,073	0,077	0,009	0,334	0,079	0,079	0,051	0,024	0,001
0,10 mm.2	8.1	**0,061**	**0,069**	**0,065**	**0,067**	**0,061**	**0,069**	**0,070**	**0,064**	**0,058**
	8.2	**0,083**	**0,096**	**0,087**	**0,082**	**0,077**	**0,087**	**0,093**	**0,084**	**0,082**
	8.3	0,136	0,152	0,150	0,148	0,152	0,147	0,149	0,143	0,143
	8.4	0,024	0,019	0,019	0,017	0,028	0,033	0,024	0,024	0,020
	8.5	0,014	0,069	0,064	0,011	0,067	0,026	0,099	0,020	0,068
	8.6	0,029	0,122	0,122	0,090	0,089	0,121	0,093	0,035	0,014

Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummiausführung - Radlast 15 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
09.08.2011	150,10	150,40	150,00	7,60	2242,89	1245,00	55,15
09.08.2011	150,10	150,40	150,10	7,65	2256,15	1217,00	53,91
09.08.2011	150,50	150,20	150,30	7,65	2251,04	1281,00	56,67
						Mittelwert	**55,24**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
16.08.2011	149,60	150,50	149,60	7,59	2254,01	1266,00	56,23
16.08.2011	149,70	150,00	149,60	7,66	2280,56	1285,00	57,23
16.08.2011	149,70	150,20	149,70	7,68	2280,45	1275,00	56,70
						Mittelwert	**56,72**

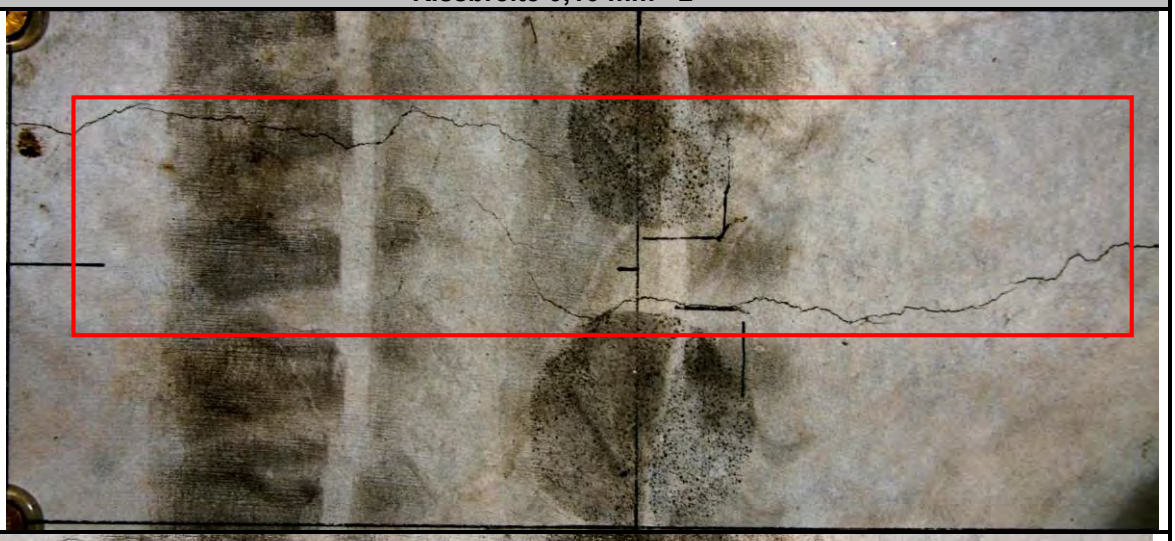
Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummi-ausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen (1)	
10	
3000	
10.000	
30.000	

Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummi-ausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen (1)	
	
10	
3000	
10.000	
30.000	

Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummi-ausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,25 mm - 1

Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummi-ausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen (1)	
10	
3000	
10.000	
30.000	

Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummi-ausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen (1)	
10	
3000	
10.000	
30.000	

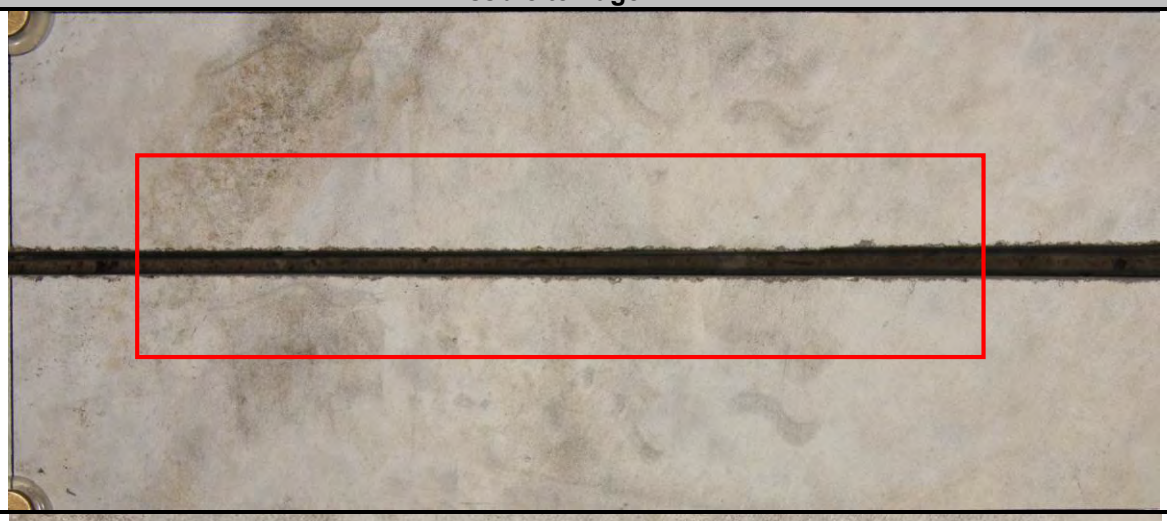
Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummi-ausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen (1)	
10	
3000	
10.000	
30.000	

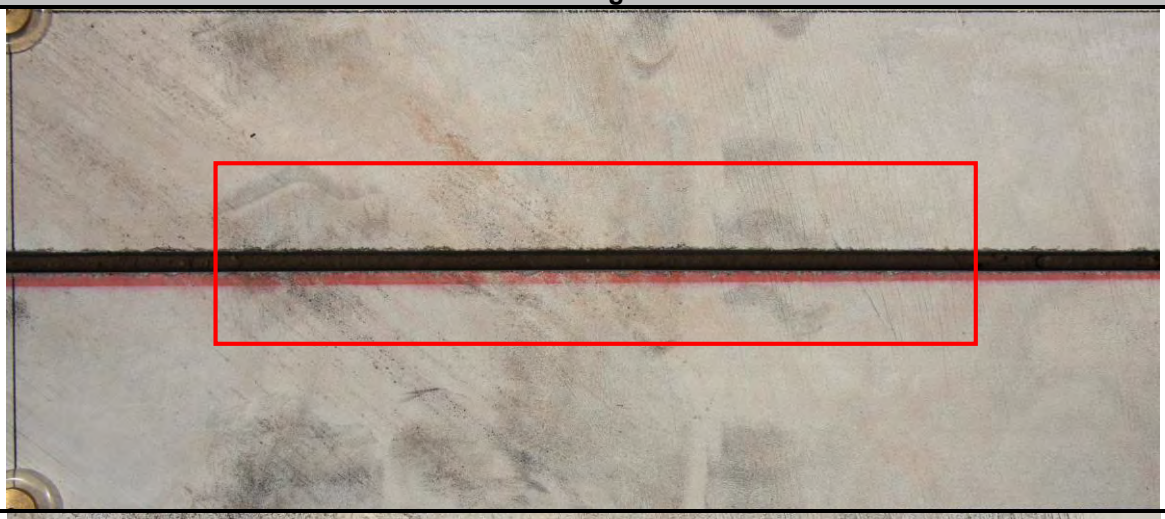
Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummi-ausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen (1)	
	
10	
3000	
10.000	
30.000	

Versuch V02 - SBF - Probekörper PK 02 C35/45 - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Vollgummi-ausführung - Radlast 15 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen (1)	
	
10	
3000	
10.000	
30.000	

Versuch 03

Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN

Probekörper:	-	PK03 SBF
Beton:	-	C35/45
Betonagedatum:	-	27.05.2011
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	52,44
→ am (Versuchsbeginn):	-	21.10.2011
→ Betonalter	[d]	147
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	54,28
→ am (Versuchsende):	-	28.10.2011
→ Betonalter	[d]	154
Solllast:	[kN]	4,00
Last gemessen:	[kg]	4,00

Bemerkungen

Rissverlauf bei allen Rissbreite verästelt; der 0,25 - 2 mm Riss teilt sich im Bereich der Überfahrung auf; 0,10 - 1, 0,25 - 1 und 0,40 - 1 mm Risse treffen sich nicht. Schaden und Abbrüche entstehen bereits innerhalb 500 Überfahrungen. Nach 2000 Überfahrungen beginnt die Betonoberfläche stark ab zu nutzen; die Abnutzung ist im Rissen Bereich ausgeprägt. Risse setzen sich im Verlauf des Versuchs durch Abrieb (Betonstaub) zu. Bei Fugen Abbruche entstehen bereits innerhalb 10 Überfahrungen.

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40 mm.1	1.1	**0,456**	**0,453**	**0,452**	**0,450**	**0,448**	**0,453**	**0,448**	**0,448**	**0,459**
	1.2	**0,559**	**0,547**	**0,552**	**0,549**	**0,547**	**0,549**	**0,556**	**0,555**	**0,545**
	1.3	0,452	0,428	0,440	0,430	0,429	0,430	0,437	0,438	0,432
	1.4	0,182	0,178	0,183	0,175	0,178	0,178	0,180	0,178	0,181
	1.5	0,199	0,209	0,197	0,252	0,183	0,227	0,187	0,224	0,229
	1.6	0,212	0,152	0,158	0,161	0,148	0,230	0,247	0,163	0,608
0,25 mm.1	2.1	**0,319**	**0,319**	**0,319**	**0,318**	**0,322**	**0,323**	**0,323**	**0,323**	**0,317**
	2.2	**0,303**	**0,304**	**0,304**	**0,307**	**0,304**	**0,309**	**0,318**	**0,308**	**0,318**
	2.3	0,094	0,094	0,095	0,100	0,098	0,099	0,104	0,100	0,111
	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.5	0,119	0,137	0,141	0,100	0,116	0,137	0,110	0,222	0,155
	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS.1	4.1	**0,020**	**0,027**	**0,017**	**0,019**	**0,024**	**0,029**	**0,019**	**0,022**	**0,021**
	4.2	**0,005**	**0,013**	**0,005**	**0,009**	**0,009**	**0,019**	**0,011**	**0,015**	**0,015**
FS.2	6.1	**0,026**	**0,026**	**0,023**	**0,030**	**0,023**	**0,024**	**0,030**	**0,032**	**0,024**
	6.2	**0,015**	**0,016**	**0,014**	**0,020**	**0,014**	**0,015**	**0,021**	**0,024**	**0,018**

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25 mm.2	3.1	**0,355**	**0,360**	**0,355**	**0,354**	**0,366**	**0,357**	**0,364**	**0,362**	0,362
	3.2	**0,393**	**0,391**	**0,391**	**0,391**	**0,399**	**0,390**	**0,400**	**0,391**	0,397
	3.3	0,092	0,103	0,094	0,103	0,104	0,092	0,103	0,098	0,098
	3.4	0,091	0,101	0,096	0,094	0,104	0,100	0,106	0,100	0,102
	3.5	0,108	0,193	0,213	0,190	0,150	0,175	0,165	0,164	0,123
	3.6	0,274	0,342	0,309	0,250	0,230	0,258	0,290	0,268	0,306
0,40 mm.2	5.1	**0,440**	**0,431**	**0,436**	**0,438**	**0,430**	**0,432**	**0,435**	**0,439**	**0,439**
	5.2	**0,466**	**0,459**	**0,461**	**0,465**	**0,453**	**0,456**	**0,455**	**0,460**	**0,457**
	5.3	0,352	0,345	0,339	0,342	0,339	0,343	0,340	0,342	0,339
	5.4	0,084	0,093	0,093	0,091	0,097	0,097	0,103	0,103	0,095
	5.5	0,019	0,009	0,027	0,002	0,035	0,102	0,064	0,074	0,051
	5.6	0,118	0,096	0,148	0,104	0,092	0,116	0,176	0,189	0,189
0,10 mm.1	7.1	**0,168**	**0,159**	**0,159**	**0,134**	**0,163**	**0,170**	**0,163**	**0,163**	**0,171**
	7.2	**0,203**	**0,198**	**0,198**	**0,210**	**0,195**	**0,193**	**0,208**	**0,202**	**0,207**
	7.3	0,197	0,196	0,194	0,209	0,189	0,199	0,200	0,201	0,204
	7.4	0,103	0,098	0,097	0,112	0,104	0,111	0,111	0,107	0,115
	7.5	0,180	0,196	0,144	0,185	0,167	0,229	0,143	0,164	0,163
	7.6	0,109	0,138	0,151	0,087	0,115	0,122	0,173	0,161	0,128
0,10 mm.2	8.1	**0,197**	**0,193**	**0,191**	**0,191**	**0,189**	**0,189**	**0,185**	**0,194**	**0,195**
	8.2	**0,196**	**0,195**	**0,196**	**0,198**	**0,199**	**0,188**	**0,192**	**0,200**	**0,205**
	8.3	0,169	0,172	0,158	0,160	0,167	0,158	0,173	0,163	0,172
	8.4	0,053	0,051	0,049	0,053	0,018	0,047	0,056	0,055	0,060
	8.5	0,103	0,053	0,090	0,064	0,129	0,105	0,114	0,068	0,084
	8.6	0,109	0,005	0,071	0,064	0,060	0,042	0,159	0,108	0,154

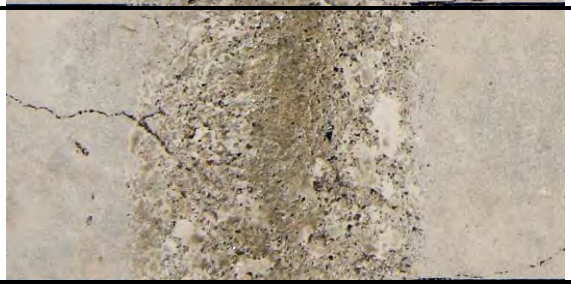
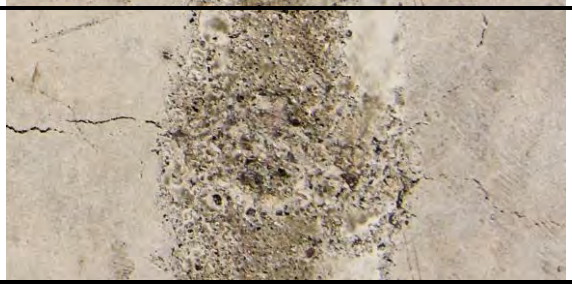
Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
21.10.2011	150,80	149,60	149,70	7,53	2228,48	1118,00	49,56
21.10.2011	149,70	149,90	149,70	7,59	2257,93	1244,00	55,44
21.10.2011	150,10	150,10	149,80	7,56	2238,82	1179,00	52,33
						Mittelwert	**52,44**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
27.10.2011	150,10	149,90	149,90	7,45	2209,18	1198,00	53,24
27.10.2011	150,20	150,20	150,30	7,50	2212,77	1197,00	53,06
27.10.2011	150,70	150,00	149,90	7,65	2257,94	1278,00	56,54
						Mittelwert	**54,28**

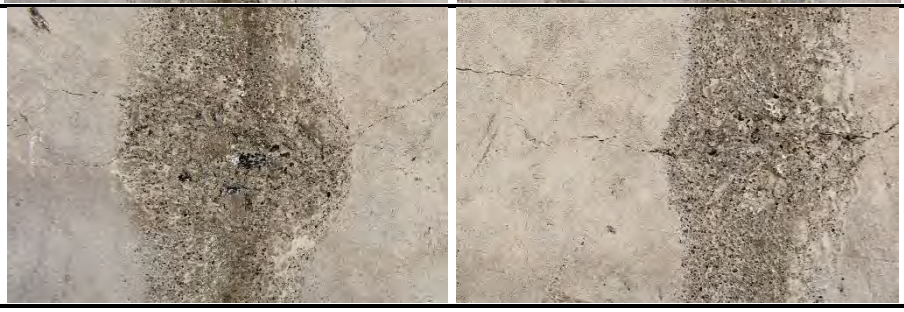
Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

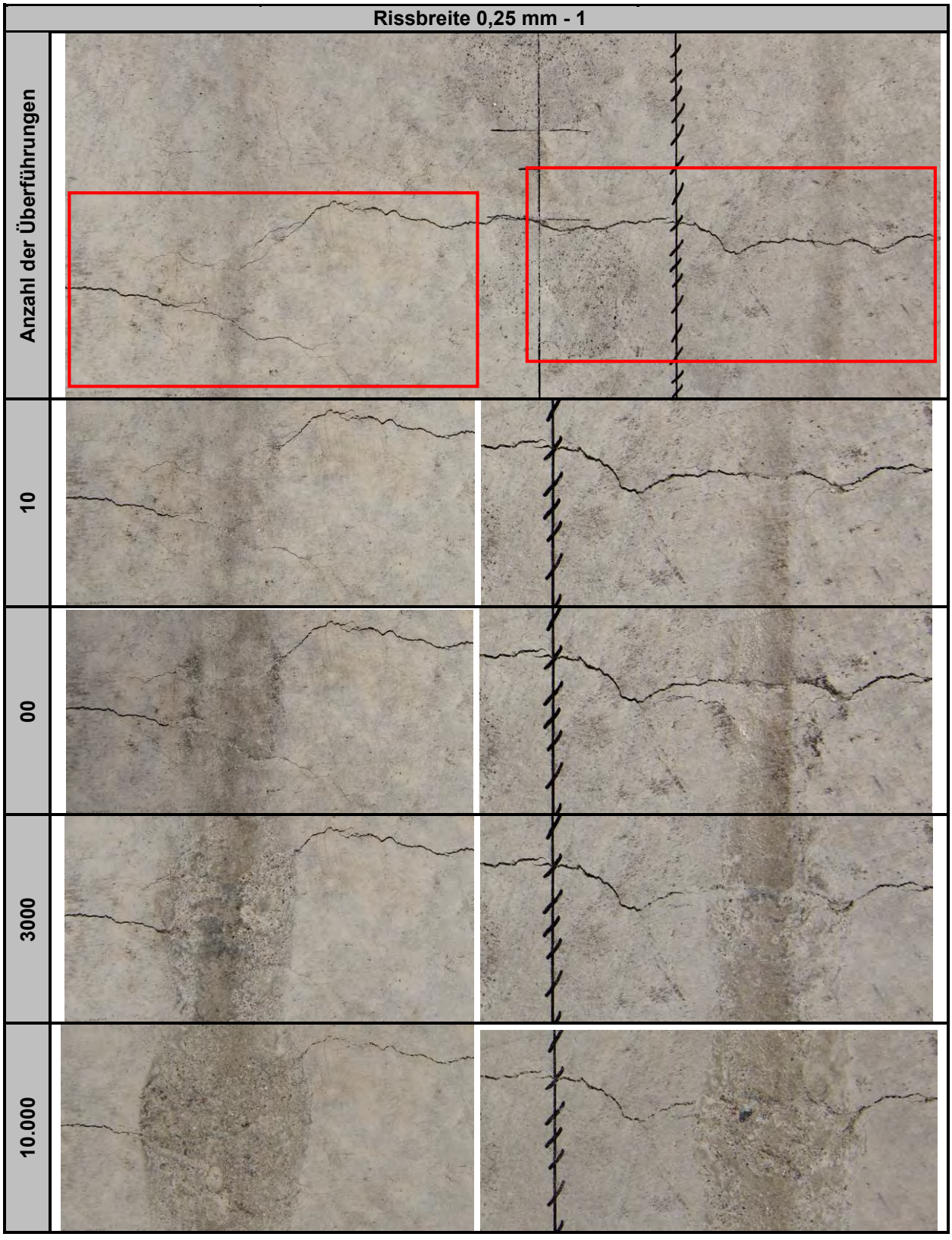
Anzahl der Überführungen		
10		
100		
3000		
10.000		
25.000		

Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
100	
3000	
10.000	
25.000	

Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN



25.000	

Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN

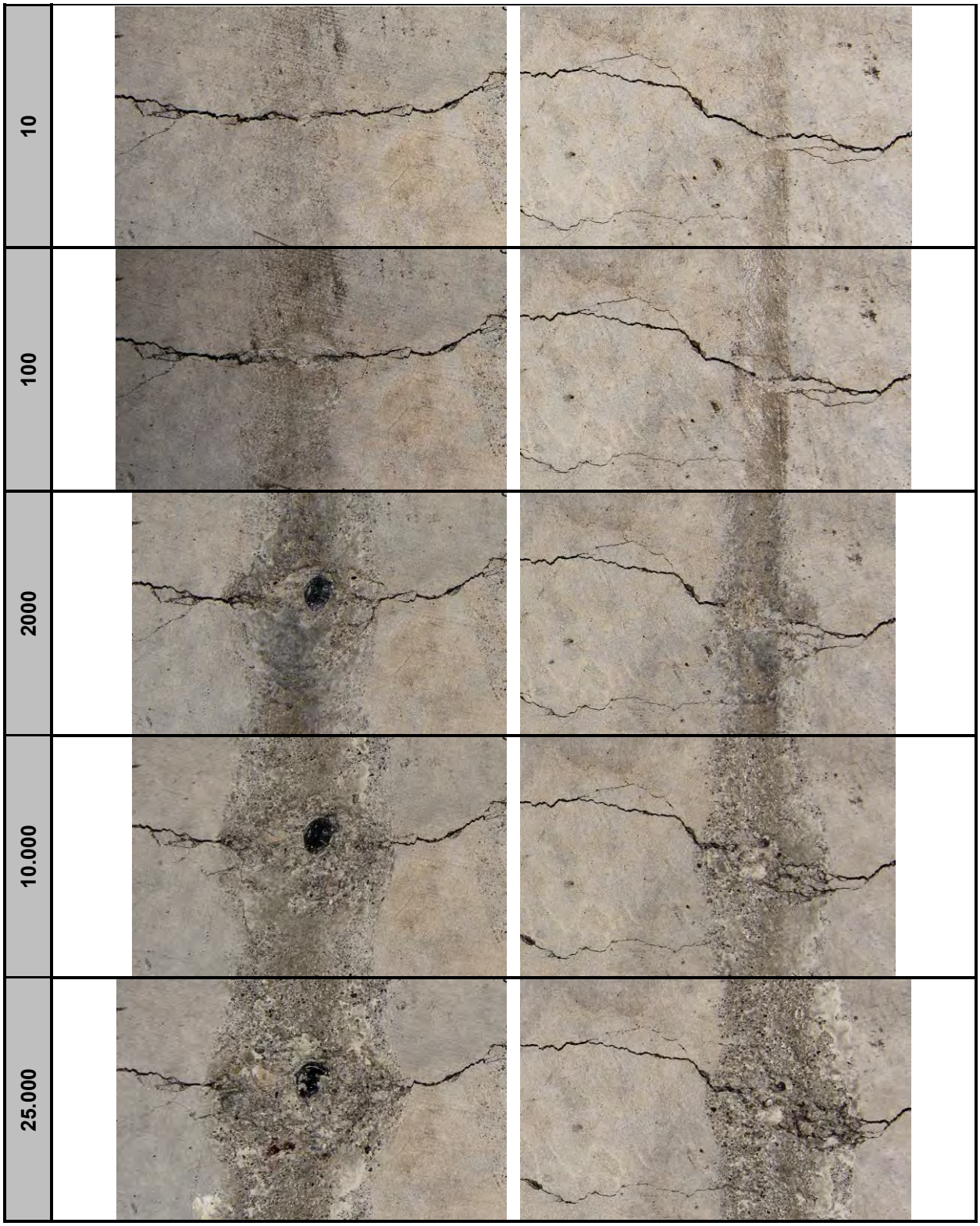
Rissbreite 0,25 mm - 2	
Anzahl der Überführungen	
10	
100	

2000		
10.000		
25.000		

Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen


10
100
2000
10.000
25.000

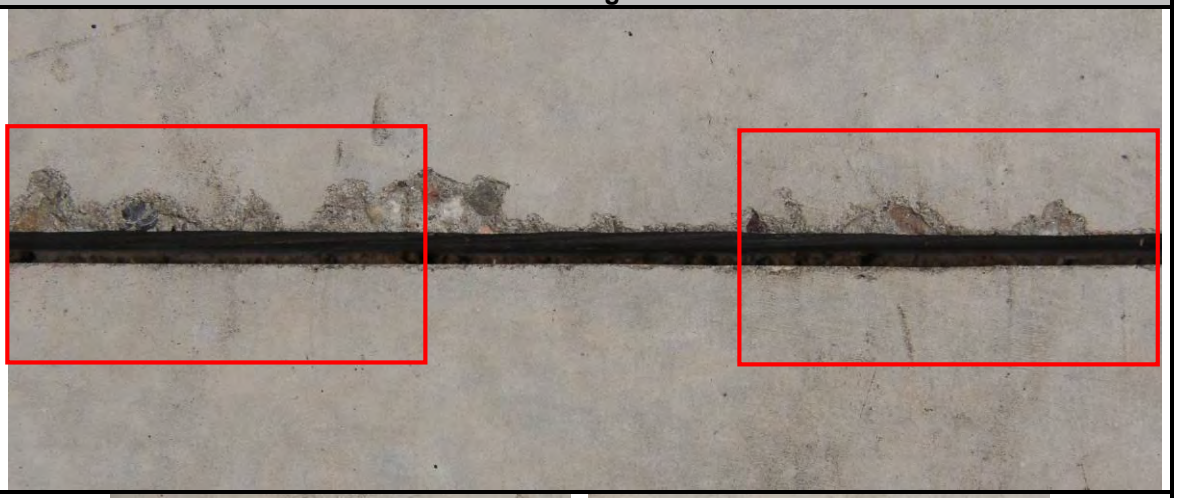
Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN

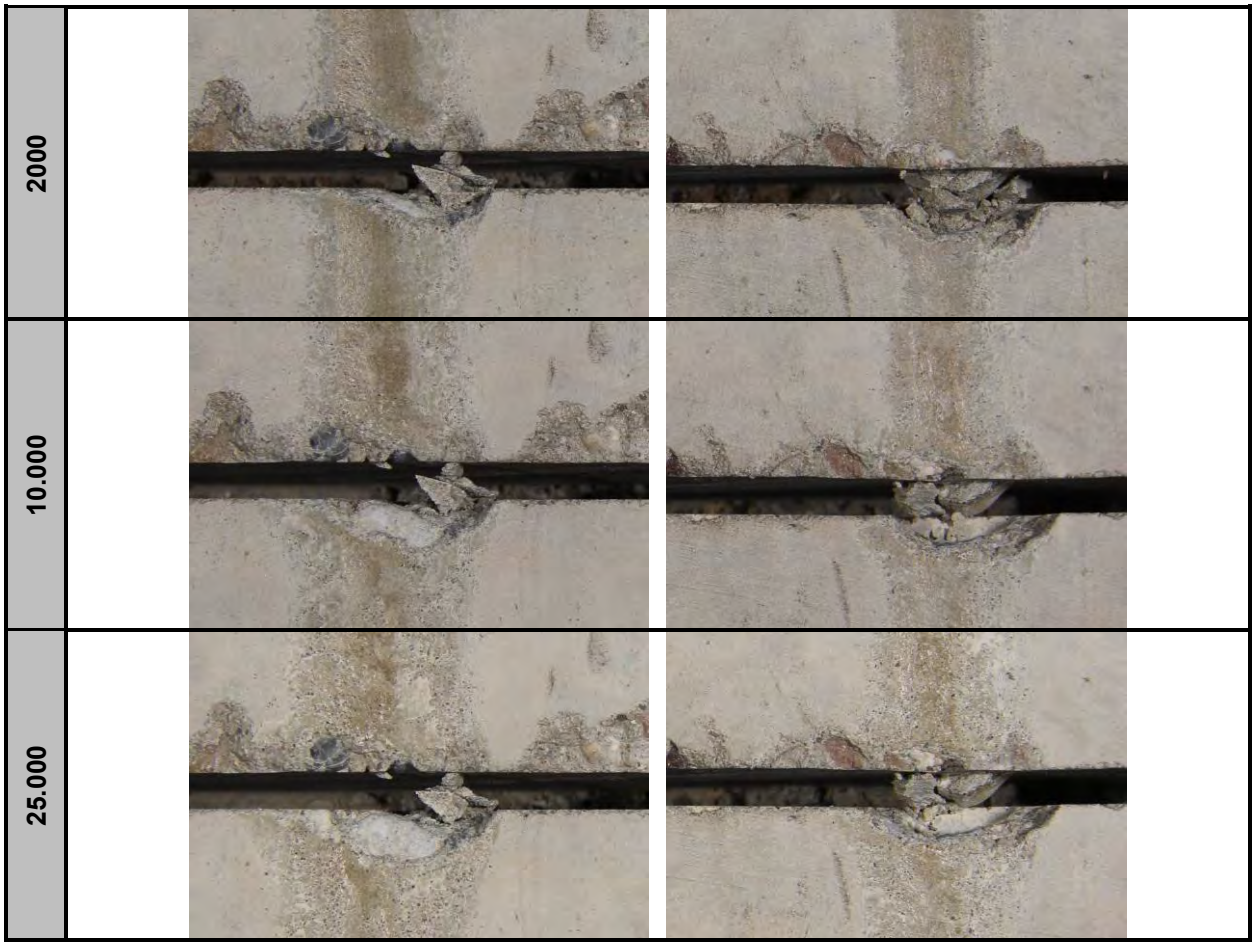
Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
100	
2000	
10.000	

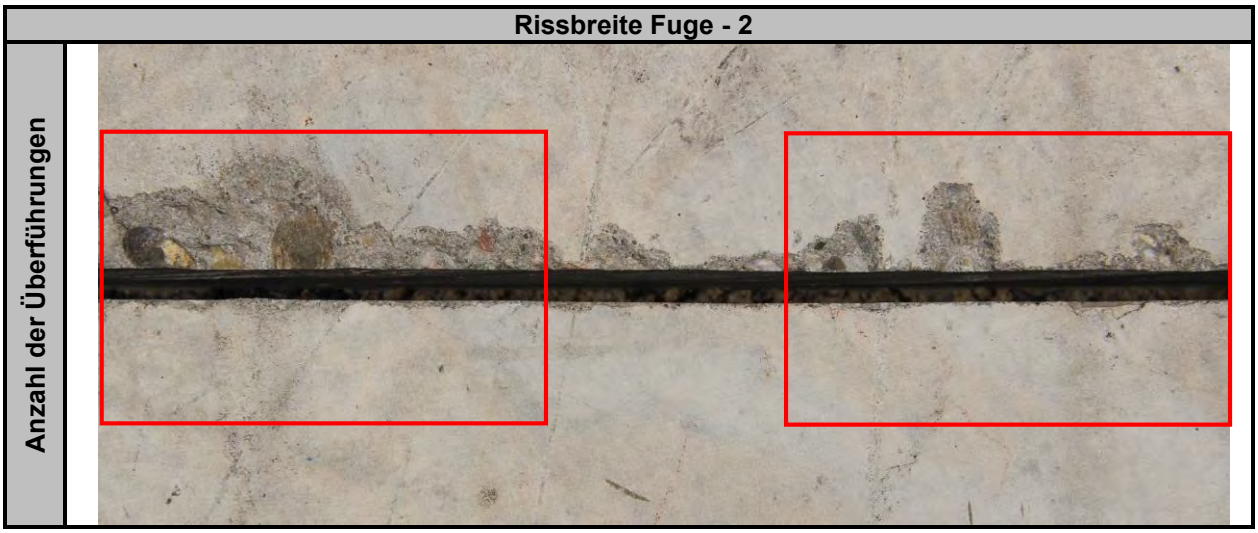
25.000	

Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN

Anzahl der Überführungen	Rissbreite Fuge - 1
	
10	
100	



Versuch V03 SBF - Probekörper PK 03 C35/45 - Überfahrung mit Polyamid Schwerlastrollen - Radlast 4 kN



0		
100		
2000		
10.000		
25.000		

Versuch 04

Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi und Polyurethan - Radlast 2,725 kN

Probekörper:	-	PK04 SBF
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	04.05.2012
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	50,19
→ am (Versuchsbeginn):	-	12.06.2012
→ Betonalter	[d]	39
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	50,75
→ am (Versuchsende):	-	19.06.2012
→ Betonalter	[d]	46
Solllast:		
Last gemessen:	Laps	0,00

Comments

Rissverlauf beim 0,25 - 1 und - 2 mm Riss leicht verästelt; bei 0,10 - 1 mm sind zwei Risse verästelt. Bei den Fugen keine Beschädigung berkennbar.

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40 mm.1	1.1	**0,470**	**0,468**	**0,453**	**0,446**	**0,445**	**0,444**	**0,443**	**0,439**	**0,460**
	1.2	**0,458**	**0,453**	**0,432**	**0,445**	**0,430**	**0,439**	**0,431**	**0,430**	**0,450**
	1.3	0,065	0,066	0,047	0,059	0,043	0,044	0,051	0,048	0,057
	1.4	0,117	0,133	0,120	0,125	0,112	0,117	0,119	0,107	0,127
	1.5	0,281	0,185	0,248	0,182	0,216	0,200	0,219	0,230	0,191
	1.6	0,991	0,351	0,315	0,243	0,320	0,335	0,312	0,352	0,373
0,25 mm.1	2.1	**0,310**	**0,292**	**0,288**	**0,282**	**0,290**	**0,304**	**0,300**	**0,301**	**0,299**
	2.2	**0,286**	**0,258**	**0,272**	**0,264**	**0,270**	**0,271**	**0,273**	**0,273**	**0,258**
	2.3	0,273	0,260	0,265	0,259	0,269	0,287	0,269	0,290	0,278
	2.4	0,068	0,103	0,128	0,115	0,137	0,117	0,127	0,123	0,124
	2.5	0,124	0,298	0,247	0,262	0,242	0,077	0,209	0,263	0,245
	2.6	0,105	0,158	0,017	0,141	0,147	0,134	0,112	0,171	0,128
FS.1	4.1	**0,002**	**0,018**	**0,008**	**0,009**	**0,002**	**0,009**	**0,006**	**0,010**	**0,008**
	4.2	**0,004**	**0,001**	**0,003**	**0,008**	**0,009**	**0,002**	**0,004**	**0,006**	**0,000**
FS.2	6.1	**0,026**	**0,007**	**0,001**	**0,007**	**0,006**	**0,016**	**0,021**	**0,007**	**0,008**
	6.2	**0,002**	**0,008**	**0,008**	**0,004**	**0,002**	**0,002**	**0,009**	**0,012**	**0,006**

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25 mm.2	3.1	**0,282**	**0,273**	**0,265**	**0,264**	**0,279**	**0,268**	**0,262**	**0,268**	**0,271**
	3.2	**0,182**	**0,186**	**0,173**	**0,174**	**0,175**	**0,184**	**0,188**	**0,190**	**0,168**
	3.3	0,154	0,145	0,151	0,133	0,141	0,153	0,150	0,146	0,133
	3.4	0,063	0,045	0,056	0,113	0,096	0,095	0,101	0,111	0,095
	3.5	1,030	0,139	0,012	0,116	0,131	0,075	0,078	0,919	0,061
	3.6	0,118	0,095	0,073	0,106	0,018	0,024	0,090	0,184	0,078
0,40 mm.2	5.1	**0,470**	**0,449**	**0,453**	**0,449**	**0,446**	**0,444**	**0,447**	**0,455**	**0,443**
	5.2	**0,392**	**0,390**	**0,397**	**0,382**	**0,387**	**0,387**	**0,384**	**0,390**	**0,379**
	5.3	0,256	0,261	0,253	0,258	0,261	0,270	0,270	0,269	0,255
	5.4	0,061	0,051	0,043	0,049	0,056	0,048	0,052	0,055	0,041
	5.5	0,168	0,147	0,143	0,159	0,037	0,116	0,089	0,100	0,163
	5.6	0,003	0,178	0,128	0,157	0,037	0,189	0,104	0,189	0,041
0,10 mm.2	7.1	**0,130**	**0,112**	**0,108**	**0,125**	**0,122**	**0,122**	**0,122**	**0,109**	0,127
	7.2	**0,196**	**0,181**	**0,182**	**0,190**	**0,190**	**0,189**	**0,184**	**0,188**	0,193
	7.3	0,058	0,195	0,189	0,177	0,180	0,183	0,176	0,178	0,181
	7.4	0,018	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.5	3,186	0,037	0,086	0,115	0,120	0,036	0,112	0,101	0,025
	7.6	3,146	-	-	-	-	-	-	-	-
0,10 mm.1	8.1	**0,425**	**0,402**	**0,411**	**0,423**	**0,413**	**0,417**	**0,416**	**0,400**	**0,404**
	8.2	**0,251**	**0,265**	**0,269**	**0,281**	**0,265**	**0,273**	**0,267**	**0,271**	**0,271**
	8.3	0,164	0,168	0,167	0,153	0,167	0,157	0,172	0,163	0,164
	8.4	0,125	0,109	0,110	0,096	0,122	0,108	0,117	0,101	0,115
	8.5	0,023	0,092	0,042	0,091	0,076	0,065	0,076	0,076	0,025
	8.6	0,313	0,294	0,298	0,235	0,235	0,183	0,218	0,218	0,226

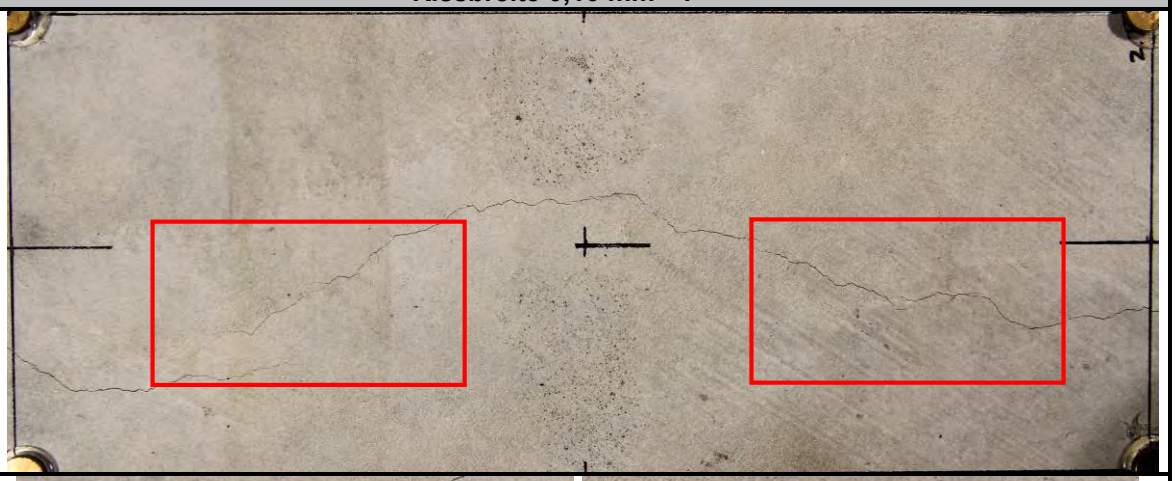
Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi und Polyurethan - Radlast 2,725 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
12.06.2012	150,1	149,8	149,8	7,784	2311,0	1151	51,19
12.06.2012	149,8	151,0	149,8	7,796	2300,8	1130	49,96
12.06.2012	150,2	151,7	150,0	7,891	2308,8	1126	49,42
						Mittelwert	**50,19**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
19.06.2012	149,2	149,8	149,7	7,827	2339,3	1142	51,10
19.06.2012	150,4	149,9	149,7	7,813	2315,0	1141	50,61
19.06.2012	150,2	149,8	149,8	7,768	2304,7	1137	50,53
						Mittelwert	**50,75**

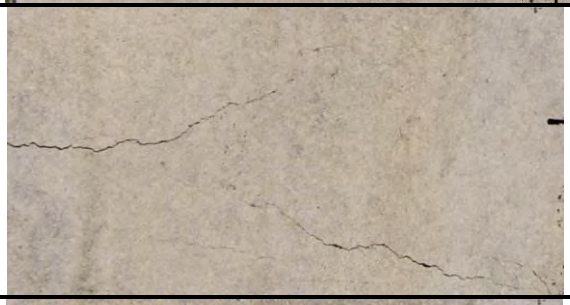
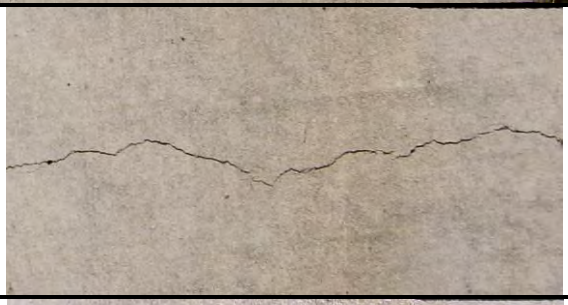
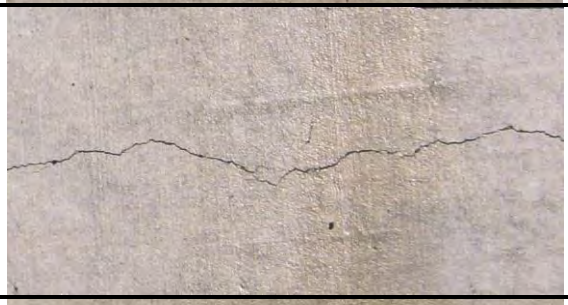
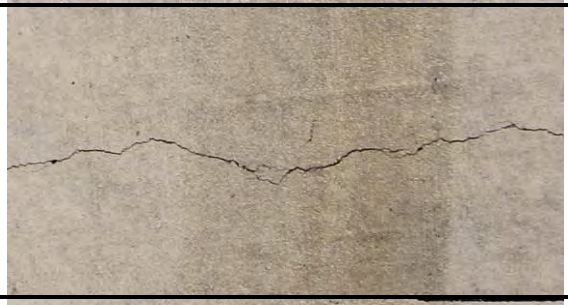
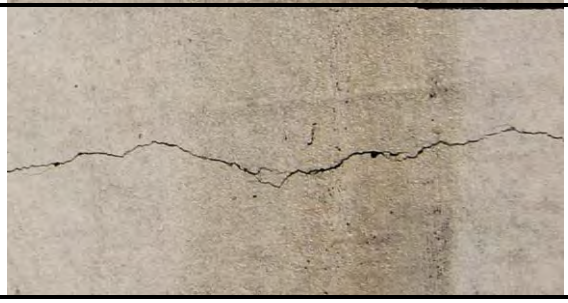
**Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi (links) und Polyurethan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

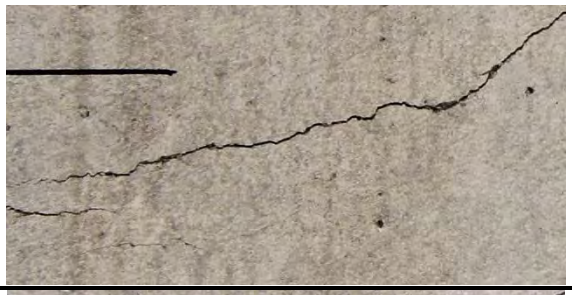
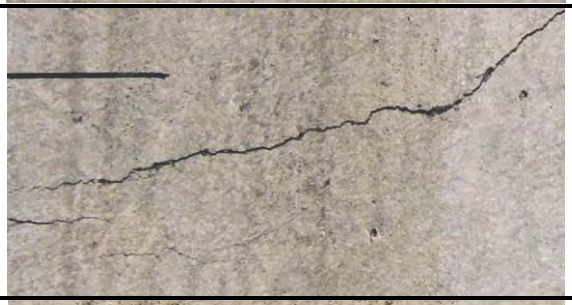
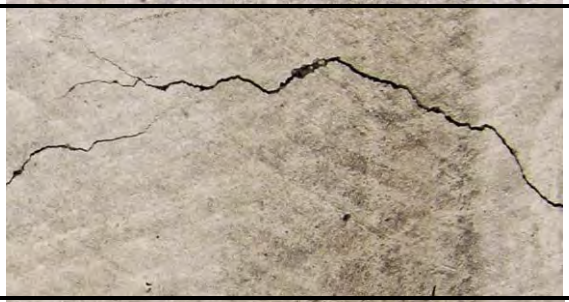
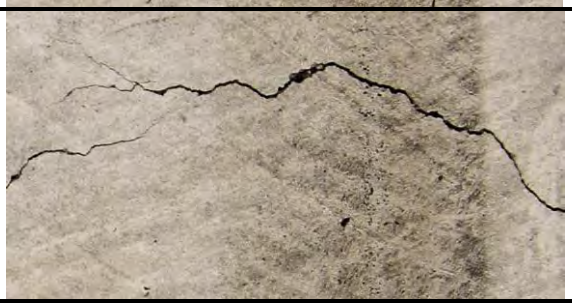
**Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi (links) und Polyurethan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

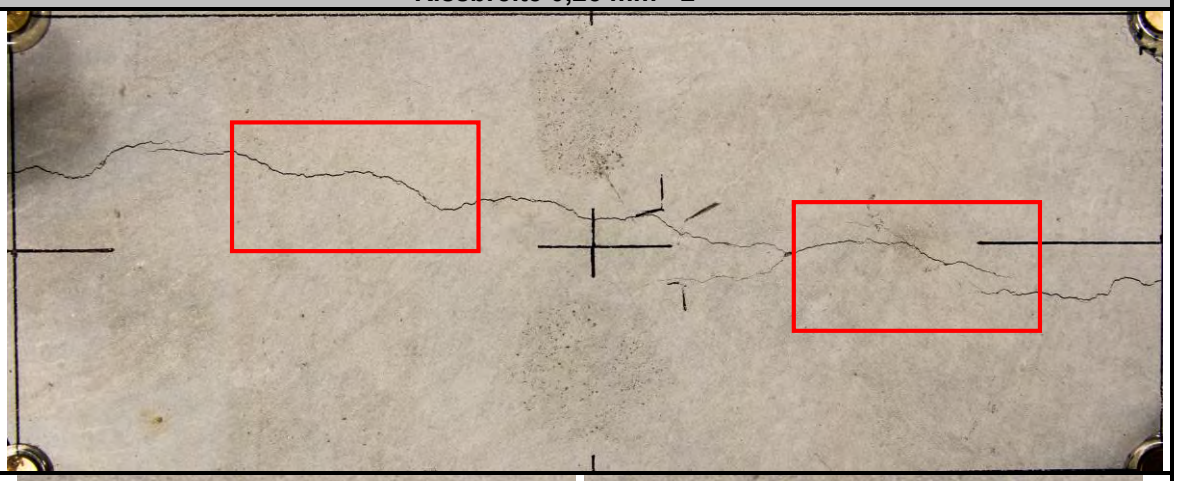
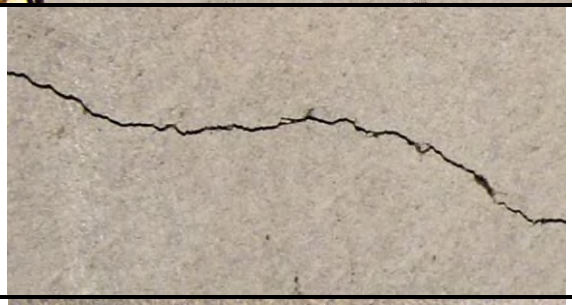
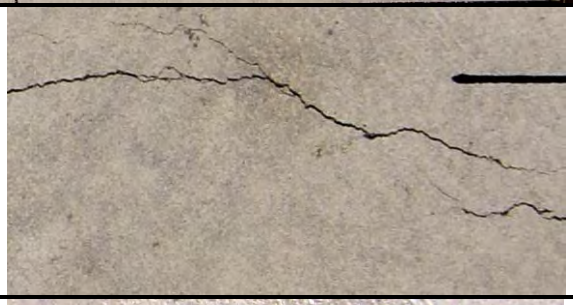
**Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi (links) und Polyurethan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
3000		
10.000		
25.000		

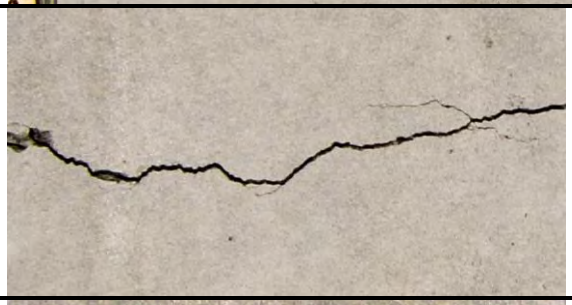
**Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi (links) und Polyurethan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
		
10		
3000		
10.000		
25.000		

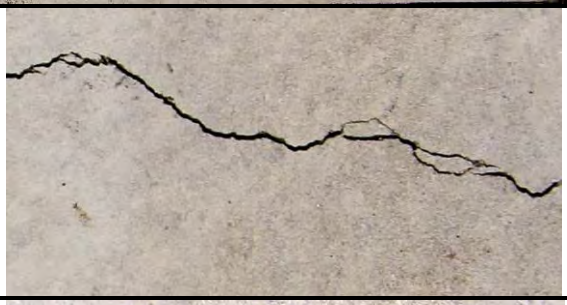
**Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi (links) und Polyurethan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

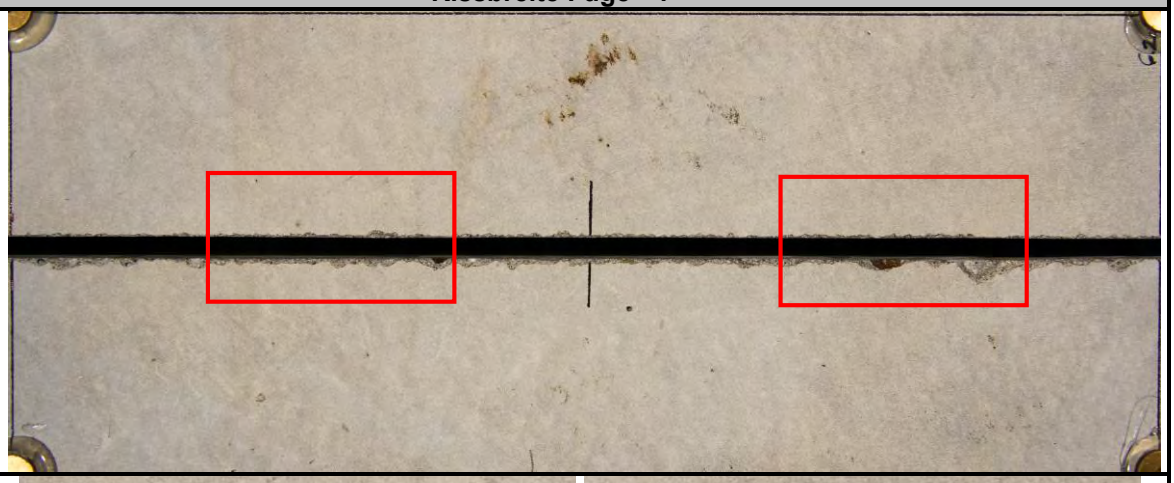
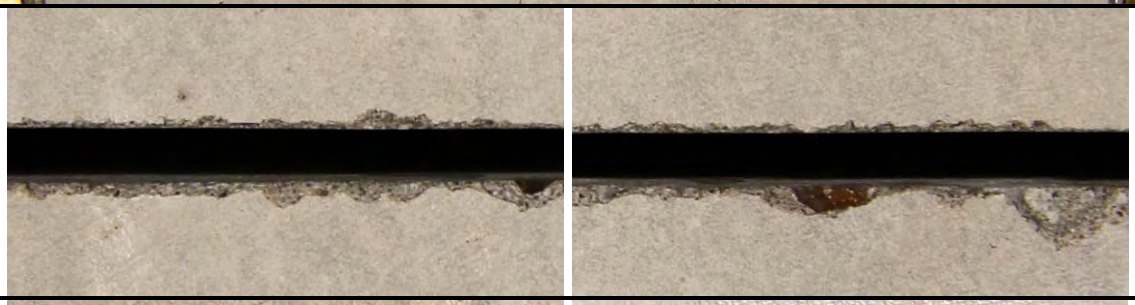
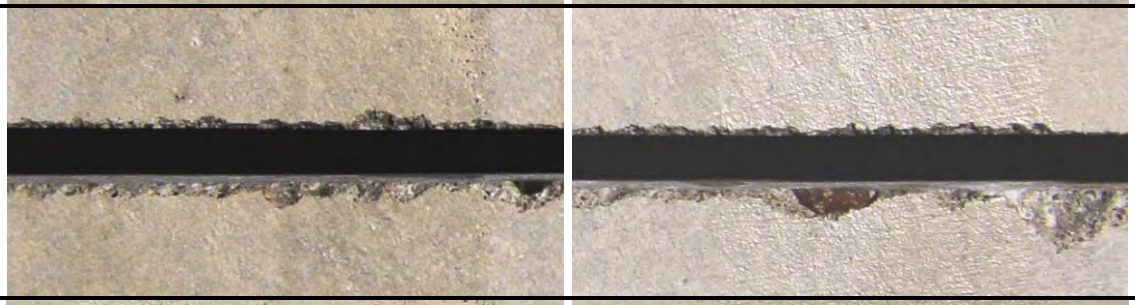
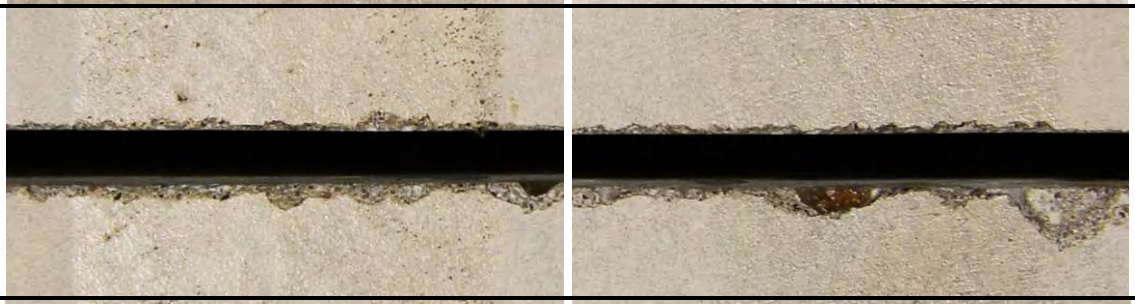
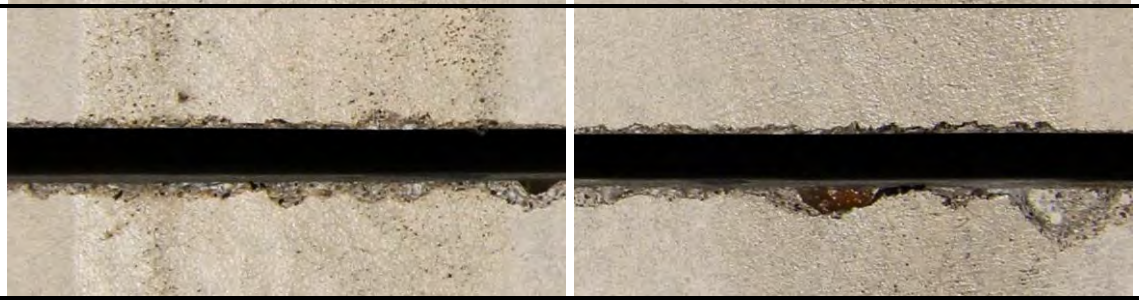
**Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi (links) und Polyurethan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
5.000		

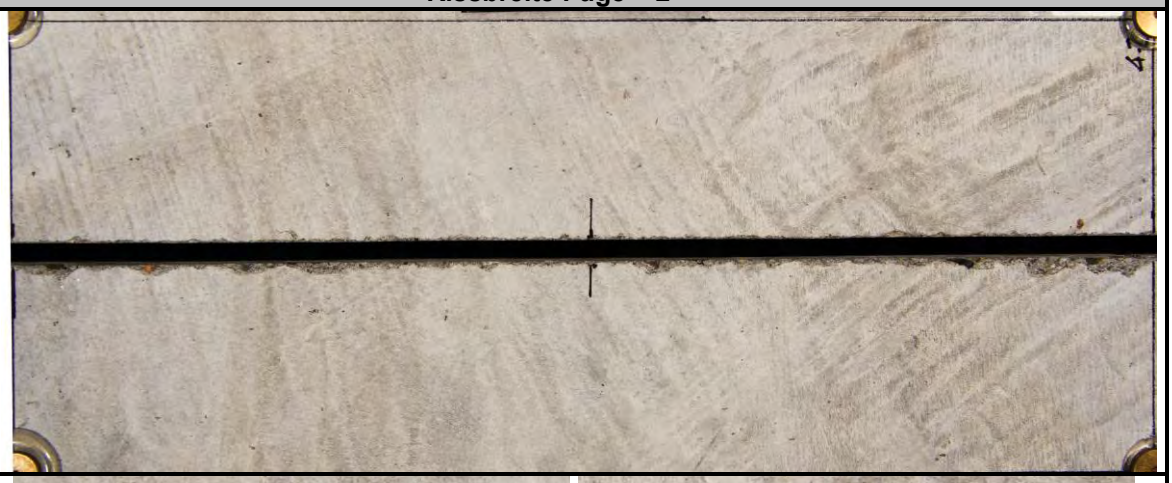
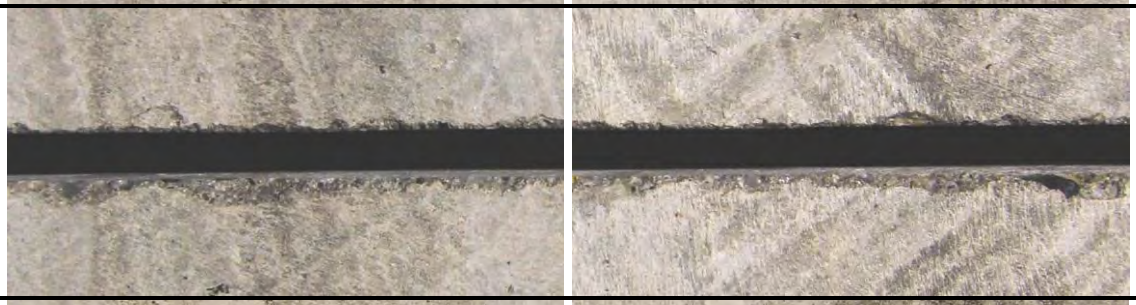
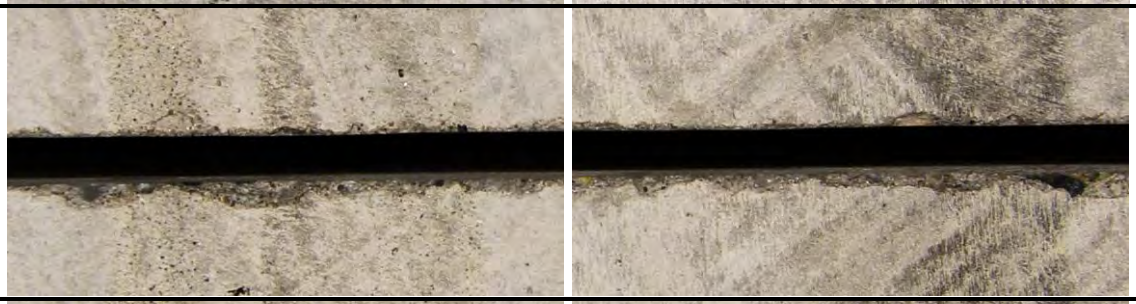
**Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi (links) und Polyurethan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V04 SBF - Probekörper PK 04 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi (links) und Polyurethan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite Fuge – 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi und Polyurethan - Radlast 2,725 kN

Probekörper:	-	PK05 SBF
Beton:	-	C50/60
Betonagedatum:	-	16.05.2012
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	71,37
→ am (Versuchsbeginn):	-	21.06.2012
→ Betonalter	[d]	36
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	72,72
→ am (Versuchsende):	-	27.06.2012
→ Betonalter	[d]	43
Solllast:		
Last gemessen:	Laps	0,00

Comments
Rissverlauf beim 0,25 - 1 und - 2 mm Riss leicht verästelt, bei 0,40 - 2 mm sind mehrere Risse die sich nicht treffen, deren Rissbreite deutlich kleiner al 0,40 mm ist.

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40 mm.1	1.1	**0,431**	**0,425**	**0,450**	**0,438**	**0,429**	**0,432**	**0,436**	**0,432**	**0,418**
	1.2	**0,497**	**0,489**	**0,484**	**0,489**	**0,489**	**0,485**	**0,485**	**0,487**	**0,478**
	1.3	0,426	0,442	0,432	0,428	0,433	0,432	0,438	0,435	0,436
	1.4	0,211	0,227	0,208	0,205	0,221	0,230	0,221	0,216	0,215
	1.5	0,124	0,156	0,194	0,194	0,171	0,174	0,197	0,183	0,130
	1.6	0,421	0,092	0,098	0,147	0,162	0,111	0,169	0,228	0,180
0,25 mm.1	2.1	**0,206**	**0,190**	**0,197**	**0,193**	**0,189**	**0,191**	**0,192**	**0,186**	**0,188**
	2.2	**0,292**	**0,300**	**0,301**	**0,293**	**0,295**	**0,283**	**0,286**	**0,287**	**0,293**
	2.3	0,128	0,119	0,130	0,118	0,125	0,115	0,113	0,127	0,124
	2.4	0,101	0,109	0,111	0,110	0,117	0,128	0,112	0,121	0,121
	2.5	0,075	0,043	0,062	0,008	0,082	0,053	0,081	0,026	0,113
	2.6	0,041	0,003	0,070	0,052	0,117	0,016	0,119	0,049	0,009
FS.1	4.1	**0,017**	**0,029**	**0,010**	**0,024**	**0,021**	**0,020**	**0,021**	**0,024**	**0,032**
	4.2	**0,000**	**0,002**	**0,006**	**0,001**	**0,015**	**0,004**	**0,007**	**0,001**	**0,008**
FS.2	6.1	**0,032**	**0,028**	**0,027**	**0,033**	**0,052**	**0,039**	**0,053**	**0,037**	**0,037**
	6.2	**0,013**	**0,015**	**0,010**	**0,010**	**0,022**	**0,006**	**0,020**	**0,015**	**0,005**

Rissbreite [mm]	Überfahrungen Messstelle	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25 mm.2	3.1	**0,053**	**0,062**	**0,052**	**0,055**	**0,042**	**0,053**	**0,052**	**0,068**	**0,040**
	3.2	**0,182**	**0,181**	**0,184**	**0,178**	**0,169**	**0,185**	**0,191**	**0,185**	**0,173**
	3.3	0,172	0,167	0,176	0,162	0,167	0,171	0,151	0,167	0,163
	3.4	0,367	0,049	0,053	0,387	0,367	0,373	0,388	0,360	0,369
	3.5	0,128	1,903	0,078	0,124	0,076	0,114	0,078	0,040	0,039
	3.6	0,161	0,099	0,167	0,183	0,064	0,204	0,163	0,171	0,043
0,40 mm.2	5.1	**0,313**	**0,318**	**0,308**	**0,315**	**0,320**	**0,313**	**0,306**	**0,299**	**0,300**
	5.2	**0,527**	**0,532**	**0,521**	**0,524**	**0,528**	**0,512**	**0,512**	**0,508**	**0,513**
	5.3	0,348	0,341	0,336	0,355	0,350	0,344	0,341	0,349	0,344
	5.4	0,095	0,102	0,105	0,099	0,119	0,104	0,112	0,120	0,102
	5.5	0,020	0,106	0,105	0,100	0,119	0,131	0,028	0,090	0,130
	5.6	0,080	0,141	0,162	0,188	0,204	0,164	0,206	0,062	0,139
0,10 mm.2	7.1	**0,061**	**0,069**	**0,065**	**0,067**	**0,061**	**0,069**	**0,070**	**0,064**	0,058
	7.2	**0,083**	**0,096**	**0,087**	**0,082**	**0,077**	**0,087**	**0,093**	**0,084**	0,082
	7.3	0,136	0,152	0,150	0,148	0,152	0,147	0,149	0,143	0,143
	7.4	0,024	0,019	0,019	0,017	0,028	0,033	0,024	0,024	0,020
	7.5	0,014	0,069	0,064	0,011	0,067	0,026	0,099	0,020	0,068
	7.6	0,029	0,122	0,122	0,090	0,089	0,121	0,093	0,035	0,014
0,10 mm.1	8.1	**0,202**	**0,202**	**0,202**	**0,198**	**0,192**	**0,198**	**0,193**	**0,209**	**0,191**
	8.2	**0,174**	**0,184**	**0,190**	**0,186**	**0,174**	**0,175**	**0,179**	**0,186**	**0,177**
	8.3	0,143	0,135	0,149	0,146	0,148	0,146	0,140	0,151	0,140
	8.4	0,059	0,060	0,064	0,067	0,060	0,067	0,066	0,062	0,060
	8.5	0,095	0,003	0,132	0,059	0,058	0,115	0,138	0,016	0,007
	8.6	0,073	0,077	0,009	0,334	0,079	0,079	0,051	0,024	0,001

Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vollgummi und Polyurethan - Radlast 2,725 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
21.06.2012	151,4	150,3	150,0	7,930	2323,3	1606	70,58
21.06.2012	151,6	150,4	150,2	7,970	2327,2	1637	71,80
21.06.2012	151,6	149,7	149,6	7,904	2328,1	1628	71,74
						Mittelwert	**71,37**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
27.06.2012	152,0	149,7	149,8	7,930	2326,5	1627	71,50
27.06.2012	151,4	149,7	149,7	7,897	2327,5	1685	74,35
27.06.2012	151,4	149,7	149,6	7,874	2322,3	1639	72,32
						Mittelwert	**72,72**

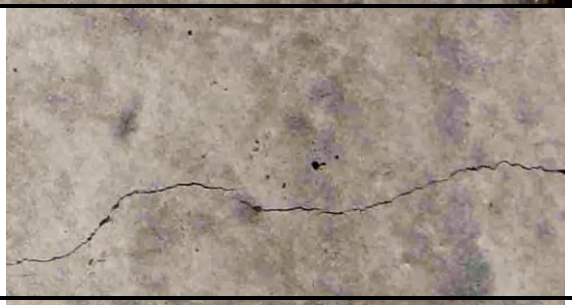
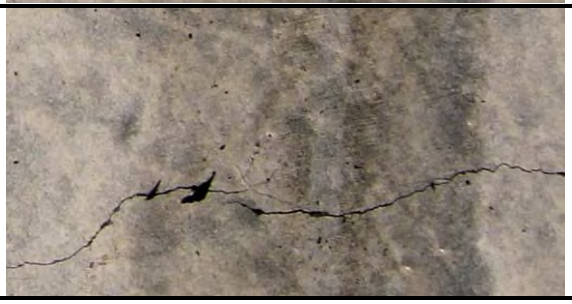
**Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyurethan (links) und Vollgummi (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
5.000		

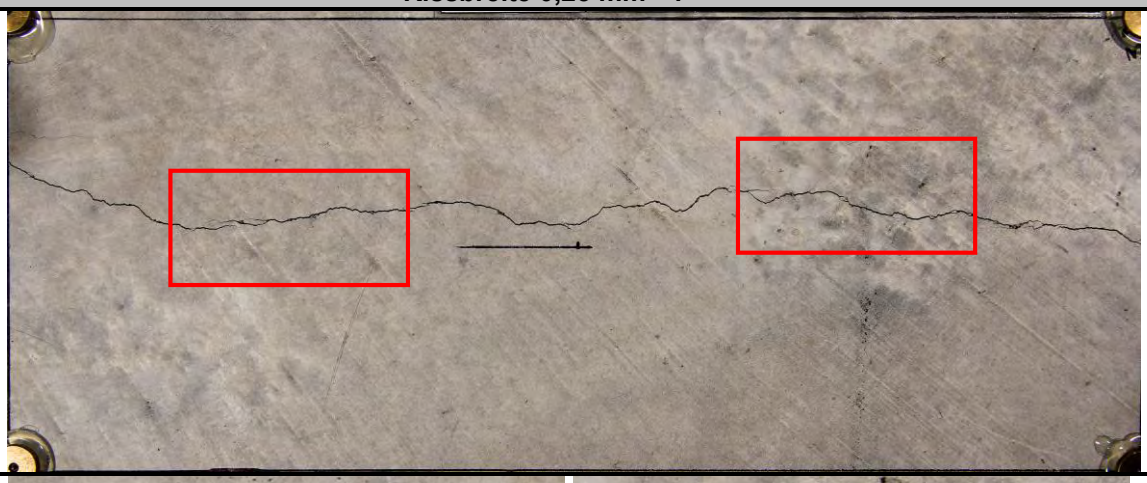
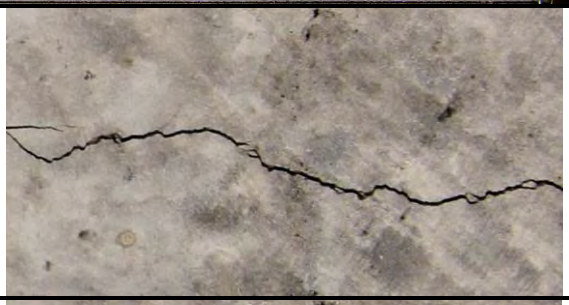
**Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyurethan (links) und Vollgummi (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
3000		
10.000		
5.000		

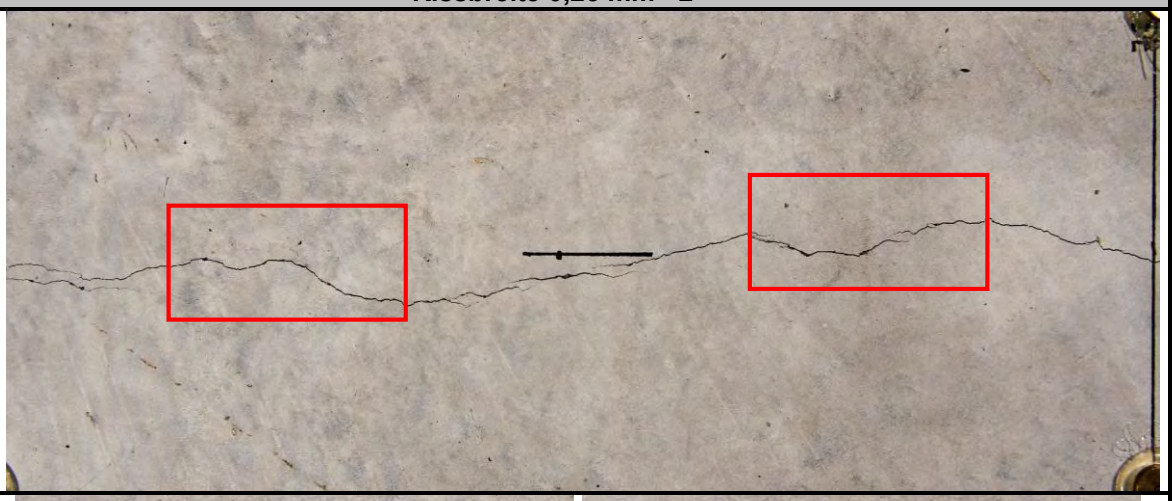
**Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyurethan (links) und Vollgummi (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

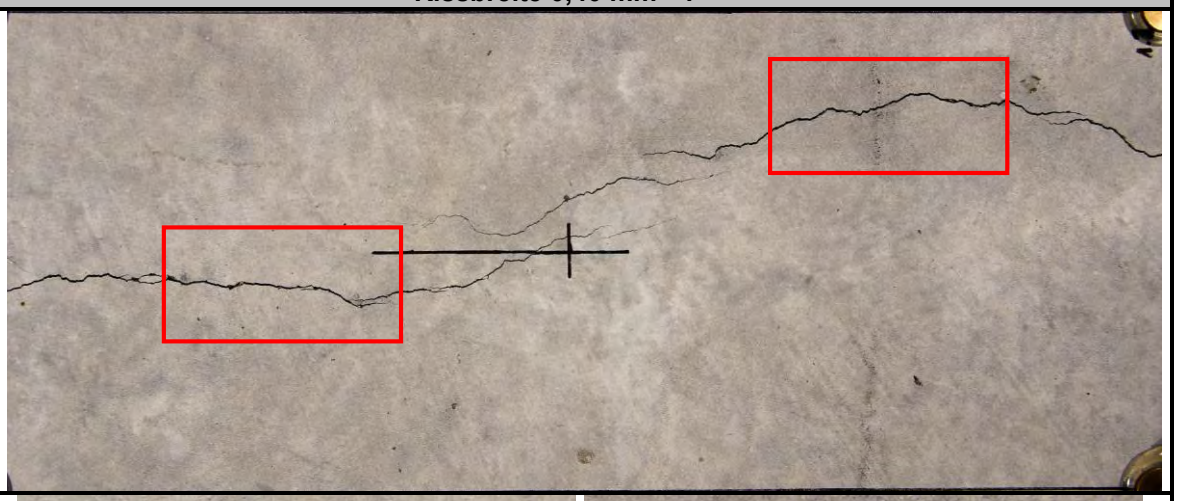
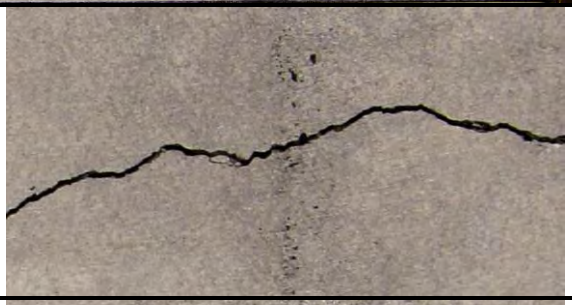
**Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyurethan (links) und Vollgummi (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

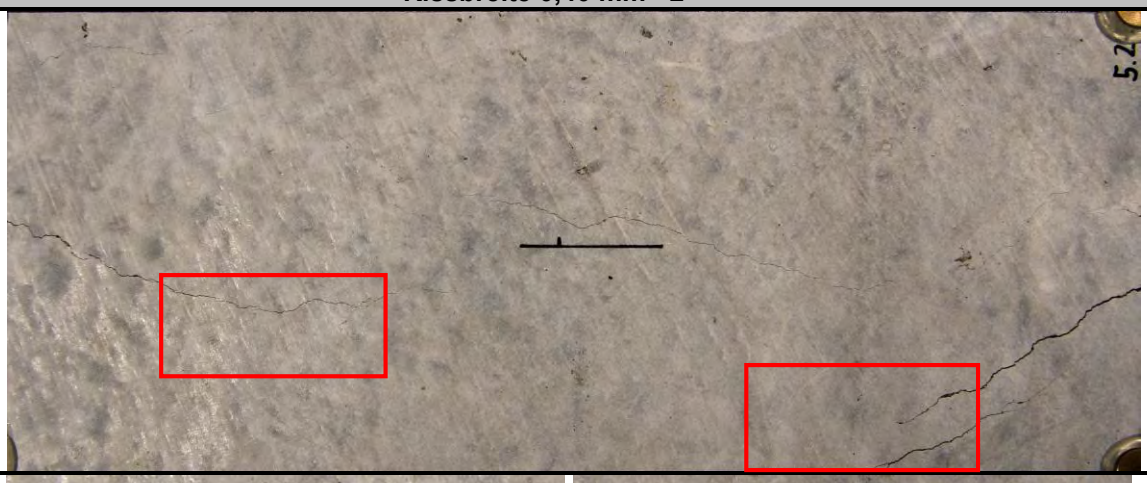
**Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyurethan (links) und Vollgummi (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

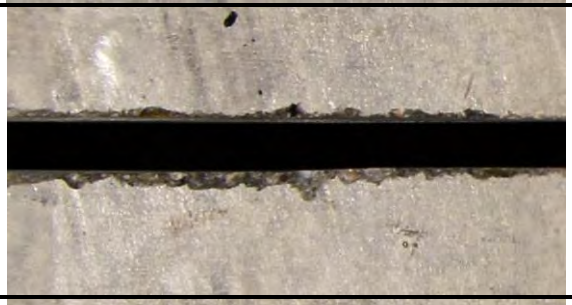
**Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyurethan (links) und Vollgummi (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

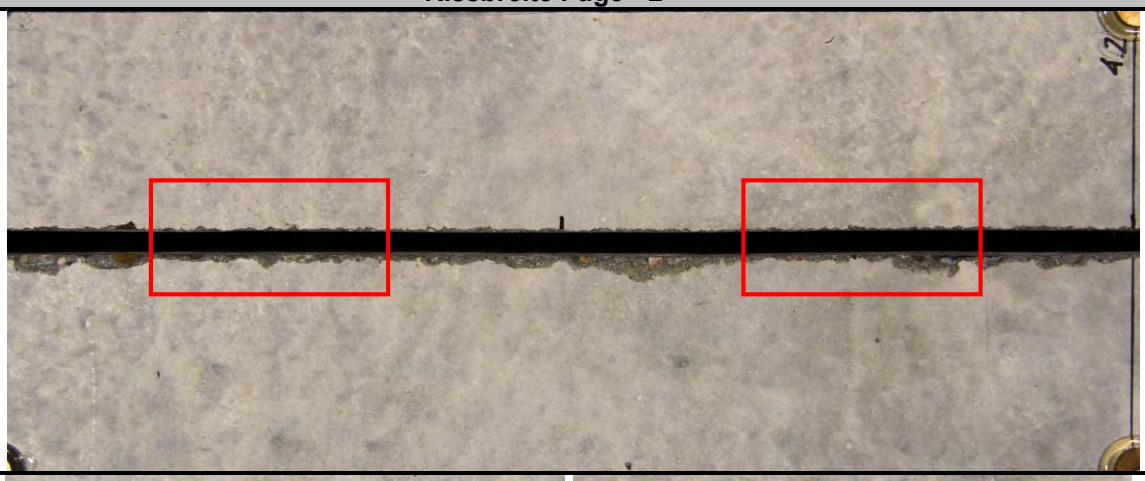
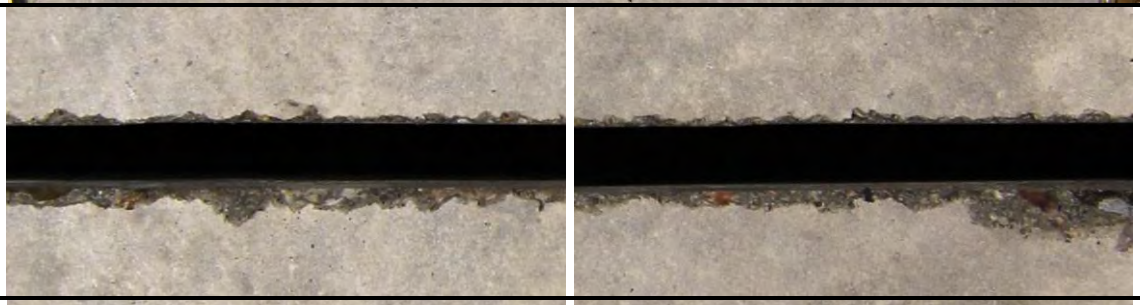
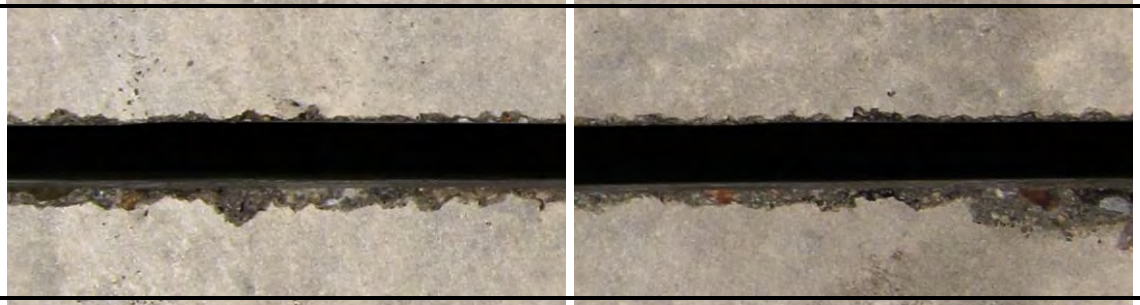
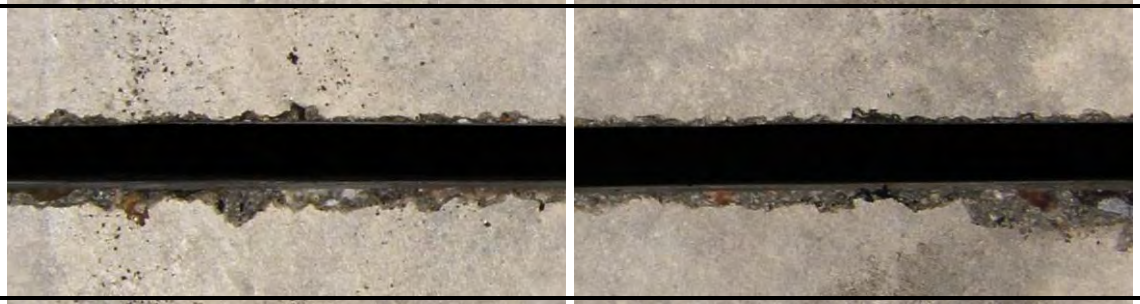
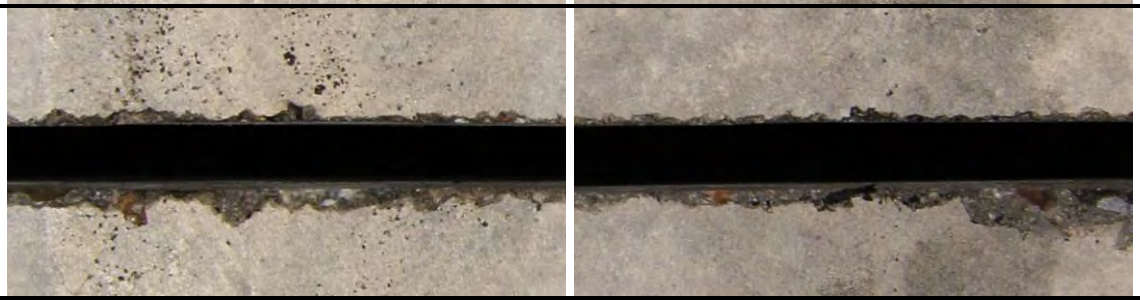
**Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyurethan (links) und Vollgummi (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V05 SBF - Probekörper PK 05 C50/60 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyurethan (links) und Vollgummi (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 06

Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vulkollan und Polyamid - Radlast 2,725 kN

Probekörper:	-	PK06 SBF
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	25.05.2012
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	39,81
→ am (Versuchsbeginn):	-	28.06.2012
→ Betonalter	[d]	35
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	41,31
→ am (Versuchsende):	-	13.07.2011
→ Betonalter	[d]	49
Solllast:		
Last gemessen:	Laps	0,00

Comments
Beim 0,1 - 1 Riss Beschädigung Vorliegend; bei 0,1 - 2 Risse treffen sich nicht; bei 0,40 - 2 zwei Risse vorhanden

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40 mm.1	1.1	**0,481**	**0,488**	**0,483**	**0,478**	**0,491**	**0,479**	**0,491**	**0,476**	**0,473**
	1.2	**0,446**	**0,439**	**0,432**	**0,434**	**0,424**	**0,429**	**0,409**	**0,423**	**0,431**
	1.3	0,145	0,135	0,130	0,128	0,134	0,128	0,202	0,128	0,146
	1.4	0,163	0,157	0,145	0,146	0,137	0,155	0,154	0,136	0,162
	1.5	0,223	0,188	0,113	0,165	0,207	0,187	0,173	0,123	0,164
	1.6	2,119	0,159	0,216	0,181	0,191	0,102	0,134	0,150	0,002
0,25 mm.1	2.1	**0,277**	**0,280**	**0,276**	**0,263**	**0,269**	**0,262**	**0,276**	**0,262**	**0,276**
	2.2	**0,314**	**0,313**	**0,316**	**0,301**	**0,307**	**0,295**	**0,309**	**0,300**	**0,304**
	2.3	0,293	0,288	0,287	0,293	0,285	0,278	0,290	0,283	0,292
	2.4	0,070	0,064	0,069	0,074	0,066	0,079	0,071	0,073	0,084
	2.5	0,176	0,140	0,108	0,146	0,133	0,098	0,162	0,114	0,194
	2.6	0,142	0,247	0,203	0,189	0,180	0,162	0,249	0,255	0,176
FS.1	4.1	**0,001**	**0,001**	**0,007**	**0,008**	**0,012**	**0,006**	**0,008**	**0,011**	**0,005**
	4.2	**0,013**	**0,015**	**0,013**	**0,016**	**0,018**	**0,014**	**0,023**	**0,008**	**0,020**
FS.2	6.1	**0,001**	**0,005**	**0,004**	**0,008**	**0,007**	**0,009**	**0,011**	**0,007**	**0,008**
	6.2	**0,010**	**0,003**	**0,008**	**0,007**	**0,006**	**0,016**	**0,011**	**0,017**	**0,003**

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25 mm.2	3.1	**0,323**	**0,313**	**0,314**	**0,312**	**0,324**	**0,323**	**0,317**	**0,312**	**0,323**
	3.2	**0,175**	**0,174**	**0,176**	**0,172**	**0,177**	**0,178**	**0,174**	**0,166**	**0,176**
	3.3	0,123	0,126	0,132	0,121	0,126	0,127	0,118	0,127	0,125
	3.4	0,144	0,066	0,066	0,150	0,147	0,160	0,153	0,156	0,157
	3.5	0,020	0,025	0,007	0,010	0,028	0,003	0,022	0,018	0,029
	3.6	0,156	0,172	0,157	0,152	0,126	0,133	0,200	0,173	0,217
0,40 mm.2	5.1	**0,446**	**0,452**	**0,452**	**0,448**	**0,452**	**0,436**	**0,452**	**0,450**	**0,448**
	5.2	**0,470**	**0,463**	**0,464**	**0,448**	**0,470**	**0,447**	**0,449**	**0,455**	**0,452**
	5.3	0,394	0,391	0,384	0,377	0,404	0,382	0,391	0,370	0,385
	5.4	0,222	0,212	0,211	0,198	0,219	0,204	0,222	0,213	0,216
	5.5	0,195	0,090	0,138	0,197	0,059	0,080	0,180	0,208	0,164
	5.6	0,155	0,160	0,182	0,202	0,172	0,101	0,205	0,195	0,179
0,10 mm.2	7.1	**0,234**	**0,235**	**0,231**	**0,233**	**0,242**	**0,243**	**0,246**	**0,231**	0,235
	7.2	**0,208**	**0,227**	**0,216**	**0,222**	**0,223**	**0,215**	**0,226**	**0,209**	0,219
	7.3	0,186	0,198	0,184	0,202	0,190	0,188	0,198	0,180	0,191
	7.4	0,053	0,052	0,050	0,050	0,049	0,052	0,052	0,046	0,049
	7.5	0,021	0,021	0,058	0,029	0,057	0,036	0,054	0,005	0,039
	7.6	0,064	0,081	0,061	0,001	0,113	0,138	0,047	0,119	0,123
0,10 mm.1	8.1	**0,192**	**0,179**	**0,189**	**0,172**	**0,187**	**0,180**	**0,175**	**0,173**	**0,176**
	8.2	**0,202**	**0,195**	**0,199**	**0,205**	**0,199**	**0,187**	**0,192**	**0,186**	**0,193**
	8.3	0,257	0,166	0,154	0,156	0,163	0,163	0,159	0,153	0,158
	8.4	0,052	0,076	0,064	0,275	0,063	0,050	0,050	0,049	0,055
	8.5	0,031	0,054	0,036	0,029	0,034	0,040	0,083	0,025	0,064
	8.6	0,034	0,123	0,093	0,081	0,097	0,047	0,175	0,069	0,076

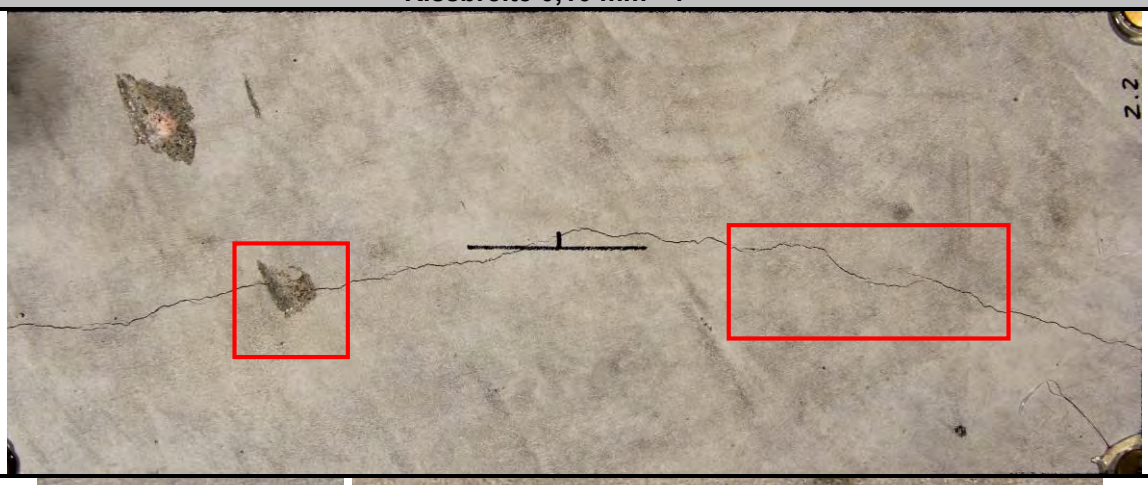
Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vulkollan und Polyamid - Radlast 2,725 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
28.06.2012	149,7	149,9	149,9	7,673	2281,1	911	40,60
28.06.2012	150,0	149,8	149,8	7,667	2277,8	876	38,99
28.06.2012	149,4	150,0	150,2	7,707	2289,7	893	39,85
						Mittelwert	**39,81**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
13.07.2011	150,4	149,8	149,7	7,703	2283,9	960	42,61
13.07.2011	150,0	149,7	149,9	7,628	2266,2	949	42,26
13.07.2011	150,0	150,0	149,9	7,736	2293,7	879	39,07
						Mittelwert	**41,31**

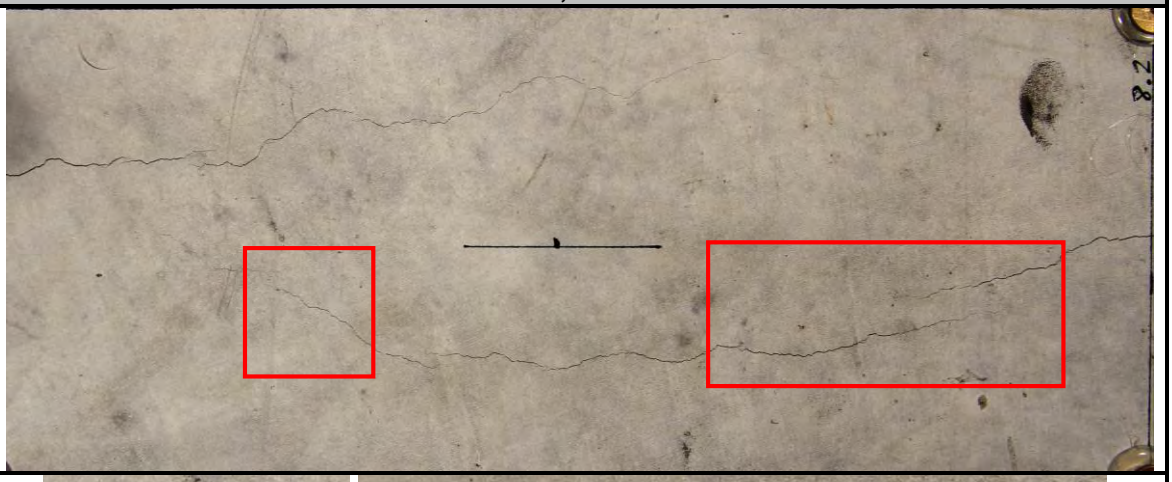
Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) – Radlast 2,725 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

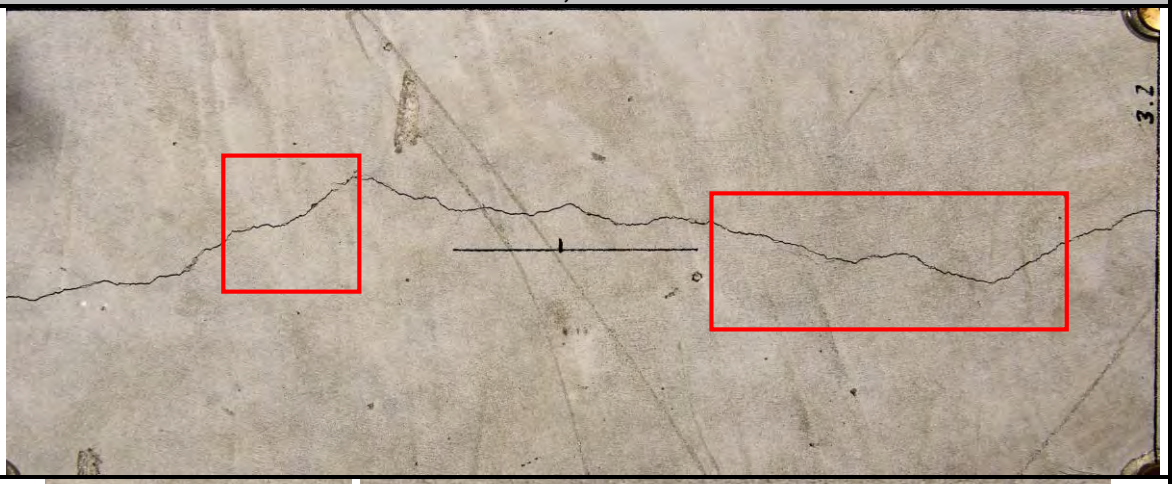
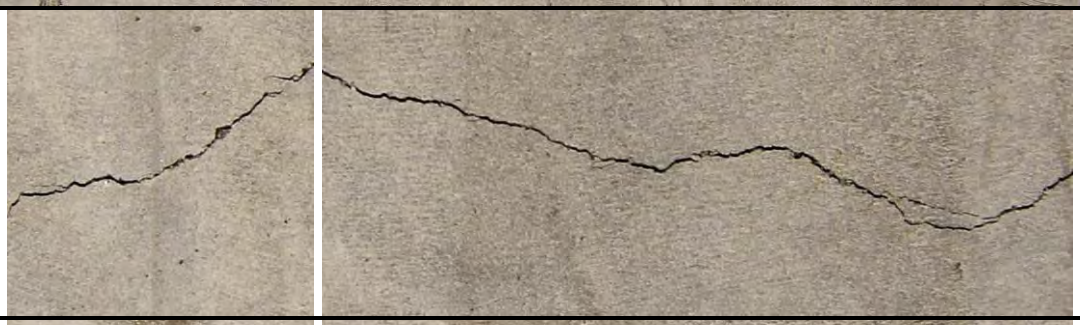
**Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

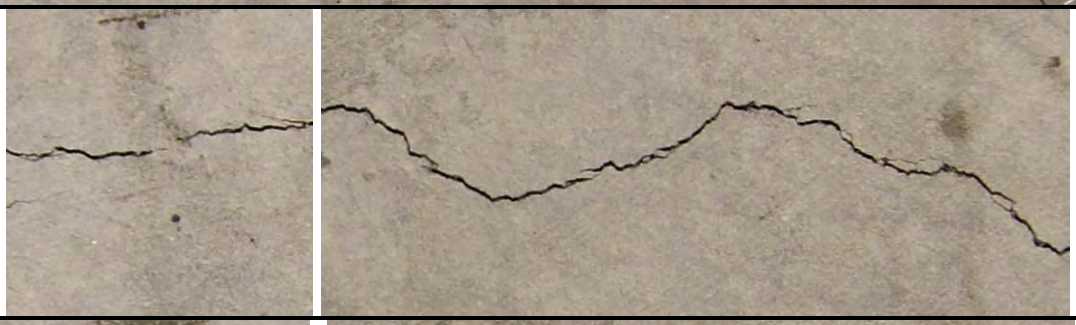
**Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

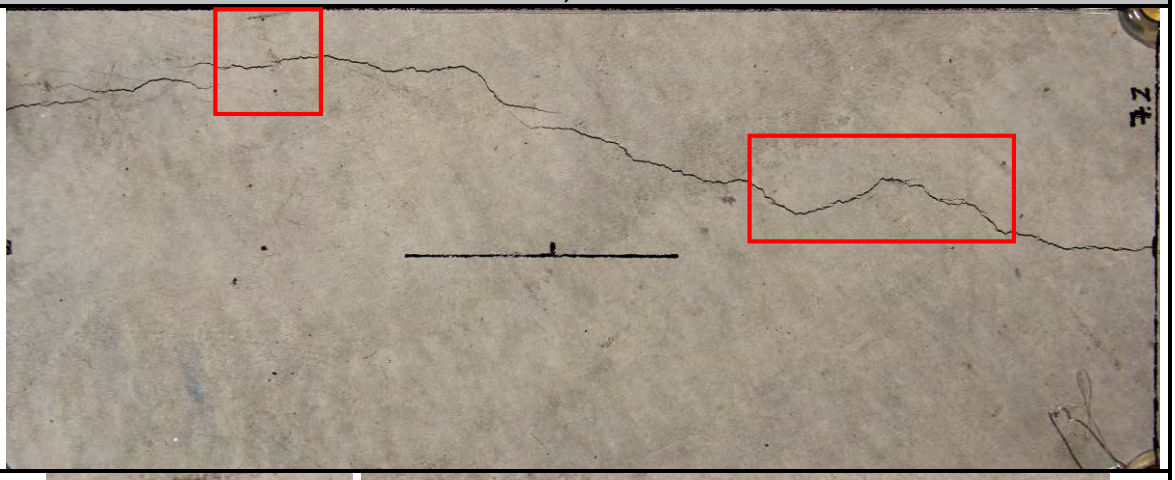
**Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

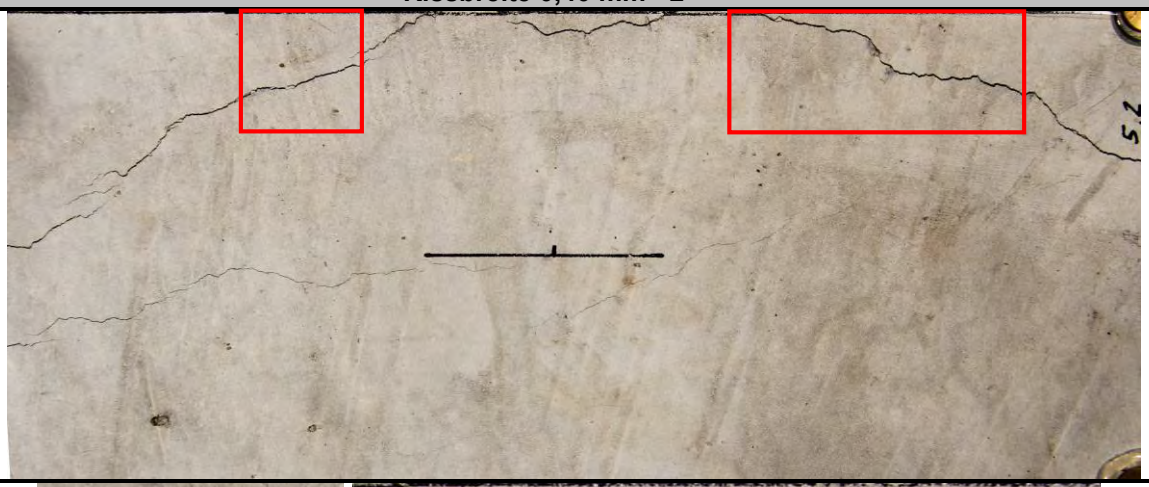
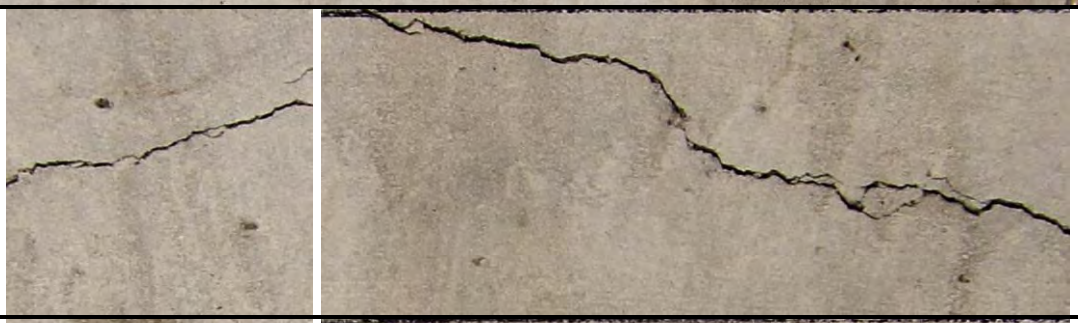
**Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

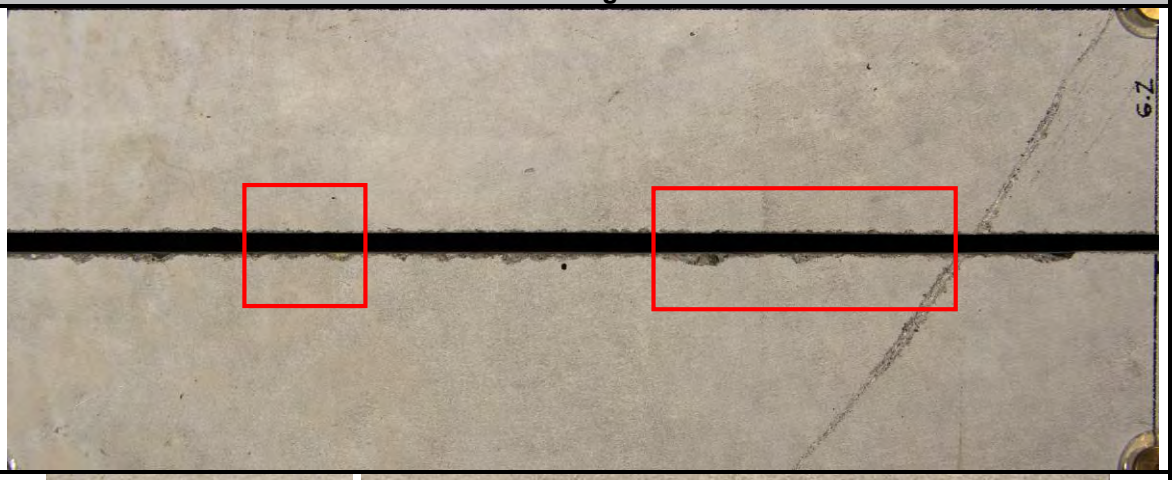
**Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

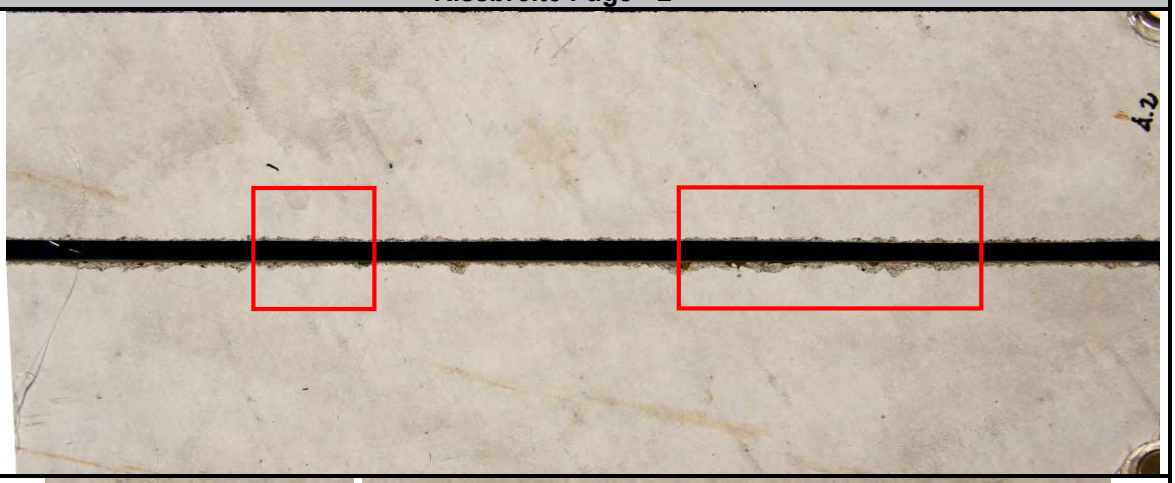
Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V06 SBF - Probekörper PK 06 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 2,725 kN**

Anzahl der Überführungen	Rissbreite Fuge - 2
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 07

Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vulkollan und Polyamid - Radlast 2,725 kN

Probekörper:	-	PK07 SBF
Beton:	-	C50/60
Betonagedatum:	-	01.06.2012
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	64,40
→ am (Versuchsbeginn):	-	13.07.2012
→ Betonalter	[d]	43
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	51,83
→ am (Versuchsende):	-	05.08.2012
→ Betonalter	[d]	65
Solllast:		2,725
Last gemessen:	Laps	2,725

Comments
Rissverlauf beim 0,10 - 1, 0,40 - 1 und 0,40 - 2 mm Riss leicht verästelt.

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40 mm.1	1.1	**0,295**	**0,283**	**0,289**	**0,287**	**0,280**	**0,275**	**0,282**	**0,279**	**-**
	1.2	**0,270**	**0,267**	**0,271**	**0,264**	**0,265**	**0,263**	**0,267**	**0,261**	**-**
	1.3	0,253	0,252	0,248	0,240	0,241	0,248	0,240	0,249	-
	1.4	0,136	0,148	0,146	0,133	0,151	0,133	0,143	0,145	-
	1.5	0,081	0,089	0,152	0,123	0,107	0,108	0,145	0,076	-
	1.6	0,243	0,058	0,029	0,068	0,015	0,102	0,081	0,086	-
0,25 mm.1	2.1	**0,477**	**0,478**	**0,473**	**0,464**	**0,466**	**0,445**	**0,467**	**0,456**	**-**
	2.2	**0,409**	**0,410**	**0,410**	**0,395**	**0,390**	**0,396**	**0,386**	**0,378**	**-**
	2.3	0,273	0,273	0,276	0,264	0,277	0,270	0,270	0,267	-
	2.4	0,074	0,068	0,068	0,064	0,074	0,051	0,055	0,058	-
	2.5	0,041	0,002	0,084	0,099	0,137	0,086	0,173	0,119	-
	2.6	0,041	0,098	0,026	0,049	0,092	0,077	0,072	0,135	-
FS.1	4.1	**0,330**	**0,320**	**0,326**	**0,305**	**0,309**	**0,290**	**0,305**	**0,294**	**-**
	4.2	**0,364**	**0,357**	**0,348**	**0,342**	**0,355**	**0,337**	**0,342**	**0,335**	**-**
FS.2	6.1	**0,011**	**0,020**	**0,017**	**0,005**	**0,015**	**0,001**	**0,003**	**0,001**	**-**
	6.2	**0,001**	**0,010**	**0,011**	**0,000**	**0,008**	**0,011**	**0,005**	**0,008**	**-**

Rissbreite [mm]	Überfahrungen	0	1.000	2.000	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000
	Messstelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25 mm.2	3.1	**0,487**	**0,502**	**0,497**	**0,482**	**0,472**	**0,480**	**0,481**	**0,483**	-
	3.2	**0,396**	**0,395**	**0,396**	**0,374**	**0,364**	**0,383**	**0,365**	**0,378**	-
	3.3	0,160	0,160	0,158	0,146	0,142	0,154	0,133	0,151	-
	3.4	0,011	0,031	0,016	0,041	0,035	0,024	0,039	0,040	-
	3.5	0,126	0,136	0,168	0,171	0,229	0,142	0,179	0,208	-
	3.6	0,063	0,095	0,096	0,039	0,108	0,209	0,222	0,218	-
0,40 mm.2	5.1	**0,387**	**0,381**	**0,371**	**0,355**	**0,372**	**0,365**	**0,367**	**0,358**	-
	5.2	**0,325**	**0,320**	**0,320**	**0,310**	**0,308**	**0,300**	**0,316**	**0,314**	-
	5.3	0,075	0,079	0,072	0,071	0,071	0,066	0,076	0,067	-
	5.4	0,032	0,041	0,040	0,048	0,026	0,049	0,053	0,050	-
	5.5	0,025	0,057	0,066	0,099	0,060	0,070	0,073	0,063	-
	5.6	0,132	0,112	0,050	0,172	0,118	0,045	0,006	0,051	-
0,10 mm.2	7.1	**0,247**	**0,250**	**0,253**	**0,238**	**0,247**	**0,235**	**0,244**	**0,242**	-
	7.2	**0,215**	**0,211**	**0,205**	**0,211**	**0,214**	**0,204**	**0,214**	**0,206**	-
	7.3	0,144	0,156	0,156	0,160	0,147	0,156	0,167	0,158	-
	7.4	0,042	0,058	0,046	0,055	0,058	0,061	0,065	0,057	-
	7.5	0,030	0,026	0,020	0,062	0,051	0,099	0,132	0,104	-
	7.6	0,077	0,072	0,115	0,106	0,095	0,048	0,096	0,021	-
0,10 mm.1	8.1	**0,136**	**0,140**	**0,135**	**0,130**	**0,129**	**0,136**	**0,125**	**0,125**	-
	8.2	**0,130**	**0,120**	**0,115**	**0,114**	**0,124**	**0,124**	**0,105**	**0,105**	-
	8.3	0,054	0,042	0,054	0,044	0,051	0,038	0,046	0,046	-
	8.4	0,062	0,061	0,056	0,066	0,067	0,072	0,051	0,051	-
	8.5	0,002	0,037	0,040	0,063	0,000	0,069	0,049	0,049	-
	8.6	0,084	0,085	0,085	0,086	0,119	0,027	0,097	0,097	-

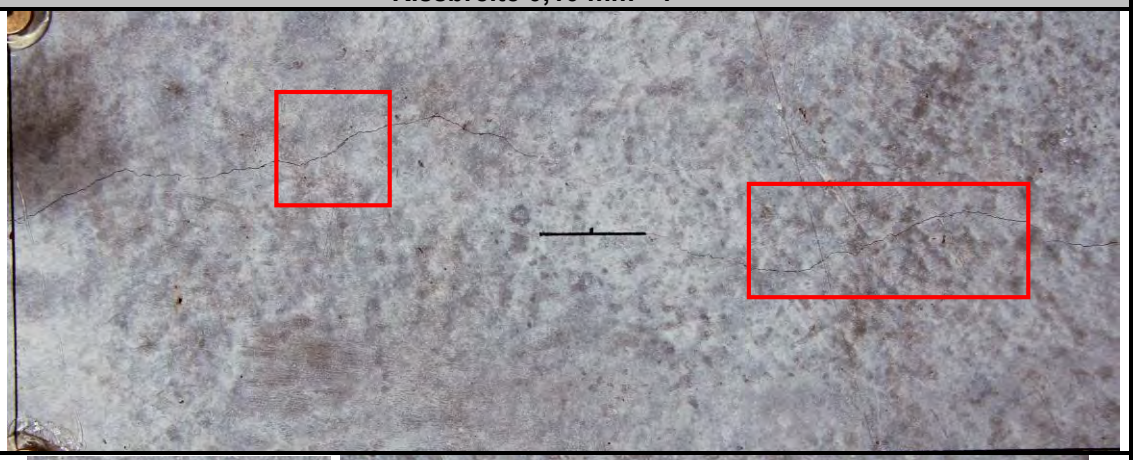
Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vulkollan und Polyamid - Radlast 2,725 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
13.07.2012	151,0	149,9	149,8	7,724	2278,0	1444	63,80
13.07.2012	150,2	149,6	149,8	7,720	2293,5	1488	66,22
13.07.2012	150,5	150,1	150,0	7,728	2280,7	1427	63,17
						Mittelwert	**64,40**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
05.08.2011	150,4	149,9	149,6	7,580	2247,4	1172	51,99
05.08.2011	150,0	149,9	149,6	7,641	2271,6	1184	52,66
05.08.2011	150,3	149,8	149,6	7,609	2259,0	1145	50,86
						Mittelwert	**51,83**

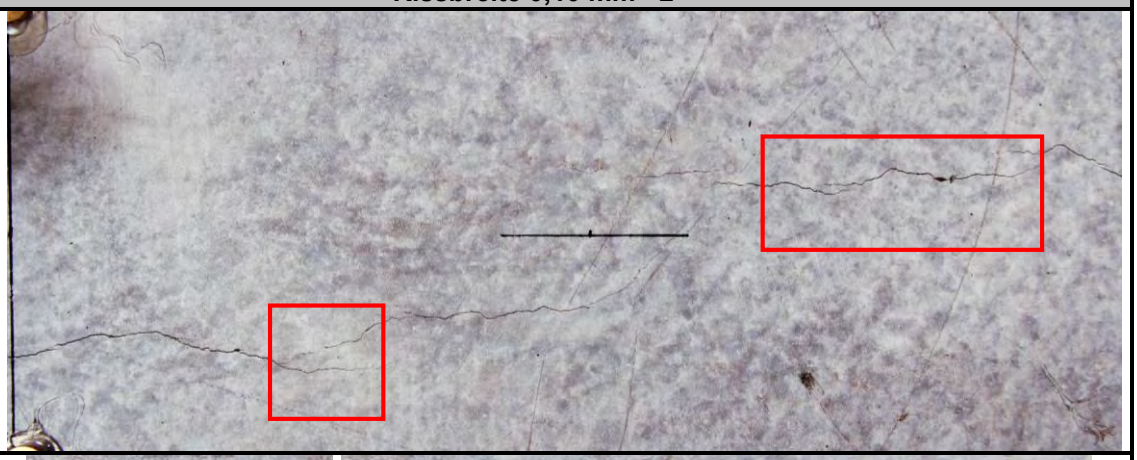
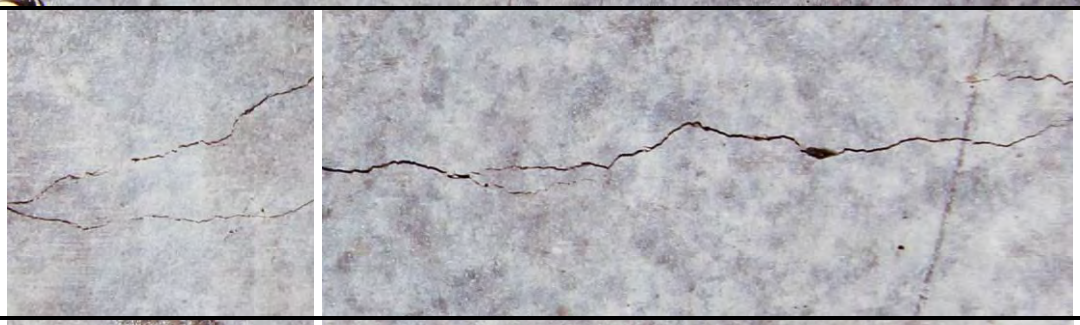
Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 2,725 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
010.000	
25.000	

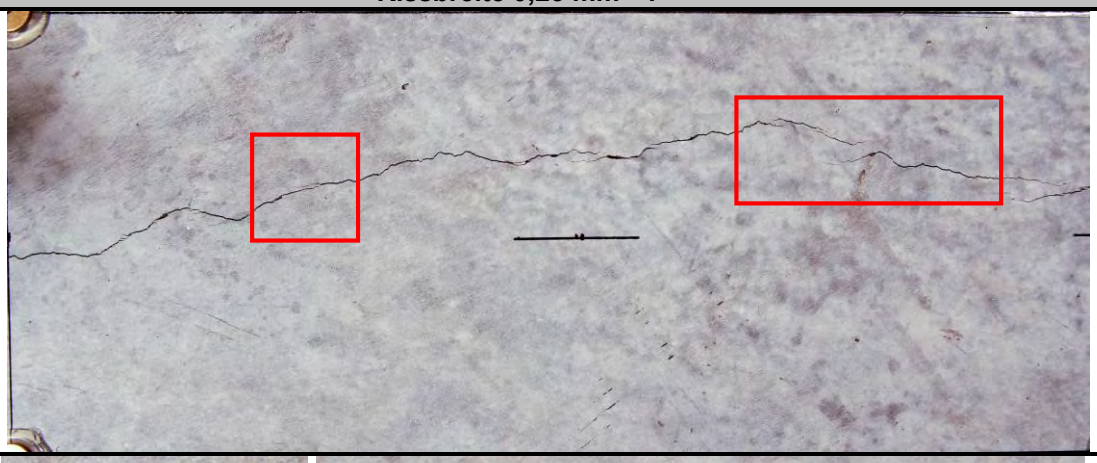
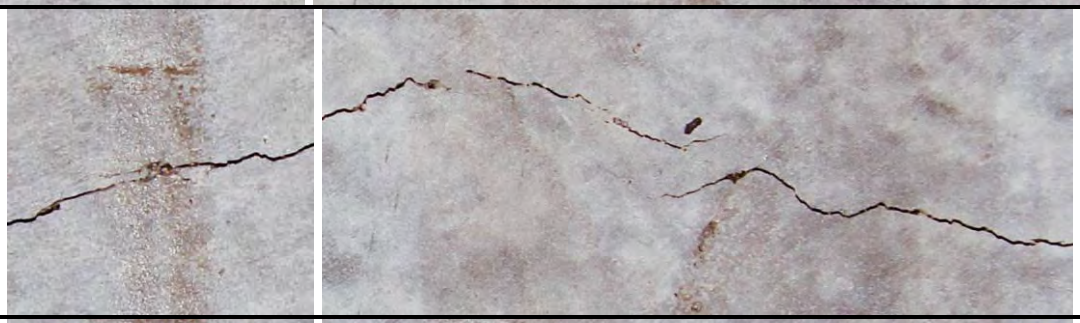
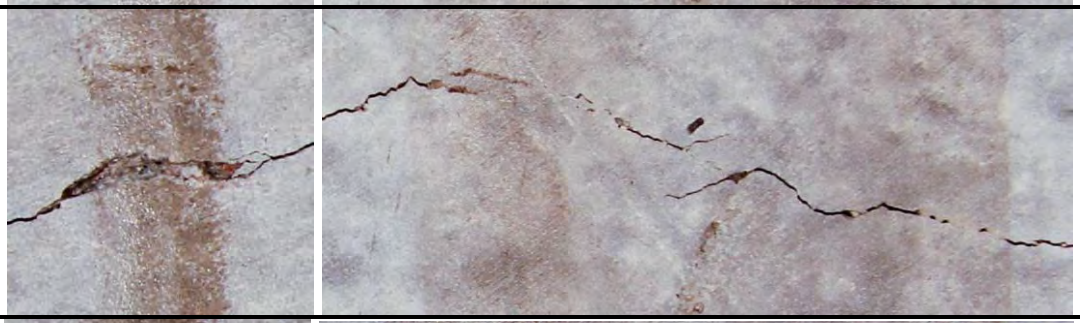
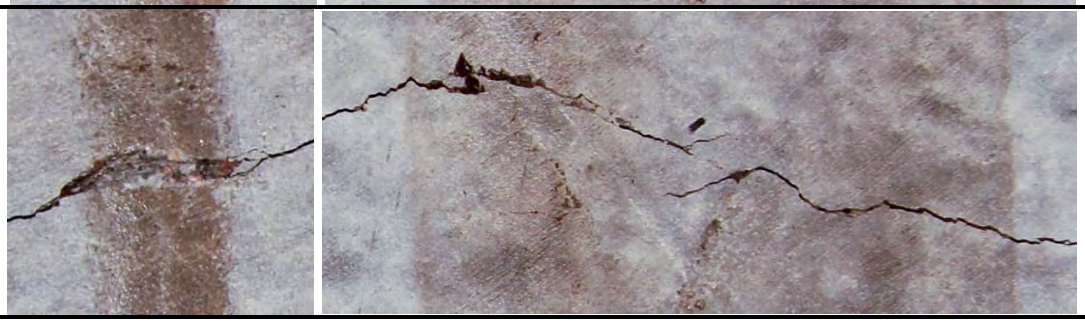
Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 2,725 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
3000	
10.000	
25.000	

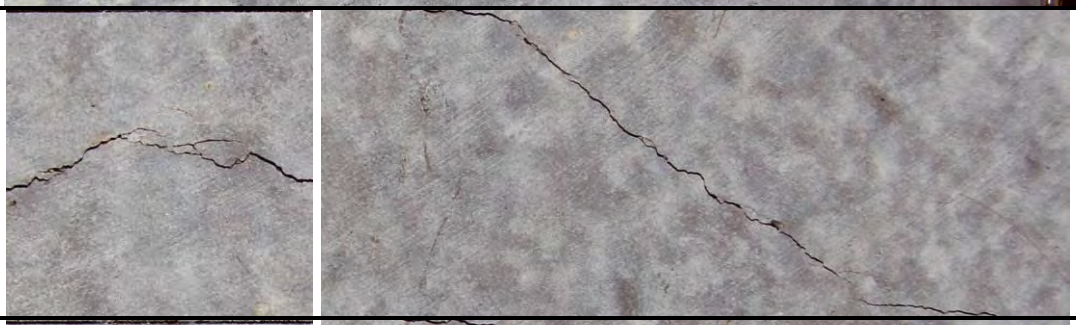
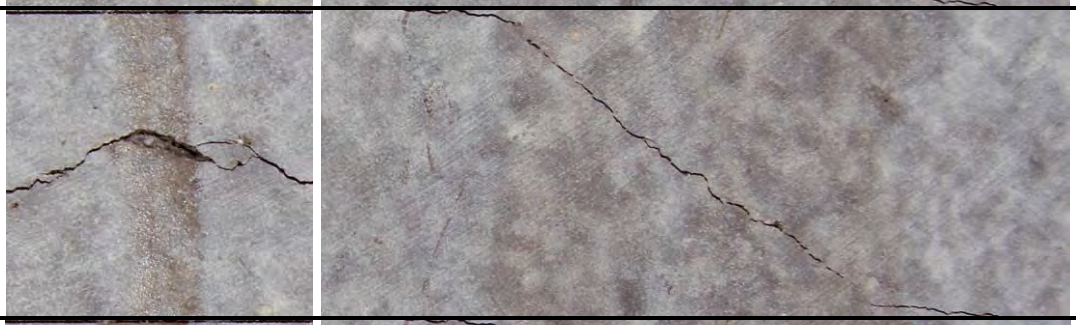
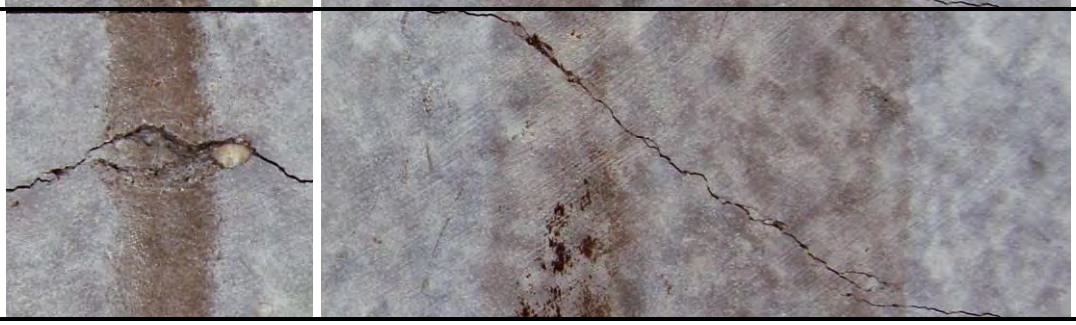
Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 2,725 kN

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

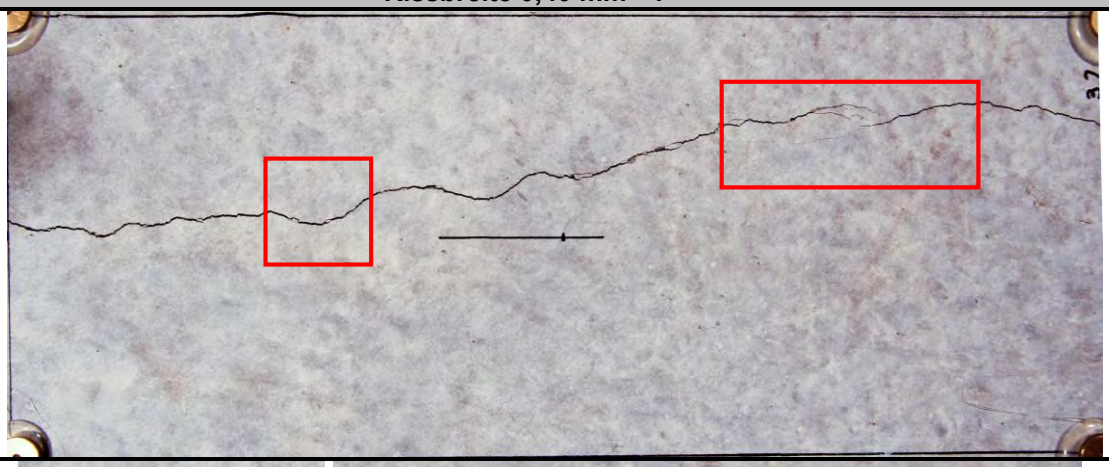
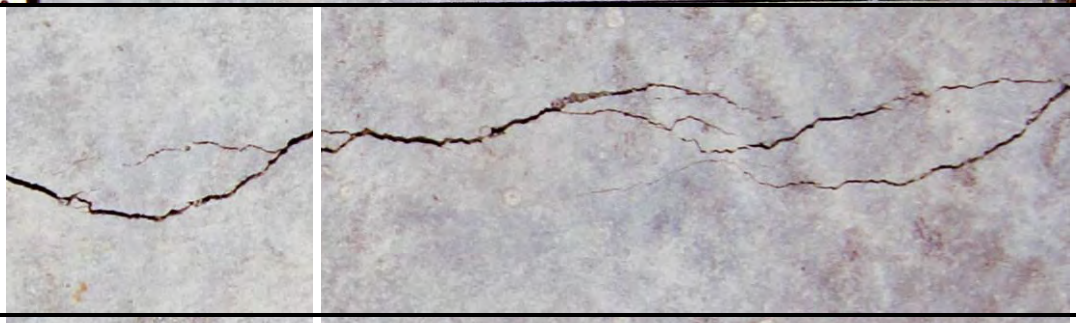
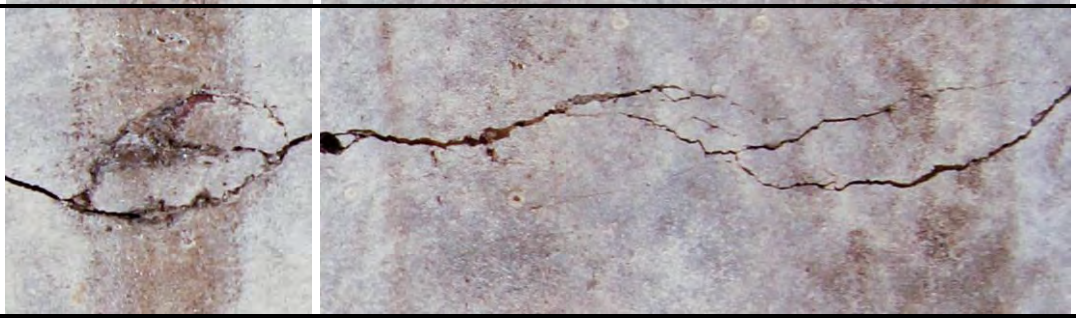
Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 2,725 kN

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

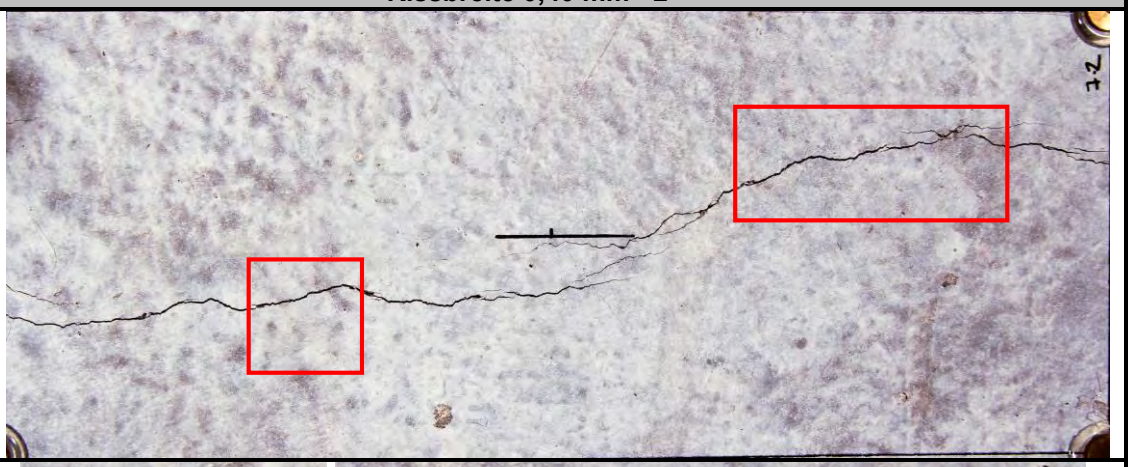
Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 2,725 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

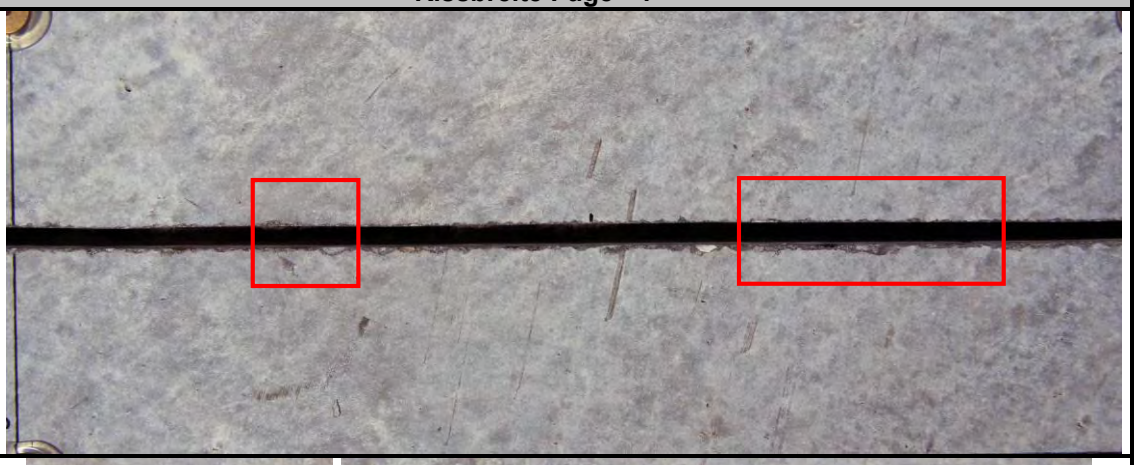
Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 2,725 kN

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

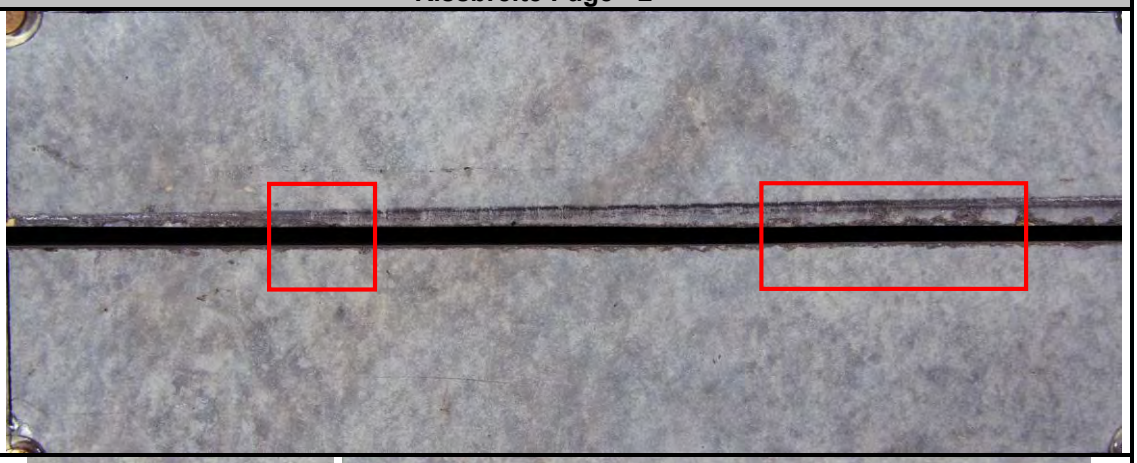
Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 2,725 kN

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V07 SBF - Probekörper PK 07 C50/60 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 2,725 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 08 wurde geprüft aber nicht ausgewertet

Versuch 08 wurde geprüft aber nicht ausgewertet, da die Oberflächenqualität nicht hinreichend war.

Versuch 09

Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK09 SBF
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	28.02.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	44,03
→ am (Versuchsbeginn):	-	30.04.2013
→ Betonalter	[d]	61
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	40,80
→ am (Versuchsende):	-	08.05.2013
→ Betonalter	[d]	69
Solllast:	[kN]	3,6
Last gemessen:	[kN]	3,6

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,130	0,143	0,17	0,12	0,10	0,10
	1.2	0,149	0,180	0,13	0,19		
0,1 mm - 2	2.1	0,104	0,129	0,15	0,14	0,10	0,10
	2.2	0,151	0,201	0,25	0,29		
0,25 mm - 1	3.1	0,272	0,222	0,27	0,26	0,25	0,25
	3.2	0,503	0,608	0,46	0,50		
0,25 mm - 2	4.1	0,338	0,316	0,44	0,40	0,25	0,25
	4.2	0,283	0,290	0,40	0,39		
0,40 mm - 1	5.1	0,416	0,441	0,51	0,47	0,40	0,40
	5.2	0,411	0,498	0,46	0,48		
0,40 mm - 2	6.1	0,466	0,463	0,56	0,53	0,40	0,40
	6.2	0,402	0,362	0,47	0,45		

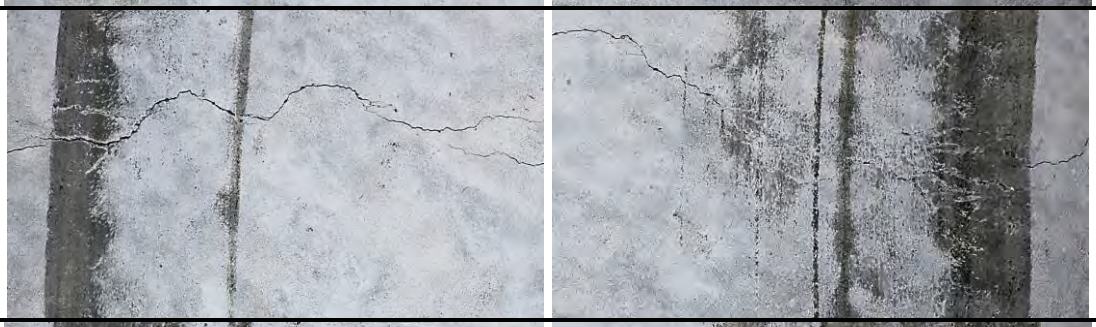
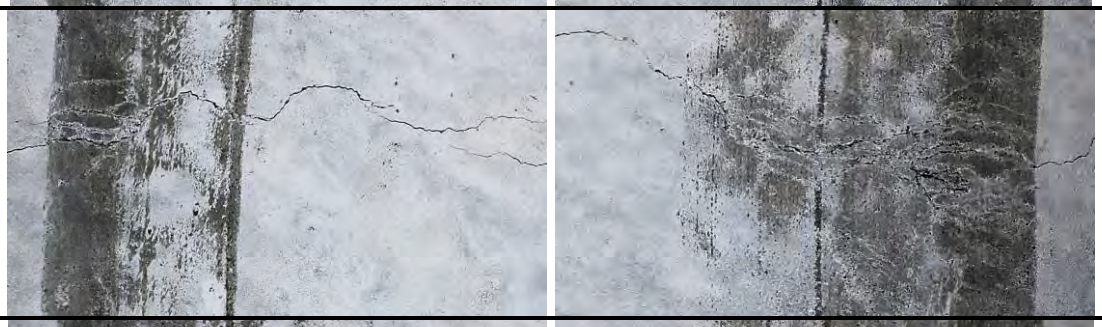
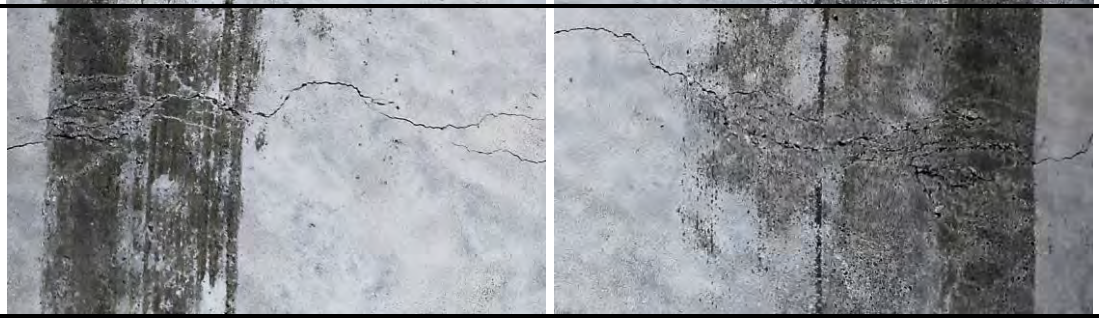
Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
30.04.2013	149,80	149,70	150,70	7,567	2,239	1001,2	44,65
30.04.2013	149,20	149,70	149,70	7,587	2,269	1018,9	45,62
30.04.2013	149,20	149,90	149,70	7,573	2,262	935,4	41,82
						Mittelwert	**44,03**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
08.05.2013	149,80	149,60	150,10	7,422	2,206	992,4	44,28
08.05.2013	149,30	149,70	149,80	7,418	2,216	991,4	44,36
08.05.2013	149,60	150,00	149,60	7,388	2,201	757,6	33,76
						Mittelwert	**40,80**

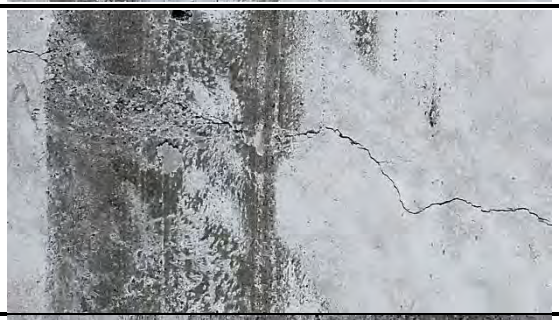
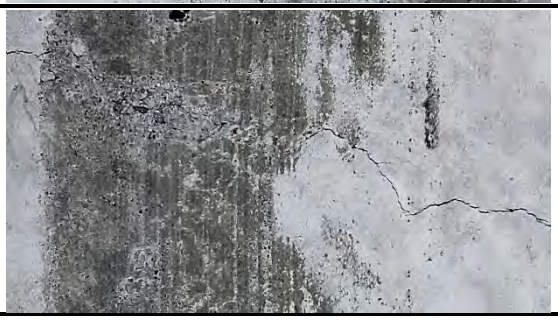
Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

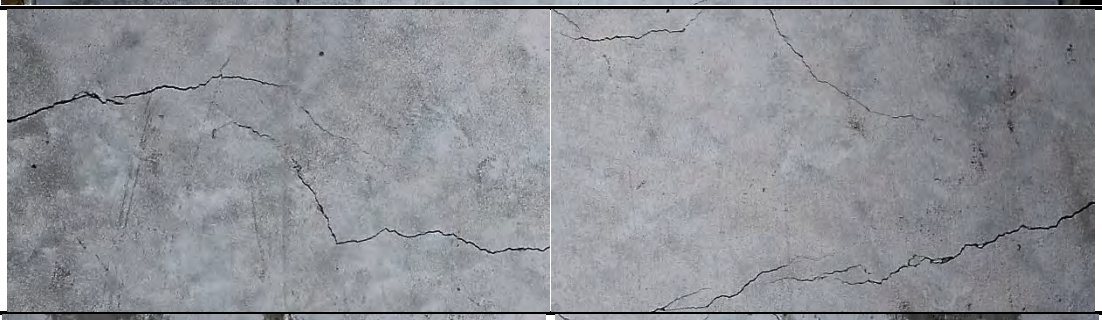
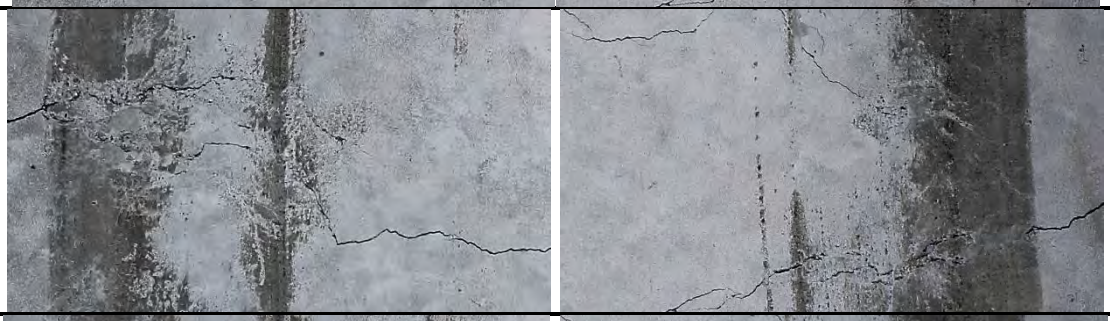
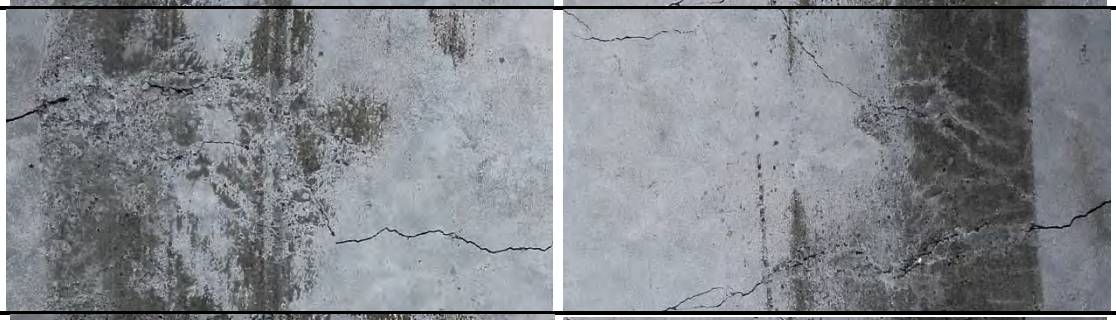
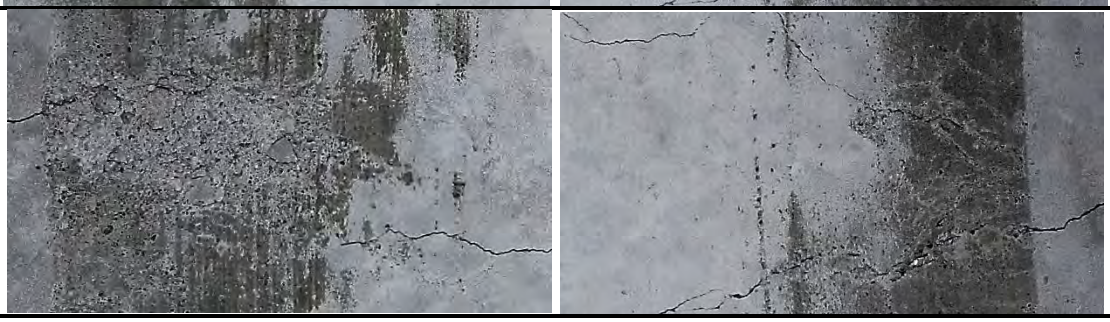
Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

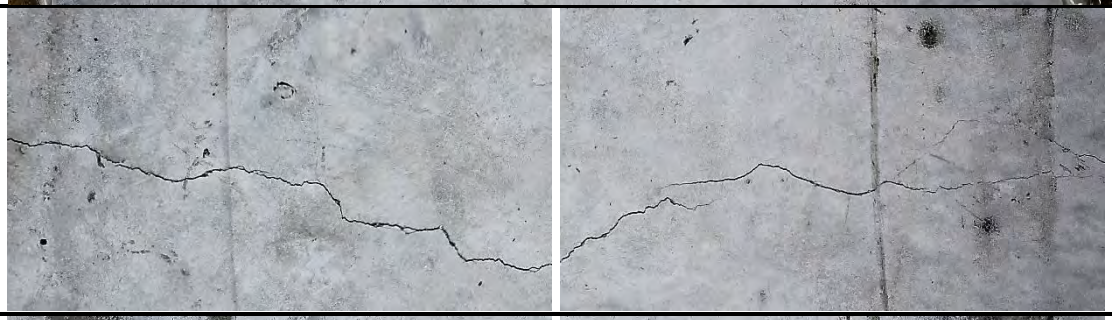
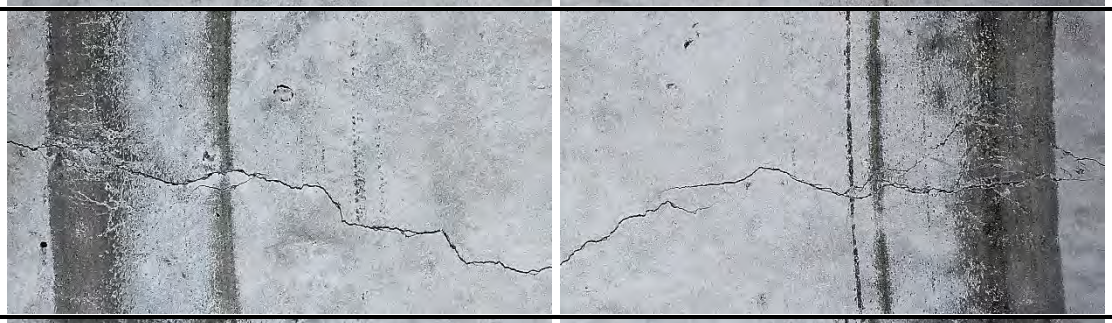
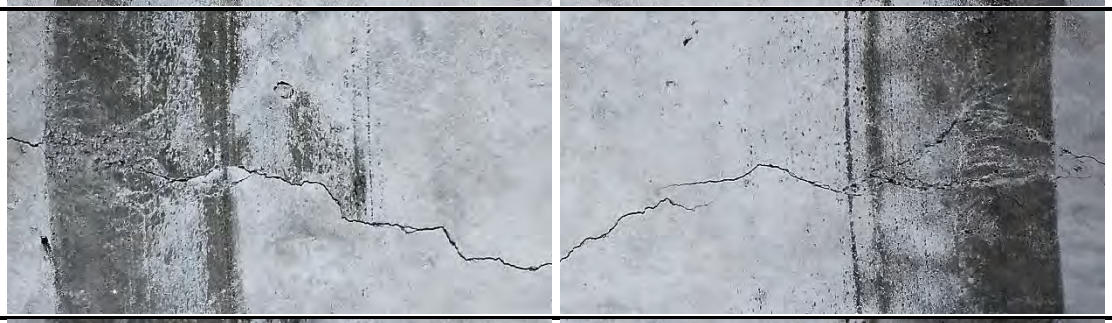
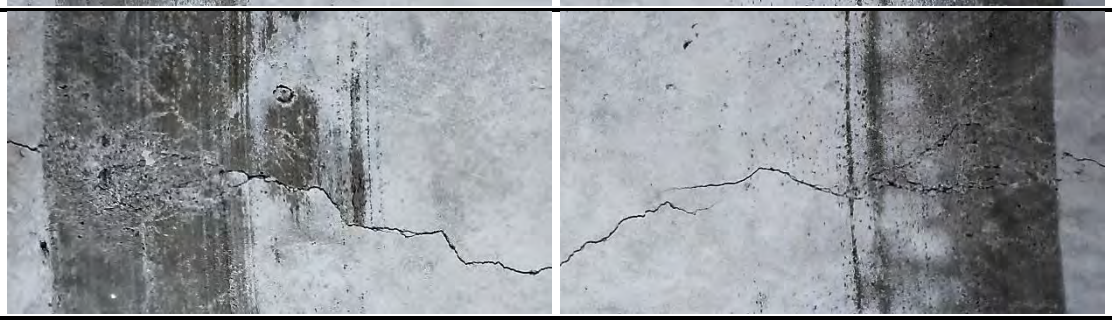
Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

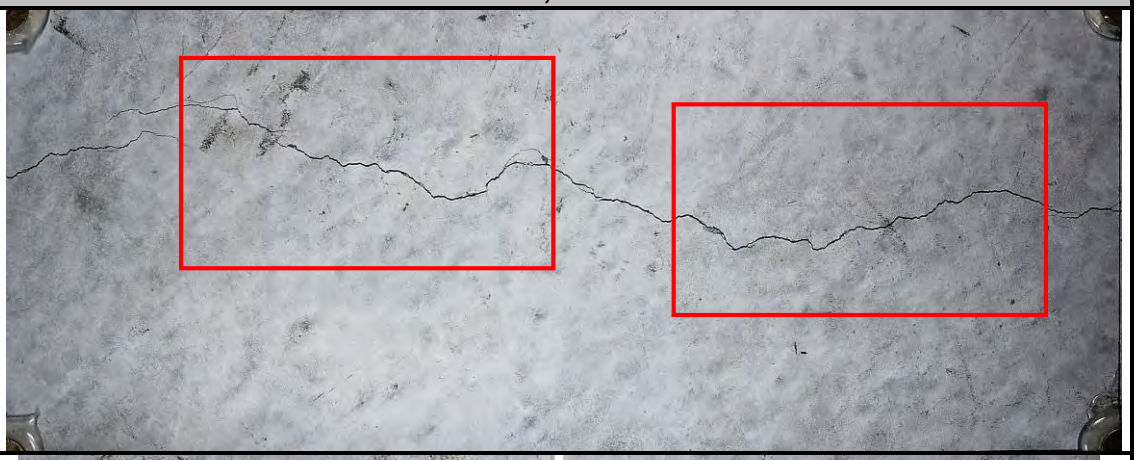
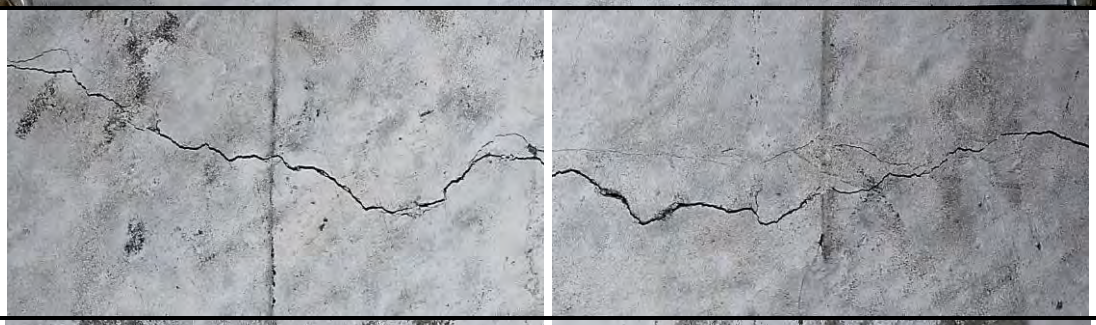
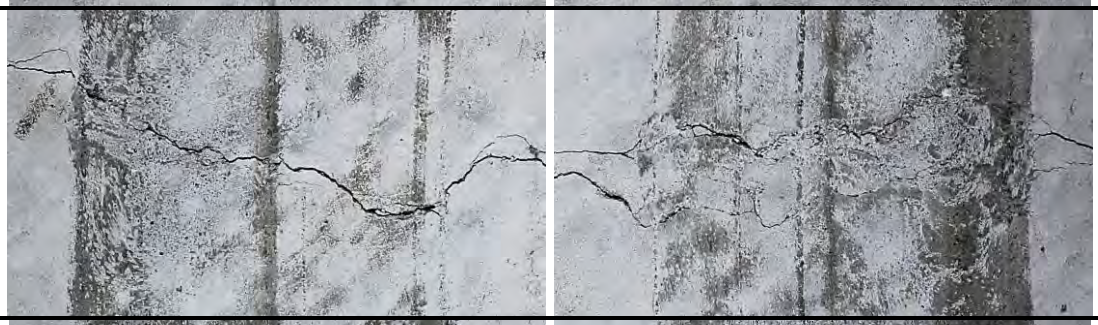
Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

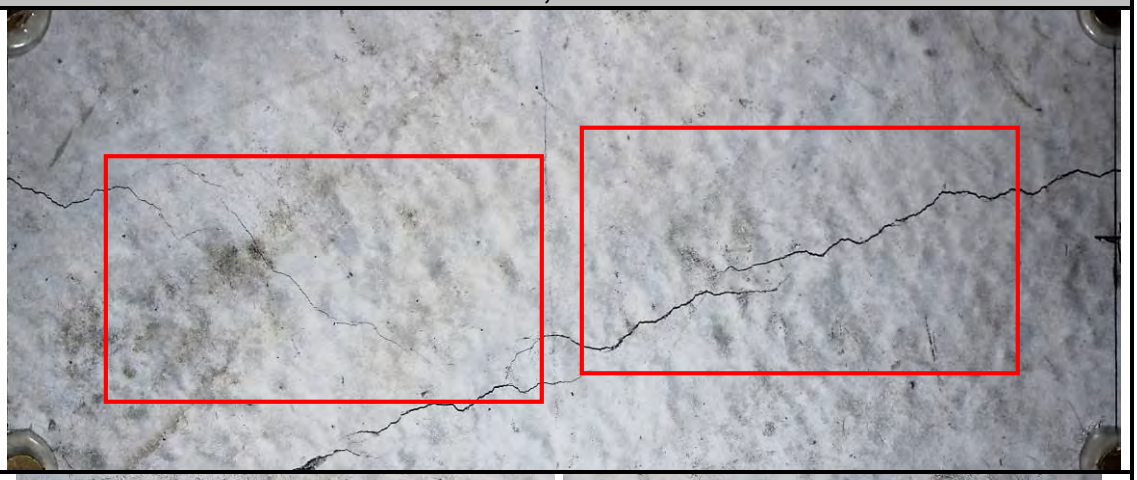
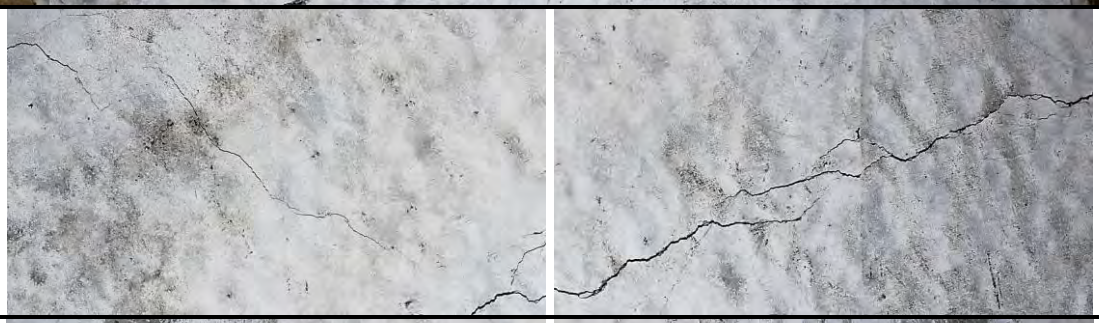
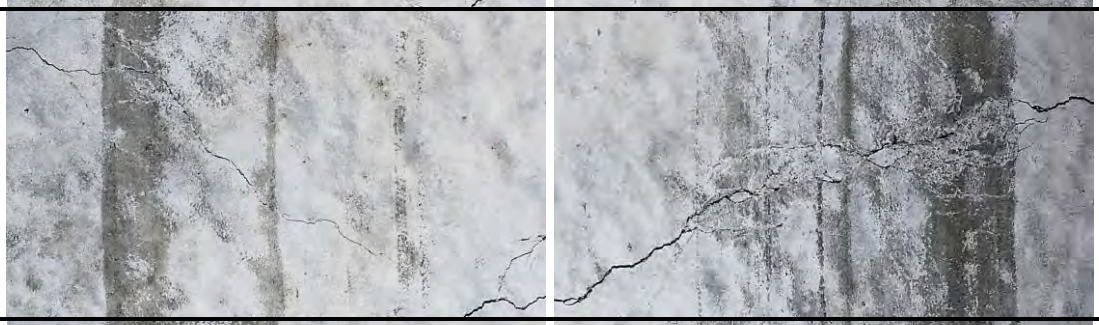
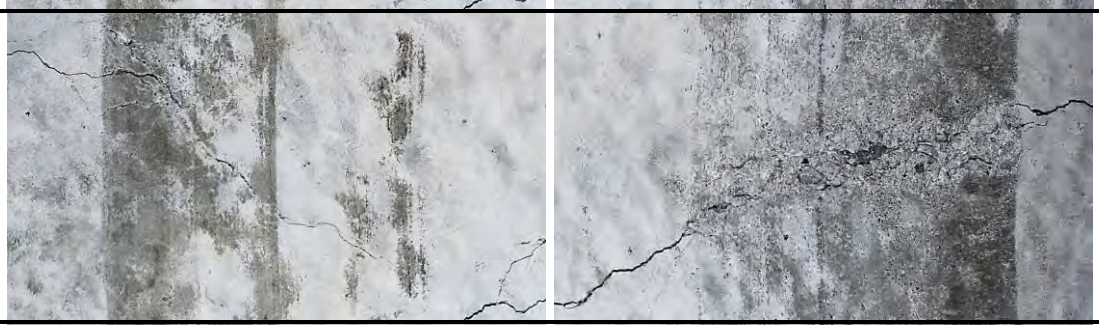
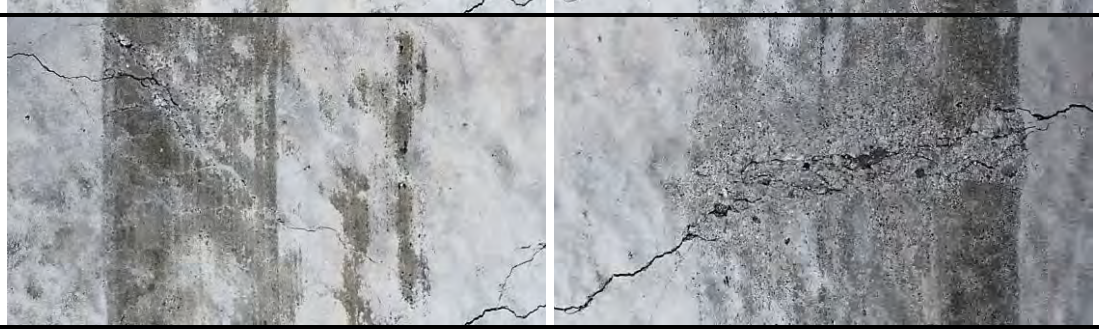
Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

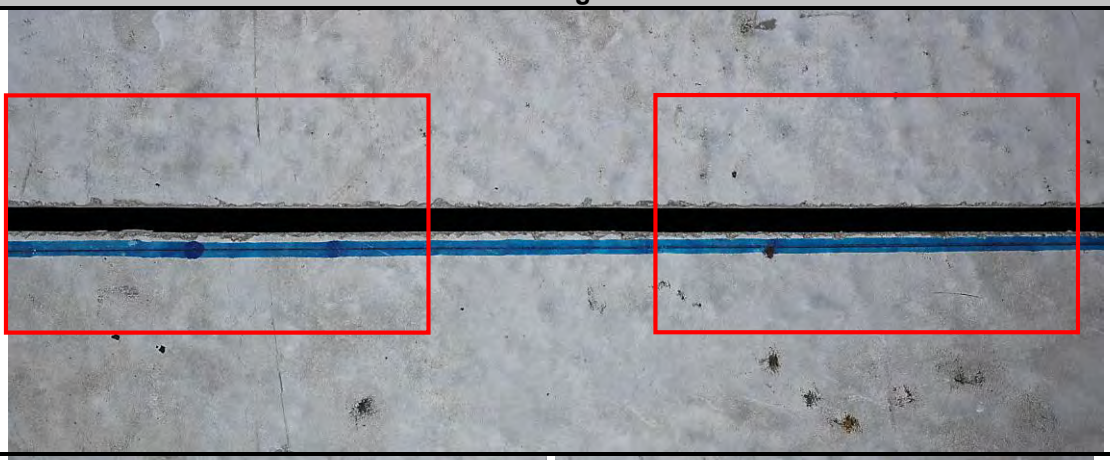
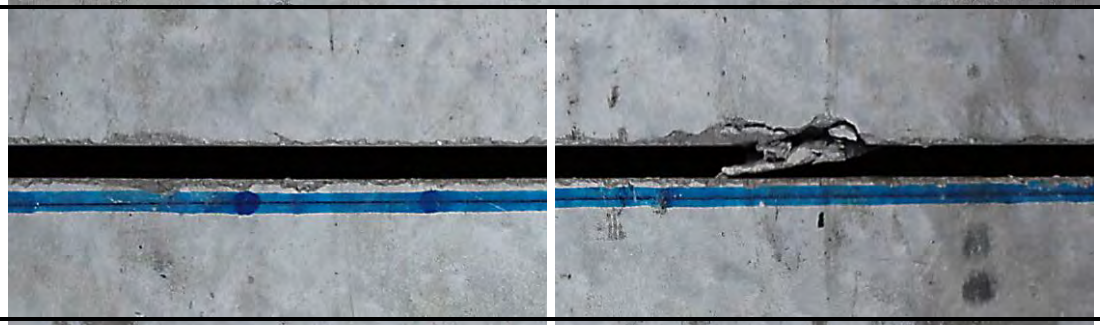
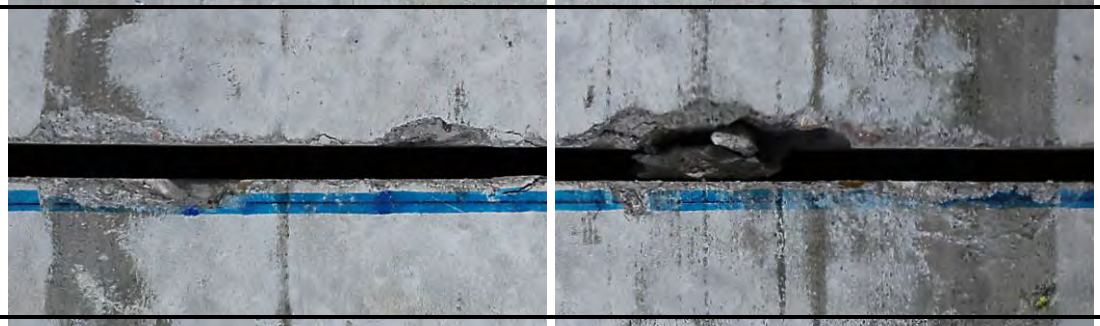
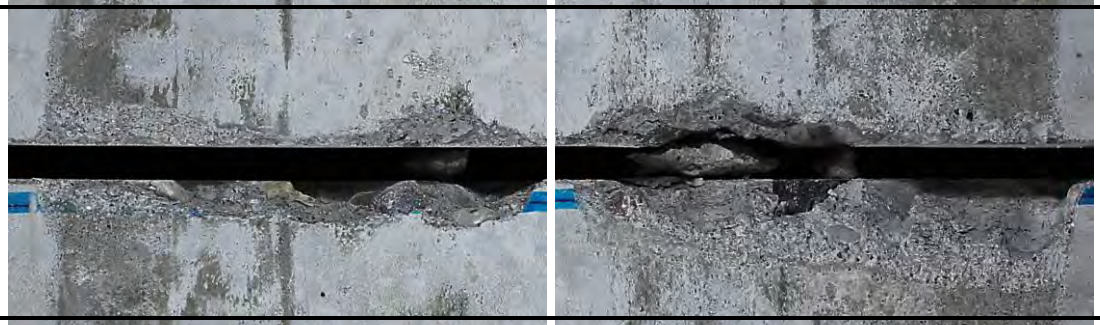
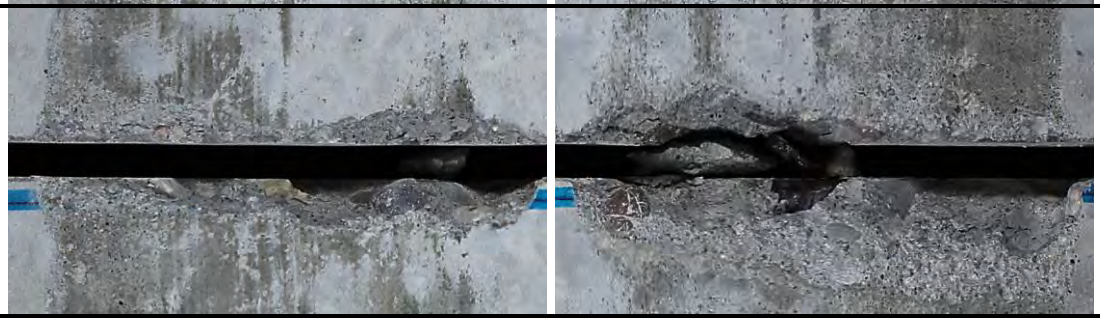
Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
3000	
10.000	
25.000	

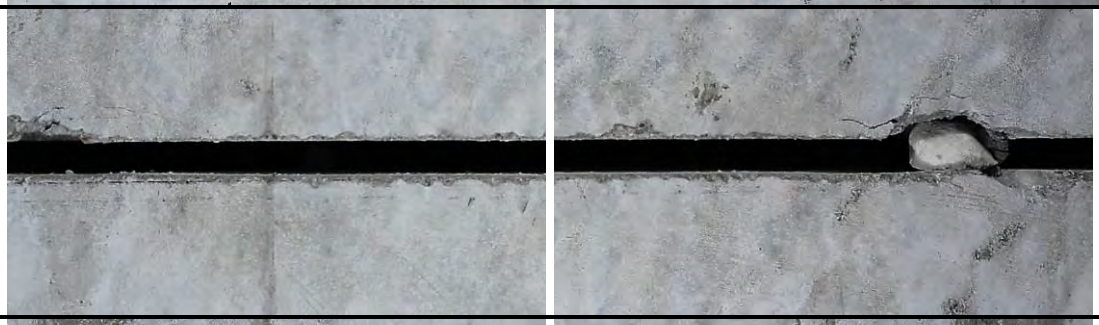
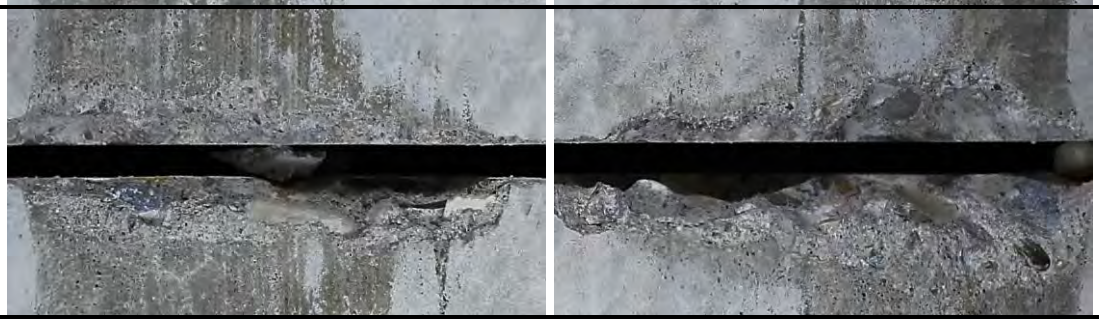
Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V09 SBF - Probekörper PK 09 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

Versuch 10

Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Poliurethan - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK10 SBF
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	15.05.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	33,03
→ am (Versuchsbeginn):	-	16.07.2013
→ Betonalter	[d]	62
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	46,45
→ am (Versuchsende):	-	18.07.2013
→ Betonalter	[d]	64
Solllast:	[kN]	3,6
Last gemessen:	[kN]	3,6

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,254	0,261	0,24	0,25	0,12	0,11
	1.2	0,234	0,223	0,25	0,25		
0,1 mm - 2	2.1	0,133	0,125	0,15	0,14	0,10	0,10
	2.2	0,135	0,148	0,15	0,15		
0,25 mm - 1	3.1	0,306	0,299	0,30	0,31	0,25	0,25
	3.2	0,243	0,255	0,30	0,30		
0,25 mm - 2	4.1	0,487	0,486	0,67	0,60	0,25	0,25
	4.2	0,594	0,560	0,65	0,61		
0,40 mm - 1	5.1	0,457	0,437	0,49	0,49	0,40	0,40
	5.2	0,505	0,495	0,52	0,53		
0,40 mm - 2	6.1	0,756	0,703	0,78	0,73	0,40	0,40
	6.2	0,806	0,766	0,80	0,75		

Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
16.07.2013	149,80	150,30	150,80	7,644	2,251	484,1	21,50
16.07.2013	150,40	150,20	150,30	7,73	2,277	805,6	35,66
16.07.2013	149,70	149,80	150,40	7,646	2,267	940,5	41,94
						Mittelwert	**33,03**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
19.07.2013	149,90	149,80	149,70	7,689	2,287	1011,6	45,05
19.07.2013	150,20	149,90	150,30	7,688	2,272	1092,3	48,51
19.07.2013	150,90	150,50	150,10	7,675	2,252	1026,3	45,19
						Mittelwert	**46,25**

Prüfdatum	Abmessungen d	A	F_m	Elastizitäts moduls
	[mm]	[mm²]	[kg]	[N/mm²]
31.07.2013	150,00	17671,50	221,76	23043,44
31.07.2013	150,00	17671,50	221,77	25316,33
31.07.2013	150,00	17671,50	221,95	23894,24
			Mittelwert	**24084,67**

Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Poliurethan - Radlast 3,6 kN

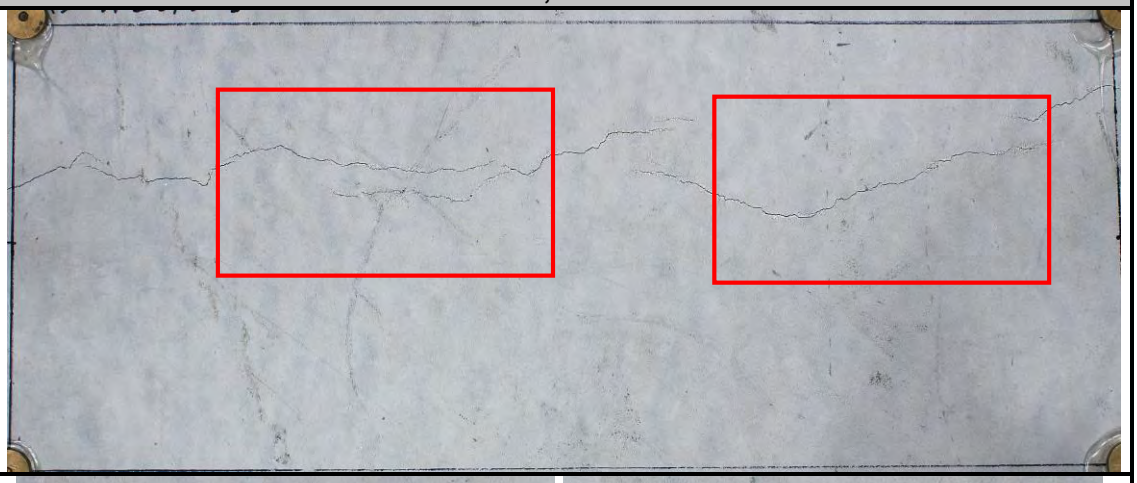
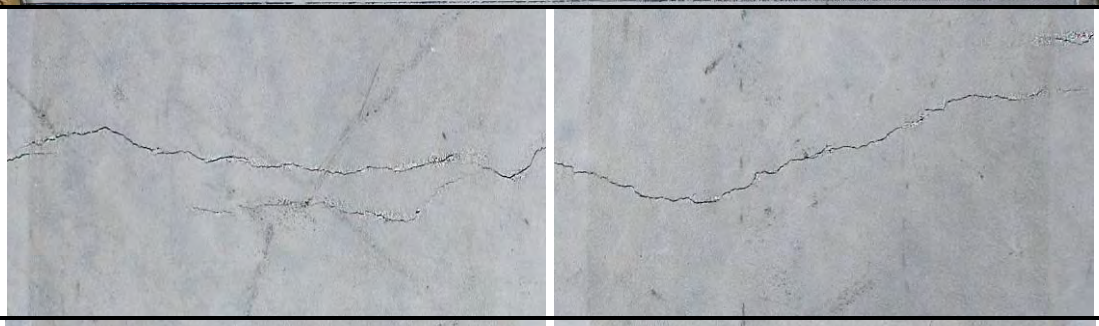
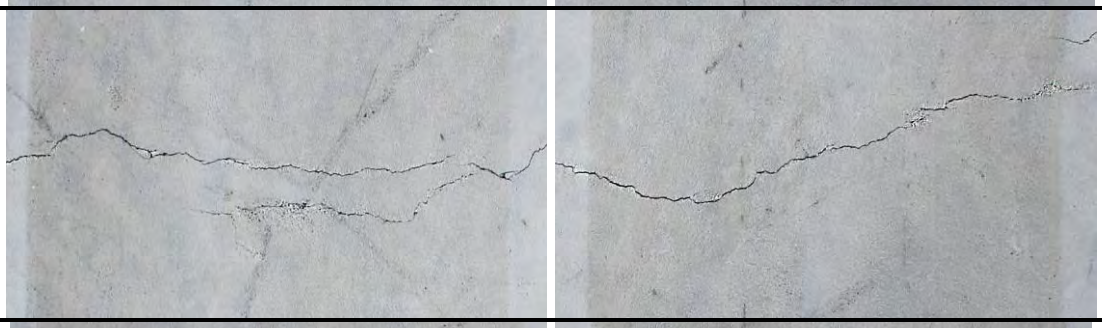
Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
16.07.2013	149,80	150,30	150,80	7,644	2,251	484,1	21,50
16.07.2013	150,40	150,20	150,30	7,73	2,277	805,6	35,66
16.07.2013	149,70	149,80	150,40	7,646	2,267	940,5	41,94
						Mittelwert	**33,03**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
19.07.2013	149,90	149,80	149,70	7,689	2,287	1011,6	45,05
19.07.2013	150,20	149,90	150,30	7,688	2,272	1092,3	48,51
19.07.2013	150,90	150,50	150,10	7,675	2,252	1026,3	45,19
						Mittelwert	**46,25**

Prüfdatum	Abmessungen d	A	F_m	Elastizitäts moduls
	[mm]	[mm²]	[kg]	[N/mm²]
31.07.2013	150,00	17671,50	221,76	23043,44
31.07.2013	150,00	17671,50	221,77	25316,33
31.07.2013	150,00	17671,50	221,95	23894,24
			Mittelwert	**24084,67**

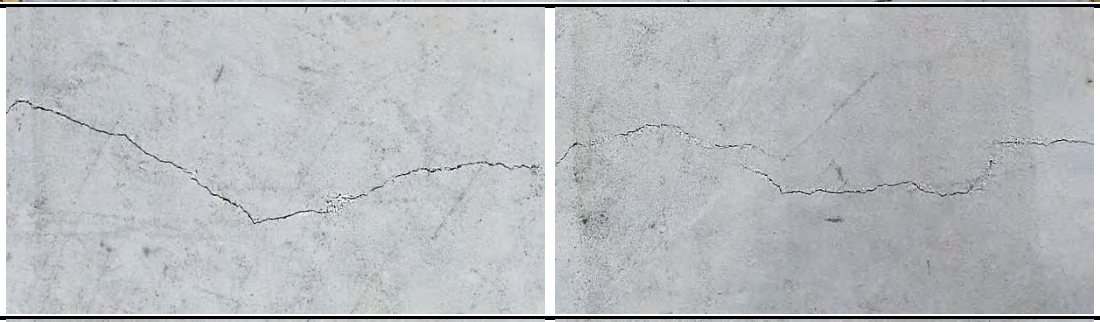
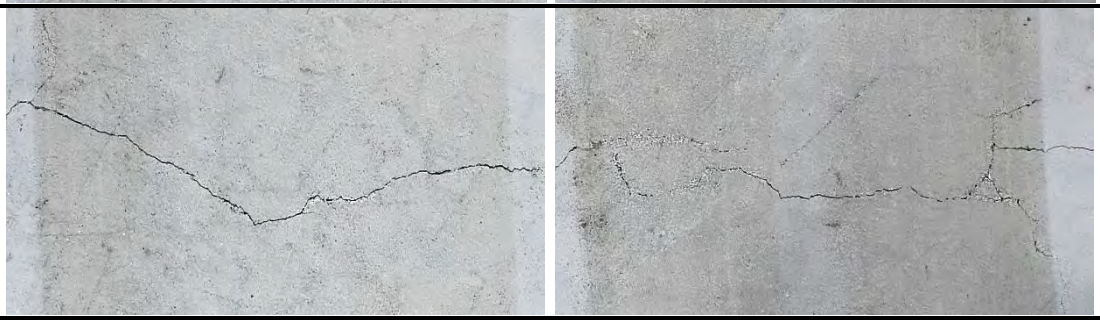
Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

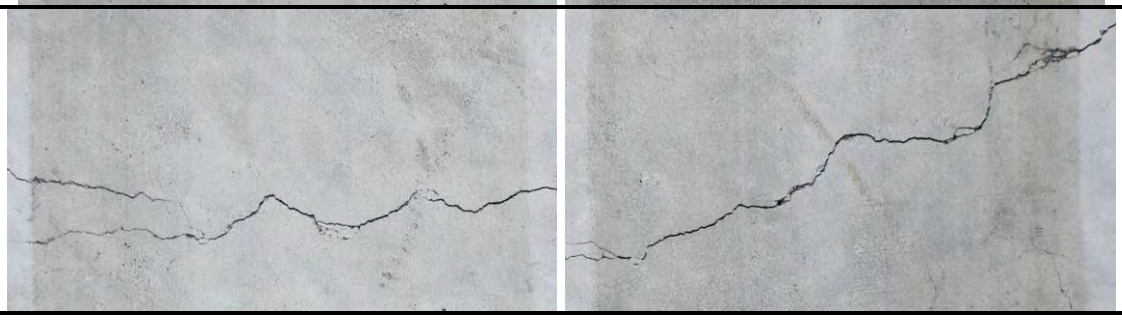
Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

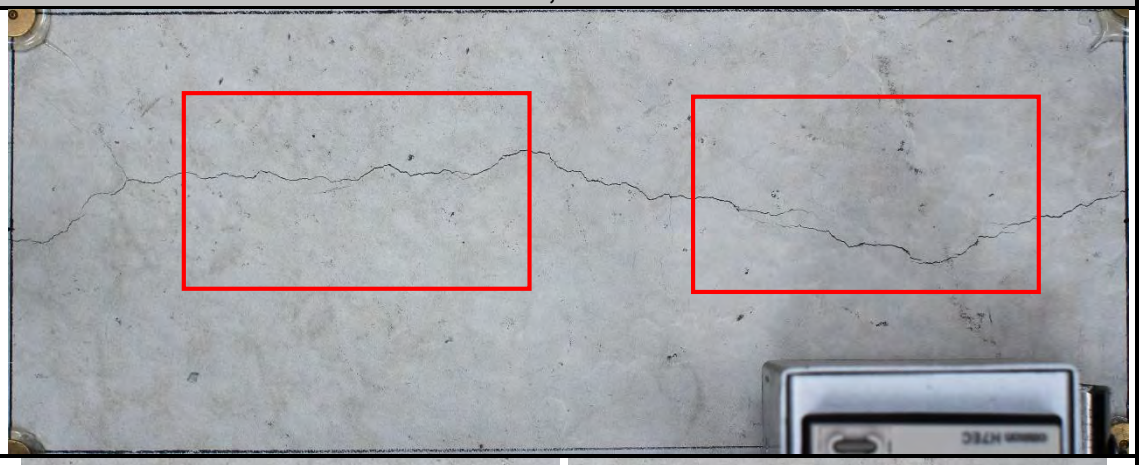
Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

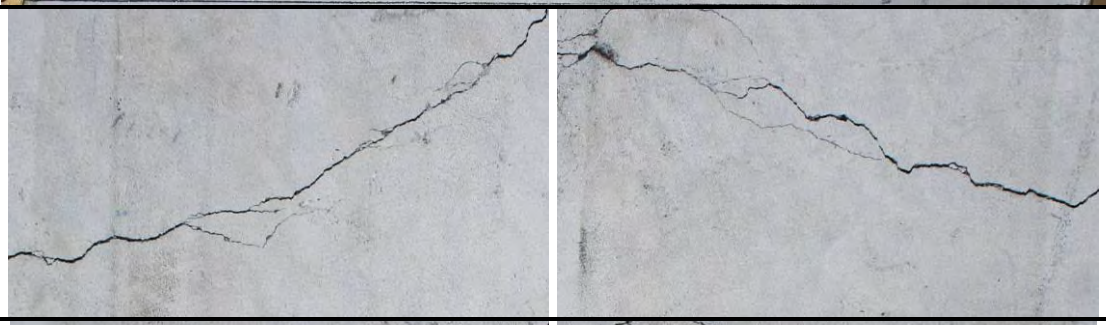
Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
3000	
10.000	
25.000	

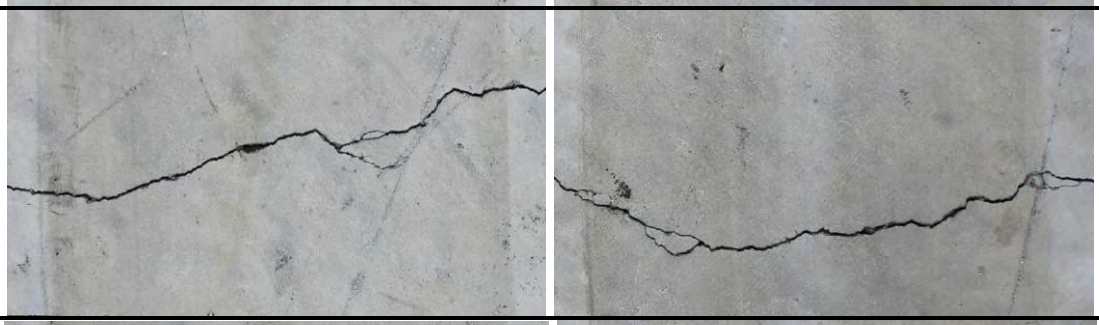
Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

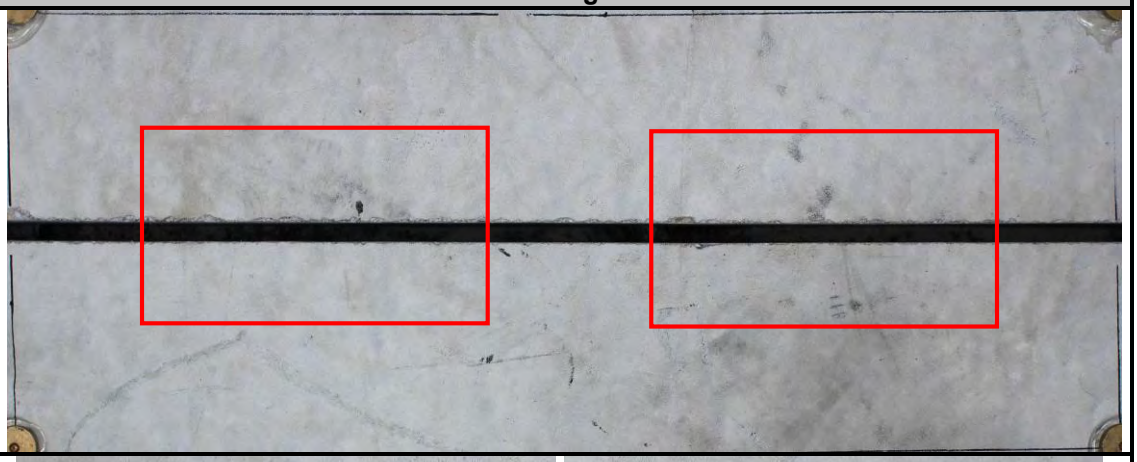
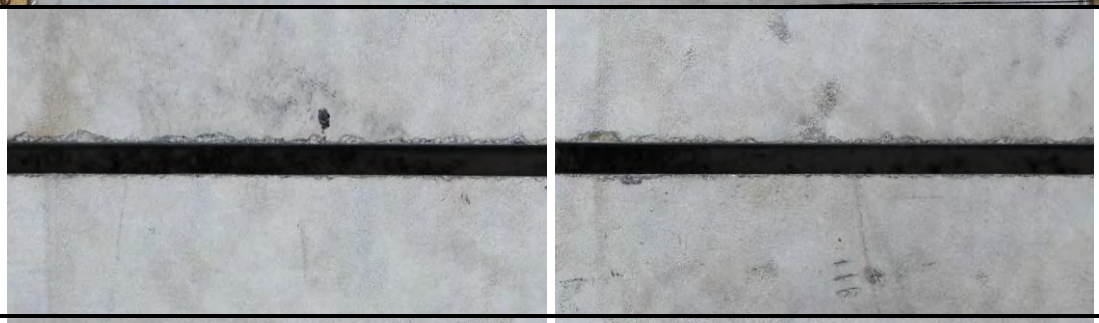
Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V10 SBF - Probekörper PK 10 C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 11

Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 - Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Probekörper:	-	PK11 SBF
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	23.05.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	41,80
→ am (Versuchsbeginn):	-	22.07.2013
→ Betonalter	[d]	60
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	48,50
→ am (Versuchsende):	-	23.07.2013
→ Betonalter	[d]	61
Solllast:	[kN]	13
Last gemessen:	[kN]	13

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,160	0,133	0,22	0,23	0,10	0,10
	1.2	0,137	0,127	0,13	0,12		
0,1 mm - 2	2.1	0,148	0,166	0,18	0,21	0,10	0,10
	2.2	0,148	0,149	0,20	0,21		
0,25 mm - 1	3.1	0,239	0,253	0,22	0,23	0,24	0,24
	3.2	0,370	0,386	0,34	0,40		
0,25 mm - 2	4.1	0,270	0,278	0,34	0,32	0,25	0,25
	4.2	0,304	0,285	0,26	0,27		
0,40 mm - 1	5.1	0,806	0,785	0,85	0,83	0,40	0,40
	5.2	0,419	0,473	0,79	0,77		
0,40 mm - 2	6.1	0,390	0,376	0,37	0,41	0,40	0,38
	6.2	0,397	0,376	0,54	0,47		

Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 - Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

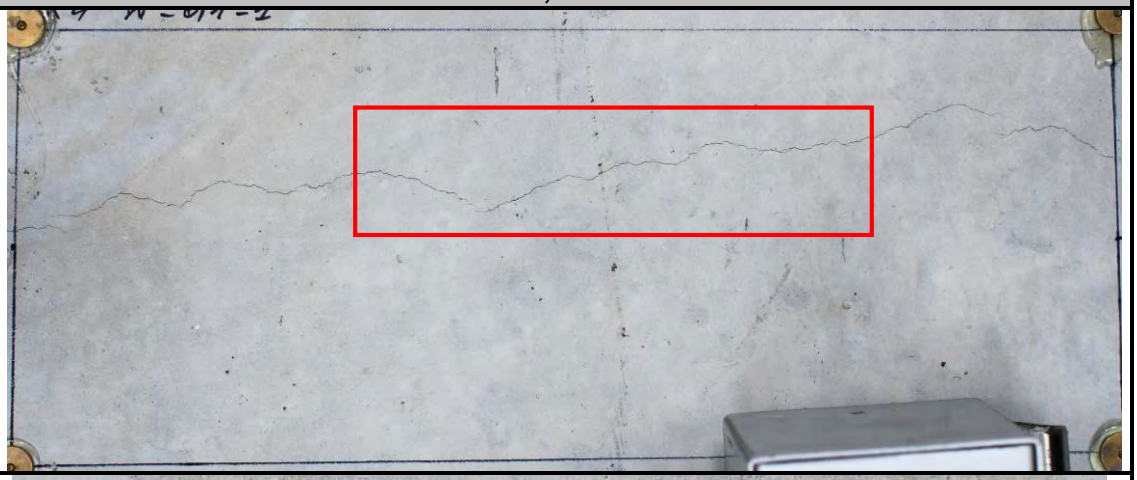
Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
22.07.2013	150,40	148,70	150,70	7,71	2,288	910,5	40,71
22.07.2013	149,80	150,80	149,70	7,74	2,289	856,4	37,91
22.07.2013	150,50	150,90	150,10	7,62	2,235	1062,5	46,78
						Mittelwert	**41,80**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
24.07.2013	150,20	150,00	150,00	7,567	2,239	1084,9	48,15
24.07.2013	149,60	149,90	150,00	7,587	2,256	1065,8	47,53
24.07.2013	150,00	149,90	149,80	7,688	2,282	1119,9	49,81
						Mittelwert	**48,50**

Prüfdatum	Abmessungen d	A	F_m	Elastizitäts moduls
	[mm]	[mm²]	[kg]	[N/mm²]
31.07.2013	150,00	17671,50	240,87	26121,48
31.07.2013	150,00	17671,50	240,75	26165,93
31.07.2013	150,00	17671,50	240,82	25124,64
			Mittelwert	**25804,02**

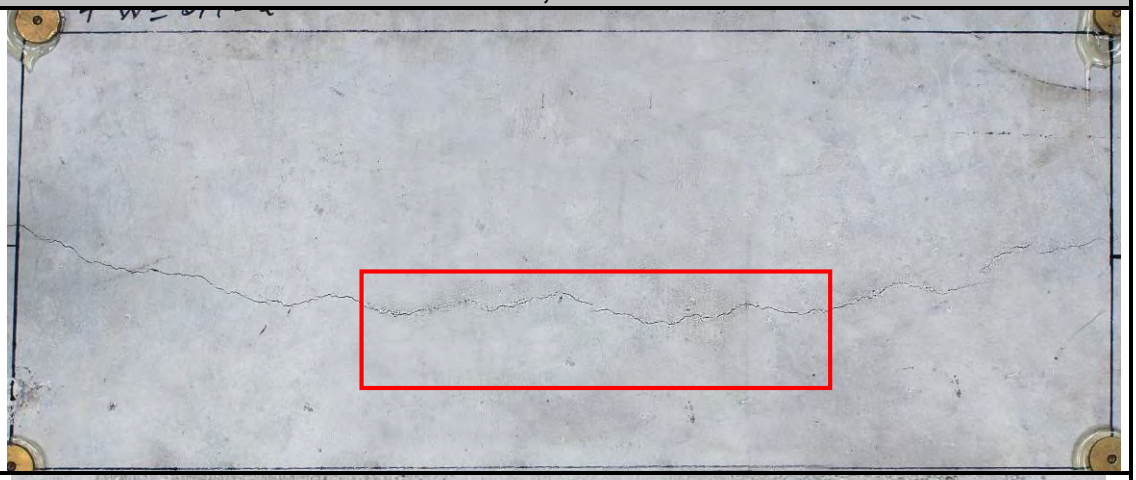
Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 –
Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

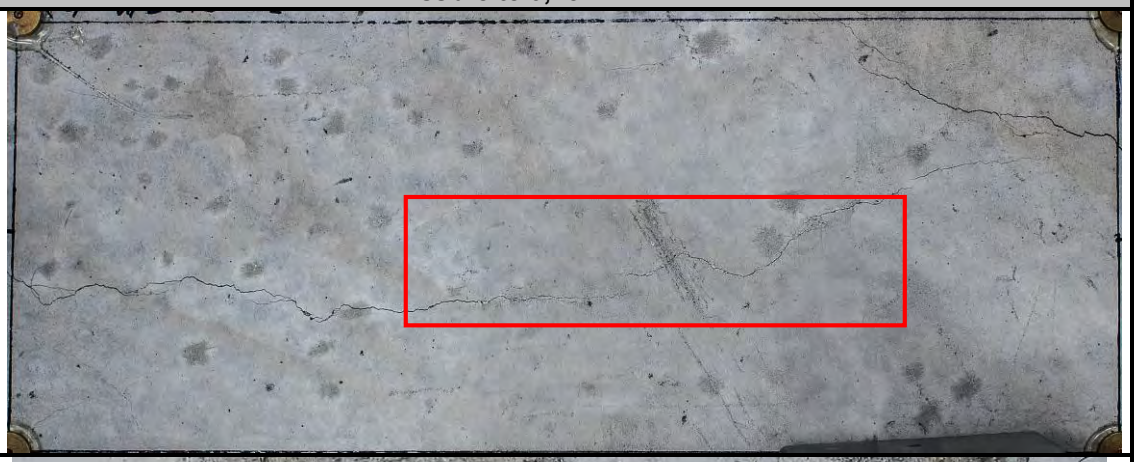
Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 –
Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
3000	
10.000	
25.000	

Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 –
Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 –
Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

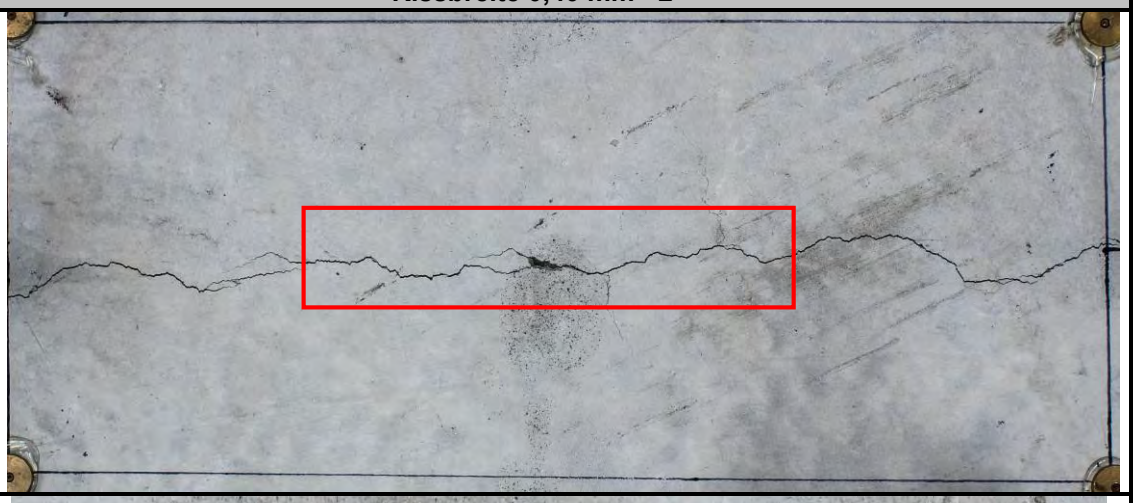
Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 –
Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

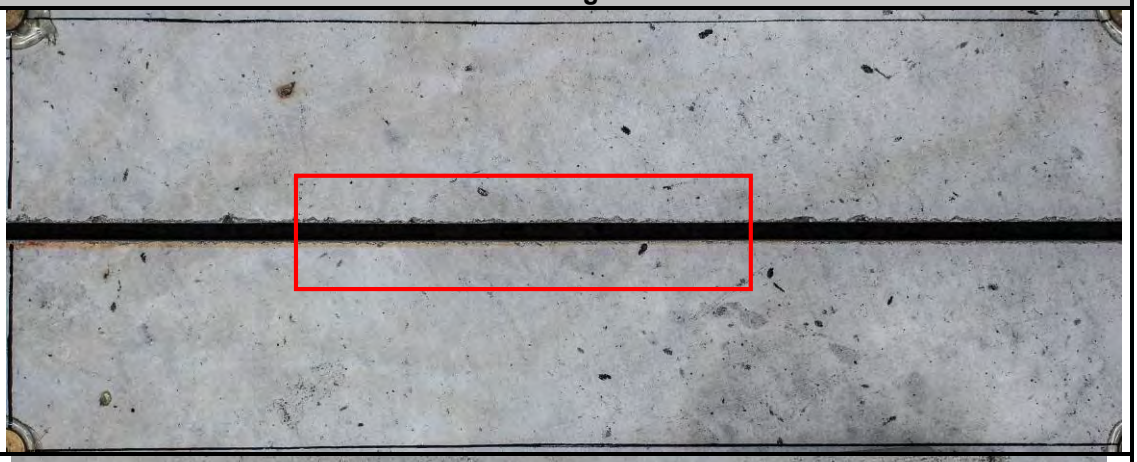
Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 –
Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

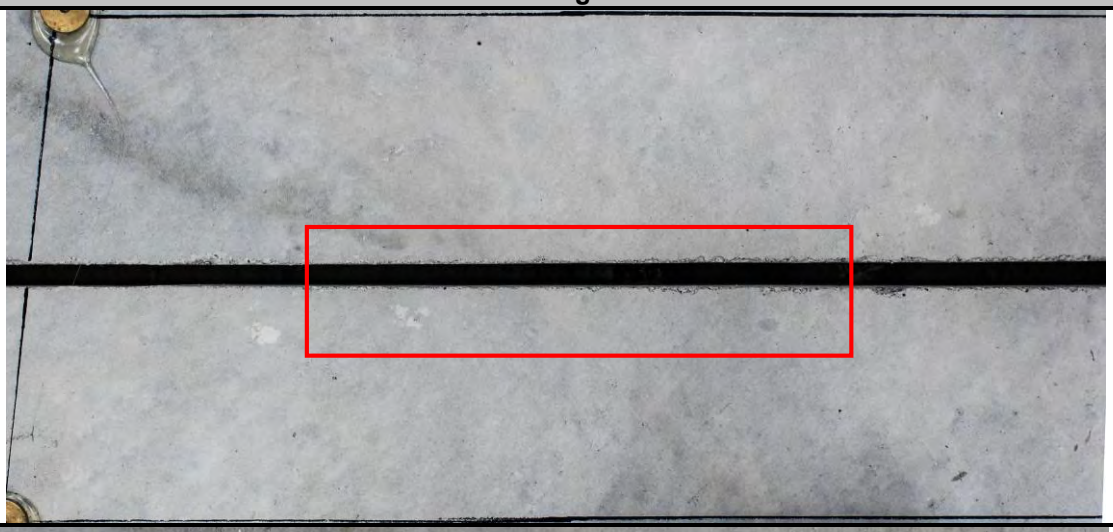
Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 –
Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V11 SBF - Probekörper PK 11 C30/37 –
Überfahrung mit Elastikbandage Material Polyurethan - Radlast 13 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V12-C30/37-SBF - Probekörper PK 12 C30/37 - Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Probekörper:	-	PK12 SBF
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	29.05.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	48,23
→ am (Versuchsbeginn):	-	24.07.2013
→ Betonalter	[d]	56
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	48,23
→ am (Versuchsende):	-	26.07.2013
→ Betonalter	[d]	58
Solllast:	[kN]	12
Last gemessen:	[kN]	12

Bemerkungen
Rissverlauf beim 0,10 - 2 mm Riss leicht verästelt, bei 0,25 - 2 mm sind zwei veräselte duchlaufende Risse vorhandeln, ein von denen besitz die vorgeplant Breite.

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,146	0,125	0,17	0,20	0,10	0,11
	1.2	0,213	0,172	0,21	0,18		
0,1 mm - 2	2.1	0,199	0,162	0,21	0,23	0,10	0,10
	2.2	0,170	0,165	0,13	0,14		
0,25 mm - 1	3.1	0,362	0,338	0,33	0,33	0,25	0,23
	3.2	0,285	0,299	0,28	0,27		
0,25 mm - 2	4.1	0,433	0,480	0,45	0,52	0,25	0,35
	4.2	0,401	0,465	0,44	0,48		
0,40 mm - 1	5.1	0,490	0,495	0,56	0,58	0,40	0,41
	5.2	0,473	0,432	0,56	0,53		
0,40 mm - 2	6.1	0,406	0,432	0,45	0,50	0,40	0,39
	6.2	0,412	0,423	0,51	0,52		

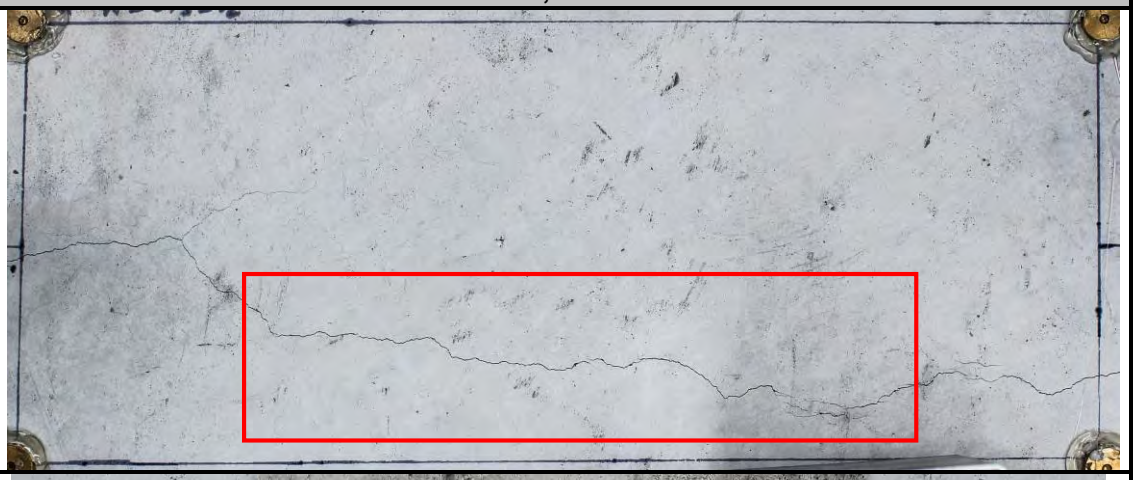
Versuch V12-C30/37-SBF - Probekörper PK 12 C30/37 - Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
25.07.2013	150,20	149,80	150,70	7,625	2,249	1060,9	47,15
25.07.2013	149,80	149,90	149,90	7,636	2,269	1090,4	48,56
25.07.2013	149,80	149,80	150,30	7,652	2,269	1099,2	48,98
						Mittelwert	**48,23**

Prüfdatum	Abmessungen d	A	F_m	Elastizitäts moduls
	[mm]	[mm²]	[kg]	[N/mm²]
31.07.2013	150,00	17671,50	230,73	25403,69
31.07.2013	150,00	17671,50	230,71	25284,50
31.07.2013	150,00	17671,50	230,80	26047,53
			Mittelwert	**25578,57**

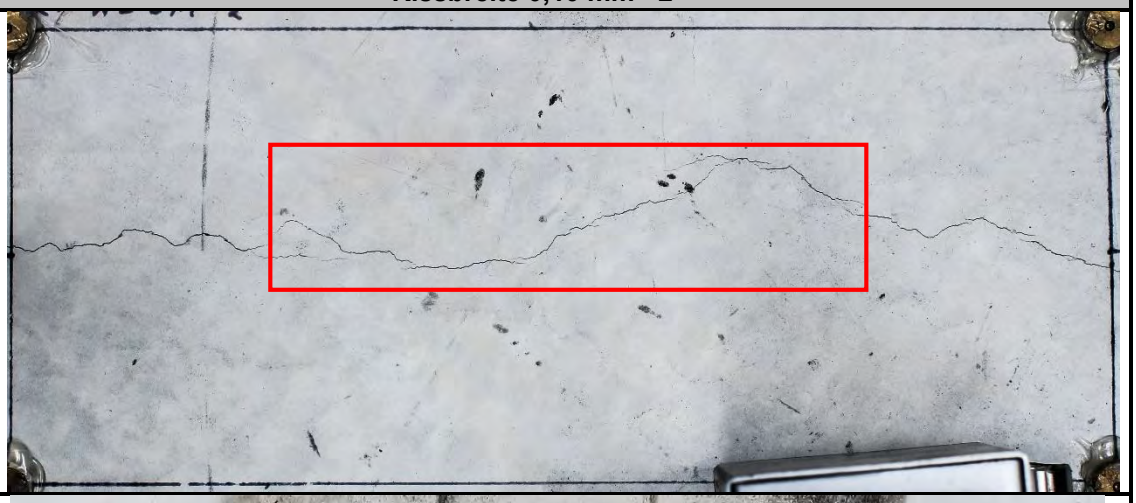
Versuch V12-C30/37-GRL - Probekörper PK 12 C30/37 -
Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V12-C30/37-GRL - Probekörper PK 12 C30/37 -
Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V12-C30/37-GRL - Probekörper PK 12 C30/37 -
Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V12-C30/37-GRL - Probekörper PK 12 C30/37 -
Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V12-C30/37-GRL - Probekörper PK 12 C30/37 -
Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

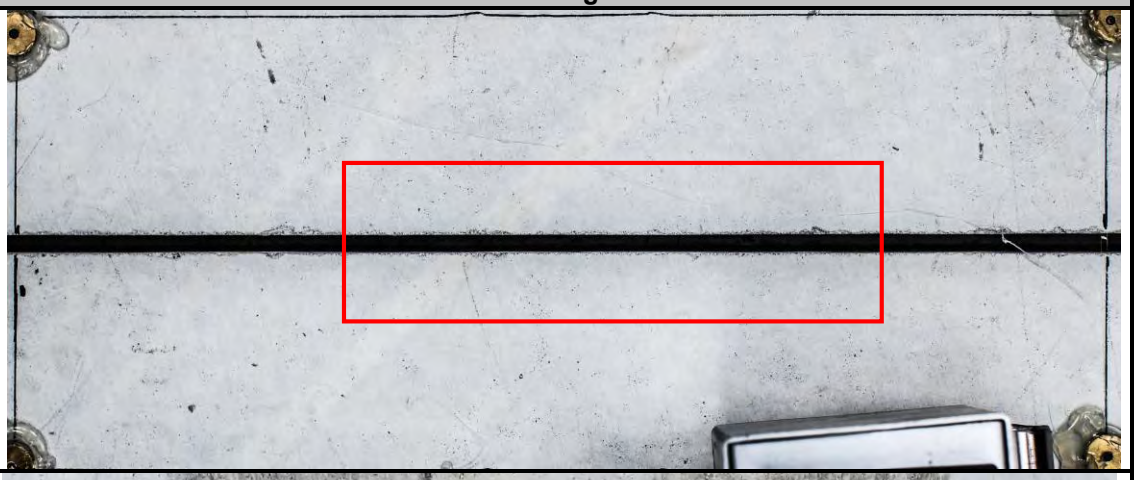
Versuch V12-C30/37-GRL - Probekörper PK 12 C30/37 -
Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

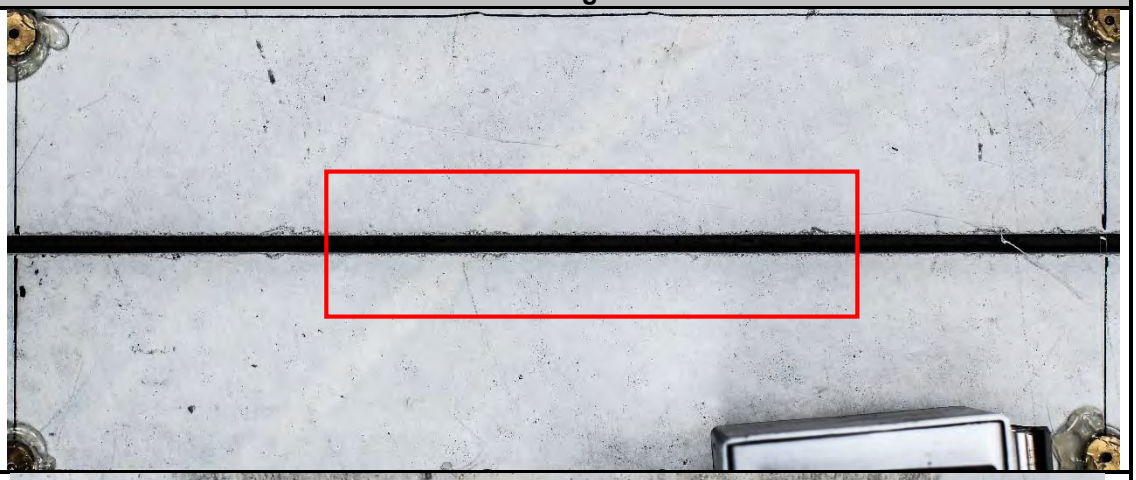
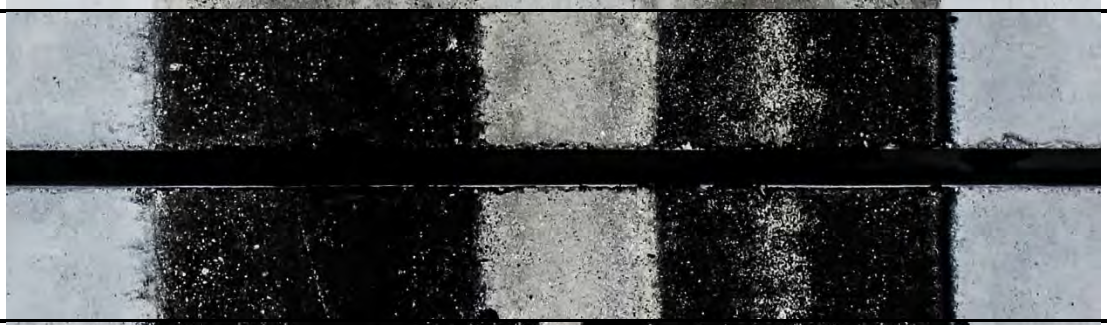
**Versuch V12-C30/37-GRL - Probekörper PK 12 C30/37 -
Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V12-C30/37-GRL - Probekörper PK 12 C30/37 -
Überfahrung mit Elastikbandage Material Gummi - Radlast 12 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 13

Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK01 HSS
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	25.07.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	50,29
→ am (Versuchsbeginn):	-	15.10.2013
→ Betonalter	[d]	82
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	50,90
→ am (Versuchsende):	-	21.10.2013
→ Betonalter	[d]	88
Solllast:	[kN]	3,6
Last gemessen:	[kN]	3,6

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,160	0,149	0,15	0,13	0,10	0,12
	1.2	0,178	0,167	0,14	0,15		
0,1 mm - 2	2.1	0,157	0,184	0,17	0,18	0,10	0,10
	2.2	0,222	0,212	0,23	0,19		
0,25 mm - 1	3.1	0,371	0,352	0,42	0,42	0,25	0,25
	3.2	0,361	0,351	0,37	0,39		
0,25 mm - 2	4.1	0,281	0,244	0,37	0,36	0,25	0,23
	4.2	0,292	0,261	0,25	0,24		
0,40 mm - 1	5.1	0,469	0,462	0,60	0,59	0,40	0,40
	5.2	0,448	0,451	0,54	0,54		
0,40 mm - 2	6.1	0,505	0,442	0,65	0,66	0,40	0,40
	6.2	0,517	0,506	0,44	0,55		

Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

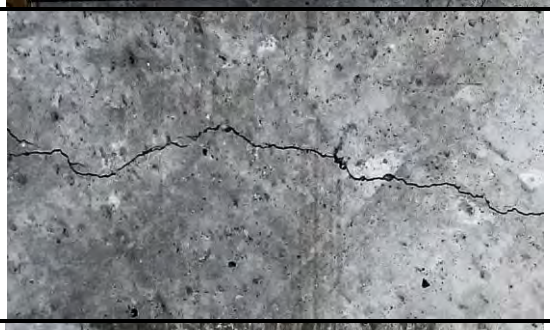
Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
15.10.2013	149,60	149,80	149,80	7,615	2,268	1120,6	50,00
15.10.2013	149,90	150,00	149,90	7,664	2,274	1177,3	52,36
15.10.2013	149,30	150,00	151,50	7,649	2,254	1086,5	48,52
						Mittelwert	**50,29**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
21.10.2013	150,10	149,80	149,80	7,839	2,327	1189,3	52,89
21.10.2013	149,30	150,10	150,00	7,861	2,339	1173,7	52,37
21.10.2013	149,50	149,90	149,90	7,71	2,295	1063,0	47,43
						Mittelwert	**50,90**

Prüfdatum	Abmessungen d	A	F_m	Elastizitäts moduls
	[mm]	[mm²]	[kN]	[N/mm²]
15.10.2013	150,00	17671,50	238,46	24537,46
15.10.2013	150,00	17671,50	238,40	24701,24
15.10.2013	150,00	17671,50	238,31	24093,06
			Mittelwert	**24443,92**

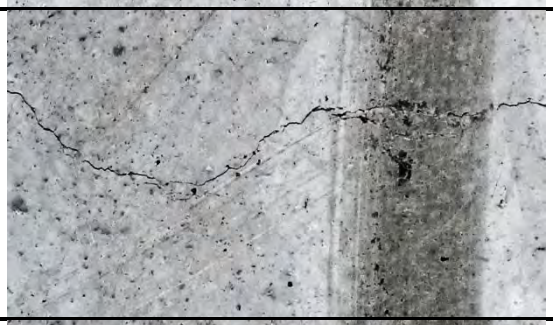
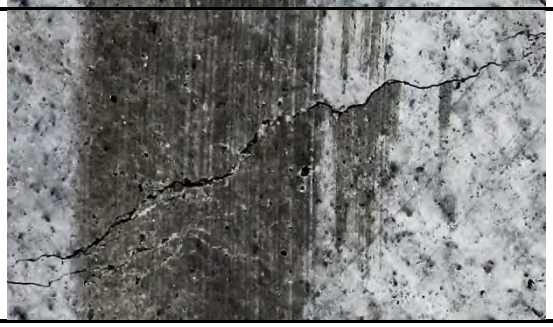
**Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

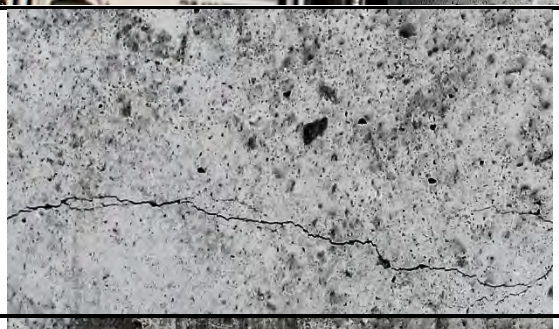
**Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

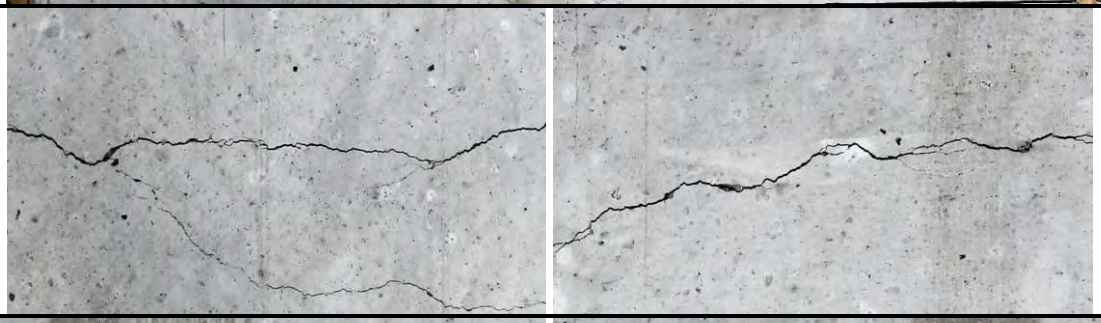
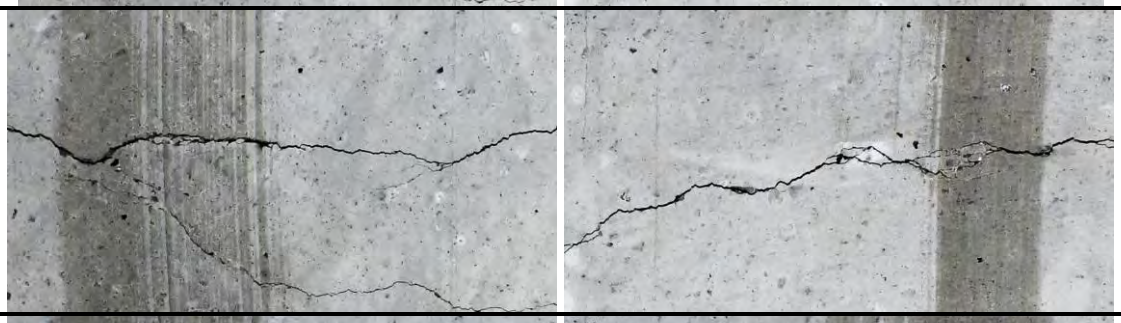
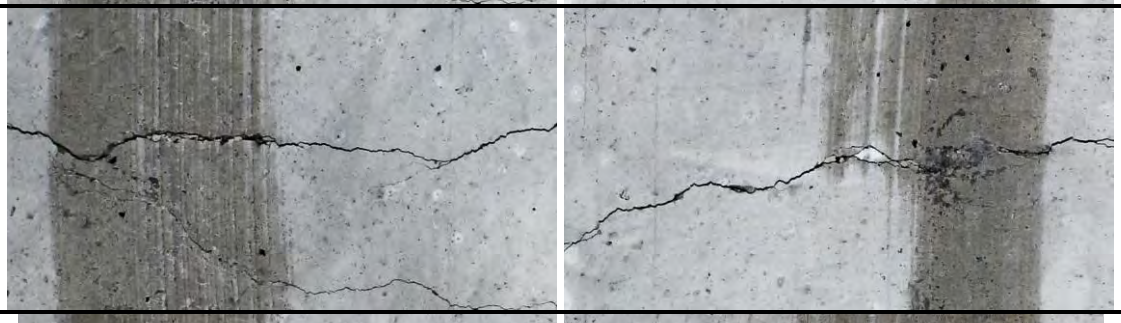
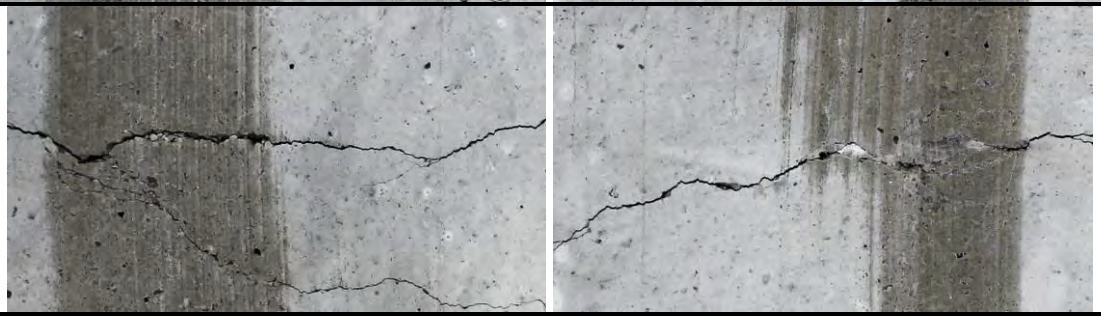
**Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
000		
10.000		
25.000		

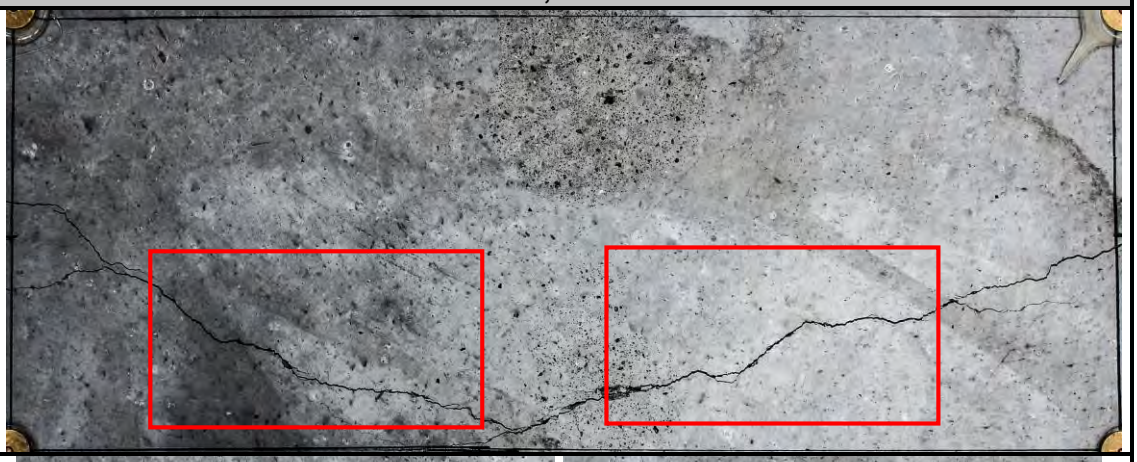
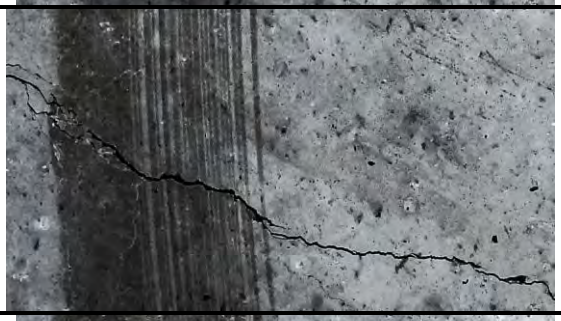
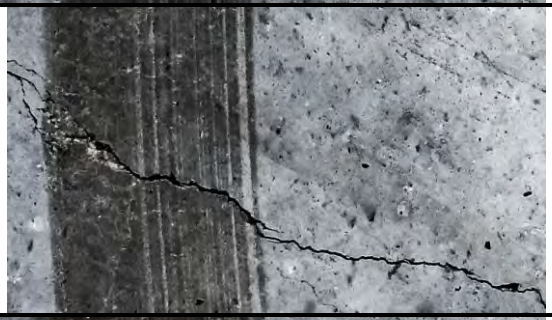
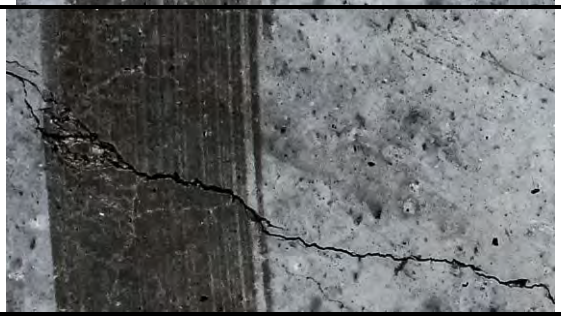
**Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

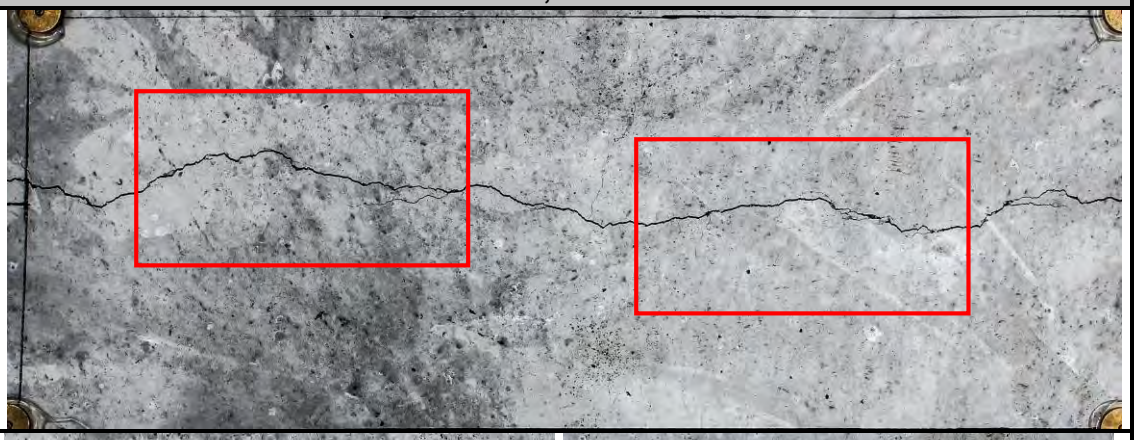
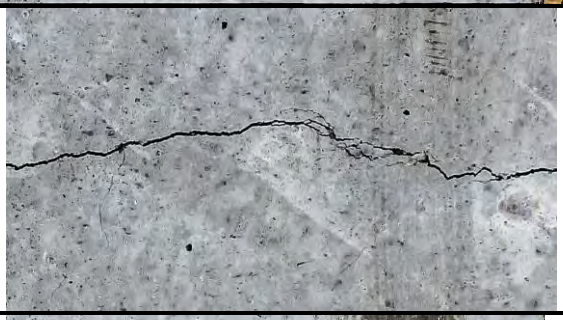
**Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

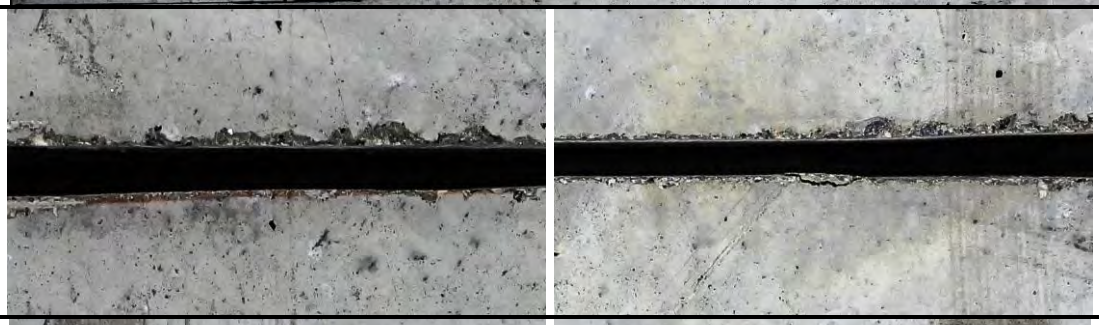
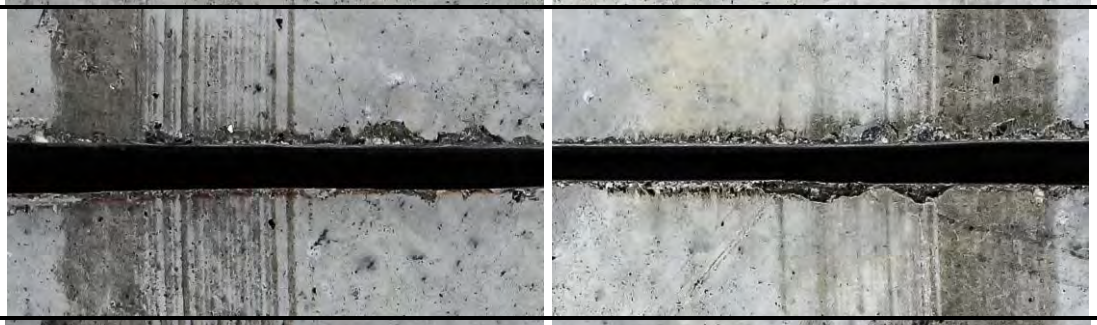
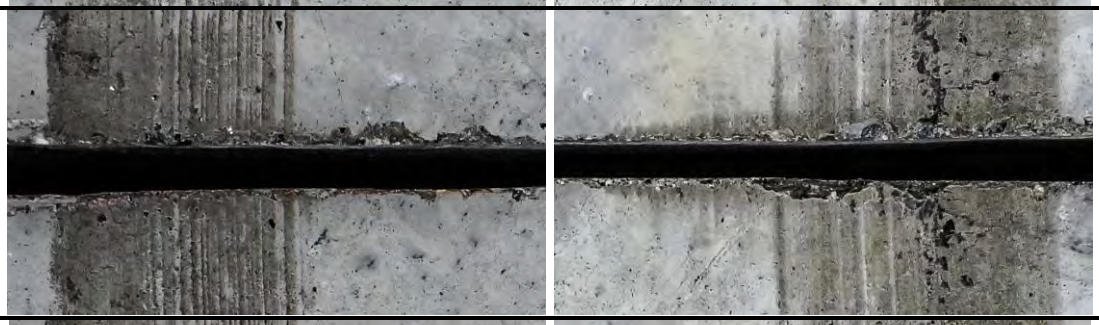
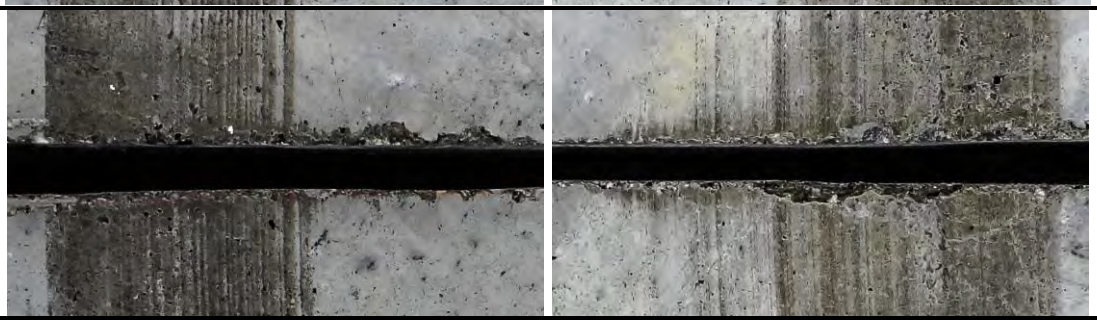
**Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

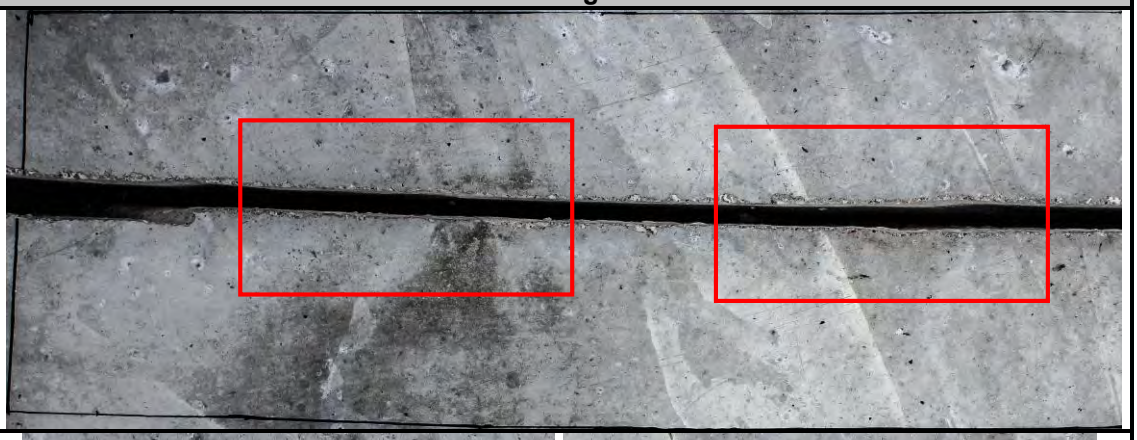
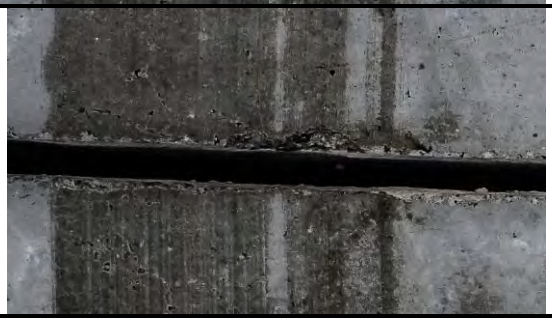
**Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V13 HSS - Probekörper PK 01 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

Versuch 14

Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Poliurethan - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK02 HSS
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	26.08.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	48,23
→ am (Versuchsbeginn):	-	22.10.2013
→ Betonalter	[d]	57
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	-
→ am (Versuchsende):	-	23.10.2013
→ Betonalter	[d]	58
Solllast:	[kN]	3,6
Last gemessen:	[kN]	3,6

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,146	0,134	0,14	0,12	0,10	0,10
	1.2	0,169	0,173	0,16	0,21		
0,1 mm - 2	2.1	0,222	0,200	0,27	0,28	0,12	0,11
	2.2	0,214	0,220	0,22	0,29		
0,25 mm - 1	3.1	0,356	0,457	0,37	0,56	0,25	0,25
	3.2	0,312	0,349	0,31	0,61		
0,25 mm - 2	4.1	0,290	0,267	0,45	0,52	0,25	0,25
	4.2	0,318	0,287	0,19	0,20		
0,40 mm - 1	5.1	0,480	0,427	0,54	0,51	0,40	0,43
	5.2	0,443	0,385	0,56	0,47		
0,40 mm - 2	6.1	0,416	0,419	0,63	0,65	0,40	0,39
	6.2	0,418	0,374	0,58	0,54		

Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

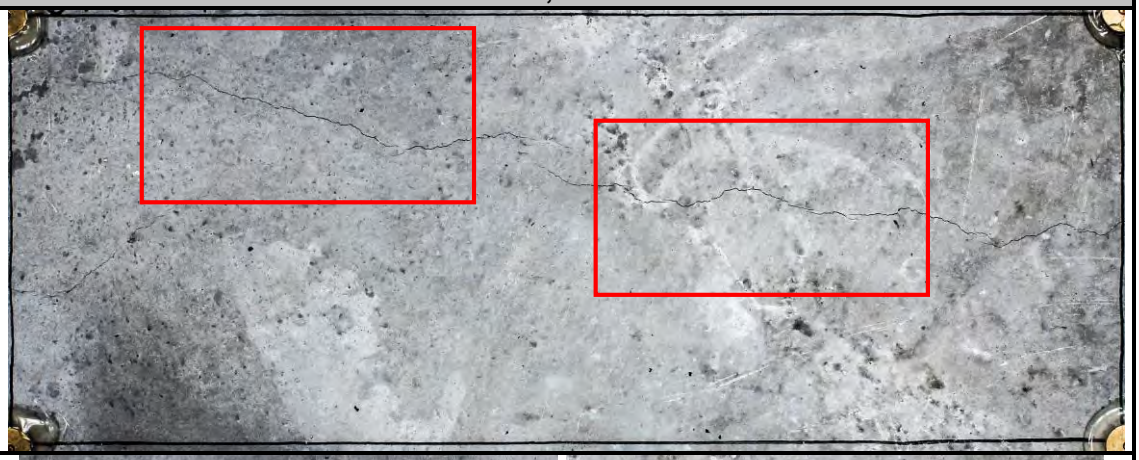
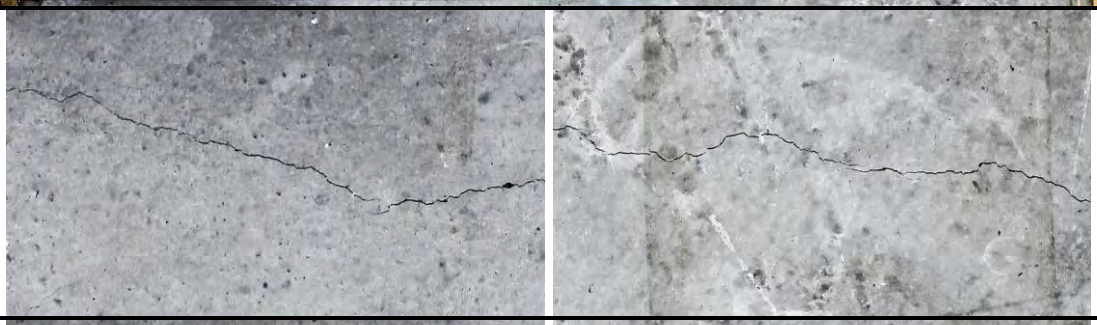
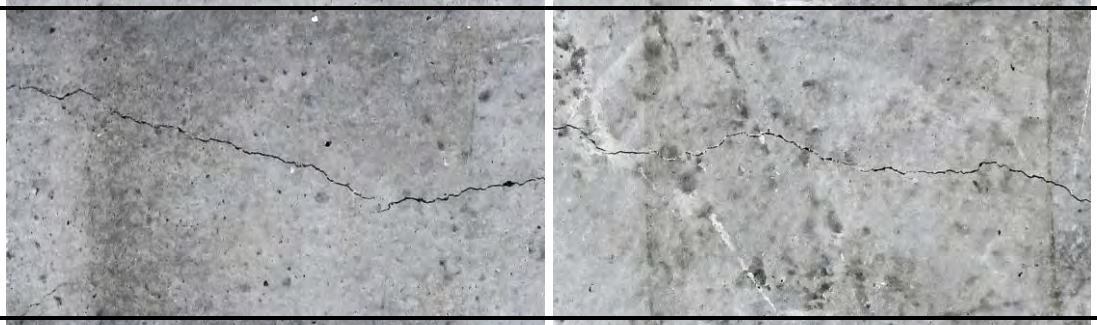
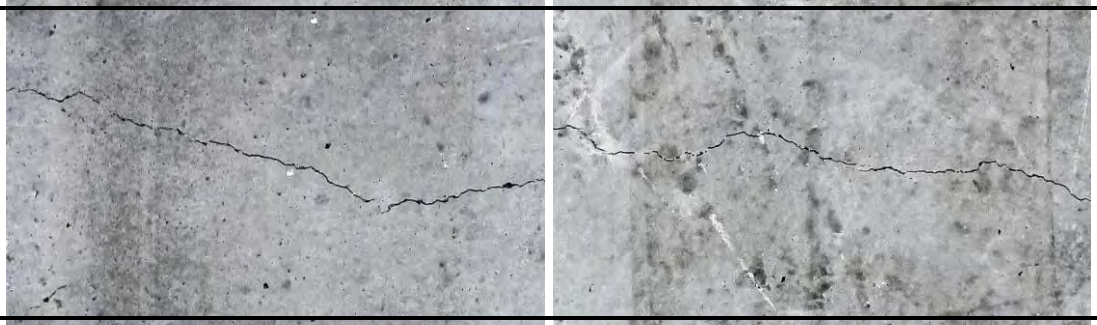
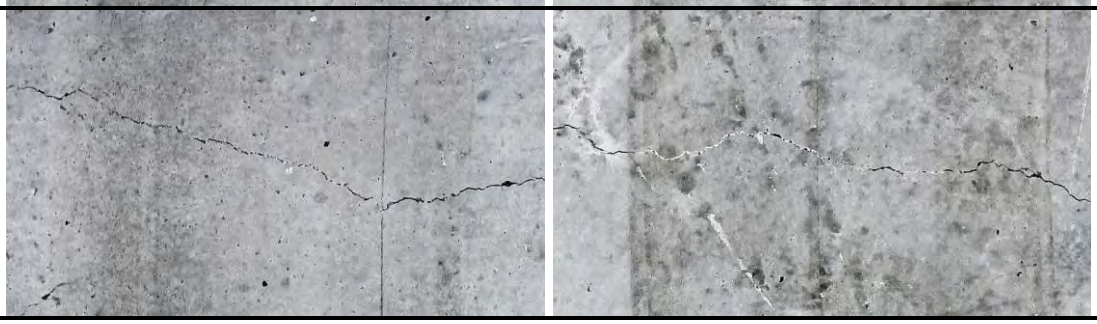
Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
22.10.2013	152,60	150,10	150,00	7,875	2,292	1128,3	49,26
22.10.2013	153,30	150,00	150,00	7,894	2,289	1174,5	51,08
22.10.2013	154,00	150,00	150,10	7,926	2,286	1152,7	49,90
						Mittelwert	**50,08**

Prüfdatum	Abmessungen d	A	F_m	Elastizitäts moduls
	[mm]	[mm²]	[kN]	[N/mm²]
22.10.2013	150,00	17671,50	245,04	27510,73
22.10.2013	150,00	17671,50	245,02	28686,94
22.10.2013	150,00	17671,50	245,00	29020,09
			Mittelwert	**28405,92**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Bruchlast F_f	Biegefestig. F_m	Bruchlast F_c		Druck - festigkeit
	[mm]	[mm²]	[mm²]	[kg]	[N/mm²]	[kN]	[kN]	[N/mm²]
22.10.2013	160,40	40,00	39,90	2300	10,84	104,3	100,3	64,10
22.10.2013	159,50	40,60	40,00	2050	9,47	107,6	99,8	64,97
22.10.2013	160,00	40,70	39,80	2530,00	11,77	107,5	100,00	64,05
				Mittelwert	**10,69**			**64,37**

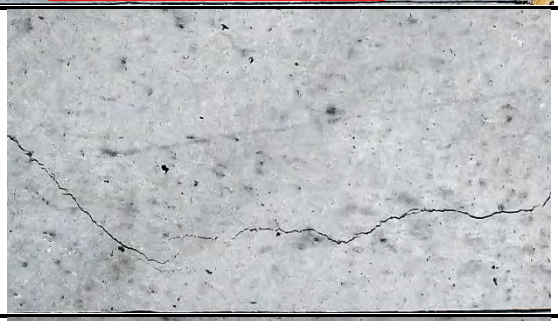
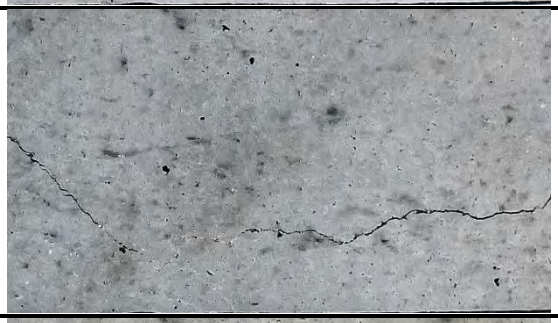
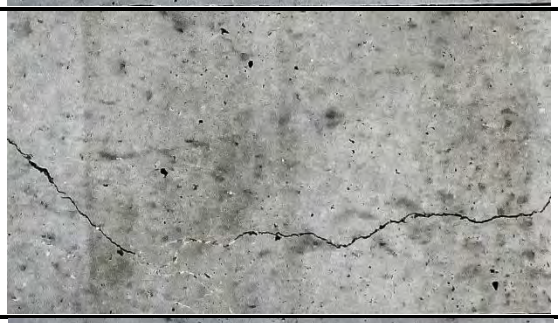
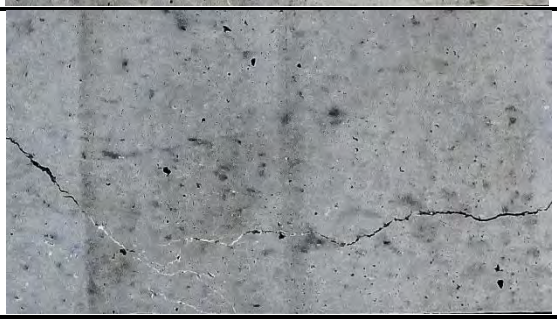
**Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

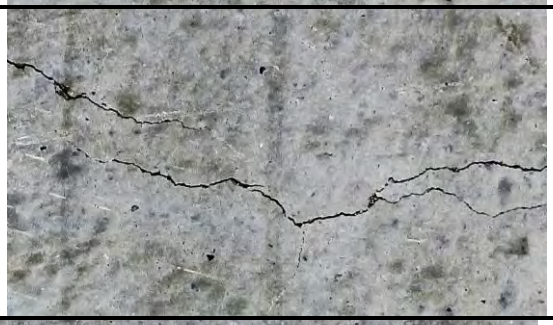
**Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

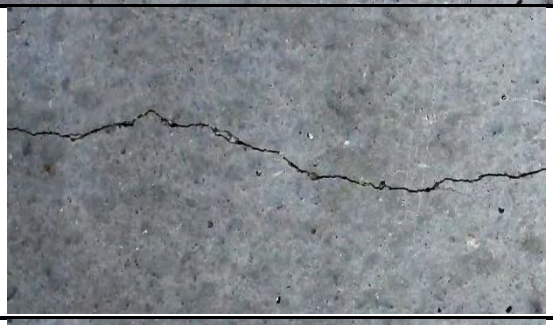
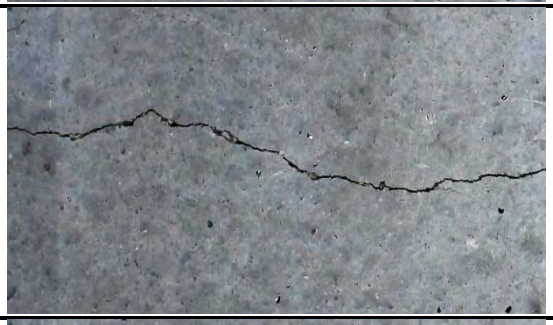
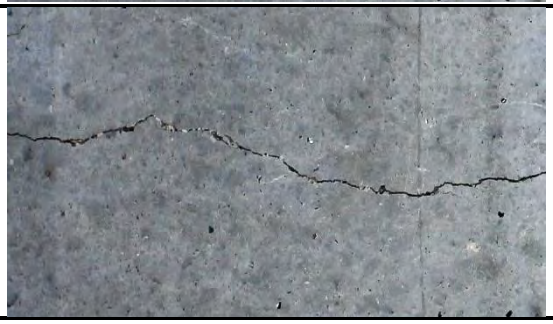
**Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

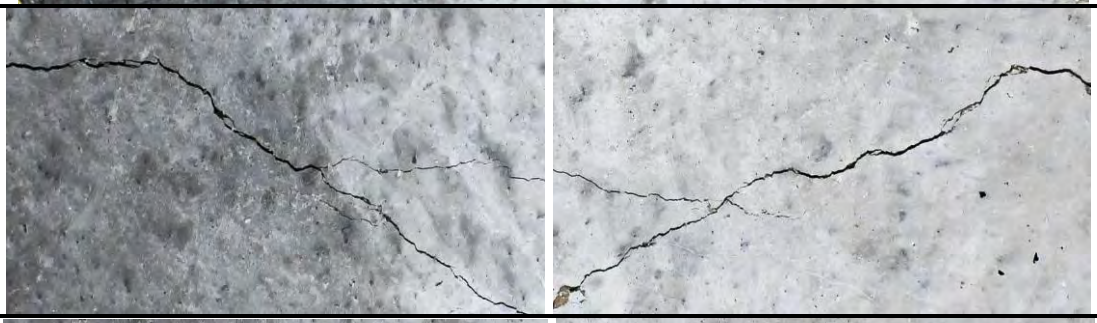
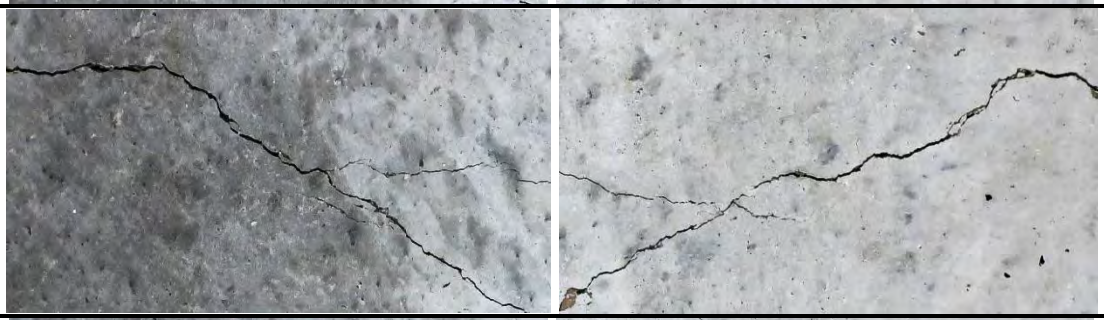
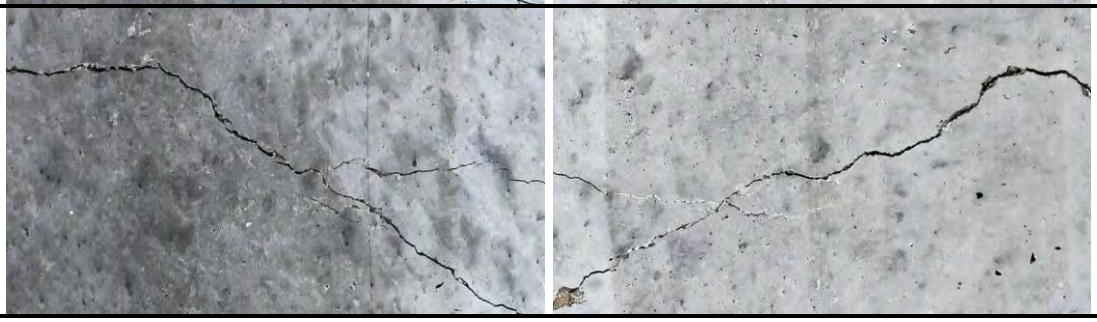
**Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

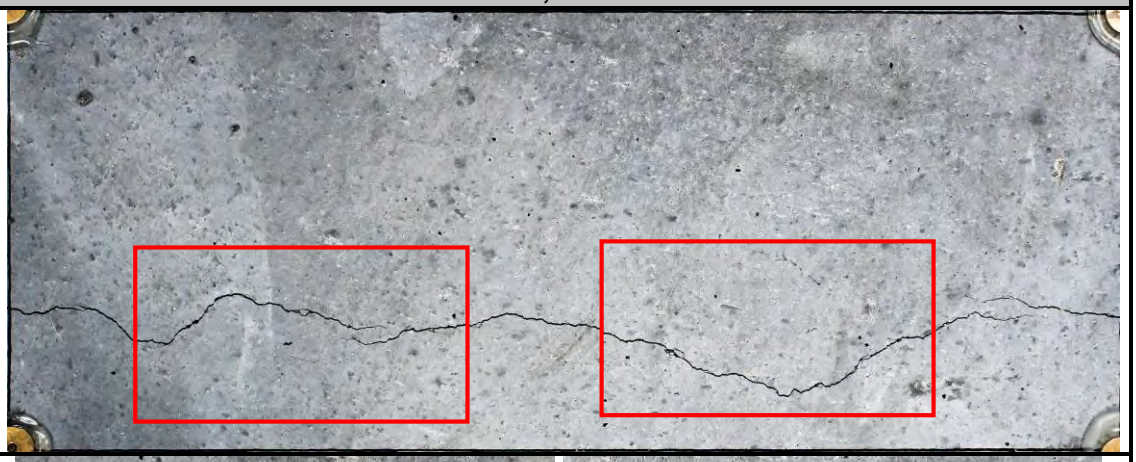
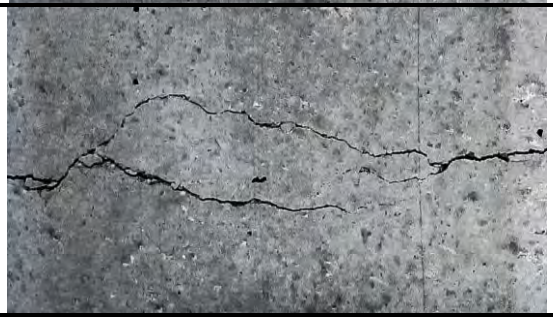
**Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

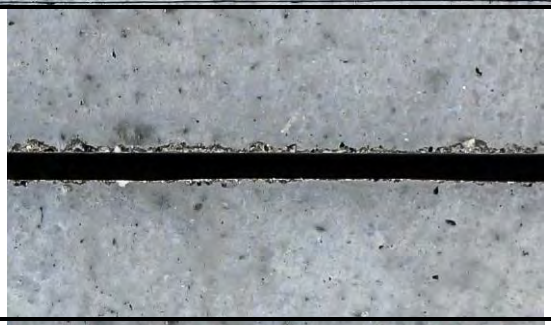
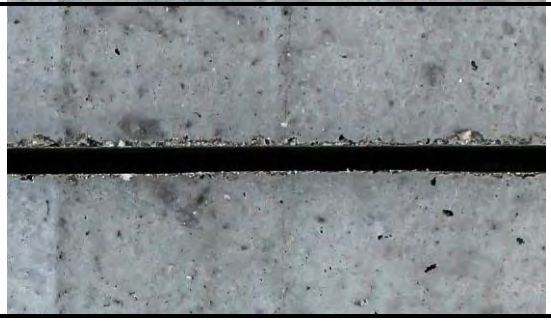
Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

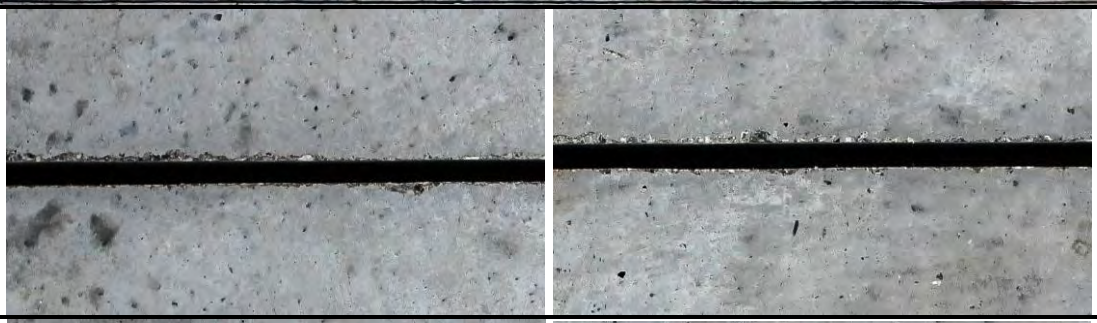
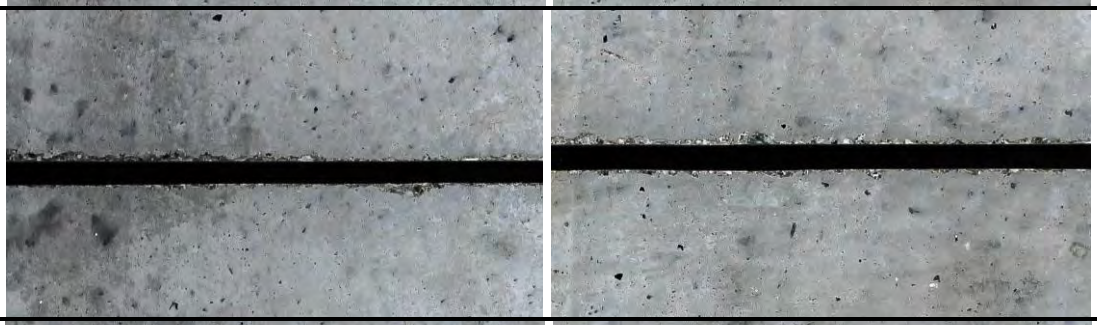
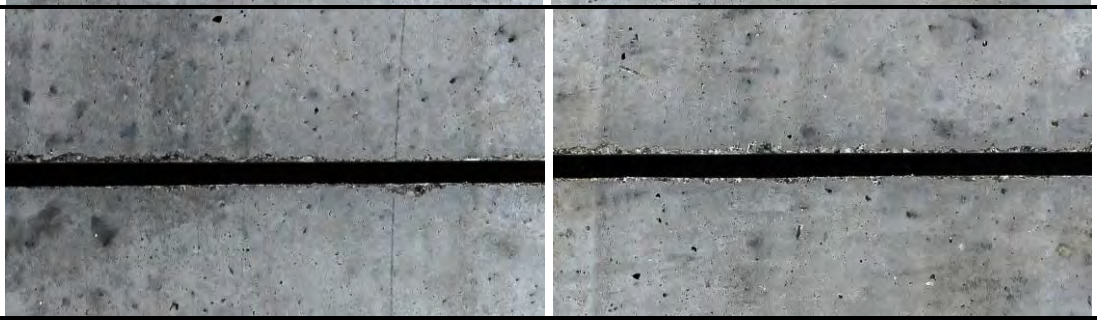
Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Anzahl der Überführungen	Rissbreite Fuge - 1	
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V14 HSS - Probekörper PK 02 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 15

Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vulkollan und Polyamid - Radlast 3 kN

Probekörper:	-	PK03 HSS
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	30.08.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	51,77
→ am (Versuchsbeginn):	-	28.10.2013
→ Betonalter	[d]	59
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	56,86
→ am (Versuchsende):	-	30.10.2013
→ Betonalter	[d]	61
Solllast:	[kN]	3
Last gemessen:	[kN]	3

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,186	0,177	0,11	0,11	0,10	0,10
	1.2	0,154	0,144	0,16	0,15		
0,1 mm - 2	2.1	0,172	0,193	0,22	0,17	0,10	0,09
	2.2	0,130	0,155	0,14	0,16		
0,25 mm - 1	3.1	0,256	0,225	0,26	0,29	0,25	0,23
	3.2	0,285	0,283	0,24	0,26		
0,25 mm - 2	4.1	0,270	0,288	0,34	0,35	0,25	0,25
	4.2	0,262	0,236	0,38	0,35		
0,40 mm - 1	5.1	0,423	0,445	0,47	0,48	0,40	0,42
	5.2	0,442	0,463	0,46	0,49		
0,40 mm - 2	6.1	0,478	0,474	0,56	0,55	0,40	0,39
	6.2	0,480	0,466	0,55	0,53		

Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vulkollan und Polyamid - Radlast 3 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
28.10.2013	151,80	149,90	149,60	7,839	2,303	1189,3	52,27
28.10.2013	152,40	151,30	150,10	7,861	2,271	1173,7	50,90
28.10.2013	151,50	149,80	149,80	7,859	2,312	1183,5	52,15
						Mittelwert	**51,77**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
30.10.2013	150,60	150,00	150,20	7,886	2,324	1281,2	56,72
30.10.2013	150,20	150,10	150,10	7,925	2,342	1254,5	55,64
30.10.2013	149,10	149,80	149,80	7,848	2,346	1300,2	58,21
						Mittelwert	**56,86**

Prüfdatum	Abmessungen d	A	F_m	Elastizitäts moduls
	[mm]	[mm²]	[kN]	[N/mm²]
28.10.2013	150,00	17671,50	271,8	29303,48
28.10.2013	150,00	17671,50	271,81	29677,26
28.10.2013	150,00	17671,50	271,72	29658,21
			Mittelwert	**29546,32**

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Bruchlast F_f	Biegefestig. F_m	Bruchlast F_c		Druck - festigkeit
	[mm]	[mm²]	[mm²]	[kg]	[N/mm²]	[kN]	[kN]	[N/mm²]
28.10.2013	160,10	40,60	40,00	2400	11,08	105,3	107,6	65,55
28.10.2013	160,10	40,20	40,30	2610	11,99	109,2	106,5	66,41
28.10.2013	160,10	40,70	40,20	2630	12,00	106,6	100,2	63,20
				Mittelwert	**11,69**			**65,05**

**Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

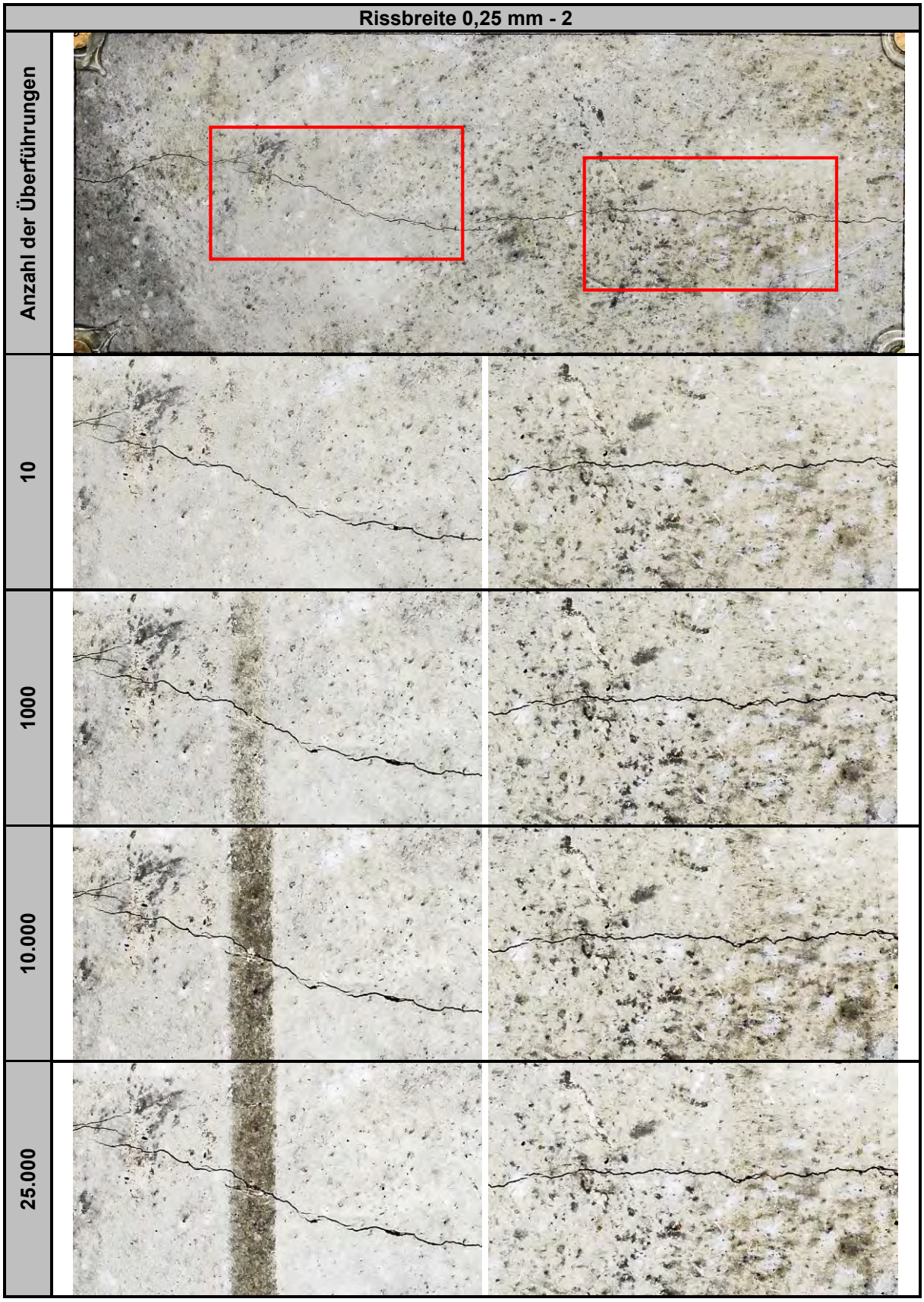
**Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

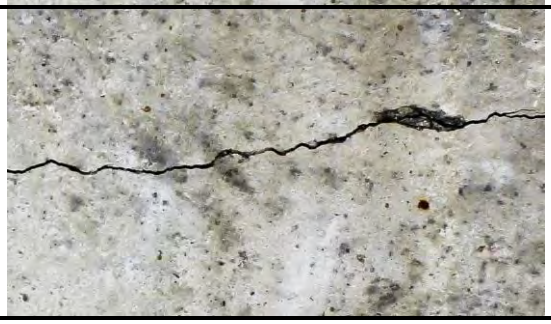
**Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 3 kN**

**Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 3 kN**



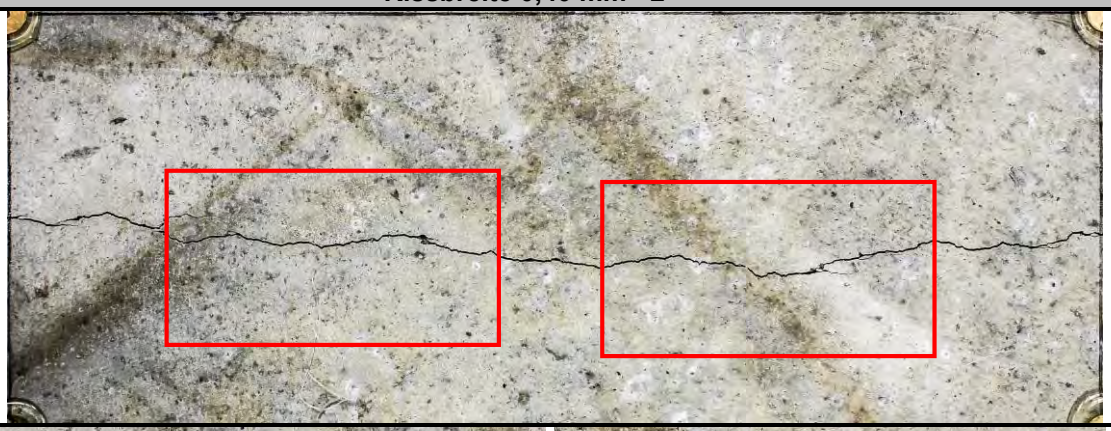
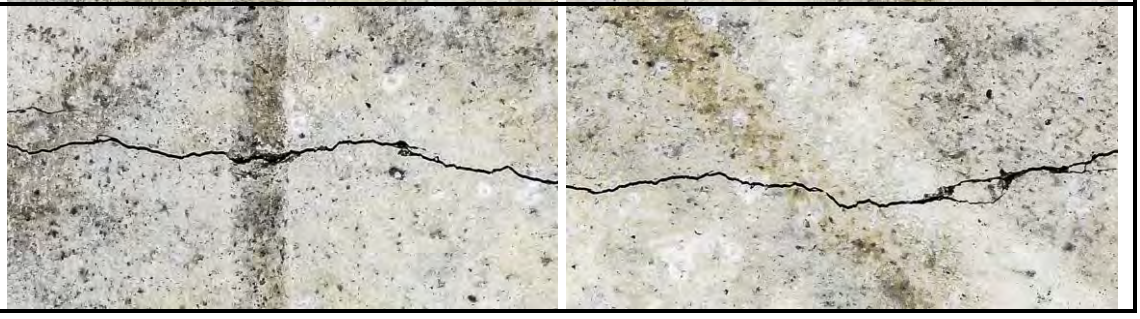
**Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 3 kN**

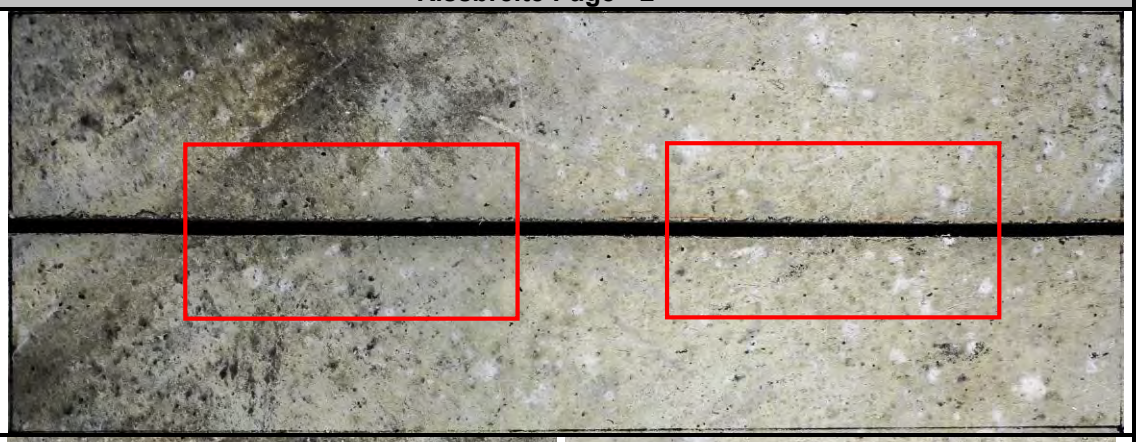
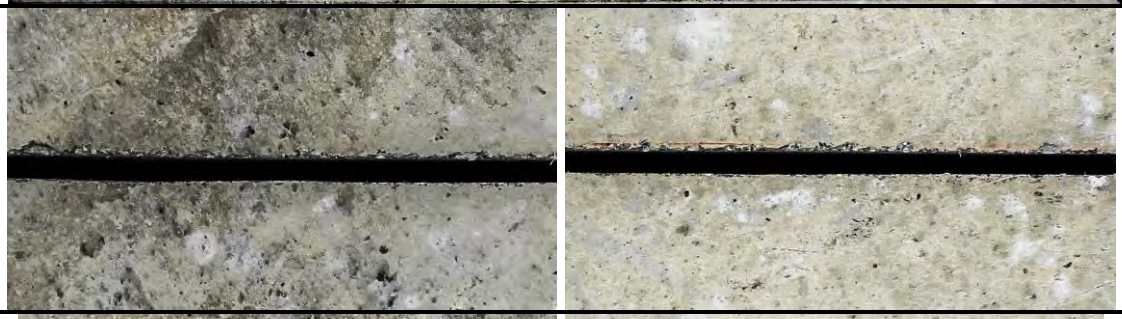
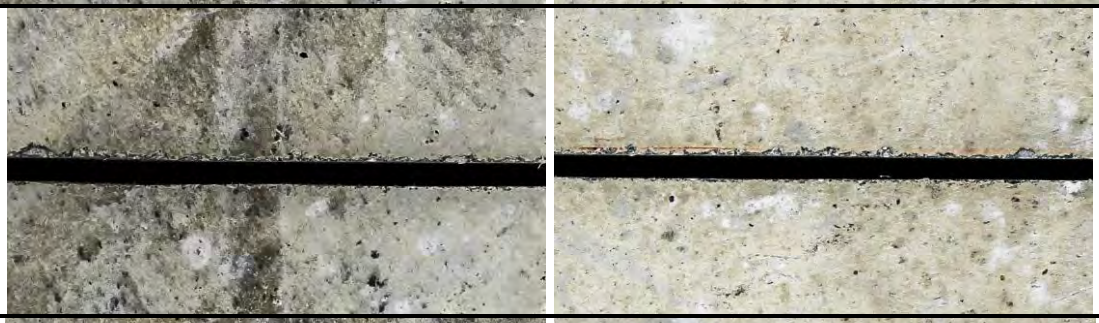
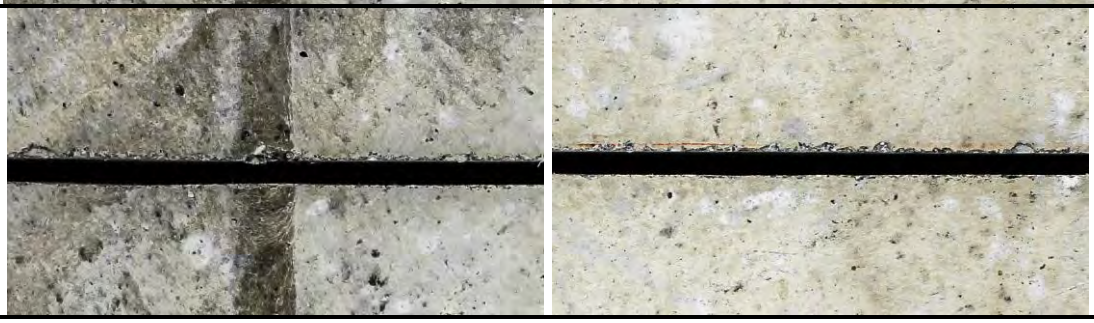
Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 3 kN**

**Versuch V15 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts) –
Radlast 3 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 16

Versuch V16 HSS - Probekörper PK 03 C30/37 Hartstoffschicht - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN; Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK04 HSE
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	06.09.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	54,98
→ am (Versuchsbeginn):	-	07.11.2013
→ Betonalter	[d]	62
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	-
→ am (Versuchsende):	-	08.11.2013
→ Betonalter	[d]	63
Solllast:	[kN]	15 / 3,6
Last gemessen:	[kN]	15 / 3,6

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,152	0,143	0,14	0,15	0,10	0,11
	1.2	0,192	0,186	0,16	0,16		
0,1 mm - 2	2.1	0,238	0,230	0,29	0,28	0,10	0,10
	2.2	0,202	0,177	0,27	0,25		
0,25 mm - 1	3.1	0,269	0,246	0,34	0,33	0,25	0,25
	3.2	0,250	0,245	0,23	0,26		
0,25 mm - 2	4.1	0,287	0,269	0,28	0,24	0,25	0,23
	4.2	0,270	0,263	0,28	0,27		
0,40 mm - 1	5.1	0,393	0,394	0,46	0,45	0,40	0,38
	5.2	0,464	0,423	0,51	0,45		

Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung - Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN; Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Prüfdatum	Abmessungen L	B	H	Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit $f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
07.11.2013	150,20	150,30	150,20	7,835	2,311	1267,8	56,16
07.11.2013	150,50	150,20	150,30	7,797	2,295	1184,4	52,40
07.11.2013	150,60	150,00	149,80	7,796	2,304	1273,5	56,37
						Mittelwert	**54,98**

Prüfdatum	Abmessungen d	A	F_m	Elastizitäts moduls
	[mm]	[mm²]	[kg]	[N/mm²]
09.12.2013	150,00	17671,50	263,99	26884,86
09.12.2013	150,00	17671,50	263,96	26567,12
09.12.2013	150,00	17671,50	264,04	26976,24
				26809,41

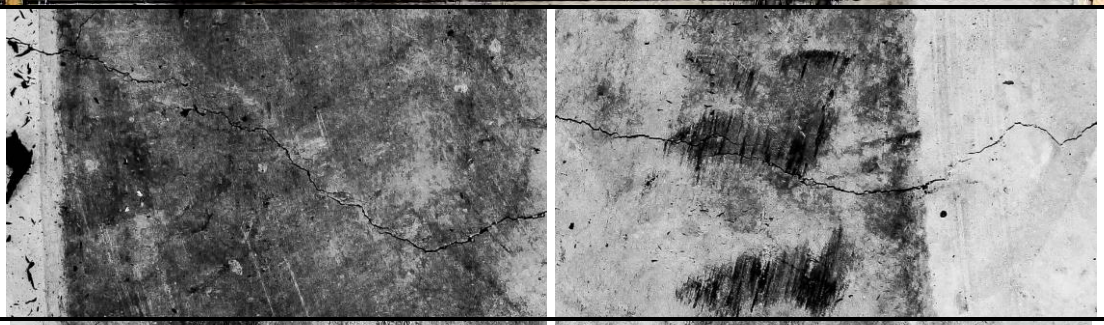
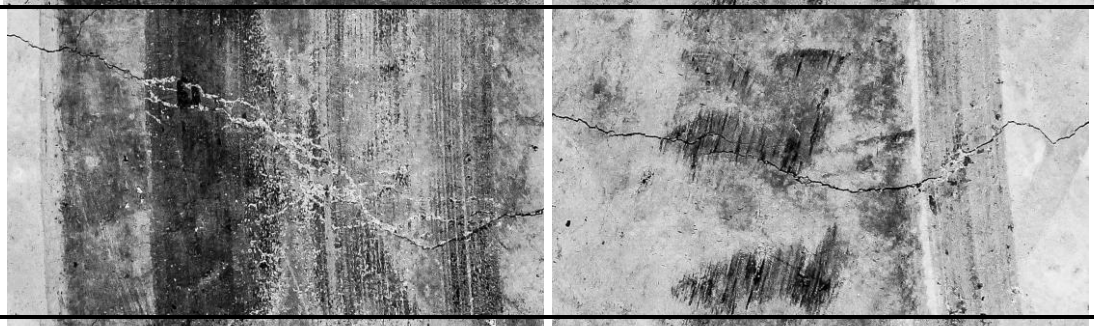
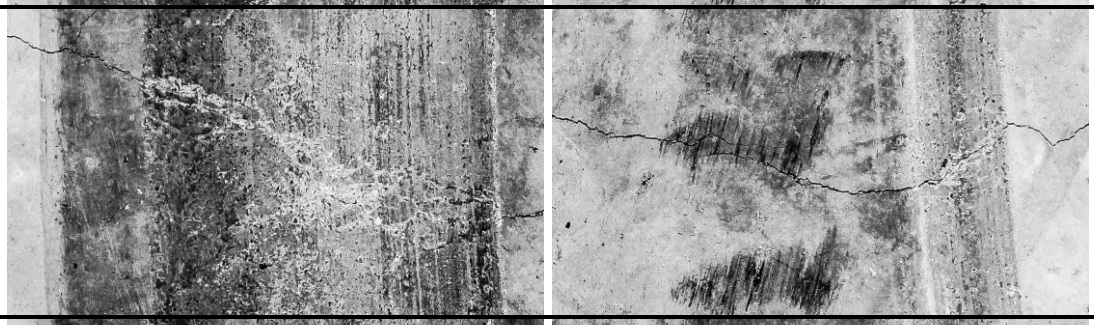
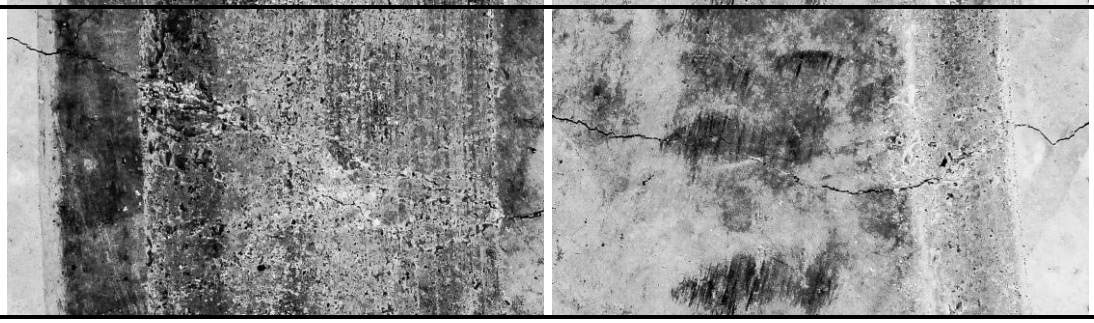
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN;

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
1	
100	
200	

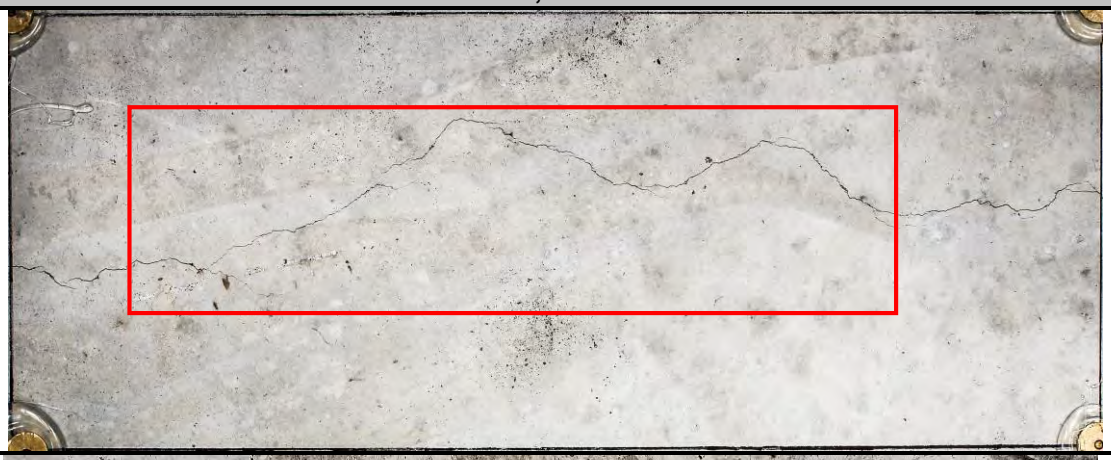
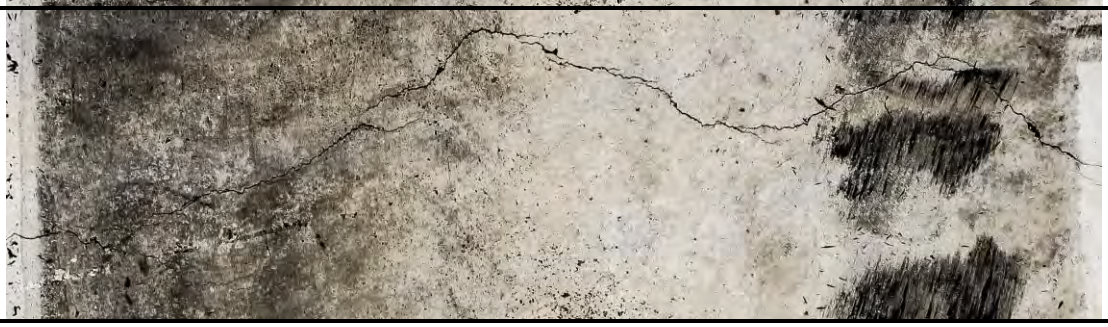
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

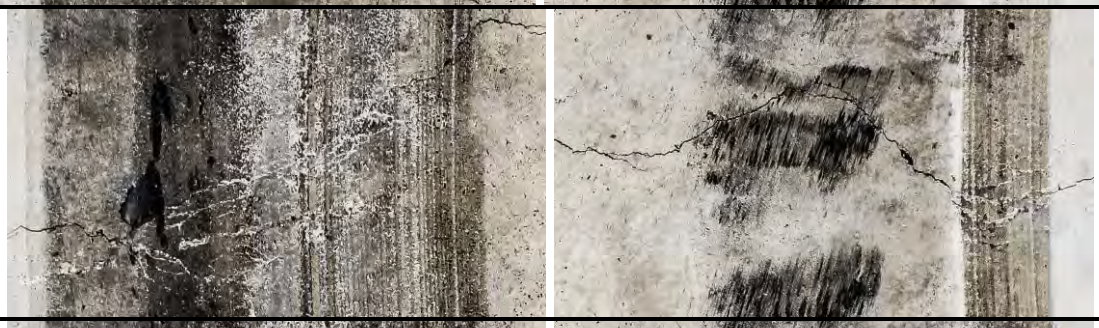
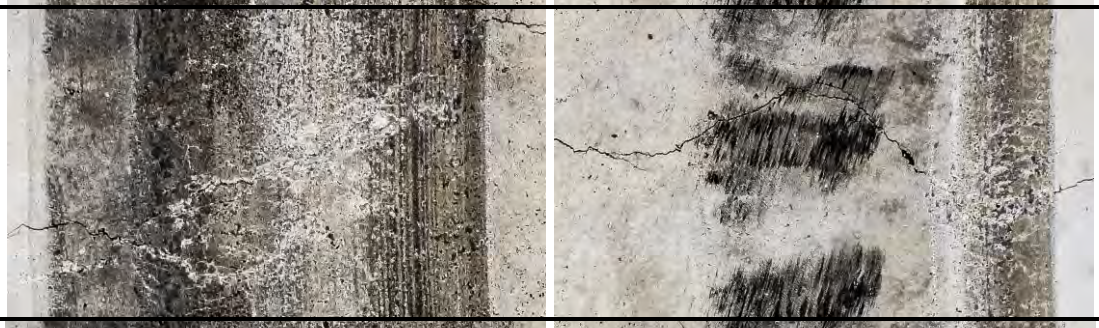
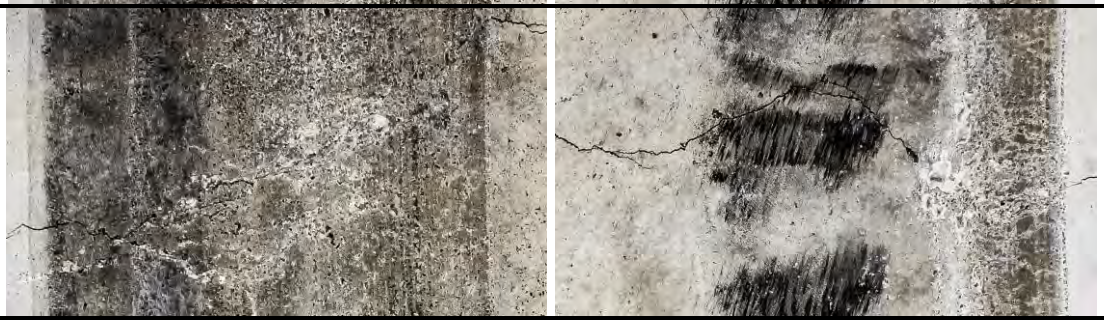
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN;

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
1	
100	
200	

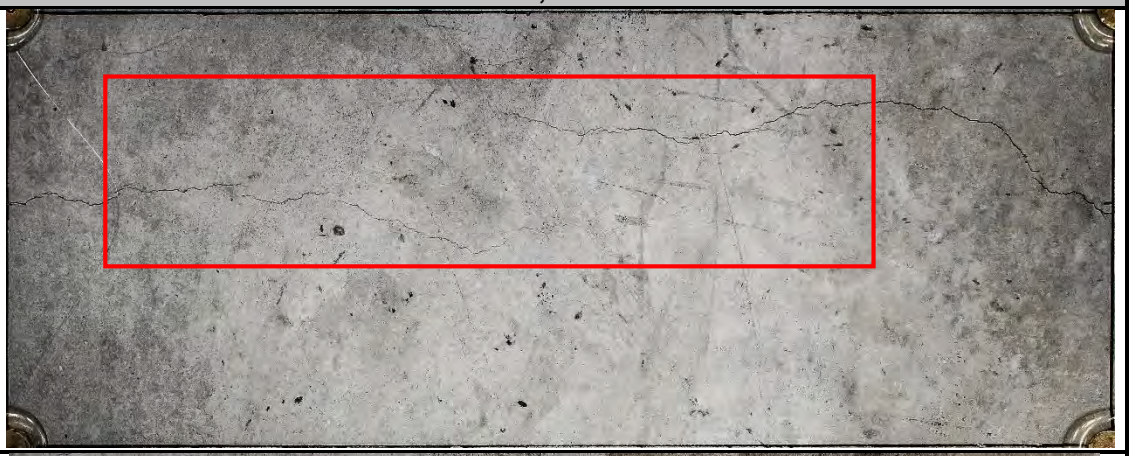
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

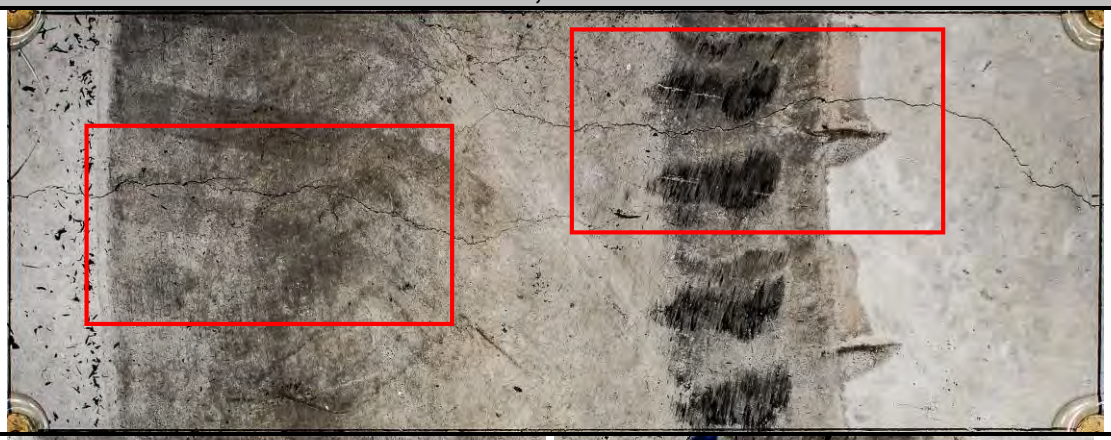
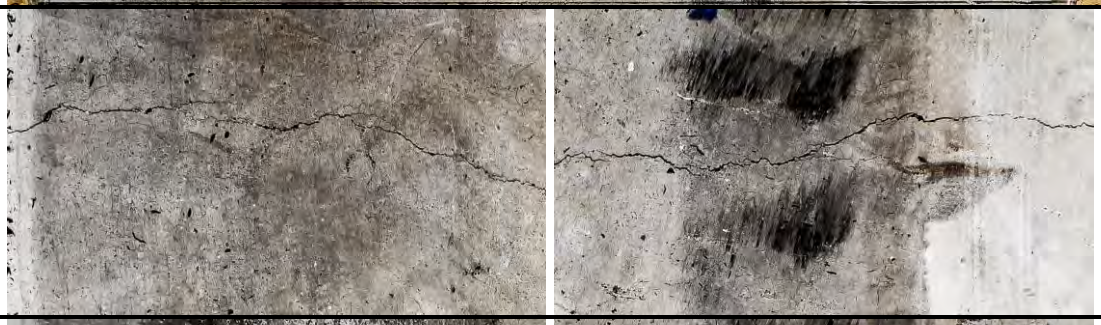
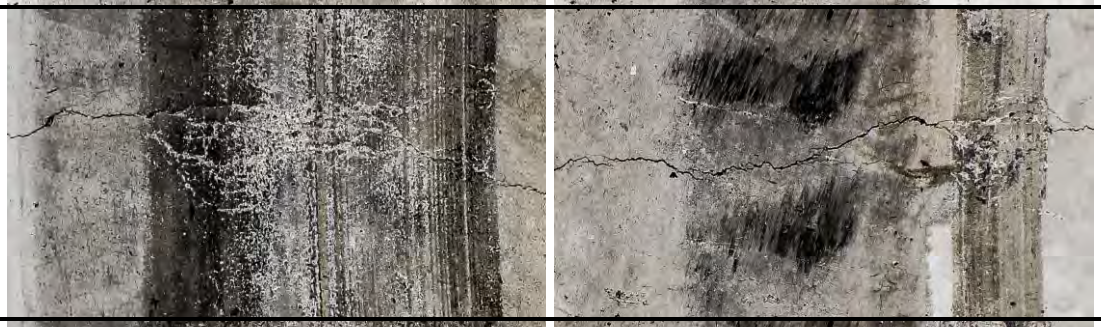
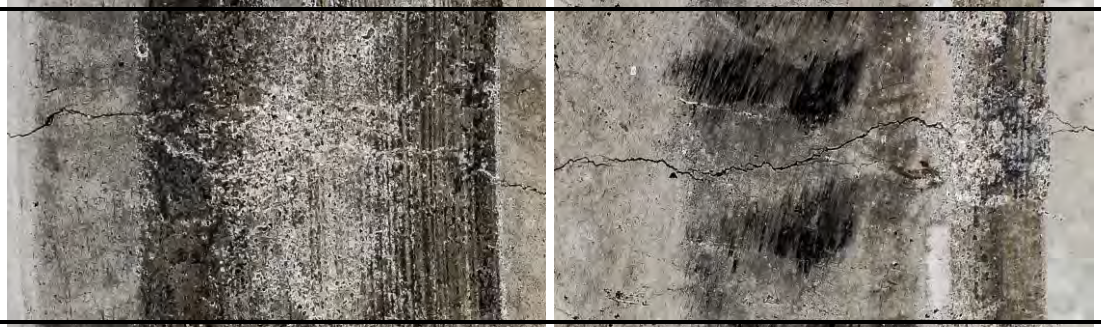
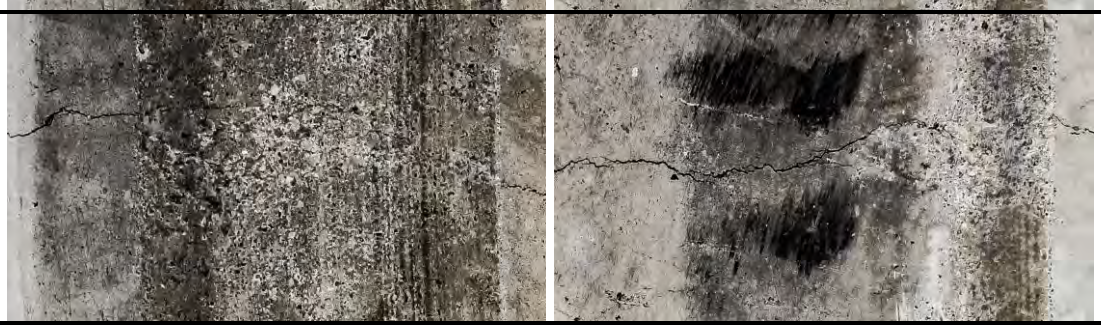
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN;

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
1	
100	
200	

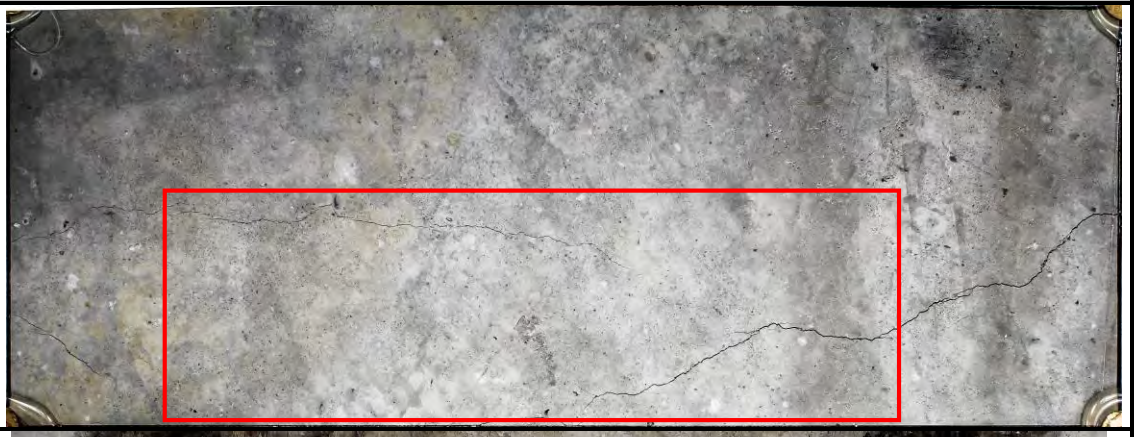
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
20.000	
25.000	

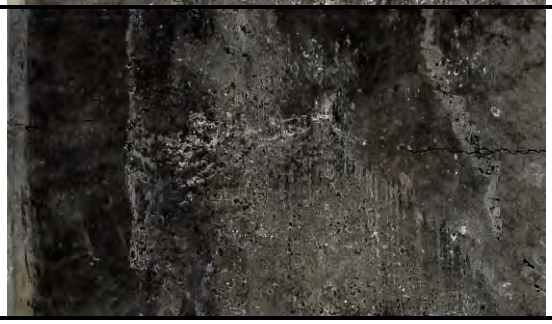
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN;

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
100	
200	

Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

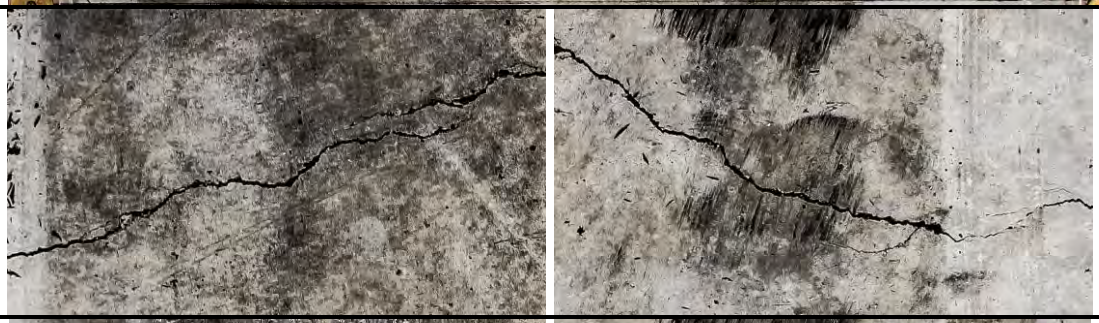
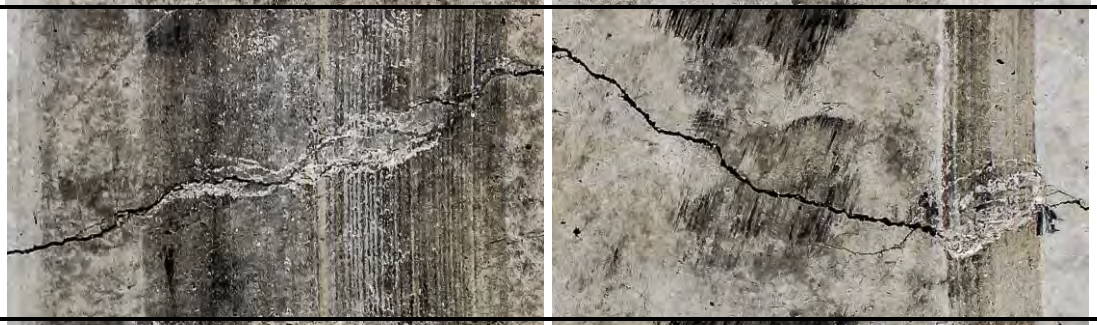
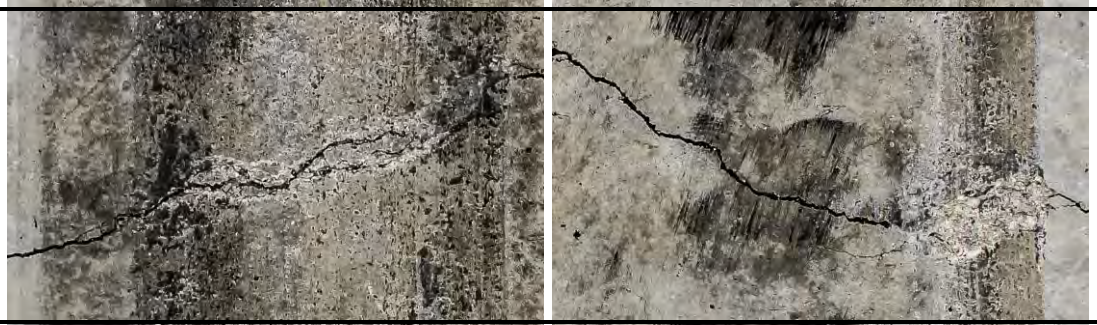
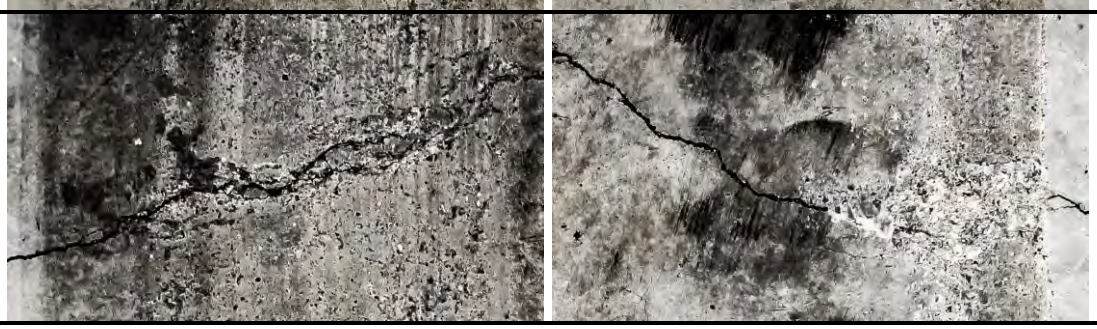
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN;

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
100	
200	

Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

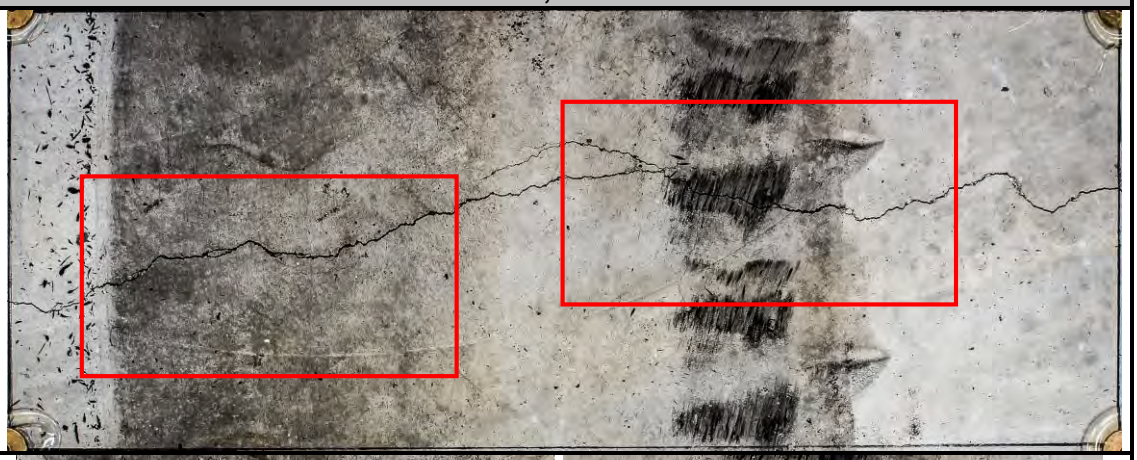
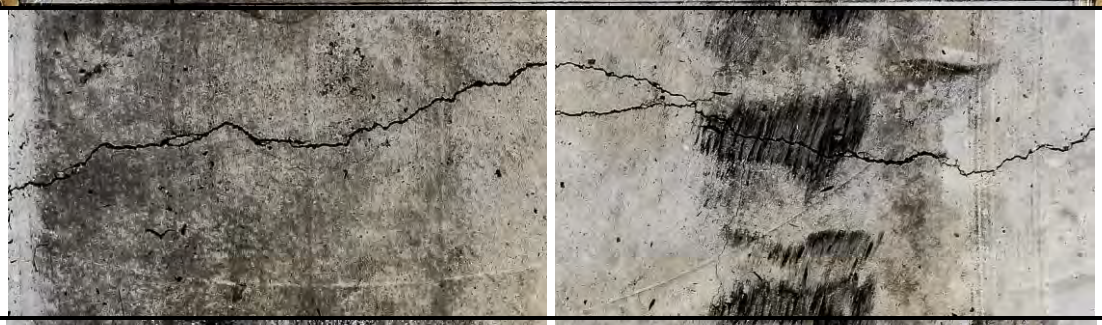
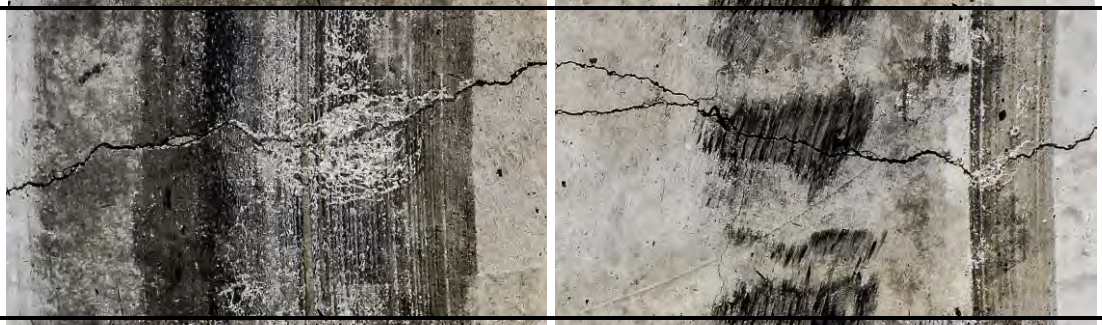
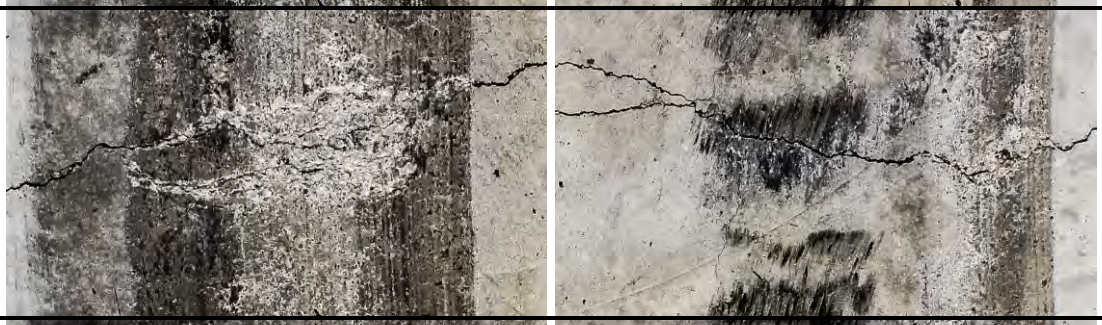
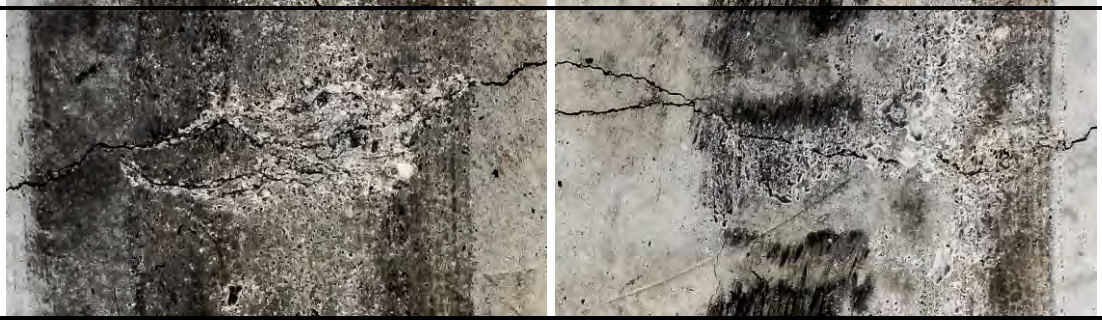
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN;

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
100	
200	

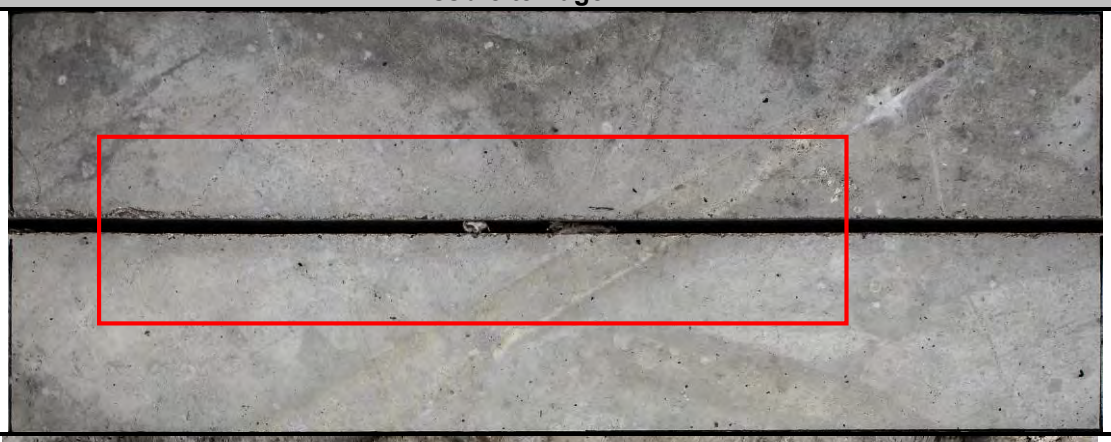
Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN;

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
100	
200	

Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Überfahrung mit Gabelstaplerrad in Luftausführung - Radlast 15 kN;

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
100	
200	

Versuch V16 HSS - Probekörper PK 04 C30/37 Hartstoffeinstreuung – Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

Versuch 17 wurde geprüft aber nicht ausgewertet

Versuch 17 wurde geprüft aber nicht ausgewertet, da die Oberflächenqualität nicht hinreichend war.

Versuch 18

Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Poliurethan - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK02 SFB
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	11.10.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	49,90
→ am (Versuchsbeginn):	-	21.11.2013
→ Betonalter	[d]	41
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	-
→ am (Versuchsende):	-	22.11.2013
→ Betonalter	[d]	42
Solllast:	[kN]	3,6
Last gemessen:	[kN]	3,6

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,224	0,216	0,18	0,21	0,10	0,10
	1.2	0,267	0,192	0,30	0,26		
0,1 mm - 2	2.1	0,139	0,140	0,15	0,15	0,10	0,10
	2.2	0,181	0,176	0,17	0,17		
0,25 mm - 1	3.1	0,245	0,240	0,30	0,28	0,25	0,25
	3.2	0,386	0,366	0,31	0,31		
0,25 mm - 2	4.1	0,353	0,357	0,45	0,44	0,25	0,25
	4.2	0,404	0,386	0,42	0,39		
0,40 mm - 1	5.1	0,748	0,735	1,09	1,08	0,40	0,40
	5.2	0,619	0,611	0,70	0,71		
0,40 mm - 2	6.1	0,509	0,501	0,86	0,88	0,40	0,40
	6.2	0,692	0,674	0,90	0,89		

Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

	Abmessungen			Masse	Rohdichte	Bruchlast	Druck - festigkeit
	L	B	H				$f_{c,cube}$
Prüfdatum	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m³]	[kN]	[N/mm²]
21.11.2013	150,00	150,20	149,90	7,93	2,348	1134,6	50,36
21.11.2013	151,40	149,80	149,70	7,799	2,297	1129,3	49,79
21.11.2013	151,00	150,20	150,00	7,909	2,325	1123,9	49,55
						Mittelwert	**49,90**

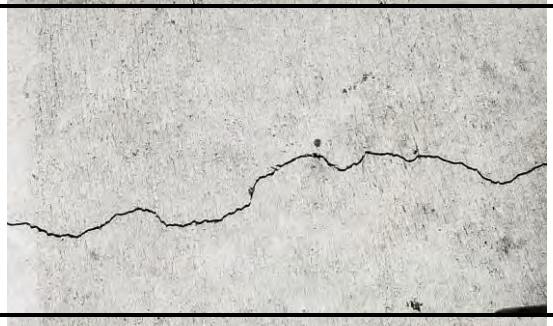
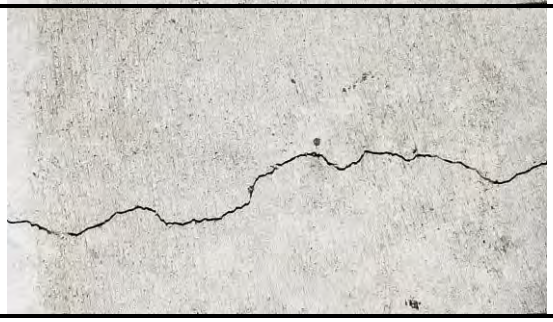
**Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

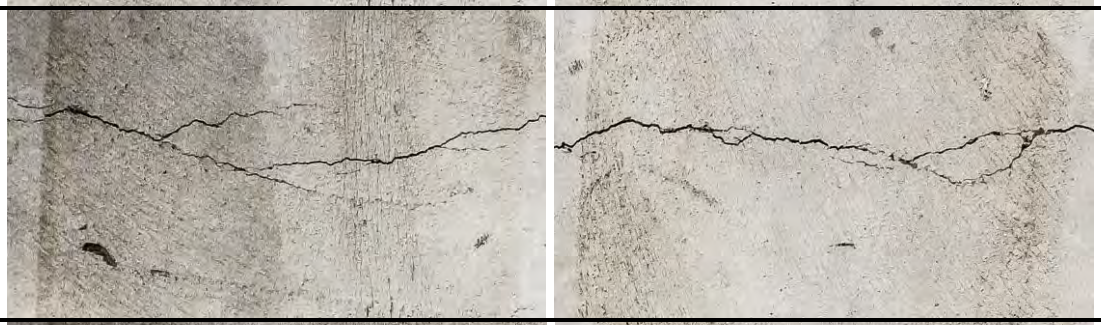
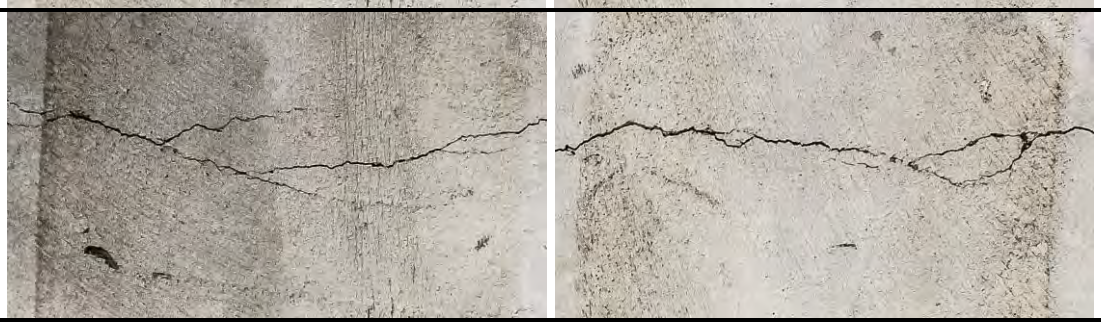
**Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

**Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

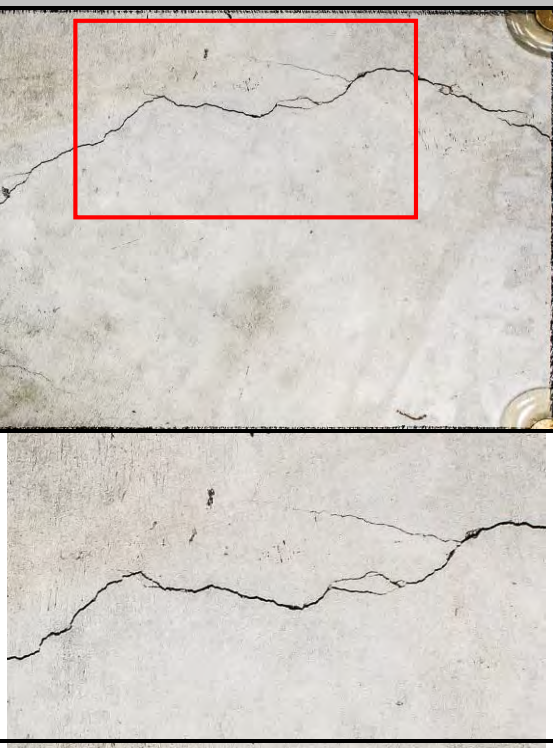
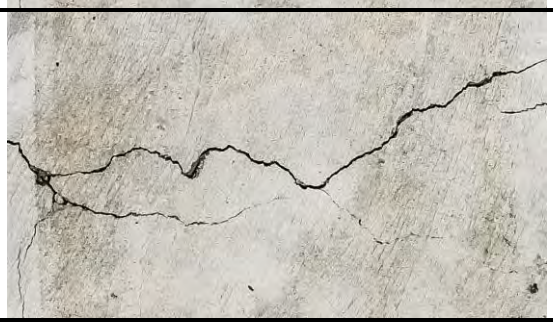
**Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

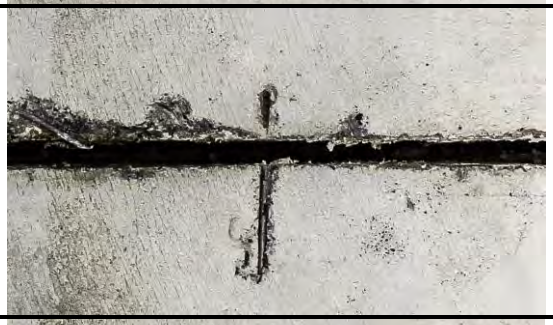
**Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V18 SFB - Probekörper PK 02 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 19

Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vulkollan und Polyamid - Radlast 3 kN

Probekörper:	-	PK03 SFB
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	18.10.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	45,06
→ am (Versuchsbeginn):	-	29.11.2013
→ Betonalter	[d]	42
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	-
→ am (Versuchsende):	-	30.11.2013
→ Betonalter	[d]	43
Solllast:	[kN]	3,0
Last gemessen:	[kN]	3,0

Bemerkungen
Beim 0,40 - 1, 0,40 - 2 mm Riss verästelt, beim 0,10 - 1 , 0,25 - 1 und 025 - 2 mm sind zwei Risse die sich nicht treffen.

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,260	0,230	0,40	0,40	0,10	0,10
	1.2	0,223	0,194	0,26	0,24		
0,1 mm - 2	2.1	0,219	0,205	0,28	0,00	0,10	0,10
	2.2	0,160	0,159	0,15	0,16		
0,25 mm - 1	3.1	0,349	0,317	0,52	0,50	0,25	0,23
	3.2	0,357	0,326	0,45	0,41		
0,25 mm - 2	4.1	0,607	0,588	0,80	0,79	0,25 / 0,10	0,28 / 0,10
	4.2	0,541	0,530	0,62	0,60		
0,40 mm - 1	5.1	0,497	0,489	0,61	0,60	0,40	0,40
	5.2	0,606	0,590	0,70	0,70		
0,40 mm - 2	6.1	0,512	0,504	0,60	0,65	0,40	0,40
	6.2	0,409	0,400	0,50	0,51		

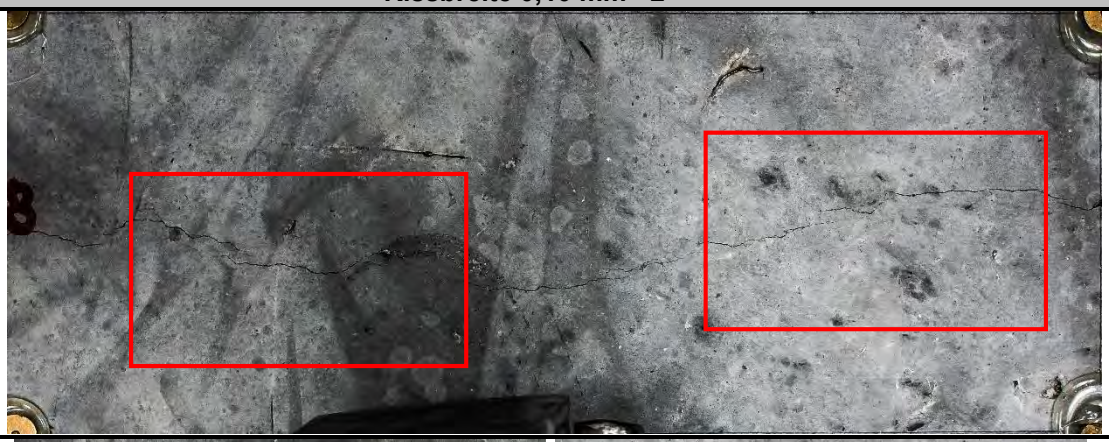
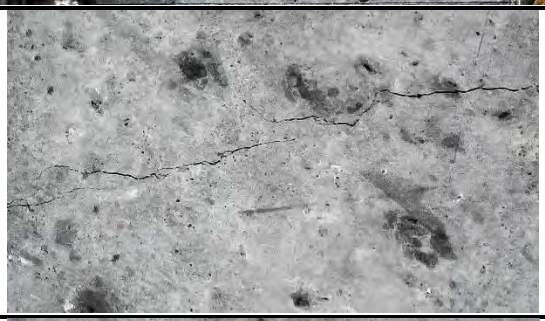
**Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

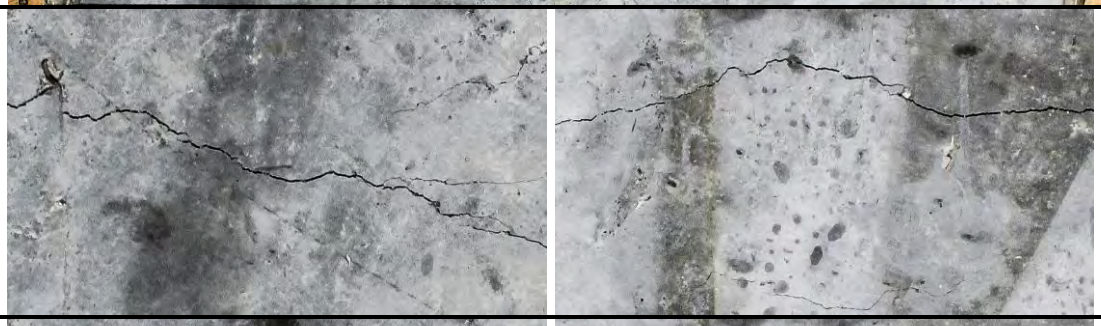
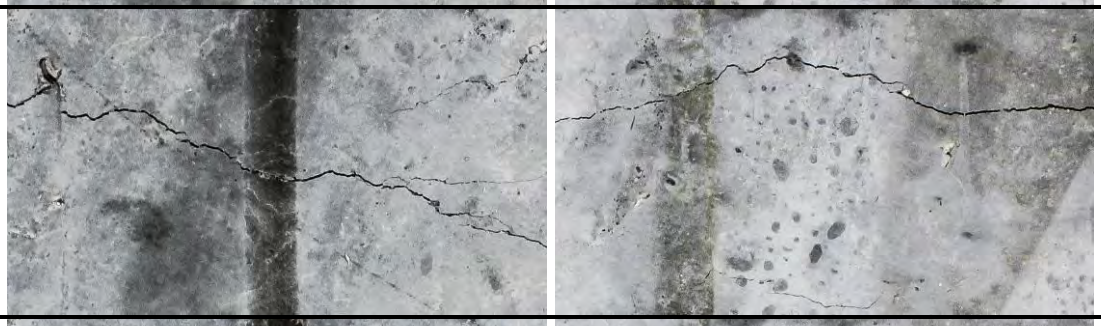
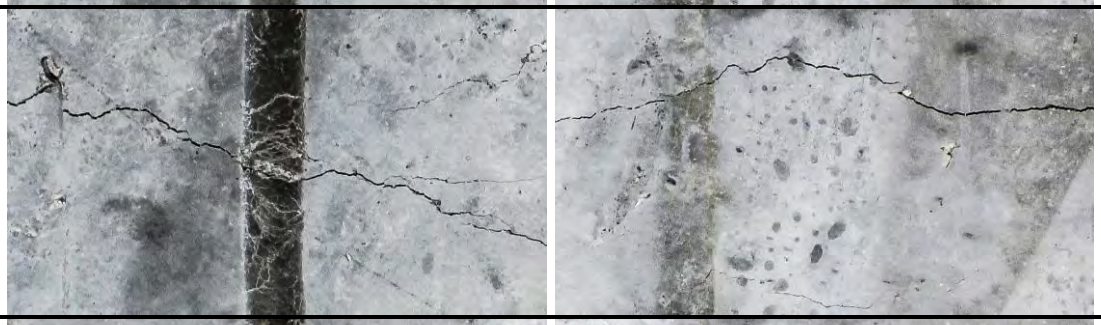
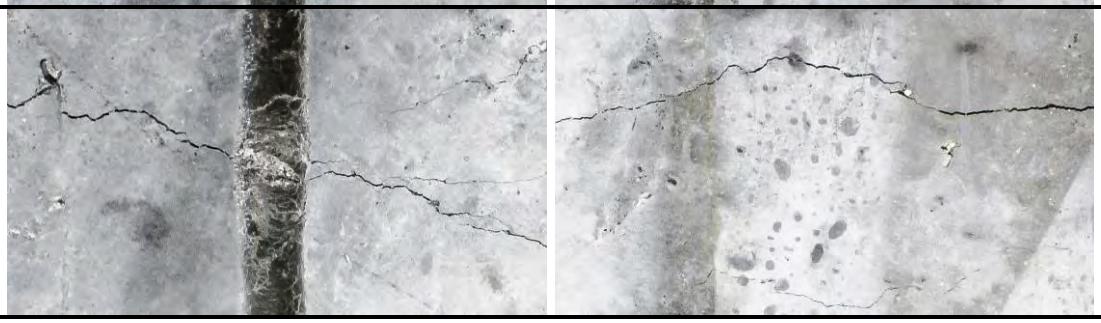
**Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
		
10		
3000		
10.000		
25.000		

**Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

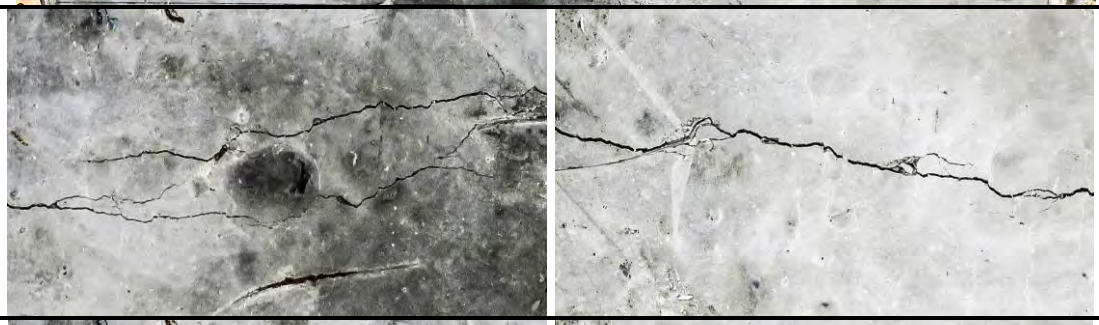
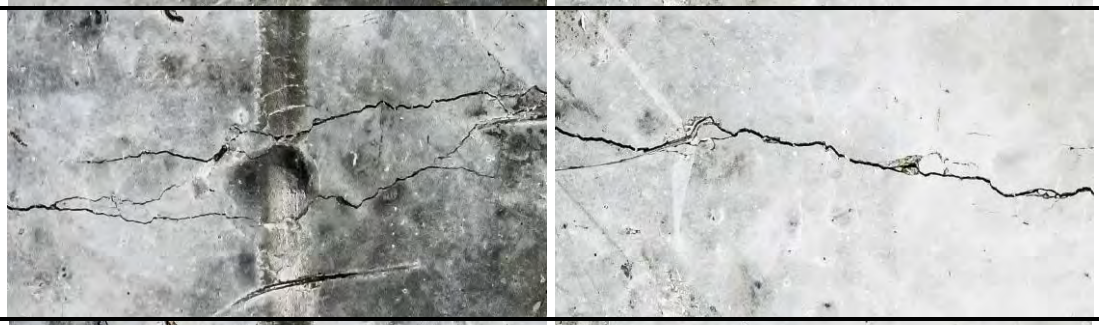
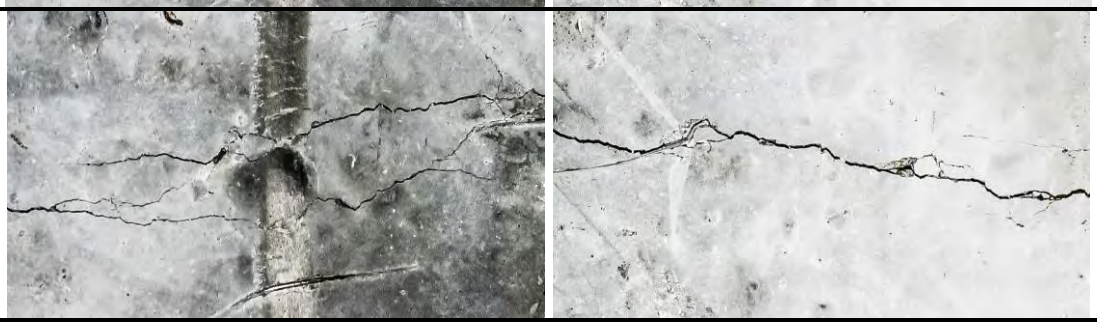
**Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

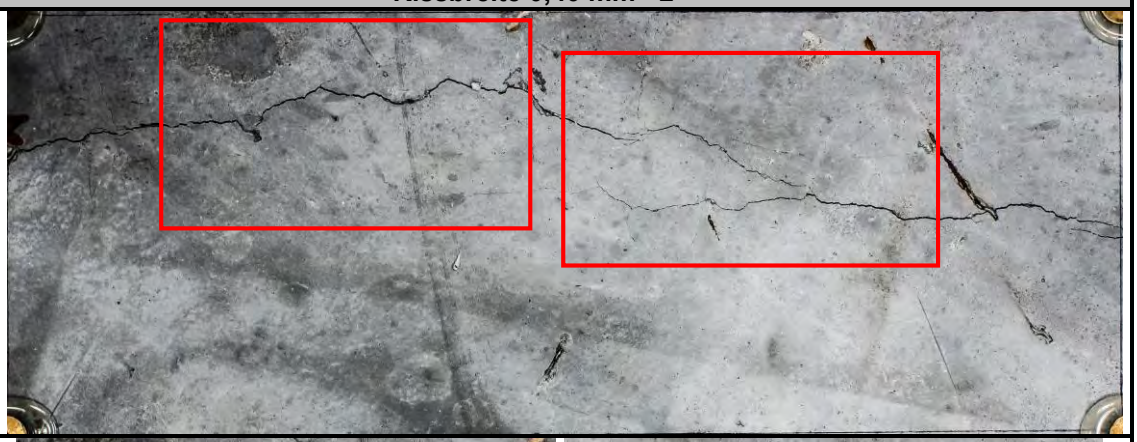
**Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

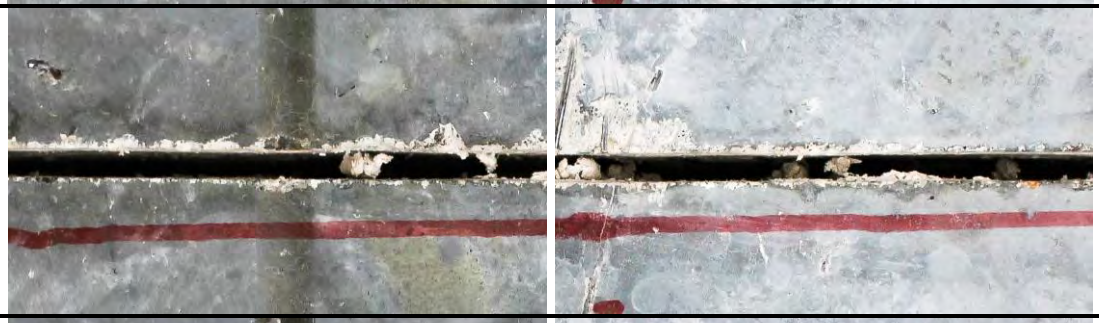
**Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 3 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V19 SFB - Probekörper PK 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)–
Radlast 3 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

Versuch 20

Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK04 SFB
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	22.10.2013
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	48,23
→ am (Versuchsbeginn):	-	03.12.2013
→ Betonalter	[d]	42
Betondruckfestigkeit:	[N/mm²]	-
→ am (Versuchsende):	-	04.12.2013
→ Betonalter	[d]	43
Solllast:	[kN]	3,6
Last gemessen:	[kN]	3,6

Bemerkungen
Beim 0,40 - 2 mm Riss verästelt, beim 0,10 - 1 mm sind mehrere Risse die sich nicht treffen.

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,260	0,230	0,40	0,40	0,10	0,10
	1.2	0,223	0,194	0,26	0,24		
0,1 mm - 2	2.1	0,219	0,205	0,28	0,27	0,10	0,10
	2.2	0,160	0,159	0,15	0,16		
0,25 mm - 1	3.1	0,349	0,317	0,52	0,50	0,25	0,23
	3.2	0,357	0,326	0,45	0,41		
0,25 mm - 2	4.1	0,607	0,588	0,68	0,68	0,25	0,25
	4.2	0,541	0,530	0,55	0,54		
0,40 mm - 1	5.1	0,497	0,489	0,76	0,75	0,40	0,40
	5.2	0,606	0,590	0,68	0,69		
0,40 mm - 2	6.1	0,512	0,504	0,60	0,65	0,40	0,42
	6.2	0,409	0,400	0,50	0,51		

**Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

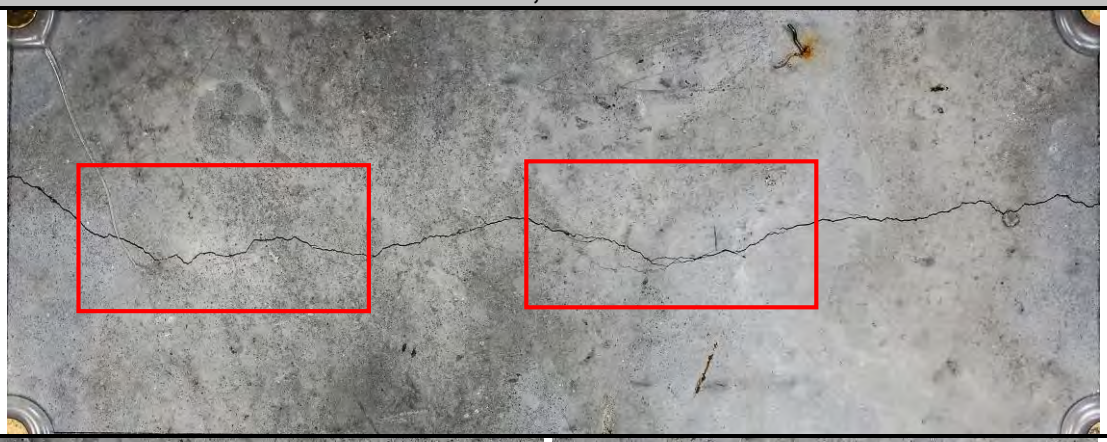
**Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

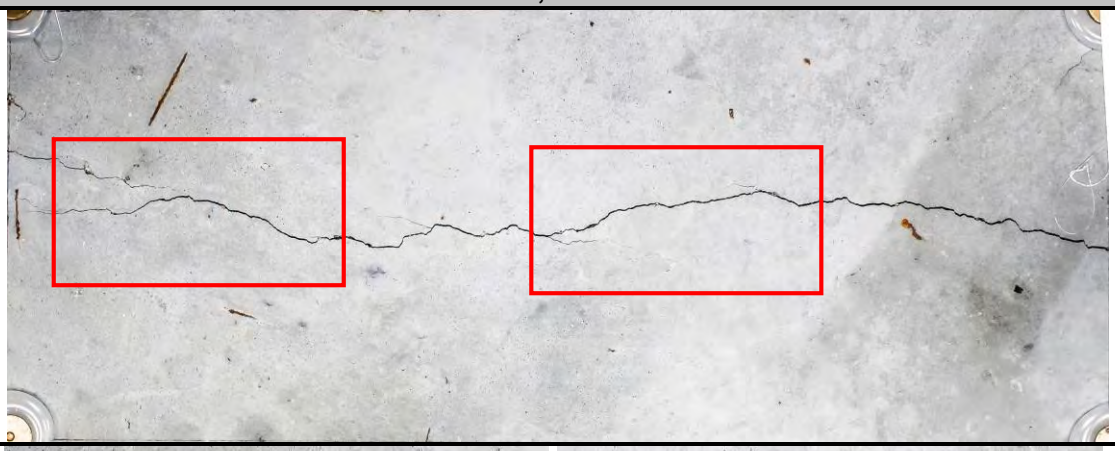
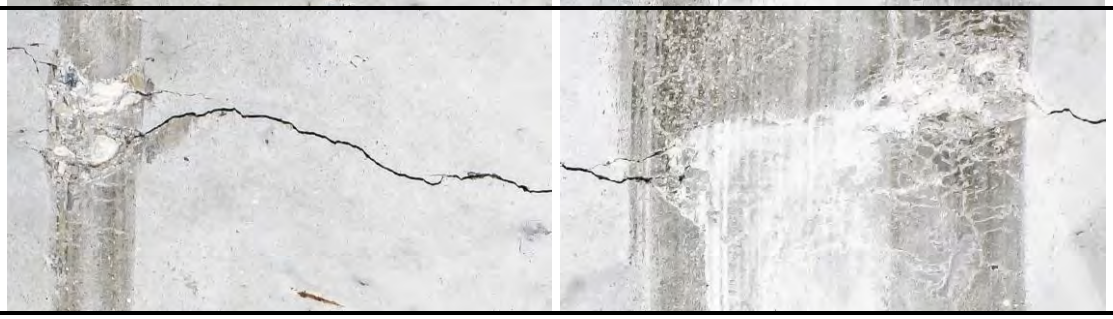
**Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

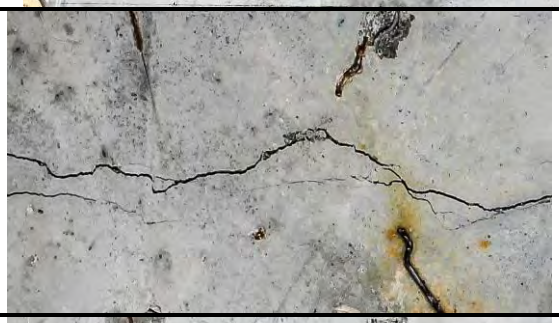
**Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

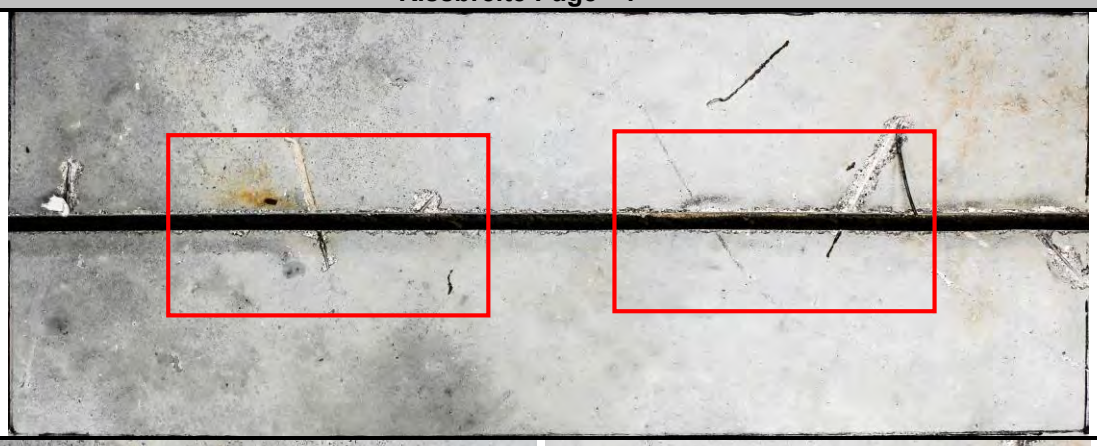
**Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

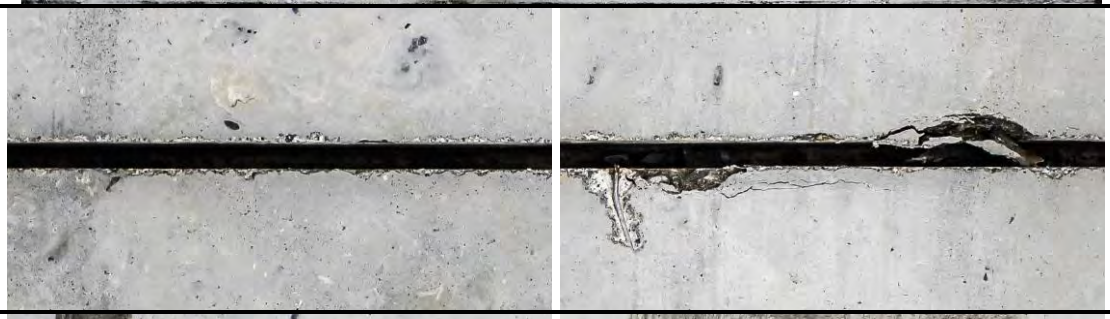
**Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V20 SFB - Probekörper P4 03 C30/37 Stahlfaserbeton –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 21

Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK01 GSB
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	28.02.2013
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	46,91
→ am (Versuchsbeginn):	-	06.12.2013
→ Betonalter	[d]	281
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	46,93
→ am (Versuchsende):	-	09.12.2013
→ Betonalter	[d]	284
Solllast:	[kN]	3,6
Last gemessen:	[kN]	3,6

Bemerkungen
Die Fugen wurden vermörtelt nach 500 Überfahrungen.

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,275	0,276	0,34	0,34	0,14	0,15
	1.2	0,302	0,405	0,18	0,19		
0,1 mm - 2	2.1	0,109	0,119	0,11	0,12	0,10	0,10
	2.2	0,137	0,130	0,11	0,10		
0,25 mm - 1	3.1	0,098	0,103	0,60	0,60	0,25	0,23
	3.2	0,373	0,357	0,43	0,42		
0,25 mm - 2	4.1	0,313	0,326	0,37	0,36	0,25	0,35
	4.2	0,329	0,309	0,40	0,39		
0,40 mm - 1	5.1	0,356	0,346	0,56	0,54	0,40	0,41
	5.2	0,393	0,387	0,52	0,50		
0,40 mm - 2	6.1	0,458	0,438	0,63	0,59	0,40	0,39
	6.2	0,461	0,429	0,45	0,62		

**Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

**Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

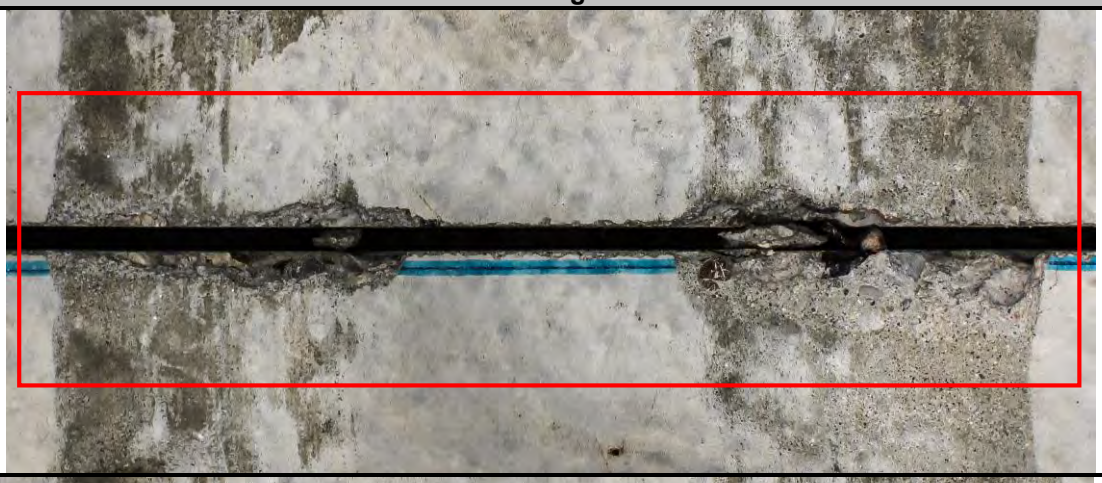
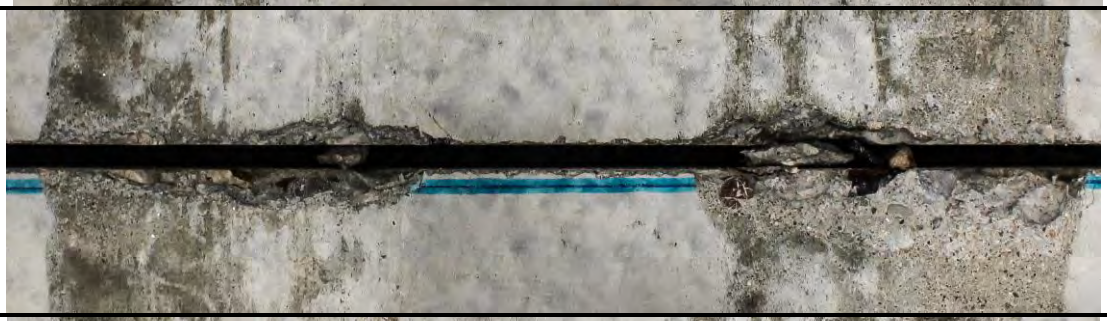
**Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V21-C30/37-GRL - Probekörper PK 08 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

Versuch 22

Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK02 GSB
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	11.10.2013
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	43,82
→ am (Versuchsbeginn):	-	09.12.2013
→ Betonalter	[d]	59
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	43,94
→ am (Versuchsende):	-	11.12.2013
→ Betonalter	[d]	61
Solllast:	[kN]	3,0
Last gemessen:	[kN]	3,0

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte		Rissuhren		Rissmesslupe	
	Überfahrungen	0	25.000	0	25.000	0	25.000
0,1 mm - 1	1.1	0,125	0,116	0,19	0,19	0,10	0,10
	1.2	0,122	0,111	0,10	0,08		
0,1 mm - 2	2.1	0,142	0,147	0,18	0,16	0,10	0,10
	2.2	0,146	0,152	0,11	0,09		
0,25 mm - 1	3.1	0,262	0,244	0,33	0,31	0,25	0,23
	3.2	0,288	0,269	0,32	0,30		
0,25 mm - 2	4.1	0,215	0,214	0,29	0,28	0,25	0,35
	4.2	0,343	0,339	0,45	0,43		
0,40 mm - 1	5.1	0,501	0,487	0,61	0,60	0,40	0,39
	5.2	0,413	0,387	0,44	0,41		
0,40 mm - 2	6.1	0,477	0,460	0,75	0,73	0,40	0,42
	6.2	0,645	0,701	0,86	0,89		

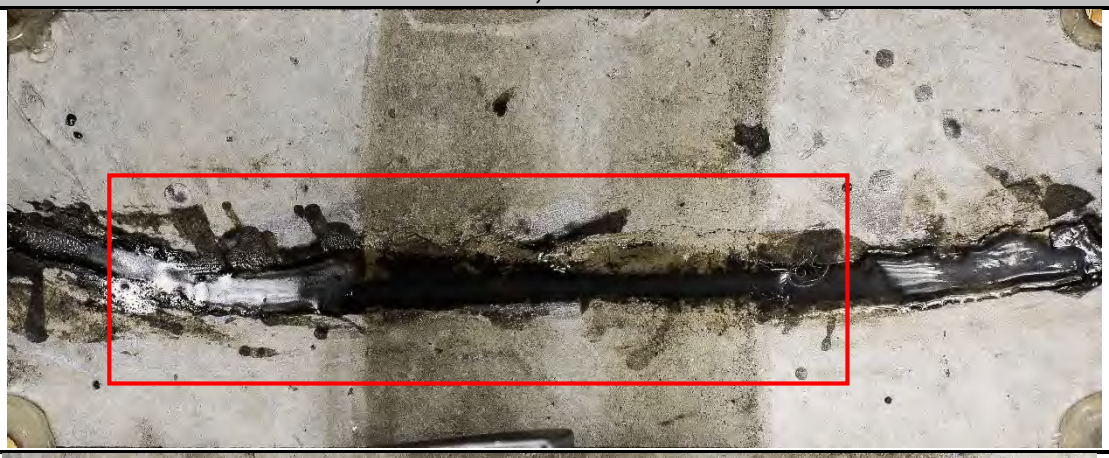
**Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
3000	
10.000	
25.000	

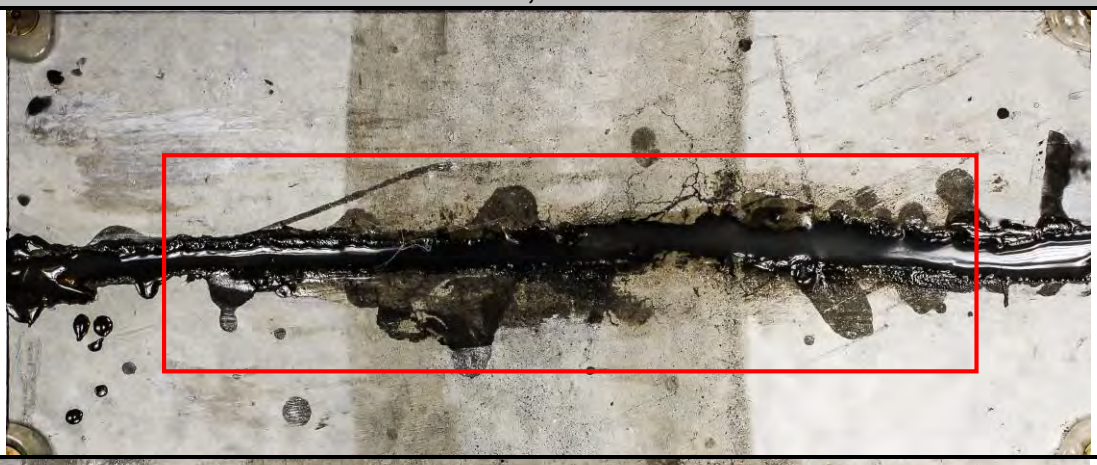
**Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V22-C30/37-GRL - Probekörper PK 11 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyurethan - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 23

Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Vulkollan und Polyamid - Radlast 3 kN

Probekörper:	-	PK01 EHG
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	26.02.2013
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	36,85
→ am (Versuchsbeginn):	-	18.11.2013
→ Betonalter	[d]	265
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	36,86
→ am (Versuchsende):	-	20.11.2013
→ Betonalter	[d]	267
Solllast:	[kN]	3
Last gemessen:	[kN]	3

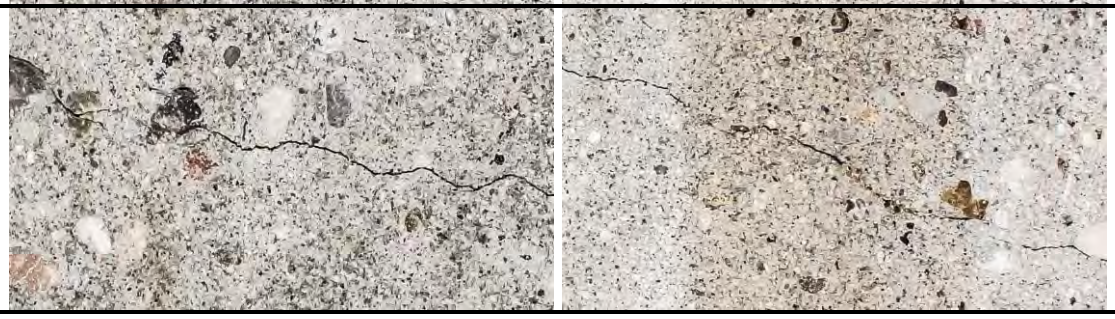
Bemerkungen

Die Fugen wurden vermörtelt nach 100 Überfahrungen.

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte			Rissuhren			Rissmesslupe
	Überfahrungen	0	0	25.000	0	0	25.000	0
0,1 mm - 1	1.1	0,122	0,106	0,109	0,22	0,20	0,20	0,10
	1.2	0,126	0,096	0,950	0,20	0,17	0,17	
0,1 mm - 2	2.1	0,196	0,146	0,149	0,25	0,20	0,20	0,10
	2.2	0,140	0,103	0,110	0,29	0,26	0,26	
0,25 mm - 1	3.1	0,286	0,259	0,182	0,32	0,28	0,28	0,25
	3.2	0,291	0,265	0,140	0,32	0,29	0,29	
0,25 mm - 2	4.1	0,153	0,063	0,216	0,15	0,07	0,07	0,25
	4.2	0,285	0,238	0,137	0,26	0,22	0,22	
0,40 mm - 1	5.1	0,346	0,273	0,250	0,41	0,32	0,32	0,40
	5.2	0,389	0,336	0,331	0,50	0,44	0,44	
0,40 mm - 2	6.1	0,412	0,398	0,403	0,45	0,44	0,44	0,40
	6.2	0,387	0,379	0,377	0,43	0,43	0,43	

**Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)-
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen	
10	
1000	
10.000	
25.000	

**Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)-
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)-
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

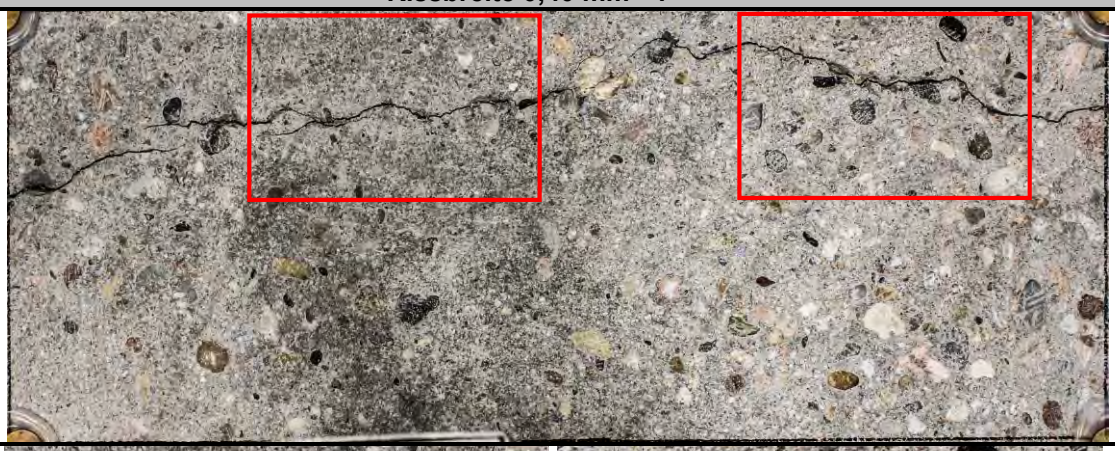
**Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)-
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)-
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

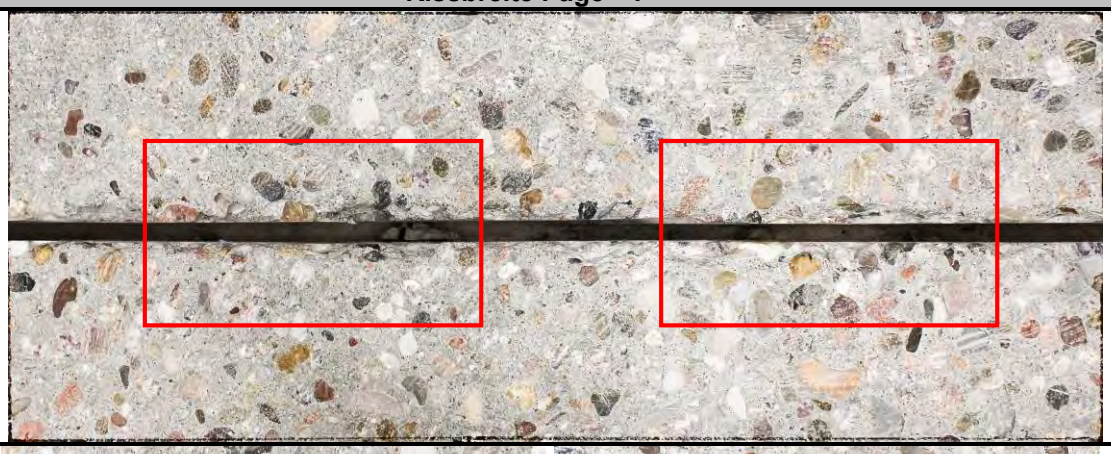
**Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)-
Radlast 3 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
10.000		
25.000		

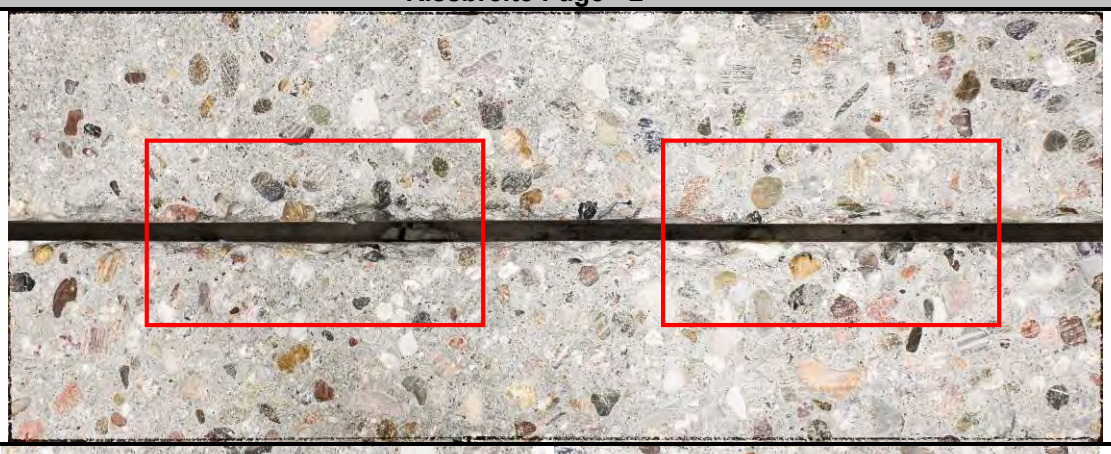
**Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)-
Radlast 3 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
10.000		
25.000		

**Versuch V23-C30/37-GRL - Probekörper PK 09 SBF C30/37 –
Überfahrung mit Hubwagenrollen vorne aus Polyamid (links) und Vulkollan (rechts)-
Radlast 3 kN**

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
10.000	
25.000	

Versuch 24

Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 - Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Probekörper:	-	PK02 EGH
Beton:	-	C30/37
Betonagedatum:	-	23.05.2013
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	48,23
→ am (Versuchsbeginn):	-	20.11.2013
→ Betonalter	[d]	181
Betondruckfestigkeit:*	[N/mm²]	48,25
→ am (Versuchsende):	-	22.11.2013
→ Betonalter	[d]	183
Solllast:	[kN]	3,6
Last gemessen:	[kN]	3,6

Bemerkungen

Rissbreite	Messsystem	Setzpunkte			Rissuhren			Rissmesslupe
	Überfahrungen	0	0	25.000	0	0	25.000	0
0,1 mm - 1	1.1	0,242	0,212	0,212	0,22	0,20	0,20	0,10
	1.2	0,176	0,143	0,143	0,15	0,13	0,13	
0,1 mm - 2	2.1	0,151	0,105	0,104	0,16	0,10	0,10	0,10
	2.2	0,176	0,156	0,142	0,15	0,08	0,08	
0,25 mm - 1	3.1	0,236	0,214	0,212	0,34	0,31	0,31	0,25
	3.2	0,253	0,238	0,241	0,15	0,14	0,14	
0,25 mm - 2	4.1	0,236	0,205	0,203	0,27	0,23	0,23	0,25
	4.2	0,237	0,197	0,199	0,29	0,25	0,25	
0,40 mm - 1	5.1	0,491	0,387	0,385	0,60	0,47	0,47	0,40
	5.2	0,475	0,452	0,455	0,50	0,48	0,48	
0,40 mm - 2	6.1	0,459	0,397	0,392	0,39	0,33	0,33	0,40
	6.2	0,435	0,429	0,434	0,45	0,35	0,35	

Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite 0,10 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
5000		
25.000		

**Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,10 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
5000		
25.000		

**Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
5000		
25.000		

**Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,25 mm - 2

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
5000		
25.000		

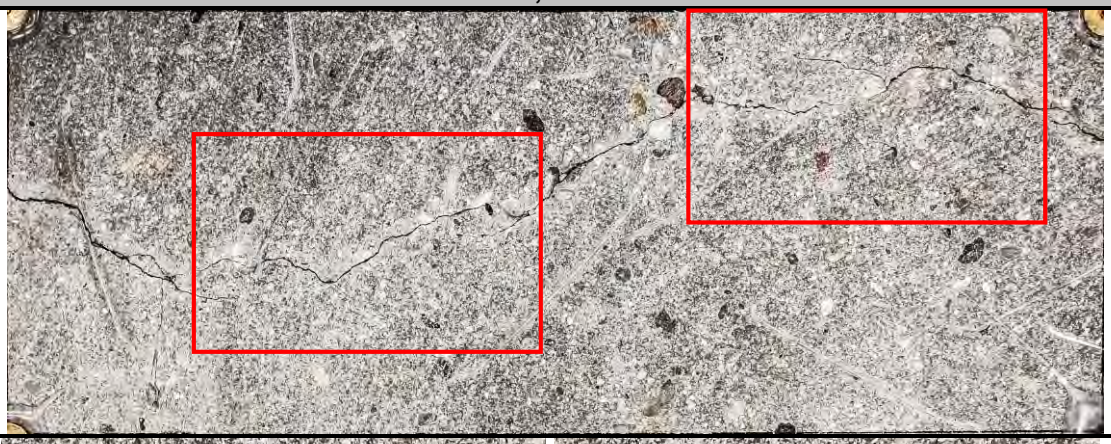
**Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 1

Anzahl der Überführungen		
10		
1000		
5000		
25.000		

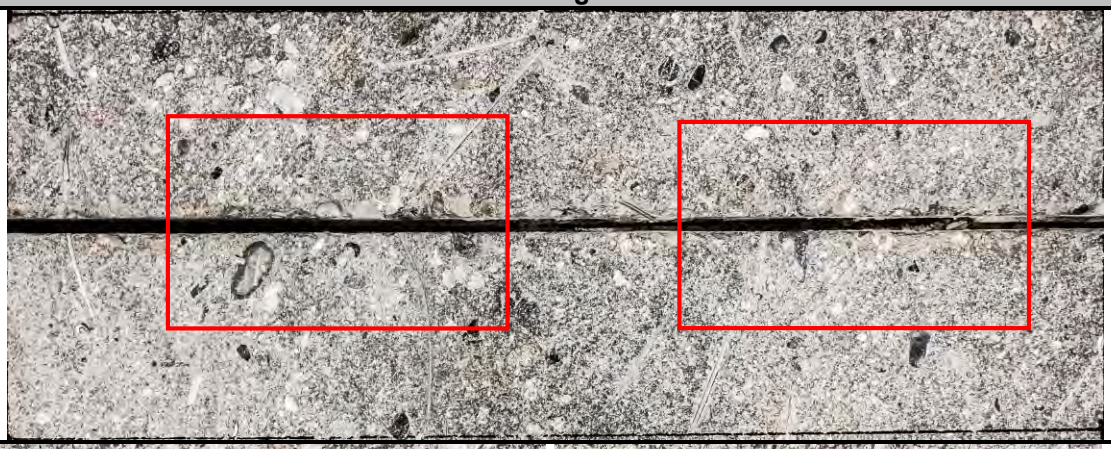
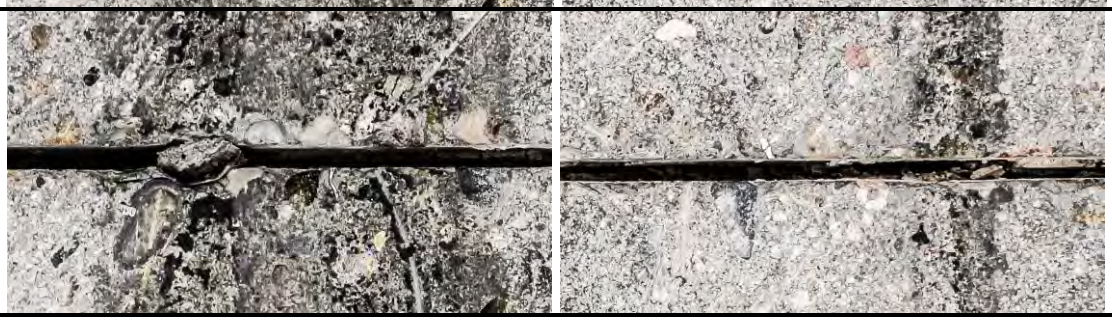
**Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite 0,40 mm - 2

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
5000	
25.000	

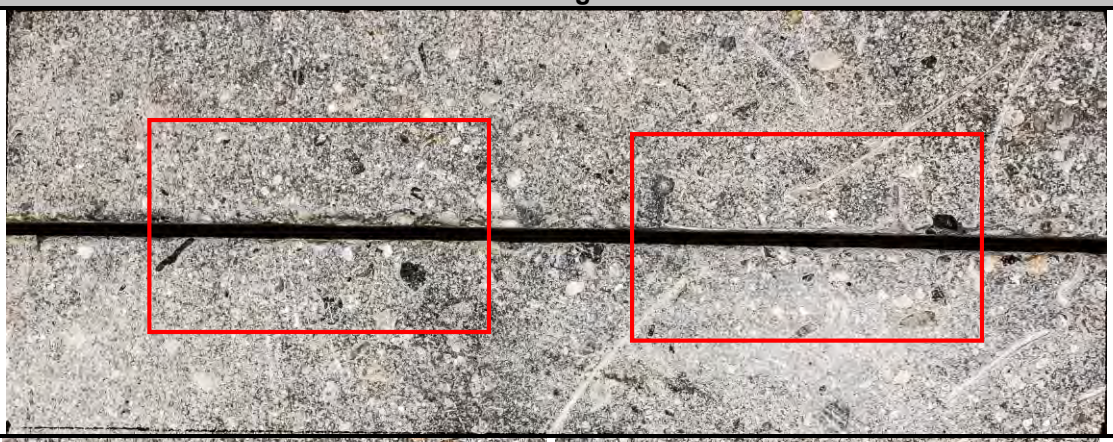
**Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN**

Rissbreite Fuge - 1

Anzahl der Überführungen	
	
10	
1000	
5.000	
25.000	

Versuch V24-C30/37-GRL - Probekörper PK 02 SFB C30/37 -
Überfahrung mit Hubwagenrollen hinten aus Polyamide - Radlast 3,6 kN

Rissbreite Fuge - 2

Anzahl der Überführungen		
		
10		
1000		
5.000		
25.000		