

Jürgen Schnell, Sebastian Oster, Daniele Casucci

Systematische Erforschung der Rissflankenbruchneigung von befahrbaren Industrieböden

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 reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen 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/tauforschung

Abschlussbericht:

BBR Forschungsprojekt

**„Systematische Erforschung der Rissflankenbruchneigung
von befahrbaren Industrieböden“
(SF-10.08.18.7-11.44)**

Gefördert durch:



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

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 Fahrbelägen [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 angehängtem 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 Forschungsvorhabens	47
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: Fotografiertes 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: Kajaaleffekt; 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: Praxisbewährte Grundsätze für Anforderungen an und Eigenschaften von Industrieböden	80