

Kiwa GmbH
Polymer Institut
Quellenstraße 3
65439 Flörsheim-Wicker
Tel. +49 (0)61 45 - 5 97 10
www.kiwa.de

Prüfbericht

P 9854

Prüfauftrag: **Grundprüfung des Beschichtungssystems**
HADALAN EBG OS8
gemäß DIN EN 1504-2 unter Berücksichtigung der
DIN V 18026 „Oberflächenschutzsysteme für Beton
aus Produkten nach DIN EN 1504-2“,
gemäß der Prüfklasse OS 8

Auftraggeber: **Heinrich Hahne GmbH & Co. KG**
Heinrich-Hahne Weg 11
45711 Datteln

Bearbeiter: **J. Magner**
Dipl.-Ing. (FH) E. Grenz

Prüfzeitraum: **November 2015 - April 2016**

Datum des Prüfberichtes: **28.04.2016**

Dieser Prüfbericht umfasst: **26 Seiten, einschließlich Anhang 1**
3 Anlagen

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.
Die auszugsweise Veröffentlichung des Berichtes und Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfalle unserer schriftlichen Einwilligung.

INHALTSVERZEICHNIS

1	VORGANG	3
2	PROBENEINGANG	4
3	HERSTELLUNG DER VERBUNDKÖRPER	5
4	PRÜFUNGEN	7
4.1	Prüfungen an den Ausgangsstoffen	7
4.1.1	Infrarotspektrum.....	7
4.1.2	Dichte	8
4.1.3	Thermogravimetrische Analyse	8
4.1.4	Viskosität	9
4.1.5	Aminzahl	9
4.1.6	Epoxid-Äquivalent.....	10
4.2	Prüfungen an den angemischten Stoffen.....	10
4.2.1	Entwicklung der Shore-Härte	10
4.2.2	Topfzeit	11
4.2.3	Flüchtige und nichtflüchtige Anteile.....	12
4.2.4	Aschegehalt	12
4.3	Prüfungen an den Verbundkörpern	13
4.3.1	Abriebfestigkeit.....	14
4.3.2	Kohlendioxid-Durchlässigkeit	15
4.3.3	Wasserdampf-Durchlässigkeit	16
4.3.4	Kapillare Wasseraufnahme und Wasser-Durchlässigkeit.....	16
4.3.5	Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM) im Vergleich zur unbeanspruchten Probe; Beschichten bei T_{MAT}.....	17
4.3.6	Widerstand gegen starken chemischen Angriff.....	19
4.3.7	Schlagfestigkeit	21
4.3.8	Abreißversuch.....	21
4.3.9	Griffigkeit / Rutschfestigkeit	22
4.3.10	Brandverhalten nach Aufbringung	22
4.3.11	Schichtdicke	23
5	ZUSAMMENFASSUNG.....	24
	Anhang 1.....	25

Anlage

1 VORGANG

Das Polymer Institut wurde von der Heinrich Hahne GmbH & Co. KG, Datteln, beauftragt, an dem Beschichtungssystem

HADALAN EBG OS 8

im Systemaufbaus der Prüfklasse

OS 8 Starre Beschichtung für befahrbare, mechanisch stark belastete Flächen

Prüfungen aus dem Prüfprogramm zum Nachweis der Leistungsmerkmale gemäß DIN V 18026 „Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504-2“, Juni 2006, durchzuführen.

Gemäß den Angaben des Auftraggebers besteht das Oberflächenschutzsystem auf Basis folgender Stoffe bzw. wird für den folgenden Systemaufbau verwendet:

Übersicht 1: Beschreibung der Stoffe

Stoff	Beschreibung *
HADALAN EBG 13E	2-komponentige Epoxidharzgrundierung
HADALAN FGM003 57M	Füllstoffgemisch zur Herstellung von Epoxidharzverlaufsmassen
optional HADALAN VS 12E	2-komponentige Epoxidharzbeschichtung

* nach Angaben des Auftraggebers

Übersicht 2: Systemaufbau

Systemaufbau	Beschreibung
Grundierung	HADALAN EBG 13E
Verlaufsmasse	HADALAN EBG 13E gefüllt mit HADALAN FGM003 57M
optional Versiegelung	HADALAN VS 12E + Abstreuung mit Quarzsand der Körnung 0,5 – 1,0 mm
	HADALAN VS 12E

Umfang der Prüfungen

Die folgenden Prüfungen wurden gemäß Tabelle 9 und Tabelle 5 der DIN V 18026 durchgeführt:

- Prüfungen an den Ausgangsstoffen, den angemischten und erhärteten Stoffen
- Prüfungen an den Verbundkörpern

Gemäß DIN V 18026 Abschnitt 4 „Anforderungen für Oberflächenschutzsysteme für Beton“ gelten für die Bindemittelgruppen, den Regelaufbau und die Schichtdicken die Festlegungen der Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton“, Ausgabe Oktober 2001 inklusive 2. Berichtigung Dezember 2005.

Anhang

Eine zusammenfassende Beurteilung des Oberflächenschutzsystems im Hinblick auf die Anforderungen der DIN V 18026 bzw. DIN EN 1504-2 ist dem Anhang 1 zu entnehmen.

2 **PROBENEINGANG**

Am 04.11.2015 wurden die in den folgenden Übersichten aufgeführten Proben per Spedition im Polymer Institut angeliefert.

Tabelle 1: Probeneingang

Nr.	Stoff	Komponente	Charge	Menge [kg]
1	HADALAN EBG 13E	A	-	ca. 0,7
2		B	-	ca. 0,5
3	HADALAN FGM003 57M	C	-	ca. 2,4

Tabelle 2: Probeneingang beschichtete Substrate

Nr.	Beschichtete Probekörper	Abmessungen (l x b) [mm]	Anzahl
4	Betonplatte MC (0,40)	300 x 300 x 60	4
5	Kalksandstein	115 x 240 x 25	3
6	freier Film	310 x 210 x ~2	2
7	Faserzementplatte	500 x 500 x 8	1
8	Stahlplatten	100 x 100 x ~5	4

3 HERSTELLUNG DER VERBUNDKÖRPER

Die Probenherstellung erfolgte in den Räumlichkeiten der Heinrich Hahne GmbH & Co. KG, Datteln, von einem Mitarbeiter des Auftraggebers bei 20 °C / 50 % r. F. in horizontaler Lage.

Nach Angaben des Auftraggebers wurde die Beschichtung der Probekörper unter seiner Aufsicht gemäß den folgenden Übersichten hergestellt.

Übersicht 3: Beschichtung der Grundkörper

	Verbrauch in [g/m ²] - Mittelwerte -	
	1	2
Lage / Schicht	<i>Grundierung</i>	<i>Verlaufsmasse</i>
Grundkörper	HADALAN EBG 13E + 50 % Wasser	HADALAN EBG 13E vorgefüllt mit HADALAN FGM003 57M (MV 1 : 2,3)
Betonplatten MC (0,40) Kalksandsteine, freie Filme Faserzementplatten	ca. 300	ca. 4.600
Wartezeiten	1 h	

Die Probekörper für die Prüfung Abriebfestigkeit wurden nach der folgenden Übersicht hergestellt.

Übersicht 4: Beschichtung der Grundkörper für die Prüfung der Abriebfestigkeit

Lage / Schicht	Verbrauch in [g/m ²] - Mittelwerte -		
	1	2	3
Grundkörper	<i>Verlaufsmasse</i> HADALAN EBG 13E vorgefüllt mit HADALAN FGM003 57M (MV 1 : 2,3)	<i>Versiegelung 1. Lage</i> HADALAN VS 12E + <i>Abstreuerung</i> Quarzsand 0,1 – 0,5 mm	<i>Versiegelung 2. Lage</i> HADALAN VS 12E
Stahlplatten	ca. 4.600	ca.550 + im Überschuss	ca.650
Wartezeiten	2 d		1 d

Angaben zu den verwendeten Applikationsgeräten liegen dem Polymer Institut nicht vor.

Übersicht 5: Mischungsverhältnisse

Stoff	Mischungsverhältnis in Masseteilen	
	Komponente A	Komponente B
HADALAN EBG 13E	2,4	1
HADALAN VS 12E	4	1

4 PRÜFUNGEN

Soweit nicht anders angegeben, erfolgte die Lagerung der Geräte und Stoffe sowie die Durchführung der Prüfungen bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270.

4.1 Prüfungen an den Ausgangsstoffen

Die folgenden Prüfungen wurden gemäß Tabelle 9 der DIN V 18026 durchgeführt:

Übersicht 6: Identitätseigenschaften

Kapitel	Art der Prüfung	Prüfverfahren	Bild der Anlage 1
4.1.1	Infrarotspektrum	DIN EN 1767	1 - 2
4.1.2	Dichte	DIN EN ISO 2811-2	-
4.1.3	Thermogravimetrische Analyse	DIN EN ISO 11358	3 - 4
4.1.4	Dynamische Viskosität	DIN EN ISO 3219	5 - 6
4.1.5	Aminzahl	DIN EN 1877-2	-
4.1.6	Epoxidäquivalent	DIN EN 1877-1	-
4.1.7	Flüchtige und nichtflüchtige Anteile	DIN EN ISO 3251	-

4.1.1 Infrarotspektrum

Die Infrarotspektren wurden unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen aufgenommen.

Norm: DIN EN 1767:09-1999 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Infrarotanalyse“

Prüfgerät: FTIR-Spektrometer, Fa. Varian (Varian 3600 FT-IR Excalibur)

Aufnahmetechnik: horizontale ATR-Technik, Probenträger Golden Gate-Diamant (4000-500 cm⁻¹)

Auflösung: 4 cm⁻¹

Die Spektren sind im Anlagenteil 1 den Bildern 1 - 2 zu entnehmen.

Tabelle 3: Infrarotspektroskopie - Vorbehandlung der Proben

Stoff	Komponente	Vorbehandlung
HADALAN EBG 13E	A	keine
	B	keine

4.1.2 Dichte

Die Dichte wurde nach DIN EN ISO 2811-2:06-2011 „Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Dichte - Teil 2: Tauchkörper-Verfahren“ in je zwei Einzelversuchen mit einer Dichtekugel (10 cm³) bei 23 °C ermittelt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 4: Dichte

Stoff	Komponente	Einzelwerte [g/cm ³]	Mittelwert [g/cm ³]
HADALAN EBG 13E	A	1,028 ; 1,028	1,028
	B	1,123 ; 1,123	1,123

4.1.3 Thermogravimetrische Analyse

Die thermogravimetrische Analyse wurde unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen durchgeführt.

Norm: DIN EN ISO 11358:11-1997 „Kunststoffe-Thermogravimetrie von Polymeren - Allgemeine Grundlagen“
 Prüfgerät: Thermoanalysestation TG 209 F3 Tarsus, Fa. Netzsch
 Temperaturbereich: 35 °C bis 900 °C
 Aufheizrate: 10 K/min
 Kalibriersubstanz: Calciumoxalat
 Vorbehandlung: keine
 Probenhalterung: Aluminiumoxid, Außendurchmesser 6,7 mm
 Temperaturfühler: Thermoelement innerhalb der Probenhalterung
 Atmosphäre: N₂, 20 ml/min

Die Einwaagen, Gesamtmasseverluste und die Rückstände sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5: Thermogravimetrische Analyse

Stoff	Komponente	Einwaage [mg]	Gesamtmasse- verlust bei 600 °C [M.-%]	Rückstand [M.-%]	Bild in Anlage
HADALAN EBG 13E	A	19,1	99,0	1,0	3
	B	21,7	95,9	4,1	4

4.1.4 Viskosität

Die dynamische Viskosität wurde unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen in einer Doppelbestimmung durchgeführt.

Norm: DIN EN ISO 3219:10-1994 „Kunststoffe-Polymere/Harze in flüssigem, emulgiertem oder dispergiertem Zustand – Bestimmung der Viskosität mit einem Rotationsviskosimeter bei definiertem Geschwindigkeitsgefälle“
 Prüfgerät: Rotationsviskosimeter der Fa. Anton Paar (Typ MCR 51)
 Messsystem: CP50-1
 Erhöhung der Scherrate: konstant
 Auswertung/Messzeit: automatische Interpolation, bei einer Scherrate von 500 s⁻¹

Tabelle 6: dynamische Viskosität

Stoff	Komponente	dynamische Viskosität * [mPas]		Bild in Anlage
		Einzelwerte	Mittelwert	
HADALAN EBG 13E	A	250 ; 250	250	5
	B	880 ; 880	880	6

* gerundet auf zwei wertanzeigende Ziffern

4.1.5 Aminzahl

Die Aminzahl der in der folgenden Tabelle aufgeführten Stoffe wurde an der Komponente A in einer Doppelbestimmung gemäß DIN 1877-2:12-2000 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren; Reaktive, funktionelle Gruppen von Epoxidharzen - Teil 2: Bestimmung der Aminzahl“ anhand des Totalbasizitätsgrades ohne weitere Vorbehandlung der Proben durch potentiometrische Titration ermittelt.

Die Aminzahl nach DIN 16945 gibt an, wie viel mg KOH einem Gramm der Probe äquivalent sind. Die Ergebnisse der Bestimmung sind als Einzel- und Mittelwerte in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 7: Aminzahl

Stoff	Aminzahl [mg KOH / g Probe]	
	Einzelwerte	Mittelwert
HADALAN EBG 13E	101 ; 104	103

4.1.6 Epoxid-Äquivalent

Das Epoxid-Äquivalent wurde an der Komponente B in einer Doppelbestimmung gemäß DIN EN 1877-1:12-2000 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Reaktive, funktionelle Gruppen von Epoxidharzen - Teil 1: Bestimmung des Epoxid-Äquivalents*“ durch potentiometrische Titration ermittelt.

Das Epoxid-Äquivalent ist die Reaktionsharzmenge in g, in der ein Mol Epoxidgruppen enthalten ist. Die Ergebnisse der Bestimmung sind als Einzel- und Mittelwerte in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 8: *Epoxid-Äquivalent*

Stoff	Einzelwerte [g/mol EE]	Mittelwert [g/mol EE]
HADALAN EBG 13E	195 ; 194	195

4.2 Prüfungen an den angemischten Stoffen

Die folgenden Prüfungen wurden gemäß Tabelle 9 der DIN V 18026 durchgeführt:

Übersicht 7: *Frisches Gemisch*

Kapitel	Art der Prüfung	Prüfverfahren	Bild in Anlage
4.2.1	Entwicklung der Shore-Härte	DIN EN ISO 868	7
4.2.2	Topfzeit	DIN EN ISO 9514	-
4.2.3	flüchtige und nichtflüchtige Anteile	DIN EN ISO 3251	-
4.2.4	Aschegehalt	DIN EN ISO 3451-1	-

4.2.1 Entwicklung der Shore-Härte

Die Prüfung der Shore-Härte erfolgte nach DIN EN ISO 868:10-2003 „*Kunststoffe und Hartgummi – Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte)*“.

Der angemischte Stoff wurde mit 6 mm Füllhöhe in einen Eindruckdeckel aus Blech (Ø 65 mm) gegossen. Für die Messungen wurde ein digitales Durometer der Firma Bareiss verwendet; Messzeit 3 s.

Bestimmt wurden:

- *Härtungszeit* (Zeitintervall bis zum Erreichen von 50 % der Endhärte)
- *Endhärte* (Härtegrad nach 7-tägiger Lagerung)

Tabelle 9: Härtingsverlauf

Stoff	Endhärte [Skt*]			Härtingszeit [h]
	1 d	3 d	7 d	
HADALAN EBG 13E	19 Shore D	36 Shore D	45 Shore D	34

* Skalenteile

Die graphische Darstellung ist dem Bild 7 der Anlage 1 zu entnehmen.

4.2.2 Topfzeit

Die Bestimmung der Topfzeit erfolgte unter Einhaltung nachfolgender Prüfbedingungen.

Norm:	in Anlehnung an DIN EN ISO 9514:07-2005 „Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Verarbeitungszeit von Mehrkomponenten-Beschichtungssystemen - Vorbereitung und Konditionierung von Proben und Leitfaden für die Prüfung“
Prüfgerät:	OMB-DAQ-56, Fa. Omega mit Thermoelement Fe-CuNi
Auswertung:	Dasy-Lab 6.0 - Software
Messintervall:	10 s
Ausgangstemperatur:	23 °C
Homogenisierung:	1 min mit Holzspatel gemischt
Prüfvolumen:	100 cm ³
Temperaturentwicklung:	adiabatisch, im allseitig wärme gedämmten Reaktionsgefäß
Anzahl der Bestimmungen:	2

Aus der Aufzeichnung der Temperatur-/Zeit-Kurve wurden folgende Größen ermittelt:

- *Topfzeit*
Zeit zwischen dem Anmischen mehrkomponentiger Reaktionsharze bei der angegebenen Ausgangstemperatur und dem Erreichen einer Temperatur von 40 °C
- *Maximaltemperatur* der Mischung
- *Reaktionszeit*
Intervall bis zum Erreichen der *Maximaltemperatur* (T_{\max}) der Mischung

Ein Ergebnis der Topfzeit von HADALAN EBG 13E konnte nicht ermittelt werden, da die Maximaltemperatur der Mischung bei dieser Versuchsdurchführung den Schwellenwert von 40 °C nicht überschritt.

4.2.3 Flüchtige und nichtflüchtige Anteile

Der Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen der angemischten Stoffe wurde gemäß DIN EN ISO 3251:2008 „Beschichtungsstoffe und Kunststoffe – Bestimmung des Gehaltes an nichtflüchtigen Anteilen“ nach 24-stündiger Lagerung bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270 und anschließender 3-stündiger Trocknungszeit bei 105 °C ermittelt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 10: Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen

Stoff	Einzelwerte [Gew.-%]	Mittelwert [Gew.-%]
HADALAN EBG 13E	48,6 ; 49,0 ; 48,7	48,8

4.2.4 Aschegehalt

Der Aschegehalt wurde gemäß DIN EN ISO 3451-1:11-2008 „Kunststoffe; Bestimmung der Asche; Teil 1: Allgemeine Grundlagen“ bei einer Temperatur von (550 ± 25) °C ermittelt. Die Glühzeit betrug 3 Stunden. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 11: Aschegehalt

Stoff	Glührückstand [M.-%]	
	Einzelwerte	Mittelwert
HADALAN EBG 13E	0,2 ; 0,2 ; 0,2	0,2

4.3 Prüfungen an den Verbundkörpern

Die folgenden Prüfungen wurden gemäß Tabelle 5 der DIN V 18026 durchgeführt:

Übersicht 8: Prüfungen an den Verbundkörpern

Kapitel	Art der Prüfung	Prüfverfahren ¹⁾
4.3.1	Abriebfestigkeit	DIN EN ISO 5470-1
4.3.2	CO ₂ -Durchlässigkeit	DIN EN 1062-6
4.3.3	Wasserdampf-Durchlässigkeit	DIN EN ISO 7783
4.3.4	Kapillare Wasseraufnahme und Wasser-Durchlässigkeit	DIN EN ISO 1062-3
4.3.5	Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM) im Vergleich zur unbeanspruchten Probe; Beschichten bei T _{MAT}	DIN EN 13687-1 und DIN EN 13687-2
4.3.6	Widerstandsfähigkeit gegen starken chemischen Angriff, Klasse I: 3d ohne Druck Prüflüssigkeiten: Gruppen 1, 3, und 10 nach EN13529	DIN EN 13529
4.3.7	Schlagfestigkeit	ISO 6272-2
4.3.8	Abreißversuch	DIN EN 1542
4.3.9	Griffigkeit/Rutschfestigkeit	DIN EN 13036-4
4.3.10	Brandverhalten nach Aufbringung	DIN EN 13501-1
4.3.11	Schichtdicken	DIN EN ISO 2808

Gemäß DIN V 18026 Abschnitt 4 „Anforderungen für Oberflächenschutzsysteme für Beton“ gelten für die Bindemittelgruppen, den Regelaufbau und die Schichtdicken die Festlegungen der Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton“, Ausgabe Oktober 2001 inklusive 2. Berichtigung Dezember 2005.

Folgende Probenkörper wurden für verschiedene Prüfungen verwendet.

Übersicht 9: *Verwendete Grundkörper*

Prüfung	Substrat	Abmessungen (l x b x h)
Abriebfestigkeit	Stahlplatten	100 mm x 100 mm x ~5 mm
Kohlendioxid- / Wasserdampfdurchlässigkeit	freie Filme	Ø 90 mm
Kapillare Wasseraufnahme	Kalksandsteine	240 mm x 115 mm 25 mm
Haftzug- und Schlagfestigkeit	Betonplatten MC (0,40)	gemäß DIN EN 1766
Chemikalienbeständigkeit	Faserzementplatten	auf die jeweilige Proben- dimension zurechtgeschnitten
Griffigkeit/Rutschfestigkeit	Faserzementplatten	200 mm x 200 mm x 8 mm

4.3.1 Abriebfestigkeit

Der Abriebwiderstand wurde mit dem Reibradverfahren gemäß DIN EN ISO 5470-1:09-1999 mit folgenden Prüfparametern bestimmt:

Prüfgerät: Taber Abraser nach ASTM D 4060

Reibrolle: H 22 gemäß DIN EN 18026

Auflagegewicht: 1.000 g

Die Gesamtumdrehungszahl betrug jeweils 1000 bei einer Frequenz $f = 1$ Hz. Die Bestimmung der Abriebmenge erfolgte nach 1000 Umdrehungen durch Wägung der Platten mit einer Genauigkeit von 1 mg. Die Reibrollen wurden nach 500 Umdrehungen mit Druckluft gereinigt.

Ergebnis:

Der Abriebverlust des o.g. Beschichtungsaufbaus nach 500 bzw. 1.000 Umdrehungen beträgt:

Tabelle 12: *Abriebverlust nach Taber mit Reibrolle H 22*

Abriebverlust [g]			
nach 500 U		nach 1.000 U	
Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert
0,525	0,496	0,787	0,775
0,493		0,792	
0,469		0,747	

4.3.2 Kohlendioxid-Durchlässigkeit

Die Bestimmung der Kohlenstoffdioxid-Durchlässigkeit erfolgte gemäß DIN EN 1062-6:2002-10 „Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Untergründe und Beton im Außenbereich - Teil 6: Bestimmung der Kohlenstoffdioxid-Diffusionsstromdichte“, Verfahren A - gravimetrische Methode in einer Atmosphäre mit einem CO₂-Gehalt von (10 ± 0,5) Vol.-%.

Konditionierung:

Nach dem Probeneingang im Polymer Institut erfolgte die Konditionierung der Probekörper bis zur Prüfung unter Normbedingungen gemäß DIN EN 23270. Es wurden vier Probekörper (Ø 90 mm) aus den freien Filmen ausgebohrt.

Durchführung:

Die Probekörper wurden dampfdicht in Aluminiumschalen eingebaut, die zur Aufnahme von CO₂ mit Natriumhydroxid-Granulat gefüllt waren. Die Permeation von Wasser kann versuchstechnisch nicht verhindert werden, deshalb wurde zusätzlich ein Probengefäß zur Aufnahme von Wasser mit Calciumchlorid gefüllt. Parallel dazu wurde der Diffusionswiderstand gegen CO₂ einer Referenzfolie bestimmt.

Zur Diffusionsmessung wurden die Proben einer Atmosphäre mit einem CO₂-Gehalt von (10 ± 0,5) Vol.% bei 23 °C ausgesetzt. Die Atmosphäre wurde mit Hilfe von Kieselgel getrocknet. Die Probengefäße wurden regelmäßig auf 0,1 mg genau gewogen bis die Masseänderung linear mit der Zeit verlief (stationärer Zustand).

Ergebnis:

Die Probekörper wurden über einen Messzeitraum von 13 Tagen geprüft. An der parallel durchgeführten Messung der Referenzfolie wurden keine Abweichungen von der vorgegebenen Toleranz festgestellt. Die ermittelten Mittelwerte sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 13: Kenngrößen der Kohlenstoffdioxid- Durchlässigkeit (Mittelwert)
System „HADALAN EBG OS 8“

CO ₂ - Diffusionsstromdichte i [g/(m ² · d)]	diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s _D (CO ₂) [m]	Anforderung ¹⁾ [m]
3,4	73	sd > 50

¹⁾ gemäß DIN EN ISO 1504-2 und DIN V 18026

Im Anschluss an die Prüfung wurde die Dicke der Probekörper im Schnitt der Proben mikroskopisch nach DIN EN ISO 2808:2007-05, optisches Verfahren, bestimmt. Die Gesamtschichtdicke des Beschichtungsaufbaus betrug im Mittel 2500 µm

4.3.3 Wasserdampf-Durchlässigkeit

Die Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit erfolgte gemäß DIN EN ISO 7783:2012-02 „Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit-Schalenverfahren“ im Trockenschalen-Verfahren bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270. Es wurde Calciumchlorid zur Einstellung einer relativen Luftfeuchte von 0% bei 23°C verwendet (Feuchtegefälle 0/50% r. F.).

Nach dem Probeneingang im Polymer Institut erfolgte die Konditionierung der Probekörper bis zur Prüfung unter Normbedingungen gemäß DIN EN 23270. Es wurden fünf Probekörper (Durchmesser 90 mm) aus den freien Filmen ausgebohrt. Die Probekörper wurden in Aluminiumschalen eingebaut und mit Wachs abgedichtet (Durchmesser der Wachsschablone: 80 mm).

Ergebnis:

Die Bestimmung der Wasserdampf-Durchlässigkeit wurde über einen Messzeitraum von 13 Tagen durchgeführt. Die Auswertung entsprach Kapitel 8 der o. a. Norm.

Die ermittelten Mittelwerte für den geprüften Aufbau „HADALAN EBG OS 8“ sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 14: Kenngrößen der Wasser-Dampfdiffusion (Mittelwert)

H ₂ O-Diffusionsrate V [g/m ² x d]	diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s _D (H ₂ O) [m]	Einteilung ¹⁾
3,4	7	Klasse II

¹⁾ gemäß DIN EN ISO 7783

Die Gesamtschichtdicke des Beschichtungsaufbaus betrug im Mittel 2500 µm

4.3.4 Kapillare Wasseraufnahme und Wasser-Durchlässigkeit

Die Ermittlung des Wasseraufnahmekoeffizienten erfolgte gemäß DIN EN 1062-3:04-2008 an drei beschichteten Kalksandsteinen. Die Probekörper lagerten bis zur Prüfung mindestens 7 Tage bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270. Anschließend wurden die Probekörper an den Seitenflächen mit einem transparenten, lösemittelfreien Epoxidharz wasserundurchlässig abgedichtet.

Die Ergebnisse für den geprüften Aufbau „HADALAN EBG OS 8“ sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 15: Ergebnisse - Wasseraufnahmekoeffizienten

Wasseraufnahmekoeffizient ω_{24} Einzelwerte	[kg/(m ² x h ^{0,5})] Mittelwert
0,016 ; 0,014 ; 0,023	0,018

4.3.5 Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM) im Vergleich zur unbeanspruchten Probe; Beschichten bei T_{MAT}

Nach dem Probeneingang im Polymer Institut erfolgte die Konditionierung der Probekörper bis zur Prüfung unter Normbedingungen gemäß DIN EN 23270. Die Prüfung der Haftzugfestigkeiten wurde nach DIN EN 1542:07-1999 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch“ mit einem kalibrierten Zugprüfgerät der Firma Freundl, Typ Easy M10 durchgeführt. Der Lastanstieg betrug jeweils 100 N/s. Als Kleber wurde ein lösemittelfreier Reaktionsharzkleber auf Polyurethanharz-Basis verwendet.

A) unbeanspruchte Probe

Die Applikation des Beschichtungssystems „HADALAN EBG OS 8“ erfolgte bei 20 °C / 50 % r. F. in horizontaler Lage.

Tabelle 16: Haftzugfestigkeit Referenzprobe

Probe	Haftzugfestigkeit [MPa] Einzelwerte
1	4,12
	3,78
	2,64
	2,80
	3,56
Mittelwert	3,6
kleinster Einzelwert	2,6

Als Trennfall trat jeweils 100 % Kohäsionsbruch im Beton ein.

Verhalten bei Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzangriff (TWBM), Beschichten bei T_{MAT}

Die Gewitterregensimulation erfolgte gemäß DIN EN 13687-2 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren; Bestimmung der Temperaturwechselverträglichkeit - Teil 2: Gewitterregenbeanspruchung (Temperaturschock)*“: Mai 2002 und die anschließende Temperaturwechsellagerung mit Tausalzeinfluss nach DIN EN 13687-1 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren; Bestimmung der Wärmeverträglichkeit - Teil 1: Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit Tausalzangriff*“: Mai 2002. Während Unterbrechungen der Wechsellagerung lagerten die Probekörper im Wasser.

Zur Beurteilung von Rissen, Blasen oder Ablösungen wurden die Kennwerte gemäß DIN EN ISO 4628 ff „*Beschichtungsstoffe - Beurteilung von Beschichtungsschäden - Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen*“ herangezogen.

Durch Inaugenscheinnahme nach Beendigung der Gewitterregensimulation und der Temperaturwechselbeanspruchung konnten keine Risse, Blasen oder Ablösungen festgestellt werden (Risse "0", Blasengrad "0(S0)").

Bis zur Prüfung der Haftzugfestigkeit wurden die Probekörper 7 Tage bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270 rekonditioniert.

B) beanspruchte Proben

*Tabelle 17: Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM); System **HADALAN EBG OS 8***

Probe	Haftzugfestigkeit [MPa]
	Einzelwerte
2	4,10
	3,58
	3,44
	3,69
	3,02
3	3,07
	3,68
	3,71
	3,02
	3,55
Mittelwert	3,5
kleinster Einzelwert	3,0

Als Trennfall trat jeweils 100 % Kohäsionsbruch im Beton ein.

4.3.6 Widerstand gegen starken chemischen Angriff

Die Prüfung der Chemikalienbeständigkeit erfolgte gemäß DIN EN 13529:12-2003 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Widerstand gegen starken chemischen Angriff“ an einer beschichteten Faserzementplatte.

Die Dauer der Vorlagerung der beschichteten Probekörper bei Normbedingungen gemäß DIN 23270 betrug 7 Tage. Die Prüfung erfolgte in Form einer einseitigen Beaufschlagung der Beschichtungen mit Prüfflüssigkeit ohne Überdruck.

Die Prüftemperatur betrug 23 °C und die Expositionszeit 3 Tage.

Es wurden Prüfflüssigkeiten verwendet, die in „Oberflächenschutzsysteme für Beton in LAU-Anlagen“ des DIBt, Juli 2005, aufgelistet sind:

Übersicht 10: Chemikaliengruppe und Prüfflüssigkeit

Gruppe	Prüfflüssigkeit
1 Ottokraftstoffe, Super und Normal (nach DIN EN 228:2004-03) mit max. 5 Vol.-% (Bio) Ethanolgehalt (nach DIN EN 15376:2009-11)	47,5 Vol.-% Toluol 30,4 Vol.-% Isooktan 17,1 Vol.-% n-Heptan 3,0 Vol.-% Methanol 2,0 Vol.-% tert. Butanol
3 - Heizöl EL (nach DIN 51603-1) - ungebrauchte Verbrennungsmotorenöle - ungebrauchte Kraftfahrzeug-Getriebeöle - Gemische aus gesättigten und aromatischen Kohlenwasserstoffen mit einem Aromatengehalt von ≤ 20 Ma.-% und einem Flammpunkt > 55 °C	Prüfgemisch F (DIN ISO 1817) bestehend aus: 80 Vol.-% n-Paraffine (C12-C18) 20 Vol.-% 1-Methylnaphthalin
10 Anorganische Säuren (Mineralsäuren) bis 20 % sowie sauer hydrolysierende, anorganische Salze in wässriger Lösung (pH < 6), außer Flusssäure und oxidierend wirkende Säuren und deren Salze	Schwefelsäure (20 %ig)

Nach Ablauf der Expositionszeit wurden die Beschichtungen auf Beständigkeit gegen die Prüfflüssigkeiten untersucht. Dabei wurden

- visuelle Veränderungen der Beschichtungsoberfläche (Glanz, Farbe, Rissbildung, Blasenbildung, Quellung und Schrumpfung) und
- das Härteverhalten durch Prüfung der Shore D-Härte gemäß DIN EN ISO 868 erfasst.

Beurteilung von Beschichtungsschäden

Zur Beurteilung von Rissen, Blasen oder Ablösungen wurden die Kennwerte gemäß DIN EN ISO 4628 ff „Beschichtungsstoffe - Beurteilung von Beschichtungsschäden - Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen“ herangezogen:

*Teil 1: Allgemeine Einführung und Bewertungssystem
Bewerten der Intensität von Veränderungen
(Glanz, Farbe, Quellung, Schrumpfung)
0 = nicht verändert und 5 = sehr starke Veränderung*

*Teil 2: Bewertung des Blasengrades
0(S0) = keine Blasen und 5(S5) = viele Blasen (Größe maximal)*

*Teil 4: Bewertung des Rissgrades
0(S0) = keine Risse und 5(S5) = sehr viele und breite Risse*

Die Ergebnisse sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 18: Ergebnisse Chemikalienbeständigkeit **HADALAN EBG OS 8**

Kriterien \ Prüfliquidität	Nr. 1	Nr. 3	Nr. 10
Expositionszeit [d]	3		
Glanz	0	0	0
Farbe	0	0	2
Rissbildung	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
Blasengrad	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
Quellung	0	0	0
Schrumpfung	0	0	0
Haftungsverlust	nein	nein	nein
Dichtheit	ja	ja	ja
Shore D Veränderung ¹⁾ [%]	74 -3	76 ±0	76 ±0
Shore D nach 24 h Rekonditionierung bei Normbedingungen Veränderung ¹⁾ [%]	75 -1	77 +1	77 +1

¹⁾ unter Bezug auf den Nullwert ohne Exposition von Shore D-Härte 76

4.3.7 Schlagfestigkeit

Die Prüfung wurde nach DIN EN ISO 6272-1:11-2011 „Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Schlagfestigkeit) - Teil 1: Prüfung durch fallendes Gewichtsstück, große Prüffläche“ mit einer Fallenergie von 4 Nm durchgeführt. Es wurden 5 Einzelversuche durchgeführt. Die anschließende Beurteilung erfolgte visuell und unter einem Mikroskop mit 10-facher Vergrößerung.

Ergebnis:

Nach dem Schlagversuch wies die Beschichtung **HADALAN EBG OS 8** keine Risse oder Abplatzungen auf.

4.3.8 Abreißversuch

Die Applikation der Probekörper erfolgte bei 20 °C / 50 % r. F. in horizontaler Lage. Nach dem Probeneingang im Polymer Institut erfolgte die Konditionierung der Probekörper bis zur Prüfung unter Normbedingungen gemäß DIN EN 23270.

Tabelle 19: Haftzugfestigkeit nach Lagerung bei T_{NORM} „HADALAN EBG OS 8“

Probe	Haftzugfestigkeit [MPa] Einzelwerte	Bruchfläche [%]	
		A	A/B
4	3,79	100	-
	4,02	100	-
	3,95	80	20
	4,57	90	10
	4,28	100	-
Mittelwert	4,1		
kleinster Einzelwert	3,8		

Legende:

A: Kohäsionsbruch im Beton

A/B: Adhäsionsbruch zwischen Beton und HADALAN EBG 13E (Grundierung)

4.3.9 Griffigkeit / Rutschfestigkeit

Die Prüfung von Griffigkeit und Rutschfestigkeit erfolgte an beschichteten Faserzementplatten. Die Dauer der Vorlagerung der beschichteten Probekörper bei Normbedingungen gemäß DIN 23270 betrug 7 Tage. Aus den Faserzementplatten wurden die Probekörper mit den Abmessungen 200 mm x 200 mm herausgesägt.

Die Prüfung der Griffigkeit wurde nach DIN EN 13036-4 „Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen- Prüfverfahren - Teil 4: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen: Der Pendeltest“: Dezember 2003, Anhang D mit folgenden Prüfparametern durchgeführt:

Pendelgerät: Skid-Resistance-Tester nach BS 812
Skalierung: C-Skale
Reiblänge: 126 mm
Gleitkörper: SRT-Gleitkörper Slider 57 (BAM-Nr. 170)
Prüffläche: nass

Das Prüfergebnis ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 20: Griffigkeit „HADALAN EBG OS 8“

Griffigkeit [PTV] ¹⁾ Mittelwert
58

¹⁾ PTV = Skalenteile des PTV-Werts (entspricht SRT-Skalenteile [Skt])

4.3.10 Brandverhalten nach Aufbringung

Die Prüfung zur Klassifizierung des Brandverhaltens nach DIN EN 13501-1:2007 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten“ erfolgte im Auftrag des Auftraggebers durch die MPA Nordrhein-Westfalen.

Die Ergebnisse der Prüfung gemäß DIN EN ISO 11925-2:2010 „Prüfungen zum Brandverhalten - Entzündbarkeit von Produkten bei direkter Flammeneinwirkung - Teil 2: Einzelflammentest“ sind in dem Prüfbericht Nr. 230010290-1 vom 14.12.2015 (Anlage 2) der MPA Nordrhein-Westfalen dokumentiert.

Die Klassifizierung des Brandverhaltens nach DIN EN 13501-1 erfolgte in dem Klassifizierungsbericht der MPA Nordrhein-Westfalen Nr. 230010290-2 vom 14.12.2015 (Anlage 3) der MPA Nordrhein-Westfalen.

Entsprechend dem Brandverhalten wird dem Beschichtungssystem

HADALAN EBG OS 8

die Klassifizierung „E_n“ gemäß DIN EN 13501-1 zugeordnet.

4.3.11 Schichtdicke

Die Gesamtschichtdicke des Oberflächenschutzsystems wurde gemäß DIN EN ISO 2808:2007 „Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Schichtdicke“ an den Schnittflächen vertikal geschnittener Betonplatten im Auflichtmikroskop unter 10-facher Vergrößerung gemessen. In der folgenden Tabelle sind jeweils die Mittelwerte aus 10 Einzelmessungen pro Probekörper, gerundet auf 0,1 mm, und der Gesamtmittelwert angegeben.

Tabelle 21: Schichtdicke des Oberflächenschutzsystems auf den Betonplatten

Aufbau	Gesamtschichtdicke [mm]			
	Lagerung bei			Mittelwert
	PK I ¹⁾	PK II ²⁾	PK III ³⁾	
HADALAN EBG 13E (Grundierung + Verlaufsmasse)	2,6	2,4	2,4	2,5

¹⁾ Beschichtet bei 20 °C / 50 % r.F.

²⁾ Referenzprobekörper für die Temperaturwechsellagerung

³⁾ Probe nach der Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalz

Nach den Vorgaben der DIN V 18026 ist die Mindestschichtdicke gemäß der Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton“, Ausgabe Oktober 2001 inklusive 2. Berichtigung Dezember 2005 zu ermitteln. Es ergibt sich für das geprüfte Beschichtungssystem **HADALAN EBG OS 8** eine Mindestschichtdicke von

2,5 mm

(Mindestschichtdicke gemäß o. g. Richtlinie)

Mindestschichtdicke

Die Mindestschichtdicke des Oberflächenschutzsystems ist gemäß Abschnitt 5.2 der o. g. Richtlinie Teil 2, Ausgabe Oktober 2001, 2. Berichtigung 2005, unter Beachtung folgender Kriterien ermittelt worden:

- Angabe der festgestellten mittleren Schichtdicke der Temperaturwechselbeanspruchungsplatten
- Mindestschichtdicke gemäß Tabelle 5.2 des Teils 2 der o. g. Richtlinie, Ausgabe Oktober 2001, 2. Berichtigung 2005: $d_{\min} = 2,5 \text{ mm}$

Der jeweils größere Wert ist anzusetzen. Im Sinne der o. g. Richtlinie beträgt für ‚reine Schutzmaßnahmen‘ im Sinne der DIN EN 13813 „Estrichmörtel, Estrichmassen und Estriche - Eigenschaften und Anforderungen“, 2003 die Mindestschichtdicke 1,5 mm.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Das Polymer Institut wurde von der Heinrich Hahne GmbH & Co. KG, Datteln, beauftragt, an dem Beschichtungssystem

HADALAN EBG OS 8

im Systemaufbau der Prüfklasse

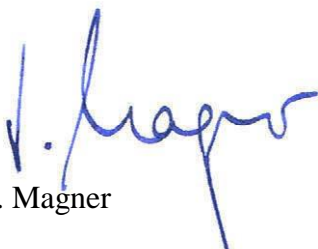
OS 8
Starre Beschichtung für befahrbare,
mechanisch stark belastete Flächen

Prüfungen aus dem Prüfprogramm zum Nachweis der Leistungsmerkmale gemäß DIN V 18026 „Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504-2“, Juni 2006, durchzuführen.

Eine Zusammenfassung aller Prüfergebnisse und eine Gegenüberstellung mit den Anforderungen der DIN V 18026 bzw. DIN EN 1504-2 befinden sich im Anhang 1.

Flörsheim-Wicker, 28.04.2016

Der Institutsleiter


J. Magner



Die Sachbearbeiterin



Dipl.-Ing. (FH) E. Grenz

Anhang 1 Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Kapitel im Bericht	Prüfung	HADALAN EBG 13E
4.1	Prüfungen an den Ausgangsstoffen	
4.1.1	Infrarotspektrum Komponente A Komponente B	Bild 1 Bild 2
4.1.2	Dichte [g/cm ³] Komponente A Komponente B	1,028 1,123
4.1.3	Thermogravimetrie Gesamtmasseverlust [Gew.-%] Komponente A Komponente B	Bild 3 Bild 4 99,0 95,9
4.1.4	Dynamische Viskosität: [mPas] Komponente A Komponente B	Bild 5 Bild 6 250 880
4.1.5	Aminzahl [mg KOH/g] Komponente B	103
4.1.6	Epoxid-Äquivalent [g/mol EE] Komponente A	195
4.2	Prüfungen an den angemischten Stoffen	
4.2.1	Entwicklung der Shore-Härte Shore-Härte D nach: 1 d [Skt] 3 d [Skt] 7 d [Skt]	19 36 45
4.2.2	Topfzeit Topfzeit [min] Maximaltemp. [° C] Reaktionszeit [min]	- - -
4.2.3	nichtflüchtige Anteile / Festkörpergehalt [Gew.-%]	48,8
4.2.4	Aschegehalt [M.-%]	0,2

Kapitel im Bericht	Prüfung	ERGEBNIS	Anforderung DIN V 18026	Anf. erfüllt?
4.3	Prüfungen an den Verbundkörpern OS 8-System „HADALAN EBG OS 8“			
4.3.1	Abriebfestigkeit [mg/1000]	775	≤ 3000	ja
4.3.2	Kohlendioxid-Durchlässigkeit s_D (CO ₂) [m]	73	$s_D > 50$	ja
4.3.3	Wasserdampf-Durchlässigkeit s_D (H ₂ O) [m]	7	Klasse I: $s_D < 5$ m Klasse II: $s_D > 5$ m Klasse III: $s_D > 50$ m	k.A. ¹⁾
4.3.4	Wasseraufnahmekoeffizient w_{24} [kg/(m ² x h ^{0,5})]	0,018	< 0,1	ja
4.3.5	Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss - Mittelwert [MPa] - kl. Einzelwert [MPa]	3,5 3,0	≥ 2,0 ≥ 1,5	ja
	Haftzugfestigkeit <u>Referenzprobe</u> : - Mittelwert [MPa] - kl. Einzelwert [MPa]	3,6 2,6	≥ 2,0 ≥ 1,5	ja
4.3.6	• Chemikalienbeständigkeit DIBt Nr. 1 Blasengrad Veränd. Shore D Härte ²⁾ [%]	0(S0) -1	0(S0) < 50	ja
	DIBt Nr. 3 Blasengrad Veränd. Shore D Härte ²⁾ [%]	0(S0) +1	0(S0) < 50	
	DIBt Nr. 10 Blasengrad Veränd. Shore D Härte ²⁾ [%]	0(S0) +1	0(S0) < 50	
4.3.7	Schlagfestigkeit (4 Nm) Risse Ablösungen	keine keine	keine keine	ja
4.3.8	Abreibversuch - Mittelwert [MPa] - kleinster Einzelwert [MPa]	4,1 3,0	≥ 2,0 ≥ 1,5	ja
	Griffigkeit und Rutschfestigkeit Griffigkeit (SRT-Wert) [Skt]	58	≥ 55	ja
4.3.10	Brandverhalten nach Aufbringung	E	mind. Klasse E	ja
4.3.11	Schichtdicken [mm] <i>HADALAN EBG 13E</i> (Grundierung + Verlaufsmasse)	2,5	-	k.A. ¹⁾

¹⁾ keine Anforderung

²⁾ nach 24 Rekonditionierung unter Normbedingungen gemäß DIN EN 23270