

VA-Coating GmbH
Alte Duisburger Str. 11
47119 Duisburg

Kiwa GmbH
Polymer Institut
Quellenstraße 3
65439 Flörsheim

T: +49 (0) 6145 59710
E: DE.Kiwa.Polymer@kiwa.com

www.kiwa.com



Die Akkreditierung gilt für die in der Urkundenanlage
D-PL-11217-01-00 aufgeführten Prüfverfahren.

Prüfbericht

Projekt: **P 14448-2**

Untersuchungsauftrag: Erstprüfung des Beschichtungssystems
VA-Coating System OS 11a
gemäß der Prüfklasse
OS 11 (OS F) / Aufbau a)
der „Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von
Betonbauteilen“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton
(Ausgabe Oktober 2001) unter Berücksichtigung der
DIN V 18026 „Oberflächenschutzsysteme für Beton aus
Produkten“ nach DIN EN 1504-2.

Probenbeschreibung: siehe Probeneingang

Anzahl der Proben: siehe Probeneingang

Werk: -

Auftragsdatum: 24.10.2024

Probennahme durch: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 04.11.2024/ 23.01.2025/ 21.03.2025/ 16.05.2025

Prüfzeitraum: November 2024 – Juni 2025

Dieser Prüfbericht umfasst: 32 Seiten und Anlage 1 mit 13 Seiten

Flörsheim-Wicker, 09.09.2025

i. V. Dipl. Ing. (FH) N. Machill
Standortleitung



i. A. P. Stein
Sachbearbeiter

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1	VORGANG	4
2	PROBENEINGANG	6
3	HERSTELLUNG DER PROBEKÖRPER.....	6
4	PRÜFUNGEN	9
4.1	Prüfungen an den Ausgangsstoffen	9
4.1.1	Infrarotspektrum.....	9
4.1.2	Dichte	9
4.1.3	Thermogravimetrische Analyse.....	9
4.1.4	Dynamische Viskosität.....	10
4.1.5	Aminzahl.....	10
4.1.6	Epoxidäquivalent.....	10
4.1.7	Isocyanatgehalt.....	10
4.1.8	Hydroxylzahl	10
4.2	Prüfungen an den angemischten Stoffen	11
4.2.1	Entwicklung der Shore-Härte A bzw. D	11
4.2.2	Topfzeit.....	11
4.2.3	Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen / Festkörpergehalt.....	12
4.2.4	Aschegehalt	12
4.3	Prüfungen an den Verbundkörpern	12
4.3.1	Abreißversuch.....	12
4.3.2	Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM) im Vergleich zur unbeanspruchten Probe.....	13
4.3.3	Griffigkeit und Verschleißfestigkeit nach künstlicher Alterung.....	13
4.3.4	Chemikalienbeständigkeit	14
4.3.5	Abriebfestigkeit	14
4.3.6	Schlagfestigkeit.....	15
4.3.7	Kohlenstoffdioxid-Durchlässigkeit	15
4.3.8	Wasserdampf-Durchlässigkeit.....	16
4.3.9	Kapillare Wasseraufnahme und Wasser-Durchlässigkeit	17
4.3.10	Dynamische Rissüberbrückung.....	18
4.3.11	Brandverhalten nach Aufbringung.....	19
4.3.12	Schichtdicke.....	19
4.4	Zusätzliche Prüfung an den Verbundkörpern	20
4.4.1	Verschleißwiderstand.....	20
5	ERGEBNISSE.....	21
5.1	Prüfungen an den Ausgangsstoffen	21
5.2	Prüfungen an den Verbundkörpern	25
5.2.1	Abreißversuch.....	25
5.2.2	Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM) im Vergleich zur unbeanspruchten Probe.....	25
5.2.3	Griffigkeit / Rutschfestigkeit.....	26
5.2.4	Chemikalienbeständigkeit	27
5.2.5	Abriebfestigkeit	27

5.2.6	Schlagfestigkeit.....	28
5.2.7	Kohlenstoffdioxid-Durchlässigkeit	28
5.2.8	Wasserdampf-Durchlässigkeit.....	28
5.2.9	Kapillare Wasseraufnahme und Wasserdurchlässigkeit	29
5.2.10	Dynamische Rissüberbrückung.....	29
5.2.11	Brandverhalten nach Aufbringung	30
5.2.12	Schichtdicken.....	30
5.3	Zusätzliche Prüfungen an den Verbundkörpern	31
5.3.1	Befahrbarkeit und Verschleiß	31
6	ZUSAMMENFASSUNG	32

1 VORGANG

Die Kiwa GmbH Polymer Institut wurde durch die VA-Coating GmbH, Duisburg, beauftragt, mit der Prüfung des Beschichtungssystems

VA-Coating System OS 11a

bestehend aus den Komponenten

VA Coating P 13

VA Coating S 30

VA Coating V 57

VA Coating T 20

im Systemaufbau gemäß

OS 11 (OS F) Aufbau a)
Beschichtung mit erhöhter dynamischer Rissüberbrückungsfähigkeit
für begeh- und befahrbare Flächen

der Richtlinie „*Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie)*“ des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), Teil 2, Bauprodukte und Anwendung, Oktober 2001, beauftragt.

Über den Prüfumfang der o. g. Richtlinie hinaus, wurden weitere Prüfungen, die dem Prüfkatalog der DIN V 18026 „*Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504-2*“ entsprechen, durchgeführt.

Gemäß den Angaben des Auftraggebers besteht dieses Beschichtungssystem aus folgenden Stoffen bzw. aus folgendem Systemaufbau:

Übersicht 1: Beschreibung der Stoffe und des Systemaufbaus ^{a)}

Systemaufbau	Stoffbezeichnung ^{a)}	Beschreibung ^{a)}
Grundierung	VA Coating P 13	2-komponentiges, lösemittelfreies Epoxidharzsystem
Abstreuerung	Quarzsand 0,4 – 0,8mm	Quarzsand
Dichtungsschicht	VA Coating S 30	2-komponentiger, lösemittelfreier Flüssigkunststoff auf Polyurea-Basis
Verschleißschicht	VA Coating V 57	2-komponentige, schnell aushärtende Polyurethan- Beschichtung
Abstreuerung	Quarzsand 0,4 – 0,8mm	Quarzsand
Kopfversiegelung	VA Coating T 20	2-komponentige, lösemittelfreie, flexible Basis von Asparaginsäureestern

Umfang der Prüfungen

Der Prüfumfang an den Ausgangsstoffen, den angemischten bzw. erhärteten Stoffen sowie den Verbundkörpern entspricht den Tabellen 5.3 und 5.4 der o. g. Richtlinie, Teil 2 „*Bauprodukte und Anwendung*“. Die Durchführung der Prüfungen erfolgte gemäß Teil 4 der o. g. Richtlinie „*Prüfverfahren*“.

^{a)} Angaben des Auftraggebers. ^{k)} Änderung. ^{z)} Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

Zusätzlich wurden Prüfungen aus dem Prüfkatalog der DIN V 18026 „Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504-2“ (Tabelle 1 und Tabelle 7) durchgeführt.

Der Prüfumfang untergliedert sich wie folgt:

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

Übersicht 2: Prüfumfang

Art der Prüfung	Prüfverfahren	Stand
Prüfungen an den Ausgangsstoffen		
Infrarotspektrum	DIN EN 1767	09-1999
Dichte	DIN EN ISO 2811-2	06-2011
Thermogravimetrische Analyse	DIN EN ISO 11358-1	07-2022
Dynamische Viskosität	DIN EN ISO 3219-2	08-2021
Aminzahl	DIN 1877-2	12-2000
Epoxidäquivalent	DIN 1877-1	12-2000
Isocyanatgehalt	DIN EN 1242	05-2013
Hydroxylzahl	DIN EN 1240*	07-2011
Prüfungen an den angemischten Stoffen		
Entwicklung der Shore-Härte A bzw. D	DIN EN ISO 868	10-2008
Topfzeit	DIN EN ISO 9514	07-2005
Flüchtige und nichtflüchtige Anteile	DIN EN ISO 3251	09-2019
Aschegehalt	DIN EN ISO 3451-1	11-2008
Prüfungen an den Verbundkörpern¹⁾		
Abreißversuch	DIN EN 1542	07-1999
Haftzugfestigkeit nach Prüfung auf Temperaturwechselverträglichkeit, Gewitterregenbeanspruchung und Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM)	DIN EN 13687-1 und DIN EN 13687-2*	05-2002 05-2002
Griffigkeit und Rutschfestigkeit	DIN EN 13036-4*	12-2011
Chemikalienbeständigkeit	DIN EN 13529*	12-2003
Abriebfestigkeit	DIN EN ISO 5470-1*	04-2017
Schlagfestigkeit	DIN EN ISO 6272-2*	11-2011
Kohlendioxid-Durchlässigkeit	DIN EN 1062-6	10-2002
Wasserdampf-Durchlässigkeit	DIN EN ISO 7783	02-2019
Kapillare Wasseraufnahme und Wasser-Durchlässigkeit	DIN EN 1062-3	04-2008
Dynamische Rissüberbrückung Verfahren B 3.2 im Anschluss an die Konditionierung	DIN EN 1062-7* DIN EN 1062-11	08-2004 09-2005
Prüfung des Brandverhaltens und Klassifizierung des Brandverhaltens **	DIN EN ISO 11925-2** DIN EN 13501-1**	07-2020 05-2019

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

Art der Prüfung	Prüfverfahren	Stand
Schichtdicke	DIN EN ISO 2808	12-2019
Zusätzlich: Befahrbarkeit und Verschleiß	DIN EN 13892-4*	02-2003

* nicht akkreditiertes Prüfverfahren

** diese Methode ist durch einen akkreditierten Unterauftragnehmer analysiert worden

Es 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.

2 PROBENEINGANG

Die Kiwa GmbH erhielt vom Auftraggeber die in der folgenden Übersicht aufgeführten Proben.

Tabelle 1: Probeneingang Ausgangsstoffe ^{a)}

Stoffbezeichnung ^{a)}	Komponente	Charge	Menge [kg]
VA Coating P 13	A	D23122519Z0424	1,56
	B	D 2404148	0,94
VA Coating S 30	A	F 368O8C009	27,0
	B	F 368O7G000	30,0
VA Coating V 57	A	24104W311	3,5
	B	RDW0000181	1,1
VA Coating T 20	A	138D1053FE 40	3,0
	B		
Quarzsand 0,4 – 0,8 mm	-	-	25

Tabelle 2: Probeneingang Probekörper ^{a)}

Bezeichnung ^{a)}	Probenbeschreibung	Anzahl	Abmessungen [cm]
VA-Coating System OS 11a	MC (0,40) Platten beschichtet	4	30 x 30 x ca. 6,5

3 HERSTELLUNG DER PROBEKÖRPER

Übersicht 3: Mischungsverhältnisse ^{a)}

Stoffbezeichnung	Mischungsverhältnis in Gewichtsteilen	
	Komponente A	Komponente B
VA Coating P 13	10	6
VA Coating V 57	3,5	1
VA Coating T 20	5	2

^{a)} Angaben des Auftraggebers. ^{k)} Änderung. ^{z)} Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

Übersicht 4: Mischungsverhältnisse ^{a)}

Stoffbezeichnung	Mischungsverhältnis in Volumenteile	
	Komponente A	Komponente B
VA Coating S 30	1	1

Übersicht 5: Verwendete Grundkörper

Prüfung	Substrat	Abmessungen (l x b x h)
Abriebfestigkeit	Faserzementplatten	100 mm x 100 mm x 8 mm
Haftzug- und Schlagfestigkeit	Betonplatten MC (0,40)	gemäß DIN EN 1766
Dynamische Rissüberbrückung (Verfahren B)	Mörtelprismen herausgesägt aus einem Prismenblock	gemäß DIN EN 1062-7 Anhang C, 3.2 (siehe Abbildung 1)
Griffigkeit/Rutschfestigkeit	Faserzementplatten	200 mm x 200 mm x 8 mm

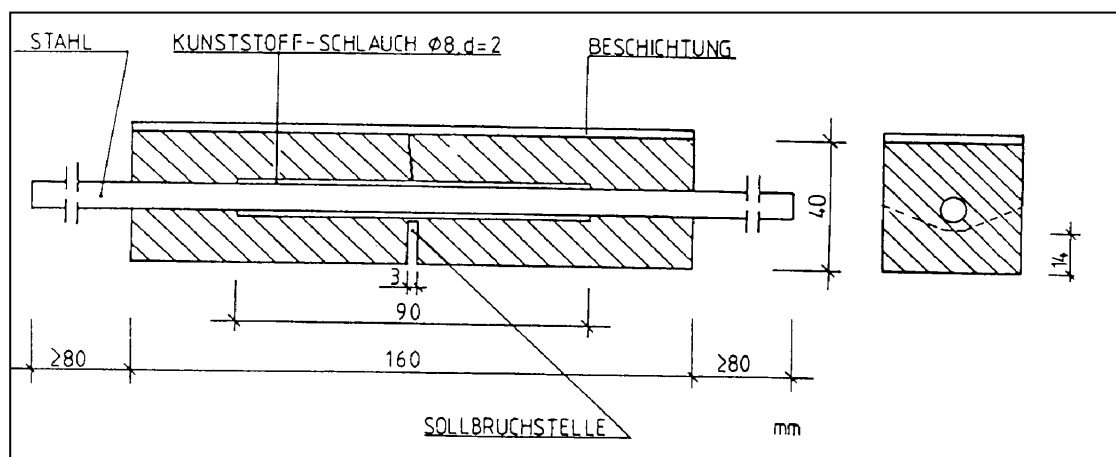


Abbildung 1: Probekörper gemäß DIN EN 1062-7

Die o.a. Grundkörper wurden bei Normbedingungen (T_{NORM}) gemäß DIN 23270 oder bei T_{MAT} ($= 8^{\circ}\text{C}/ 85\% \text{ r. F.}$) von einem Mitarbeiter des Auftraggebers in den Räumlichkeiten der Kiwa GmbH und vom Kunden beschichtet.

Übersicht 6: Verbrauchsmengen - Beschichtung der Grundkörper ^{a)}

	Verbrauch in [g/m ²] - Mittelwerte -			
	1	2	3	4
Lage / Schicht	1. Schicht	2. Schicht	3. Schicht	4. Schicht
Grundkörper	VA Coating P 13 + Abstreuerung Quarzsand 0,4 - 0,8 mm	VA Coating S 30	VA Coating V 57	VA Coating T 20
Betonplatten, MC 0,40, Faserzement- platten, Freie Filme, Kalksandsteine	ca. 250 - 400 + lose Abstreuerung	ca. 2.500 ¹⁾	ca. 1000 – 3000 + Abstreuerung im Überschuss	ca. 150 - 250
Applikationsgerät	Pinzel + von Hand	Heißspritz- verfahren	Rolle + von Hand	Rolle
Wartezeiten [h]	24	24	24	24

¹⁾ Applikation durch Heißspritzverfahren

Übersicht 7: Gerätedaten der Spritzapparatur ^{a)}

Parameter	Heißspritz-Equipment
Misch,-Spritzgerät	NUAIR
Modell	SILTEK + HERKULES CE
Code	B2BE104AFA556
Arbeitstemperatur	ca. 75 °C
Verbreitungsdruck	ca. 150 bar
Schlauch	doppelt, beheizt, Länge: ca. 20 m

4 PRÜFUNGEN

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

4.1 Prüfungen an den Ausgangsstoffen

Die Durchführung der Prüfungen erfolgte gemäß den in der nachfolgenden Übersicht aufgeführten Prüfverfahren an den Stoffen gemäß Probeneingang.

4.1.1 Infrarotspektrum

Die Infrarotspektren wurden unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen aufgenommen.

Norm:	DIN EN 1767 „ <i>Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren – Infrarotanalyse</i> “
Prüfgerät:	FTIR-Spektrometer, ALPHA (Fa. Bruker)
Messsystem:	Platinum ATR - High Pressure
Aufnahmetechnik:	horizontale ATR-Technik/ Probenträger: Diamant
Wellenzahlenbereich:	4000 - 400 cm ⁻¹
Darstellung:	Transmission
Auflösung:	4 cm ⁻¹

4.1.2 Dichte

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

4.1.3 Thermogravimetrische Analyse

Die thermogravimetrische Analyse wurde unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen durchgeführt.

Norm:	DIN EN ISO 11358-1 „ <i>Kunststoffe-Thermogravimetrie von Polymeren - Allgemeine Grundlagen</i> “
Prüfgerät:	Thermoanalysestation TG 209 F3 Tarsus, Fa. Netzsch
Temperaturbereich:	35 °C bis 900 °C
Aufheizrate:	10 K/min
Kalibriersubstanz:	Al, Zn, Ga, In, Sn, Bi
Vorbehandlung:	keine
Probenhalterung:	Aluminiumoxid, Außendurchmesser 6,7 mm
Temperaturfühler:	Thermoelement innerhalb der Probenhalterung
Atmosphäre:	N ₂ , 30 ml/min

4.1.4 Dynamische Viskosität

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

Norm:	DIN EN ISO 3219 „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:	CP 50-1
Scherrate:	konstant
Auswertung/ Messzeit:	automatische Interpolation

4.1.5 Aminzahl

Die Aminzahl wurde in einer Doppelbestimmung gemäß DIN 1877-2 „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.

4.1.6 Epoxidäquivalent

Das Epoxidäquivalent wurde in einer Doppelbestimmung gemäß DIN EN 1877-1:2000 „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.

4.1.7 Isocyanatgehalt

Der Isocyanatgehalt wurde ohne weitere Vorbehandlung der Stoffe gemäß DIN EN 1242 „Klebstoffe - Bestimmung des Isocyanatgehaltes“ titrimetrisch in einer Doppelbestimmung bestimmt.

4.1.8 Hydroxylzahl

Die Hydroxylzahl wurde in Anlehnung an DIN EN ISO 4629-1 „Klebstoffe – Bestimmung der Hydroxylzahl und/oder des Hydroxylgehaltes“ ohne Vorbehandlung in einer Doppelbestimmung titrimetrisch bestimmt.

4.2 Prüfungen an den angemischten Stoffen

Die Durchführung der Prüfungen erfolgte gemäß den in der nachfolgenden Übersicht aufgeführten Prüfverfahren an den angemischten Stoffen.

4.2.1 Entwicklung der Shore-Härte A bzw. D

Der Härtingsverlauf wurde durch die Prüfung der Shore-Härte nach DIN EN ISO 868 „Kunststoffe und Hartgummi - Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte)“ ermittelt. Es wurde eine automatische Prüfeinrichtung Typ 38210 der Karl Frank GmbH verwendet. Bestimmt wurde dabei die Shore-Härte A bzw. D nach 1, 3 und 7 Tagen. Die Messzeit betrug 3 Sekunden.

Bestimmt wurden dabei:

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

Die Härteprüfung erfolgte an dem Prüfkörper mit einer Schichtdicke von 6 mm bzw. an einem freien Film.

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
Temperamentwicklung:	adiabatisch, im allseitig wärmedämmten 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

4.2.3 Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen / Festkörpergehalt

Der Festkörpergehalt wurde am im o.a. Mischungsverhältnis angerührten Probenmaterial unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen in einer Dreifachbestimmung durchgeführt.

Norm:	DIN EN ISO 3251 „Bestimmung des nichtflüchtigen Anteils von Lacken, Anstrichstoffen und Bindemitteln für Lacke und Anstrichstoffe“
Wärmeschrank:	Umluftwärmeschrank
Vorlagerung:	24 h gemäß DIN EN 23270
Trocknungszeit:	3 h
Trocknungstemperatur:	105 °C
Verwendete Schale:	Blechdeckel Ø 74 mm

4.2.4 Aschegehalt

Der Aschegehalt der gemäß dem vorgegebenen Mischungsverhältnis angemischten Stoffe wurde gemäß DIN EN ISO 3451-1:11-2008 „Kunststoffe; Bestimmung der Asche; Teil 1: Allgemeine Grundlagen“ bei einer Temperatur von $(550 \pm 25) ^\circ\text{C}$ ermittelt. Die Glühzeit betrug 3 Stunden.

4.3 Prüfungen an den Verbundkörpern

4.3.1 Abreißversuch

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit wurde nach DIN EN 1542 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch“: Juli 1999, durchgeführt. Hierbei wurden Stahlstempel ($\varnothing 50 \pm 0,5$ mm und Dicke 30 mm) mit einem lösemittelfreien 2K-Epoxydharzkleber auf die Beschichtung aufgeklebt. Die Abreißprüfungen wurden mit einem kalibrierten Zugprüfgerät der Firma Freundl, Typ Easy-M, unter konstantem Lastanstieg von 300 N/s durchgeführt.

Die Applikation und die Lagerung bis zur Prüfung erfolgte unter Normbedingungen (T_{NORM}) gemäß DIN EN 23270. Die Beschichtung der Probekörper erfolgte in horizontaler Lage.

4.3.2 Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM) im Vergleich zur unbeanspruchten Probe

Die Applikation des Beschichtungssystems erfolgte bei 8 °C und 75 % relativer Feuchtigkeit (T_{MAT}) in horizontaler Lage. Nach dem Probeneingang im Polymer Institut erfolgte die Konditionierung der Probekörper bis zur Prüfung unter Normbedingungen (T_{NORM}) gemäß DIN EN 23270.

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: Gewitterregen-beanspruchung (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.

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit wurde nach DIN EN 1542 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch*“: Juli 1999, an unbelasteten (Referenzprobe) und belasteten Proben durchgeführt. Hierbei wurden Stahlstempel ($\varnothing 50 \pm 0,5$ mm und Dicke 30 mm) mit einem lösemittelfreien 2K-Epoxydharzkleber auf die Beschichtung aufgeklebt. Die Abreißprüfungen wurden mit einem kalibrierten Zugprüfgerät der Firma Freundl, Typ Easy-M, unter konstantem Lastanstieg von 300 N/s durchgeführt.

4.3.3 Griffigkeit und Verschleißfestigkeit nach künstlicher Alterung

Die Griffigkeitsmessung erfolgte an den gemäß Kapitel 3 dieses Prüfberichtes beschichteten Faserzementplatten. Aus den Faserzementplatten wurden zwei Probekörper mit den Abmessungen 200 mm x 200 mm herausgesägt und für die Dauer von 7 Tagen einer künstlichen Alterung bei 70 °C im Wärmeumluftschrank unterworfen.

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-Skala
Reiblänge:	126 mm
Gleitkörper:	SRT-Gleitkörper (Slider 57)
Prüffläche:	nass

4.3.4 Chemikalienbeständigkeit

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 gemäß Kapitel 3 dieses Prüfberichtes 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 Prüflüssigkeit ohne Überdruck. Die Prüftemperatur betrug 23 °C und die Expositionszeit 3 Tage.

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

Übersicht 8: Chemikaliengruppe und Prüflüssigkeit

Gruppe		Prüflüssigkeit
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 Prüflüssigkeiten 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.

4.3.5 Abriebfestigkeit

Die Prüfung erfolgte an den gemäß Kapitel 3 dieses Prüfberichtes beschichteten Faserzementplatten.

Der Abriebwiderstand wurde mit dem Reibradverfahren gemäß DIN EN ISO 5470-1: 04-2017 „*Mit Kautschuk oder Kunststoff beschichtete Textilien – Bestimmung des Abriebwiderstandes – Teil 1: Taber-Abriebprüfgerät*“ mit folgenden Prüfparametern bestimmt:

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

Prüfgerät: Taber Abraser nach ASTM D 4060

Reibrolle: H 22

Auflagegewicht: 1.000 g

Umdrehungen: 1.000

Frequenz: 1 Hz

Die Bestimmung der Abriebmenge erfolgte nach 500 und 1000 Umdrehungen durch Wägung der Platten mit einer Genauigkeit von 0,1 mg.

Die Reibrollen wurden alle 100 Umdrehungen mit Druckluft gereinigt.

4.3.6 Schlagfestigkeit

Die Prüfung wurde nach DIN EN ISO 6272-1 „*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 je Aufbau durchgeführt. Die anschließende Beurteilung erfolgte visuell und unter einem Mikroskop mit 10-facher Vergrößerung.

4.3.7 Kohlenstoffdioxid-Durchlässigkeit

Die Bestimmung der Kohlenstoffdioxid-Diffusionsstromdichte erfolgte gemäß DIN EN 1062-6: 10-2002, „*Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Untergründe und Beton im Außenbereich - Teil 6: Bestimmung der Kohlenstoffdioxid-Diffusionsstromdichte*“ Verfahren A - gravimetrische Methode.

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 Probengefäße einer Atmosphäre mit einem CO₂-Gehalt von (10 ± 0,5) % bei 25°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).

Vor Beginn der Messung wurde mittels Messschieber die Dicke der Probekörper nach DIN EN ISO 2808:2019-12 bestimmt.

Berechnung der Kohlenstoffdioxid-Diffusionsstromdichte

Kohlenstoffdioxid-Diffusionsstromdichte i

Die Kohlenstoffdioxid-Diffusionsstromdichte i ist gekennzeichnet durch die Menge CO₂ in [g], die in 24 Stunden unter festgelegten Bedingungen (Temperatur, Luftfeuchtegefälle) durch 1 m² Probenfläche hindurchtritt.

Die Kohlenstoffdioxid-Diffusionsstromdichte i wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$i = \frac{\Delta m}{A * t} \left[\frac{g}{m^2 * d} \right] \quad (\text{Gleichung 1})$$

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

Dabei bedeuten:

Δm Massendifferenz in der zugrunde gelegten Zeit [g]
 A Fläche der Probe [m²]
 t Zeit [d]

Kohlenstoffdioxid-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d

Die Kohlenstoffdioxid-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d in [m] gibt an, wie dick eine ruhende Luftschicht ist, die die gleiche Kohlenstoffdioxid-Diffusionsrate wie die Probe hat. Sie wird nach Gleichung 2 berechnet:

$$s_d = \frac{Z}{i} [m] \quad (\text{Gleichung 2})$$

Dabei bedeuten:

Z Faktor, der verschiedene Größen (Kohlendioxidgefälle von 0 zu 10 %, Luftdruck, Temperatur) zusammengefasst; gemäß DIN EN 1062-6 gilt: $Z = 249$ [g/(m x d)].
 i Kohlenstoffdioxid-Diffusionsrate [g/(m² x d)]
 s_d diffusionsäquivalente Luftschichtdicke [m]

Kohlenstoffdioxid-Diffusionswiderstandszahl μ

Die Kohlenstoffdioxid-Diffusionswiderstandszahl μ [-] gibt an, wie viel Mal größer der Diffusionswiderstand des Stoffes ist als der einer gleich dicken ruhenden Luftschicht gleicher Temperatur. Sie wird nach Gleichung 3 berechnet:

$$\mu = \frac{s_d}{s} [-] \quad (\text{Gleichung 3})$$

Dabei bedeuten:

μ Kohlenstoffdioxid-Diffusionswiderstandszahl [-]
 s_d diffusionsäquivalente Luftschichtdicke [m]
 s Dicke der Probe [m]

4.3.8 Wasserdampf-Durchlässigkeit

Die Bestimmung der Wasserdampf - Durchlässigkeit erfolgte gemäß DIN EN ISO 7783: 02-2019; „*Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit-Schalenverfahren*“ im Trockenschalen – Verfahren. Es wurde Calciumchlorid zur Einstellung einer relativen Luftfeuchte von 0 % bei 23°C verwendet. Die Probekörper wurden in Aluminiumschalen eingebaut und mit Wachs abgedichtet (Durchmesser der Wachsschablone: 80 mm).

Die Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit wurde durchgeführt, bis ein stationärer Zustand der Probe erreicht wurde. Die Auswertung entsprach der o. a. Norm.

Vor Beginn der Messung wurde mittels Messschieber die Dicke der Probekörper nach DIN EN ISO 2808:2019-12 bestimmt.

Berechnung der Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Wasserdampf-Diffusionsstromdichte (V) wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$V = \frac{\Delta m}{A \cdot t} \left[\frac{g}{m^2 \cdot d} \right] \quad (\text{Gleichung 1})$$

Dabei bedeuten:

Δm	Massendifferenz in der zugrunde gelegten Zeit [g]
A	Fläche der Probe [m ²]
t	Zeit [d]

Die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d in [m] gibt an, wie dick eine ruhende Luftschicht ist, die den gleichen Wasserdampfdiffusionswiderstand wie die Probe hat.

$$s_d = \frac{Z}{V} \quad [m] \quad (\text{Gleichung 2})$$

Dabei bedeuten:

Z	Faktor, der verschiedene Größen (Luftfeuchtegefälle, Luftdruck, Temperatur) zusammenfasst; für die vorliegenden-Messbedingungen gilt $Z = 23,7 \text{ [g/(m} \times \text{d)]}$.
V	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte [g/(m ² x d)]
s_d	diffusionsäquivalente Luftschichtdicke [m]

Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ [-] gibt an, wie viel Mal größer der Diffusions-widerstand des Stoffes ist als der einer gleich dicken ruhenden Luftschicht gleicher Temperatur.

$$\mu = \frac{s_d}{s} \quad [-] \quad (\text{Gleichung 3})$$

Dabei bedeuten:

μ	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl
s_d	wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke [m]
s	mittlere Probendicke [m]

4.3.9 Kapillare Wasseraufnahme und Wasser-Durchlässigkeit

Die Ermittlung des Wasseraufnahmekoeffizienten erfolgte gemäß DIN EN 1062-3: 04-2008 „*Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich – Teil 3: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit*“ an drei beschichteten Kalksandsteinen gemäß Kapitel 3 dieses Prüfberichtes. Die Probekörper lagerten bis zur Prüfung mindestens 7 Tage bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270: 09-1991; „*Lacke, Anstrichstoffe und deren Rohstoffe; Temperaturen und Luftfeuchten für Konditionierung und Prüfung*“. Anschließend wurden die Probekörper an den Seitenflächen mit einem transparenten, lösemittelfreien Epoxidharz wasserundurchlässig abgedichtet. Die mit Wasser zu benetzende Oberfläche wird gemäß Norm, in vorgegebenen Zeitabständen mit einem sauberen Tuch abgetupft und gewogen.

Spätestens nach 24 Stunden ist die Probe aus dem Wasser zu nehmen und zu wiegen. Die kapillare Wasseraufnahme ist mit den folgenden Formeln berechnet.

$$w = \frac{m_{24} [g] - m_0 [g]}{1000} : [m^2]$$

$$SQR = \sqrt[3]{V_{24h}}$$

$$w_{24} = w : SQR$$

4.3.10 Dynamische Rissüberbrückung

Die Prüfung der dynamischen Rissüberbrückung erfolgte an den beschichteten Prismen (Prismenblock).

Künstliche Alterung

- Durchführung:
Die beschichteten Prismen wurden für die Dauer von 7 Tagen einer künstlichen Alterung bei 70°C im Wärmeumluftschrank unterworfen.
- Ergebnis:
Nach Abschluss der künstlichen Alterung waren keine Risse, Ablösungen oder Blasen feststellbar (Risse 0; Blasen 0S(0)).

Prüfung der dynamischen Rissüberbrückung

Die Bestimmung der rissüberbrückenden Eigenschaften wurde gemäß Verfahren B 3.2 der DIN EN 1062-7: 08-2004 „Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich - Teil 7: Bestimmung der rissüberbrückenden Eigenschaften“ mit folgenden Prüfparametern durchgeführt.

Rissüberbrückungsklasse:	B 3.2
Prüftemperatur:	-20°C
Prüfgerät:	Hydropulsanlage Fa. Schenck, S 59
Temperaturbeanspruchung:	Trapezfunktion
	untere Rissbreite: 0,10 mm
	obere Rissbreite: 0,30 mm
	Rissbreitenänderung: 0,20 mm
	Risswechsel: 1.000
	Frequenz: 0,03 Hz
Verkehrsbeanspruchung:	Sinusschwingung
	Rissbreitenänderung: ± 0,05 mm
	Risswechsel: 20.000
	Frequenz: 1 Hz

Es wurden drei Probekörper für die standardmäßige Rissüberbrückung nach EN 1062-7 geprüft. Vor Beginn der Prüfung der dynamischen Rissüberbrückung wurde in der Prüfeinrichtung bei Raumtemperatur ein Riss < 100 µm im Substrat erzeugt.

4.3.11 Brandverhalten nach Aufbringung

Die Prüfung zum Brandverhalten nach DIN EN ISO 11925-2 „*Prüfungen zum Brandverhalten – Entzündbarkeit von Produkten bei direkter Flammeneinwirkung – Teil 2: Einzelflammentest*“ zur Klassifizierung vom Brandverhalten nach DIN EN 13501-1 „*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 bei einem Brandprüfinstitut.

4.3.12 Schichtdicke

Die Schichtdicken der einzelnen Lagen des Oberflächenschutzsystems wurden gemäß DIN EN ISO 2808: 12-2019 „*Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Schichtdicke*“ an einer Schnittfläche vertikal geschnittener Betonplatte im Auflichtmikroskop unter 10-facher Vergrößerung gemessen.

Es wurden jeweils die Mittelwerte aus 10 Einzelmessungen des Probekörpers, gerundet auf 0,1 mm, und der Gesamtmittelwert angegeben.

Mindestschichtdicken

Die Mindestschichtdicke der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht ist gemäß Kapitel 5.2 der o. g. Richtlinie Teil 2, Ausgabe Oktober 2001, unter Beachtung folgender Kriterien ermittelt worden:

- Angabe der festgestellten mittleren Schichtdicke bei den Temperaturwechselbeanspruchungsplatten
- Geringste Schichtdicke, mit der die geforderte Rissüberbrückung nachgewiesen wurde

Der jeweils größte Wert ist anzugeben. Mindestens ist jedoch die in Tabelle 5.2 des Teils 2 der o. g. Richtlinie, Ausgabe Oktober 2001, aufgeführte Dicke als Mindestschichtdicke $d_{\min}$ der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht bzw. Verschleißschicht anzusetzen.

Gemäß Tabelle 5.2 der o. g. Richtlinie Teil 2, Ausgabe Oktober 2001, betragen die Mindestschichtdicken für den Aufbau OS 11 a (OS-F a):

- für die hauptsächlich wirksame Oberflächenschutzschicht mind. 1500 µm
- für die Verschleißschicht mind. 3000 µm.

4.4 Zusätzliche Prüfung an den Verbundkörpern

4.4.1 Verschleißwiderstand

Die Prüfung des Verschleißwiderstandes nach BCA wurde mit folgenden Prüfparametern durchgeführt:

Norm:	DIN EN 13892-4: 02-2003 „ <i>Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen - Teil 4: Bestimmung des Verschleißwiderstands nach BCA</i> “
Prüfgerät:	Abrieb-Prüfgerät BCA
Räder:	3 Stahlrollen (Breite jeweils 20 mm)
Befahrzyklus:	1 Zyklus = 2850 Umdrehungen
Geschwindigkeit:	(180 ± 15) U/min
Auflast:	65 kg

Das Prüfgerät mit o. g. Anzahl von Umdrehungen und Auflast fährt über einen ringförmigen Prüfbereich und erzeugt einen Verschleiß auf der Estrichoberfläche. Der BCA-Verschleißwiderstand „AR“ (Abrasion Resistance = Abriebbeständigkeit) wird durch die Messung der Abrieftiefe nach Belastung mittels Tiefenmesser auf 10 µm angegeben.

5 ERGEBNISSE

5.1 Prüfungen an den Ausgangsstoffen

Tabelle 3: Ergebnisse von VA Coating P 13

Art der Prüfung / Prüfgröße	Parameter		Prüfungsergebnis	
			Einzelwerte	Mittelwert
Prüfungen an den Ausgangsstoffen				
IR-spektroskopische Analyse Komponente A Komponente B	Lieferzustand Lieferzustand		(B1) (B2)	
Dichte [g/cm³] Komponente A Komponente B	Dichtekugel Dichtekugel		1,135 / 1,134 0,990 / 0,990	1,135 0,990
Thermogravimetrische Analyse [%] Gesamtmasseverlust Komponente A Komponente B	Rückstand bei 600 °C 2,8 0,7	Einwaage [mg] 9,9 26,1	97,2 (B3) 99,3 (B4)	
Dyn. Viskosität [mPa*s] Komponente A Komponente B	Messsystem CP50-1 CP50-1	Scherrate 500 s ⁻¹ 1500 s ⁻¹	870 / 860 350 / 370	870 (B5) 360 (B6)
Epoxidäquivalent Komp. A [g/mol EE]	Lieferzustand		182 / 184	183
Aminzahl Komp. B [mg KOH/g]	Lieferzustand		323 / 322	323
Prüfungen an den angemischten bzw. erhärteten Stoffen				
Entwicklung der Shore-härte [Skt]	MV (MT) 10:6		1 Tag 3 Tag 7 Tag	73 Shore D 81 Shore D 82 Shore D
Topfzeit [min] max. Temperatur [°C] Reaktionszeit [min]			40 / 40 159 / 155 72 / 71	(B7) 40 157 72
Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen [Gew.-%]			98,6 / 98,6 / 98,9	98,7
Aschegehalt [Gew.-%]			0,1 / 0,1 / 0,1	0,1

B Bild in der Anlage/ MV: Mischungsverhältnis

Tabelle 4: Ergebnisse von VA Coating S 30

Art der Prüfung / Prüfgröße	Parameter		Prüfungsergebnis	
			Einzelwerte	Mittelwert
Prüfungen an den Ausgangsstoffen				
IR-spektroskopische Analyse Komponente A Komponente B	getr. Dichlormethanextrakt Lieferzustand		(B8) (B9)	
Dichte [g/cm³] Komponente A Komponente B	Dichtekugel Dichtekugel	- -	1,001 / 1,001 1,113 / 1,114	1,001 1,114
Thermogravimetrische Analyse [%] Gesamtmasseverlust Komponente A Komponente B	Rückstand bei 600 °C 0 2,9	Einwaage [mg] 28,9 13,7	100 (B10) 97,1 (B11)	
Dyn. Viskosität [mPa*s] Komponente A Komponente B	Messsystem CP50-1 CP50-1	Scherrate 500 s ⁻¹ 500 s ⁻¹	420 / 420 1300 / 1300	420 (B12) 1300 (B13)
Aminzahl Komp. B [mg KOH/g Probe]	Lieferzustand		209 / 207	208
Isocyanatgehalt Komp. B [M.-%]	Lieferzustand Per Hand titriert		15,1 / 14,9	15,0
Prüfungen an den angemischten bzw. erhärteten Stoffen				
Entwicklung der Shorehärte [Skt]	MV (VT) 1 : 1	Ein Ergebnis konnte nicht ermittelt werden, da die Probe beim Anmischen zu schnell aushärtet.		
Topf-/Verarbeitungszeit [min] Max. Temperatur [°C] Reaktionszeit [min]				
Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen [Gew.-%]				
Aschegehalt [Gew.-%]		99,8 / 100 / 100 0,0 / 0,0/ 0,0	99,9 0,0	

B Bild in der Anlage/ MV : Mischungsverhältnis

Tabelle 5: Ergebnisse von VA Coating V 57

Art der Prüfung / Prüfgröße	Parameter		Prüfungsergebnis	
			Einzelwerte	Mittelwert
Prüfungen an den Ausgangsstoffen				
IR-spektroskopische Analyse Komponente A Komponente B	Lieferzustand Lieferzustand		(B14) (B15)	
Dichte [g/cm³] Komponente A Komponente B	Dichtekugel Dichtekugel		1,431 / 1,432 1,231 / 1,231	1,432 1,231
Thermogravimetrische Analyse [%] Gesamtmasseverlust Komponente A Komponente B	Rückstand bei 600 °C 49,0 29,3	Einwaage [mg] 30,9 14,3	51,0 (B16) 70,7 (B17)	
Dyn. Viskosität [mPa*s] Komponente A Komponente B	Messsystem CP50-1 CP50-1	Scherrate 500 s ⁻¹ 1500 s ⁻¹	3500 / 3400 160 / 160	3500 (B18) 160 (B19)
Hydroxylzahl [mg KOH/g] Komp. A	Lieferzustand Per Hand titriert		115 / 115	115
Isocyanatgehalt Komp. B [M.-%]	Lieferzustand Per Hand titriert		30,8 / 30,9	30,9
Prüfungen an den angemischten bzw. erhärteten Stoffen				
Entwicklung der Shore-härte [Skt]	MV (MT) 3,5:1		1 Tag 3 Tag 7 Tag	44 Shore D 58 Shore D 65 Shore D
Topfzeit [min] max. Temperatur [°C] Reaktionszeit [min]			20 / 21 50 / 49 43 / 43	(B20) 21 50 43
Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen [Gew.-%]			99,3 / 99,3 / 99,4	99,3
Aschegehalt [Gew.-%]			39,9 / 39,9 / 40,0	39,9

B Bild in der Anlage/ MV: Mischungsverhältnis

Tabelle 6: Ergebnisse von VA Coating T 20

Art der Prüfung / Prüfgröße	Parameter		Prüfungsergebnis	
			Einzelwerte	Mittelwert
Prüfungen an den Ausgangsstoffen				
IR-spektroskopische Analyse Komponente A Komponente B	Lieferzustand Lieferzustand		(B21) (B22)	
Dichte [g/cm³] Komponente A Komponente B	Dichtekugel Dichtekugel		1,441 / 1,441 1,141 / 1,140	1,441 1,141
Thermogravimetrische Analyse [%] Gesamtmasseverlust Komponente A Komponente B	Rückstand bei 600 °C 45,4 3,6	Einwaage [mg] 54,9 20,8	54,6 (B23) 96,4 (B24)	
Dyn. Viskosität [mPa*s] Komponente A Komponente B	Messsystem CP50-1 CP50-1	Scherrate 500 s ⁻¹ 1500 s ⁻¹	4200 / 4200 910 / 900	4200 (B25) 900 (B26)
Aminzahl Komp. A [mg KOH/g Probe]	DCM-Extrakt Per Hand titriert		188 / 189	189
Isocyanatgehalt Komp. B [M.-%]	Lieferzustand Per Hand titriert		19,8 / 19,9	19,9
Prüfungen an den angemischten bzw. erhärteten Stoffen				
Entwicklung der Shore-härte [Skt]	MV (MT) 5:2		1 Tag 3 Tag 7 Tag	76 Shore D 78 Shore D 81 Shore D
Topfzeit [min] max. Temperatur [°C] Reaktionszeit [min]			Topfzeit nicht Bestimmbar durch zu geringen Temperaturanstieg	- 32 77
Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen [Gew.-%]			99,3 / 99,4 / 99,3	99,3
Aschegehalt [Gew.-%]			29,2 / 29,3 / 29,3	29,3

B Bild in der Anlage/ MV: Mischungsverhältnis

5.2 Prüfungen an den Verbundkörpern

5.2.1 Abreißversuch

Tabelle 7: Haftzugfestigkeit im Abreißversuch

Stempel Nr.	Haftfestigkeit [MPa]	Bruchfläche
	Einzelwerte	B/C
1	3,4	100%
2	3,8	
3	3,0	
4	3,0	
5	2,8	
Mittelwert	3,2	Anforderung: Mittelwert: $\geq 1,5$ MPa kleinster Einzelwert: $\geq 1,0$ MPa
kleinster Einzelwert	2,8	

Legende: B/C: Adhäsionsbruch zwischen VA Coating P 13 und VA Coating S 30

5.2.2 Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM) im Vergleich zur unbeanspruchten Probe

Tabelle 8: Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM); Referenzprobekörper

Stempel Nr.	Haftfestigkeit [MPa]	Bruchfläche [%]	
	Einzelwerte	A	A/B
1	3,4	10	90
2	3,6	10	90
3	3,2	10	90
4	2,9	-	100
5	3,1	20	80
Mittelwert	3,2	Anforderung: Mittelwert: $\geq 1,5$ MPa kleinster Einzelwert: $\geq 1,0$ MPa	
kleinster Einzelwert	2,9		

Legende: A: Kohäsionsbruch Beton
B/C: Adhäsionsbruch zwischen VA Coating P 13 und VA Coating S 30

Tabelle 9: Haftzugfestigkeit nach Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss (TWBM); belastete Probekörper

Stempel Nr.	Haftfestigkeit [MPa]	Bruchfläche [%]		
	Einzelwerte	A	A/B	D
1	1,7	10	90	-
2	1,3	10	90	-
3	1,7	10	90	-
4	1,3	10	90	-
5	1,3	10	90	-
6	1,6	10	90	-
7	1,5	10	90	-
8	1,7	-	-	100
9	1,1	10	90	-
10	1,5	10	90	-
Mittelwert	1,5	Anforderung: Mittelwert: $\geq 1,5$ MPa kleinster Einzelwert: $\geq 1,0$ MPa		
kleinster Einzelwert	1,1			

Legende:
A: Kohäsionsbruch Beton
A/B: Adhäsionsbruch zwischen Beton und VA Coating P 13
D: Kohäsionsbruch VA Coating V 57

Durch Inaugenscheinnahme nach Beendigung der Temperaturwechselbeanspruchungen konnten bei allen Aufbauten keine Risse, Blasen oder Ablösungen festgestellt werden (Risse "0", Blasengrad "0S(0)").

5.2.3 Griffigkeit / Rutschfestigkeit

Tabelle 10: Griffigkeitsprüfung Prüfergebnis

Griffigkeit [Skt] Gesamtmittelwert
56

[Skt]: Skalenteile des SRT-Wertes
Anforderung: Klasse III > 55

5.2.4 Chemikalienbeständigkeit

Das Härteverhalten durch Prüfung der Shore D-Härte gemäß DIN EN ISO 868 konnte aufgrund der Abstreuerung nicht durchgeführt werden.

Tabelle 11: Chemikalienbeständigkeit

Kriterien	Prüfbarkeit		
	Nr. 1	Nr. 3	Nr. 10
Expositionszeit [d]	3		
Glanz	0	0	2
Farbe	0	0	1
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	68	71	66
Veränderung ¹⁾ [%]	-1	3	-4
Shore D nach 24 h Rekonditionierung bei Normbedingungen	67	70	67
Veränderung ¹⁾ [%]	-3	1	-3

¹⁾ bezogen auf den Nullwert ohne Exposition von Shore D-Härte 69

Anforderung: Veränderung der Shore D_{24h} < 50 % im Vergleich zum Nullwert

5.2.5 Abriebfestigkeit

Tabelle 12: Abriebverlust Deckversiegelung

Nr.	Abriebverlust [mg]			
	nach 500 Umdrehungen		nach 1.000 Umdrehungen	
	Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert
1	1178	1163	2086	2050
2	1201		2130	
3	1109		1933	

Anforderung: Abriebverlust < 3000 mg

5.2.6 Schlagfestigkeit

Tabelle 13: Schlagfestigkeit

Parameter		Fallenergie
Fallgewicht	1 kg	4 Nm keine Risse oder Abplatzungen
Fallhöhe	40 cm	

Anforderung: ≥ 4 Nm; keine Risse oder Abplatzungen

5.2.7 Kohlenstoffdioxid-Durchlässigkeit

Tabelle 14: Kohlenstoffdioxid - Durchlässigkeit (Mittelwert)

CO ₂ -Diffusions- stromdichte i	diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s _D (CO ₂)	μ
[g/(m ² · d)]	[m]	[-]
< 0,1	>2500	4,8 x 10 ⁵

Prüfzeitraum: 9 Tage
Gesamtschichtdicke: 5,3 mm

Die Massendifferenzen der Wägungen lagen unterhalb der Signifikanzgrenze des Messverfahrens.

Anforderung: s_D (CO₂) > 50 m

5.2.8 Wasserdampf-Durchlässigkeit

Tabelle 15: Wasserdampf - Durchlässigkeit (Mittelwert)

H ₂ O-Diffusionsrate V	diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s _D (H ₂ O)	μ
[g/(m ² · d)]	[m]	[-]
< 0,1	>200	4,1 x 10 ⁵

Prüfzeitraum: 12 Tage
Gesamtschichtdicke: 4,9 mm

Entspricht Klasse III: s_D > 50 m gemäß DIN EN 1504-2 bzw. DIN V 18026.

5.2.9 Kapillare Wasseraufnahme und Wasserdurchlässigkeit

Tabelle 16: Kapillare Wasseraufnahme und Wasserdurchlässigkeit

Wasseraufnahmekoeffizient ω_{24} [kg/(m ² x h ^{0,5})]	
Einzelwerte	Mittelwert
0,001 ; 0,001 ; 0,001	0,001

Anforderung: Wasseraufnahmekoeffizient $\omega_{24} < 0,1 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$

5.2.10 Dynamische Rissüberbrückung

Sichtprüfung während und nach 7 Tagen künstlicher Alterung bei 70 °C

Alle Probekörper wiesen während und nach der Beanspruchung keine visuellen Veränderungen in der Beschichtung auf, d. h. nach DIN EN ISO 4628-1: 07-2016 „Beschichtungsstoffe - Beurteilung von Beschichtungsschäden - Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen“ – Teil 1: „Allgemeine Einführung und Bewertungssystem“ – Teil 2: 07-2016 „Bewertung des Blasengrades“ – Teil 4: „Bewertung des Rissgrades“ - Teil 5: 07-2016 „Bewertung des Abblätterungsgrades“.

Tabelle 17: Optische Bewertung nach Beendigung der künstlichen Alterung

Konditionierung:	7 Tage bei 70 °C im Umluftofen
	Art der Veränderung unmittelbar (ca. 1 h) nach Ende der Lagerung
Glanz	0
Farbe	0
Blasengrad	0(S0)
Rissbildung	0(S0)
Abblätterungsgrad	0(S0)

Teil 1: Bewertung der Intensität von Veränderungen

(Glanz, Farbe) 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

Teil 5: Bewertung der Art des Abblätterns

0(S0) = kein abblättern und 5(S5) = sehr viele und große Flächen

Dynamische Rissüberbrückung

Tabelle 18: Ergebnisse Rissüberbrückung Probekörper des OS 11a Systems nach der Rissüberbrückungsklasse B 3.2

Prüfkörperanzahl	Bruchbild nach dynamischer Rissüberbrückung
3	Keine Einrisse im Beschichtungssystem sichtbar, System dicht. ^{b)}

^{b)} Die Wasserdichtheit konnte durch das Aufsetzen einer Wassersäule von 10 cm bestätigt werden.

5.2.11 Brandverhalten nach Aufbringung

Ergebnis Brandverhalten nach Aufbringung

Der Kiwa GmbH liegen bisher noch keine Ergebnisse gemäß der Prüfung zur Klassifizierung des Brandverhaltens nach DIN EN 13501-1: 05-2019 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten“ vor.

5.2.12 Schichtdicken

Tabelle 19: Schichtdicken in [mm]

Stoffe / Stoffgemische	Schichtdicke [mm]			Gesamt- mittelwert
	Lagerung bei			
	T _{NORM} ¹⁾	T _{MAT} ²⁾	TWBM ³⁾	
VA Coating P 13	0,4	0,4	0,3	0,4
VA Coating S 30	1,7	2,0	1,7	1,8
VA Coating V 57	1,7	2,9	1,1	1,9
VA Coating T 20	0,3	0,3	0,3	0,3
Gesamtschichtdicke:				4.4

1) Beschichten bei T_{NORM}, Lagerung bei T_{NORM}

2) Beschichten bei T_{MAT}, Lagerung bei T_{NORM}

3) Beschichten bei T_{MAT}, Temperaturwechselbeanspruchung mit Tausalzeinfluss

Tabelle 20: Schichtdicken auf Prismen [mm] für die Rissüberbrückung

Schicht	Schichtdicke [mm]
	Mittelwert
VA Coating S 30	1,9
VA Coating V 57	2,7

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

Die Mindestschichtdicke $d_{\min}$ beträgt für die hauptsächlich wirksame
Oberflächenschutzschicht VA Coating S 30 und VA Coating V 57

$d_{\min}$ (VA Coating S 30) = 1,9 mm
(gemäß o.g. Rissüberbrückung)
 $d_{\min}$ (VA Coating V 57) = 3,0 mm
(gemäß o.g. Richtlinie)

5.3 Zusätzliche Prüfungen an den Verbundkörpern

5.3.1 Befahrbarkeit und Verschleiß

Tabelle 21: Verschleißwiderstand nach BCA.

Abriebtiefe ¹⁾ [µm]				Bemerkung
Mittelwert ²⁾			Gesamt- mittelwert	
PK 1	PK 2	PK 3		
10	40	30	30	Keine Risse oder Abplatzungen

1) Auflösung: 10 µm

2) aus jeweils 8 Prüfstellen berechnet

Gemäß der Tabelle 5 der DIN EN 13813 entspricht die ermittelte Abriebtiefe der Klasse
AR 0,5.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Im Auftrag der VA-Coating GmbH, Duisburg, wurde das Beschichtungssystem

VA-Coating System OS 11a

bestehend aus den Komponenten

VA Coating P 13

VA Coating S 30

VA Coating V 57

VA Coating T 20

im Systemaufbau gemäß

OS 11 (OS F) Aufbau a)
**Beschichtung mit erhöhter dynamischer Rissüberbrückungsfähigkeit
für begeh- und befahrbare Flächen**

der Richtlinie „*Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie)*“
des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), Teil 2, Bauprodukte und Anwendung,
Oktober 2001, geprüft.

Die einzelnen Ergebnisse können dem Kapitel 5 entnommen werden.

- Ende des Prüfberichtes -

