

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

Prüfbericht

P 9993

Prüfauftrag: **Prüfungen des Abdichtungssystems (LARWK)**
HADALAN® DS91 13P
gemäß der Leitlinie für die Europäische technische
Zulassung für flüssig aufzubringende
Dachabdichtungen ETAG 005

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

Bearbeiter: **J. Magner**
Dipl.-Ing. (FH) A. Kruse

Bearbeitungszeitraum: **Februar 2016 – November 2016**

Datum des Prüfberichtes: **28.11.2016**

Dieser Prüfbericht umfasst: **24 Seiten einschließlich 1 Anhang**
1 Anlage mit 6 Seiten

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	PRÜFUNGEN	6
3.1	Identifikation der Komponenten	7
3.1.1	Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen / Festkörpergehalt.....	7
3.1.2	Infrarot-Spektrum.....	7
3.1.3	Dichte	8
3.1.4	Viskosität	8
3.1.5	Glührückstand	9
3.2	Wasserdampfdurchlässigkeit	9
3.3	Wasserdichtheit	10
3.4	Widerstand gegen Windlasteinwirkungen	10
3.5	Widerstand gegen dynamischen Eindruck	11
3.6	Widerstand gegen statischen Eindruck	12
3.7	Ermüdungswiderstand.....	13
3.8	Widerstand gegen tiefe Temperaturen	14
3.9	Widerstand gegen extrem tiefe Temperaturen	14
3.10	Widerstand gegen hohe Temperaturen	15
3.11	Beständigkeit gegenüber Wärmealterung.....	15
3.11.1	Prüfung des Widerstandes gegen dynamischen Eindruck bei -30 °C (TL4)	15
3.11.2	Ermüdungswiderstand.....	16
3.11.3	Prüfung der Zugeigenschaften	16
3.12	Beständigkeit gegenüber UV – Alterung.....	17
3.12.1	Prüfung des Widerstandes gegen dynamischen Eindruck bei -10 °C	18
3.12.2	Prüfung der Zugeigenschaften	18
3.13	Beständigkeit gegenüber Wasseralterung.....	19
3.13.1	Widerstand gegenüber statischem Eindruck bei 90 °C (TH4).....	19
3.13.2	Widerstand gegen Windlasteinwirkungen nach Wasseralterung.....	19
3.14	Überarbeitbarkeit.....	20
3.15	Minimale Anwendungstemperatur	21
4.15.1	Prüfung des Widerstandes gegen dynamischen Eindruck	21
4.15.2	Vergleichende Prüfung der Zugeigenschaften.....	21
4	ZUSAMMENFASSUNG.....	23
	ANHANG	24

1 VORGANG

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

HADALAN® DS91 13P

Prüfungen gemäß der

ETAG Nr. 005
Fassung März 2000
Überarbeitung 2004
Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung
für
flüssig aufzubringende Dachabdichtungen
Teil 1 - Allgemeines
Teil 6 - Besondere Bestimmungen für Abdichtungen auf der Basis von Polyurethan

durchzuführen.

Das Prüfprogramm wurde mit dem Auftraggeber abgesprochen.

Allgemeines

Die ETAG Nr. 005 Leitlinie verlangt den Nachweis von Leistungsmerkmalen als Leitfaden für die Beurteilung der Brauchbarkeit des „liquid applied roof waterproofing kit“ (LARWK).

- Einstufung nach der Nutzung durch den Antragsteller:

Nutzungsdauer:	Kategorie W3, erwartete Nutzungsdauer 25 Jahre
Klimazonen:	Kategorie M & S, gemäßigtes und extremes Klima Kategorie TL4, extreme Tieftemperatur Kategorie TH4, extreme hohe Temperatur
Dachneigung:	Kategorie S1 - S4, Neigung (<5 bis >30) %
Nutzlast:	Kategorie P4, besondere

2 PROBENEINGANG

Am 04.2.2016 wurden die in der folgenden Übersicht angegebenen Proben und Stoffe im Polymer Institut angeliefert.

Tabelle 1: Probeneingang - Stoffe

Pos.-Nr.	Stoff	Komponente	Herstelldatum	Menge [kg]
1	HADALAN [®] DS91 13P	A	10.12.2015	1,8
2	HADALAN [®] DS91 13P	B	10.12.2015	0,2
3	HADALAN [®] PUR TOP 32P	1 K	07.01.2016	1

Tabelle 2: Probeneingang - Probekörper

PK-Nr.:	PK - Typ	Probenart	Anzahl	Abmessung [mm x mm]
1 - 10	I	Freier Film – Abdichtung	10	330 x 500 x 2
11 - 14	II	Freier Film – Abdichtung + UV-Deckschicht	4	300 x 500 x 2
15,16	III	Freier Film – Abdichtung, hergestellt bei minimaler Anwendungstemperatur	2	330 x 500 x 2
17,18	IV	Freier Film – Abdichtung, hergestellt bei maximaler Anwendungstemperatur	2	330 x 500 x 2
19, 20	V	Betonplatte – Abdichtung	2	400 x 400 x 50
21	VI	Betonplatte – Abdichtung doppelt beschichtet	1	400 x 400 x 50
22, 23	VII	Betonplatte [1mm Spalt] - Abdichtung	1	400 x 400 x 50
24	VIII	Betonplatte [Stoß an Stoß] - Abdichtung	1	400 x 400 x 50

Gemäß Auftraggeber wurden alle Proben mit Ausnahme der bei minimaler und maximaler Anwendungstemperatur hergestellten bei 20 °C und 50 % Luftfeuchte beschichtet.

Die Proben 15 und 16 wurden bei + 30 °C und 30% Luftfeuchte hergestellt. Die Proben 17 und 18 bei + 8 °C und 50 % Luftfeuchte.

Zur Applikation wurde eine Spezial - Zahnleiste, sowie Schaumstoffrollen benutzt.

Alle Betonuntergründe wurden mit HADALAN[®] EBG 13E + 50% Wasser grundiert. Nach ca. 3 Stunden wurden die Rautiefen des Untergrund mit einer Katzspachtelung aus HADALAN[®] EBG 13E und HADALAN[®] FGM003 57M (Mischungsverhältnis 8,5 : 20 Gewichtsteile) ausgeglichen und geglättet.

HADALAN[®] EBG 13E – Charge: 94015301

HADALAN[®] FGM003 57M – Charge: 92235104

Die Abdichtungsschicht *HADALAN[®] DS91 13P* wurde mit einer Zielschichtdicke von 2,0 mm aufgebracht. Im Falle des Probekörpers 21 erfolgte nach 24 Stunden ein erneuter Auftrag der Abdichtungsschicht.

Bei den Proben 11 – 14 folgte nach 24 Stunden der Auftrag der UV-Deckschicht *HADALAN[®] PUR TOP 32P* mittels Rolle und einem Verbrauch von ca. 250 g/m².

Weitere Informationen bezüglich der Probenherstellung liegen dem Polymer Institut nicht vor.

Eine Beschreibung des geprüften Abdichtungssystems ist der folgenden Übersicht zu entnehmen.

Übersicht 1: Beschreibung des Abdichtungssystems

Komponente des Bausatzes	Handelsbezeichnung des Stoffs	Beschreibung des Stoffs*
Grundierung	HADALAN [®] EBG 13E	2-komponentige, hochreaktive Epoxidharzdispersion
Kratzspachtelung	HADALAN [®] EBG 13E	2-komponentige, hochreaktive Epoxidharzdispersion
	gefüllt mit HADALAN [®] FGM003 57M	Füllstoffgemisch zur Herstellung von Epoxidharz-Grundier- und Verlaufsmassen
Abdichtung	HADALAN [®] DS91 13P	2-komponentiges hochelastisches Polyurethanharz
Optionale UV-Deckschicht	HADALAN [®] PUR TOP 32P	1-komponentiges, lichtechtes Polyurethanharz

* nach Angaben des Herstellers

3 PRÜFUNGEN

Soweit nicht anders angegeben, wurden alle in der folgenden Tabelle aufgeführten Prüfungen bei Normtemperatur gemäß DIN EN 23270 durchgeführt.

Übersicht: 2 Prüfungen am LARWK

Kapitel	Gegenstand	Abschnitt nach ETAG 005
4.1	Identifikation der Komponenten	Teil 6 / 5.8
4.2	Wasserdampfdurchlässigkeit	Teil 1 / 5.3.1.1
4.3	Wasserdichtheit	Teil 1 / 5.3.1.2
4.4	Widerstand gegen Windlasteinwirkungen	Teil 1 / 5.3.3.1 ii
4.5	Widerstand gegen dynamischen Eindruck	Teil 1 / 5.3.3.2.1
4.6	Widerstand gegen statischen Eindruck	Teil 1 / 5.3.3.2.2
4.7	Ermüdungswiderstand	Teil 1 / 5.3.3.3
4.8	Widerstand gegen tiefe Temperaturen	Teil 1 / 5.3.3.4.1
4.9	Widerstand gegen extrem tiefe Temperaturen	Teil 1 / 5.3.3.4.2
4.10	Widerstand gegen hohe Temperaturen	Teil 1 / 5.3.3.4.3
4.11	Beständigkeit gegenüber Wärmealterung	Teil 1 / 5.3.3.5.1 Teil 6 / 5.3.3.1.1
4.12	Beständigkeit gegenüber UV - Alterung	Teil 1 / 5.3.3.5.2 Teil 6 / 5.3.3.2.1
4.13	Beständigkeit gegenüber Wasseralterung	Teil 1 / 5.3.3.5.3 Teil 6 / 5.3.3.3.1
4.14	Überarbeitbarkeit	Teil 6 / 5.7.2
4.15	Minimale Anwendungstemperatur	Teil 6 / 5.7.1

Die Prüfergebnisse sind im Anhang zusammengefasst.

3.1 Identifikation der Komponenten

3.1.1 Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen / Festkörpergehalt

Der Festkörpergehalt wurde gemäß DIN EN ISO 3251:06-2008 „Bestimmung des nichtflüchtigen Anteils von Lacken, Anstrichstoffen und Bindemitteln für Lacke und Anstrichstoffe“ unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen in einer Dreifachbestimmung durchgeführt.

Wärmeschrank: Umluftwärmeschrank
Trocknungszeit: 3 h
Trocknungstemperatur: 105 °C
Verwendete Schale: Blechdeckel Ø 74 mm

Die Ergebnisse sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 3: Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen / Festkörpergehalt

Stoff	nichtflüchtige Anteile [M.-%]	
	Einzelwerte	Mittelwert
HADALAN® DS91 13P	95,7 ; 95,9 ; 95,8	95,8
HADALAN® PUR TOP 32P	84,3 ; 84,3 ; 84,1	84,2

3.1.2 Infrarot-Spektrum

Die Infrarotspektren wurden gemäß DIN EN 1767:09-1999 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren – Infrarotanalyse“ unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen aufgenommen.

Prüfgerät: FTIR-Spektrometer, Fa. Varian (Varian 3600 FT-IR Excalibur)
Aufnahmetechnik: horizontale ATR-Technik, Probenträger Golden Gate -Diamant
Wellenzahlenbereich: 4000-500 cm⁻¹
Darstellung: Transmission
Auflösung: 4 cm⁻¹

Die Vorbehandlung der Proben geht aus folgender Übersicht hervor:

Tabelle 4: Infrarotspektroskopie - Vorbehandlung der Proben

Stoff	Komp.	Vorbehandlung	Bild in Anlage
HADALAN® DS91 13P	A	Lieferzustand	1
	B		2
HADALAN® PUR TOP 32P	-	Lieferzustand	3

3.1.3 Dichte

Die Dichte wurde gemäß DIN EN ISO 2811-2:06-2011 „Bestimmung der Dichte – Teil 2: Tauchkörper-Verfahren“, in zwei Einzelversuchen mit einer Dichtekugel (10 cm³) ermittelt. Die Ergebnisse sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5: Dichte

Stoff	Komp.	Dichte [g/cm ³]	
		Einzelwerte	Mittelwert
HADALAN [®] DS91 13P	A	1,222 ; 1,222	1,222
	B	1,164 ; 1,164	1,164
HADALAN [®] PUR TOP 32P	-	1,310 ; 1,311	1,311

3.1.4 Viskosität

Die dynamische Viskosität wurde gemäß DIN EN ISO 3219:10-1994 „Kunststoff-Polymere / Harze in flüssigem, emulgiertem oder dispergiertem Zustand – Bestimmung der Viskosität mit einem Rotationsviskosimeter bei definiertem Geschwindigkeitsgefälle“ unter Einhaltung der nachfolgenden Prüfbedingungen in einer Doppelbestimmung durchgeführt.

Prüfgerät: Rotationsviskosimeter der Fa. Anton Paar (Typ MCR 51)
 Messsystem: CP50-1
 Erhöhung der Scherrate: konstant
 Auswertung/Messzeit: automatische Interpolation, bei in folgender Tabelle angegebener Scherrate

Tabelle 6: dynamische Viskosität

Stoff	Komp.	Scherrate [s ⁻¹]	dynamische Viskosität [mPas]	
			Einzelwerte	Mittelwert
HADALAN [®] DS91 13P	A	250	9300 ; 9300	9300
	B	1500	52 ; 51	52
HADALAN [®] PUR TOP 32P	-	250	6800 ; 6800	6800

Die dazugehörigen Diagramme können den Bildern 4 - 6 der Anlage entnommen werden.

3.1.5 Glührückstand

Der Glührückstand der unten aufgeführten Stoffe wurde gemäß DIN EN ISO 3451, Teil 1: 11-2008 „Kunststoffe; Bestimmung der Asche; Teil 1: Allgemeine Grundlagen“, bei 550 °C bestimmt.

Die Einwaagen und die Ergebnisse der Bestimmung sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 7: Glührückstand

Stoff	Glührückstand [M%]	
	Einzelwerte	Mittelwerte
HADALAN® DS91 13P	16,6 ; 16,6 ; 16,5	16,6
HADALAN® PUR TOP 32P	29,1 ; 29,3 ; 29,2	29,2

3.2 Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Prüfung des Wasserdampfdiffusionsverhalten wurde gemäß DIN EN 1931:03-2001 „Abdichtungsbahnen - Bitumen-, Kunststoff und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen - Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit“ durchgeführt.

Die ausgestanzten freien Filme (Ø 90 mm) wurden dampfdicht mit einem Gießring aus Wachs in Diffusionsbecher eingebaut, die wasserfreies Calciumchlorid zur Einstellung einer rel. Luftfeuchte von 0 % enthielten. Nach Erkalten des Wachses wurden die Diffusionsbecher mittels Analysenwaage auf 0,0001 mg gewogen und im Exsikkator gelagert, dessen Innenklima mittels gesättigter Natriumchloridlösung auf 75 % rel. Luftfeuchte eingestellt war. In konstanten Zeitintervallen wurden die Diffusionsbecher gewogen, bis die Zunahme linear mit der Zeit verlief (stationärer Zustand).

Aus der Massezunahme im stationären Zustand wurden die Feuchtestromdichte g [$g/m^2 \cdot d$], die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d [m] und die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ [-] ermittelt. Es wurde der lineare Bereich ausgewertet. Die Auswertung erfolgte für den stationären Zustand zwischen dem 1. und 30. Tag. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Tabelle 8: Wasserdampfdurchlässigkeit – HADALAN® DS91 13P

Typ I Nr.:	Feuchte- stromdichte g [$g/(m^2 \cdot d)$]	diffusions- äquivalente Luftschichtdicke s_d [m]	mittlere Schichtdicke d [mm]	Wasserdampf- diffusions- widerstandszahl μ [-]
1	10,6	3	1,90	1800
2	11,7	3	1,80	1700
3	13,0	3	1,82	1500
4	10,4	3	2,13	1600
Mittelwert	11,4	3	1,91	1700

3.3 Wasserdichtheit

Die Wasserdichtheit des LARWK wurde nach dem im EOTA Technical Report TR-003:05-2004 „*Determination of the watertightness*“ beschriebenen Verfahren durch Beaufschlagung der Oberseite von 3 freien Filmen mit einer 1000 mm Wassersäule (0,1 bar) über 24 h bei 23 °C geprüft.

Als Feuchtigkeitsanzeiger bei Wasserdurchtritt diene ein Gemisch des Indikators Bromphenolblau (0,5 %) in Puderzucker (99,5 %) als Trägermaterial fein verteilt. Die Mischung aus Puderzucker und Bromphenolblau wurde vor der Prüfung durch ein Sieb mit 0,063 mm Maschenweite gesiebt und in einem Exsikkator gelagert. Der Feuchtigkeitsanzeiger ist zwischen zwei Filterpapieren, eingebettet zwischen der Oberseite der Probe und dem Sichtglas der Versuchseinrichtung, eingebaut.

Probekörper Typ: I
Mittlere Schichtdicke: 1,7 mm

Ergebnis:

Es wurde bei keiner Probe ein Wasserdurchtritt festgestellt.

3.4 Widerstand gegen Windlasteinwirkungen

Durchführung

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit des LARWK wurde in Anlehnung an dem im Technical Report TR-004:05-2004 „*Determination of the resistance to delamination*“ beschriebenen Verfahren an einem Verbundkörper mit Beton als Substrat ausgeführt. Die Beschichtung der Verbundkörper wurde zunächst mit einem Kernbohrgerät an 5 Prüfstellen (\varnothing 50 mm) bis in eine Tiefe von 10 mm in das Substrat hinein angebohrt. Im weiteren Verlauf wurden die von Schmutz befreiten Beschichtungsflächen der Vorbohrungen mit Schmirgelpapier angeschliffen und mit einer Druckluftpistole entstaubt. Vor der Prüfung wurden die Probestempel mittels eines 2-komponentigen PU-Klebers auf die angebohrten Beschichtungsflächen geklebt. Nach einer Aushärtezeit des Klebers von etwa 20 h bei 23 °C erfolgte die Prüfung mittels einer Universalprüfmaschine UPM 1445, Fa. Zwick. Abweichend zum Technical Report TR-004 wurden Stempel mit einem Durchmesser von 50 mm anstelle von 100 mm verwendet.

Prüfbedingungen:

Prüfgerät: Universalprüfmaschine UPM 1445, Fa. Zwick
Kraftmessdose 10 KN, Klasse 1
Prüfgeschwindigkeit: 10 mm/min
Haftzugstempel: Stahlstempel (\varnothing 50 mm)
Kleber: 2-komponentiger PU-Kleber
Prüftemperatur: 23 °C

Die Ergebnisse der Haftzugprüfung sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 9: Haftzugfestigkeit nach TR-004

Probekörper TYP	Haftzugfestigkeit [kPa]		
	Einzelwerte	Mittelwert	Bruchbild
V	2390	2112	70% Adhäsion Grundierung
	1320		30 % Kohäsion Abdichtung
	1330		100 % Kohäsion Beton
	3220		30% Adhäsion Grundierung
	2300		70 % Kohäsion Abdichtung
		100 % Kohäsion Beton	

3.5 Widerstand gegen dynamischen Eindruck

Die Prüfung des dynamischen Eindrucks nach dem EOTA Technical Report TR-006:05-2004 „*Determination of the resistance to dynamic indentation*“ wurde unter Normbedingungen nach DIN EN 23270:09-1991 durchgeführt.

Es wurden Filme mit einer Unterlage aus Beton verwendet. Der Probekörper sowie der Zentrierring und der Indentor wurden mit dem Klemmring befestigt. Mit dem verschiebbaren Ring, der an dem skalierten Fallrohr angebracht ist, wurde nun die gewünschte Fallhöhe eingestellt. Der Ring fungierte als Anschlag für den seitlichen Zapfen des Fallbolzens. Dieser wurde nun auf den Probekörper fallen gelassen, wobei das erneute Aufschlagen des Fallbolzens verhindert wurde.

Nach Versuche erfolgte der Nachweis der Wasserdichtheit durch optische Untersuchung und mittels Beaufschlagung mit einer 100 mm Wassersäule (0,01 bar) über einen Zeitraum von 24 h.

Prüfeinrichtungen und -parameter:

Prüfgerät:	Ericksen Kugelschlag-Prüfgerät Modell 304 mit 1 kg-Fallbolzen und 1 kg-Zusatzgewicht (aufschraubbar): Kugeldurchmesser 20 mm
Eindruckstempel:	Indentor aus Stahl mit $I_4 = 6 \text{ mm } \varnothing$
Probenanzahl/-art:	3 x freier Film aufgelegt auf Beton Probekörper Typ: I
Fallhöhe:	30,4 cm
Fallgewicht:	1,98 kg
Belastung:	5,9 J Stoßenergie

Das Ergebnis für den dynamischen Eindruckversuch auf Beton ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Mittlere Schichtdicke: 2,1 mm

Tabelle 10: dynamischer Eindruck

Unterlage des Probekörpers und Probekörper Type	Eindruckstempel / Indentor mit 5,9 J Stoßenergie
Beton - Typ I	6 mm \varnothing = L ₄

Ergebnis

Die Dichtheit aller Proben wurde wie oben beschrieben nach der Beanspruchung festgestellt.

3.6 Widerstand gegen statischen Eindruck

Die Prüfung des statischen Eindrucks nach dem EOTA Technical Report TR-007:05-2004 „Determination of the resistance to static indentation“ wurde unter Normbedingungen nach DIN EN 23270:09-1991 durchgeführt.

Auf den unten angegebenen Probekörpern wurden zu Beginn der Untersuchung drei Prüfstellen gekennzeichnet. Mithilfe dieser markierten Bereiche wurde eine Belastung 250 N in Form von Gewichten in Kombination mit einem sphärischen Indentor aus Stahl auf den freien Film ausgeübt. Bei dem Versuch wurden 3 sphärische Stahlindentoren mit $\varnothing = 10$ mm gleichzeitig eingesetzt, mit denen das Gewicht auf den Probekörper übertragen wurde.

Nach Versuche erfolgte der Nachweis der Wasserdichtheit durch optische Untersuchung und mittels Beaufschlagung mit einer 100 mm Wassersäule (0,01 bar) über einen Zeitraum von 24 h.

Prüfeinrichtungen und -parameter:

Eindruckstempel: sphärischer Indentor aus Stahl $\varnothing = 10$ mm
 Belastung: L₄ = 250 N
 Probenanzahl/-art: 3 x freier Film aufgelegt auf Beton
 Probekörper Typ: I

Das Ergebnis für den statischen Eindruckversuch sowohl auf Beton ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Mittlere Schichtdicke: 2,0 mm

Tabelle 11: statischer Eindruck

Unterlage des Probekörpers und Probekörper Type	statisch 24 h
Beton - Typ I	250 N = L ₄

Bei den o. a. Belastungen wurde bei den Proben die Dichtheit festgestellt. Die Nutzlasteinstufung, resultierend aus den Ergebnissen des dynamischen und des statischen Eindruckversuchs ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 12: Nutzlastkategorie

Unterlage des Probekörpers und Probekörper Type	dynamisch Eindruckstempel mit 5,9 J Stoßenergie	statisch 24 h	Nutzlast
Beton - Typ I	6 mm \varnothing = L ₄	250 N = L ₄	P4, besondere

3.7 Ermüdungswiderstand

Die Prüfung des Ermüdungswiderstandes des LARWK wurde nach dem Technical Report TR-008:05-2004 „Determination of the resistance to fatigue movement“ an insgesamt 3 Betonplatten (Prismen) der Dimension 300 mm x 50 mm x 50 mm durchgeführt. Um an den Betonplatten die Rissweitenänderungen simulieren zu können, befand sich zwischen den Schmalseiten ein Spalt von 1 mm Breite, der zur Unterseite abgedichtet war.

Im Verlauf der Prüfung wurde an den Betonplatten, ausgehend von der ursprünglichen Spaltbreite von 1 mm ein Spalt von 2 mm durch Zugbeanspruchung erzeugt. Anschließend wurde durch Stauchbeanspruchung eine Spaltbreite von 0 mm herbeigeführt. Der Prozess der Zug- und Stauchbewegungen zwischen 0 und 2 mm wurde an der dafür vorgesehenen Prüfanlage mit einer Zyklenzahl von 1000 in Serie ausgeführt. Nach Versuche wurde der Prüfkörper visuell auf Rissbildung und Loslösung an den Fugenkanten untersucht. Dazu wurde der Spalt mit einer Lichtquelle rückseitig beleuchtet. Bei zweifelhaftem Ergebnis wird die Wasserdichtheit des LARWK mittels Beaufschlagung mit einer 100 mm Wassersäule (0,01 bar) über einen Zeitraum von 24 h geprüft.

Prüfeinrichtung und -parameter

Prüfgerät:	Servohydraulische Prüfanlage S59 mit Zylinder 2 (100 KN), weggesteuert über Zylinderweg. Weg- und Kraftaufzeichnung über induktive Wegaufnehmer und Kraftmessdose in Verbindung mit Messverstärker und zugehöriger Auswertesoftware Temperierkammer und Kühlaggregat
Probekörper Typ:	VII
Prüfgeschwindigkeit:	16 mm/h = 0,001 Hz
Prüftemperatur:	- 10 °C
Ausgangsrissweite:	1,0 mm = Nullwerteneinstellung für Wegaufnehmer
Prüfzyklus und -dauer:	Rampenfunktion mit linearem Verlauf 1,0 mm → 2,0 mm → 0,0 mm → 1,0 mm in 15 Minuten
Zyklenzahl:	250 → Kontrolle → 500 → Kontrolle → 1000
Prüfzeit/Probe:	250 h
<u>Mittlere Schichtdicke:</u>	1,6 mm

Ergebnis

Es wurde bei keiner Probe für die Kategorie W3 1000 Zyklen ein Wasserdurchtritt nach Prüfende festgestellt. Außerdem konnten keine Ablösungen entlang des Spalts beobachtet werden.

3.8 Widerstand gegen tiefe Temperaturen

Die Beständigkeit des LARWK gegenüber tiefer Temperatur wurde nach der Einstufung TL4 bei -30 °C auf der am wenigsten zusammendrückbaren Unterlage nach dem Technical Report TR-006:05-2004 „*Determination of the resistance to dynamic indentation*“ geprüft.

Versuchsdurchführung, -einrichtung und – parameter siehe Kapitel 3.5.

Mittlere Schichtdicke: 1,7 mm

Ergebnis

Es wurde bei den Proben für die Kategorie TL4 und die Widerstandsstufe I₄ (Ø 6 mm) keine Wasserdurchlässigkeit festgestellt.

3.9 Widerstand gegen extrem tiefe Temperaturen

Die Beständigkeit des LARWK gegenüber extrem tiefen Temperaturen wurde nach dem Technical Report TR-013:05-2004 „*Determination of crack bridging capability*“ an ungealterten Proben und an Proben geprüft, welche 91 Tage bei 70 °C gealtert wurden.

Probekörper Typ: VIII

Durchführung

Die Probekörper bestanden aus 2 Betonprismen, welche „Stoß an Stoß“ fixiert und dann beschichtet wurden.

Mit einer Geschwindigkeit von 0,5 mm/min wurden die Prismen bis auf eine Weite von 1,5 mm auseinander gezogen.

Dieser Abstand wurde für 5 Minuten aufrechterhalten.

Anschließend wurden die Probekörper auf Raumtemperatur gebracht und die Dichtheit der Abdichtung wurde visuell und mittels einer Wassersäule von 100 mm über 24h bestimmt.

Mittlere Schichtdicke: 1,7 mm

Ergebnis

Alle sechs geprüften Probekörper zeigten keine Beschädigung der Beschichtung auf. Weiterhin waren alle wasserdicht.

3.10 Widerstand gegen hohe Temperaturen

Die Beständigkeit des LARWK gegenüber hohen Temperaturen wurde nach der Einstufung TH4 bei +90 °C auf der am wenigsten zusammendrückbaren Unterlage nach dem im Technical Report TR-007:05-2004 „*Determination of the resistance to static indentation*“ angegebenen Verfahren geprüft.

Versuchsdurchführung, -einrichtung und -parameter siehe Kapitel 3.6

Probekörper Typ: I

Mittlere Schichtdicke: 2,0 mm

Ergebnis

Es wurde bei den Proben für die Kategorie TH4 (90 °C) und die Widerstandsstufe L₄ (250 N) keine Wasserdurchlässigkeit festgestellt.

3.11 Beständigkeit gegenüber Wärmealterung

Die Auswirkung der Wärmealterung auf den Widerstand des LARWK gegenüber mechanischer Beschädigung wurde entsprechend der Einstufung des Auftraggebers nach den Prüfbedingungen für die Klimazonenklasse „Streng“ (S) und der Nutzungsdauerkategorie W3 untersucht.

Die freien Filme und das auf Beton applizierte LARWK wurde einer Wärmealterung von 200 d bei 80 ± 2 °C nach dem im Technical Report TR-011:05-2004 „*Exposure procedure for accelerated ageing by heat*“ unterzogen. Außer einer leichten bräunlichen Verfärbung konnten keine optischen Veränderungen an den Proben festgestellt werden.

3.11.1 Prüfung des Widerstandes gegen dynamischen Eindruck bei -30 °C (TL4)

Versuchsdurchführung, -einrichtung und -parameter siehe Kapitel 3.5.

Probekörper Typ: I

Mittlere Schichtdicke: 2,1 mm

Ergebnis

Es wurde bei den Proben für die Nutzungsdauerkategorie W2 bei der Klimazonenklasse S und Widerstandsstufe I₄ keine Wasserdurchlässigkeit festgestellt.

3.11.2 Ermüdungswiderstand

Die Prüfung des Ermüdungswiderstandes erfolgte nach Lagerung gemäß Technical Report TR-008:05-2004 „*Determination of the resistance to fatigue movement*“ an drei Prismen.

Probekörper Typ: VII

Prüfeinrichtung und -parameter siehe Kapitel siehe Kapitel 3.7.

Prüftemperatur: -10 °C

Anzahl Zyklen: 50

Nach Versuche wurde der Prüfkörper visuell auf Rissbildung und Loslösung an den Fugenkanten untersucht. Dazu wurde der Spalt mit einer Lichtquelle rückseitig beleuchtet. Bei zweifelhaftem Ergebnis wird die Wasserdichtheit des LARWK mittels Beaufschlagung mit einer 100 mm Wassersäule (0,01 bar) über einen Zeitraum von 24 h geprüft.

Mittlere Schichtdicke: 1,6 mm

Ergebnis

Es wurde bei allen Proben für die Nutzungsdauerkategorie W3 bei Klimazonenklasse S kein Wasserdurchtritt nach 50 Zyklen festgestellt. Es wurden keine Ablösungen festgestellt.

3.11.3 Prüfung der Zugeigenschaften

Die Prüfung wurde gemäß DIN EN ISO 527-1:06-2012 „*Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften*“ an den ungealterten und gealterten Proben unter nachfolgend aufgeführten Prüfbedingungen durchgeführt.

Prüfeinrichtung- und -parameter

Prüfgerät:	Universalprüfmaschine UPM 1445, Fa. Zwick
Prüfkörper:	Zugstab Typ 5B, gem. DIN EN ISO 527-2, Bild A.2
Kraftaufnehmer:	Kraftmessdose 2kN, Klasse 1
Vorkraft:	2 N
Prüfgeschwindigkeit:	200 mm/min
Prüftemperatur:	23 °C
Probekörper Typ:	I

Es wurden 5 Zugstäbe nach Wärmealterung den Prüfungen unterzogen. Als Vergleich wurden Werte einer unbelasteten Probe gemessen.

Das Prüfergebnis für die Klimazonenklasse S und der Nutzungsdauerkategorie W3 ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Die dazugehörigen Diagramme sind den Bildern 7 und 8 der Anlage zu entnehmen.

Tabelle 13: Zugeigenschaften Wärmealterung – W3

Probekörper TYP	Höchstzugkraft [N]*		Reißdehnung [%]*		Schichtdicke [mm]
	Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert	
I ungealtert	149	157	477	473	1,66
	144		452		1,67
	149		467		1,69
	171		495		1,77
	171		476		1,83
I W3 Alterung	182	181	535	534	1,76
	183		536		1,80
	182		549		1,72
	179		513		1,87
	182		541		1,72

*Angabe erfolgt auf drei wertanzeigende Ziffern

3.12 Beständigkeit gegenüber UV – Alterung

Die Alterungsauswirkungen durch UV-Bestrahlung in Gegenwart von Feuchtigkeit wurden entsprechend den festgelegten Merkmalen des zusammengefügt Systems nach den Prüfbedingungen für die Klimazonenklasse S und die Nutzungsdauerkategorie W3 nach dem im Technical Report TR-010:05-2004 „*Exposure procedure for artificial weathering*“ angegebenen Verfahren geprüft.

Prüfeinrichtung und -parameter

Prüfgerät: UV 200 RB, Fa. Weis Technik
 Probenanzahl/-art: 2 freie Filme, ca. 200 mm x 400 mm
 Bestrahlung: - 1000 MJ/m² (Kategorie W3)
 Prüfdauer: - 6614 h (Kategorie W3)

Prüfbedingungen für die UV-Bestrahlung:

Lampentyp: fluoreszierende UV-Lampen, gem. EN ISO 4892-3
 Beleuchtungsstärke: 40 W/m²
 Standard-Schwarz-Temperatur: 60 °C ± 3 °C
 Sprühzyklus: 1 h Besprühen, 5 h Trockenperiode

Nach der Bewitterung konnte außer leichten weißlichen Flecken auf der Oberseite des Abdichtungssystems keine Veränderung festgestellt werden.

3.12.1 Prüfung des Widerstandes gegen dynamischen Eindruck bei -10 °C

Versuchsdurchführung, -einrichtung und -parameter siehe Kapitel 3.5

Probekörper Typ: II

Mittlere Schichtdicke: 2,2 mm

Ergebnis

Es wurde bei den Proben für die Nutzungsdauerkategorie W3 bei der Klimazonenklasse S und Widerstandsstufe I₄ keine Wasserdurchlässigkeit festgestellt.

3.12.2 Prüfung der Zugeigenschaften

Die Prüfung wurde gemäß DIN EN ISO 527-1:06-2012 „Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften“ unter nachfolgend aufgeführten Prüfbedingungen durchgeführt.

Versuchsdurchführung, -einrichtung und -parameter siehe Kapitel 3.11.3.

Es wurden 5 Zugstäbe nach UV-Bestrahlung den Prüfungen unterzogen. Als Vergleich wurden Werte einer unbelasteten Probe gemessen.

Das Prüfergebnis für die Klimazonenklasse S und die Nutzungsdauerkategorie W3 ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Die dazugehörigen Diagramme sind den Bildern 7 und 9 der Anlage zu entnehmen.

Tabelle 14: Zugeigenschaften UV – Alterung W3

Probekörper TYP	Höchstzugkraft [N]*		Reißdehnung [%]*		Schichtdicke [mm]
	Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert	
II ungealtert	149	157	477	473	1,66
	144		452		1,67
	149		467		1,69
	171		495		1,77
	171		476		1,83
II W3 Alterung	198	198	519	533	2,33
	176		496		2,37
	204		555		2,36
	195		529		2,33
	217		568		2,33

*Angabe erfolgt auf drei wertanzeigende Ziffern

3.13 Beständigkeit gegenüber Wasseralterung

Die Auswirkung der Wasseralterung auf das LARWK wurde entsprechend der festgelegten Nutzungsdauerkategorie W3 nach einem Beanspruchungszeitraum von 180 Tagen bei 60 ± 2 °C nach dem im Technical Report TR-012:05-2004 „*Exposure procedure for accelerated ageing by hot water*“ angegebenen Prüfverfahren bestimmt.

Nach der Wasseralterung konnte keine optische Veränderung an den Proben festgestellt werden.

3.13.1 Widerstand gegenüber statischem Eindruck bei 90 °C (TH4)

Nach der Wasseralterung wurde auf Beton nach dem im TR-007:05-2004 angegebenen Verfahren der Widerstand gegenüber statischem Eindruck geprüft.

Versuchsdurchführung, -einrichtung und -parameter siehe Kapitel 3.6.

Probekörper Typ: I

Mittlere Schichtdicke: 1,8 mm

Ergebnis

Es wurde bei den Proben für die Nutzungsdauerkategorie W3 bei der Einstufung TH4 und Widerstandsstufe L₄ keine Wasserdurchlässigkeit festgestellt

3.13.2 Widerstand gegen Windlasteinwirkungen nach Wasseralterung

Durchführung

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit des LARWK wurde nach dem im Technical Report TR-004:05-2004 „*Determination of the resistance to delamination*“ beschriebenen Verfahren an einer beschichteten Betonplatten 24 h nach Beendigung der Wasseralterung ausgeführt.

Versuchsdurchführung siehe Kapitel 3.4.

Das Ergebnis für die Nutzungsdauerkategorie W3 ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 15: Haftzugfestigkeit gemäß TR-004 –nach Wasseralterung W3

Probekörper TYP	Haftzugfestigkeit [kPa]		Bruchbild
	Einzelwerte	Mittelwert	
V	1600	2178	100 % Adhäsion Grundierung
	2110		100 % Kohäsion Beton
	2570		10 % Adhäsion Grundierung 90 % Adhäsion Abdichtung
	2290		20 % Adhäsion Grundierung 80 % Adhäsion Abdichtung
	2320		

3.14 Überarbeitbarkeit

Für die Prüfung der Überarbeitbarkeit wurde ein Betonprobekörper zweimal beschichtet. Dazwischen wurde ein Trockenzeitraum von 24 Stunden eingehalten. Anschließend wurde die Prüfung der Haftzugfestigkeit des LARWK nach dem im Technical Report TR-004:05-2004 „*Determination of the resistance to delamination*“ beschriebenen Verfahren durchgeführt.

Versuchsdurchführung siehe Kapitel 3.4

Das Ergebnis ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 16: Überarbeitbarkeit

Probekörper TYP	Haftzugfestigkeit [kPa]		Bruchbild
	Einzelwerte	Mittelwert	
VI	3190	1330	80 % Adhäsion Grundierung 20 % Adhäsion Abdichtung
	670		100 % Kohäsion Beton
	620		60 % Adhäsion Grundierung 40 % Adhäsion Abdichtung
	860		20 % Adhäsion Grundierung 80 % Adhäsion Abdichtung
	1310		

3.15 Minimale Anwendungstemperatur

Um zu überprüfen, ob über den gesamten Bereich der zulässigen Witterungsbedingungen, die vom Antragsteller angegeben wurden, ein zufriedenstellendes zusammengefügtes System erreicht wird, sind vergleichende Prüfungen der Höchstzugkraft und Bruchdehnung, sowie des dynamischen Eindrucks durchgeführt worden.

Hergestellte Proben:

Minimale Anwendungstemperatur:	8 °C
Probekörper Typ:	III
Maximale Anwendungstemperatur:	30 °C
Probekörper Typ:	IV

4.15.1 Prüfung des Widerstandes gegen dynamischen Eindruck

Probekörper:	freier Film auf Beton Unterlage
Belastung:	Eindruckstempel mit 6 mm Ø (I ₄) und 5,9 J Stoßenergie
Probekörper Typ:	III
Probekörper Typ:	IV

Mittlere Schichtdicke:

Probekörper Typ III:	1,9 mm
Probekörper Typ IV:	1,9 mm

Es wurde bei den Proben für die Widerstandsstufe I₄ keine Wasserdurchlässigkeit festgestellt.

4.15.2 Vergleichende Prüfung der Zugeigenschaften

Die Prüfung wurde gemäß DIN EN ISO 527-1:06-2012 „Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften“ unter nachfolgend aufgeführten Prüfbedingungen durchgeführt.

Versuchsdurchführung, -einrichtung und -parameter siehe Kapitel 3.11.3

Es wurden 5 Zugstäbe welche bei der minimalen Anwendungstemperatur von 8 °C sowie 5 Zugstäbe welcher bei maximaler Anwendungstemperatur von 30 °C hergestellt wurden geprüft. Als Vergleich wurden Werte einer bei Normaltemperatur hergestellten Probe gemessen.

Die dazugehörigen Diagramme sind den Bildern 7 und 10, 11 der Anlage zu entnehmen.

Tabelle 17: Zugeigenschaften– minimale / maximale Anwendungstemperatur

Probekörper TYP	Höchstzugkraft [N]*		Reißdehnung [%]*		Schichtdicke [mm]
	Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert	
I Norm Temperatur	149	157	477	473	1,66
	144		452		1,67
	149		467		1,69
	171		495		1,77
	171		476		1,83
III Minimale Anwendungs- temperatur	235	213	519	511	2,01
	213		512		2,03
	213		519		1,99
	202		496		1,99
	205		512		1,95
IV Maximale Anwendungs- temperatur	215	215	525	516	1,92
	222		531		1,97
	232		539		2,00
	185		462		1,98
	225		524		2,00

*Angabe erfolgt auf drei wertanzeigende Ziffern

4 ZUSAMMENFASSUNG

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

HADALAN® DS91 13P

Prüfungen gemäß dem Prüfprogramm der

ETAG Nr. 005
Fassung März 2000
Überarbeitung 2004
Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung
für
Flüssig aufzubringende Dachabdichtungen
Teil 1 - Allgemeines
Teil 6 - Besondere Bestimmungen für Abdichtungen auf der Basis von Polyurethan

durchzuführen.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind den vorstehenden Kapiteln zu entnehmen und als Zusammenfassung im Anhang enthalten.

Einstufung nach Nutzung

Das geprüfte LARWK auf Basis der o. a. Stoffe kann bezogen auf die vorliegenden Prüfergebnisse in folgende Kategorie eingestuft werden:

Nutzungsdauer:	Kategorie W3, erwartete Nutzungsdauer 25 Jahre
Klimazonen:	Kategorie M & S, gemäßigtes und extremes Klima Kategorie TL4, extreme Tieftemperatur Kategorie TH4, extreme hohe Temperatur
Dachneigung:	Kategorie S1 - S4, Neigung (<5 bis >30) %
Nutzlast:	Kategorie P4, besondere

Flörsheim-Wicker, 28.11.2016

I



J



Der Sachbearbeiter

Andreas Kruse

Dipl.-Ing. (FH) A. Kruse

ANHANG

Zusammenfassung der Ergebnisse P 9993

Kapitel	Prüfung		Anforderung	Ergebnis	
3.1	Identifikation der Komponenten		Werte	s. Kapitel 5.1	
3.2	Wasserdampfdurchlässigkeit		Wert	$S_D = 3m$	$\mu = 1700$
3.3	Wasserdichtheit		dicht	dicht	
3.4	Widerstand gegen Windlasteinwirkung		>50 kPa	2112 kPa	
3.5	Widerstand gegen dynamischen Eindruck		wasserdicht	I ₄ , wasserdicht	
3.6	Widerstand gegen statischen Eindruck		wasserdicht	L ₄ , wasserdicht	
3.7	Ermüdungswiderstand		dicht, max. 75mm Ablösung, max. 50mm an einer Stelle	Dicht, keine Risse oder Ablösungen	
3.8	Widerstand gegen niedrige Temperaturen		wasserdicht	TL ₄ / I ₄ , wasserdicht	
3.9	Widerstand gegen extrem tiefe Temperaturen		keine Risse oder Ablösungen, dicht	keine Risse oder Ablösungen, dicht	
3.10	Widerstand gegen hohe Temperaturen		wasserdicht	TH ₄ / L ₄ , wasserdicht	
3.11	Wärmealterung 80 °C, 200 d (W3)	dynamischer Eindruck bei TL	wasserdicht	TL ₄ / I ₄ , wasserdicht	
		Zugeigenschaften bei 23 °C	Vergleich	FM: 181 N AB: 534 %	
		Ermüdungswiderstand 50 Zyklen bei -10°C	wasserdicht	Dicht, keine Risse oder Ablösungen	
3.12	UV-Alterung 1000 MJ/m ² (W3)	dynamischer Eindruck bei -10°C	wasserdicht	I ₄ , wasserdicht	
		Zugeigenschaften (23 °C)	Vergleich	FM: 198 N AB: 533 %	
3.13	Wasseralterung 60 °C, 180 d (W3)	Widerstand gegen Windlast	>50 kPa	2178 kPa	
		statischer Eindruck bei TH	wasserdicht	TH ₄ / L ₄ , wasserdicht	
3.14	Überarbeitbarkeit		>50 kPa	1330 kPa	
3.16	Minimale / maximale Anwendungstemperatur		Wasserdicht	I ₄ , wasserdicht	
			Werte	Min.: FM: 213N AB: 511%	Max.: FM: 215N AB: 516%
-	Schichtdicke		Wert angeben	1,9 mm	
-	Zugeigenschaften (23 °C)		Vergleich zu gealterten Proben	FM: 157 N AB: 473 %	

FM: Höchstzugkraft

AB: Reißdehnung