

Prüfbericht

P 10430

Prüfauftrag:	Prüfung des lösemittelfreien Epoxidharzklebers ASODUR-K4031 nach dem Prüfprogramm gemäß DIN EN 1504-4 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Kleber für Bauzwecke“
Auftraggeber:	SCHOMBURG GmbH & Co. KG Aquafinstr. 2-8 32760 Detmold
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. (FH) N. Machill B. Eng. (FH) S. Schmidt
Bearbeitungszeitraum:	September 2016 – Juni 2017
Datum des Prüfberichtes:	08.06.2017
Dieser Prüfbericht umfasst:	19 Seiten einschließlich Anhang 1 1 Anlage mit 2 Seiten

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

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

1	VORGANG	3
2	PROBENEINGANG	4
3	HERSTELLUNG UND VORBEREITUNG DER PROBEKÖRPER.....	4
3.1	ANMISCHEN DES KLEBERS.....	4
3.2	HERSTELLUNG DER PROBEKÖRPER	4
3.3	VORBEREITUNG DER VERBUNDKÖRPER.....	5
4	PRÜFUNGEN	5
4.1	Druckfestigkeit.....	5
4.2	Scherfestigkeit.....	6
4.3	Offenzeit	7
4.4	Verarbeitbarkeitsdauer	8
4.5	Elastizitätsmodul bei Druck	9
4.6	Glasübergangstemperatur	9
4.7	Wärmeausdehnungskoeffizient	10
4.8	Gesamtschrumpf von Klebern für Bauzwecke (alternatives Prüfverfahren).....	12
4.9	Verwendbarkeit und Erhärtung unter besonderen Umweltbedingungen	13
4.10	Adhäsion.....	14
4.11	Dauerhaftigkeit (Wärme und Feuchtigkeit)	15
4.11.1	Temperaturwechselbeanspruchung.....	16
4.11.2	Feuchtwarme Umgebung.....	17
5	ZUSAMMENFASSUNG.....	18
	Anhang 1	19

Anlage

1 VORGANG

Das Polymer Institut wurde von der Schomburg GmbH & Co. KG, Detmold, beauftragt, an dem lösemittelfreien, 2-Komp.-Epoxidharzkleber

ASODUR-K4031

Prüfungen aus dem Prüfprogramm gemäß DIN EN 1504-4:2005 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Kleber für Bauzwecke*“ durchzuführen.

Nach Absprache mit dem Auftraggeber wurden aus dem Prüfprogramm die folgenden Prüfungen durchgeführt:

Übersicht 1: Ausgewählte Prüfungen aus dem Prüfprogramm der DIN EN 1504-4

Prüfung	Prüfvorschrift	Ausgabedatum
Druckfestigkeit	DIN EN 12190	1998
Scherfestigkeit	DIN EN 12615	1999
Offenzeit	DIN EN 12189	1999
Verarbeitbarkeitsdauer	DIN EN ISO 9514	2005
Elastizitätsmodul bei Druck	DIN EN 13412	2006
Glasübergangstemperatur	DIN EN 12614	2005
Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN EN 1770	1998
Gesamtschrumpfung von Klebern für Bauzwecke (alternatives Prüfverfahren)	DIN EN 12617-3	2002
Verwendbarkeit und Erhärtung unter besonderen Umgebungsbedingungen - niedrige Temperatur (10°C) - feuchter Untergrund	DIN EN 12636	1999
Adhäsion		
Dauerhaftigkeit (Wärme und Feuchtigkeit) - Temperaturwechselbeanspruchung - feuchte Umgebung	DIN EN 13733	2002

2 PROBENEINGANG

Die in der folgenden Übersicht angegebenen Proben wurden im Polymer Instituts angeliefert.

Übersicht 2: Probeneingang

Pos.	Stoff	Komponente	Charge	Menge [kg]
1	ASODUR-K4031	A	206409	3 x 4,0
2		B	206409	3 x 2,0

3 HERSTELLUNG UND VORBEREITUNG DER PROBEKÖRPER

Das Anmischen des Klebers sowie die Herstellung der Probekörper erfolgte bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270.

3.1 Anmischen des Klebers

Das Anmischen des Klebers erfolgte nach dem in der folgenden Tabelle angegebenen Mischungsverhältnisses.

Übersicht 3: Mischungsverhältnis der Komponenten

Stoff	Mischungsverhältnis	
	Komponente A	Komponente B
ASODUR-K4031	2	1

Der Stoff wurde in dem angegebenen Mischungsverhältnis dosiert und mithilfe eines Rührspachtels manuell ca. 3 min. bis zur Homogenität gemischt.

3.2 Herstellung der Probekörper

Unmittelbar nach dem Anmischen wurde der Kleber in Prismenformen gefüllt und nach einer Aushärtezeit von 24 Stunden ausgeschalt. Es wurden sechs Prismen mit den Abmessungen 40 mm x 40 mm x 160 mm für die Prüfung der Druckfestigkeit und für das Elastizitätsmodul hergestellt.

Für die Prüfung der Druckfestigkeit wurden aus den Prismen anschließend Würfel mit einer Kantenlänge von 40 mm mittels Nasssägeverfahren herausgeschnitten.

3.3 Vorbereitung der Verbundkörper

Zunächst wurden aus Betonplatten des Typs MC (0,40) gemäß DIN EN 1766:2017 im Nasssägeverfahren Prismen mit den Abmessungen 40 mm x 40 mm x 160 mm und Würfel mit den Abmessungen 100 mm x 100 mm x 100 mm herausgeschnitten.

Ein Teil der Prismen wurden mittig oder in einem Winkel von 60° zur Prismenachse geschnitten, so dass zwei identische Prismenhälften entstanden.

Anschließend wurden die zu verklebenden Flächen der Prismen und Würfel durch Sandstrahlen angeraut und unter fließendem Wasser mit einer Bürste gesäubert.

Die Herstellung und Lagerung der verklebten Verbundkörper ist dem jeweiligen Kapitel der Prüfung zu entnehmen.

4 PRÜFUNGEN

Die Prüfungen erfolgten – soweit nicht anders angegeben – bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270.

4.1 Druckfestigkeit

Die Bestimmung der Druckfestigkeit wurde gemäß DIN EN 12190 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung der Druckfestigkeit von Reparaturmörteln“ durchgeführt.

Tabelle 1: Rohdichte und Druckfestigkeit

Probe Nr.	Rohdichte [kg/dm ³]	Druckfestigkeit [MPa]
1	1,68	73,2
2	1,69	69,1
3	1,70	71,4
4	1,69	69,6
5	1,70	71,3
6	1,69	70,5
Mittelwert	1,69	71,0*

* gerundet auf 0,5 MPa

4.2 Scherfestigkeit

Die Bestimmung der Druckscherfestigkeit der Verbindung Festbeton – Festbeton wurde gemäß DIN EN 12615 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung der Druckscherfestigkeit*“ durchgeführt.

Herstellung der Prüfprismen

1. *Vorlagerung (Trockene Oberfläche):*
Die Prismenhälften mit einem Winkel von $\theta = 60^\circ$ zur Prismenachse wurden für 48 h bei einer Temperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(60 \pm 10) \% \text{ r. F.}$ gelagert.
2. *Herstellung:*
Die Applizierung des Klebstoffes erfolgt 5 min. nach dem Mischen der Komponenten in der vorgegebenen Schichtdicke von 1 bis 2 mm. Direkt nach dem Auftragen des Klebers wurden die beiden Prismenhälften mittels eines Klemmrahmens zusammen gedrückt und 24 h darin gelagert.
3. *Lagerung:*
Nach 24 Stunden wurden die Probekörper aus dem Klemmrahmen genommen und für die Dauer von 7 Tagen bei einer Lufttemperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ aushärten gelassen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die ermittelten Messwerte für Bruchkraft, Druckscherfestigkeit sowie der Klebeverbindung zusammengestellt.

Tabelle 2: *Bruchkraft, Druckscherfestigkeit und Bruchart*

Probe	Bruchkraft [kN]	Druckscherfestigkeit [MPa]	Bruchart [%]			
			A	B	C	D
Prüfprismen ($\theta = 60^\circ$)	82,4	22,3	50	-	50	-
	79,5	21,5	100	-	-	-
	86,6	23,4	100	-	-	-
Mittelwert	82,8	22,4	---			
Referenz- probekörper	81,0	21,9	100	-	-	-
	91,6	24,8	100	-	-	-
	94,5	25,6	100	-	-	-
Mittelwert	89,0	24,1	---			

Legende:

- A: Kohäsionsversagen innerhalb eines der Betonuntergründe
 B: Adhäsionsversagen an einer der Grenzflächen Kleber - Beton
 C: Kohäsionsversagen in der Klebschicht
 D: Adhäsionsversagen an beiden Grenzflächen Kleber – Beton

4.3 Offenzeit

Die Bestimmung der Offenzeit wurde gemäß DIN EN 12189 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung der Offenzeit*“ durchgeführt. Die Offenzeit ist der maximale Zeitraum zwischen der Beendigung des Mischvorgangs des Klebstoffes und der Verbindung der Klebestellen, nach dem der Bruch im Beton auftritt.

Herstellung der Prüfprismen

1. *Vorlagerung:*

Die Prismenhälften wurden für 48 h bei einer Temperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(60 \pm 10) \% \text{ r. F.}$ gelagert.

2. *Herstellung:*

Die Applizierung des Klebstoffes erfolgt 10 min. nach dem Mischen der Komponenten in der vorgegebenen Schichtdicke von ca. 2 mm auf eine Prismenhälfte.

Nach 40, 55, 70, 85, 100 und 115 min. wurden die beiden Prismenhälften zusammengefügt und mit einer Klemmkraft von $(320 \pm 20) \text{ N}$ bis zur Prüfung belastet.

3. *Lagerung:*

Die Probekörper lagerten im Klemmvorrichtung für die Dauer von 7 Tagen bei einer Lufttemperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(60 \pm 10) \% \text{ r. F.}$

Prüfung und Ergebnis:

Im Vierpunktbiegeversuch wurde nach 7 d mittels Lastverteilungstraverse die Vertikallast bis zum Bruch auf die im Klemmvorrichtung eingespannten Prüfkörper aufgebracht. Die Offenzeit liegt vor, sobald der Bruch in der Klebefuge und nicht im Beton auftritt.

Tabelle 3: *Bruchlast und Versagensart*

Prüfkörper Nr.	Zeitdauer nach dem Mischen [min]	Bruchlast [kN]	Versagensart / Bruchebene [%]	
			A	B
1	40	2,85	100	-
2	55	2,78	100	-
3	70	2,16	100	-
4	85	2,27	100	-
5	100	2,12	100	-
6	115	2,22	60	40

Legende:

A: *Kohäsionsversagen Beton*

B: *Adhäsionsversagen zwischen Kleber und Beton*

Die Offenzeit beträgt 100 min.

4.4 Verarbeitbarkeitsdauer

Die Bestimmung der Topfzeit erfolgte 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*“ an dem Stoff *Kemko 068* unter Einhaltung nachfolgender Prüfbedingungen:

Prüfgerät: OMB-DAQ-56, Fa. Omega mit Thermoelement Fe-CuNi
 Auswertung: Dasy-Lab 6.0 - Software
 Messintervall: 10 s
 Homogenisierung: 1 min mit Holzspatel gemischt
 Prüfvolumen: 100 cm³/ Dosendurchmesser 6,5 cm; abweichend zur Norm
 Temperaturentwicklung: adiabatisch, im allseitig wärmegeprägten Reaktionsgefäß
 Anzahl der Bestimmungen: 2

Es wurden folgende Größen ermittelt:

- *Topfzeit*
Zeit zwischen dem Anmischen bei der jeweiligen Start-/Ausgangstemperatur und dem Erreichen einer Erhöhung von 15 K
- *Reaktionszeit*
Intervall bis zum Erreichen der *Maximaltemperatur* (T_{max}) der Mischung
- *Maximaltemperatur* der Mischung

Die so ermittelte Topfzeit ist ein Laborwert, der von der eigentlichen Gebindeverarbeitungszeit abweichen kann. Die ermittelten Einzel- (EW) und Mittelwerte (MW) sind der nachfolgenden Tabelle, die Temperatur-/ Zeitkurven den Bildern 1 - 3 der Anlage zu entnehmen.

Tabelle 4: *Topfzeit*

Start- temperatur [°C]	Topfzeit [min]		Maximaltemperatur [°C]		Reaktionszeit [min]	
	EW	MW	EW	MW	EW	MW
10	47 ; 50	48	39 ; 39	39	119 ; 125	122
21	45 ; 44	44	47 ; 46	47	92 ; 90	91
30	23 ; 22	23	70 ; 72	71	51 ; 51	51

EW = Einzelwert / MW = Mittelwert

4.5 Elastizitätsmodul bei Druck

Die Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls wurde gemäß DIN EN 13412 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung des Elastizitätsmoduls im Druckversuch“ durchgeführt.

Parameter:

Prüfmaschine: Schenk-Trebel 600 kN Prüfpresse
Belastungsgeschwindigkeit: 10 N/mm²/s
Wegaufnahme: DD1, Messlänge 100 mm
Obere Prüfspannung: 14 N/mm²

Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen

Tabelle 5: Statischer Elastizitätsmodul im Druckversuch

Prüfkörper Nr.	Spannung [MPa]	Stauchung [-]	E-Modul * [MPa]
1	23,13	0,617	4.700
	0,62	0,133	
2	23,13	0,470	5.400
	0,62	0,053	
3	23,13	0,519	5.000
	0,62	0,072	
Mittelwert:			5.000

* gerundet auf 100 N/mm²

4.6 Glasübergangstemperatur

Die Glasübergangstemperatur des ausgehärteten Stoffes wurde im Alter von 7d nach DIN EN 12614 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung der Glasübergangstemperatur von Polymeren“ unter Einhaltung der nachfolgenden Versuchsbedingungen bestimmt:

Gerät: DSC 200 der Netzsch Gerätebau GmbH
Aufheizung: -10 °C bis 150°C mit 20 K/min
Abkühlung: freies Abkühlen
Probenhalter: Aluminiumtiegel
Probeneinwaage: 18,6 mg
Atmosphäre: N₂, Reinheit 4.0, 50ml/min

Das Ergebnis ist als Mittelpunkttemperatur der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 6: Glasübergangstemperatur nach 7d Aushärtung bei $21 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Stoff	Glasübergangstemperatur [$^\circ\text{C}$]
ASODUR-K4031	40,7

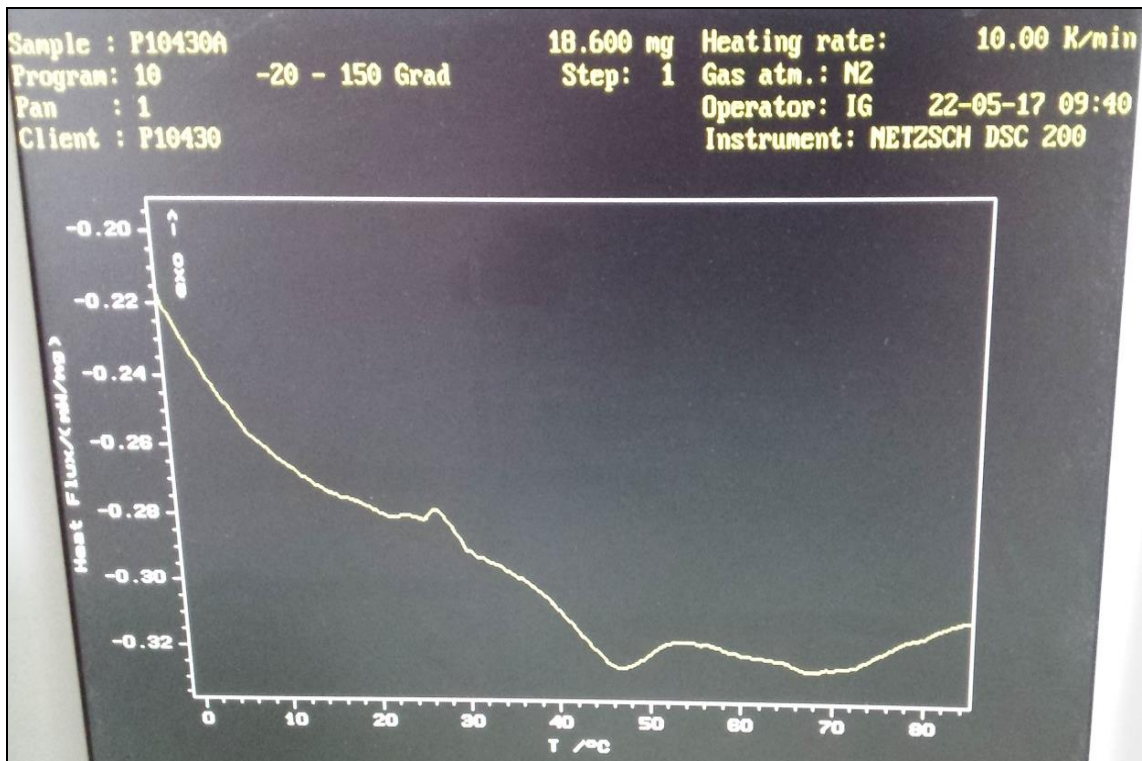


Bild 1: Glasübergangstemperatur

4.7 Wärmeausdehnungskoeffizient

Der thermische Ausdehnungskoeffizient α_t wurde mit einem Schubstangen-Dilatometer der Firma Netzsch gemäß DIN EN 1770 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten“ im Alter von 7 d nach Lagerung B bestimmt.

Angaben zum horizontalen Schubstangen-Dilatometer DIL 402 ES:

Probenhalterung:	Quarz
Fühlstempel:	Quarz
Anpressdruck:	5 cN
Messung ΔL :	induktiver Wegaufnehmer
Temperaturmessbereich:	-40 $^\circ\text{C}$ bis +100 $^\circ\text{C}$
Atmosphäre:	Stickstoff

Dazu wurde aus einem Prisma ein Probekörper 5 mm x 5 mm x 50 mm herausgeschnitten. Im Anschluss erfolgte die Messung.

Das Ergebnis ist der folgenden Tabelle und Graphik zu entnehmen.

Tabelle 7: Wärmeausdehnungskoeffizient nach 7 d Aushärtung bei $21 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperaturbereich	Wärmeausdehnungskoeffizient α_t
$-20,0 \leq T \leq +23,0 \text{ }^\circ\text{C}$	$36,9 \times 10^{-6} / \text{K}$
$-20,0 \leq T \leq +40,0 \text{ }^\circ\text{C}$	$41,7 \times 10^{-6} / \text{K}$
$+23,0 \leq T \leq +40,0 \text{ }^\circ\text{C}$	$53,8 \times 10^{-6} / \text{K}$

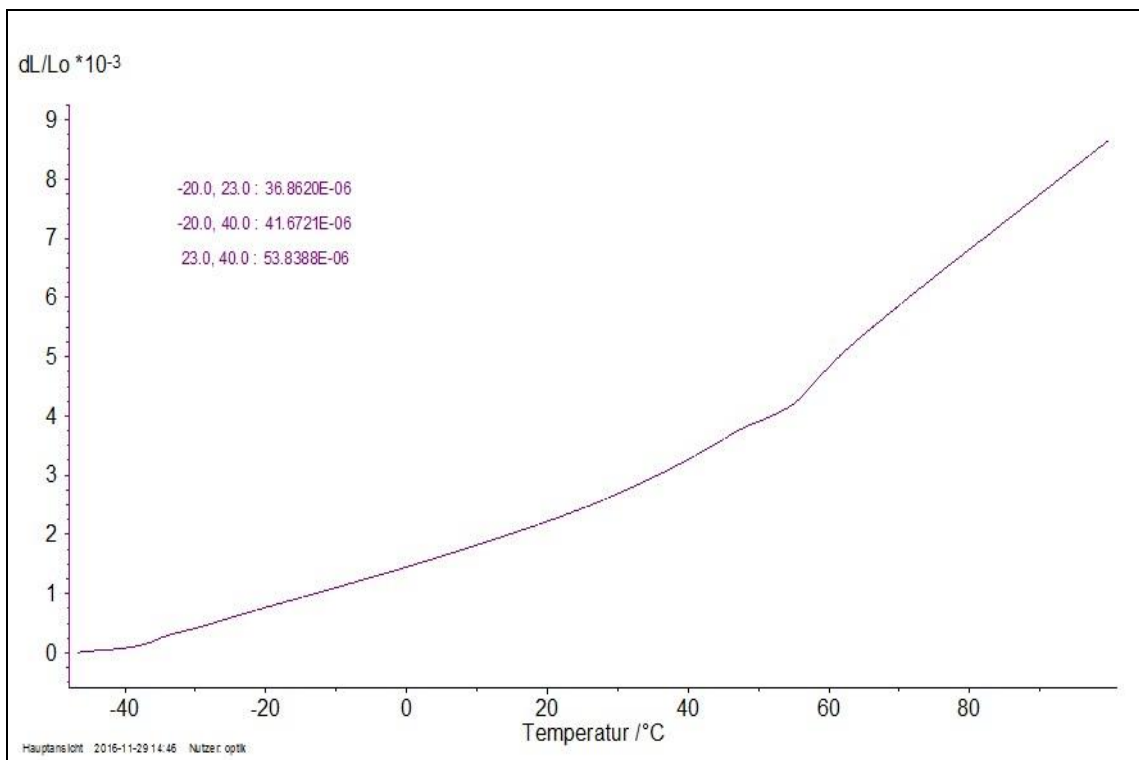


Bild 2: Wärmeausdehnungskoeffizient

4.8 Gesamtschrumpf von Klebern für Bauzwecke (alternatives Prüfverfahren)

Der Gesamtschrumpf des Klebers wurde gemäß DIN EN 12617-3 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Teil 3: Bestimmung des zeitlichen Verlaufs des linearen Schrumpfens von Klebstoffen*“ durchgeführt.

Der Kleber wurde direkt nach dem Anmischen in eine Stahlform gemäß Bild 1 der o.g. Norm gefüllt, die Stirnflächen aus der Arretierung gelöst und für 48 Stunden bei Normbedingungen gemäß DIN EN 23270 aushärten gelassen. Während der Aushärtezeit wurden mittels Messwertaufnehmern die Längenänderung des Klebers sowie die Temperatur aufgezeichnet.

Die graphische Darstellung der Ergebnisse des Schrumpfens über die Zeit sowie den Temperaturverlauf können dem nachfolgenden Bild entnommen werden.

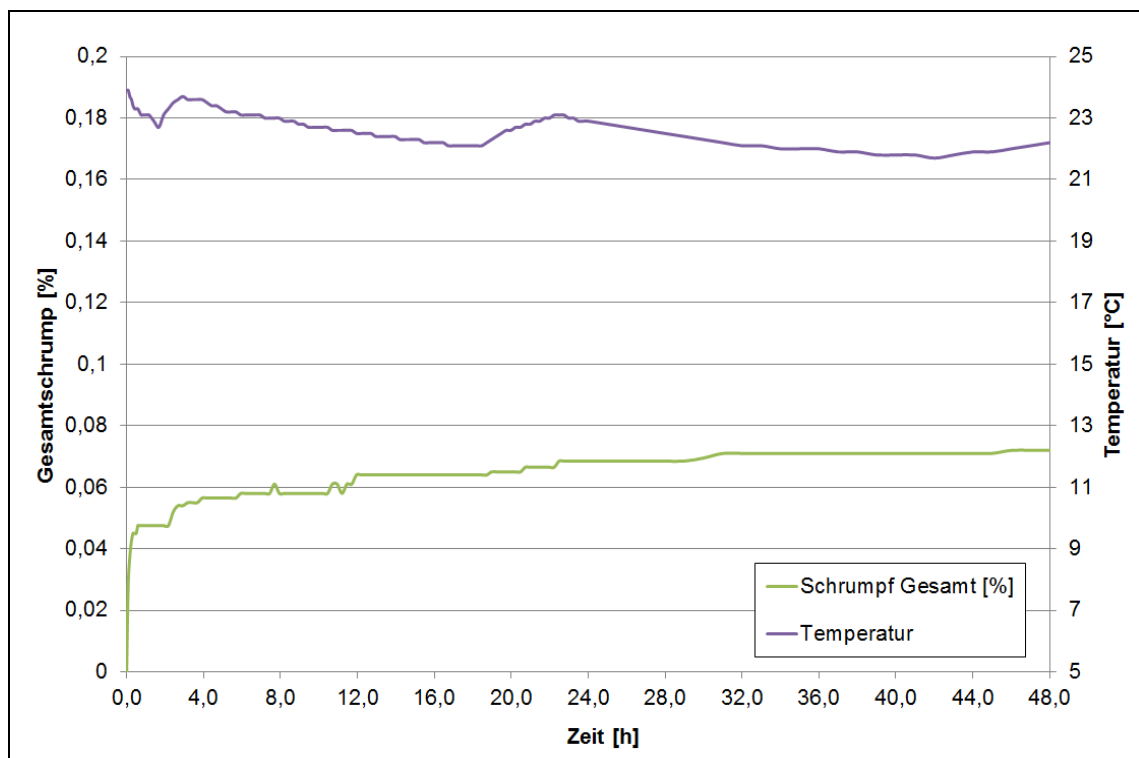


Bild 3: Ergebnisse des Schrumpfens über die Zeit

Der Gesamtschrumpf am Ende der Prüfung lag bei **0,072 %**.

4.9 Verwendbarkeit und Erhärtung unter besonderen Umweltbedingungen

Die Prüfung auf Verwendbarkeit und Erhärtung unter besonderen Umweltbedingungen für das Prüfverfahren „Festbeton – Festbeton“ wurde gemäß DIN EN 12636 „Produkte für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung der Verbundwirkung Beton –Beton“ durchgeführt.

Herstellung der Verbundkörper

1. Vorlagerung:

- *Feuchter Untergrund*

Die Prüfkörper wurden für eine Dauer von 48 h unter Wasser bei Raumtemperatur gelagert. Vor dem Aufbringen des Klebers wurde die zu verbindende Fläche für eine Dauer von 15 min bei einer Temperatur von $(21 \pm 2) ^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(60 \pm 10) \%$ in vertikaler Lage aufgestellt, um das freie Wasser ablaufen zu lassen.

- *Grenztemperatur 10°C*

Die Prismenhälften wurden für 48 h bei einer Temperatur von 10°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(75 \pm 10) \%$ r. F. gelagert.

2. Herstellung:

Die Applizierung des Klebstoffes erfolgt 5 min. nach dem Mischen der Komponenten. Direkt nach dem Auftragen des Klebers wurden die beiden Prismenhälften mit Hilfe eines Klemmrahmens so zusammengedrückt, dass eine ca. 1 – 2 mm dicke Klebeschicht entstand.

3. Lagerung:

Die Probekörper lagerten ohne Klemmrahmen für die Dauer von 7 Tagen bei einer Temperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ aushärten gelassen.

Prüfung und Ergebnis:

Im Vierpunktbiegeversuch wird nach 7d mittels Lastverteilungstraverse eine Vertikallast bis zum Bruch aufgebracht.

In den nachfolgenden Tabellen sind die ermittelten Messwerte für Bruchkraft sowie die Versagensart aufgeführt.

Tabelle 8: *Prüfverfahren Festbeton-Festbeton – Feuchte Oberfläche*

Prüfkörper Nr.	Verklebung nach dem Mischen [min]	Bruchlast [kN]	Versagensart [%]		
			A	B	C
1	5	2,71	-	100*	-
2		2,80	-	100*	-
3		2,19	-	100	-
Mittelwert		2,7			

* oberflächennaher Betonbruch

Tabelle 9: Prüfverfahren Festbeton-Festbeton – Grenztemperatur 10 °C

Prüfkörper Nr.	Verklebung nach dem Mischen [min]	Bruchlast [kN]	Versagensart [%]		
			A	B	C
1	5	1,44	-	100	-
2		2,14	-	100	-
3		2,53	-	100	-
Mittelwert		2,0			

Legende:

A: Kohäsionsversagen in der Klebschicht

B: Kohäsionsversagen im Beton

C: Adhäsionsversagen zwischen Kleber und Beton

4.10 Adhäsion

Die Prüfung der Adhäsion für das Prüfverfahren „Festbeton – Festbeton“ wurde gemäß DIN EN 12636 „Produkte für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung der Verbundwirkung Beton –Beton“ durchgeführt.

Herstellung der Verbundkörper

1. *Vorlagerung:*

Die Prismenhälften wurden für 48 h bei einer Temperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(60 \pm 10) \% \text{ r. F.}$ gelagert.

2. *Herstellung:*

Die Applizierung des Klebstoffes erfolgt 5 min. nach dem Mischen der Komponenten. Direkt nach dem Auftragen des Klebers wurden die beiden Prismenhälften mit Hilfe eines Klemmrahmens so zusammengedrückt, dass eine ca. 1 – 2 mm dicke Klebeschicht entstand.

3. *Lagerung:*

Die Probekörper wurden für die Dauer von 7 Tagen bei einer Temperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(60 \pm 10) \% \text{ r. F.}$ gelagert.

Prüfung und Ergebnis:

Im Vierpunktbiegeversuch wird nach 7d mittels Lastverteilungstraverse eine Vertikallast bis zum Bruch aufgebracht.

In den nachfolgenden Tabellen sind die ermittelten Messwerte für Bruchkraft sowie die Versagensart aufgeführt.

Tabelle 10: Bruchlast und Versagensart

Prüfkörper Nr.	Verklebung nach dem Mischen [min]	Bruchlast [kN]	Versagensart [%]		
			A	B	C
1	5	3,16	-	100	-
2		3,35	-	100	-
3		2,83	-	100	-
Mittelwert		3,1			

Legende:

- A: Kohäsionsversagen in der Klebschicht
B: Kohäsionsversagen Beton
C: Adhäsionsversagen zwischen Kleber und Beton

4.11 Dauerhaftigkeit (Wärme und Feuchtigkeit)

Die Bestimmung der Dauerhaftigkeit (Wärme und Feuchtigkeit) erfolgte gemäß DIN EN 13733 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren; Bestimmung der Dauerhaftigkeit von Klebstoffen für konstruktive Zwecke“ nach Temperaturwechselbeanspruchung und Lagerung bei feuchtwarmer Umgebung.

Herstellung der Verbundkörper

1. *Vorlagerung:*
Die Betonwürfel wurden für 48 h bei einer Temperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(60 \pm 10) \% \text{ r. F.}$ gelagert.
2. *Herstellung:*
Die Applizierung des Klebstoffes erfolgt 5 min. nach dem Mischen der Komponenten in der vorgegebenen Schichtdicke von ca. 1 mm auf jeweils eine Fläche von zwei Würfeln. Anschließend wurden die Verbundkörper zusammengefügt.
3. *Lagerung:*
Die Verbundkörper wurden für die Dauer von 28 Tagen bei einer Temperatur von $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(60 \pm 10) \% \text{ r. F.}$ gelagert.

Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt:

- Prüfmaschine: 5000 kN Prüfpresse der Firma MAN gemäß DIN EN 12390-4
- Prüfeinrichtung: gemäß Bild 1a und 1b der DIN EN 13733
- Prüfungsgeschwindigkeit: $(60 \pm 20) \text{ kN/min}$

4.11.1 Temperaturwechselbeanspruchung

Die Durchführung der Beanspruchung erfolgte nach Abschnitt 5.1 der o.g. Norm in einer programmierbaren Klimakammer mit folgendem Zyklus:

- 333 Minuten Lagerung an Luft bei $T = (-25 \pm 2)^\circ \text{C}$
- 27 Minuten Erwärmen an der Luft bei $T = (+55 \pm 2)^\circ \text{C}$
- 333 Minuten Lagerung an Luft bei $T = (+55 \pm 2)^\circ \text{C}$
- 27 Minuten Kühlen an der Luft bei $T = (-25 \pm 2)^\circ \text{C}$

Der o. g. Zyklus wurde 50-mal wiederholt. Anschließend wurden die Probekörper für mindestens 24 Stunden im Klima $(21 \pm 2)^\circ \text{C} / (60 \pm 10)\% \text{ r. F.}$ rekonditioniert (TWB01-3).

Die Konditionierung für Vergleichszwecke erfolgte gemäß DIN EN 13733 Abschnitt 6.1 „Allgemeines“ im Klima $(21 \pm 2)^\circ \text{C} / (60 \pm 10)\% \text{ r. F.}$ (Referenz 1-3).

Tabelle 11: Bruchlast und Versagensart - Temperaturwechselbeanspruchung

Prüfkörper	Druckscherkraft [kN]	Scher- spannung [MPa]	Bruchbild [%]	
			links	rechts
TWBO 1	16,2	0,8	-	70 AK / 30 KB
TWBO 2	83,2	4,2	60 AK / 40 KB	100 AK
TWBO 3	82,5	4,1	-	50 AK / 50 KB
Mittelwert:		3,0	---	
Referenz 1	201,0	10,0	10 AK / 90 KB	20 AK / 80 KB
Referenz 2	100,4	5,0	-	10 AK / 90 KB
Referenz 3	210,1	10,5	10 AK / 90 KB	10 AK / 90 KB
Mittelwert:		12,8	---	

Legende:

AK: Adhäsionsbruch zwischen Kleber und Beton

KK: Kohäsionsbruch Kleber

KB: Kohäsionsbruch Beton

4.11.2 Feuchtwarme Umgebung

Die Durchführung der Beanspruchung erfolgte gemäß DIN EN 13733 Abschnitt 5.2 „*Feuchtwarme Umgebung*“ in einer Klimakammer mit folgenden Parametern:

- Klima: $(+40\pm 2)^{\circ}\text{C} / (95\pm 5) \% \text{ r. F.}$
- Dauer: 6 Monate

Anschließend wurden die Probekörper jeweils für mindestens 24 Stunden im Klima $(21\pm 2)^{\circ}\text{C} / (60\pm 10\% \text{ r. F.})$ rekonditioniert. Im Anschluss an die o. g. Klimabeanspruchungen erfolgte die Prüfung der Scherspannung.

Die Konditionierung für Vergleichszwecke erfolgte gemäß DIN EN 13733 Abschnitt 6.1 „*Allgemeines*“ im Klima $(21\pm 2)^{\circ}\text{C} / (60\pm 10\% \text{ r. F.})$.

Tabelle 12: *Bruchlast und Versagensart – Feuchtwarme Umgebung*

Prüfkörper	Druckscherkraft [kN]	Scherspannung [MPa]	Bruchbild [%]	
			links	rechts
FWU 1	133,4	6,7	-	10 KK / 90 KB
FWU 2	203,3	10,2	100 KB	20 AK / 80 KB
FWU 3	221,1	11,1	100 KB	40 AK / 60 KB
Mittelwert:		9,3	---	
Referenz 1	203,9	10,2	10 AK / 90 KB	20 AK / 80 KB
Referenz 2	161,4	8,1	100 KB	100 KB
Referenz 3	171,4	8,6	100 KB	100 KB
Mittelwert:		9,0	---	

Legende:

AK: Adhäsionsbruch zwischen Kleber und Beton

KK: Kohäsionsbruch Kleber

KB: Kohäsionsbruch Beton

5 ZUSAMMENFASSUNG

Das Polymer Institut wurde von der Schomburg GmbH & Co. GmbH, Detmold, beauftragt, an dem lösemittelfreien, 2-Komp.-Epoxidharzkleber

ASODUR-K 4031

Prüfungen nach dem Prüfprogramm gemäß DIN EN 1504-4 „*Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Kleber für Bauzwecke*“ durchzuführen.

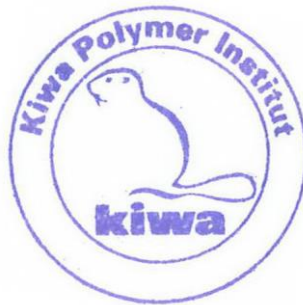
Eine Zusammenfassung der Prüfergebnisse und einer Gegenüberstellung mit den Anforderungen der DIN EN 1504-4 befindet sich im Anhang 1.

Flörsheim-Wicker, 08.06.2017

Die stellvertr. Institutsleiterin



Dipl.-Ing. (FH) N. Machill



Die Sachbearbeiterin



B. Eng. (FH) S. Schmidt

Anhang 1

Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Anforderungen der DIN EN 1504-4, Tabelle 3.2

Leistungsmerkmal	Einheit	Ergebnis	Anforderung
Druckfestigkeit	[MPa]	71,0	≥ 30
Scherfestigkeit	[MPa]	22,4	≥ 6
Offenzeit	[min]	100	deklariertes Wert $\pm 20 \%$
Verarbeitbarkeitsdauer (Topfzeit) → Starttemperatur: 10 °C 21 °C 30 °C	[min]	48 44 23	deklariertes Wert
Elastizitätsmodul bei Druck	[MPa]	5.000	≥ 2.000
Glasübergangstemperatur	[°C]	40,7	≥ 40
Wärmeausdehnungskoeffizient → Temperaturbereich: -20,0 ≤ T ≤ +23,0 °C -20,0 ≤ T ≤ +40,0 °C +23,0 ≤ T ≤ +40,0 °C	[1/°C]	36,9 x 10⁻⁶ 41,7 x 10⁻⁶ 53,8 x 10⁻⁶	$\alpha_T \leq 100 \times 10^{-6}$
Gesamtschrumpf von Klebern	[%]	0,072	$s_{\text{soll}} \leq 0,1 \%$
Verwendbarkeit und Erhärtung unter besonderen Umweltbedingungen - Feuchter Untergrund - Grenztemperatur 10°C	- -	100 % Bruch im Beton 100 % Bruch im Beton	Bruch im Beton
Adhäsion	-	100 % Bruch im Beton	Kohäsionsbruch im Beton
Dauerhaftigkeit (Wärme und Feuchtigkeit) - Temperaturwechselbeanspruchung - Feuchtwarme Umgebung	[MPa] [MPa]	3,0 9,3	die Druckscherbeanspruchung beim Bruch darf nicht geringer sein als die Zugfestigkeit des Festbetons. *

* Oberflächenzugfestigkeit gemäß DIN EN 1766 für den Referenzbeton Typ MC (0,40) = 3,0 N/mm²