

MFPA Leipzig GmbH

Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für
Baustoffe, Bauprodukte und Bausysteme

Geschäftsbereich III - Baulicher Brandschutz

Dipl.-Ing. Michael Juknat

**Arbeitsgruppe 3.2 - Brandverhalten von Bauarten und
Sonderkonstruktionen**

M.Eng. C. Kramer

Telefon +49 (0) 341-6582-176

c.kramer@mfpa-leipzig.de

Prüfbericht Nr. PB 3.2/20-156-1

vom 13. November 2020

1. Ausfertigung

Gegenstand: Feuerwiderstandsprüfung zur Bewertung des Raumabschlusses und des Isolationskriteriums an einem 200 mm dicken Stahlbetonwandausschnitt mit dem beidseitigen Verschluss der Aussparungen (Schalungsspreizen) bzw. Zementrohrdurchführungen mit STOPPER SCREW. Die Prüfung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1364-1: 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1: 2020-05 bei einer einseitigen Brandbeanspruchung durch die Einheits-temperaturzeitkurve (ETK).

Auftraggeber: Mastertec GmbH & Co. KG
Gewerbegebiet Unterhaid
Im Maintal 13
96173 Oberhaid

Auftragsdatum: 13. Juli 2020

Probenherstellung: 15. Juli 2020

Probenentnahme: Nicht amtlich

Prüfdatum: 14. Oktober 2020

Bearbeiter: C. Kramer, M.Eng.

Dieser Prüfbericht umfasst 6 Seiten und 4 Anlagen.

Dieses Dokument darf nur ungekürzt vervielfältigt und veröffentlicht werden. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFPA Leipzig GmbH.



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-11021-01-00

Durch die DAKKS GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Urkunde kann unter
www.mfpa-leipzig.de eingesehen werden.

Nach Landesbauordnung (SAC02) anerkannte und nach
Bauproduktenverordnung (NB 0800) notifizierte PÜZ-Stelle.

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das
Bauwesen Leipzig mbH (MFPA Leipzig GmbH)

Sitz: Hans-Weigel-Str. 2b – 04319 Leipzig/Germany
Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Frank Dehn
Handelsregister: Amtsgericht Leipzig HRB 17719
USt-Id Nr.: DE 813200649
Tel.: +49 (0) 341-6582-0
Fax: +49 (0) 341-6582-135



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines und Anforderungen.....	3
2	Probekörper und Baustoffe	3
3	Beschreibung der Prüfanordnung	4
4	Prüfbeobachtungen.....	4
5	Prüfergebnisse	5
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen in Anlehnung an DIN EN 13501-2:2019-05	6
7	Bemerkung gem. DIN EN 1363-1:2020-05, Abs. 12.1.....	6
8	Anlagenverzeichnis	6

1 Allgemeines und Anforderungen

Am 13. Juli 2020 beauftragte die Firma Mastertec GmbH & Co. KG die MFWA Leipzig GmbH mit der Durchführung eines Brandversuchs an einem 200 mm dicken Stahlbetonwandausschnitt mit dem beidseitigen Verschluss der Aussparungen (Schlaungsspreizen) bzw. Zementrohrdurchführungen mit STOPPER SCREW. Ziel der Prüfung war es, den Raumabschluss und das Durchwärmungsverhalten im Bereich der eingebauten Verschlüsse nachzuweisen. Geprüft wurde in Anlehnung an DIN EN 1364-1: 2015-09 bei einer einseitigen Brandbeanspruchung durch die Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) nach DIN EN 1363-1: 2020-05.

Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse, für das hier beschriebene spezifische Bauteil, nachdem dieses in Anlehnung an DIN EN 1364-1:2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1:2020-05 geprüft wurde. Jede wesentliche Abweichung von der geprüften Konstruktion, hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Materialien, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen oder Befestigungsmitteln, ist durch diesen Prüfbericht nicht abgedeckt.

Der Brandversuch wurde in der Brandprüfstelle der MFWA Leipzig GmbH, MFWA-Allee 1, 04509 Laue bei Delitzsch durchgeführt.

2 Probekörper und Baustoffe

Für die Brandprüfung wurde am 15. Juli 2020 ein Stahlbetonprobekörper durch die MFWA Leipzig GmbH hergestellt. In diesem Probekörper mit den Abmessungen 1500 mm x 1500 mm x 200 mm (h x b x d) wurden jeweils acht Aussparungen und Zementrohrdurchführungen mit verschiedenen Durchmesser verbaut. Zum Herstellen der Aussparungen wurden von Auftraggeber bereitgestellte Kunststoffzylinder in der Schalung verbaut, welche bereits ca. 6 Stunden nach der Betonage wieder entfernt wurden. Die genaue Anordnung der Durchführungen kann Anlage 2 entnommen werden.

Die zum beidseitigen Verschluss der Aussparungen und Zementrohrdurchführungen verwendeten Produkte vom Typ STOPPER SCREW sind in folgender Tabelle 1 aufgeführt. Alle weiteren verwendeten Produkte werden in separaten Prüfberichten aufgeführt.

Tabelle 1 Verwendete Produkte

Variante	Produkt	Loch Ø	Herstellung
1A	Stopper Screw Typ 1 in	22,0 mm	Faserzementröhrchen
1B	Stopper Screw Typ 1 in	22,0 mm	Faserzementröhrchen
2A	Stopper Screw Typ 5 in	28,0 mm	Aussparung im Beton
2B	Stopper Screw Typ 5 in	28,0 mm	Aussparung im Beton
4A	Stopper Screw Typ 3 in	17,5 mm	Aussparung im Beton
4B	Stopper Screw Typ 3 covered	17,5 mm	Aussparung im Beton
6A	Stopper Screw Typ 5 covered	28,0 mm	Aussparung im Beton
6B	Stopper Screw Typ 5 covered	28,0 mm	Aussparung im Beton
7A	Stopper Screw Typ 1 covered	22,0 mm	Faserzementröhrchen
7B	Stopper Screw Typ 1 covered	22,0 mm	Faserzementröhrchen

Die Geometrien und der Einbau der verwendeten Produkte vom Typ STOPPER SCREW ist dem beigefügten Datenblatt in Anlage 1 zu entnehmen.

Als Beton wurde ein handelsüblicher Beton der Festigkeitsklasse C25/30 verwendet. Die mittlere Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen beträgt $f_{c,cube} = 39,1 \text{ N/m}^2$ und wurde im Prüfbericht PB 1.1/20-230-1 ermittelt. Durch die ausreichende Konditionierung von 91 Tagen entsprachen die Festigkeit und der Feuchtigkeitsgehalt zum Zeitpunkt der Prüfung annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

3 Beschreibung der Prüfanordnung

Die Produkte zum Verschließen der Öffnungen im dem 200 mm dicken Stahlbetonwandausschnitt wurden am 02. September 2020 vom Auftraggeber in der Brandprüfstelle der MFWA Leipzig GmbH in die 16 Durchführungen des Stahlbetonprobekörpers eingebaut. Anschließend wurde der Stahlbetonprobekörper mittig in eine Porenbetonwand eingemauert und als Gesamtkonstruktion vor die vertikale Öffnung des großen Wandprüfstands der MFWA Leipzig GmbH gestellt und gegen Herausfallen gesichert. Somit diente er als vertikaler Raumabschluss im Prüfofen.

Die Abdichtung des Brandraumes erfolgte an den Rändern des Probekörpers mit nichtbrennbarer Mineralwolle (Schmelzpunkt > 1000 °C).

Die Brandprüfung zur Beurteilung der Feuerwiderstandsdauer wurde in Anlehnung an DIN EN 1364-1:2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1:2020-05 durchgeführt.

Zum Nachweis der Temperaturen im Brandraum wurden acht Platten-Thermoelemente (Typ NiCr-Ni, Typ K gem. DIN EN 1363-1:2020-05), die der Steuerung der Brandraumtemperatur dienten, gemäß DIN EN 1363-1:2020-05 - 100 mm vor der Tragkonstruktion installiert.

Zum Nachweis der Temperaturen auf der brandabgewandten Seite des Stahlbetonwandausschnittes wurden fünf Scheibenthermoelemente in den Viertelpunkten und der Mitte des Probekörpers gemäß DIN EN 1363-1:2020-05, Abschnitt 4.5.1.2 in Verbindung mit DIN EN 1364-1:2015-09 installiert. Zusätzlich wurden jeweils drei Thermoelemente auf bzw. um die Verschlussstopfen angebracht. Des Weiteren wurde ein mobiles Handelement zur Verwendung bereitgestellt.

Zur Messung der Temperatur innerhalb der Prüfkonstruktion wurden jeweils zwei Thermoelemente mittig an den Zementrohrdurchführungen bzw. den Kunststoffzylindern angebracht.

In Anlage 2 zu diesem Prüfbericht sind der Aufbau sowie die Anordnung der Messstellen der Prüfkonstruktion dargestellt.

Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1:2020-05, Abschnitt 4.5.2 mit Differenzdruck-Messumformern $PU \pm 100$ Pa im Abstand $a = 100$ mm von der Ofenwandung und der Oberkante der Prüfkonstruktion entfernt.

Die Umgebungstemperatur wurde seitlich in etwa 1 m Entfernung vom Probekörper in dessen Ebene ermittelt.

Alle Brandraumtemperaturen, der Druck im Brandraum sowie die Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 Sekunden gemessen und registriert.

4 Prüfbeobachtungen

Die während der Brandprüfung ermittelten Oberflächentemperaturen auf der feuerabgewandten Seite, die Brandraumtemperatur und der Druck im Brandraum können der Anlage 4 entnommen werden. Die Beobachtungen während der Brandprüfung sind in der Tabelle 2 und in einer Fotodokumentation in Anlage 3 zusammengefasst.

Tabelle 2 Beobachtungen während der Brandprüfung am 14. Oktober 2020

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite ¹⁾
00:00	Beginn der Prüfung	-
04:00	Var. 1, 2,, 4A: Gummi der Stopfen quillt hervor	F
07:30	Var. 6: Gummi der Stopfen quillt hervor	F
20:00	Var. 1, 2, 4: Wasseraustritt aus den Durchführungen	F
22:00	Var. 1B, 7B & Pfeiferhülsen: Wasseraustritt im Bereich der Durchführungen	FA
243:00	Beendigung der Prüfung in Abstimmung mit dem Auftraggeber	-

¹⁾ F = Feuerseite

FA = Feuerabgewandte Seite

5 Prüfergebnisse

Am 14. Oktober 2020 wurde durch die MFGPA Leipzig GmbH im Auftrag der Mastertec GmbH & Co. KG eine Feuerwiderstandsprüfung an dem in Abschnitt 2 und Abschnitt 3 beschriebenen Probekörper in Anlehnung an DIN EN 1364-1: 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1:2020-05 zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer durchgeführt. Die Prüfergebnisse dieser Feuerwiderstandsprüfung sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3 Messergebnisse hinsichtlich der Temperaturerhöhungen der verschiedenen Verschlüsse und an der Oberfläche des 200 mm dicken Stahlbetonwandausschnitts

Variante	Messstellen	Nachgewiesener Raumabschluss E-Kriterium		max. Temperaturerhöhung in [K]						Überschreiten von 180 K I-Kriterium [min]	Nachgewiesene Feuerwiderstandsdauer [min]
		Anhaltende Flammenbildung [min]	Entzündung eines Wattlebauschs [min]	zum Zeitpunkt in Minuten				max. Messwert [K]	Zeitpunkt [min]		
				90	120	180	240				
1A	1-3	-	-	43	66	84	103	106	246	-	240
1B	1-3	-	-	48	64	81	97	99	246	-	240
2A	1-3	-	-	57	69	87	111	113	243	-	240
2B	1-3	-	-	57	69	87	114	118	246	-	240
4A	1-3	-	-	55	69	86	121	125	246	-	240
4B	1-3	-	-	58	71	89	117	121	246	-	240
6A	1-3	-	-	54	67	84	111	113	246	-	240
6B	1-3	-	-	54	67	82	108	110	246	-	240
7A	1-3	-	-	51	66	83	103	107	246	-	240
7B	1-3	-	-	62	66	78	100	103	246	-	240
Ungestörte Wandoberfläche	1-5	-	-	57	71	89	114	117	246	-	240

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen in Anlehnung an DIN EN 13501-2:2019-05

Aufgrund der in der Tabelle 3 aufgeführten Prüfergebnisse über eine Dauer vom Beginn der Beflammung bis zum Zeitpunkt der Beendigung der Prüfung nach 243 Minuten kann für die geprüften Verschlüsse der Durchführungen hinsichtlich des Raumabschlusses und der Wärmedämmung bei einseitiger Brandbeanspruchung durch die ETK empfohlen werden, diese in Abhängigkeit der erreichten Feuerwiderstandsdauer **EI 240** in Anlehnung an die Klassifizierungsnorm DIN EN 13501-2:2019-05 einzustufen.

In der Brandprüfung wurden die kleinste und die größte Variante der STOPPER SCREW verbaut und prüftechnisch nachgewiesen. Somit ist eine Übertragung der Ergebnisse auf die Zwischengrößen bei gleicher Feuerwiderstandsdauer möglich.

7 Bemerkung gem. DIN EN 1363-1:2020-05, Abs. 12.1

Dieser Prüfbericht beschreibt ausführlich das Montageverfahren, die Prüfbedingungen und die Ergebnisse, die mit dem hier beschriebenen spezifischen Bauteil erzielt wurden, nachdem dieses nach dem in DIN EN 1363-1:2020-05 dargestellten Verfahren geprüft wurde. Jede wesentliche Abweichung hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen außer den Abweichungen, die im betreffenden Prüfverfahren für den direkten Anwendungsbereich zulässig sind, ist nicht durch diesen Prüfbericht abgedeckt.

Aufgrund der Eigenart der Prüfungen der Feuerwiderstandsdauer und der daraus folgenden Schwierigkeiten bei der Quantifizierung der Unsicherheit bei der Messung der Feuerwiderstandsdauer ist es nicht möglich, einen festgelegten Genauigkeitsgrad des Ergebnisses anzugeben.

Die Ergebnisse der Prüfungen beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. Dieses Dokument ersetzt keinen Konformitäts- oder Verwendbarkeitsnachweis im Sinne der Bauordnungen (national/europäisch).

Leipzig, den 13. November 2020


Dipl.-Ing. M. Juknat
Geschäftsbereichsleiter




M.Eng. C. Kramer
Prüfingenieur

Zugehörige Dokumente:

Prüfbericht PB 1.1/20-230-1 vom 03. November 2020 von der MFWA Leipzig GmbH

8 Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Datenblatt der verwendeten Produkte (von Auftraggeber zur Verfügung gestellt)
- Anlage 2 Messstellenplan
- Anlage 3 Fotodokumentation zum Brandversuch
- Anlage 4 Grafische Auswertung der Messergebnisse

Anlage 1 Datenblatt der verwendeten Produkte (von Auftraggeber zur Verfügung gestellt)


STOPPER SCREW

Geschraubte Innenabdichtungen für den druckwasser- und gasdichten Verschluss von Schalungsspannstellen


■ Druckwasserdicht bis 50 m Wassersäule
■ Radondicht

Lieferprogramm


Art.-Nr.	Bezeichnung	Innendurchmesser Spannstelle	VPE	Gewicht
046230	STOPPER SCREW Typ 3 in Gesamtlänge: 65 mm	17 bis 19,5 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	2,60 kg 100 Stück
046240	STOPPER SCREW Typ 4 in Gesamtlänge: 65 mm	19,5 bis 22 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	3,10 kg 100 Stück
046210	STOPPER SCREW Typ 1 in Gesamtlänge: 65 mm	21,5 bis 23 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	3,55 kg 100 Stück
046220	STOPPER SCREW Typ 2 in Gesamtlänge: 65 mm	22,3 bis 25,4 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	3,80 kg 100 Stück
046250	STOPPER SCREW Typ 5 in Gesamtlänge: 65 mm	25 bis 28 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	4,55 kg 100 Stück
046330	STOPPER SCREW Typ 3 covered Abdeckplatte: 28 mm Gesamtlänge: 65 mm	17 bis 19,5 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	3,70 kg 100 Stück
046340	STOPPER SCREW Typ 4 covered Abdeckplatte: 28 mm Gesamtlänge: 65 mm	19,5 bis 22 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	4,60 kg 100 Stück
046310	STOPPER SCREW Typ 1 covered Abdeckplatte: 28 mm Gesamtlänge: 65 mm	21,5 bis 23 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	4,70 kg 100 Stück
046320	STOPPER SCREW Typ 2 covered Abdeckplatte: 32 mm Gesamtlänge: 65 mm	22,3 bis 25,4 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	4,95 kg 100 Stück
046350	STOPPER SCREW Typ 5 covered Abdeckplatte: 32 mm Gesamtlänge: 65 mm	25 bis 28 mm	100 Stk. inkl. 2 Bits	6,10 kg 100 Stück
046170	Reinigungsbürste für Rohr 21,5 - 26 mm		1 Stück	0,11 kg Stück
046181	STOPPER SCREW Positionierungshilfe		1 Stück	0,27 kg Stück




STOPPER SCREW
Typ 1 in



STOPPER SCREW
Typ 1 covered



Zentrierkralle
Dichtungsgummi
Gesamtlänge 65 mm



Schraube und Zentrierplatte Edelstahl






Bild A1-1 Datenblatt der Stopper Screw

Einbau

Montagewerkzeug

Für die Montage wird benötigt:

- Reinigungsbürste
- Akkuschrauber $\geq 14,7$ V Leistung
- Bithalter für Akkuschrauber
- Hammer zum Einführen und Positionieren



Vorbereitung Spannstelle

Reinigen der Spannstellen-Innenseite. Lose Bestandteile und Staub vor der Montage des STOPPER SCREW Typ in entfernen.



Einführen

Den STOPPER SCREW Typ in in die abzudichtende, gereinigte Spannstelle einführen. Hierfür die Krallen des STOPPER SCREW Typ in so ansetzen, dass sich alle 4 Krallenenden innerhalb der Lichte der Spannstelle befinden. Mit einem Hammerschlag auf die Druckscheibe rutscht die Kralle in die Spannstelle und zentriert sich.



Positionieren

Den STOPPER SCREW Typ in entsprechend der gewünschten Positionierung in die Spannstelle schieben bzw. einklopfen. Für einen bündigen Abschluss, nach dem Anziehen, muss der unverschraubte STOPPER ca. 7 mm aus der Spannstelle ragen.



Alternativ mit STOPPER SCREW Positionierungshilfe

Die Verwendung der STOPPER SCREW Positionierungshilfe erleichtert diese Positionierung durch die stirnseitige Vertiefung enorm.



Anziehen

Die Schraube des STOPPER SCREW Typ in mittels Akkuschrauber anziehen. Geschwindigkeitsstufe 1 verwenden. Ein zu starkes Anziehen ist aufgrund der integrierten Anzugsbeschränkung nicht möglich. Ein Akkuschrauber der 14,7 V Leistungsklasse erreicht bei Maximallast einen Anzug von 4 Nm. Mit diesem Anzugsmoment wurde die Druckprüfung durchgeführt.



YouTube



STOPPER SCREW in



Bündiger Verschluss bei Mauerstärken mit Dichtlippe.



Bündiger Verschluss bei Mauerstärken mit Konus.

STOPPER SCREW covered

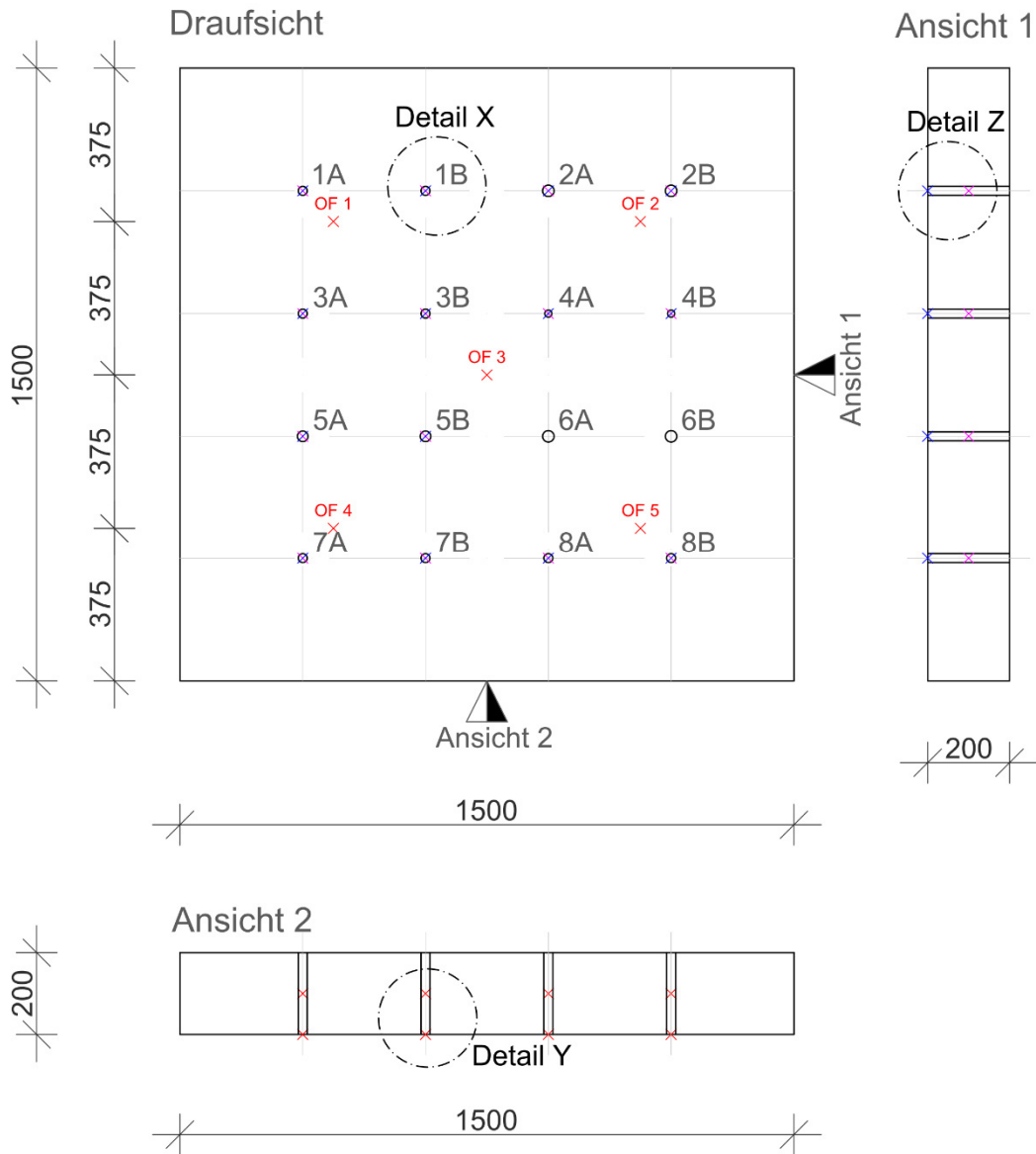


Verschluss Mauerstärke mit Dichtlippe



Verschluss Mauerstärke mit Konus

Anlage 2 Messstellenplan



OF1...5 Oberflächen-Thermoelemente
 OF1A1...OF8B3 Oberflächen-Thermoelemente
 1A1...8B2 Perlen-Thermoelemente

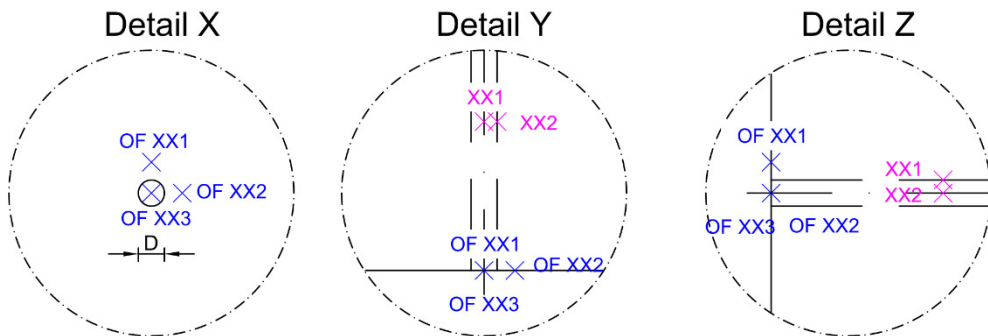


Bild A2-1 Anordnung der Messstellen

Anlage 3 Fotodokumentation zum Brandversuch

Betonage und Einbau der Verschlüsse

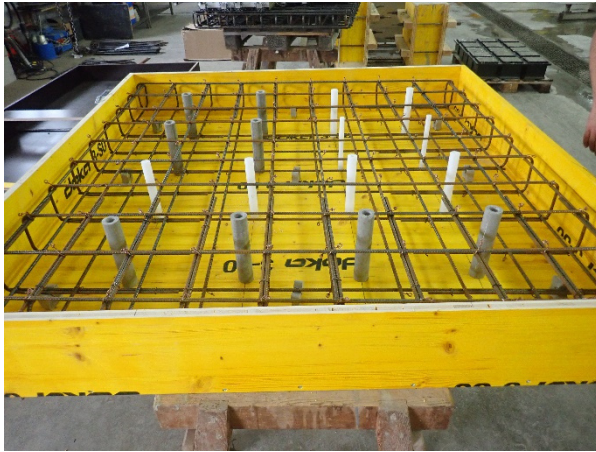


Bild A3-1 Bewehrungskorb mit den Kunststoffzylindern und Zementrohrdurchführungen

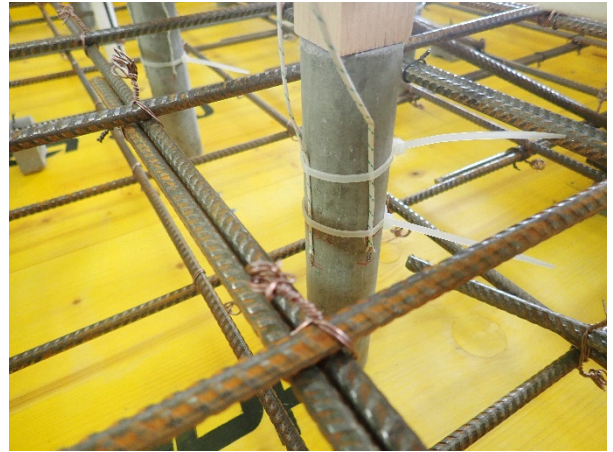


Bild A3-2 Installation der Thermoelemente an den Zementrohrdurchführungen

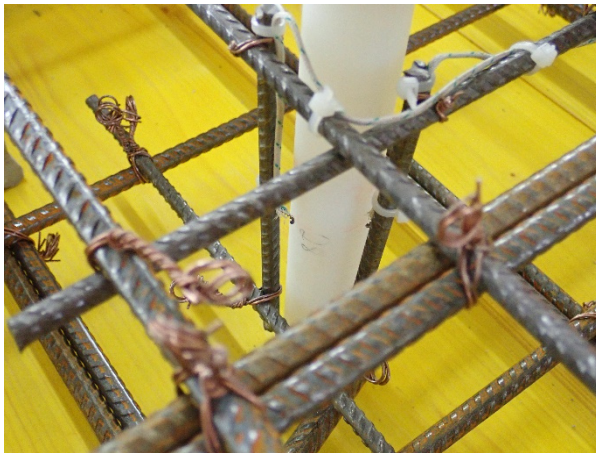


Bild A3-3 Installation der Thermoelemente an den Kunststoffzylindern



Bild A3-4 Vollständig verschraubte Stopper Screw in



Bild A3-5 Verschrauben einer Stopper Screw covered



Bild A3-6 Fertig eingebauter Probekörper von der brandzugewandten Seite

Durchführung der Brandprüfung



Bild A3-7 Blick auf die brandabgewandte Seite zum Start der Prüfung – 1. Minute



Bild A3-8 Blick in den Brandraum – 2. Minute



Bild A3-9 Verkohlen des direkt sichtbaren Gummis – 6. Minute



Bild A3-10 Teilweise Herausquellen des Gummis – 8. Minute



Bild A3-11 Wasseraustritt aus den Durchführungen – 22. Minute



Bild A3-12 Blick in den Brandraum – 57. Minute

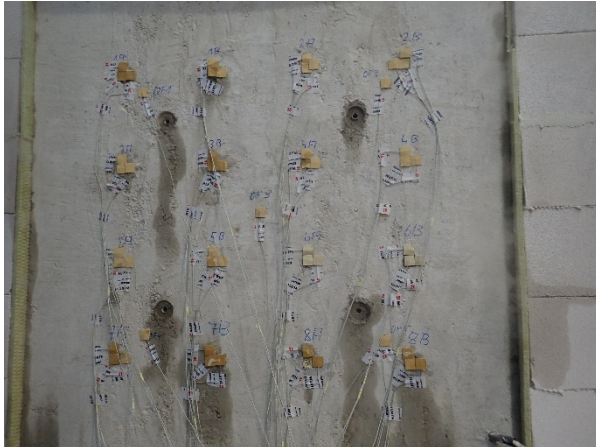


Bild A3-13 Wasseraustritt auf der brandabgewandten Seite – 69. Minute



Bild A3-14 Blick in den Brandraum – 133. Minute



Bild A3-15 Blick auf die brandabgewandte Seite – 241. Minute

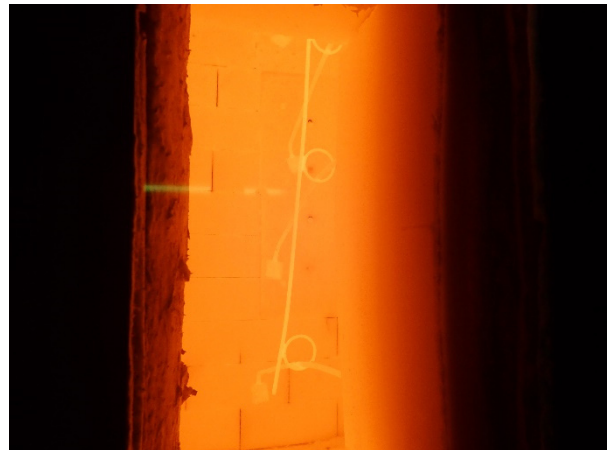


Bild A3-16 Blick in den Brandraum zum Ende der Brandprüfung, linke Seite – 244. Minute



Bild A3-17 Blick in den Brandraum zum Ende der Brandprüfung, rechte Seite – 244. Minute

Schadensaufnahme



Bild A3-18 Ansicht des Probekörpers von der brandzugewandten Seite nach der Brandprüfung



Bild A3-19 Ansicht des Probekörpers von der brandabgewandten Seite nach der Brandprüfung

Anlage 4 Grafische Auswertung der Messergebnisse

Diagramm A4.1 Mittelwert der Brandraumtemperatur

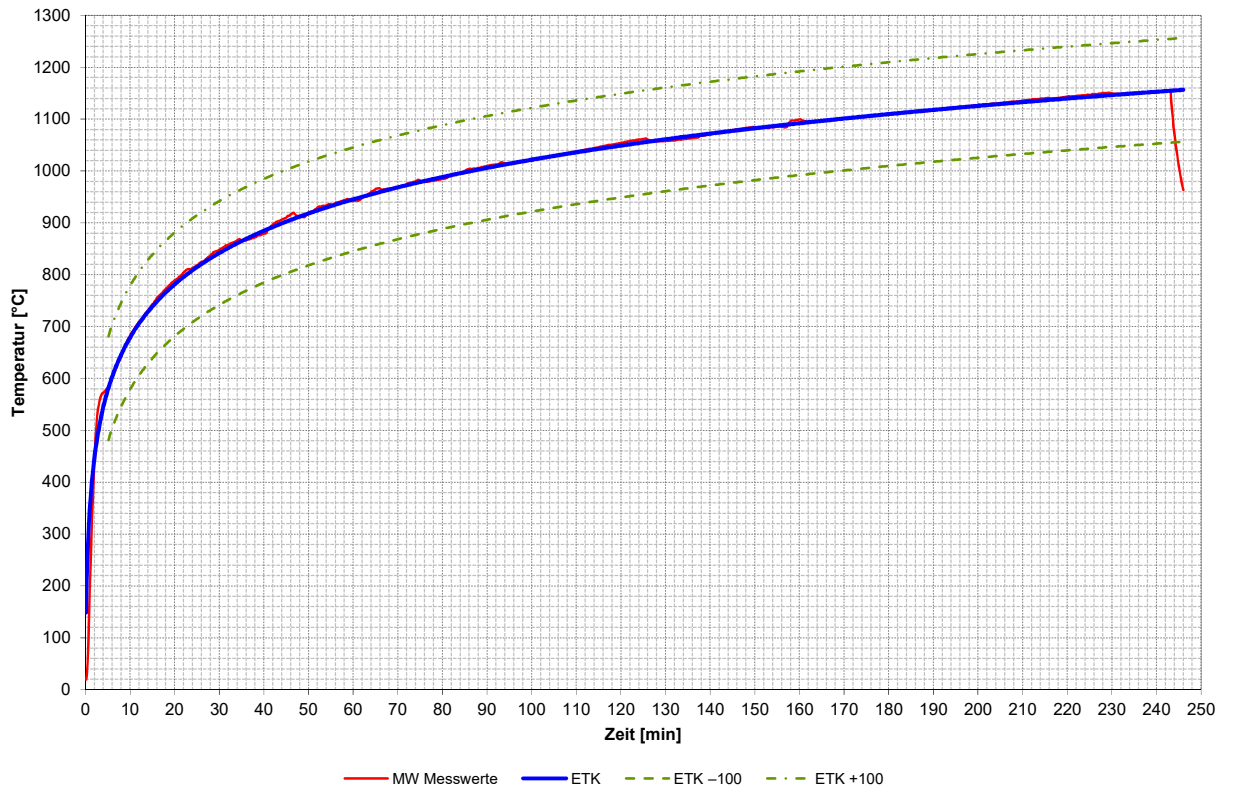


Diagramm A4.2 Abweichung der Temperaturen vom Integral der ETK

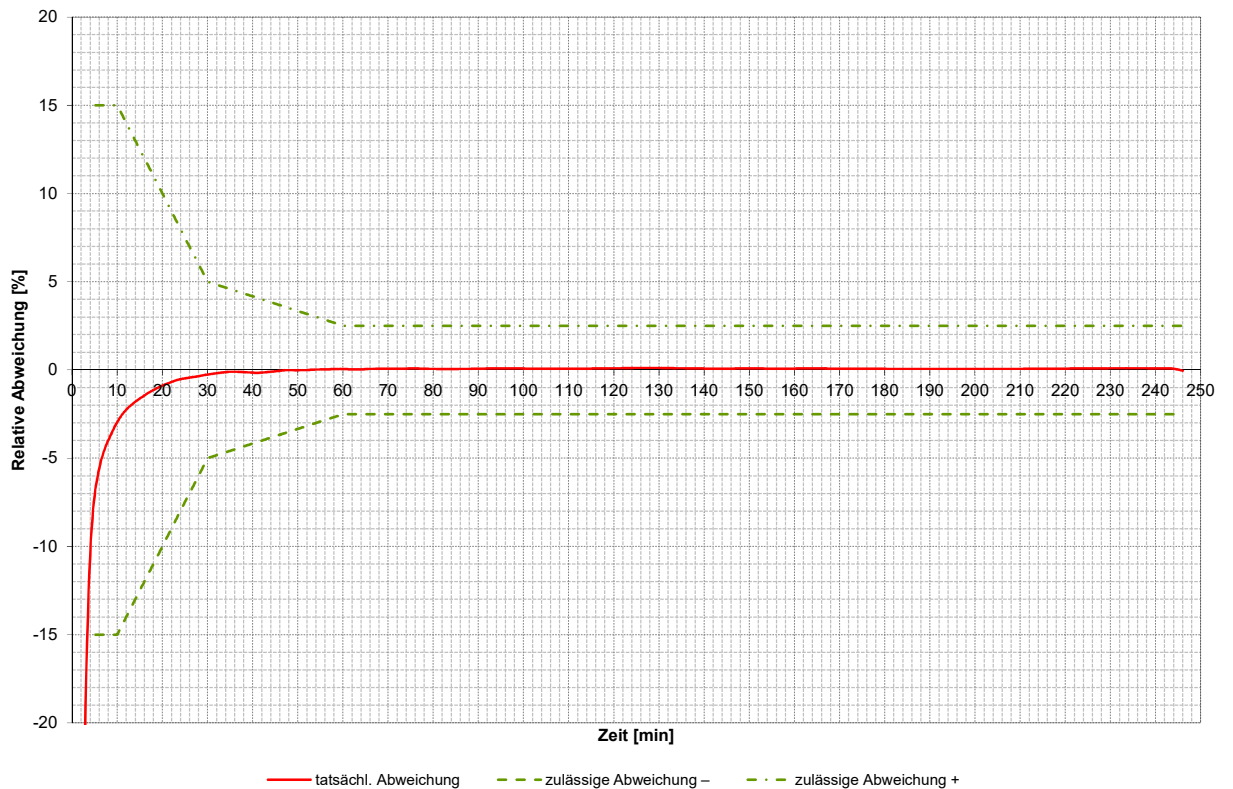


Diagramm A4.3 Einzelwerte der Brandraumtemperatur

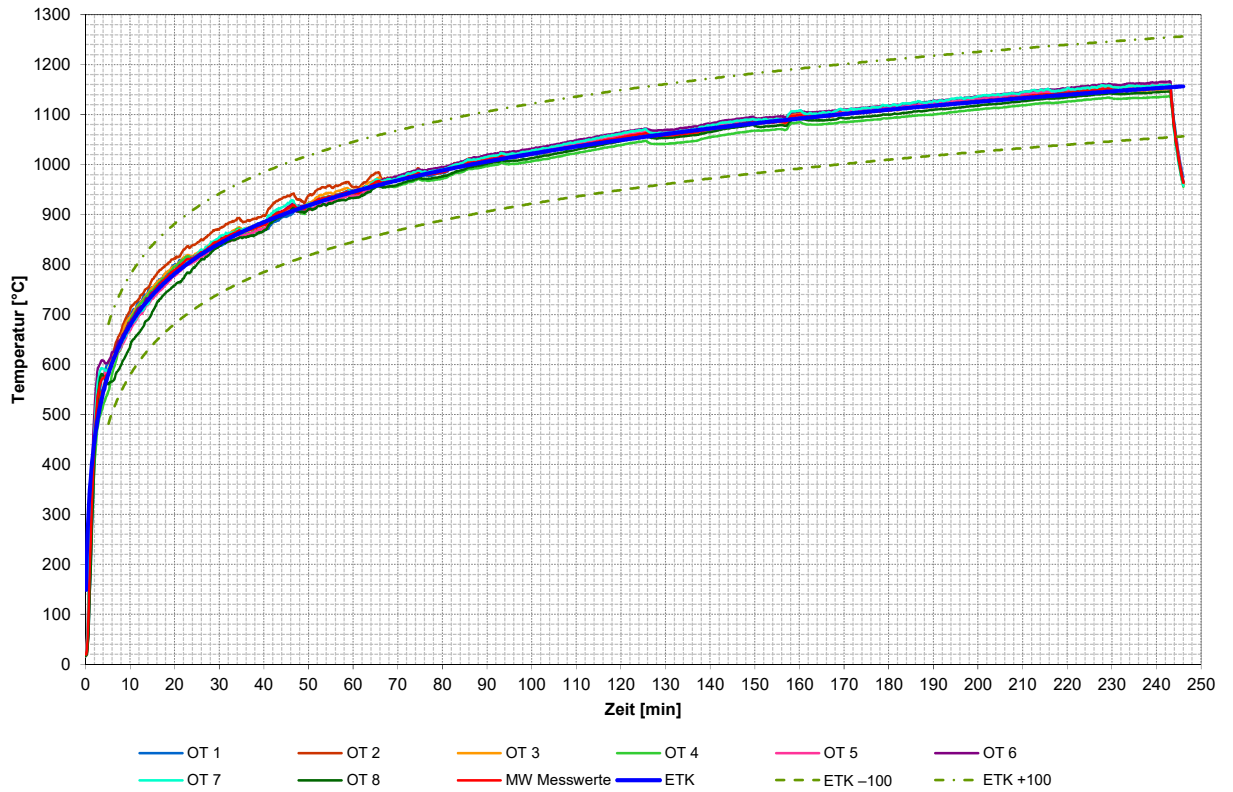


Diagramm A4.4 Brandraumdruck

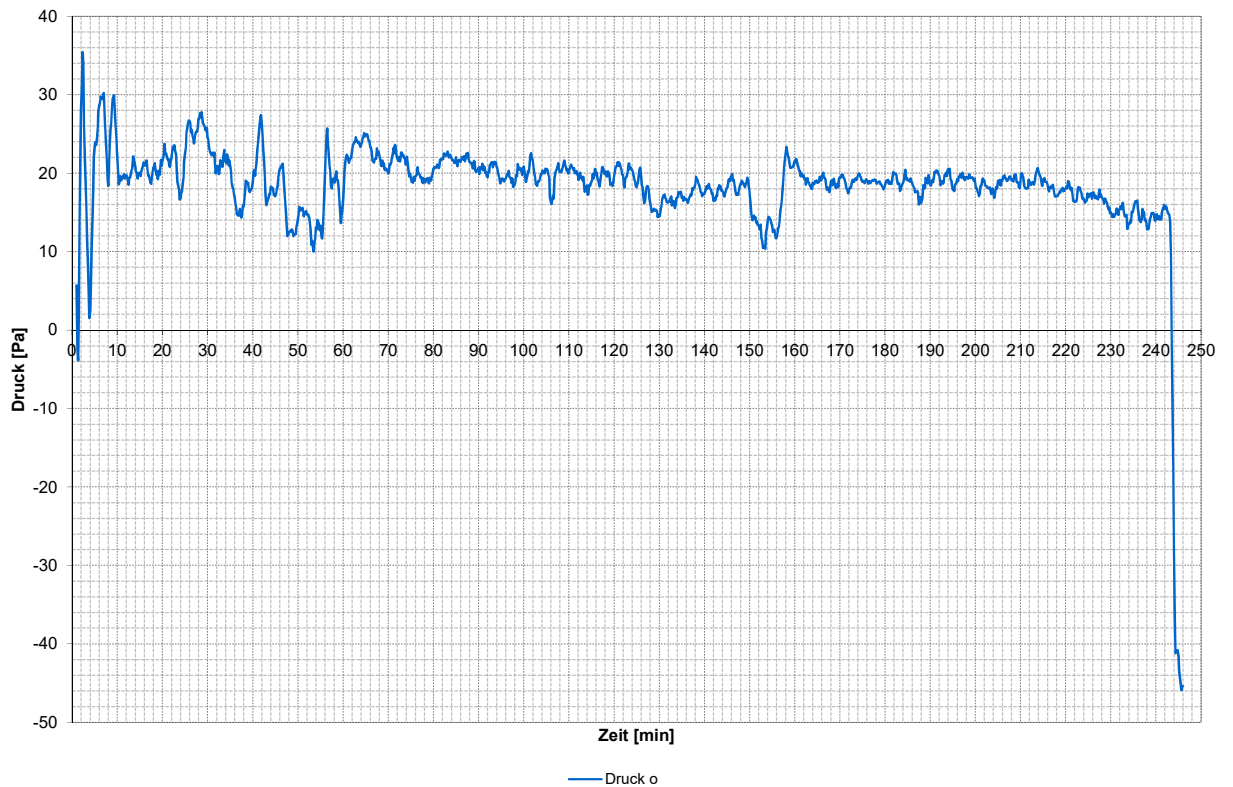


Diagramm A4.5 Raumtemperatur

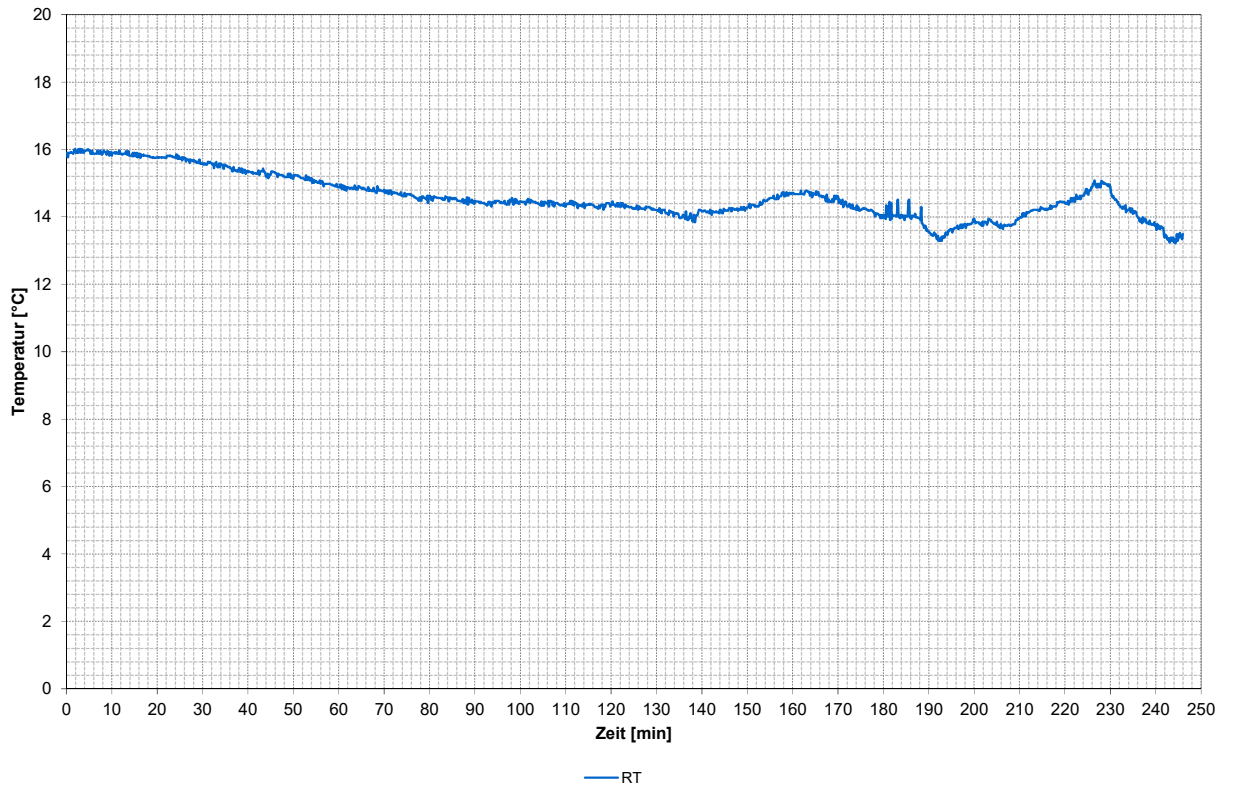


Diagramm A4.6 Oberflächentemperaturen auf der ungestörten Betonwand

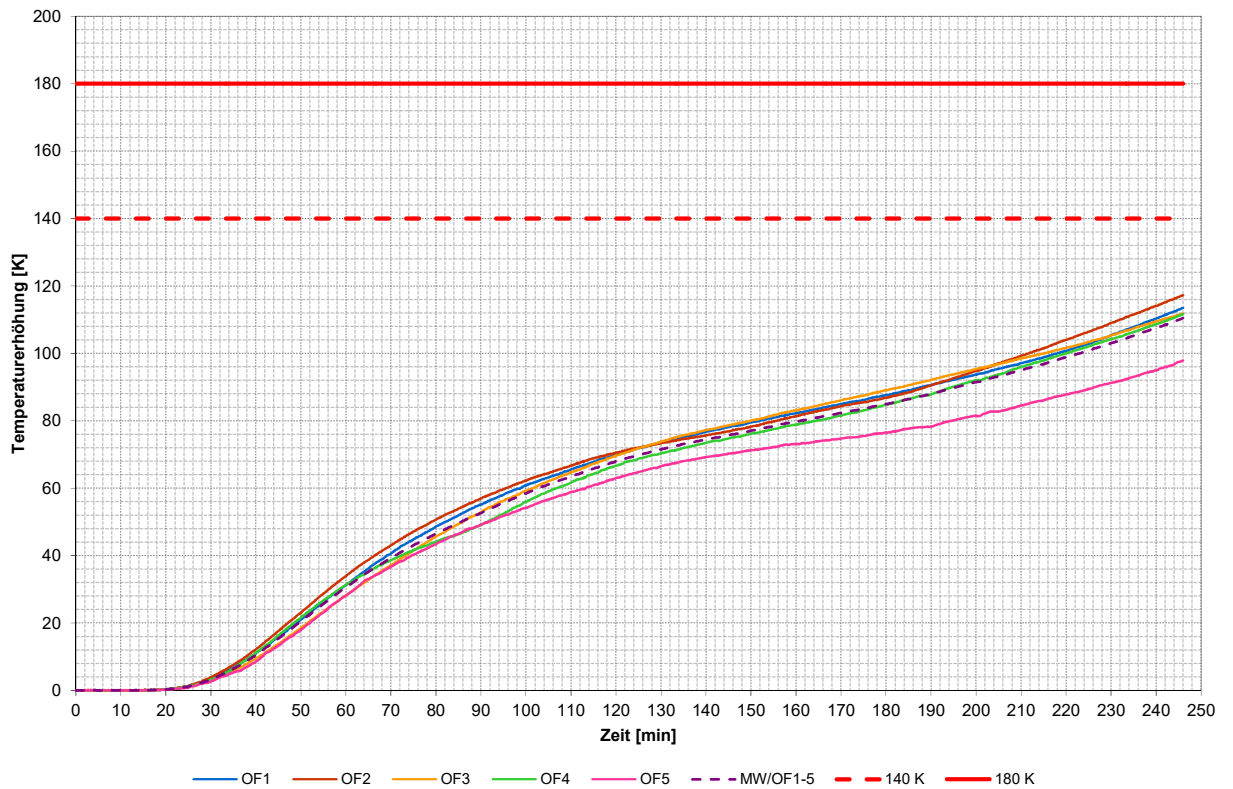


Diagramm A4.7 Oberflächentemperaturen an Variante 1

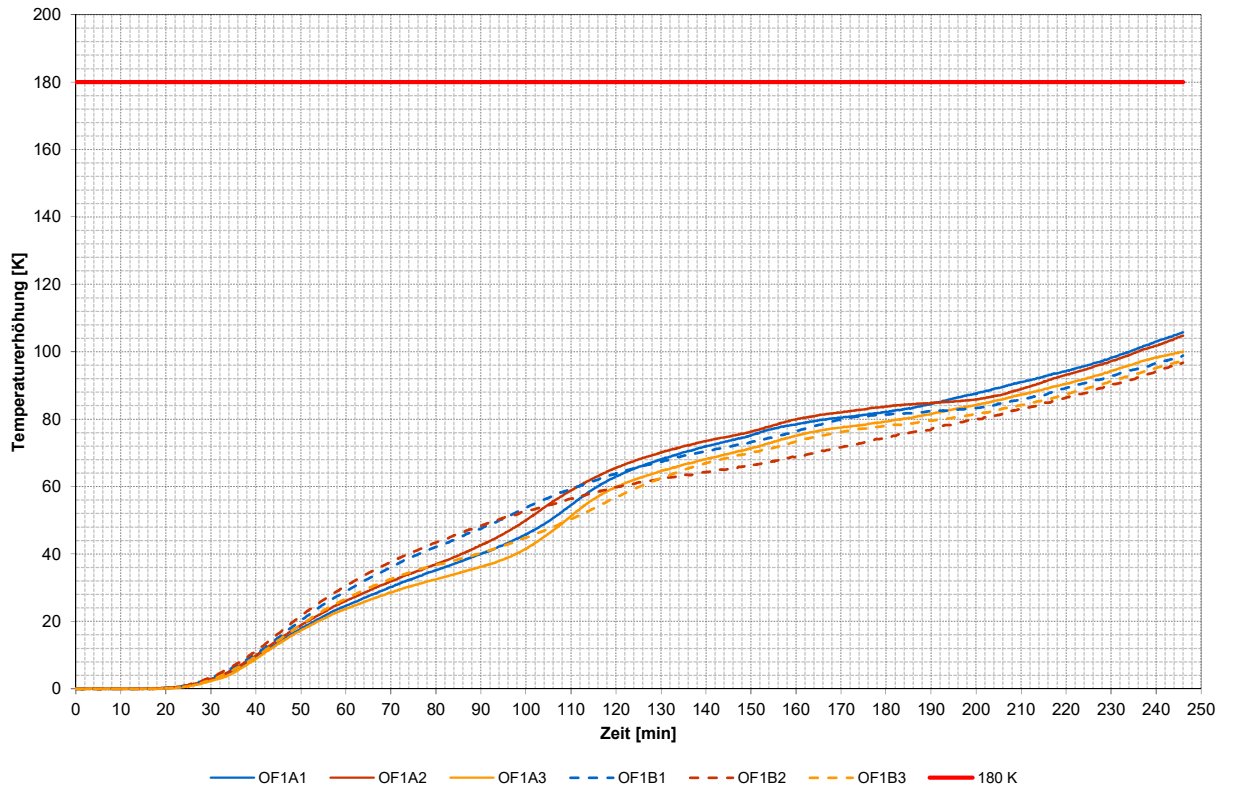


Diagramm A4.8 Oberflächentemperaturen an Variante 2

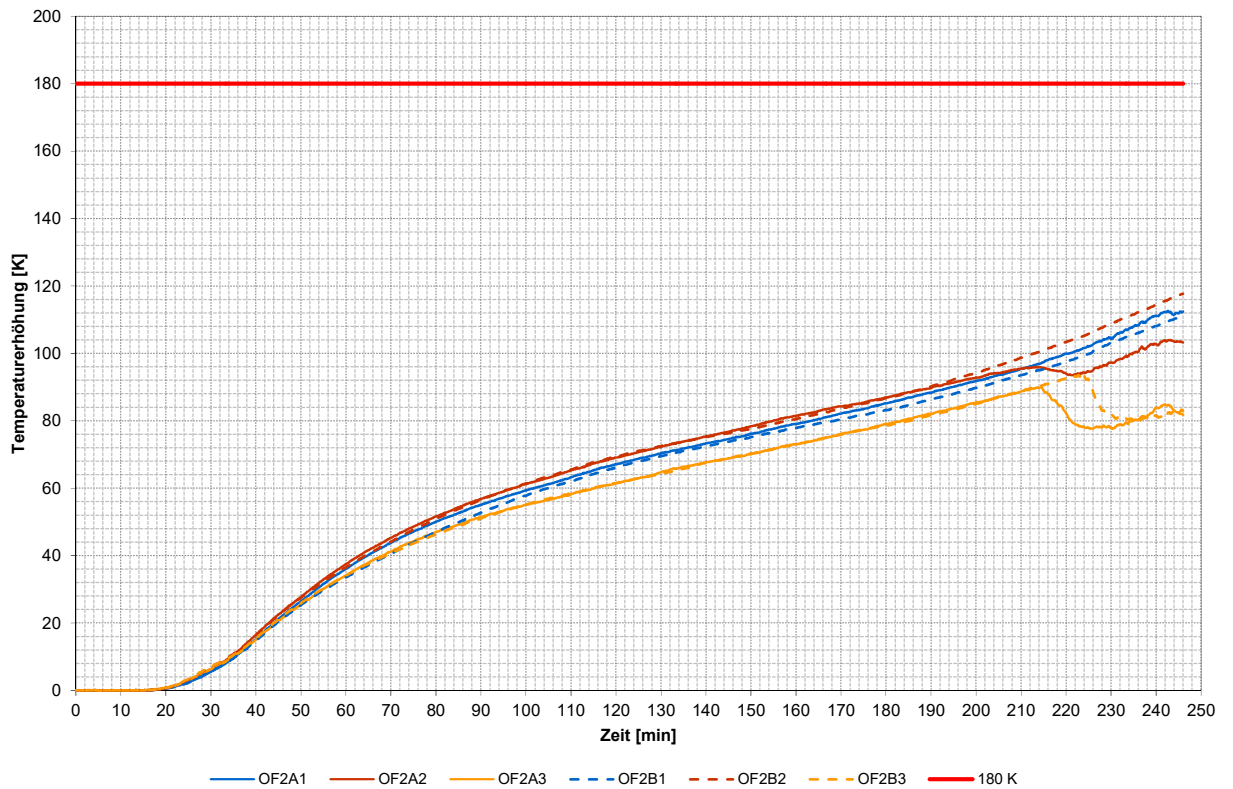


Diagramm A4.9 Oberflächentemperaturen an Variante 4

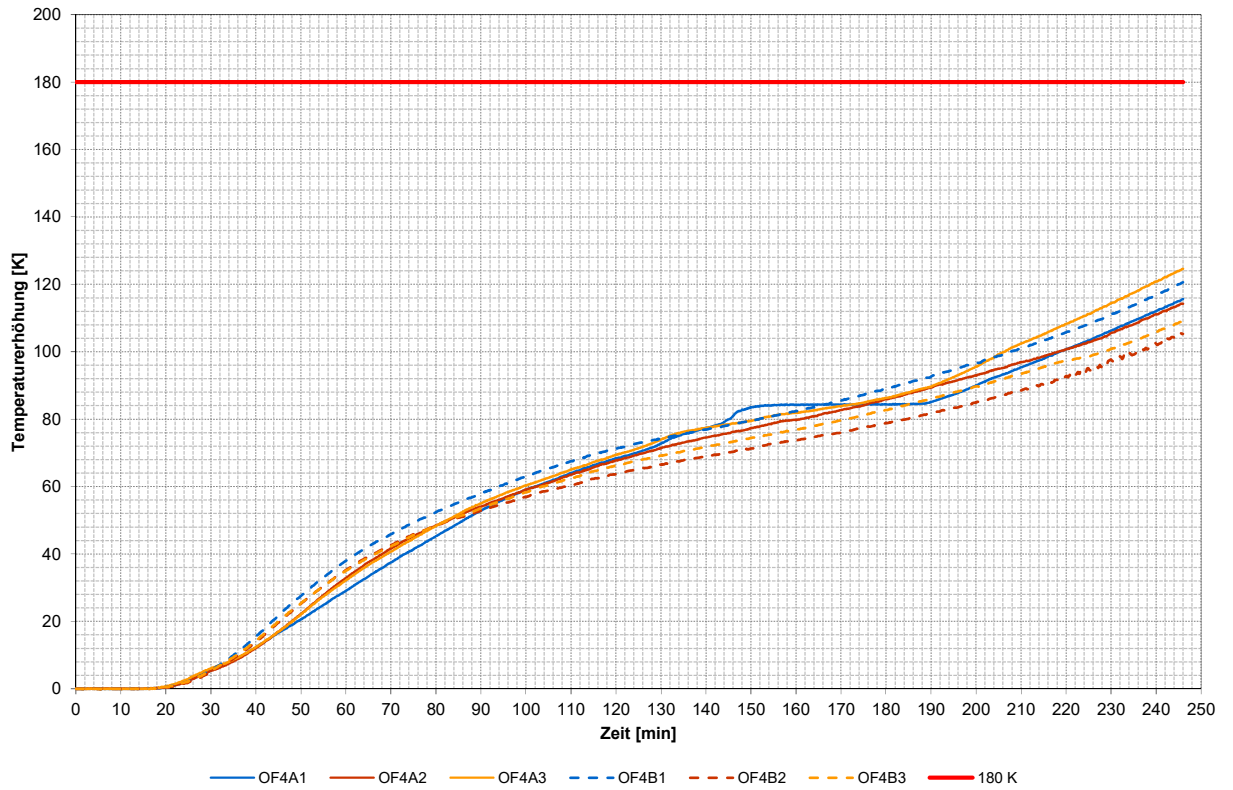


Diagramm A4.10 Oberflächentemperaturen an Variante 6

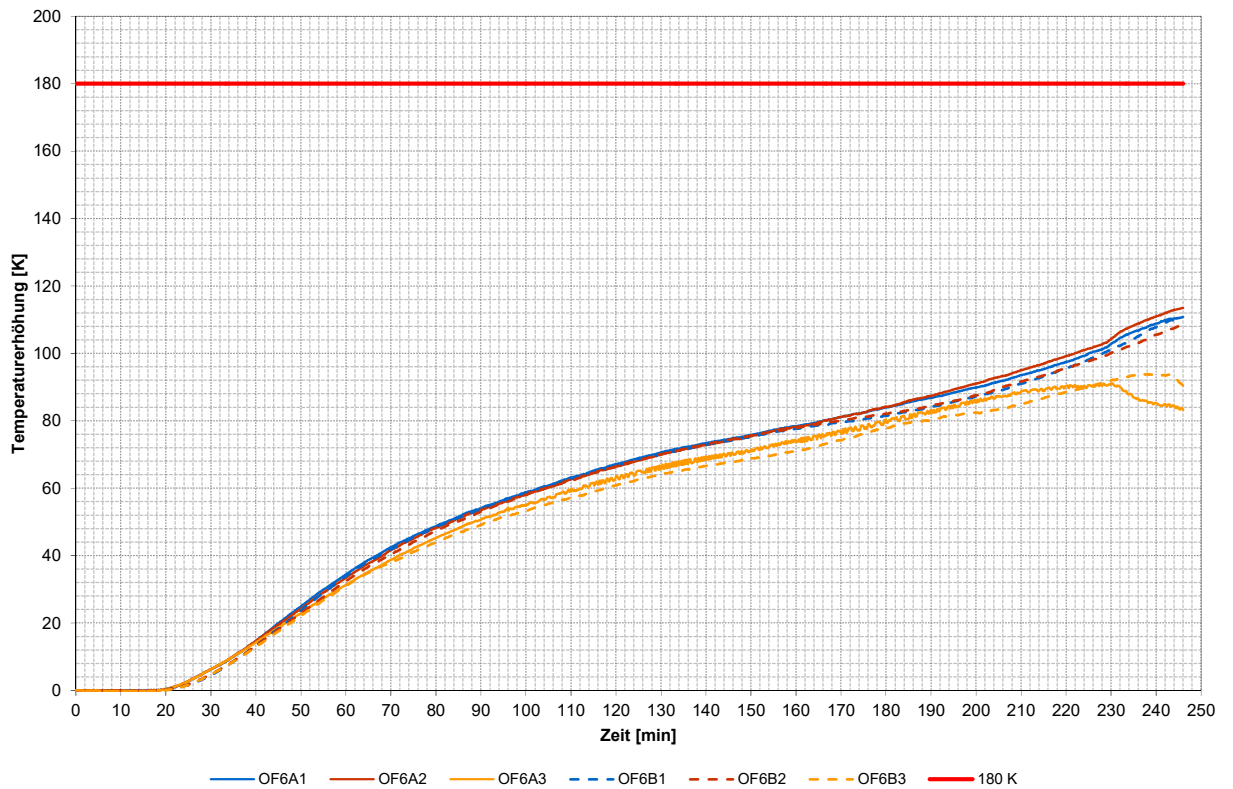


Diagramm A4.11 Oberflächentemperaturen an Variante 7

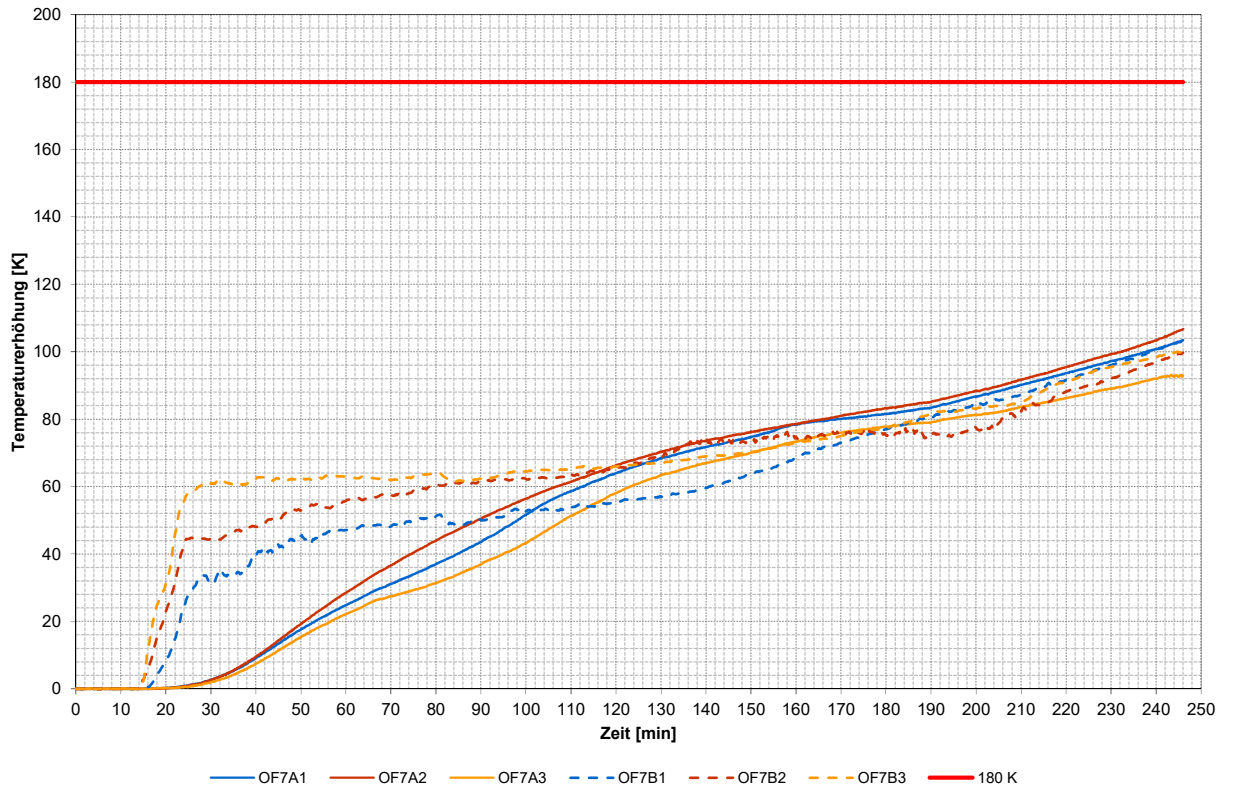


Diagramm A4.12 Temperatur in halber Wandstärke an Variante 1

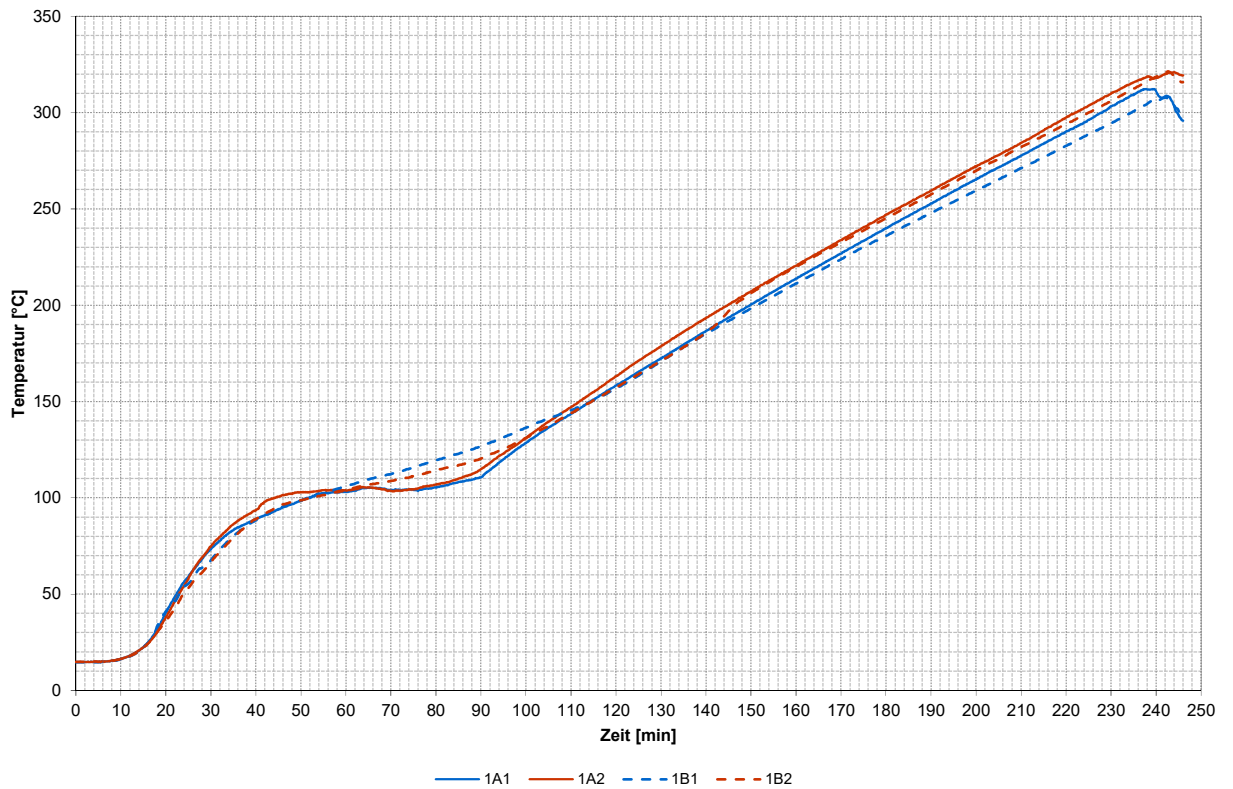


Diagramm A4.13 Temperatur in halber Wandstärke an Variante 2

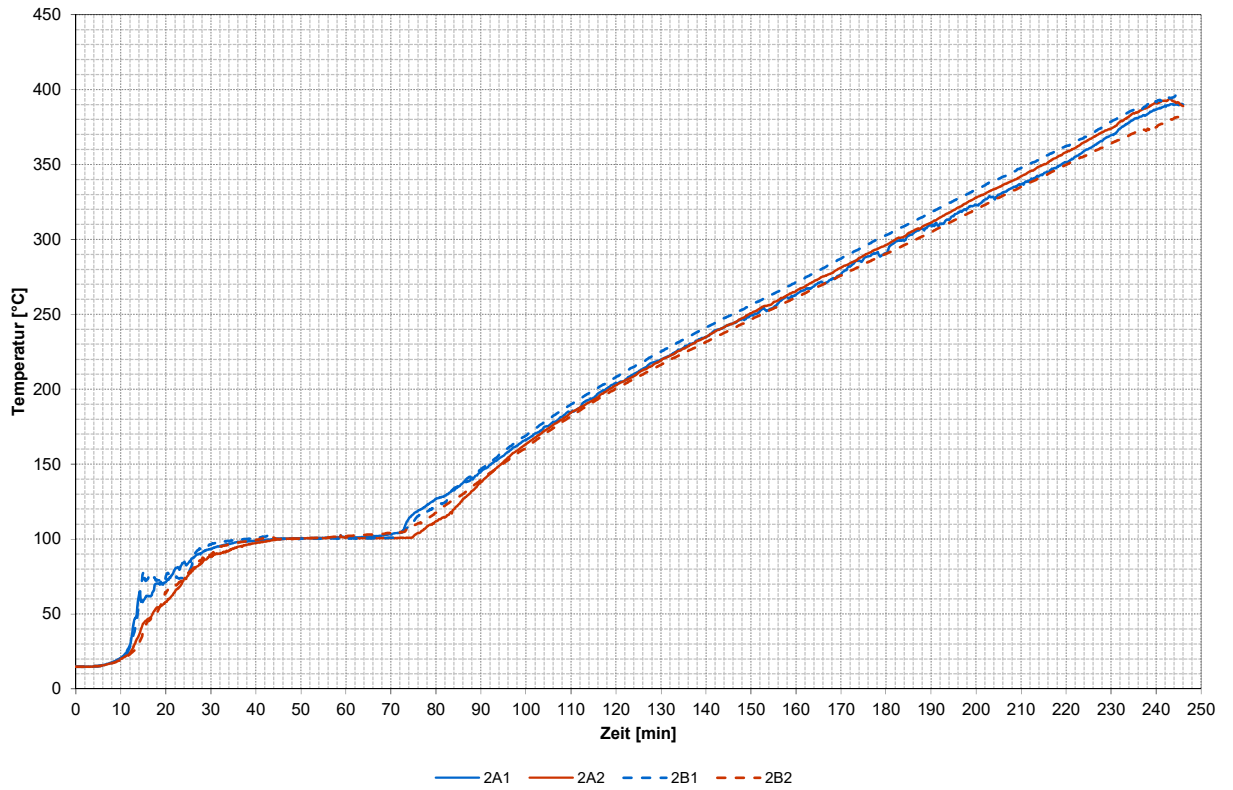


Diagramm A4.14 Temperatur in halber Wandstärke an Variante 4

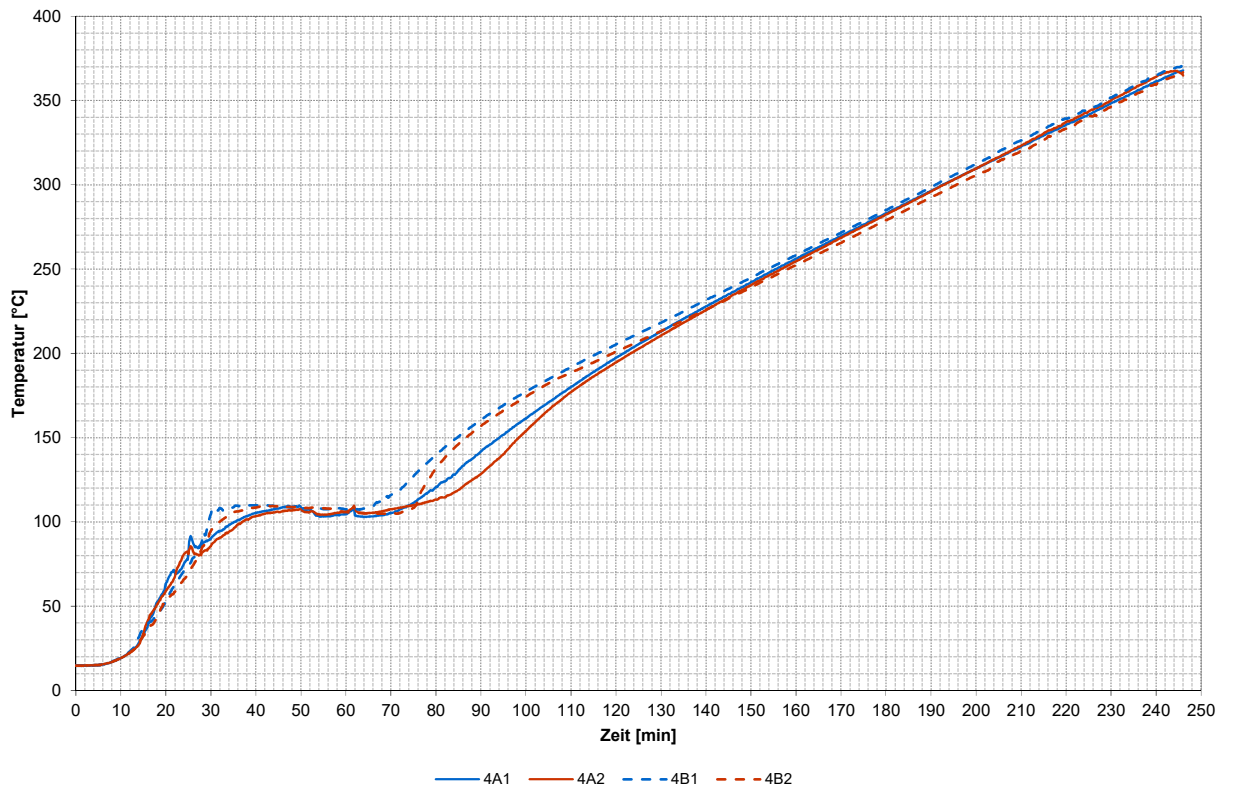


Diagramm A4.15 Temperatur in halber Wandstärke an Variante 6

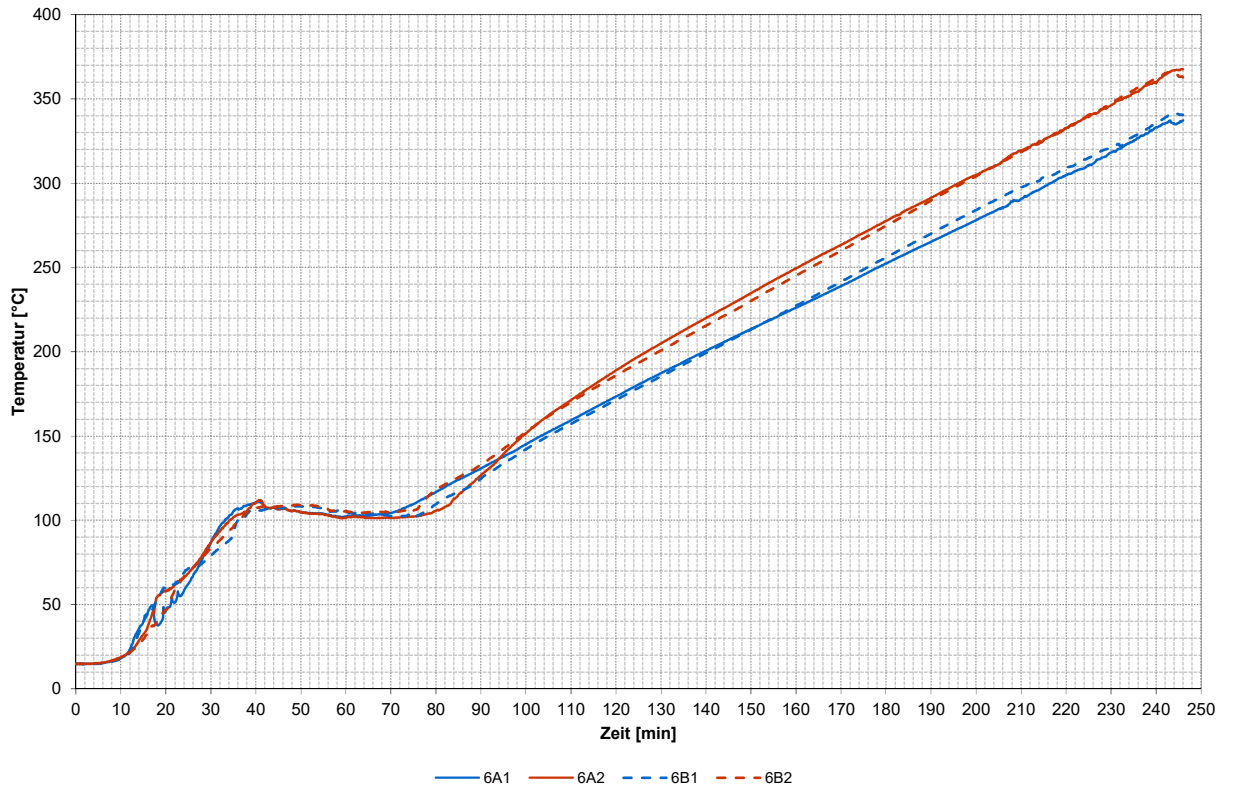


Diagramm A4.16 Temperatur in halber Wandstärke an Variante 7

