

## Prüfbericht

Dokumentnummer:	(2104/078/22) – FL vom 05.12.2023
Auftraggeber:	Bundesverband Leichtbeton e.V. Sandkauler Weg 1 56564 Neuwied
Auftrag vom:	09.11.2022
Auftragszeichen:	Herr Heller und Herr Iravani
Auftragseingang:	09.11.2022
Inhalt des Auftrags:	Prüfungen von zwei tragenden, raumabschließenden, wärmedämmenden und identischen Wandkonstruktion aus ca. 175 mm Leichtbeton zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer bei einseitiger Brandbeanspruchung
Prüfeinrichtung	Materialprüfanstalt für das Bauwesen (MPA BS)
Prüfungsgrundlage:	DIN EN 1365-1 : 2013-08 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2020-05, sowie in einer Brandprüfung nach DIN EN 1363-2 : 1999-10
Probeneingang:	12.04.2023
Probennahme:	Angaben über eine amtliche Entnahme liegen der Prüfanstalt nicht vor
Probenkennzeichnung:	keine
Prüftermin:	16.10.2023 und 19.10.2023

Dieser Prüfbericht umfasst 9 Seiten inkl. Deckblatt und 56 Anlagen.



Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Kürzungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig. Von der MPA nicht veranlasste Übersetzungen dieses Dokuments müssen den Hinweis „Von der Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig, nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung“ enthalten. Das Deckblatt und die Unterschriftenseite dieses Dokuments sind mit dem Stempel der MPA Braunschweig versehen. Dokumente ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit. Das Probenmaterial ist verbraucht.

## 1 Allgemeines

Auftragsgemäß wurden zwei Prüfungen von zwei tragenden, raumabschließenden, wärmedämmenden und identischen Wandkonstruktion aus ca. 175 mm Leichtbeton zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer bei einseitiger Brandbeanspruchung nach DIN EN 1365-1 : 2013-08 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2020-05, sowie in einer Brandprüfung nach DIN EN 1363-2 : 1999-10 durchgeführt.

Mit diesem Prüfbericht soll eine Anpassung einer DIN-EN-Norm (DIN EN 1520) im Hinblick auf die Bemessung im Brandfall erfolgen.

Dieser Prüfbericht beschreibt ausführlich das Verfahren der baulichen Ausführung, die Prüfbedingungen und die Ergebnisse, die mit dem hier beschriebenen spezifischen Bauteil erzielt wurden, nachdem dieses nach DIN EN 1363-1 : 2020-05 geprüft wurde. Jede wesentliche Abweichung hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Belastungen, Spannungszustände, 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 Materialprüfanstalt Braunschweig war an der Auswahl des Probekörpers nicht beteiligt

## 2 Beschreibung des Probekörpers

Angaben zur Ofengeometrie und zur Tragkonstruktion sowie eine Zusammenfassung der brandschutztechnischen Konstruktionsdetails liefern Tabelle 1 bis Tabelle 3. Weitere Einzelheiten zum Probekörper sind den nachfolgenden Abschnitten sowie den Anlagen zu entnehmen.

Tabelle 1: Prüfofen

Prüfofen	Bezeichnung	Kammer 5
	Ausrichtung	vertikal
	Lichte Abmessungen beflamnte Öffnung	Höhe x Breite = 3000 mm x 3000 mm

Tabelle 2: Tragkonstruktion und Lasteinleitung

Prüfrahmen	Lichte Breite	3050 mm
	Freie Ränder (vertikal)	Rechts und links vom Probekörper: 25 mm breite Spalte zum Prüfrahmen mit Mineralwolle verschlossen (nichtbrennbar, Schmelzpunkt $\geq 1.000\text{ °C}$ )
Lasteinleitung	Einspannung der Wand an den horizontalen Rändern	Ein gelenkig gelagerter Rand oben.
	Lastübertragung am Wandkopf	entsprechend DIN EN 1365-1 : 2013-08 Bild 1 Option a) exzentrisch mit Vierkant Exzentrizität $e = 15\text{ mm}$ in Richtung Brandraum

Tabelle 3: Zusammenfassung der brandschutztechnisch relevanten Konstruktionsdetails

Probekörper	Abmessungen		Höhe x Länge x Dicke = 3200 mm x 3000 mm x 175 mm
	Herstelldatum		29.03.2023
	Betongüte		LAC 15 (siehe Anlage 1.6 bis 1.9)
	Bewehrung (nur Transportbewehrung)		Lagermatte „Q131“ mittig im Probekörper Stahlquerschnitt: $a_{s,l\ddot{a}ngs} = 1,31\text{ cm}^2/\text{m}$ ; $a_{s,quer} = 1,31\text{ cm}^2/\text{m}$ (siehe Anlage 1.4 und 1.5)
	Herstellwerk		Tinglev Elementfabrik GmbH, Altlandsberg
	Druckfestigkeit im Mittel [N/mm <sup>2</sup> ]	Nach 28 Tagen	20,2 (siehe Anlage 1.7)
		Am 10.11.23	18,5 (orientierende Bestimmung siehe Anlage 1.11)
	Rohdichte im Mittel [kg/dm <sup>3</sup> ]	Nach 28 Tagen	1,687 (siehe Anlage 1.7)
Am 10.11.23		1,793 (orientierende Bestimmung, siehe Anlage 1.11)	
Besonderheit			Keine
Konditionierung			Beginn der Lagerung bei Hallenklima (Halle 3a): 12.04.2023
			Ende der Lagerung bei Hallenklima (Halle 3a): 15.10.2023 und 18.10.2023
Alter des Probekörpers am Tag der Prüfung			201 Tage und 204 Tage

<sup>1)</sup> Die Betonuntersuchung wurde durchgeführt von dem Institut für Werkstoffe des Bauwesens, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Bundeswehr Universität München. Werte wurden dem Untersuchungsbericht „2018101 vom 06.06.2023“ entnommen. Siehe auch Anlage 1.6 bis 1.9.

### 3 Kennwerte der verwendeten Bauprodukte

Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Für die geprüfte Konstruktion und die bei ihr verwendeten Bauprodukte gelten die in den Anlagen zusammengestellten Angaben hinsichtlich der Festigkeit, des Feuchtigkeitsgehaltes sowie der Rohdichte.

### 4 Prüfanordnung und -durchführung

Die in Abschnitt 2 beschriebenen Probekörper wurden als Fertigteile angeliefert und von Fachkräften der MPA Braunschweig in den Prüfraumen als zweiseitig gehaltene Wand eingebaut.

Jeweils 19 Minuten bzw. 17 Minuten vor der Prüfung wurde die Prüfwand mit einer Streckenlast exzentrisch belastet. Die Auflast betrug nach Vorgabe des Auftraggebers  $Q = 1819 \text{ kN}$ , was einer Streckenlast von ca.  $606,33 \text{ kN/m}$  entsprach. Die Ausmitte betrug  $e = 15 \text{ mm}$ . Diese aufgebrachte Last wurde über die gesamte Brandversuchsdauer kontinuierlich gemessen und konstant gehalten. Auf der Anlage 1.10 ist die Berechnung des Herstellwerks „Tinglev Elementfabrik GmbH“ in Altlandsberg nach der Bemessungsnorm DIN EN 1520 zur Verifizierung der Last angegeben. Die Auflast, sowie die Ausmitte, wurden in einem Online-Meeting zwischen dem Auftraggeber, der MPA Braunschweig, dem Herstellwerk und Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thienel abgestimmt.

Die Brandprüfungen bei einseitiger Brandbeanspruchung wurden nach DIN EN 1365-1 : 2013-08 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2020-05, sowie bei der ersten Prüfung zusätzlich in Verbindung mit DIN EN 1363-2 : 1999-10 durchgeführt.

Die Brandkammer wurde nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 : 2020-05, Abschnitt 5.1.1, beflammt. Zur Messung der Brandraumtemperaturen dienten 6 Stück Platten-Thermometer („Plates“) entsprechend DIN EN 1363-1 : 2020-05, Abschnitt 4.5.1.1.

Bei den Brandprüfungen wurde der Ofendruck entsprechend DIN EN 1363-1 : 2020-05, Abschnitt 5.2, eingestellt. Der geforderte Nenndruck am oberen Rand des Probekörpers beträgt  $20 \text{ Pa}$ . Da die Druckmessung auf einer Höhe von  $2,5 \text{ m}$  durchgeführt wurde, ergab sich als einzustellender Ofendruck ein Wert von  $16 \text{ Pa}$ .

Zur Messung der Temperaturen auf den unbeflammten Seiten der Probekörper dienten Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 : 2020-05, Abschnitt 4.5.1.2.

Die Durchbiegung der Probekörper wurde entsprechend DIN EN 1365-1 : 2013-08 in der Mitte und am Rand der Probekörper gemessen.

In den Probekörpern waren in Abstimmung mit dem Auftraggeber zusätzliche Temperaturmessstellen angeordnet. Die Messwerte dieser Messstellen dienen zur Information und fließen nicht in die Beurteilung nach den Kriterien der o. g. Normen ein.

Die Lage der Messstellen ist den Anlagen zu entnehmen.

Nach der 180. Minute wurde die Wandkonstruktion der ersten Brandprüfung einer zusätzlichen mechanischen Beanspruchung entsprechend DIN EN 1363-2 : 1999-10, Abschnitt 7, ausgesetzt. Hierbei erfolgte der Stoß mit einem Bleischrotsack in Wandmitte zweimal unter Last und einmal nach Entfernen der aufgebrauchten Last. Die dabei aufgebrauchte Stoßenergie entsprach jeweils 3000 Nm.

## **5 Prüfergebnisse und Beobachtungen**

Die während der Brandprüfungen ermittelten Temperaturen in der Brandkammer, die Temperaturerhöhungen über die Anfangstemperatur auf der unbeflammten Seite der Probekörper, die Durchbiegung der Probekörper, die Umgebungstemperatur, das Fehlerintegral, der Differenzdruck in der Brandkammer, die Temperaturen der zusätzlichen Messstellen innerhalb der Probekörper sowie die Beobachtungen während der Brandprüfungen sind in den Anlagen dargestellt.

## **6 Zusammenfassung der Prüfergebnisse**

Am 16.10.2023 und 19.10.2023 wurden zwei Prüfungen einer Wandkonstruktion nach DIN EN 1365-1 : 2013-08 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2020-05, sowie in einer Brandprüfung nach DIN EN 1363-2 : 1999-10 bei einer einseitigen Brandbeanspruchung durchgeführt.

Die Zusammenfassung der Prüfergebnisse ist in der Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 siehe folgende Seite.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Prüfergebnisse beider Brandprüfungen

Normbezug: DIN EN 1363-1 : 2020-05 Abschnitt	Anforderungen		Kriterium		Prüfergebnisse					
					1. Brandprüfung 16.10.2023			2. Brandprüfung 19.10.2023		
11.1	Tragfähigkeit,  d. h. Einhaltung	Grenzwert der vertikalen Stauchung	$c = \frac{h}{100}$	h = 3250 mm	33 mm					
			Der Grenzwert wurde überschritten nach:		- min.			- min.		
		Grenzwert der vertikalen Stauchungsgeschwindigkeit	$\frac{dc}{dt} = \frac{3h}{1000}$	h = 3250 mm	10 mm/min					
			Der Grenzwert wurde überschritten nach:		- min.			- min.		
Tragfähigkeitsverlust während / nach Stoßbeanspruchung		Tragfähigkeit ging verloren nach:		- min.			- min. <sup>1)</sup>			
11.2	Raumabschluss,  d. h. Vermeidung von	Entzündung des Wattebausches	Entzündung eines Wattebausches erfolgte nach:		- min. <sup>1)</sup>			- min. <sup>1)</sup>		
			während / nach der Stoßbeanspruchung		- min. <sup>1)</sup>			- min. <sup>1)</sup>		
		Auftreten von Spalten	Das Durchdringen durch eine Spaltlehre erfolgte nach:		- min. <sup>1)</sup>			- min. <sup>1)</sup>		
			Das Durchdringen einer Spaltlehre erfolgte während / nach der Stoßbeanspruchung:		- min. <sup>1)</sup>			- min. <sup>1)</sup>		
		Flammen auf der unbeflammten Seite	Anhaltende Flammenbildung trat auf nach:		- min.			- min.		
			Anhaltende Flammenbildung während / nach der Stoßbeanspruchung trat auf nach:		- min.			- min.		
11.3	Wärmedämmung, d. h. Temperaturerhöhungen auf der unbeflammten Seite über die Anfangstemperatur:		Prüfdauer in Minuten:		38	180	186	38	180	181
	max. zul. Mittelwert $\Delta T = 140$ K		max. festgestellte Temperaturerhöhung: <b>Mittelwert</b> in K		-	71	72	-	71	71
	max. zul. Einzelwert $\Delta T = 180$ K		max. festgestellte Temperaturerhöhung: <b>Einzelwert</b> in K		-	79 [Mst. 7]	79 [Mst. 7]	-	73 [Mst. 13]	73 [Mst. 13]
10.4.4	Durchbiegung		maximale Durchbiegung in mm		30 [Mst. B]	24 [Mst. B]	31 [Mst. B]	23 [Mst. B]	21 [Mst. B]	21 [Mst. B]

<sup>1)</sup> Bestand kein Anlass zur Prüfung und wurde daher nicht durchgeführt.



## 7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die wichtigsten Prüfergebnisse unter Berücksichtigung der Leistungskriterien zusammengefasst.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Leistungskriterien beider Brandprüfungen

	Leistungskriterien nach DIN EN 1363-1 : 2020-05 bzw. DIN EN 1363-2 : 1999-10	eingehalten bis [Minuten]:	
		1. Brandprüfung 16.10.2023	2. Brandprüfung 19.10.2023
R	Tragfähigkeit	≥ 182 <sup>4)</sup>	≥ 181
E	Raumabschluss <sup>1)</sup>	≥ 186	≥ 181
I	Wärmedämmung <sup>1)2)</sup>	≥ 186	≥ 181
M	Mechanische Beanspruchung	≥ 183	- <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Gemäß DIN EN 1363-1 : 2020-05, Abschnitt 11.4.1 müssen die Leistungskriterien „Wärmedämmung“ und „Raumabschluss“ automatisch als nicht erfüllt gelten, wenn das Kriterium „Tragfähigkeit“ nicht erfüllt wird.

<sup>2)</sup> Gemäß DIN EN 1363-1 : 2020-05, Abschnitt 11.4.2 muss das Leistungskriterium „Wärmedämmung“ automatisch als nicht erfüllt gelten, wenn das Kriterium „Raumabschluss“ nicht erfüllt wird.

<sup>3)</sup> War nicht Gegenstand der Brandprüfung.

<sup>4)</sup> Entlastung des Probekörpers nach DIN EN 1363-2 : 1999- 10 nach der 2. mechanischen Beanspruchung.


Aufgrund der Prüfergebnisse (siehe Tabelle 4) und der erfüllten Leistungskriterien (siehe Tabelle 5) kann für die geprüften Probekörper empfohlen werden, diese gemäß der Klassifizierungsnorm DIN EN 13 501-2 : 2016-12 in die Feuerwiderstandsklasse **REI 180-M** einzustufen.

## 8 Direkter Anwendungsbereich nach Abschnitt 13 von DIN EN 1365-1 : 2013-08

Die Ergebnisse der Brandprüfung sind direkt auf ähnliche Ausführungen anwendbar, bei denen eine oder mehrere der nachstehend aufgeführten Veränderungen vorgenommen wurden, und bei denen die Ausführung hinsichtlich ihrer Steifigkeit und Festigkeit weiterhin die Anforderungen der entsprechenden Bemessungsnorm erfüllt.

Art der Änderung nach DIN EN 1365-1	zulässig / nicht zulässig
a) Reduzierung der Höhe der Wand	zulässig
b) Vergrößerung der Wanddicke	zulässig
c) Vergrößerung der Dicke von zugehörigen Materialien	zulässig
d) Reduzierung der Längenmaße von Platten oder Paneelen, jedoch nicht der Dicke	nicht zutreffend
e) Reduzierung der Ständerabstände	nicht zutreffend

Art der Änderung nach DIN EN 1365-1	zulässig / nicht zulässig
f) Reduzierung der Abstände von Befestigungen	nicht zutreffend
g) Vergrößerung der Anzahl horizontaler Fugen	nicht zutreffend
h) Reduzierung der aufgebrauchten Last	zulässig
i) Verbreiterung des Probekörpers	zulässig

  
i. A.  
Dr.-Ing. Gary Blume  
Fachbereichsleitung

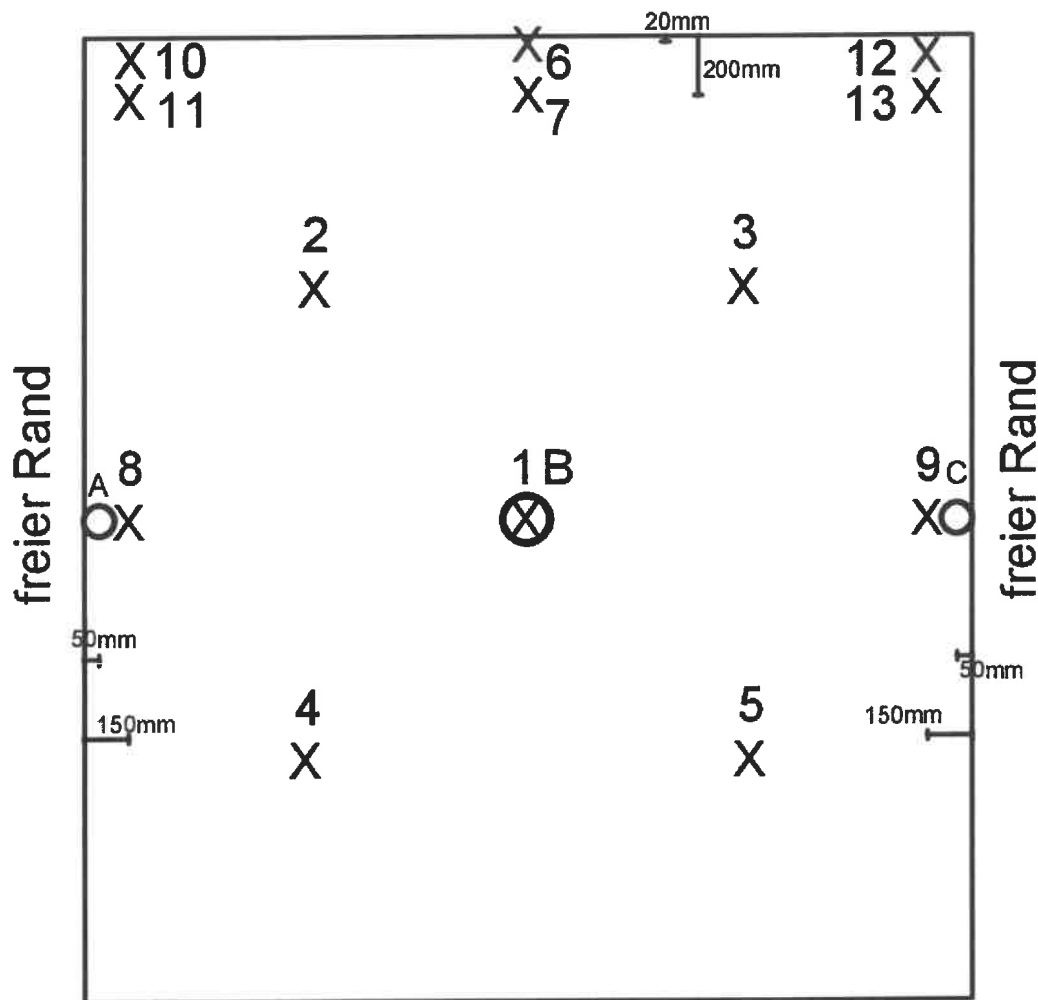
  
  
i. A.  
Fabian Lange, M. Eng.  
Sachbearbeitung

Verzeichnis der Anlagen siehe nächste Seite.



## Verzeichnis der Anlagen

- 1.1 bis 1.11 : Konstruktiver Aufbau der Probekörper, Lage der Messstellen sowie Kennwerte der verwendeten Bauprodukte
- 2.1 bis 2.18 : Aufzeichnungen während der Brandprüfung 1 am 16.10.2023
- 3.1 bis 3.7 : Fotodokumentation der Brandprüfung 1 am 16.10.2023
- 4.1 bis 4.17 : Aufzeichnungen während der Brandprüfung 2 am 19.10.2023
- 5.1 bis 5.3 : Fotodokumentation der Brandprüfung 2 am 19.10.2023



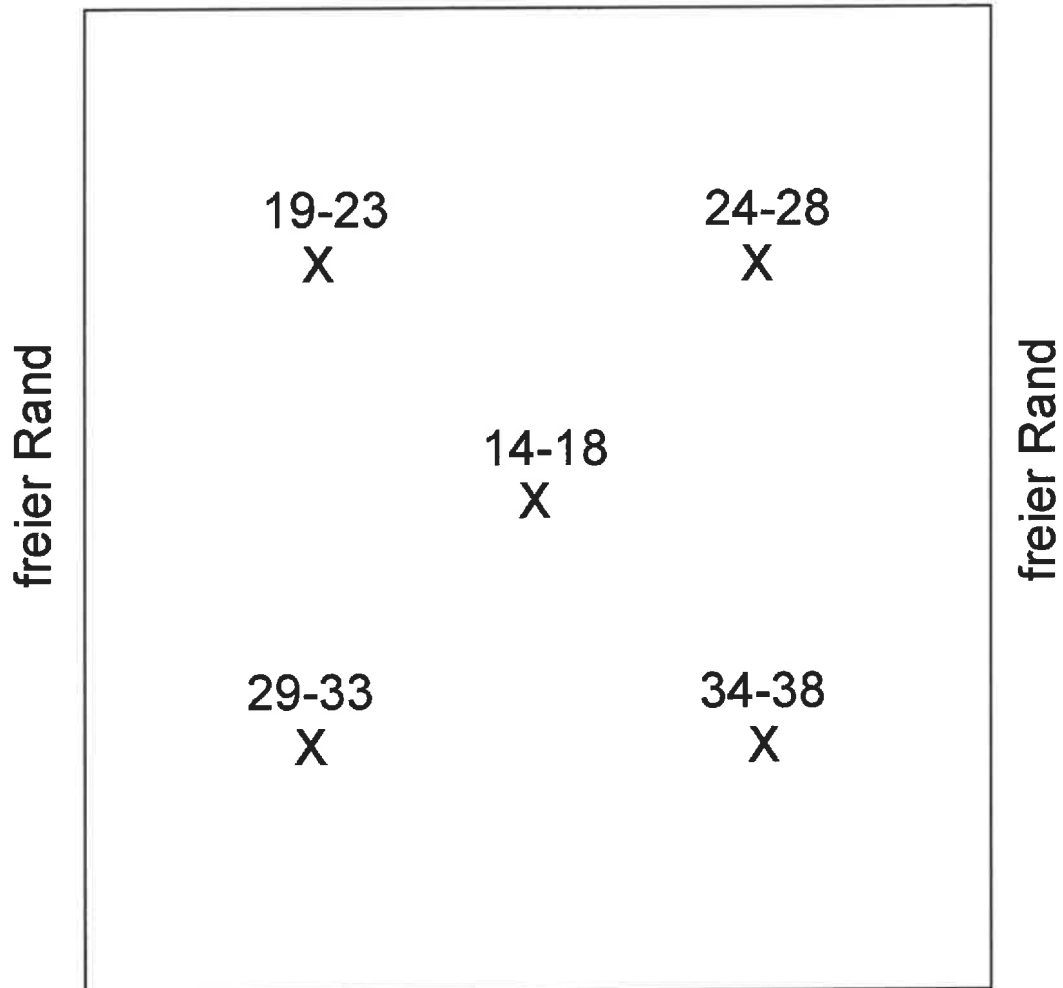
Messstellenplan nach DIN EN 1365-1 : 2013-08

Nr.:	Beschreibung:	Einheit:
1-5	Mittelwert der Wand	K
6, 7	An oberen Rand in mittlerer Breite	K
8, 9	150 mm vom freien Rand in mittlerer Höhe	K
10- 13	An oberen Rand, 150 mm vom freien Rand	K
14-38	Im Probekörper (nicht dargestellt)	°C
A-C	Verformung	mm
39	Umgebungstemperatur	°C

**Messstellenplan 1/3**  
Messstellen auf der feuerabgewandte Seite

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.1 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



Orientierende Messstellen im Probekörper

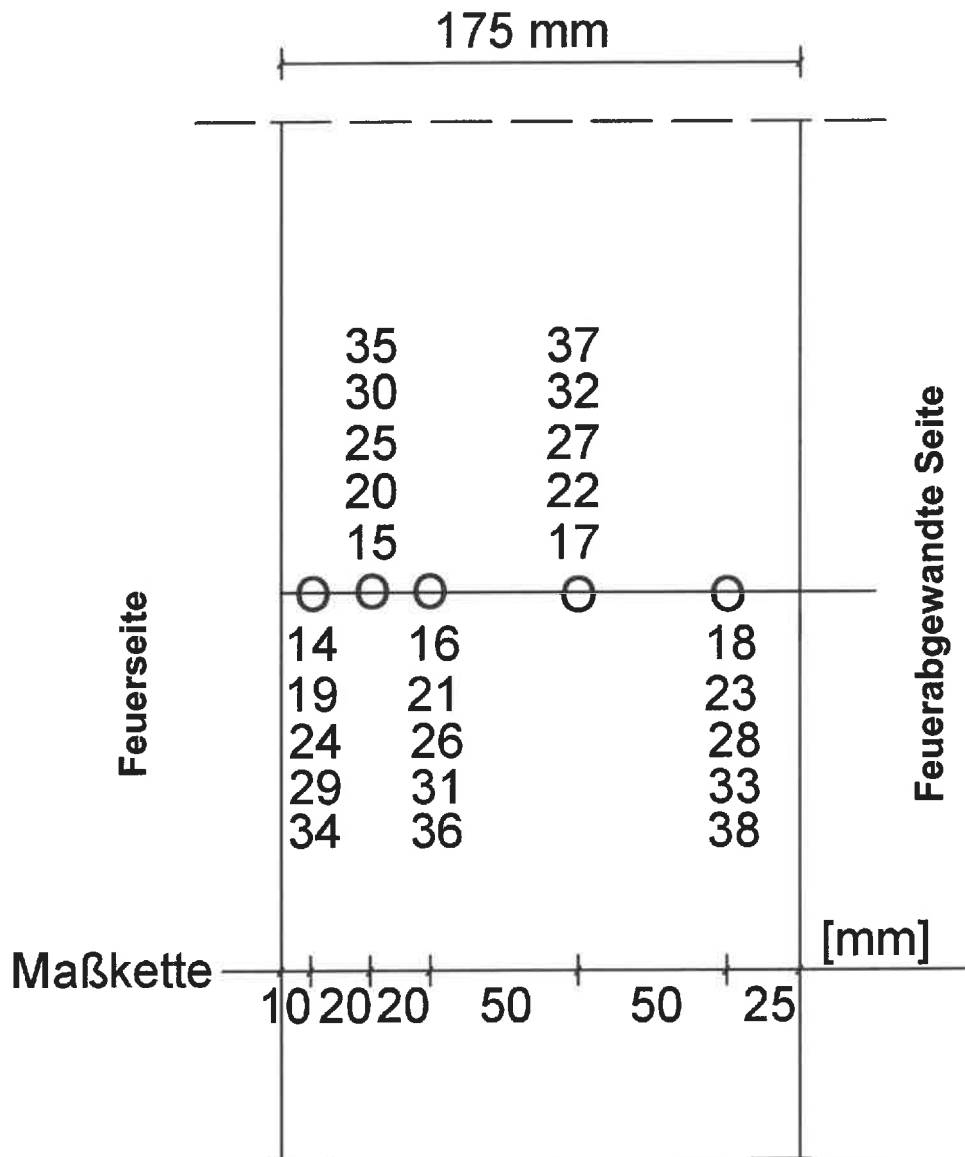
Nr.:	Beschreibung:	Einheit:
14-18	Messleiter 1 in Flucht von Messstelle 1	°C
19-23	Messleiter 2 in Flucht von Messstelle 2	°C
24-28	Messleiter 3 in Flucht von Messstelle 3	°C
29-33	Messleiter 4 in Flucht von Messstelle 4	°C
34-38	Messleiter 5 in Flucht von Messstelle 5	°C

**Messstellenplan 2/3**  
Messleitern im Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.2 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

### Skizze: Messleiter im Schnitt durch den Probekörper



Nr.	Beschreibung
14, 19, 24, 29, 34	10 mm von der Feuerseite entfernt
15, 20, 25, 30, 35	30 mm von der Feuerseite entfernt
16, 21, 26, 31, 36	50 mm von der Feuerseite entfernt
17, 22, 27, 32, 37	100 mm von der Feuerseite entfernt
18, 23, 28, 33, 38	150 mm von der Feuerseite entfernt

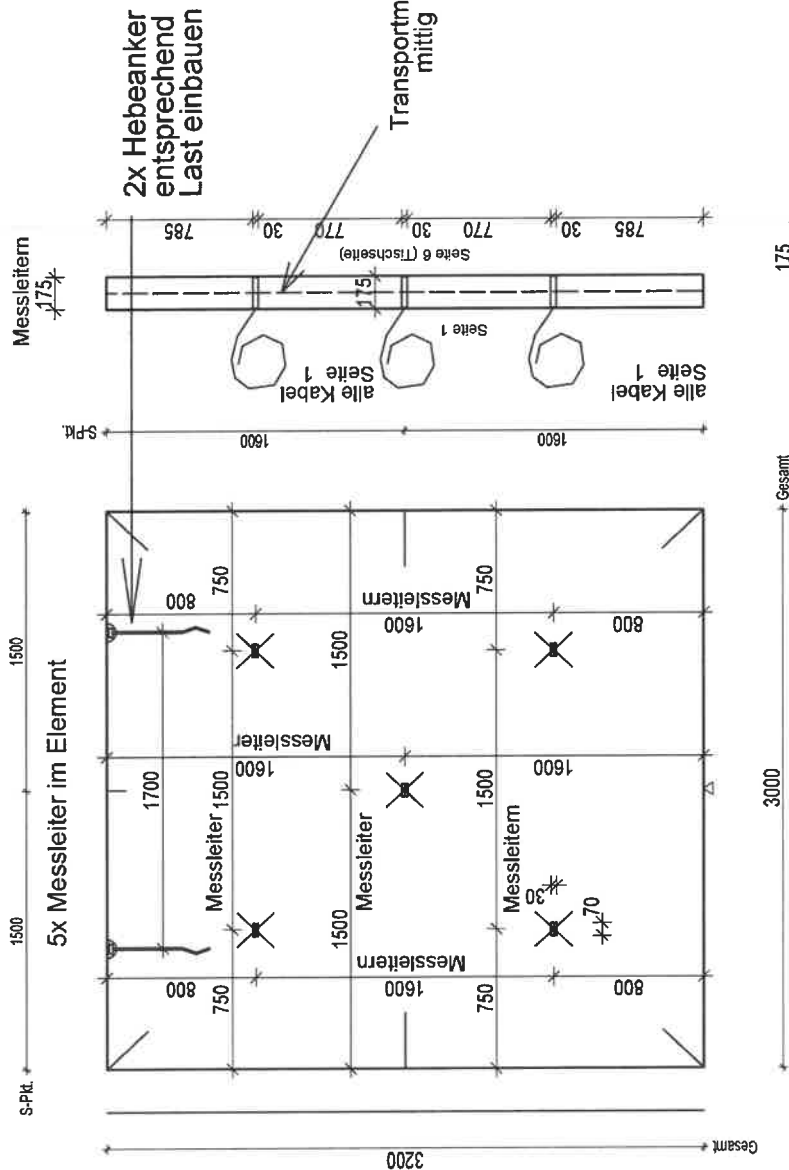
**Messstellenplan 3/3**  
Messstellenleiteraufbau

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.3 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

Projektname:	<b>Testwand-Brand</b>
Sachnummer:	<b>000000-EG</b>
Elementnummer:	<b>1</b>
Dicke:	<b>175 mm</b>
Länge:	<b>3000 mm</b> Höhe: <b>3200 mm</b>
Bezeichnung:	<b>LAC15-1800</b>
Ergründelose:	/
Oberfläche:	<b>S-Wand</b>
Brutto:	<b>9,60 m<sup>2</sup></b> Netto: <b>9,60 m<sup>2</sup></b>
Volumen:	<b>1,68 m<sup>3</sup></b> Füllv.: <b>3142 kg</b>
Gewicht:	
Bemerkungen:	
	<b>4f62f56-bf03-4cd4-92b8-6446ce8502b</b>

Wand - Sichtbar:  
Bew: Q131A  
C : 2,5 mm



Elektrobauteile

Maueranker:

Lieferung an:

Fabian Lange  
Fachbereich Brandschutz  
Materialprüfanstalt für Bauwesen  
Beethovenstrasse 52  
38106 Braunschweig

Seite 6 (Tischseite)

Seite 1



Hersteller: Sho  
Auftragneher: xyz-Bau GmbH

Teil: 033439 / 86 - 216

Datum: 02.03.2023

10:31

Benutzer: xxxxxxxx

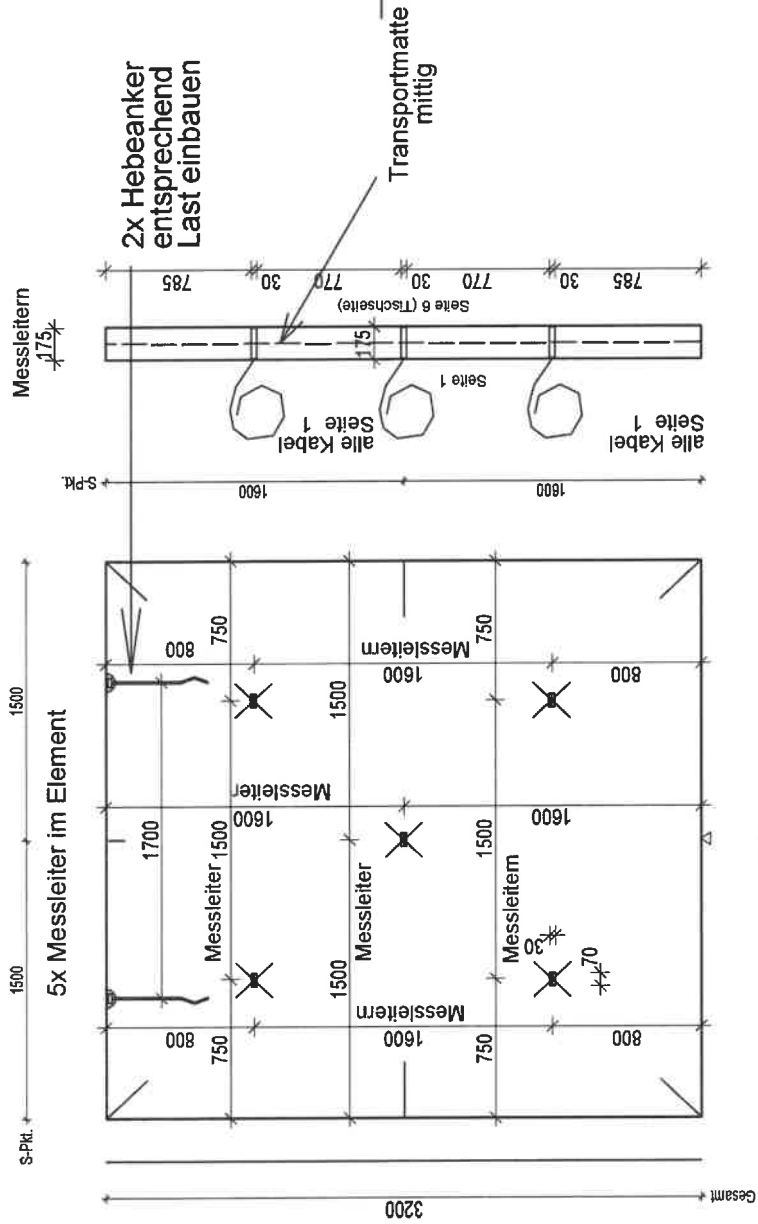
### Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Wand 1

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.4 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

Projektnummer:	<b>Testwand-Brand</b>
Schraumber:	<b>000000-EG</b>
Elementnummer:	<b>2</b>
Dicke:	<b>175 mm</b>
Länge:	<b>3000 mm</b> bzw. <b>3200 mm</b>
Benennung:	<b>LAC-15-1800</b>
Expositionslage:	/
Oberfläche:	<b>S-Wand</b>
Brutto:	<b>9,60 m<sup>2</sup></b> Netto: <b>9,60 m<sup>2</sup></b>
Volumen:	<b>1,68 m<sup>3</sup></b> Faser:
Gewicht:	<b>3142 kg</b>
Bemerkung:	
1137585e-8a2b-4c3f-8ec-251329f7261	

Wand - Sichtbar:  
Bew: Q131A  
c :25 mm



Elektroeinbauteile

Maueranker:

Anschluss Wand - Decke:

Lieferung an:

Fabian Lange  
Fachbereich Brandschutz  
Materialprüfanstalt für Bauwesen  
Beethovenstrasse 52  
38106 Braunschweig

Seite 6 (Tischseite)

Seite 1



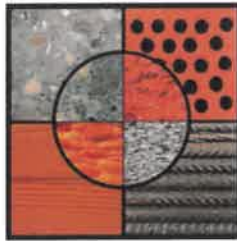
Beauftragter: xyz-Bau GmbH  
Bearbeiter: xxxxxxxx  
Tel: 033439 / 86 - 216  
Datum: 02.03.2023  
10:31

**Konstruktiver Aufbau des Probekörpers  
Wand 2**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.5 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22





Institut für Werkstoffe des Bauwesens  
Fakultät für Bauingenieurwesen und  
Umweltwissenschaften

# Untersuchung eines haufwerksporigen Leichtbetons für den Einsatz in Brandver- suchen - Festigkeit und Rohdichte -

für  
Bundesverband Leichtbeton,  
Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied

Neubiberg, den 06.06.2023

Dieser Untersuchungsbericht umfasst 4 Seiten

Jede Veröffentlichung – auch in gekürzter Form – bedarf der vorherigen Zustimmung von  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. K.-Ch. Thienel, Institut für Werkstoffe des Bauwesens, UniBw.

*der Bundeswehr*  
**Universität**  **München**

**Untersuchungsbericht zur Betongüte**  
1/4

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.6 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

## 1 Auftragsinhalt

Das Institut für Werkstoffe des Bauwesens (IWB) der Universität der Bundeswehr München, vertreten durch Herrn Prof. Dr.-Ing. K.-Ch. Thienel, wurde mit der Untersuchung eines haufwerksporigen Leichtbetons auf Rohdichte sowie Druckfestigkeit beauftragt. Der Beton wurde am 29.03.2023 von Tinglev Elementfabrik GmbH, Am Gewerbepark 8a, 15345 Altlandsberg hergestellt. Ein Element zur Entnahme der Probekörper wurden am 06.04.2023 per Spedition angeliefert.

## 2 Untersuchung der Proben

### 2.1 Probenvorbereitung

Als Probenmaterial stand ein Element für die Entnahme von Bohrkernen zur Verfügung. Aus den Bohrkernen wurden Probekörper durch Sägen und Schleifen für die Druckfestigkeitsprüfung präpariert und bis zur Prüfung im Klimaraum bei 20 °C und 65 % rel. Feuchte gelagert. Die Fotodokumentation zu den Probekörpern ist im Anhang 1 enthalten.

### 2.2 Ermittlung der Rohdichte und Festigkeiten

Die Druckfestigkeitsprüfung der Bohrkern (BK) erfolgte am 26.04.2023 an der Prüfmaschine F+T Alpha 3000. Die Ergebnisse der Prüfung sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung an Bohrkernen aus einer Spritzbetonkiste nach DIN EN 12390-3 [1]

Kennzeichen	Abmessung			Rohdichte fest	Rohdichte trocken	Bruchkraft	Druckfestigkeit
	Ø	Nach Schleifen					
		Höhe	Masse				
	[mm]	[g]					
BK1	98,6	101,7	1351	1,741	1,685	134,6	17,6
BK2	98,5	101,4	1326	1,715	1,662	137,6	18,1
BK3	98,5	100,1	1356	1,777	1,729	178,4	23,4
BK4	98,4	101,5	1365	1,769	1,716	173,0	22,7
BK5	98,6	100,7	1328	1,727	1,674	154,9	20,3
BK6	98,5	101,0	1320	1,715	1,663	143,6	18,8
<b>Mittelwert</b>					<b>1,687</b>		<b>20,2</b>

### 2.3 Einstufung in Rohdichte- und Festigkeitsklasse

Mit einer Trockenrohddichte von 1687 kg/m<sup>3</sup> entspricht der haufwerksporige Leichtbeton der Rohdichteklasse 1,8 nach DIN EN 1520 [2].

Nach DIN EN 1520 [2], Tabelle 7, muss der haufwerksporige Leichtbeton folgende Anforderungen an die Druckfestigkeit erfüllen:

Anschrift für Frachtsendungen  
Werner-Heisenberg-Weg 39 · D-85579 Neubiberg

**Untersuchungsbericht zur Betongüte  
2/4**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.7 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

1.  $f_{c,n} \geq f_{ck} + K_n \cdot s_n$  (für  $n \geq 6$  Probekörper)

mit  $n$ : Anzahl der Probekörper

mit  $K_n = 1,87$  (statistischer Beiwert nach DIN EN 1520, Tabelle 4, für  $n = 6$ )

mit  $s_n = 2,44$  MPa (Standardabweichung der vorliegenden  $n$  Werte)

$$f_{c,n} = 20,2 \text{ MPa} \geq 15 \text{ MPa} + 1,87 \cdot 2,44 \text{ MPa} = 19,6 \text{ MPa}$$

2.  $f_{cmin} \geq 12 \text{ MPa}$  (für  $6 \leq n \leq 9$ )

Der untersuchte haufwerksporige Leichtbeton erfüllt beide Bedingungen für die Einstufung in die Festigkeitsklasse LAC 15 nach DIN EN 1520 [2].

### 3 Literatur

1. DIN EN 12390-3, Prüfung von Festbeton - Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern. 2009, Beuth-Verlag: Berlin.
2. DIN EN 1520, Vorgefertigte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton und mit statisch anrechenbarer oder nicht anrechenbarer Bewehrung. 2011, Beuth Verlag GmbH: Berlin

### 4 Allgemeines

Sofern kein Einspruch des Auftraggebers erfolgt, werden die hier untersuchten Proben nach Abschluss dieses Berichtes nach Ablauf einer Frist von drei Monaten ordnungsgemäß entsorgt.

Der Institutsleiter



Univ.-Prof. Dr.-Ing. K.-Ch. Thienel

Anschrift für Frachtsendungen  
Werner-Heisenberg-Weg 39 · D-85579 Neubiberg

**Untersuchungsbericht zur Betongüte**  
3/4

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.8 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

**Anhang 1 – Fotodokumentation der Bohrkerne**



Abbildung 1: BK1



Abbildung 2: BK2



Abbildung 3: BK3

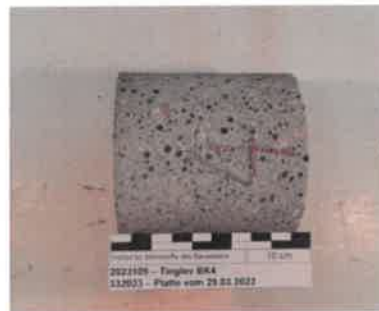


Abbildung 4: BK4



Abbildung 5: BK5



Abbildung 6: BK6

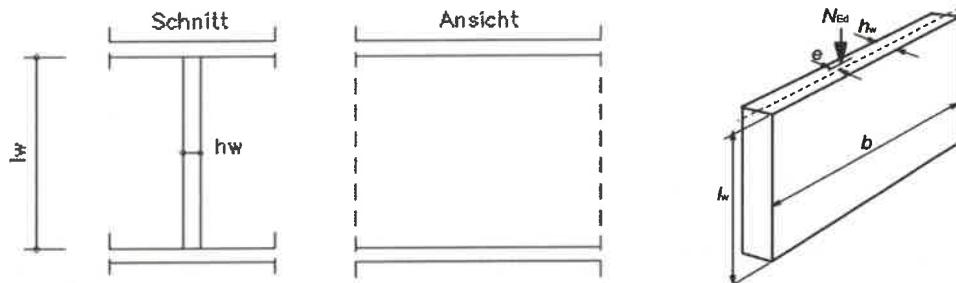
Anschrift für Frachtsendungen  
Werner-Heisenberg-Weg 39 · D-85579 Neubiberg

**Untersuchungsbericht zur Betongüte**  
4/4

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.9 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

## Untersuchung LAC15 - Brandversuch



### Materialkennwerte

Betongüte	LAC15 -1,8
Betongewicht $\gamma_B$ [kg/m <sup>3</sup> ] =	1687
Mittlere Druckfestigkeit $f_{cm}$ [MN/m <sup>2</sup> ] =	20,2
*Druckfestigkeit $f_{cm}/1,7$ [MN/m <sup>2</sup> ] =	11,9
*(Druckfestigkeit reduziert mit dem Sicherheitsfaktor 1,7)	

### Wandgeometrie

Wandhöhe - $l_w$ [m] =	3,2
Wanddicke - $h_w$ [m] =	0,175
Wandbreite - $b$ [m] =	3
**Wandknickhöhe - $l_0$ [m] =	2,4
**(Wandhöhe*0,75)	

### Nachweis nach DIN EN 1520

#### 1) Schlankheit

$S = l_0/i_w$	47,5
$S \leq 121$	Nachweis erfüllt!

#### 2) Stabilität

ungewollte $e_a$ [m] =	0,008
Längskraft $e_0$ [m] =	0,007
Kriechen $e_\varphi$ [m] =	0,000
Summe $e_d$ [m] =	0,015

Druckquerschnitt $A_c = b \cdot (h_w - 2 \cdot e_d) =$	0,435
Trägheitsmoment $I_c = b \cdot (h_w - 2 \cdot e_d)^3 / 12 =$	0,00076
Trägheitsradius $i_c = (I_c / A_c)^{1/2} =$	0,042
Elastizitätsmodul $E_{cm}$ [MN/m <sup>2</sup> ] =	16014,1
Knickbeiwert (nach DIN EN 1520) $k_{s1} =$	0,70
Längsdruckkraft $NRd$ [kN] =	3639 (Ausnutzungsgrad $\alpha_3 = 1,0$ )

Längsdruckkraft $NRd$ [kN] =	1819 (Ausnutzungsgrad $\alpha_3 = 0,5$ )
------------------------------	--

Sachbearbeiterin:  
M.Sc. Oja Morina Cal

**Konstruktiver Aufbau des Probekörpers**  
Erläuternde Bemerkung

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 1.10 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

## Prüfprotokoll

Auftraggeber: **MPA BS**  
**Fachbereich Brandschutz**  
Fachgruppe Bauwerke und  
Bauteile

Bearb.- Nr. : **2104/078/22**

Sachbearbeiter: H. Lange

Prüfung:	Prüftag:	Prüfer:
Abmessungen, Masse:	10.11.2023	Prause
Rohdichte:	10.11.2023	Prause
Druckfestigkeit:	10.11.2023	Prause

Baustelle / Projekt: Leichtbeton  
Versuchsmaterial: 3 Bohrkern,  $d = 16,3$  cm  
Bohrkernentnahme: -  
Materialeingang: -  
Probenalter: keine Angaben

Sollbetongüte: keine Angaben  
Probenvorbereitung: Schneiden und Schleifen  
Größtkorn: 4 - 8 mm

Probenfeuchte bei der Prüfung: oberflächentrocken

### Druckfestigkeit am Bohrkern nach DIN EN 12504-1:2021-02

Lfd. Nr.	Proben- bezeichnung	Probenmaße und Masse				$\rho$ Rohdichte lufttrocken [kg/m <sup>3</sup> ]	$\frac{h_m}{d_m}$	F Bruchlast [kN]	$f_c$ Druck- festigkeit [MPa]
		$d_m$ [mm]	$h_m$ [mm]	$h_m$ mit Abgl. [mm]	m Masse lufttr. [g]				
1	1	162,6	172,0	---	6469,4	1,06	386,0	18,6	
2	2	162,6	170,8	---	6306,9	1,05	366,0	17,6	
3	3	162,5	170,4	---	6341,8	1,05	398,0	19,2	
<b>Minimalwert:</b>					<b>1780</b>			<b>17,6</b>	
<b>Maximalwert:</b>					<b>1810</b>			<b>19,2</b>	
<b>Mittelwert:</b>					<b>1793</b>			<b>18,5</b>	
<b>Standardabweichung:</b>					<b>15</b>			<b>0,8</b>	

Die Probe wurden nass gesägt und nass geschliffen bzw. nass gesägt und abgeglichen.

verwendete Messgeräte: Messschieber: Horex 300 mm (PM-2379)  
Waage: Sartorius LP 34000 P (PM-1120)  
Prüfmaschine: TONI 600 kN, Klasse 1 (MA-0007)  
Belastungsgeschwindigkeit: 0,5 MPa/s

Die Prüfung wurde mit Ausnahme der in den Bemerkungen angegebenen Abweichungen in Übereinstimmung mit DIN EN 12504-1:2021-02 durchgeführt.

#### Bemerkungen:

Lagerung der Proben bis zur Prüfung: Trockenlagerung bei 20 °C / 65 % r.F.  
Es wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Der technisch Verantwortliche  
i.A.

J. Prause

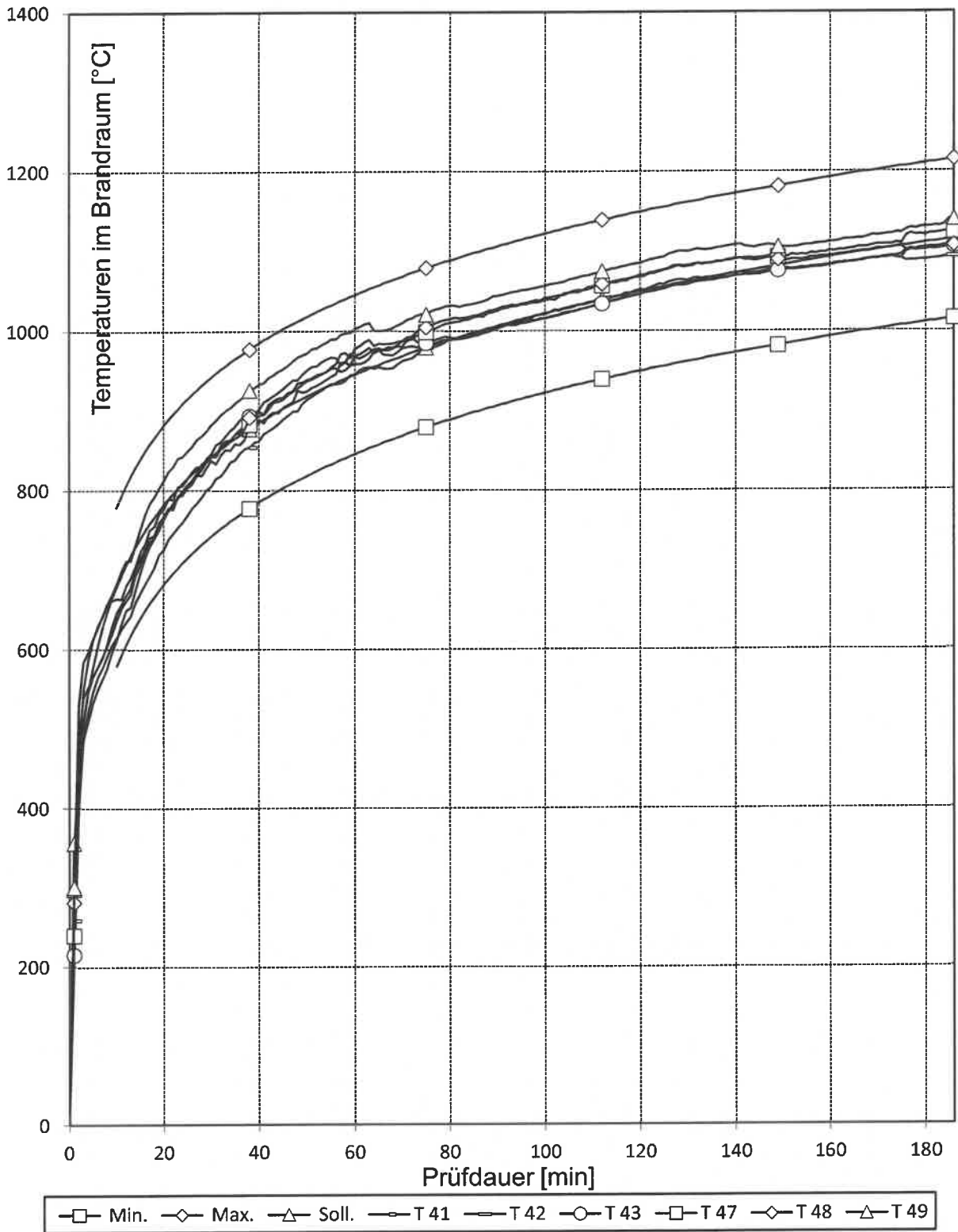
Vers. 5 - Stand: 10.02.2021

**Prüfprotokoll zur Betondruckfestigkeit  
(MPA Braunschweig)**

Anlage 1.11 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig





Prüfdatum: 16.10.23

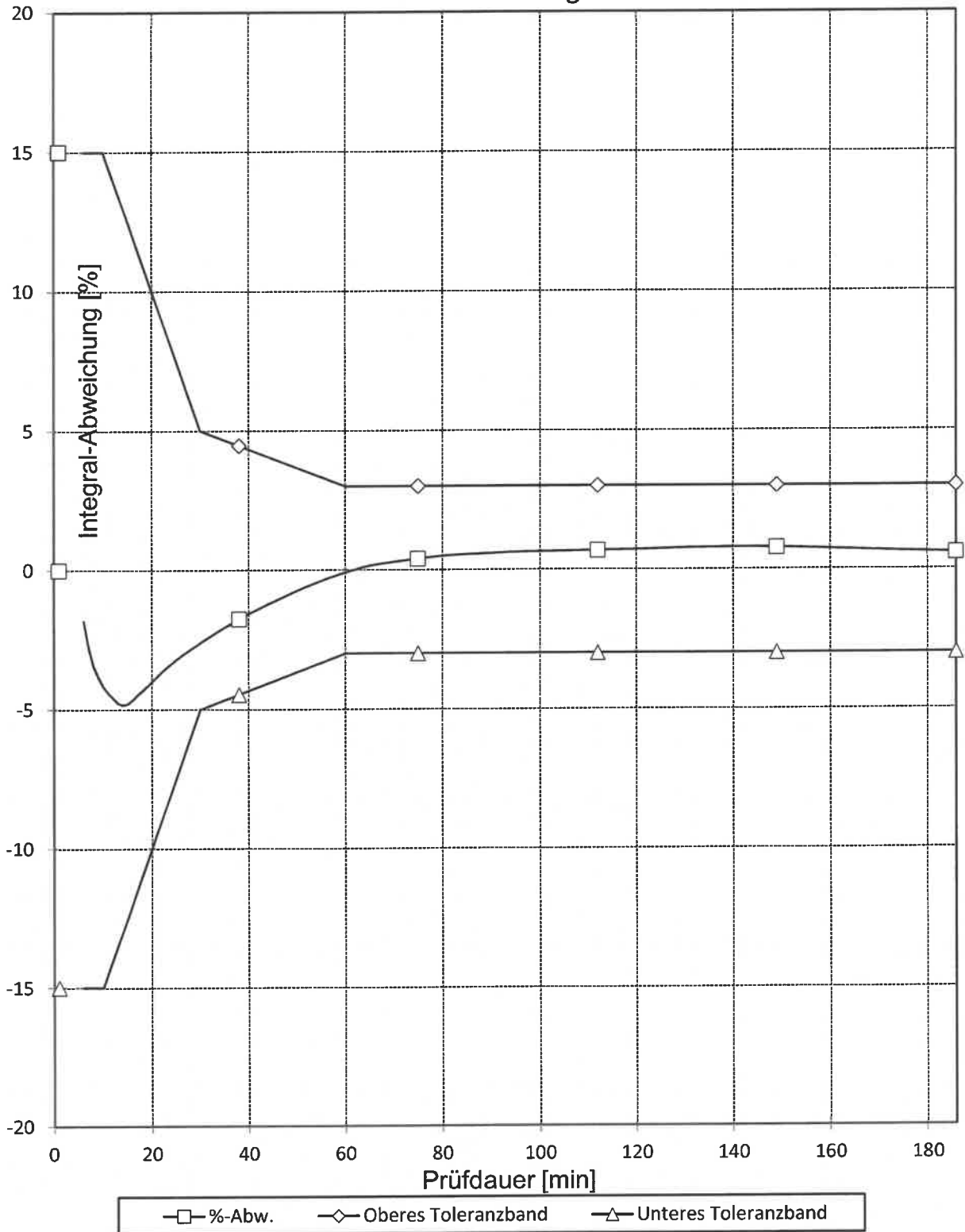
Temperaturen im Brandraum [°C]

Anlage 2.1 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

## Abweichung des Integrals der Brandraumtemperaturen vom Sollwertintegral



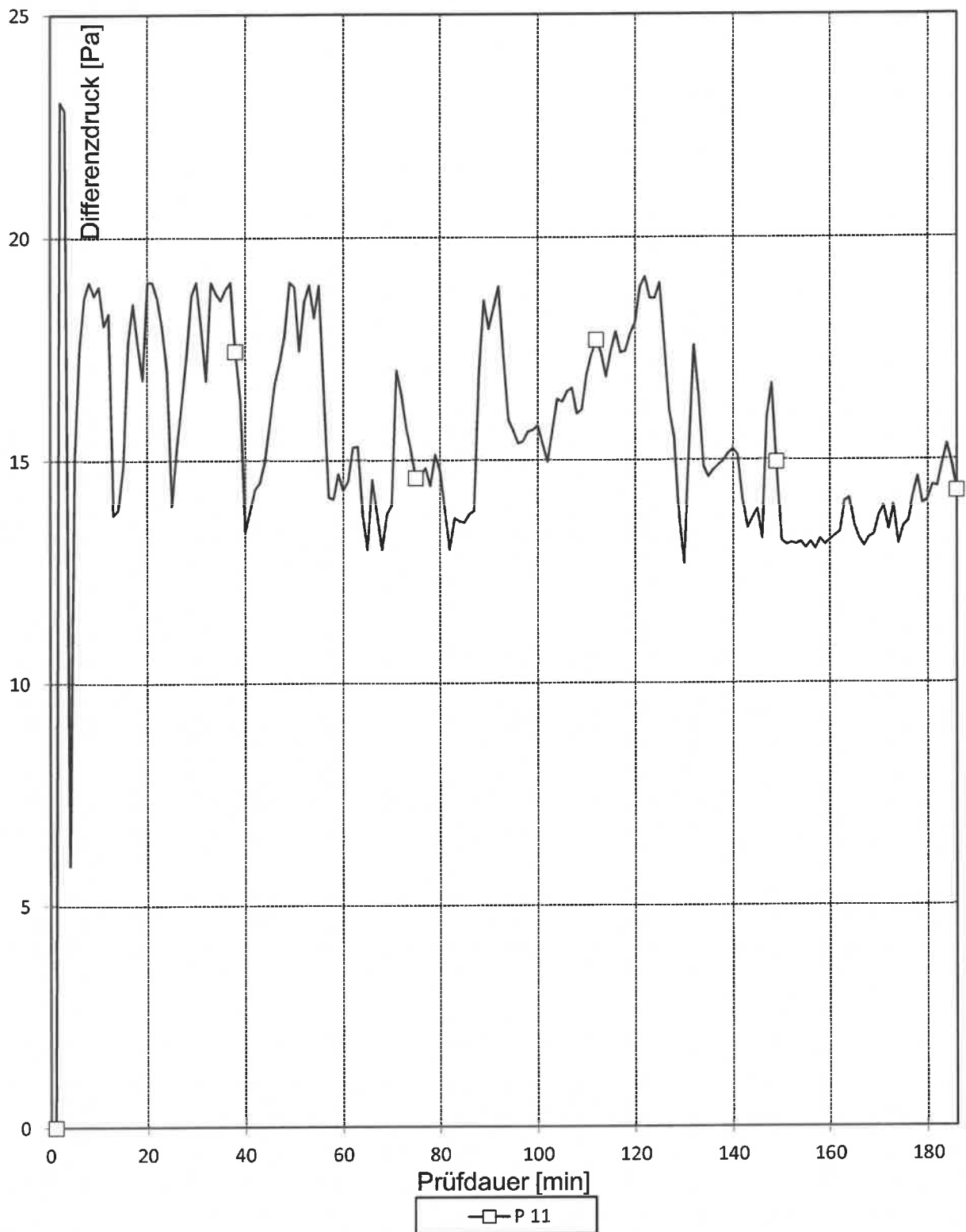
Prüfdatum: 16.10.23

### Auswertung des Fehlerintegrals

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.2 zum  
 Prüfbericht

Nr. 2104/078/22



Prüfdatum: 16.10.23

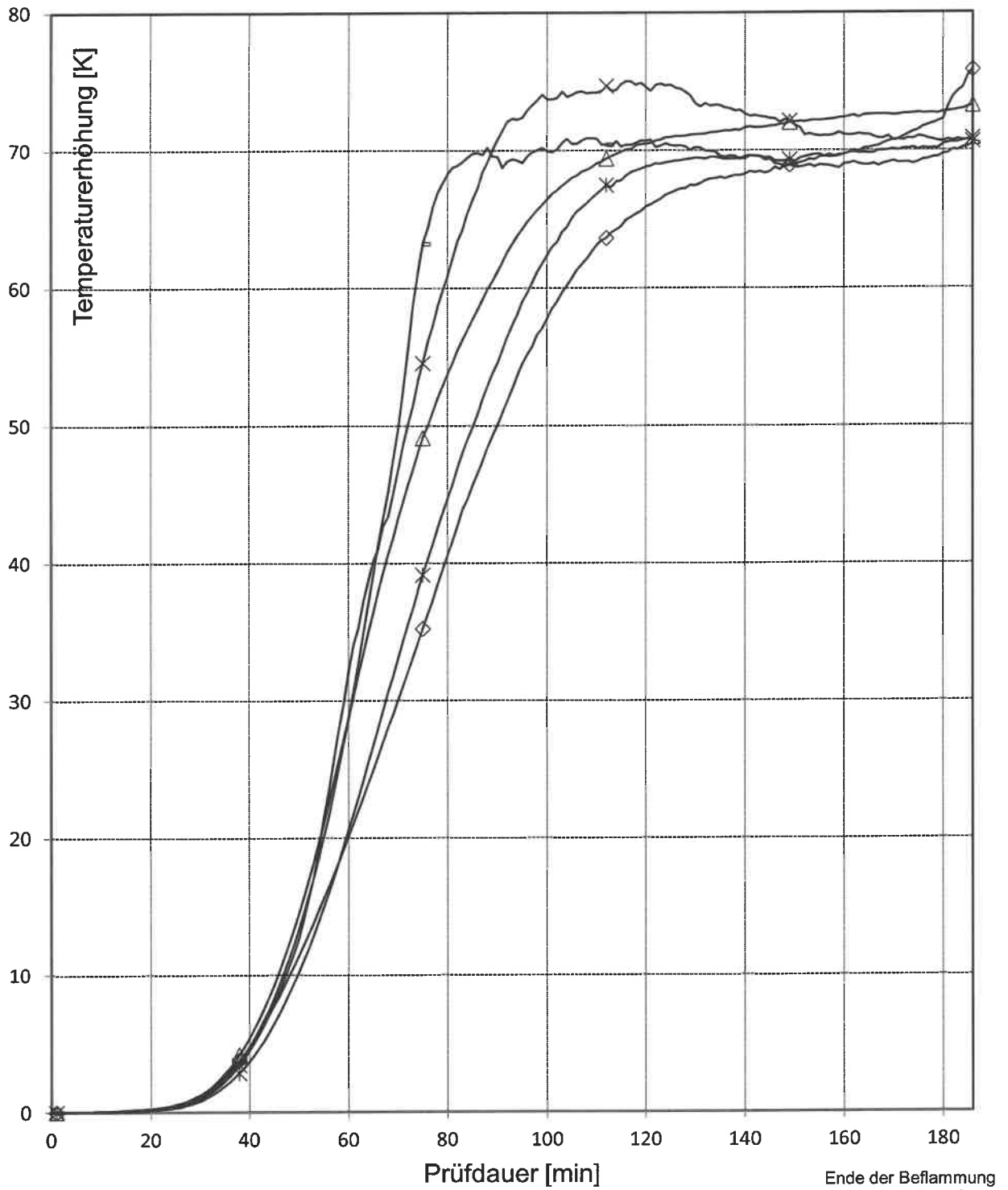
**Differenzdruck im Brandraum**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.3 zum  
 Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

## Mittelwertmessstellen



—◇— MSt.1   
 —△— MSt.2   
 —×— MSt.3   
 —\*— MSt.4   
 — MSt.5

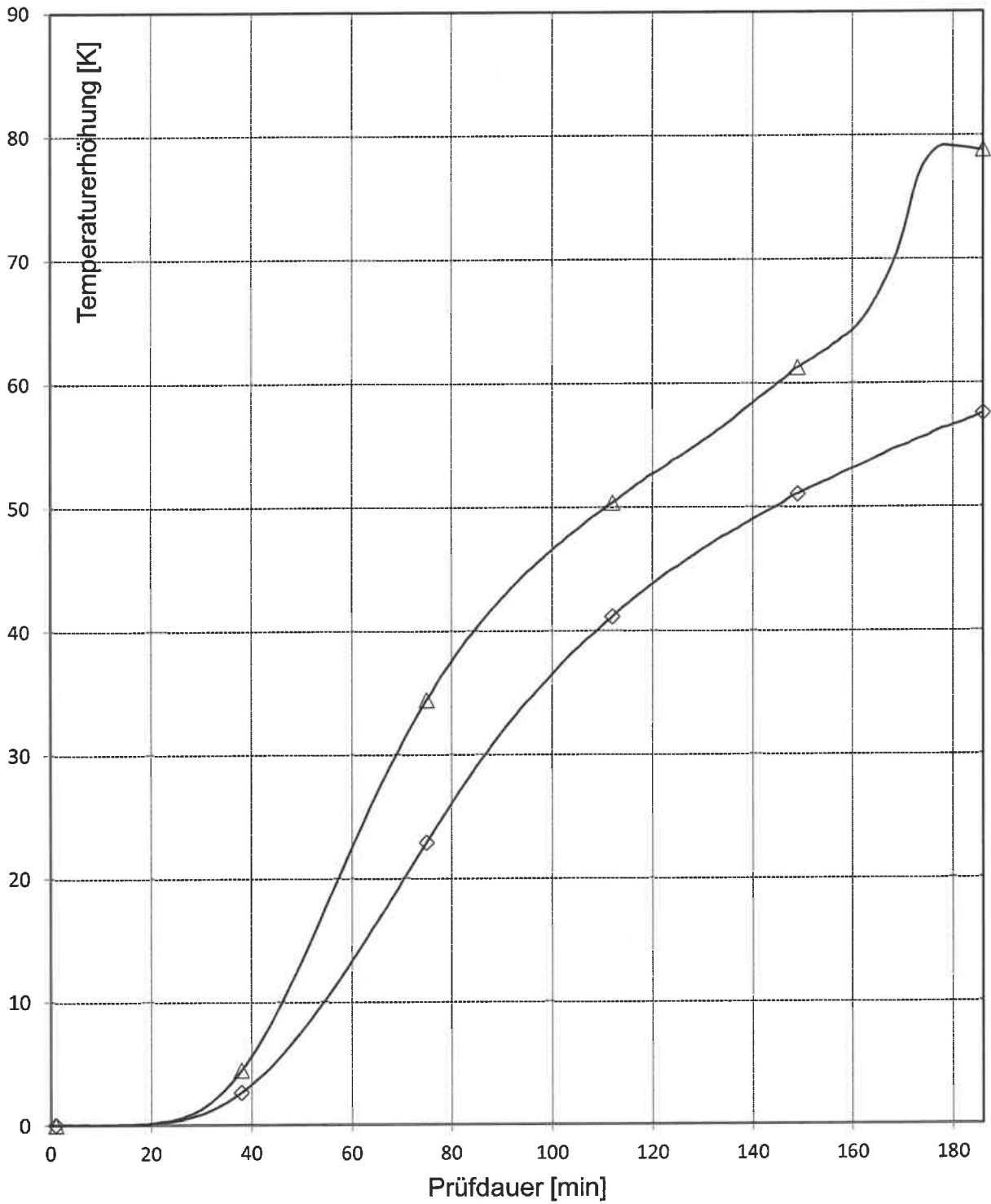
Zeit [min]	10	15	20	30	45	60	90	120	180	186	-	-
Mittelwert	< 1K	< 1K	< 1K	1 K	8 K	26 K	61 K	70 K	71 K	72 K	≤ 140 K	
Maximum	< 1K	< 1K	< 1K	1 K	9 K	32 K	71 K	75 K	73 K	76 K	≤ 180 K	
Messstelle	4	2	2	2	2	3	3	3	2	1	-	

### Temperaturen am Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.4 zum  
 Prüfbericht  
 Nr. 2104/078/22

### Am oberen Rand, mittig



◆ MSt.6   
 ▲ MSt.7

Ende der Beflammung  
nach 186 min!

Zeit [min]	10	15	20	30	45	60	90	120	180	186	-
Maximum	< 1K	< 1K	< 1K	1 K	9 K	22 K	43 K	53 K	79 K	79 K	≤180 K
Messstelle	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	-

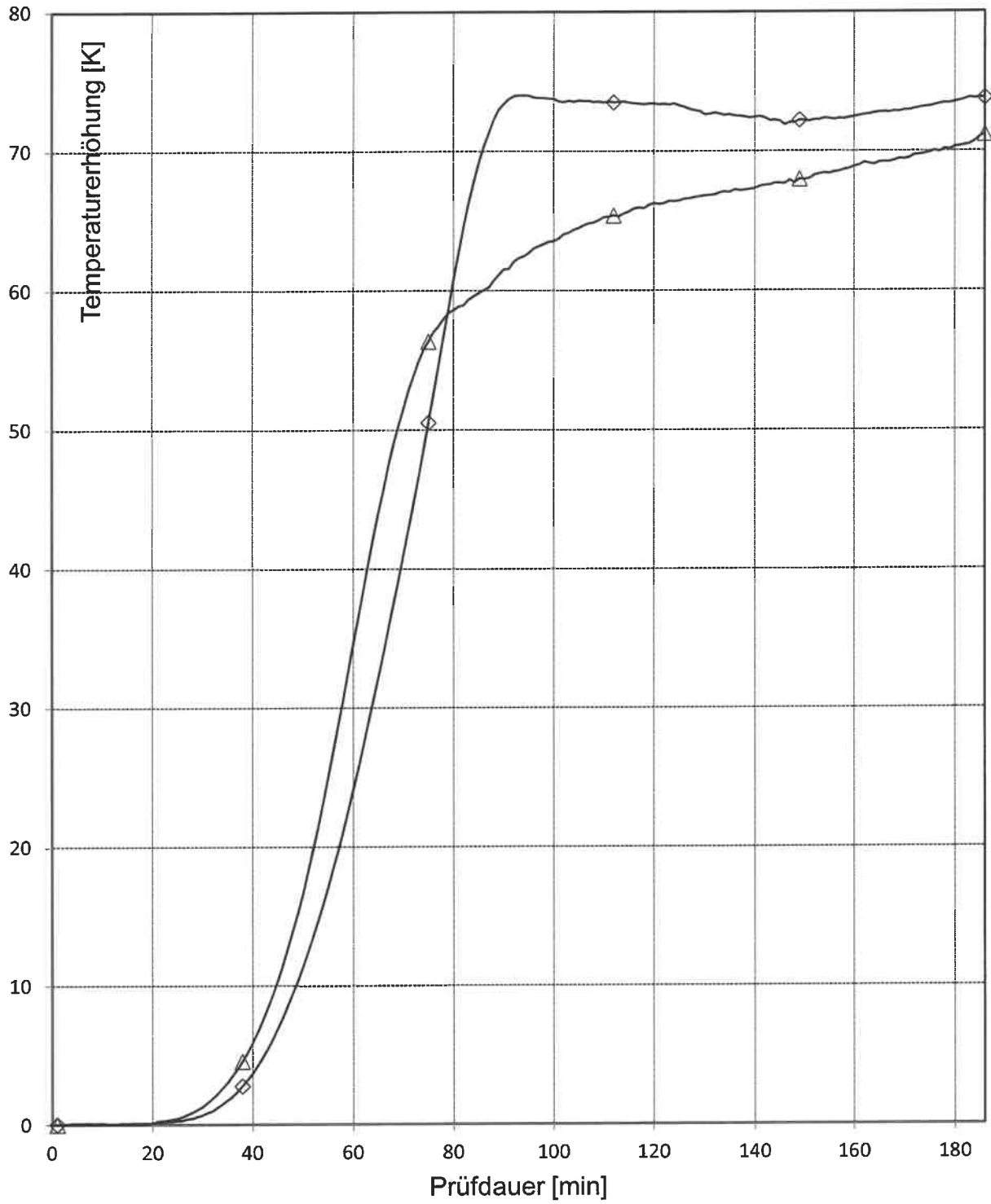
#### Temperaturen am Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.5 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

### Am freien Rand in mittlerer Höhe



Ende der Beflammung  
nach 186 min!

Zeit [min]	10	15	20	30	45	60	90	120	180	186	-
Maximum	< 1K	< 1K	< 1K	1 K	10 K	35 K	73 K	73 K	74 K	74 K	<=180 K
Messstelle	8	8	9	9	9	9	8	8	8	8	-

#### Temperaturen am Probekörper

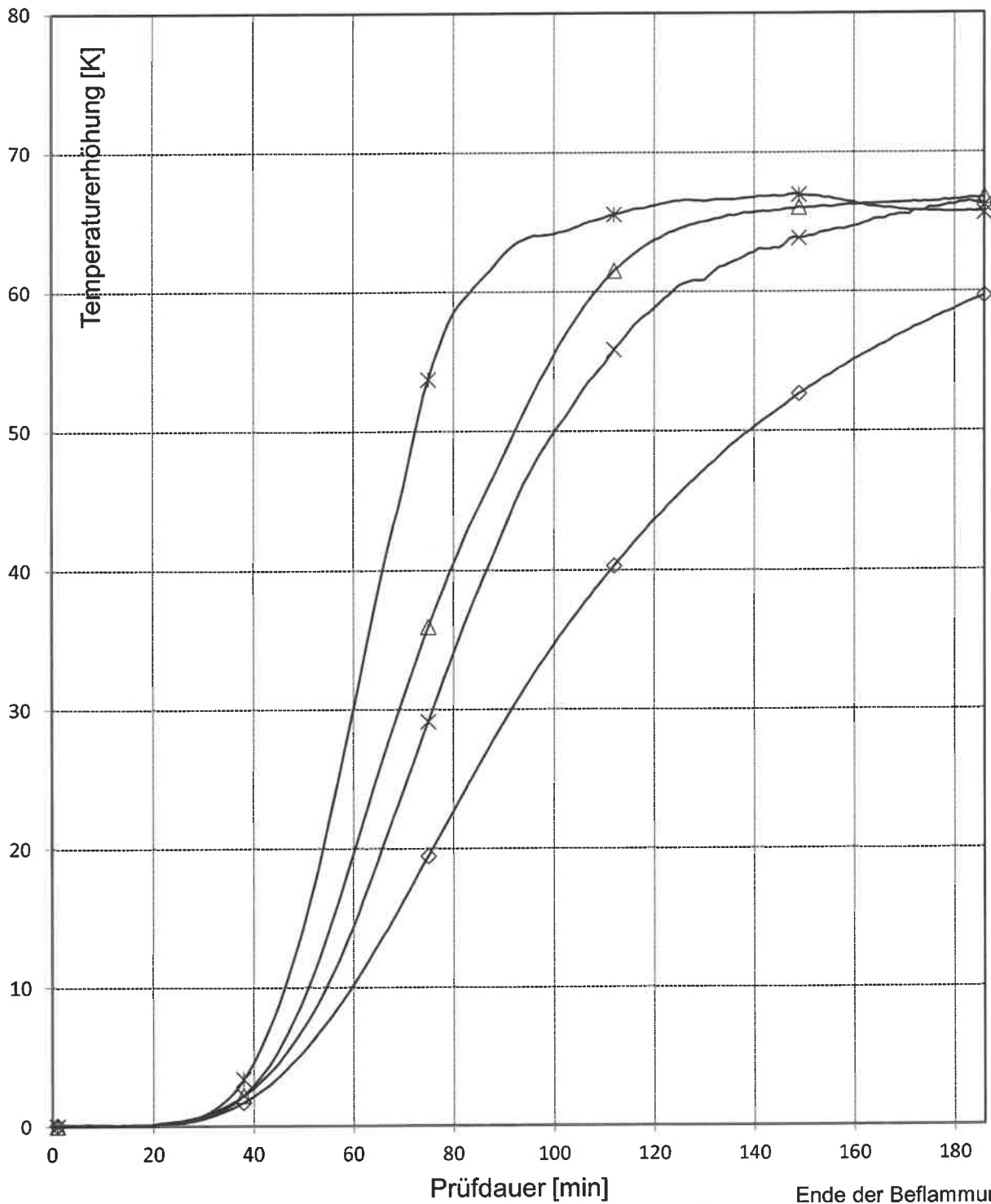
**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.6 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22



## Am oberen, freien Rand



Ende der Beflammung  
nach 186 min!

—◇— MSt.10
—△— MSt.11
—×— MSt.12
—✱— MSt.13

Zeit [min]	10	15	20	30	45	60	90	120	180	186	-
Maximum	< 1K	< 1K	< 1K	< 1K	9 K	30 K	63 K	66 K	67 K	67 K	≤180 K
Messstelle	10	10	12	13	13	13	13	13	11	11	-

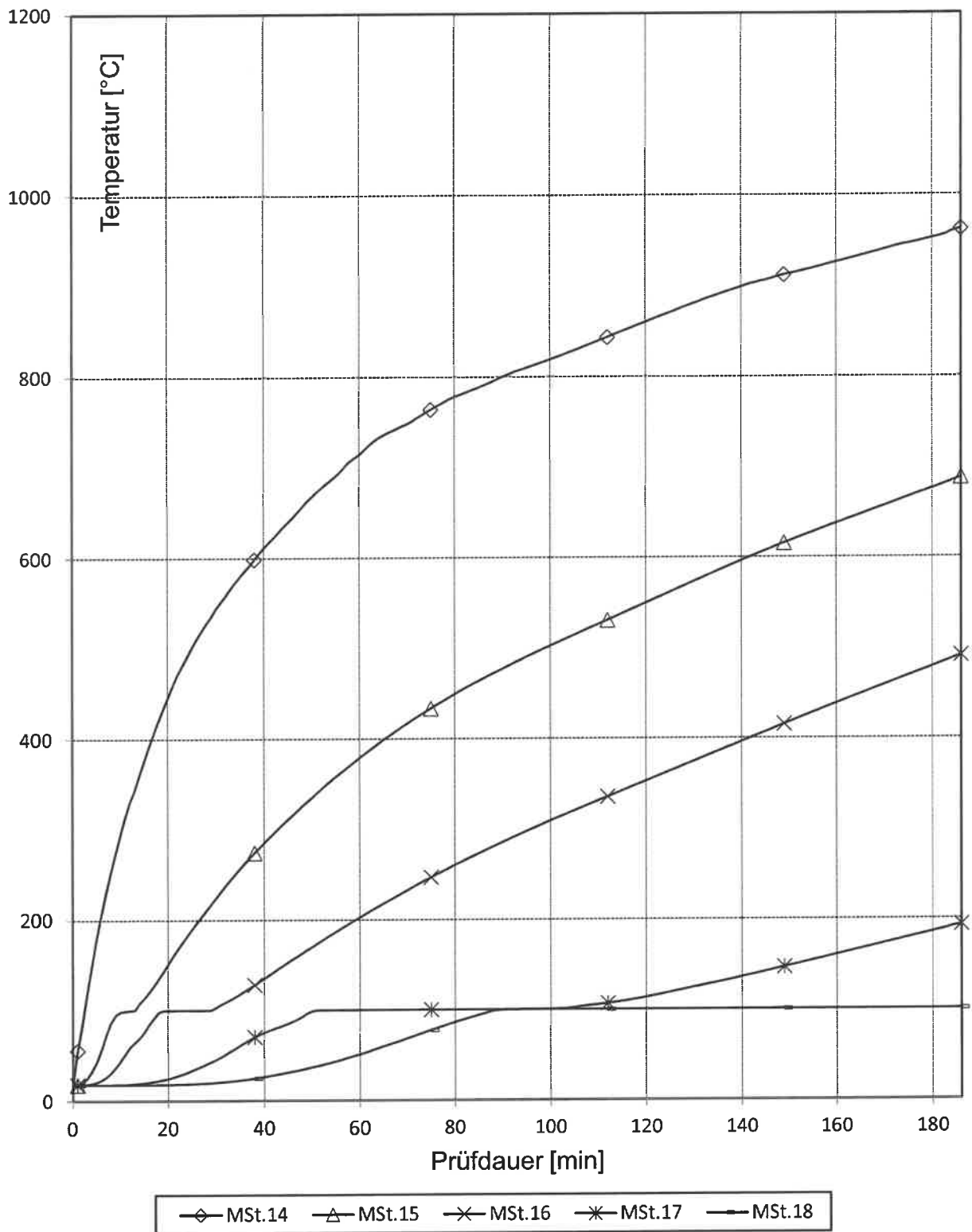
### Temperaturen am Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.7 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

# Messleiter an Mst. 1



Ende der Beflammung  
nach 186 min!

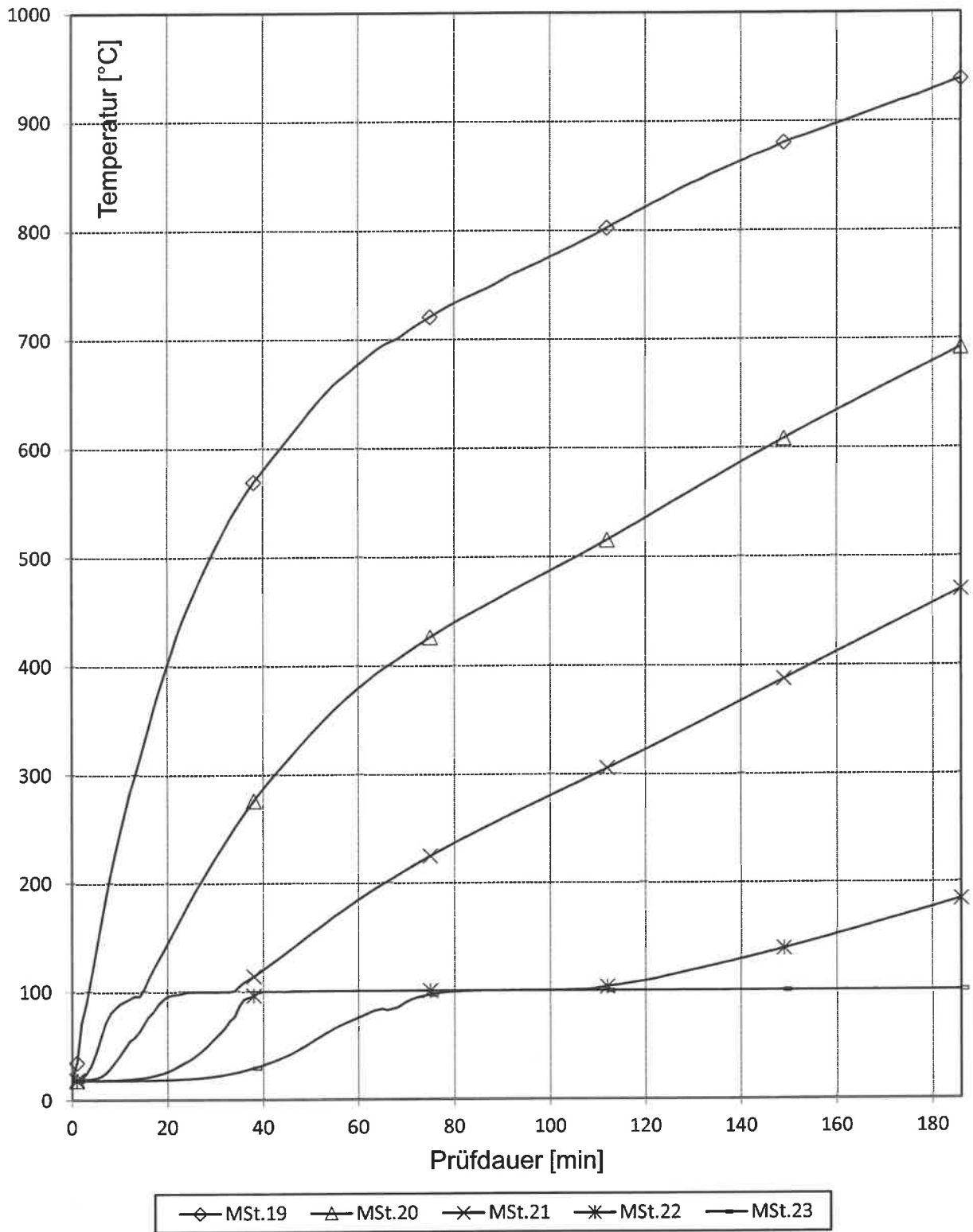
## Temperaturen im Probekörper

Anlage 2.8 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

# Messleiter an Mst. 2



Ende der Beflammung  
nach 186 min!

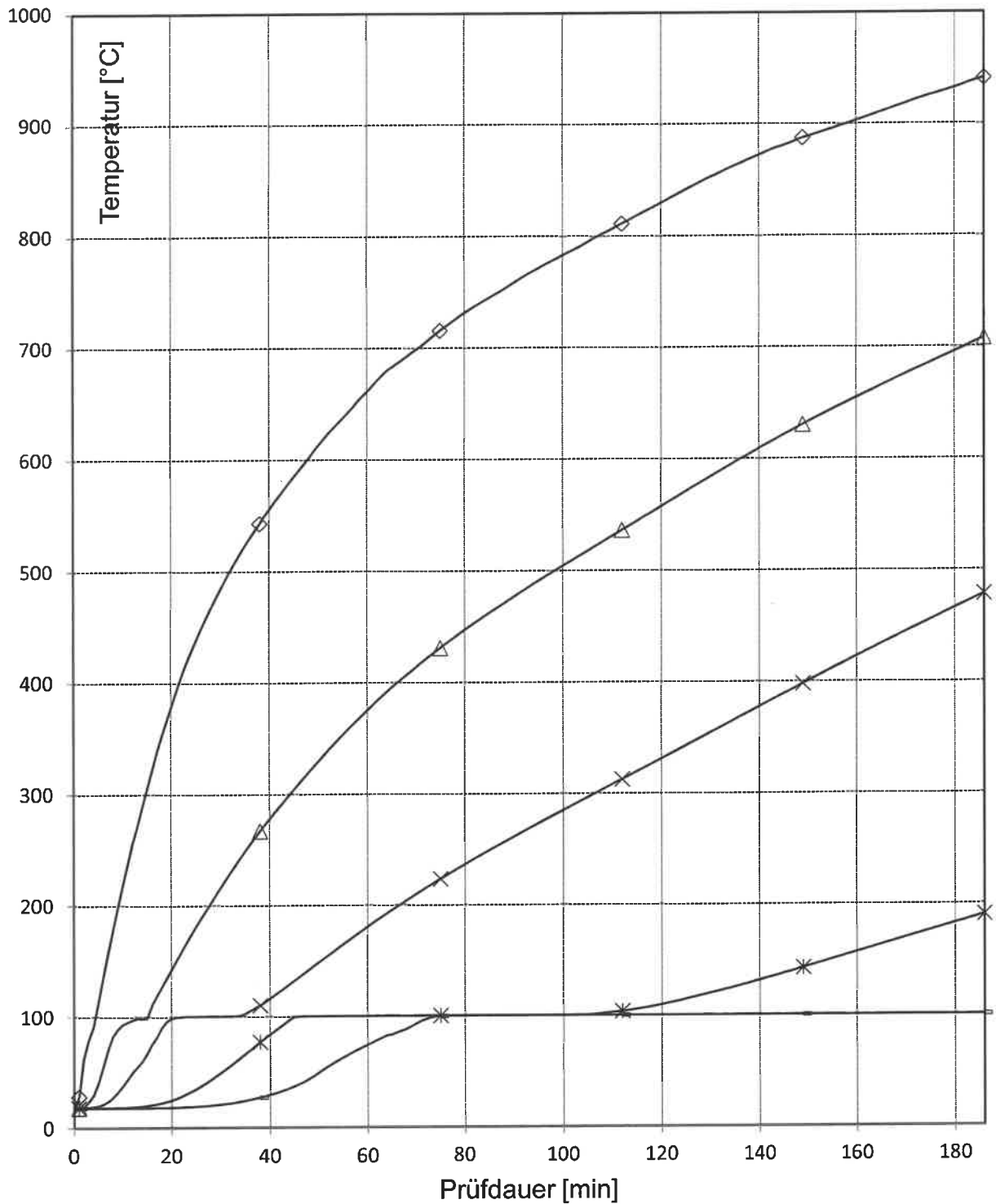
## Temperaturen im Probekörper

Anlage 2.9 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

### Messleiter an Mst. 3



Ende der Beflammung  
nach 186 min!

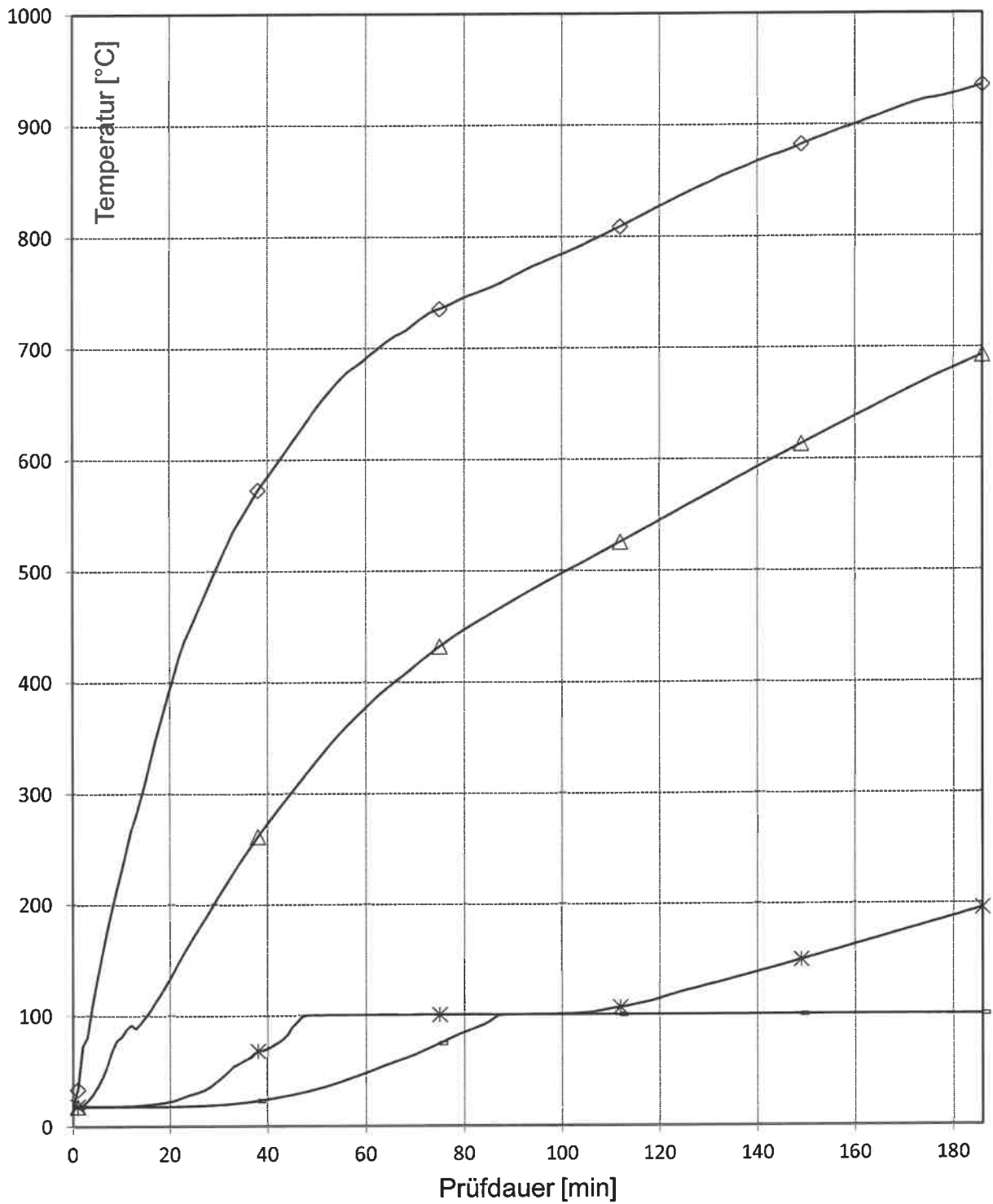
#### Temperaturen im Probekörper

Anlage 2.10 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

### Messleiter an Mst. 4 (Mst. 31 defekt)



Ende der Beflammung  
nach 186 min!

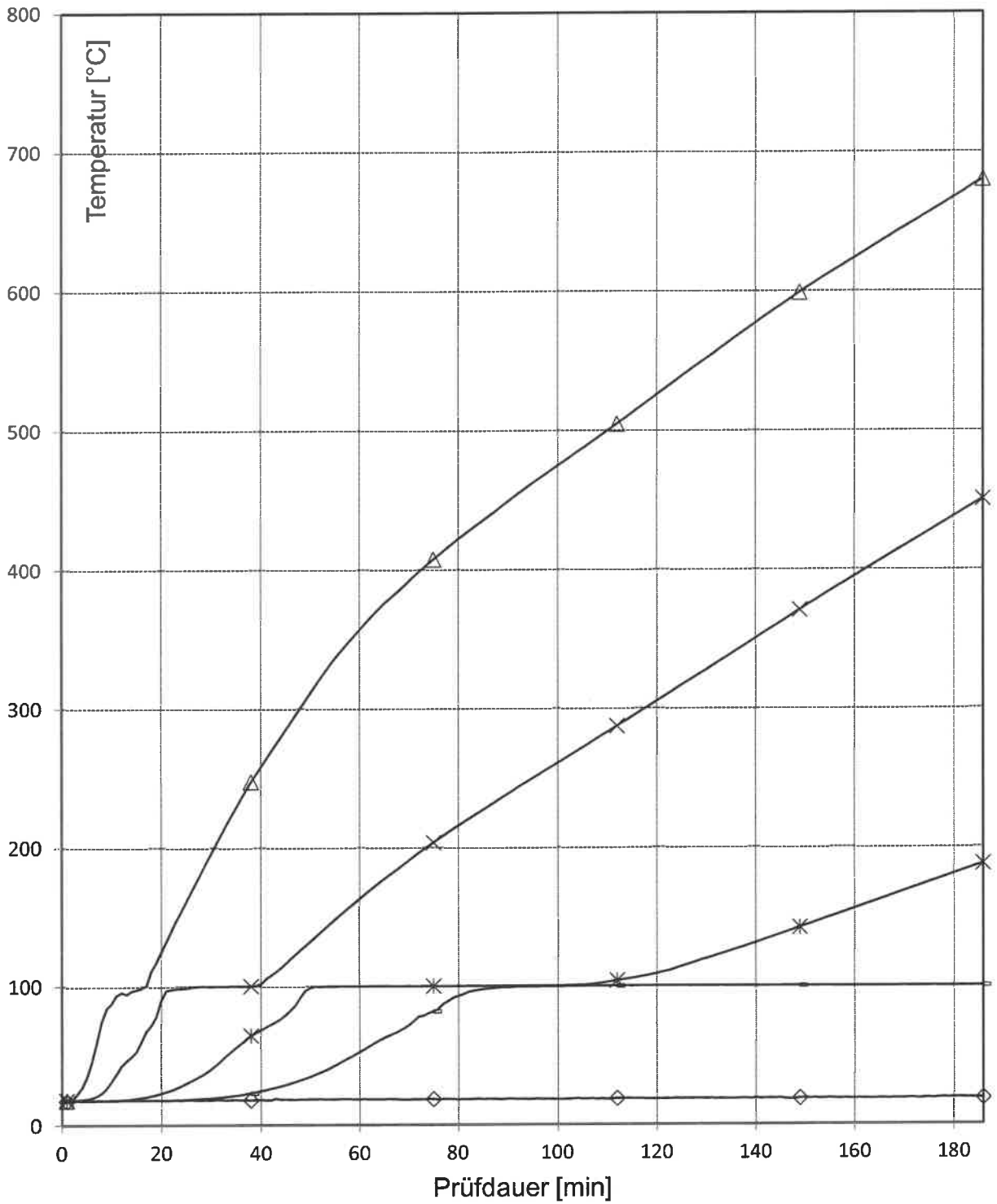
#### Temperaturen im Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.11 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

# Messleiter an Mst. 5



—◇— MSt.34    —△— MSt.35    —×— MSt.36    —\*— MSt.37    ——— MSt.38

Ende der Beflammung  
nach 186 min!

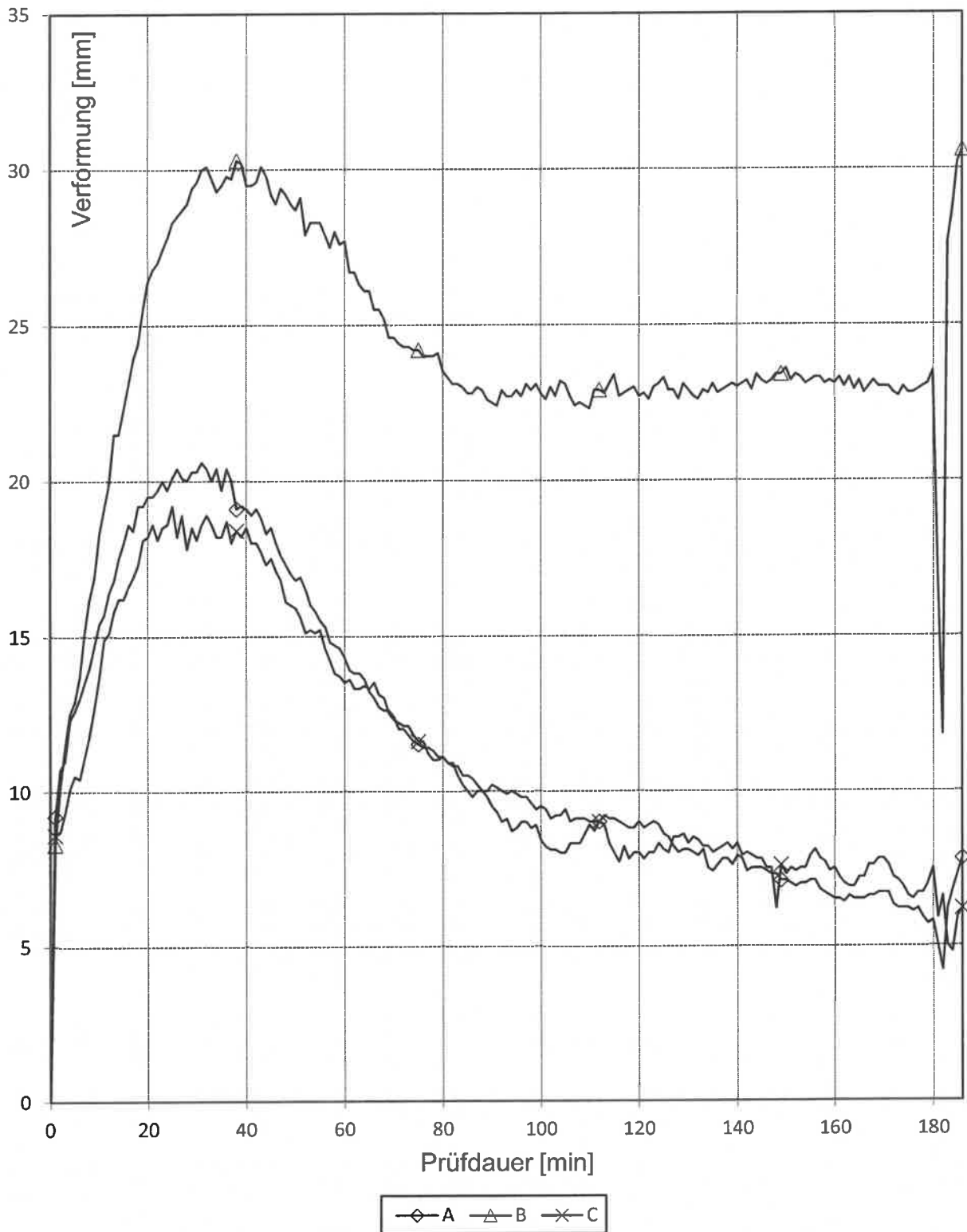
## Temperaturen im Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.12 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

# Horizontale Durchbiegung

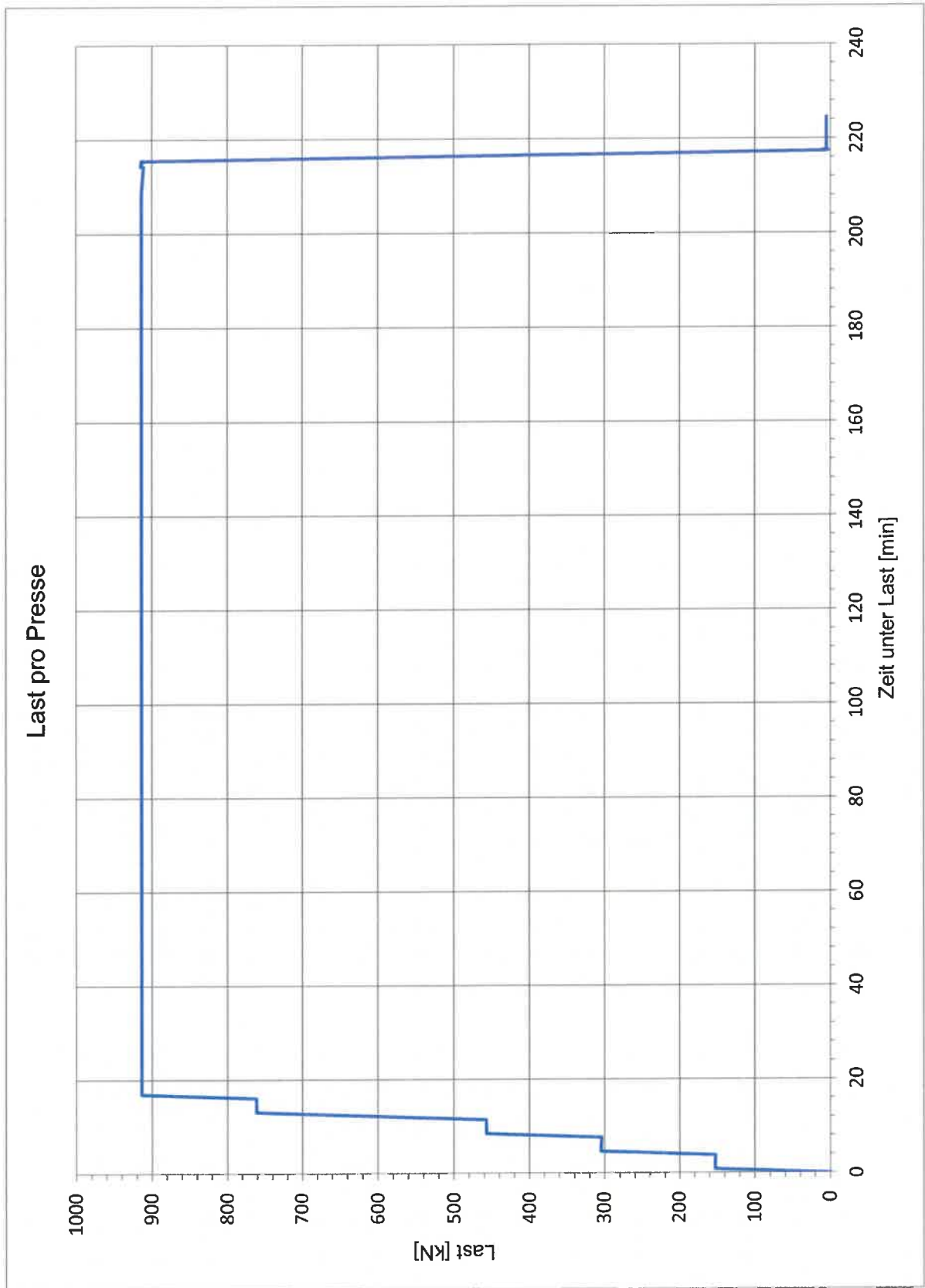


**Verformung am Probekörper**

Anlage 2.13 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22



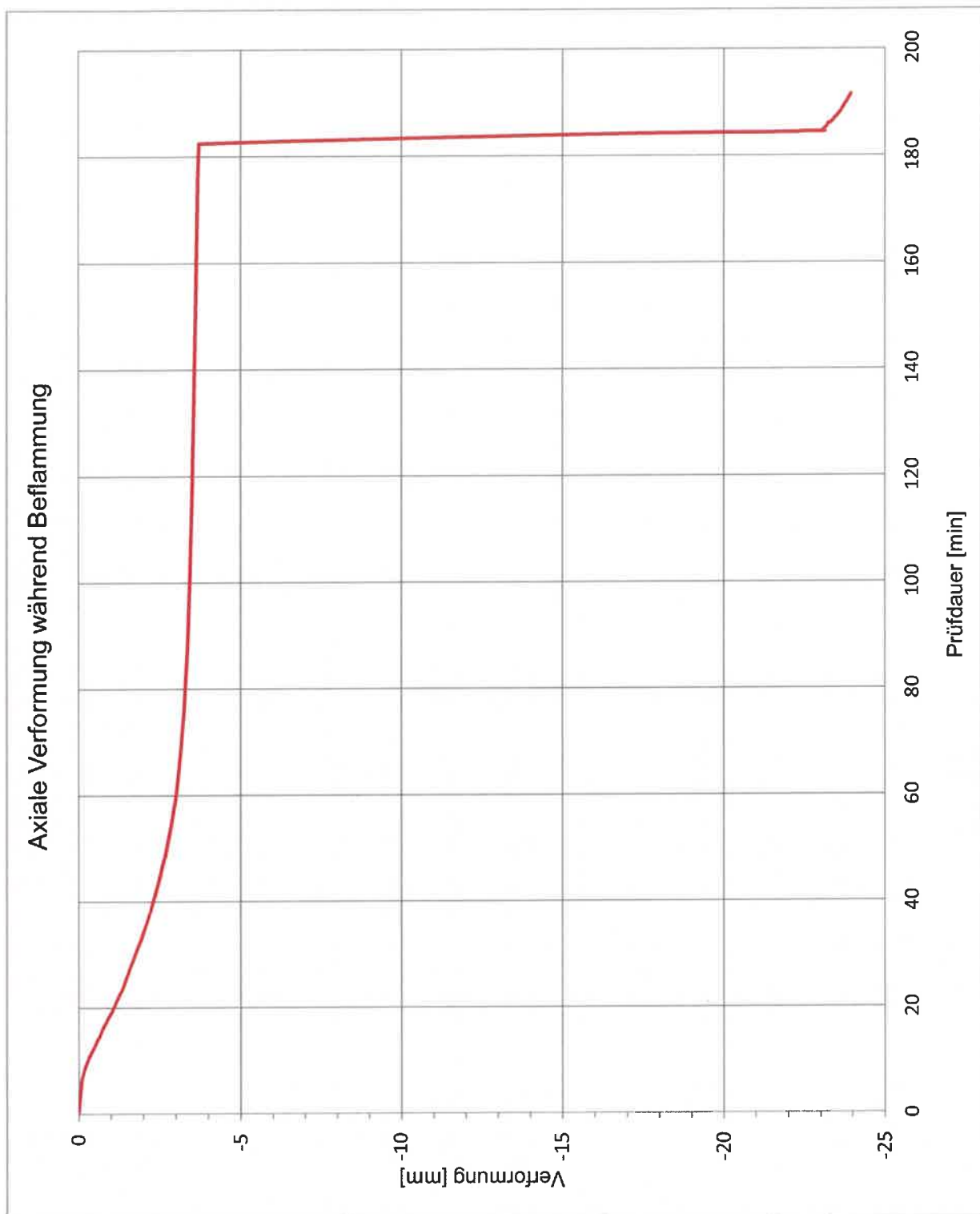
Belastungsgeschwindigkeit: 3 [kN/s]

**Aufgebrachte Last auf Probekörper**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.14 zum  
 Prüfbericht  
 Nr. 2104/078/22





negative Werte: Dehnungen

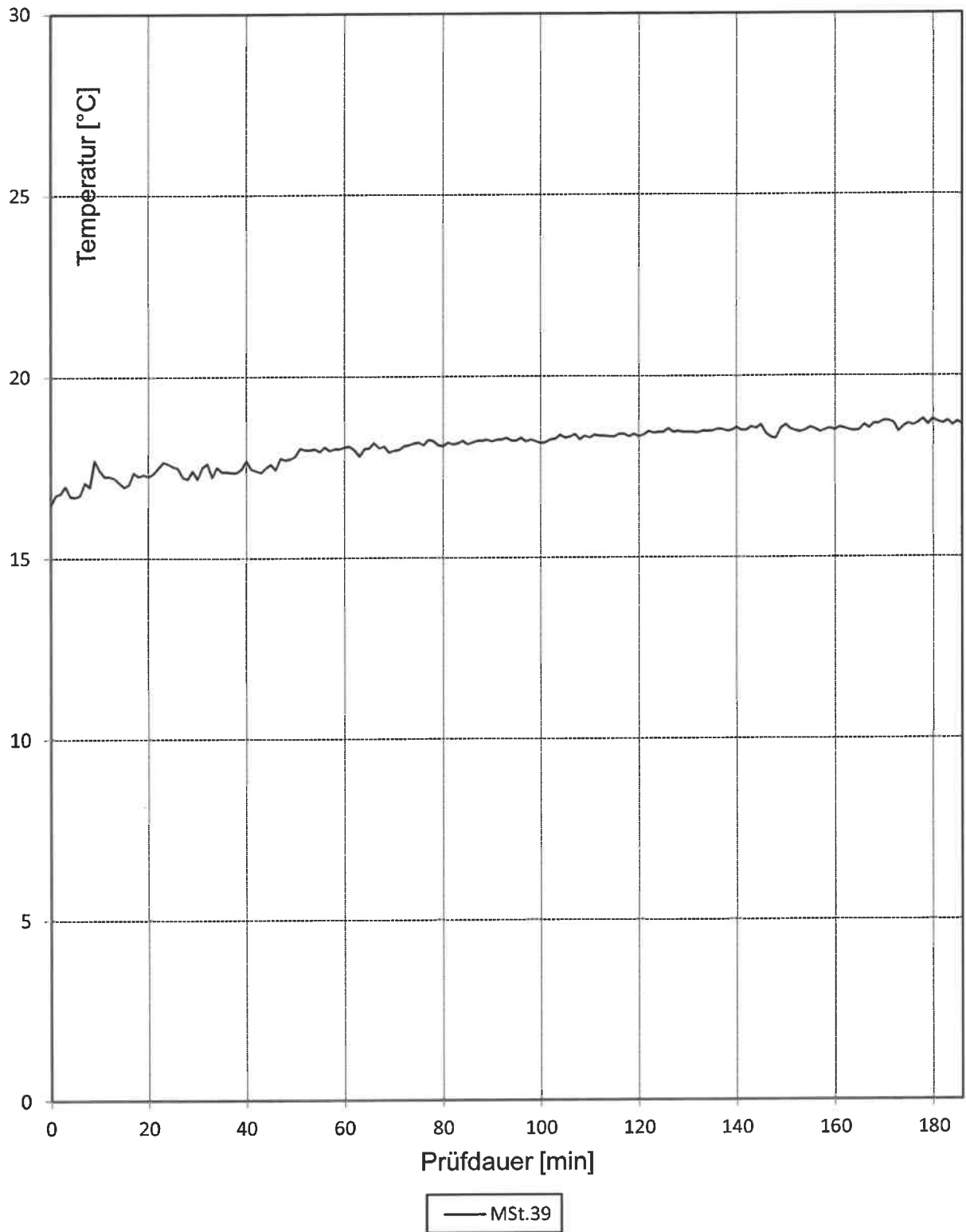
positive Werte: Stauchungen

Ende der Beflammung nach 186 [min]!

**Axiale Verformung des Probekörpers**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.15 zum  
 Prüfbericht  
 Nr. 2104/078/22



Ende der Beflammung  
nach 186 min!

**Umgebungstemperatur**

Anlage 2.16 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 16.10.2023
1	FS/FA	Keine Risse im Beton infolge der Belastung sichtbar.
5	FA/FS	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
15	FA/FS	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
19	FA/FS	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
30	FA	Vertikale Risse (Breite ca. 2 mm) von Messstelle 2 bis Messstelle 4 und Messstelle 3 bis Messstelle 5 sichtbar.
33	FA	Paralleler Riss, ca. 30 cm vom Vertikalriss Messstelle 3 bis Messstelle 5 entfernt.
	FS	Keine Risse auf der Feuerseite sichtbar.
45	FA/FS	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
50	FA	Im Riss unter Messstelle 3 wird Kondenswasser sichtbar (Putz dunkel gefärbt).
57	FA	Aus den Rissen tritt Wasserdampf aus.
	FS	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
60	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
67	FS	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
	FA	In allen Rissen ist das Kondenswasser sichtbar geworden (Putz dunkel gefärbt).
74	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
82	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
90	FS	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
	FA	Weitere kleine, schmale Risse mit Kondenswasser sind sichtbar.
104	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
120	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
163	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.

\*) FS: Feuerseite

FA: Feuerabgewandte Seite

### Beobachtungen

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 2.17 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 16.10.2023
175	INFO	Die Plates werden für die Stoßbeanspruchung zurückgezogen.
180	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
		<b>1. Stoßbeanspruchung</b>
180	FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
		<b>2. Stoßbeanspruchung</b>
181	FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
	INFO	Entlastung des Probekörpers erfolgte nach der 2. Stoßbeanspruchung.
183		<b>3. Stoßbeanspruchung</b>
	FA/FS	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
186	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar. Ende der Beflammung in Absprache mit dem Auftraggeber.

\*) FS: Feuerseite

FA: Feuerabgewandte Seite

<b>Beobachtungen</b>	Anlage 2.18 zum Prüfbericht Nr. 2104/078/22
<b>Materialprüfanstalt für das Bauwesen</b> Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	



Probekörper im eingebauten Zustand (FA)

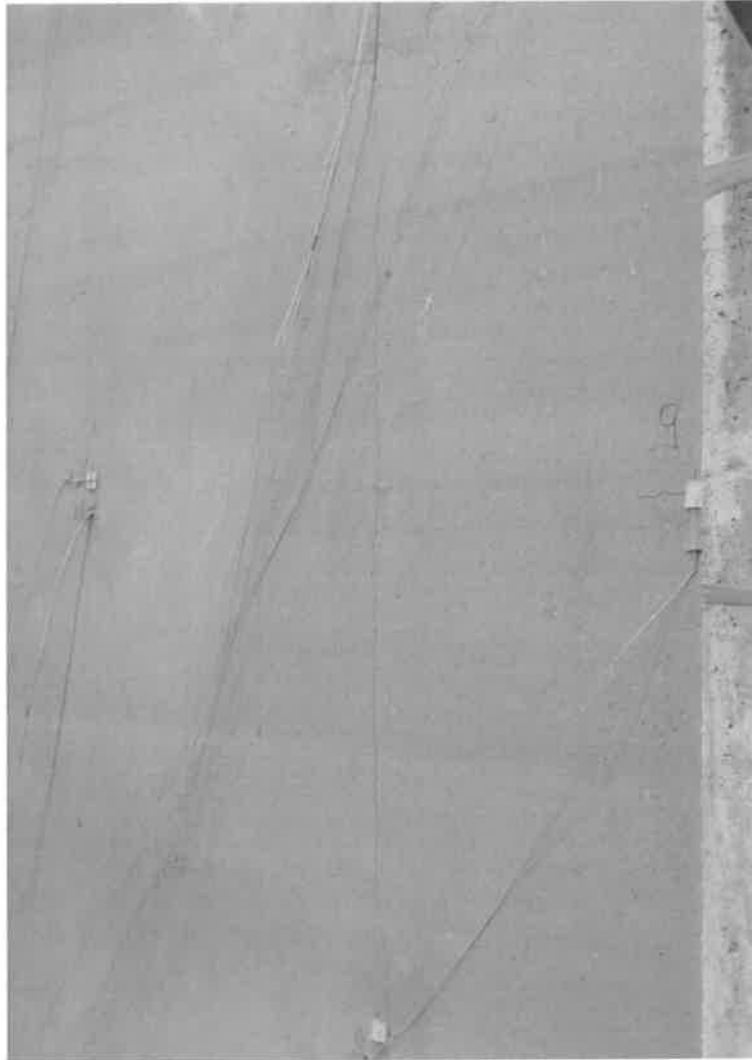


1. Minute: Keine Rissbildung nach der Belastung sichtbar (FA).

**Fotodokumentation**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 3.1 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



30. Minute: Vertikale Rissbildung zwischen den Messstellen 2 und 4 (FA).

**Fotodokumentation**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 3.2 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



3. Minute: Weiterer vertikale Riss zwischen den Messstellen 3 und 5 (FA).



50. Minute: Kondeswasseraustritt an Riss bei Messstelle 3 (FA).

**Fotodokumentation**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 3.3 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



57. Minute: Wasserdampfaustritt am Riss zwischen den Messstellen 3 und 5 (FA).



67. Minute: Kondenswasseraustritt an allen Rissen sichtbar (FA).

**Fotodokumentation**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 3.4 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22





90. Minute: Kondenswasseraustritt an neuen vertikalen Rissen sichtbar (FA).



175. Minute: Wasserdampfaustritt an weiteren Rissen sichtbar (FA).

### Fotodokumentation

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 3.5 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



181. Minute: Keine Risse infolge der ersten zwei Stoßbeanspruchungen sichtbar (FA).

**Fotodokumentation**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 3.6 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



Das Bild entstand am Tag nach der Brandprüfung (FA).

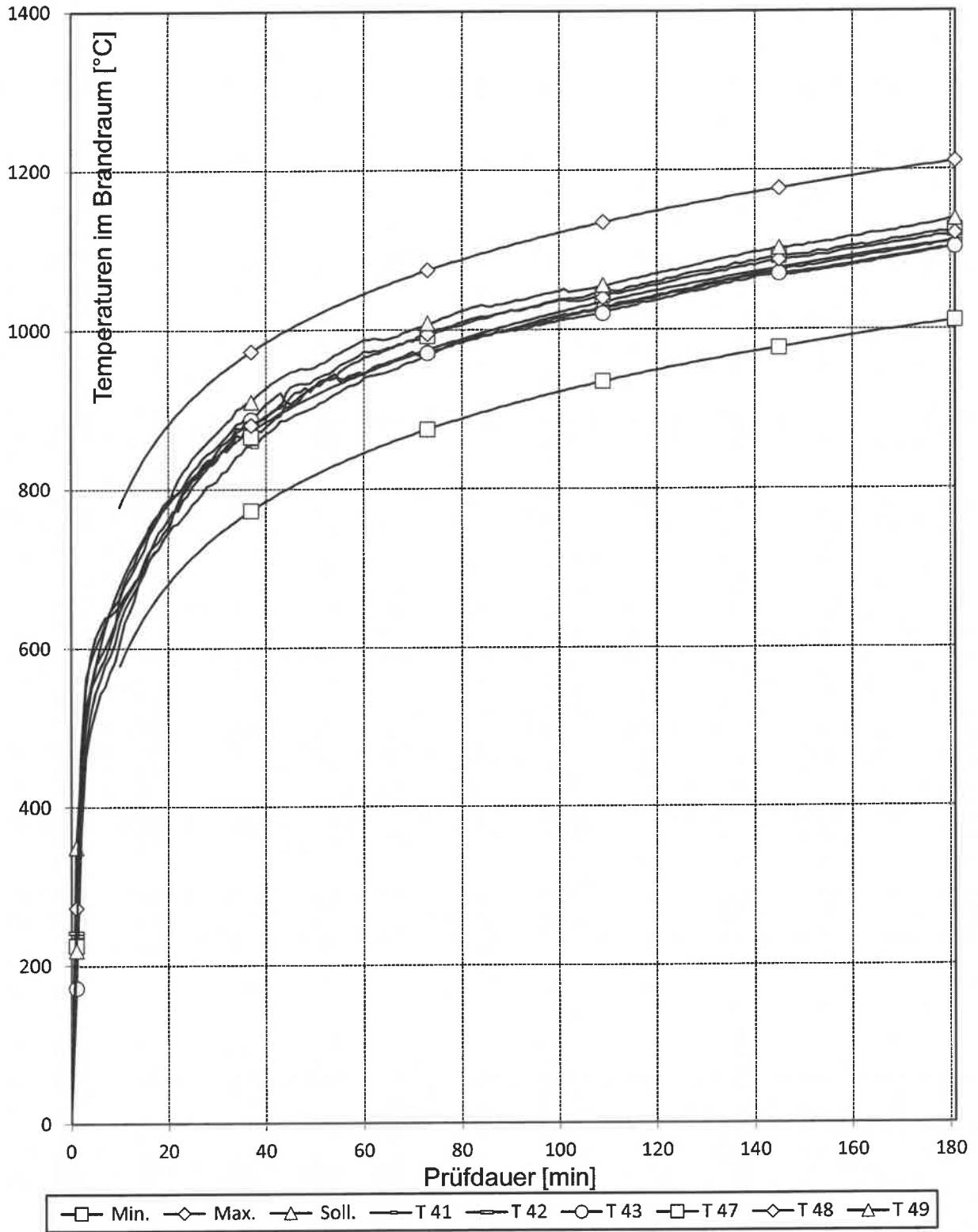


Das Bild entstand am Tag nach der Brandprüfung (FS).

### Fotodokumentation

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 3.7 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



Prüfdatum: 19.10.23

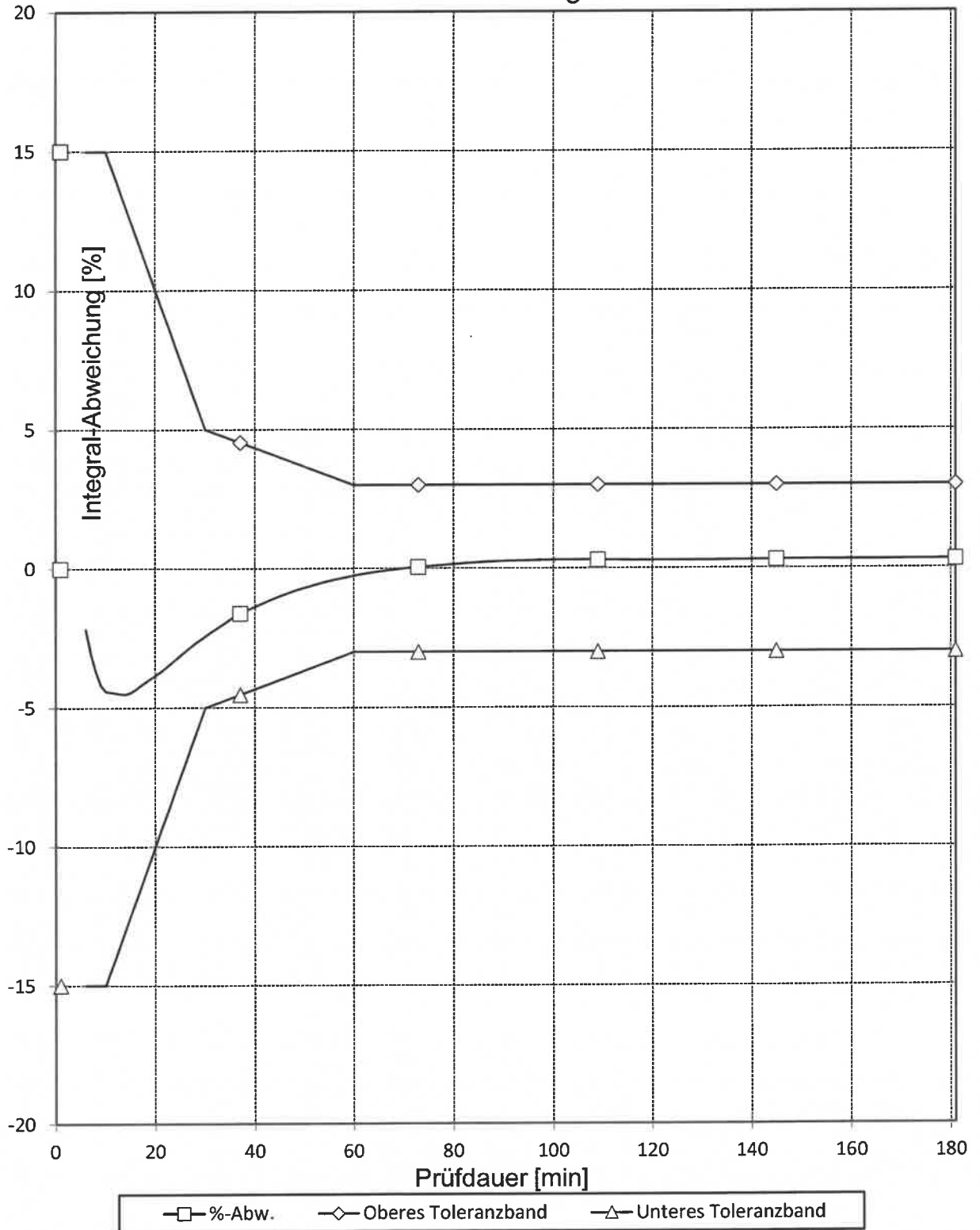
Temperaturen im Brandraum [°C]

Anlage 4.1 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

## Abweichung des Integrals der Brandraumtemperaturen vom Sollwertintegral



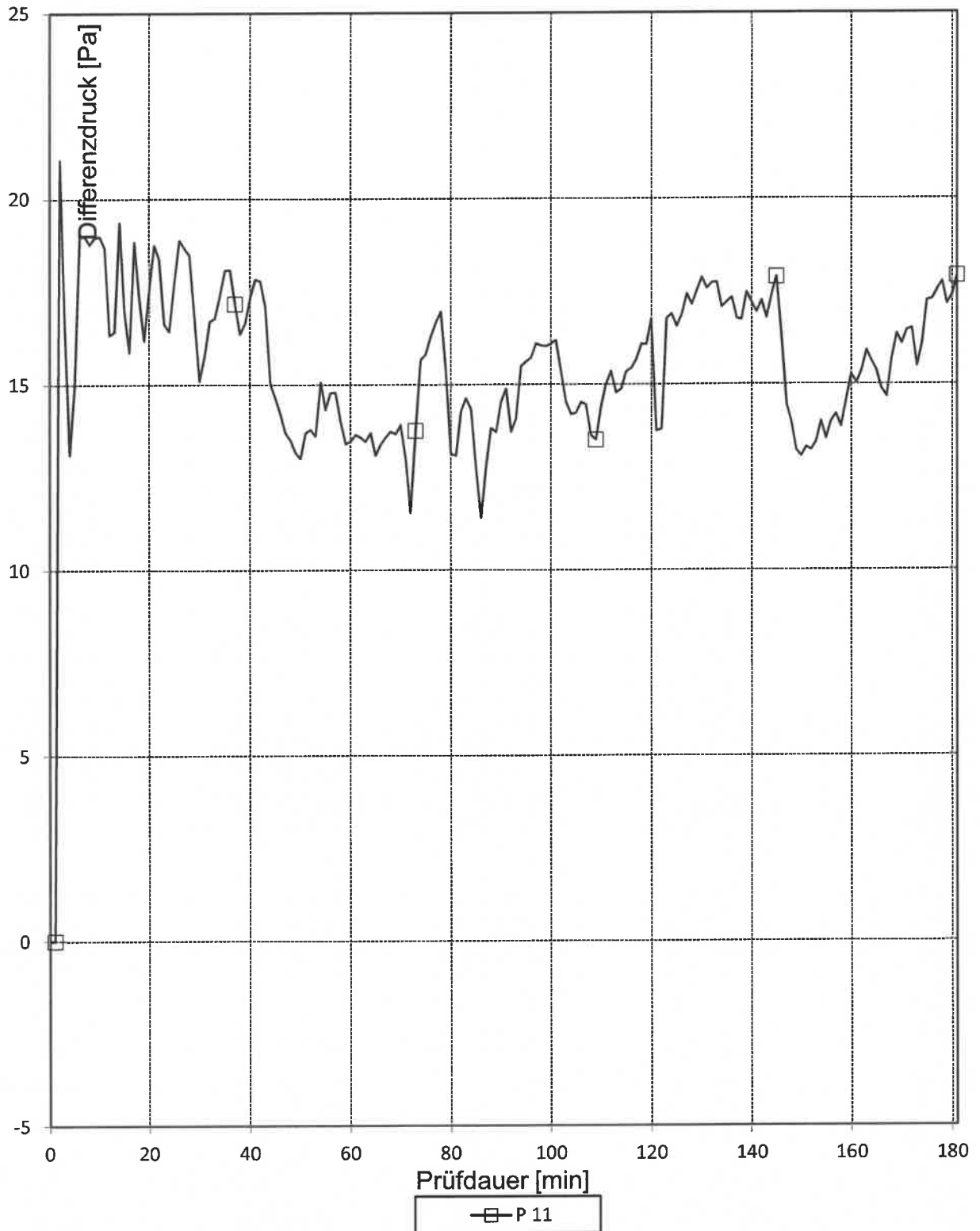
Prüfdatum: 19.10.23

### Auswertung des Fehlerintegrals

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.2 zum  
 Prüfbericht

Nr. 2104/078/22



Prüfdatum: 19.10.23

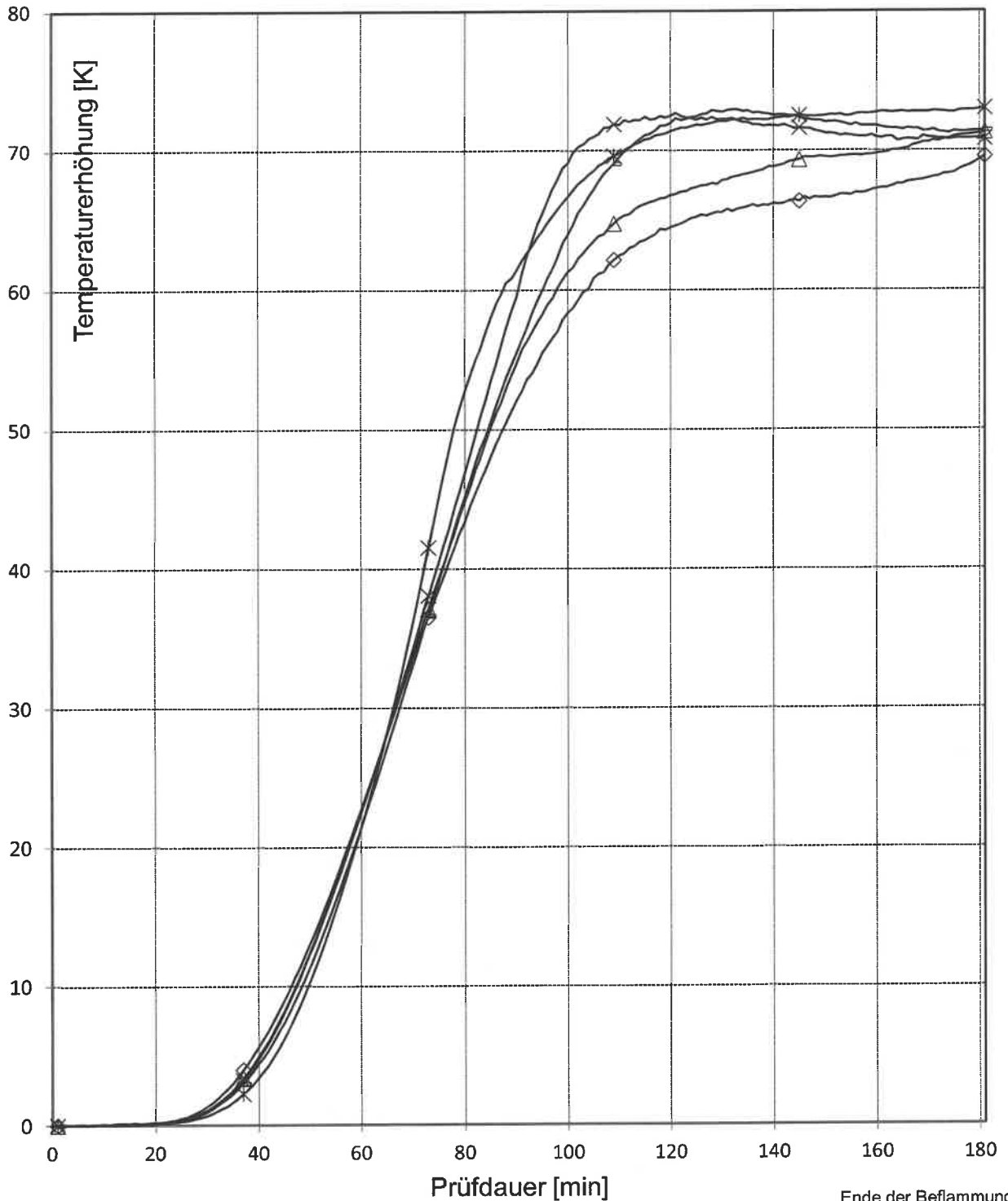
**Differenzdruck im Brandraum**

Anlage 4.3 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

## Mittelwertmessstellen



◇ MSt.1   △ MSt.2   × MSt.3   \* MSt.4   — MSt.5

Zeit [min]	10	15	20	30	45	60	90	120	180	181	-	-
Mittelwert	< 1K	< 1K	< 1K	1 K	8 K	22 K	57 K	69 K	71 K	71 K		≤140 K
Maximum	< 1K	< 1K	< 1K	1 K	9 K	23 K	61 K	72 K	73 K	73 K	≤180 K	
Messstelle	4	2	2	1	1	1	4	3	4	4	-	

### Temperaturen am Probekörper

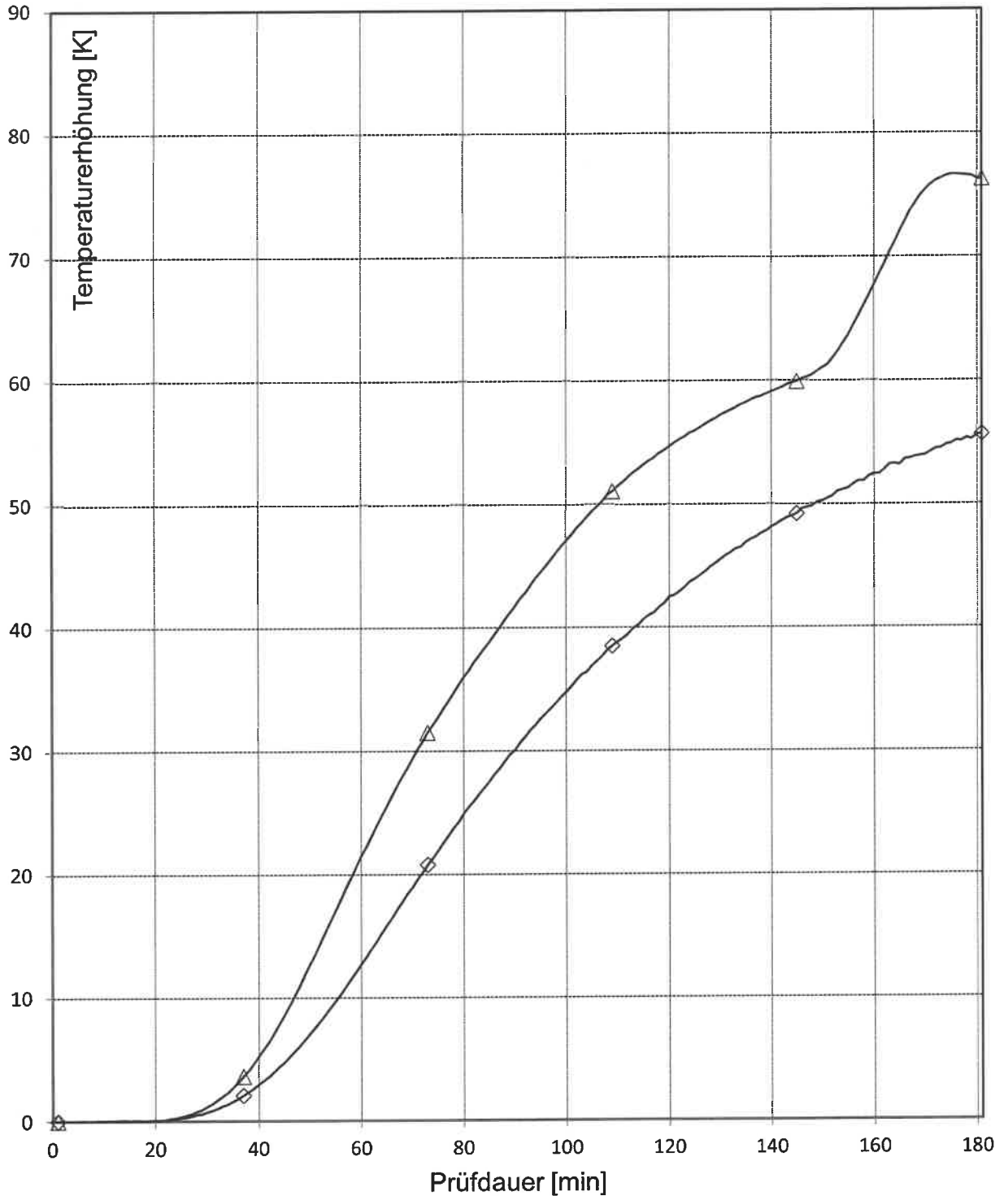
**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.4 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22



### Am oberen Rand, mittig



Ende der Beflammung  
nach 181 min!

Zeit [min]	10	15	20	30	45	60	90	120	180	181	-
Maximum	< 1K	< 1K	< 1K	1 K	9 K	21 K	42 K	55 K	76 K	76 K	≤180 K
Messstelle	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	-

#### Temperaturen am Probekörper

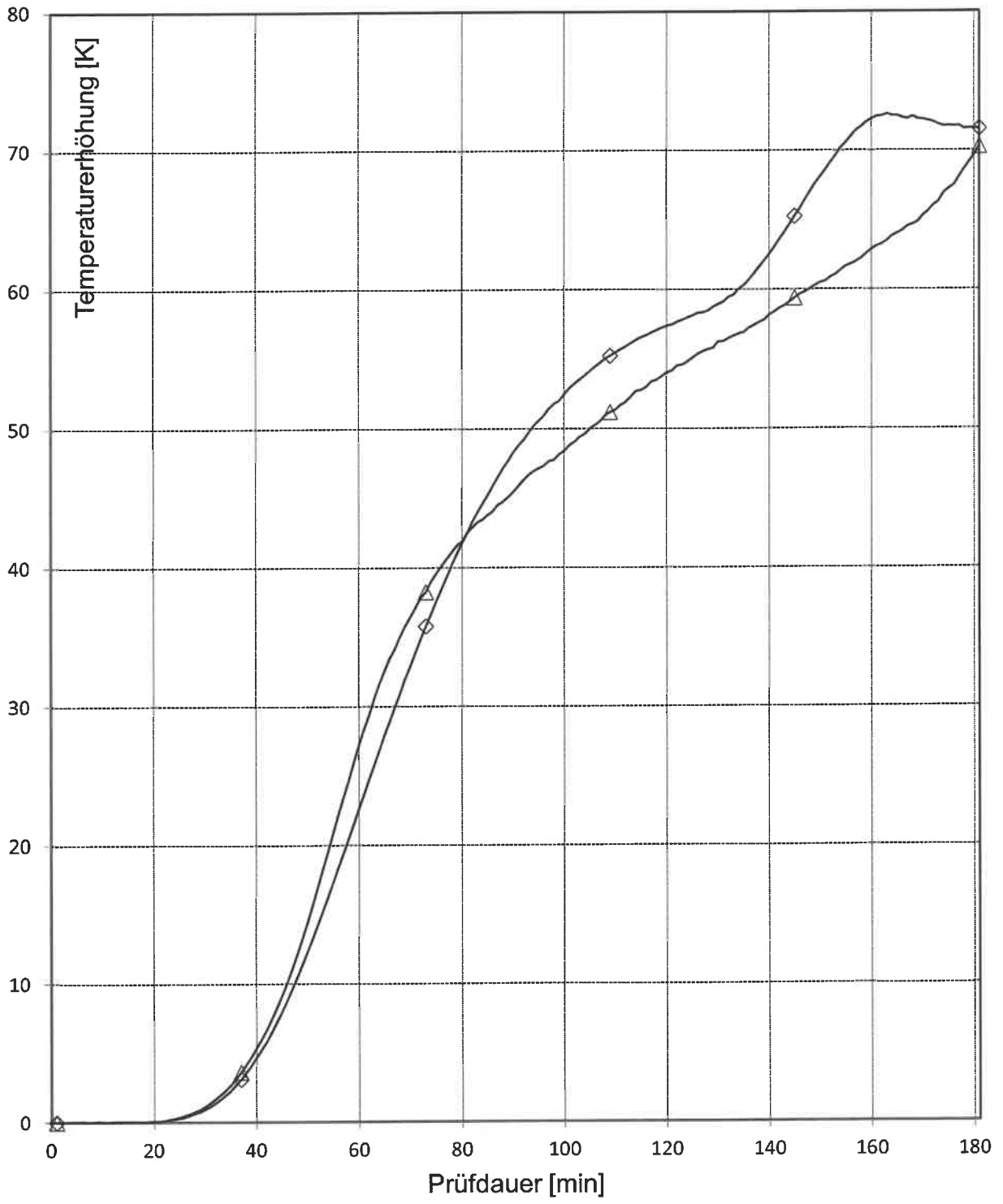
**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.5 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22



### Am freien Rand in mittlerer Höhe



—◇— MSt.8    —△— MSt.9

Ende der Beflammung  
nach 181 min!

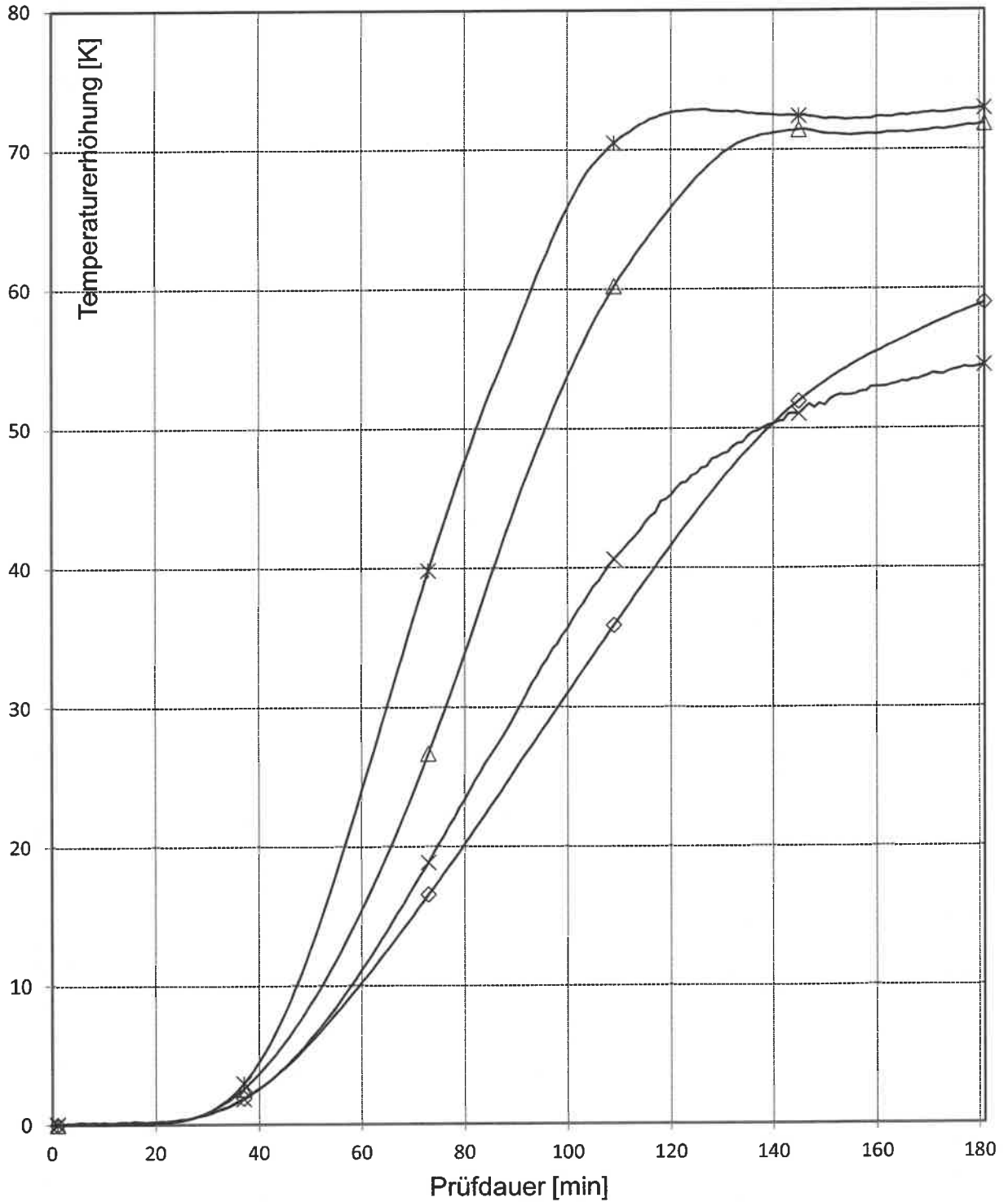
Zeit [min]	10	15	20	30	45	60	90	120	180	181	-
Maximum	< 1K	< 1K	< 1K	1 K	9 K	27 K	48 K	57 K	72 K	72 K	≤180 K
Messstelle	8	8	8	9	9	9	8	8	8	8	-

#### Temperaturen am Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.6 zum  
 Prüfbericht  
 Nr. 2104/078/22

### Am oberen, freien Rand



◇ MSt.10  
 △ MSt.11  
 × MSt.12  
 ✱ MSt.13

Zeit [min]	10	15	20	30	45	60	90	120	180	181	-	
Maximum	< 1K	< 1K	< 1K	< 1K	8 K	24 K	57 K	73 K	73 K	73 K	<=180 K	
Messstelle	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	-	

Ende der Beflammung nach 181 min!

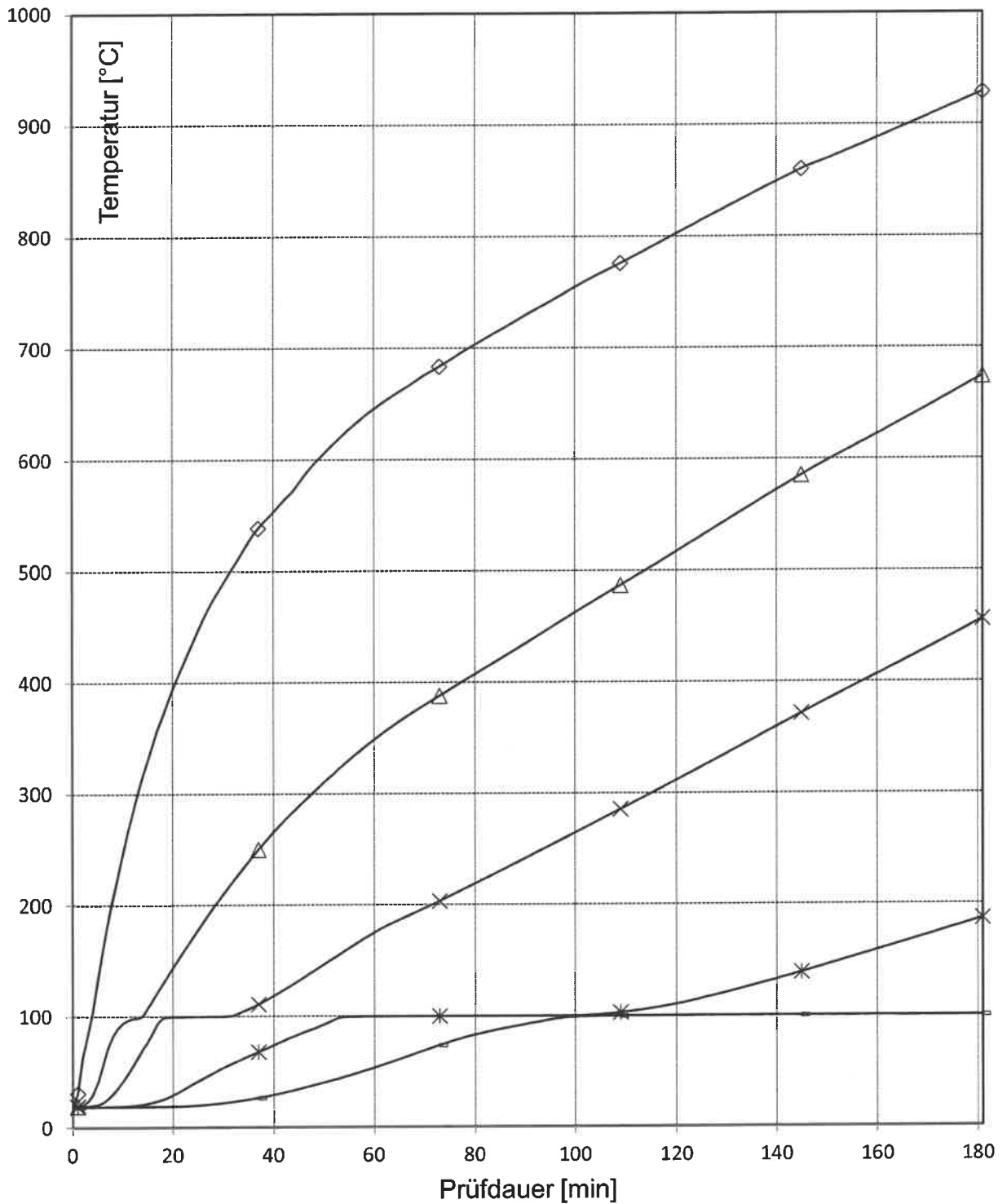
### Temperaturen am Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.7 zum Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

# Messleiter an Mst. 1



◆ MSt.14    ▲ MSt.15    × MSt.16    \* MSt.17    — MSt.18

Ende der Beflammung  
nach 181 min!

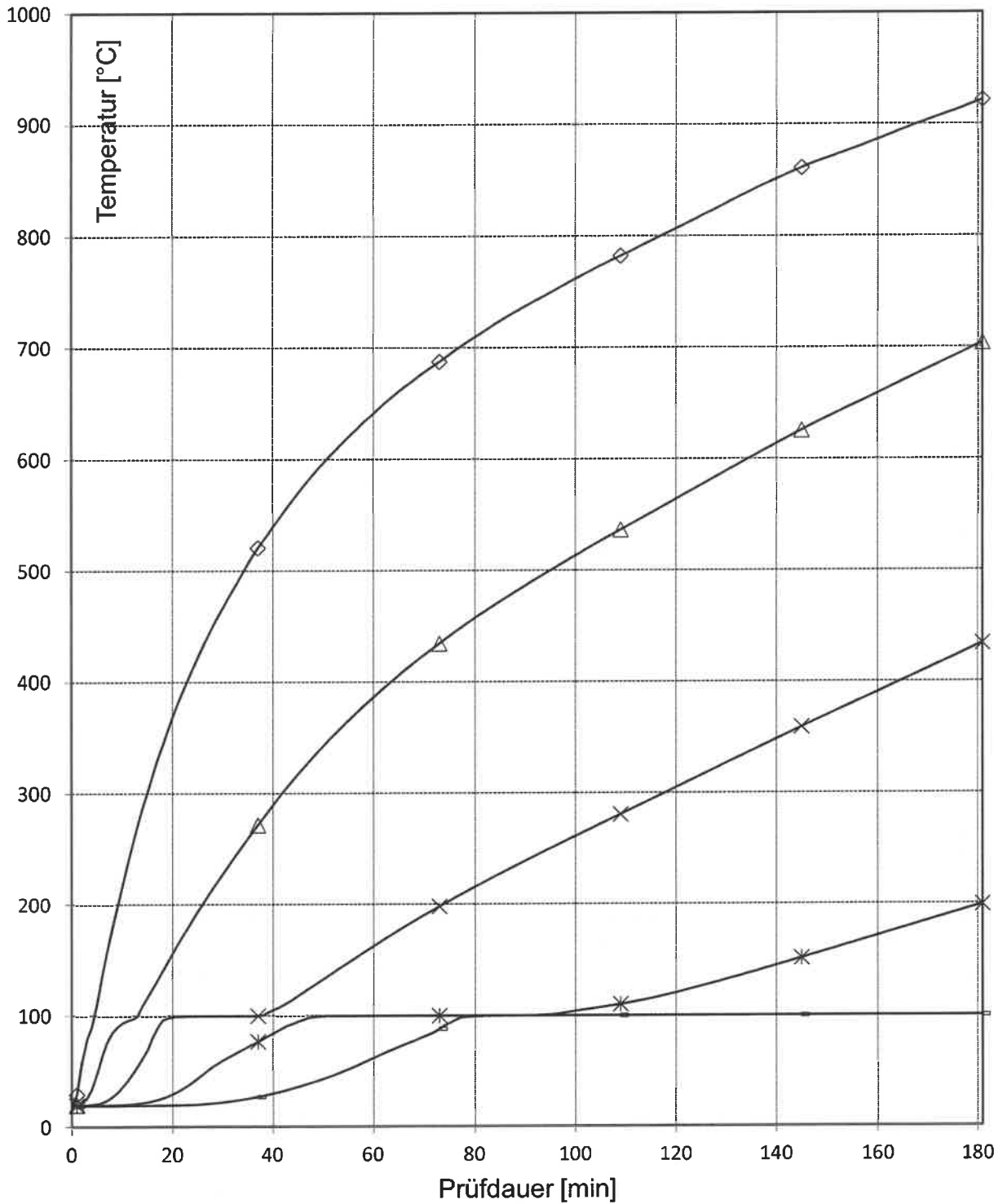
## Temperaturen im Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.8 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

# Messleiter an Mst. 2



—◇— MSt.19    —△— MSt.20    —×— MSt.21    —\*— MSt.22    —— MSt.23

Ende der Beflammung  
nach 181 min!

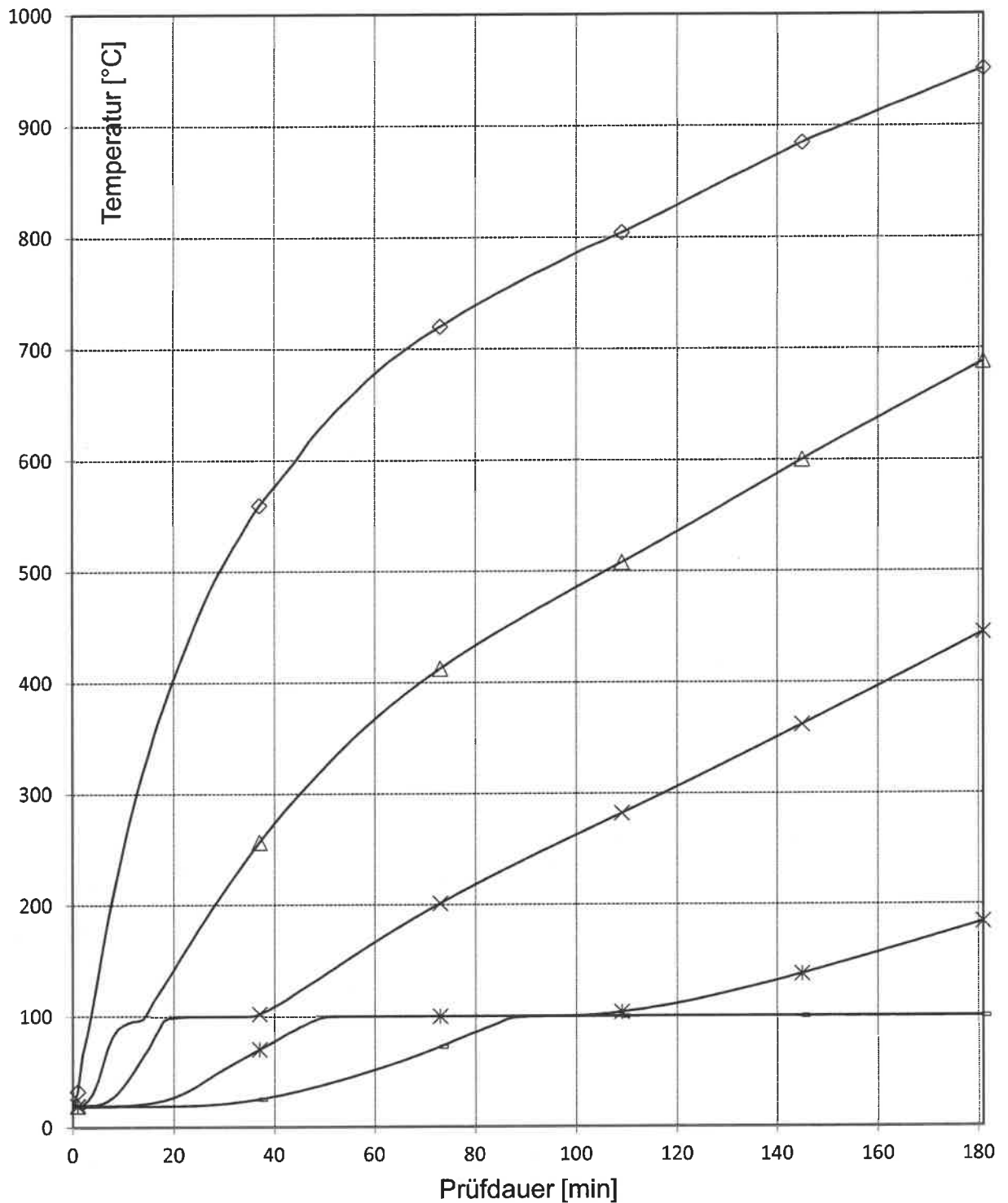
## Temperaturen im Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.9 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

### Messleiter an Mst. 3



Ende der Beflammung  
nach 181 min!

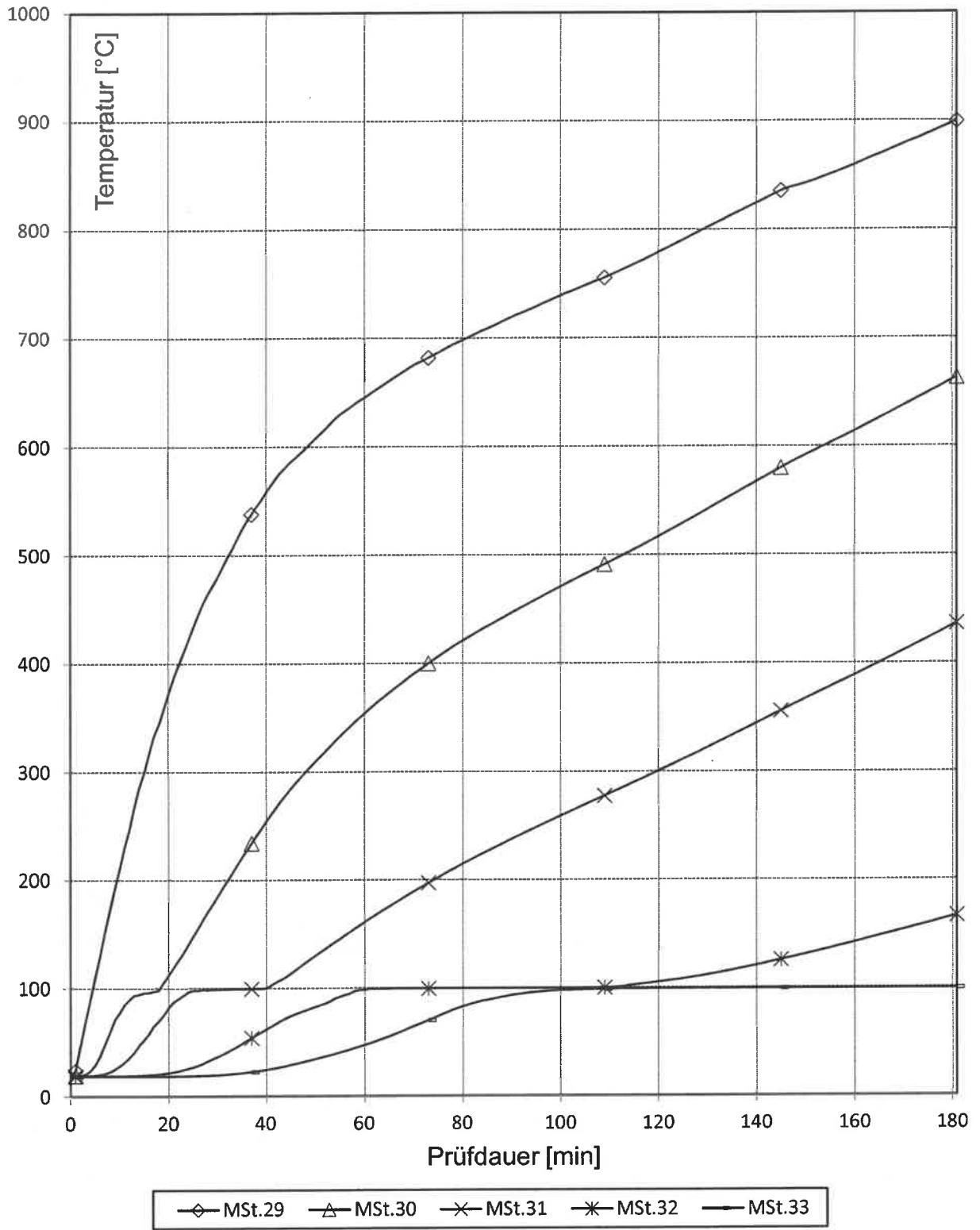
#### Temperaturen im Probekörper

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.10 zum  
Prüfbericht

Nr. 2104/078/22

# Messleiter an Mst. 4



Ende der Beflammung  
nach 181 min!

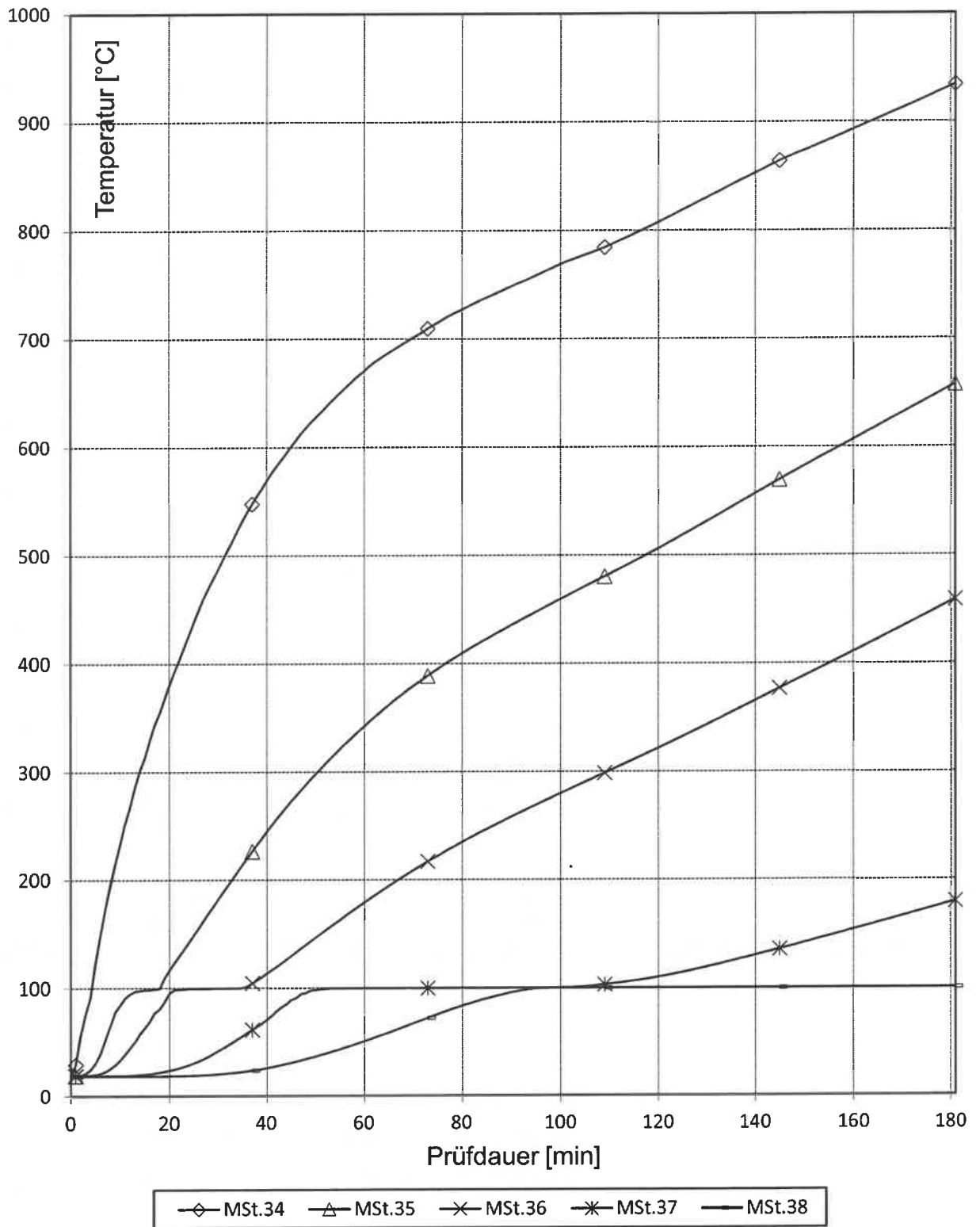
## Temperaturen im Probekörper

Anlage 4.11 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

# Messleiter an Mst. 5



Ende der Beflammung  
nach 181 min!

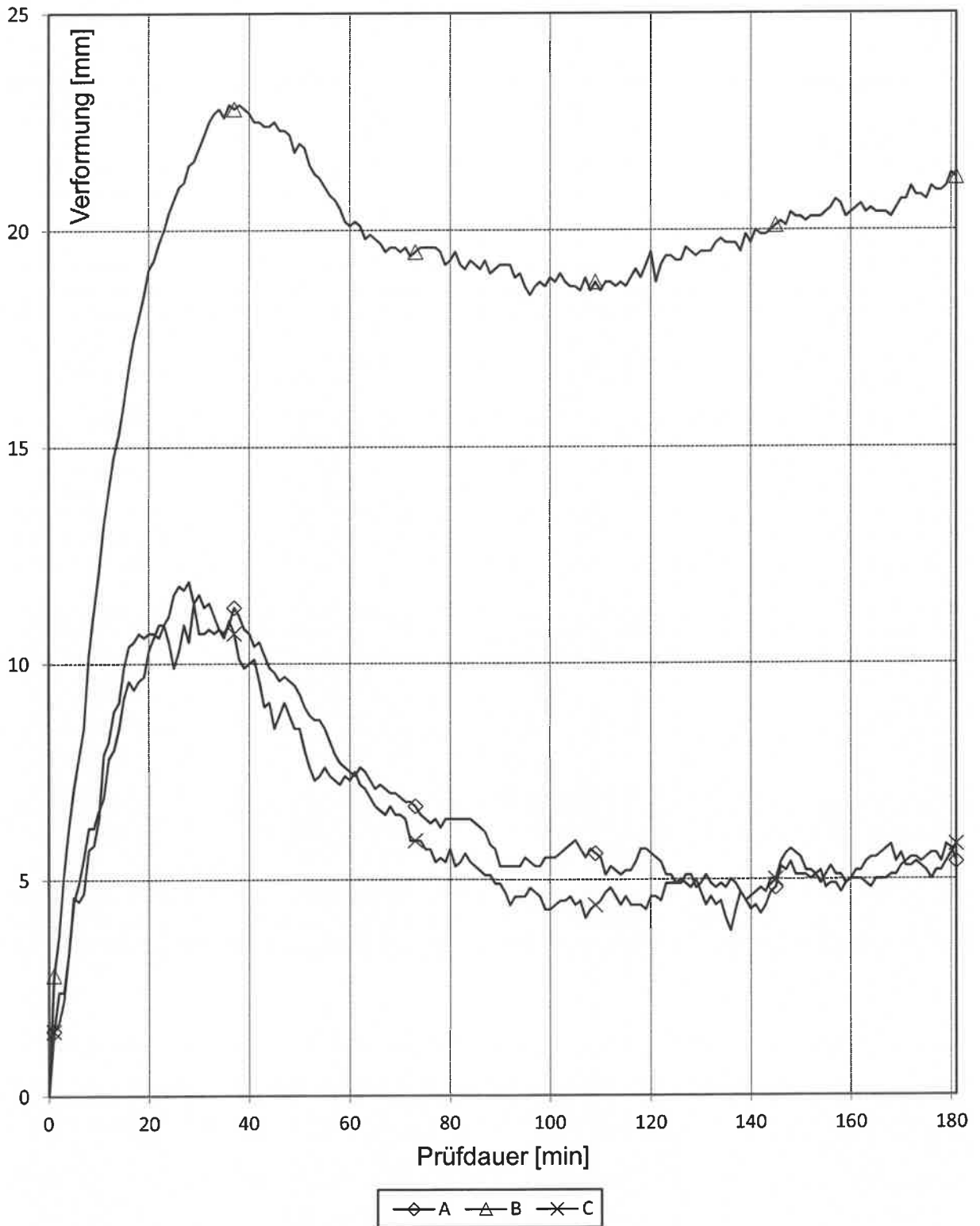
**Temperaturen im Probekörper**

Anlage 4.12 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

# Horizontale Durchbiegung



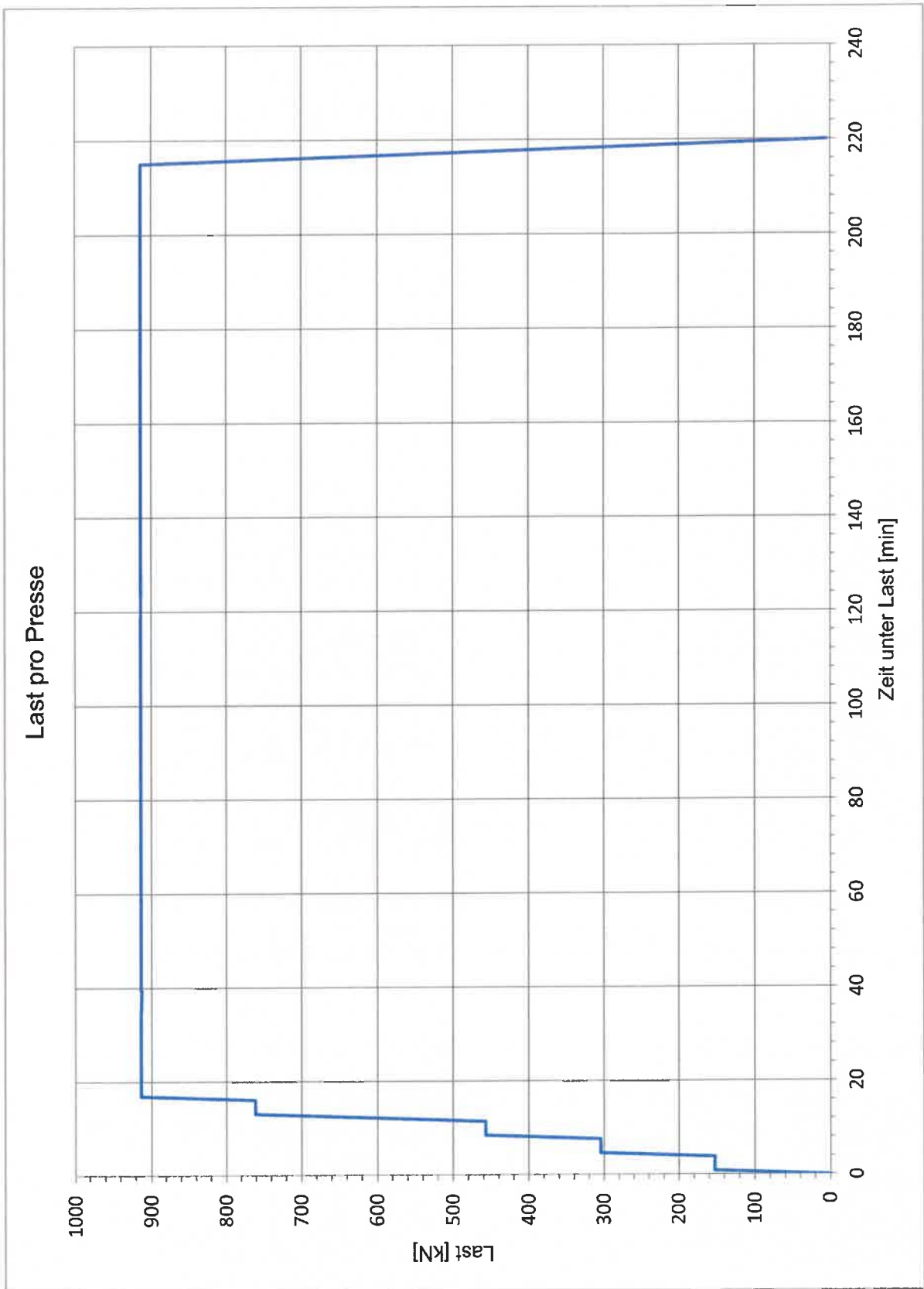
Verformung am Probekörper

Anlage 4.13 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22



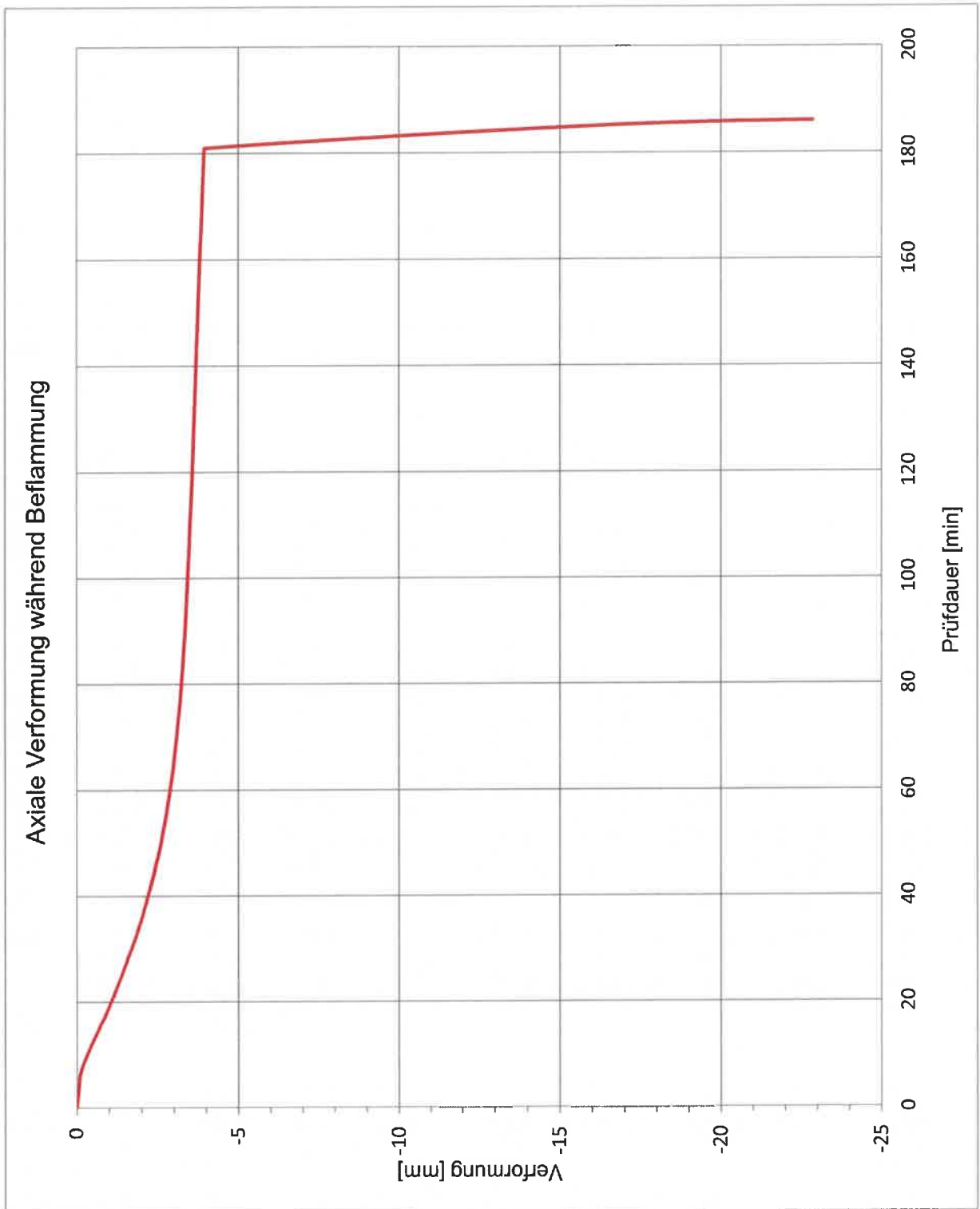


Belastungsgeschwindigkeit: 3 [kN/s]

**Aufgebrachte Last auf Probekörper**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.14 zum  
 Prüfbericht  
 Nr. 2104/078/22



negative Werte: Dehnungen

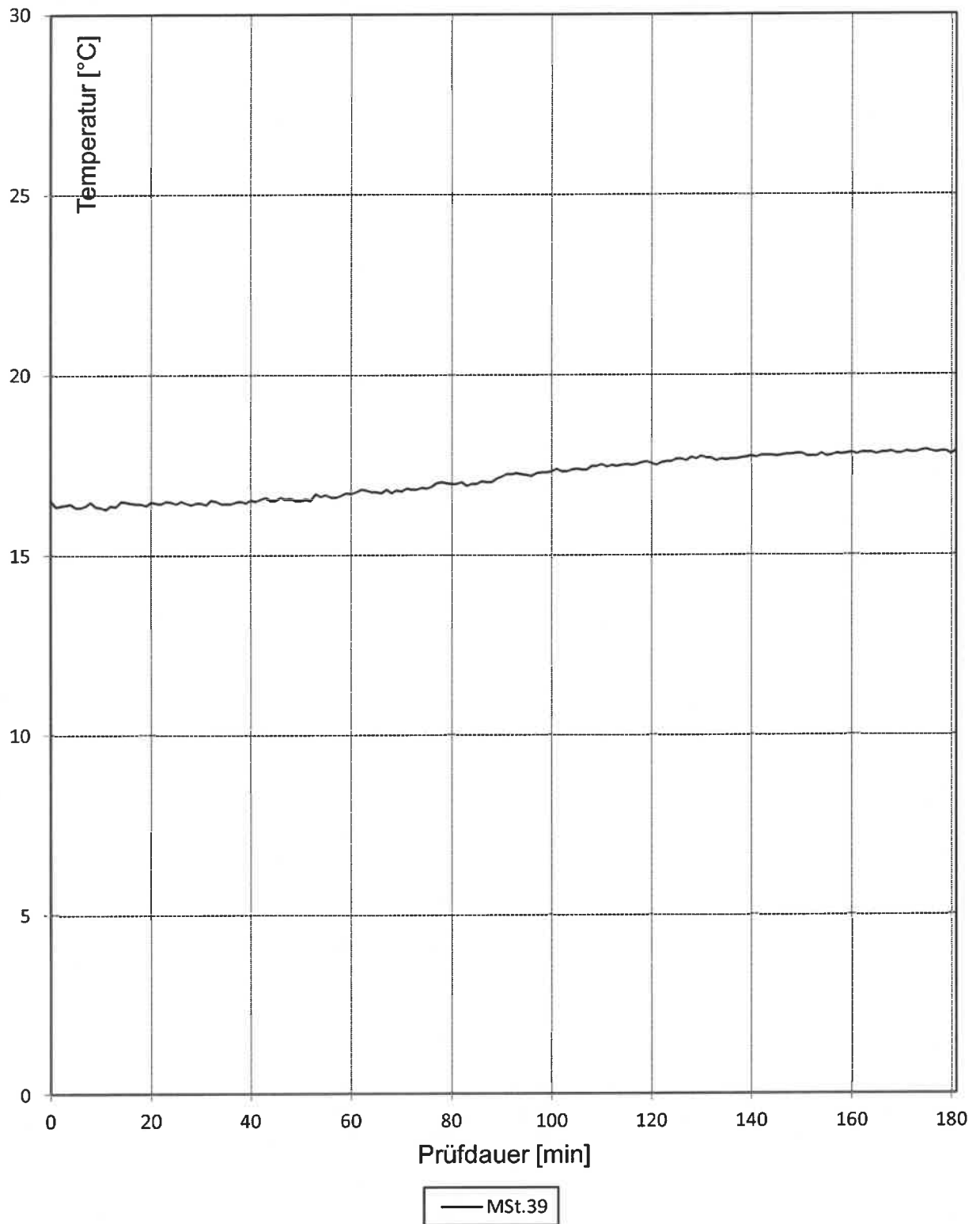
positive Werte: Stauchungen

Ende der Beflammung nach 181 [min] !

**Axiale Verformung des Probekörpers**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
 der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.15 zum  
 Prüfbericht  
 Nr. 2104/078/22



Ende der Beflammung  
nach 181 min!

**Umgebungstemperatur**

Anlage 4.16 zum  
Prüfbericht

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Nr. 2104/078/22

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 19.10.23
1	FS/FA	Es sind keine Risse infolge der Belastung sichtbar.
5	-	Es sind Knackgeräusche hörbar, aber nichts sichtbar.
7	FA	Es entsteht ein ca. 1,5m langer vertikaler Haarriss mittig zwischen den Messstellen 1 und 3.
21	FA	Es entsteht ein weiterer vertikaler Haarriss zwischen den Messstellen 2 und 4.
	FS	Es sind keine weiteren Risse sichtbar.
43	FA	Es tritt Kondenswasser an den Rissen auf.
51	FS	Es sind keine weiteren Risse sichtbar.
60	FS/FA	Es sind keine weiteren Veränderungen sichtbar.
90	FS/FA	Es sind keine weiteren Veränderungen sichtbar.
120	FS/FA	Es sind keine weiteren Veränderungen sichtbar.
180	FS/FA	Es sind keine weiteren Veränderungen sichtbar.
181	-	In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Belastung und die Beflammung beendet.

\*) FS: Feuerseite

FA: Feuerabgewandte Seite

### Beobachtungen

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 4.17 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



Probekörper im eingebauten Zustand (FA = Feuerabgewandte Seite).



7. Minute: Vertikaler Haarriss mittig zwischen den Messstellen 1 und 3 (FA).

### Fotodokumentation

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 5.1 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22



21. Minute: Weiterer vertikaler Haarriss zwischen den Messstellen 2 und 4 (FA).



43. Minute: Kondeswasseraustritt an den Risskanten (FA).

**Fotodokumentation**

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 5.2 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22





90. Minute: Weiteres Kondenswasser tritt an den Rissen aus (FA).



180. Minute: Weiteres Kondenswasser tritt an den Rissen aus (FA).

### Fotodokumentation

**Materialprüfanstalt für das Bauwesen**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig

Anlage 5.3 zum  
Prüfbericht  
Nr. 2104/078/22