



Thomas Ummenhofer, Jürgen Schmied

**Verifizierung der Extrapolationsregeln
in DIN EN 15254 Teil 5 für den
Feuerwiderstand von Wänden aus
selbsttragenden Sandwichelementen**

Thomas Ummenhofer, Jürgen Schmied

**Verifizierung der Extrapolationsregeln
in DIN EN 15254 Teil 5 für den
Feuerwiderstand von Wänden aus
selbsttragenden Sandwichelementen**

T 3390

T 3390

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2021

ISBN 978-3-7388-0668-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

ABSCHLUSSBERICHT

Nr.: 1815005

Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen

Projektförderer: Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
Kolonnenstr. 30 B
10829 Berlin

Antragsteller: Thomas Ummenhofer, Prof. Dr.-Ing.
Ordinarius für Stahl- und Leichtbau
+49 721 608 42205
Thomas.ummehofer@kit.edu

Institut: Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine,
Kaiserstr. 12, D-76131 Karlsruhe

Förderzeitraum: 01.02.2017 - 30.06.2020

Dieser Abschlussbericht umfasst 47 Seiten und 15 Anlagen (365 Seiten).

Ausgabedatum: 01.03.2021

KIT – Stahl- und Leichtbau
Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, 76128 Karlsruhe, Deutschland

Tel.: +49 (0)721 608 42215
Fax: +49 (0)721 608 44078

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangspunkt und Ziel	3
2	Feuerwiderstandsversuche	5
2.1	Allgemeines	5
2.2	Produktspezifikationen	6
2.3	Feuerwiderstandsprüfungen	7
3	Bestimmung des Feuerwiderstands der Wände aus selbsttragenden Sandwichelementen	10
3.1	Allgemeines	10
3.2	Feuerwiderstandsversuche an horizontal verlegten Sandwichelementen	11
3.3	Feuerwiderstandsversuche an vertikal verlegten Sandwichelementen	25
4	Versuche zur Bestimmung der Verbundeigenschaften der Sandwichelemente	32
4.1	Allgemeines	32
4.2	Ermittlung der Werkstoffkennwerte HIPERTEC N WALL S/S 200 zu V1(11)	32
4.3	Ermittlung der Werkstoffkennwerte HIPERTEC N WALL S/S 80 zu V5(5)	37
4.4	Ermittlung der Werkstoffkennwerte HIPERTEC N WALL S/S 100 zu V9(8)	40
5	Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit der Mineralwolle nach DIN EN 12667:2001	43
6	Zusammenfassung	43
7	Literatur	47
Anlage 1:	Zeugnisse	(6 Seiten)
Anlage 2:	Kleinkörper- Einfeldträgerversuche zu Versuch_1(11)_H200_(9,7)x5	(23 Seiten)
Anlage 3:	Kleinkörper- Einfeldträgerversuche zu Versuch_5(5)_H80_(6+3,7)x5	(23 Seiten)
Anlage 4:	Kleinkörperversuche zu Versuch_9(8)_V100_3x6	(15 Seiten)
Anlage 5:	Versuch_1(11)_H200_(9,7)x5 Schreiben 5576-2019 und Bilder	(36 Seiten)
Anlage 6:	Versuch_2(7)_H200_(7,5+2,2)x5 Schreiben 5625-2019 und Bilder	(36 Seiten)
Anlage 7:	Versuch_3(2)_H200_(3)x3 Schreiben 5864-2019 und Bilder	(28 Seiten)
Anlage 8:	Versuch_4(6)_H200_(6+3,7)x5 Schreiben 6119-2019 und Bilder	(40 Seiten)
Anlage 9:	Versuch_5(5)_H80_(6+3,7)x5 Schreiben 6969-2019 und Bilder	(35 Seiten)
Anlage 10:	Versuch_6(1)_H80_(3)x3 Schreiben 12407-2019 und Bilder	(26 Seiten)
Anlage 11:	Versuch_7(4)_V200_3x3 Schreiben 3125-2020 und Bilder	(23 Seiten)
Anlage 12:	Versuch_8(9)_V200-3x6 Schreiben 3123-2020 und Bilder	(23 Seiten)
Anlage 13:	Versuch_9(8)_V100_3x6 Schreiben 3128-2020 und Bilder	(24 Seiten)
Anlage 14:	Versuch_10(3)_V100_3x3 Schreiben 3129-2020 und Bilder	(23 Seiten)
Anlage 15:	Prüfberichte FIW	(4 Seiten)

1 Ausgangspunkt und Ziel

Durch die Verwendung von Sandwichelementen mit Stahldeckschichten und einem Kern aus Mineralwolle lassen sich aufgrund der hervorragenden Dämmeigenschaften der Mineralwolle mit geringem Aufwand Brandabschnitte bilden. Hierzu muss jedoch der erforderliche Feuerwiderstand der Sandwichbauelemente nachgewiesen werden. Anders als bei vielen anderen Bauprodukten verändert sich im Brandfall (siehe Abbildung 1) das bei Raumtemperatur platten- und scheibenartige Tragverhalten der Sandwichelemente durch das Ablösen der dem Brandherd zugewandten Deckschicht hin zu einem membranartigen Tragverhalten, das die dem Brandherd abgewandte Deckschicht ausbildet. Eine direkte Übertragung der Ergebnisse von genormten Feuerwiderstandsprüfungen mit den Wandabmessungen von 3m x 3m auf reale Bauwerke mit größeren Bauteil- bzw. Wandabmessungen ist wegen des etwaigen Größeneinflusses und dem damit zusammenhängenden veränderten Verformungsverhalten im Brandfall nicht ohne weiteres möglich. Die Extrapolation von an kleinen Wandabschnitten gewonnenen Versuchsergebnissen auf die größeren Abmessungen bei realen Bauwerken wird von den Herstellern gefordert. Die für eine solche Extrapolation zu berücksichtigenden Parameter und deren Interaktion wurden jedoch bislang nur unzureichend untersucht.



Abbildung 1: Feuerwiderstandsprüfung Sandwichwand Höhe 3m, Breite 6m horizontal verlegt

Die maßgeblich von der Industrie erarbeiteten Normen EN 15254-5:2010-04 [1] und EN 15254-7:2012-09 [2] zur Extrapolation von Versuchsergebnissen an kleineren Aufbauten für einen erweiterten Anwendungsbereich in Bezug auf den Feuerwiderstand basieren im Wesentlichen auf Erfahrungen mit Normversuchen mit den Abmessungen 3m x 3m oder 4m x 4m, auf beschränkten Erfahrungen mit Realbränden (deren tatsächliche Brand- und Temperaturverläufe unbekannt sind), sowie auf theoretischen Überlegungen zum Tragverhalten von Sandwichelementen im Brandfall. Motiviert war die Normungsarbeit durch Eigeninteressen in Bezug auf die wirtschaftliche Alternative

des Einsatzes von Sandwichelementen bei der Erstellung von Gebäuden mit brandbeanspruchten Abschnitten, deren Abmessungen größer als die Abmessungen der meisten verfügbaren Prüfkammern sind.

Die im Rahmen von Zulassungsverfahren vorgenommenen Untersuchungen wurden zumeist nicht veröffentlicht und stehen deshalb der Forschung nur in Form von bereits bewerteten Ergebnissen im Rahmen von Zulassungen zur Verfügung.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik liegen konkrete Versuchsergebnisse vor, die belegen, dass die Extrapolationsregeln in DIN EN 15254-5:2010-04 [1] nicht konservativ sind, sondern es entgegen den Ergebnissen der Anwendung der Extrapolationsregeln bei größeren Stützweiten deutlich früher zu einem Versagen der Schutzfunktion kommen kann. Auch die inzwischen in der veröffentlichten Ausgabe der Extrapolationsnorm DIN EN 15254-5:2018-06 [4] enthaltenen Regeln zum erweiterten Anwendungsbereich basieren auf der Auswertung von Prüfungen mit 3m x 3m und 4m x 4m großen Prüffeldern [5] und sind hinsichtlich des Verhaltens bei größeren Stützweiten nicht durch Versuchsergebnisse belegt. In den Normungssitzungen zur Erarbeitung der prEN 15254-5:2017-06 [3] lagen keine Versuchsergebnisse oder Berechnungen für die in der Norm aufgeführten Extrapolationsregeln vor. Die in prEN 15254-5:2017-06 [3] und in DIN EN 15254-5:2018-06 [4] aufgeführten Extrapolationsregeln erweisen sich im Vergleich mit den jüngst beim DIBt vorgelegten Versuchsergebnissen als ungeeignet, da eine Extrapolation nach diesen Normen keine konservativen Ergebnisse liefert. Alle Extrapolationsansätze nach den aufgeführten Normen müssen demzufolge abgelehnt werden, bis angepasste Regeln zum erweiterten Anwendungsbereich, die auf konkret belegbaren Nachweisen beruhen, vorliegen.

Es ist wirtschaftlich nicht vertretbar und technisch nicht sinnvoll, aufgrund der verfügbaren Versuchsergebnisse entsprechend der genormten Prüfofengröße mit Rastermaßen von 3m x 3m oder 4m x 4m, die Anwendung generell auf die geprüften Größen einzuschränken. Für jede Kombination aus Rastermaß, Sandwichelementdicke, Befestigungsausbildung, Kernwerkstoff, Fugengeometrie, Emissionsgrad und vielen weiteren Parametern wären zur Nachweisführung theoretisch Prüfungen durchzuführen, da mit dem bisherigen Stand des Wissens fallspezifische Betrachtungen alleine nicht hinreichende Ergebnisse liefern. Um den Versuchsaufwand zu reduzieren, sieht es die forschende Stelle als zielführend und in Anbetracht der Situation erforderlich an, die Einflüsse der einzelnen, den Feuerwiderstand und das Tragverhalten beeinflussenden Parameter zu untersuchen und auf Versuchsergebnissen basierende, fundierte Regeln für den Feuerwiderstands- und Tragfähigkeitsnachweis zu erarbeiten.

Im vorliegenden Forschungsbericht wird der erweiterte Anwendungsbereich für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen mit Mineralwolle-Kernen gemäß den Regelungen in prEN 15254-5:2017-06 [3] und DIN EN 15254-5:2018-06 [4] untersucht.

2 Feuerwiderstandsversuche

2.1 Allgemeines

Die Feuerwiderstandsversuche wurden an der Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Beethovenstraße 52, D-38106 Braunschweig (MPA) durchgeführt. Die untersuchten Sandwichelemente wurden von der Firma Metecno Bausysteme GmbH, 99444 Blankenhain hergestellt und von Mitarbeitern der Firma Metecno Bausysteme GmbH in die Prüfraumen der Prüföfen montiert.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Versuche waren ursprünglich in der Forschungsskizze vorgesehen. Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen an den 80mm dicken Sandwichelementen mit horizontaler Verlegung wurde in Abstimmung mit den Forschungspartnern die untersuchte Elementdicke gegenüber der in der Forschungsskizze vorgesehenen Dicke von 80mm auf 100mm erhöht. Der Versuch mit einer vertikalen Verlegung und einer Höhe von 9m wurde aufgrund der niedrigen Widerstandsdauern der vorausgehenden Versuche mit kürzeren Stützweiten, aus Kostengründen und aufgrund der von der Norm abweichenden Druckbelastung während der Beflammungszeit verworfen. Anstelle dessen wurde der Versuch „X“ angedacht, der aufgrund der angespannten Kostensituation jedoch nicht durchgeführt werden konnte.

Setup	Elementausrichtung	B x H x D [m x m x mm]	Prüfdauer [min] (geplant)	Kosten-träger	Prüftermin	Projekt-nummer
1	horizontal	3 x 3 x 80	<u>181</u>	DIBt	05.07.2019	2101/843/19
2	horizontal	3 x 3 x 200	<u>181</u>	PPA/IFBS	05.12.2018	2101/365/18
3	vertikal	3 x 3 x 80	<u>181</u>	PPA/IFBS	12.02.2020	2102/187/19
4	vertikal	3 x 3 x 200	<u>181</u>	PPA/IFBS	24.01.2020	2102/185/19
5	horizontal	6 x 5 x 80	<u>91</u>	DIBt	10.04.2019	2101/711/19
6	horizontal	6 x 5 x 200	<u>145</u>	DIBt	27.03.2019	2101/709/19
7	horizontal	7,5 x 5 x 200	<u>91</u>	DIBt	31.07.2018	2101/215/18
8	vertikal	3 x 6 x 80	<u>145</u>	PPA/IFBS	11.02.2020	2102/186/19
9	vertikal	3 x 6 x 200	<u>145</u>	PPA/IFBS	28.01.2020	2102/184/19
10	vertikal	3 x 9 x 200	181	PPA/IFBS		
11	horizontal	9,7 x 5 x 200	<u>91</u>	PPA/IFBS	18.07.2018	2101/163/18
X	horizontal	3 x 3 x 100	<u>145</u>	DIBt	19.02.2020	2102/188/19

Tabelle 1: Im Rahmen des Forschungsvorhabens geplante Versuche

Die Prüfreihefolge und das Prüfdatum richtete sich nach der Verfügbarkeit der Prüfeinrichtungen an der MPA. Hieraus ergab sich die in Tabelle 2 aufgeführte Reihenfolge der Prüfungen. Zunächst

wurden die Sandwichelemente mit horizontaler Verlegung geprüft und anschließend die Sandwichelemente mit vertikaler Verlegung.

Versuchs-Nr. (Setup)	Ausrichtung	B x H x D [m x m x mm]	Prüfdauer [min] (Versagen / Ende der Beflammung)	Prüftermin	Versuche VAS	Schreiben MPA
1 (11)	horizontal	9,7 x 5 x 200	<u>91 91</u>	18.07.2018	Anlage 2	Anlage 5
2 (7)	horizontal	7,5 x 5 x 200	<u>81²⁾ 86</u>	31.07.2018	-	Anlage 6
3 (2)	horizontal	3 x 3 x 200	<u>181⁴⁾ 181</u>	05.12.2018	-	Anlage 7
4 (6)	horizontal	6 x 5 x 200	<u>128²⁾ 128</u>	27.03.2019	-	Anlage 8
5 (5)	horizontal	6 x 5 x 80	<u>24²⁾ 26</u>	10.04.2019	Anlage 3	Anlage 9
6 (1)	horizontal	3 x 3 x 80	<u>28 29</u>	05.07.2019	-	Anlage 10
7 (4)	vertikal	3 x 3 x 200	<u>132¹⁾ 133</u>	24.01.2020	-	Anlage 11
8 (9)	vertikal	3 x 6 x 200	<u>79²⁾ 83</u>	28.01.2020	-	Anlage 12
9 (8)	vertikal	3 x 6 x 100	<u>40³⁾ 41</u>	11.02.2020	Anlage 4	Anlage 13
10(3)	vertikal	3 x 3 x 100	<u>29¹⁾ 29</u>	12.02.2020	-	Anlage 14

- 1) Flammenaustritt (> 10 Sekunden)
- 2) Temperatur an einer Messstelle über 180°C
- 3) Bei 37 Minuten wurde eine wesentliche Fugenöffnung festgestellt
- 4) Maximale Prüfdauer des Prüfofens erreicht

Tabelle 2: Im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführte Versuche und deren Reihenfolge

2.2 Produktspezifikationen

Die Sandwichelemente für die Prüfungen wurden laut Hersteller in zwei verschiedenen Produktionen hergestellt. Die Sandwichelemente für die Prüfungen mit horizontaler Verlegung entstammen einer Produktion und die Sandwichelemente für die Prüfungen mit vertikaler Verlegung entstammen der zweiten Produktion. Die für die Herstellung der Sandwichelemente verwendeten Werkstoffe sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die zugehörigen Zeugnisse sind in Anlage 1 dokumentiert. Die Elemente wurden nach der Herstellung direkt vom Hersteller per Spedition an die MPA geliefert.

Versuchs-Nr.	Ausrichtung	Mineralwolle	Deckschicht außen	Deckschicht innen
1 (11)	horizontal	SPANROCK L 239373 (Anlage 1.1)	S320GD+Z275 t _N =0,60mm Coil-Nr.: AJ76763A Polyester 25µm weiß (Anlage 1.2)	S320GD+Z275 t _N =0,60mm Coil-Nr.: AJ76764C Polyester 25µm weiß (Anlage 1.3)
2 (7)	horizontal			
3 (2)	horizontal			
4 (6)	horizontal			
5 (5)	horizontal			
6 (1)	horizontal			
7 (4)	vertikal	SPANROCK L 293.110.101 (Anlage 1.4)	S320GD+Aluzink150 FIH5076C02 Polyester 25µm weiß (Anlage 1.5)	S320GD+ Aluzink150 FIH5069C03 Polyester 25µm weiß (Anlage 1.6)
8 (9)	vertikal			
9 (8)	vertikal			
10(3)	vertikal			

Tabelle 3: Ausgangswerkstoffe der untersuchten Sandwichelemente

Die Firma Metecno Bausysteme GmbH stellte die Sandwichelemente entsprechend der harmonisierten Europäischen Norm DIN EN 14509 [5] her und besitzt für die Verwendung ihrer Mineralwolle-Sandwichelemente die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen / allgemeinen Bauartgenehmigungen Z-10.49-517 [7] und Z-19.52-2096 [13].

2.3 Feuerwiderstandsprüfungen

In der europäischen Norm DIN EN 1363-1 [9] werden allgemeine Anforderungen zur Feuerwiderstandsprüfung verschiedenartiger Bauteile geregelt. Bei der Prüfung sind die im Folgenden dargestellten Anforderungen an die Prüfgeräte, die Prüfungsbedingungen, den Probekörper, den Einbau des Probekörpers, die Konditionierung, die Anwendung von Messeinrichtung, die Durchführung und die Leistungskriterien zu erfüllen.

Brandbeanspruchung-Ofentemperatur

Für Feuerwiderstandsprüfungen sind in DIN EN 13501-2 [8] verschiedene thermische Beanspruchungen und ihre Anwendungsbereiche angegeben. Für raumabschließende Wände muss gemäß DIN EN 1363-1 [9] die Brandbeanspruchung, die im Inneren des Ofens aufgebracht wird, dem Verlauf der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) folgen. Deren mathematische Funktion wird durch Gleichung (2-1) beschrieben:

$$T = 345 * \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (2 - 1)$$

T ist die mittlere Brandraumtemperatur in Grad Celsius und t beschreibt die Zeit in Minuten, beginnend bei Versuchsbeginn. Abbildung 2 ist eine graphische Darstellung der ETK.

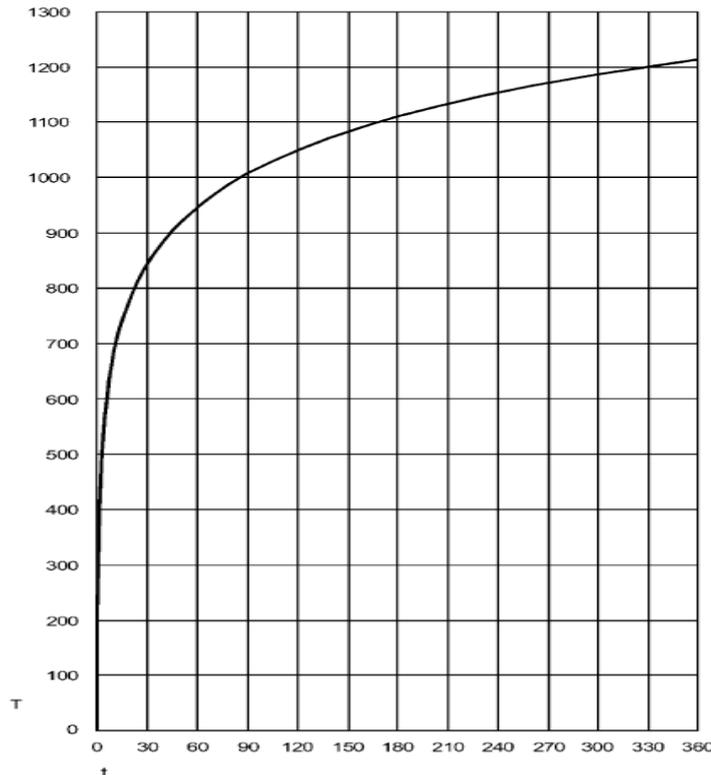


Abbildung 2: graphische Darstellung der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) [9]

Ofendruck

Im Prüfofen stellt sich eine natürliche Druckverteilung aufgrund der Auftriebseffekte der Gase ein. Um die Druckverteilung zu kontrollieren, wird der Druckgradient gemäß DIN EN 1363-1 [9], mit etwa 8,5 Pa je Meter Prüfofenhöhe angenommen. Der Druck am oberen Rand des vertikalen Probekörpers ist auf 20 Pa begrenzt. Die neutrale Ebene, bei der der Druck inner- und außerhalb des Prüfofens gleich ist, liegt bei 3m großen Proben 500 mm über der Bodenanschlussebene. Bei höheren Prüfaufbauten ergibt sich mit zunehmender Höhe ein größerer Unterdruck an der unteren Bauteilkante.

In den folgend aufgeführten Normen werden die Anforderungen für die Feuerwiderstandsprüfung sowie an die Sandwichelemente definiert:

- DIN EN 1363-1 [9]: Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 1364-1 [10]: Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile – Teil 1: Wände
- DIN EN 13501-2 [8]: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen
- DIN EN 14509 [5]: Selbsttragende Sandwichelemente mit beidseitigen Metalldeckschichten – Werkmäßig hergestellte Produkte – Spezifikationen; Anhang C: Prüfung des Brandverhaltens – zusätzliche Vorschriften und direkter Anwendungsbereich

- DIN EN 15254-5 [4]: Erweiterter Anwendungsbereich der Ergebnisse von Feuerwiderstandsprüfungen – nichttragende Wände – Teil 5: Sandwichelemente in Metallbauweise
- DIN EN 15725 [14] Berichte zum erweiterten Anwendungsbereich, bezogen auf das Brandverhalten von Bauprodukten und Bauarten; Deutsche Fassung EN 15725:2010 + AC:2012

Ziel der Bestimmung der Feuerwiderstandsdauer ist die Beurteilung des Verhaltens von Bauteilen oder von Bauprodukten, die einer definierten Druck- und Wärmebeanspruchung ausgesetzt sind. Das Verfahren ermöglicht eine Quantifizierung der Fähigkeit von Bauteilen oder Bauprodukten, hohen Temperaturen zu widerstehen, indem Kriterien aufgestellt werden, mit deren Hilfe unter anderem die Tragfähigkeit, der Raumabschluss und der Wärmedurchgangskoeffizient beurteilt werden können. Für Trennwände sind folgende Leistungskriterien vorgesehen:

- **Raumabschluss (E)**
- **Wärmedämmung (I)**
- **Strahlung (W)**
- **Mechanische Beanspruchung (M)**

Hieraus resultieren die in Tabelle 4 aufgeführten Klassen für Trennwände:

E		20	30		60	90	120		
EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI-M			30		60	90	120	180	240
EW		20	30		60	90	120		

Tabelle 4: Klassen für Trennwände aus [8]

Für die Verwendung von Sandwichelementen nach DIN EN 14509 [5] als nichttragende Wände im Brandschutz wird i.d.R. die Klasse „EI“ nachgewiesen, weshalb die Untersuchungen in diesem Forschungsvorhaben ebenfalls auf die Klassifizierung „EI“ abzielen. Die mechanische Beanspruchbarkeit durch Stoß („M“) und das Verhalten in Bezug auf das Kriterium Strahlung („W“) werden nicht explizit untersucht.

3 Bestimmung des Feuerwiderstands der Wände aus selbsttragenden Sandwichelementen

3.1 Allgemeines

Der Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen wurde an den in Tabelle 2 aufgeführten Prüfkonstellationen entsprechend der Forschungsskizze untersucht. Der Fokus der Untersuchungen lag auf der Generierung von Ergebnissen, mit denen die Stützstellen der Extrapolation für den erweiterten Anwendungsbereich in DIN EN 15254-5 [4] überprüft werden können. Aus diesem Grund wurden die Untersuchungen mit Sandwichelementen durchgeführt, deren Dicken sich am unteren und oberen Bereich der Spanne der üblichen Anwendungsdicken befinden. Ursprünglich waren Untersuchungen mit 80mm dicken Wandelementen und 200mm dicken Wandelementen geplant. Aufgrund der niedrigen erzielten Feuerwiderstandsdauern bei den 80mm dicken Sandwichelementen bei horizontaler Verlegung wurde die untere Dicke für die Untersuchungen mit vertikal verlegten Sandwichelementen von 80mm auf 100mm erhöht.

Im Folgenden werden die Feuerwiderstandsversuche kurz dargestellt. Die Berichte der MPA über die durchgeführten Feuerwiderstandsversuche sind in den Anlagen 5 bis 14 aufgeführt. Eine Übersicht ist in Tabelle 2 dargestellt. Sofern wesentlich, werden eigene zusätzliche Beobachtungen geschildert.

Die Versuche wurden in drei unterschiedlichen Prüfofen durchgeführt.

- Die Bestimmung aller Ausgangswerte erfolgte in einem Prüfofen mit einer Öffnungsgröße von 3m x 3m.
- Die Versuche mit horizontaler Verlegung der Sandwichelemente erfolgten in einem Prüfofen mit einer Öffnungsgröße von 9,7m (Breite) x 5m (Höhe). Je nach untersuchter Stützweite wurde die Breite mit einer Stütze unterteilt.
- Die Versuche mit vertikaler Verlegung der Sandwichelemente erfolgten in einem Prüfofen mit einer Öffnungsgröße von 3m (Breite) x 6,7m (Höhe). Für die Untersuchung der Stützweite von 6m wurde der Prüfofen auf das erforderliche Maß aufgemauert.

Die Befestigung der Sandwichelemente erfolgte in allen Fällen von innen (Brandseite). Die Verbindungsmittel wurden mit einer 20mm dicken Mineralwollschicht abgedeckt. Die Zeichnungen des Prüfaufbaus sind in den jeweiligen Schreiben der MPA aufgeführt.

Die Messstellen für die Verformungs- und die Temperaturmessungen auf der Elementaußenseite wurden von den Mitarbeitern der MPA entsprechend DIN EN 1364-1 [10] angeordnet und teilweise um weitere Messstellen ergänzt. Die Messstellenpläne sind in den jeweiligen Schreiben der MPA aufgeführt. Alle Messungen der in den Schreiben der MPA aufgeführten Messdaten erfolgten mit den Messmitteln der MPA.

Die Versuchsdurchführung erfolgte durch die MPA.

3.2 Feuerwiderstandsversuche an horizontal verlegten Sandwichelementen

3.2.1 Versuch 1(11) H200_(9,7)x5

Verlegung: horizontal

Elementdicke: 200mm

Stützweite: 9,7m

Wandhöhe: 5m

Prüfdatum: 18.07.2018

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 200" als horizontal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9] zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer bei einseitiger Brandbeanspruchung.

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA sind in den Anlagen 5.1 bis 5.29 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente an beiden Elementenden mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Das oberste Sandwichelement war am oberen Rand fest angeschlossen. Zwischen der Öffnungsunterkante und der horizontalen Unterkante des untersten Sandwichelements war eine Normalkrafftuge angeordnet (siehe Abbildungen 5.5 bis 5.7). Dies diente dazu, feststellen zu können, ob die Sandwichelemente im Brandfall in der Lage sind, ihr eigenes Gewicht zu tragen. Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war, aber keine Normalkräfte übertragen werden konnten.

Die Befestigung der Sandwichelemente ist beispielhaft in den Abbildungen 5.3 und 5.4 dargestellt. Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt. Am oberen Anschluss wurden die Mineralwollestreifen durch aufgeschraubte Kantteile geschützt. In Abbildung 5.1 ist die Ansicht im Brandraum dargestellt. Die dort abgebildeten Thermolemente wurden vor dem Versuch noch parallel zum Versuchskörper ausgerichtet.

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 5.29 wiedergegeben und werden im Folgenden mit ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 5 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 18.07.2018	Abbildung
0	F	Das Abdeckblech wellt sich.	
0	A	Es sind Knackgeräusche zu hören.	
1	F	Das Abdeckblech wellt sich stärker und es verfärbt sich schwarz.	
3	F	Die Farbe blättert ab. Es bildet sich eine Beule in der Mitte vertikal.	5.9
4	F	Die mittlere Fuge öffnet sich stark.	5.10
15	A	Die Fuge bei der Messstelle 21 öffnet sich.	
20	F	Das Abdeckblech vom 2. Element von oben hat sich komplett gelöst und ist abgesackt.	5.11
36	A	Am oberen Rand tritt Rauch aus. In der obersten Fuge ist Feuchtigkeit.	5.12
40	F	Das Abdeckblech vom 2. Element von oben ist abgefallen und hängt auf dem Thermoelement.	5:13
44	F	Das Abdeckblech vom 3. Element von oben ist abgefallen.	5.14
44	A	Die Elemente sind ca. 2 mm abgesackt.	
55	A	Die S-förmige Verformung bleibt.	5.7
56	A	An der Oberkante tritt Flüssigkeit aus und es kommt zu einer gelblichen Verfärbung.	5.15
71	A	<i>Sandwichwand berührt Abfangträger</i>	5.8
79	A	Die untere Fuge öffnet sich und die Wand beult sich nach innen.	
80	A	Aus der obersten Fuge tritt Rauch aus. Die unterste Fuge verfärbt sich auf der rechten Seite.	
89	A	Starke Verfärbung an der unteren Fuge. Aufgrund der Konstruktion ist ein Anhalten des Wattebausches an dieser Stelle nicht möglich, deswegen Wechsel zu Handmessgerät.	5.16
91	A	212°C Handmessung. Der Brandversuch ist beendet.	5.17

*) F: Feuerseite; A: Außenseite

Tabelle 5: Beobachtungen Versuch 1(11) H200_(9,7)x5

3.2.2 Versuch 2(7) H200_(7,5+2,2)x5

Verlegung: horizontal

Elementdicke: 200mm

Stützweiten: erstes Feld 7,5m, zweites Feld 2,2m

Wandhöhe: 5m

Prüfdatum: 31.07.2018

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 200" als horizontal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA Braunschweig sind in den Anlagen 6.1 bis 6.33 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente an beiden Enden mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Zur Unterteilung der gesamten Prüfofenbreite wurde auf der Außenseite der Prüfwand bei der Position 7,5m eine Stütze angeordnet, an die die Sandwichelemente von innen nach außen angeschraubt wurden (siehe Abbildungen 6.1 bis 6.3). Die Sandwichelemente waren oben fest angeschlossen (siehe Abbildung 6.1). Die Schraubenköpfe an der Zwischenstütze und am oberen Anschluss wurden mit 20mm dicken Mineralwollestreifen abgedeckt und mit einem Kantteil geschützt (siehe Abbildung 6.6). Am unteren Ende des untersten Sandwichelements war eine Normalkrafftuge angeordnet (siehe Abbildungen 6.2 und 6.7), um feststellen zu können, ob die Sandwichelemente im Brandfall in der Lage sind, ihr eigenes Gewicht zu tragen. Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war, aber keine Normalkräfte übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Streifen Mineralwolle geschützt.

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 6.33 wiedergegeben und im Folgenden mit eigenen ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 6 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 31.07.2018	Abbildung
1	A	Es sind Knackgeräusche im Ofen zu hören.	
1	F	Das Blech wellt sich.	6.08
3	F	Das Blech wird schwarz und wölbt sich ab. Es kommt zur Flammenbildung am Fuß.	
4	F	Die Farbe an der Oberfläche blättert ab. Die Fugen in der Mitte öffnet sich.	6.09
8	A	Es tritt Rauch aus den Ofenfugen aus.	
15	A	Es ist deutlich eine S-förmige Verformung sichtbar.	6.2
35	F	Deckschichten sinken ab und Fugen vergrößern sich	6.10
39	A	Der Laser funktioniert nicht mehr.	
39	A	Die obere Fuge öffnet sich immer weiter, wölbt sich aber nach außen.	
60	F	Es tritt schwarzer Rauch aus den vertikalen Fugen aus.	
85	A	Die Fuge bei Messstelle 34 hat sich geöffnet.	6.11
86	-	Der Brandversuch ist beendet.	

*) F: Feuerseite; A: Außenseite

Tabelle 6: Beobachtungen Versuch 2(7) H200_(7,5+2,2)x5

3.2.3 Versuch 3(2) H200_(3)x3

Verlegung: horizontal

Elementdicke: 200mm

Stützweite: 3m

Wandhöhe: 3m

Prüfdatum: 05.12.2018

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 200" als horizontal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA Braunschweig sind in den Anlagen 7.1 bis 7.23 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente an ihren beiden Enden mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Das unterste Sandwichelement waren an seinem unteren Rand fest angeschlossen (siehe Abbildung 7.1). Der obere Rand des obersten Sandwichelements war frei beweglich ausgebildet. Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war aber keine Kräfte oder Momente übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt (siehe Abbildung 7.2).

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 7.23 wiedergegeben und im Folgenden mit eigenen ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 7 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 05.12.2018	Abbildung
1	FS	Einmaliges "Klacken" hörbar. Das innere (beflammte) Blech eines Sandwichelements löst sich von der Dämmung.	
2	FS	Weitere "Klack-Geräusche" hörbar. Die inneren (beflammten) Bleche weiterer Sandwichelemente lösen sich von der Dämmung.	
3	FS	Die Farbe erhält Risse und blättert von den Sandwichelementen ab.	
5	FS	Die Stoßfugen der Sandwichelemente verformen sich in Richtung des Brandraums, bleiben jedoch geschlossen.	
7	FS	Die inneren Deckschichten der Sandwichelemente wellen sich, vor allem am unteren Rand.	7.3
15	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.	7.5; 7.6
19	FA	Es entstehen Spalten zwischen den Sandwichelementen und den Befestigungsblechen (Z-Profile) an mehreren Stellen des Probekörpers, mit Spaltbreiten ≤ 3 mm.	7.7

20	FS	Das obere Sandwichelement ist stark gewellt und beult sich in den Brandraum.	
30	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.	7.8; 7.9
36	FS	Die Stoßfugen der Sandwichelemente biegen sich leicht weiter in den Brandraum hinein und bleiben weiterhin geschlossen.	
45	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.	7.10
65	FS	Die Verformungen aller Sandwichelemente nehmen stetig leicht zu. Die Fugen sind weiterhin geschlossen.	
	FA	Keine wesentlichen Veränderungen.	7.11
72	FA	Einige kleine Tropfen Kondensat treten aus der Fuge links neben Messstelle. 18 aus.	7.12
75	FA	Einige kleine Tropfen Kondensat treten aus der Fuge rechts neben Messstelle. 20 aus.	
86	FA	Die obere Fuge ist sichtbar leicht nach außen gewölbt.	7.13
100	FA	Temperaturmessung per Handmessgerät an der oberen Stoßfuge der Sandwichelemente, links neben Messstelle 16. Temperatur unkritisch: 50°C innerhalb von 20 Sek.	7.14
103	FS	Die Sandwichelemente sind stark verformt. Die Stoßfugen sind geweitet, jedoch weiterhin geschlossen.	
109	FA	Die gesamte Wand wölbt sich sichtbar leicht nach außen.	
118	FA	Kondensattropfen sind verdunstet	7.15
121	FA	Die Wand wölbt sich im Bereich der unteren Stoßfuge sichtbar leicht zurück in den Brandraum.	7.16
180	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.	
181		Ende der Beflammung. Der Brandversuch wurde in Absprache mit dem Auftraggeber beendet.	7.17

*) FS: Feuerseite; FA: Feuerabgewandte Seite

Tabelle 7: Beobachtungen Versuch 3(2) H200_(3)x3

Aus dem Bericht ist ersichtlich, dass die Temperaturerhöhung an allen Messstellen zum Zeitpunkt der Beendigung des Versuches noch unter 100K betrug. Der Versuch musste jedoch beendet werden, um den Prüfofen vor einer Schädigung zu bewahren. Für Prüfdauern über 180 Minuten hätte im Vorfeld ein aufwändiger und kostenintensiver Umbau des Prüfofens erfolgen müssen, welcher im zur Verfügung gestandenen Budget nicht enthalten war.

3.2.4 Versuch 4(6) H200_(6+3,7)x5

Verlegung: horizontal

Elementdicke: 200mm

Stützweite: Erstes Feld 6m, zweites Feld 3,7m

Wandhöhe: 5m

Prüfdatum: 27.03.2019

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 200" als horizontal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA Braunschweig sind in den Anlagen 8.1 bis 8.33 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die einzelnen Sandwichelemente an ihren jeweiligen beiden Enden mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Zur Unterteilung der gesamten Prüfbreite von 9,7m wurde auf der Außenseite der Prüfwand bei der 6m Position eine Stütze angeordnet, an die die Sandwichelemente von innen nach außen angeschraubt wurden (siehe Abbildungen 8.1 bis 8.2). Die Sandwichelemente waren oben fest angeschlossen (siehe Abbildung 8.1). Die Schraubenköpfe an der Zwischenstütze und am oberen Anschluss wurden mit 20mm dicker Mineralwolle abgedeckt und mit einem Kantteil geschützt (siehe Abbildung 8.2). Unter der Unterkante des untersten Sandwichelements war eine Normalkraftfuge angeordnet (siehe Abbildungen 8.1 und 8.2), um feststellen zu können, ob die Sandwichelemente im Brandfall in der Lage sind, ihr eigenes Gewicht zu tragen. Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war, aber keine Normalkräfte übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt.

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 8.31 bis 8.33 wiedergegeben und im Folgenden mit eigenen ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 8 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 27.03.2019	Abbildung
1	-	Die Bleche der Sandwichelemente lösen sich von der Mineralwolle, was je Element als ein lautes Ploppen zu hören ist.	8.3
2	FS	TF 1 - Die Bleche der einzelnen Sandwichelemente wölben sich horizontal stark in den Brandraum. Im mittleren Bereich der Fuge 4 lösen sich die Bleche voneinander.	8.4
3	FS	TF 1 - Im mittleren Bereich der Fuge 1 beginnen die Bleche sich ebenfalls voneinander zu lösen.	8.5
9	FS	TF 1 und TF 2 - Horizontale Blechabdeckung am oberen Rand stark gewellt. Vertikale Abdeckung am Übergang zwischen den beiden Teilflächen ebenfalls verformt.	8.6
19	FS	TF 1 - Im Bereich der Fugen 1 und 4 nimmt der Abstand der Bleche voneinander weiterhin zu.	

		TF 2 - Im Bereich der Fuge 1 beginnen die Bleche sich ebenfalls voneinander zu lösen.	
23	FS	TF 1 - Die Bleche beginnen sich in der mittleren Breite über die gesamte Probekörperhöhe von der Mineralwolle zu lösen.	
26	FS	TF 1 und TF 2 - Die vertikale Abdeckung löst sich im Fußbereich vom Probekörper. Von der Seite des TF 1 ist die darunterliegende Dämmung sichtbar.	8.7, 8.8,
28	FS	TF 1 - Im Bereich der Fugen 1, 2 und 4 haben sich die Bleche über die gesamte Breite voneinander gelöst. Eine Verbindung besteht nur noch im Bereich der Fuge 3.	8.9
30	FS	Keine besonderen Veränderungen beobachtet.	
37	FS	TF 1 - Die Bleche sind nur noch seitlich gehalten und senken sich über die Länge etwas ab.	
43	FS	TF 2 - Im Bereich der Fuge 1 haben sich die Bleche über die gesamte Breite voneinander gelöst.	
45	FA	Keine besonderen Veränderungen beobachtet.	
	FS	TF 2 - Bleche wölben sich stärker in den Brandraum.	8.10
55	FS	TF 1 - Die Bleche (B) und (C) hängen immer mehr durch.	
	FA	TF 1 - Im Bereich der Messstelle 19 ist die Fuge 1 geweitet. Aus der Fuge treten kleine Tropfen aus und fließen am Sandwichpaneel entlang.	
59	FA	TF 2 - Am oberen Probekörperperrand bilden sich Tröpfchen, die Blechoberfläche erscheint teilweise rose verfärbt.	
60	FS	Keine wesentlichen Veränderungen beobachtet.	
	FA	TF 1 - Im Bereich der Messstelle 31 weitet sich die Fuge 1 ebenfalls.	
66	FS	TF 1 - Das Blech des untersten Elements (E) wölbt sich stärker in den Brandraum und sackt nach unten zusammen. 66 TF 1 und TF 2 - Die weiße Lackierung auf der Oberfläche der Bleche ist rissig.	8.14
	FA	TF 1 und TF 2 - Austritt von Tropfen aus mehreren Stellen an diversen Fugen.	
71	FA	TF 1 - Tröpfchenbildung in mittlerer Breite im Bereich der Fugen 1 bis 3.	
73	FA	TF 1 - Im Bereich der Fuge 1 ist zwischen den Messstellen 8 und 19 leichter Rauch erkennbar.	8.15 8.17
75	FS	TF 2 - Die Bleche wölben sich insgesamt deutlich stärker in den Brandraum.	8.16
77	FA	TF 2 - Die Fuge 1 im Bereich zwischen den Messstellen 64 und 48 öffnet sich leicht. Es haben sich kleine Tröpfchen gebildet.	
80	FA	TF 1 - Leichte S-förmige Verformung des Probekörpers über die Höhe. Probekörper bewegt sich oben aus dem Ofen hinaus und unten in den Ofen hinein.	8.18

90	FS	TF 1 und TF 2 - Lackierung der Metalloberfläche verfärbt sich gräulich.	
	FA	TF 1 und TF 2 - Keine wesentlichen Veränderungen beobachtet.	
96	FA	TF 2 - Auf der linken Seite unterhalb der Messstelle 40 wölbt sich die Fuge 4 horizontal zum Brandraum.	
98	FA	TF 2 - Unterhalb der Messstelle 40 ist im Bereich der Fuge 4 Glutschein zu erkennen.	8.19
106	FA	TF 2 - Anwendung Wattebausch im Bereich der geöffneten Fuge 4 unterhalb der Messstelle 40. Nach 30 s ist keine Verfärbung des Wattebausches feststellbar.	8.20
108	FA	TF 2 - Anwendung Wanderelement im Bereich der geöffneten Fuge 4 unterhalb der Messstelle 40. Nach 20 s werden 95°C gemessen.	8.21
			8.22
112	FA	TF 1 - Fuge 4 zwischen Messstelle 34 und rechtem Rand öffnet sich.	8.23
116	FS	TF 1 und TF 2 - Bleche hängen weit in den Brandraum.	8.24
119	FA	TF 1 - Im Bereich der Messstelle 22 hat sich die Fuge 4 geöffnet. Die 6 mm Spaltlehre passt nicht in den Spalt.	8.25
120	FA	TF 2 - Messstelle 63 \geq 180 K	
124	FA	TF 1 - Links der Messstelle 28 öffnet sich die Fuge 3 und verfärbt sich über eine Länge von ca. 40 cm braun.	
125	FA	TF 1 - Anwendung Wanderelement im Bereich der geöffneten Fuge links der Messstelle 28. Nach 20 s werden 120 °C gemessen.	
126	FA	TF 1 - Im Bereich der geöffneten Fuge 3 links der Messstelle 28 ist ein Lichtschein aus dem Brandraum erkennbar.	
128	FA	TF 1 - Messstelle 28 2: 180 K. Ende Brandversuch. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.	8.26

*) FS: Feuerseite; FA: Feuerabgewandte Seite

Tabelle 8: Beobachtungen Versuch 4(6) H200_(6+3,7)x5

3.2.5 Versuch5(5)_H80_(6+3,7)x5

Verlegung: horizontal

Elementdicke: 80mm

Stützweite: Erstes Feld 6m, zweites Feld 3,7m

Wandhöhe: 5m

Prüfdatum: 10.04.2019

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 80" als horizontal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA Braunschweig sind in den Anlagen 9.1 bis 9.32 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente an beiden seitlichen Enden mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Zur Unterteilung der gesamten Prüfofenbreite von 9,7m wurde auf der Außenseite der Prüfwand bei der Position 6m eine Stütze angeordnet, an die die Sandwichelemente von innen nach außen angeschraubt wurden (siehe Abbildungen 9.1 bis 9.2). Die Sandwichelemente waren oben fest angeschlossen (siehe Abbildung 9.1). Die Schraubenköpfe an der Zwischenstütze und am oberen Anschluss wurden mit 20mm dicker Mineralwolle abgedeckt und mit einem Kantteil geschützt (siehe Abbildung 9.2). Am unteren Rand des untersten Sandwichelements war eine Normalkraftfuge angeordnet (siehe Abbildungen 9.2), um feststellen zu können, ob die Sandwichelemente im Brandfall in der Lage sind, ihr eigenes Gewicht zu tragen. Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war, aber keine Normalkräfte übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt.

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 9.31 wiedergegeben und im Folgenden mit eigenen ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 9 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 10.04.2019	Abbildung
1	FS	TF 1 und TF 2 - Die Bleche lösen sich von der Mineralwolle (es sind mehrfach "Plopp-Gerausche" zu hören).	
	FA	Beide Teilflächen wölben sich jeweils in Probekörpermitte stark in den Brandraum; TF 1 stärker als TF 2.	
2	FS	TF 1 und TF 2 - Die Bleche wölben sich in den Brandraum. Die Fuge 4 von TF 1 ist im Mittenbereich geöffnet. Es zündelt aus der Fuge, die Ränder sind schwarz gefärbt.	9.3

3	FS	TF 1 und TF 2 - Alle Bleche von sind leicht dunkel verfärbt.	9.4
4	FA	TF 1 und TF 2 - Kurzzeitiger, leichter Rauchaustritt aus vereinzelt Stellen an den Fugen 1 und 2.	
5	FS	An allen Rändern der Fugen 1 bis 4 sind schwarze Stellen erkennbar. Das vertikal angeordnete Abdeckblech zwischen TF 1 und TF 2 wellt sich. Im Bereich von Sandwichelement F hat sich das Abdeckblech leicht gelöst. Die Bleche der Sandwichelemente A und B (TF 1) wölben sich wellenartig, wohingegen die Bleche der Sandwichelemente C bis E (TF 1) sich in ihrer Mitte in den Brandraum wölben.	9.5
7	FS	TF 1 und TF 2 - Das horizontal angeordnete Abdeckblech am oberen Rand verformt sich wellenartig.	9.6
12	FA	Es entstehen kleine Spalten (<= 3 mm) an mehreren Stellen zwischen den Sandwichpaneelen und den Wandwinkeln.	
13	FS	Fuge 1 von TF 1: Stärkere Weitung in der Fugenmitte erkennbar.	9.7
17	FS	Fuge 1 von TF 1: Mineralwolle ist sichtbar.	
20	FA	Erneuter kurzzeitiger, leichter Rauchaustritt aus vereinzelt Stellen an den Fugen 1 und 2 beider Teilflächen. Der TF 1 ist in seiner Mitte im Bereich der Fuge 1 stark nach außen (vom Brandraum weg), im Bereich der Fugen 2 bis 4 stark nach innen (in den Brandraum) gewölbt.	9.8 9.9
21	FS	Das Blech von Element B (TF 1) sackt leicht ab.	9.10
23	FA	Die Fuge 2 von TF 1 ist stark geweitet. Glutschein und kurzzeitige Flammen (Zündeln) sind sichtbar.	9.11
26	FA	Die Fuge 1 von TF 1 ist stark geweitet. Glutschein ist deutlich sichtbar.	9.12
26	-	Ende der Beflammung. Nach Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.	

*) FS: Feuerseite; FA: Feuerabgewandte Seite

Tabelle 9: Beobachtungen Versuch5(5)_H80_(6+3,7)x5

3.2.6 Versuch 6(1) H80_(3)x3

Verlegung: horizontal

Elementdicke: 80mm

Stützweite: 3m

Wandhöhe: 3m

Prüfdatum: 05.07.2019

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 80" als horizontal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] in Verbindung mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA Braunschweig sind in den Anlagen 10.1 bis 10.22 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente an ihren jeweiligen beiden Enden mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Das unterste Sandwichelement war an seinem unteren Rand fest angeschlossen (siehe Abbildung 10.1). Der obere Rand des obersten Sandwichelements war frei beweglich ausgebildet (siehe Abbildung 10.3). Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war aber keine Kräfte oder Momente übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt (siehe Abbildung 10.2).

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 10.22 wiedergegeben und im Folgenden mit ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 10 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 05.07.2019	Abbildung
1-2		Ein mehrfaches Ploppen ist deutlich hörbar. Die Bleche lösen sich von der Mineralwolle.	
3	FS	Die Stoßfugen öffnen sich leicht. Die Beschichtung weist netzartige Risse auf.	
7	FS	Die Fugen haben sich stellenweise dunkel gefärbt. Die Elemente haben wellenartige Verformungen in horizontaler Richtung, insbesondere am oberen und unteren Rand.	
10	FS	Die Beschichtung löst sich und blättert stellenweise ab.	
	FA	Leichter Rauchaustritt am oberen freien Rand.	10.3
15	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.	10.4

18	FA	Die Bleche der Elemente vibrieren eine Sekunden lang.	10.5
20	FS	Die Spreizung der Fugen hat leicht zugenommen und es treten teilweise Flammen aus den Fugen aus.	
	FA	Keine wesentlichen Veränderungen.	
21	FA	Die gesamte Wand ist deutlich in den Brandraum gewölbt.	10.6
26	FA	Leichter Rauchaustritt aus der Fuge 1 in Probekörper Mitte.	10.7
27	FA	Leichter Rauchaustritt über die gesamte Länge der Fuge 1. Die Fuge öffnet sich.	10.8
29	/	Ende der Beflammung. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.	

*) FS: Feuerseite; FA: Feuerabgewandte Seite

Tabelle 10: Beobachtungen Versuch 6(1) H80_(3)x3

Nach dem Versuch wurde der Prüfraumen ausgebaut (siehe Abbildung 10.11) und die Fuge geöffnet. Die von der MPA übermittelten Bilder von der Fugenöffnung sind in den Abbildungen 10.12 bis 10.18 wiedergegeben.

3.3 Feuerwiderstandsversuche an vertikal verlegten Sandwichelementen

3.3.1 Versuch 7(4)_V200_3x3

Verlegung: vertikal

Elementdicke: 200mm

Stützweite: 3m

Wandhöhe: 3m

Prüfdatum: 24.01.2020

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 200" als vertikal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] in Verbindung mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA sind in den Anlagen 11.1 bis 11.20 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente oben und unten mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Die Sandwichelemente waren am rechten Rand (brandraumabgewandte Seite) fest angeschlossen (siehe Abbildung 11.1). Der von der Außenseite betrachtete linke Rand war frei beweglich ausgebildet (siehe Abbildung 11.2). Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war, aber keine Kräfte oder Momente übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt.

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 11.20 wiedergegeben und im Folgenden mit eigenen ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 11 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 24.01.2020	Abbildung
1-2	F	Mehrfaches „Ploppen“ hörbar. Die Stahlbleche lösen sich von der Mineralwolle.	
5	F	Dunkelfärbung an den Stoßfugen und Rändern der Sandwichelemente. Netzartige Risse auf der Oberfläche der Sandwichelemente. Die Bleche verformen sich wellenförmig.	11.3 11.4
9	F	Die Bleche sind in den Brandraum gewölbt.	
14	F	Stoßfugen der Sandwichelemente sind leicht geweitet.	
20	F	Stoßfugen der Sandwichelemente weiten sich zunehmend.	11.5
30	F/A	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.	
45	F	Stoßfuge 2 leicht geöffnet. Flammen treten stoßartig aus der Fuge.	11.6
60	F	Öffnung der Stoßfuge 2 leicht geweitet.	11.7
90	F	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.	
	A	Leichter Rauchaustritt zwischen dem oberen Randanschlusswinkel und Prüfrahmen.	
120	F	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.	
	A	Wand im Bereich der Stoßfuge 1 ca. 10 mm in den Brandraum gewölbt; Im Bereich der Stoßfuge 2 in Richtung der unbeflammten Seite gewölbt.	11.8
131	A	Fuge 1 weitet sich zunehmend.	
132	A	Anhaltender Austritt von Flammen (> 20 Sekunden) aus der Fuge 1.	
133		Ende der Beflammung. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.	11.9

*) F: Feuerseite; A: Abgewandte Seite

Tabelle 11: Beobachtungen Versuch 7(4)_V200_3x3

3.3.2 Versuch 8(9)_V200-3x6

Verlegung: vertikal

Elementdicke: 200mm

Stützweite: 3m

Wandhöhe: 6m

Prüfdatum: 28.01.2020

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 200" als vertikal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] in Verbindung mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA Braunschweig sind in den Anlagen 12.1 bis 12.21 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente oben und unten mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Die Sandwichelemente waren am linken Rand (brandraumabgewandte Seite) fest angeschlossen (siehe Abbildung 12.1). Der rechte Rand war frei beweglich ausgebildet (siehe Abbildung 12.2). Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war, aber keine Kräfte oder Momente übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt.

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 12.21 wiedergegeben und im Folgenden mit ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 12 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 28.01.2020	Abbildung
1-2	F	Mehrfaches, deutlich hörbares „Ploppen“. Die Stahlbleche lösen sich vom Mineralwollekern.	
4	F	Die Stoßfugen der Sandwichpaneele sind weit geöffnet und am Rand schwarz gefärbt. Es treten Flammen aus den geöffneten Fugen aus.	12.3
		Die Bleche sind stark in den Brandraum gewölbt. Die Beschichtung der Paneele weist Risse auf und blättert im Randbereich der Paneele ab.	12.4
10	F	Die Paneele sind wieder weiß gefärbt. Flamm Austritt aus den geöffneten Fugen ist zum Erliegen gekommen.	
	A	Die Wand ist in Probekörpermitte leicht in den Brandraum gewölbt.	
20	F	Die Öffnungen der Stoßfugen sind geweitet. Die Wölbung der Bleche in den Brandraum hat zugenommen.	12.6

30	F/A	Keine wesentlichen Veränderungen beobachtet.	
60	F/A	Keine wesentlichen Veränderungen beobachtet.	
68	A	Die Stoßfuge im Bereich der Messstellen 16/17 wölbt sich in den Brandraum.	12.7
75	A	Die Wölbung der Stoßfuge im Bereich der Messstellen 16/17 hat zugenommen.	
79	A	Erste unzulässige Temperaturüberschreitung im Bereich der Messstelle 16.	
81	A	Die Messstellen 16 und 17 lösen sich leicht vom Probekörper.	12.8
83		Ende der Beflammung. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.	

*) F: Feuerseite; A: Abgewandte Seite

Tabelle 12: Beobachtungen Versuch 8(9)_V200-3x6

3.3.3 Versuch 9(8)_V100_3x6

Verlegung: vertikal

Elementdicke: 100mm

Stützweite: 3m

Wandhöhe: 6m

Prüfdatum: 11.02.2020

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 100" als vertikal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] in Verbindung mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA sind in den Anlagen 13.1 bis 13.21 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente oben und unten mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Die Sandwichelemente waren am linken Rand (brandraumabgewandte Seite) fest angeschlossen (siehe Abbildung 13.1 und 13.2). Der rechte Rand war frei beweglich ausgebildet (siehe Abbildung 13.1). Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war, aber keine Kräfte oder Momente übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt (siehe Abbildung 13.3).

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 13.21 wiedergegeben und im Folgenden mit eigenen ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 13 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 11.02.2020	Abbildung
1-2	F	Mehrfaches „Ploppen“ hörbar. Die Bleche lösen sich von der Mineralwolle und verformen sich.	13.4
4	A	Die Wand ist deutlich segelförmig in Richtung Brandraum gewölbt.	
	F	Die Stoßfugen der Paneele sind weit geöffnet. Aus den Öffnungen treten stoßartig Flammen aus. Die Ränder der Paneele sind schwarz gefärbt.	13.5
6	F	Die Oberflächenbeschichtung der Paneele weist netzartige Risse auf.	13.6
10	F	Die Stoßfugen der Paneele sind sehr stark geweitet bzw. geöffnet. Die Ränder der Paneele sind in Wandmitte stark in den Brandraum gewölbt. Es treten keine Flammen mehr aus im Bereich der Stoßfugen.	
17	A	Die Wölbung der Wand in Richtung Brandraum hat leicht zugenommen.	
19	F	Die Verformung der Bleche nimmt weiter zu.	
	A	Leichter Rausaustritt am freien Rand im oberen Viertel des Probekörpers.	
31	A	Die Fuge im Bereich der Messstelle 16/17 wölbt sich leicht in Richtung Brandraum und weitet sich leicht.	13.7
			13.8
36	A	Die Fuge zwischen den Messstellen 6/7 und Messstellen 10/11 ist in Richtung Brandraum gewölbt und öffnet sich.	13.9
37	A	Es kommt zum anhaltenden Flammenaustritt (> 10 Sekunden) im Bereich der Fuge zwischen den Messstellen 6/7 und Messstellen 10/11.	13.10
41	-	Ende der Beflammung. Die Brandprüfung wurde in Absprache mit dem Auftraggeber beendet.	13.11

*) F: Feuerseite; A: Abgewandte Seite

Tabelle 13: Beobachtungen Versuch 9(8)_V100_3x6

3.3.4 Versuch 10(3)_V100_3x3

Verlegung: vertikal

Elementdicke: 100mm

Stützweite: 3m

Wandhöhe: 3m

Prüfdatum: 12.02.2020

Versuchsbeschreibung: Sandwichpaneele "HIPERTEC® Wand 100" als vertikal verlegtes Einfeldträger-System nach DIN EN 1364-1: 2015-09 [10] in Verbindung mit DIN EN 1363-1: 2012-10 [9].

Der konstruktive Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen der MPA Braunschweig sind in Anlage 14.1 bis 14.20 wiedergegeben.

Der Aufbau war so gestaltet, dass die Sandwichelemente oben und unten mit jeweils 3 Schrauben befestigt waren. Die Sandwichelemente waren am linken Rand (brandraumabgewandte Seite) fest angeschlossen (siehe Abbildung 14.1 und 14.2). Der rechte Rand war frei beweglich ausgebildet (siehe Abbildung 14.1). Diese Fuge war so mit Dämmwolle ausgefüllt, dass der Raumabschluss sichergestellt war, aber keine Kräfte oder Momente übertragen werden konnten.

Die Schraubenköpfe der Befestigung wurden auf der Brandraumseite durch Aufkleben von 20mm dicken Mineralwollestreifen geschützt (siehe Abbildung 14.3).

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Anlage 14.20 wiedergegeben und im Folgenden mit eigenen ergänzenden Verweisen auf zugehörige Abbildungen in Anlage 14 wiederholt.

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 12.02.2020	Abbildung
1-2	F	Mehrfaches „Ploppen“ hörbar. Die Bleche lösen sich von der Mineralwolle und verformen sich.	
	A	Die Wand wölbt sich segelförmig in Richtung Brandraum.	
3	F	Die Oberflächenbeschichtung der Paneele weist netzartige Risse auf.	
	A	Mittlerer Rauchaustritt (gelber Rauch) aus der Fuge zwischen den Messstellen 13/14 und Messstellen 18/19.	14.4
10	F	Die Verformung der Bleche hat zugenommen.	
21	A	Leichter Rauchaustritt (weißer Rauch) aus der Fuge über den Messstellen 10/11.	
25	A	Mittlerer Rauchaustritt (weißer Rauch) aus der Fuge über den Messstellen 13/14.	
29	A	Es kommt zum anhaltenden Flammenaustritt (> 10 Sekunden) im Bereich der Fuge zwischen den Messstellen 8/9 und Messstellen 13/14.	14.5 14.6
	-	Ende der Beflammung. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.	

*) F: Feuerseite; A: Abgewandte Seite

Tabelle 14: Beobachtungen Versuch 10(3)_V100_3x3

Aufgrund des Flammenaustritts wurde die relevante Fuge 1 und zum Vergleich auch die Fuge 2 nach dem Abkühlen des Prüfkörpers geöffnet. Die Bilder der geöffneten Fuge 1 sind in den Abbildungen 14.7 bis 14.10 dargestellt. Die Bilder der zweiten geöffneten Fuge sind in den Abbildungen 14.11 und 14.12 dargestellt.

4 Versuche zur Bestimmung der Verbundeigenschaften der Sandwichelemente

4.1 Allgemeines

Alle in diesem Abschnitt aufgeführten Prüfungen wurden an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) durchgeführt.

Für die Prüfung wurden kalibrierte Messmittel verwendet. Die für die Prüfung verwendeten Prüfeinrichtungen sind an der VAS dokumentiert.

Die Zeugnisse der verwendeten Ausgangsmaterialien sind in Anlage 1 dokumentiert.

4.2 Ermittlung der Werkstoffkennwerte HIPERTEC N WALL S/S 200 zu V1(11)

4.2.1 Bestimmung der Rohdichte

Die Rohdichte des Kernwerkstoffs wurde nach DIN EN 14509:2009:12, Anhang A.8 bestimmt. Die Probekörper hatten die Abmessungen 100 mm x 100 mm x D. Die Abmessungen der Probekörper wurden nach dem Abtrennen der Deckschichten mit einem Messschieber gemessen und die Masse auf einer Waage gewogen. Mit den gemessenen Werten $a = (A1+A2)/2$, $b = (B1+B2)/2$, $d = (D1+D2+D3+D4)/4$ und der Masse m_L der Versuchskörper wurde die Dichte berechnet.

$$\rho_L = \frac{m}{V} = \frac{m_L}{a b d}$$

Die ermittelten Dichten der Mineralwollkerne sind in Anlage 2.3, Tabelle 2.5 aufgeführt.

4.2.2 Druckversuche

Die Druckversuche mit Deckschichten zur Bestimmung der Druckfestigkeit f_{cc} erfolgten an Probekörpern mit den Abmessungen 100 mm x 100 mm x D nach [5], Anhang A.2. Die Abmessungen aller Probekörper wurden mit einem Messschieber ermittelt.

Die Druckprüfung wurde an einer Universalprüfmaschine durchgeführt. Die Probekörper wurden mit einer Maschinengeschwindigkeit von 3% der nominellen Dicke je Minute belastet.

Die Druckfestigkeit f_{cc} wurde mit Gleichung A.3 in EN 14509: 2013 berechnet [5]. Der Druck-E-Modul E_{cc} bei Raumtemperatur wurde gemäß A.4 in [5] aus dem linearen Anstiegsbereich des Spannungs-Dehnungs-Diagrammes bestimmt. Die Abmessungen der Probekörper, die maximale Druckspannung f_{cc} innerhalb einer Stauchung bis 10%, der Druck-E-Modul E_{cc} sowie die Spannungs-Dehnungs-Diagramme sind in der Anlage 2.4 aufgeführt. Der schematische Versuchsaufbau ist in der Anlage 2.5, Abbildung 2.1 dargestellt. Die Abbildung 2.2 in Anlage 2.5 zeigt den Versuchsaufbau. Einzelne Versagensbilder und eine Übersichtsaufnahme der geprüften Probekörper sind in den Abbildungen 2.3 – 2.5 dargestellt.

4.2.3 Zugversuche bei Raumtemperatur

Die Zugversuche zur Bestimmung der Zugfestigkeit f_{ct} der Elemente mit Deckschichten bei Raumtemperatur erfolgte an Probekörpern mit den Abmessungen $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times D$ an einer Universalprüfmaschine nach [5], Anhang A.1. Zur Krafteinleitung in die Probekörper wurden die Deckschichten der Probekörper mit 10 mm dicken Aluminiumplatten verklebt, wie in den Abbildungen 2.6 und 2.7 in Anlage 2.8 zu sehen ist. Die Abmessungen aller Probekörper wurden mit Messschiebern ermittelt. Die Probekörper wurden jeweils mit einer Verformungsgeschwindigkeit von 3% der nominellen Dicke je Minute bis zum Bruch belastet. Hierbei wurden die Kraft (inkl. Vorkraft) und die Prüfkörperverformung mit zwei Wegaufnehmern gemessen. Aus der Bruchlast F_u wurde unter Annahme einer homogenen Spannungsverteilung die Zugspannung bei Raumtemperatur f_{ct} nach Gl. (A.1) in [5] berechnet. Der Zugmodul E_{ct} wurde nach Gl. (A.2) in [5] aus dem linearen Anstiegsbereich des jeweiligen Spannungs-Dehnungs-Diagrammes bestimmt.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in der Anlage 2.7 dargestellt. Der schematische Versuchsaufbau, Bilder des Versuchsaufbaus sowie der Probekörper nach den Prüfungen sind in den Anlagen 2.8 und 2.9 angefügt.

Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte der Kernwerkstoff in der Nähe der oberen oder unteren Deckschicht.

4.2.4 Zugversuche bei 80°C

Die Zugversuche zur Bestimmung der Zugfestigkeit $f_{ct,80}$ bei 80°C mit Deckschicht erfolgten an Probekörpern mit den Abmessungen $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times D$ nach [5], Anhang A.1. Die Prüfungen wurden an einer Universalprüfmaschine durchgeführt. Zum Zweck der Krafteinleitung in die Probekörper wurden die Deckschichten mit 25 mm dicken Buche-Furnier-Sperrholzplatten verklebt. Die Abmessungen aller Probekörper wurden vor der Prüfung mit Messschiebern bestimmt. Die Probekörper wurden vor der Prüfung für mindestens 20 Stunden bis maximal 24 Stunden bei 80°C bis 83°C konditioniert. Die Prüfung der Proben erfolgte in einer Temperierkammer. Hierzu wurden die Proben jeweils nach der Konditionierung für 20 min in der Temperierkammer auf 80°C gehalten und anschließend geprüft. Die Probekörper wurden jeweils mit einer Verformungsgeschwindigkeit von 3% der nominellen Dicke je Minute bis zum Bruch belastet. Hierbei wurde die Kraft, der Maschinenweg und die Prüfkörperverformung mit drei Wegaufnehmern gemessen. Aus den Bruchlasten F_u wurde unter Annahme eines homogenen Spannungszustandes die Zugspannung $f_{ct,80}$ bei 80°C nach Gl. (A.1) in [5] bei 80°C bestimmt. Der Zugmodul $E_{ct,80}$ bei 80°C wurde nach Gl. (A.2) in [5] aus dem linearen Anstiegsbereich des jeweiligen Spannungs-Dehnungs-Diagrammes bestimmt und ist in Tabelle 2.9 dokumentiert.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in der Anlage 2.10 dargestellt. Die Probe V1 wurde aufgrund einer ungenügenden Verklebung der Lasteinleitungsplatten verworfen. Der schematische Versuchsaufbau entspricht dem der Zugversuche bei Raumtemperatur in Anlage 2.8. Bilder des Versuchsaufbaus sowie der Probekörper nach den Prüfungen sind in der Anlage 2.12 dargestellt. Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte der Kernwerkstoff in der Nähe der oberen oder unteren Deckschicht.

4.2.5 Zugversuche bei 140°C

Die Zugversuche zur Bestimmung der Zugfestigkeit $f_{ct,140}$ bei 140°C mit Deckschicht erfolgten an Probekörpern mit den Abmessungen 100 mm × 100 mm × D nach [5], Anhang A.1. Die Prüfungen wurden an einer Universalprüfmaschine durchgeführt. Zur Krafteinleitung in die Probekörper wurden die Deckschichten mit 25 mm dicken Buche-Furnier-Sperrholzplatten verklebt. Die Abmessungen aller Probekörper wurden vor der Prüfung mit Messschiebern ermittelt. Die Probekörper wurden vor der Prüfung für mindestens 20 Stunden bis maximal 24 Stunden bei 140°C bis 145°C konditioniert. Die Prüfung der Proben erfolgte in einer Temperierkammer. Hierzu wurden die Proben jeweils nach der Konditionierung für 20 min in der Temperierkammer auf 140°C gehalten und anschließend geprüft. Die Probekörper wurden jeweils mit einer Verformungsgeschwindigkeit von 3% der nominellen Dicke je Minute bis zum Bruch belastet. Hierbei wurde die Kraft, der Maschinenweg und die Prüfkörperverformung mit drei Wegaufnehmern gemessen. Aus den Bruchlasten F_u wurde unter Annahme eines homogenen Spannungszustandes die Zugspannung $f_{ct,140}$ bei 140°C nach Gl. (A.1) in [5] bei 140°C bestimmt. Der Zugmodul $E_{ct,140}$ bei 140°C wurde nach Gl. (A.2) in [5] aus dem jeweiligen linearen Anstiegsbereich des Spannungs-Dehnungs-Diagrammes bestimmt.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in der Anlage 2.13 dargestellt. Der schematische Versuchsaufbau entspricht dem der Zugversuche bei Raumtemperatur in Anlage 2.8. Bilder des Versuchsaufbaus sowie der Probekörper nach den Prüfungen sind in der Anlage 2.14 dargestellt. Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte der Kernwerkstoff in der Nähe der oberen oder unteren Deckschicht.

4.2.6 Schubversuche nach EN 14509, A.3 (Schubbalken)

Es wurden 3 Schubversuche in Positivlage (äußere Deckschicht in Biegedruckzone) durchgeführt. Die Abmessungen der Schubbalken betragen 1518 mm x 150 mm x D. Die Prüfung erfolgte an einer Universalprüfmaschine (interne VA-Nr.: M05). Der Versuchsaufbau entsprach [5], Bild A.4. Die Last wurde mit 140 mm breiten Lasteinleitungsplatten eingeleitet. Die Breite (B) und Dicke (D) der Probekörper wurden zuvor mit einem Messschieber ermittelt. Die

Verformungsgeschwindigkeit wurde bei allen Versuchen so gewählt, dass das Versagen zwischen einer und drei Minuten erfolgte. Bei der Prüfung wurden die Prüfkraft, der Maschinenweg und die Durchbiegung in Feldmitte mit induktiven Wegaufnehmern gemessen. Die Abmessungen der Probekörper, die maximale Bruchlast F_u , die Auflast des Versuchsaufbaus, die Belastungsgeschwindigkeit und die Last-Verformungskurven sind in Anlage 2.15 dargestellt. Zur Visualisierung des Last-Verformungsverhaltens in den Diagrammen wurde die Maschinenkraft und die mittlere Verformung der induktiven Wegaufnehmer dargestellt. Der Schubmodul wurde nach Gl. A.7 in [5] anhand der Neigung des linearen Teils der Last-Durchbiegungskurve berechnet. Für die Berechnung der Biegesteifigkeit B_S wurden die mittleren gemessenen Stahlkerndicken der Deckschichten aus den Zugversuchen angesetzt. Die Schubfestigkeit f_{cv} wurde nach Gl. A.5 in [5] mit einem Abminderungsfaktor $k_v = 1,0$ unter Berücksichtigung der Auflast durch den Versuchsaufbau berechnet. Der Versuchsaufbau ist in Anlage 2.16, Abbildung 2.13 dargestellt. Bei den Versuchen V01 und V03 versagten die Proben infolge eines Schubversagens entlang eines Lamellenstoßes im maximalen Querkraftbereich (siehe Anlage 2.16, Abbildung 2.14). Bei Versuch V02 versagte die Probe durch einen Schubbruch entlang der oberen Deckschicht (siehe Anlage 2.16, Abbildung 2.15).

4.2.7 Geometrie der Deckschichten und Dicke der Sandwichelemente

Die Geometrie der Deckschichten wurde gemäß der in [5], Anhang D.2 beschriebenen Messverfahren an einem Element an innerer und äußerer Deckschicht durch einen Mitarbeiter der VAS gemessen. Die ermittelten Abmessungen sind in der Anlage 2.2 aufgeführt. Die Dicke des Sandwichelementes wurde an gleichmäßig über die Elementbreite verteilten Messstellen in der Mitte und den entgegengesetzten Rändern bestimmt und ist ebenfalls in der Anlage 2.2 aufgeführt.

4.2.8 Einfeldträgerversuche

Die Bauteilversuche nach [5], Anhang A.5 wurden mit einer Universalprüfmaschine durchgeführt. Die Einleitung der Prüflast erfolgte gemäß Bild A.8 in [5] bis zum Versagen. Die Einleitung der Prüflast wurde gemäß Bild A.13 in [5] durchgeführt. Die Versuche V1pos und V3pos wurden in Positivlage getestet. V2neg wurden in Negativlage getestet. Um lokale Pressungen zu vermeiden wurden Kautschuk-Matten unter die Lasteinleitungsplatten der Breite 200 mm gelegt. Die Durchsenkung in Feldmitte wurde durch zwei Seilzugwegaufnehmer gemessen. Die Stützweiten, die Elementlängen, die Elementdicken (als Mittelwert der Elementdicken D), die Versagenslasten (F_u) sowie die Versagensarten sind in den Anlagen 2.17 und 2.18 dargestellt. Dort sind zusätzlich die Last-Verformungskurven grafisch veranschaulicht.

In der Anlage 2.19, Abbildung 2.16 ist der Versuchsaufbau exemplarisch dargestellt. Bei Versuch V1pos mit einer Stützweite von 7.115 mm versagte der Prüfkörper durch einen Schubbruch im

Auflagerbereich (siehe Anlage 2.19 Abbildung 2.17). Um ein Knittern der Deckschicht zu provozieren, wurden die weiteren Versuche mit Stützweiten von 8.710mm (V2neg) und 8.705 mm (V3pos) durchgeführt. Die weiteren Versuche versagten durch Knittern der oberen druckbelasteten Deckschicht in Feldmitte. Die Abbildungen 2.18 und 2.19 in Anlage 2.19 zeigen die Probekörper der Versuche V2neg und V3pos nach dem Versagen durch Knittern der oberen druckbelasteten Deckschicht in Feldmitte.

4.2.9 Bestimmung der mechanischen Werte der Deckschichten

Die Werkstoffkennwerte der Stahldeckschichten wurden an jeweils zwei aus der äußeren und der inneren Deckschicht entnommen Proben nach DIN EN ISO 6892-1:2009-12 Methode B unter Verwendung der Probenform 2 aus Tabelle B1 bestimmt. Die Proben wurden nach der erfolgten Bauteilprüfung aus dem unbelasteten Bereich am Ende der Stahldeckschichten entnommen. Die Zugversuche wurden an einer Universalprüfmaschine durchgeführt. Die Ergebnisse der Versuche sind in den Anlage 2.20 – 2.21 zusammengefasst.

4.2.10 Bestimmung der kalorischen Eigenschaften des Klebstoffs

Die Klebstoffprobe der Sandwichelemente aus dem Versuch V1 für die DSC Messung wurde mit einem Skalpell von dem Metall gelöst. Anschließend wurden bei Probe V1 10,0 mg in einen Al-Tiegel abgewogen und mit Hilfe einer Presse zum Kaltverschweißen eingeschweißt. Kurz vor der Messung wurde vorsichtig mit einer spitzen Nadel in den Deckel ein Loch für den Druckausgleich gestochen.

Die Probe V1 wurde mit $20\text{ °C}\cdot\text{min}^{-1}$ im Temperaturbereich von -5 °C bis 370 °C aufgeheizt, abgekühlt und dieses Vorgehen wiederholt. Beim ersten Aufheizen der Probe V1 trat bei 79 °C ein Wendepunkt in der Kurve auf, dieser zeigt einen vermuteten Glasübergang T_g an (Abbildung 2.20). Die Probe V1 zeigt von Zimmertemperatur bis 147 °C einen endothermen Effekt (Abbildung 2.20 in Anlage 2.22), das Maximum liegt für Probe V1 bei 87 °C (Abbildung 2.20). Im Bereich zwischen 147 °C und 240 °C treten keine messbaren thermischen Effekte auf. Zwischen 240 °C und 315 °C tritt für Probe V1 ein endothermer Effekt auf. Die Probe V1 zeigt nach 360 °C ein beginnendes exothermes Signal, bei dem es sich vermutlich um eine Verdampfung handelt. Das Verdampfen der Probe kann die Basislinie nach unten verschieben.

4.2.11 Bestimmung des Bindemittelgehalts / der organischen Bestandteile nach DIN EN 13820

Der Versuch wurde gemäß DIN EN 13820 [11] durchgeführt. Es wurden 8 Einzelstücke aus unterschiedlichen, aber gleichmäßig über das gesamte Produkt verteilten Stellen geprüft. Die Entnahme erfolgte mit einem Korkbohrer $\varnothing 25\text{ mm}$. Die Probekörper wurden in einem belüfteten Wärmeschrank bei $(105 \pm 5)\text{ °C}$ (gemäß Produktspezifikation) 2 h getrocknet und anschließend im

Exsikkator auf (23 ± 5) °C abgekühlt. Der Vorgang wurde wiederholt, bis eine Massenkonstanz erreicht wurde.

Die Massenkonstanz gilt als erreicht, wenn die Massenänderung zwischen zwei in einem Zeitabstand von mindestens 1 h aufeinander folgenden Wägungen kleiner als 0,05 % der Gesamtmasse ist.

Die Probekörperhalter wurden in gleicher Weise für 2h bei (105 ± 5) °C im Wärmeschrank konditioniert, im Exsikkator abgekühlt und gewogen => m_1 (siehe Messprotokoll in Anlage 2.23).

Der Behälter mit dem Probekörper wurde aus dem Exsikkator entnommen, innerhalb 1 min gewogen und damit die gesamte Masse m_2 bestimmt. Anschließend wurde der Behälter mit dem Probekörper in den Ofen mit einer Temperatur 500 ± 20 °C eingebracht.

Der Behälter mit dem Probekörper wurde aus dem Ofen entnommen sobald alle organischen Bestandteile verdampft waren. Hierfür wurden mindestens 2 h benötigt.

Der Behälter mit dem Probekörper wurde in den Exsikkator gelegt und auf (23 ± 5) °C abgekühlt. Nach Entnahme aus dem Exsikkator wurde der Behälter mit dem Probekörper innerhalb von einer Minute gewogen. Dann wurde der Behälter wieder mindestens 30 min in den Ofen mit einer Temperatur 500 ± 20 °C gestellt. Der Behälter wurde danach aus dem Ofen entnommen, in den Exsikkator gelegt und auf (23 ± 5) °C abgekühlt. Dieser Vorgang aus Aufheizen und Verweilen im Ofen, Abkühlen im Exsikkator und Wiegen nach dem Abkühlen wurde so lange fortgesetzt, bis sich eine konstante Masse m_3 so eingestellt hatte, dass die Massenänderung aufeinander folgender Wägungen kleiner als 0,05 % der Gesamtmasse war.

Dieses Verfahren wurde auf alle Probekörper angewendet.

Das Messprotokoll der durchgeführten Versuche ist in Anlage 2.23 dargestellt. Der Mittelwert aus allen Einzelwerten beträgt 5,57%.

4.3 Ermittlung der Werkstoffkennwerte HIPERTEC N WALL S/S 80 zu V5(5)

4.3.1 Allgemeines

Alle in diesem Abschnitt aufgeführten Prüfungen wurden an der VAS durchgeführt.

4.3.2 Bestimmung der Rohdichte

Die Bestimmung der Rohdichte erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.1.

Die ermittelten Dichten der Mineralwollkerne sind in Anlage 3.3, Tabelle 3.5 aufgeführt.

4.3.3 Druckversuche

Die Durchführung der Druckversuche erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.2.

Die Abmessungen der Probekörper, die maximale Druckspannung f_{cc} innerhalb einer Stauchung bis 10%, der Druck-E-Modul E_{cc} sowie die Spannungs-Dehnungs-Diagramme sind in der Anlage 3.4 aufgeführt.

4.3.4 Zugversuche bei Raumtemperatur

Die Durchführung der Zugversuche bei Raumtemperatur erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.3.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in den Anlagen 3.7 und 3.8 dargestellt. Der schematische Versuchsaufbau, Bilder des Versuchsaufbaus sowie der Probekörper nach den Prüfungen sind in den Anlagen 3.9 und 3.10 zu finden.

Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte der Kernwerkstoff in der Nähe der oberen oder unteren Deckschicht, teilweise blieben schmale Reste der Lamellen stehen.

4.3.5 Zugversuche bei 80°C

Die Probekörper wurden vor der Prüfung für mindestens 20 Stunden bis maximal 24 Stunden bei 80°C bis 83°C konditioniert. Die Prüfung der Proben erfolgte jeweils direkt nach der Entnahme aus dem Ofen. Die Probekörper wurden jeweils mit einer Verformungsgeschwindigkeit von 3% der nominellen Dicke je Minute bis zum Bruch belastet. Hierbei wurde die Kraft, der Maschinenweg und die Prüfkörperverformung mit drei Wegaufnehmern gemessen. Aus den Bruchlasten F_u wurde unter Annahme eines homogenen Spannungszustandes die Zugspannung $f_{ct,80}$ bei 80°C nach Gl. (A.1) in [5] bei 80°C bestimmt. Der Zugmodul $E_{ct,80}$ bei 80°C wurde nach Gl. (A.2) in [5] aus dem linearen Anstiegsbereich des Spannungs-Dehnungs-Diagrammes bestimmt.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in der Anlage 3.11 dargestellt. Der schematische Versuchsaufbau, Bilder des Versuchsaufbaus sowie eines Probekörpers nach den Prüfungen sind in den Anlagen 3.12 dargestellt. Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte der Kernwerkstoff in der Nähe der oberen oder unteren Deckschicht.

4.3.6 Zugversuche bei 140°C

Die Durchführung der Zugversuche bei 140°C erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.5.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in der Anlage 3.13 dargestellt. Der schematische Versuchsaufbau, Bilder des Versuchsaufbaus sowie eines Probekörpers nach den Prüfungen sind in den Anlagen 3.14 und 3.15 dargestellt. Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte nicht der Kernwerkstoff, sondern

die organische Beschichtung löste sich von der Stahldeckschicht. Bei den Proben 8 und 9 geschah dies bereits vor der Durchführung des Zugversuchs.

4.3.7 Schubversuche nach EN 14509, A.3 (Schubbalken)

Die Durchführung der Schubversuche am Schubbalken erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.6 mit 100 mm breiten Lasteinleitungsplatten und den im Prüfprotokoll (siehe Anlage 3.16) angegebenen Stützweiten.

Der Versuchsaufbau ist in Anlage 3.17, Abbildung 3.13 dargestellt. Bei allen Versuchen zeigte das Versagensbild einen Schubbruch (siehe Anlage 3.17 und 3.18), wobei die Proben Nr. 2, Nr. 5 und Nr. 7 einen Lamellenstoß im Querkraftbereich aufwiesen.

4.3.8 Geometrie der Deckschichten und Dicke der Sandwichelemente

Die Bestimmung der Geometrie der Deckschichten und der Dicke der Sandwichelemente erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.7. Die ermittelten Abmessungen und Dicken sind in der Anlage 3.2 aufgeführt.

4.3.9 Einfeldträgerversuche

Die Einfeldträger-Bauteilversuche wurden analog zu Abschnitt 4.2.8 durchgeführt.

Die Durchsenkung in Feldmitte wurde durch zwei Seilzugwegaufnehmer gemessen. Die Stützweiten, die Elementlängen, die Elementdicken (als Mittelwert der Elementdicken D), die Versagenslasten (F_u) sowie die Versagensarten sind in den Anlagen 3.19 und 3.20 dargestellt. Dort sind zusätzlich die Last-Verformungskurven grafisch veranschaulicht.

In der Anlage 3.20, Abbildung 3.18 ist der Versuchsaufbau exemplarisch dargestellt. Bei V1neg und V2pos zeigte das Versagensbild ein Knittern an der inneren Lasteinleitung (siehe Anlage 3.20, Abbildungen 3.19 und 3.20). Das Versagensbild bei V3pos zeigte ein Knittern der oberen druckbelasteten Deckschicht am Übergang von Mittelfeld zur Lasteinleitung (siehe Anlage 3.20, Abbildung 3.21).

4.3.10 Bestimmung der mechanischen Werte der Deckschichten

Die Werkstoffkennwerte der bei den Bauteilversuchen V2pos und V1neg oberliegenden Stahldeckschichten wurden nach DIN EN ISO 6892-1:2009-12 Methode B unter Verwendung der Probenform 2 aus Tabelle B1 bestimmt. Die Proben wurden nach der Bauteilprüfung aus dem unbelasteten Bereich am Ende der oberliegenden Deckschicht entnommen. Die Zugversuche wurden an einer Universalprüfmaschine durchgeführt. Die Ergebnisse der Versuche sind in den Anlagen 3.21 und 3.22 dargestellt und in Tabelle 3.3 der Anlage 3.2 zusammengefasst.

4.3.11 Bestimmung der kalorischen Eigenschaften des Klebstoffs

Die Klebstoffproben der Sandwichelemente aus dem Versuch V5 für die DSC Messung wurden mit einem Skalpell vom Metall gelöst. Anschließend wurde bei der Probe V5 10,9 mg in einen Al-Tiegel abgewogen und mit Hilfe einer Presse zum Kaltverschweißen eingeschweißt. Kurz vor der Messung wurde vorsichtig mit einer spitzen Nadel in den Deckel ein Loch für den Druckausgleich gestochen.

Die Probe V5 wurde mit $10\text{ °C}\cdot\text{min}^{-1}$ in einem Stickstoffstrom im Temperaturbereich von -20 °C bis 370 °C aufgeheizt und dieses Vorgehen wiederholt. Beim ersten Aufheizen der Probe V5 trat bei 78 °C ein Wendepunkt in der Kurve auf, dieser zeigt einen vermuteten Glasübergang T_g an. (Abbildung 3.22 in Anlage 3.23).

Die Probe V5 zeigt von Raumtemperatur bis 147 °C einen endothermen Effekt (Abbildung 3.22), das Maximum liegt für Probe V5 bei 61 °C . Im Bereich zwischen 147 °C und 240 °C treten keine messbaren thermischen Effekte auf. Probe V5 zeigt zwei endotherme Effekte mit den beiden Maxima bei 266 °C und 304 °C . Bei Probe V5 beginnt das exotherme Signal bei 315 °C . Da die Probe V5 nach der Messung um $1,1\text{ mg}$ ($10,1\text{ Gew.}\%$) leichter war, findet bei den endothermen Signalen vermutlich eine Verdampfung statt. Das Verdampfen der Probe kann die Basislinie nach unten verschieben. In Abbildung 3.22 ist die erste und die zweite Aufheizkurve gezeigt.

4.4 Ermittlung der Werkstoffkennwerte HIPERTEC N WALL S/S 100 zu V9(8)

4.4.1 Allgemeines

Alle in diesem Abschnitt aufgeführten Prüfungen wurden an der VAS durchgeführt.

4.4.2 Bestimmung der Rohdichte

Die Bestimmung der Rohdichte erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.1.

Die ermittelten Dichten der Mineralwollkerne sind in Anlage 4.3 Tabelle 4.4 aufgeführt.

4.4.3 Druckversuche

Die Durchführung der Druckversuche erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.2.

Die Abmessungen der Probekörper, die maximale Druckspannung f_{cc} innerhalb einer Stauchung bis 10% , der Druck-E-Modul E_{cc} sowie die Spannungs-Dehnungs-Diagramme sind in der Anlage 4.4 aufgeführt.

4.4.4 Zugversuche bei Raumtemperatur

Die Durchführung der Zugversuche bei Raumtemperatur erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.3.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in der Anlage 4.6 dargestellt. Der schematische Versuchsaufbau, Bilder des Versuchsaufbaus sowie der Probekörper nach den Prüfungen sind in den Anlagen 4.7 und 4.8 beigefügt.

Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte der Kernwerkstoff in der Nähe der oberen oder unteren Deckschicht.

4.4.5 Zugversuche bei 80°C

Die Durchführung der Zugversuche bei 80°C erfolgte analog zu Abschnitt 4.3.5.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in der Anlage 4.9 dargestellt. Bilder des Versuchsaufbaus sowie der Probekörper nach den Prüfungen sind in der Anlage 4.10 dargestellt. Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte der Kernwerkstoff in der Nähe der oberen oder unteren Deckschicht.

4.4.6 Zugversuche bei 140°C

Die Probekörper wurden vor der Prüfung für mindestens 20 Stunden bis maximal 24 Stunden bei 140°C bis 145°C konditioniert. Die Prüfung der Proben erfolgte jeweils direkt nach der Entnahme aus dem Ofen. Die Probekörper wurden jeweils mit einer Verformungsgeschwindigkeit von 3% der nominellen Dicke je Minute bis zum Bruch belastet. Hierbei wurde die Kraft, der Maschinenweg und die Prüfkörperverformung mit zwei Wegaufnehmern gemessen. Aus den Bruchlasten F_u wurde unter Annahme eines homogenen Spannungszustandes die Zugspannung $f_{ct,140}$ bei 140°C nach Gl. (A.1) in [5] bei 140°C bestimmt. Der Zugmodul $E_{ct,140}$ bei 140°C wurde nach Gl. (A.2) in [5] aus dem linearen Anstiegsbereich des Spannungs-Dehnungs-Diagrammes bestimmt.

Die Last-Verformungskurven aus Maschinenkraft und dem Mittelwert der aufgezeichneten Verformungen sind in der Anlage 4.11 dargestellt. Der exemplarische Versuchsaufbau sowie eine Übersichtsaufnahme der Probekörper nach den Prüfungen sind in der Anlage 4.12 dargestellt. Bei allen durchgeführten Prüfungen versagte der Kernwerkstoff in der Nähe der oberen oder unteren Deckschicht.

4.4.7 Schubversuche nach EN 14509, A.3 (Schubbalken)

Die Durchführung der Schubversuche am Schubbalken erfolgte analog zu Abschnitt 4.2.6 mit 100mm breiten Lasteinleitungsplatten und den im Prüfprotokoll (siehe Anlage 4.13) angegebenen Stützweiten.

Der Versuchsaufbau ist in Anlage 4.14, Abbildung 4.10 dargestellt. Die Proben versagten durch einen Schubbruch (siehe Anlage 4.14, Abbildung 4.11).

4.4.8 Bestimmung des Bindemittelgehalts / der organischen Bestandteile nach DIN EN 13820

Der Versuch wurde gemäß DIN EN 13820 [11] durchgeführt. Es wurden 8 Einzelstücke aus unterschiedlichen aber gleichmäßig über das gesamte Produkt verteilten Stellen geprüft. Die Entnahme erfolgte mit einem Messer. Die Proben mit Probendicke wurden so zugeschnitten, dass die Anforderungen an die Masse erfüllten. Die Probekörper wurden in einem belüfteten Wärmeschrank bei $(105 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ (oder gemäß Produktspezifikation) 2 h getrocknet und anschließend im Exsikkator auf $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ abgekühlt. Der Vorgang wurde wiederholt bis Massenkonstanz erreicht wurde.

Massenkonstanz gilt als erreicht, wenn die Massenänderung zwischen zwei in einem Zeitabstand von mindestens 1 h aufeinander folgenden Wägungen kleiner als 0,05 % der Gesamtmasse ist.

Die Probekörperhalter wurden in gleicher Weise für 2h bei $(105 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ im Wärmeschrank konditioniert, im Exsikkator abgekühlt und gewogen => m1 (siehe Messprotokoll in Anlage 4.15).

Der Behälter mit dem Probekörper wurde aus dem Exsikkator entnommen, innerhalb 1 min gewogen und damit die gesamte Masse m2 bestimmt. Anschließend wurde der Behälter mit dem Probekörper in den Ofen mit einer Temperatur $500 \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ eingebracht.

Der Behälter mit dem Probekörper wurde aus dem Ofen entnommen, sobald alle organischen Bestandteile verdampft waren. Hierfür wurden mindestens 2 h benötigt.

Der Behälter mit dem Probekörper wurde in den Exsikkator gelegt und auf $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ abgekühlt.

Nach Entnahme aus dem Exsikkator wurde der Behälter mit dem Probekörper innerhalb einer Minute gewogen. Dann wurde der Behälter wieder mindestens 30 min in den Ofen mit einer Temperatur von $500 \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ gestellt. Der Behälter wurde danach aus dem Ofen herausgenommen, in den Exsikkator gelegt und auf $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ abgekühlt. Dieser Vorgang aus Aufheizen und Verweilen im Ofen, Abkühlen im Exsikkator und Wiegen nach dem Abkühlen wurde so lange fortgesetzt, bis sich eine konstante Masse m3 so eingestellt hatte, dass die Massenänderung aufeinander folgender Wägungen kleiner als 0,05 % der Gesamtmasse war.

Dieses Verfahren wurde auf alle Probekörper angewendet.

Das Messprotokoll der durchgeführten Versuche ist in Anlage 4.15 dargestellt. Der Mittelwert aus allen Einzelwerten beträgt 4,22%.

5 Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit der Mineralwolle nach DIN EN 12667:2001

Der Versuch wurde gemäß DIN EN 12667 [12] am Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München (FIW) durchgeführt. Es wurden je zwei Elementabschnitte aus den Prüfkörpern der Feuerwiderstandsversuche V1 und V9 mit den Abmessungen 1m x Baubreite (ca. 1m) per Spedition an das FIW geliefert. Die Probenpräparation erfolgte durch das FIW. Die Prüfergebnisse sind in der Anlage 15 wiedergegeben.

6 Zusammenfassung

Zur Überprüfung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254-5 [4] für nichttragende Wände aus Sandwichelementen mit einem Kern aus Mineralwolle und Deckschichten aus Stahl wurden die in Abschnitt 3 aufgeführten Feuerwiderstandsversuche durchgeführt. In Tabelle 15 sind die durchgeführten Feuerwiderstandsversuche mit den geprüften Abmessungen und den erzielten Widerstandszeiten zusammengestellt.

Versuchs-Nr.	Ausrichtung	B x H x D [m x m x mm]	Prüfdauer [min] (Versagen / Ende der Beflammung)	Prüftermin	Voraus- sichtliche Klassifi- zierung	Schreiben MPA
1 (11)	horizontal	9,7 x 5 x 200	<u>91²⁾</u> <u>91</u>	18.07.2018	EI 90	Anlage 5
2 (7)	horizontal	7,5 x 5 x 200	<u>81²⁾</u> <u>86</u>	31.07.2018	EI 60	Anlage 6
3 (2)	horizontal	3 x 3 x 200	<u>181⁴⁾</u> <u>181</u>	05.12.2018	EI 180	Anlage 7
4 (6)	horizontal	6 x 5 x 200	<u>128²⁾</u> <u>128</u>	27.03.2019	EI 120	Anlage 8
5 (5)	horizontal	6 x 5 x 80	<u>24²⁾</u> <u>26</u>	10.04.2019	EI 20	Anlage 9
6 (1)	horizontal	3 x 3 x 80	<u>28²⁾</u> <u>29</u>	05.07.2019	EI 20	Anlage 10
7 (4)	vertikal	3 x 3 x 200	<u>132¹⁾</u> <u>133</u>	24.01.2020	EI 120	Anlage 11
8 (9)	vertikal	3 x 6 x 200	<u>79²⁾</u> <u>83</u>	28.01.2020	EI 60	Anlage 12
9 (8)	vertikal	3 x 6 x 100	<u>37¹⁾³⁾</u> <u>41</u>	11.02.2020	EI 30	Anlage 13
10(3)	vertikal	3 x 3 x 100	<u>29¹⁾</u> <u>29</u>	12.02.2020	EI 20	Anlage 14

1) Flammenaustritt (> 10 Sekunden)

2) Temperatur an einer Messstelle über 180°C

3) Bei 37min wurde eine wesentliche Fugenöffnung festgestellt

4) Versuch ohne Versagen des Prüfkörpers beendet

Tabelle 15: Durchgeführte Versuche und deren Reihenfolge

Aus Tabelle 15 ist ersichtlich, dass das Versagen bei den Versuchen 1, 2, 4 bis 6 und 8 durch ein Überschreiten der kritischen Temperatur von 180°C an einer Messstelle eintrat. Diese Temperatursteigerung ging mit einer Fugenöffnung einher, so dass die Kriterien für die

Wärmedämmung und den Raumabschluss weitgehend zeitgleich verletzt wurden. Bei Versuch 3 wurde die Beflammung nach 181 min beendet, um den Prüfofen nicht zu beschädigen.

Bei den übrigen drei Versuchen 7, 9 und 10 trat das Versagen durch das Entzünden der aus den Fugen austretenden Rauchgase auf der Außenseite des Prüfofens (feuerabgewandte Seite) ein. Bei Versuch 9 wurde zeitgleich mit der Entzündung eine wesentliche Öffnung der Fuge festgestellt. Aus den Widerstandsdauern lassen sich die voraussichtlichen zu erreichenden Widerstandsklassen bestimmen, wobei dieser Forschungsbericht keinen Klassifizierungsbericht im bauaufsichtlichen Sinne darstellt. Die abgeleiteten Klassen sind in Tabelle 15 ebenfalls aufgeführt.

Zur Visualisierung und Überprüfung der Regeln zur Extrapolation in DIN EN 15254-5 [4] werden die ermittelten Widerstandszeiten in Abbildung 4 über der Stützweite aufgetragen.

Zusätzlich wird aus den Ergebnissen der Ausgangsversuche mit den Abmessungen 3m x 3m und dem Ergebnis des Versuchs mit einer Stützweite von 7,5m entsprechend den Vorgaben in DIN EN 15254-5 [4] (siehe Tabelle 16) eine Extrapolation der Versuchsergebnisse ausgeführt.

Geprüfte Stützweite	Extrapolation
3 m	Bis 6 m bei einer Überschreitungszeit von 20 %, mindestens 10 min.
3 m	Bis 7,5 m bei einer Überschreitungszeit von 35 %, mindestens 10 min.
>4 m	Bis zur geprüften Stützweite +2 m bei einer Überschreitungszeit von 20 %, mindestens 10 min.

Tabelle 16: Erweiterung der geprüften Stützweite aus [4]

Für die Versuchsreihe horizontal verlegter Sandwichelemente ergeben sich auf dieser Basis folgende Möglichkeiten:

Dicke	Ausgangs Stützweite	Ausgangs-zeit	Klasse	Ziel-klasse	Überschreitungszeit		Mindest-dauer	Extrapolation bis
					[%]	[min]		
[mm]	[m]	[min]					[min]	[m]
200	3	181	EI 180	EI 180	20	36	216	nicht erfüllt
				EI 120	20	24	144	6
				EI 120	35	42	162	7,5
200	6	128	EI 120	EI 120	20	24	144	nicht erfüllt
				EI 90	20	18	108	8
				EI 60	20	12	72	9,5
80	3	28	EI 20	EI 20	20	4 (≥10)	30	nicht erfüllt
				EI 15	20	3 (≥10)	25	6
				EI 15	35	5,25 (≥10)	25	7,5

Tabelle 17: Horizontale Verlegung - Möglichkeiten der Erhöhung (Extrapolation) der zulässigen Stützweite nach [4]

Dicke	Ausgangs Stützweite	Ausgangszeit	Klasse	Zielklasse	Überschreitungszeit		Mindestdauer	Extrapolation bis
					[%]	[min]		
200	3	132	EI 120	EI 120	20	24	144	nicht erfüllt
200	3	132	EI 120	EI 90	20	18	108	6
200	3	132	EI 120	EI 90	35	31,5	121,5	7,5
200	6	79	EI 60	EI 60	20	12	72	8
100	3	29	EI 20	EI 20	20	10	30	nicht erfüllt
100	3	29	EI 20	EI 15	20	10	25	6
100	3	29	EI 20	EI 15	35	10	25	7,5
100	6	37	EI 20	EI 20	20	10	30	8

Tabelle 18: Vertikale Verlegung - Möglichkeiten der Erhöhung (Extrapolation) der zulässigen Stützweite nach [4]

Zusätzlich zur „möglichen“ Extrapolation der Stützweite auf der Grundlage von DIN EN 15254-5 [4] kann bei Einhaltung der spezifischen Randbedingungen die Stützweite aufgrund des direkten Anwendungsbereichs in DIN EN 1364-1 [10] um einen Meter bei Beibehaltung der Klassifizierung vergrößert werden.

Die so bestimmten Erhöhungen der Stützweite in Verbindung mit der anwendbaren Klasse sind ebenfalls in Abbildung 4 dargestellt.

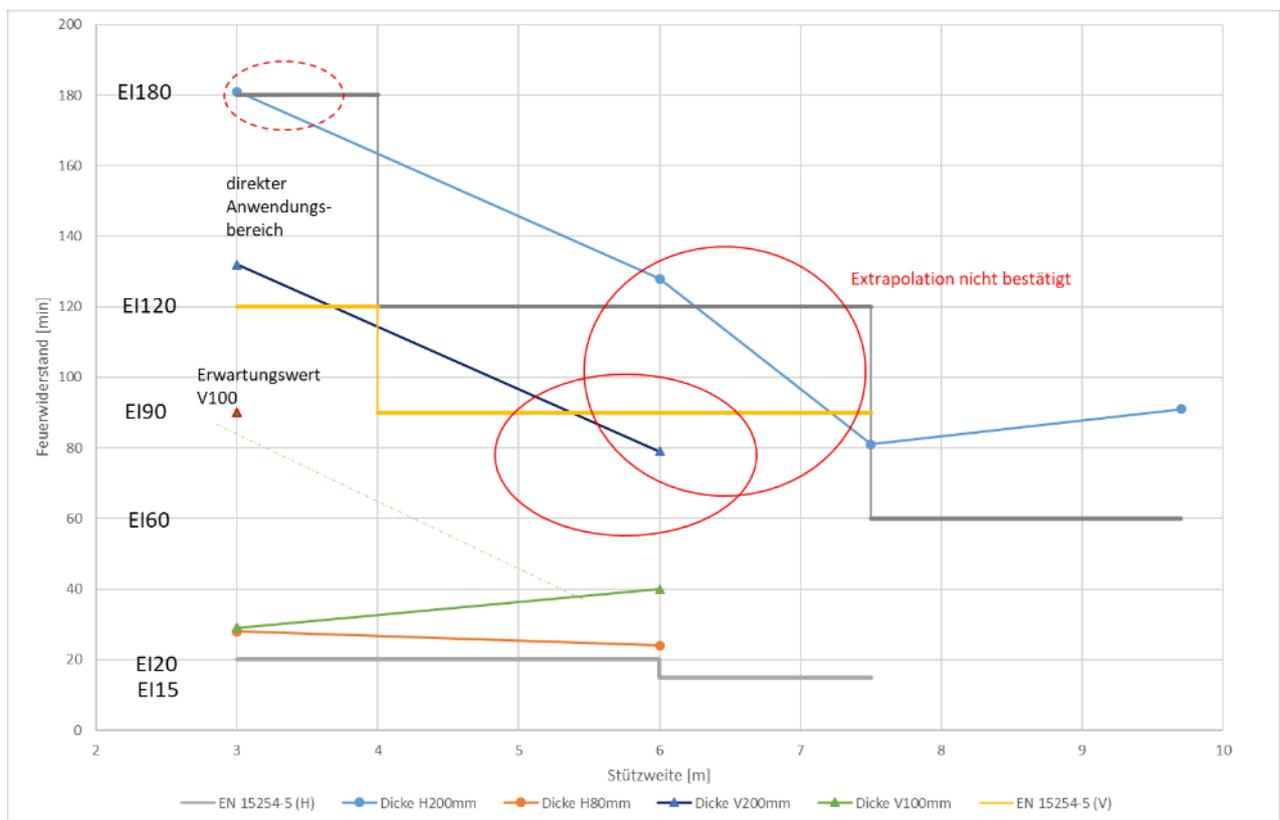


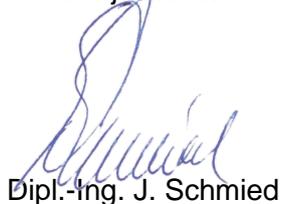
Abbildung 4: Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Klassen nach [4]

Durch den Vergleich der aufgrund der Extrapolation nach DIN EN 15254-5 [4] bestimmten Klassen mit den erzielten Versuchsergebnissen für die jeweiligen Stützweiten kann das Zutreffen der Extrapolationsregeln überprüft werden. Hierbei wird festgestellt, dass die Versuchsergebnisse der Versuche 2 und 8 der 200mm dicken Sandwichelemente unter den extrapolierten Klassen liegen. Bei den Versuchen mit den 80mm dicken und 100mm dicken Sandwichelementen wird der Schein erweckt, dass die Extrapolation konservativ ist, da die Versuchsergebnisse über den berechneten Klassen für die jeweiligen Stützweiten liegen. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass das Versagen durch das Entzünden der Rauchgase untypisch für diese Bauteile ist, was durch die Klassifizierung der Sandwichelemente mit der Dicke 100mm in die Klasse EI 90 in [13] belegt werden kann. Bei vertikal verlegten Sandwichelementen kommt es offenbar sehr stark auf die Dichtheit der Fugen an, da sich andernfalls die austretenden Rauchgase frühzeitig entzünden können

Karlsruhe, am 01.03.2021

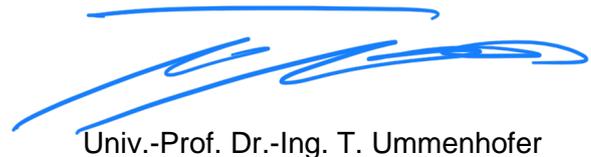
TU/Sd/zt

Projektleiter



Dipl.-Ing. J. Schmied

Forschungsstellenleiter



Univ.-Prof. Dr.-Ing. T. Ummenhofer

7 Literatur

- [1] DIN EN 15254-5:2010-04, Erweiterter Anwendungsbereich der Ergebnisse von Feuerwiderstandsprüfungen – Nichttragende Wände – Teil 5: Sandwichelemente in Metallbauweise; Deutsche Fassung EN 15254-4:2009
- [2] DIN EN 15254-7:2012-09, Erweiterter Anwendungsbereich der Ergebnisse von Feuerwiderstandsprüfungen – Nichttragende Unterdecken – Teil 7: Sandwichelemente in Metallbauweise; Deutsche Fassung EN 15254-7:2012, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [3] prEN 15254-5:2017-06, Erweiterter Anwendungsbereich der Ergebnisse von Feuerwiderstandsprüfungen – Nichttragende Wände – Teil 5: Sandwichelemente in Metallbauweise; Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [4] DIN EN 15254-5:2018-06, Erweiterter Anwendungsbereich der Ergebnisse von Feuerwiderstandsprüfungen – Nichttragende Wände – Teil 5: Sandwichelemente in Metallbauweise; Deutsche Fassung EN 15254-5:2018, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [5] DIN EN 14509:2013-12, Selbsttragende Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten – Werkmäßig hergestellte Produkte – Spezifikationen; Deutsche Fassung EN 14509:2013, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [6] Extrapolation of height above 4m in partition of metal sandwich panels, Fabien Dumont and Eric Wellens, Laboratoire d'Essai du Feu, Université de Liège, 2015
- [7] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / allgemeine Bauartgenehmigung Z-10.49-517, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 20.11.2019
- [8] DIN EN 13501-2:2016-12, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten, Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen; Deutsche Fassung EN 13501-2:2016, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [9] DIN EN 1363-1:2012-10, Feuerwiderstandsprüfungen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 1363-1:2012, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [10] DIN EN 1364-1:2015-09, Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile, Teil 1: Wände; Deutsche Fassung EN 1364-1:2015, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [11] DIN EN 13820: Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Gehalts an organischen Bestandteilen; Deutsche Fassung EN 13820:2003, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [12] DIN EN 12667:2001-05, Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät - Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand; Deutsche Fassung EN 12667:2001
- [13] Allgemeine Bauartgenehmigung Z-19.52-2096, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 18.05.2019
- [14] DIN EN 15725:2012-05, Berichte zum erweiterten Anwendungsbereich bezogen auf das Brandverhalten von Bauprodukten und Bauarten; Deutsche Fassung EN 15725:2010 + AC:2012

Company::

Metecno Bausysteme GmbH
 Mrs. Kathrin Ritter / Quality Manager
 Am Amselberg 1
 99444 Blankenhain

Rockwool B.V.

For enquiry calls please directly contact
 the RCS Key Account Manager
 Axel Rudolf Daschkeit
 Mobile: +49 (0) 172 5352412
 axel.rudolf.daschkeit@rockwool.com

Test Report

According EN 10204 - 2.2

Year: 2018 Week: 25 -

Contact person: Metecno Bausysteme GmbH
 Mrs. Kathrin Ritter (kathrin.ritter@metecno.de)

Values according MW-EN 13162		RtF: Euroclass A1			measured on lamellas, t = 100 mm			
Product name:		Product code:	Production Date:	Analysed by:	length	With	Thickness	Density
					mm	mm	mm	kg/m ³
					EN 822	EN 822	EN 823	EN 1602
SPANROCK L		239373	6/18/2018		1996	1203	102	110

Compression stiffness		Compression stiffness		Compression stiffness		Tensile strength		Shear strength		Lambda label
CS(Y) EN 826		CS(Y) EN 826		CS(Y) EN 826		TR EN 1607		SS EN 12090		
Y direction		X direction		Z direction						
Fmax	Modul	Fmax	Modul	Fmax	Modul	Fmax	Modul	Fmax	Modul	
kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	mW/m ² K
114	7870	63	3680	34	493	244	23571	85	2734	42,09

X-direction = lengthwise to RW production direction (Metecno X - direction)
 Y-direction = main lamella direction; crosswise to RW production direction (Metecno Z-direction)
 Z-direction = perpendicular to the slab surface (Metecno Y-direction)

This certificate is made by LIMS automatically and is valid without signature.
 REMARKS *** ISO 9001 certified by Lloyds ***

Kind regards

Rockwool
 Location: Roermond

Tabelle 1.1: Werkzeugezeugnis 2.2 der Charge 239373 des Mineralwolle-Kernmaterials HIPERTEC N WALL S/S Dicke D=200 mm und D = 80 mm



Rockwool B.V.
 For enquiry calls please directly contact
 the RCS Key Account Manager
 Axel Rudolf Daschkeit
 Mobile: +49 (0) 172 5352412
 axel.rudolf.daschkeit@rockwool.com

Company: Metecno Bausysteme GmbH
 Am Amselberg 1
 D 99444 Blankenhain
 Tel: (036454) 56-151
 Fax: (036454) 56-200

Test Report

Year: 2020 Week: 2

According EN 10204 - 2.2

Contact person: Metecno Bausysteme GmbH
 To: Kathrin.Ritter@metecno.de
 Copy: Uwe.schoenfeld@metecno.de

Values according MW-EN 13162

Product name:	Product code:	Production Date:	Analysed by:	Length EN 822 mm	Width EN 822 mm	Thickness EN 823 mm	Density EN 1602 kg/m ³	measured on lamellas; l = 100 mm										
								CS(Y) (Metecno-Z)		CS(X) (Metecno-X)		CS(Z) (Metecno-Y)		Tensile Strength EN 1607 kPa	Shear Strength EN 12690 kPa	Lambda (Lamella) EN 12667 mW/m ² K		
Fmax kPa	Modul kPa	Fmax kPa	Modul kPa	Fmax kPa	Modul kPa	Fmax kPa	Modul kPa	Fmax kPa	Modul kPa	Fmax kPa	Modul kPa							
Spanrock L	293.110.101	08/01/20	QA	2000	1203	102	111	122	6840	86	4937	30	362	340	37477	108	5732	42.81

This certificate is made by LIMS automatically and is valid without signature.
 REMARKS *** ISO 9001 certified by Lloyd's ***

Kind regards
 Rockwool
 Location: Roermond

Tabelle 1.4: Werkzeugezeugnis 2.2 der Charge 293.110.101 des Mineralwolle-Kernmaterials HIPERTEC N WALL S/S Dicke D=200 mm und D = 80 mm

동부인첸스틸
DONGBU INCHEON STEEL CO., LTD.
 * HEAD OFFICE : 789, BankBeom-ro, Seo-gu
 (Incheon Works) INCHEON, KOREA, 22841
 TEL : (032) 570-4114
 * SALES CENTER : 7F, Seoul Square, 416,
 Hwanggang-daero, Jung-gu,
 Seoul, Korea, 04637

MILL TEST CERTIFICATE

CUSTOMER : ROKA METALS B.V.
 SHIPPER : DONGBU INCHEON STEEL CO., LTD.

CERTIFICATE NO : 61920754
 DATE OF ISSUE : AUG.28.2019

COMMODITY : LOT 2 (20724)
 ORGANIC COATED STEEL IN COIL
 : ACC. TO EN 10224

Page : 2

주본치수 SIZE IN MM	품질번호 PRODUCT NO	수량 NET WEIGHT	재질 DIMENSION	인장시험 TENSILE TEST	도막두께 PAINT THICKNESS	표면광택도 GLOSS	색차 COLOR DIFFERANCE	화학성분 CHEMICAL COMPOSITION(S)	비고 REMARKS	
										순장 NET WEIGHT
01 150 P304B3/5950X POLYESTERFORM	15 FH502008	6,440	1,424	454.4	20.0	65	0.0	60		
	16 FH502001	6,510	1,420	456.4	22.0	64	0.0	60		
	17 FH502002	6,510	1,420	456.4	22.0	64	0.0	60		
	18 FH502003	6,770	1,477	456.4	22.0	64	0.0	60		
	19 FH507101	6,520	1,430	455.8	22.0	64	0.0	60		
	20 FH507102	6,530	1,430	455.8	22.0	64	0.0	60		
	21 FH507103	6,590	1,435	455.6	22.0	64	0.0	60		
	22 FH507201	6,520	1,420	454.8	20.0	63	0.0	60		
	23 FH507202	6,530	1,420	454.0	20.0	63	0.0	60		
	24 FH507203	6,550	1,428	454.0	20.0	63	0.0	60		
	25 FH507301	6,510	1,420	458.6	27.0	65	0.0	60		
	26 FH507302	6,510	1,420	458.6	27.0	65	0.0	60		
	27 FH507303	6,590	1,447	458.6	27.0	65	0.0	60		
	28 FH507401	6,510	1,420	453.8	24.0	64	0.0	60		

33331

DONGBU INCHEON STEEL CO., LTD.

 CHANG SOOK KIM PRESIDENT

MADE IN KOREA

Tabelle 1.5: Abnahmeprüfzeugnis Deckschicht außen HIPERTEC N WALL S/S 100 und 200 für die Versuche mit vertikaler Ausrichtung

Dieser Abschlussbericht darf nur ungekürzt wiedergegeben werden. Auszugsweise Veröffentlichung bedarf unserer schriftlichen Genehmigung.

Kleinkörper D=200

Proben-Nr.	Rohdichte Miwo	Zugversuch		Druckversuch		Modul	Schubversuch	
	[kg/m ³]	[N/mm ²]		[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	
	ρ	f_{ct}	E_{ct}	f_{cc}	E_{cc}	E_c	f_c	G_c
1	119	0,06	16,7	0,10	19,1	15,7	0,05	5,6
2	103	0,06	13,6	0,09	10,2	12,2	0,06	6,3
3	105	0,06	16,3	0,09	16,5	17,5	0,05	5,1
4	123	0,06	12,3	0,08	9,5	11,9	-	-
5	107	0,05	14,9	0,10	16,1	12,2	-	-
5% Fraktile	91	0,05	10,7	0,07	6,3	8,9	0,04	4,0
Mittelwert	111	0,06	14,7	0,09	14,3	13,9	0,05	5,7

Tabelle 2.1: Kennwerte Mineralwolle HIPERTEC N WALL S/S 200

Proben-Nr.	Zugversuch 80 °C		Zugversuch 140 °C	
	[N/mm ²]		[N/mm ²]	
	$f_{ct,80°C}$	$E_{ct,80°C}$	$f_{ct,140°C}$	$E_{ct,140°C}$
1	n.a.	n.a.	0,07	15,2
2	0,05	11,6	0,03	7,4
3	0,08	20,0	0,03	5,6
4	0,08	10,6	0,05	7,2
5	0,04	13,2	0,05	12,3
5% Fraktile	0,02	6,3	0,02-	3,2
Mittelwert	0,06	13,7	0,05	9,5

Tabelle 2.2: Kennwerte Zugversuche bei 80°C und 140°C Mineralwolle HIPERTEC N WALL S/S 200

Versuch	$R_{p0,2}$	R_{eH}	R_m	A_{80}	t_N	t_k
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]	[mm]	[mm]
V3pos_außen	425	425	501	26,0	0,60	0,52
V2neg_innen	409	419	503	26,9	0,60	0,51

Tabelle 2.3: Mechanische Werte der Deckschichten HIPERTEC N WALL S/S 200

Dimension	Außenseite										Toleranzen ¹⁾
Linierungsraster	62,3	62,3	62,3	62,3	62,4	62,4	62,0	62,3	62,2		60,5 ≤ 62,5 ≤ 64,5
Linierungstiefe	1,9	1,7	1,6	1,5	1,5	1,45	1,4	1,5	1,7		1,8 ≤ 2,1 ≤ 2,4
Deckschichtbreite	1014										1015 ≤ 1017 ≤ 1019
Baubreite w	1001										998 ≤ 1000 ≤ 1002
Abw. Ebenheit	0,2 / 200										0,4/200;0,7/400;1,0/700
Abw. Geradheit	0										1,0 mm/m, max. 5 mm
Rechtwinkligkeit	0										≤ 0,6%*w = 6 mm
Längswölbung	- - -										2mm/m, max. 20 mm
Querwölbung	0,5										8,5mm/m, max 10 mm
Eingriff Nut	23,0			Eingriff Feder				23,0			
Dimension	Innenseite										Toleranzen
Linierungsraster	62,1	62,1	62,3	62,0	62,3	62,4	62,0	62,0	62,3		60,5 ≤ 62,5 ≤ 64,5
Linierungstiefe	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,6	1,5		1,8 ≤ 2,1 ≤ 2,4
Deckschichtbreite	1014										1015 ≤ 1017 ≤ 1019
Abw. Ebenheit	0,2 / 200										0,4/200;0,7/400;1,0/700
Eingriff Nut	21,5			Eingriff Feder				20,5			
Elementlänge	9649										L-10 ≤ L ≤ L+10
Elementdicke	200,3			200,7				201,2			D≤100+2mm/ >100+2%
¹⁾ nach DIN EN14509:2013-12											

Tabelle 2.4: Geometrie HIPERTEC N WALL S/S 200

Nr.	Mittelw. L	Mittelw.B	Mittelw. H	Volumen	Gewicht Miwo	Dichte
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm³]	[g]	[kg/m³]
1	99,7	99,0	201,3	1986857,6	236,7	119,1
2	99,6	99,6	201,0	1992101,2	205,1	102,9
3	99,0	99,6	201,3	1984750,8	207,6	104,6
4	99,4	99,5	201,0	1987097,6	244,0	122,8
5	99,1	99,3	200,9	1977231,1	211,7	107,1
6	99,2	99,7	200,9	1987470,7	211,2	106,3
Mittelwert	99,3	99,4	201,1	1985918,2	219,4	110,5

Tabelle 2.5: Bestimmung der Rochdichte des Kernwerkstoffes Versuch1(11)_H200_(9,7)x5, Mineralwolle Charge 239373

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

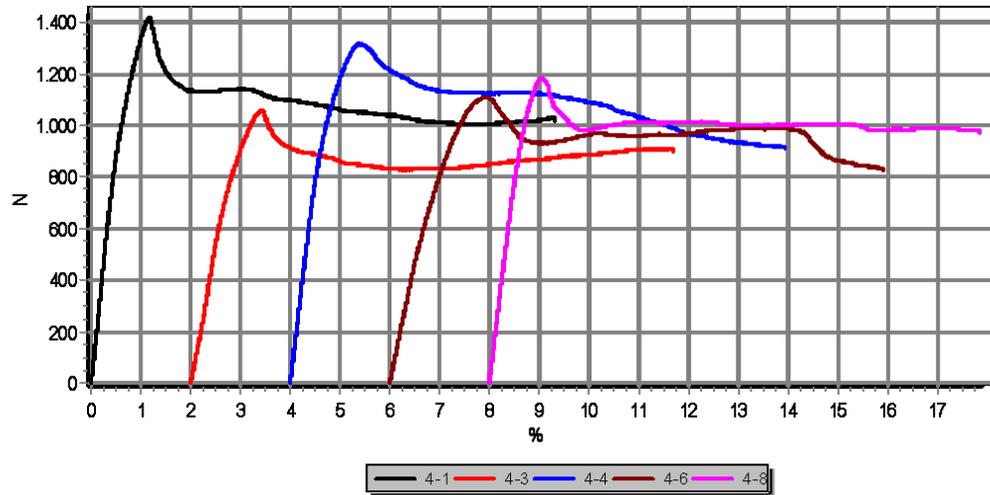
Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2g
Kunde	DiBt
Prüfdatum	09.11.18
Prüfer	Wagner

Prüfmaschine	M5
Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.2
Prüfgeschwindigkeit	6 mm/min
Elementtyp	Wandelement

Name	Ao [mm²]	LoT [mm]	Fu [N]	F 0,1dC [N]	wu [mm]	wu(F 0,1 dC) [mm]	ECc [MPa]	fCc [MPa]
4-1	9901,89	201,140	1028,55	n.a.	1,09	n.a.	19,08	0,10
4-3	9902,16	201,350	909,15	n.a.	1,81	n.a.	10,21	0,09
4-4	9908,07	201,230	915,55	918,15	1,13	1,13	16,52	0,09
4-6	9899,13	200,730	830,40	831,70	1,78	1,78	9,48	0,08
4-8	9866,18	201,350	978,05	981,50	1,24	1,25	16,05	0,10

1815005-2g Druckversuch



Name	Ao [mm²]	LoT [mm]	Fu [N]	F 0,1dC [N]	wu [mm]	wu(F 0,1 dC) [mm]	ECc [MPa]	fCc [MPa]
MW	9895,49	201,160	932,34	910,45	1,41	1,39	14,27	0,09
s	16,70	0,256	75,10	75,20	0,36	0,35	4,21	0,01
log. 75%	9854,377	200,530	761,635	698,546	0,747	0,641	6,356	0,073

Tabelle 2.7: Druckversuche HIPERTEC N WALL S/S 200

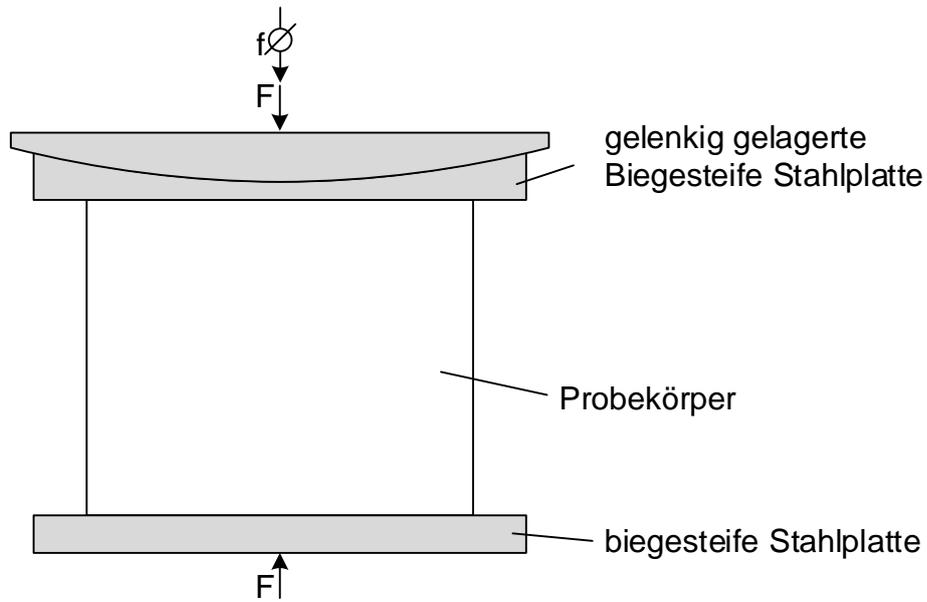


Abb. 2. 1: Schematischer Versuchsaufbau der Druckversuche bei Raumtemperatur



Abb. 2. 2: Versuchsaufbau der Druckversuche



Abb. 2. 3: Versagensbild Versuch 4.3



Abb. 2. 4: Versagensbild Versuch 4.3



Abb. 2. 5: Übersicht der Versagensbilder

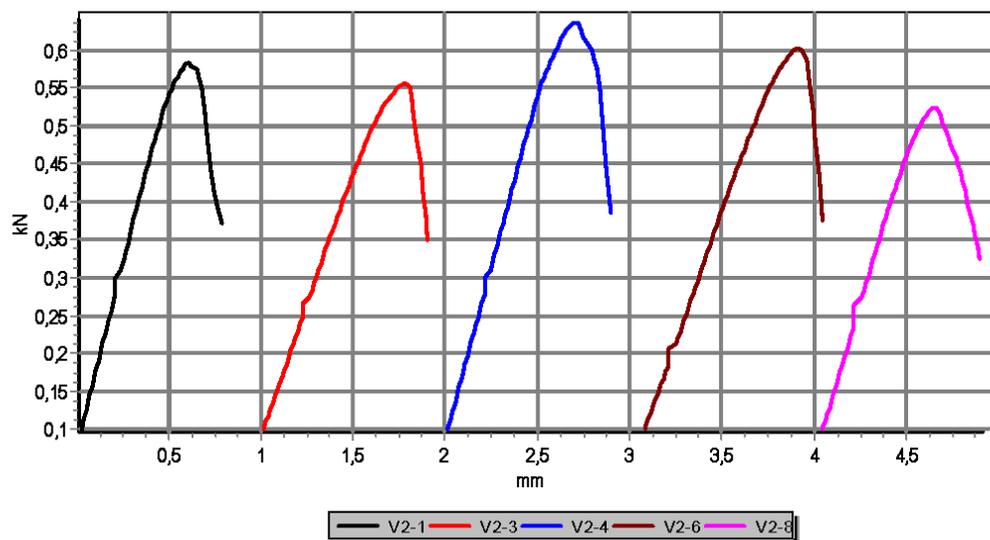
KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2e
Kunde	DIBT
Prüfdatum	12.11.2018
Prüfer	J. Wagner
Prüfmaschine	M5

Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Elementtyp	Mineralfolle
Blehdicke I	0,5 mm
Blehdicke II	0,5 mm
Prüfgeschwindigkeit	3 mm/min

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]
V2-1	99,1	100,3	201,000	200,1
V2-3	99,1	99,5	201,260	200,3
V2-4	99,2	99,5	200,920	200,0
V2-6	99,2	99,6	200,770	199,8
V2-8	99,3	99,3	200,000	199,1



Versuch	Fmax [kN]	fCt [Mpa]	Steigung [N/mm]	Bereich [MPa]	ECt [MPa]	Bemerkung
V2-1	0,584	0,06	827,6	0,1-0,5	16,7	Bruch zw Faser und Klebstoff
V2-3	0,557	0,06	669,1	0,1-0,45	13,6	Bruch zw Faser und Klebstoff
V2-4	0,636	0,06	802,5	0,1-0,5	16,3	Bruch zw Faser und Klebstoff
V2-6	0,602	0,06	607,2	0,1-0,5	12,3	Bruch zw Faser und Klebstoff
V2-8	0,523	0,05	738,0	0,1-0,45	14,9	Bruch zw Faser und Klebstoff

Tabelle 2.8: Zugversuche bei Raumtemperatur HIPERTEC N WALL S/S 200

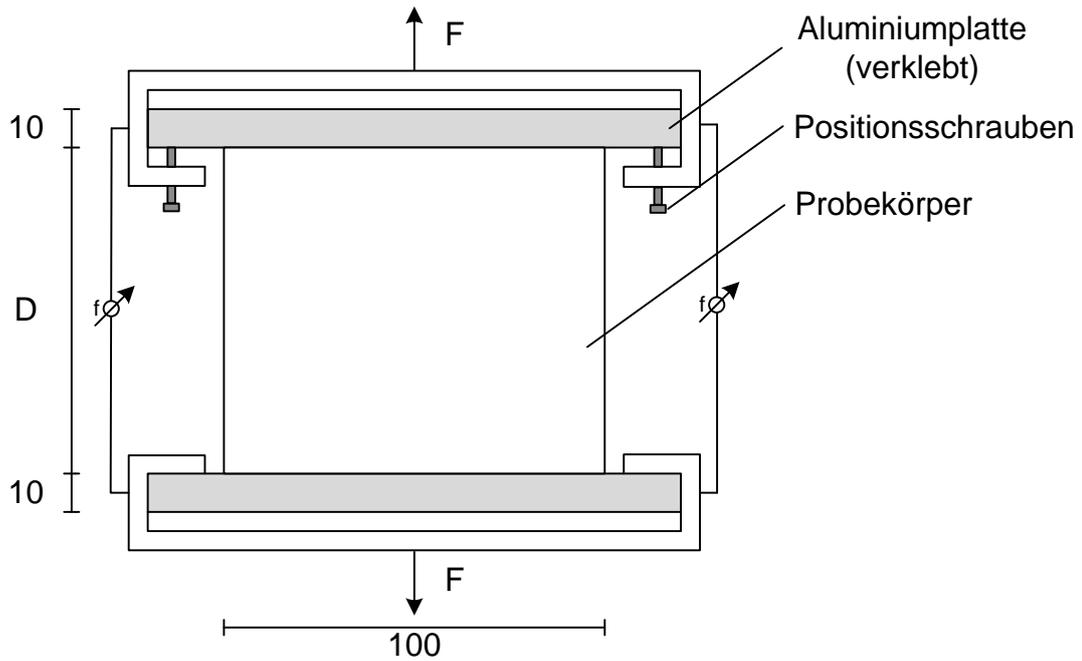


Abb. 2. 6: Schematischer Versuchsaufbau der Zugversuche bei Raumtemperatur



Abb. 2. 7: Versuchsaufbau der Zugversuche bei Raumtemperatur

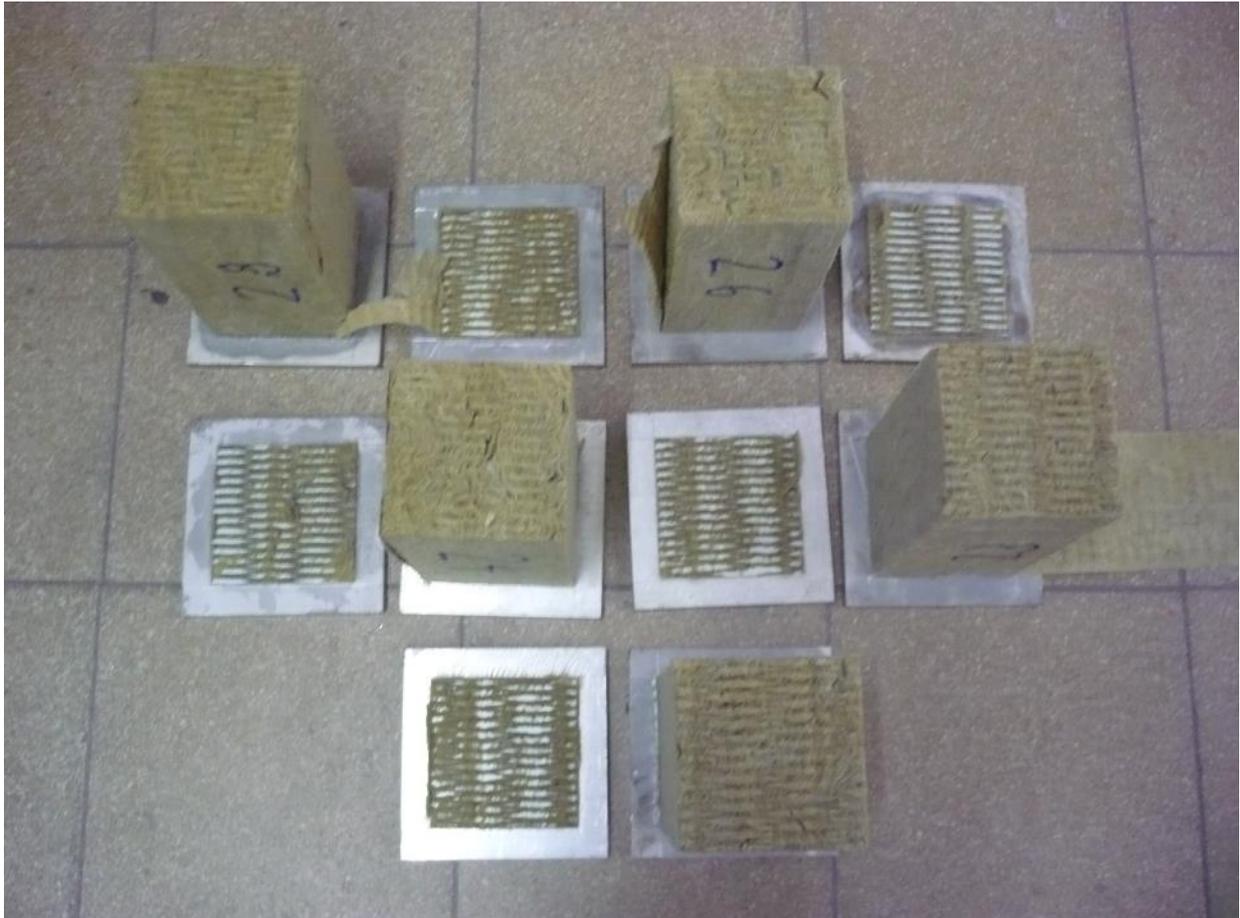


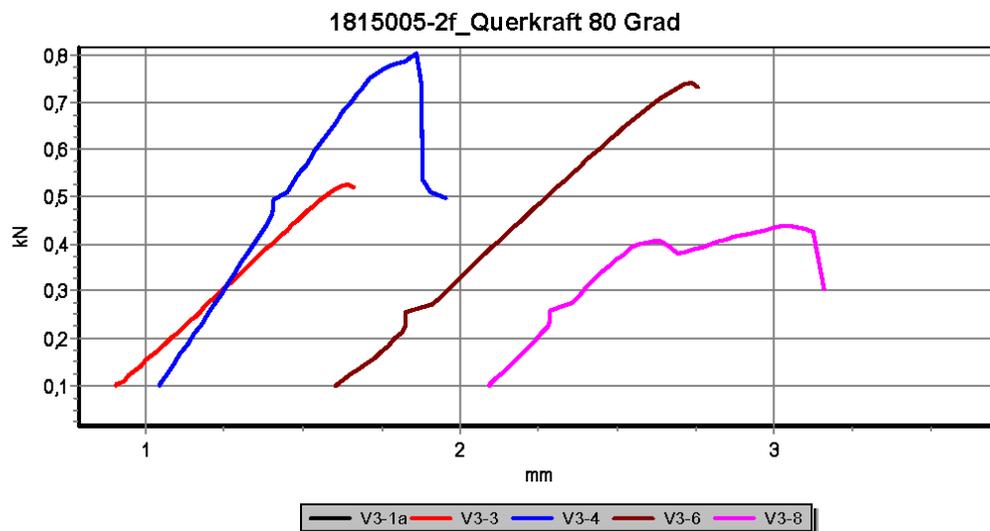
Abb. 2. 8: Versagensbilder Querzug 20°C

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2f	Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Kunde	DIBT	Elementtyp	Mineralwolle
Prüfdatum	23.11.2018	Prüfgeschwindigkeit	6 mm/min
Prüfer	J. Wagner	Blehdicke I	0,5 mm
Prüfmaschine	M5	Blehdicke II	0 mm

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]	Bruchbild [%]
V3-1a	99,5	102,0	201,080	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	x
V3-3	99,3	99,9	200,030	199,0	n.a.	525,25	0,053	100k
V3-4	98,7	99,5	200,820	199,8	n.a.	802,45	0,082	100k
V3-6	99,1	99,3	200,710	199,7	n.a.	742,25	0,075	100k
V3-8	98,9	99,7	201,020	200,0	n.a.	438,45	0,044	100k



Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]
MW	99,1	100,1	200,732	199,6	n.a.	627,10	0,064
log. 75%	98,324	97,428	199,699	198,461	n.a.	282,903	0,028

Tabelle 2.9: Zugversuche bei 80°C HIPERTEC N WALL S/S 200

Versuch	Linearer Bereich Kraft			Steigung Sondenweg	E_{Ct}
	kN			kN/mm	MPa
3-3	0,1	-	0,2	0,579	11,62
3-4	0,1	-	0,2	0,981	19,95
3-6	0,1	-	0,2	0,520	10,55
3-8	0,1	-	0,2	0,650	13,19

Tabelle 2.10: Zugmodul 80°C im linearen Lastanstieg



Abb. 2. 9: Querzugversuche 80°C senkrecht zur Deckschicht



Abb. 2. 10: Versagensbilder Querzug 80°C

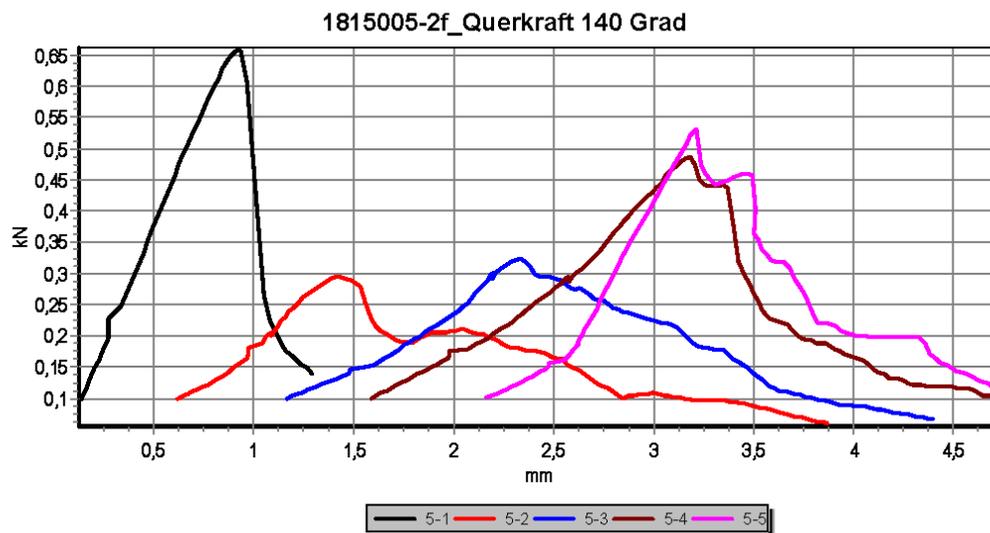
KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2f
Kunde	DIBT
Prüfdatum	28.11.2018
Prüfer	J. Wagner
Prüfmaschine	M5

Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Elementtyp	Mineralwolle
Prüfgeschwindigkeit	6 mm/min
Blechedicke I	0,5 mm
Blechedicke II	0,5 mm

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]
5-1	99,9	100,2	200,100	199,1
5-2	99,5	100,0	200,890	199,9
5-3	99,4	99,7	200,700	199,7
5-4	99,2	99,3	200,680	199,7
5-5	99,4	99,7	200,950	199,9



Versuch	Fmax [kN]	fCt 140C [Mpa]	Steigung [N/mm]	Bereich [MPa]	ECt 140C [MPa]	Bemerkung
V5-1	0,657	0,07	763,6	0,1-0,4	15,2	Bruch zw Faser und Klebstoff
V5-2	0,293	0,03	368,6	0,2-0,27	7,4	Bruch zw Faser und Klebstoff
V5-3	0,325	0,03	276,9	0,2-0,3	5,6	Klebstoff teilweise von Deckschicht abgelöst
V5-4	0,487	0,05	355,2	0,3-0,4	7,2	Bruch zw Faser und Klebstoff
V5-5	0,531	0,05	607,5	0,2-0,4	12,3	Klebstoff teilweise von Deckschicht abgelöst

Tabelle 2.10: Zugversuche bei 140°C HIPERTEC N WALL S/S 200



Abb. 2. 11: Querzugversuche 140°C senkrecht zur Deckschicht

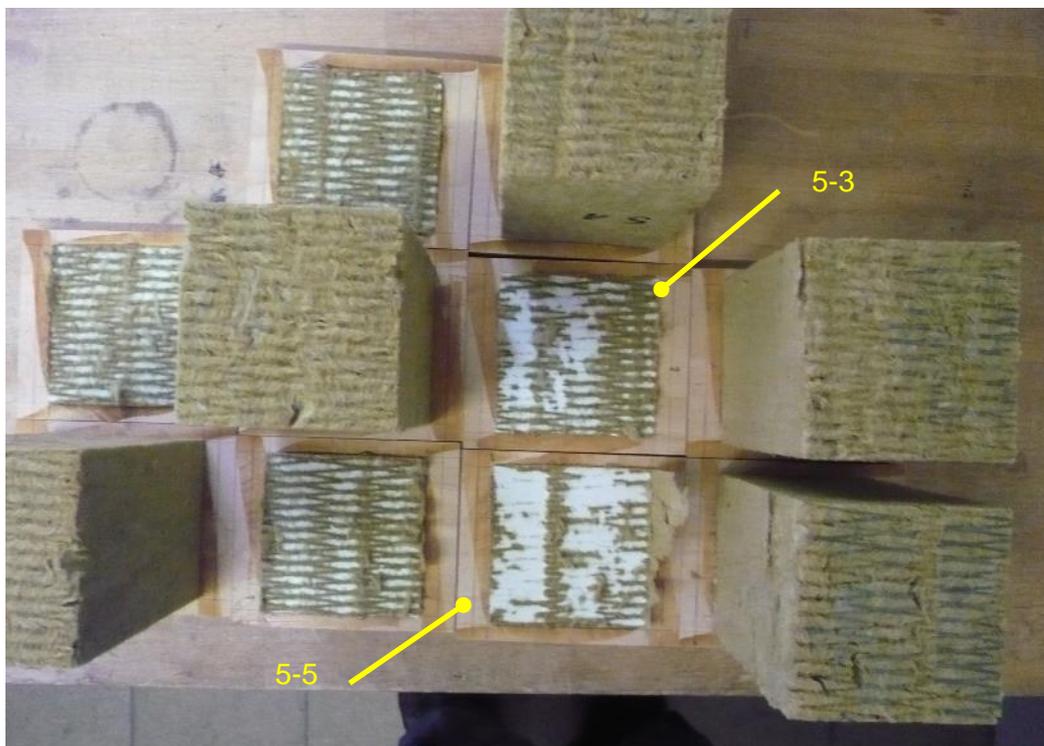
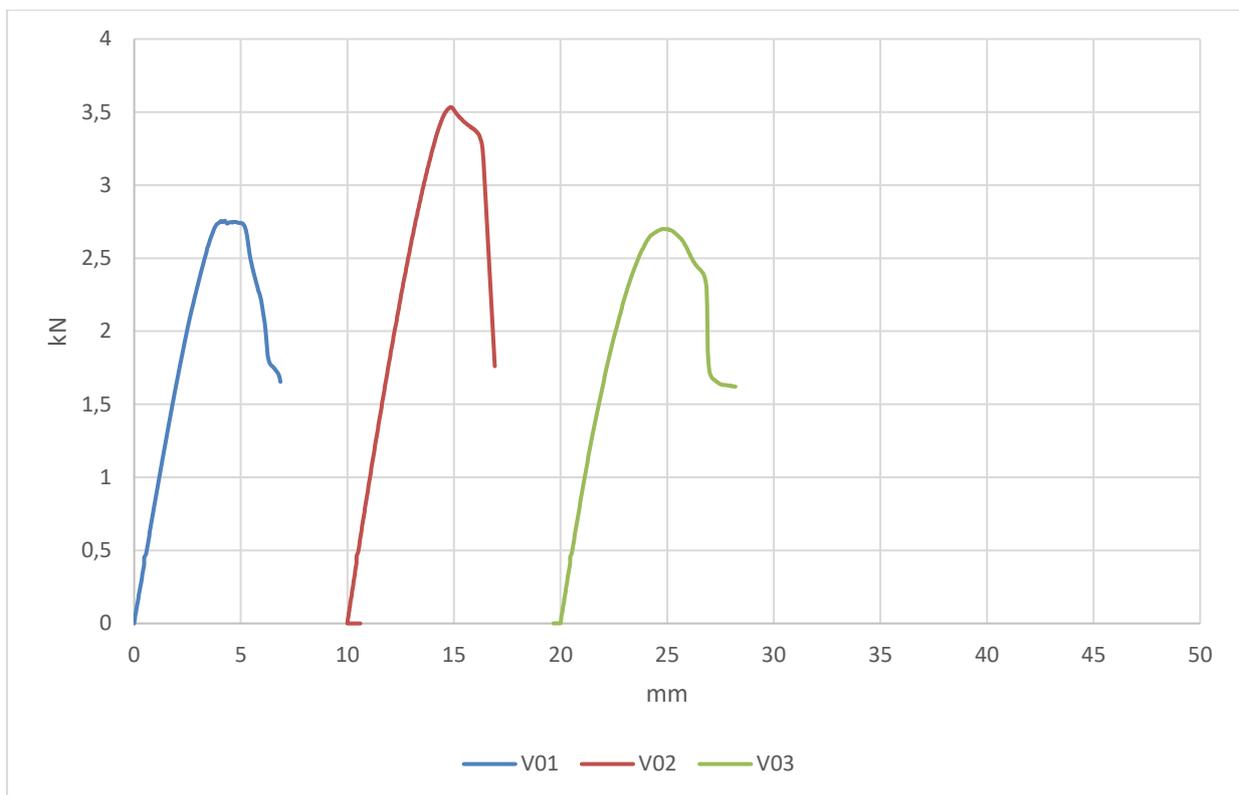


Abb. 2. 12: Versagensbilder Querzug 140°C

Auftragsnummer	1815005-2d
Kunde	DIBT
Prüfdatum	7.11.2018
Prüfer	Wagner
Prüfmaschine	M5
Prüfvorschrift	EN 14509, A.3
Prüfgeschwindigkeit	10 mm/min
Spannweite	1120 mm

Name	b [mm]	h [mm]	d _c [mm]	F _{max} [N]	F _u [N]	G _c [MPa]	f _{cv} [MPa]	Mode
V01	149,43	200,82	199,79	2757	2791	5,6	0,05	L
V02	149,20	200,98	199,95	3533	3567	6,3	0,06	A
V03	149,70	200,77	199,74	2700	2734	5,1	0,05	L



A: Ablösen der Deckschicht infolge Schub, L: Schubbruch am Lamellenstoß im Querkraftbereich

Tabelle 2.11: Schubversuche am Schub balken nach DIN EN 14509, A.3, Positivlage HIPERTEC N WALL S/S 200

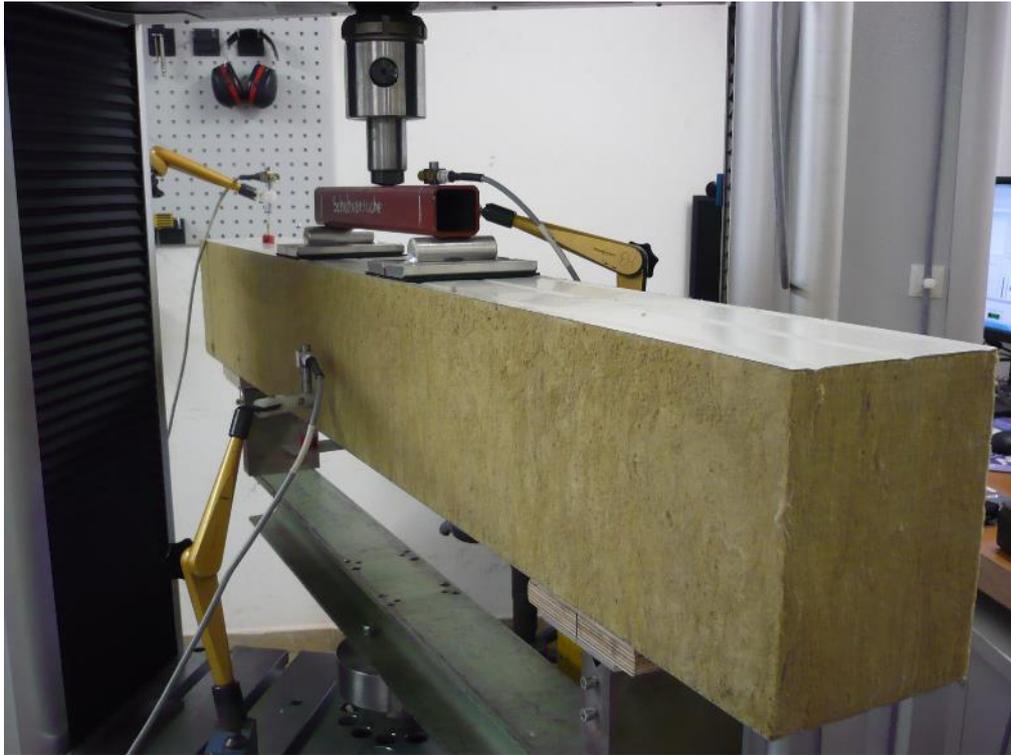


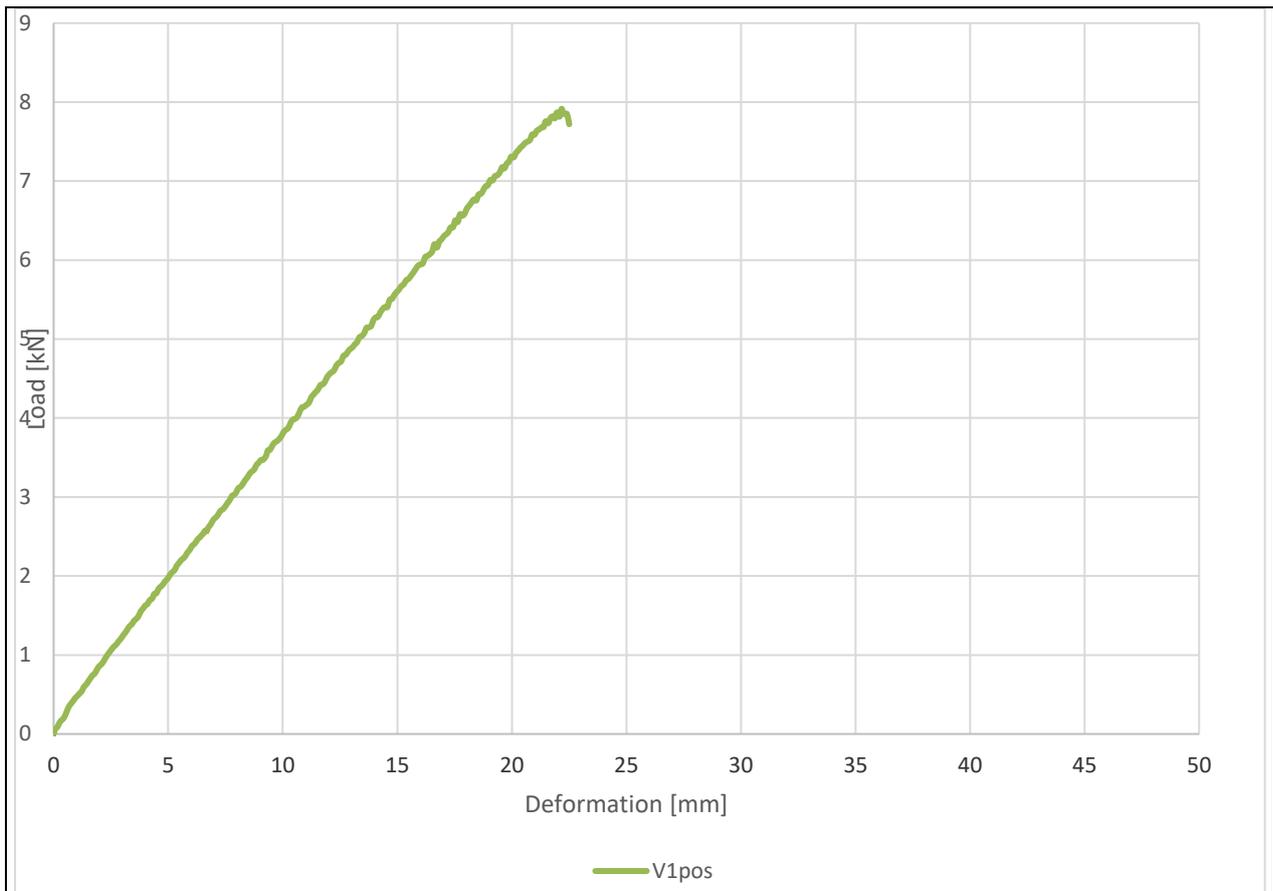
Abb. 2. 13: Versuchsaufbau Schubbalken V01



Abb. 2. 14: Versagen L infolge eines Lamellenstoßes im Querkraftbereich V03



Abb. 2. 15: Versagen A durch Ablösen der oberliegenden Deckschicht V02



Versuch Nr.	Element- dicke [mm] ¹⁾	Stütz- weite [mm]	Deckschicht- dicke t_k [mm]	Auflast [kg]	Eigen- gewicht [N/m] ²⁾	Versa- genslast [kN]	Versagensart
V1pos	200,8	7115	0,52	136,2	318	7,91	c

pos: Produktionsunterseite unter Biegedruckbelastung

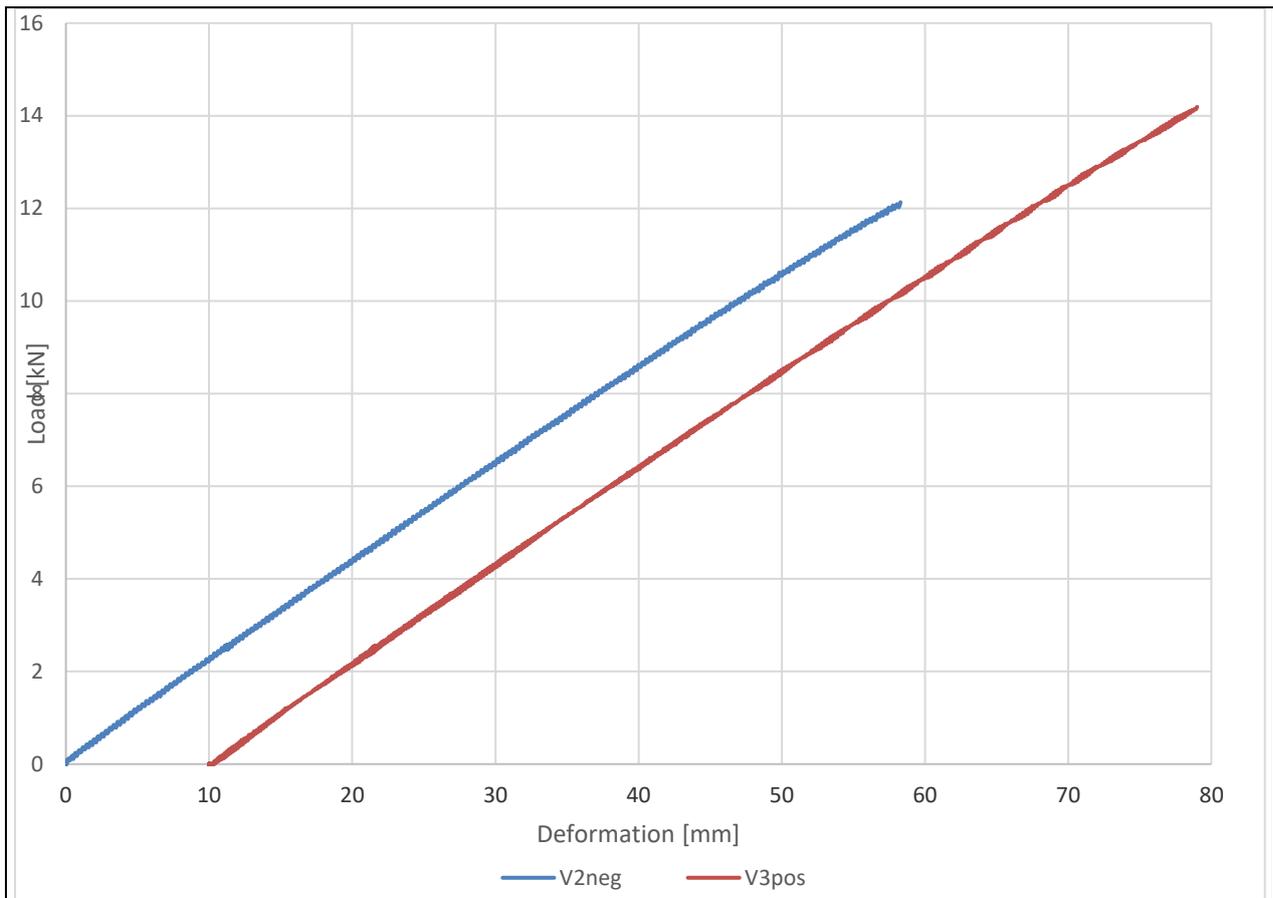
¹⁾ Mittelwert der durchgehenden Elementdicke d

²⁾ berechnet

Versagensarten

- a Knittern in Feldmitte
- b Knittern im Lasteinleitungsbereich
- c Schubbruch

Tabelle 2.12: Einfeldträgerversuch V1pos HIPERTEC N WALL S/S 200



Versuch Nr.	Elementdicke [mm] ¹⁾	Stützweite [mm]	Deckschichtdicke t_k [mm]	Auflast [kg]	Eigen-gewicht [N/m] ²⁾	Versa-genslast [kN]	Versagensart
V2neg	200,9	8710	0,51	125,5	318	12,13	a
V3pos	201,0	8705	0,52	125,5	318	14,19	a

pos: Produktionsunterseite unter Biegedruckbelastung

neg: Produktionsoberseite unter Biegedruckbelastung

¹⁾ Mittelwert der durchgehenden Elementdicke d

²⁾ berechnet

Versagensarten

- a Knittern in Feldmitte
- b Knittern im Lasteinleitungsbereich
- c Schubbruch

Tabelle 2.13: Einfeldträgerversuche V2neg und V3pos HIPERTEC N WALL S/S 200

Versuch-Nr.	Sandwich- dicke	Stütz- weite	Kernblechdicke		Versagens- last	Versa- gens- art	Knitterspannung
	D (gemittelt) [mm]	$l_{\text{Stütz}}$ [mm]	$t_{kz}/t_{kD}^{1)}$ [mm]		$F^{2)}$ [kN]	³⁾	σ_K [N/mm ²]
V1pos	200,8	7115	0,51	0,52	11,51	c	(99) ⁴⁾
V2neg	200,9	8710	0,52	0,51	16,13	a	169
V3pos	201,0	8705	0,51	0,52	18,19	a	187

positiv Produktionsunterseite unter Biegedruckspannungen
 negativ Produktionsoberseite unter Biegedruckspannungen
 1) t_{kD} : Kernblechdicke auf der Druckseite, t_{kz} : Kernblechdicke auf der Zugseite
 2) inkl. Eigengewicht und Versuchsaufbau
 3) a: Knittern in Feldmitte, b: Knittern an der mittleren Lasteinleitung, c: Schubbruch
 4) Scherfestigkeit des Elements $f_{cV}=0,029\text{MPa}$

Tabelle 2.14: Einfeldträgerversuche/Knitterspannung HIPERTEC N WALL D=200 mm



Abb. 2.16: Exemplarischer Versuchsaufbau (hier V1pos)

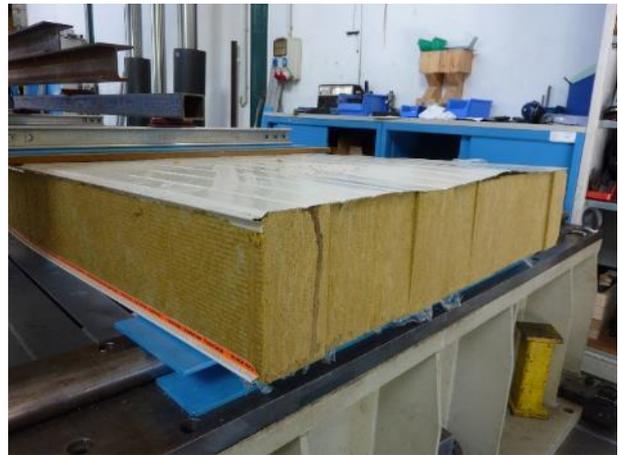


Abb. 2.17: Versagen durch Schubbruch V1pos



Abb. 2.18: Versagen durch Knittern in Feldmitte V2 neg



Abb. 2.19: Versagen durch Knittern in Feldmitte V3pos

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2c	Belastungsverfahren	DIN EN ISO 6892-1 Verfahren B
Kunde	DiBt Forschung	Art der Probe	Flachprobe
Prüfdatum	22.10.2018	Anfangsmesslänge	80 mm
Prüfer	G. Rabeneck	Prüfmaschine	M5
Werkstoff	St		

Name	mE [GPa]	Rp0,2 [MPa]	ReL [MPa]	ReH [MPa]	Rm [MPa]	Ag [%]	Ag _t [%]	A [%]	At [%]	Ac [%]	So [mm ²]	ao [mm]
Probe-3P	175,0	424,5	412,6	425,1	500,5	16,2	16,5	26,0	26,2	25,9	10,45	0,52

Ac = Manuell ermittelte Bruchdehnung

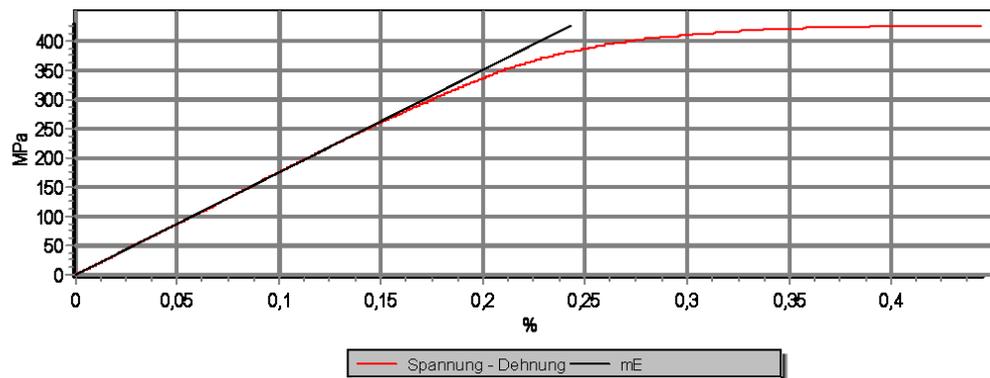
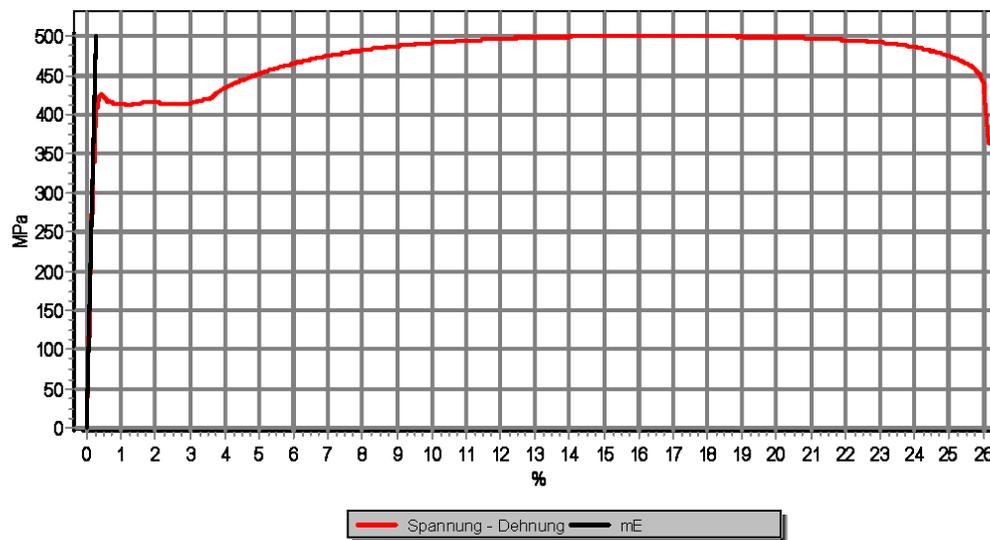


Tabelle 2.15: Zugversuch Deckschicht außen (Versuch V3pos)

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2c	Belastungsverfahren	DIN EN ISO 6892-1 Verfahren B
Kunde	DiBt Forschung	Art der Probe	Flachprobe
Prüfdatum	22.10.2018	Anfangsmesslänge	80 mm
Prüfer	G. Rabeneck	Prüfmaschine	M5
Werkstoff	St		

Name	mE [GPa]	Rp0,2 [MPa]	ReL [MPa]	ReH [MPa]	Rm [MPa]	Ag [%]	Agt [%]	A [%]	At [%]	Ac [%]	So [mm ²]	ao [mm]
Probe-2N	193,4	409,3	408,8	419,1	502,7	15,9	16,2	26,9	27,1	26,8	10,24	0,51

Ac = Manuell ermittelte Bruchdehnung

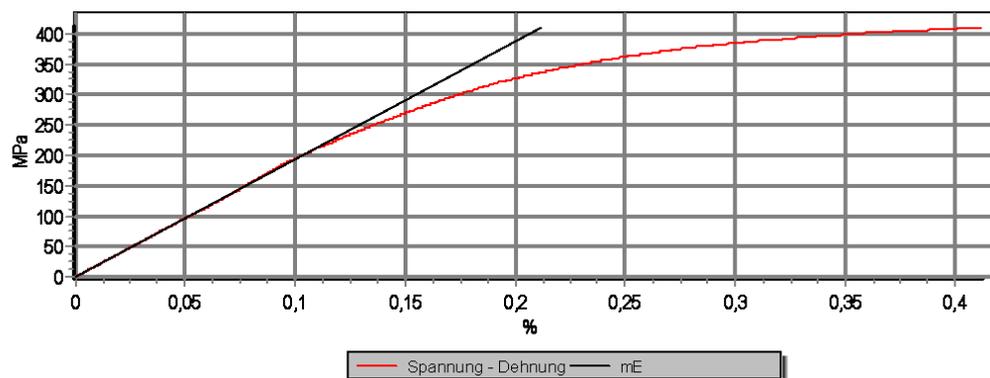
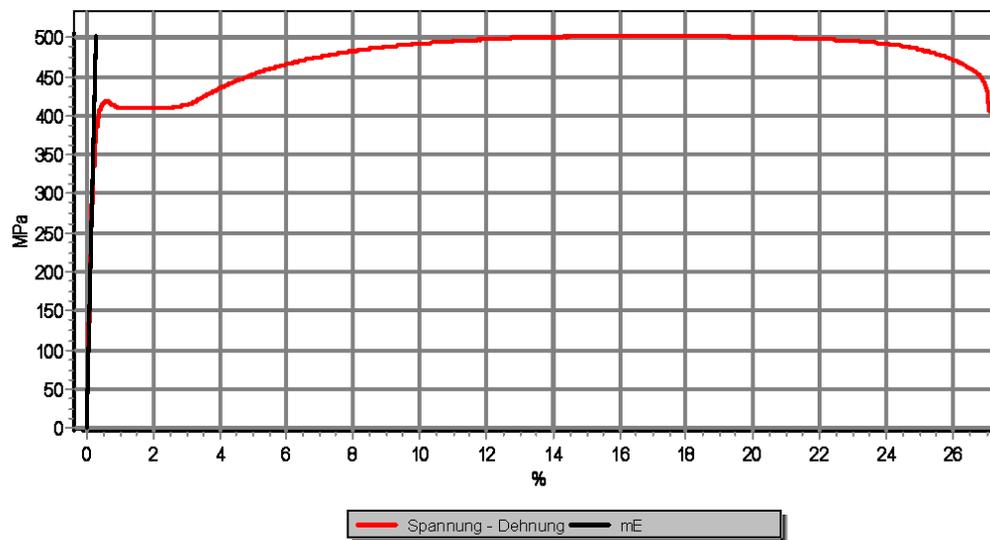


Tabelle 2.16: Zugversuch Deckschicht innen (Versuch V2neg)

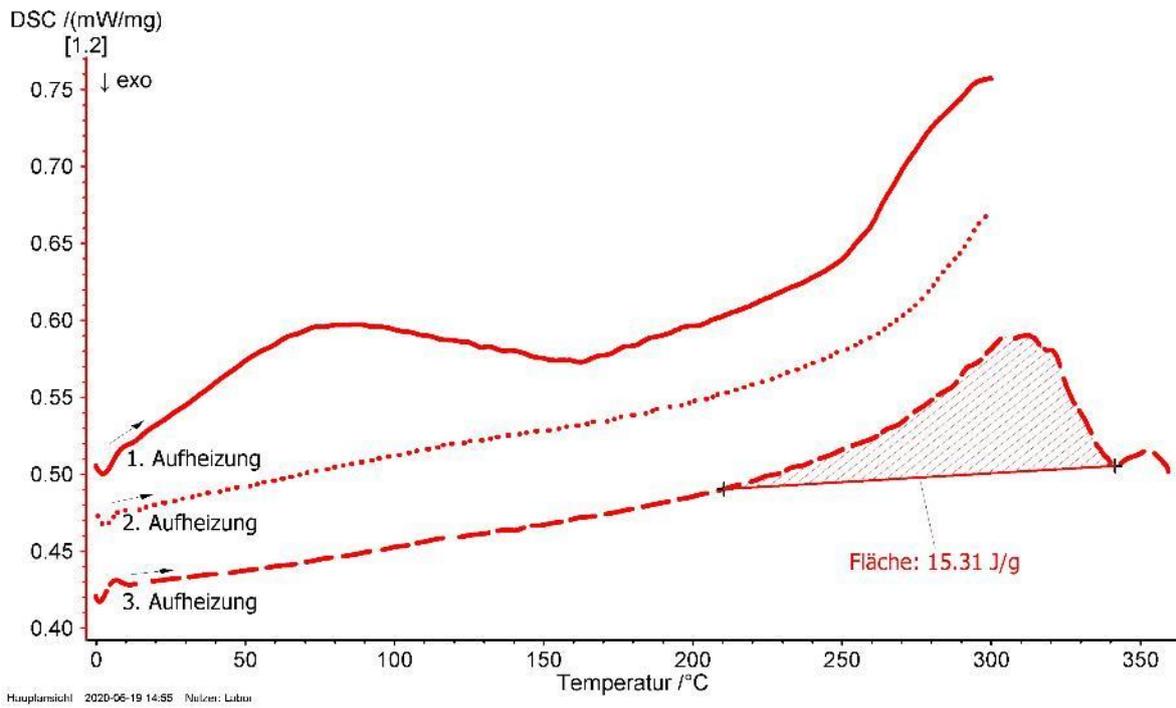


Abb. 2.20: Bestimmung der kalorischen Eigenschaften des Klebstoffs

Auftrag Nr.: 1815005-5c zu V1

Prüfdatum: 25.05.-29.05.2020 Prüfer: sv

Probe Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Probenbezeichnung								

Masse Probekörperhalter (Behälter)

Masse m1 [g]	53,7794	53,8799	53,789	53,8806	53,7939	53,8809	53,7808	53,881
--------------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	--------

Bestimmung der organischen Bestandteile

Gesamte Masse m2 [g]	64,2818	66,9788	68,1413	65,6236	65,5877	64,2473	66,6110	65,8567
Erste Wägung nach 120 min	63,7181	66,2980	67,3955	64,9881	64,9362	63,7181	65,9555	entfällt
Zweite Wägung nach 120 min	63,7179	66,2973	67,3943	64,9863	64,9356	63,7179	65,9550	65,2195
Massenänderung $\leq 0,5\%$	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	entfällt
Masse m3 [g]	63,7179	66,2973	67,3943	64,9863	64,9356	63,7179	65,9550	65,2195
Gehalt org. Bestandteile Moc	-5,67%	-5,49%	-5,49%	-5,74%	-5,85%	-5,38%	-5,39%	-5,62%
Mittelwert	-5,57%							

Tabelle 2.17: Gehalt an organischen Bestandteilen

Proben-Nr.	Roh- dichte MiWo [kg/m ³]	Zugversuch [N/mm ²]		Druck- versuch [N/mm ²]		Modul [N/mm ²]	Schub- versuch [N/mm ²]	
		f _{Ct}	E _{Ct}	f _{Cc}	E _{Cc}		f _C	G _C
	ρ	f _{Ct}	E _{Ct}	f _{Cc}	E _{Cc}	E _C	f _C	G _C
1	128	0,09	26,2	0,10	14,1	20,2	0,09	7,4
2	104	0,09	26,4	0,08	12,8	19,6	0,07	4,5
3	119	0,15	31,3	0,08	11,2	21,2	0,09	6,7
4	110	0,10	30,3	0,09	14,7	22,5	0,08	5,0
5	116	0,10	26,6	0,10	14,8	20,7	0,06	4,5
6	115	0,08	23,0	-	-	-	0,09	6,3
7	119	0,08	38,5	-	-	-	0,06	5,9
8	121	0,13	24,3	-	-	-	0,09	7,4
9		0,11	46,4	-	-	-	-	-
10		0,11	27,1	-	-	-	-	-
5% Fraktile	101	0,07	18,6	0,07	10,0	18,2	0,05	3,7
Mittelwert	116,5	0,10	30,0	0,09	13,5	20,8	0,08	5,9

Tabelle 3.1: Kennwerte Mineralwolle HIPERTEC N WALL S/S 80

Proben-Nr.	Zugversuch 80 °C [N/mm ²]	
	f _{Ct,80°C}	E _{Ct,80°C}
1	0,10	16,3
2	0,11	18,3
3	0,11	14,6
4	0,09	16,2
5	0,07	9,8
6	0,07	12,3
7	0,08	15,4
8	0,08	14,8
9	0,08	17,0
10	0,08	14,7
5% Fraktile	0,06	10,1
Mittelwert	0,09	14,9

Tabelle 3.2: Kennwerte Zugversuche bei 80°C Mineralwolle HIPERTEC N WALL S/S 80

Versuch	R _{p0,2}	R _{eH}	R _m	A ₈₀	t _N	t _k
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]	[mm]	[mm]
V_1_neg	424	442	445	23,6	0,60	0,52
V_2_pos	391	-	488	26,5	0,60	0,51

Tabelle 3.3: Mechanische Werte der Deckschichten HIPERTEC N WALL S/S 80

Dimension	Außenseite								Toleranzen ¹⁾
	62,8	62,0	62,7	62,7	62,9	62,7	62,8	62,9	
Linierungsraster	62,8	62,0	62,7	62,7	62,9	62,7	62,8	62,9	60,5 ≤ 62,5 ≤ 64,5
Linierungstiefe	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8 ≤ 2,1 ≤ 2,4
Baubreite w	999								998 ≤ 1000 ≤ 1002
Abw. Ebenheit	0 / 1000								0,4/200;0,7/400;1,0/700
Abw. Geradheit	0								1,0 mm/m, max. 5 mm
Rechtwinkligkeit	0								≤ 0,6%*w = 6 mm
Längswölbung	0								2mm/m, max. 20 mm
Querwölbung	0								8,5mm/m, max 10 mm

(außen + innen)
S = liniert

Dimension	Innenseite			Toleranzen
	62,5	62,6	62,8	
Linierungsraster	62,5	62,6	62,8	60,5 ≤ 62,5 ≤ 64,5
Linierungstiefe	1,4	1,5	1,6	1,8 ≤ 2,1 ≤ 2,4
Elementlänge	5998			L-10 ≤ L ≤ L+10
Elementdicke	80,7	81,0	81,1	78 ≤ 80 < 82

¹⁾ nach DIN EN14509:2013-12

Tabelle 3.4: Geometrie HIPERTEC N WALL S/S 80

Nr.	Mittelw. L	Mittelw.B	Mittelw. H	Volumen	Gewicht Miwo	Dichte
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm³]	[g]	[kg/m³]
1	99,5	97,8	71,5	695944	89,2	128,2
2	97,7	98,2	69,5	666720	69,2	103,8 ¹⁾
3	98,1	98,2	69,7	671780	79,7	118,7
4	98,1	97,8	70,4	675665	74,5	110,2
5	97,5	97,9	71,1	678859	78,4	115,5
6	97,0	97,9	70,9	673579	77,8	115,4
7	96,0	96,4	70,5	652841	77,9	119,4
8	95,0	95,9	70,7	644466	77,8	120,7
Mittelwert						116,5

1) Wert durch Nachprüfung bestätigt

Tabelle 3.5: Bestimmung der Rochdichte des Kernwerkstoffes Versuch5(5)_H80_(6+3,7)x5, Mineralwolle Charge 239373

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2p	Prüfer	Wagner
Elementtyp	Miwo	Prüfgeschwindigkeit	2,4 mm/min
Kunde	Dibt	Prüfmaschine	M5
Prüfdatum	29.08.2019	Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.2

Name	LoT [mm]	Ao [mm ²]	E [N/mm]	Fu [N]	F 0,1dC [N]	wu [mm]	wu(F 0,1 dC) [mm]	ECc [MPa]	fCc [MPa]
HTW8-D-B2	81,020	9786,03	1707,83	1010,45	979,25	0,59	0,57	14,14	0,10
HTW8-D-B4	80,830	9806,73	1549,92	930,85	808,05	0,60	0,52	12,77	0,08
HTW8-D-B5	81,010	9792,76	1352,43	381,75	793,05	0,28	0,59	11,19	0,08
HTW8-D-B6	81,040	9774,02	1772,50	1016,45	846,15	0,57	0,48	14,70	0,09
HTW8-D-B8	80,980	9767,02	1781,70	1004,90	1024,15	0,56	0,57	14,77	0,10

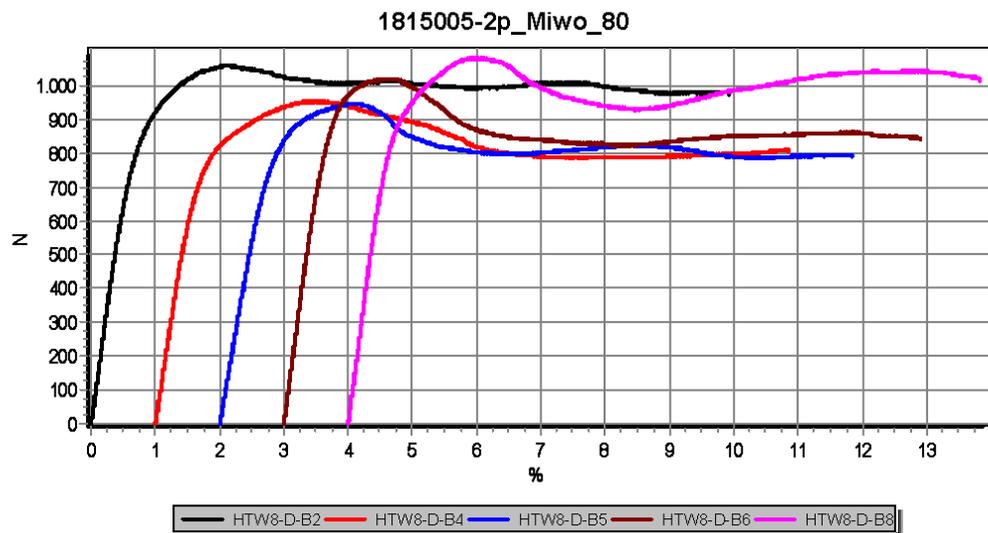


Tabelle 3.5: Druckversuche HIPERTEC N WALL S/S 80

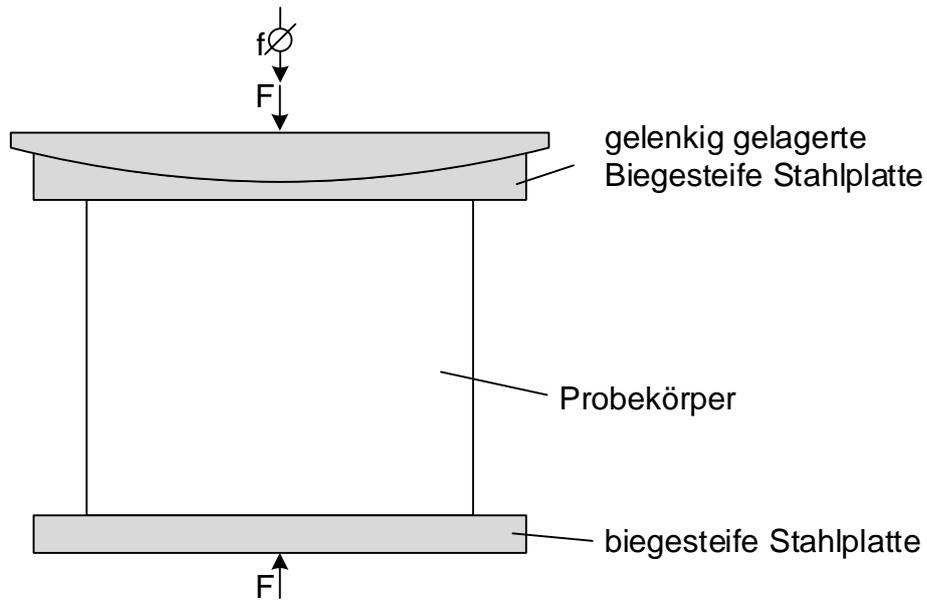


Abb. 3. 1: Schematischer Versuchsaufbau der Druckversuche bei Raumtemperatur



Abb. 3. 2: Versuchsaufbau der Druckversuche

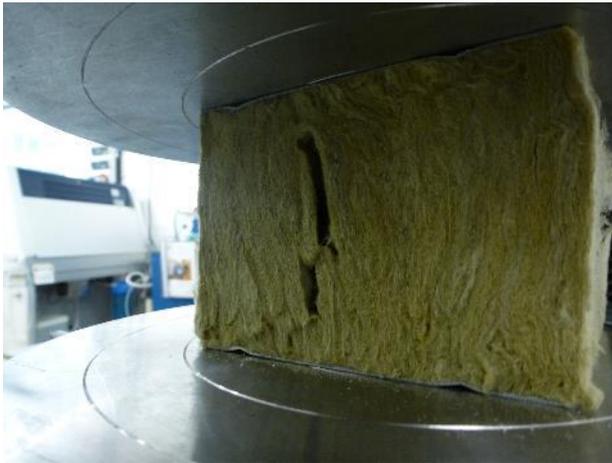


Abb. 3.3: Versagensbild Versuch B4

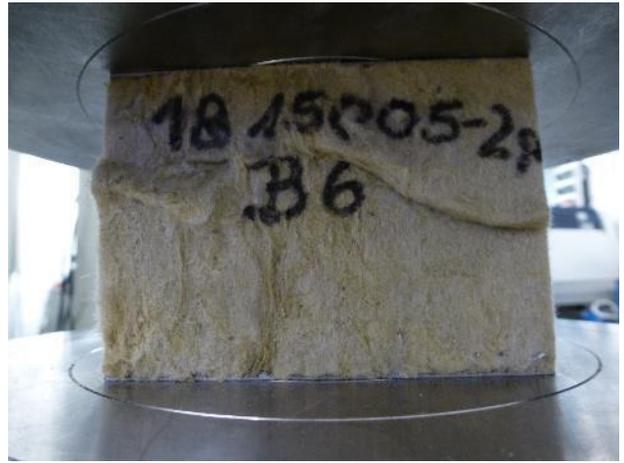


Abb. 3.4: Versagensbild Versuch B6

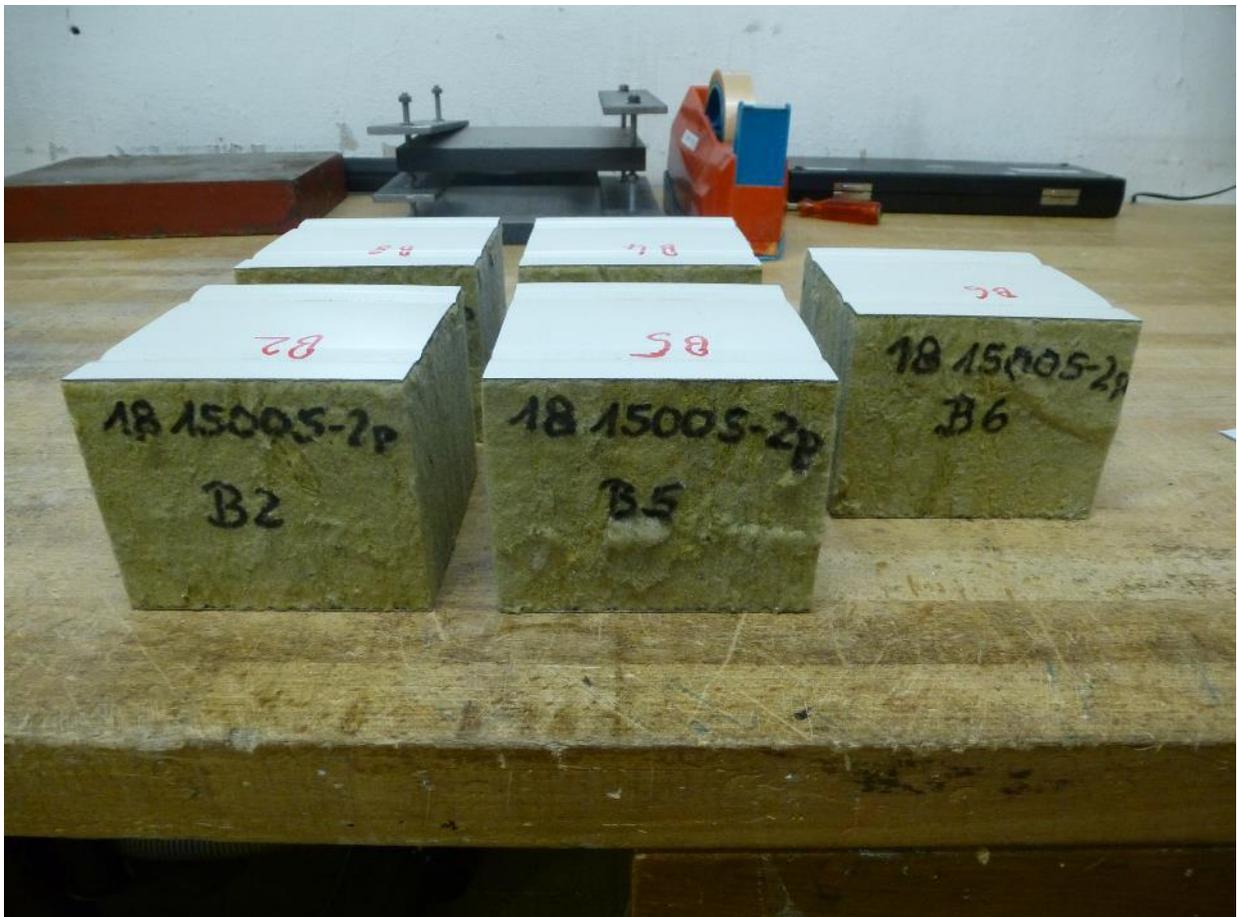


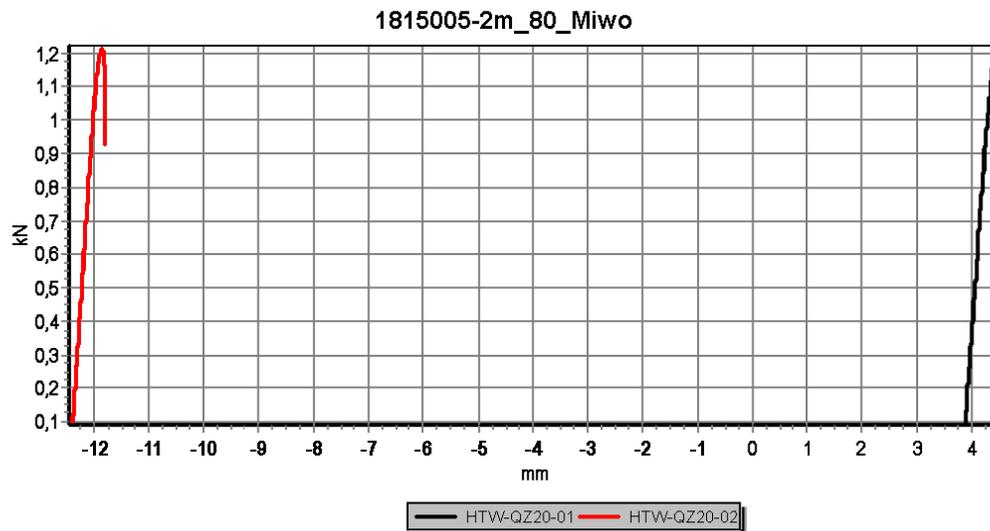
Abb. 3.5: Übersicht der Versagensbilder

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2m	Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Kunde	DiBt	Elementtyp	MiVo 80
Prüfdatum	02.09.2019	Prüfgeschwindigkeit	2,4 mm/min
Prüfer	J. Wagner	Blechdicke I	0,5 mm
Prüfmaschine	M5	Blechdicke II	0,5 mm

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]	Bruchbild [%]
HTW-QZ20-01	99,6	99,1	100,000	98,8	26,190	1194,95	0,09	90 I10a
HTW-QZ20-02	99,7	99,4	100,000	98,8	26,358	1212,50	0,09	I= 90 A=10



Kommentar : ECt liegt zwischen 0,06 MPa - 0,1 Mpa

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]
MW	99,7	99,3	100,000	98,8	26,274	1203,72	0,09
log. 75%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabelle 3.6: Zugversuche bei Raumtemperatur HIPERTEC N WALL S/S 80 Versuche 1 und 2

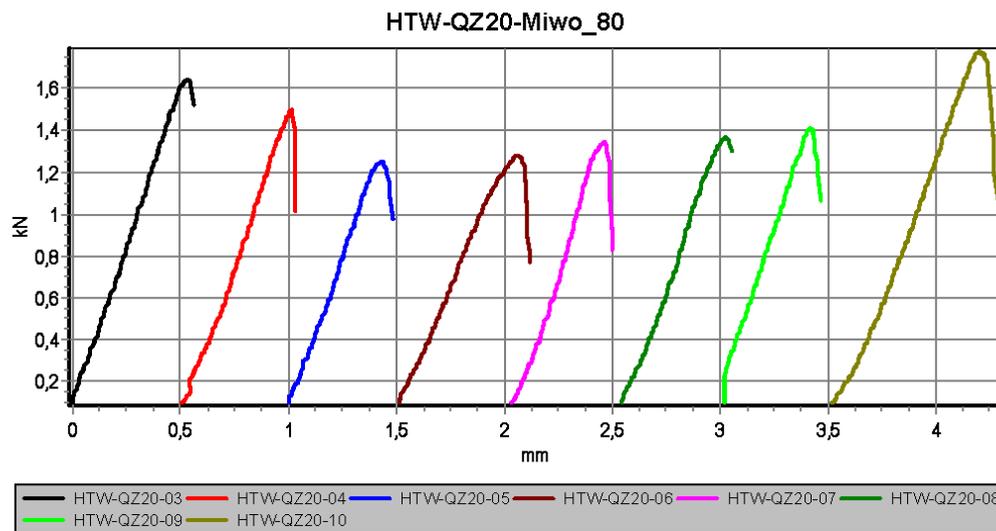
KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2m
Kunde	DIBt
Prüfdatum	2.09.19
Prüfer	J. Wagner
Prüfmaschine	M5

Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Elementtyp	Miwo 80
Prüfgeschwindigkeit	2,4 mm/min
Blechdicke I	0,6 mm
Blechdicke II	0,6 mm

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]	Bruchbild [%]
HTW-QZ20-03	99,8	99,3	100,000	98,8	31,265	1639,95	0,15	A=90 l=10
HTW-QZ20-04	99,9	99,2	100,000	98,8	30,315	1496,15	0,10	A=100
HTW-QZ20-05	100,0	99,3	100,000	98,8	26,582	1248,40	0,10	A=90 l=10
HTW-QZ20-06	100,0	99,2	100,000	98,8	23,029	1280,05	0,08	l = 100
HTW-QZ20-07	100,1	99,3	100,000	98,8	38,460	1342,95	0,08	l = 100
HTW-QZ20-08	100,1	99,3	100,000	98,8	24,280	1366,05	0,13	A=100
HTW-QZ20-09	100,0	99,4	100,000	98,8	46,445	1408,85	0,11	l=70(30)
HTW-QZ20-10	100,0	99,3	100,000	98,8	27,064	1779,00	0,11	l=70 A=30



Kommentar : ECt liegt zwischen 0,06 MPa - 0,1 Mpa

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]
MW	100,0	99,3	100,000	98,8	30,930	1445,17	0,11
log. 75%	99,771	99,147	100,000	98,800	17,923	1097,259	0,065

Tabelle 3.7: Zugversuche bei Raumtemperatur HIPERTEC N WALL S/S 80 Versuche 3bis 10

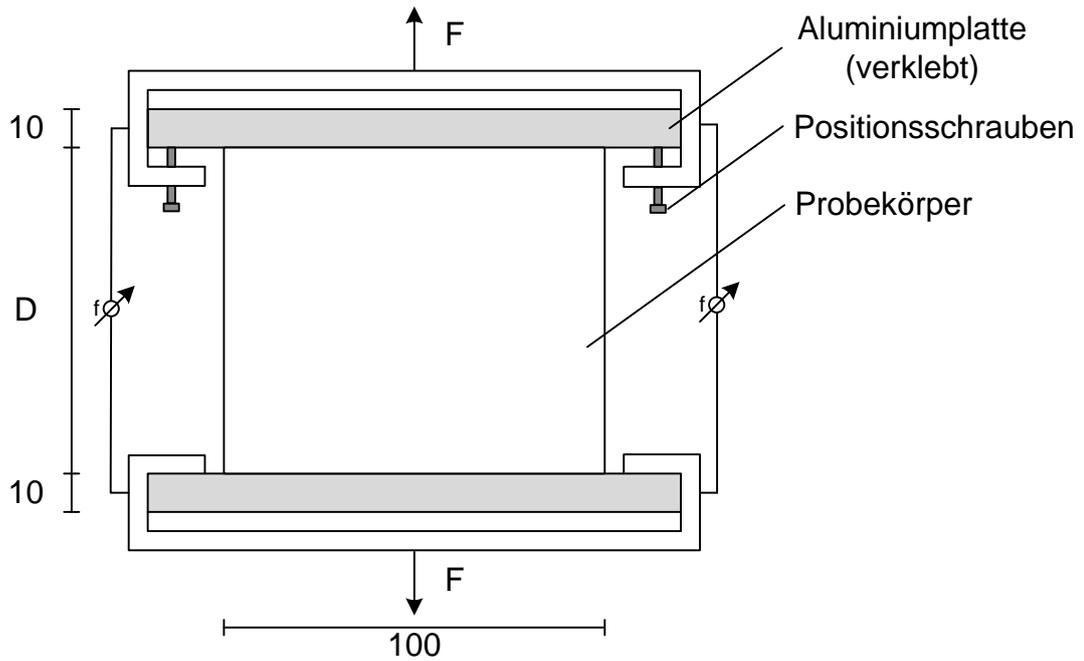


Abb. 3.6: Schematischer Versuchsaufbau der Zugversuche bei Raumtemperatur

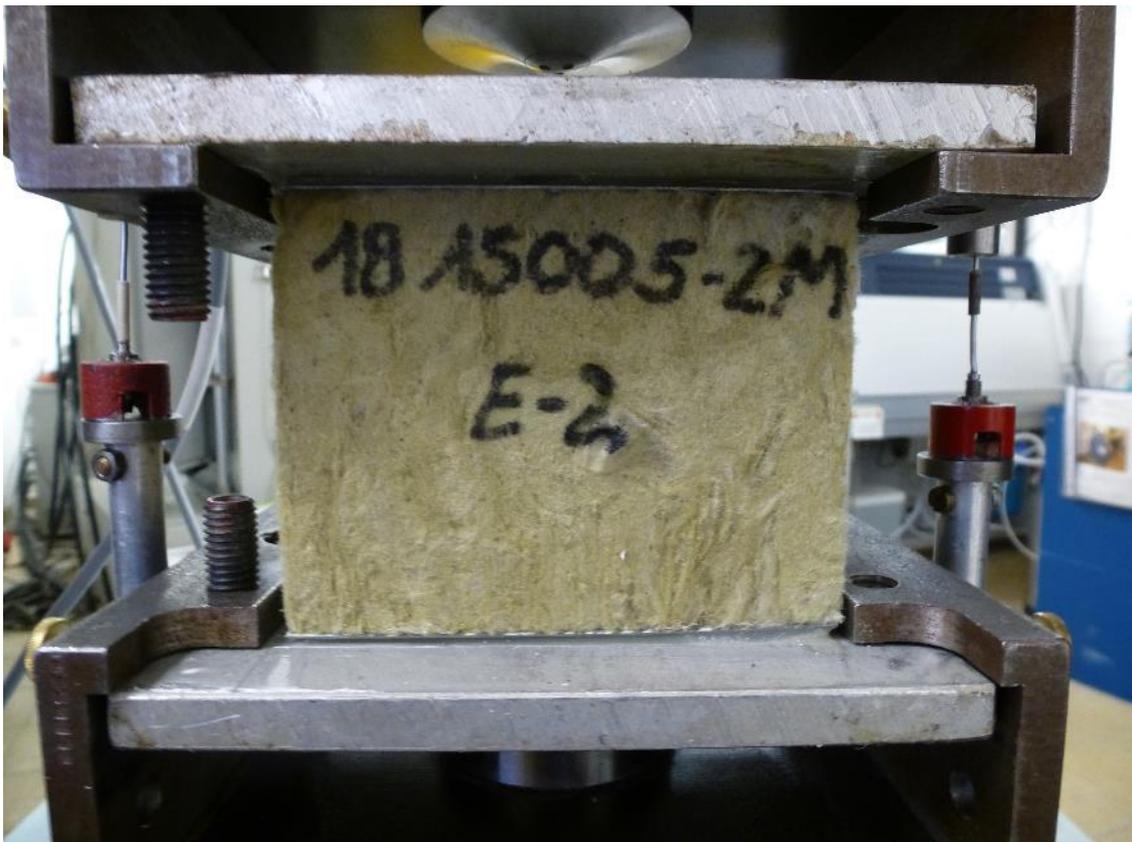


Abb. 3.7: Versuchsaufbau der Zugversuche bei Raumtemperatur

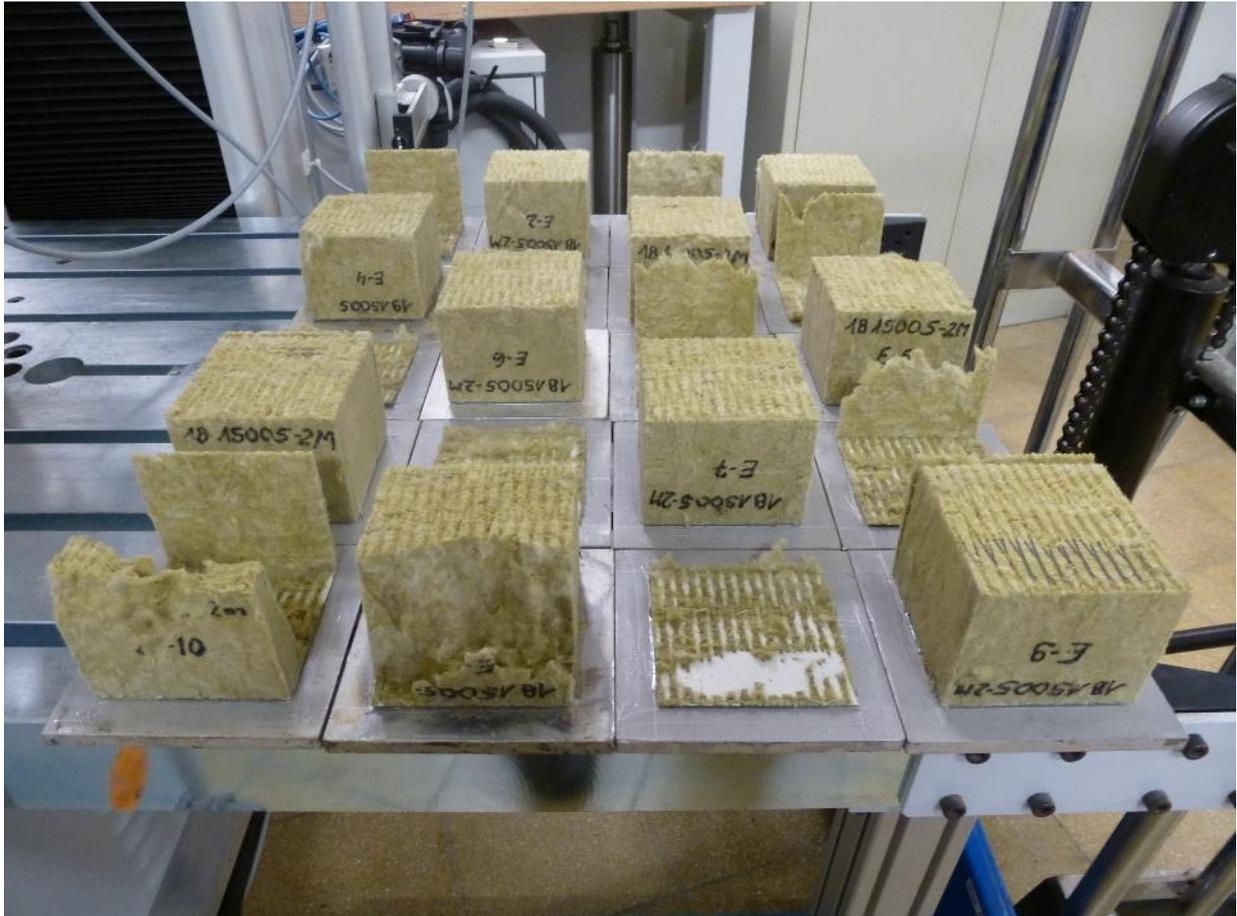


Abb. 3.8: Versagensbilder Querzug 20°C

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-2n	Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Kunde	DiBt Forschung	Elementtyp	MiWO 80
Prüfdatum	05.09.2019	Prüfgeschwindigkeit	2,4 mm/min
Prüfer	Wagner	Blechedicke I	0,6 mm
Prüfmaschine	M5	Blechedicke II	0,6 mm

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]	Bruchbild [%]
HTW80-QZ-80-08	98,4	99,3	80,000	78,8	16,254	1560,90	0,10	A = 100
HTW80-QZ80-01	98,2	99,1	80,000	78,8	18,296	1526,25	0,11	I = 100%
HTW80-QZ80-02	98,2	99,3	80,000	78,8	14,640	1402,05	0,11	I = 90 A = 10
HTW80-QZ80-03	98,1	99,3	80,000	78,8	16,228	1378,05	0,09	I = 100
HTW80-QZ80-04	98,2	99,3	80,000	78,8	9,788	1076,55	0,07	I = 100
HTW80-QZ80-05	98,3	99,4	80,000	78,8	12,276	1168,55	0,07	A = 100
HTW80-QZ80-06	98,4	99,4	80,000	78,8	15,421	1184,40	0,08	A = 100
HTW80-QZ80-07	98,4	99,2	80,000	78,8	14,797	1202,75	0,08	A = 100
HTW80-QZ80-09	98,3	99,2	80,000	78,8	16,963	1341,00	0,08	A = 100
HTW80-QZ80-10	98,3	99,1	80,000	78,8	14,667	1358,50	0,08	A = 100

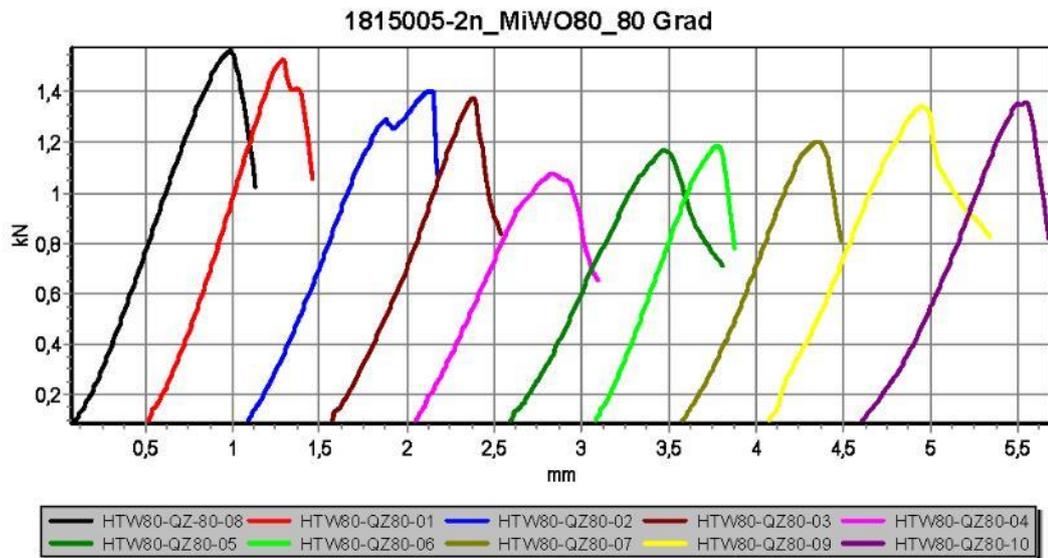


Tabelle 3.8: Zugversuche bei 80°C HIPERTEC N WALL S/S 80



Abb. 3.9: Querzugversuche 80°C senkrecht zur Deckschicht

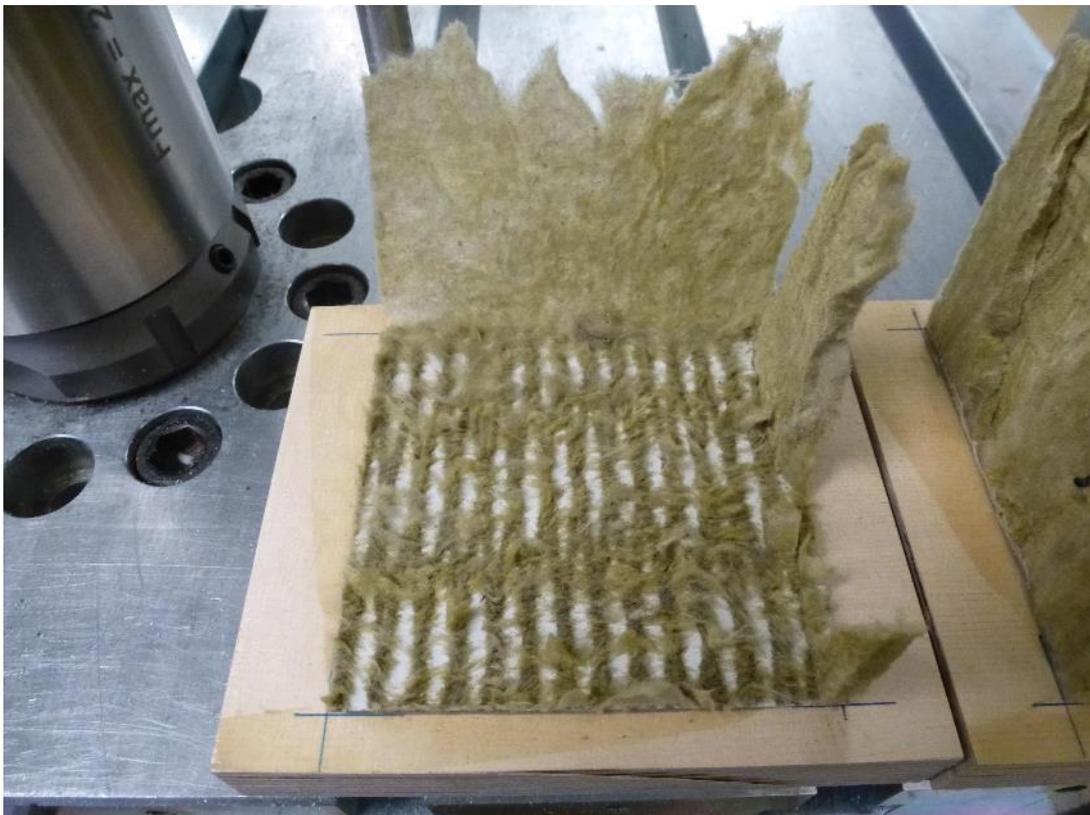


Abb. 3.10: Versagensbild Querzug 80°C Versuch QZ-80-04

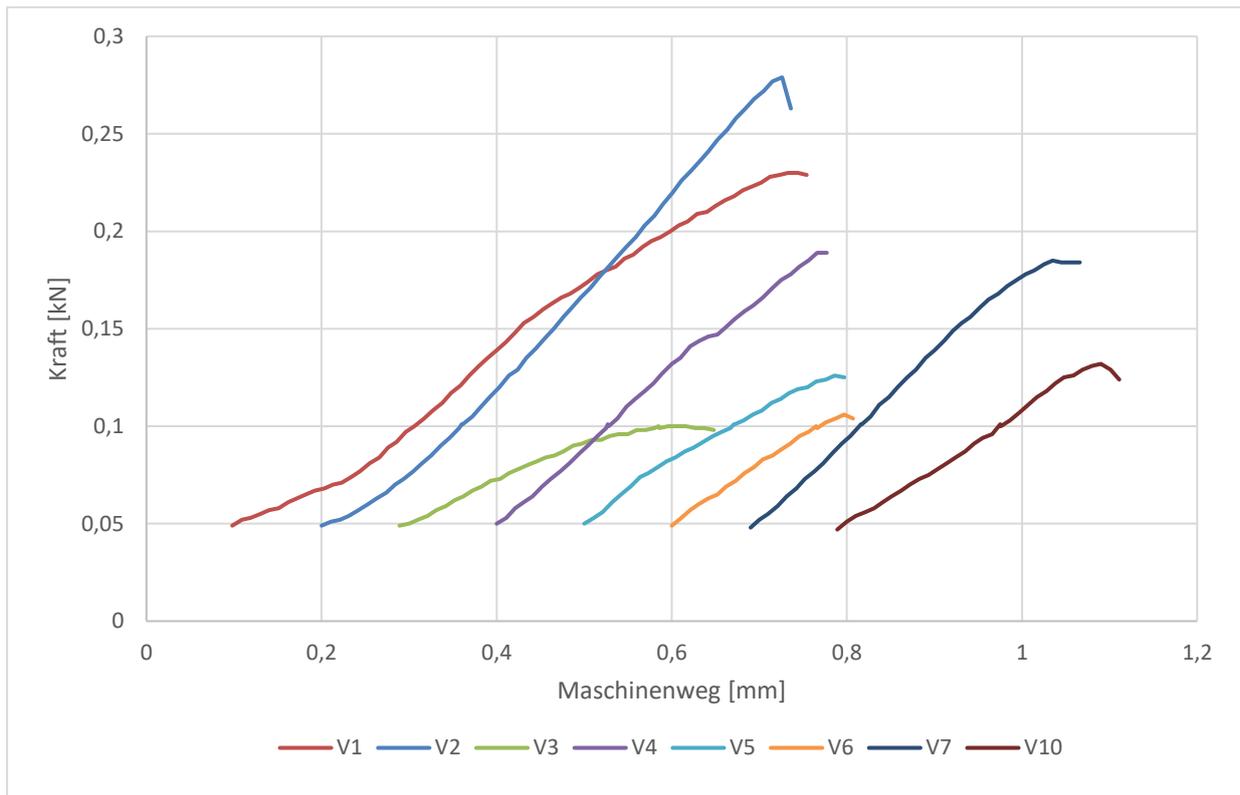


Tabelle 3.9: Zugversuche bei 140°C HIPERTEC N WALL S/S 80



Abb.

Abb. 3.11: Querzugversuche 140°C senkrecht zur Deckschicht



Abb. 3.12: Versagensbild Querzug 140°C Versuch 2, Ablösen der Deckschichtbeschichtung



Abb. 3.12: Versagensbilder Querzug 140°C, abgelöste Deckschichtbeschichtung

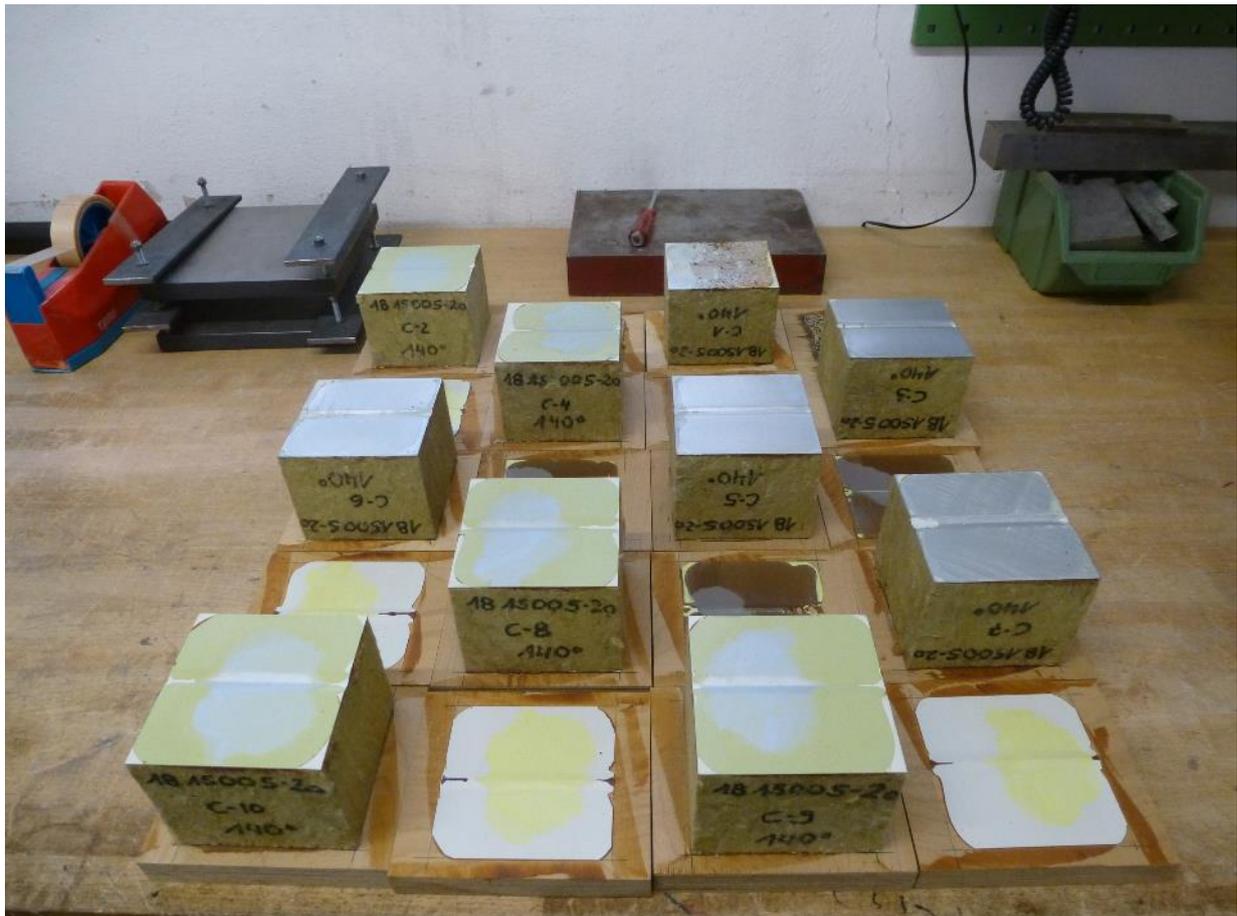


Abb. 3.12: Versagensbilder Querzug 140°C

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

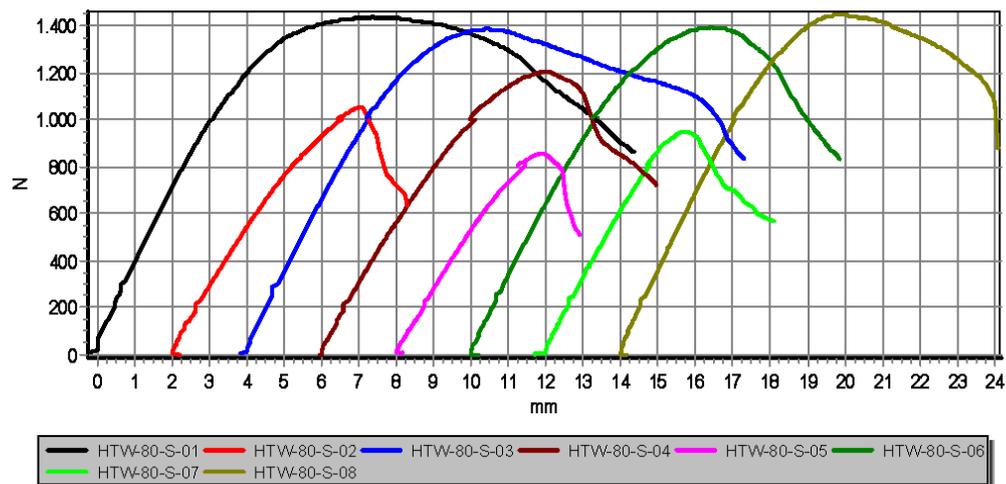
Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1915005-21
Kunde	DIBt Forschung
Prüfdatum	31.07.2019
Prüfer	J. Wagner
Prüfmaschine	M5
Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.3
Prüfgeschwindigkeit	10 mm/min

Elementtyp	MiWo HTW 80
Blechdicke oben	0,6 mm
Blechdicke unten	0,6 mm
Kernblechdicke oben	0,56 mm
Kernblechdicke unten	0,56 mm
Stützweite	1000,00
Auflast	3237 g

Gc ermittelt zwischen 500N und 1000N

Name	b [mm]	h [mm]	dC [mm]	GC [MPa]	fCv [MPa]	Fu [N]	Fmax [N]	Δ_W [mm]	Δ_F [N]	Versagen
HTW-80-S-01	96,31	81,27	80,07	7,38	0,094	1468	1437	1,709	501,250	Schubbruch
HTW-80-S-02	95,51	80,96	79,76	4,45	0,070	1082	1050	2,697	498,650	Schubbruch
HTW-80-S-03	98,73	80,86	79,66	6,66	0,089	1417	1385	1,816	496,950	Schubbruch
HTW-80-S-04	99,48	81,33	80,13	4,95	0,077	1235	1204	2,341	499,150	Schubbruch
HTW-80-S-05	99,72	81,05	79,85	4,48	0,055	888	857	1,565	304,350	Schubbruch
HTW-80-S-06	101,62	81,38	80,18	6,26	0,087	1423	1392	1,859	499,550	Schubbruch
HTW-80-S-07	99,80	81,27	80,07	5,93	0,061	981	949	1,191	299,250	Schubbruch
HTW-80-S-08	99,32	81,06	79,86	7,35	0,092	1478	1446	1,652	496,550	Schubbruch



Name	b [mm]	h [mm]	dC [mm]	GC [MPa]	fCv [MPa]	Fu [N]	Fmax [N]	Δ_W [mm]	Δ_F [N]
MW	98,81	81,15	79,95	5,93	0,078	1247	1215	1,854	449,462
s	1,98	0,19	0,19	1,20	0,015	236	236	0,468	91,161
log. 75%	94,521	80,732	79,532	3,697	0,049	790,972	760,880	1,046	264,308

Tabelle 3.10: Schubversuche am Schub balken nach DIN EN 14509, A.3, Positivlage HIPERTEC N WALL S/S 80



Abb. 3.13: Versuchsaufbau Schubbalken Versuch S-03

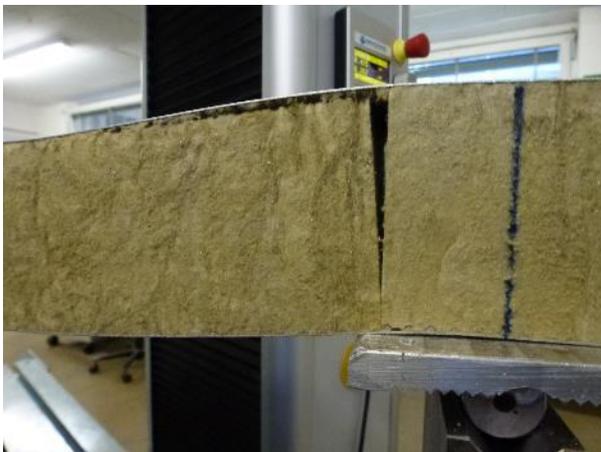


Abb. 3.14: Versagensbild Schubbruch S-02



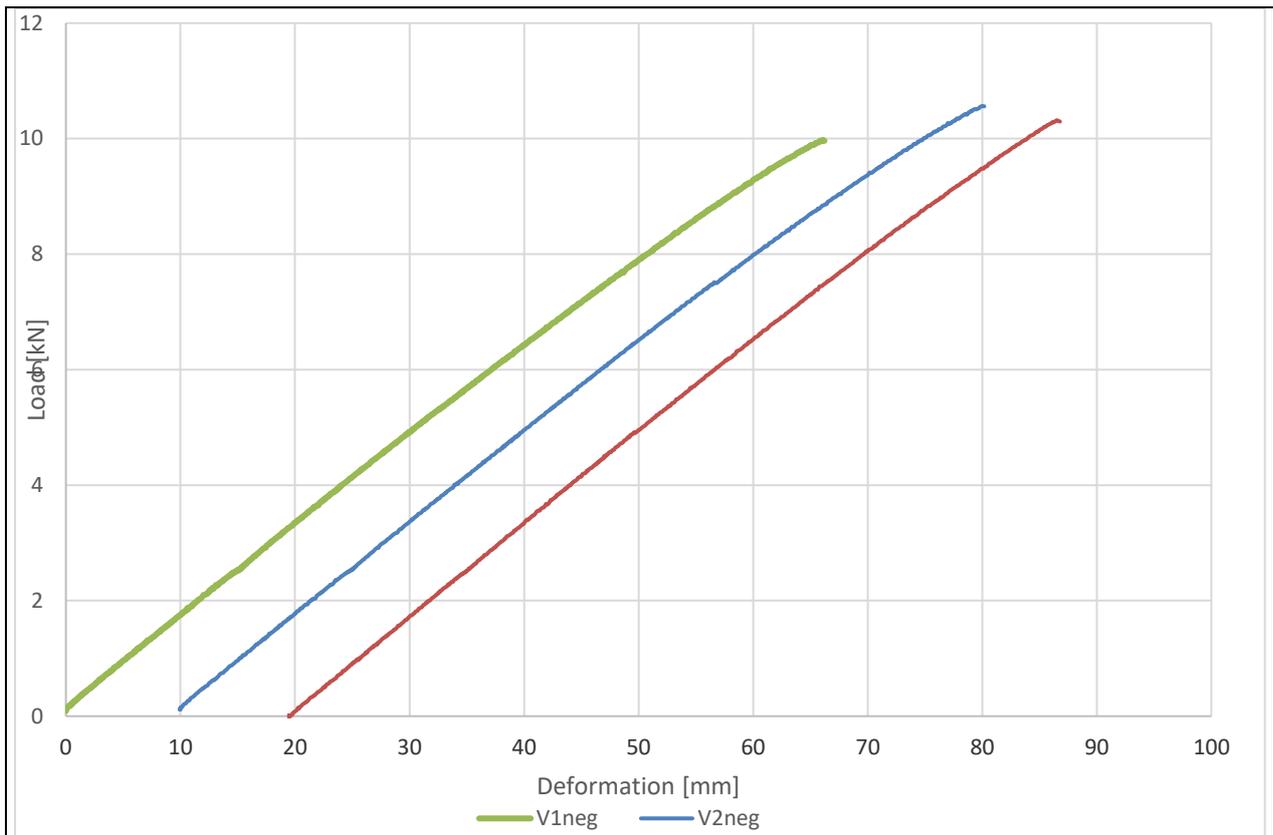
Abb. 3.15: Versagensbild Schubbruch S-05



Abb. 3.16: Versagensbild Schubbruch Versuch S-07



Abb. 3.17: Übersicht der Probekörper nach dem Versuch



Versuch Nr.	Element- dicke [mm] ¹⁾	Stütz- weite [mm]	Deckschicht- dicke t_k [mm]	Auflast [kg]	Eigen- gewicht [N/m] ²⁾	Versa- genslast [kN]	Versagensart
V1neg	79,2	5200	0,52	91,5	187	9,98	b
V2pos	79,4	5200	0,51	91,5	187	10,56	b
V3pos	79,3	5200	0,51	91,5	187	10,32	a + b

pos: Produktionsunterseite unter Biegedruckbelastung

neg: Produktionsoberseite unter Biegedruckbelastung

¹⁾ Mittelwert der durchgehenden Elementdicke d

²⁾ berechnet

Versagensarten

- a Knittern in Feldmitte
- b Knittern im Lasteinleitungsbereich
- c Schubbruch

Tabelle 3.10: Einfeldträgerversuche HIPERTEC N WALL S/S 80

Versuch-Nr.	Sandwich- dicke D (gemittelt) [mm]	Stütz- weite $l_{\text{Stütz}}$ [mm]	Kernblechdicke		Versagens- last $F^{2)}$ [kN]	Versa- gensart ³⁾	Knitterspannung σ_K [N/mm ²]
			$t_{kz}/t_{kD}^{1)}$	[mm]			
V1neg	79,2	5200	0,51	0,52	11,85	b	185
V2pos	79,4	5200	0,52	0,51	12,43	b	198
V3pos	79,3	5200	0,52	0,51	12,19	a + b	194

positiv Produktionsunterseite unter Biegedruckspannungen
 negativ Produktionsoberseite unter Biegedruckspannungen
 1) t_{kD} : Kernblechdicke auf der Druckseite, t_{kz} : Kernblechdicke auf der Zugseite
 2) inkl. Eigengewicht und Versuchsaufbau
 3) A: Knittern in Feldmitte, B: Knittern an der mittleren Lasteinleitung

Tabelle 3.11: Einfeldträgerversuche/Knitterspannung HIPERTEC N WALL D=80 mm



Abb. 3.18: Exemplarischer Versuchsaufbau (hier V1neg)

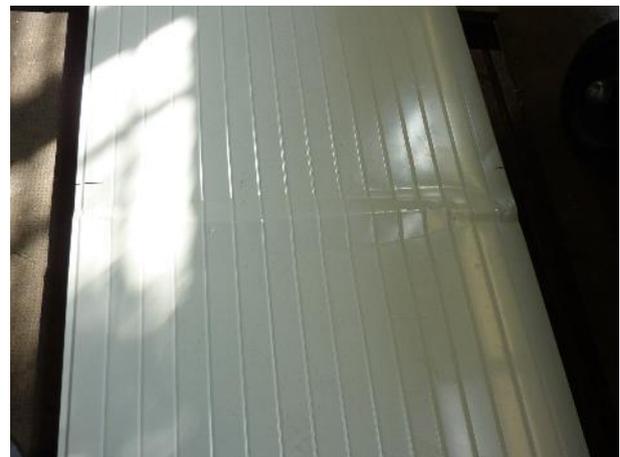


Abb. 3.19: Versagen durch Knittern an der mittleren Lasteinleitung V1neg

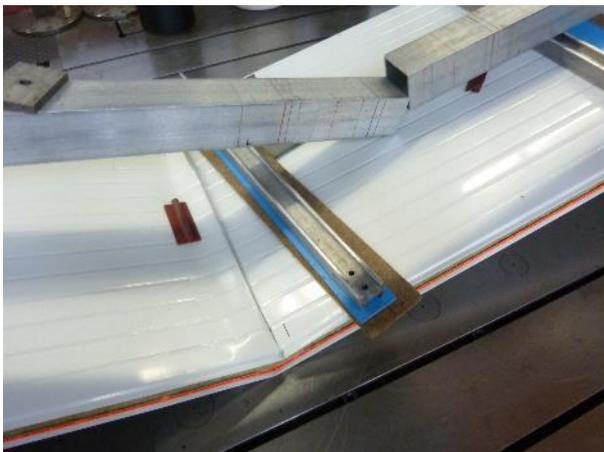


Abb. 3.20: Versagen durch Knittern an der mittleren Lasteinleitung V2pos



Abb. 3.21: Versagen Knittern an der mittleren Lasteinleitung V3pos

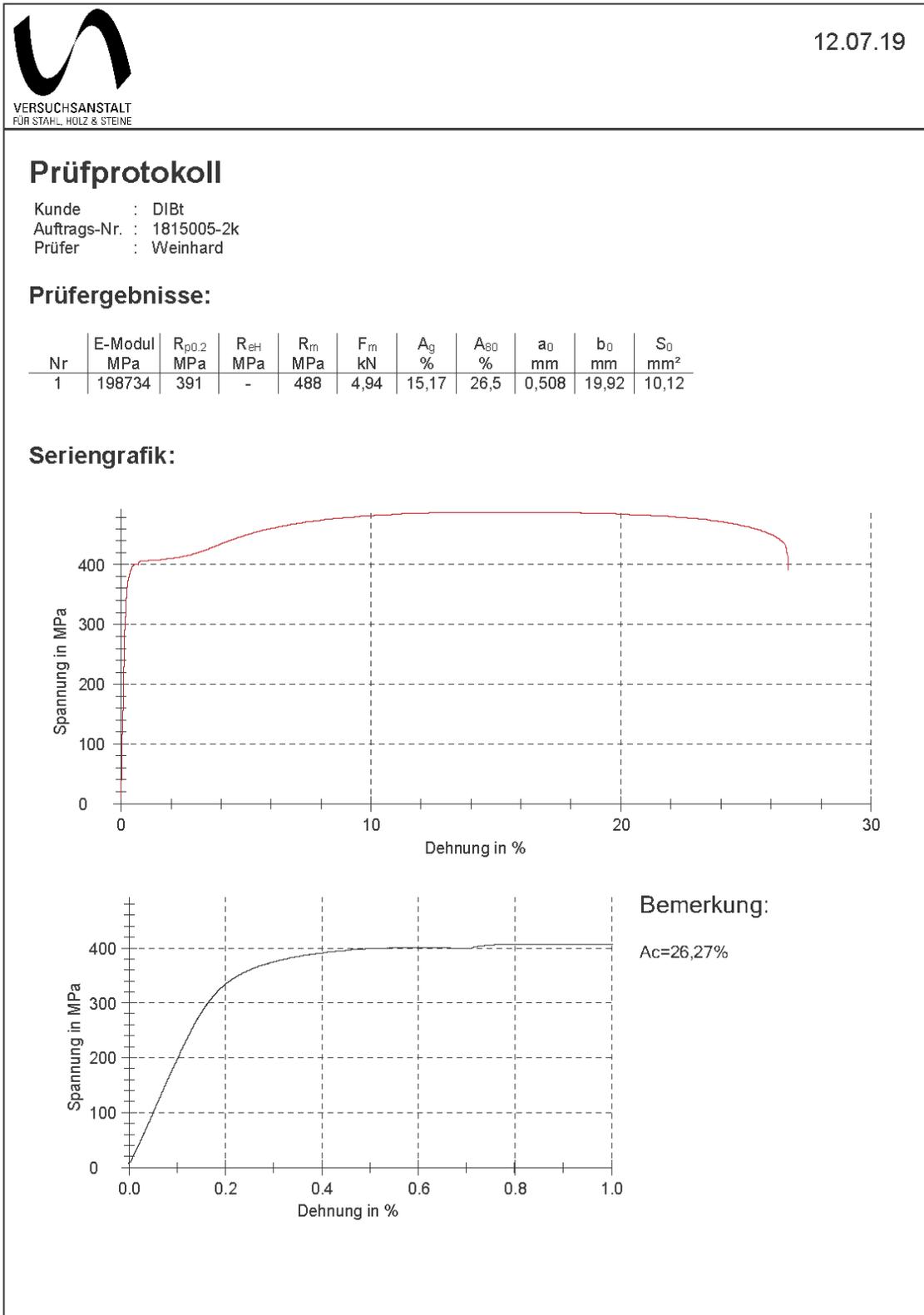
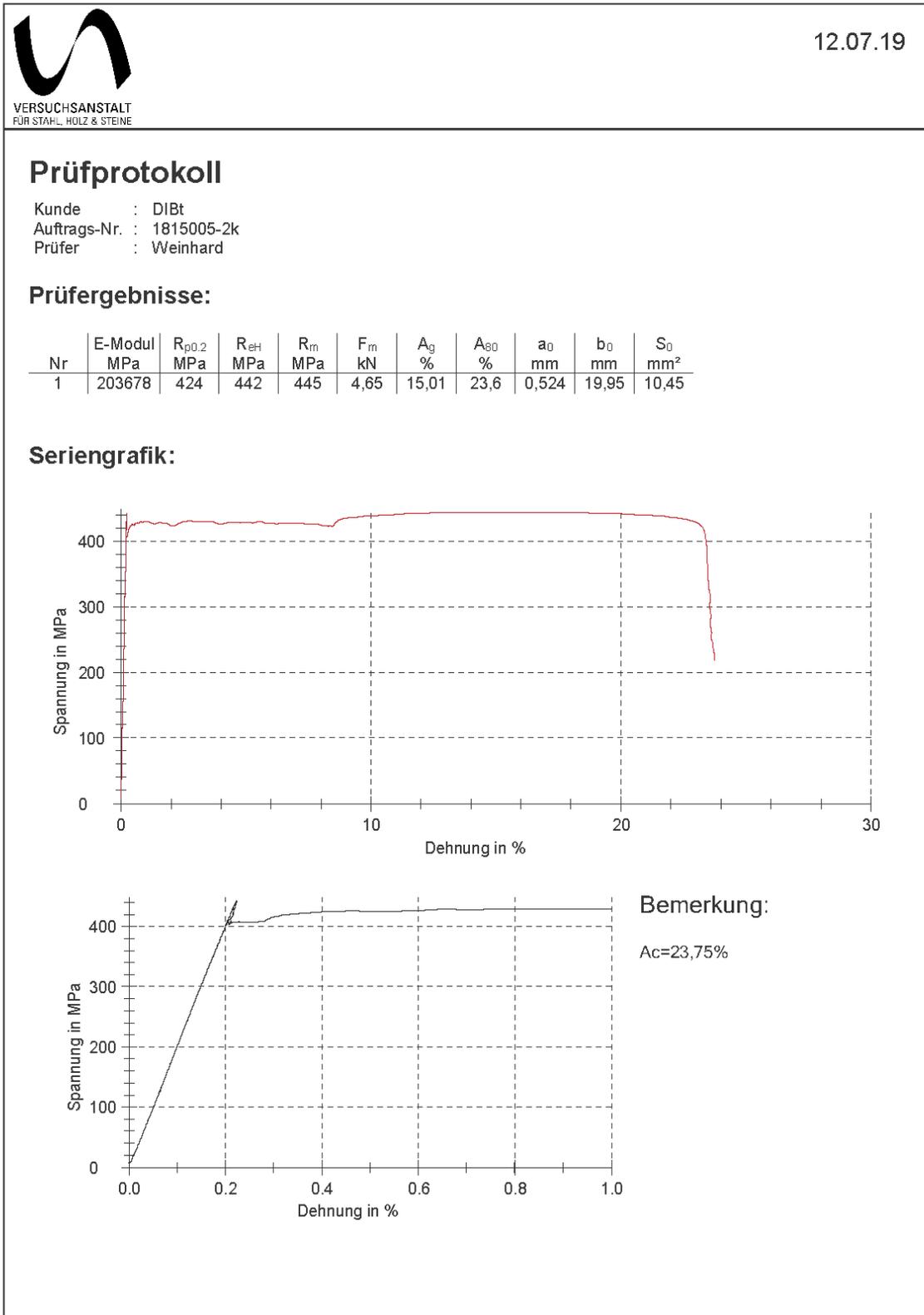


Tabelle 3.12: Zugversuch Deckschicht außen (Versuch V2pos)



V_1_neg.zs2

Seite 1/1

Tabelle 3.13: Zugversuch Deckschicht innen (Versuch V1neg)

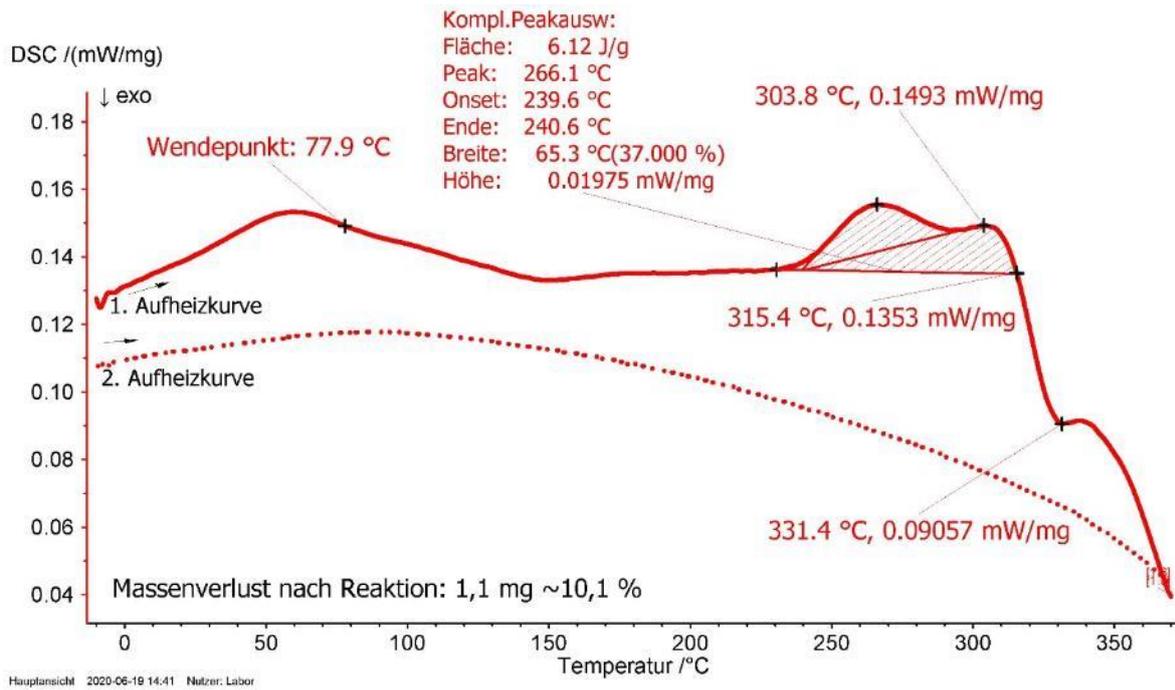


Abb. 3.22: Bestimmung der kalorischen Eigenschaften des Klebstoffs

Kleinkörper D=100

Proben-Nr.	Roh- dichte Miwo [kg/m ³]	Zugversuch [N/mm ²]		Druck- versuch [N/mm ²]		Modul [N/mm ²]	Schub- versuch [N/mm ²]	
		f _{Ct}	E _{Ct}	f _{Cc}	E _{Cc}		f _c	G _c
	ρ					E _c		
1	114	0,06	13,7	0,12	14,6	14,2	0,13	13,64
2	113	0,10	20,8	0,14	17,4	19,1	0,11	10,14
3	113	0,13	22,3	0,13	13,6	17,9		
4	113	0,09	16,4	0,11	13,5	14,9		
5	123	0,05	12,0	0,11	14,1	13,1		
5% Fraktile	105	0,03	8,7	0,09	11,3	10,6	0,08	4,6
Mittelwert	115	0,09	17,0	0,12	14,6	15,8	0,12	11,9

Tabelle 4.1: Kennwerte Mineralwolle HIPERTEC N WALL S/S 100

Proben-Nr.	Zugversuch 80 °C [N/mm ²]		Zugversuch 140 °C [N/mm ²]	
	f _{Ct,80°C}	E _{Ct,80°C}	f _{Ct,140°C}	E _{Ct,140°C}
1	0,131	12,5	0,09	11,2
2	0,122	11,7	0,1	13,3
3	0,136	13,1	0,11	11,2
4	0,142	14,1	0,1	8,4
5	0,13	13,5	0,12	14,4
5% Fraktile	0,11	10,8	0,08	6,9
Mittelwert	0,13	13,0	0,10	11,7

Tabelle 4.2: Kennwerte Zugversuche bei 80°C und 140°C Mineralwolle HIPERTEC N WALL S/S 100

Dimension	Außenseite									Toleranzen ¹⁾
Linierungsraster	63,0	62,9	62,8	62,6	62,0	62,3	62,6	62,4	62,3	60,5 ≤ 62,5 ≤ 64,5
Linierungstiefe	1,8	1,6	1,7	1,6	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6	1,8 ≤ 2,1 ≤ 2,4
Deckschichtbreite	1014									1015 ≤ 1017 ≤ 1019
Baubreite w	999									998 ≤ 1000 ≤ 1002
Abw. Ebenheit	0									0,4/200;0,7/400;1,0/700
Abw. Geradheit	0									1,0 mm/m, max. 5 mm
Rechtwinkligkeit	-									≤ 0,6%*w = 6 mm
Längswölbung	0									2mm/m, max. 20 mm
Querwölbung	0									8,5mm/m, max 10 mm
Eingriff Nut	23,2			Eingriff Feder			19,5			
Dimension	Innenseite									Toleranzen
Linierungsraster	62,8	63,0	62,5	62,9	62,9	62,3	62,4	62,4	62	60,5 ≤ 62,5 ≤ 64,5
Linierungstiefe	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,6	1,4	1,8 ≤ 2,1 ≤ 2,4
Deckschichtbreite	1013									1015 ≤ 1017 ≤ 1019
Abw. Ebenheit	0									0,4/200;0,7/400;1,0/700
Eingriff Nut	21,3			Eingriff Feder			24,6			
Elementlänge	9649									L-10 ≤ L ≤ L+10
Elementdicke	100,4			100,6			100,5			D≤100+2mm/ >100+2%
¹⁾ nach DIN EN14509:2013-12										

Tabelle 4.3: Geometrie HIPERTEC N WALL S/S 100

Nr.	Mittelw. L	Mittelw.B	Mittelw. H	Volumen	Gewicht Miwo	Dichte
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm³]	[g]	[kg/m³]
1	99,9	99,1	88,2	873881,6	99,4	113,8
2	99,9	99,5	88,2	876635,7	98,9	112,8
3	99,9	99,9	88,4	882244,3	99,5	112,8
4	99,7	99,4	88,1	873365,6	98,6	112,9
5	100,0	99,9	88,3	882125,1	108,5	122,9
Mittelwert	99,9	99,6	88,3	877650,4	101,0	115,0

Tabelle 4.4: Bestimmung der Rochdichte des Kernwerkstoffes



28.05.20

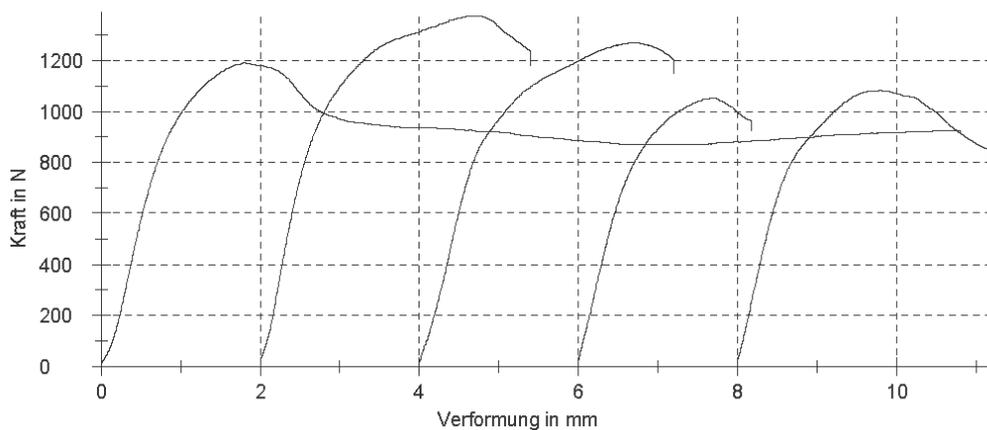
Prüfprotokoll

Kunde : DIBt Forschung Prüfer : Schmied
 Auftrags-Nr. : 1815005-6e Bemerkung :
 Probentyp : HTW100
 Geschwindigkeit Druckmodul : 3 mm/min
 Geschwindigkeit Quetschgrenze : 3 mm/min
 Prüfgeschwindigkeit : 3 mm/min

Prüfergebnisse:

Nr	E _d MPa	F _{max} kN	σ _{0,10} MPa	σ _{0,01} MPa	L ₀ mm	L _c mm	a ₀ mm	b ₀ mm	h ₀ mm	S ₀ mm ²
1	14,6	1,19	0,10	0,12	98,10	98,10	96,1	99,5	98,1	9561,95
2	17,4	1,38	-	0,14	99,30	99,30	96,8	99,9	99,3	9670,32
3	13,6	1,27	-	0,13	99,30	99,30	96,5	99,9	99,3	9640,35
4	13,5	1,05	-	0,11	99,30	99,30	96	99,9	99,3	9590,40
5	14,1	1,08	-	0,11	99,30	99,30	96,2	99,8	99,3	9600,76

Seriengrafik:



Statistik:

Serie	E _d MPa	F _{max} kN	σ _{0,10} MPa	σ _{0,01} MPa	L ₀ mm	L _c mm	a ₀ mm	b ₀ mm	h ₀ mm	S ₀ mm ²
n = 5	MPa	kN	MPa	MPa	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²
\bar{x}	14,7	1,19	0,10	0,12	99,06	99,06	96,32	99,8	99,06	9612,76
s	1,61	0,13	-	0,01	0,54	0,54	0,3271	0,1732	0,5367	42,72
v	10,97	11,21	-	10,85	0,54	0,54	0,34	0,17	0,54	0,44

Tabelle 4.5: Druckversuche HIPERTEC N WALL S/S 100

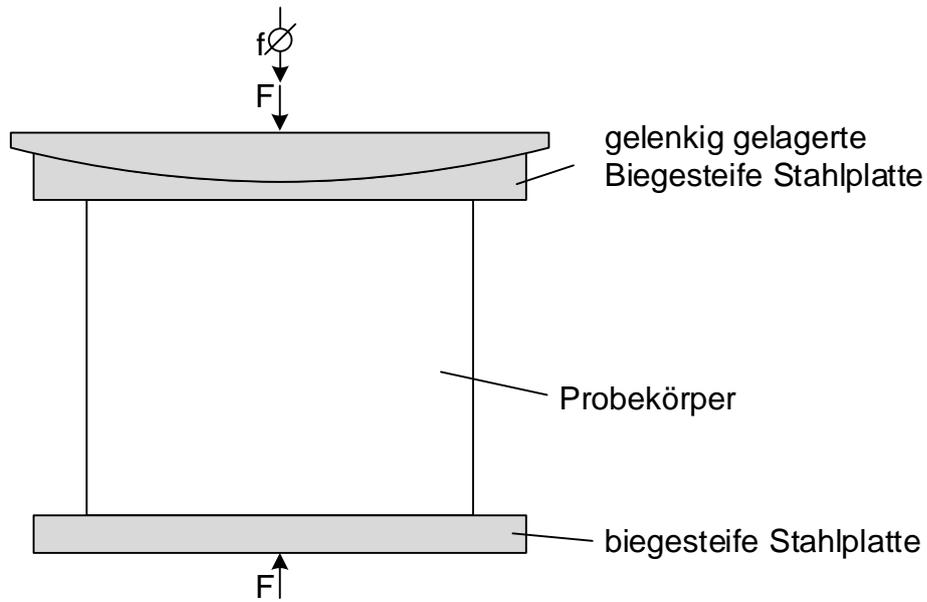


Abb. 4. 1: Schematischer Versuchsaufbau der Druckversuche bei Raumtemperatur



Abb. 4.2: Versuchsaufbau der Druckversuche

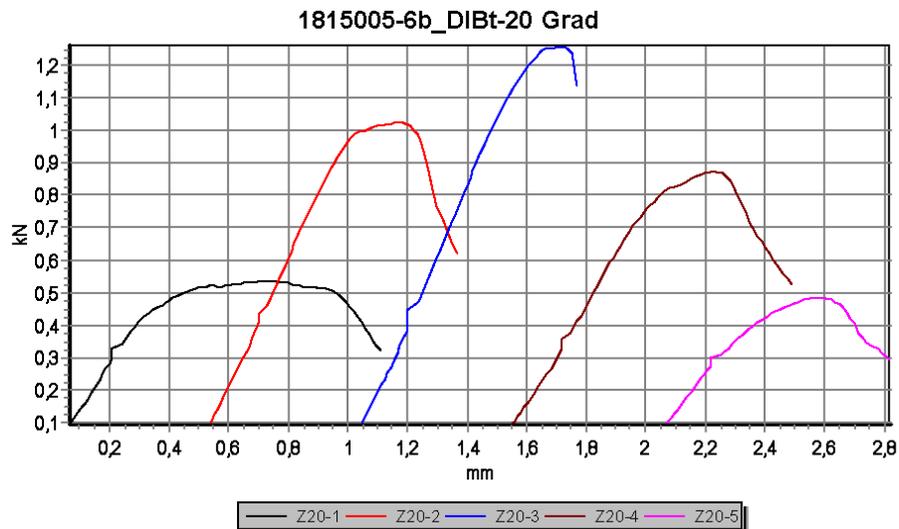
KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-6b
Kunde	DIBt
Prüfdatum	12.05.2020
Prüfer	Brüssel
Prüfmaschine	M5

Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Elementtyp	MiWo D=100mm
Prüfgeschwindigkeit	3 mm/min
Blechdicke I	0,6 mm
Blechdicke II	0,5 mm

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]	Bruchbild [%]	Bemerkung
Z20-1	97,8	100,1	99,250	98,2	13,716	534,50	0,055	100k,a	
Z20-2	98,0	100,1	99,090	98,0	20,797	1023,85	0,104	100k,a	
Z20-3	97,8	100,0	98,910	97,8	22,253	1256,15	0,128	100k,a	
Z20-4	97,8	100,0	98,910	97,8	16,398	873,30	0,089	100k,a	
Z20-5	97,7	99,8	99,195	98,1	12,048	486,15	0,050	100k,a	



Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]
MW	97,8	100,0	99,071	98,0	17,042	834,79	0,085
log. 75%	97,551	99,699	98,683	97,540	8,683	283,099	0,029

Tabelle 4.6: Zugversuche bei Raumtemperatur HIPERTEC N WALL S/S 100

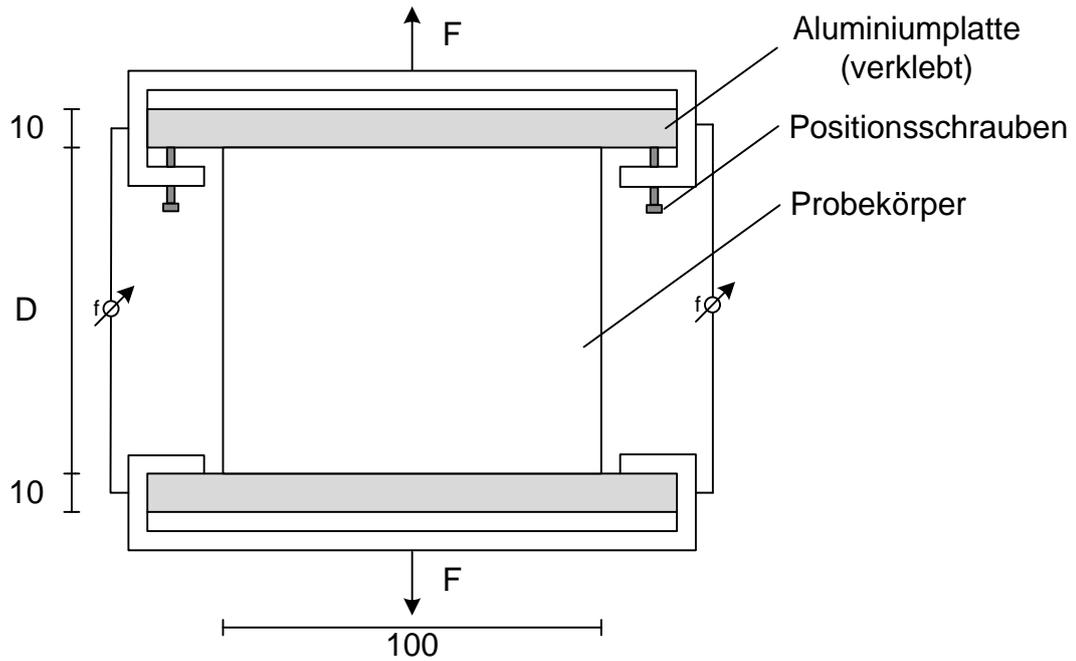


Abb. 4.3: Schematischer Versuchsaufbau der Zugversuche bei Raumtemperatur



Abb. 4.4: Versuchsaufbau der Zugversuche bei Raumtemperatur



Abb. 4.5: Versagensbilder Querzug 20°C

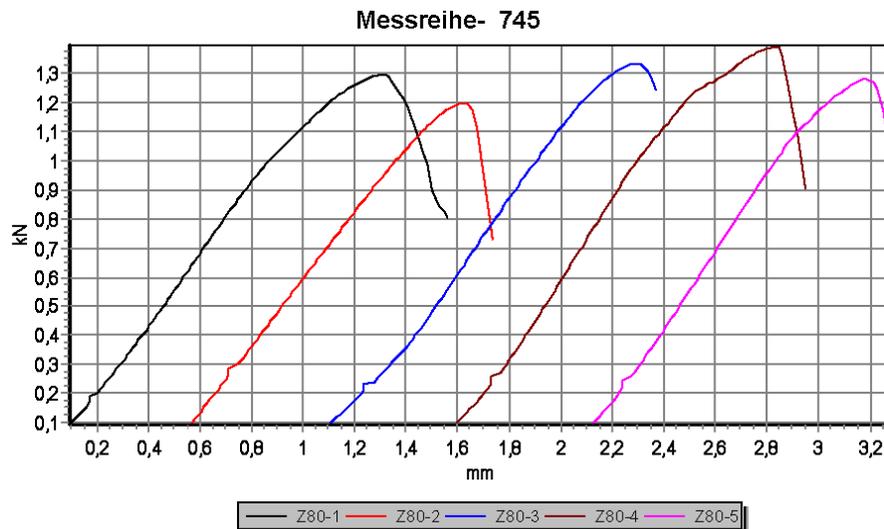
KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-6c
Kunde	DIBt
Prüfdatum	14.05.2020
Prüfer	Brüssel
Prüfmaschine	M5

Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Elementtyp	HTW100
Prüfgeschwindigkeit	3 mm/min
Blechdicke I	0,6 mm
Blechdicke II	0,5 mm

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]	Bruchbild [%]	Bemerkung
Z80-1	98,5	100,0	99,020	97,9	12,514	1294,30	0,131	85k,a	
Z80-2	98,6	99,9	99,160	98,1	11,672	1197,55	0,122	85k,i	
Z80-3	98,6	99,9	98,890	97,8	13,111	1334,95	0,136	85k,a	
Z80-4	98,3	99,8	98,875	97,8	14,100	1391,40	0,142	85k,i	
Z80-5	98,4	99,9	99,015	97,9	13,493	1280,15	0,130	80k,a	



Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]
MW	98,5	99,9	98,992	97,9	12,978	1299,67	0,132
log. 75%	98,159	99,726	98,707	97,599	10,832	1132,338	0,115

Tabelle 4.7: Zugversuche bei 80°C HIPERTEC N WALL S/S 100

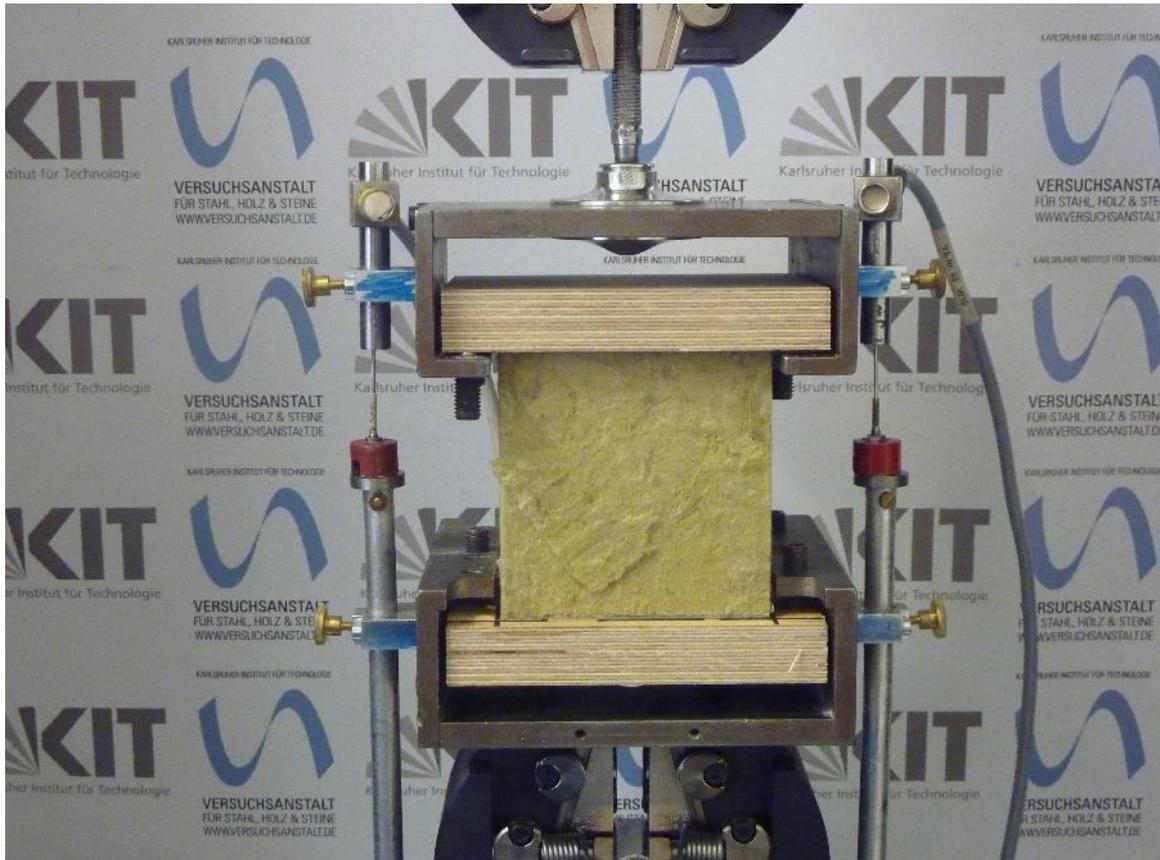


Abb. 4.6: Querzugversuche 80°C senkrecht zur Deckschicht

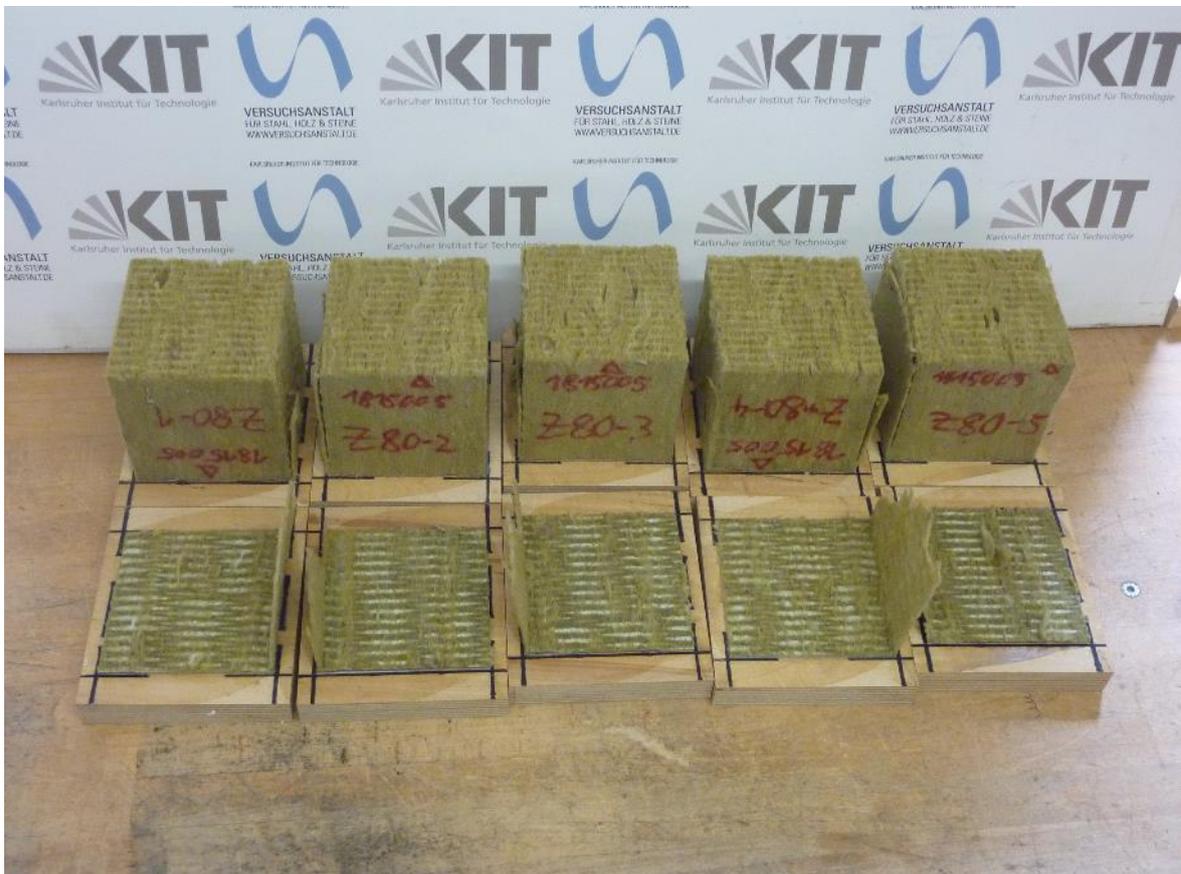


Abb. 4.7: Übersicht Versagensbilder Querzug 80°C

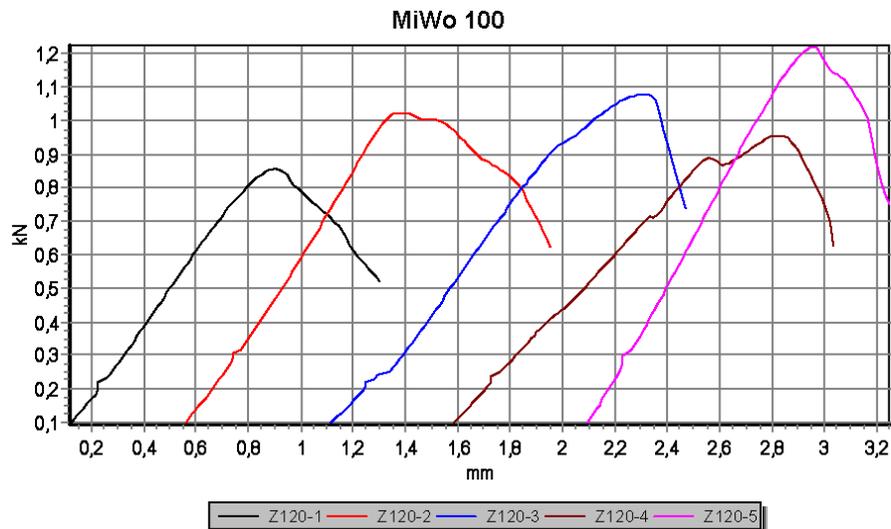
KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-6d
Kunde	DIBt
Prüfdatum	26.05.2020
Prüfer	Brüssel
Prüfmaschine	M5

Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.1
Elementtyp	MiWo 100
Prüfgeschwindigkeit	3 mm/min
Blechdicke I	0,6 mm
Blechdicke II	0,5 mm

Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]	Bruchbild [%]	Bemerkung
Z120-1	98,0	99,8	98,805	97,7	11,178	855,70	0,087	95k	
Z120-2	98,5	99,9	98,995	97,9	13,287	1023,05	0,104	95k	
Z120-3	98,4	99,8	99,070	98,0	11,166	1076,95	0,110	95k	
Z120-4	98,6	100,0	99,085	98,0	8,384	955,40	0,097	95k	
Z120-5	98,4	100,0	98,930	97,8	14,353	1219,05	0,124	95k	



Name	ao [mm]	b [mm]	L0T [mm]	dC [mm]	ECt [MPa]	Fmax [N]	fCt [MPa]
MW	98,4	99,9	98,977	97,9	11,674	1026,03	0,104
log. 75%	97,819	99,654	98,695	97,559	6,895	735,797	0,075

Tabelle 4.8: Zugversuche bei 140°C HIPERTEC N WALL S/S 100



Abb. 4.8: Querzugversuche 140°C senkrecht zur Deckschicht



Abb. 4.9: Versagensbilder Querzug 140°C

KIT Stahl- und Leichtbau
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

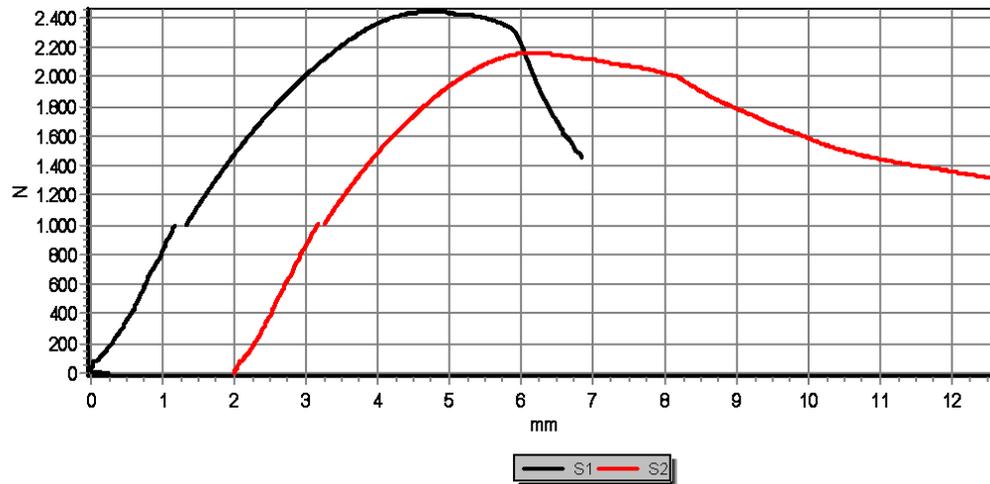
Prüfprotokoll

Auftragsnummer	1815005-6a
Kunde	DIBt-Forschung
Prüfdatum	12.05.2020
Prüfer	Br
Prüfmaschine	M5
Prüfvorschrift	DIN EN 14509, A.3
Prüfgeschwindigkeit	8mm/min

Elementtyp	MiWo 100
Blechdicke oben	0,6
Blechdicke unten	0,6
Kernblechdicke oben	0,508
Kernblechdicke unten	0,511
Stützweite	700 / 600mm
Auflast	3155 g

Gc ermittelt zwischen 500N und 1000N

Name	b [mm]	h [mm]	Lv [mm]	GC [MPa]	fCv [MPa]	Fu [N]	Fmax [N]	Δ_W [mm]	Δ_F [N]	Versagen
S1	98,05	98,31	700,000	13,64	0,129	2471	2440	0,507	497,100	Schubbruch
S2	98,48	98,52	600,000	10,14	0,114	2195	2164	0,554	500,950	Schubbruch



Name	b [mm]	h [mm]	Lv [mm]	GC [MPa]	fCv [MPa]	Fu [N]	Fmax [N]	Δ_W [mm]	Δ_F [N]
MW	98,27	98,42	650,000	11,89	0,121	2333	2302	0,530	499,025
s	0,30	0,15	70,711	2,47	0,011	195	195	0,033	2,722
log. 75%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabelle 4.9: Schubversuche am Schubalken nach DIN EN 14509, A.3, Positivlage HIPERTEC N WALL S/S 200



Abb. 4.10: Versuchsaufbau Schubbalken



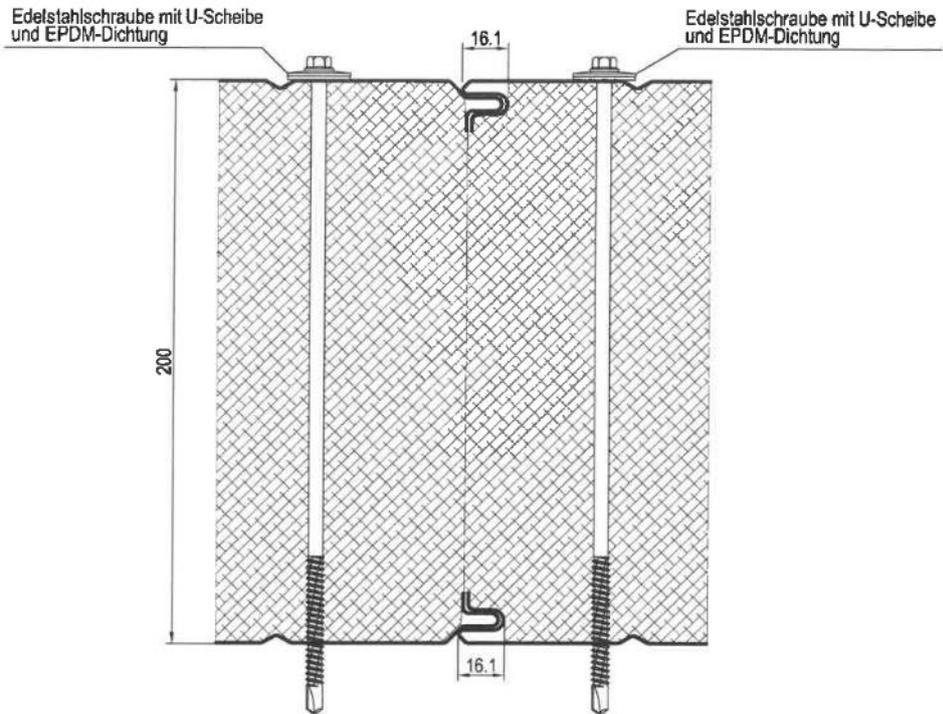
Abb. 4.11: Versagensbild Schubbruch Versuch S01

Auftrag Nr.: 1815005-5c zu IBMB V1

Prüfdatum: 25.05-29.05.2020 Prüfer: sv

Probe Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Masse Probekörperhalter (Behälter)								
Masse m1 [g]	53,7794	53,8799	53,789	53,8806	53,7939	53,8809	53,7808	53,881
Bestimmung der organischen Bestandteile								
Gesamte Masse m2 [g]	64,2818	66,9788	68,1413	65,6236	65,5877	64,2473	66,6110	65,8567
Erste Wägung nach 120 min	63,7181	66,2980	67,3955	64,9881	64,9362	63,7181	65,9555	entfällt
Zweite Wägung nach 120 min	63,7179	66,2973	67,3943	64,9863	64,9356	63,7179	65,9550	65,2195
Massenänderung $\leq 0,5\%$	0,000%	0,001%	0,002%	0,003%	0,001%	0,000%	0,001%	entfällt
Masse m3 [g]	63,7179	66,2973	67,3943	64,9863	64,9356	63,7179	65,9550	65,2195
Gehalt org. Bestandteile Moc	-5,67%	-5,49%	-5,49%	-5,74%	-5,85%	-5,38%	-5,39%	-5,62%

Tabelle 4.10: Gehalt organische Bestandteile



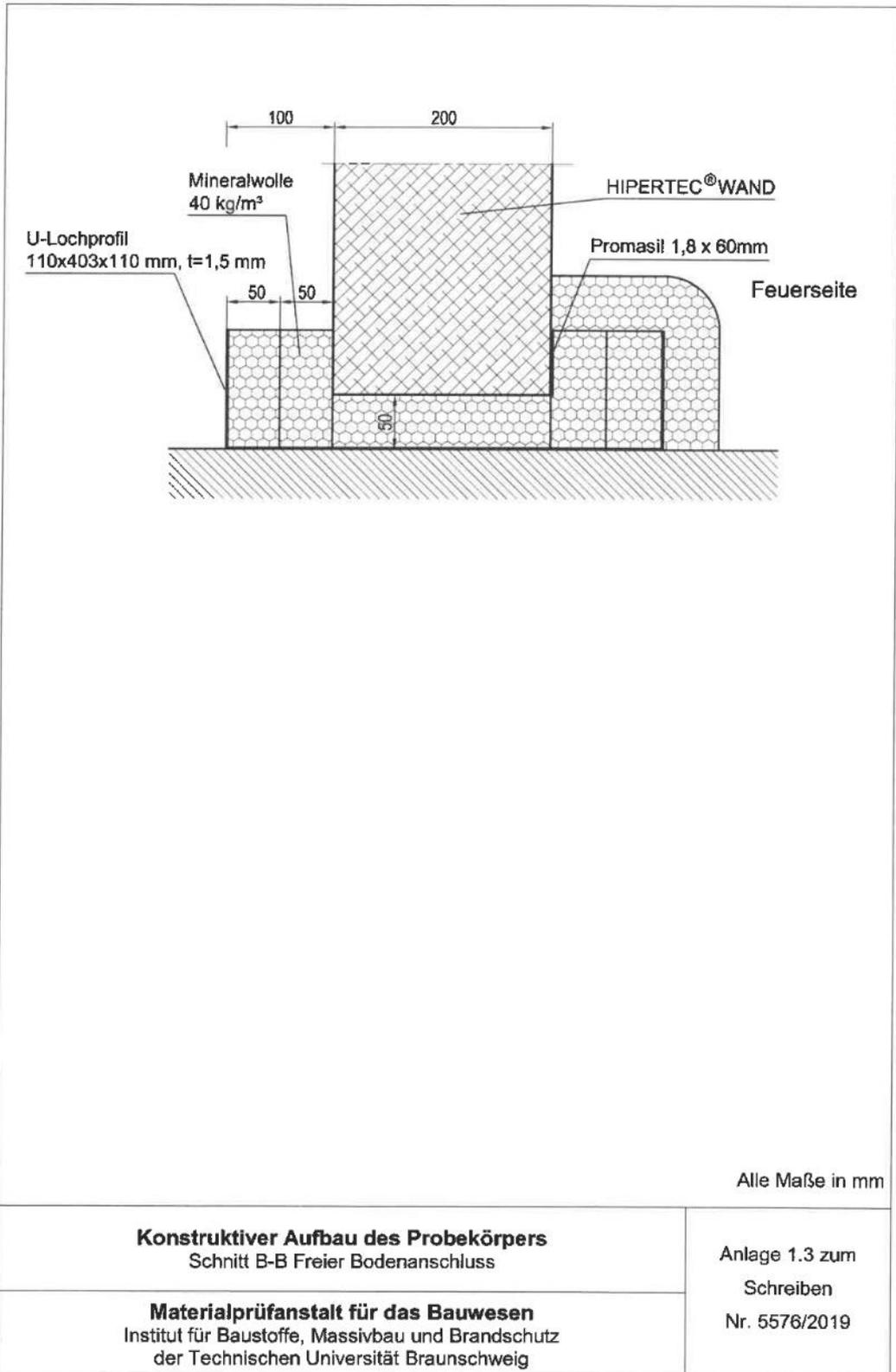
Hipertec® WAND	200 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralwolle, ROCKWOOL

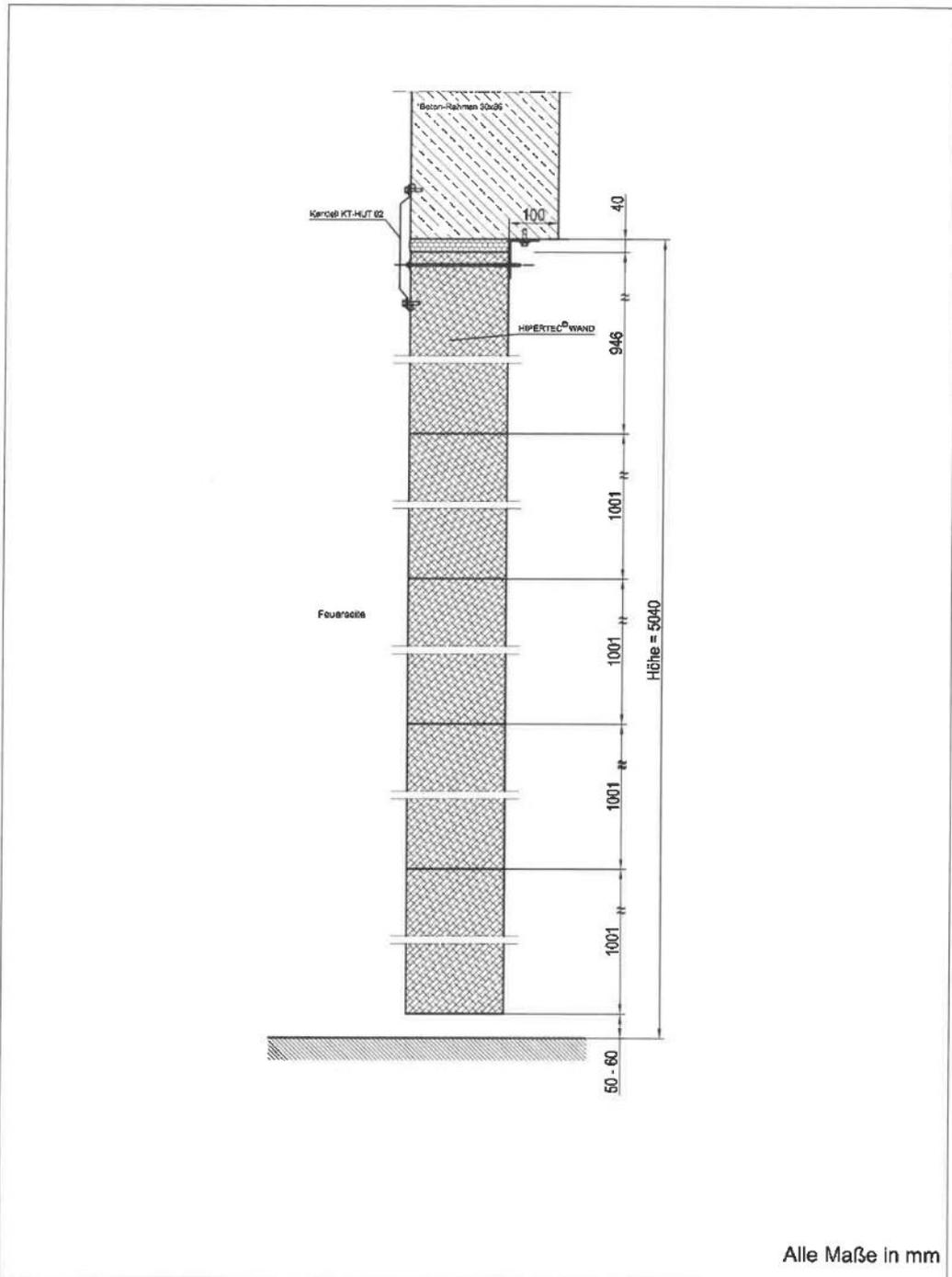
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt A-A Fugenquerschnitt

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

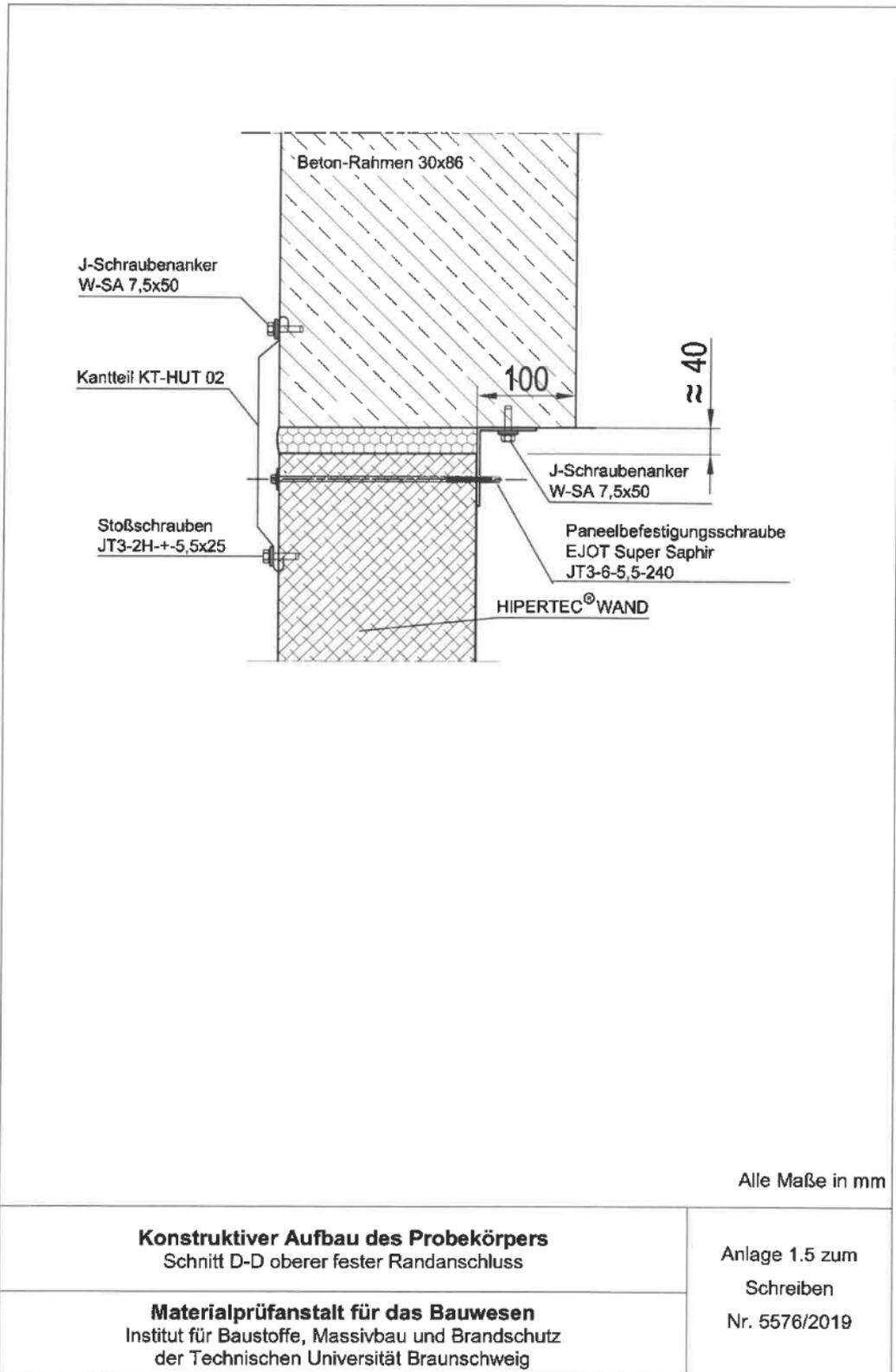
Anlage 1.2 zum
 Schreiben
 Nr. 5576/2019

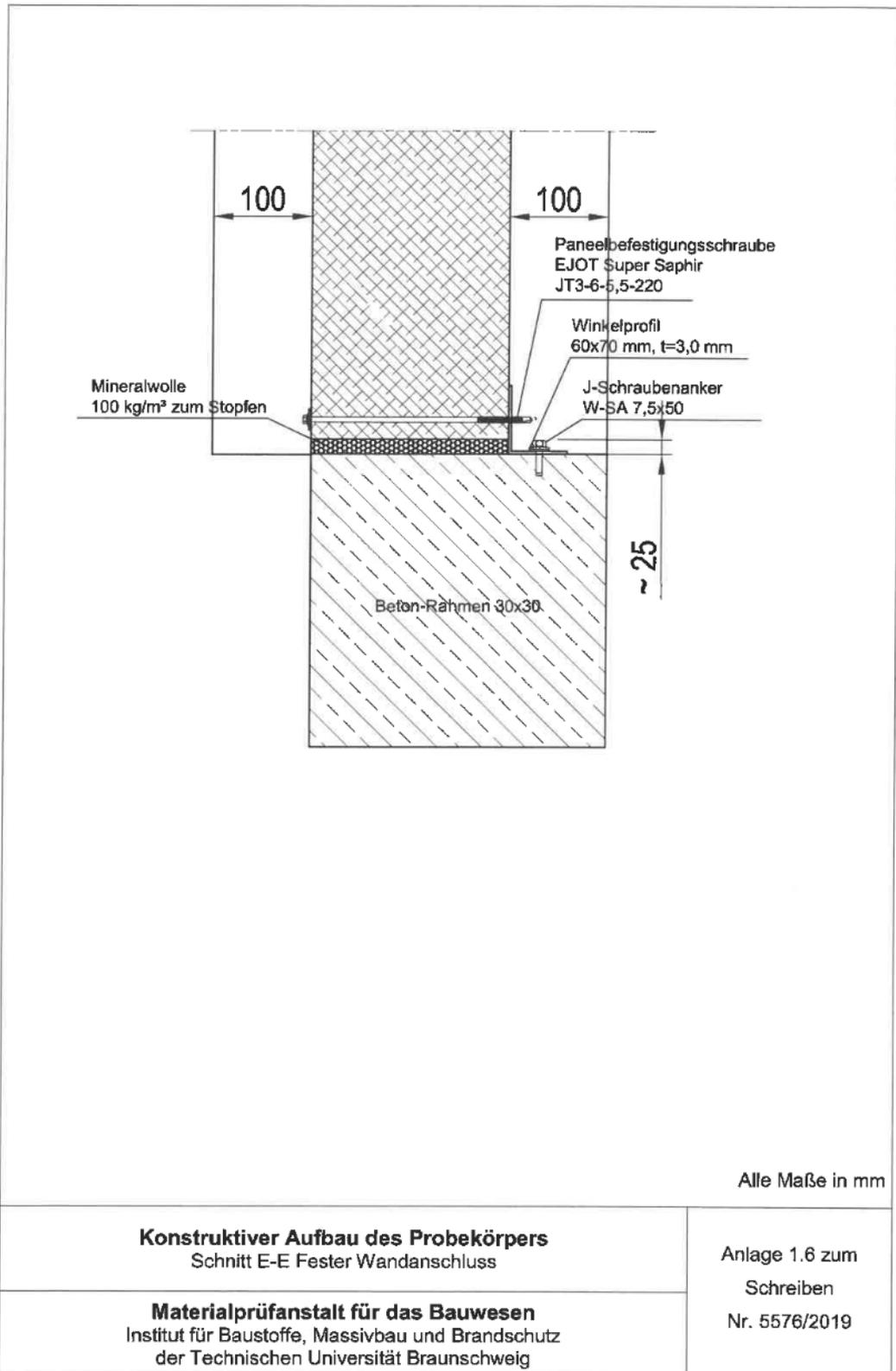




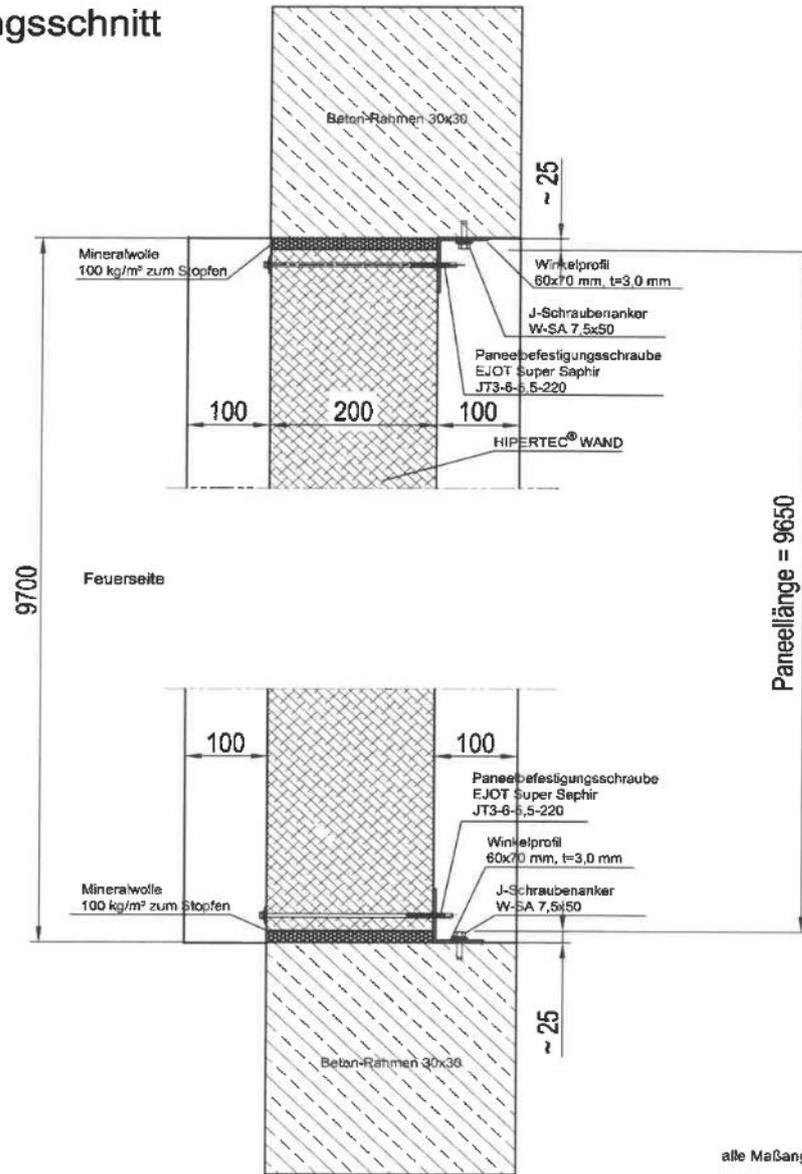
Alle Maße in mm

<p>Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Schnitt C-C Vertikalschnitt/ Elementbreiten</p>	<p>Anlage 1.4 zum Schreiben Nr. 5576/2019</p>
<p>Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig</p>	





HIPERTEC® WAND 200 (horizontal)
 Schnitt F-F
 Längsschnitt



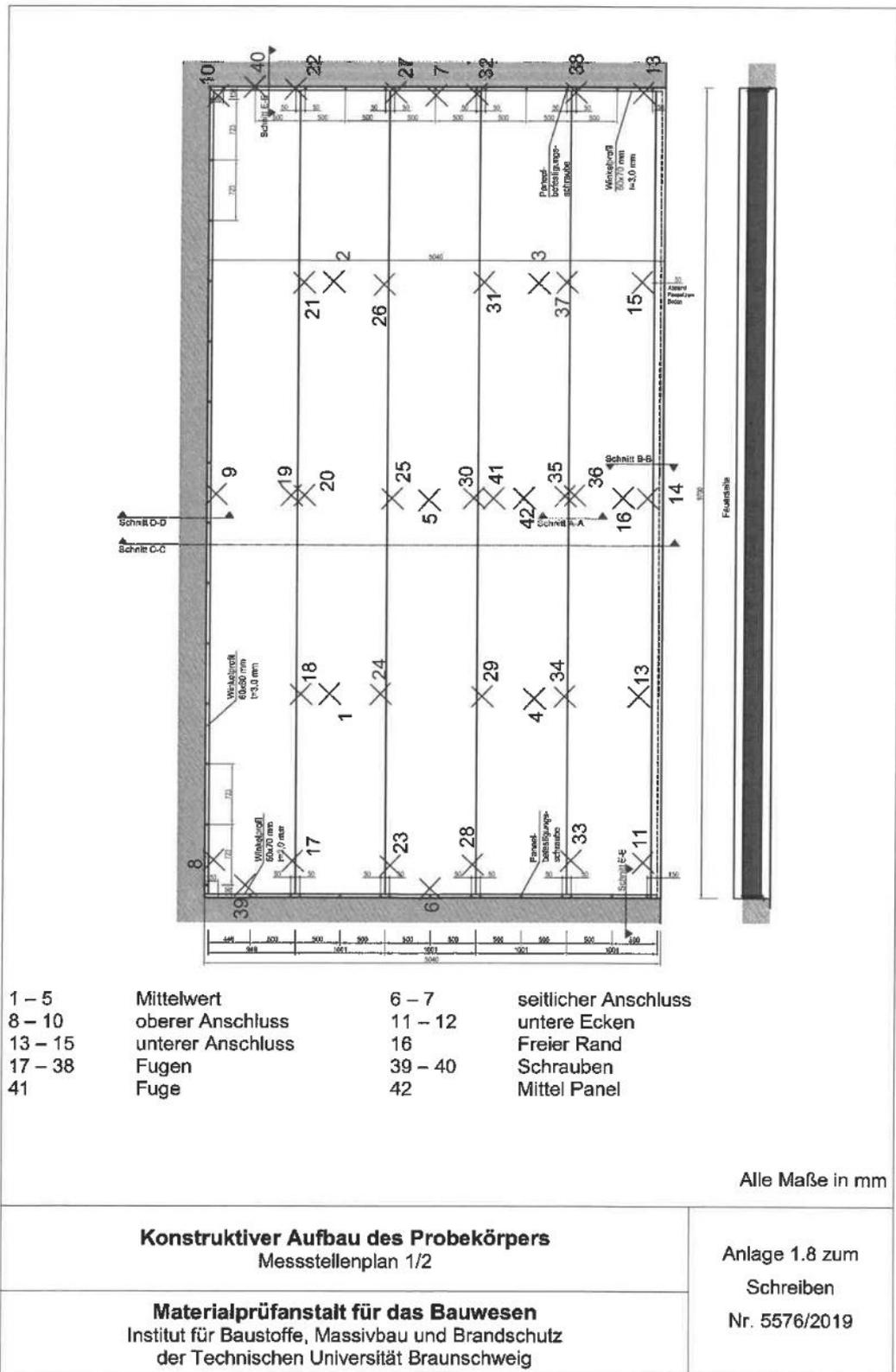
alle Maßangaben in mm
 Zeichnung nicht maßstäblich

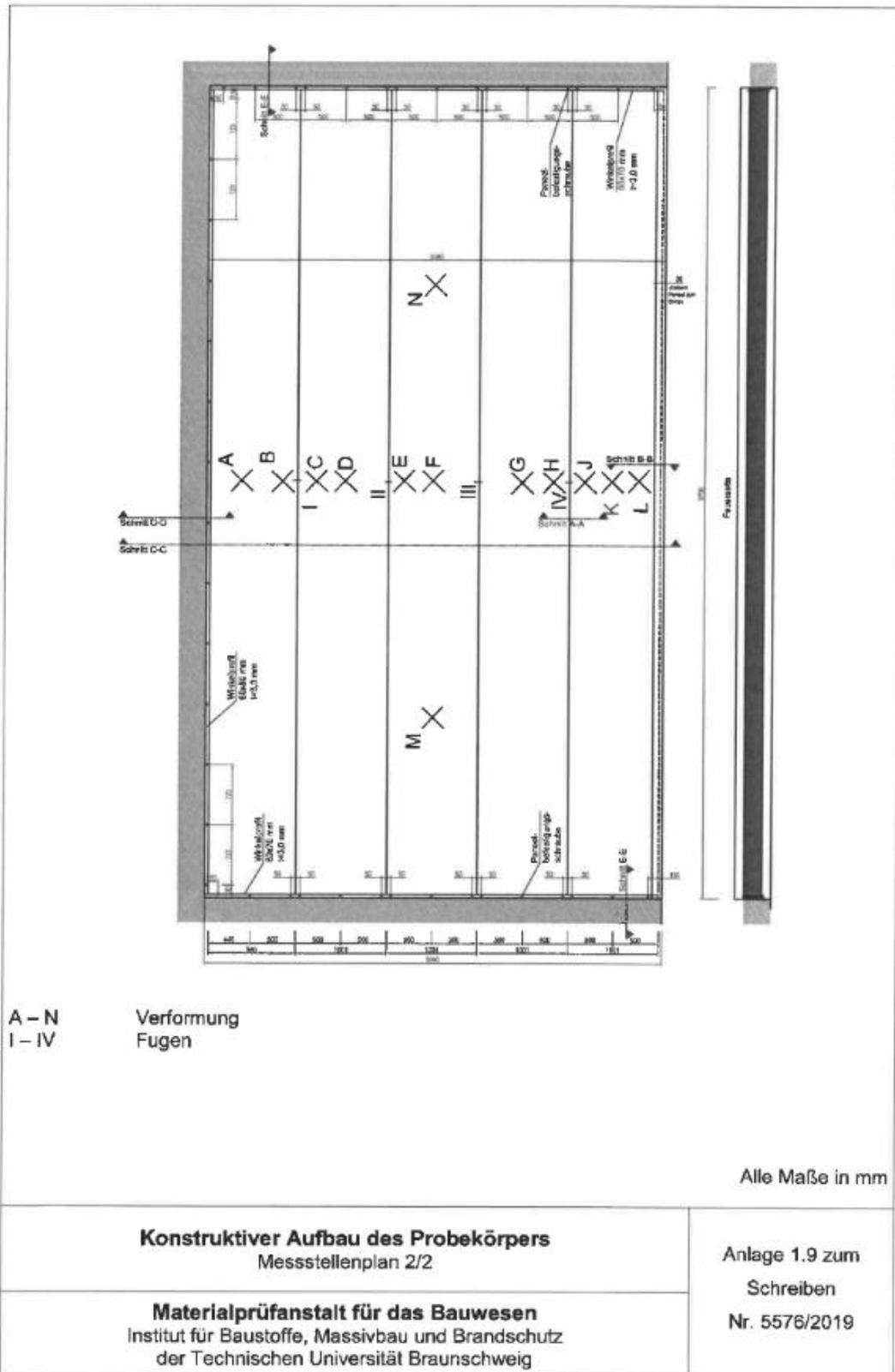
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt F-F Längsschnitt

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

Anlage 1.7 zum
 Schreiben
 Nr. 5576/2019

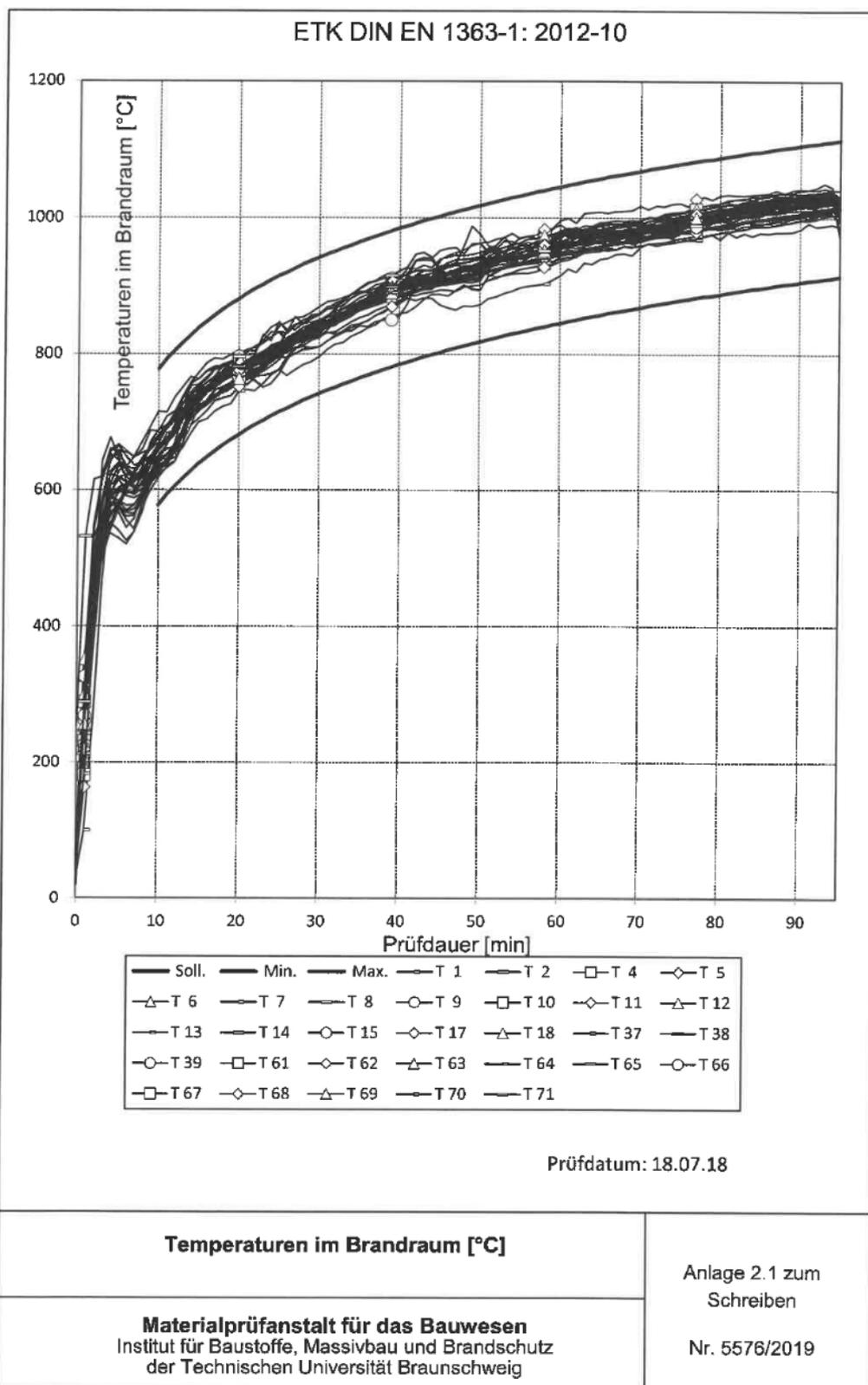


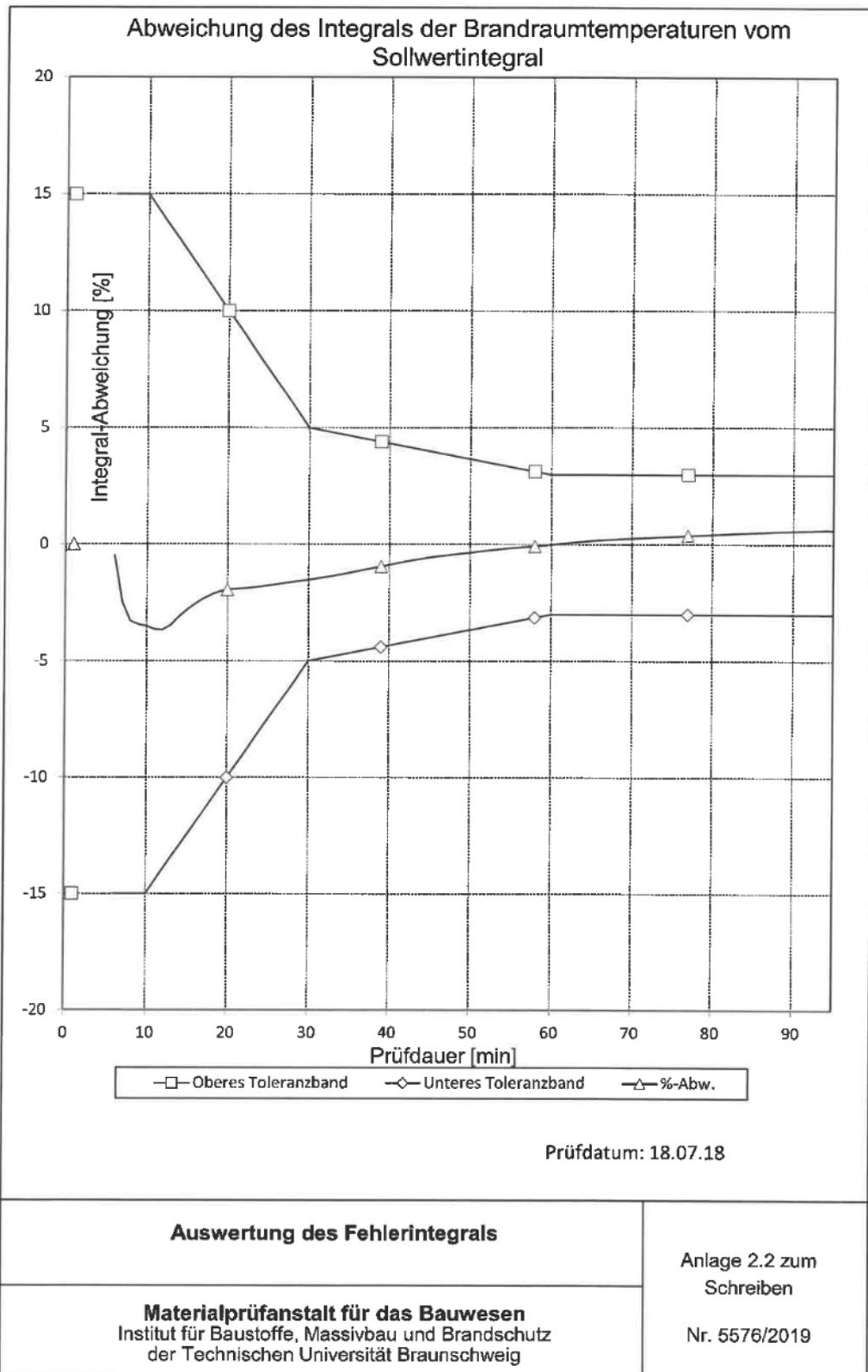


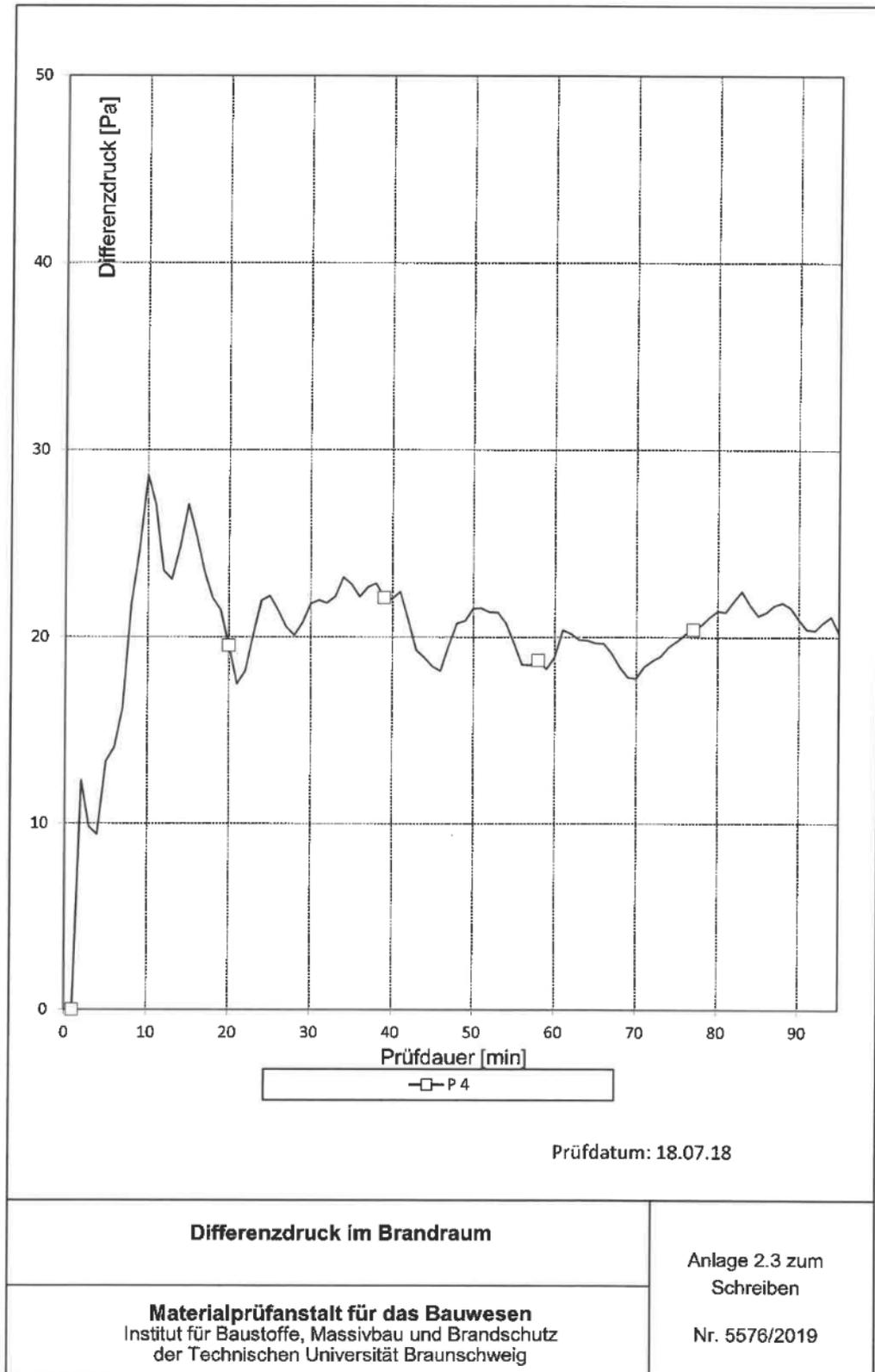
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächen- gewichte	Roh- dichte	Feuchtig- keits- gehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichpaneel HIPERTEC®	Metecno Bausysteme GmbH	200	34,3	170	0,3	- ³⁾
Mineralwolllamelle Rockwool	Deutsche Rockwool GmbH & Co. KG	196	24,1	122	0,4	- ³⁾

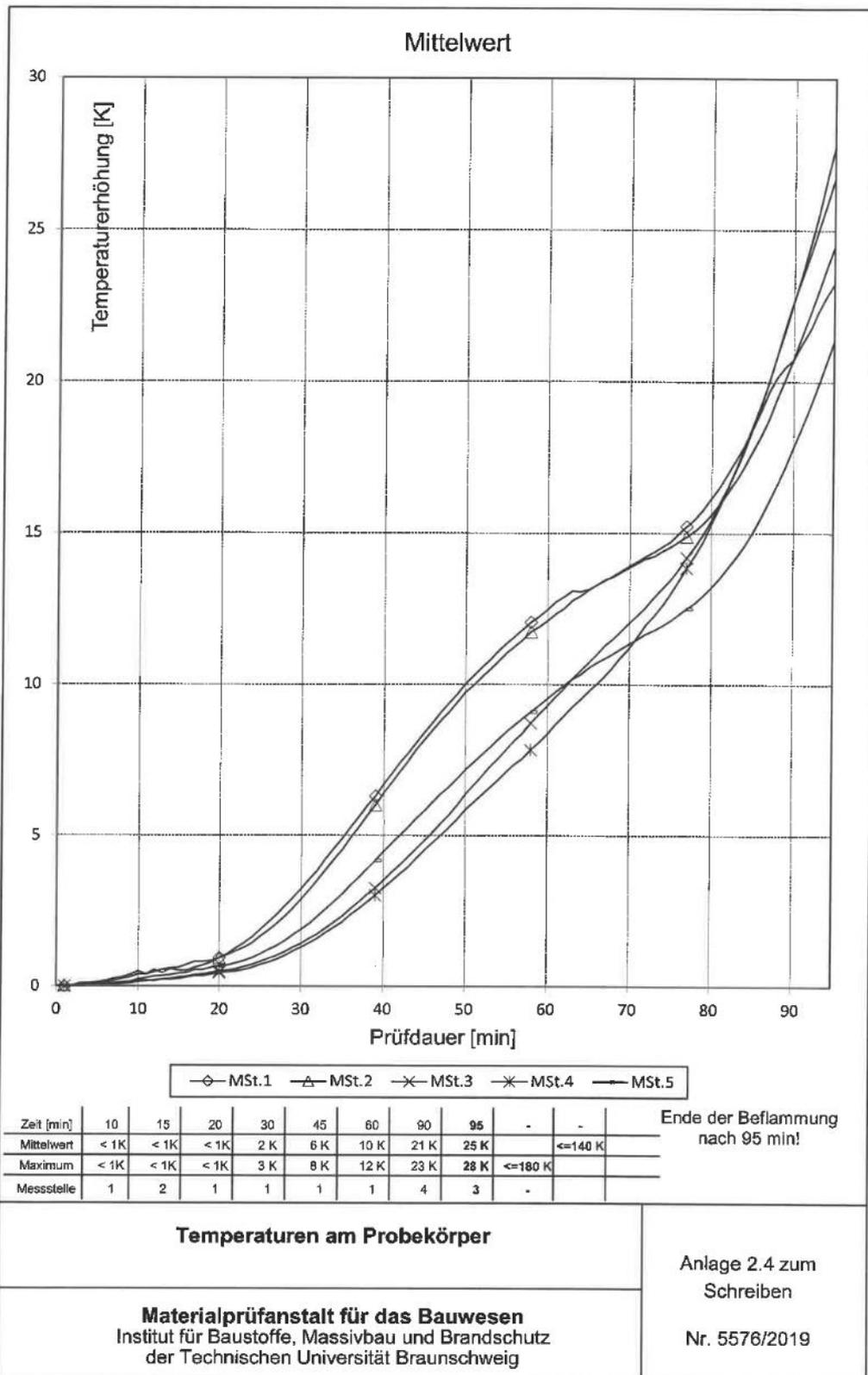
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

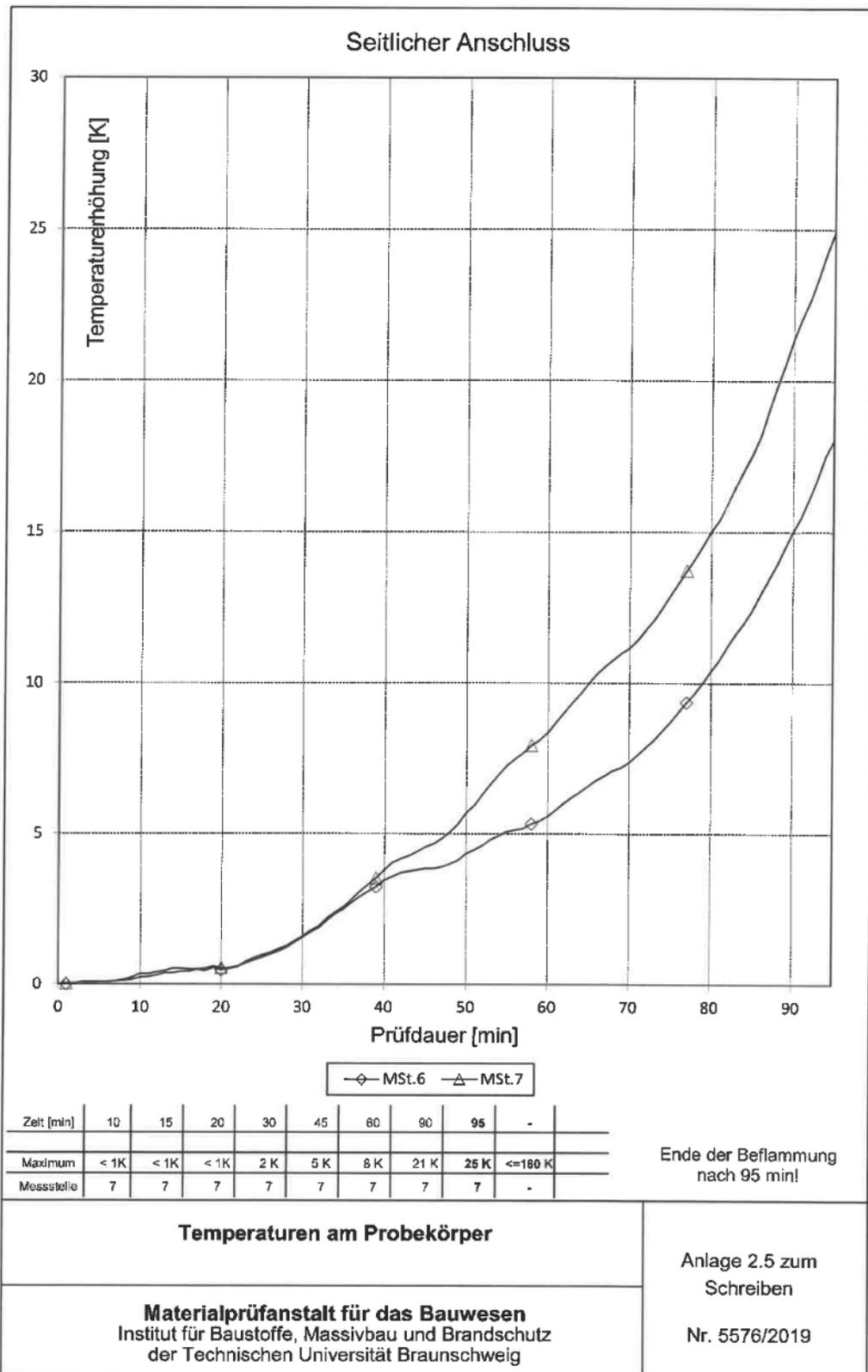
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.10 zum Schreiben Nr. 5576/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

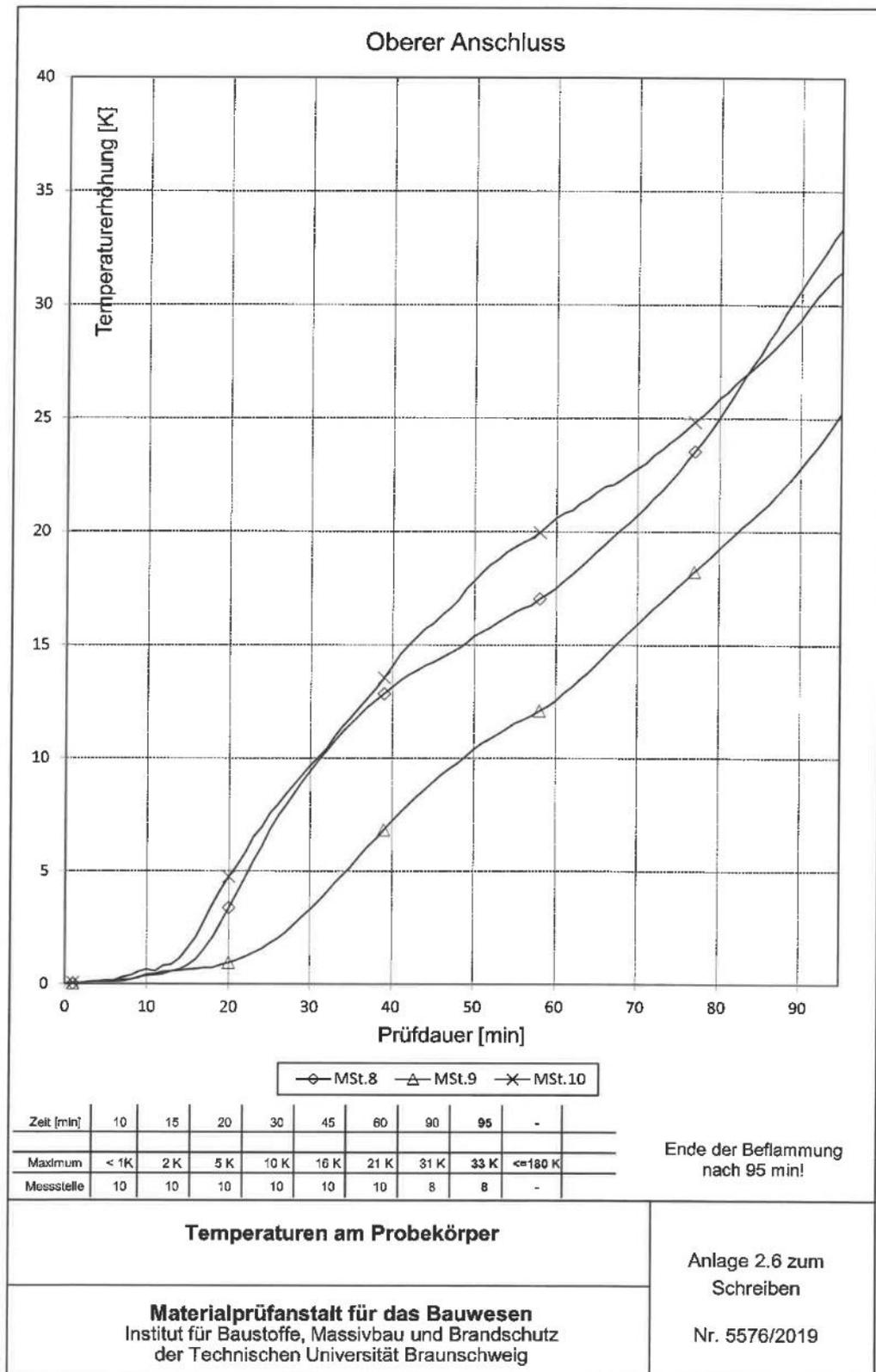


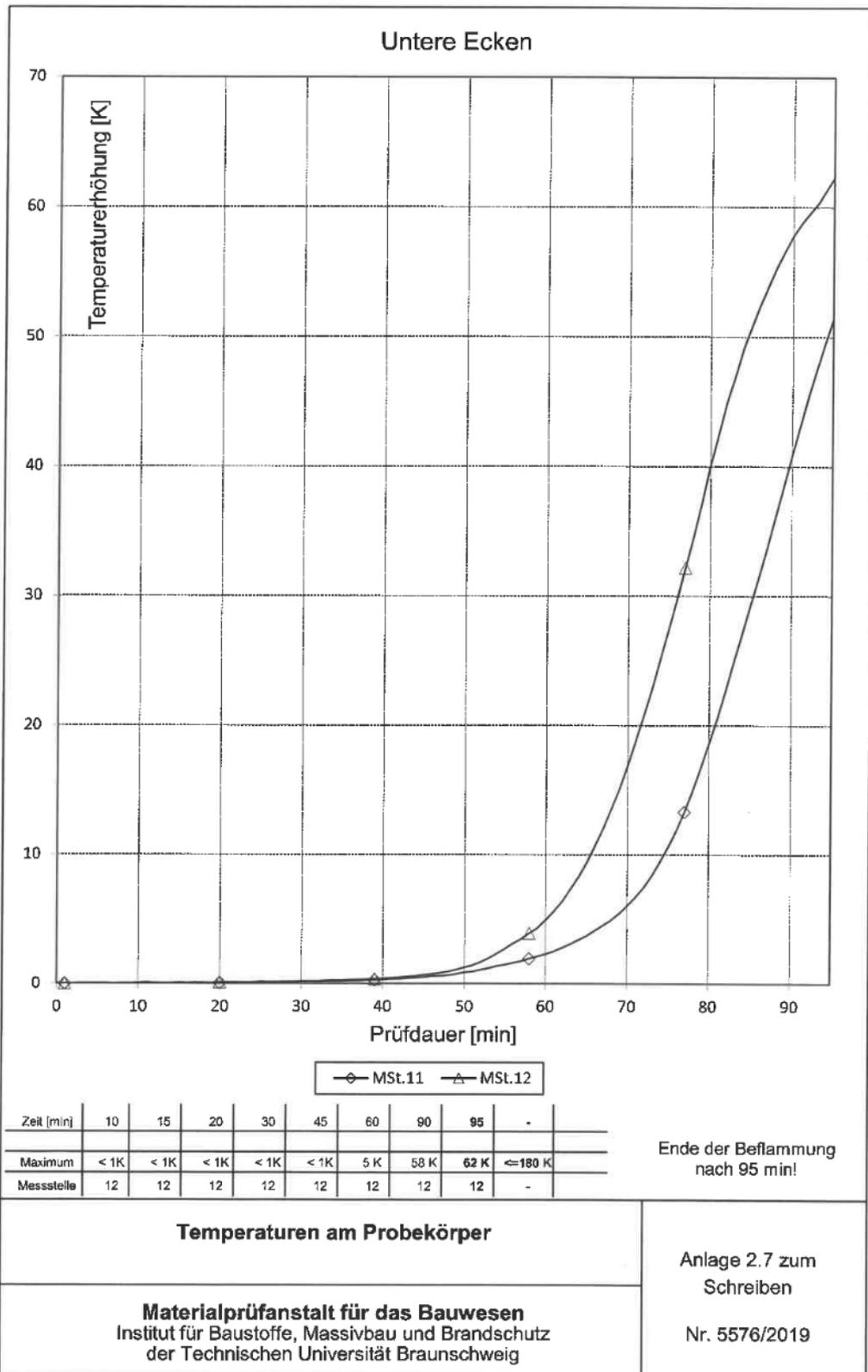


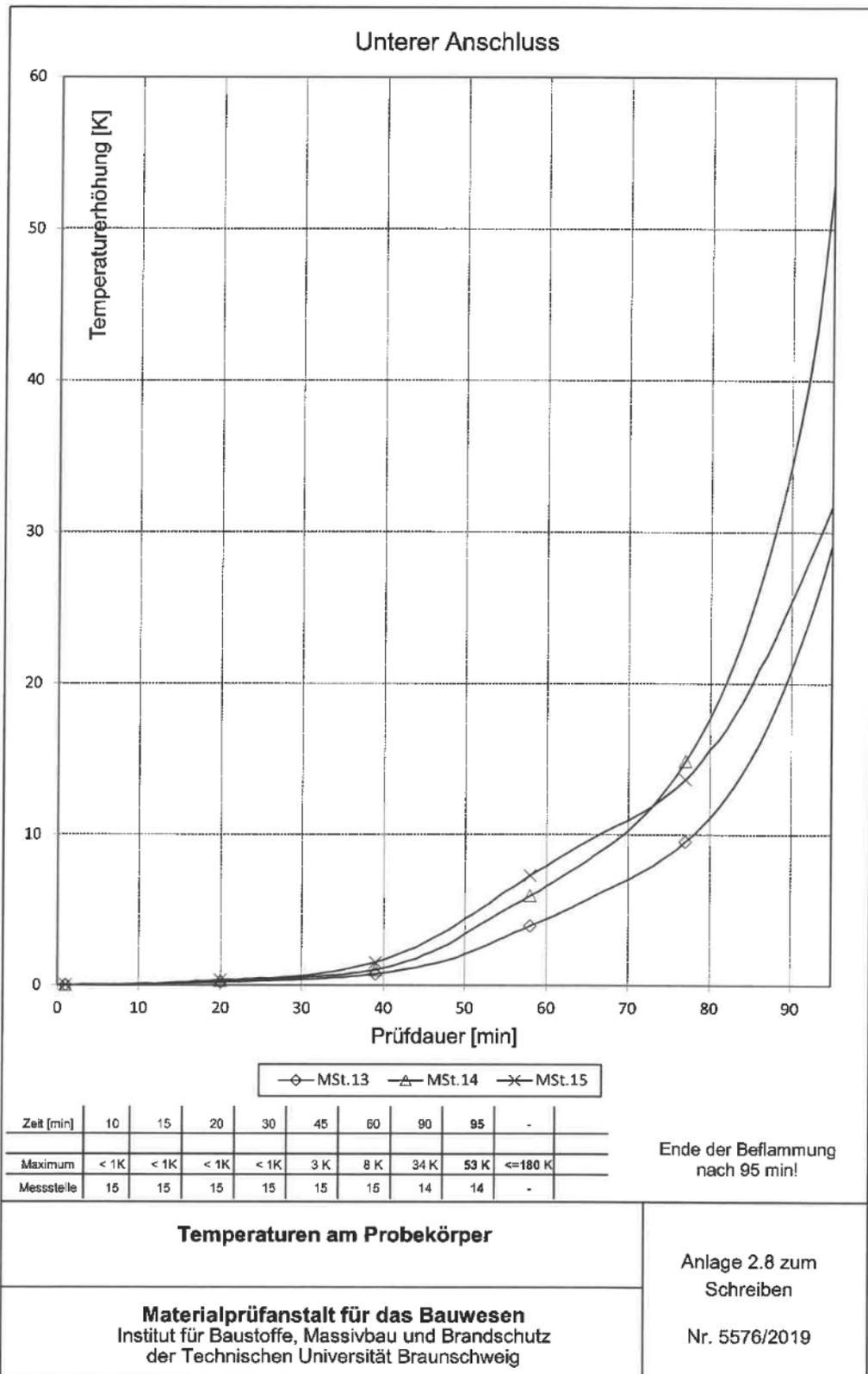


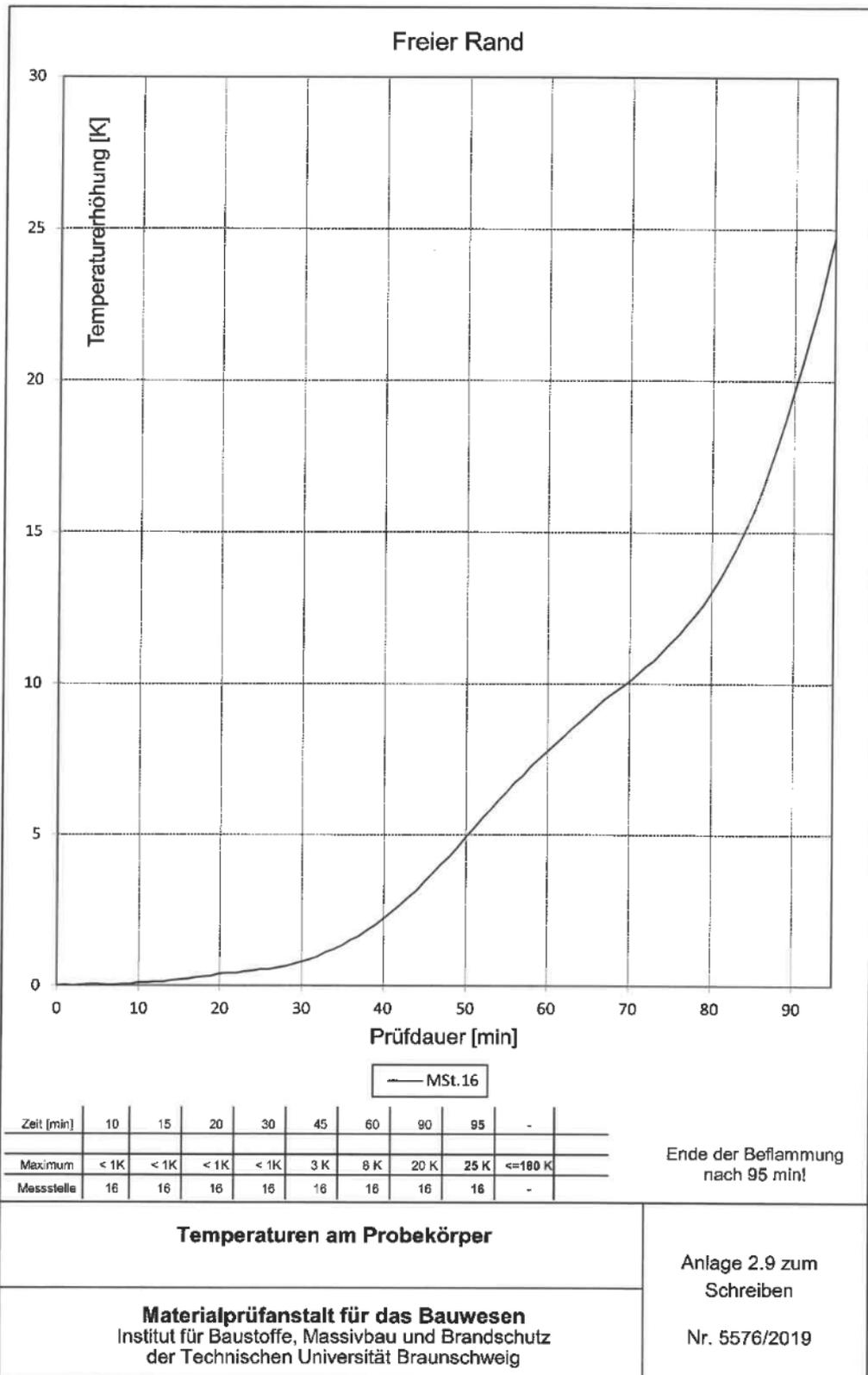


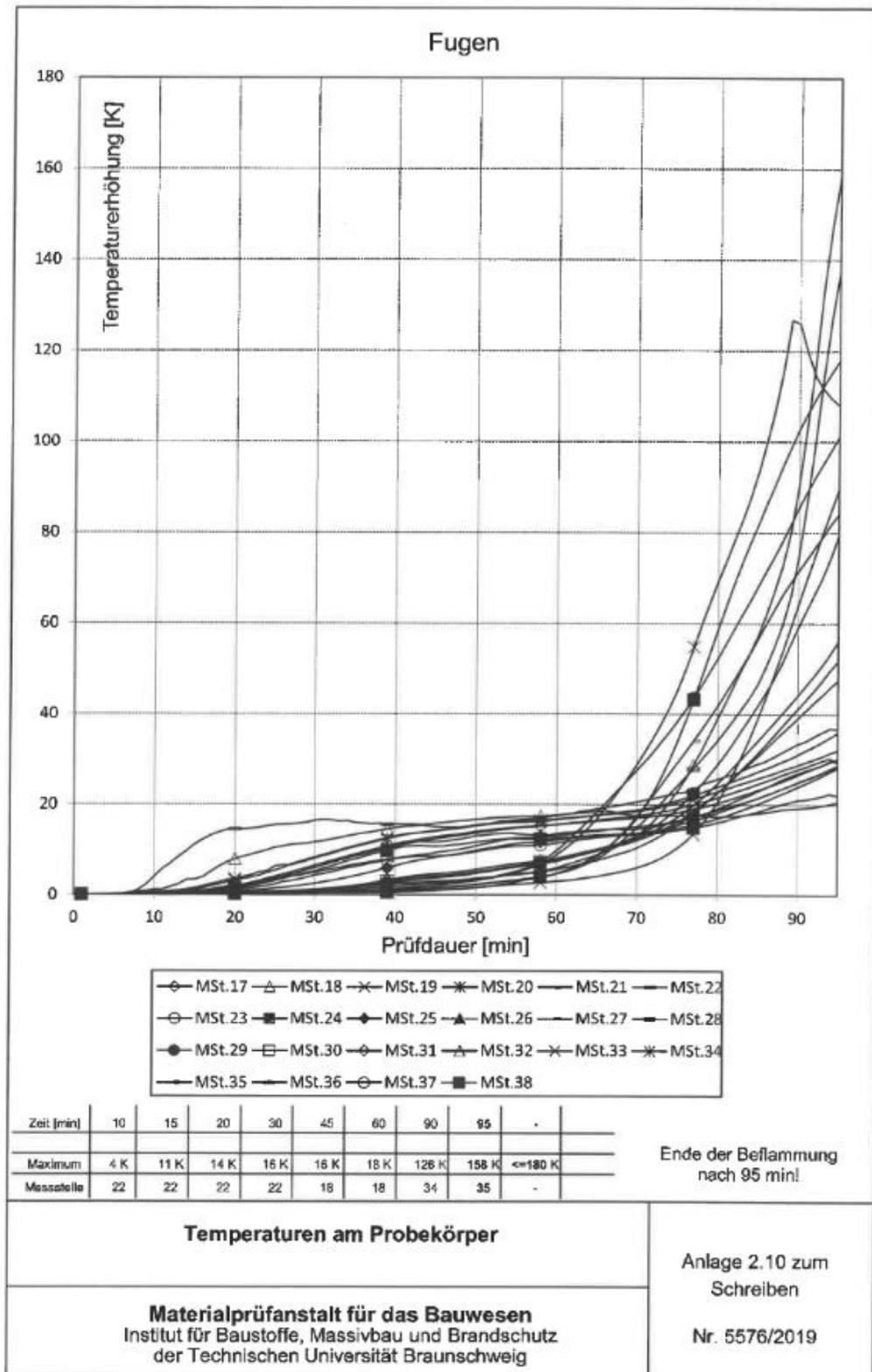


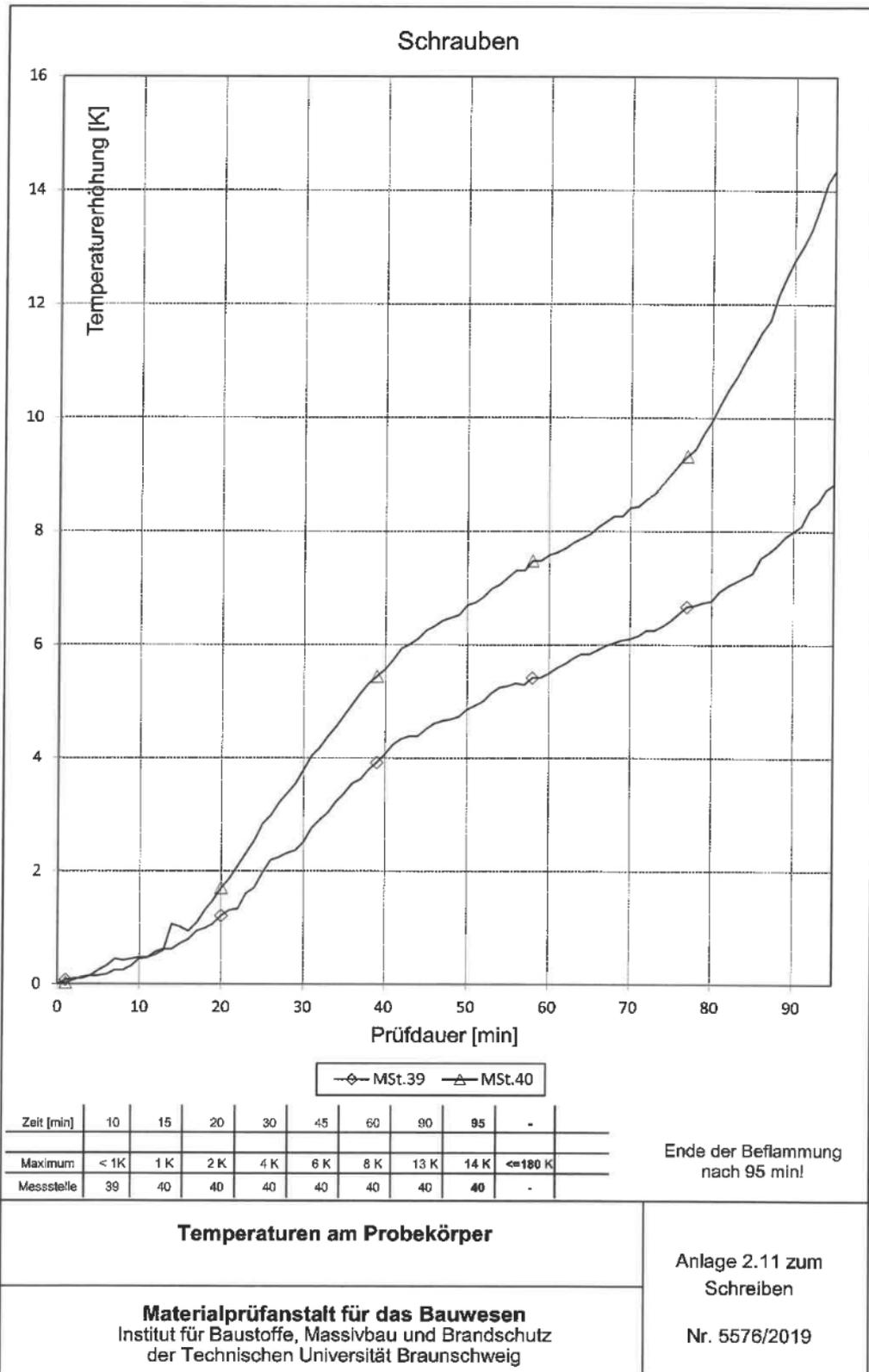


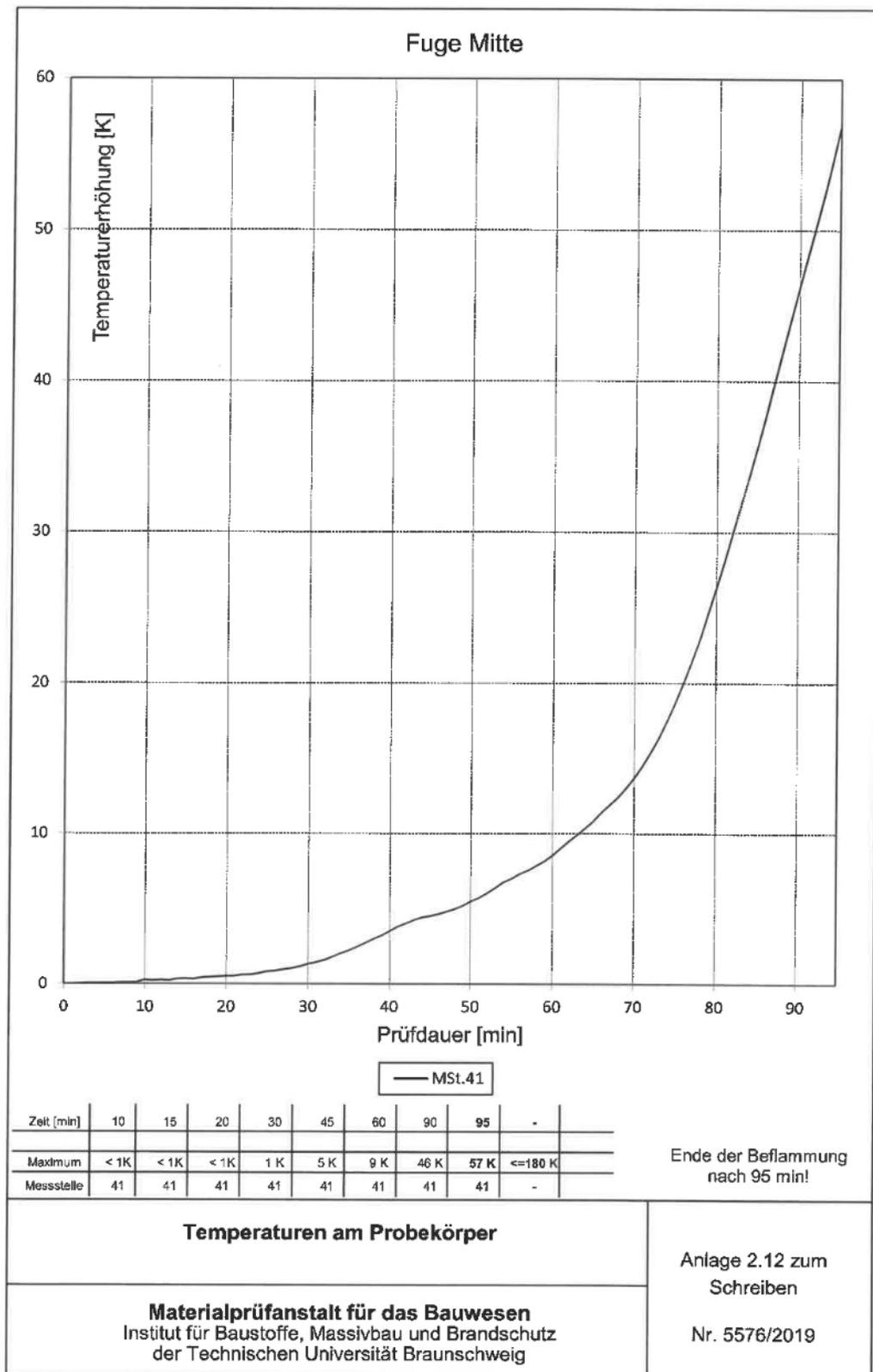


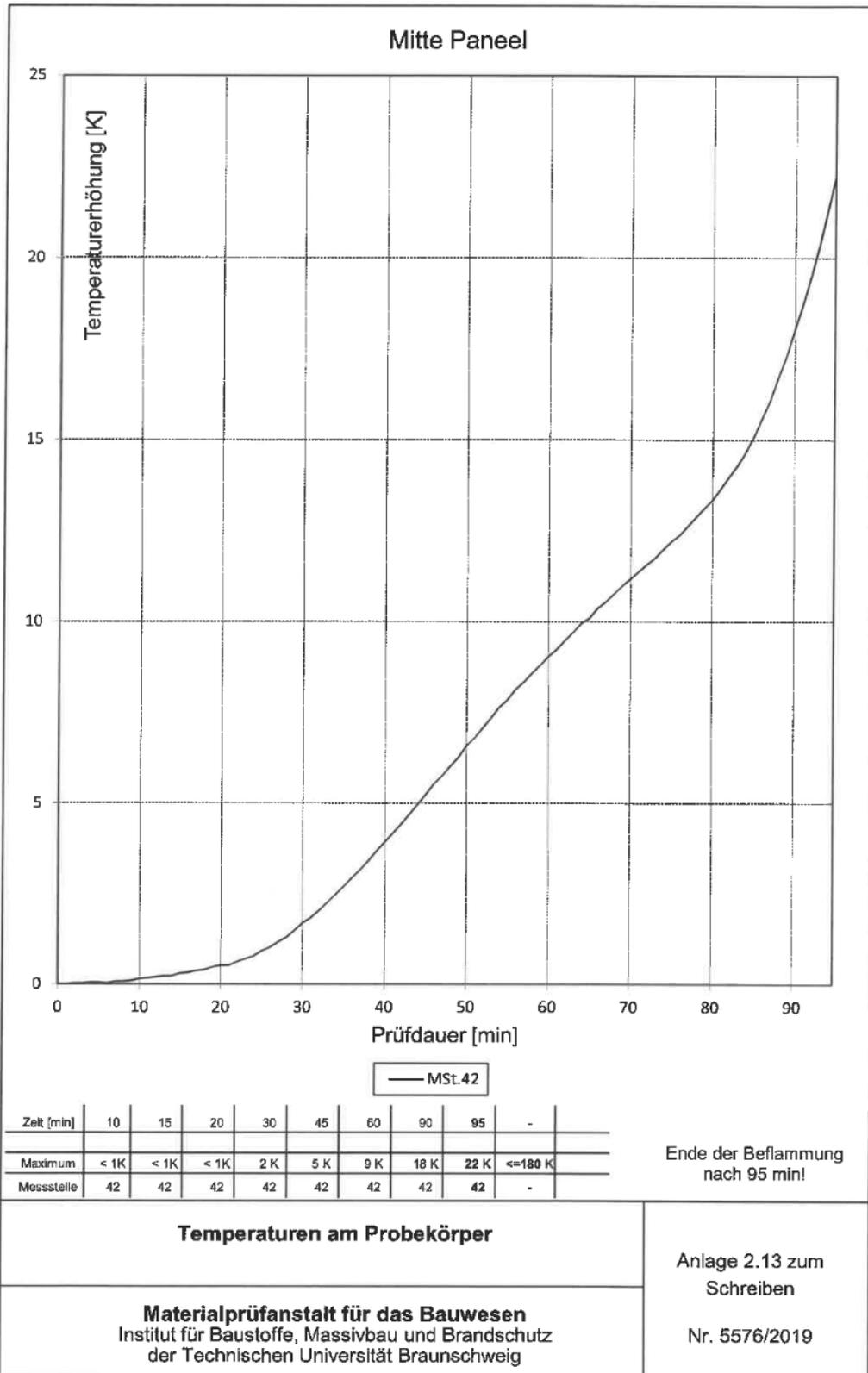


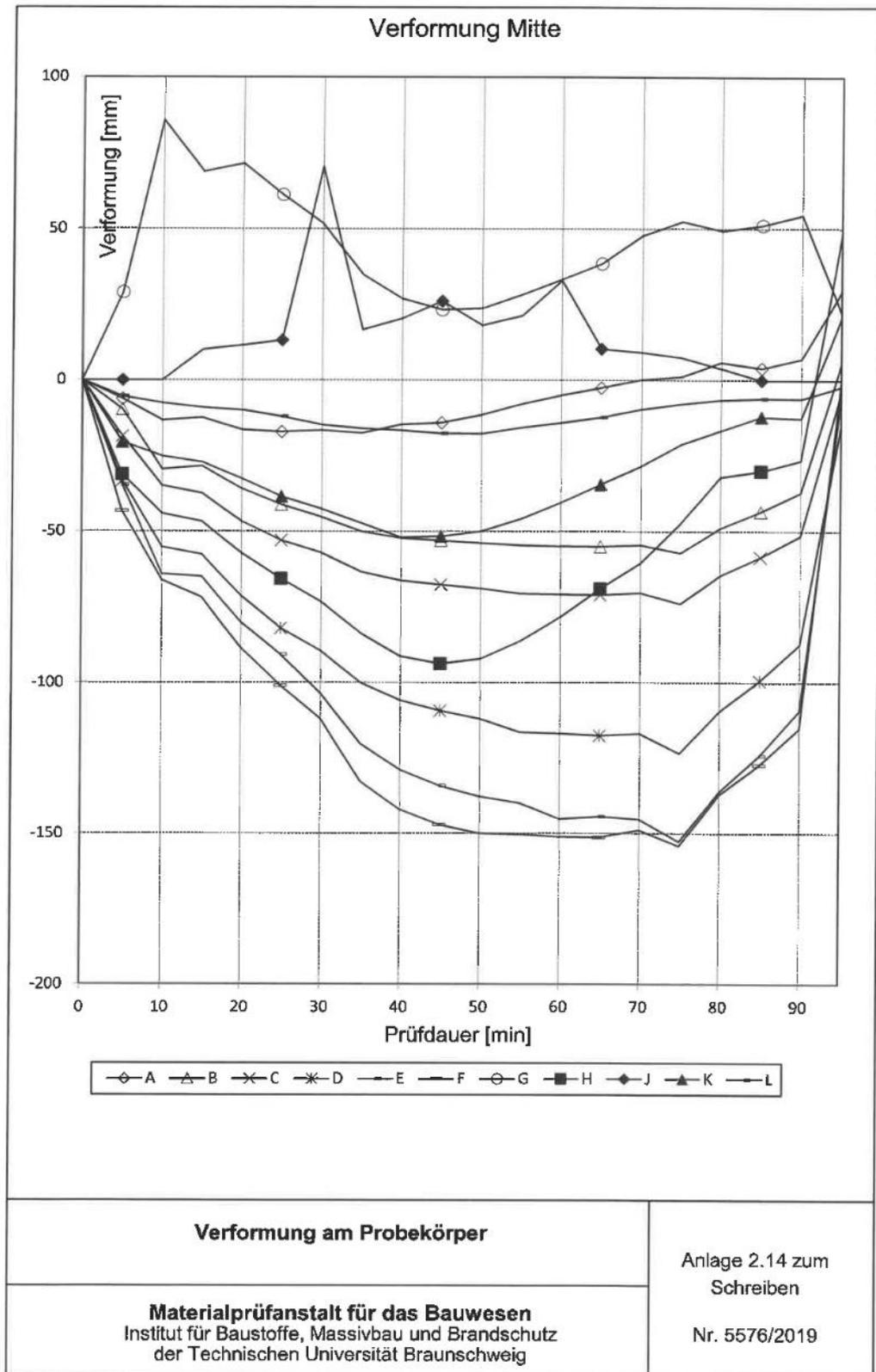


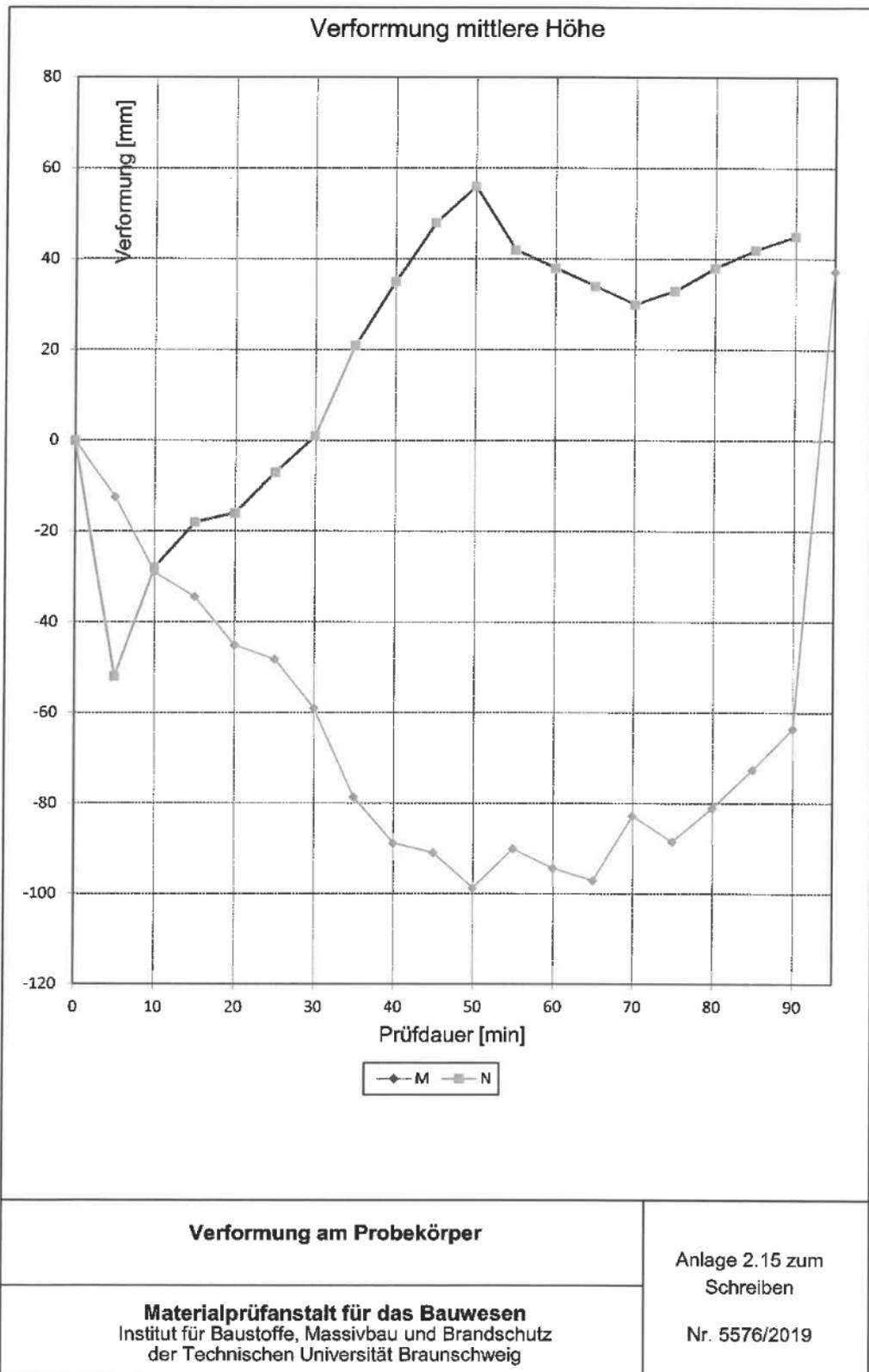


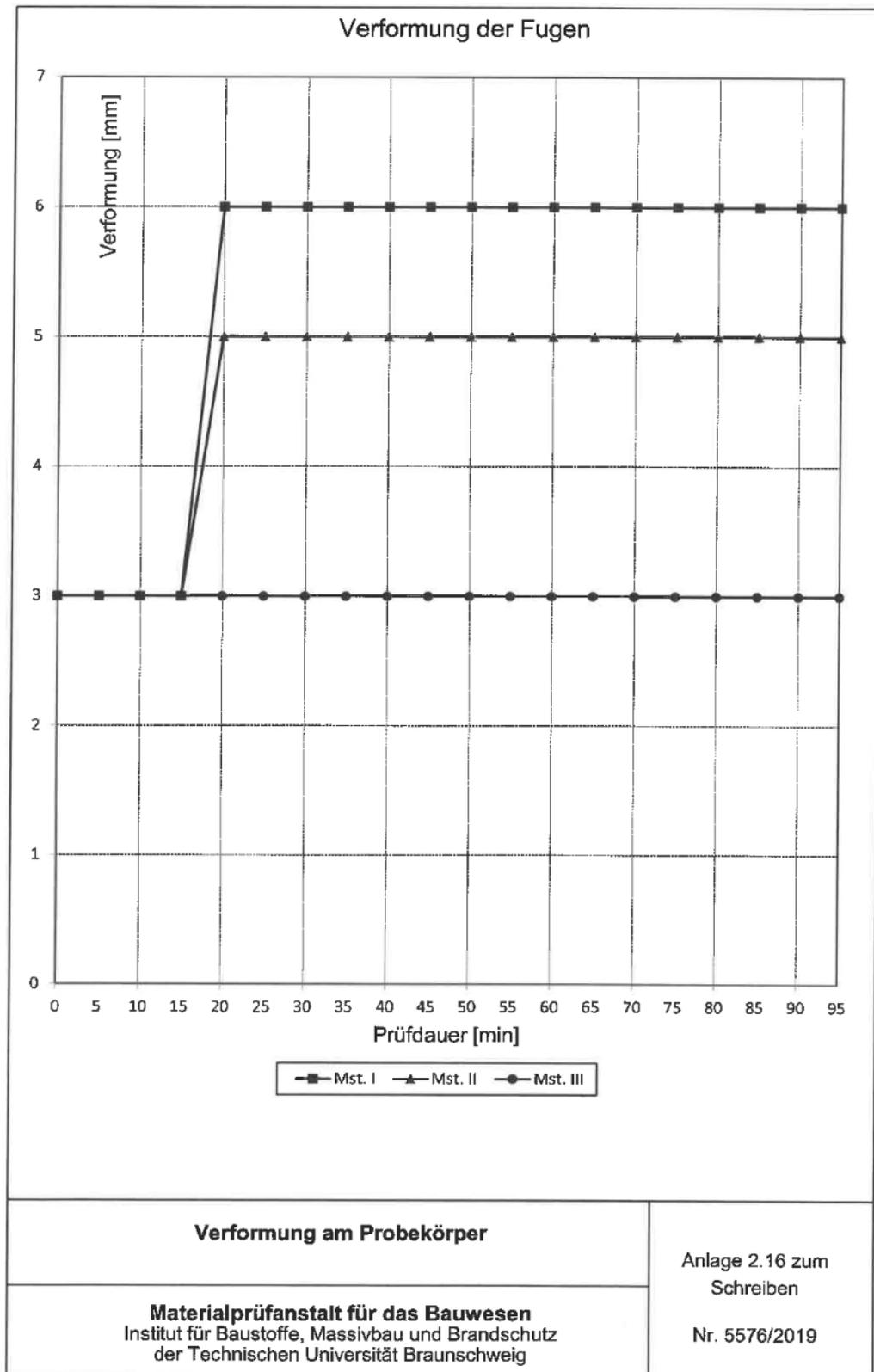


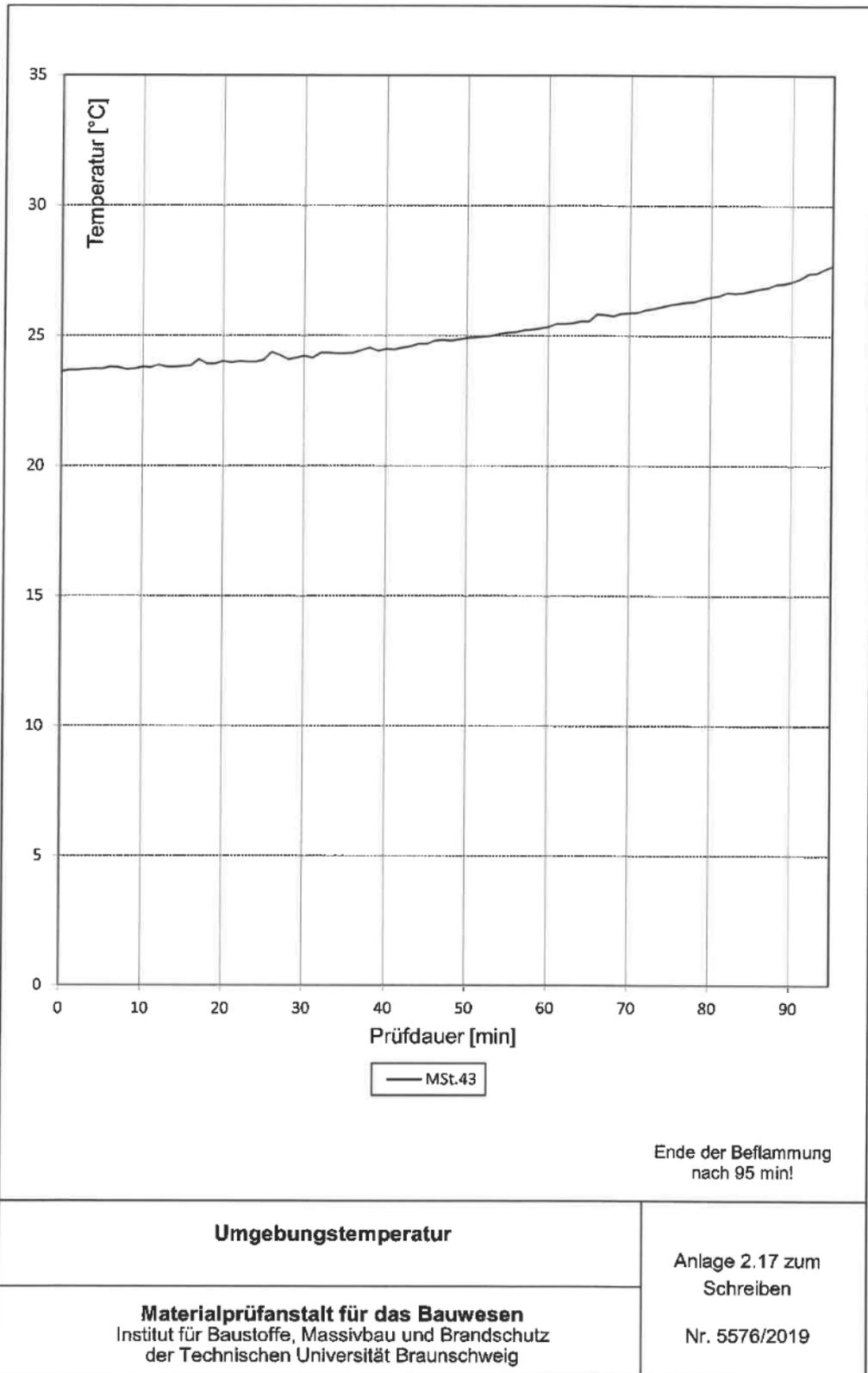












Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 18.07.2018
0	F	Das Abdeckblech wellt sich.
0	A	Es sind Knackgeräusche zu hören.
1	F	Das Abdeckblech wellt sich stärker und es verfärbt sich schwarz.
3	F	Die Farbe blättert ab. Es bildet sich eine Beule in der Mitte vertikal.
4	F	Die mittlere Fuge öffnet sich stark.
15	A	Die Fuge bei der Messstelle 21 öffnet sich.
20	F	Das Abdeckblech vom 2. Element von oben hat sich komplett gelöst und ist abgesackt.
36	A	Am oberen Rand tritt Rauch aus. In der obersten Fuge ist Feuchtigkeit.
40	F	Das Abdeckblech vom 2. Element von oben ist abgefallen und hängt auf dem Thermoelement.
44	F	Das Abdeckblech vom 3. Element von oben ist abgefallen.
44	A	Die Elemente sind ca. 2 mm abgesackt.
55	A	Die S-kurvige Verformung bleibt.
56	A	An der Oberkante tritt Flüssigkeit aus und es kommt zu einer gelblichen Verfärbung
79	A	Die untere Fuge öffnet sich und die Wand beult sich nach innen.
80	A	Aus der obersten Fuge tritt Rauch aus. Die unterste Fuge verfärbt sich auf der rechten Seite
89	A	Starke Verfärbung an der unteren Fuge. Aufgrund der Konstruktion ist ein Anhalten des Wattebausches an dieser Stelle nicht möglich, deswegen Wechsel zu Handmessgerät.
91	A	212 °C Handmessung. Der Brandversuch ist beendet.

*) F: Feuerseite
 A: Außenseite

Beobachtungen	Anlage 2.18 zum Schreiben Nr. 5576/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

ENDE Schreiben Nr. 55762019



Abbildung 5.1 und 5.2: Brandraum mit abgedeckter Befestigung



Abbildung 5.3: Seitliche Befestigung



Abbildung 5.4: Befestigung oben Mitte



Abbildung 5.5: Außenansicht nach 19min



Abbildung 5.6: Außenansicht nach 34min



Abbildung 5.7: Außenansicht nach 57min



Abbildung 5.8: Außenansicht nach 74min

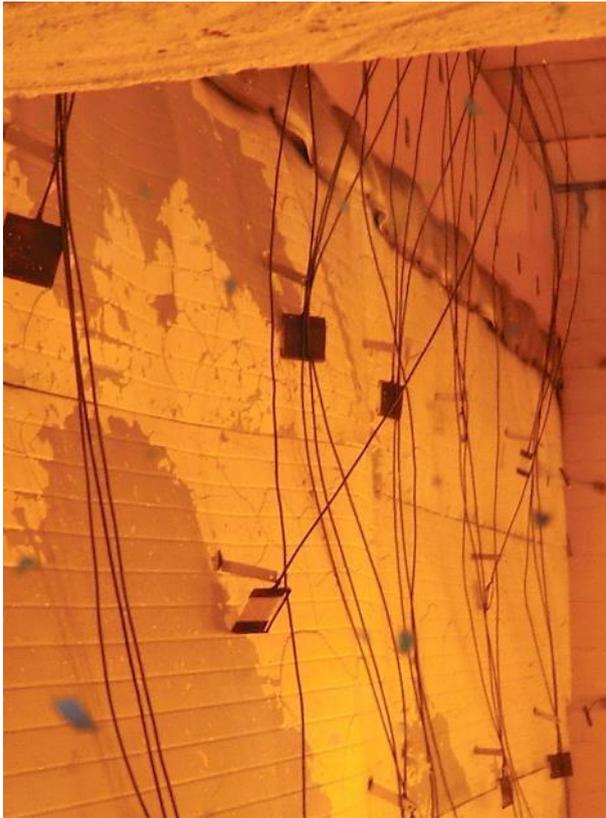


Abb. 5.9: Abdeckung gewellt (6'45'')

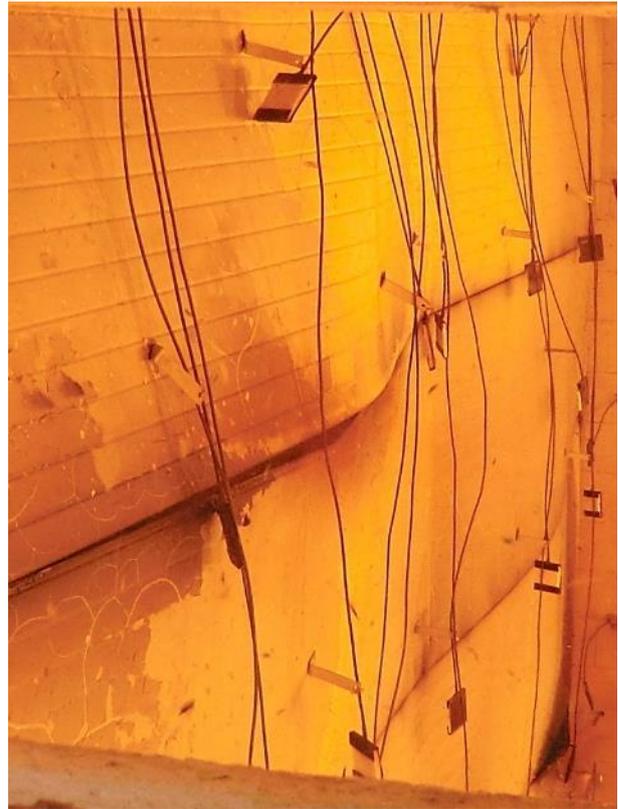


Abb. 5.10: Fugenöffnung (4')



Abb. 5.11: Absacken Deckschicht 2 (17')



Abb. 5.12: Kondensat (32')

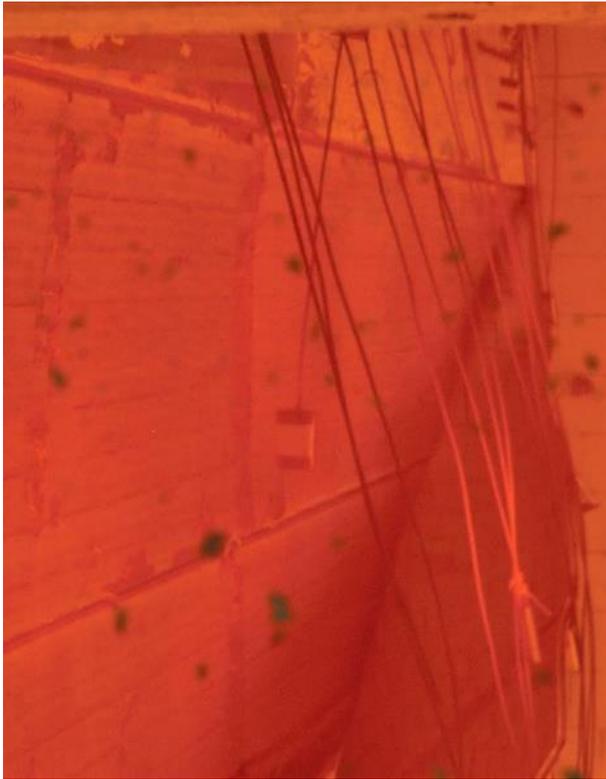


Abb. 5.13: Abgefallene Deckschichten (41')

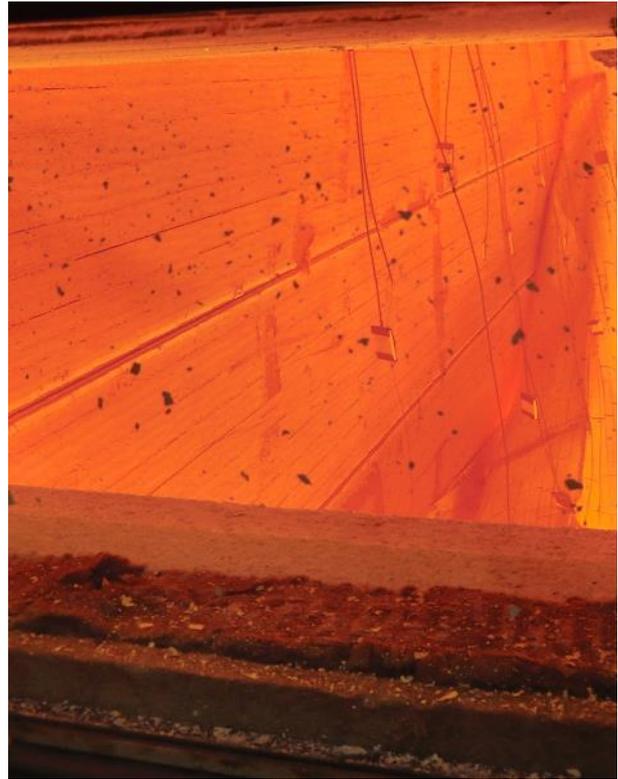


Abb. 5.14: Abgefallene Deckschichten (44')



Abb. 5.15: Kondensat an MSt 19 (72')



Abb. 5.16: Verfärbung an Fuge (83')

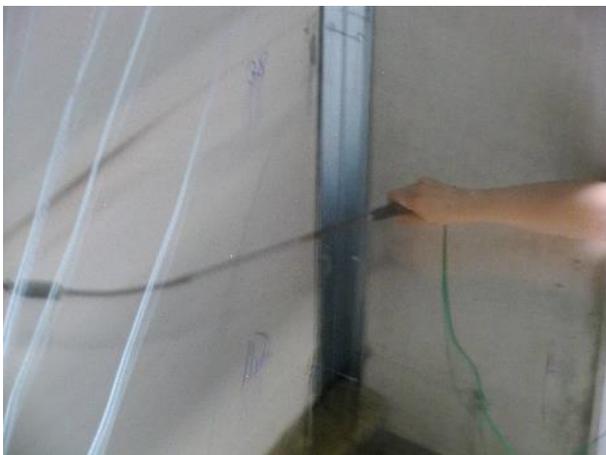


Abb. 5.17: Handmessung (90')

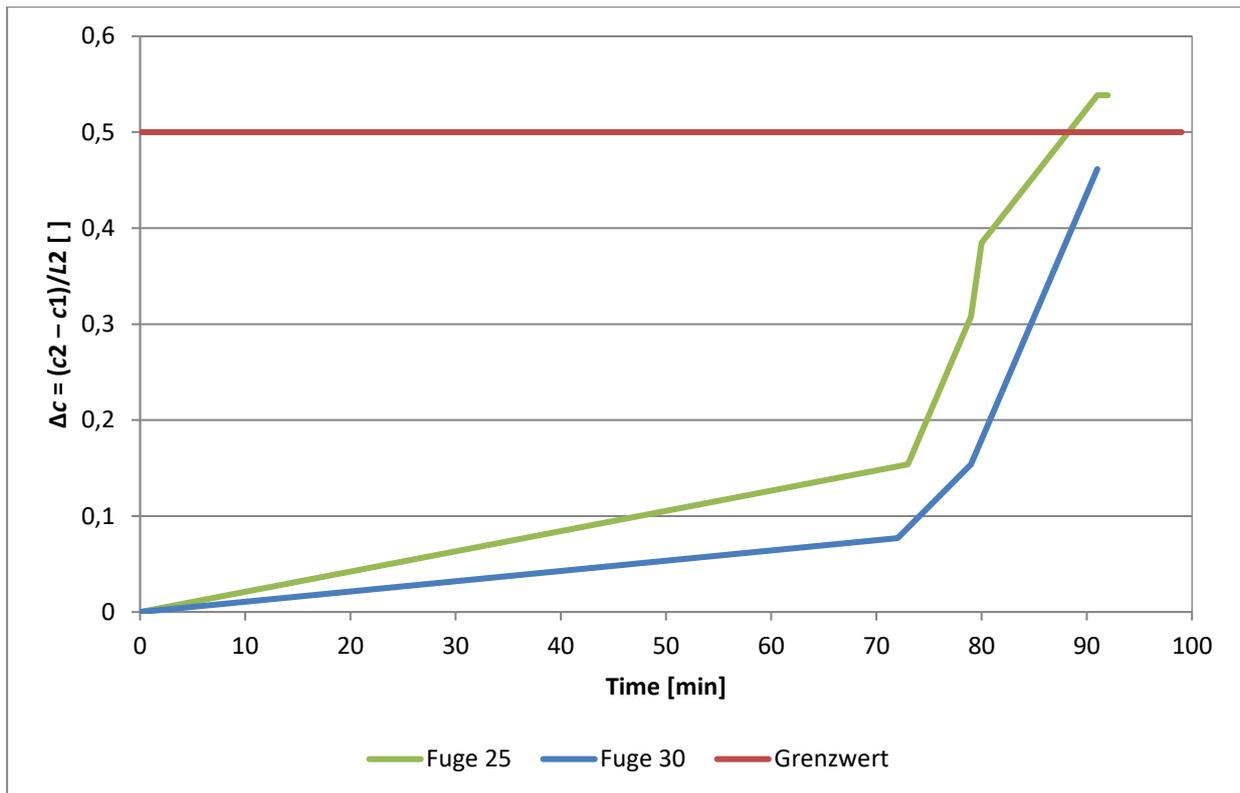


Abb. 5.18: Fugenöffnung Fuge 25 und Fuge 30

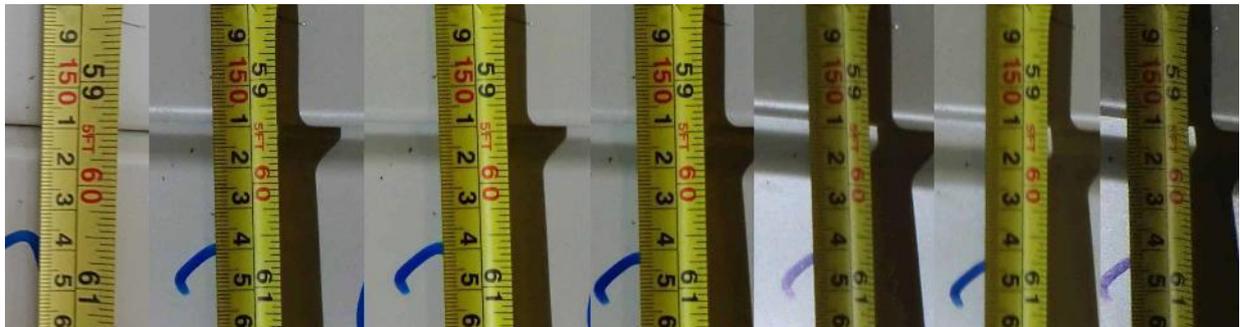


Abb. 5.19: Exemplarische Aufnahmen Fuge 25

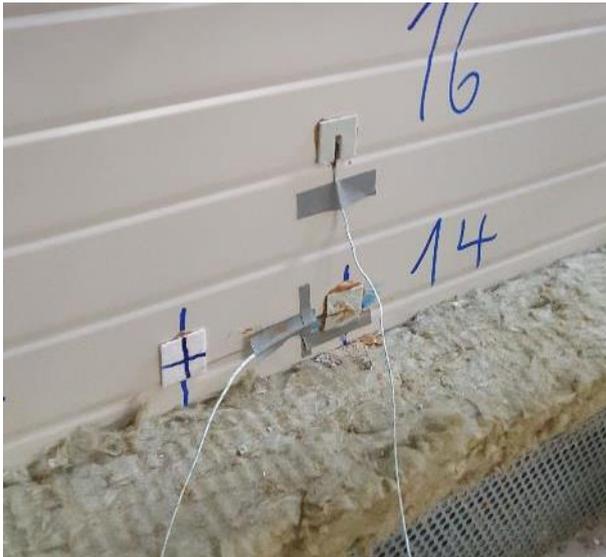


Abb. 5.20: Feldmitte unten vor Versuch



Abb. 5.21: Feldmitte nach 2 min



Abb. 5.22: Feldmitte nach 23 min

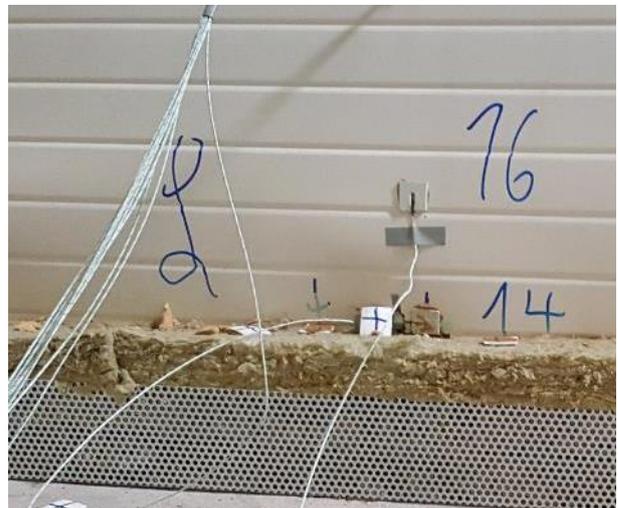


Abb. 5.24: Feldmitte nach Versuchsende



Abb. 5.25: Verformung nach Versuchsende



Abb. 5.26 und 5.27: Abfallen der Sandwichelemente nach Abkühlung



Materialprüfanstalt
Institut für Baustoffe, für das Bauwesen
Massivbau und Brandschutz

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

Deutsches Institut für Bautechnik
Frau Ines Dinse
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin

Schreiben **5625/2019**

Unsere Zeichen: (2101/215/16)-Coh
Kunden-Nr.: 2203
Auftrag vom: 20.07.2018
Sachbearbeiter: Frau Holtmann
Abteilung: BS
Kontakt: 0531-391-8261
 i.holtmann@ibmb.tu-bs.de

Ihre Zeichen: Frau Dinse
Ihre Nachricht vom:

Datum: 26.03.2019

**Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit
DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben:
„Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von
Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“**

32 Anlagen

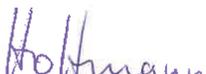
Sehr geehrte Frau Dinse,

am 31.07.2018 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 200 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit Nut- und Federausbildung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 200“ als horizontal verlegtes Einfeldträgersystem nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergebnissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

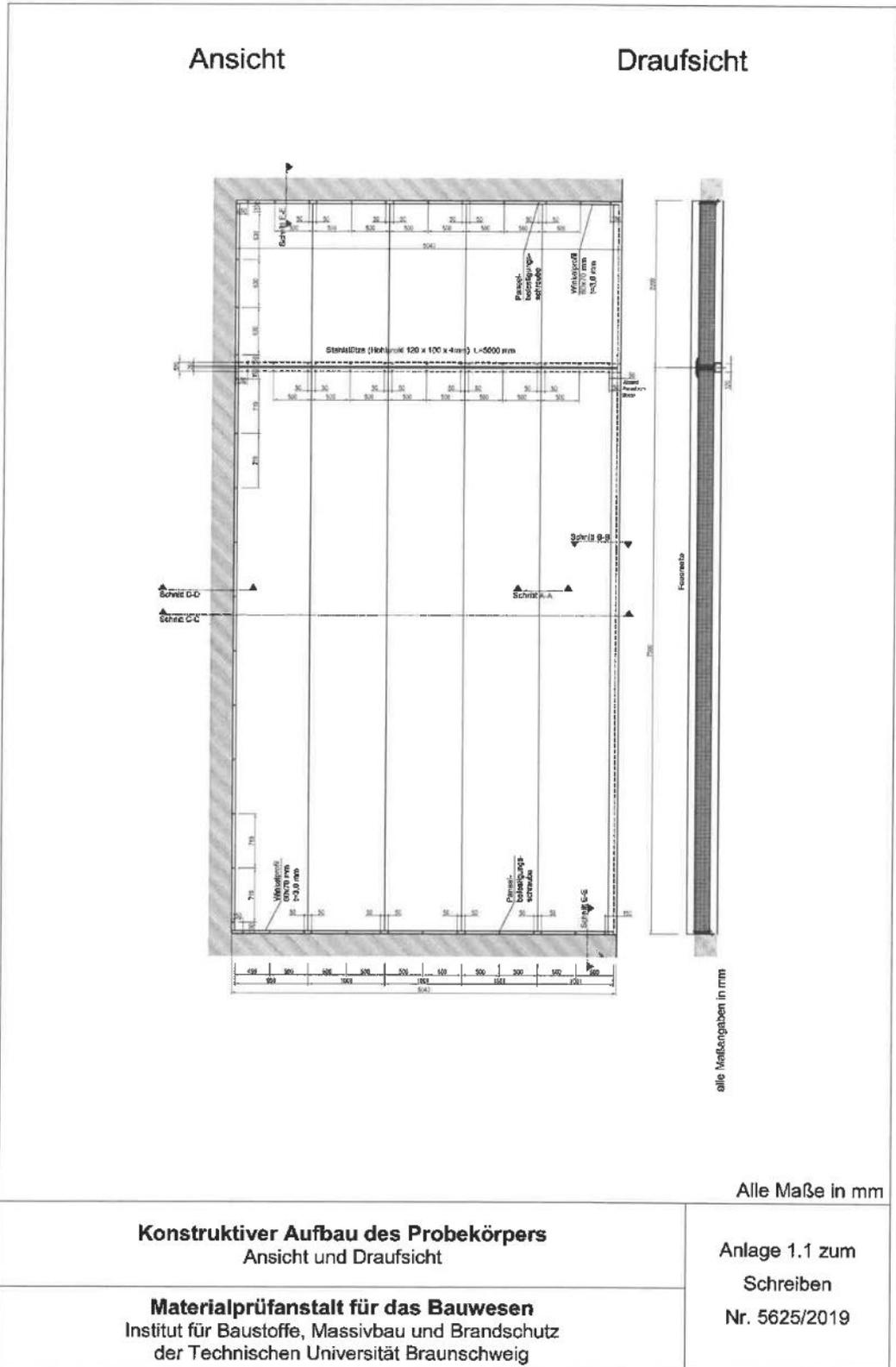
i. A. 
Dipl.-Ing. Lina Holtmann
Sachbearbeiterin

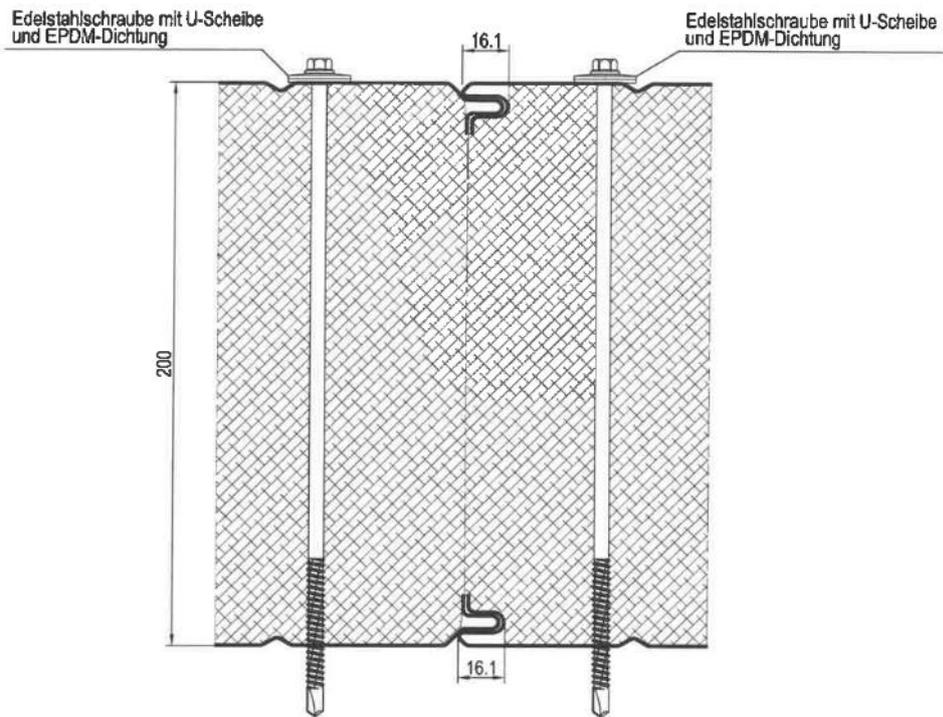
Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5900
info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE58 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NOLADE2H
USt.-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/201/22859

Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung.





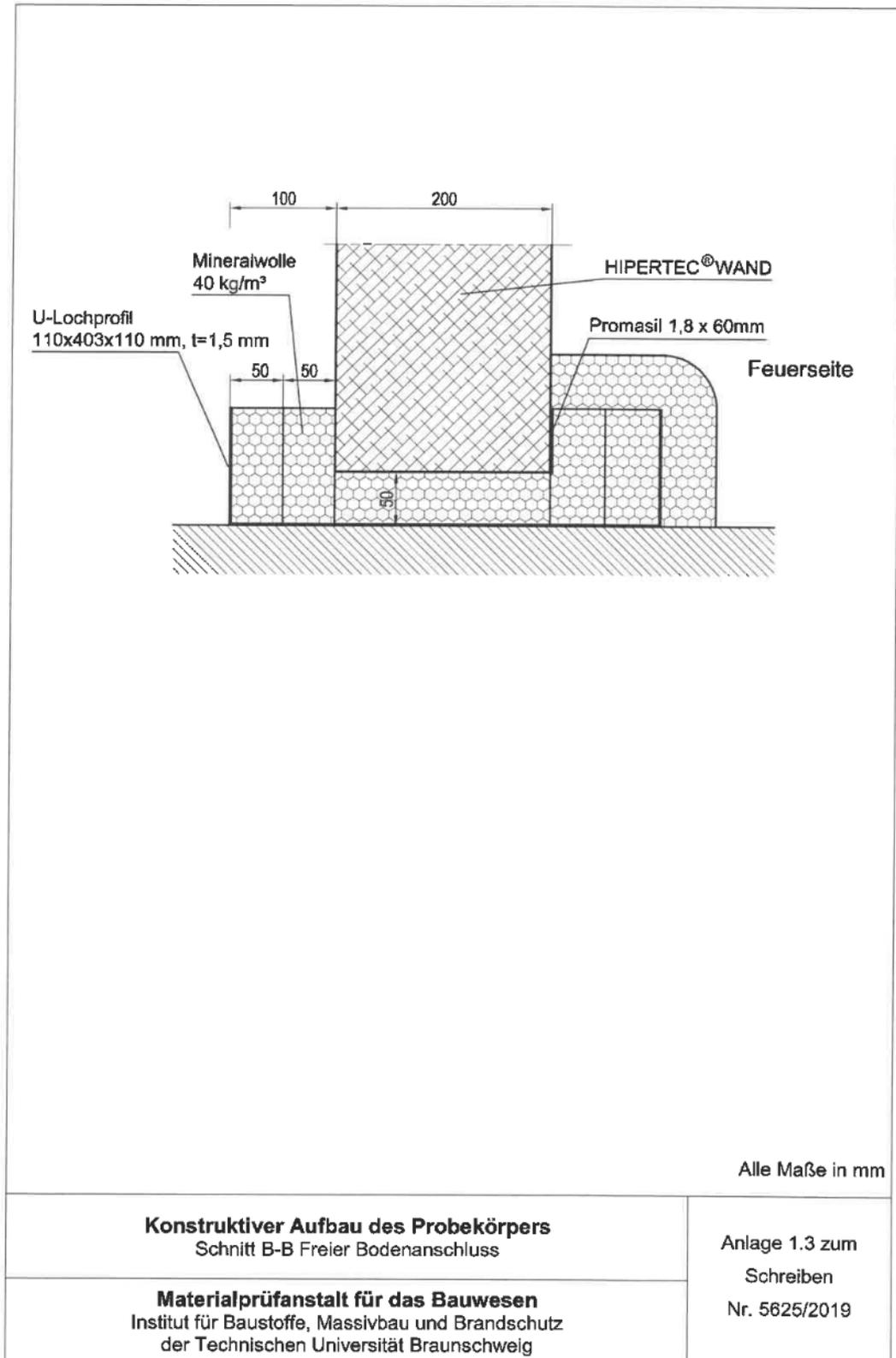
Hipertec® WAND	200 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralwolle, ROCKWOOL

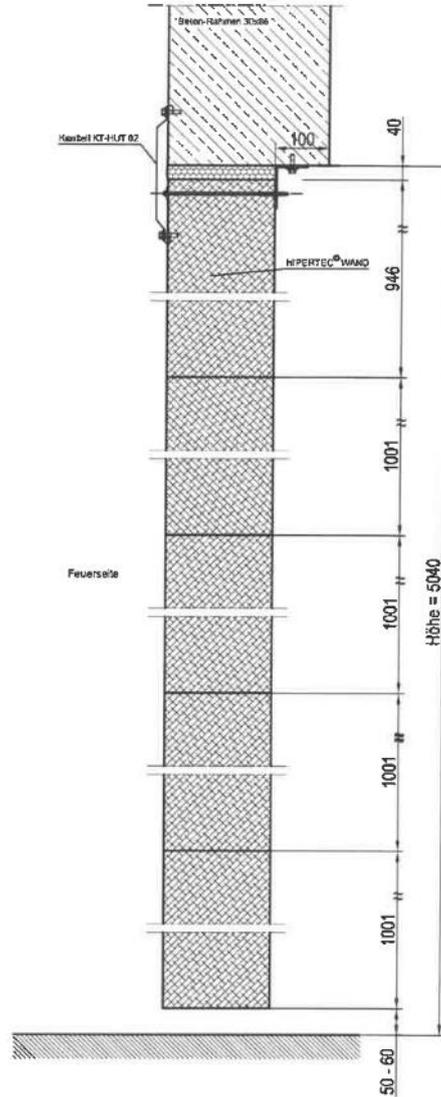
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt A-A Fugenquerschnitt

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

Anlage 1.2 zum
 Schreiben
 Nr. 5625/2019



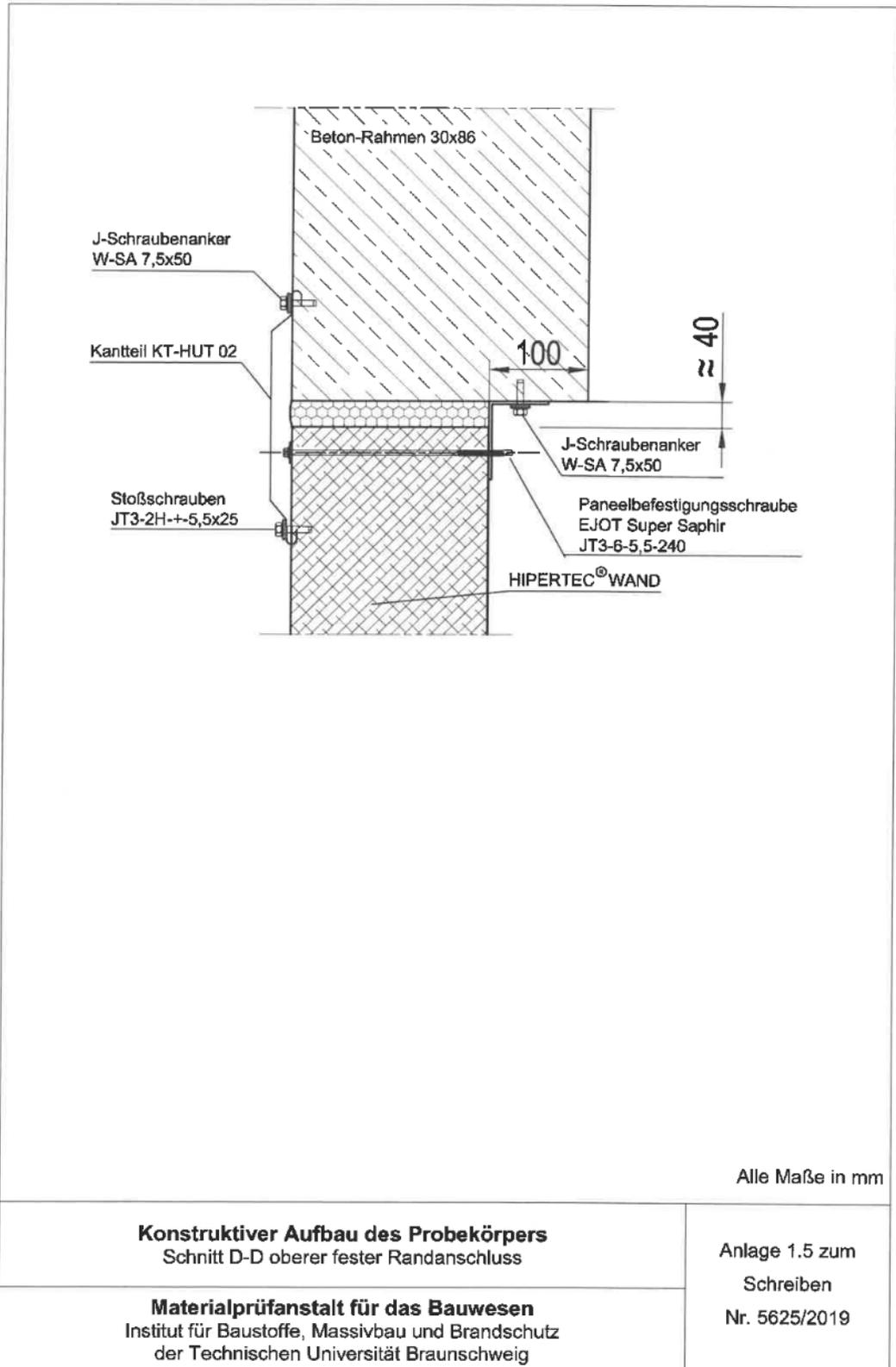


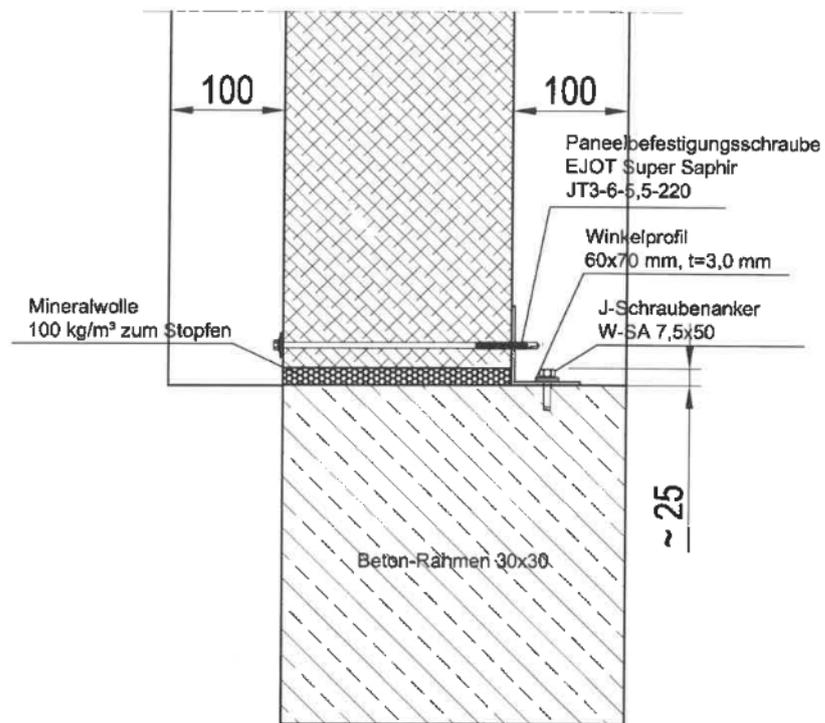
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt C-C Vertikalschnitt/ Elementbreite

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

Anlage 1.4 zum
 Schreiben
 Nr. 5625/2019



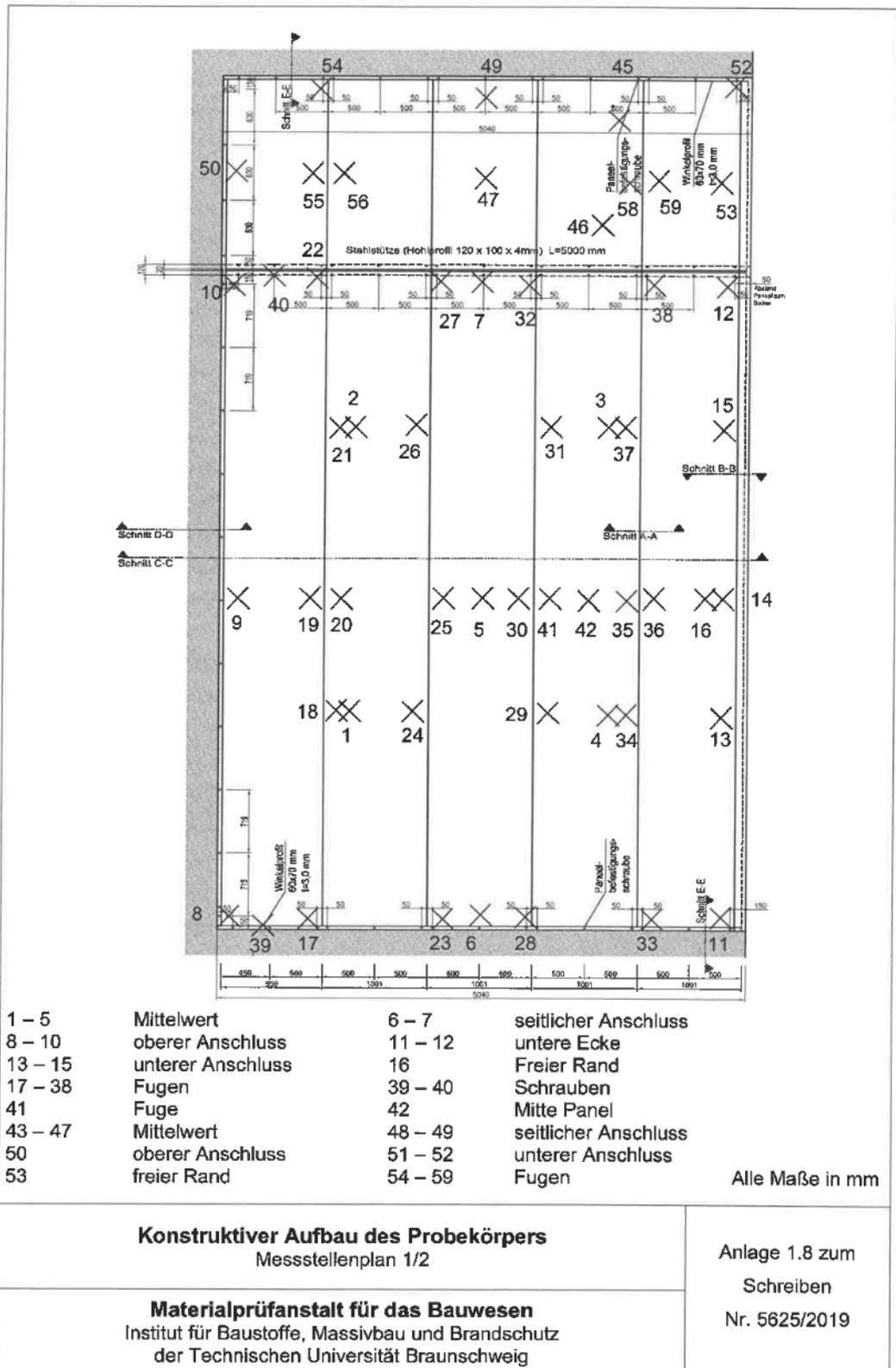


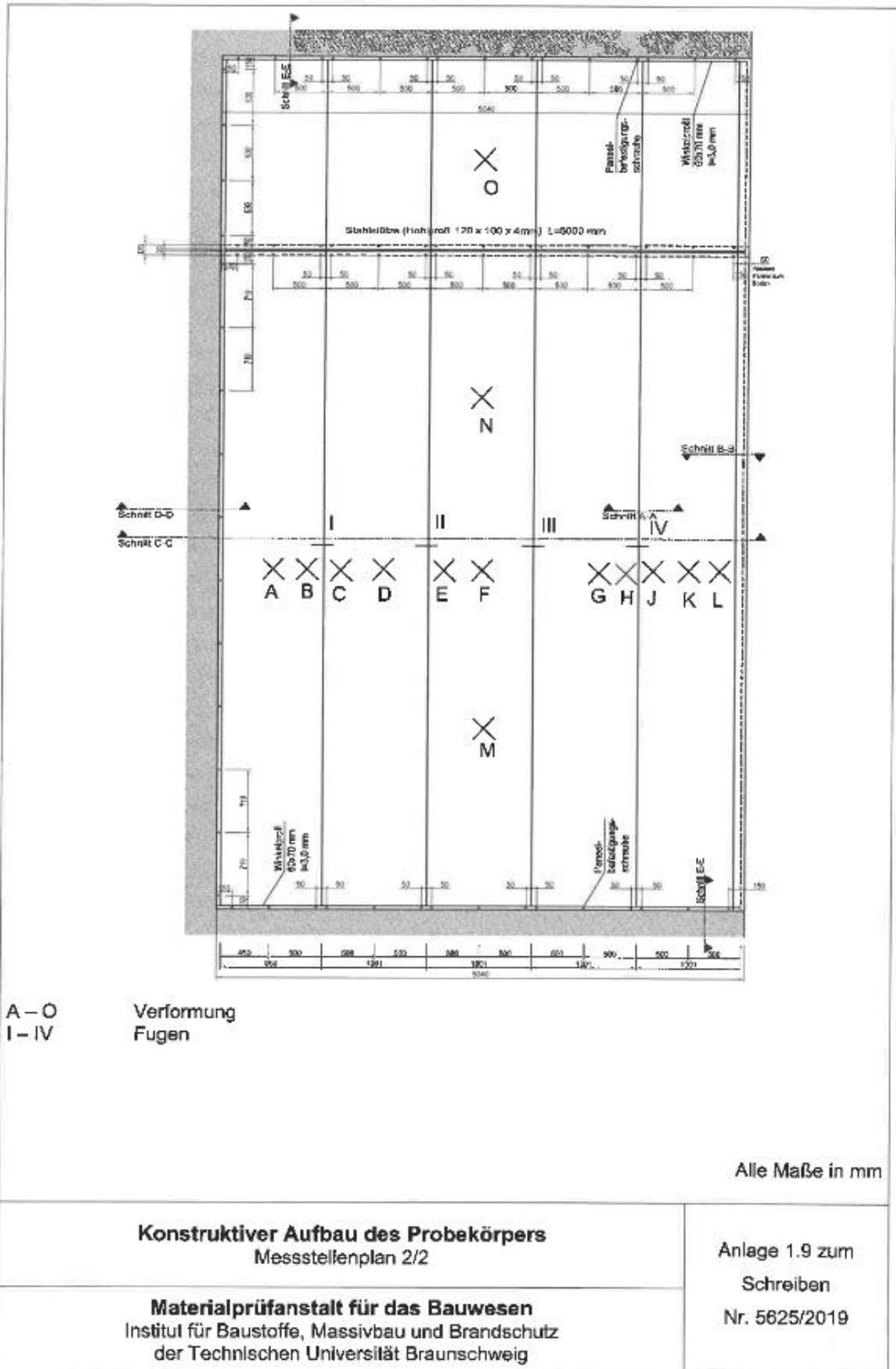
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt E-E Fester Wandanschluss

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

Anlage 1.6 zum
 Schreiben
 Nr. 5625/2019





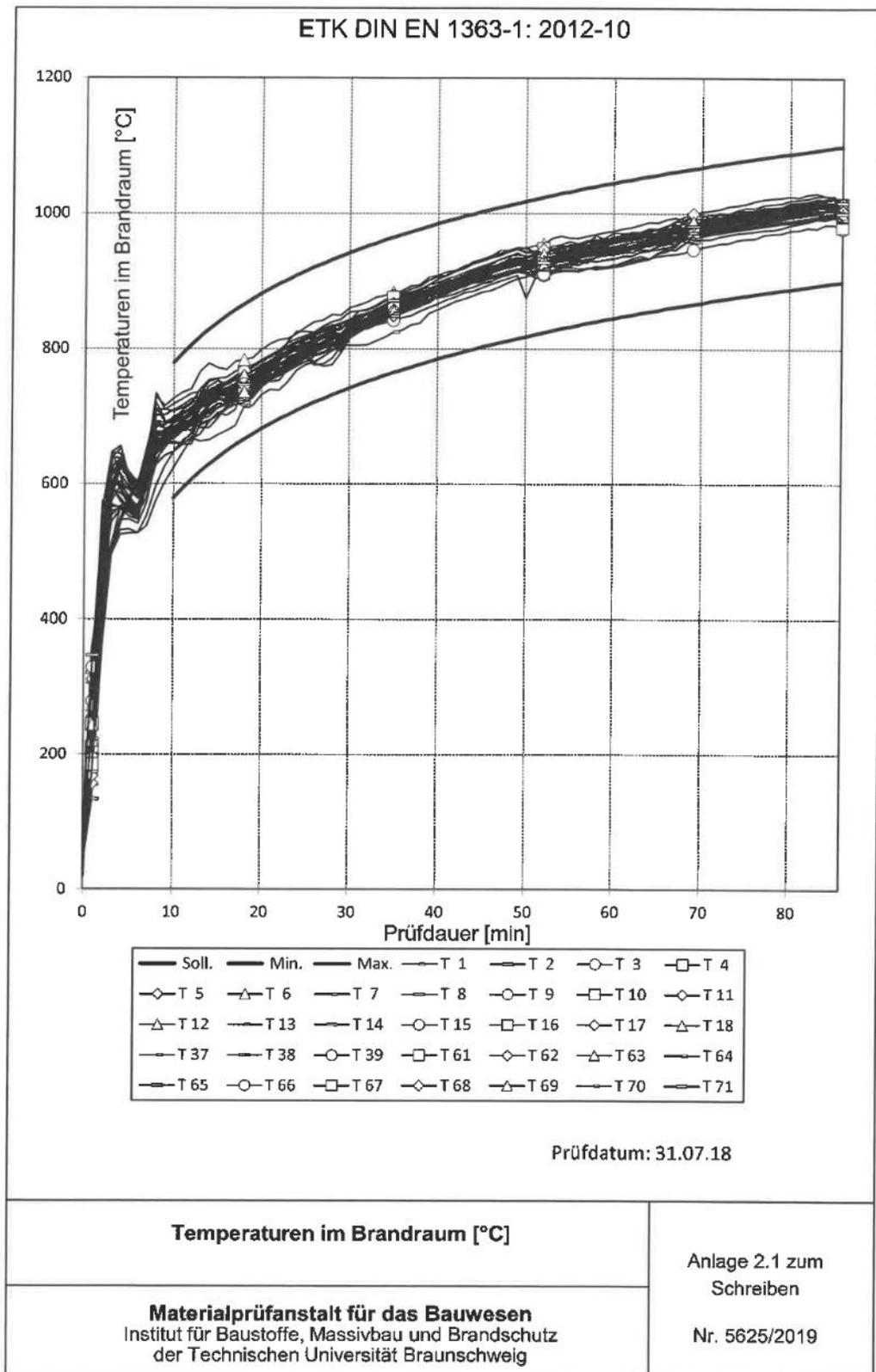
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächen- gewichte	Roh- dichte	Feuchtig- keits- gehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichpaneel HIPERTEC®	Metecno Bausysteme GmbH	200	34,3	170	0,3	- 3)
Mineralwolllamelle Rockwool	Deutsche Rockwool GmbH & Co. KG	196	24,1	122	0,4	- 3)

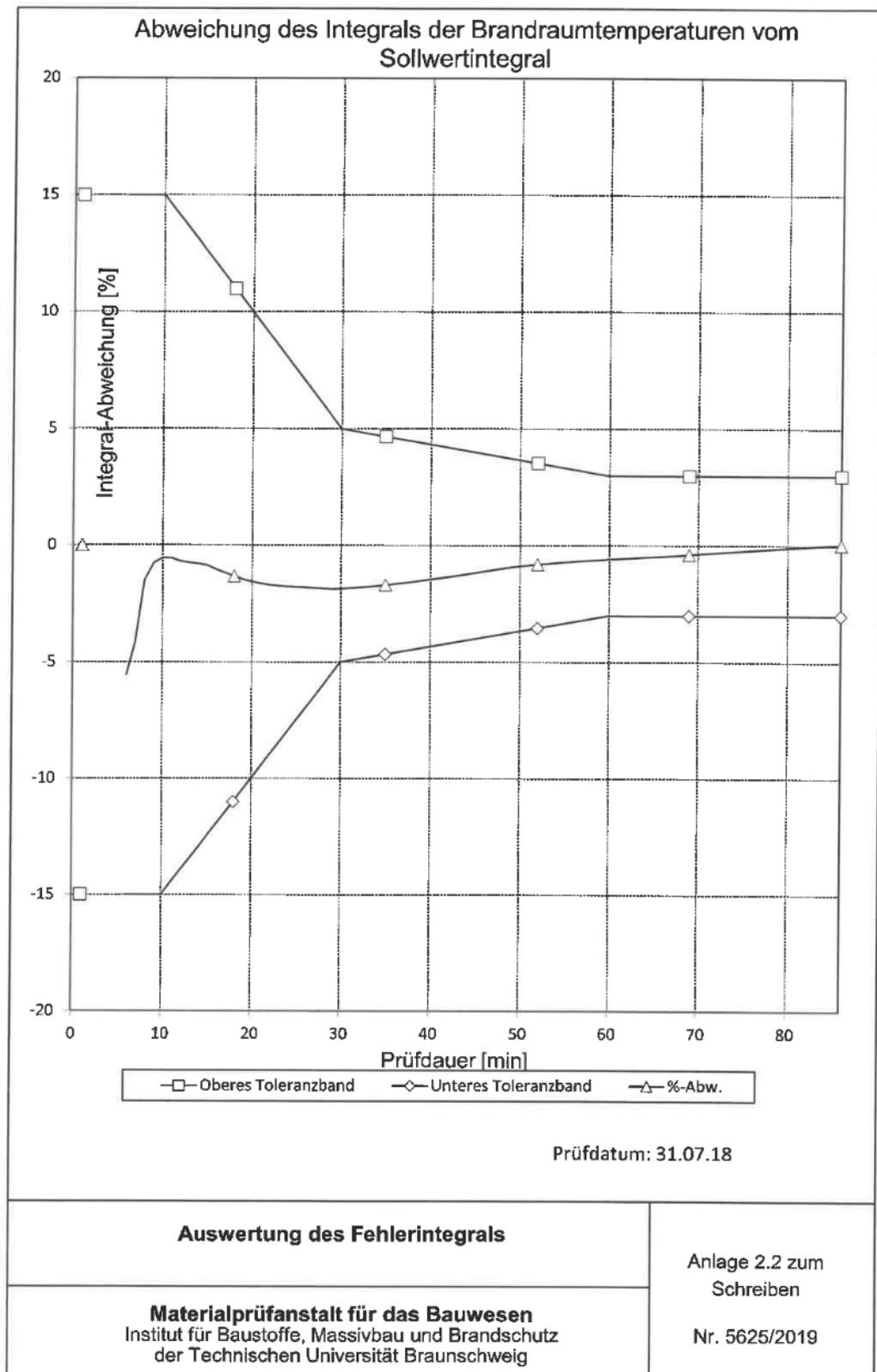
1) Mittelwert aus drei Probekörpern

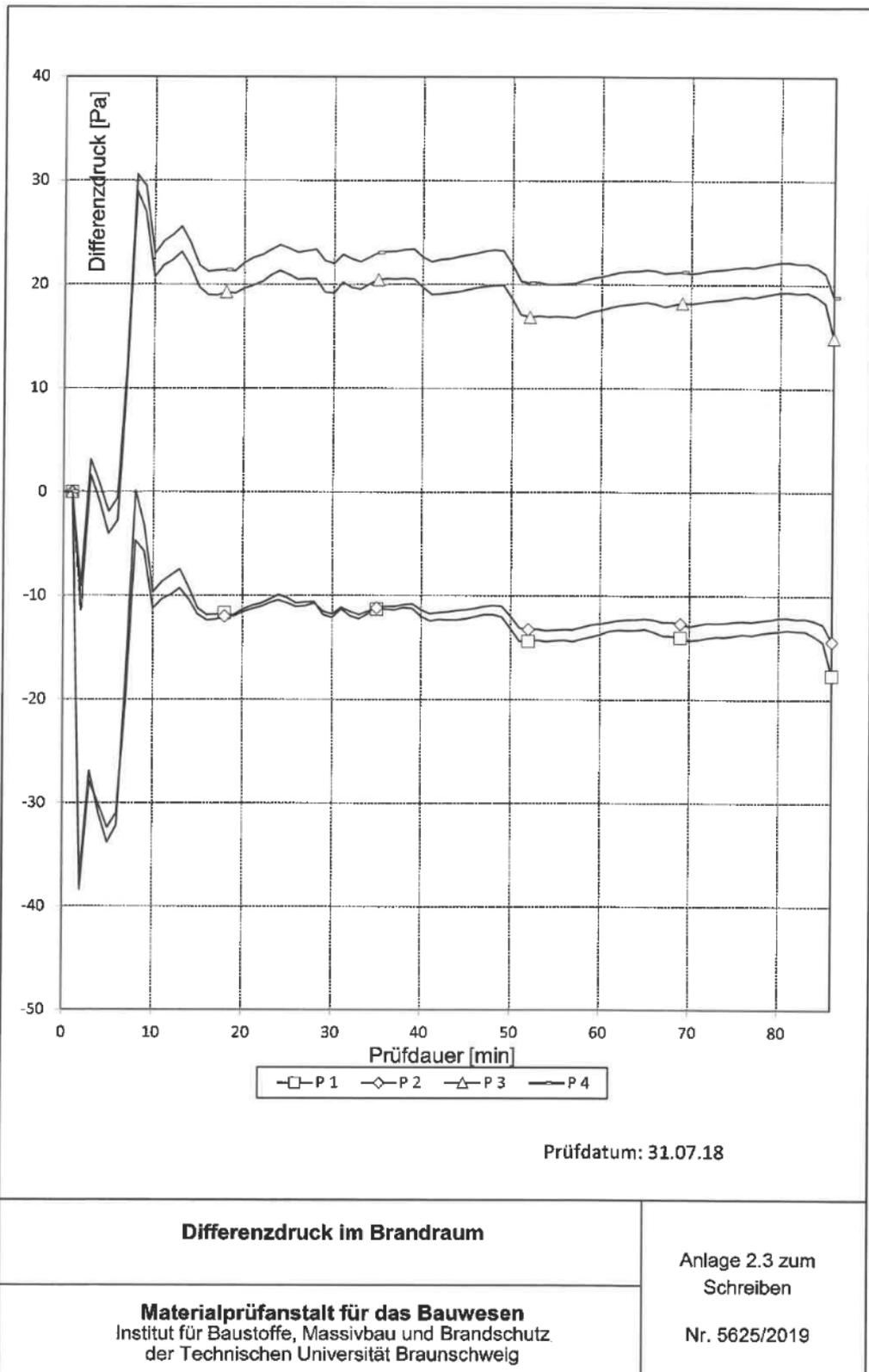
2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“

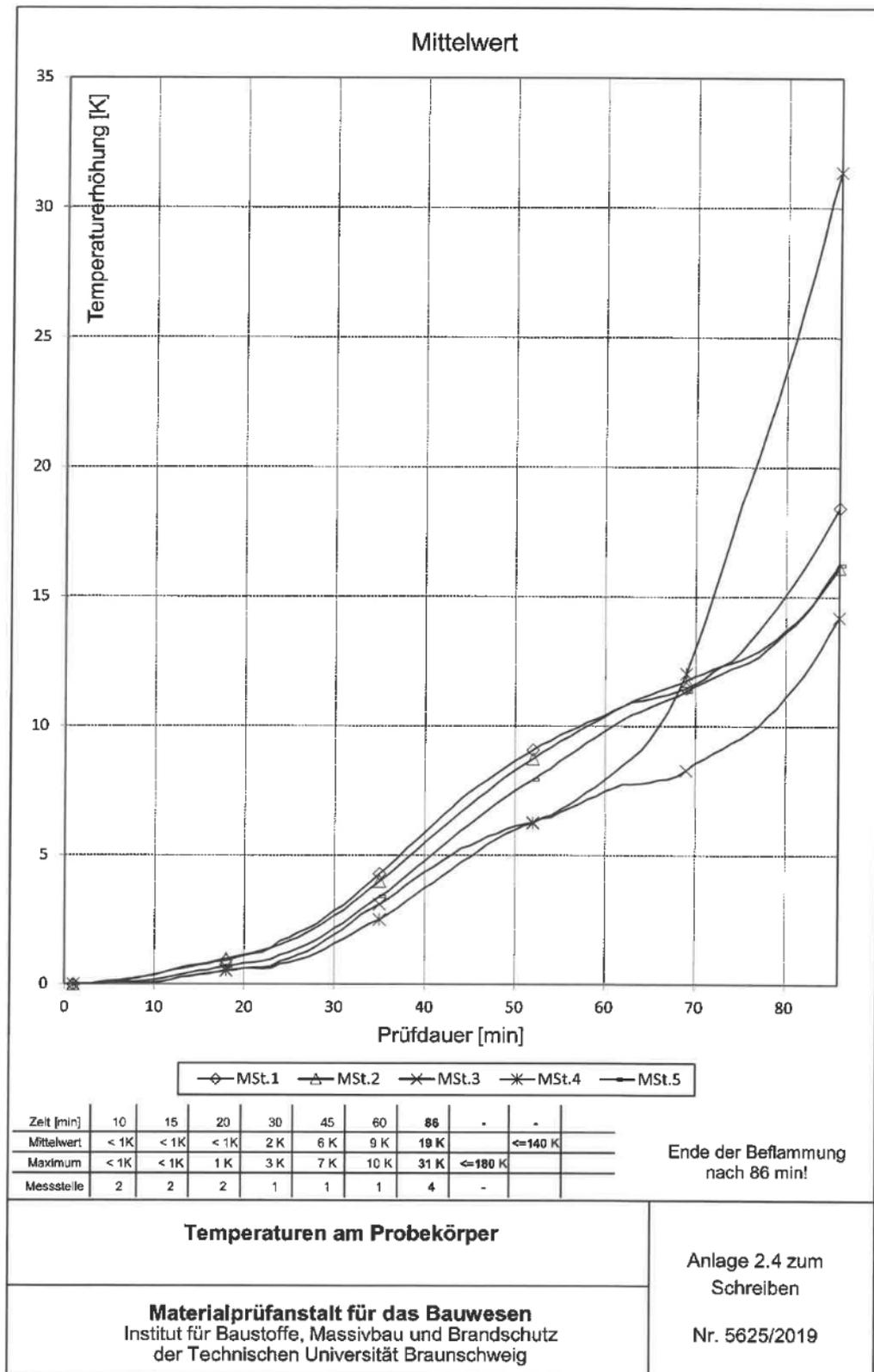
3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.

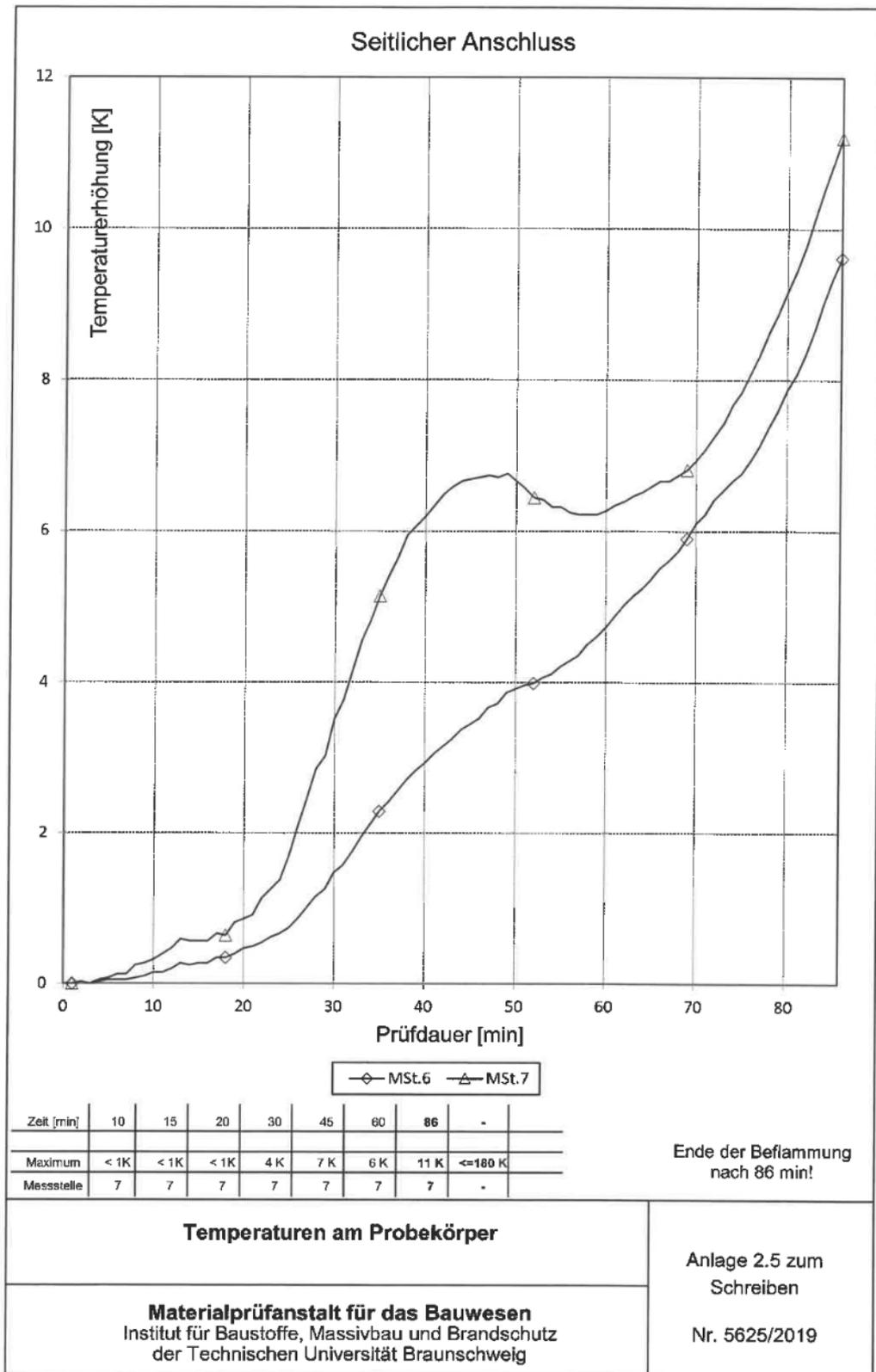
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.10 zum Schreiben Nr. 5625/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

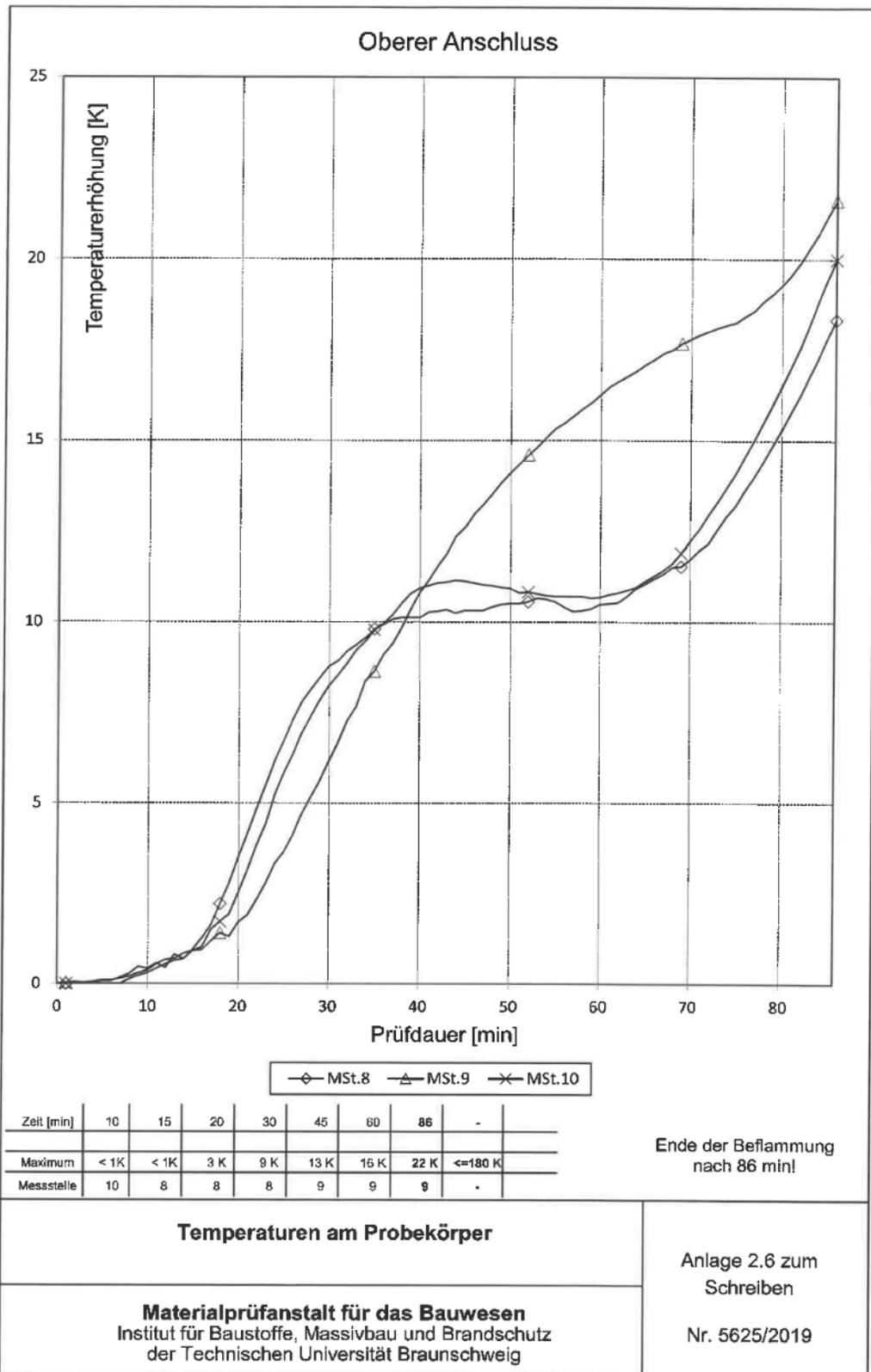


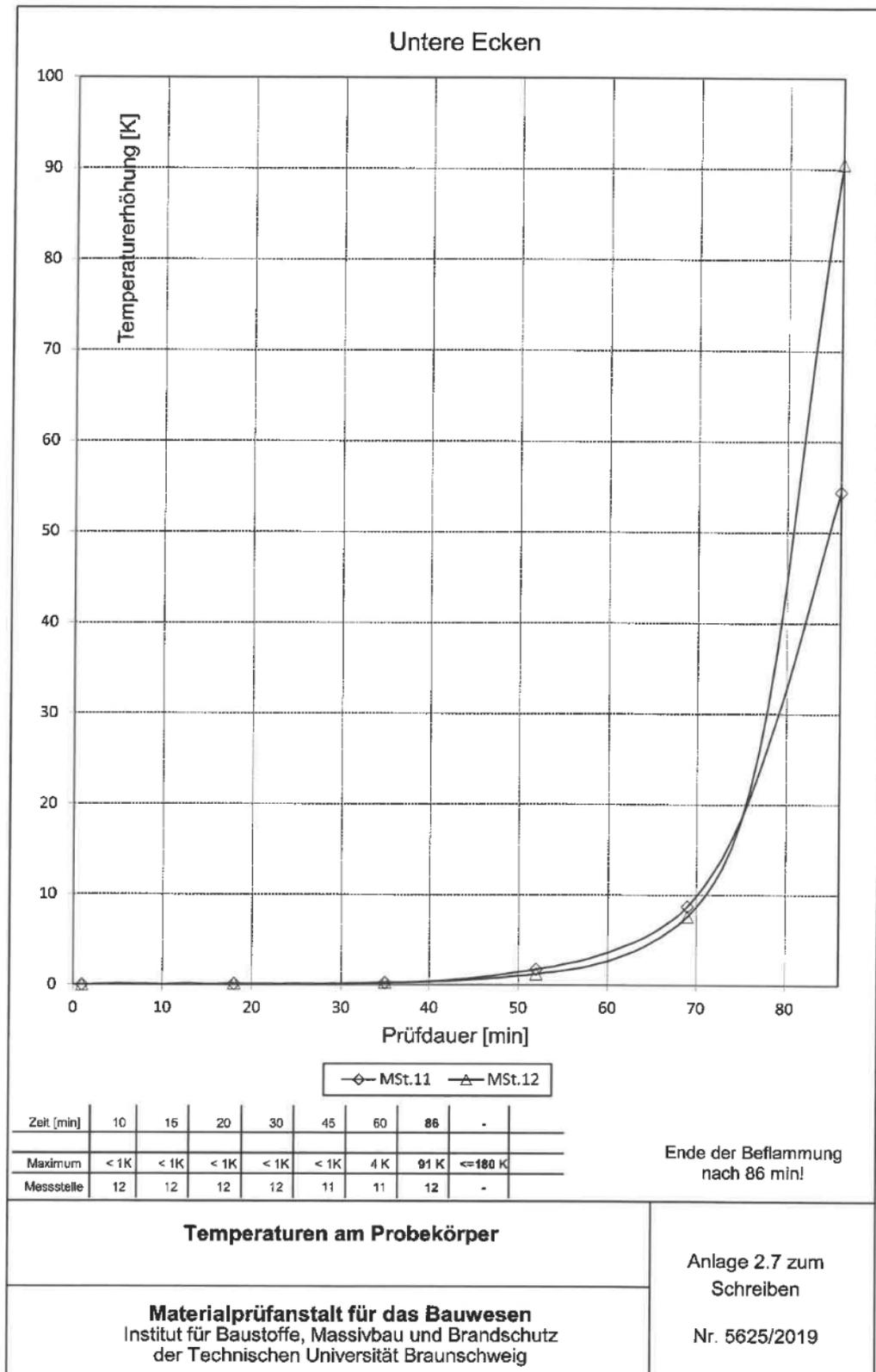


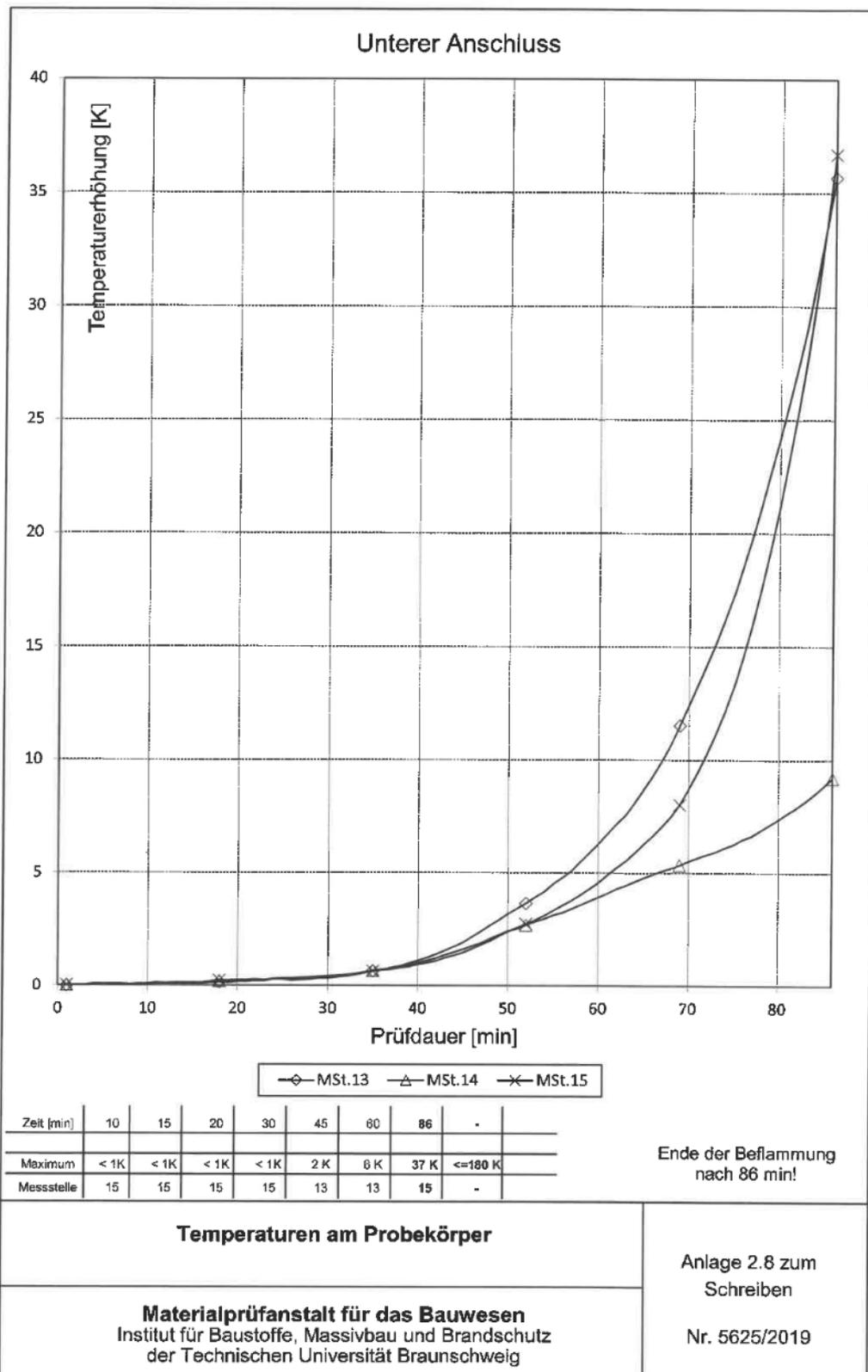


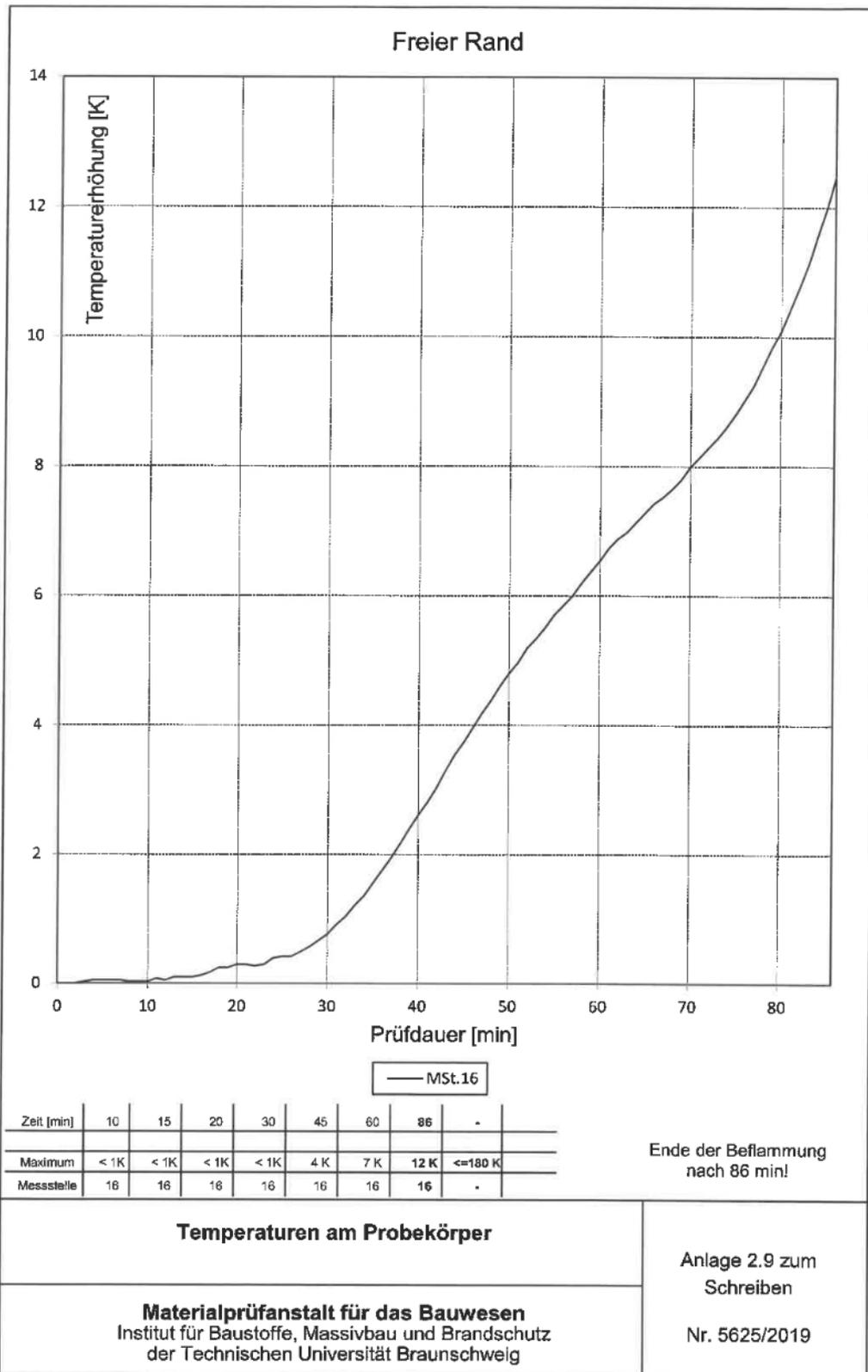


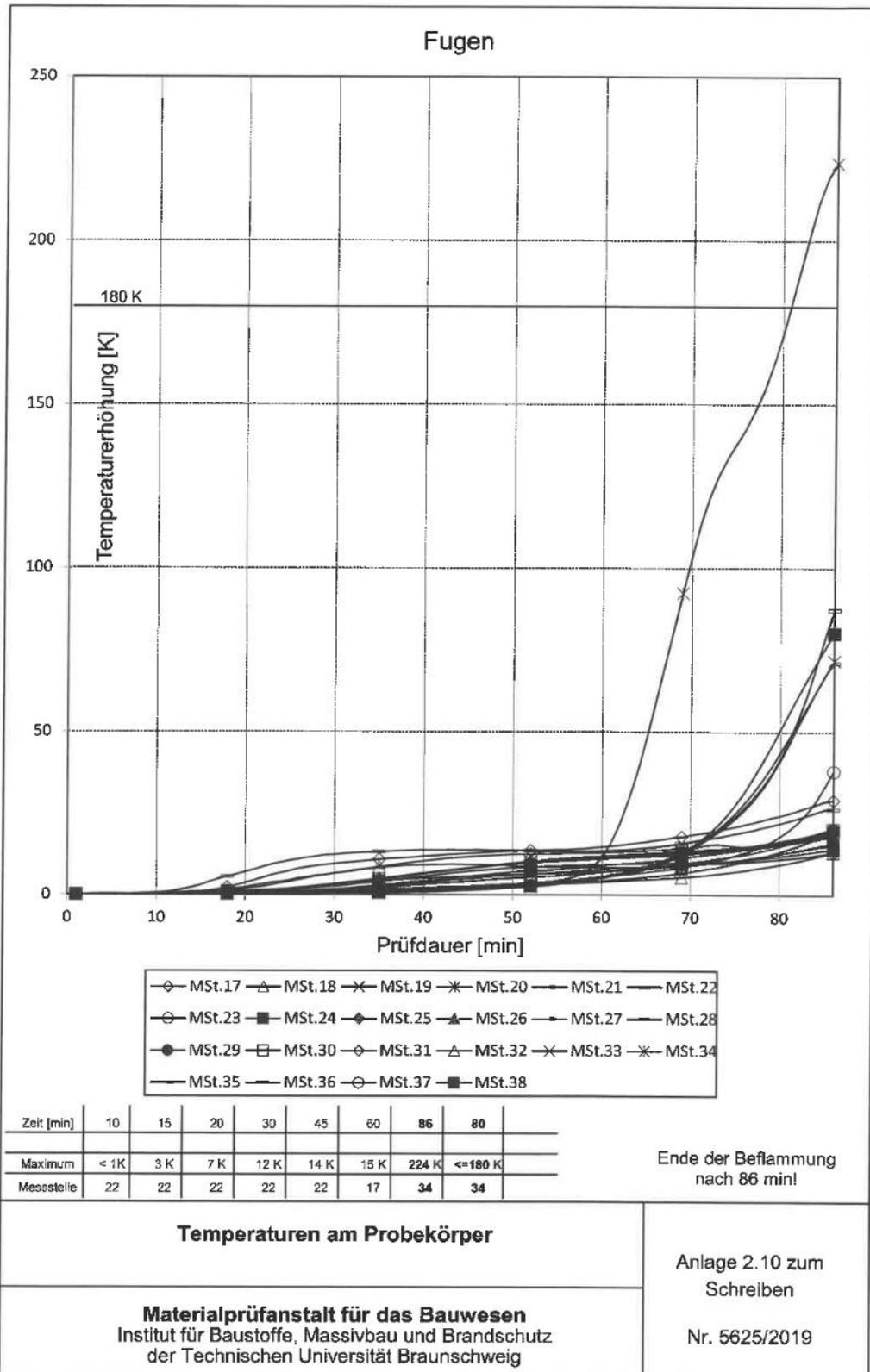


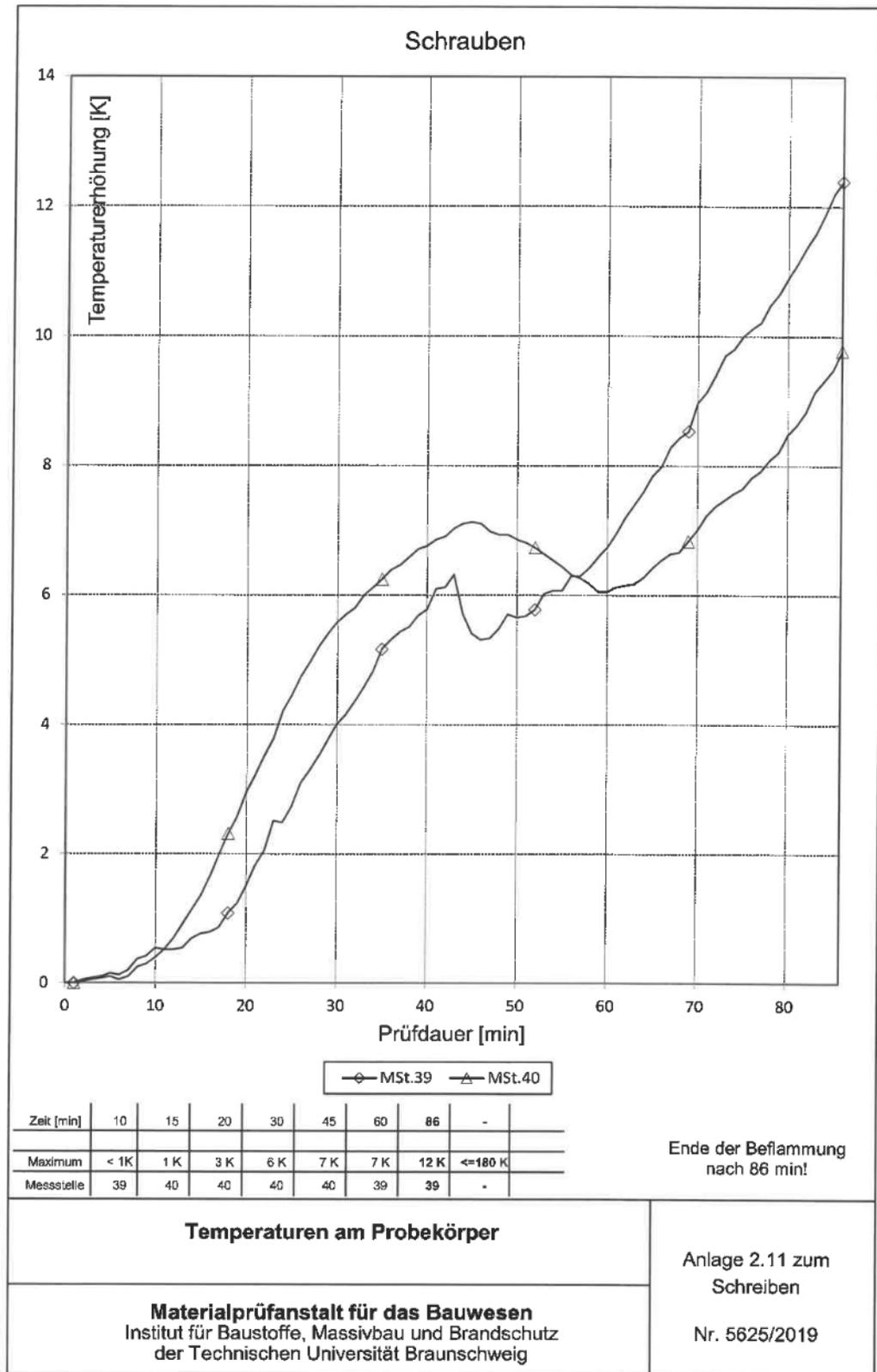


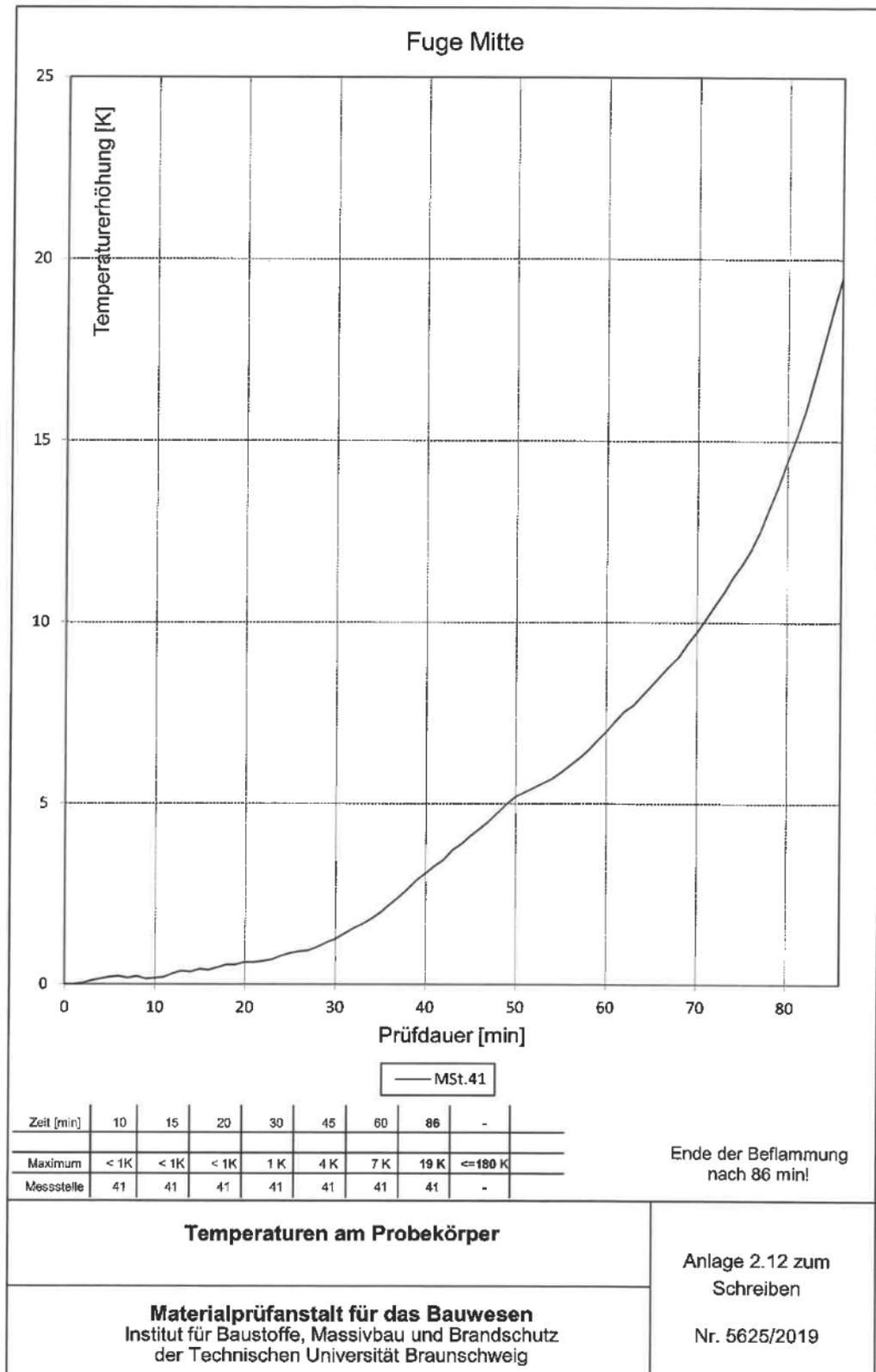


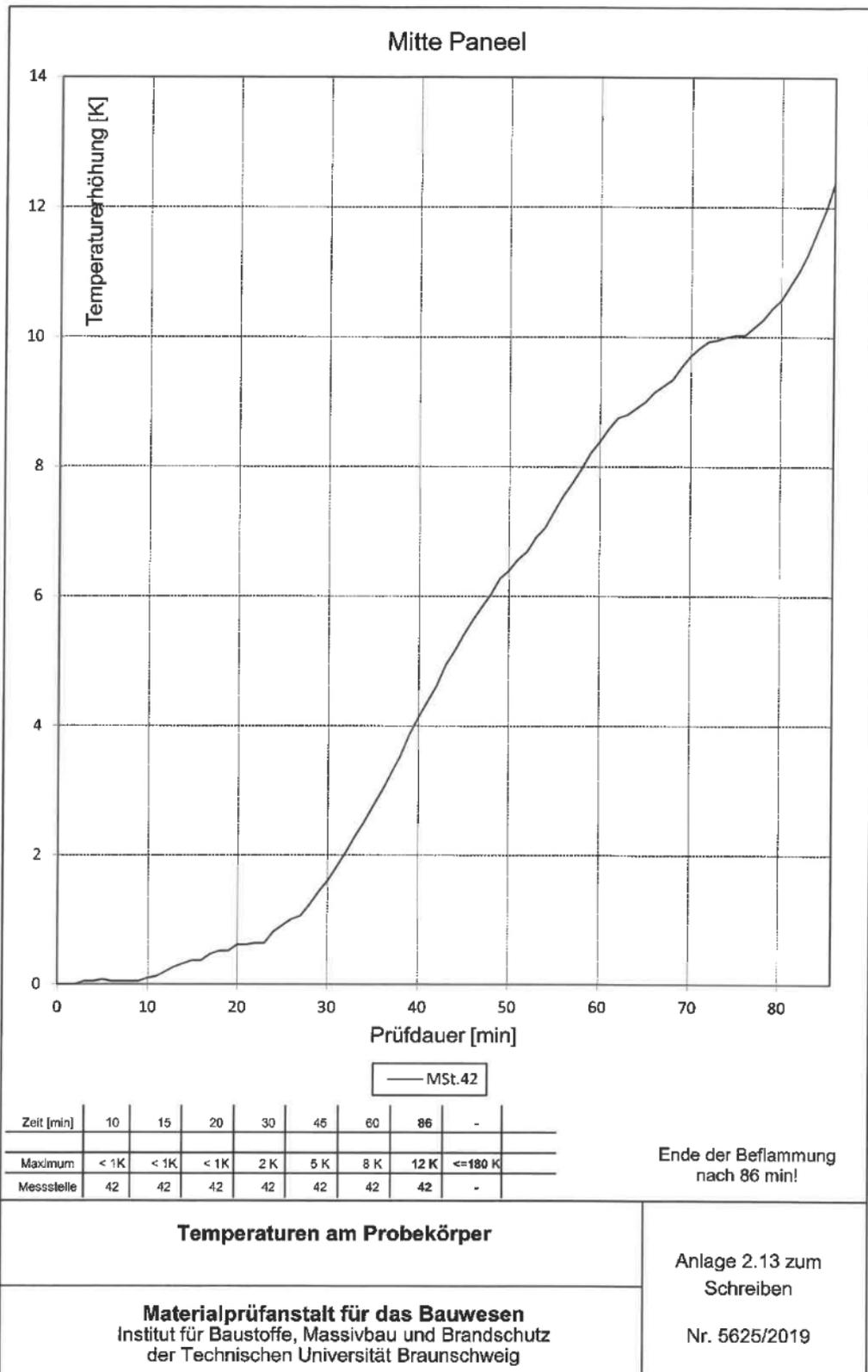


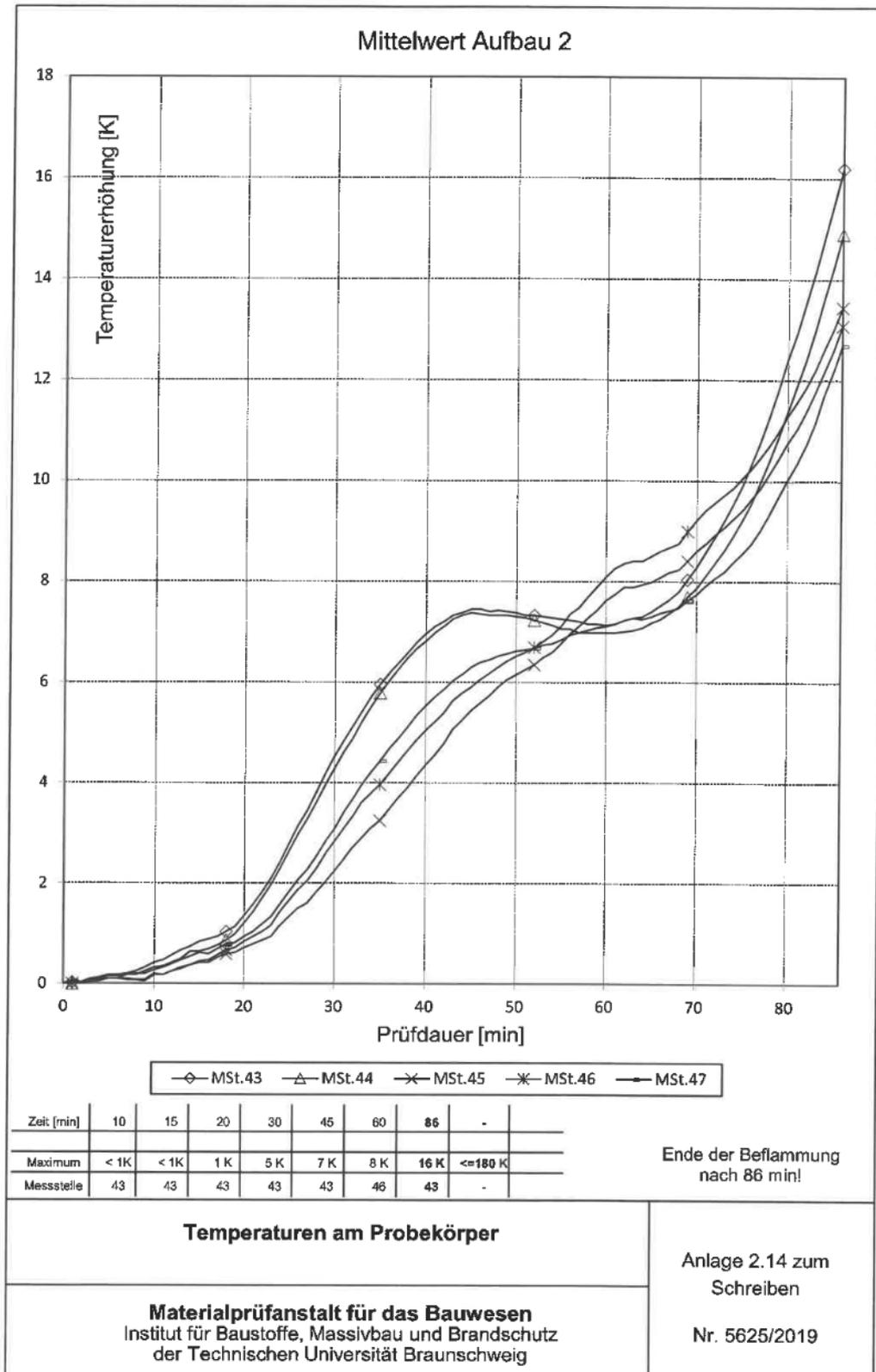


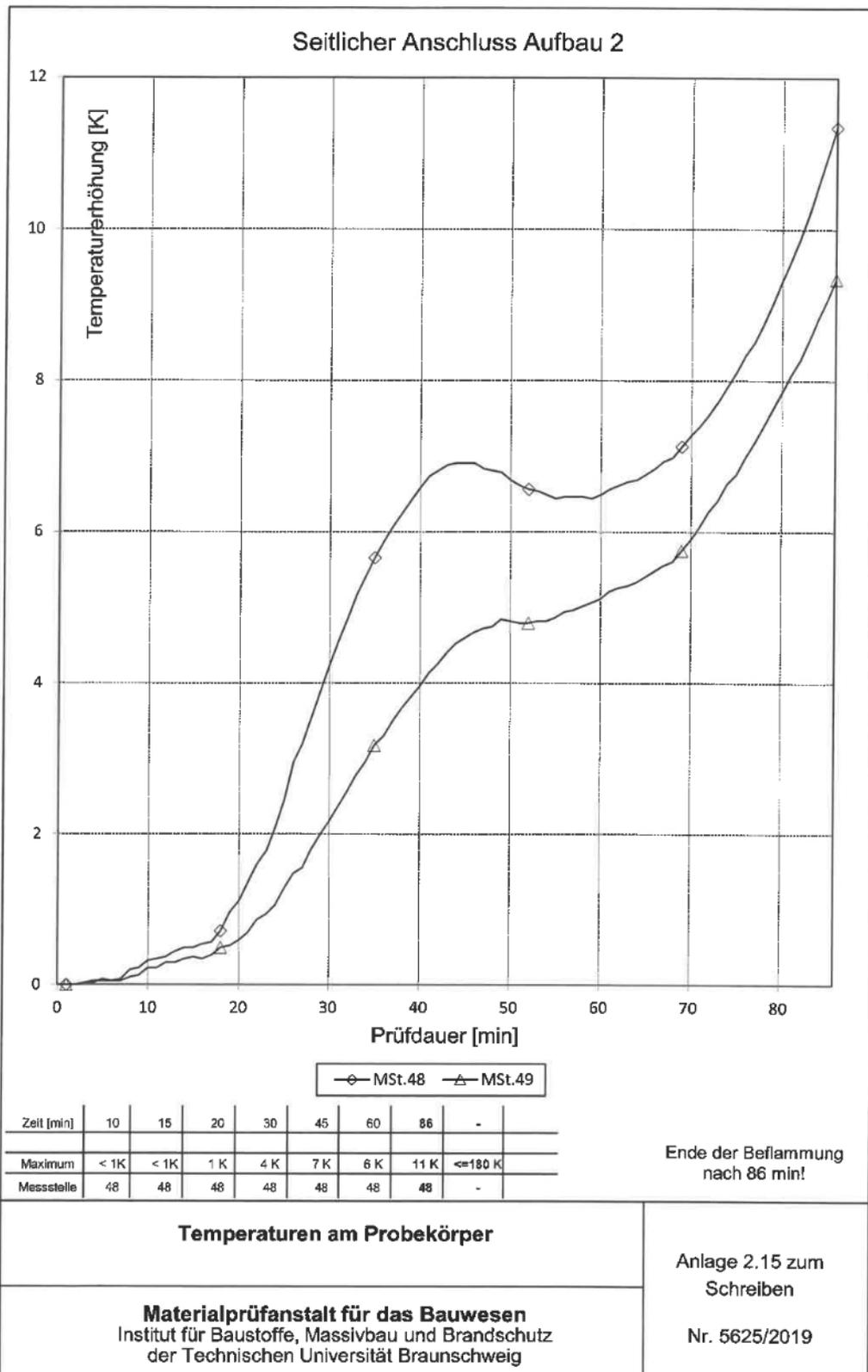


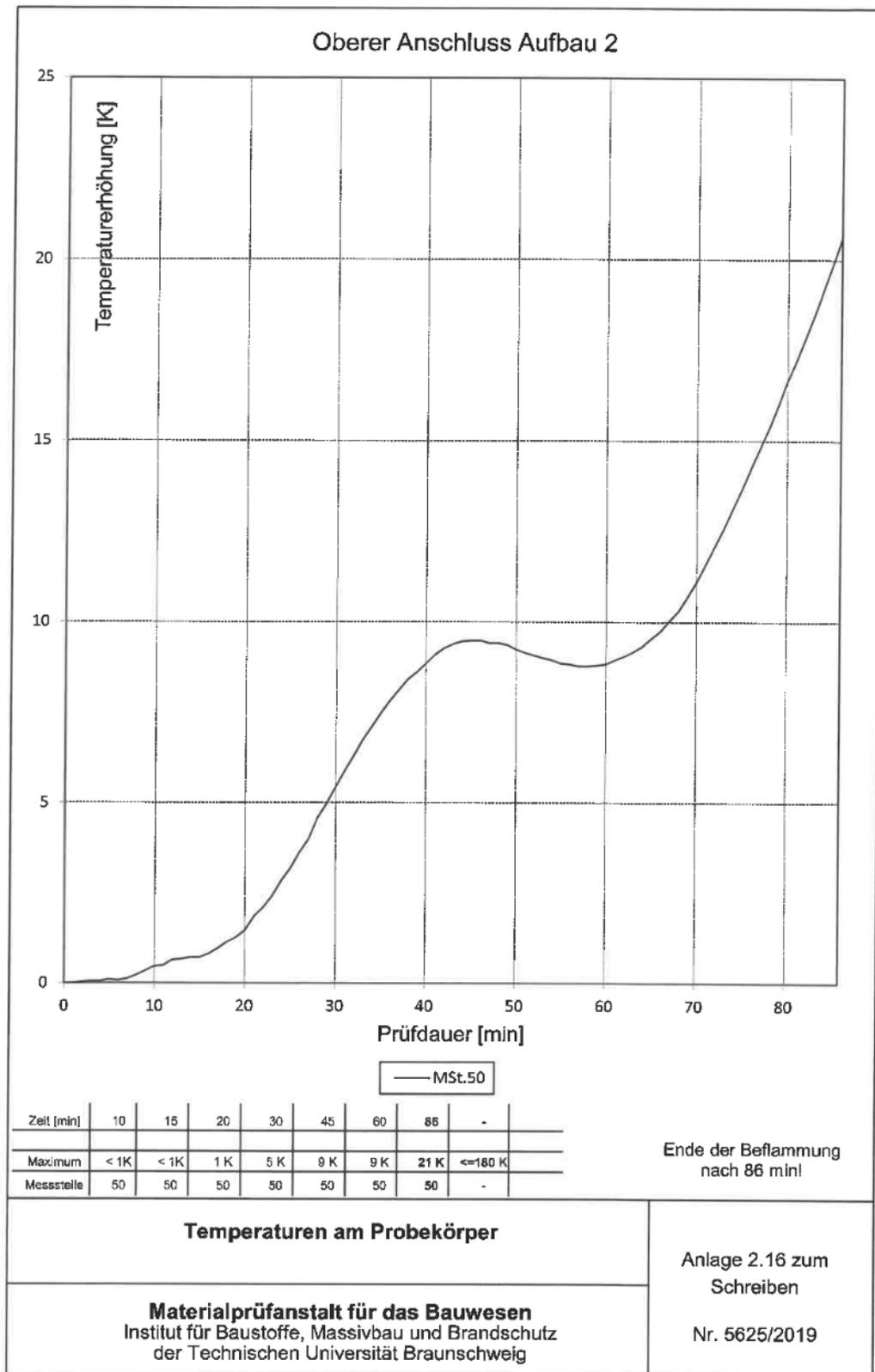


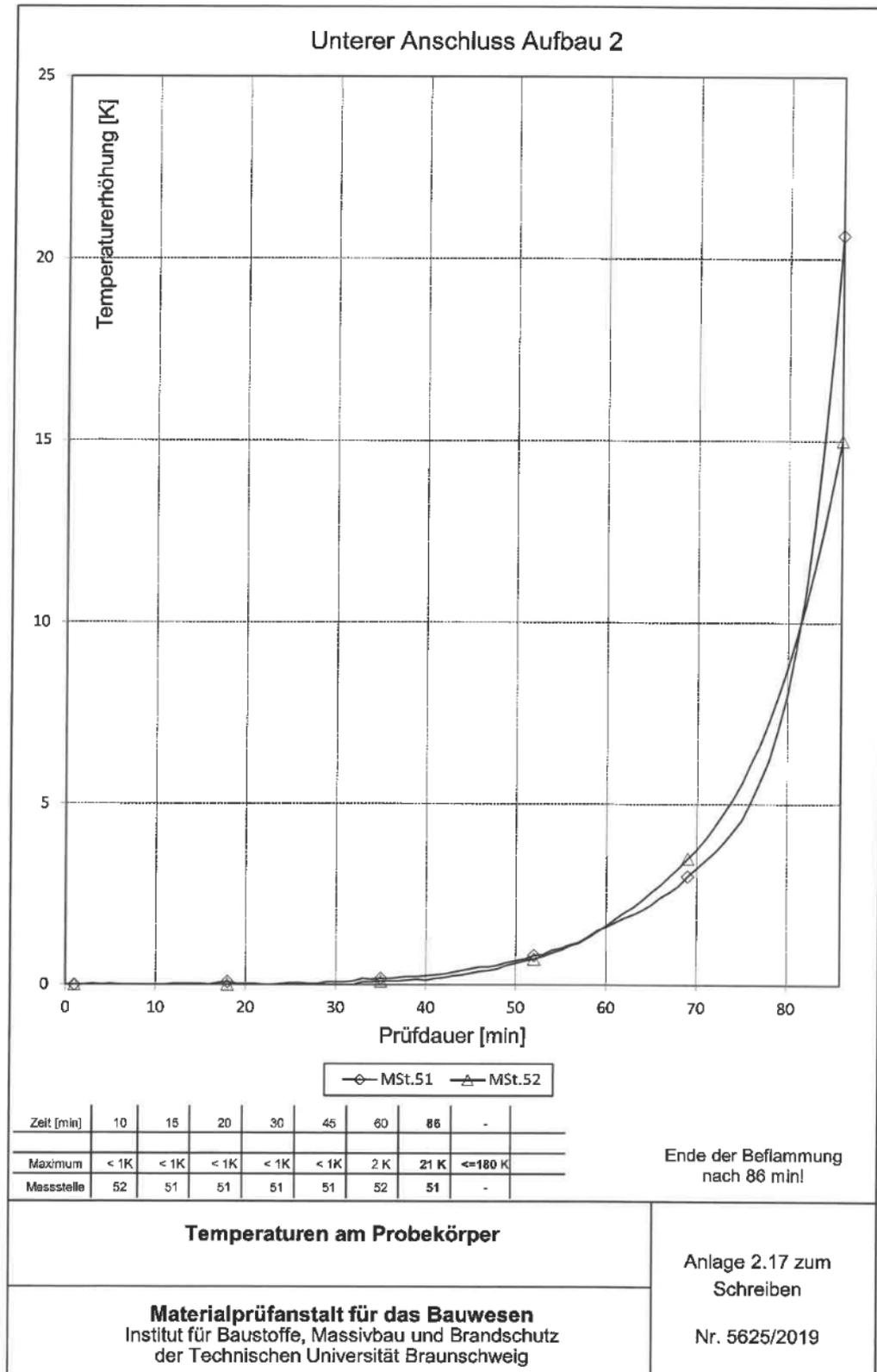


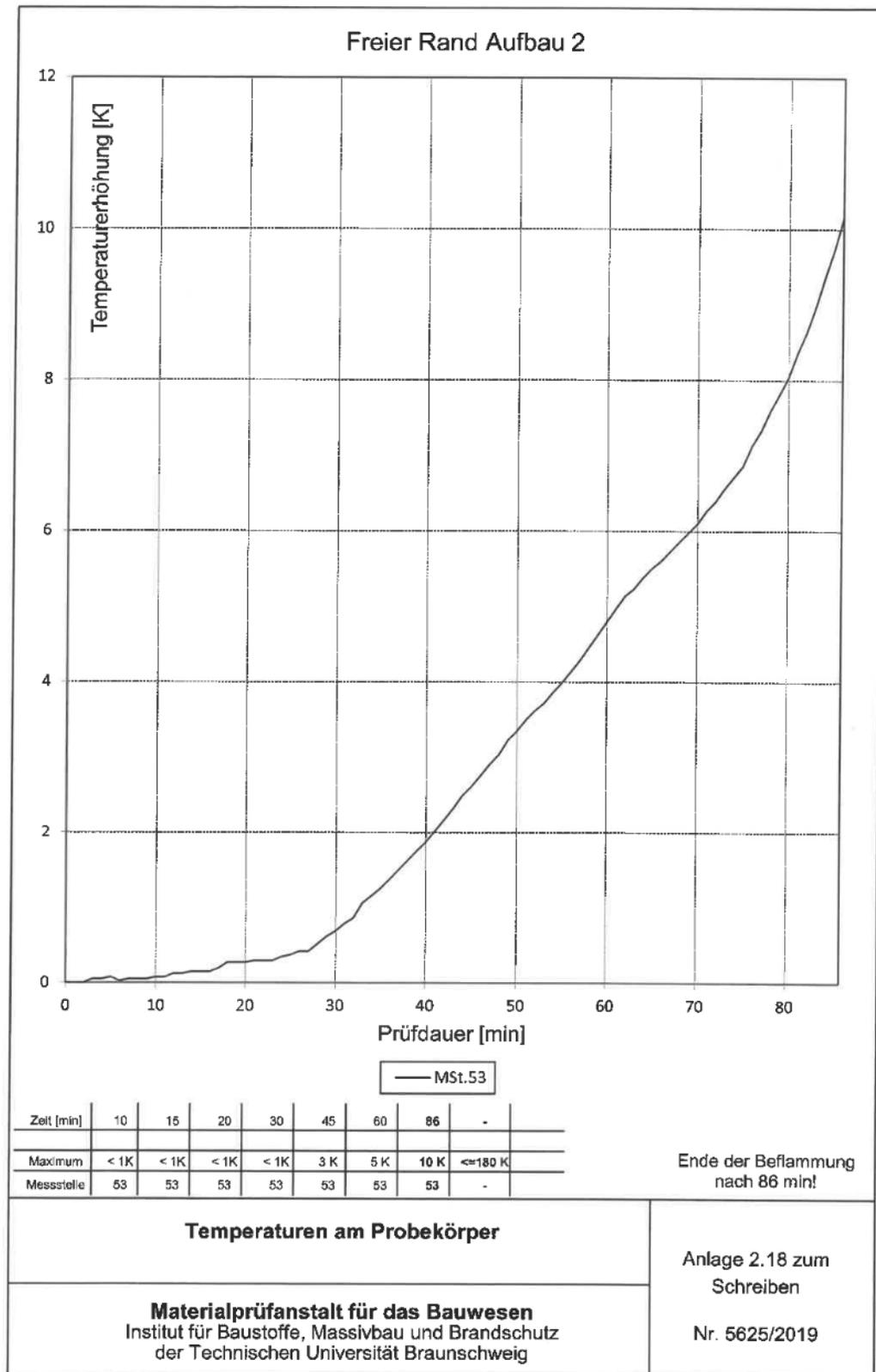


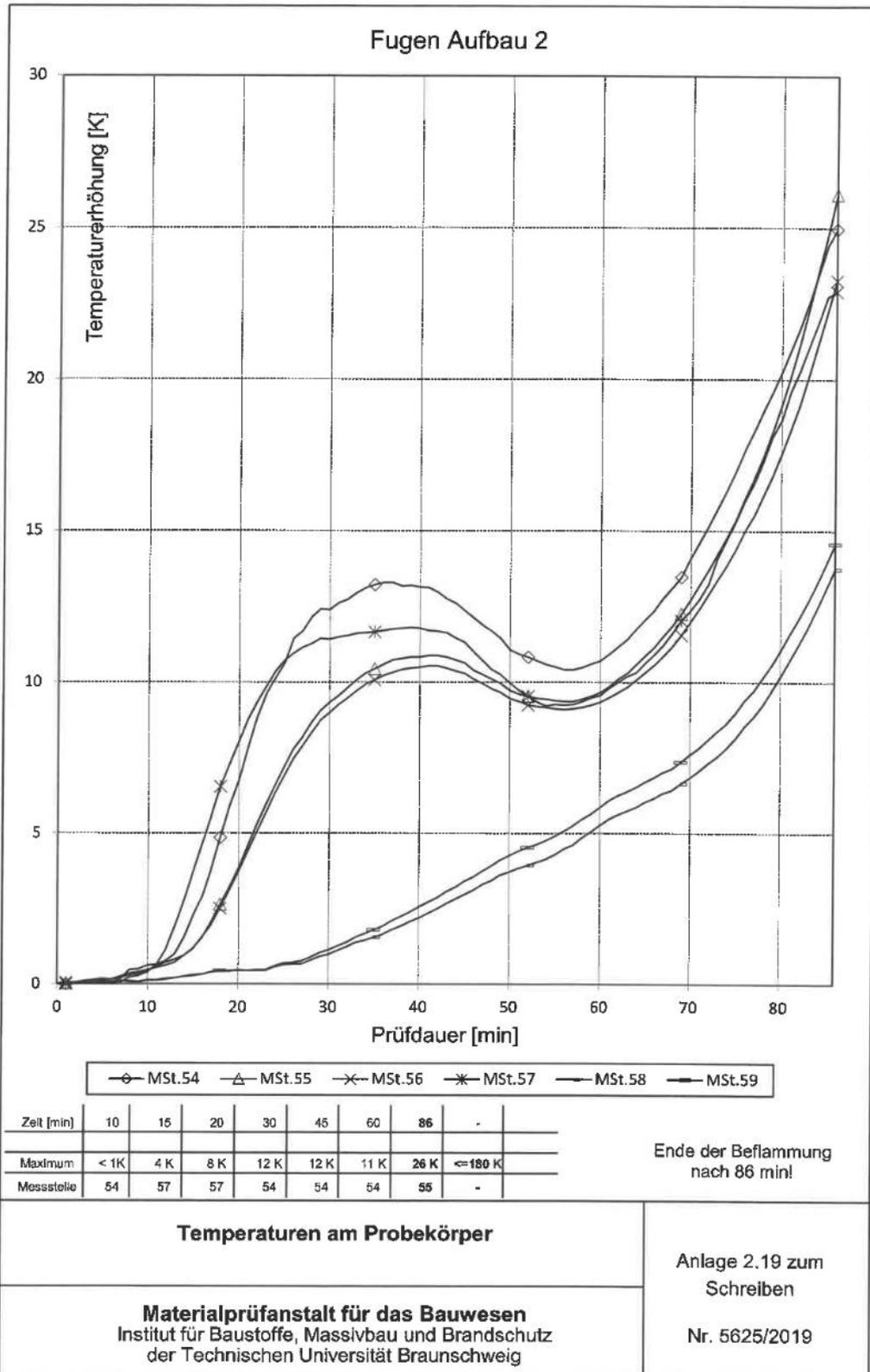


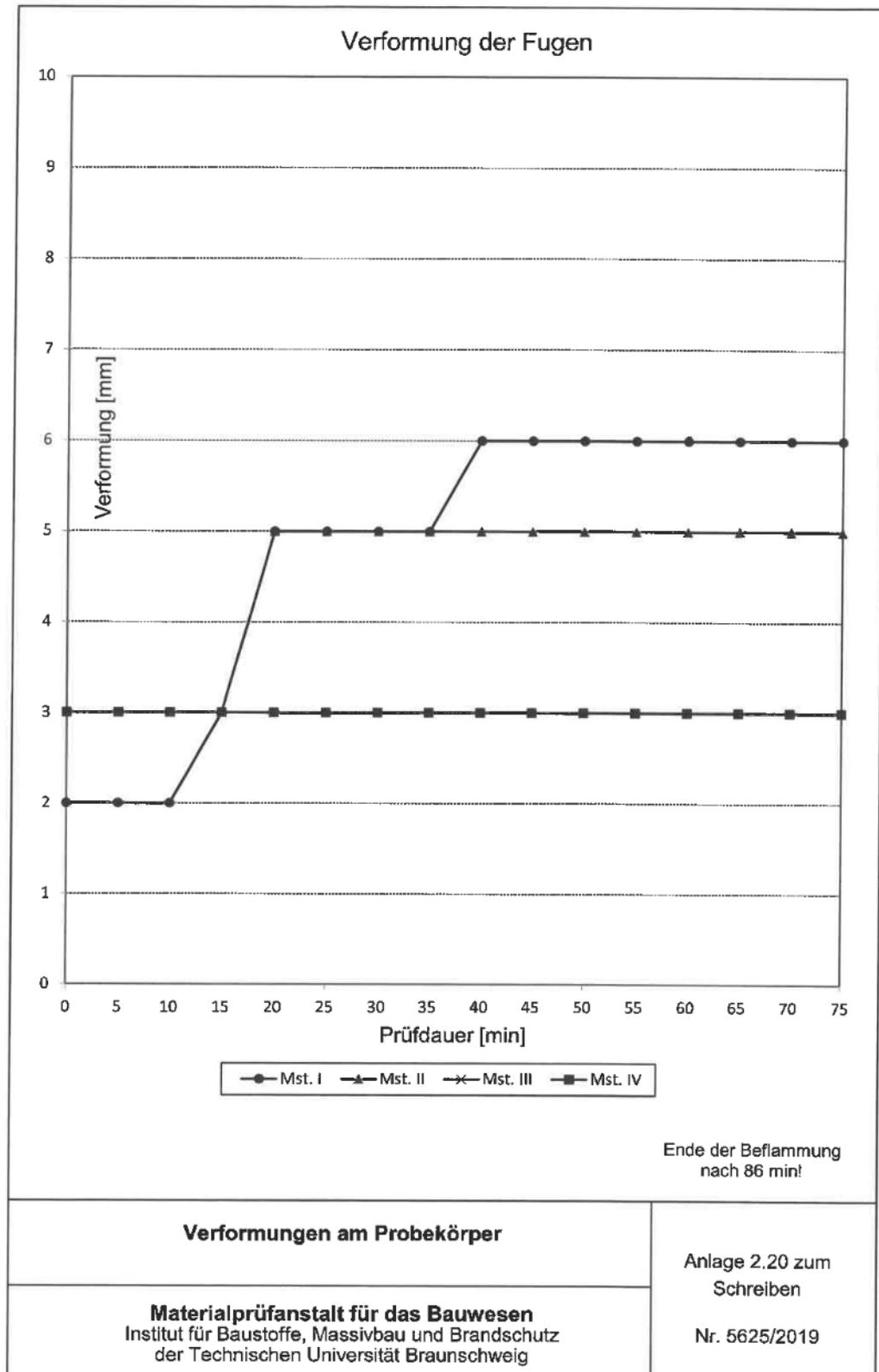


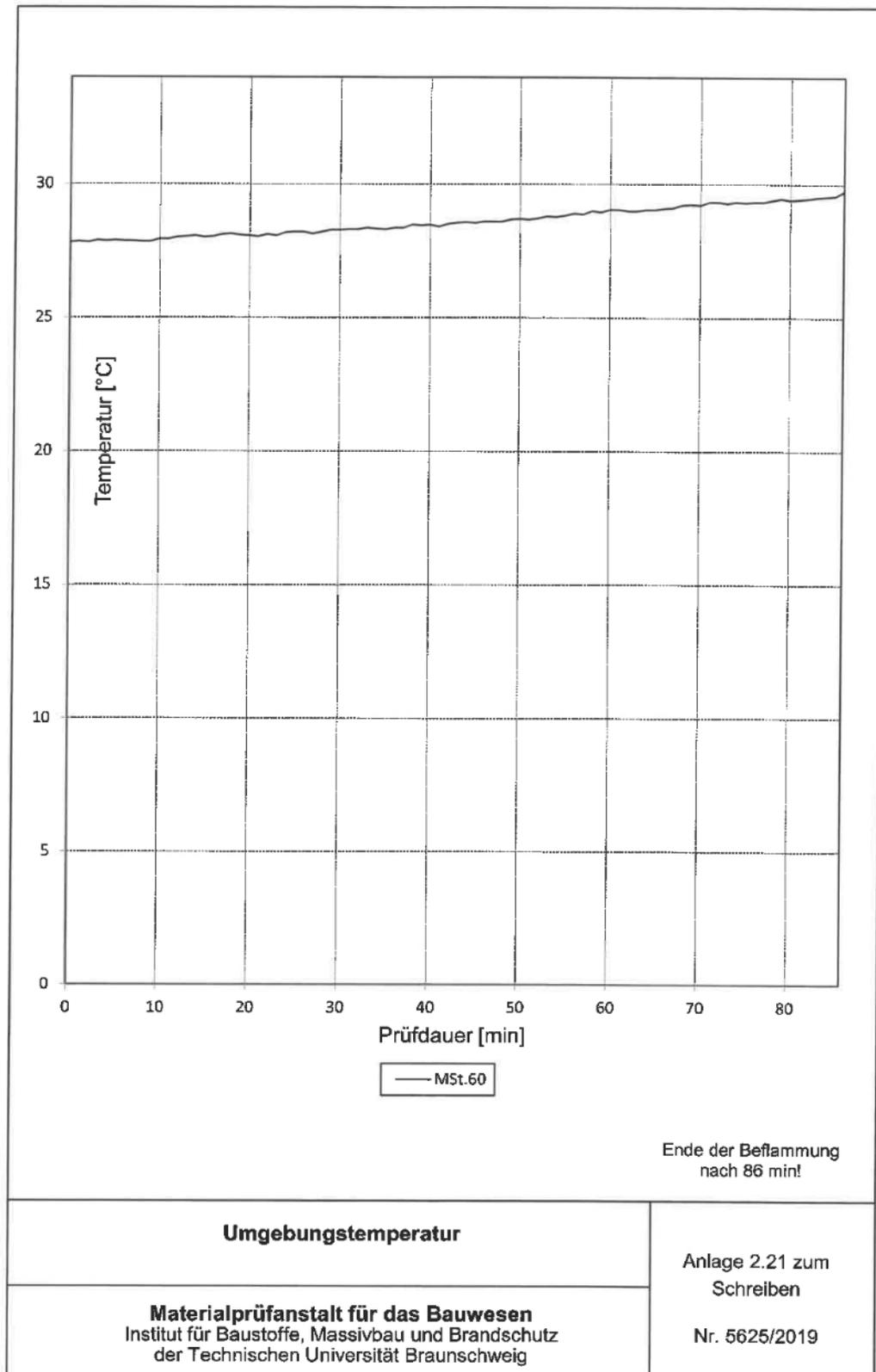












Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 31.07.2018
1	A	Es sind Knackgeräusche im Ofen zu hören.
1	F	Das Blech wellt sich.
3	F	Das Blech wird schwarz und wölbt sich ab. Es kommt zur Flammenbildung am Fuß.
4	F	Die Farbe an der Oberfläche blättert ab. Die Fugen in der Mitte öffnet sich.
8	A	Es tritt Rauch aus den Ofenfugen aus.
15	A	Es ist deutlich eine S-Kurven Verformung sichtbar.
39	A	Der Laser funktioniert nicht mehr.
39	A	Die obere Fuge öffnet sich immer weiter, wölbt sich aber nach außen.
60	F	Es tritt schwarzer Rauch aus den vertikalen Fugen aus.
85	A	Die Fuge bei Mst. 34 hat sich geöffnet.
86		Der Brandversuch ist beendet.

*) F: Feuerseite
 A: Außenseite

Beobachtungen	Anlage 2.22 zum Schreiben Nr. 5625/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

ENDE Schreiben



Abb. 6.1: Wandaufbau vor Versuch



Abb. 6.2: Außenansicht (8°)



Abb. 6.3: Außenansicht (67°)

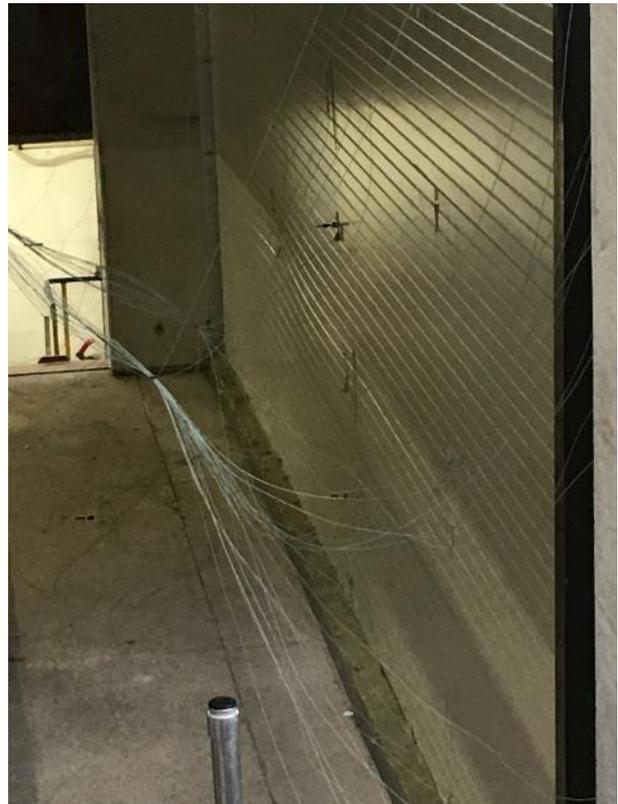


Abb. 6.4: Einfallen der Fuge (79°)



Abb. 6.5: Innenansicht Felder mit Fuge



Abb. 6.6: Fugenabdeckung innen



Abb. 6.7: Innenansicht Bodenanschluss



Abb. 6.8: Beulen Deckschicht innen (1')



6.9: offene Fuge (8')



Abb. 6.10: Fugenöffnung innen (35')

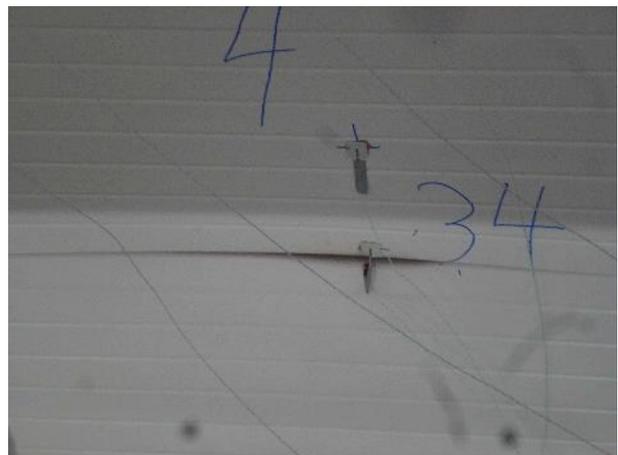


Abb. 6.11: Fuge öffnet sich (85')



Institut für Baustoffe,
Massivbau und Brandschutz

Materialprüfanstalt
für das Bauwesen

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

European Association for Panels and Profiles
Herrn Dr.-Ing. Ralf Podleschny
Europark Fichtenhain A 13 a
47807 Krefeld

Schreiben

5864/2019

Unsere Zeichen: (2101/365/18)-Bo
Kunden-Nr.: 19840
Auftrag vom: 01.10.2018
Sachbearbeiter: Frau Holtmann
Abteilung: BS
Kontakt: 0531-391-8261
l.holtmann@ibmb.tu-bs.de

Ihre Zeichen: Herr Podleschny
Ihre Nachricht vom:

Datum: 26.03.2019

**Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit
DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben:
„Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von
Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“**

21 Anlagen

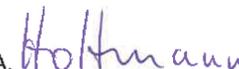
Sehr geehrter Herr Dr.-Ing. Podleschny,

am 05.12.2018 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 200 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit Nut- und Federausführung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 200“ als horizontal verlegtes Einfeldträgersystem nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergebnissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

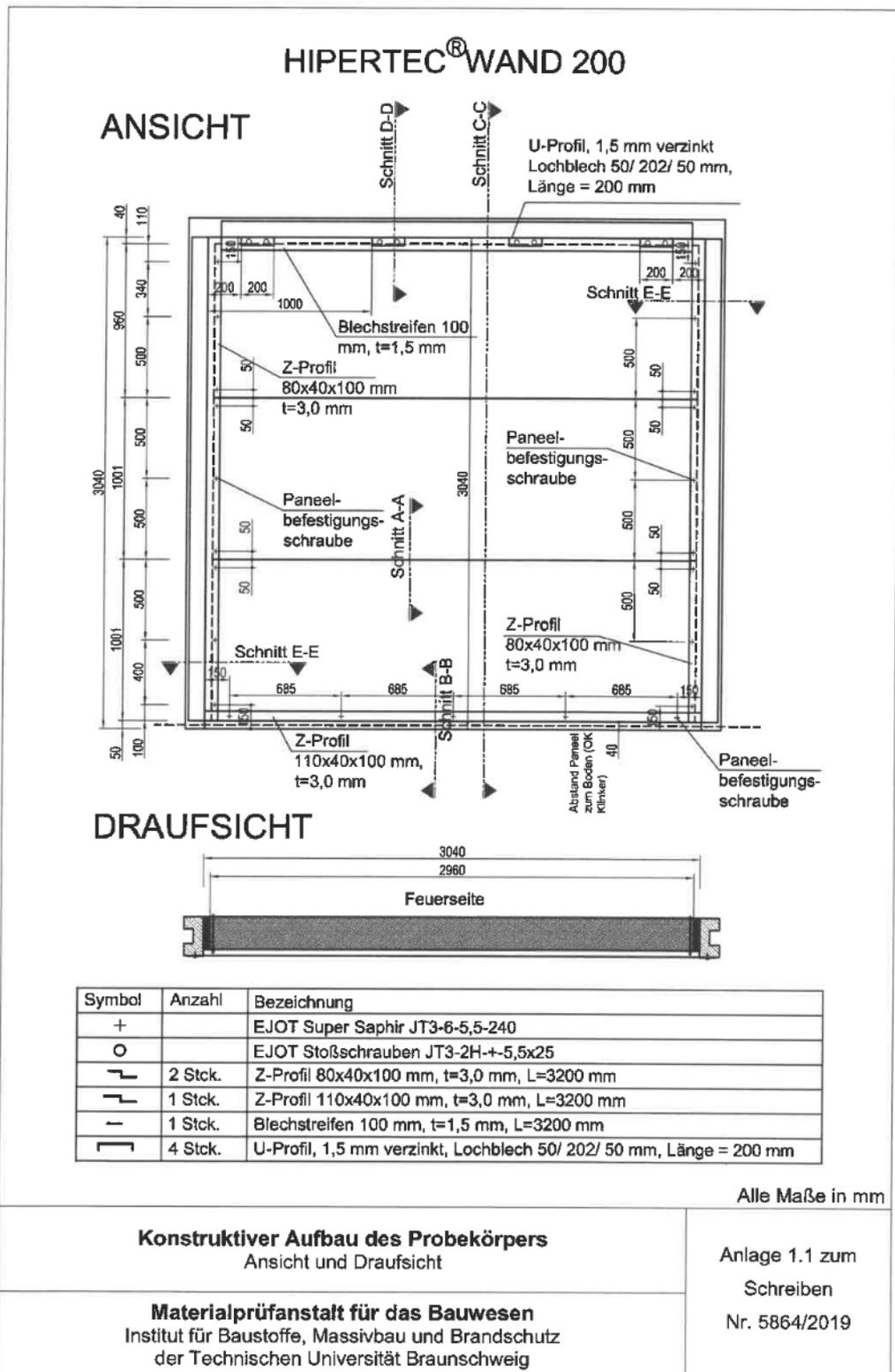
i. A. 
Dipl.-Ing. Lina Holtmann
Sachbearbeiterin

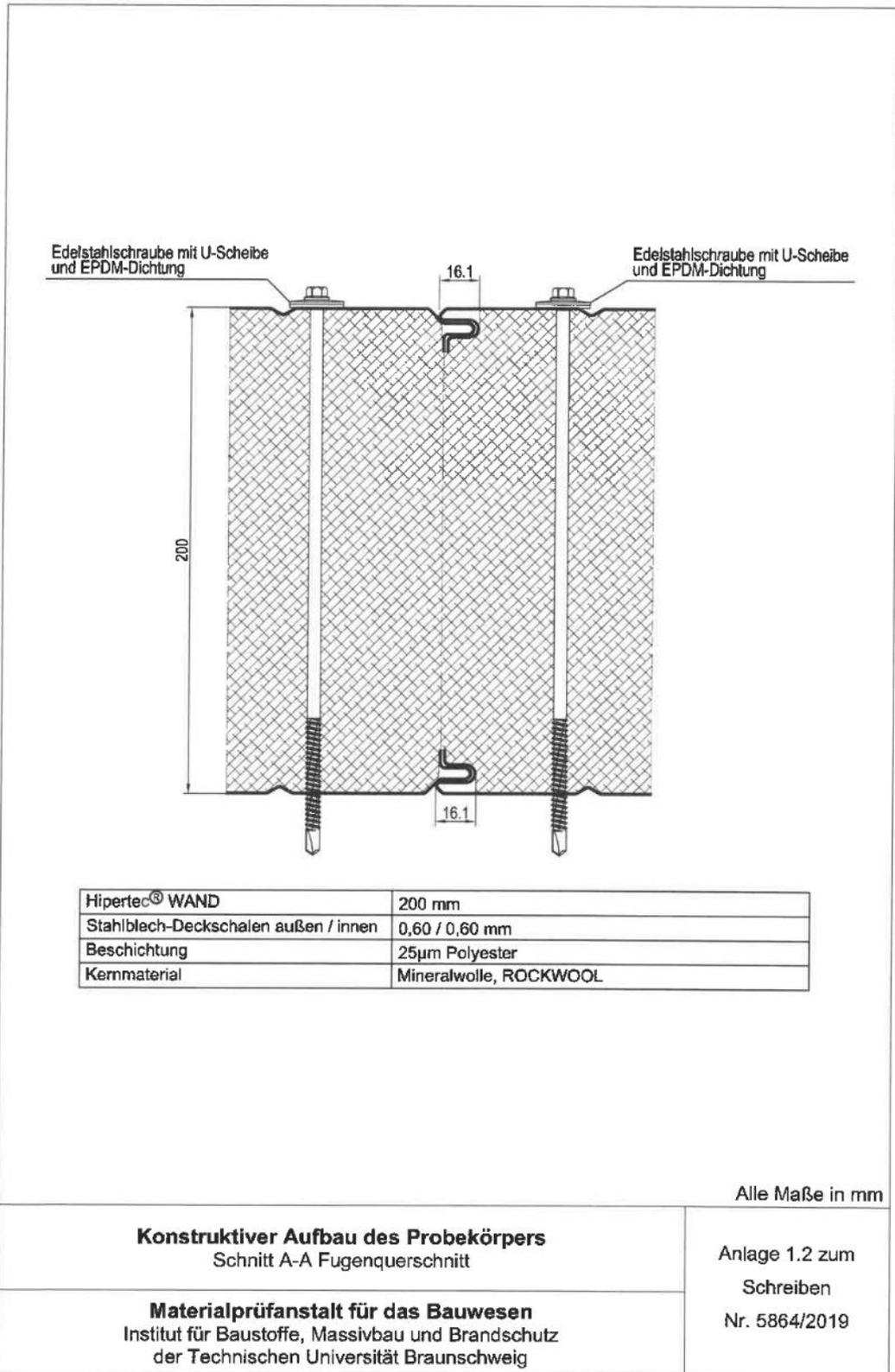
Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

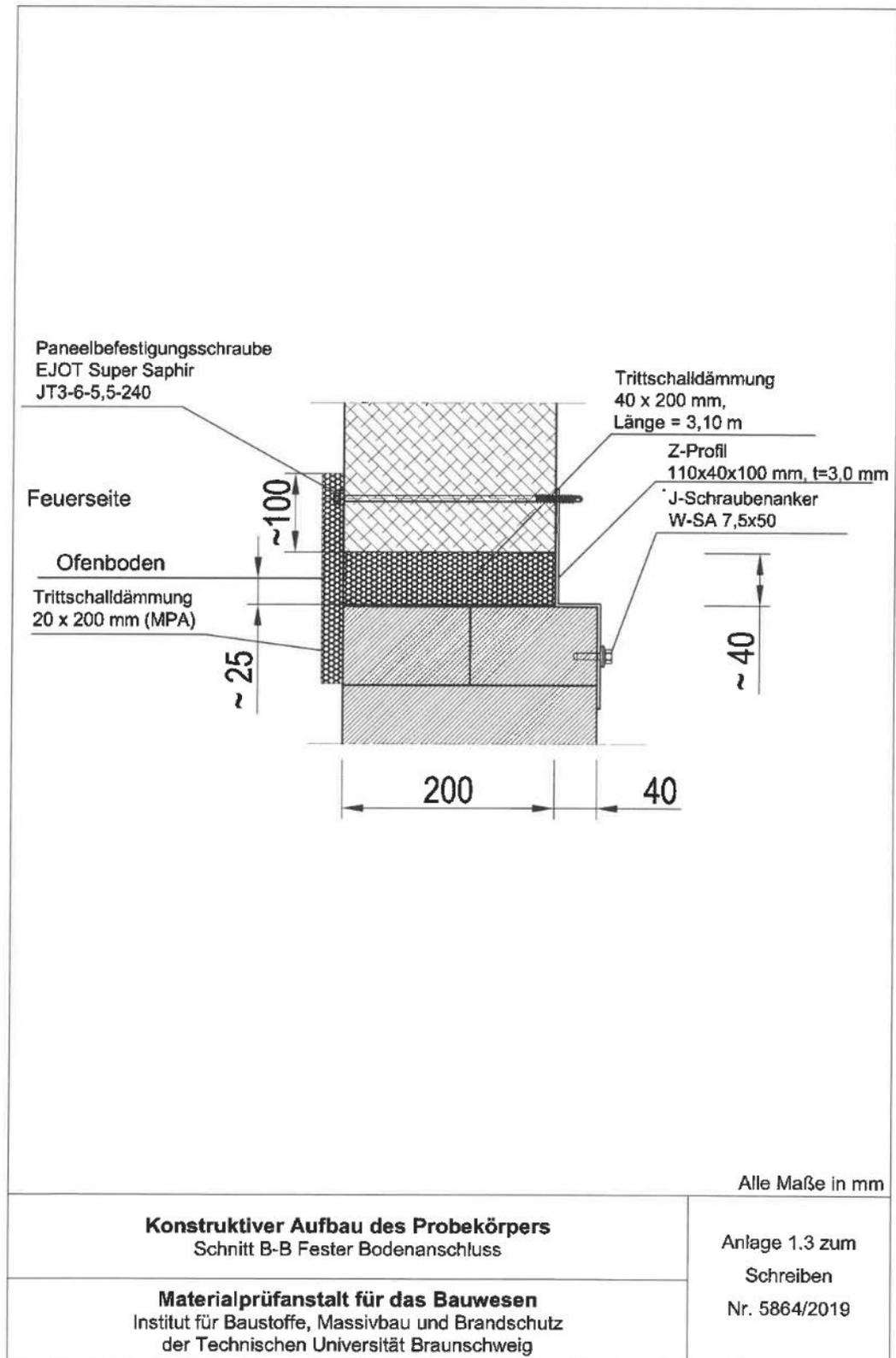
Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5900
info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

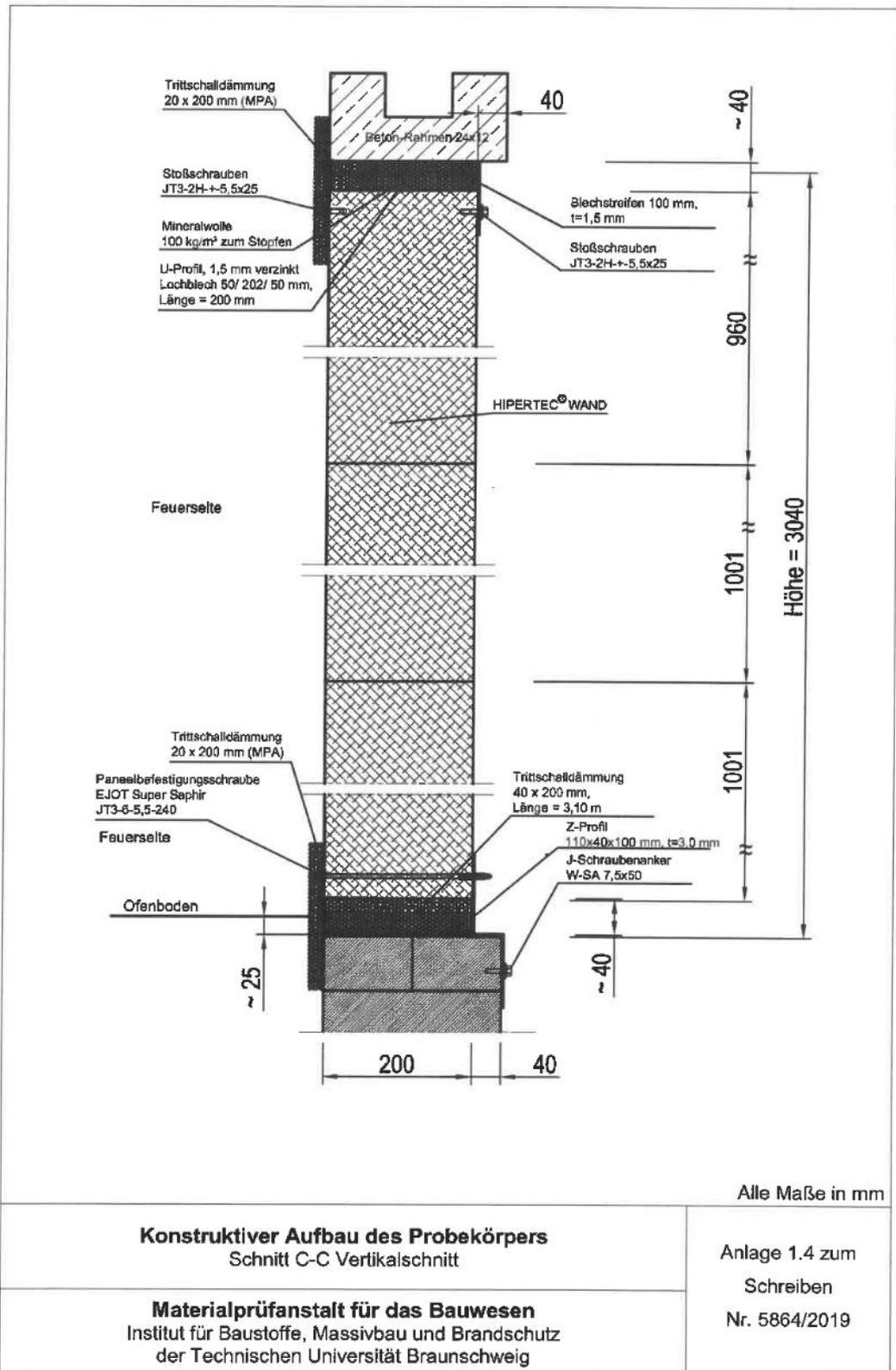
Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE88 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NOLADE2H
USt.-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/2011/22859

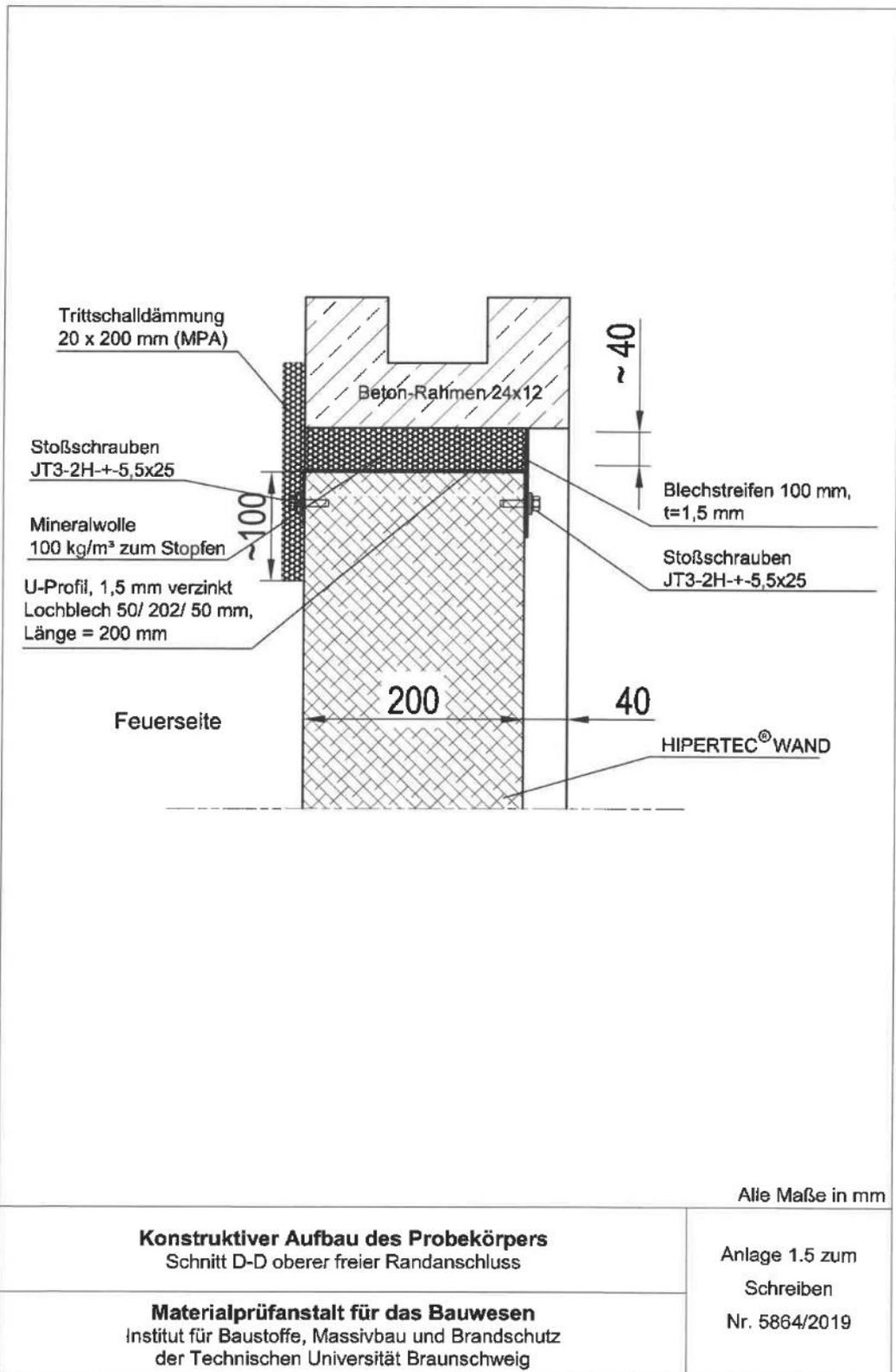
Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung.

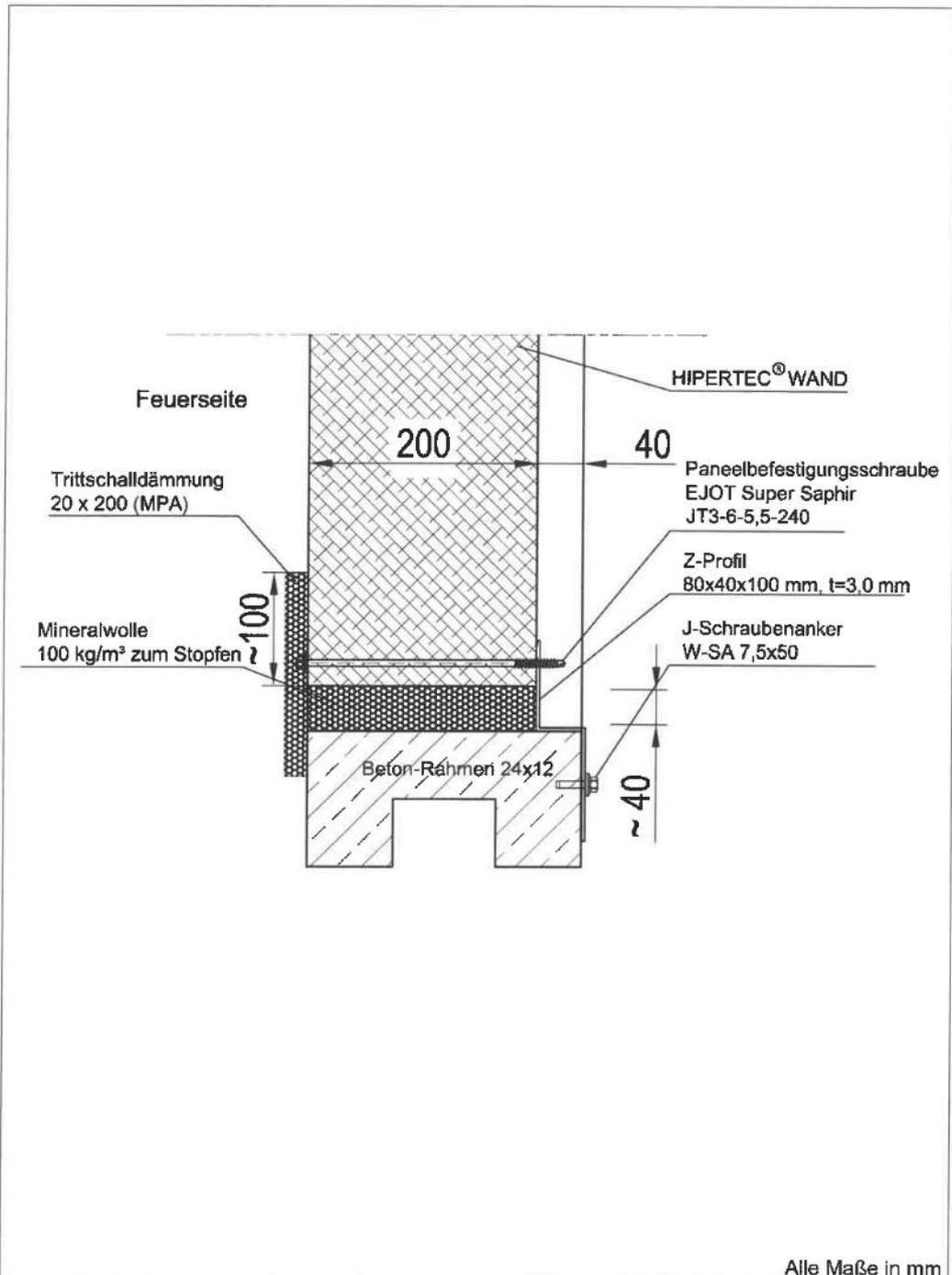






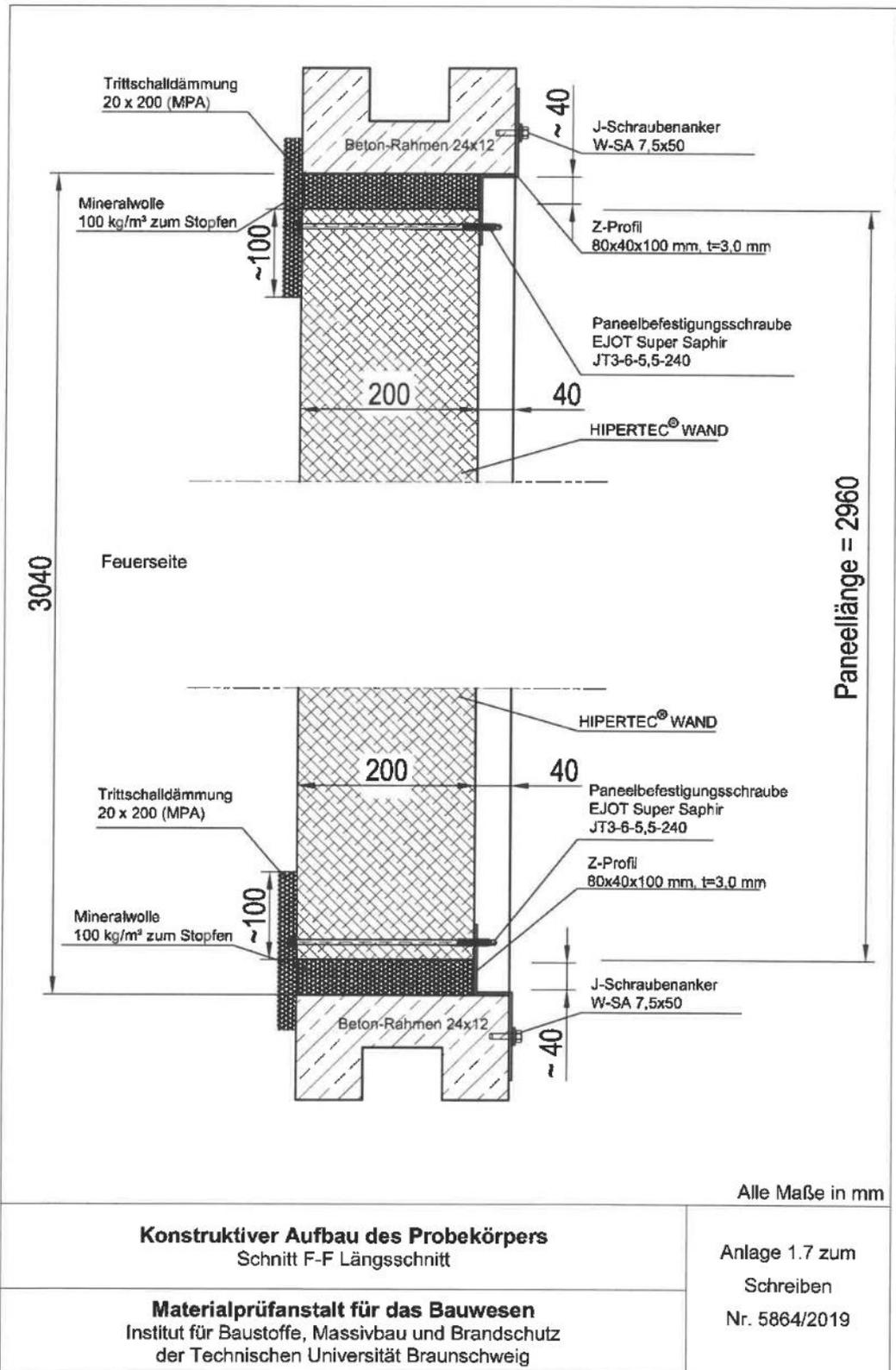


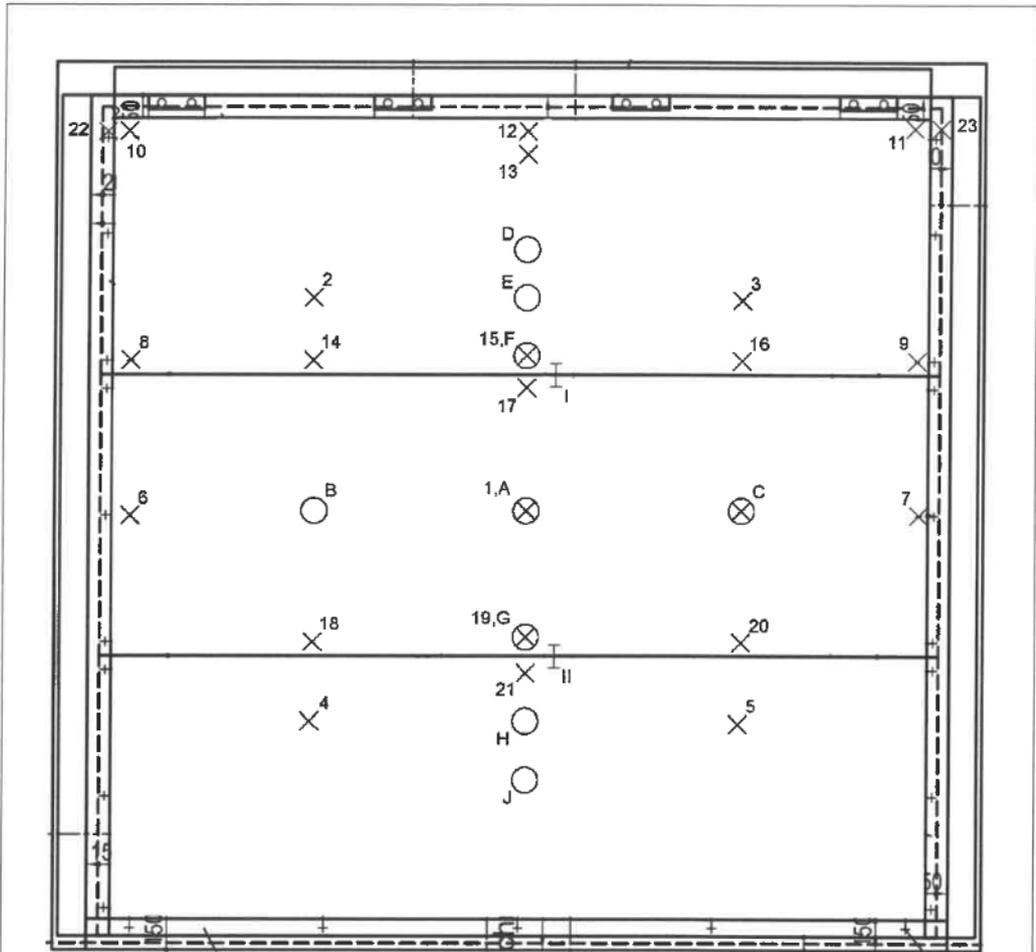




Alle Maße in mm

<p>Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Schnitt E-E Fester Wandanschluss</p>	<p>Anlage 1.6 zum Schreiben Nr. 5864/2019</p>
<p>Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig</p>	





Messstellen nach DIN EN 1364-1:2015-19

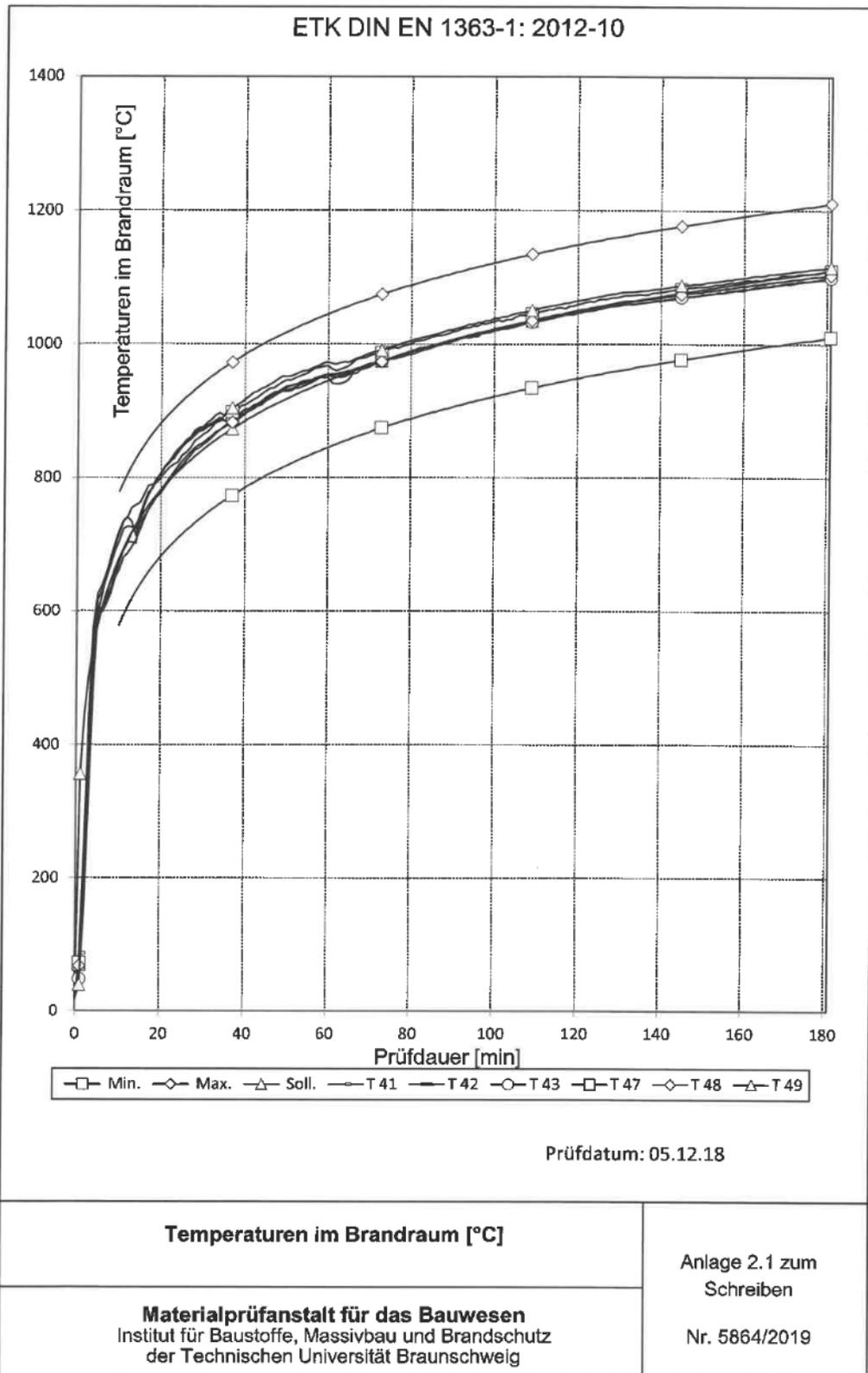
- 1-5 MW Wand
- 6-13 Randmessstellen
- 14-21 Fugenmessstellen
- 22, 23 Befestigungsmittel (Schrauben)
- A-H, J Verformung Wand
- I - II Verformung Fugen

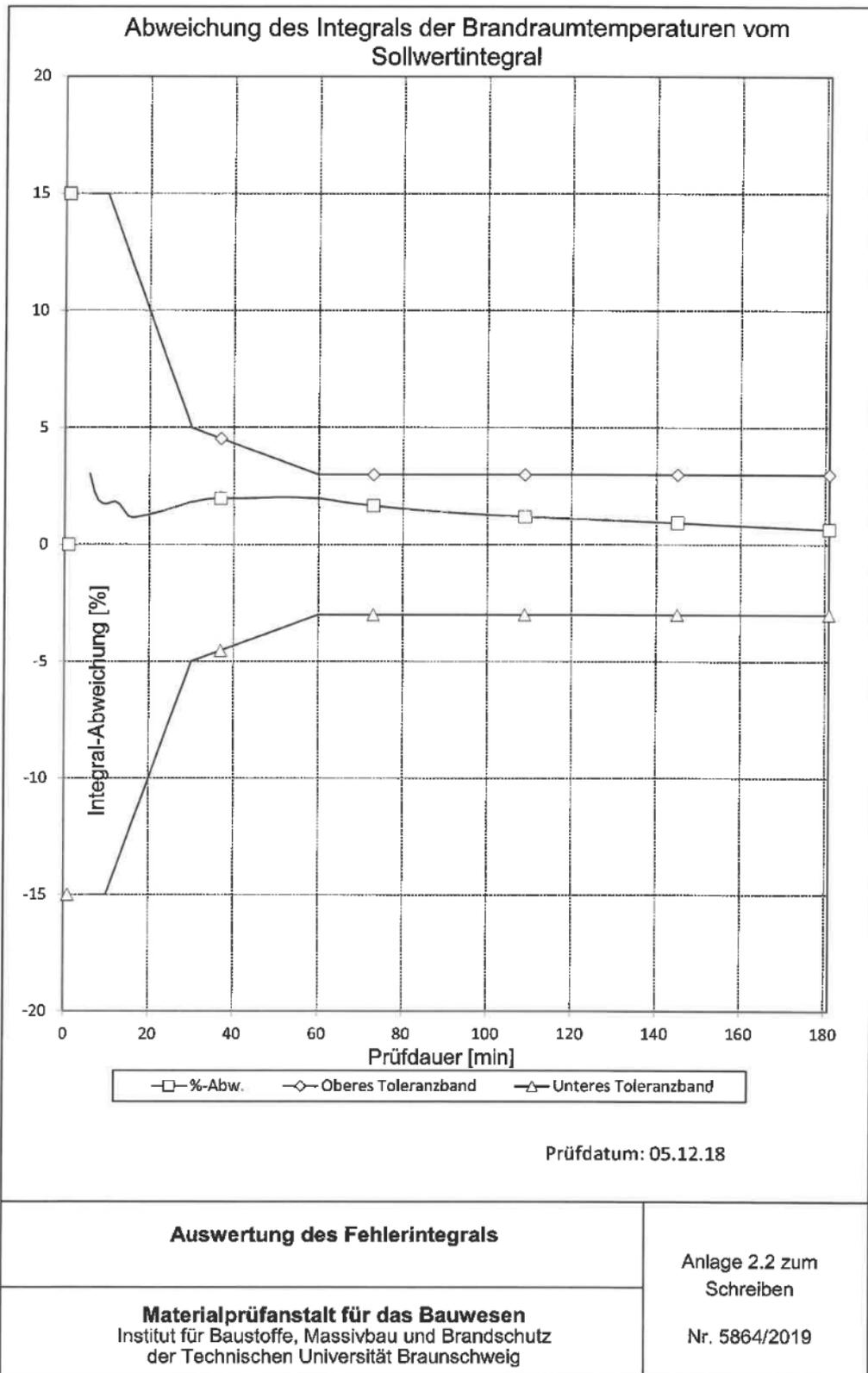
Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Lage der Messstellen	Anlage 1.8 zum Schreiben Nr. 5864/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

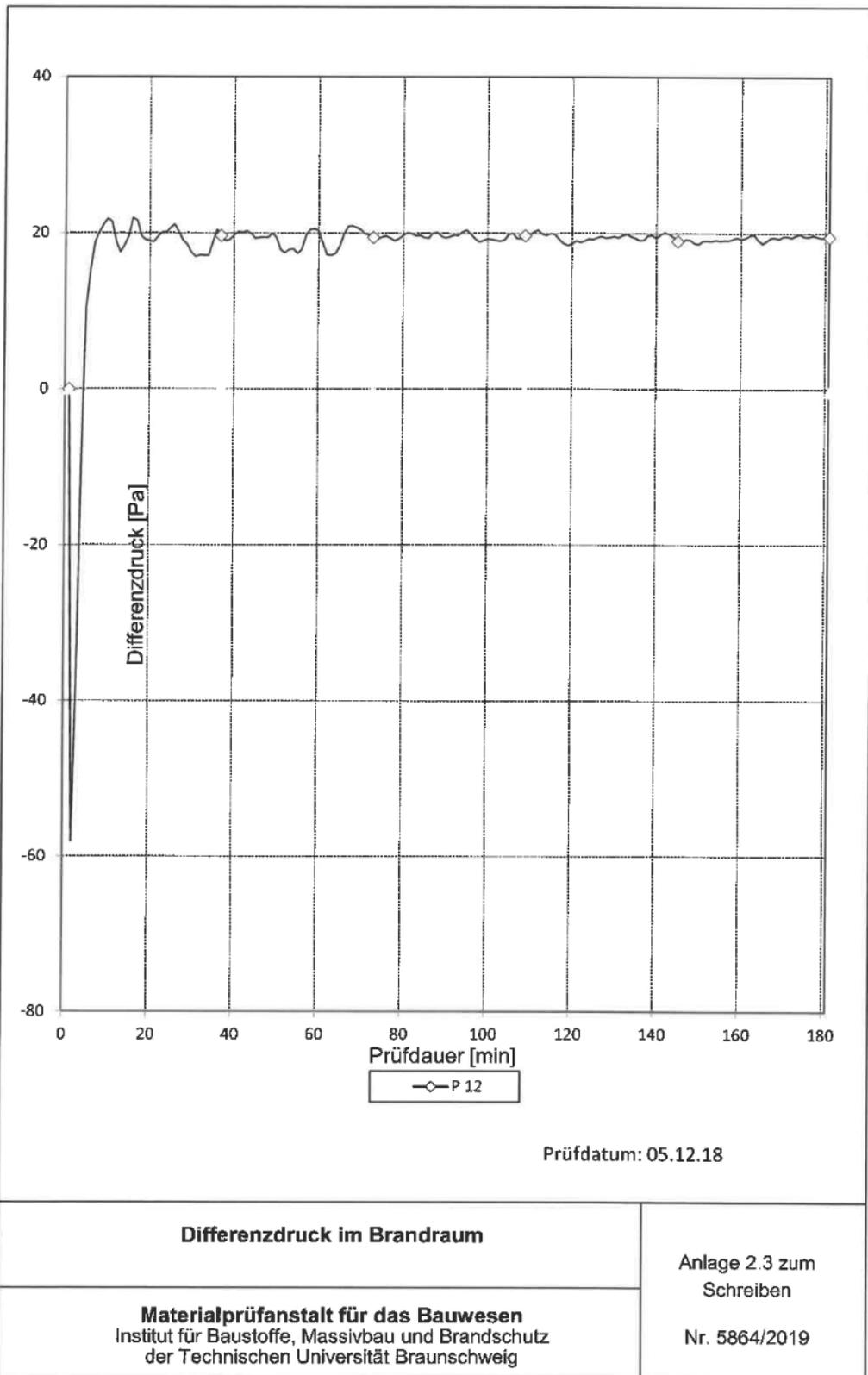
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächen- gewichte	Roh- dichte	Feuchtig- keits- gehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichelement „HIPERTEC®“, L x H = 2960 mm x 1001 mm Zulassungsnummer: Z-10.49-517	Metecno Bausysteme GmbH	200	34,3	170	0,3	<u>A2-s1-d0:</u> gem. DIN EN 13501-1
Mineralwolllamelle Rockwool	Deutsche Rockwool GmbH & Co. KG	196	24,1	122	0,4	<u>A1:</u> gem. DIN EN 13501-1
Steinwolle „Floorrock SE“ Trittschalldämmplatte Leistungserklärung Nr.: DE0185041701	Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG	20	- ⁴⁾	- ⁴⁾	- ⁴⁾	<u>A1:</u> gem. DIN EN 13501-1
Blakite Air Setting Mortar	Morgan Advanced Materials plc, Windsor (UK)	- ³⁾	- ³⁾	- ³⁾	- ³⁾	- ³⁾
Sonstige Stahlbauteile	-	-	-	-	-	<u>A1:</u> gem. DIN 4102-4

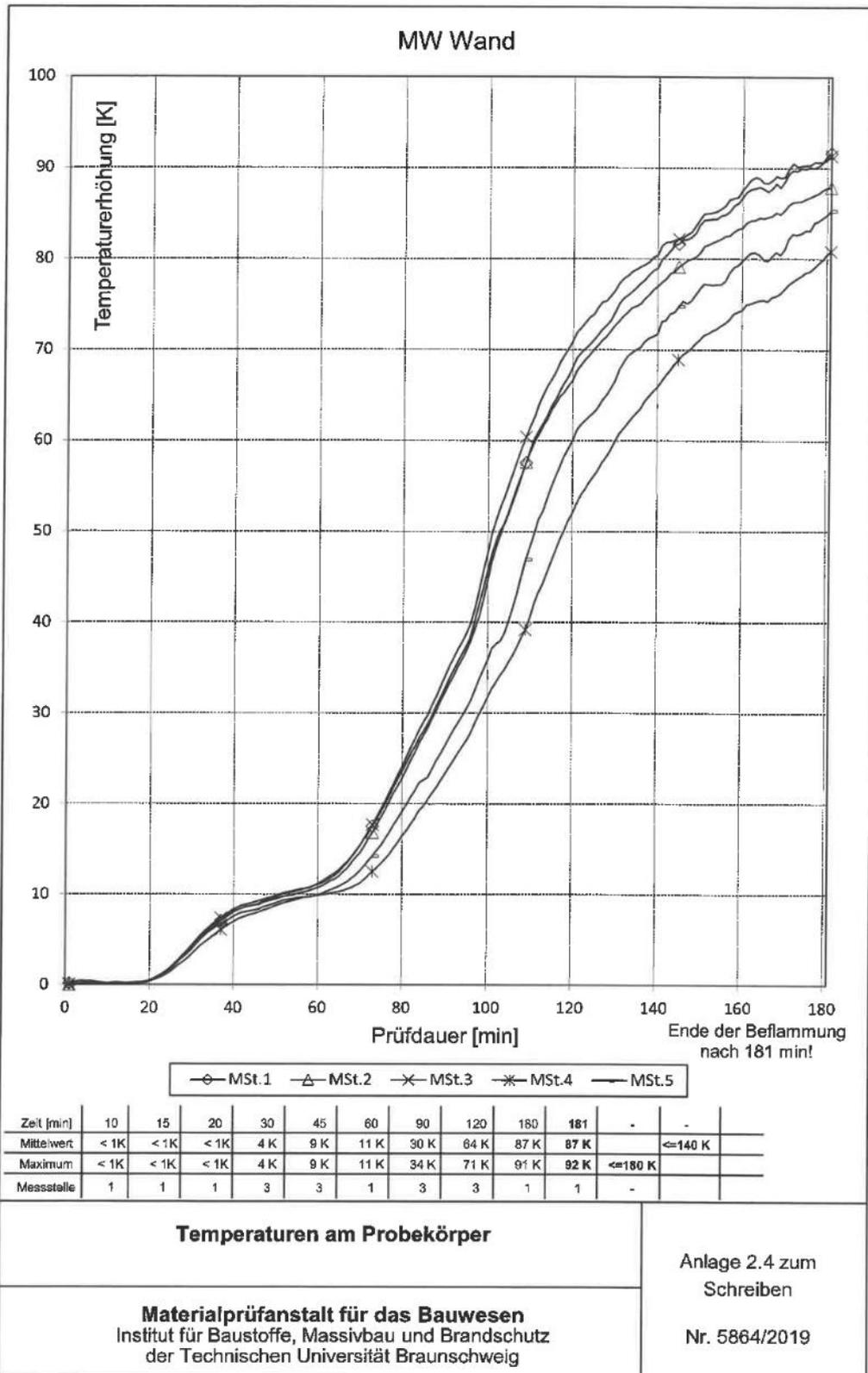
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2. „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

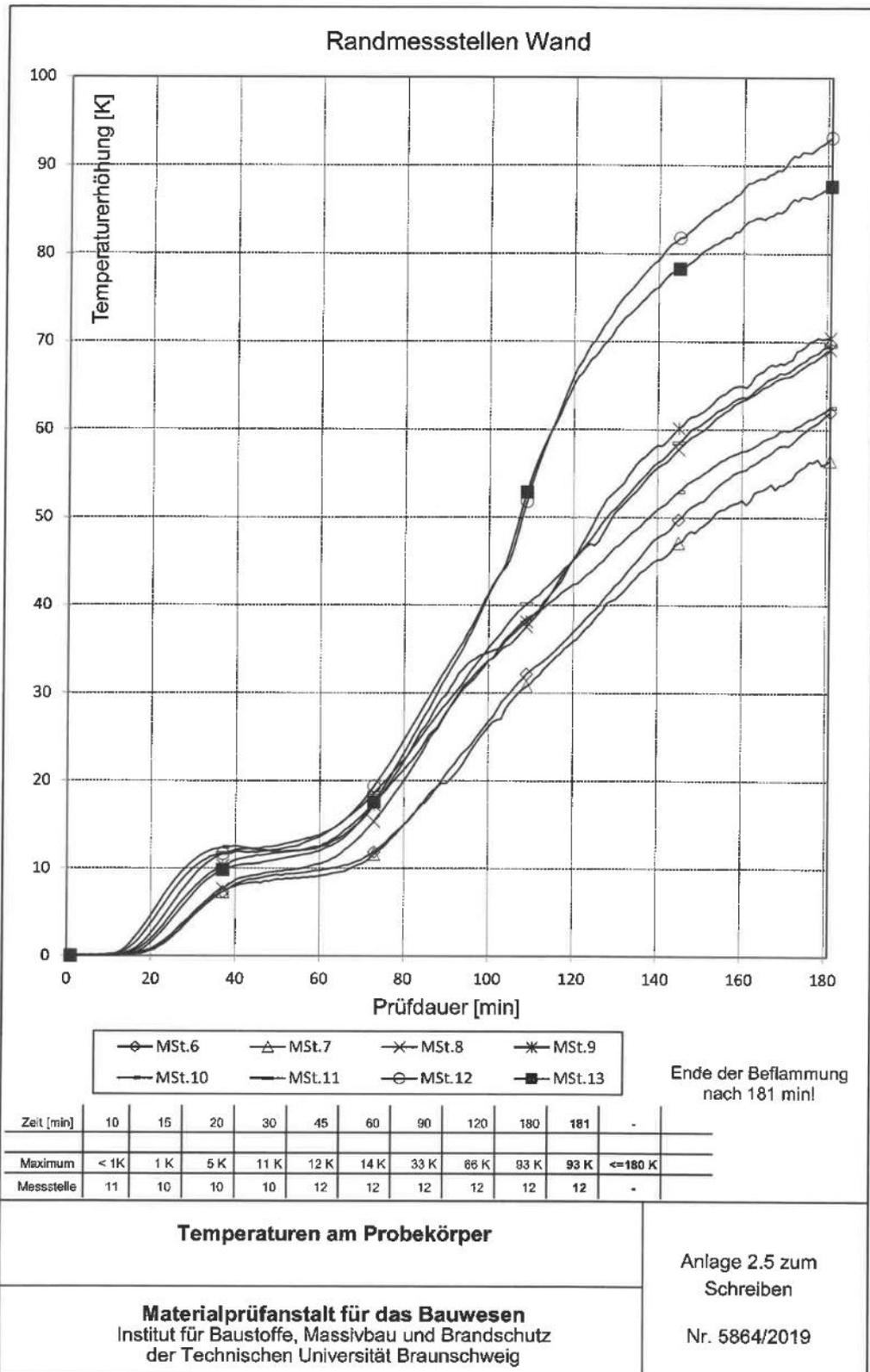
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.9 zum Schreiben Nr. 5864/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

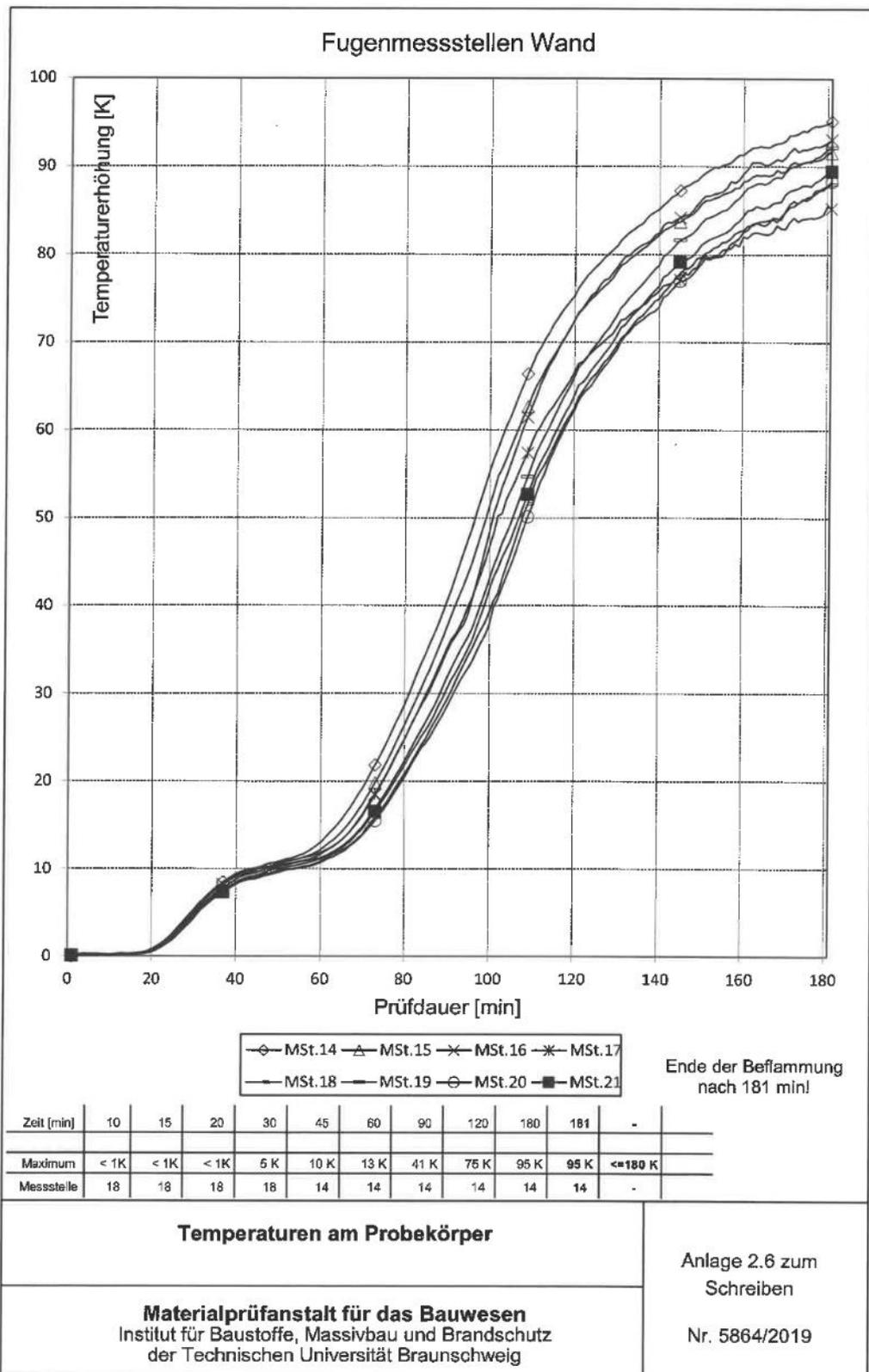


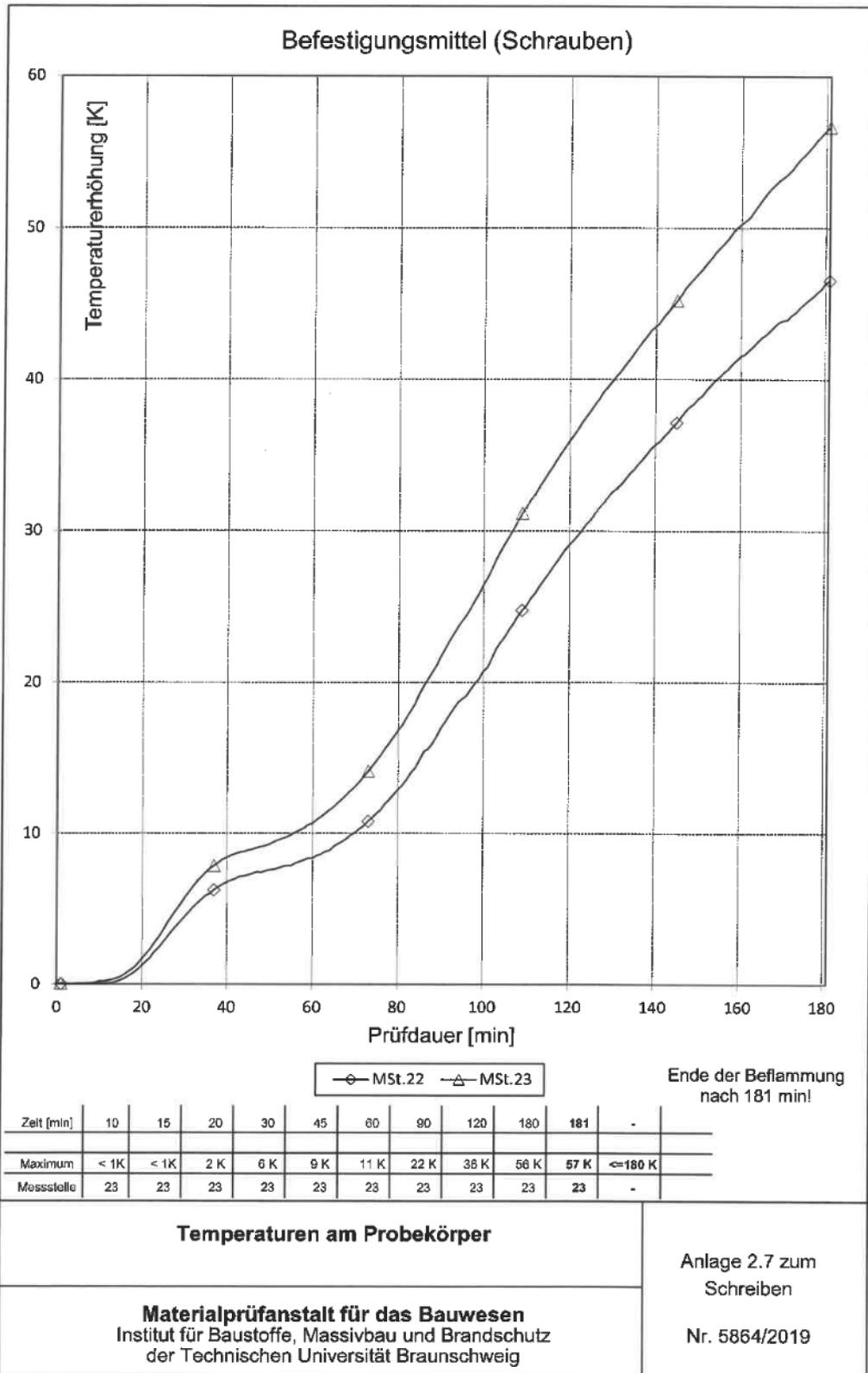


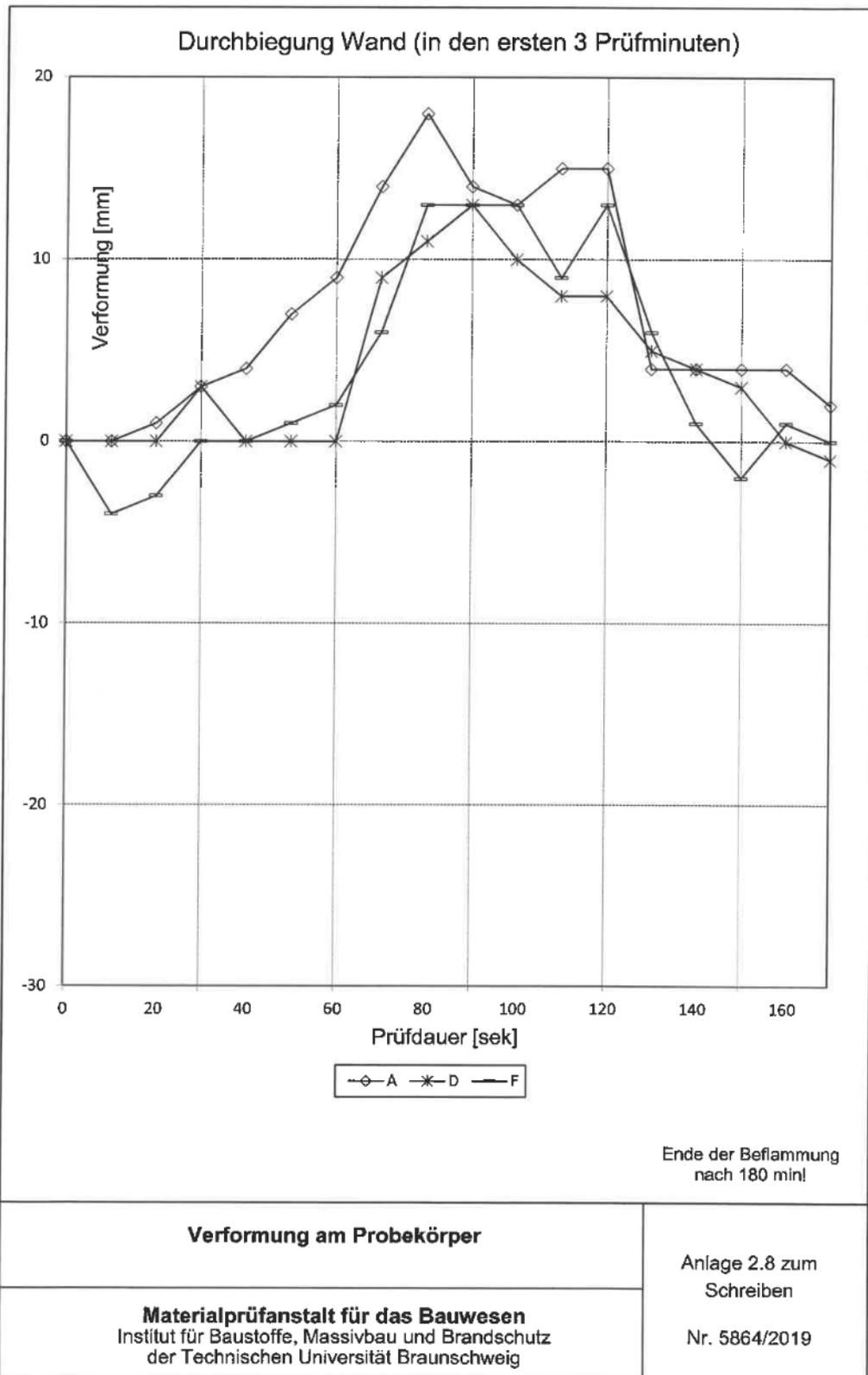


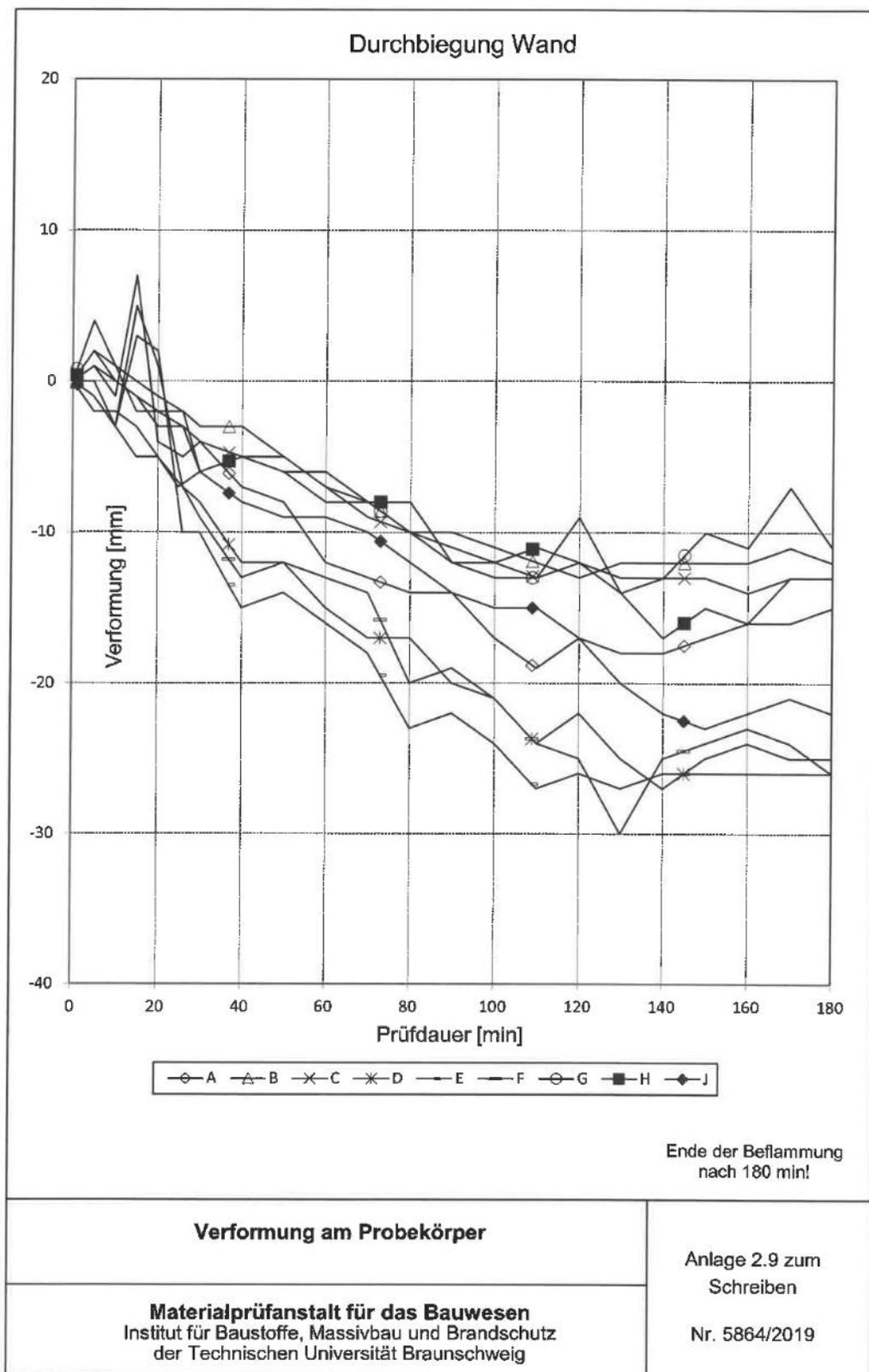


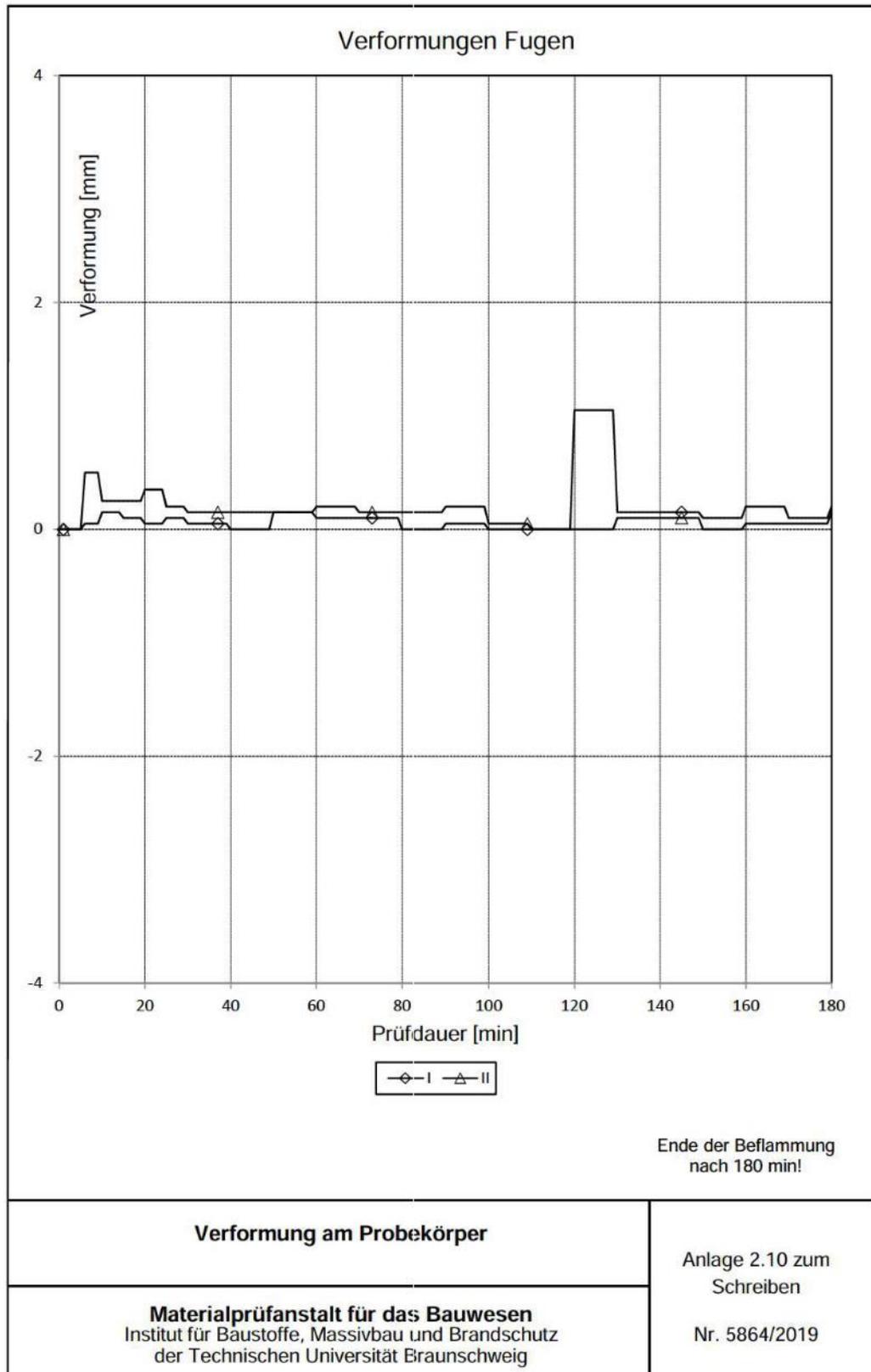


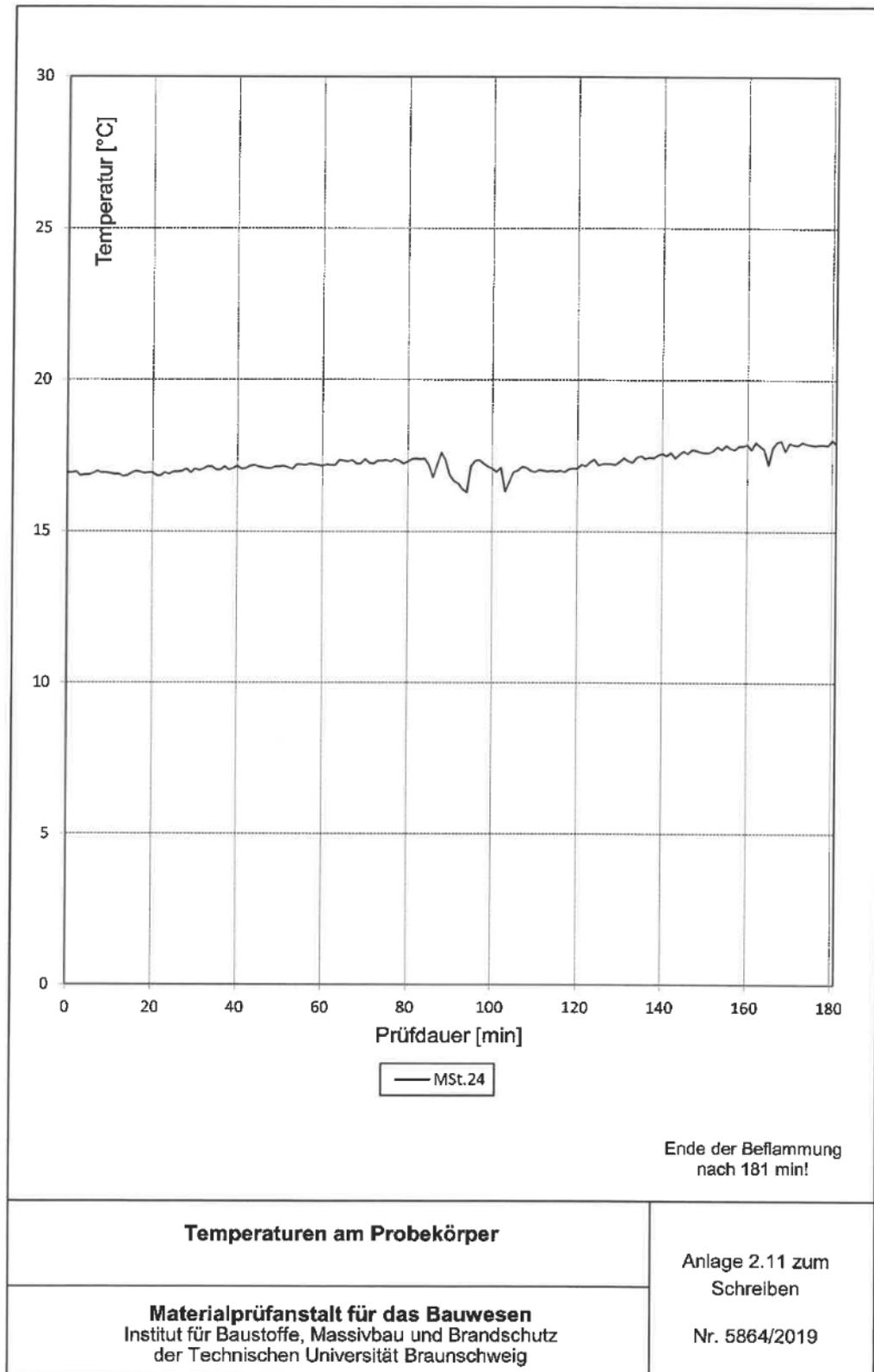












Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 05.12.2018
1	FS	Einmaliges „Klacken“ hörbar. Das innere (beflammte) Blech eines Sandwichelements löst sich von der Dämmung.
2	FS	Weitere „Klack-Geräusche“ hörbar. Die inneren (beflammten) Bleche weiterer Sandwichelemente lösen sich von der Dämmung.
3	FS	Die Farbe erhält Risse und Blättert von den Sandwichelementen ab.
5	FS	Die Stoßfugen der Sandwichelemente Verformen sich in Richtung des Brandraums, bleiben jedoch geschlossen.
7	FS	Die Sandwichelemente wellen sich, vor allem am unteren Rand.
15	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.
19	FA	Es entstehen Spalten zwischen den Sandwichelementen und den Befestigungsblechen (Z-Profile) an mehreren Stellen des Probekörpers, mit Spaltbreiten ≤ 3 mm.
20	FS	Das obere Sandwichelement ist stark gewellt und beult sich in den Brandraum.
30	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.
36	FS	Die Stoßfugen der Sandwichelemente biegen sich leicht weiter in den Brandraum und bleiben weiterhin geschlossen.
45	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.
65	FS	Die Verformungen aller Sandwichelemente nehmen stetig leicht zu. Die Fugen sind weiterhin geschlossen.
	FA	Keine wesentlichen Veränderungen.
72	FA	Einige kleine Tropfen Kleber treten aus der Fuge links neben Mst. 18 aus.
75	FA	Einige kleine Tropfen Kleber treten aus der Fuge rechts neben Mst. 20 aus.
86	FA	Die obere Fuge ist sichtbar leicht nach außen gewölbt.
100	FA	Temperaturmessung per Handmessgerät an der oberen Stoßfuge der Sandwichelemente, links neben Mst. 16. Temperatur unkritisch: 50°C innerhalb von 20 Sek.
*) FS: Feuerseite FA: Feuerabgewandte Seite		
Beobachtungen Seite 1/2		Anlage 2.12 zum Schreiben Nr. 5864/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig		

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 05.12.2018
103	FS	Die Sandwichelemente sind stark verformt. Die Stoßfugen sind geweitet, jedoch weiterhin geschlossen.
109	FA	Die gesamte Wand wölbt sich sichtbar leicht nach außen.
121	FA	Die Wand wölbt sich im Bereich der unteren Stoßfuge sichtbar leicht zurück in den Brandraum.
180	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.
181	-	Ende der Beflammung. Der Brandversuch wurde in Absprache mit dem Auftraggeber beendet.

*) FS: Feuerseite
 FA: Feuerabgewandte Seite

Beobachtungen Seite 2/2	Anlage 2.13 zum Schreiben Nr. 5864/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

Ende Schreiben



Abb. 7.1: Außenansicht



Abb. 7.2: Innenansicht Schraubenabdeckung



Abb. 7.3: Fuge FS Feldmitte (8'48'')



Abb. 7.4: Deckschicht innen gewellt (9')



Abb. 7.5: Verformung zum Brandraum (16')

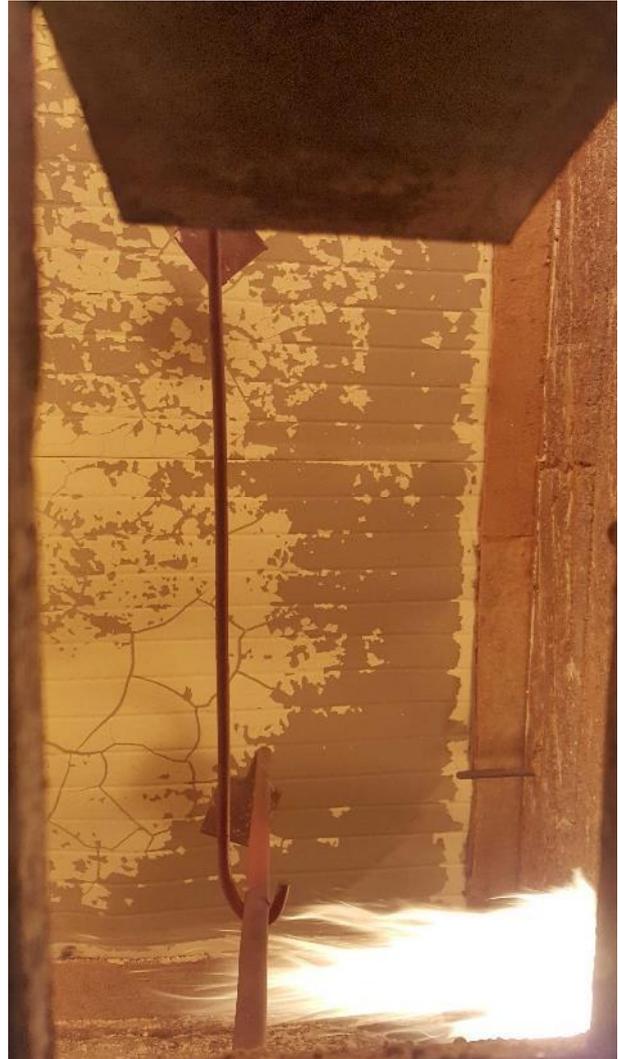


Abb. 7.6: Fugen und Abdeckung (17')



Abb. 7.7: Anschluss unten mit Spalt (18')

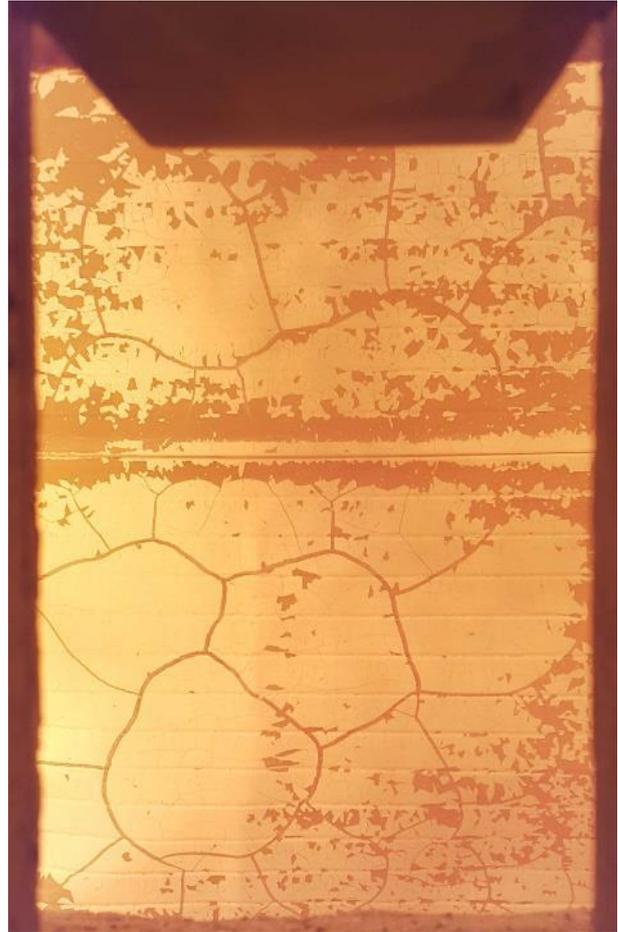


Abb. 7.8: Deckschicht FS oben (30')

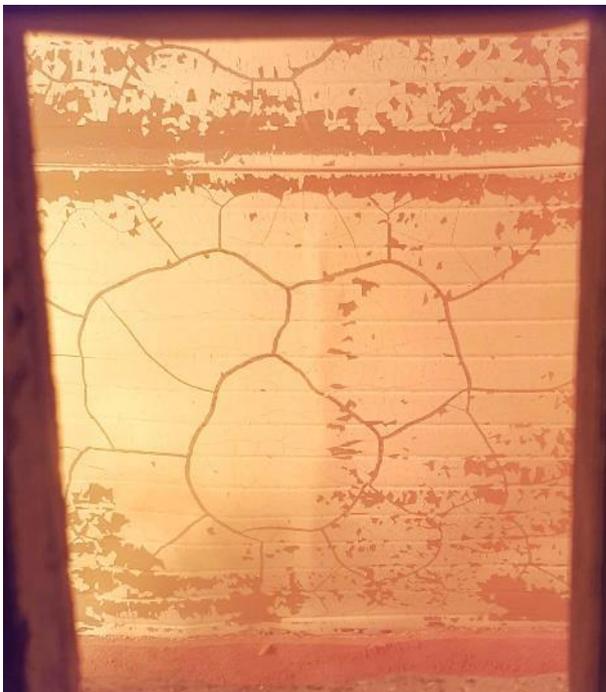


Abb. 7.9: Deckschicht FS unten (30')



Abb. 7.10 Außenansicht (43')



Abb. 7.11: Außenansicht (65')



Abb. 7.12: Kondenswasser an Fuge (70')



Abb. 7.13: Fugenwölbung (84')



Abb. 7.14: Temperaturmessung (100')

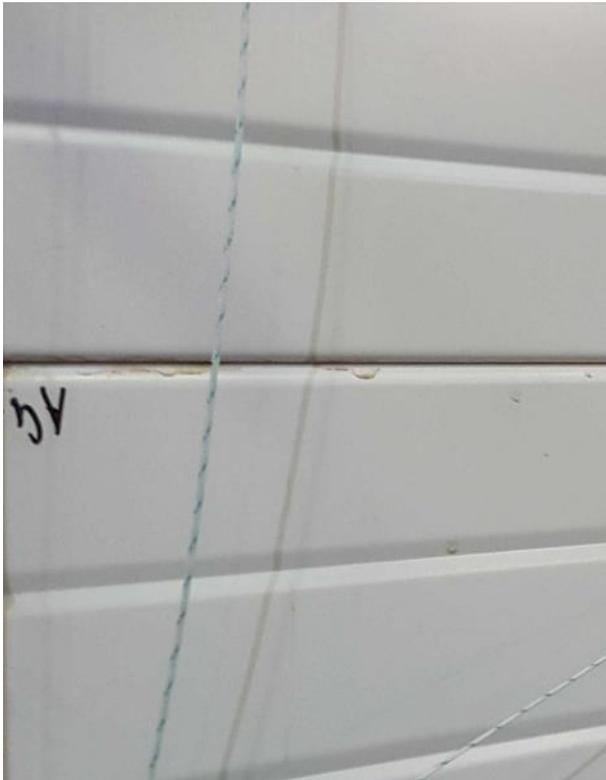


Abb. 7.15: Kondenswasser verdunstet (118')



Abb. 7.16: Außenansicht (119')



Abb. 7.17: Außenansicht Versuchsende (181')



Institut für Baustoffe, | Materialprüfanstalt
Massivbau und Brandschutz | für das Bauwesen

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

Deutsches Institut für Bautechnik
Frau Ines Dinse
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin

Schreiben	6119/2019
Unsere Zeichen:	(2101/709/19)-Bo
Kunden-Nr.:	2203
Auftrag vom:	21.02.2019
Sachbearbeiter:	Herr Bott
Abteilung:	BS
Kontakt:	0531-391-8243 n.bott@ibmb.tu-bs.de
Ihre Zeichen:	idi@dibt.de
Ihre Nachricht vom:	-
Datum:	27.06.2019

Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 i. V. m. DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben: „Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“

32 Anlagen

Sehr geehrte Frau Dinse,

am 27.03.2019 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 200 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit Nut- und Federausführung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 200“ als horizontal verlegte Einfeldträger-systeme bestehend aus zwei Teilflächen (TF) nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergebnissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

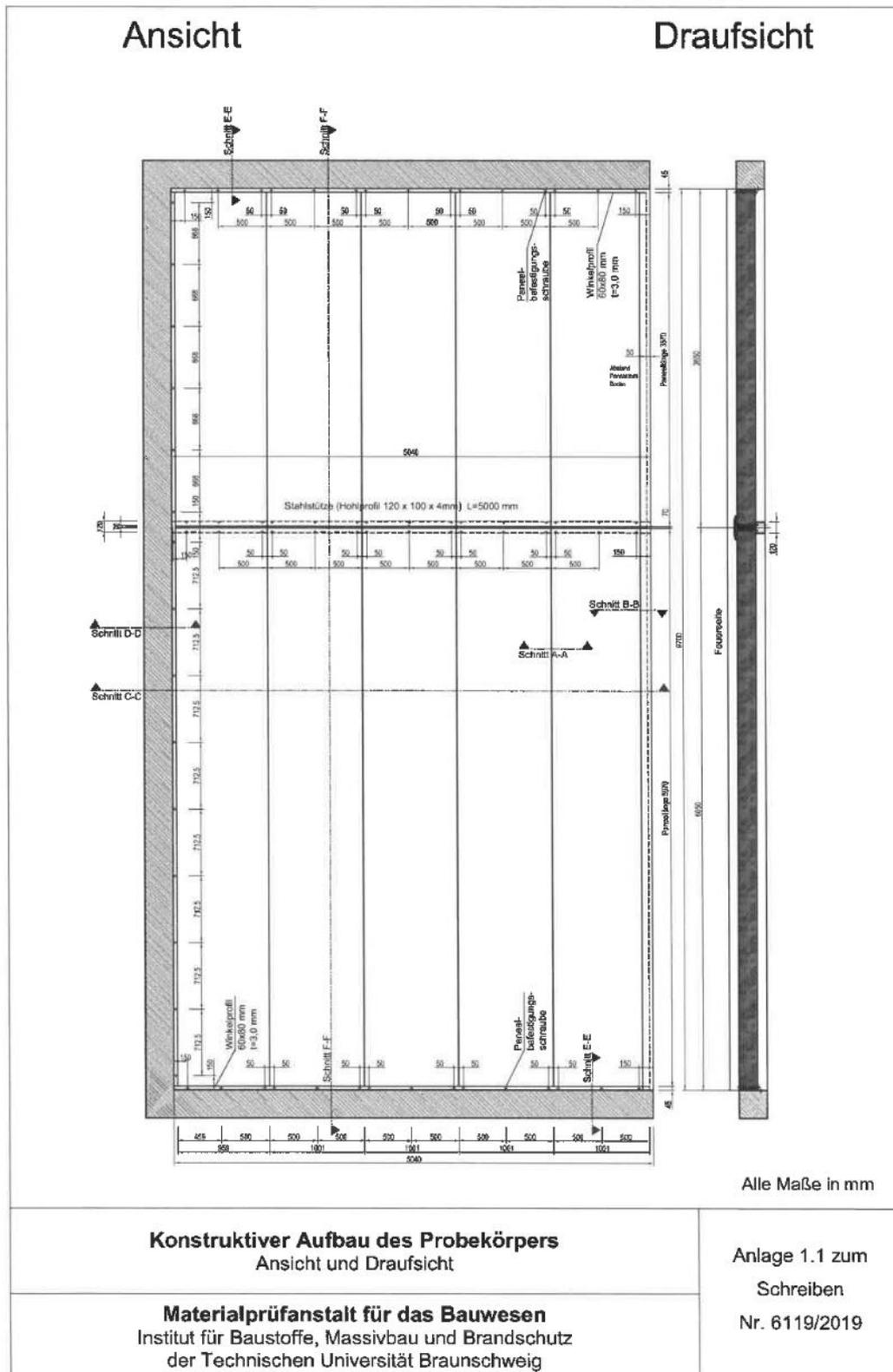
i. A. 
Nikolaus Bott, M. Sc.
Sachbearbeiter

Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

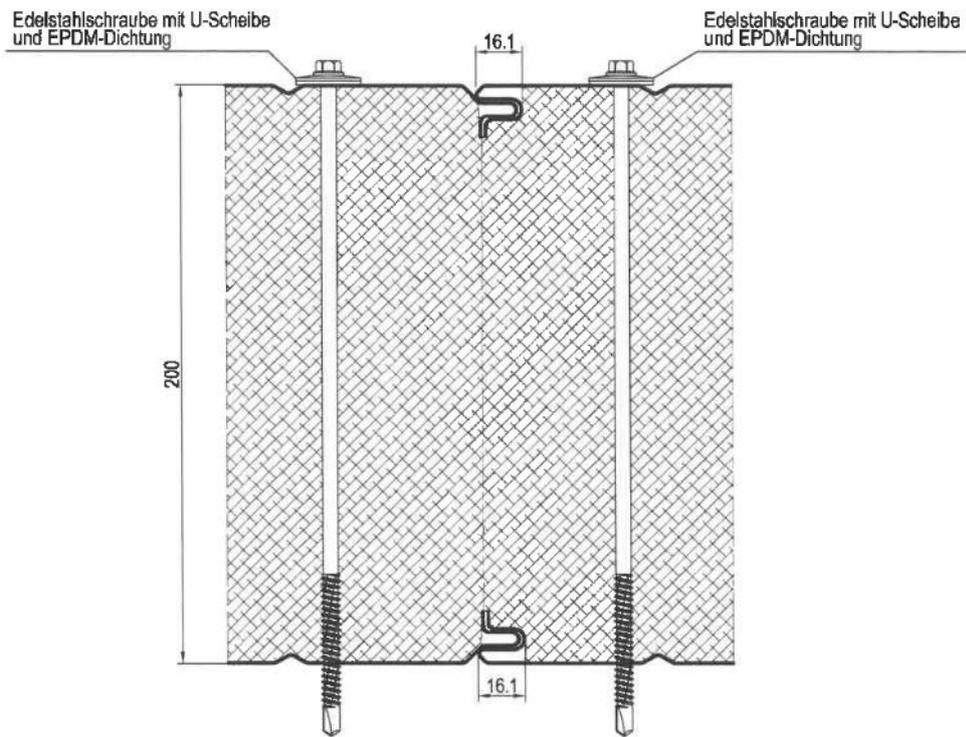
Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5900
Info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE58 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NOLADE2H
UST-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/201/22859

Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung.



Schnitt A-A
Fugenquerschnitt

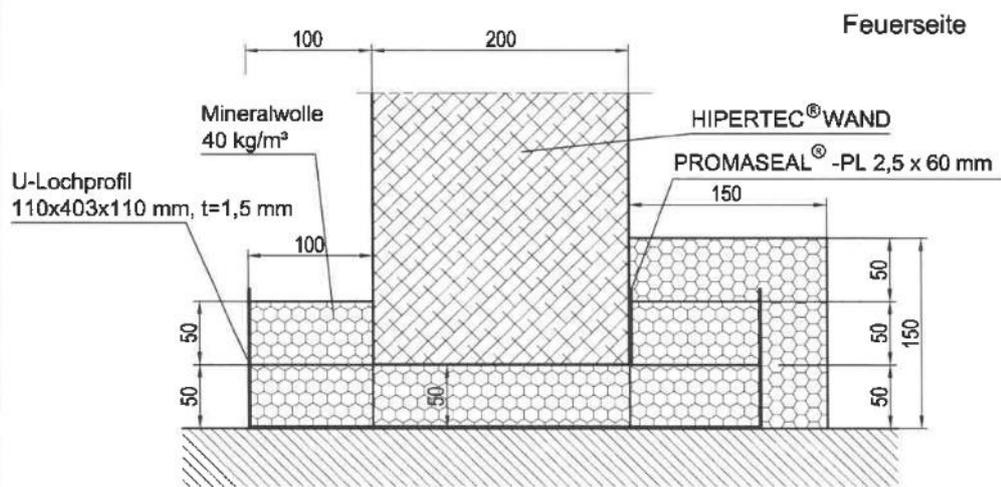


Hipertec® WAND	200 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralfolle, ROCKWOOL

Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Schnitt A-A Fugenquerschnitt	Anlage 1.2 zum Schreiben Nr. 6119/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

Schnitt B-B Freier Boden(anschluss)



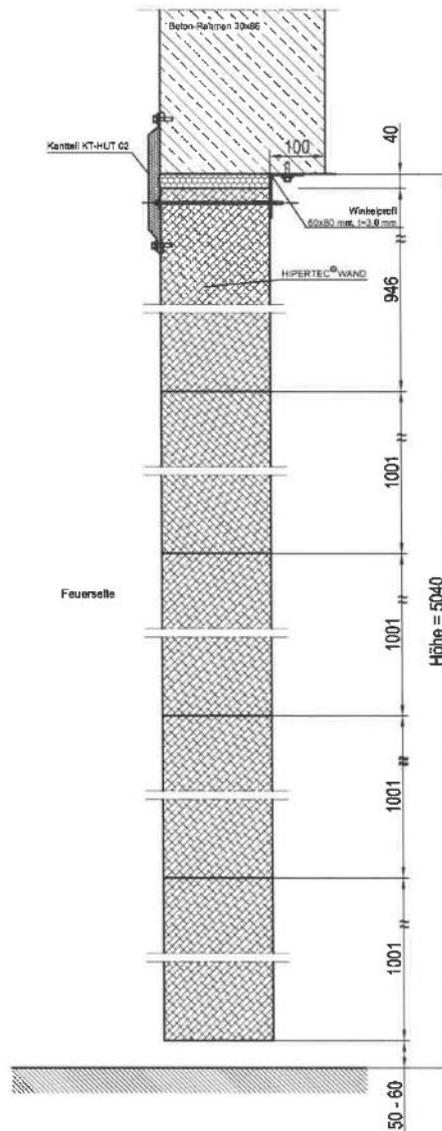
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt B-B freier Bodenanschluss

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

Anlage 1.3 zum
Schreiben
Nr. 6119/2019

Schnitt C-C Vertikalschnitt / Elementbreiten



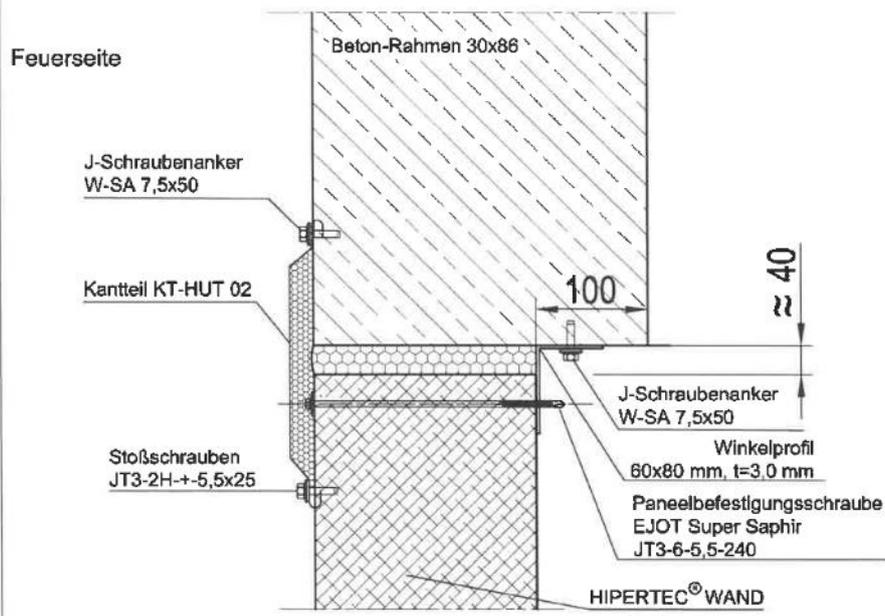
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt C-C Vertikalschnitt

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

Anlage 1.4 zum
Schreiben
Nr. 6119/2019

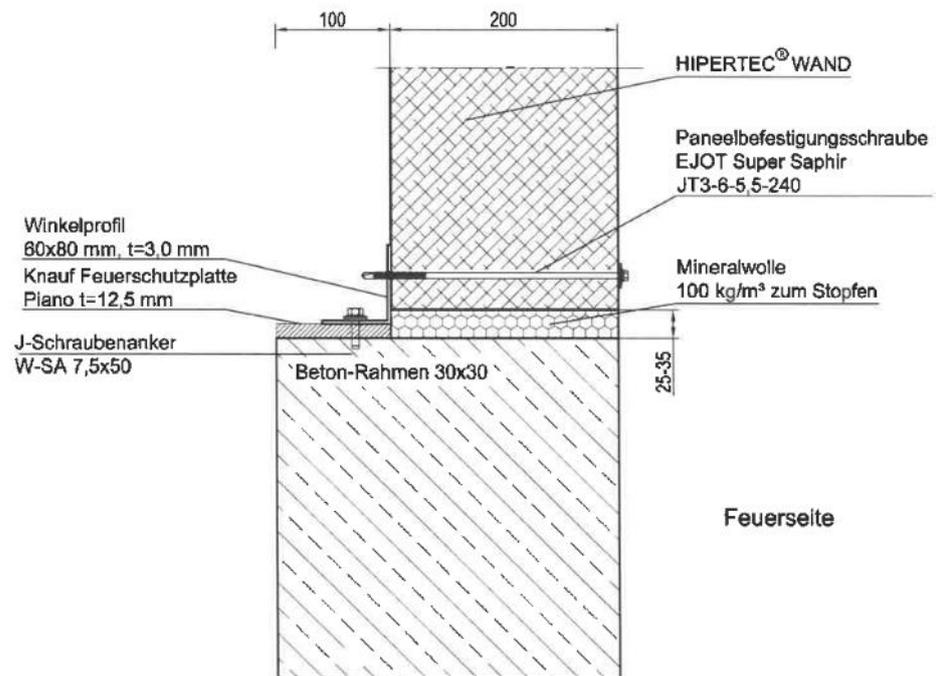
Schnitt D-D
Fester Deckenanschluss



Alle Maße in mm

<p>Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Schnitt D-D fester Deckenanschluss</p>	<p>Anlage 1.5 zum Schreiben Nr. 6119/2019</p>
<p>Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig</p>	

Schnitt E-E Fester Wandanschluss

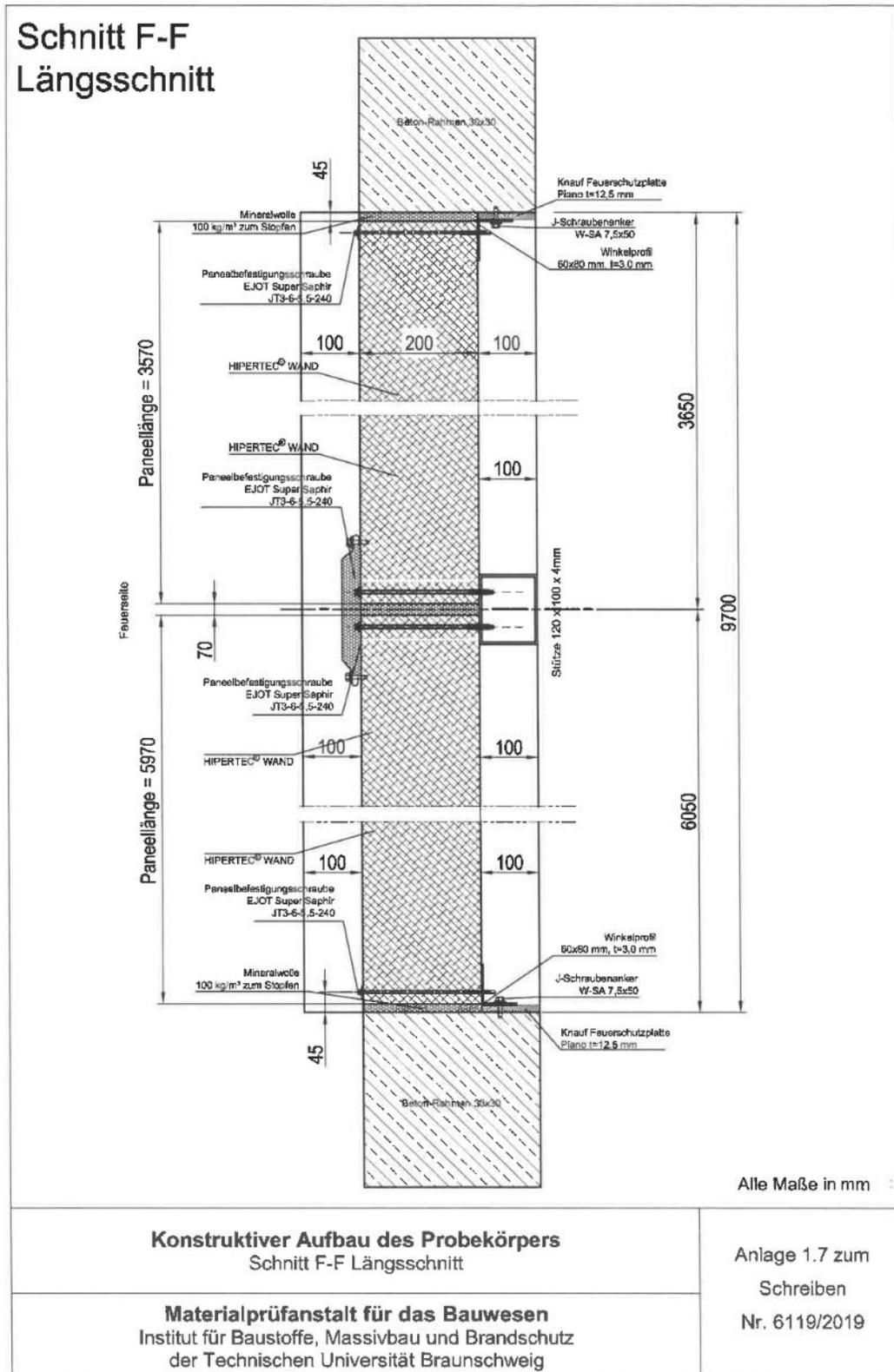


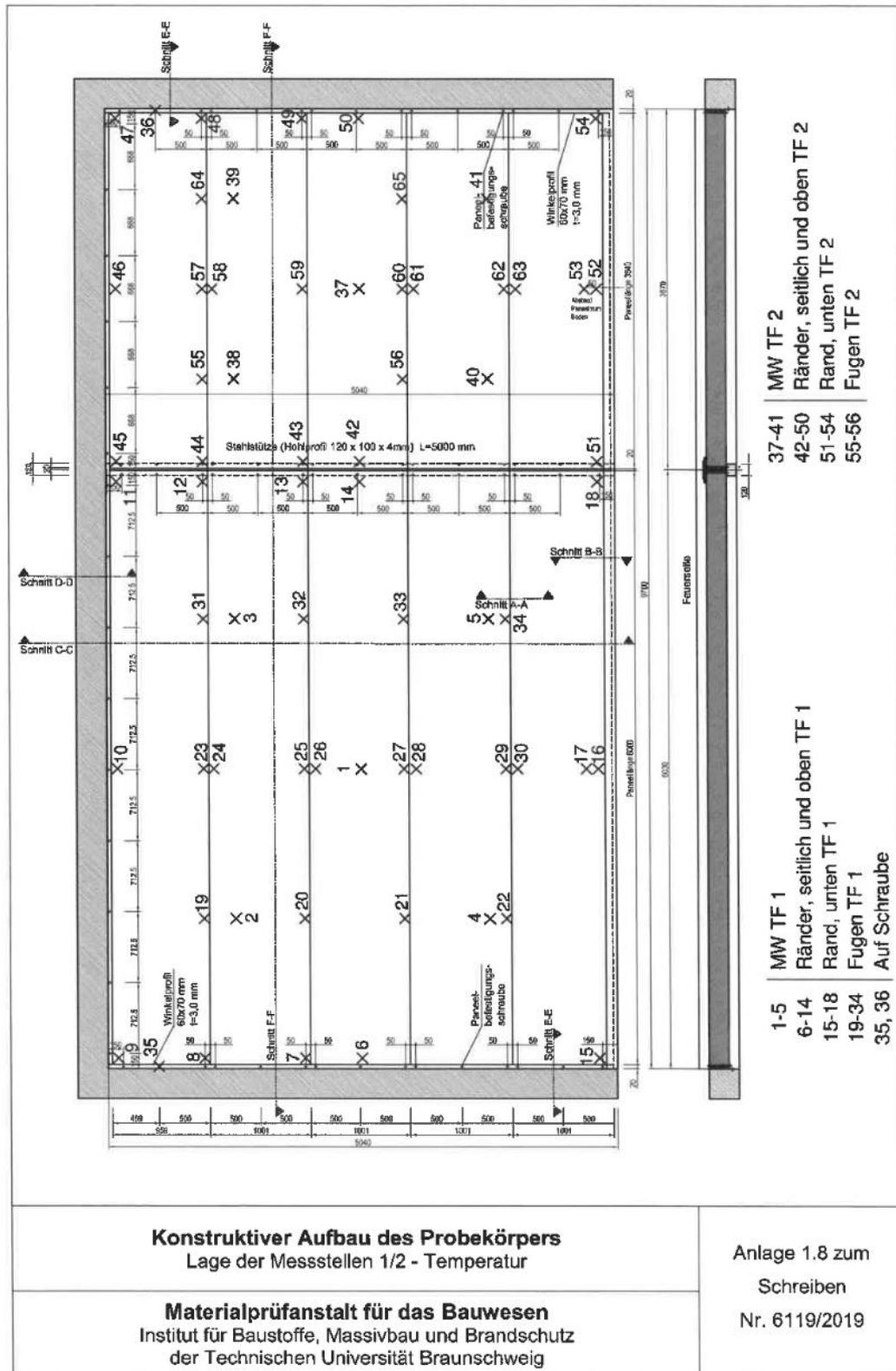
Alle Maße in mm

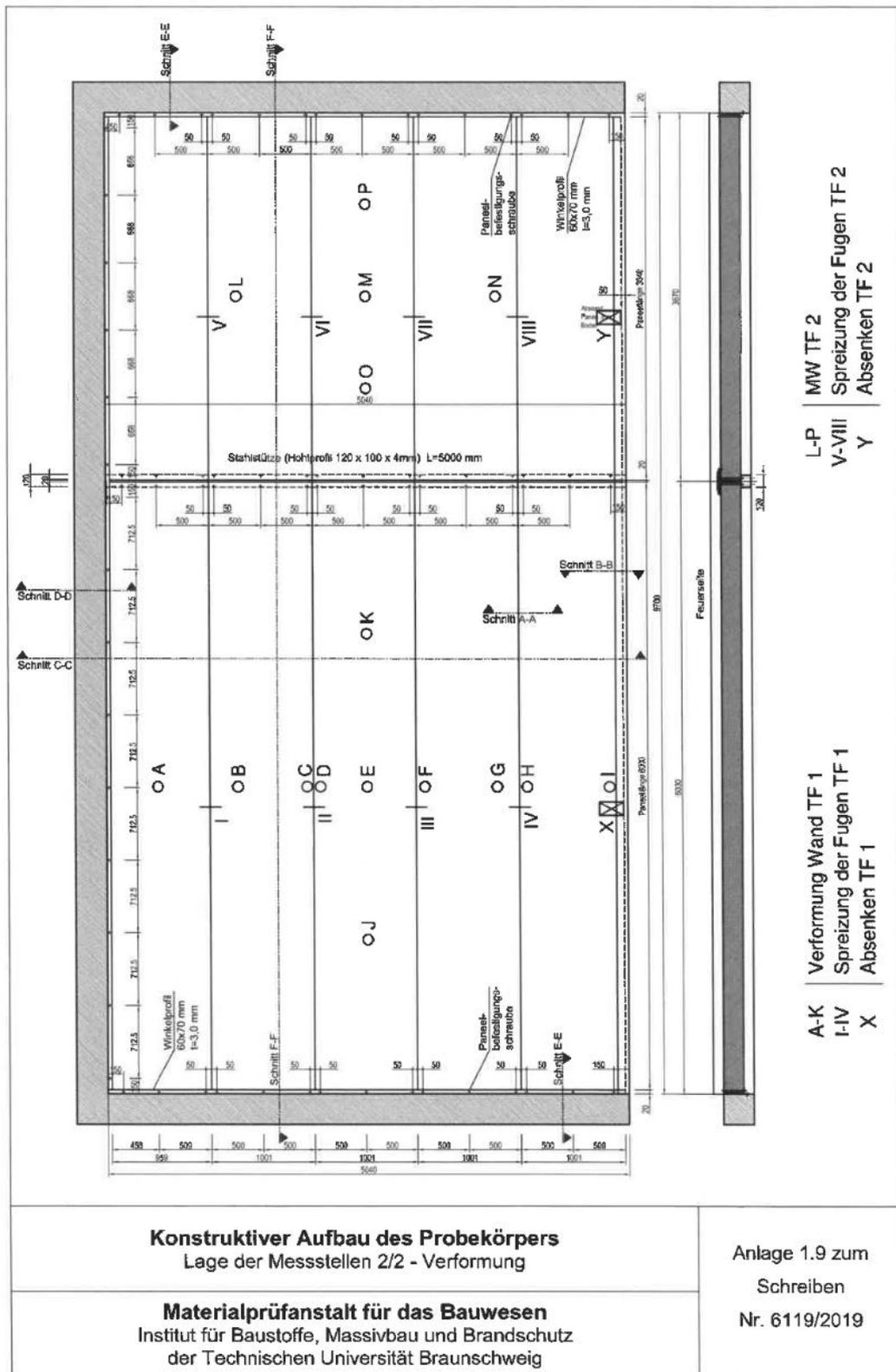
Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt E-E fester Wandanschluss

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

Anlage 1.6 zum
Schreiben
Nr. 6119/2019



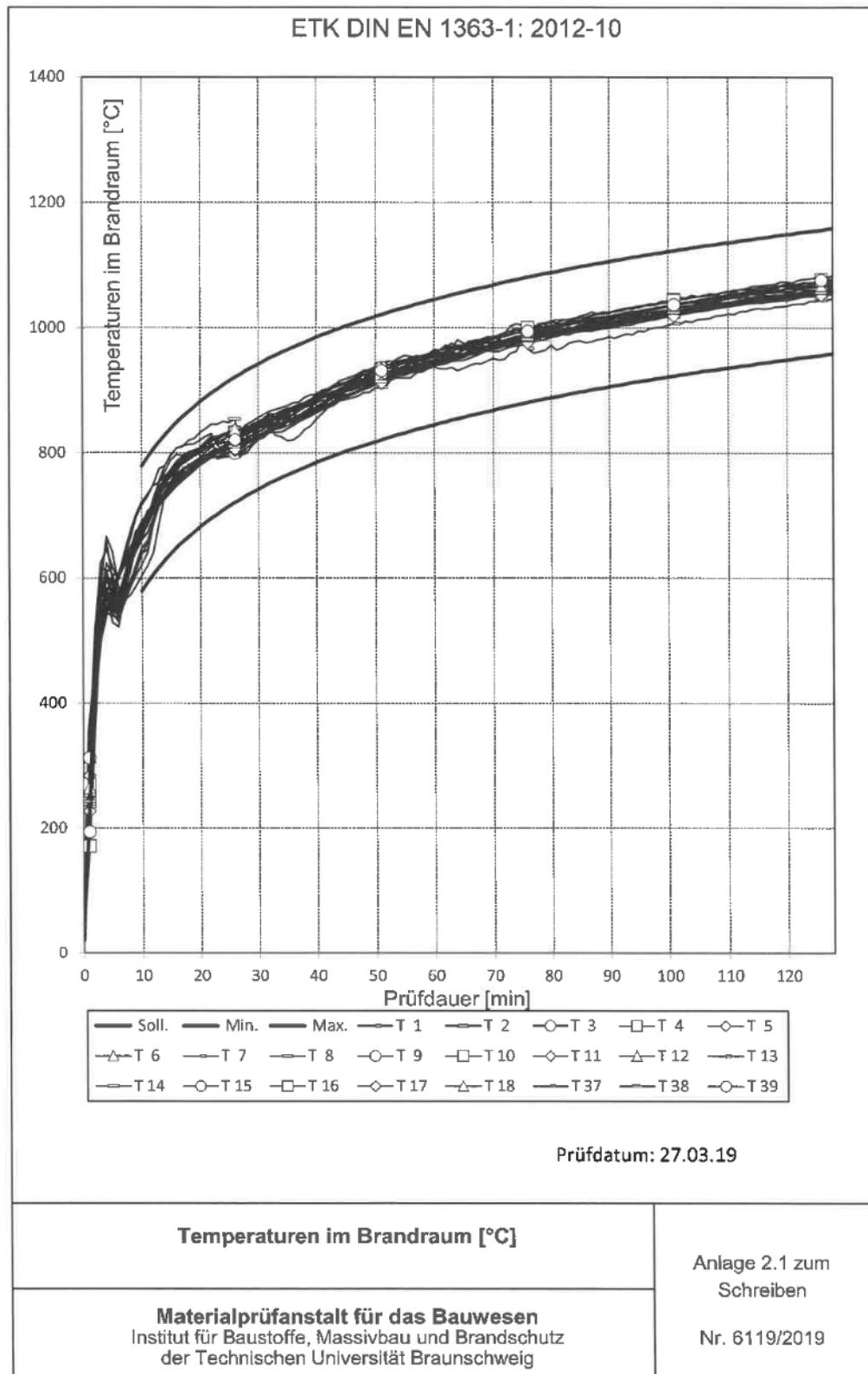


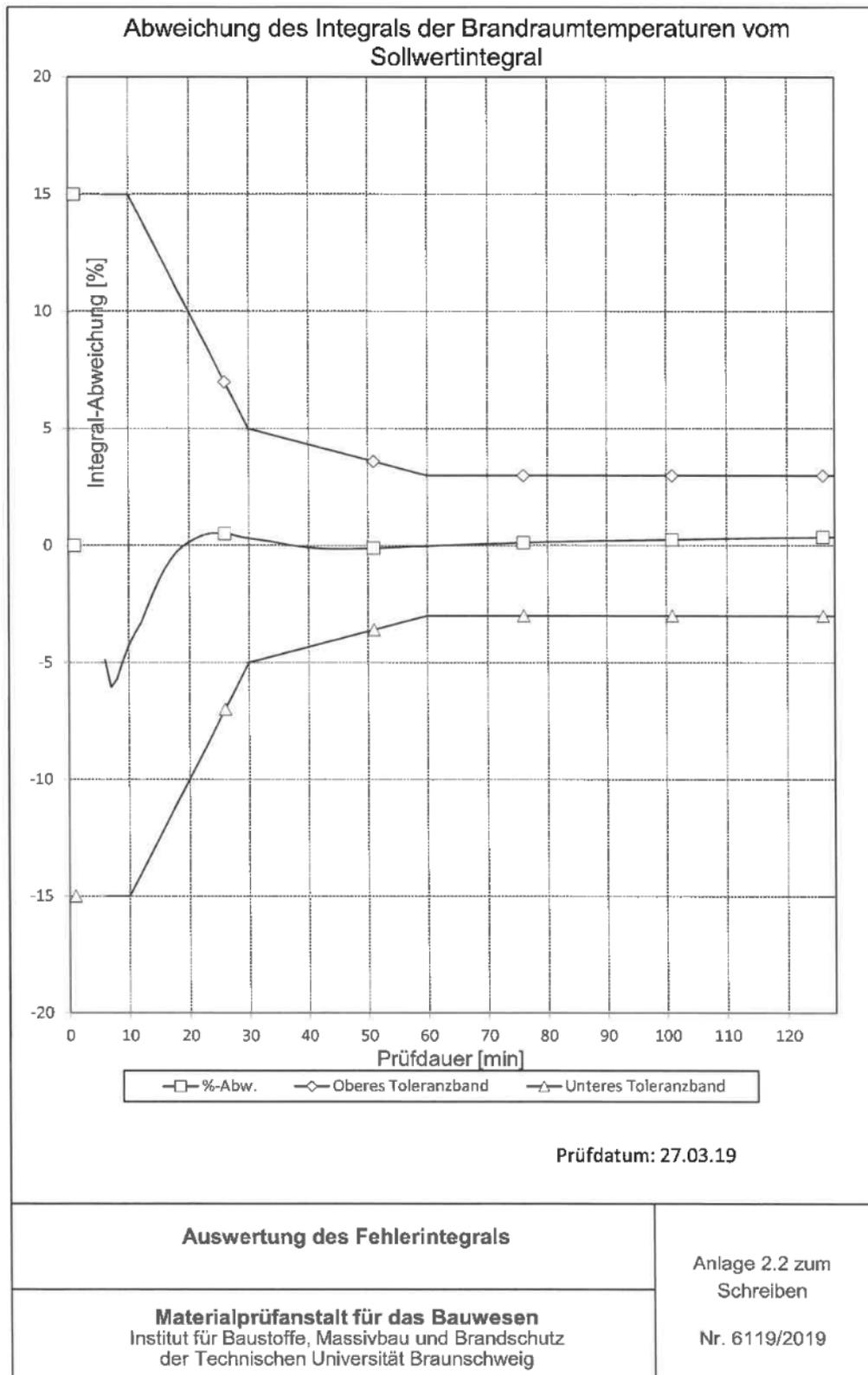


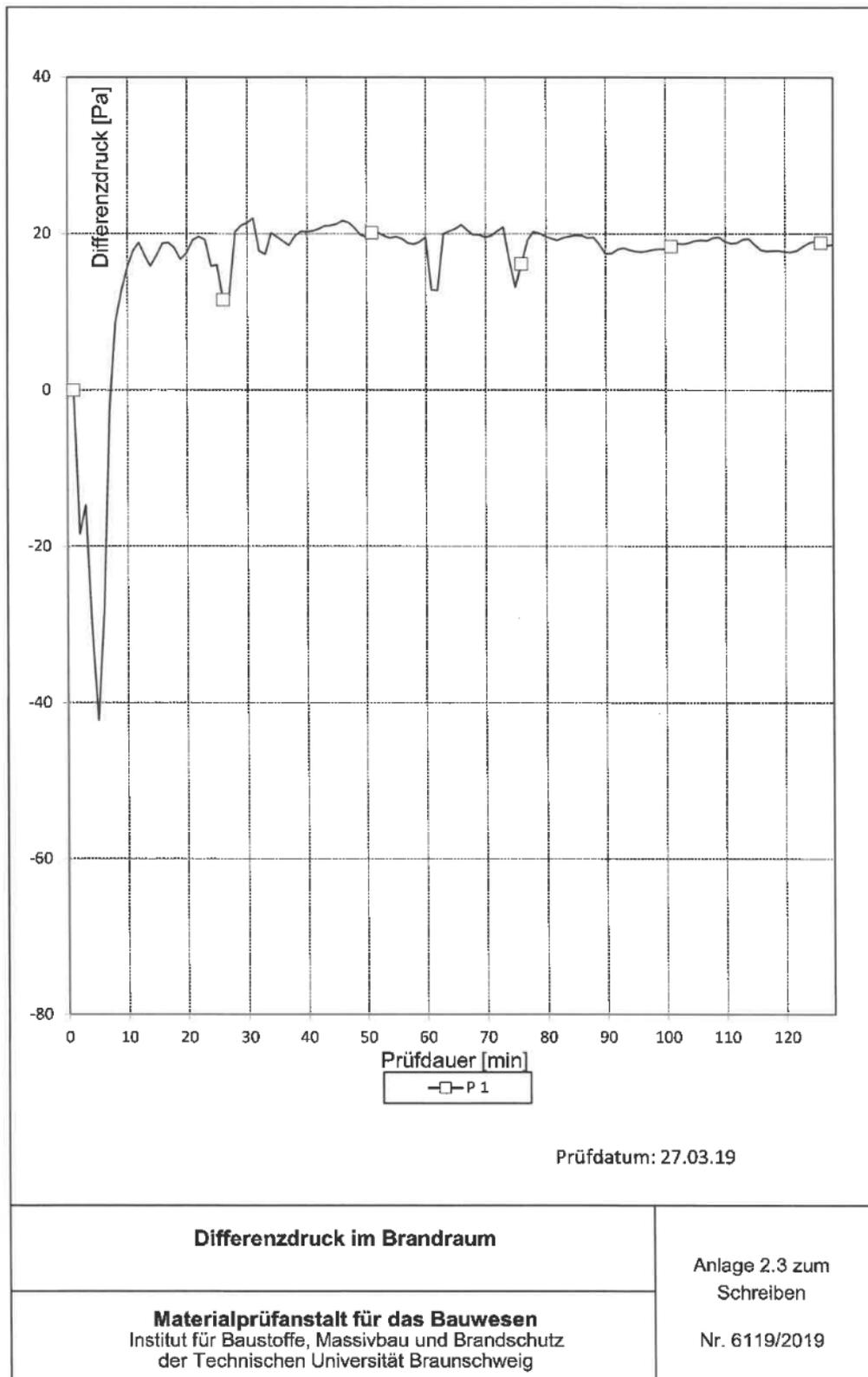
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächen- gewichte	Roh- dichte	Feuchtig- keits- gehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichelement „HIPERTEC®“, L x H = 2960 mm x 1001 mm Zulassungsnummer: Z-10.49-517	Metecno Bausysteme GmbH	200	30,7	152,4	0,3	<u>A2-s1-d0:</u> gem. DIN EN 13501-1
Steinwolle „Floorrock SE“ Trittschalldämmplatte Leistungserklärung Nr.: DE0185041701	Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG	20	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A1:</u> gem. DIN EN 13501-1
PROMASEAL®-PL Brandschutzlaminat	Etex Building Performance GmbH, Ratingen	2,5	- 4)	- 4)	- 4)	<u>B-s1-d0:</u> gem. DIN EN 13501-1
Blakite Air Setting Mortar	Morgan Advanced Materials plc, Windsor (UK)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)
Sonstige Stahlbauteile	-	-	-	-	-	<u>A1:</u> gem. DIN 4102-4

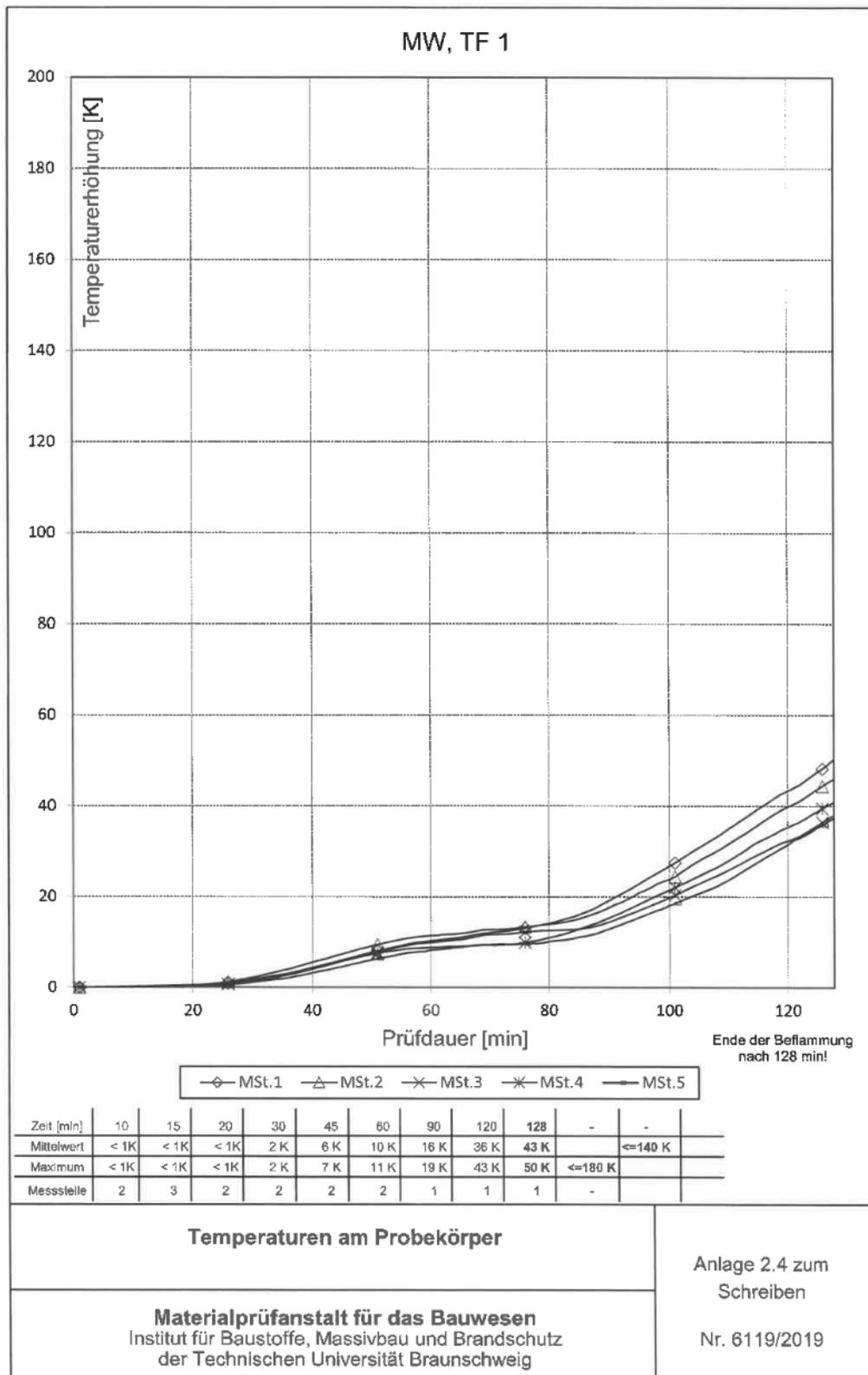
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

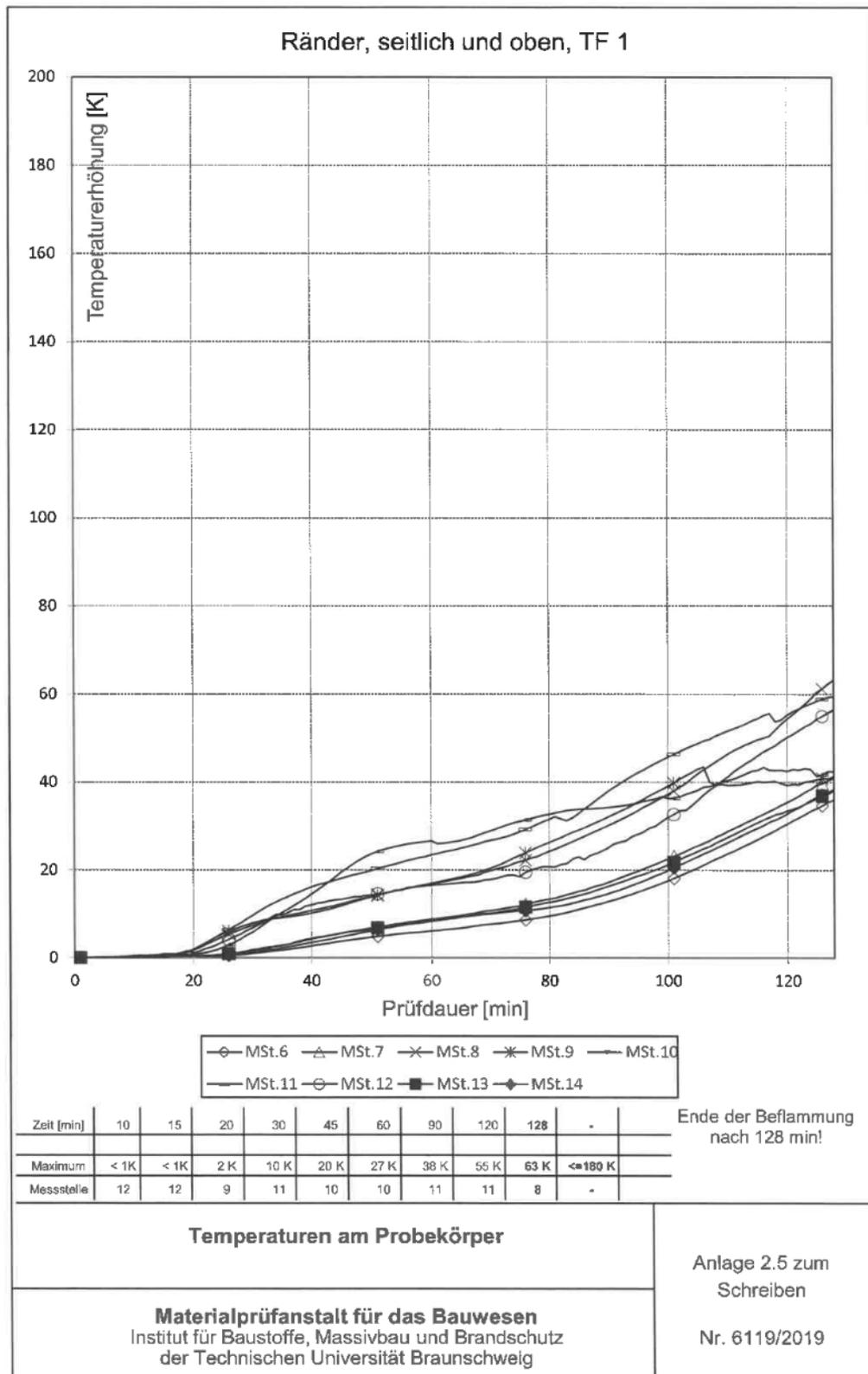
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.10 zum Schreiben Nr. 6119/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

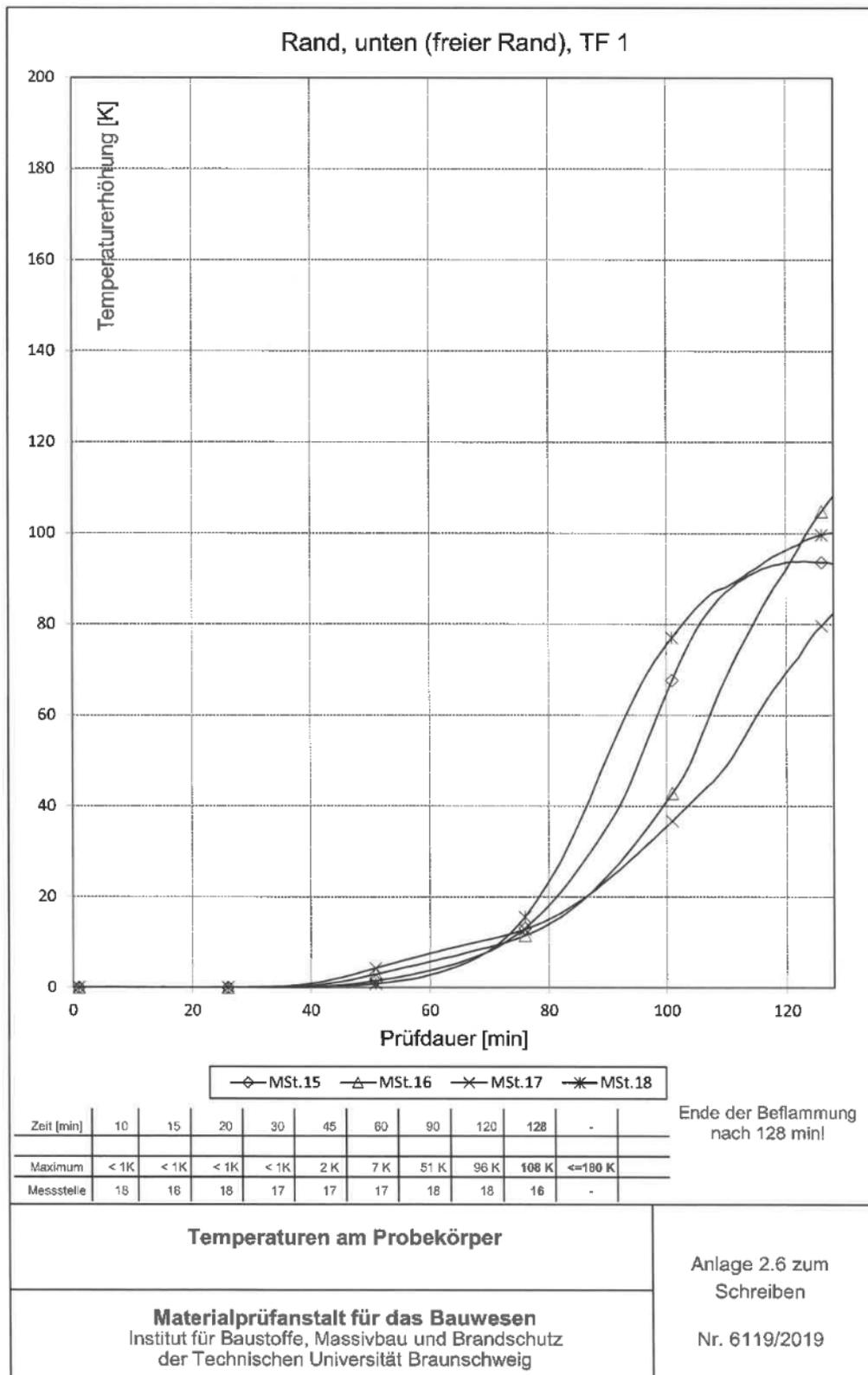


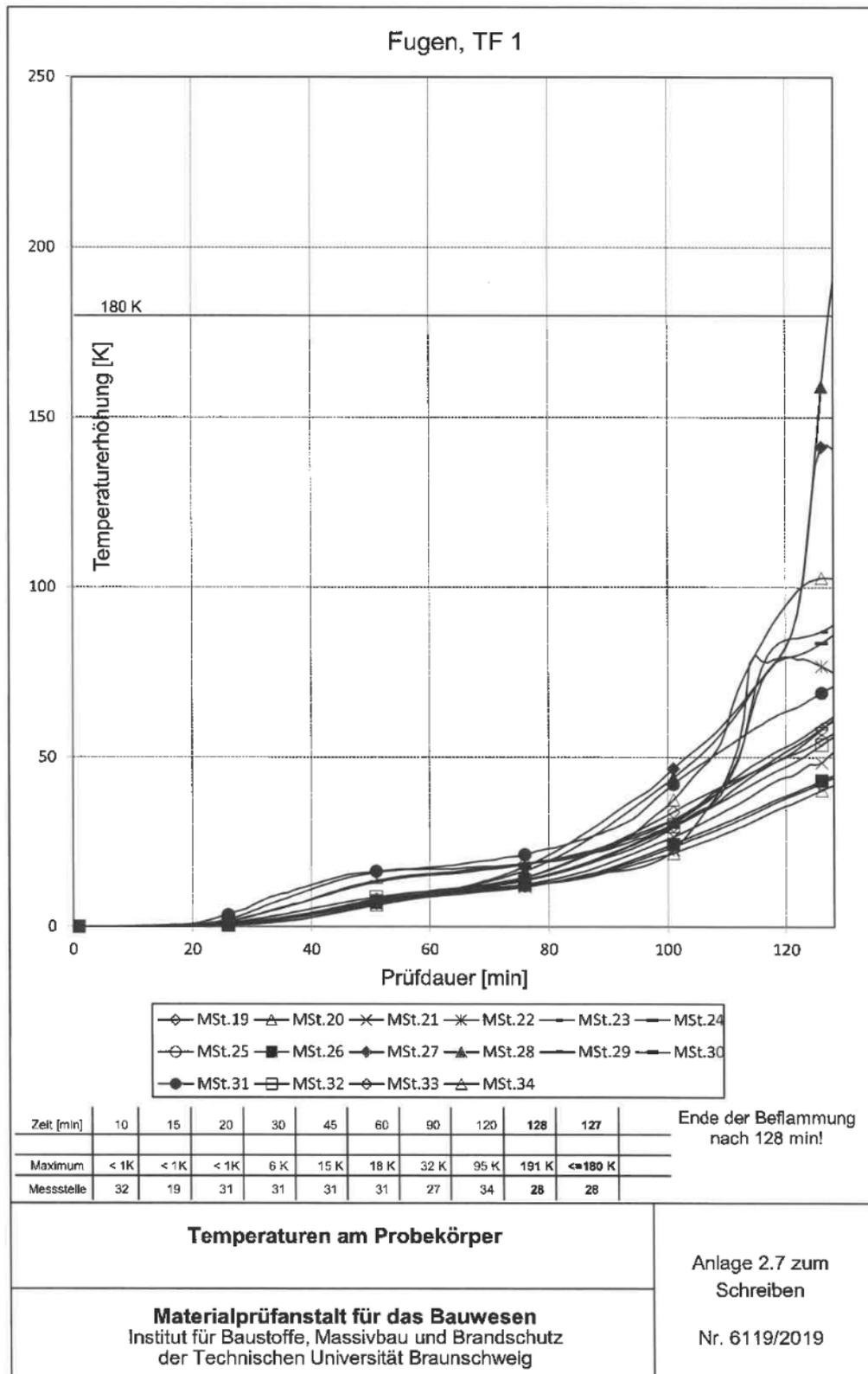


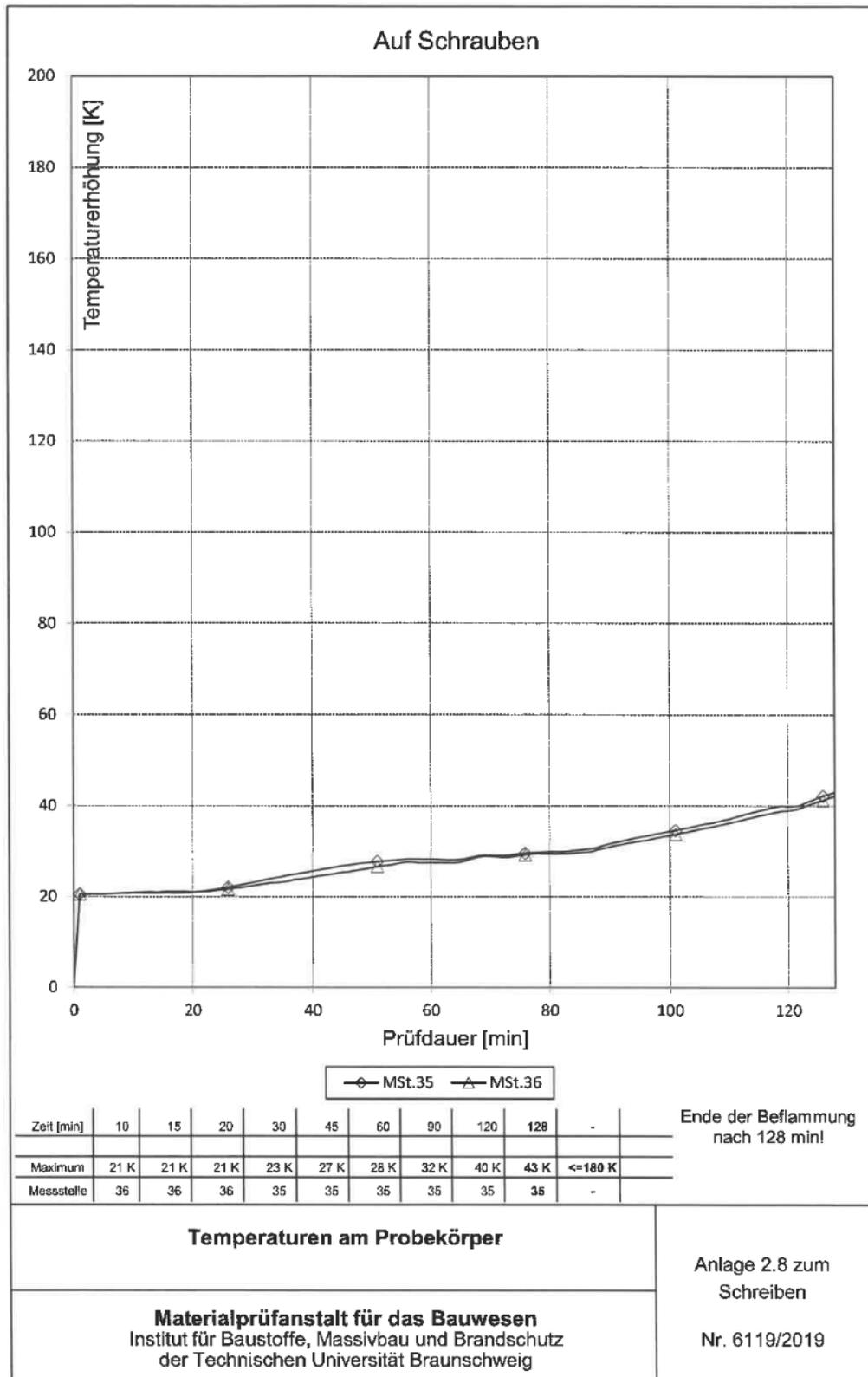


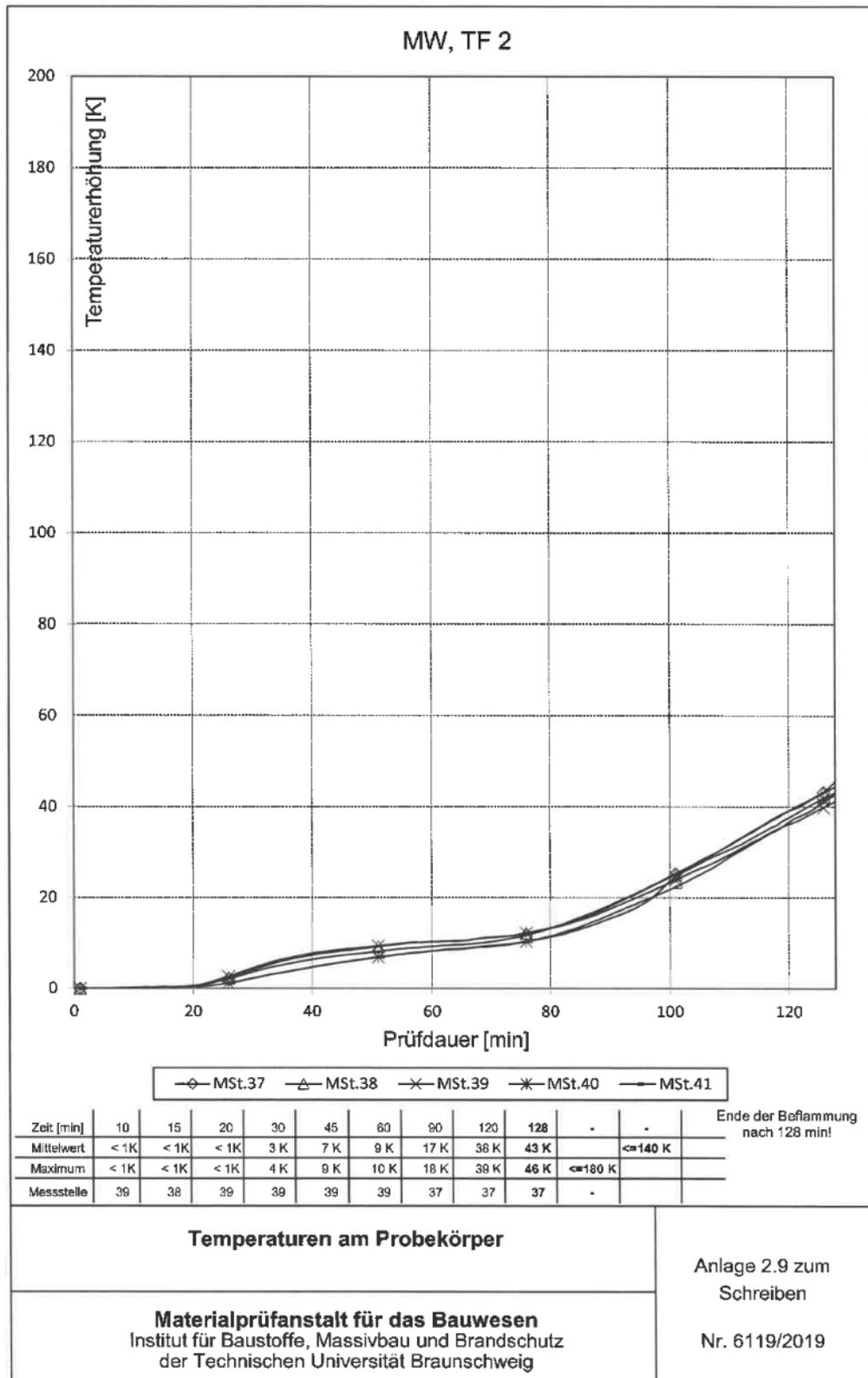


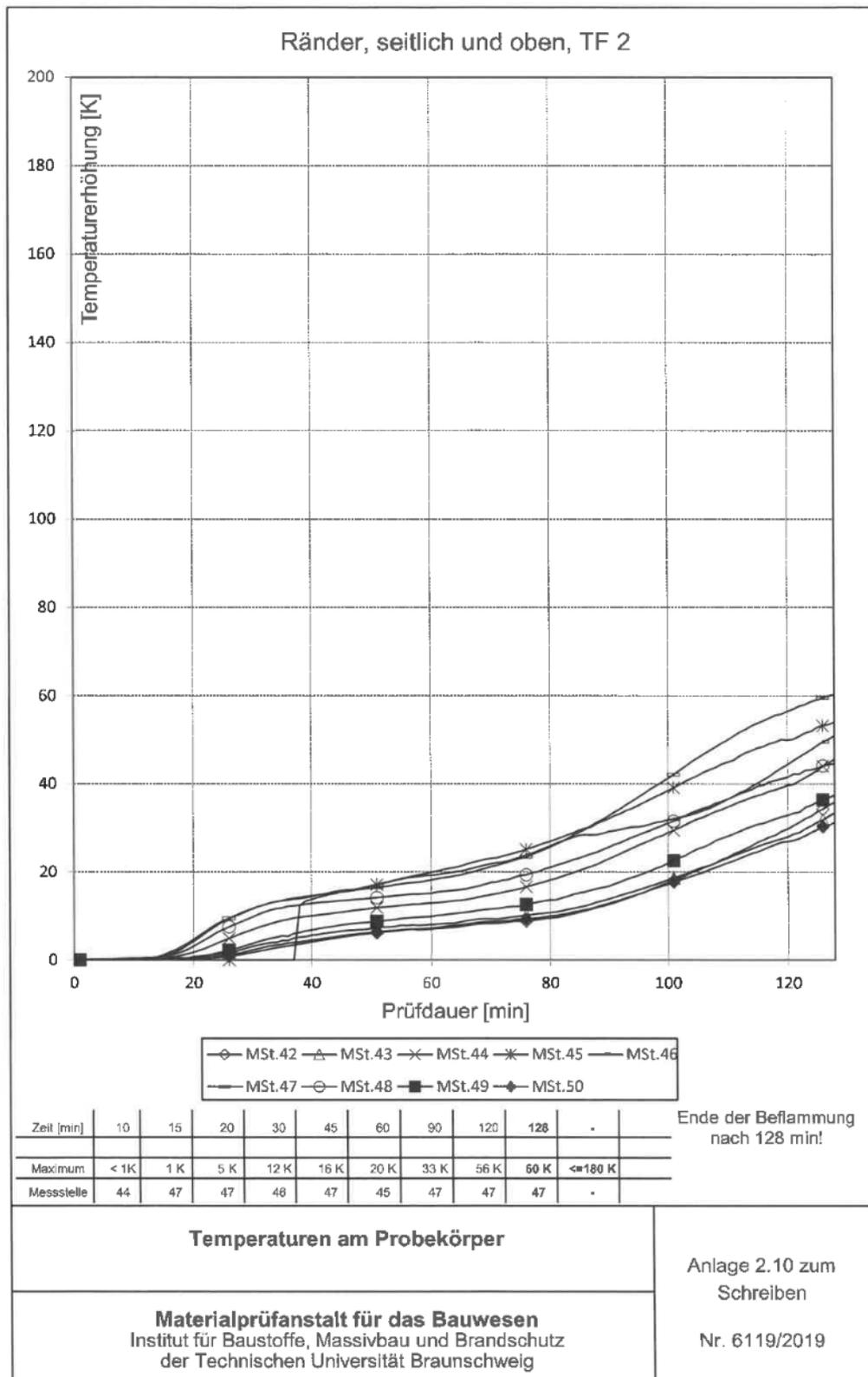


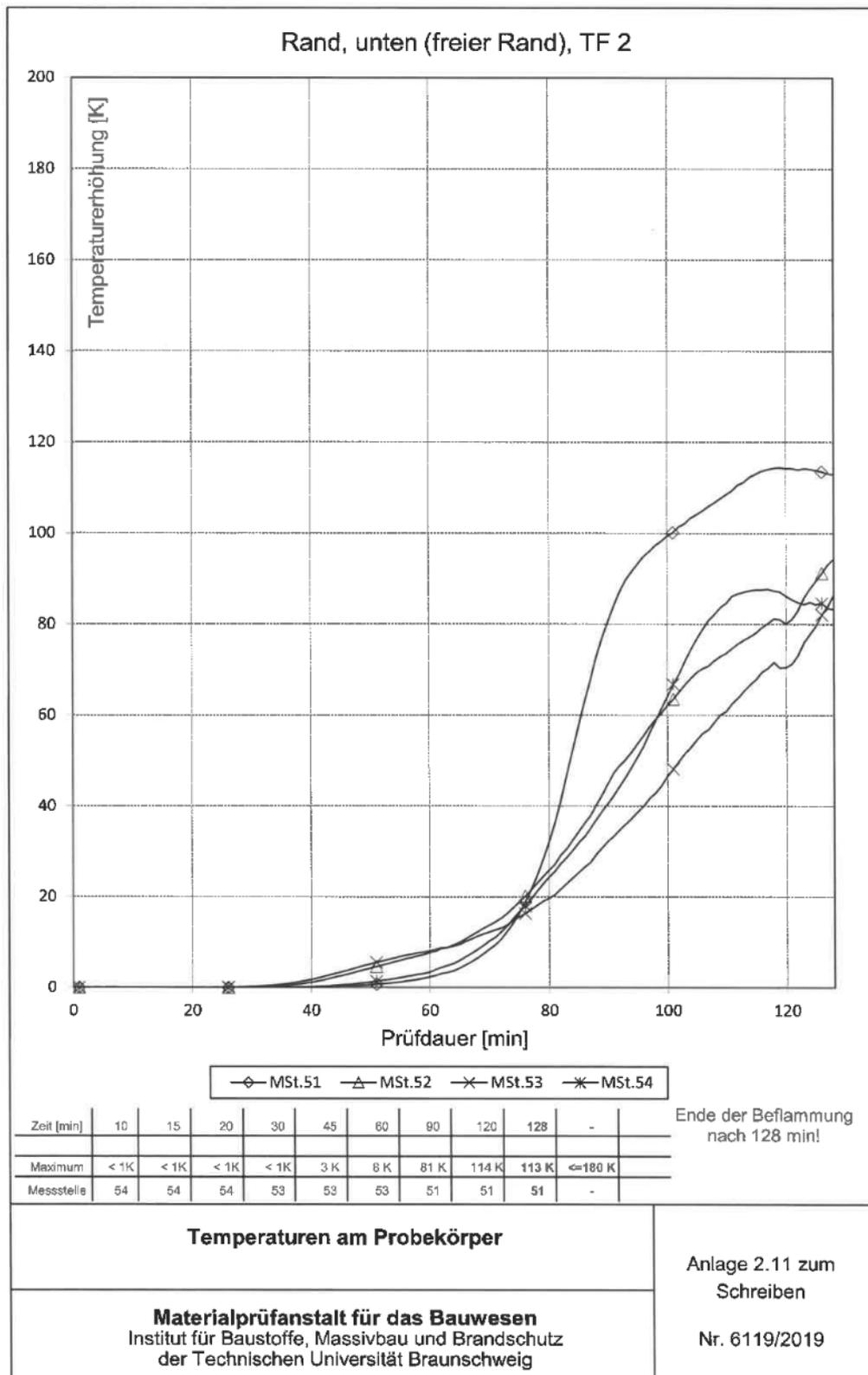


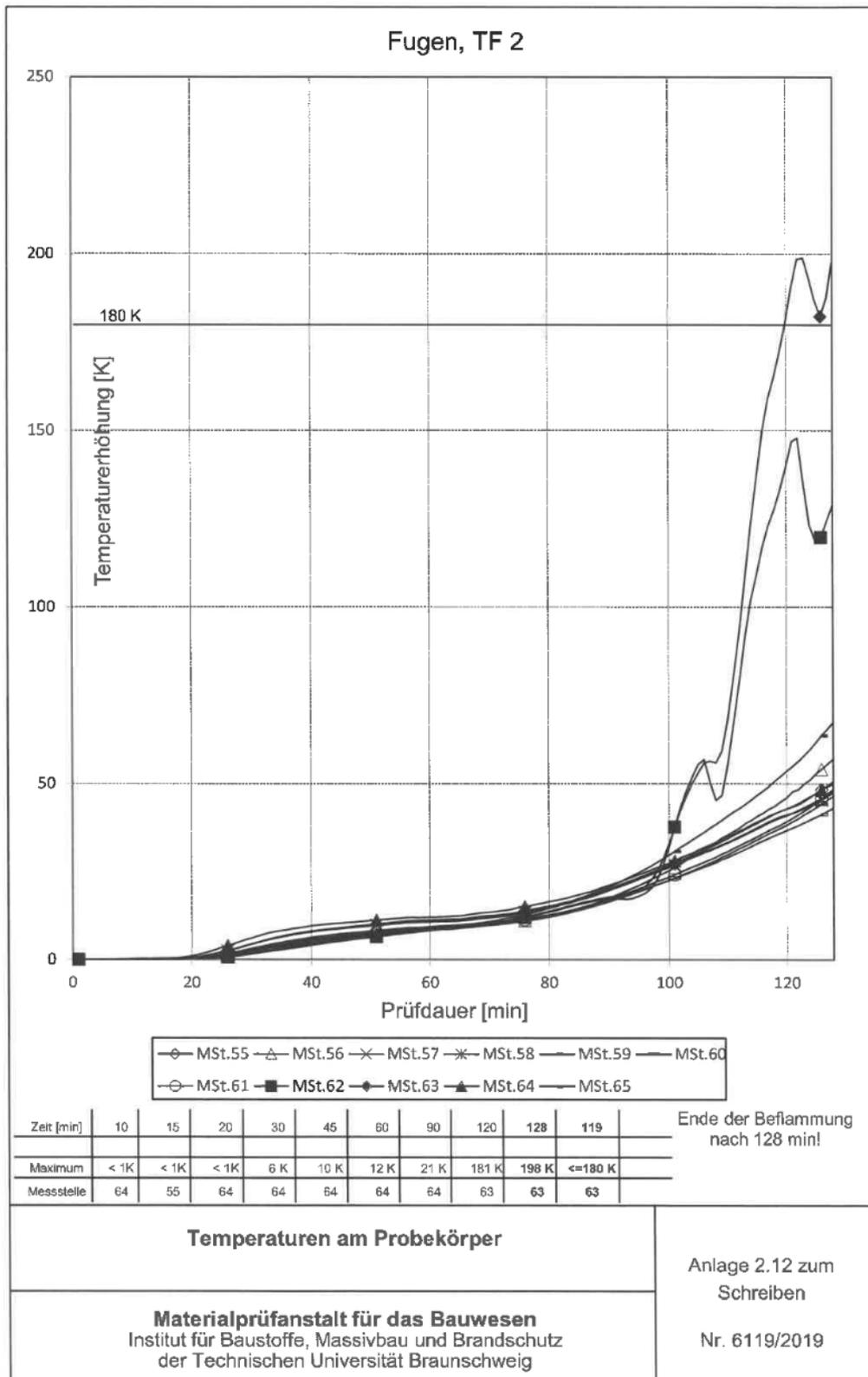


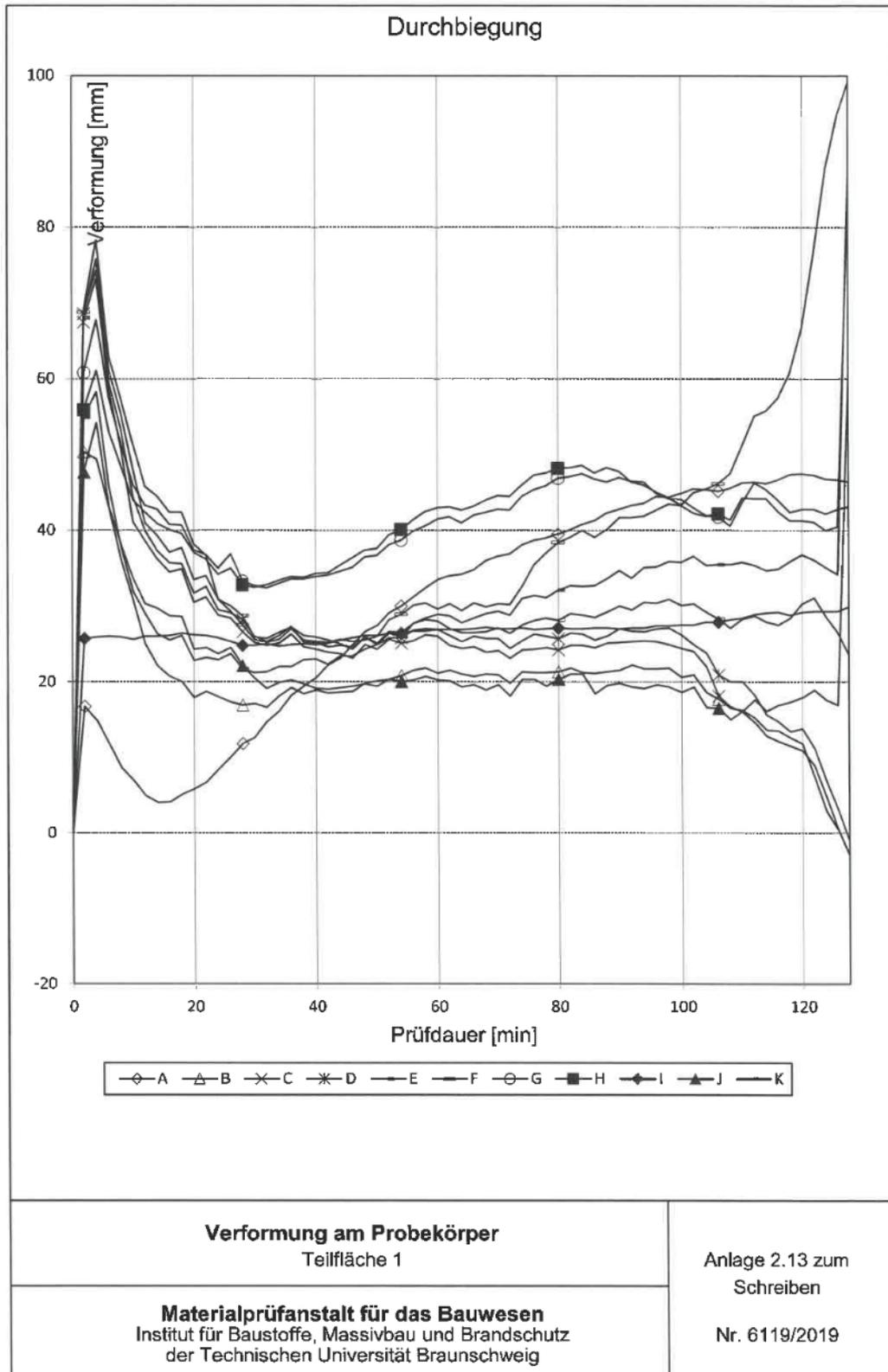


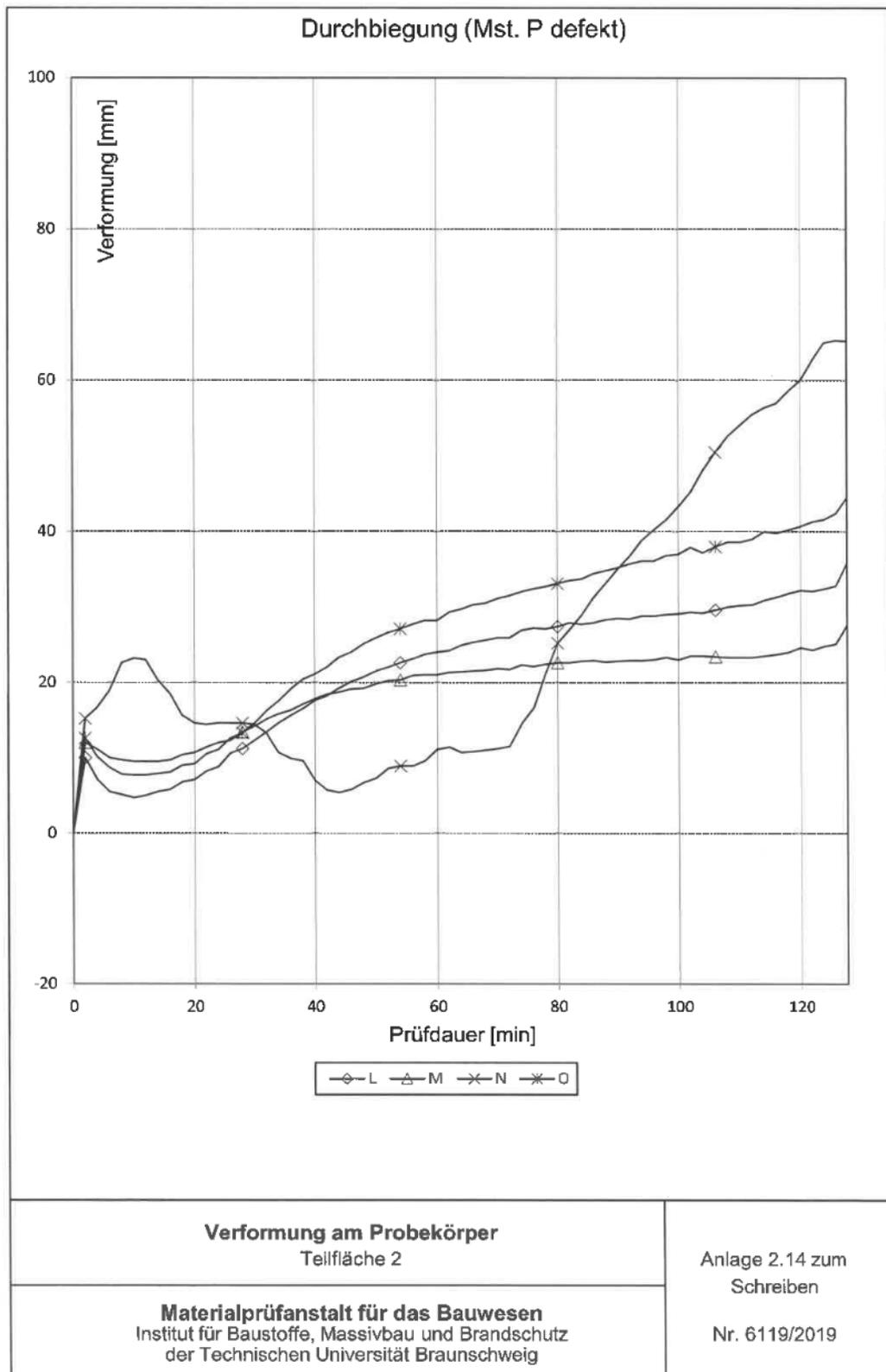


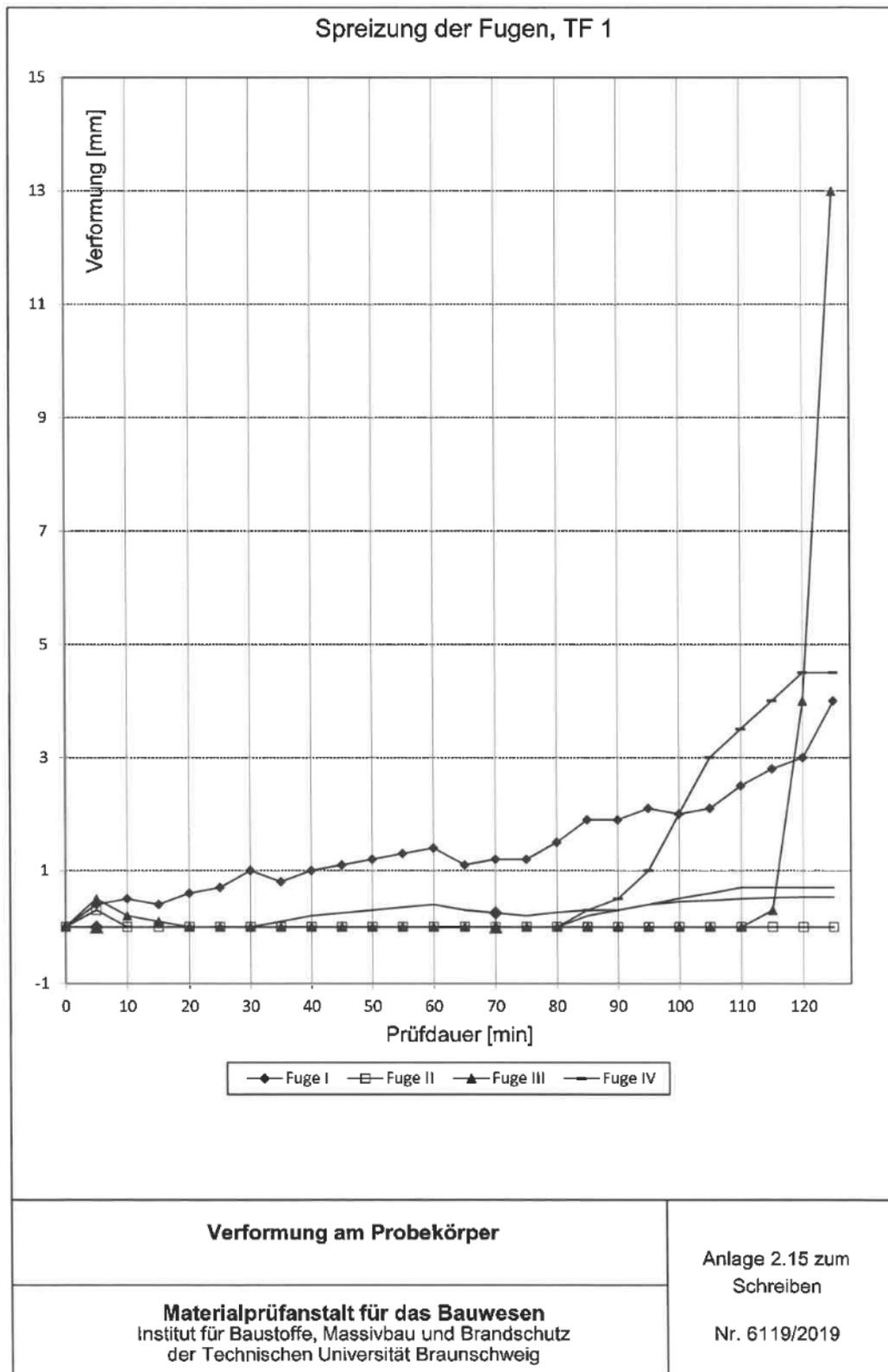


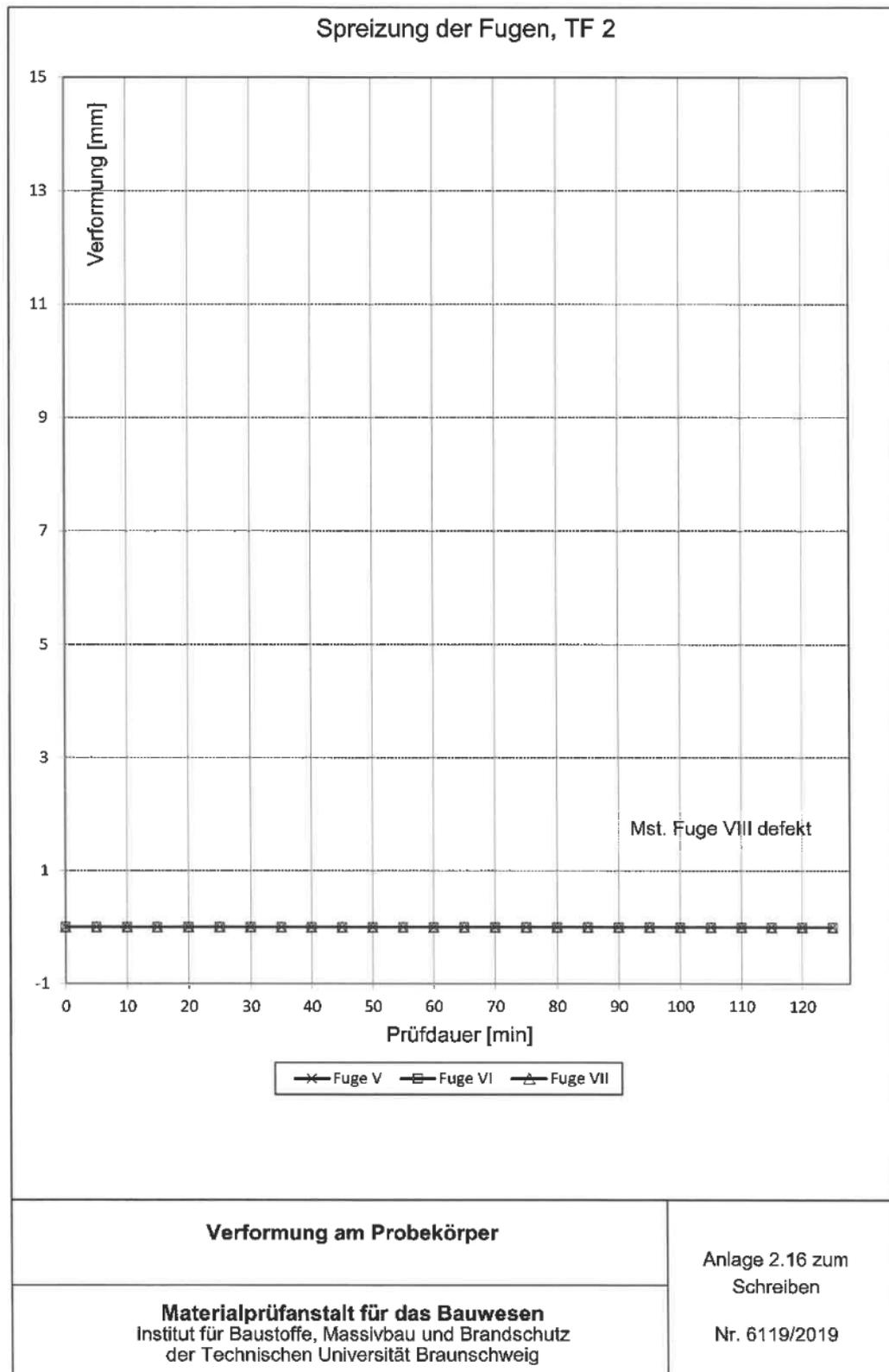


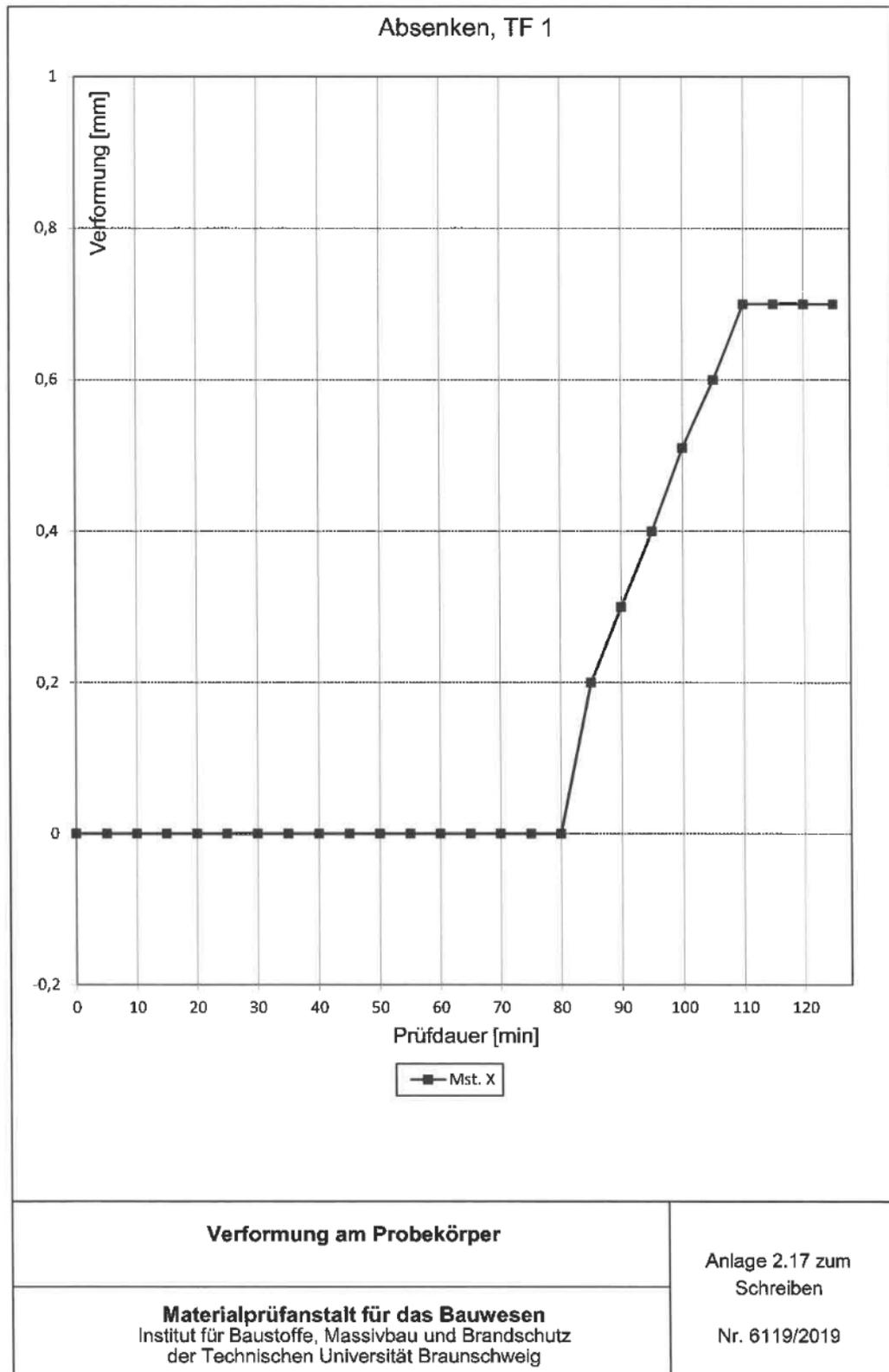


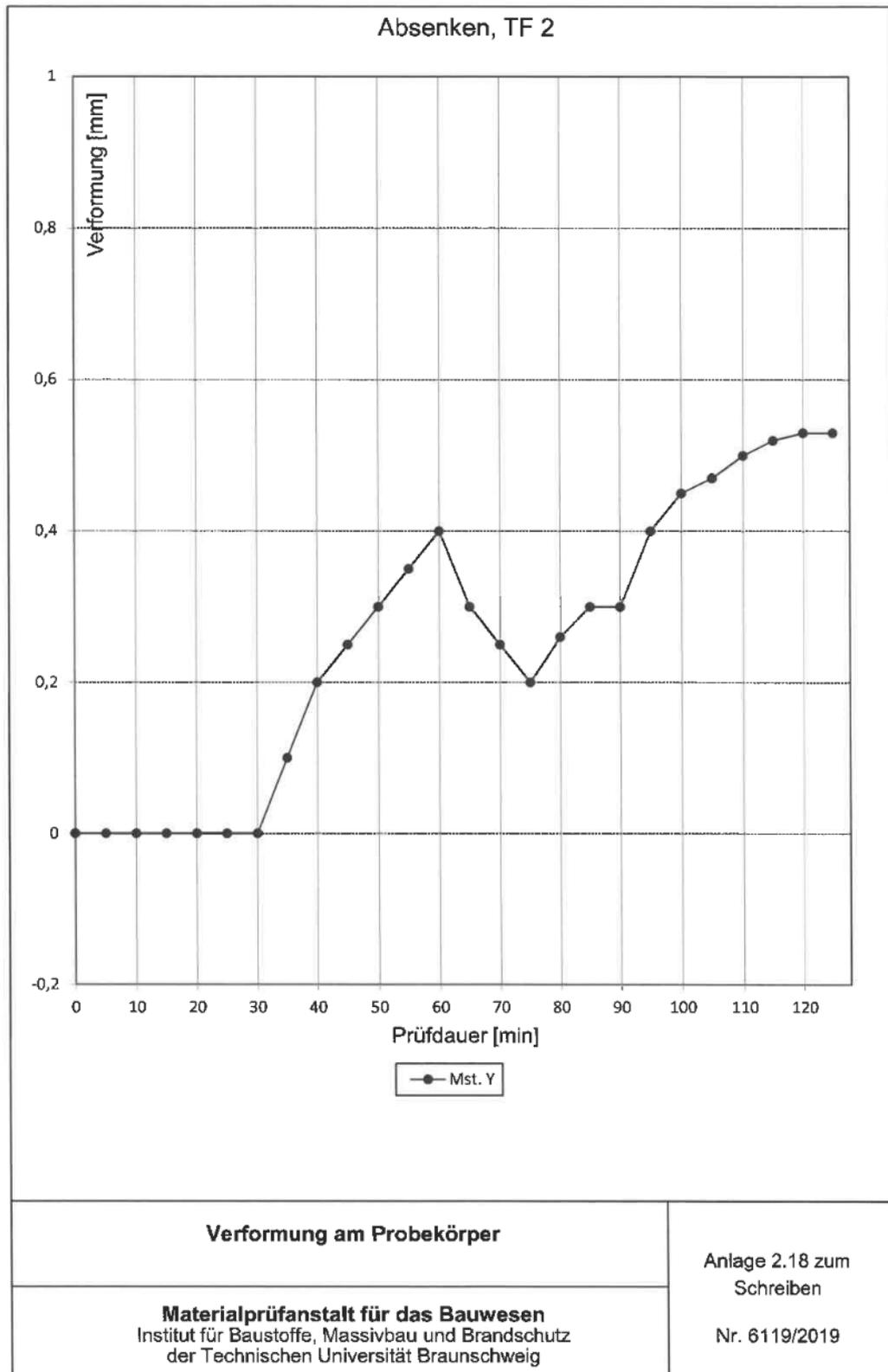


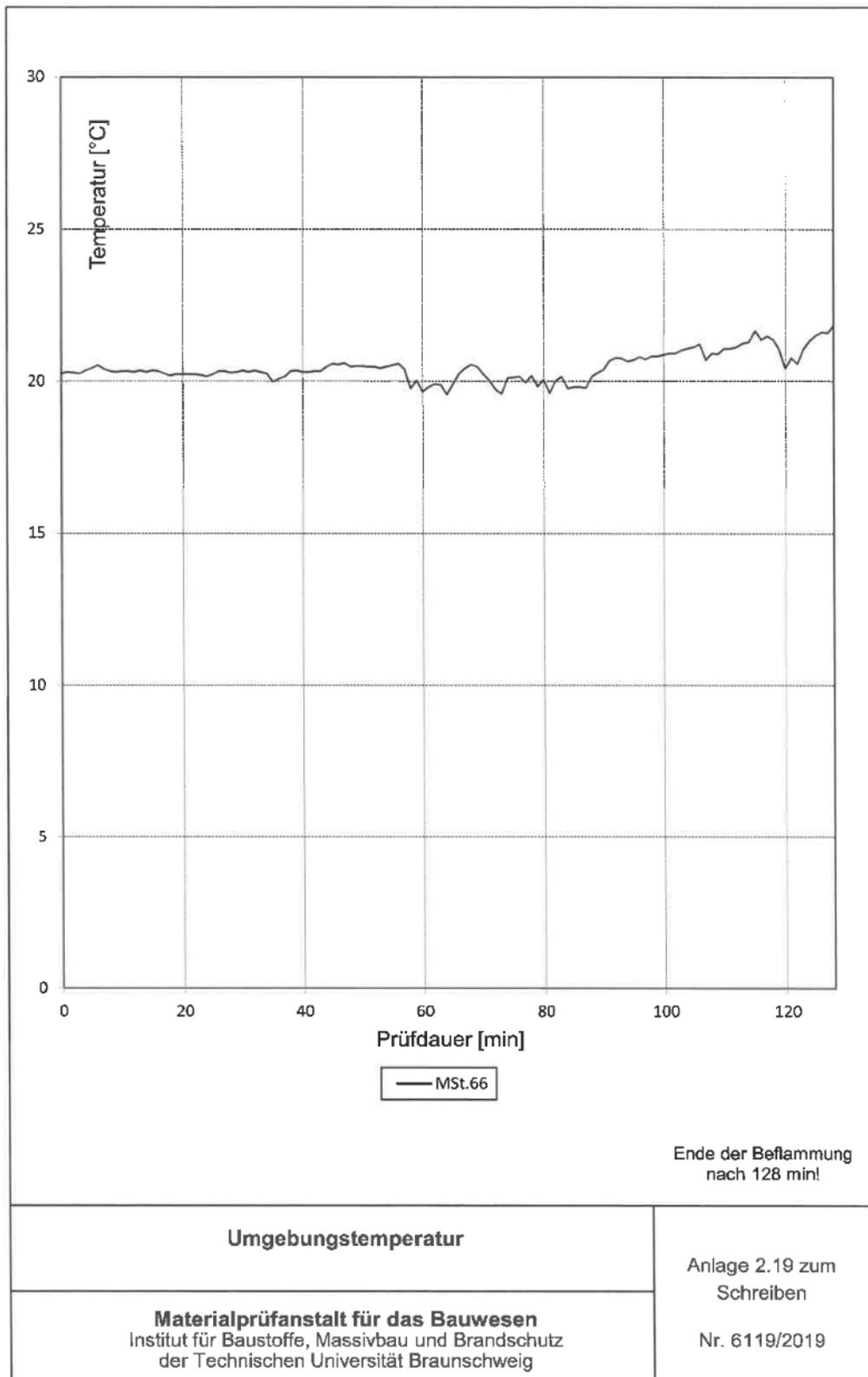












Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 27.03.2019
1	-	Die Bleche der Sandwichelemente lösen sich von der Mineralwolle, was je Element als ein lautes Ploppen zu hören ist.
2	FS	TF 1 – Die Bleche der einzelnen Sandwichelemente wölben sich horizontal stark in den Brandraum. Im Bereich der Fuge 4 in mittlerer Breite lösen sich die Bleche voneinander.
3	FS	TF 1 – Im Bereich der Fuge 1 in mittlerer Breite beginnen die Bleche sich ebenfalls voneinander zu lösen.
9	FS	TF 1 und TF 2 – Horizontale Blechabdeckung am oberen Rand stark gewellt. Vertikale Abdeckung am Übergang zwischen den beiden Teilflächen ebenfalls verformt.
19	FS	TF 1 – Im Bereich der Fuge 1 und 4 nimmt der Abstand der Bleche voneinander weiterhin zu. TF 2 – Im Bereich der Fuge 1 beginne die Bleche sich ebenfalls voneinander zu lösen.
23	FS	TF 1 – Die Bleche beginnen sich in der mittleren Breite über die gesamte Probekörperhöhe von der Mineralwolle zu lösen.
26	FS	TF 1 und TF 2 – Die vertikale Abdeckung löst sich im Fußbereich vom Probekörper. Von der Seite des TF 1 ist die darunterliegende Dämmung sichtbar.
28	FS	TF 1 – Im Bereich der Fugen 1, 2 und 4 haben sich die Bleche über die gesamte Breite voneinander gelöst. Eine Verbindung besteht nur noch im Bereich der Fuge 3.
30	FS	Keine besonderen Veränderungen beobachtet.
37	FS	TF 1 – Die Bleche sind nur noch seitlich gehalten und senken sich über die Länge etwas ab.
43	FS	TF 2 – Im Bereich der Fuge 1 haben sich die Bleche über die gesamte Breite voneinander gelöst
45	FA	Keine besonderen Veränderungen beobachtet.
	FS	TF 2 – Bleche wölben sich stärker in den Brandraum.
		*) FS: Feuerseite FA: Feuerabgewandte Seite
Beobachtungen 1/3		Anlage 2.20 zum Schreiben Nr. 6119/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig		

Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 27.03.2019
55	FS	TF 1 – Die Bleche (B) und (C) hängen immer mehr durch.
	FA	TF 1 – Im Bereich der Messstelle 19 ist die Fuge 1 geweitet. Aus der Fuge treten kleine Tropfen aus und fließen am Sandwichpaneel entlang.
59	FA	TF 2 – Am oberen Probekörperperrand bilden sich Tröpfchen, die Blechoberfläche erscheint teilweise roseverfärbt.
60	FS	Keine wesentlichen Veränderungen beobachtet.
	FA	TF 1 – Im Bereich der Messstelle 31 weitet sich die Fuge 1 ebenfalls.
66	FS	TF 1 – Das Blech des untersten Elements (E) wölbt sich stärker in den Brandraum und sackt nach unten zusammen. TF 1 und TF 2 – Die weiße Lackierung auf der Oberfläche der Bleche ist rissig.
	FA	TF 1 und TF 2 – Austritt von Tropfen aus mehreren Stellen an diversen Fugen.
71	FA	TF 1 – Tröpfchenbildung in mittlerer Breite im Bereich der Fugen 1 bis 3.
73	FA	TF 1 – Im Bereich der Fuge 1 ist zwischen den Messstellen 8 und 19 leichter Rauch erkennbar.
75	FS	TF 2 – Die Bleche wölben sich insgesamt deutlich stärker in den Brandraum.
77	FA	TF 2 – Die Fuge 1 im Bereich zwischen den Messstellen 64 und 48 öffnet sich leicht. Es haben sind kleine Tröpfchen gebildet.
80	FA	TF 1 – Leichte S-förmige Verformung des Probekörpers über die Höhe. Probekörper kommt oben aus dem Ofen raus und geht unten in den Ofen rein.
90	FS	TF 1 und TF 2 – Lackierung der Metalloberfläche verfärbt sich gräulich.
	FA	TF 1 und TF 2 – Keine wesentlichen Veränderungen beobachtet.
96	FA	TF 2 – Auf der linken Seite unterhalb der Messstelle 40 wölbt sich die Fuge 4 horizontal zum Brandraum.
98	FA	TF 2 – Unterhalb der Messstelle 40 ist im Bereich der Fuge 4 Glutschein zu erkennen.
106	FA	TF 2 – Anwendung Wattebausch im Bereich der geöffneten Fuge 4 unterhalb der Messstelle 40. Nach 30 s ist keine Verfärbung des Wattebausches feststellbar.
*) FS: Feuerseite FA: Feuerabgewandte Seite		
Beobachtungen 2/3		Anlage 2.21 zum Schreiben Nr. 6119/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig		

Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 27.03.2019
108	FA	TF 2 – Anwendung Wanderelement im Bereich der geöffneten Fuge 4 unterhalb der Messstelle 40. Nach 20 s werden 95 °C gemessen.
112	FA	TF 1 – Fuge 4 zwischen Messstelle 34 und rechtem Rand öffnet sich.
116	FS	TF 1 und TF 2 – Bleche hängen weit in den Brandraum.
119	FA	TF 1 – Im Bereich der Messstelle 22 hat sich die Fuge 4 geöffnet. Die 6 mm Spaltlehre passt nicht in den Spalt.
120	FA	TF 2 – Messstelle 63 \geq 180 K
124	FA	TF 1 – Links der Messstelle 28 öffnet sich die Fuge 3 und verfärbt sich über eine Länge von ca. 40 cm braun.
125	FA	TF 1 – Anwendung Wanderelement im Bereich der geöffneten Fuge links der Messstelle 28. Nach 20 s werden 120 °C gemessen.
126	FA	TF 1 – Im Bereich der geöffneten Fuge 3 links der Messstelle 28 ist ein Lichtschein aus dem Brandraum erkennbar.
128	FA	TF 1 – Messstelle 28 \geq 180 K. Ende Brandversuch. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.

*) FS: Feuerseite
 FA: Feuerabgewandte Seite

Skizze des Probekörpers

	TF 1	TF 2
Fuge 1	A	F
Fuge 2	B	G
Fuge 3	C	H
Fuge 4	D	I
	E	J

Beobachtungen 3/3	Anlage 2.22 zum Schreiben Nr. 6119/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

ENDE Schreiben



Abb. 8.1: Prüfaufbau mit Stütze



Abb. 8.2: Feuerseite mit Abdeckung



Abb. 8.3: Ablösen der Deckschichten (1')



Abb. 8.4: Beginn Fugenöffnung (3')



Abb. 8.5: Deckschalen FS abgelöst (6')

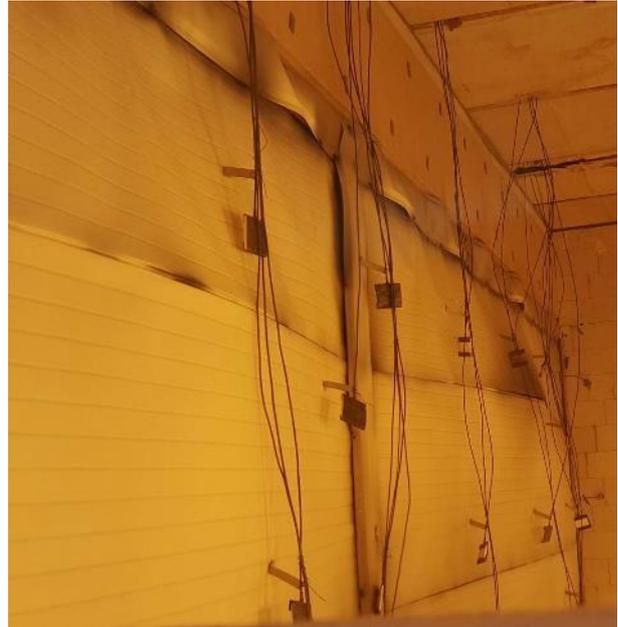


Abb. 8.6: Kanteil gewellt (6')



Abb. 8.7: Öffnen der Fugen (26')



Abb. 8.8: FS Öffnen der Fugen (26')



Abb. 8.9: Fugenöffnung FS unten (26')



Abb. 8.10: Verformung der Deckschichten (50')



Abb. 8.11: Außenansicht (51')



Abb. 8.12: Fugenöffnung Mst. 19 (54')



Abb. 8.13: Tröpfchenbildung (61')



Abb. 8.14: Deckschicht im Brandraum (65')



Abb. 8.15: Tröpfchen Mst. 22 (73')



Abb. 8.16: Deckschichten hängen durch (76')

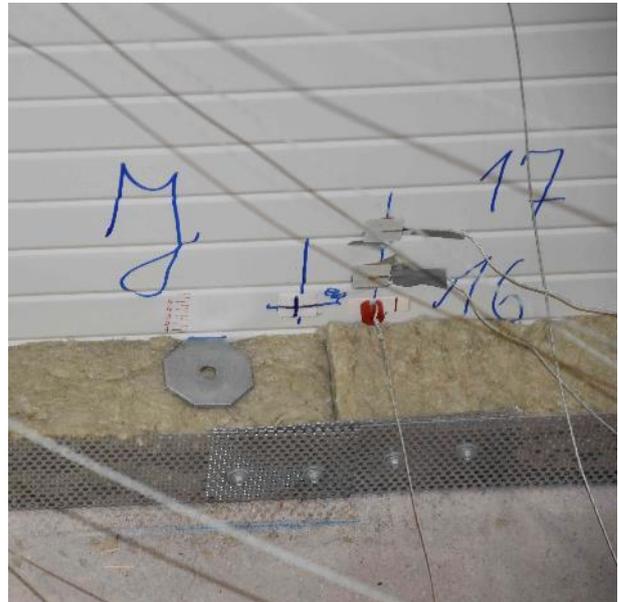


Abb. 8.17: Kaum Absenkung in Feld 1 (74')



Abb. 8.18: Verformung Außenseite (78 ')



Abb. 8.19: Einfallen Fuge Mst 40 (100')



Abb. 8.20: Prüfung mit Wattebausch (106')



Abb. 8.21: Temperaturmessung (108')



Abb. 8.22: Außenansicht (110')



Abb. 8.23: Einfallen Fuge TF 1 (113')



Abb. 8.24: Einfallen der Fugen in TF 1 (114')

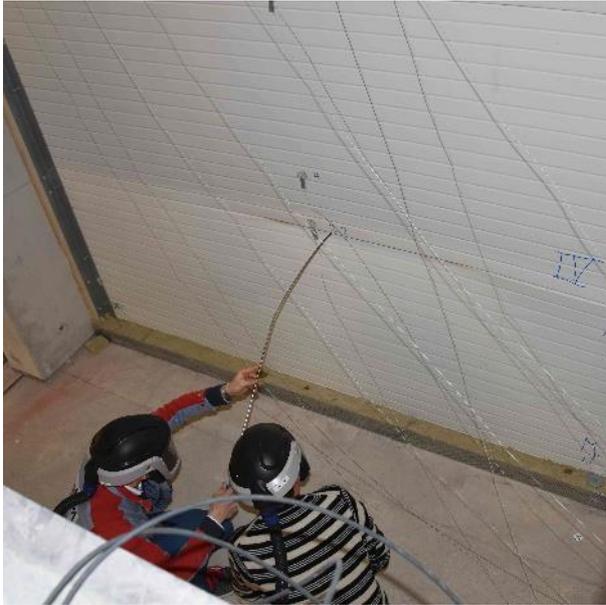


Abb. 8.25: Überprüfung Fuge an Mst 22 (119')



Abb. 8.26: Fuge bei Mst 27 (128')



Institut für Baustoffe,
Massivbau und Brandschutz

Materialprüfanstalt
für das Bauwesen

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

Deutsches Institut für Bautechnik
Frau Ines Dinse
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin

Schreiben

6969/2019

Unsere Zeichen: (2101/711/19)-Bo
Kunden-Nr.: 2203
Auftrag vom: 21.02.2019
Sachbearbeiter: Herr Bott
Abteilung: BS
Kontakt: 0531-391-8243
n.bott@ibmb.tu-bs.de

Ihre Zeichen: idt@diot.de
Ihre Nachricht vom:

Datum: 27.06.2019

Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 i. V. m. DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben: „Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“

31 Anlagen

Sehr geehrte Frau Dinse,

am 10.04.2019 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 80 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit Nut- und Federaus- bildung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 80“ als horizontal verlegte Einfeldträgersysteme bestehend aus zwei Teilflächen (TF) nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergebnissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

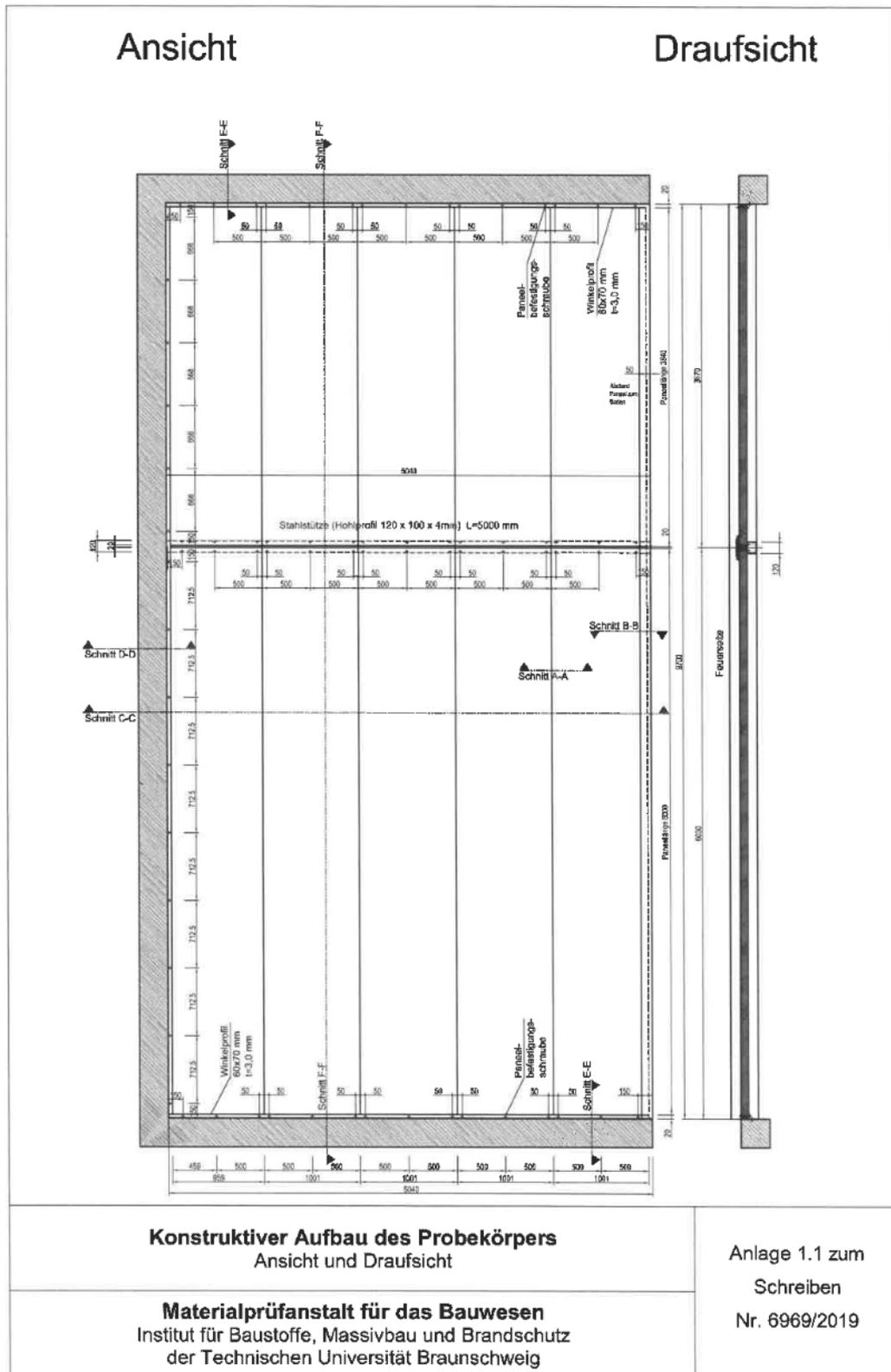
i. A. 
Nikolaus Bott, M. Sc.
Sachbearbeiter

Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

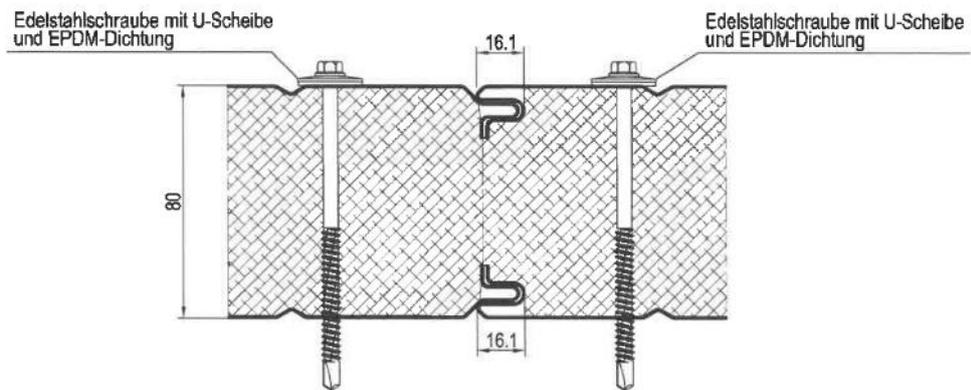
Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5900
Info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE68 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NOLADE2H
USt.-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/201/22659

Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung.



Schnitt A-A
Fugenquerschnitt



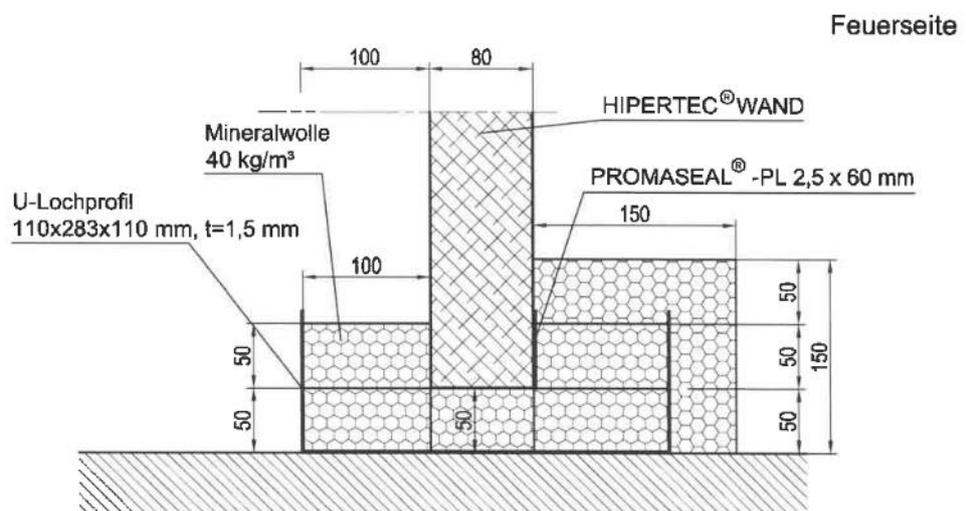
Hipertec® WAND	80 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralwolle, ROCKWOOL

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt A-A Fugenquerschnitt

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

Anlage 1.2 zum
 Schreiben
 Nr. 6969/2019

Schnitt B-B Freier Bodenanschluss

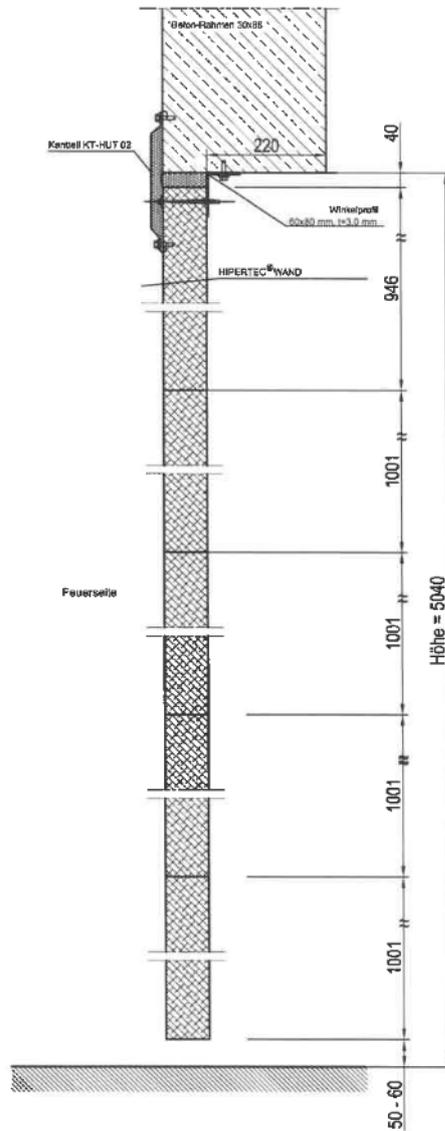


Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt B-B freier Bodenanschluss

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

Anlage 1.3 zum
Schreiben
Nr. 6969/2019

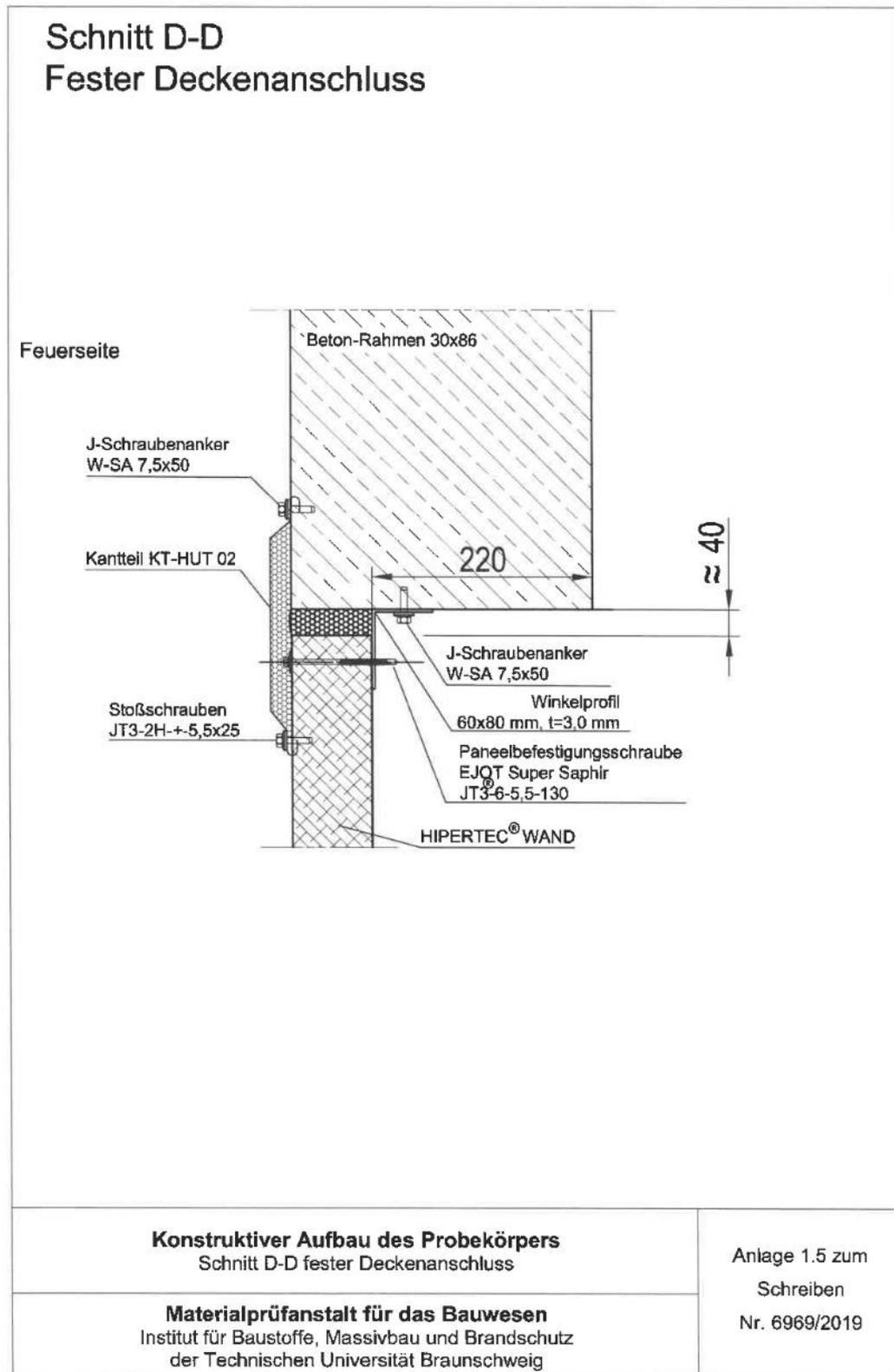
Schnitt C-C Vertikalschnitt / Elementbreiten



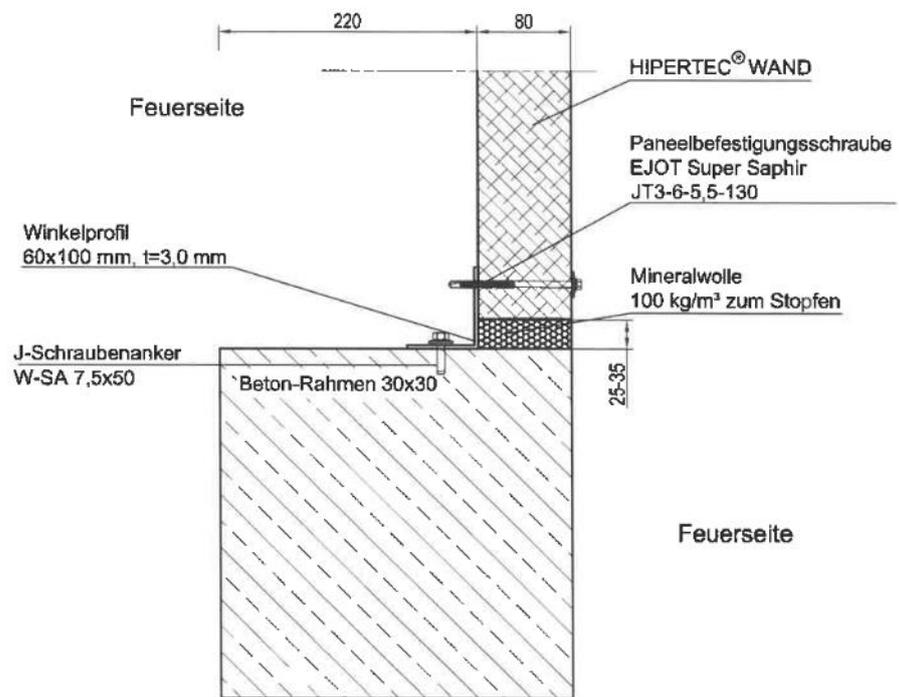
Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt C-C Vertikalschnitt

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

Anlage 1.4 zum
Schreiben
Nr. 6969/2019



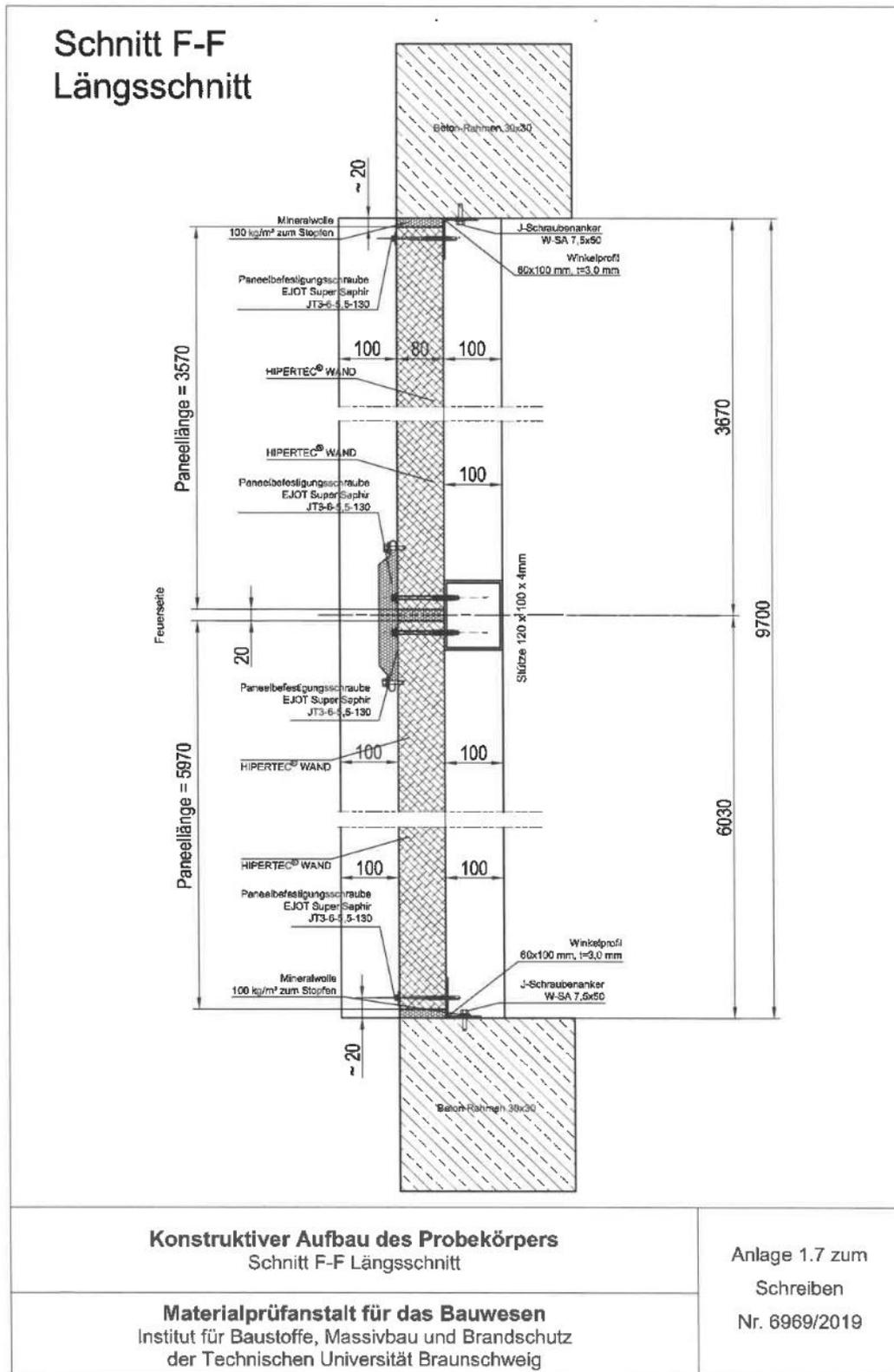
Schnitt E-E Fester Wandanschluss

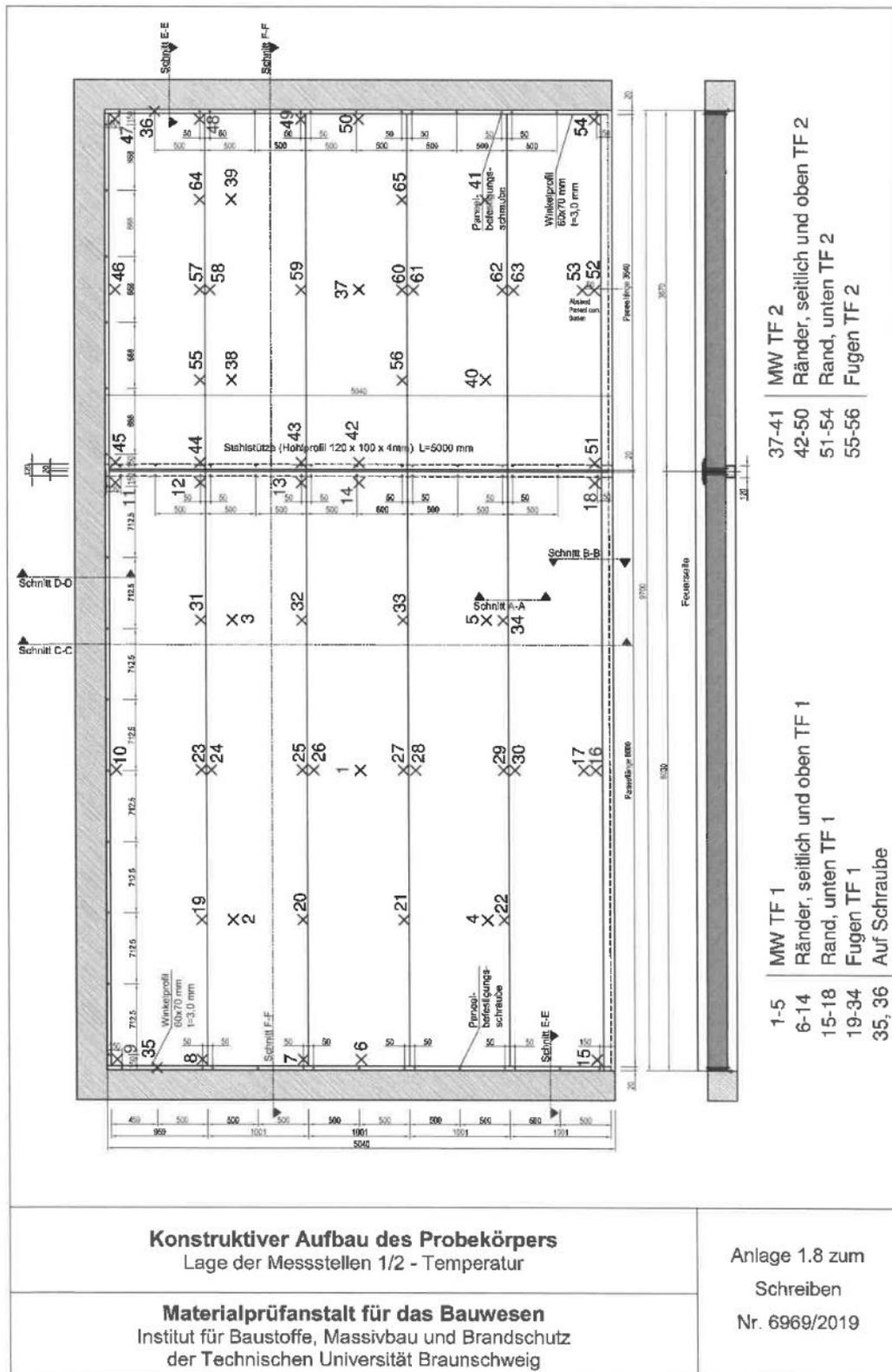


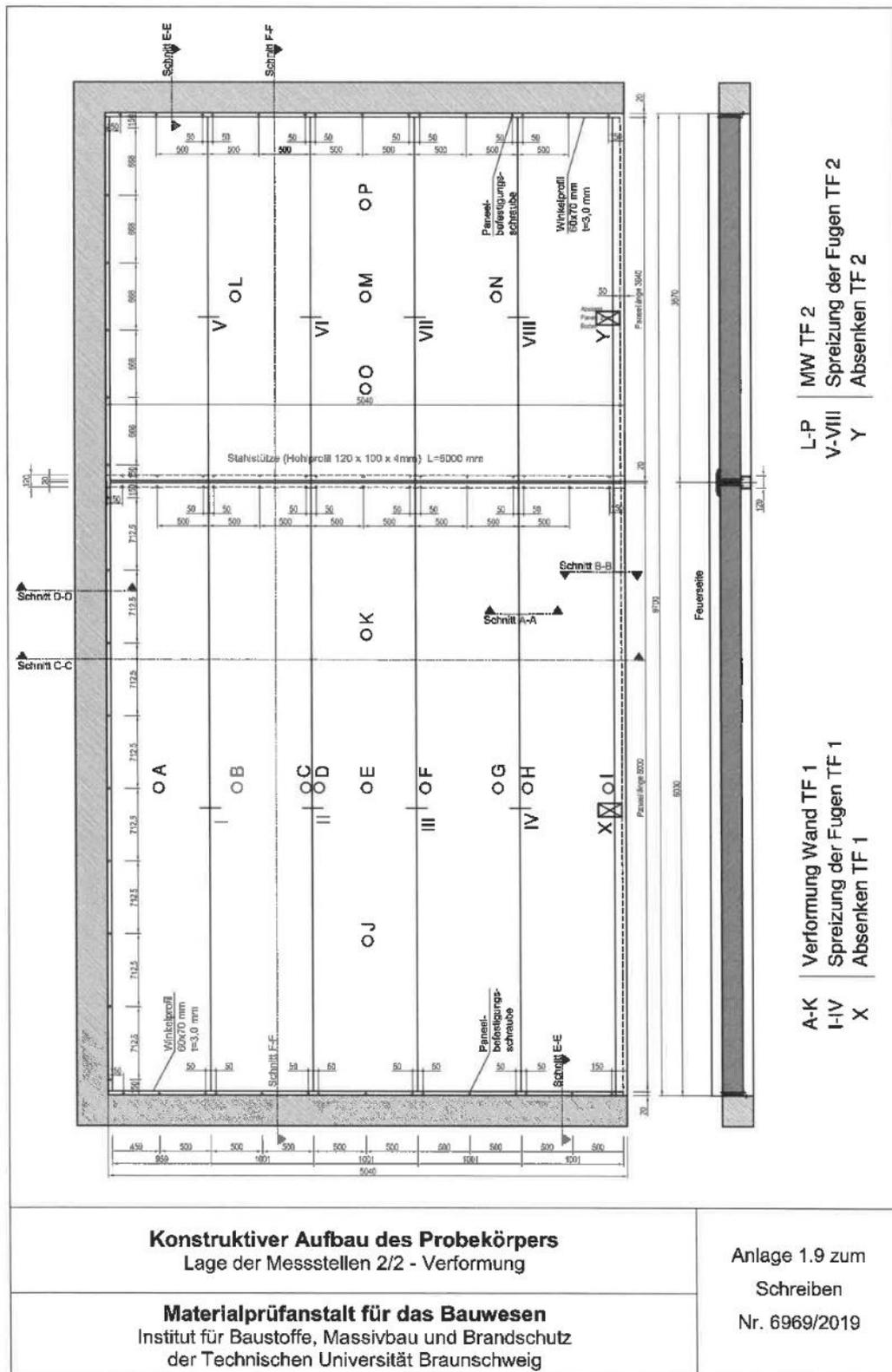
Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt E-E fester Wandanschluss

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

Anlage 1.6 zum
Schreiben
Nr. 6969/2019







Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Lage der Messstellen 2/2 - Verformung

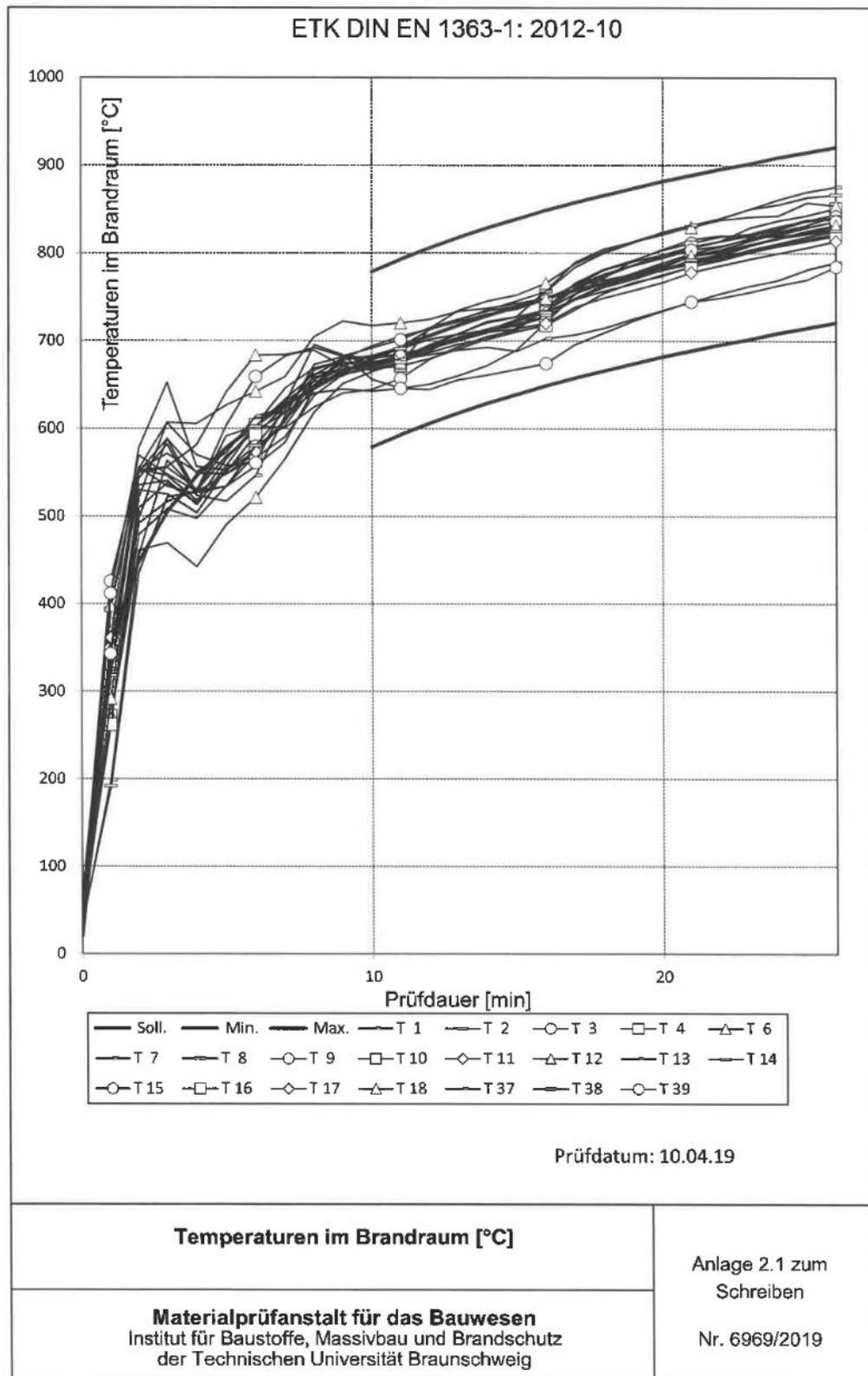
Materialprüfanstalt für das Bauwesen
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
 der Technischen Universität Braunschweig

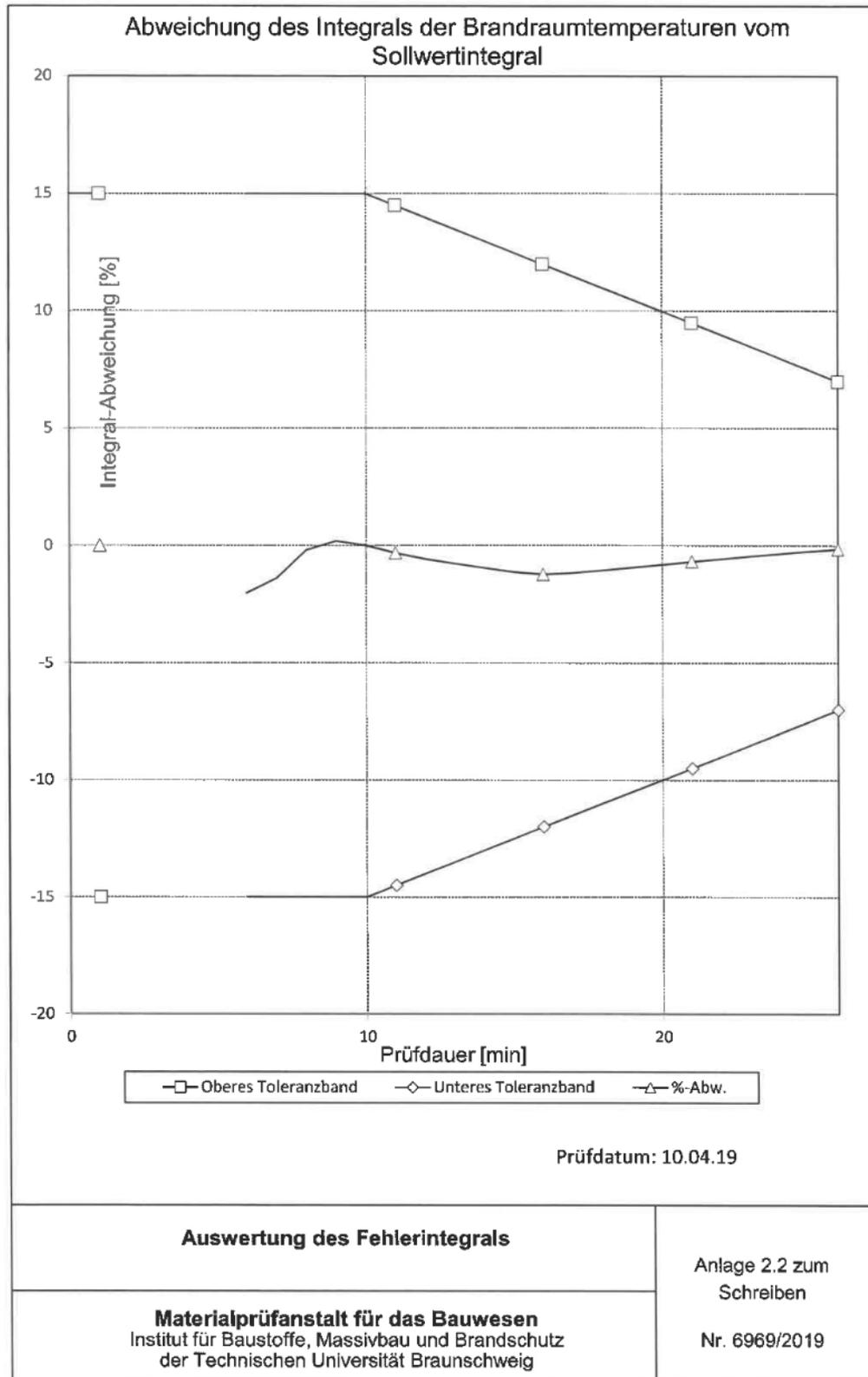
Anlage 1.9 zum
 Schreiben
 Nr. 6969/2019

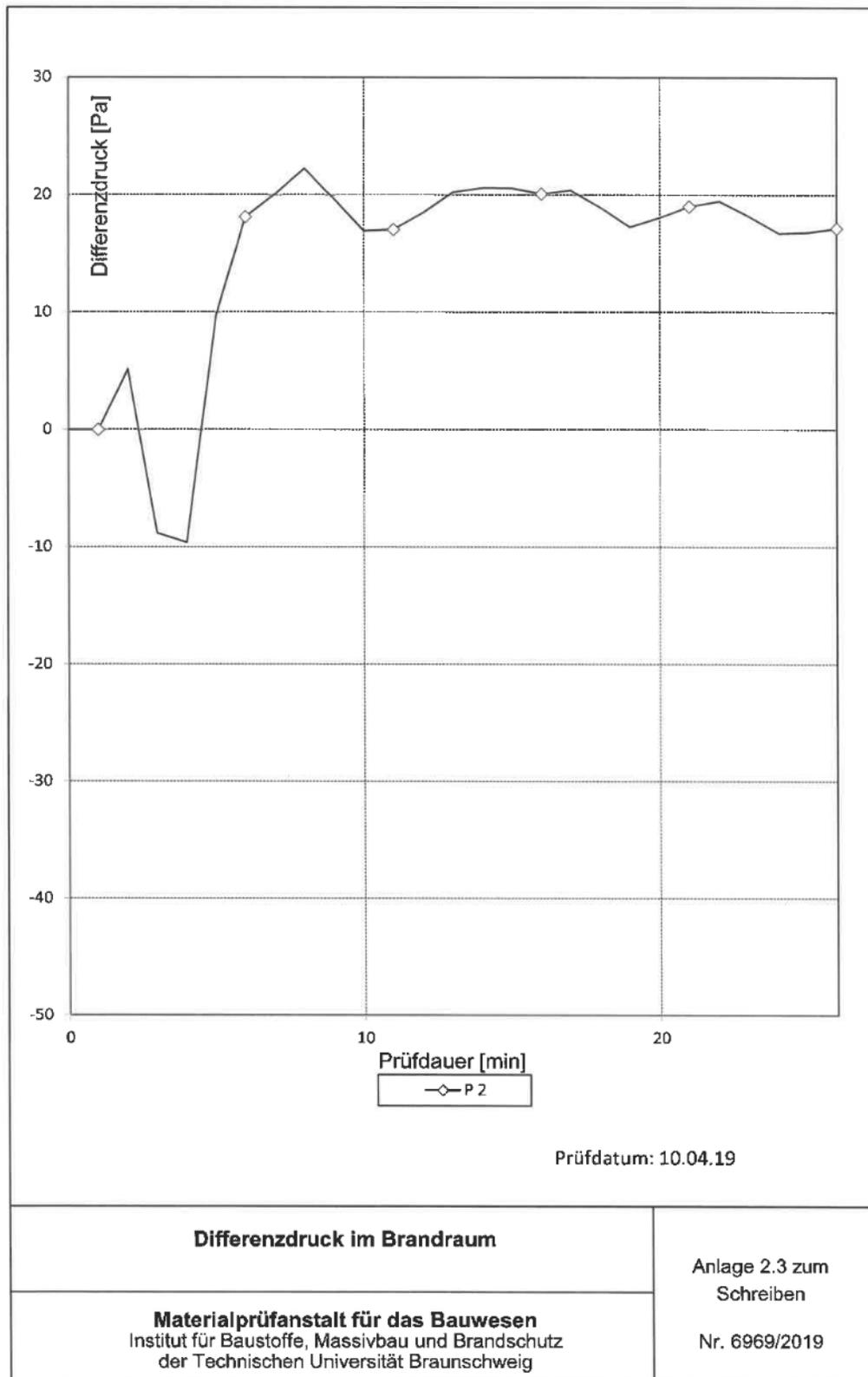
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾ mm	Flächengewichte im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	Rohdichte kg/m ³	Feuchtigkeitsgehalt ²⁾ Gew.-%	Klassifizierung des Brandverhaltens
Sandwichelement „HIPERTEC®“, L x H = 2960 mm x 1001 mm Zulassungsnummer: Z-10.49-517	Metecno Bausysteme GmbH	80	18,1	220,7	0,3	<u>A2-s1-d0:</u> gem. DIN EN 13501-1
Steinwolle „Floorrock SE“ Trittschalldämmplatte Leistungserklärung Nr.: DE0185041701	Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG	20	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A1:</u> gem. DIN EN 13501-1
PROMASEAL®-PL Brandschutzlaminat	Etex Building Performance GmbH, Ratingen	2,5	- 4)	- 4)	- 4)	<u>B-s1-d0:</u> gem. DIN EN 13501-1
Blakite Air Setting Mortar	Morgan Advanced Materials plc, Windsor (UK)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)
Sonstige Stahlbauteile	-	-	-	-	-	<u>A1:</u> gem. DIN 4102-4

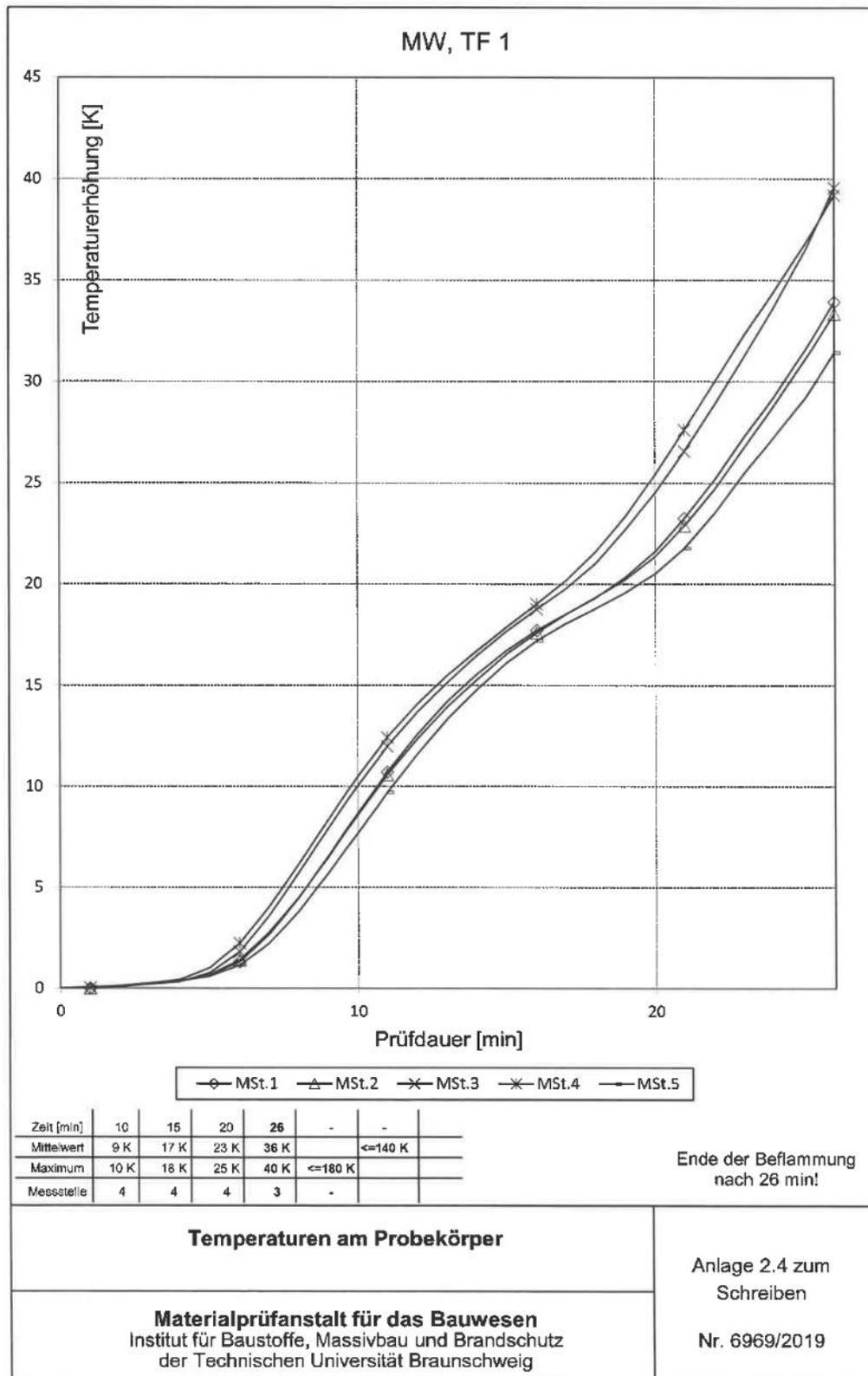
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

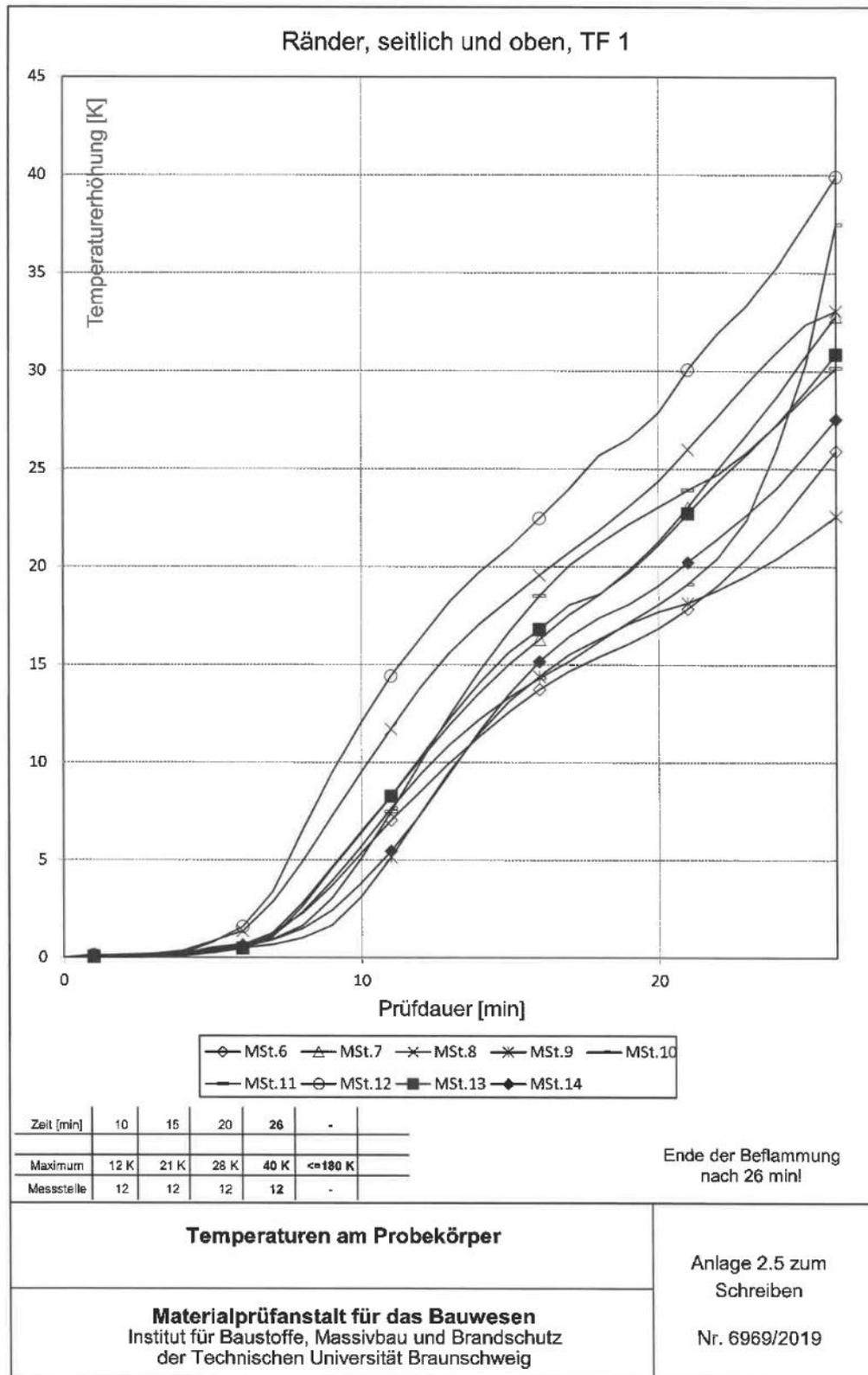
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.10 zum Schreiben Nr. 6969/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

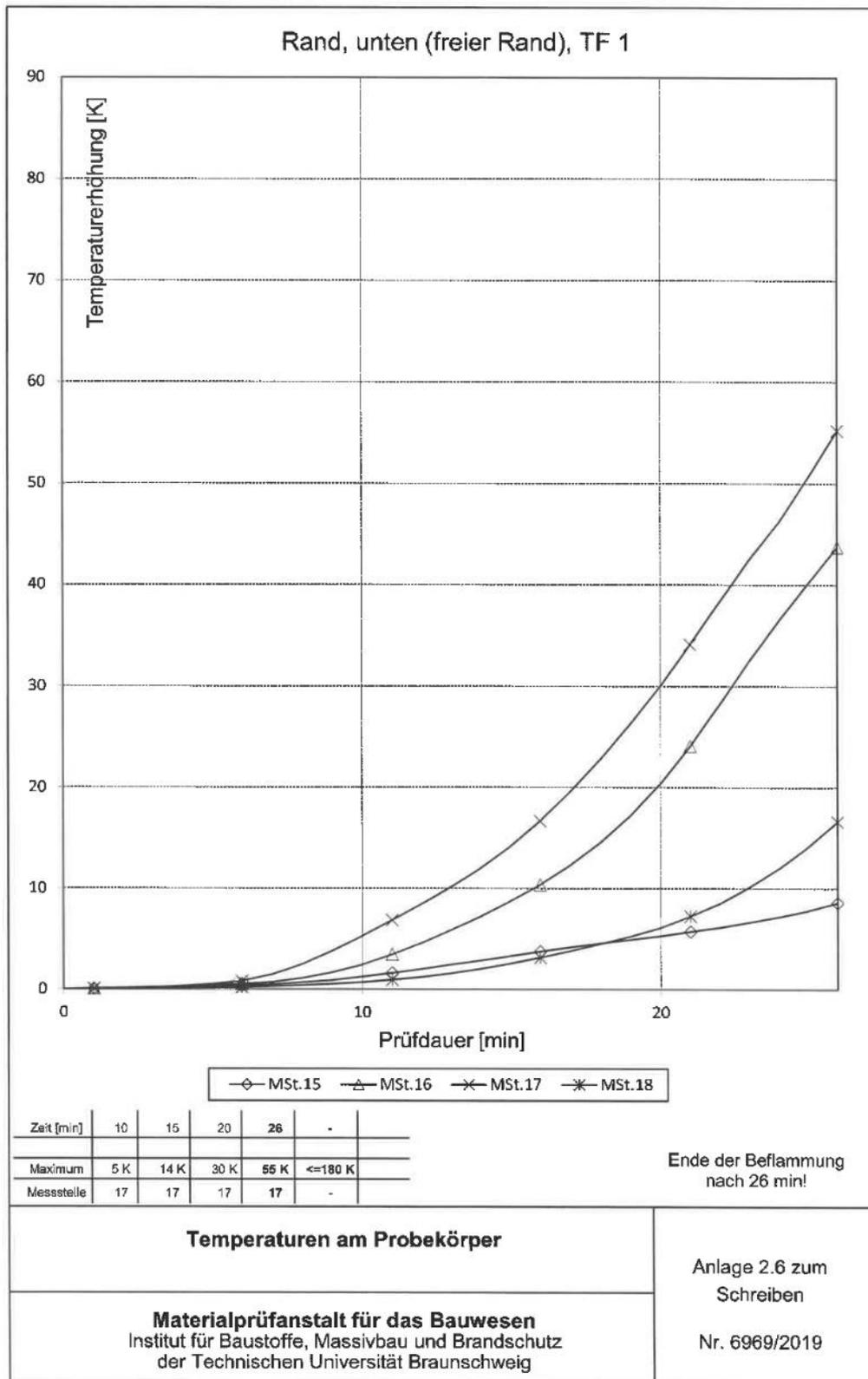


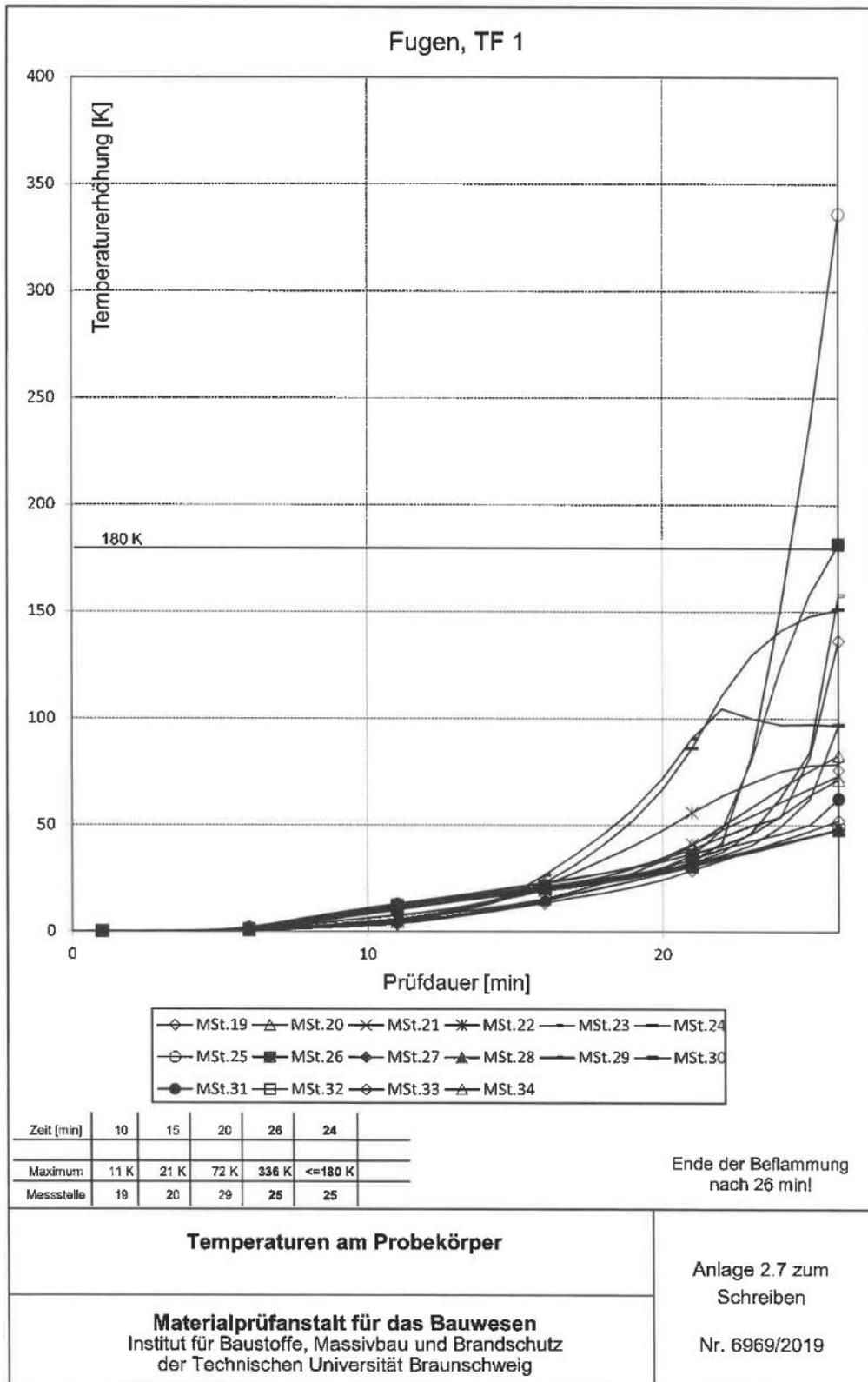


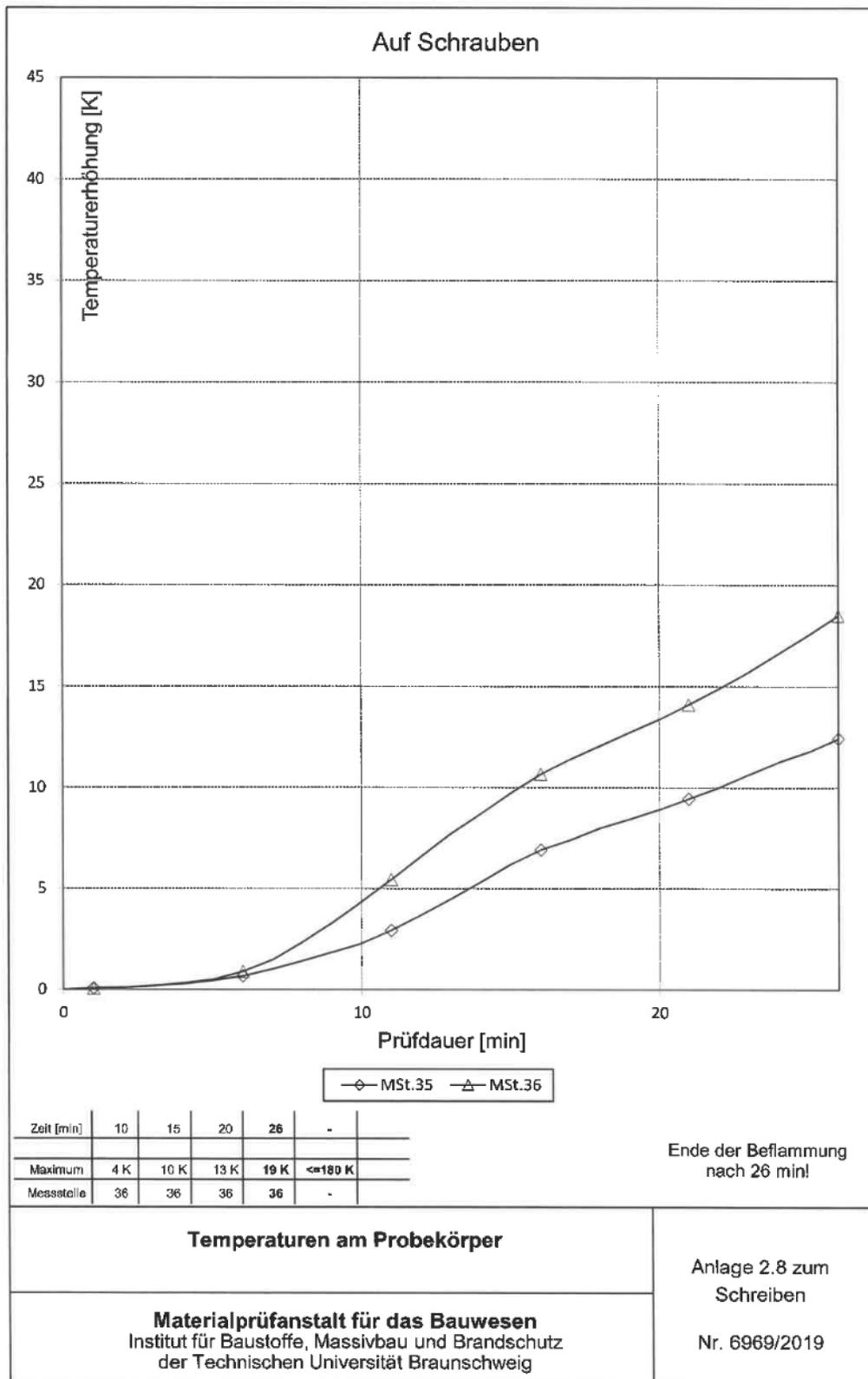


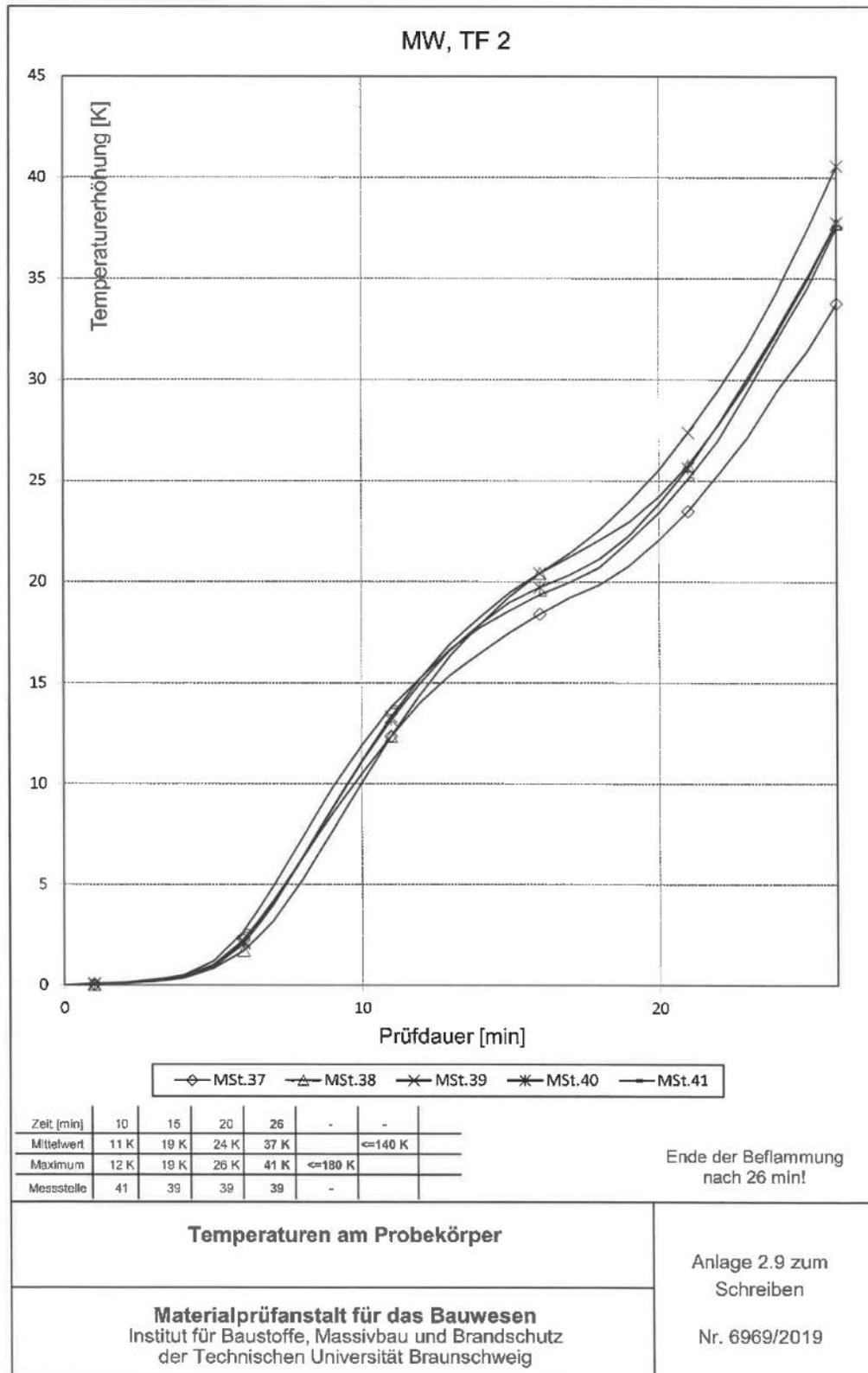


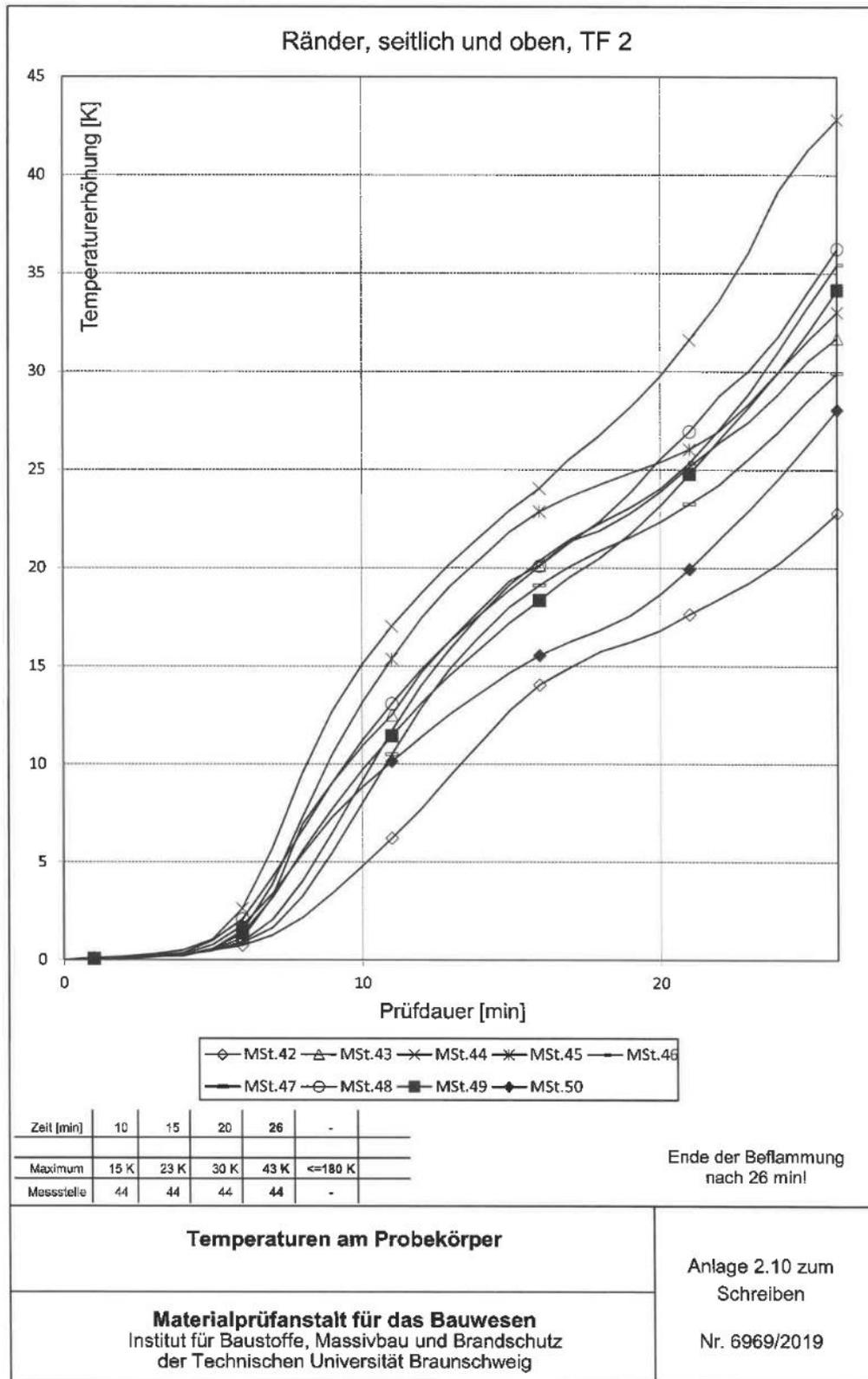


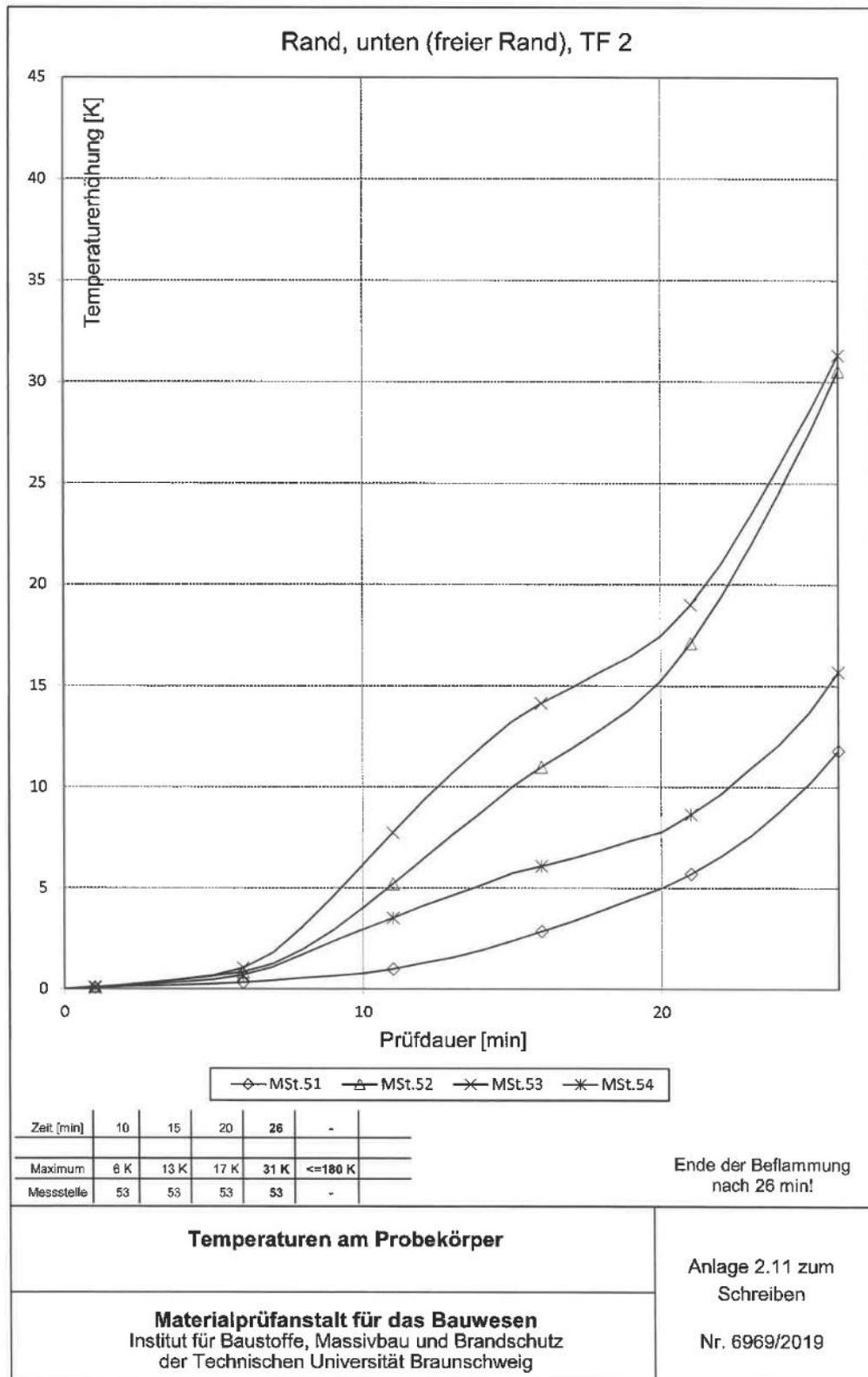


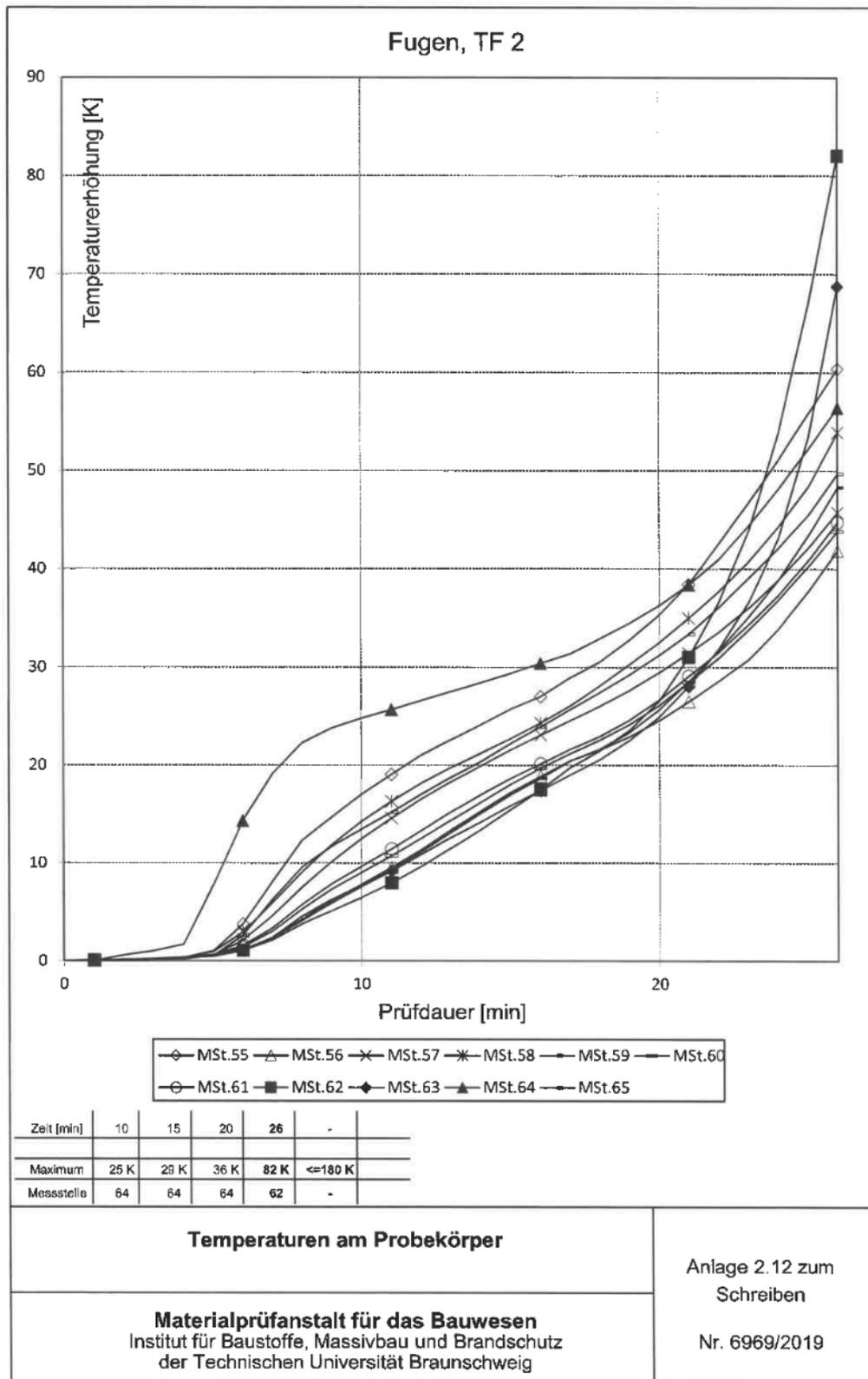


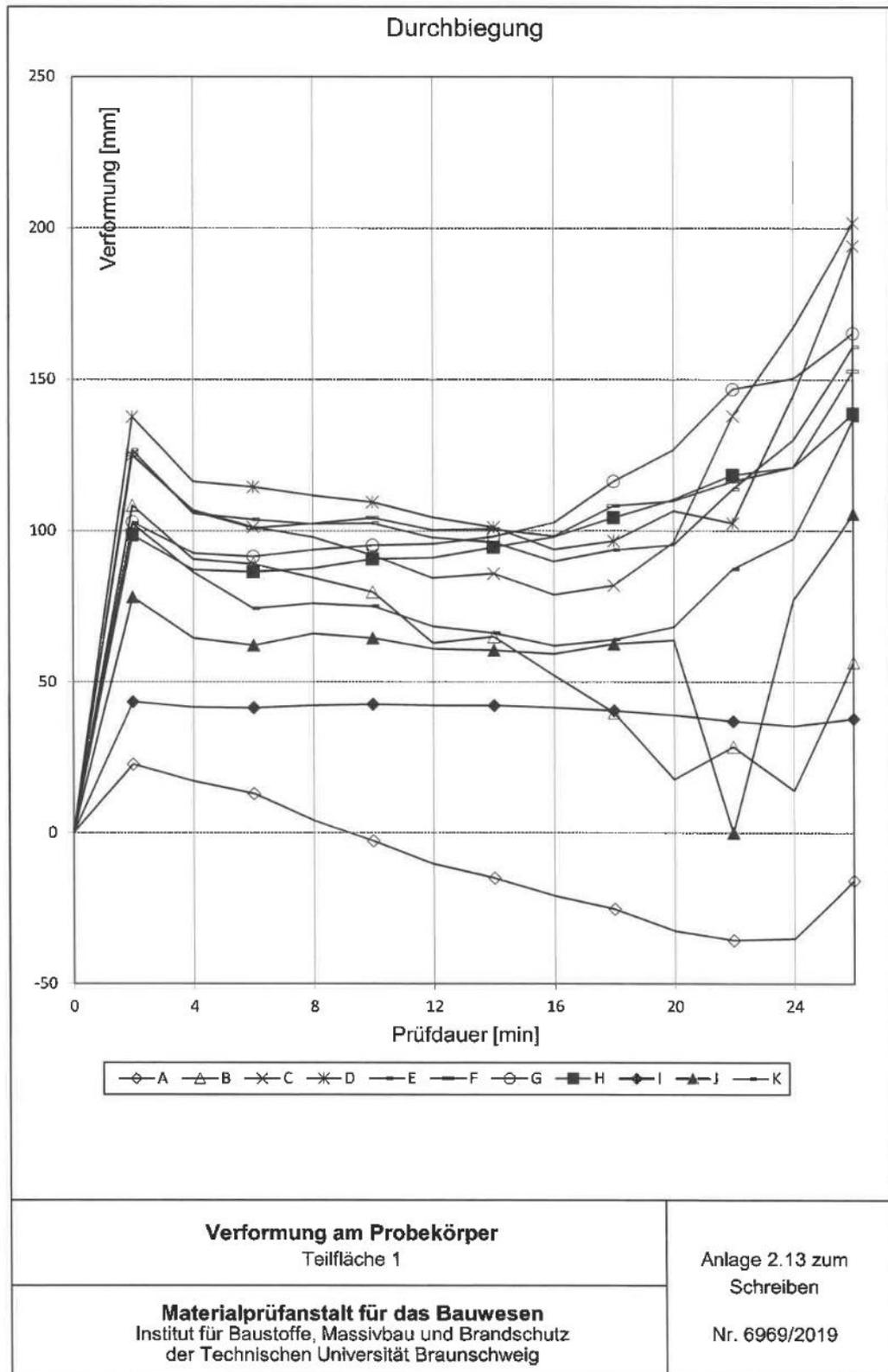


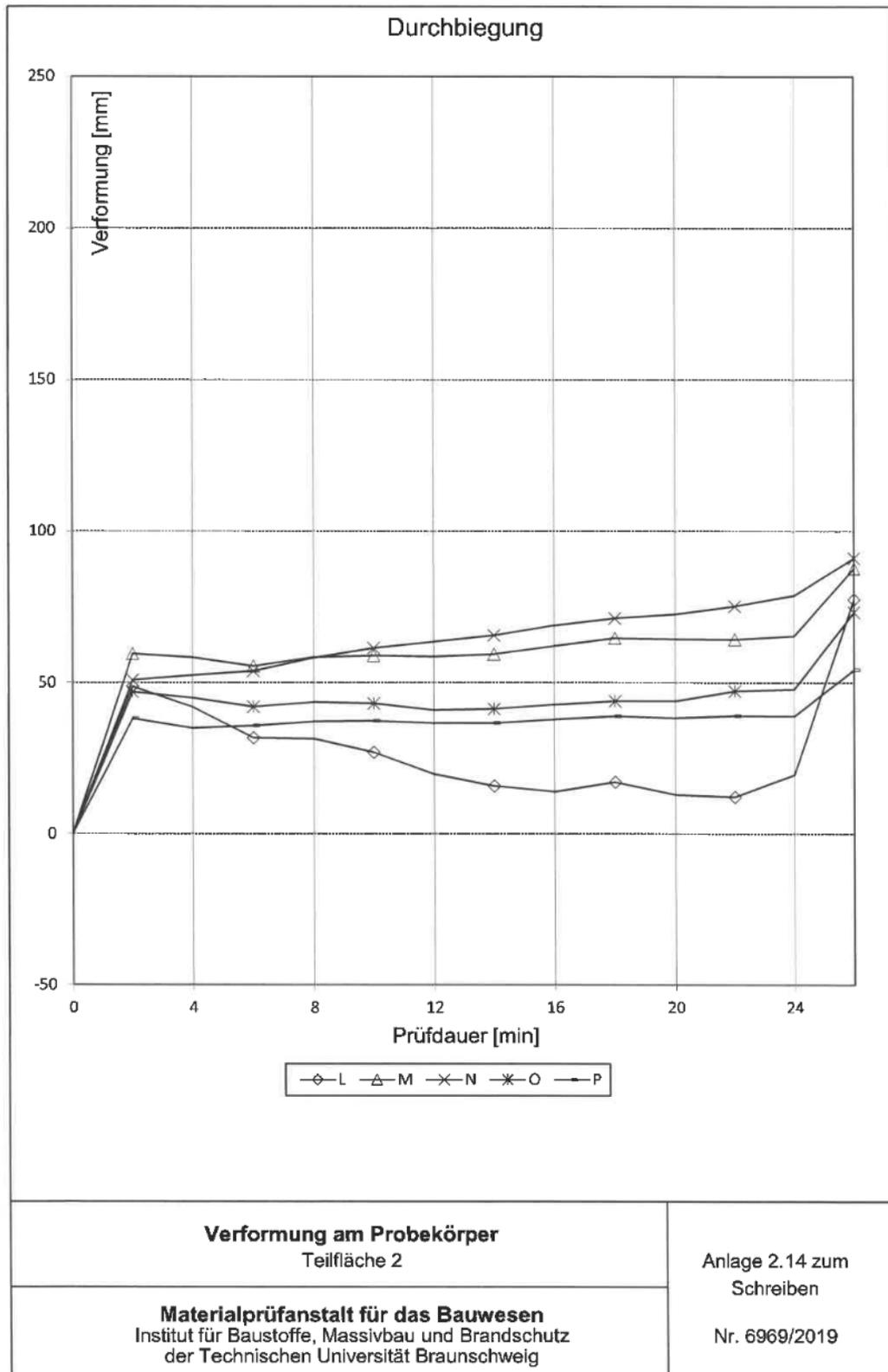


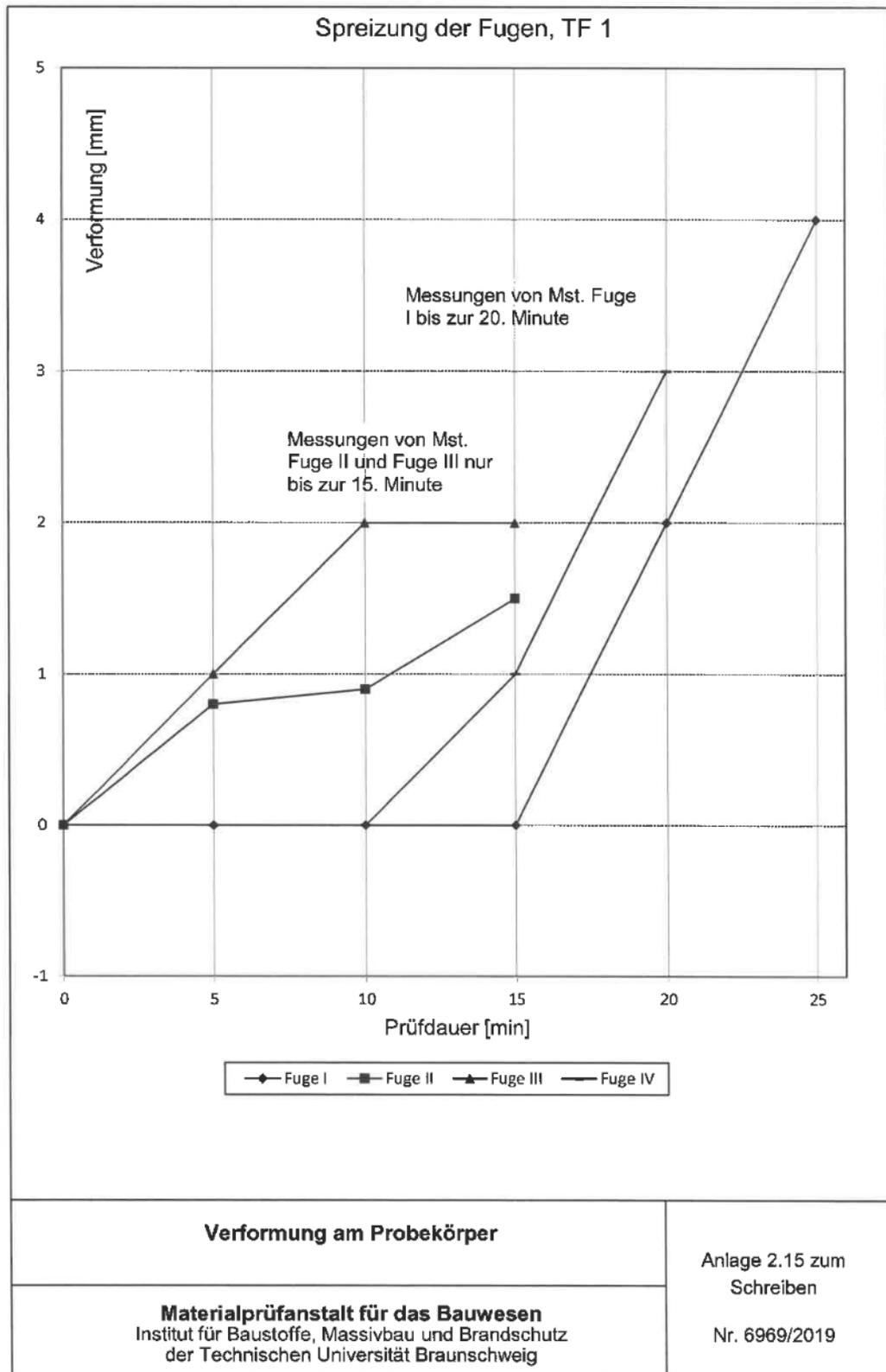


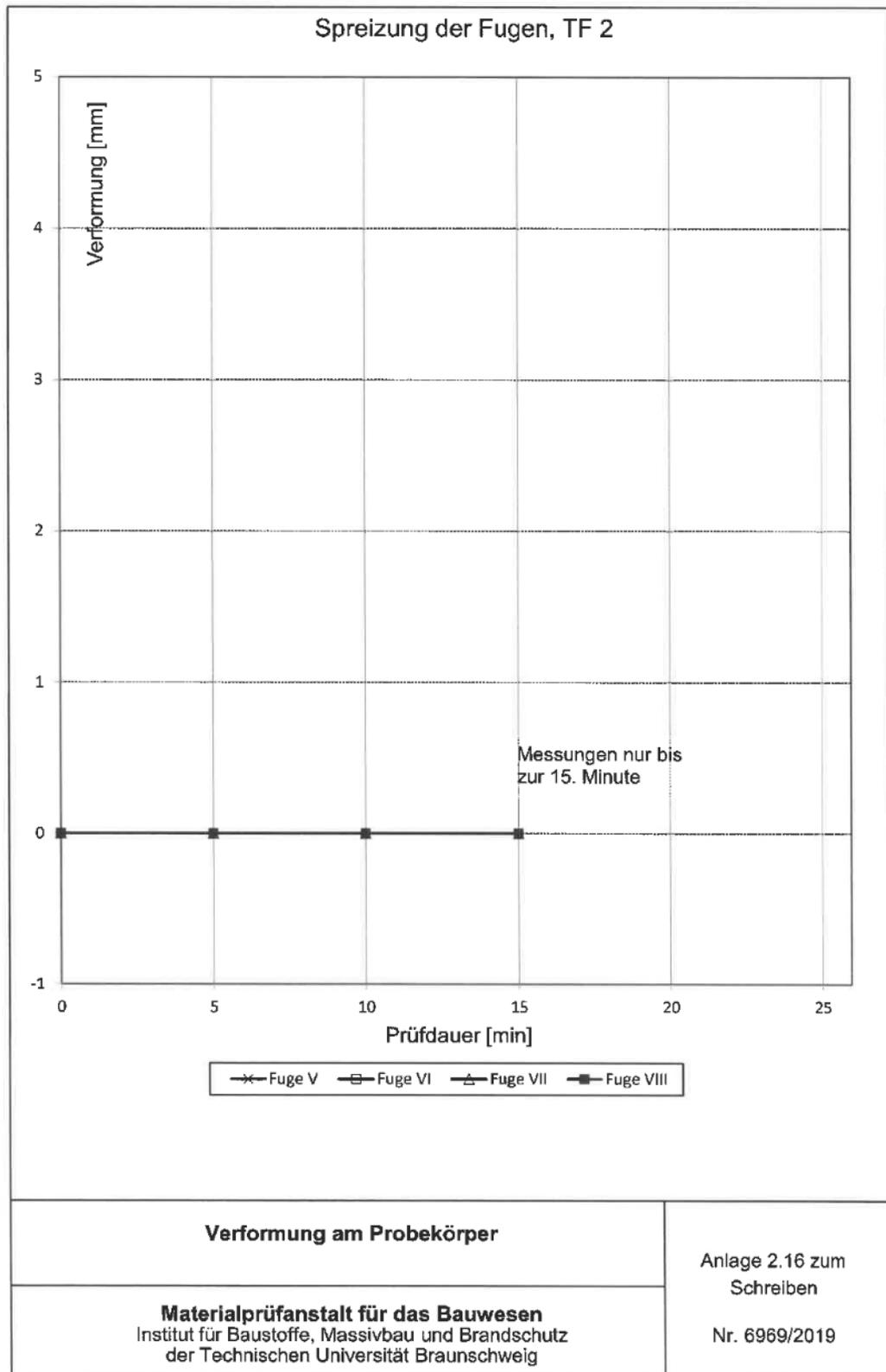


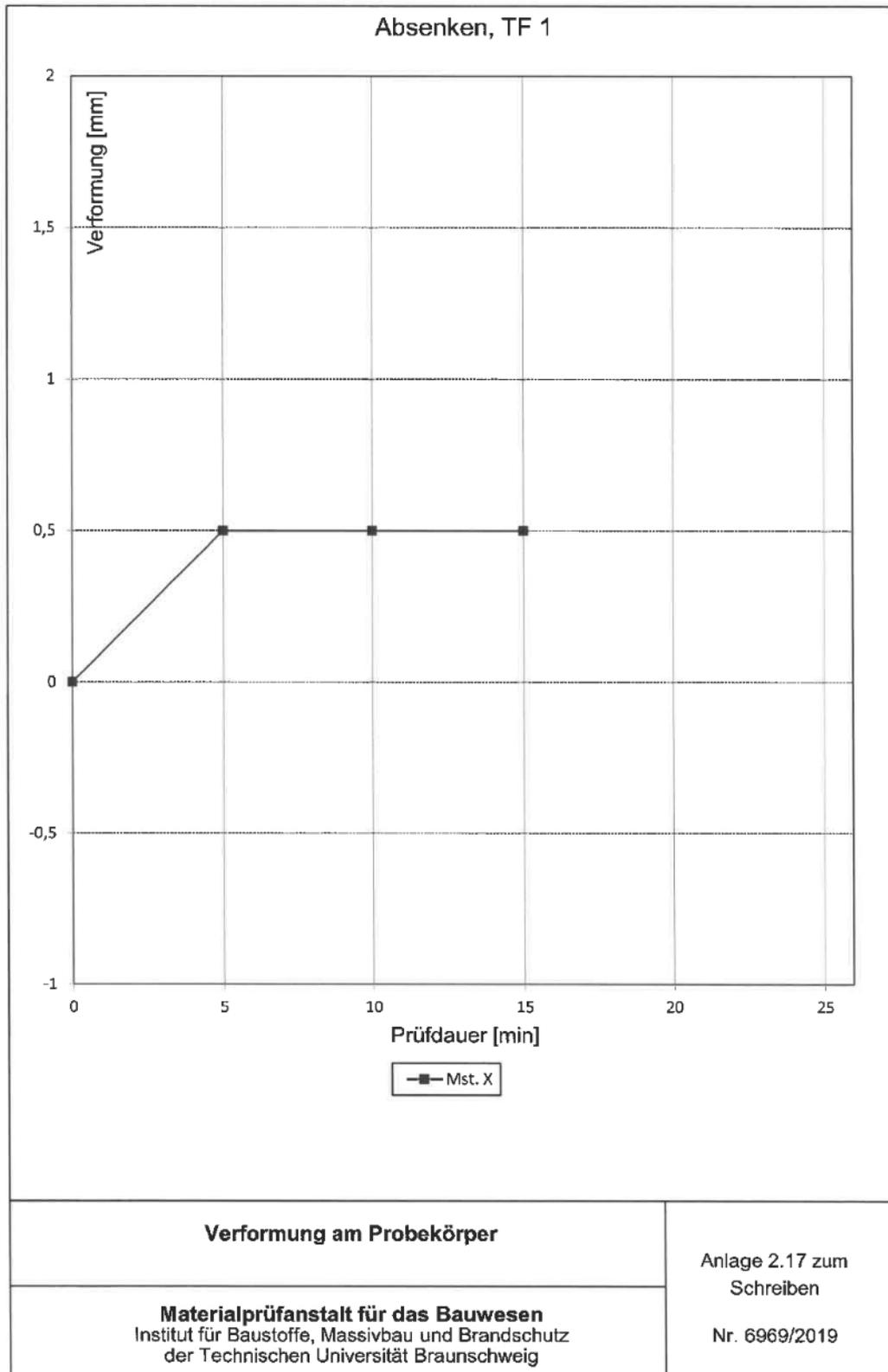


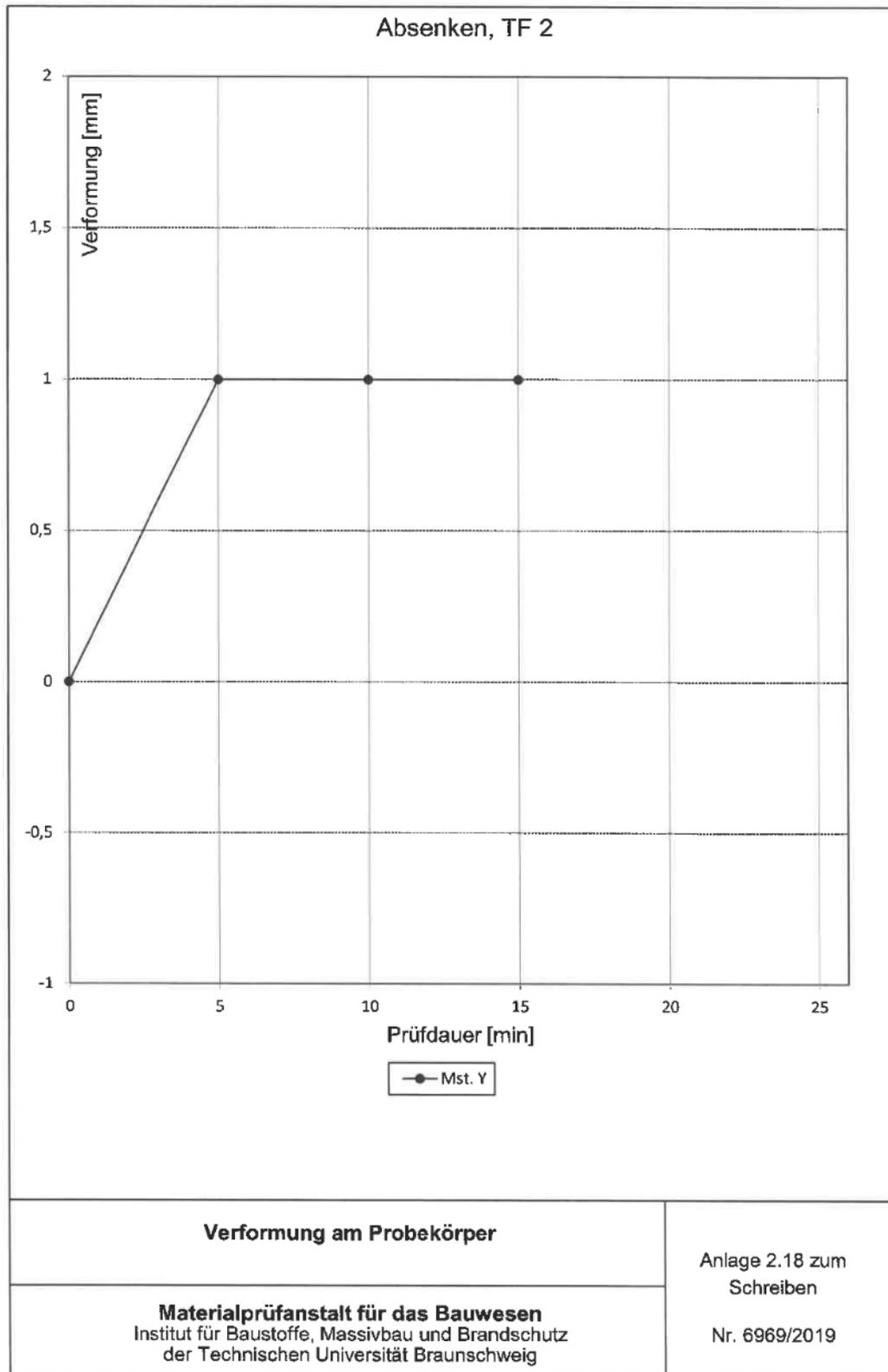


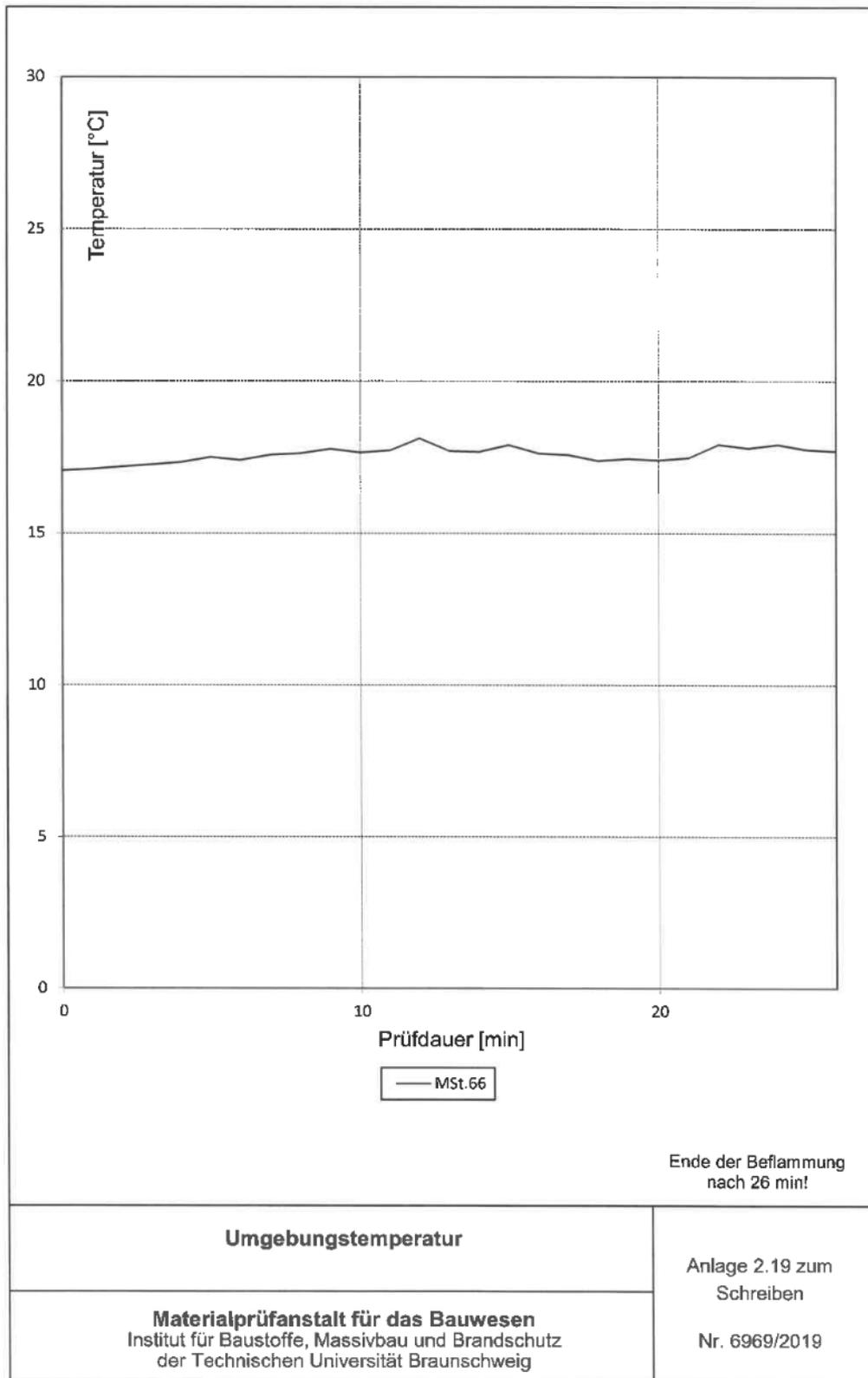












Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 10.04.2019
1	FS	TF 1 und TF 2 – Die Bleche lösen sich von der Mineralwolle (es sind mehrfach „Plopp-Geräusche“ zu hören).
	FA	Beide Teilflächen wölben sich jeweils in Probekörper Mitte stark in den Brandraum; TF 1 stärker als TF 2.
2	FS	TF 1 und TF 2 – Die Bleche von wölben sich in den Brandraum. Die Fuge 4 von TF 1 ist in mittlerer Breite geöffnet. Es zündelt aus der Fuge, die Ränder sind schwarz gefärbt.
3	FS	TF 1 und TF 2 – Alle Bleche von sind leicht dunkel verfärbt.
4	FA	TF 1 und TF 2 – Kurzzeitiger, leichter Rauchaustritt aus vereinzelt Stellen an den Fugen 1 und 2.
5	FS	An allen Rändern der Fugen 1 bis 4 sind schwarze Stellen erkennbar. Das vertikal angeordnete Abdeckblech zwischen TF 1 und TF 2 wellt sich. Im Bereich von Sandwichelement F hat sich das Abdeckblech leicht gelöst. Die Bleche der Sandwichelemente A und B (TF 1) wölben sich wellenartig, wohingegen die Bleche der Sandwichelemente C bis E (TF 1) sich in ihrer Mitte in den Brandraum wölben.
7	FS	TF 1 und TF 2 – Das horizontal angeordnete Abdeckblech am oberen Rand verformt sich wellenartig.
12	FA	Es entstehen kleine Spalte (≤ 3 mm) an mehreren Stellen zwischen den Sandwichpaneelen und den Wandwinkeln.
13	FS	Fuge 1 von TF 1: Stärkere Weitung in mittlerer Breite erkennbar.
17	FS	Fuge 1 von TF 1: Mineralwolle ist sichtbar.
20	FA	Erneuter kurzzeitiger, leichter Rauchaustritt aus vereinzelt Stellen an den Fugen 1 und 2 beider Teilflächen. Der TF 1 ist in seiner Mitte im Bereich der Fuge 1 stark nach außen (vom Brandraum weg), im Bereich der Fugen 2 bis 4 stark nach innen (in den Brandraum) gewölbt.
21	FS	Das Blech von Element B (TF 1) sackt leicht ab.
23	FA	Die Fuge 2 von TF 1 ist stark geweitet. Glutschein und kurzzeitige Flammen (Zündeln) sind sichtbar.
26	FA	Die Fuge 1 von TF 1 ist stark geweitet. Glutschein ist deutlich sichtbar.
26	-	Ende der Beflammung. Nach Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.
*) FS: Feuerseite FA: Außenseite		
Beobachtungen 1/2		Anlage 2.20 zum Schreiben Nr. 6969/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig		

Skizze des Probekörpers

	TF 1	TF 2
Fuge 1	A	F
Fuge 2	B	G
Fuge 3	C	H
Fuge 4	D	I
	E	J

Beobachtungen 2/2
Skizze des Probekörpers

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

Anlage 2.21 zum
Schreiben
Nr. 6969/2019

ENDE Schreiben



Abb. 9.1: Prüfaufbau mit Stütze



Abb. 9.2: Feuerseite mit Abdeckung



Abb. 9.3: Bleche wölben sich in den Brandraum (2')



Abb. 9.4: Bleche leicht dunkel verfärbt (3')



Abb. 9.5: Schwarze Ränder an den Fugen (7')



Abb. 9.6: Abdeckblech am oberen Rand wellt sich (7')



Abb. 9.7: Weitung Fuge I (15')



Abb. 9.8: Leichter Rauaustritt Fuge I (20')

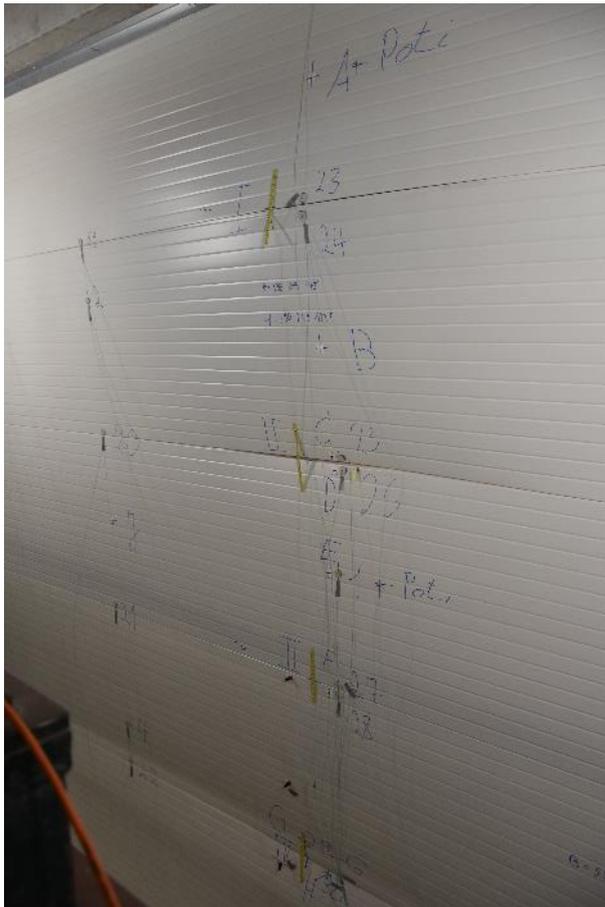


Abb. 9.9: Wandwölbung (23')



Abb. 9.10: Absacken Deckblech Element B (19')



Abb. 9.11: Fuge II stark geweitet (24')



Abb. 9.12: Fuge I stark geweitet (25')



Institut für Baustoffe, | Materialprüfanstalt
Massivbau und Brandschutz | für das Bauwesen

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

Deutsches Institut für Bautechnik
Frau Ines Dinse
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin

Schreiben **12407/2019**

Unsere Zeichen: (2101/843/19)-Bo
Kunden-Nr.: 2203
Auftrag vom: 15.04.2019
Sachbearbeiter: Herr Bott
Abteilung: BS
Kontakt: 0531-391-8243
 n.bott@ibmb.tu-bs.de

Ihre Zeichen: Frau Dinse
Ihre Nachricht vom:

Datum: 21.08.2019

Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 i. V. m. DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben: „Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“

21 Anlage

am 05.07.2019 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 80 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit Nut- und Federaus- bildung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 80“ als horizontal verlegte Einfeldträgersysteme nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergeb- nissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

i. A. 
Nikolaus Bott, M. Sc.
Sachbearbeiter

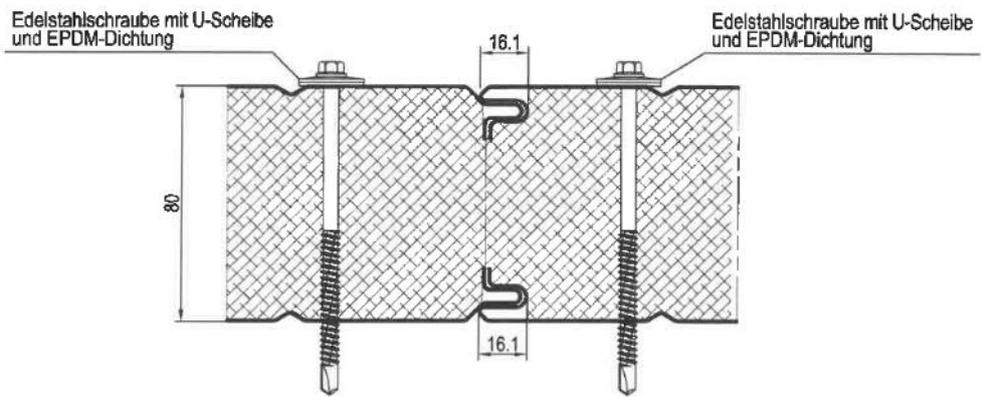
Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5800
info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE58 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NOLADE2H
USt.-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/201/22889

Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung.

Schnitt A-A
Fugenquerschnitt



Hipertec® WAND	80 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralwolle, ROCKWOOL

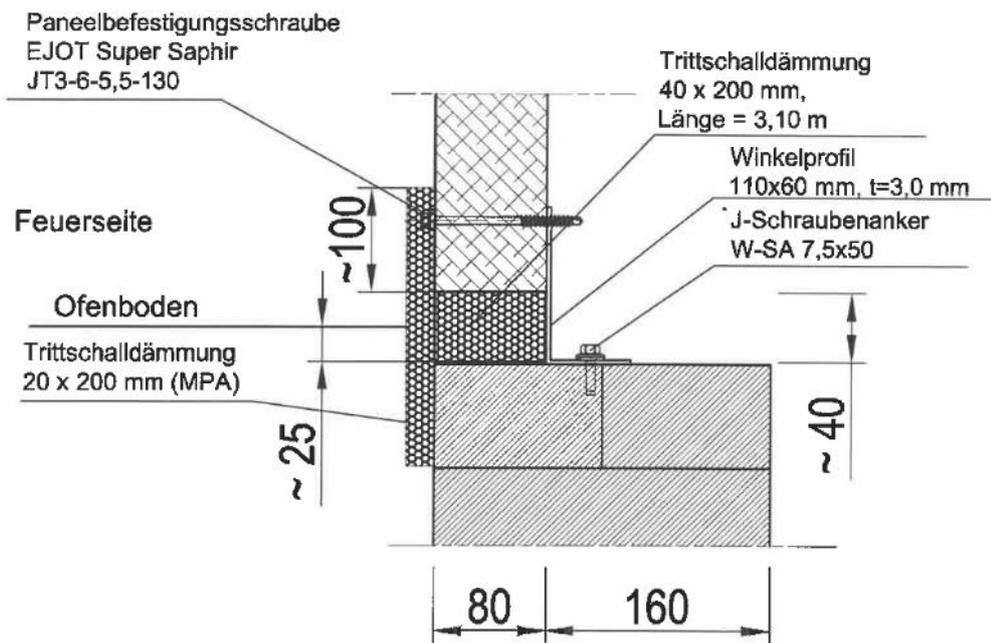
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt A-A – Fugenquerschnitt

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

Anlage 1.2 zum
 Schreiben
 Nr. 12407/2019

Schnitt B-B Fester Bodenanschluss



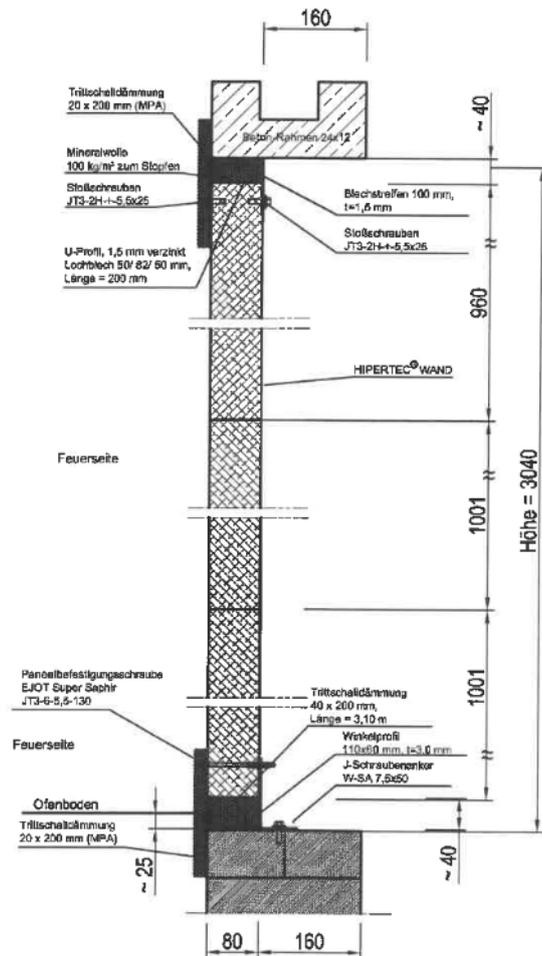
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt B-B – Fester Bodenanschluss

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

Anlage 1.3 zum
 Schreiben
 Nr. 12407/2019

Schnitt C-C Vertikalschnitt / Elementbreiten



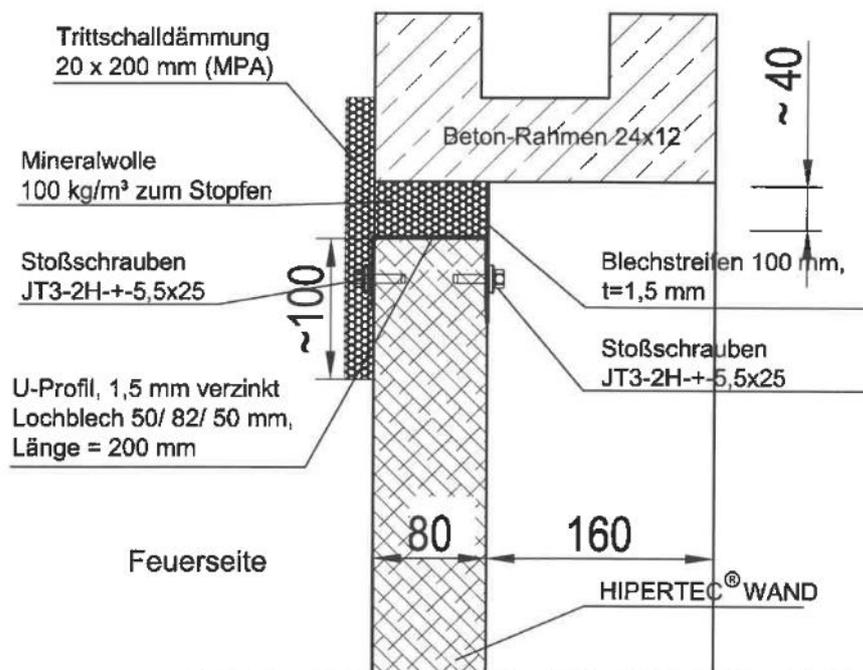
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt C-C – Vertikalschnitt

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

Anlage 1.4 zum
 Schreiben
 Nr. 12407/2019

Schnitt D-D oberer freier Rand



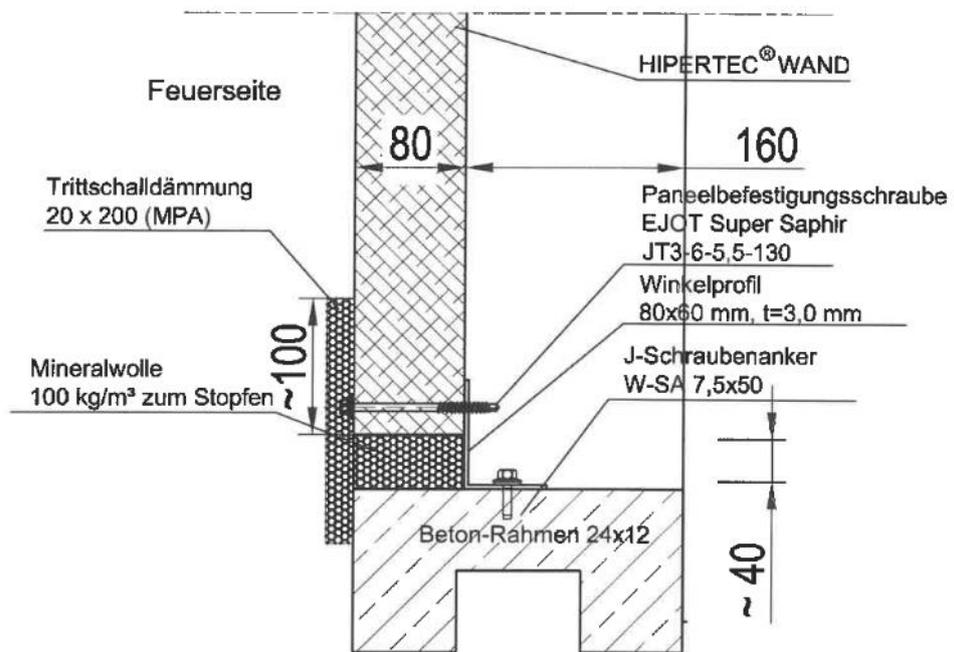
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt D-D – Oberer freier Rand

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

Anlage 1.5 zum
 Schreiben
 Nr. 12407/2019

Schnitt E-E Fester Wandanschluss



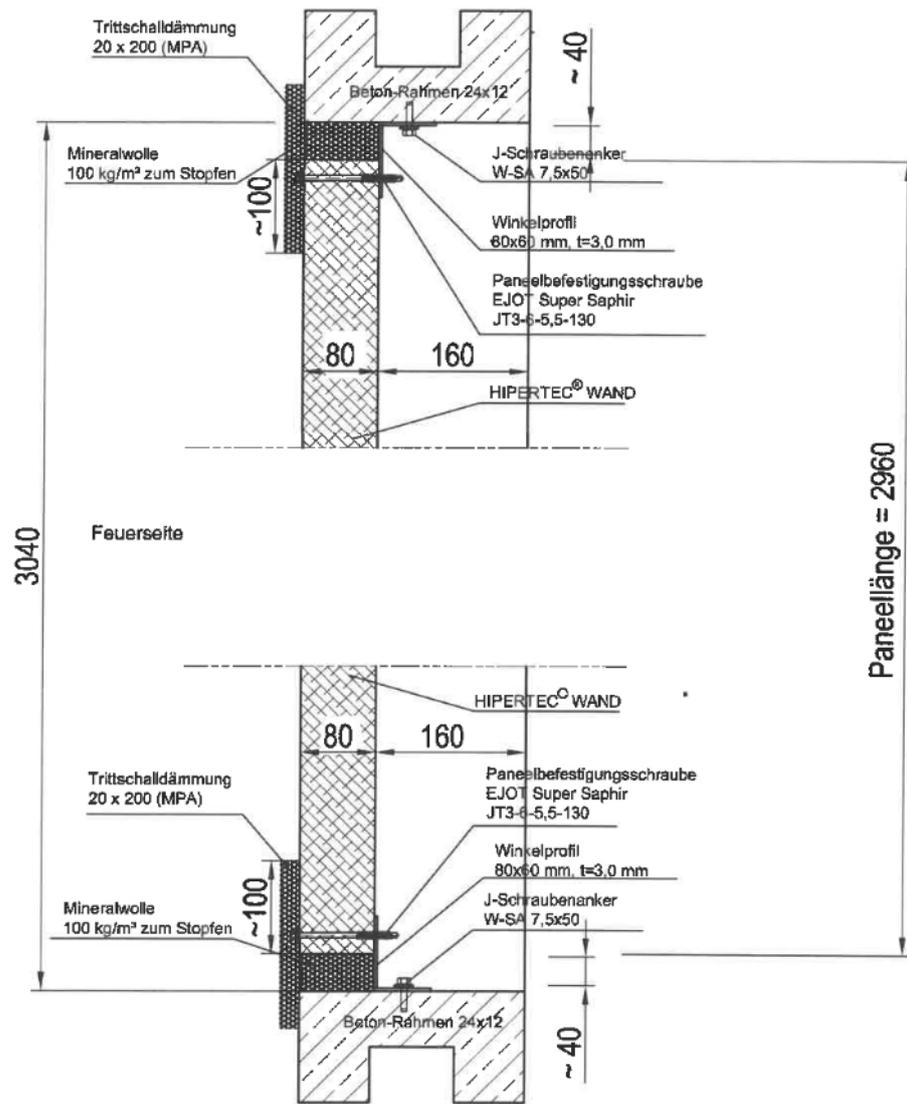
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt E-E – Fester Wandanschluss

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

Anlage 1.6 zum
 Schreiben
 Nr. 12407/2019

Schnitt F-F Längsschnitt



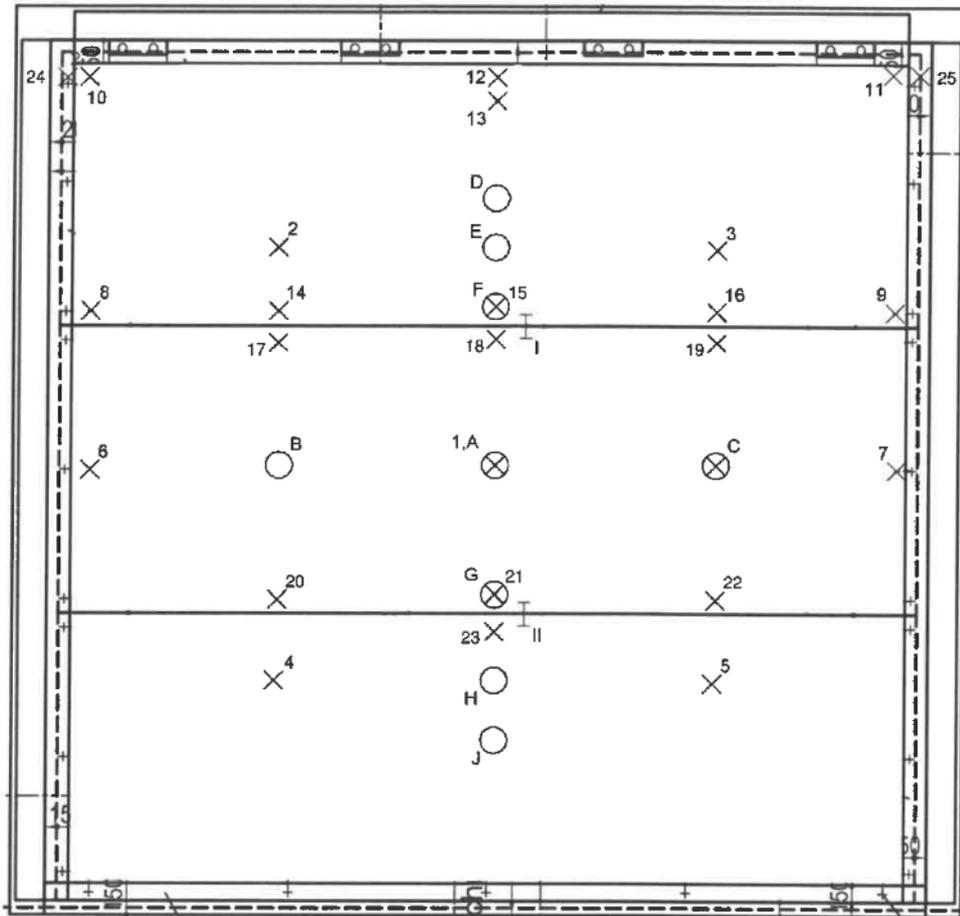
Alle Maße in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
 Schnitt F-F – Längsschnitt

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

Anlage 1.7 zum
 Schreiben
 Nr. 12407/2019

Lage der Messstellen



Messstellen nach DIN EN 1364-1:2015-19

1-5	MW Wand
6-13	Randmessstellen
14-23	Fugenmessstellen
24, 25	Befestigungsmittel (Schrauben)
A-H, J	Verformung Wand
I - II	Verformung Fugen

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Lage der Messstellen

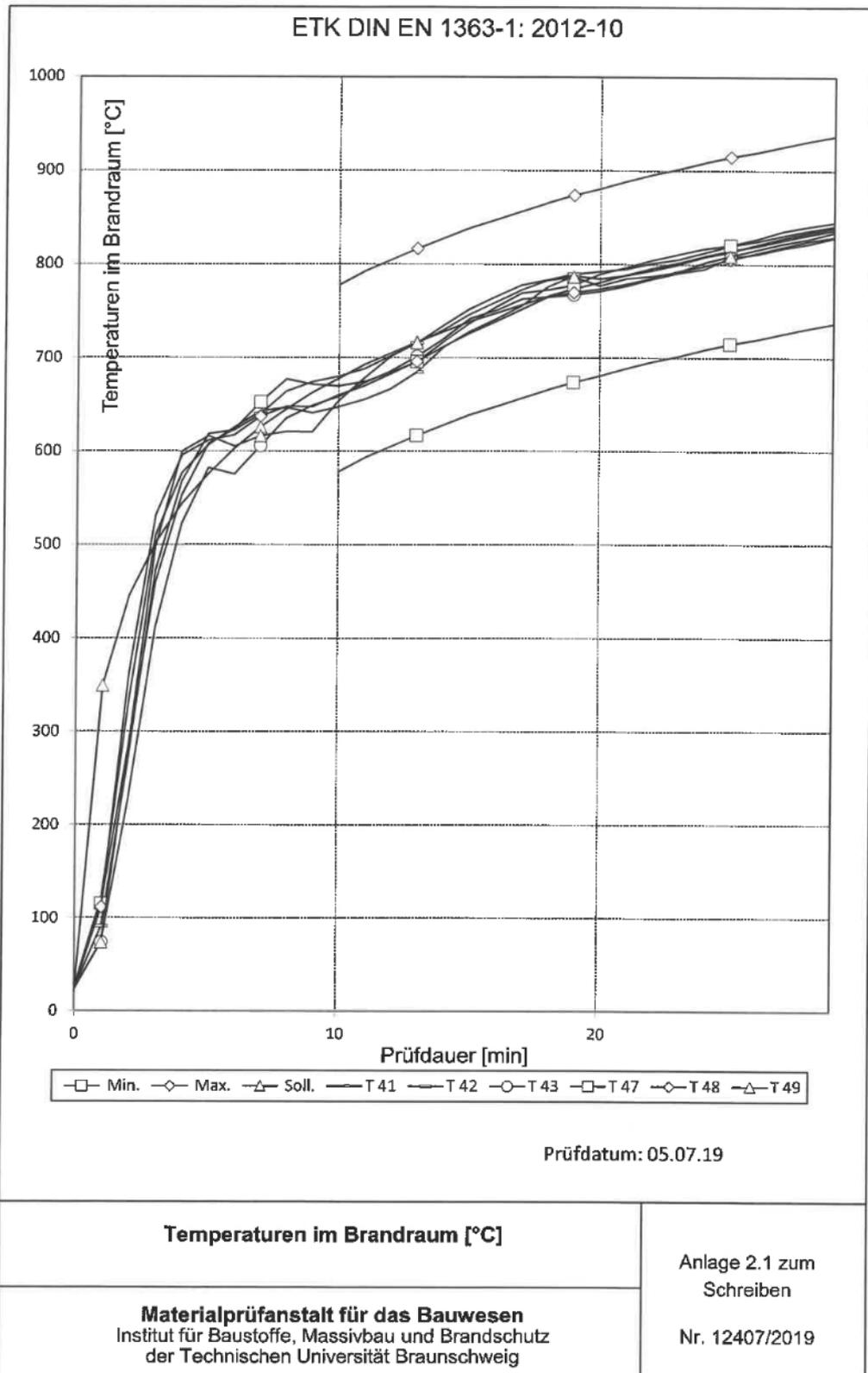
Materialprüfanstalt für das Bauwesen
 Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
 der Technischen Universität Braunschweig

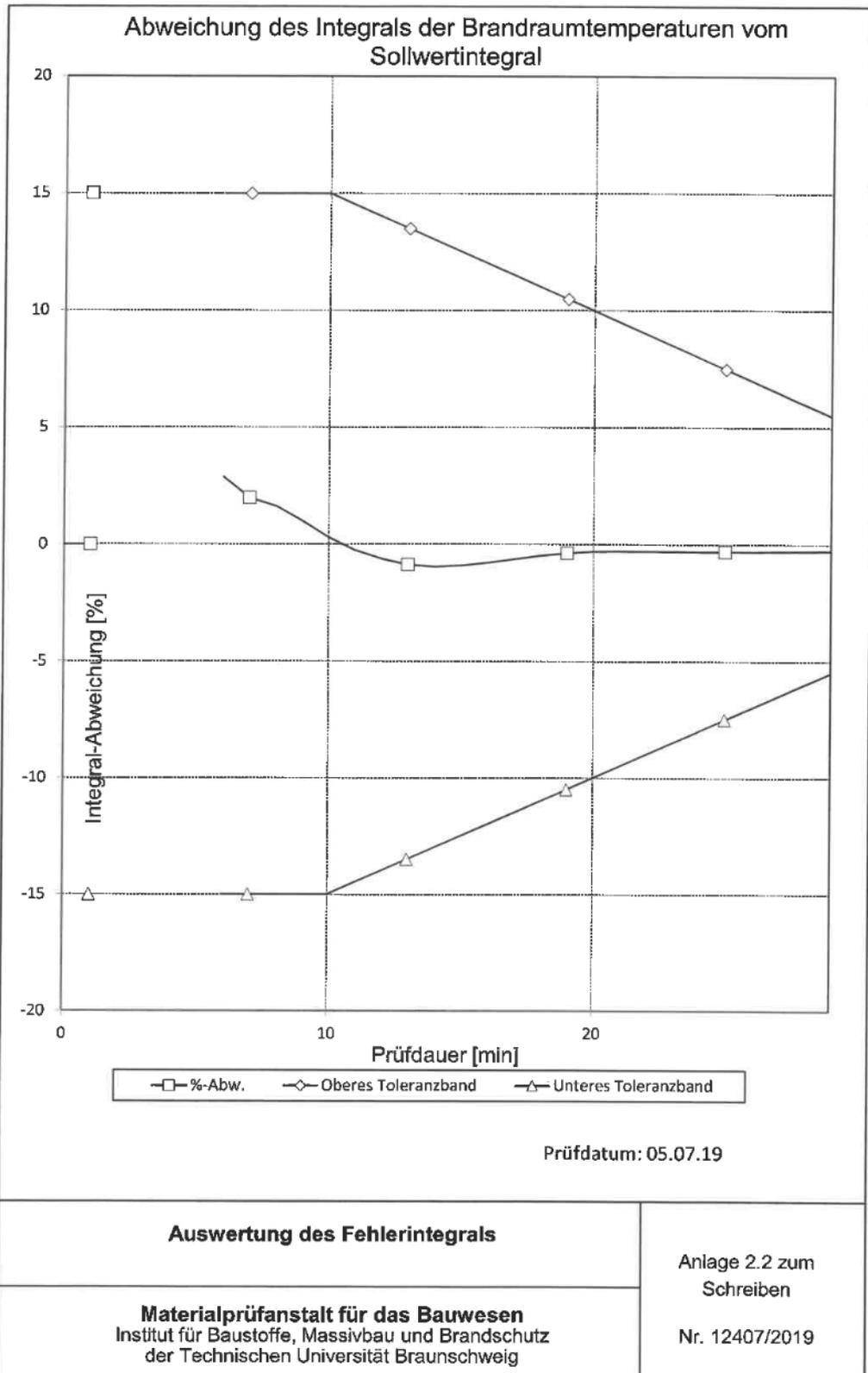
Anlage 1.8 zum
 Schreiben
 Nr. 12407/2019

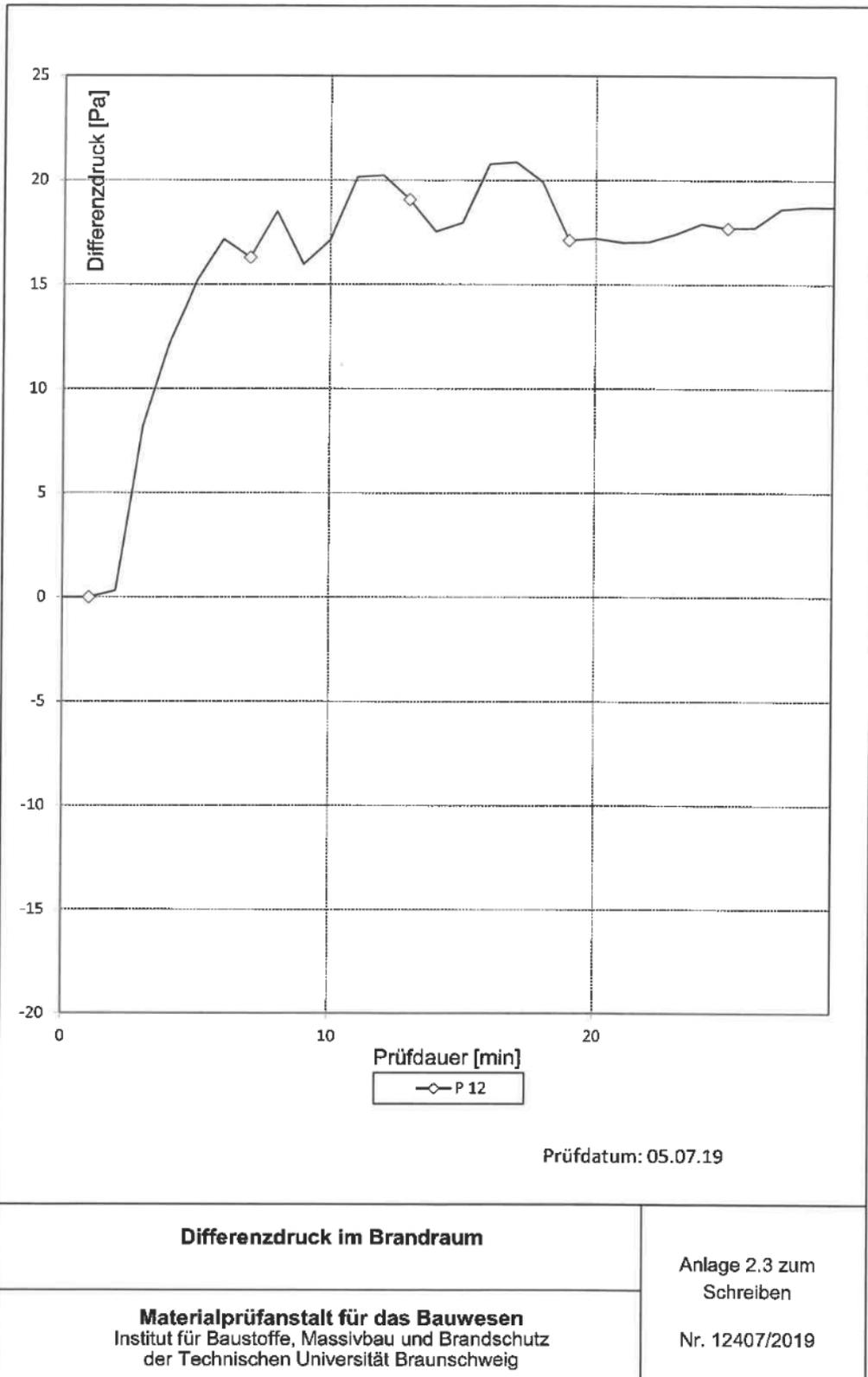
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächen- gewichte	Roh- dichte	Feuchtig- keits- gehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichelement „HIPERTEC®“, L x H = 2960 mm x 1001 mm Zulassungsnummer: Z-10.49-517	Metecno Bausysteme GmbH	80	18,1	220,7	0,3	<u>A2-s1-d0:</u> gem. DIN EN 13501-1
Steinwolle „Floorrock SE“ Trittschalldämmplatte Leistungserklärung Nr.: DE0185041701	Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG	20	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A1:</u> gem. DIN EN 13501-1
Blakite Air Setting Mortar	Morgan Advanced Materials plc, Windsor (UK)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)
Sonstige Stahlbauteile	-	-	-	-	-	<u>A1:</u> gem. DIN 4102-4

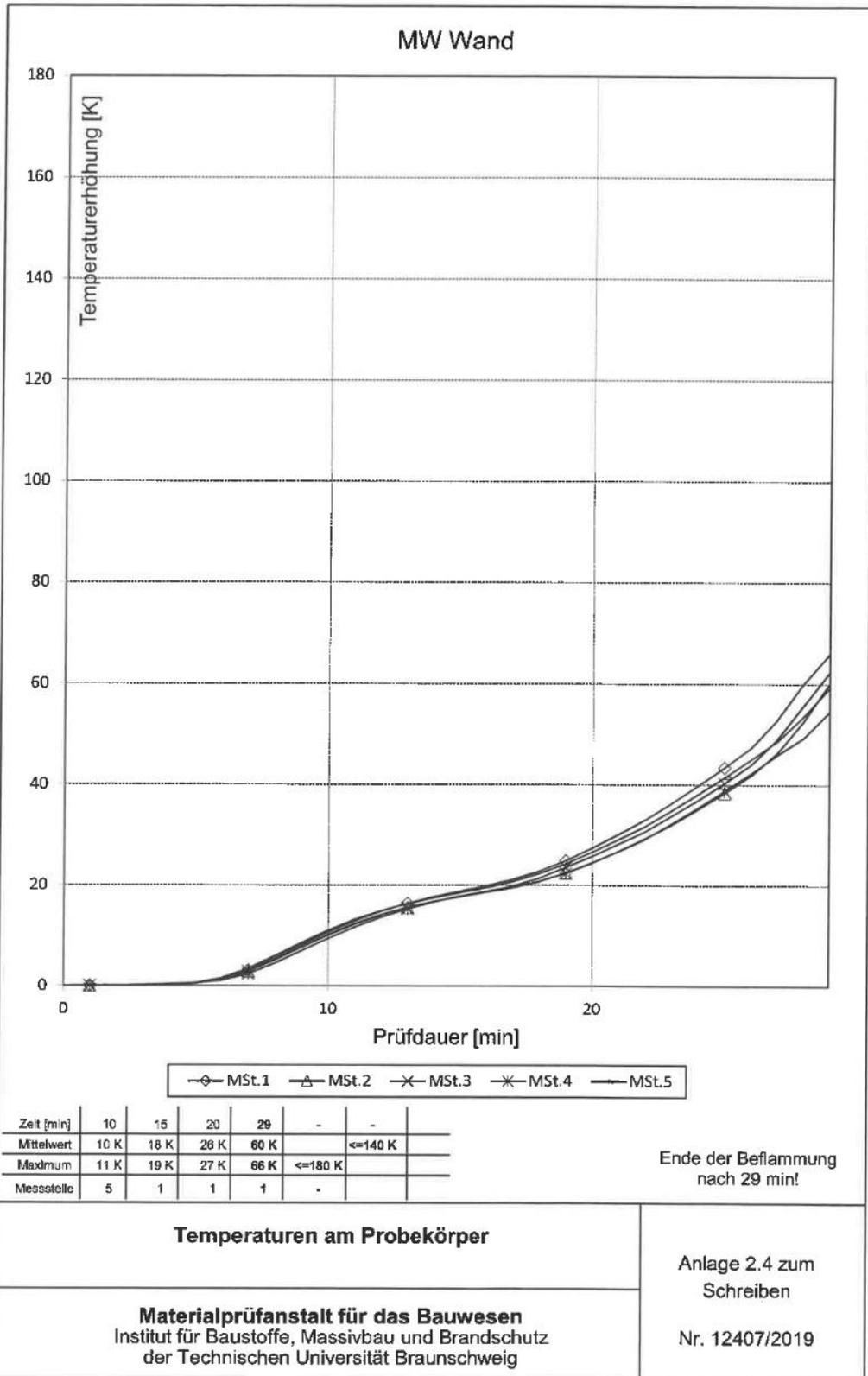
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

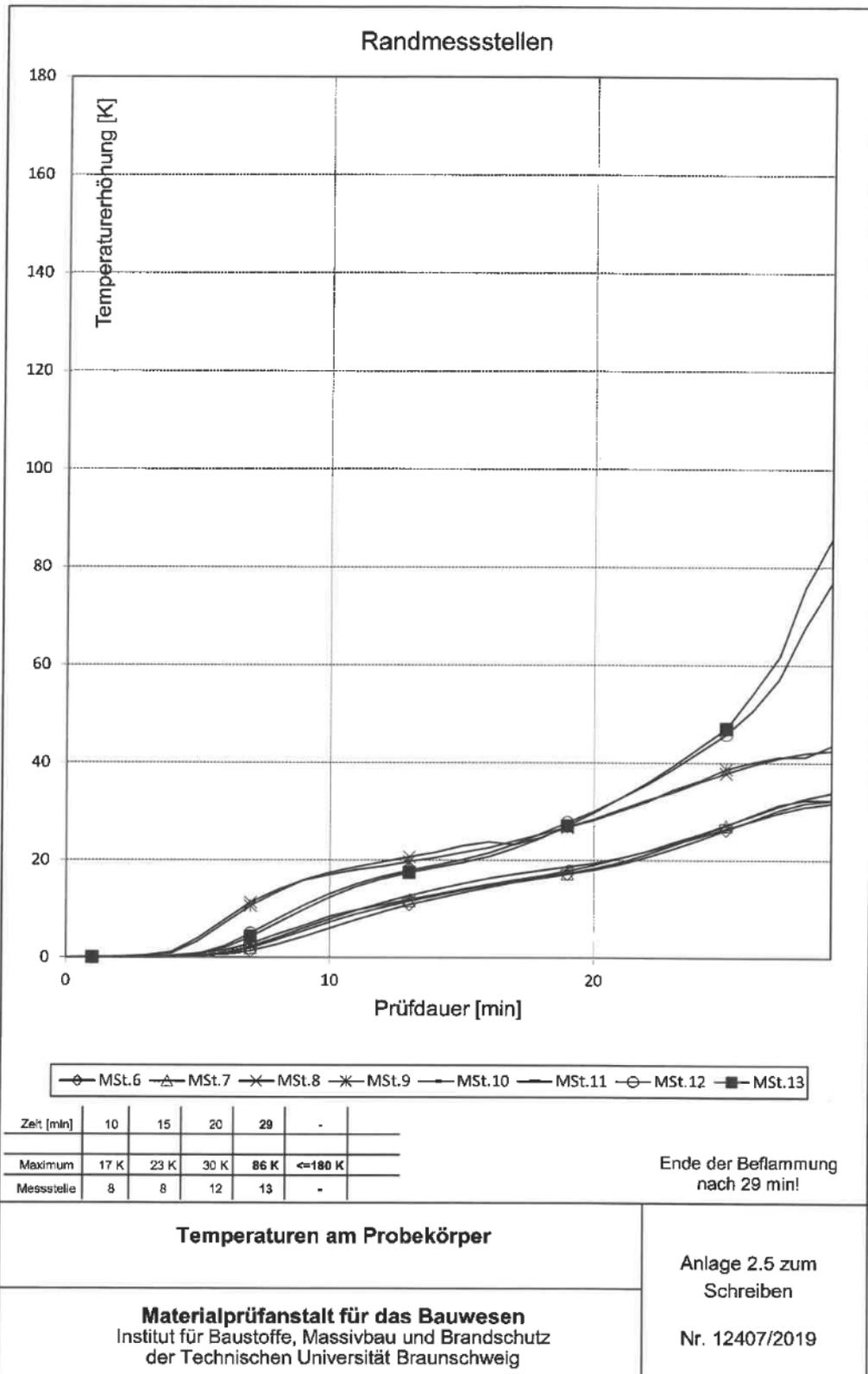
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.9 zum Schreiben Nr. 12407/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

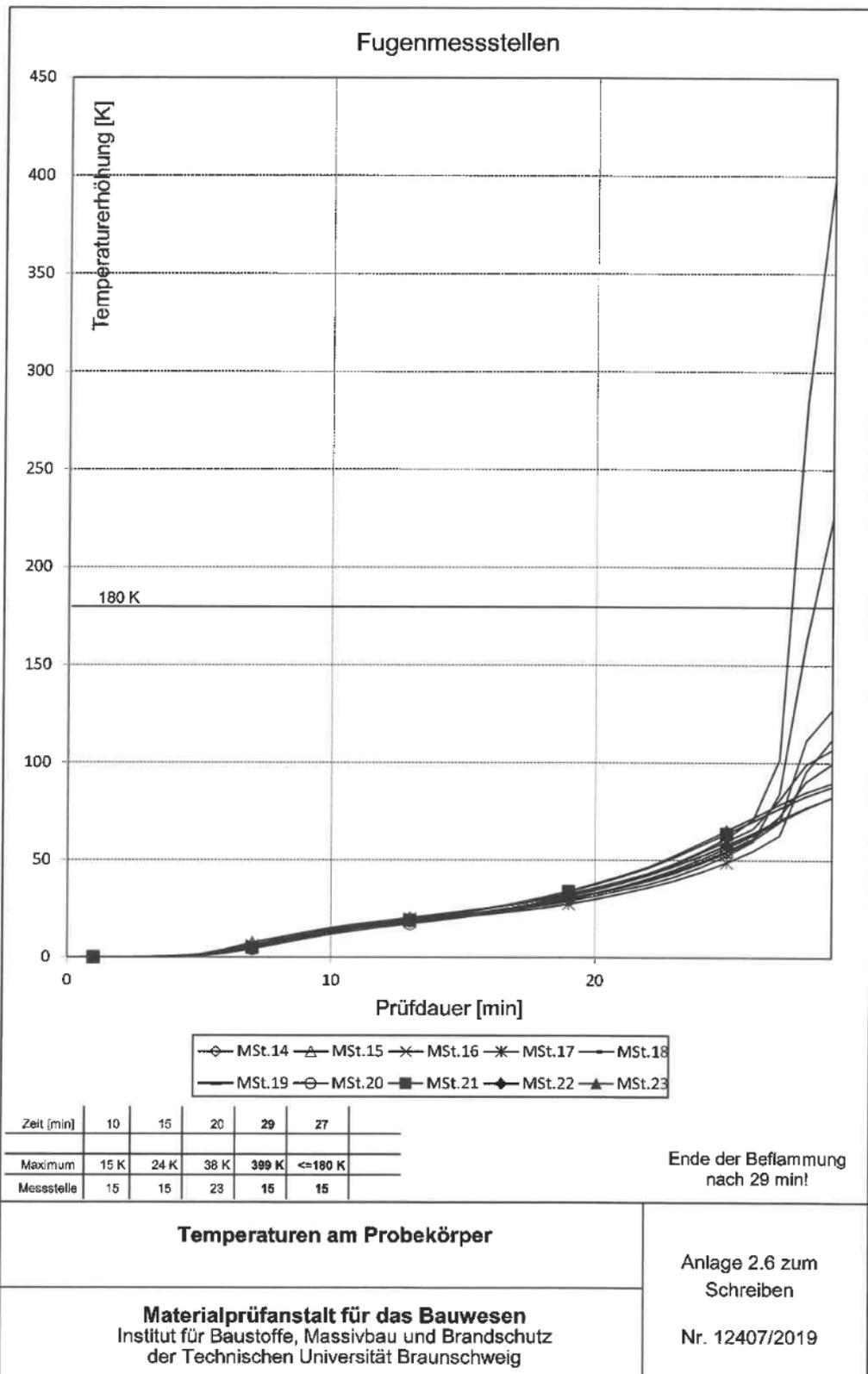


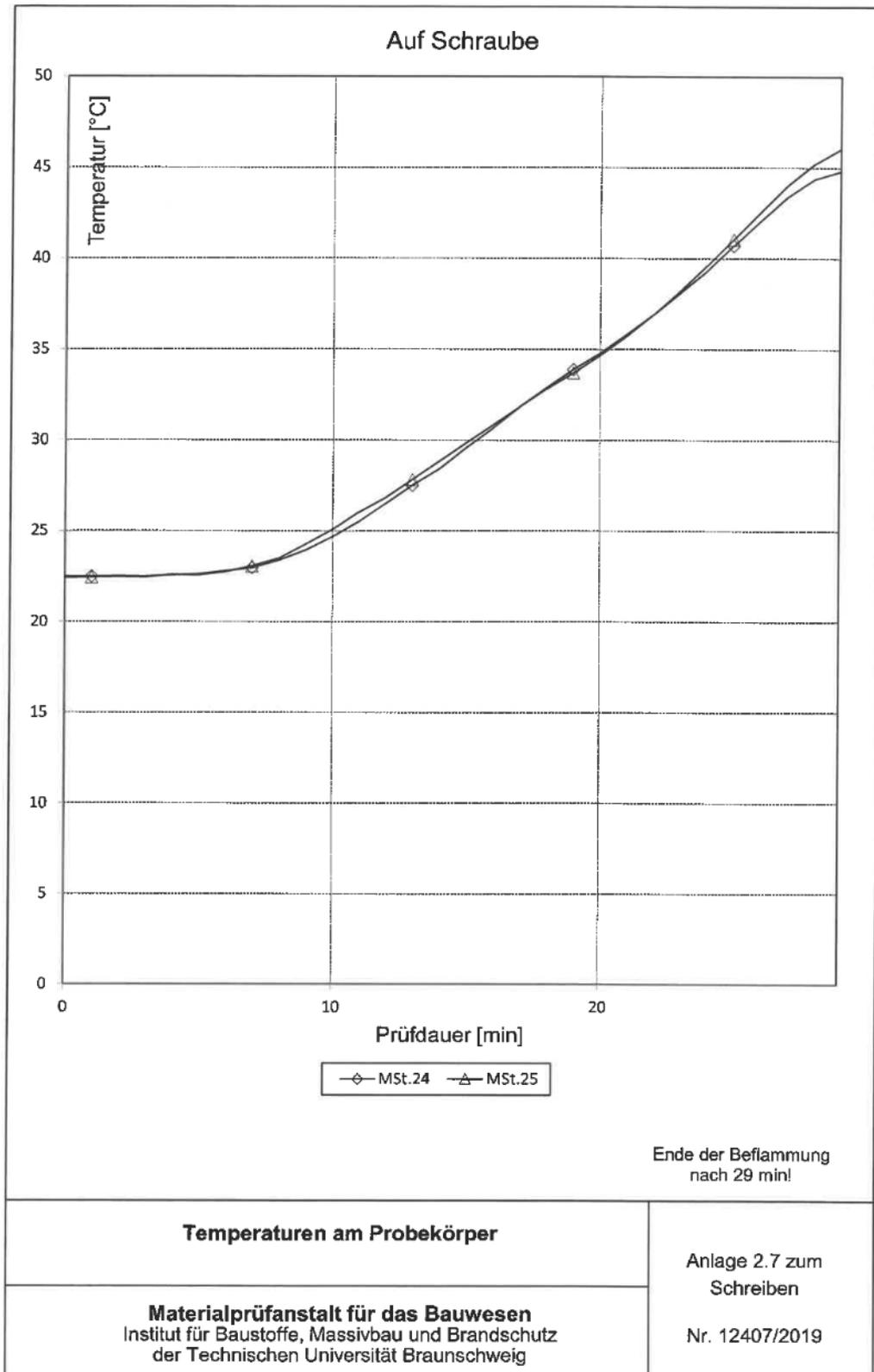


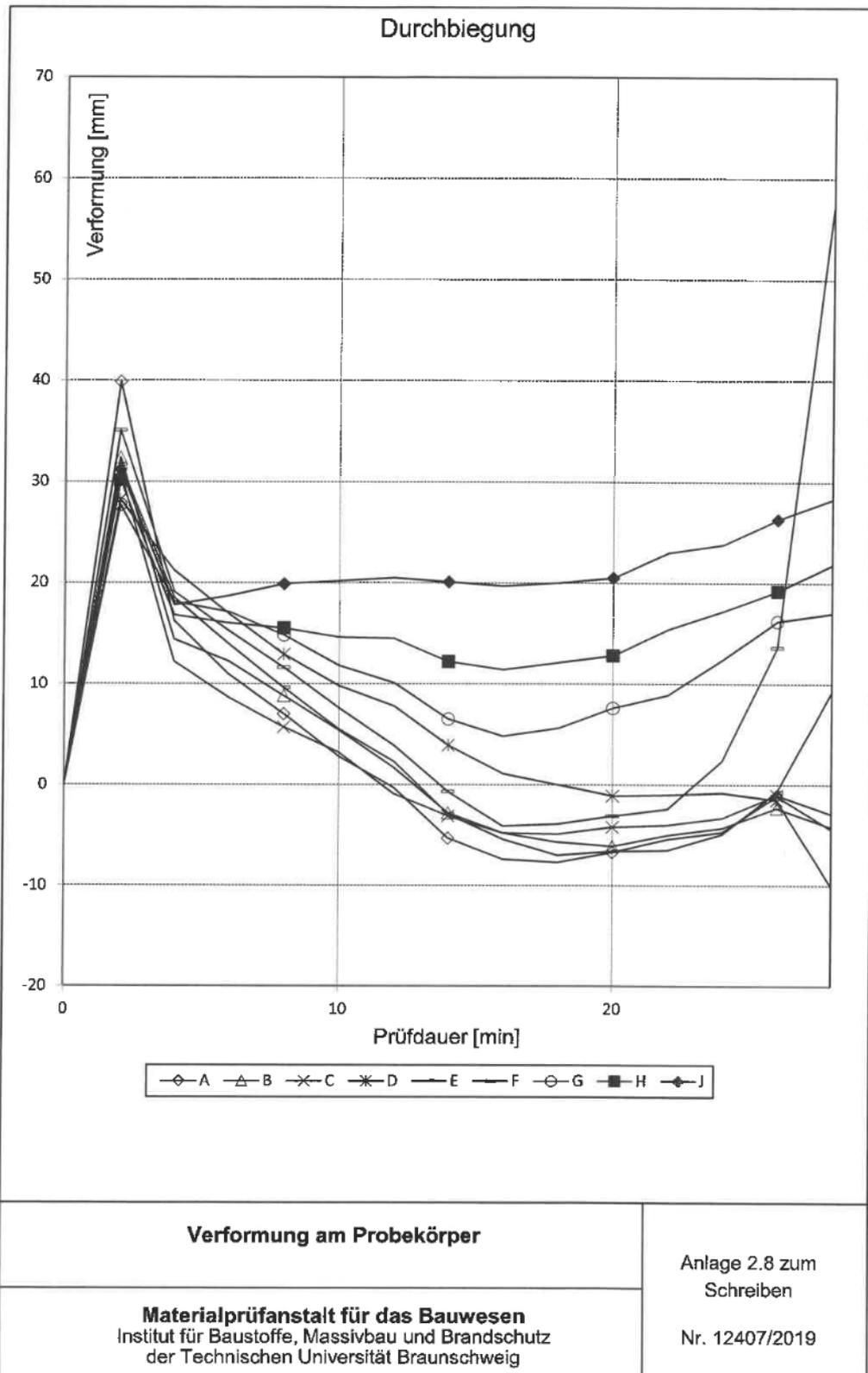


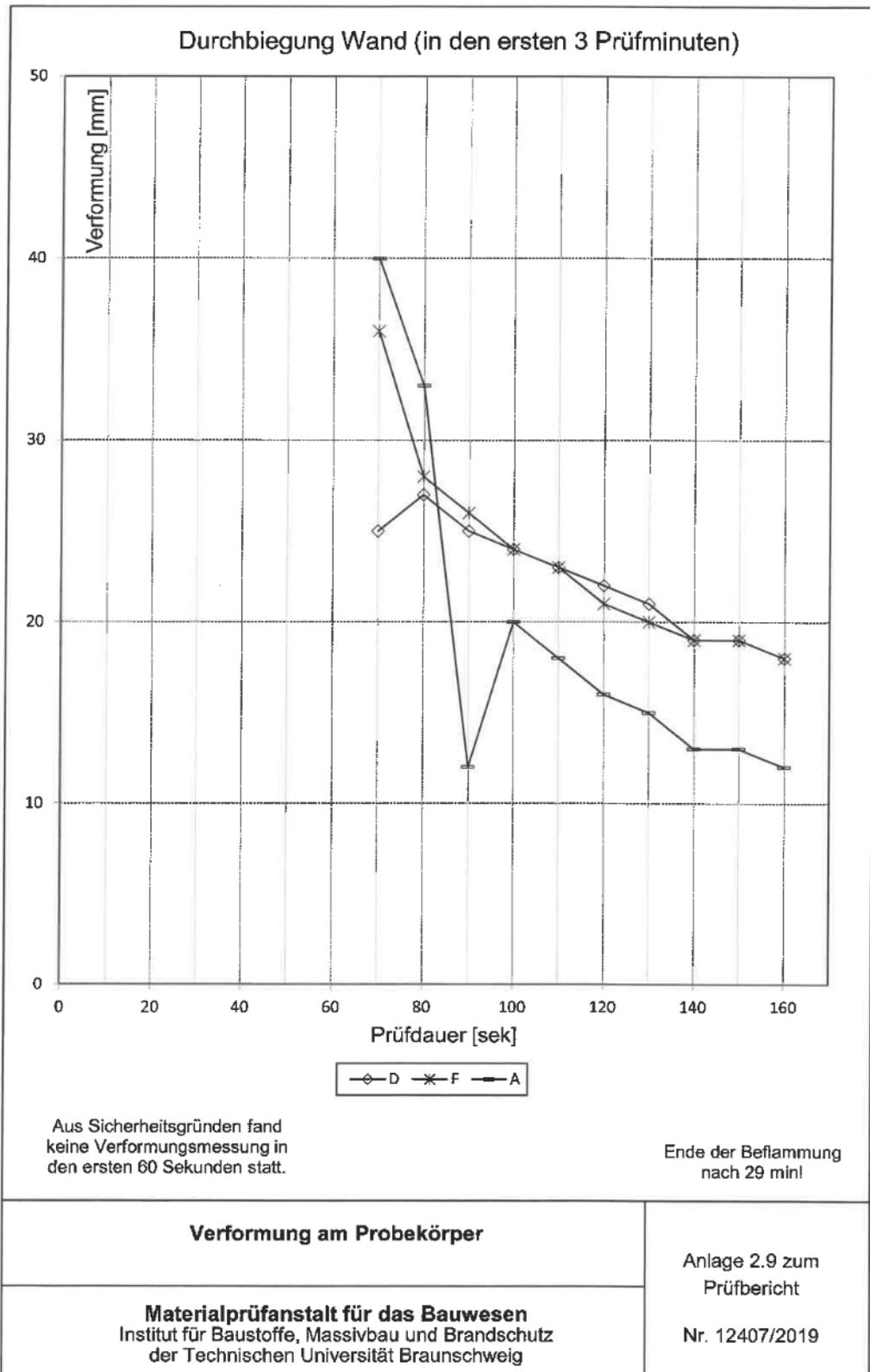


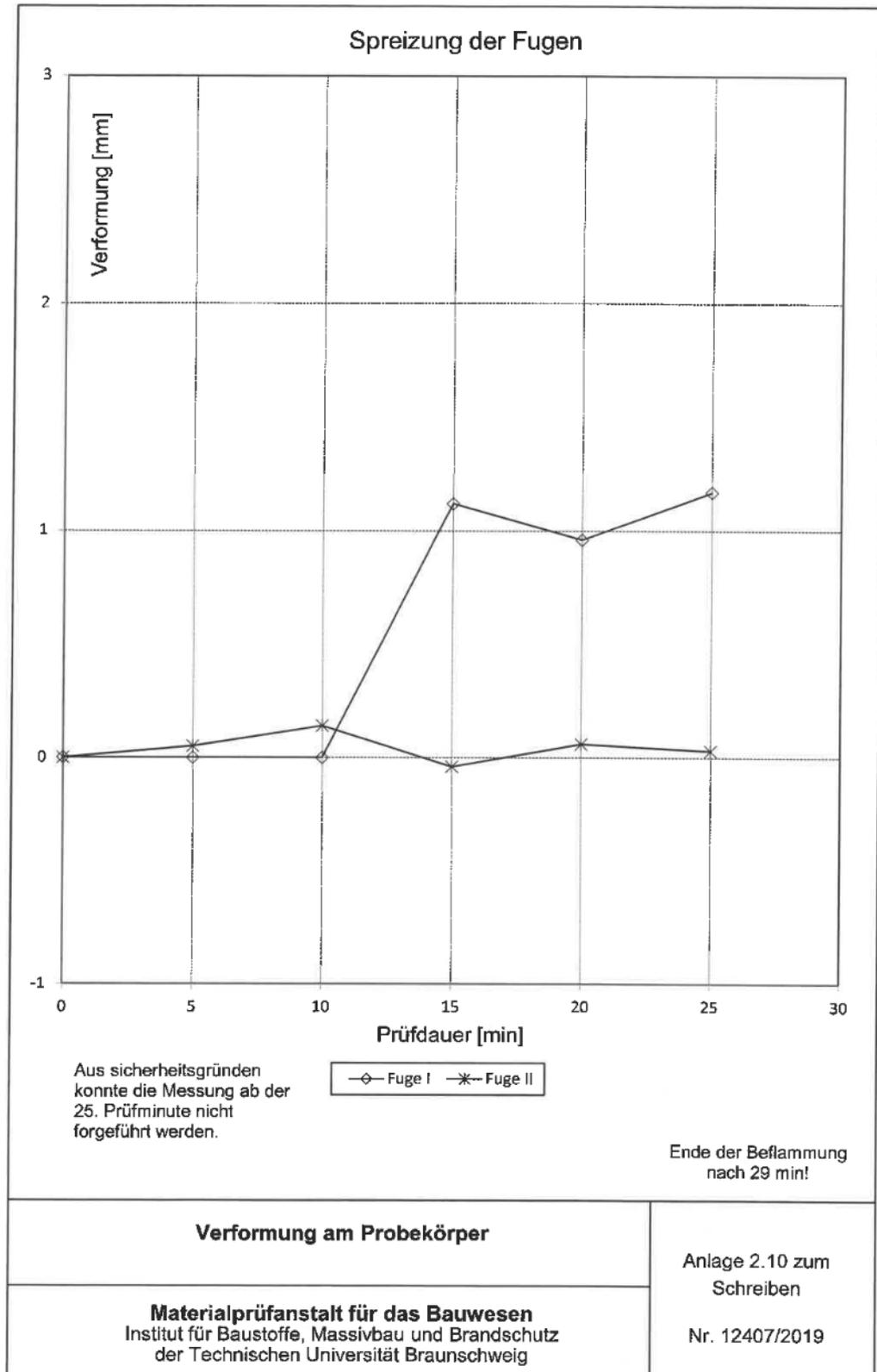


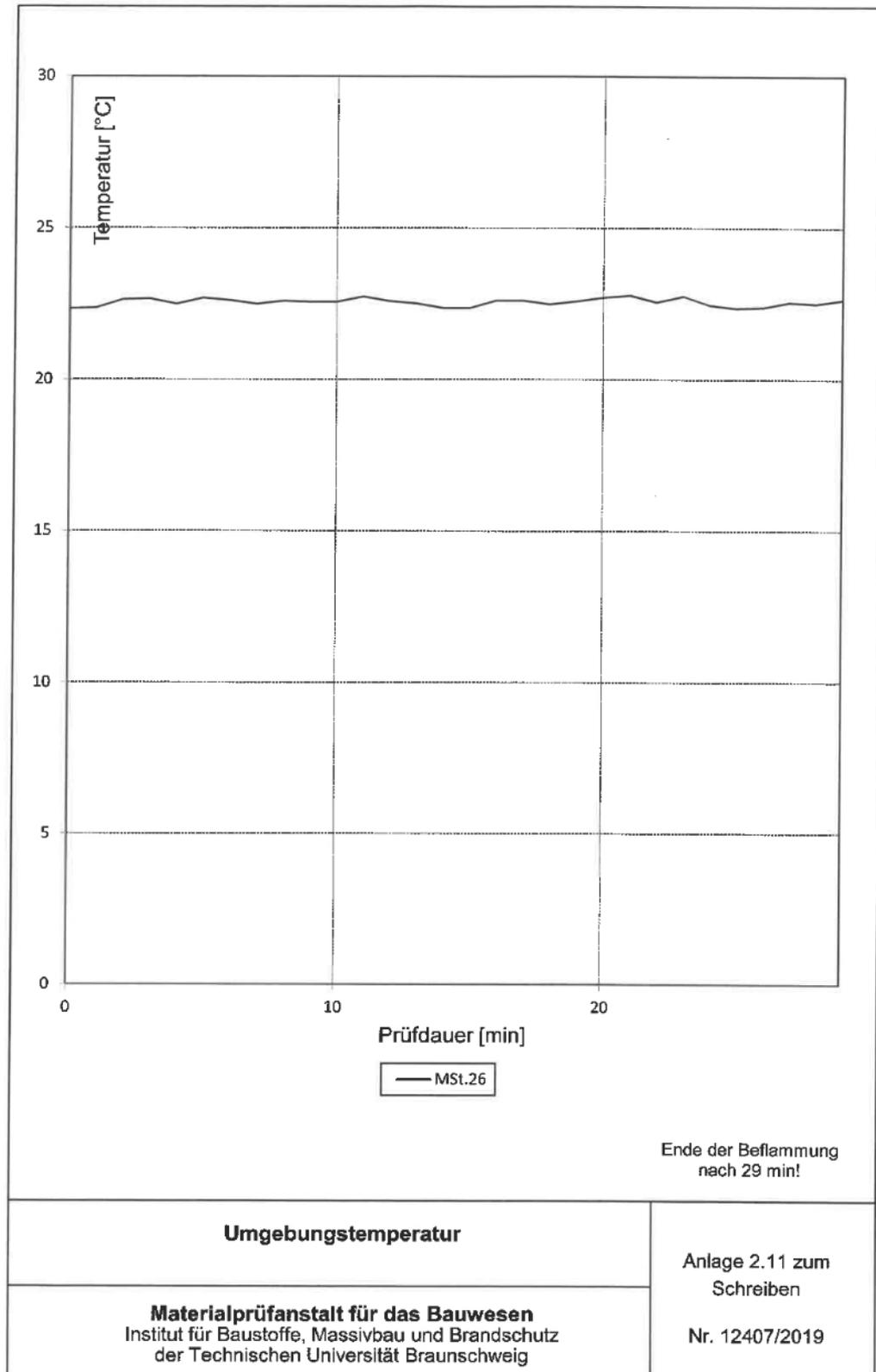












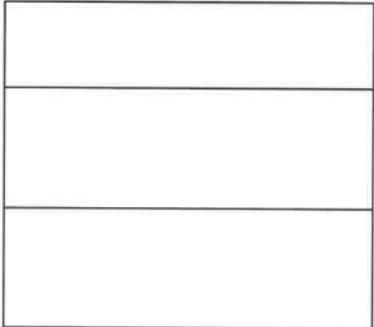
Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 05.07.2019
1-2		Mehrfaches Ploppen ist deutlich hörbar. Die Bleche lösen sich von der Mineralwolle.
3	FS	Die Stoßfugen öffnen sich leicht. Die Beschichtung weist netzartige Risse auf.
7	FS	Die Fugen haben sich stellenweise dunkel gefärbt. Die Elemente haben wellenartige Verformungen in horizontaler Richtung, insbesondere am oberen und unteren Rand.
10	FS	Die Beschichtung löst sich und blättert stellenweise ab.
	FA	Leichter Rauchaustritt am oberen freien Rand.
15	FS/FA	Keine wesentlichen Veränderungen.
18	FA	Die Bleche der Elemente vibrieren eine Sekunden lang.
20	FS	Die Spreizung der Fugen hat leicht zugenommen und es treten teilweise Flammen aus den Fugen aus.
	FA	Keine wesentlichen Veränderungen.
21	FA	Die gesamte Wand ist deutlich in den Brandraum gewölbt.
26	FA	Leichter Rauchaustritt aus der Fuge 1 in Probekörper Mitte.
27	FA	Leichter Rauchaustritt über die gesamte Länge der Fuge 1. Die Fuge öffnet sich.
29	/	Ende der Beflammung. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.

*) FS:Feuerseite
 FA:Feuerabgewandte Seite

Skizze des Probekörpers:

Fuge 1

Fuge 2



Beobachtungen	Anlage 2.12 zum Schreiben Nr. 12407/2019
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

ENDE Schreiben



Abb. 10.1: Eckdetail außen



Abb. 10.2: Eckdetail innen



Abb. 10.3: Außenansicht (9°)



Abb. 10.4: Außenansicht (15°)

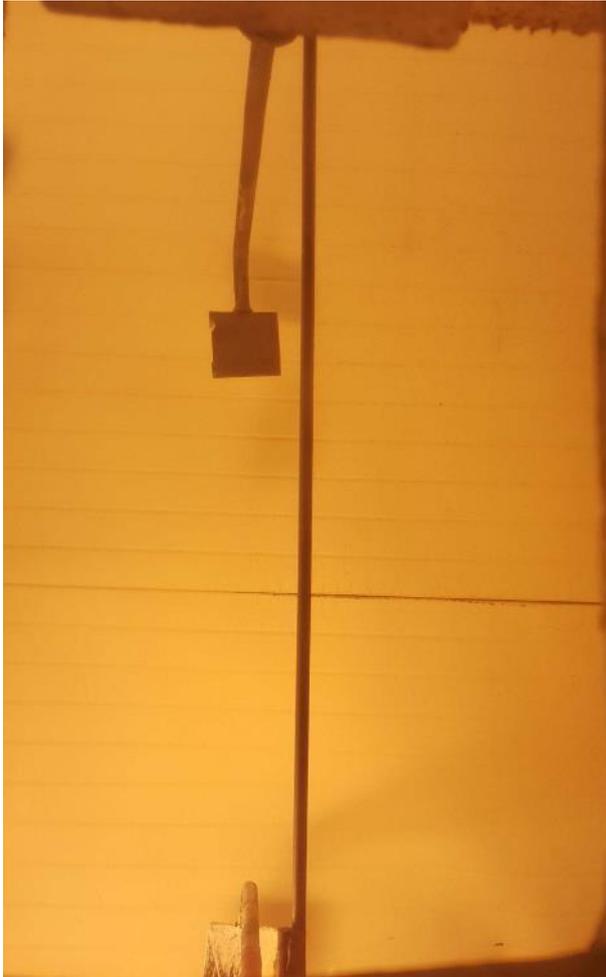


Abb. 10.5: Deckschichten auf Feuerseite (18')



Abb. 10.6: Wand mit Wölbung (21')



Abb. 10.7: Rauchaustritt (26')



Abb. 10.8: Fugenöffnung (28')



Abb. 10.10: Fugenöffnung Versuchsende (29')



Abb. 10.11: ausgebauter Prüfkörper



Abb. 10.12: Fuge von außen



Abb. 10.13: Detail Messstellen 15 u. 16



Abb. 10.14: Höhe Fuge Nutseitig



Abb. 10.15 Nut bei Messstelle 15



Abb. 10.16: Nutseite mit Mineralwolle

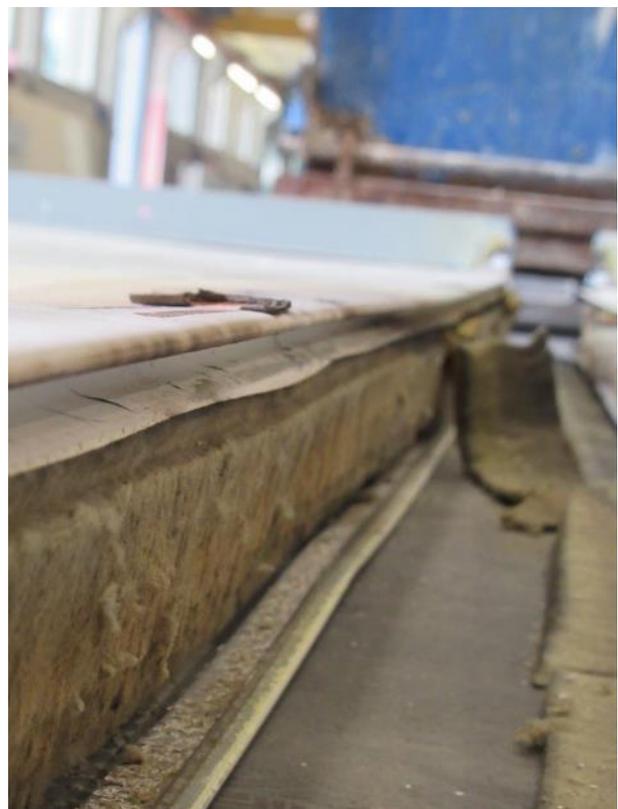


Abb. 10.17: Nutseite mit Mineralwollstreifen



Abb. 10.18: Elemente mit Mineralwollstreifen



Institut für Baustoffe,
Massivbau und Brandschutz | Materialprüfanstalt
für das Bauwesen

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

European Association for Panels and Profiles
Herrn Dr.-Ing. Ralf Podleschny
Europark Fichtenhain A 13 a
47807 Krefeld

Schreiben **3125/2020**

Unsere Zeichen: (2102/185/19)-Bo
Kunden-Nr.: 2203
Auftrag vom: 23.09.2019
Sachbearbeiter: Herr Bott
Abteilung: BS
Kontakt: 0531-391-8243
 n.bott@bmb.tu-bs.de

Ihre Zeichen: Herr Podleschny

Datum: 02.04.2020

Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 i. V. m. DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben: „Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“

19 Anlagen

Sehr geehrter Herr Dr.-Ing. Podleschny,

am 24.01.2020 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 200 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit den Abmessungen B x H = 3 m x 3 m mit Nut- und Federausbildung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 200“ als vertikal verlegtes Einfeldträgersystem nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergebnissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

i. A.
Nikolaus Bott, M. Sc.
Sachbearbeiter

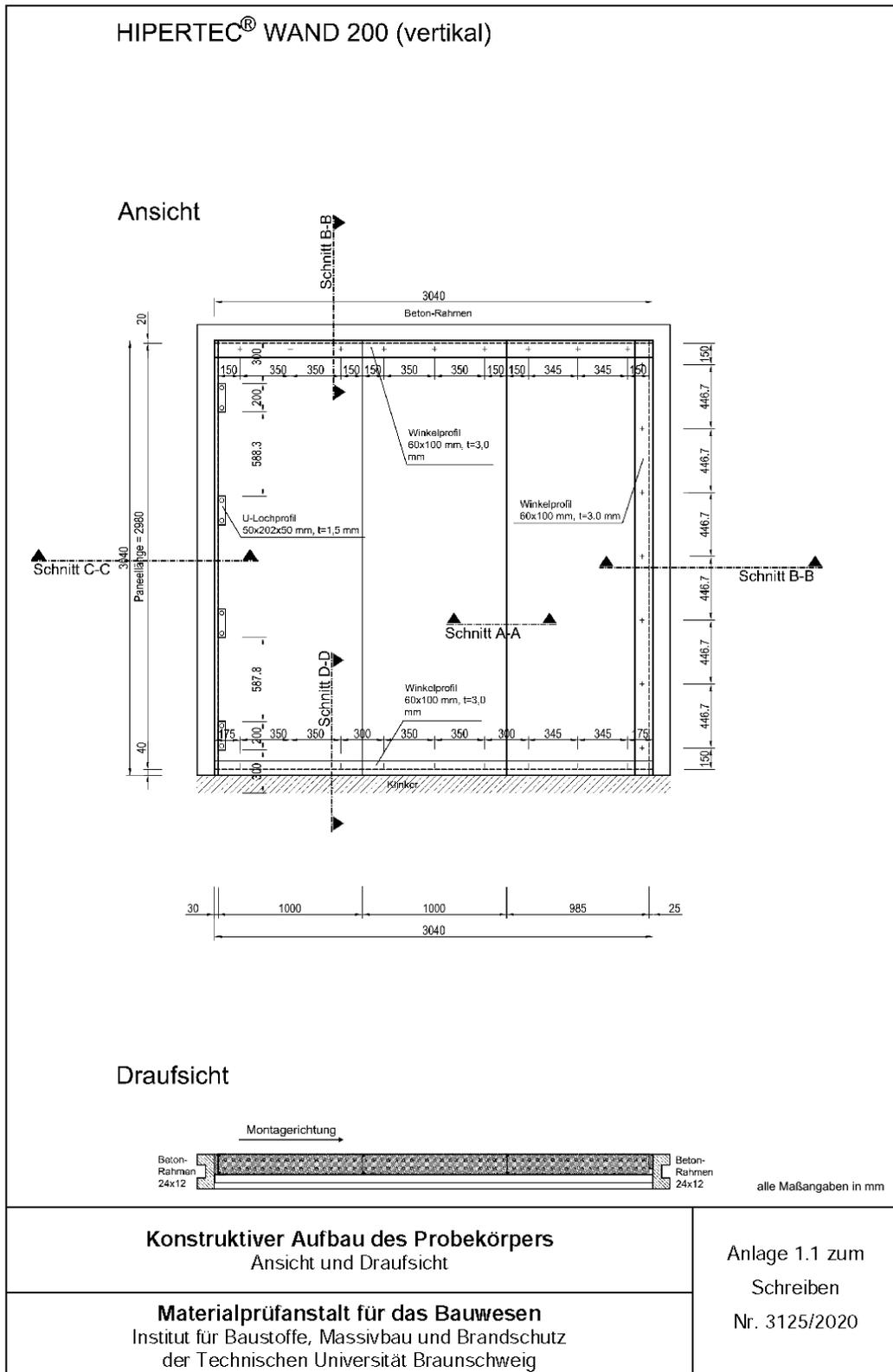
Das Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig

Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

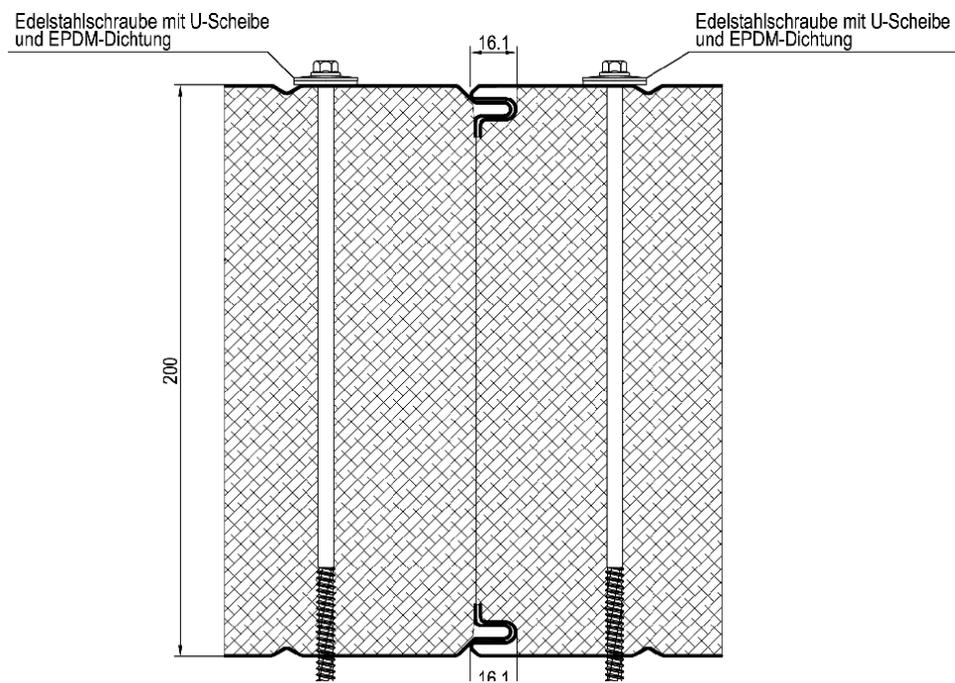
Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5900
info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE58 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NQLADE2H
USt-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/201/22859

Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung



HIPERTEC[®] WAND 200 (vertikal)
Schnitt A-A
Fugenquerschnitt

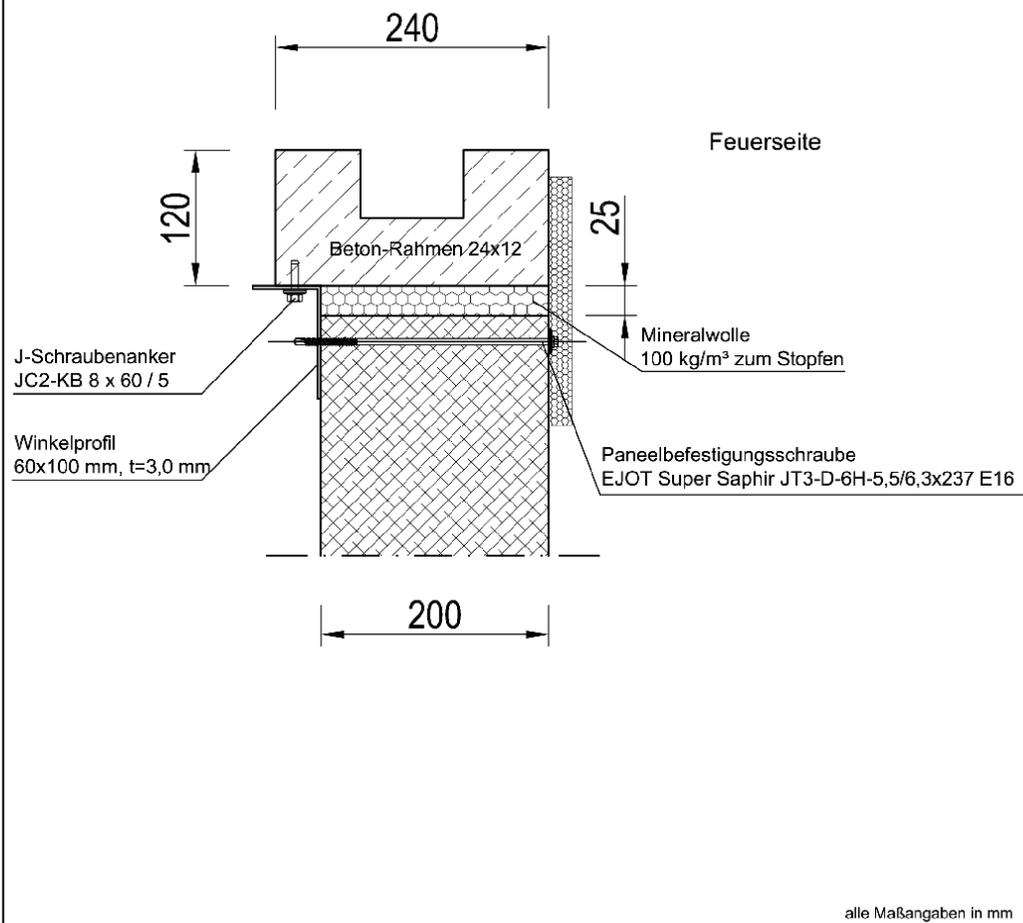


Hipertec [®] WAND	200 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralwolle, ROCKWOOL

alle Maßangaben in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Schnitt A-A	Anlage 1.2 zum Schreiben Nr. 3125/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

HIPERTEC[®] WAND 200 (vertikal)
Schnitt B-B
Fester Wand- bzw- Deckenanschluss

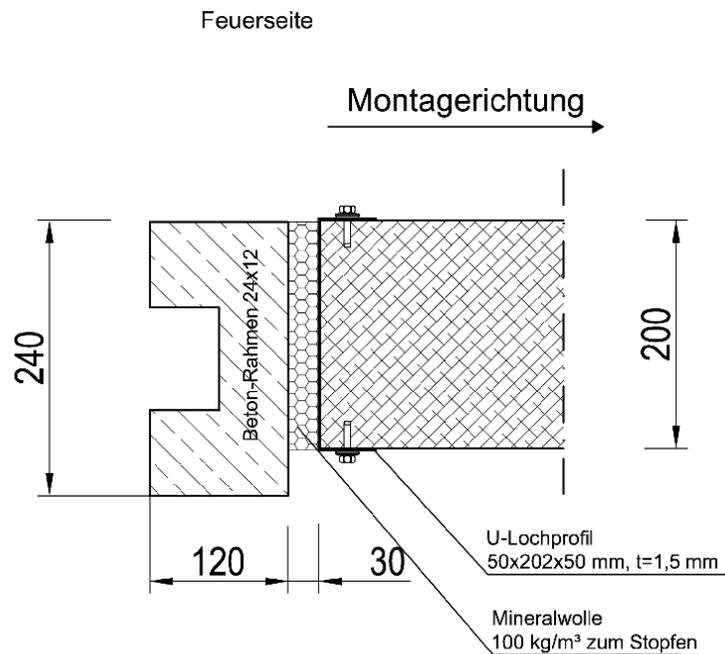


Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt B-B

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

Anlage 1.3 zum
Schreiben
Nr. 3125/2020

HIPERTEC® WAND 200 (vertikal)
Schnitt C-C
Freier Randanschluss



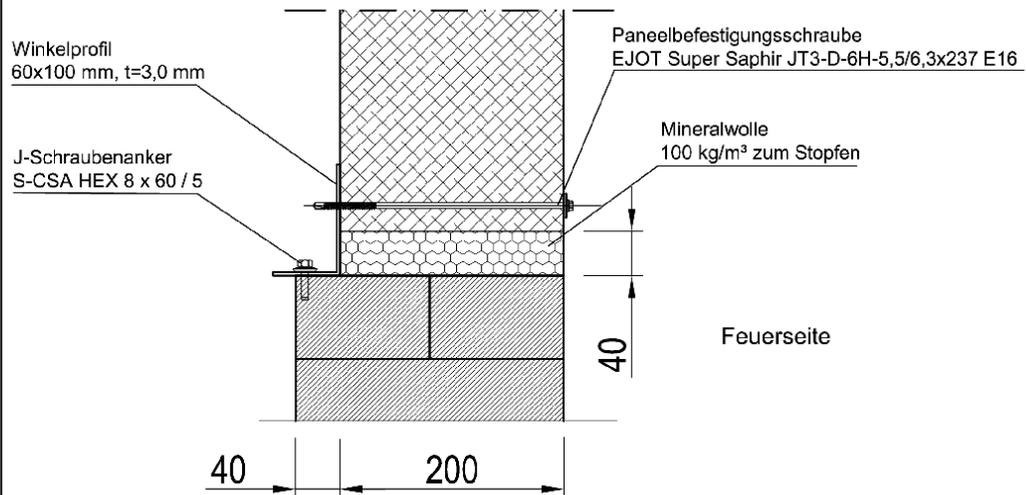
alle Maßangaben in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt C-C

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

Anlage 1.4 zum
Schreiben
Nr. 3125/2020

HIPERTEC[®] WAND 200 (vertikal)
Schnitt D-D
Bodenanschluss

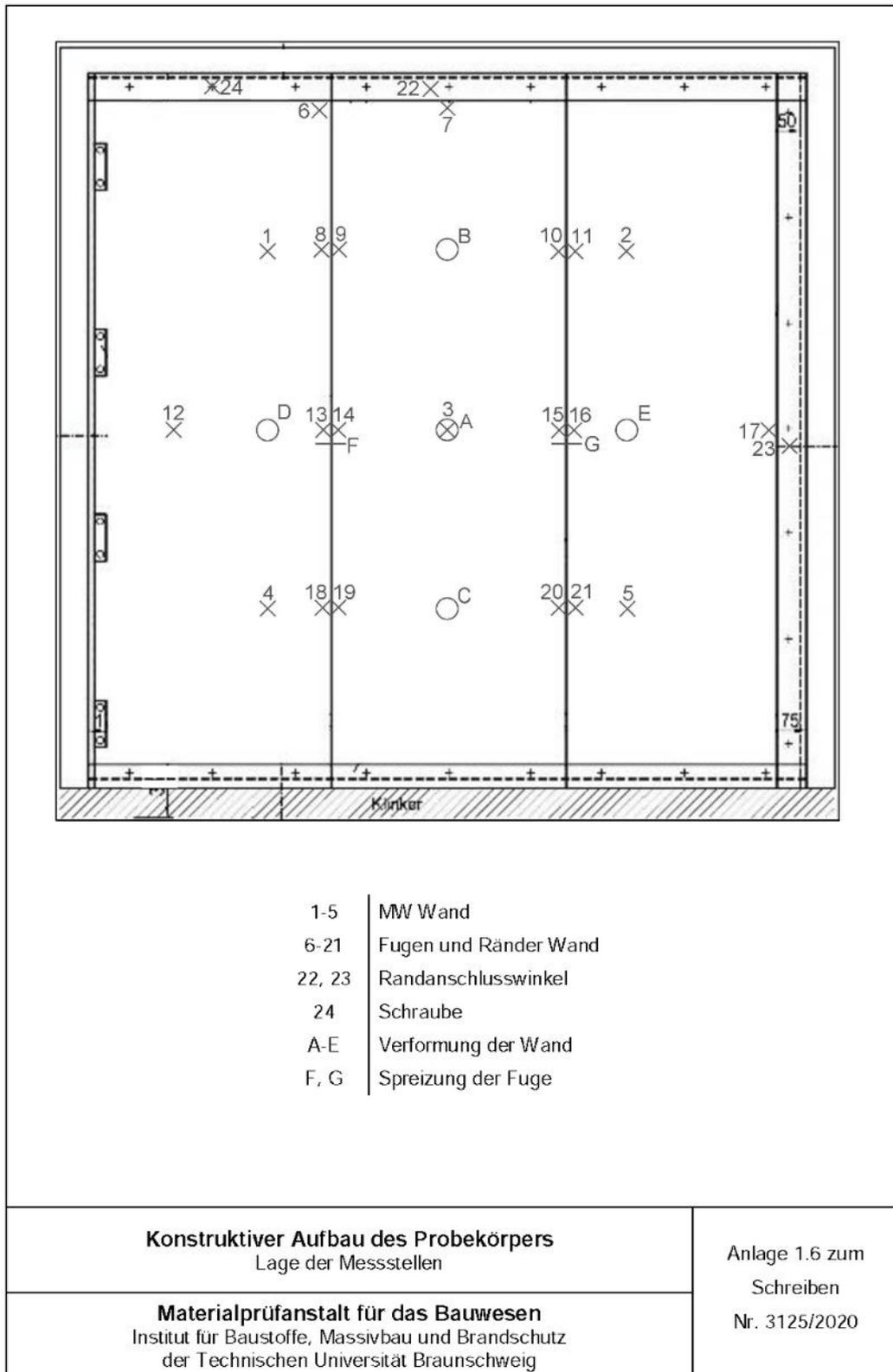


alle Maßangaben in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt D-D

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

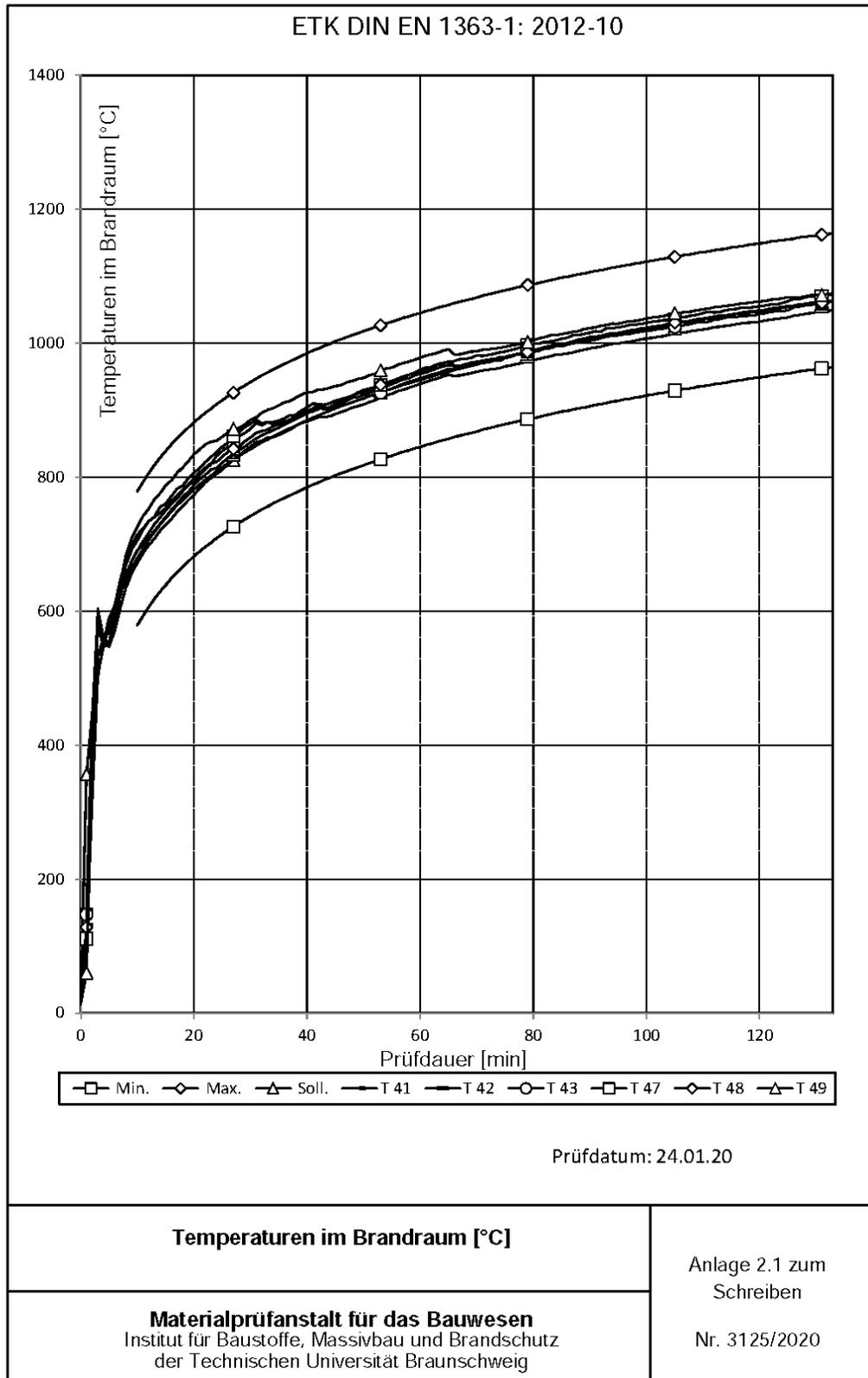
Anlage 1.5 zum
Schreiben
Nr. 3125/2020

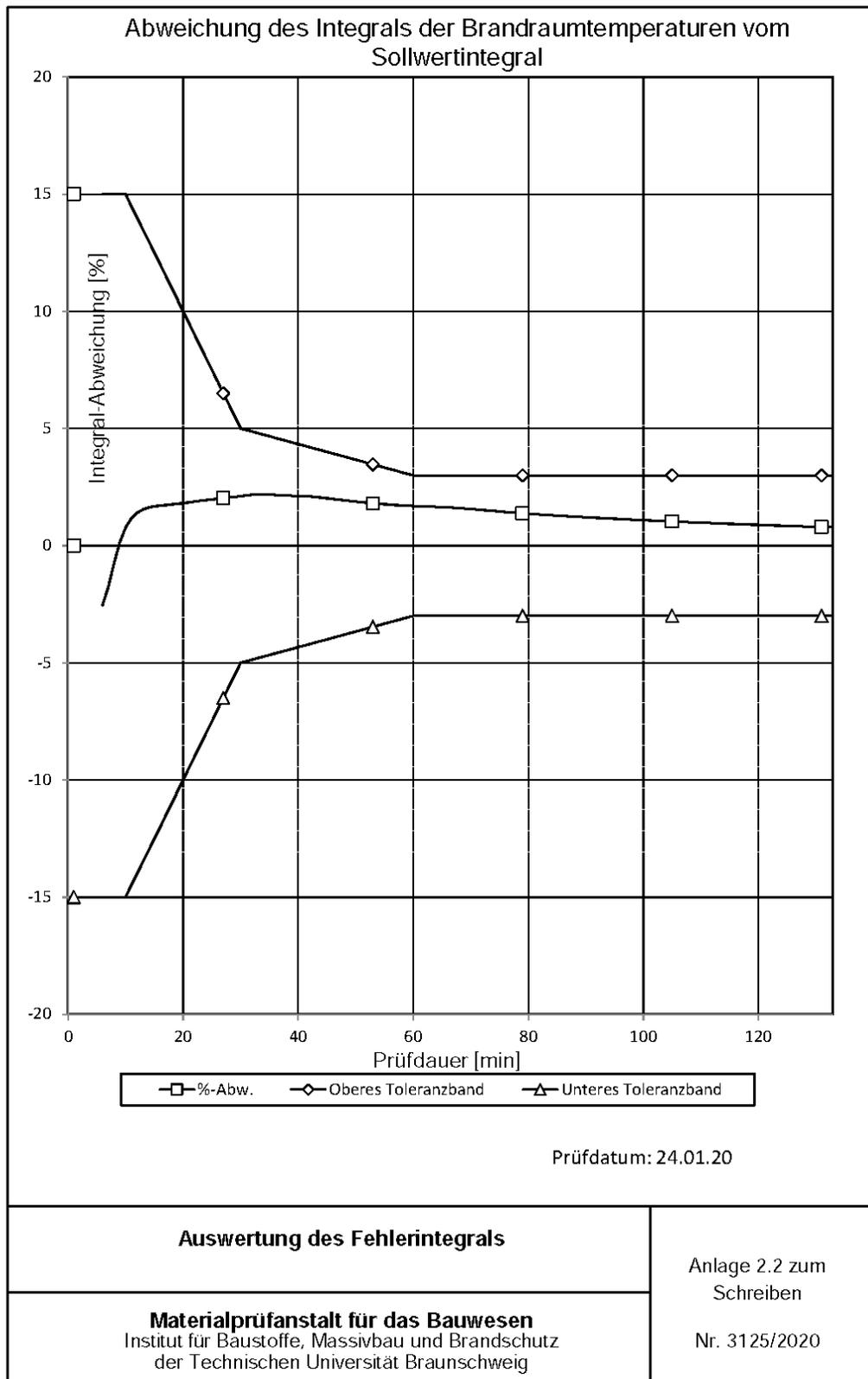


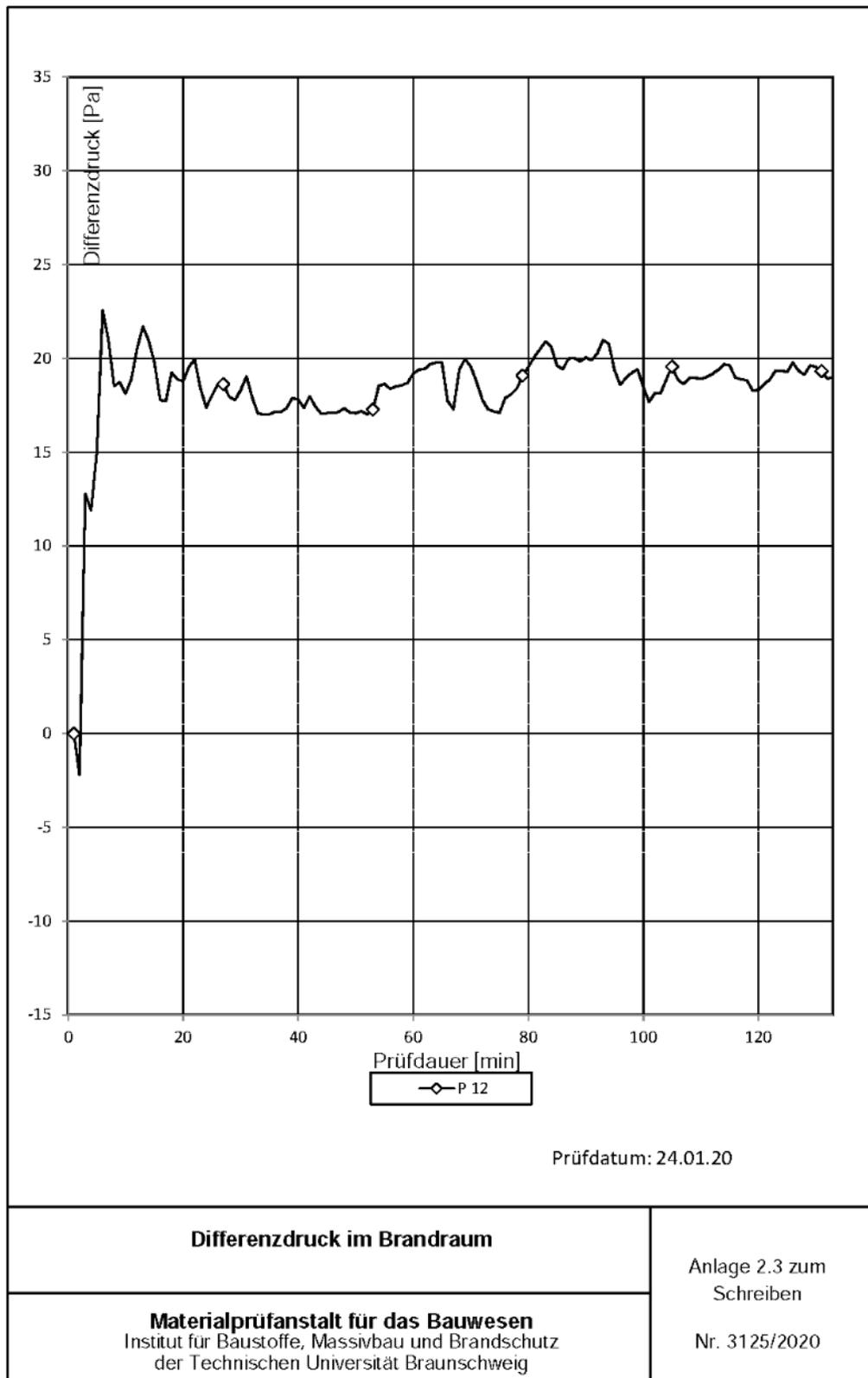
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächen- gewichte	Roh- dichte	Feuchtig- keits- gehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichelement „HIPERTEC®“, L x H = 1000 mm x 5940 mm nach DIN EN 14509 Bauartgenehmigung Z-10.49-517 Anwendungszulassung Z-19.52-2096	Metecno Bausysteme GmbH	200	31,1	154,6	0,3	<u>A2-s1-d0</u> ; gem. DIN EN 13501-1
Steinwolle „Floorrock SE“ Trittschalldämmplatte Leistungserklärung Nr.: DE0185041701	Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG	20	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A1</u> ; gem. DIN EN 13501-1
Blakite Air Setting Mortar	Morgan Advanced Materials plc, Windsor (UK)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)
Sonstige Stahlbauteile	-	-	-	-	-	<u>A1</u> ; gem. DIN 4102-4

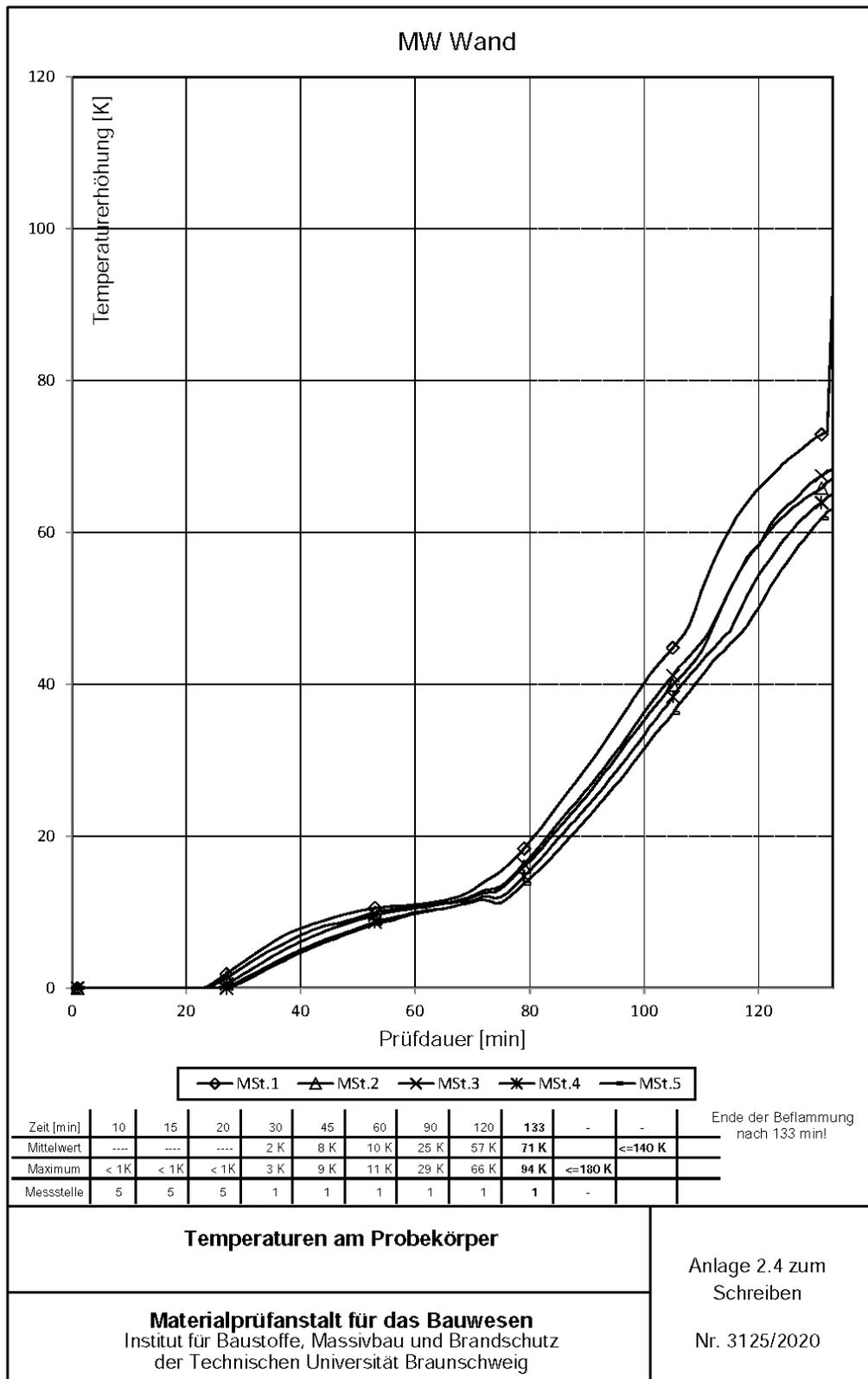
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

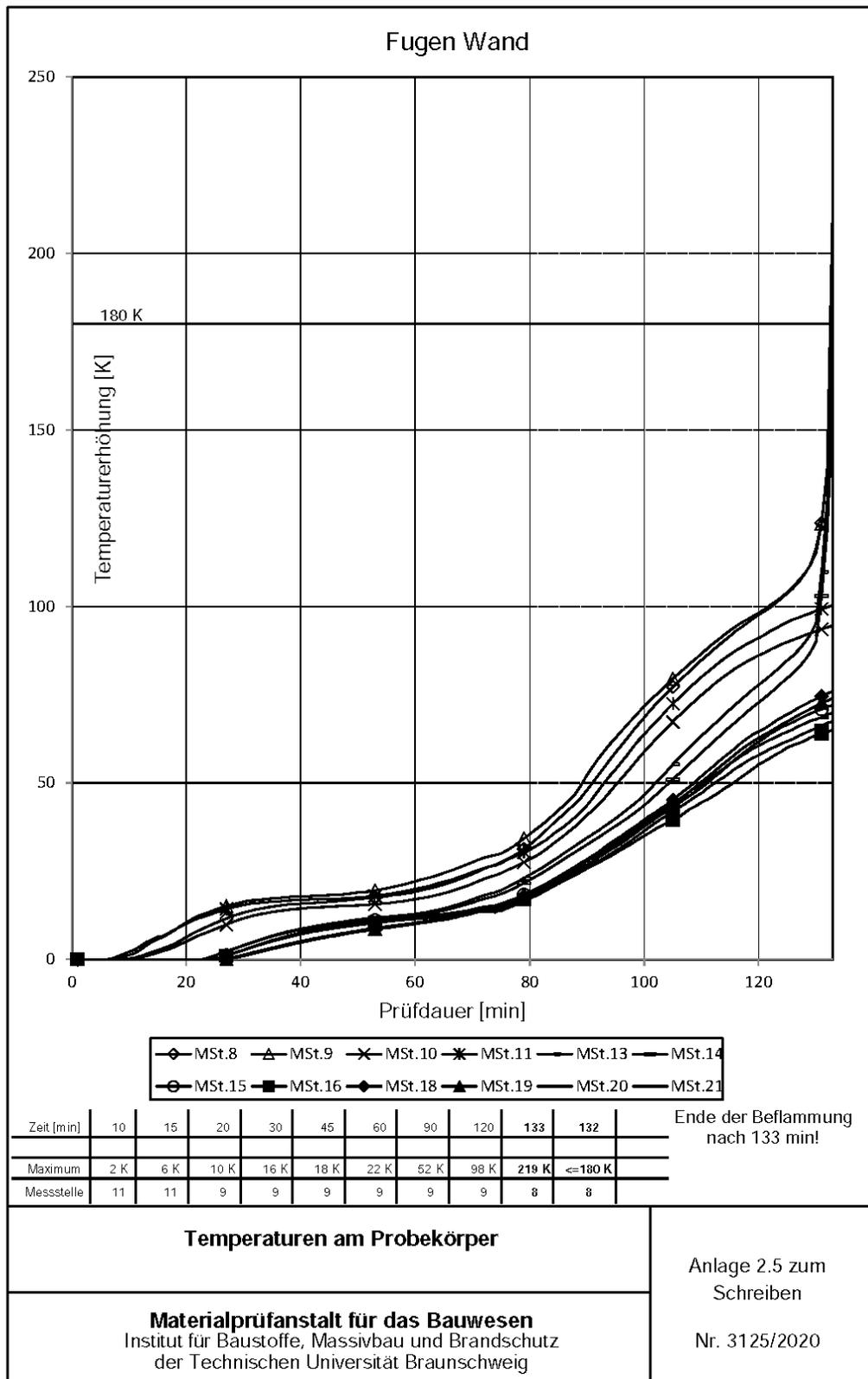
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.7 zum Schreiben Nr. 3125/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

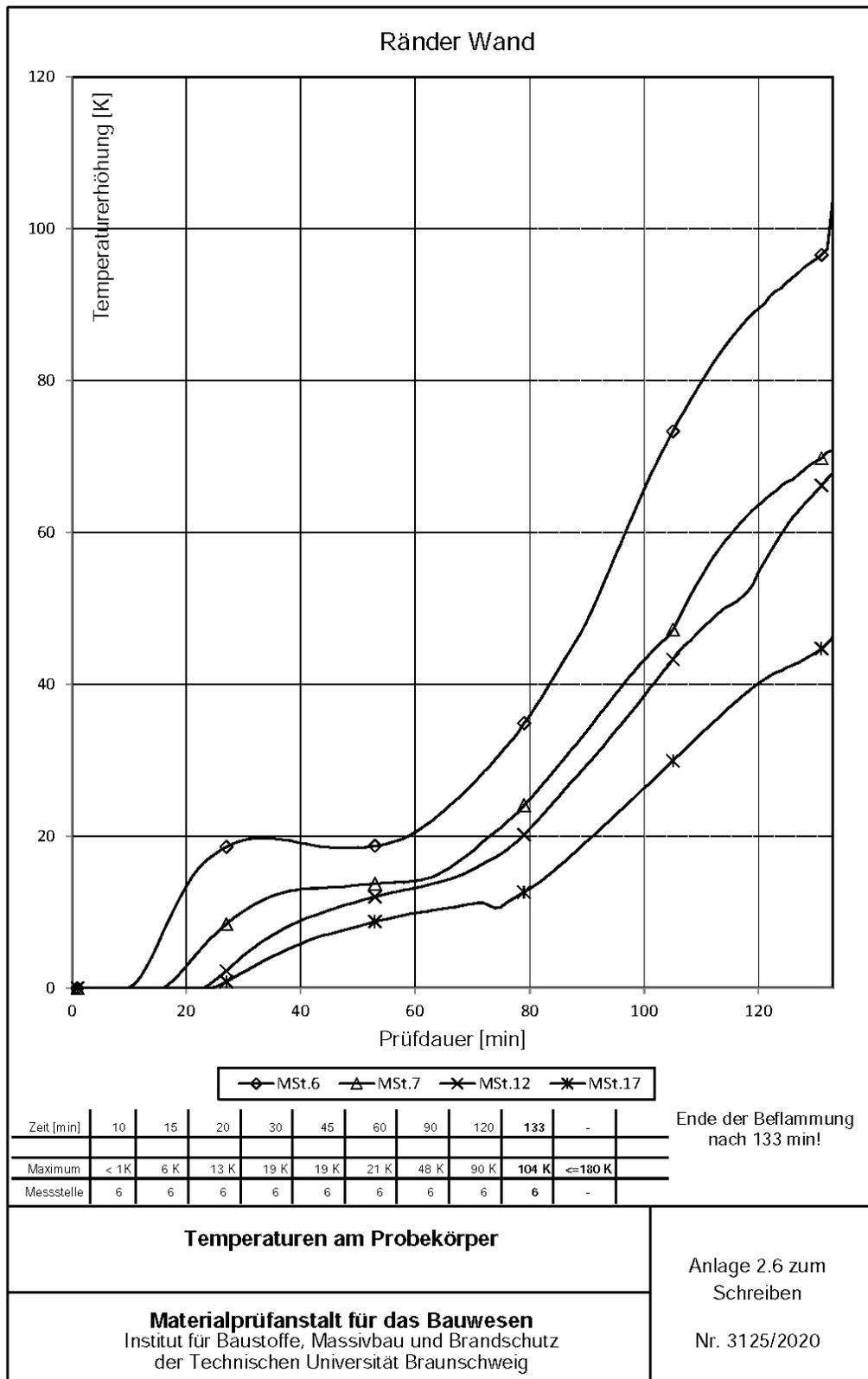


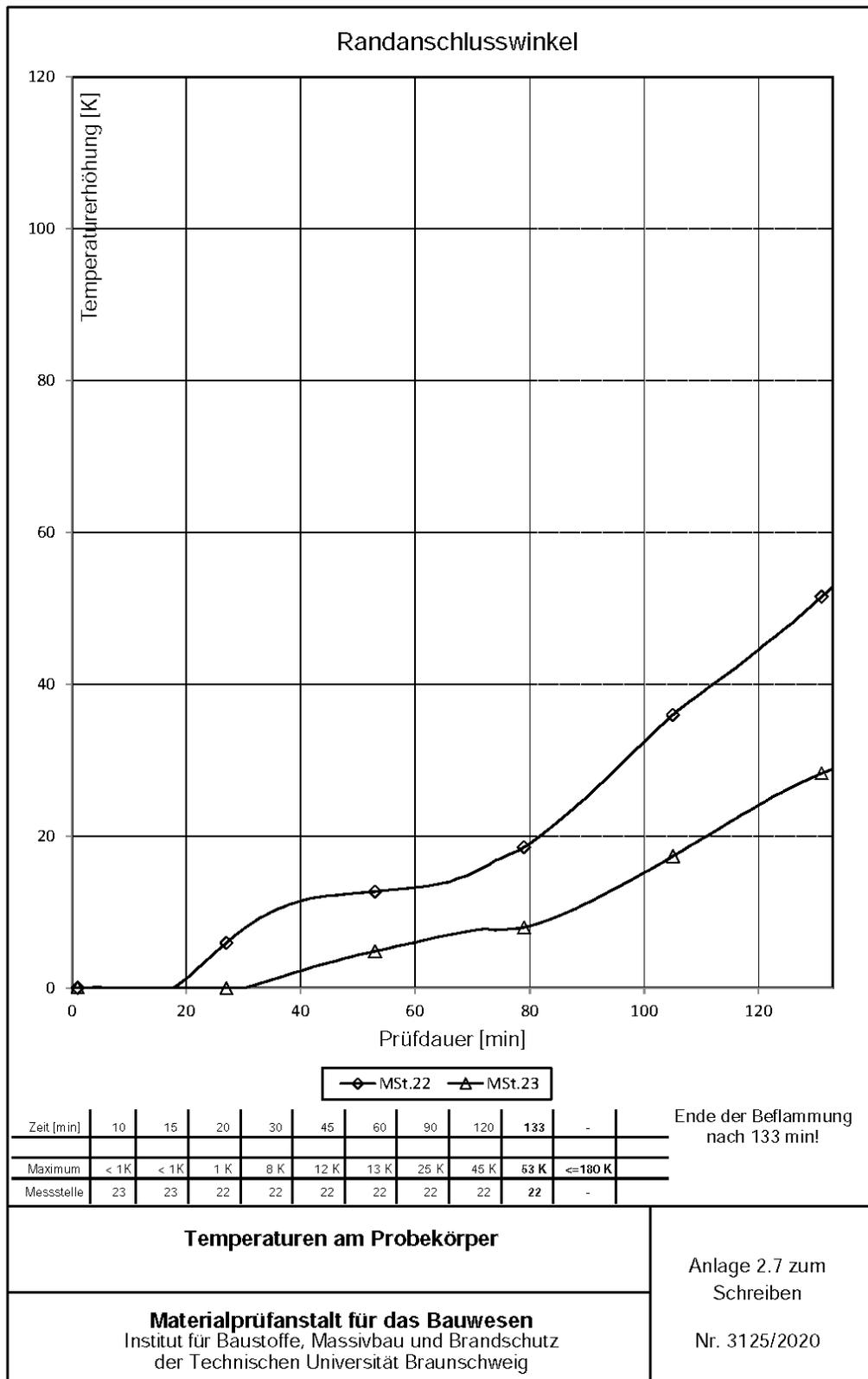


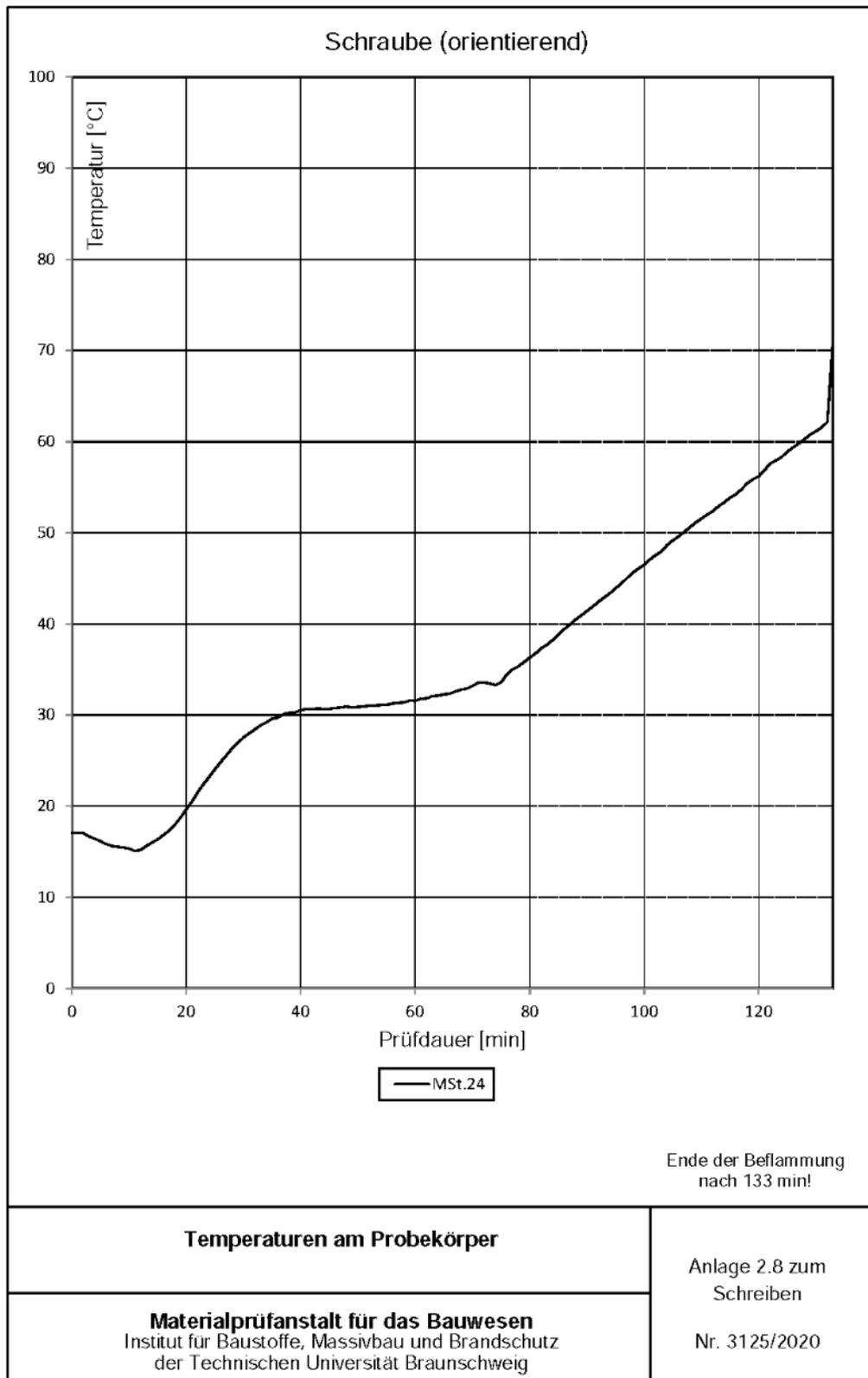


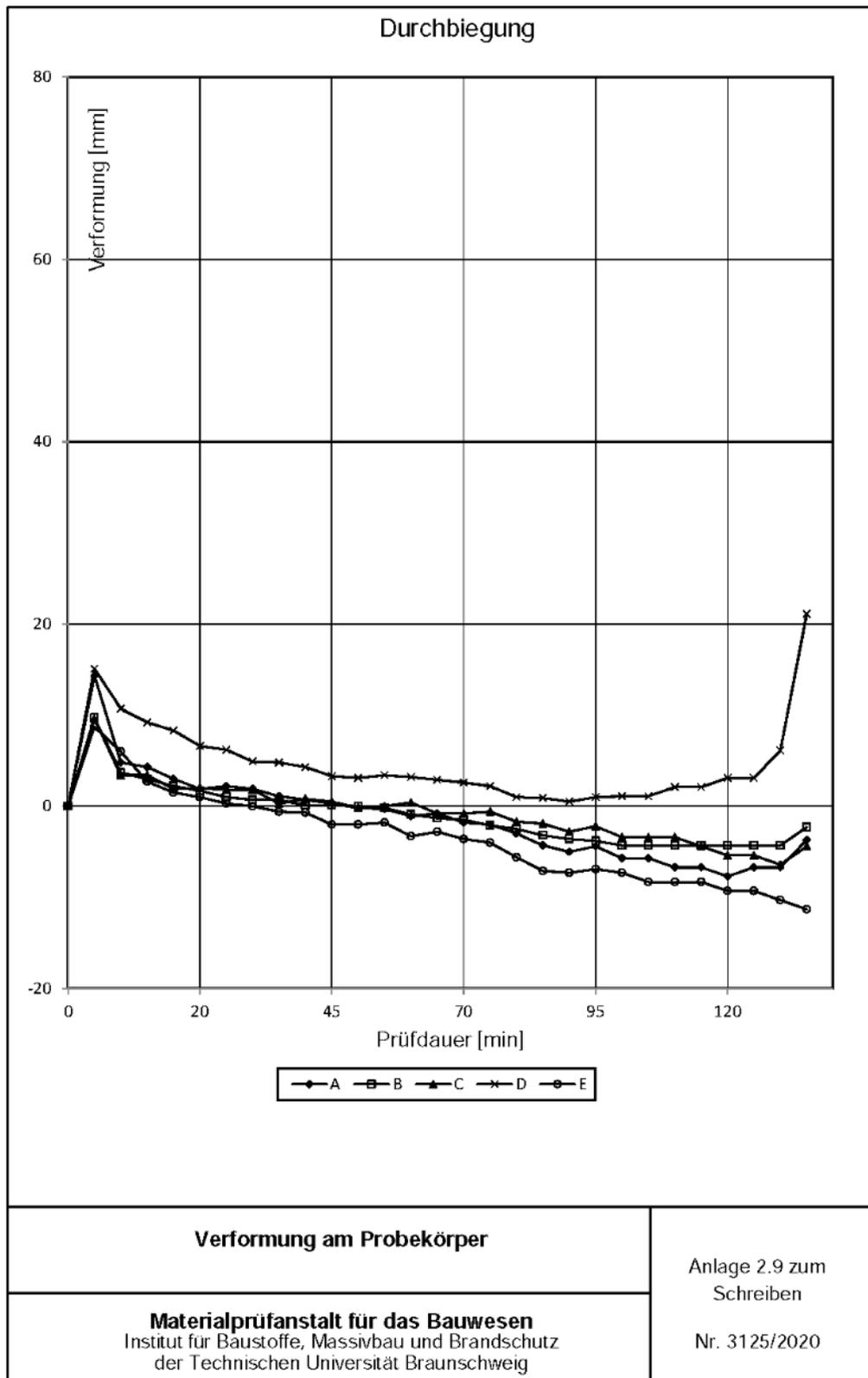


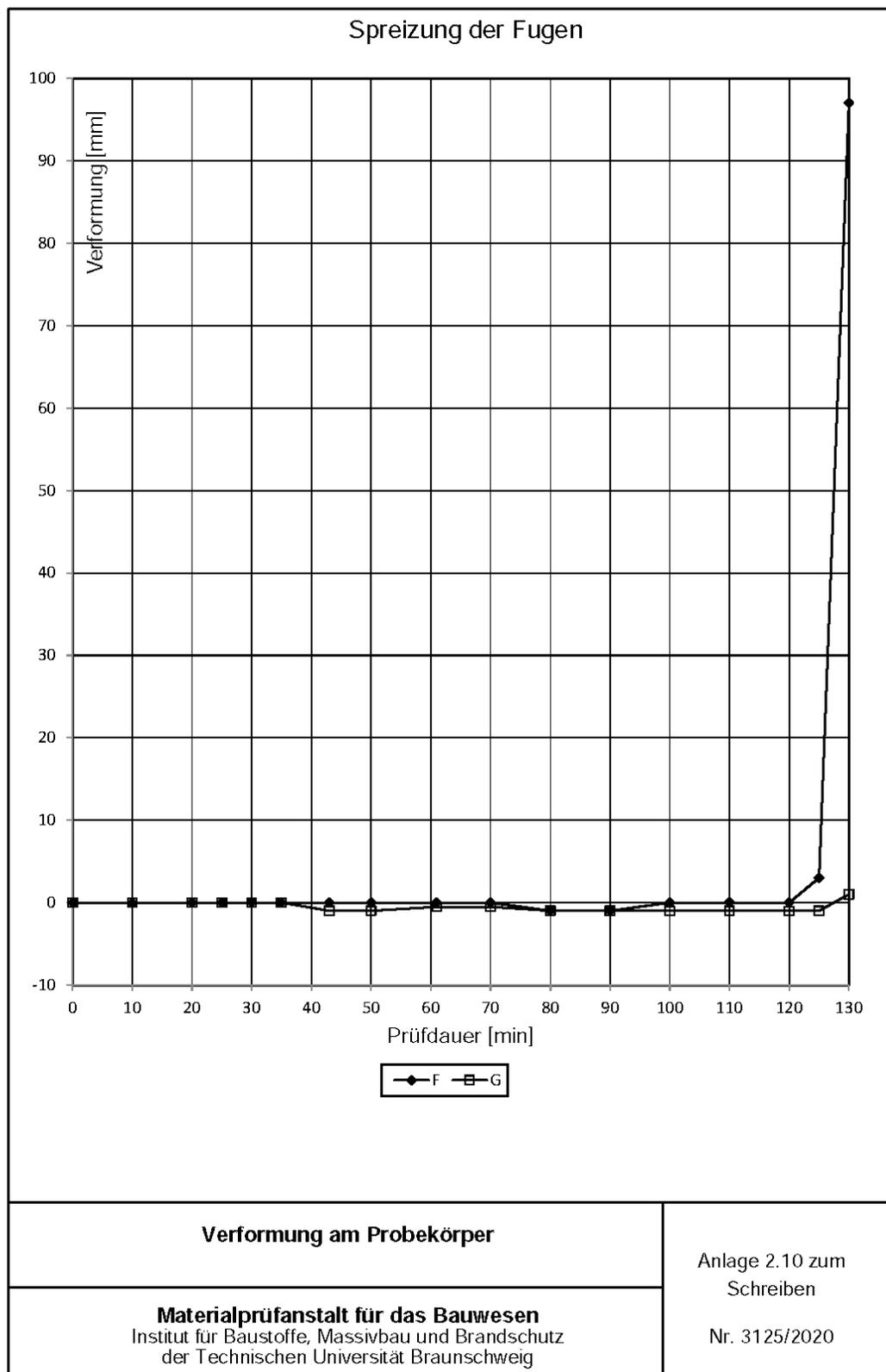


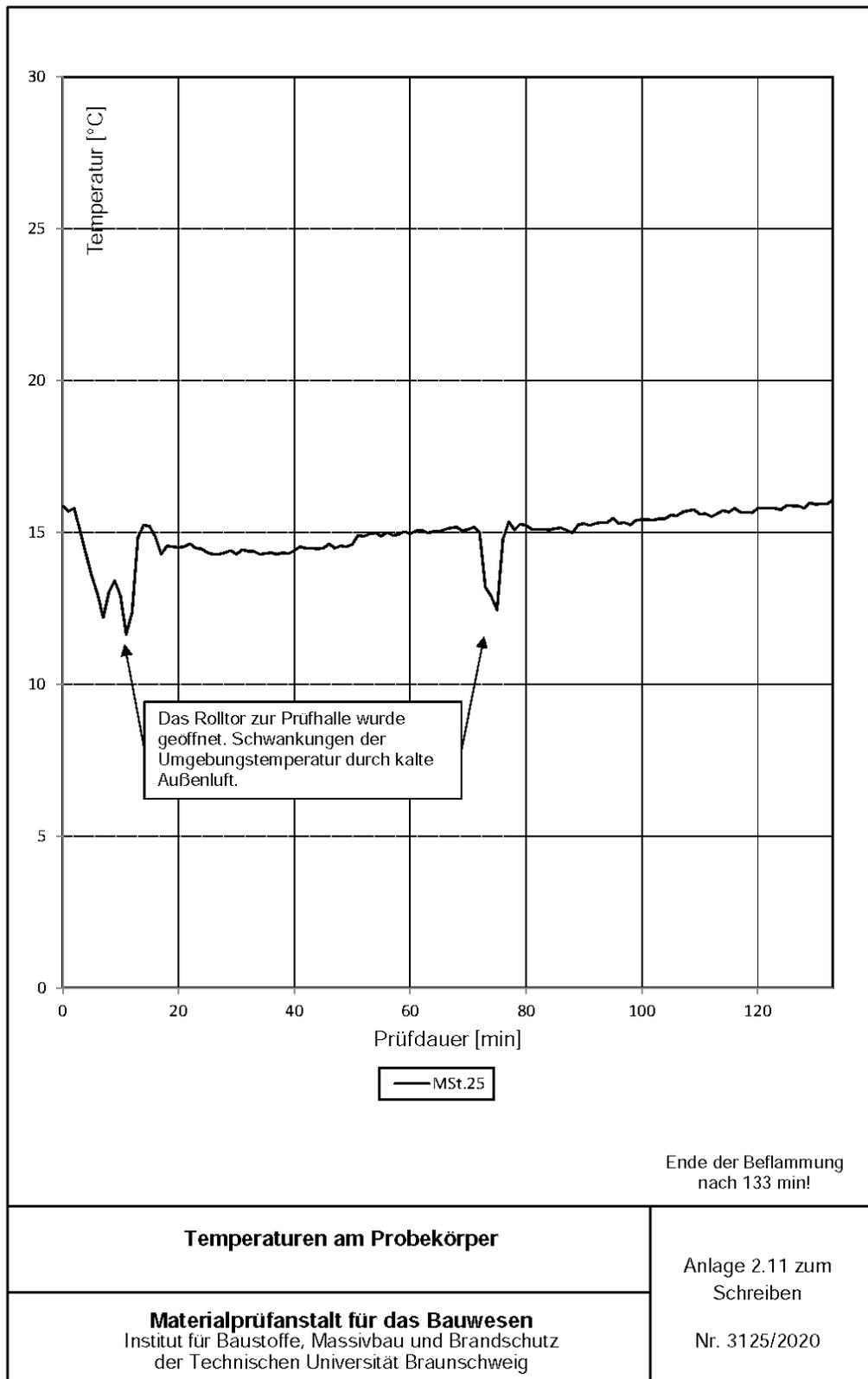








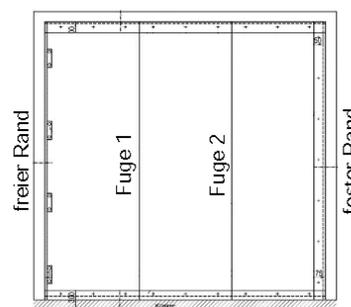




Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 24.01.2020
1-2	F	Mehrfaches „Ploppen“ hörbar. Die Stahlbleche lösen sich von der Mineralwolle.
5	F	Dunkelfärbung an den Stoßfugen und Rändern der Sandwichelemente. Netzartige Risse auf der Oberfläche der Sandwichelemente. Die Bleche verformen sich Wellenförmig.
9	F	Die Bleche sind in den Brandraum gewölbt.
14	F	Stoßfugen der Sandwichelemente sind leicht geweitet.
20	F	Stoßfugen der Sandwichelemente weiten sich zunehmend.
30	F/A	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
45	F	Stoßfuge 2 leicht geöffnet. Flammen treten Stoßartig aus der Fuge.
60	F	Öffnung der Stoßfuge 2 leicht geweitet.
90	F	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
	A	Leichter Rauchaustritt zwischen dem oberen Randanschlusswinkel und Prüfraumen.
120	F	Keine wesentlichen Veränderungen sichtbar.
	A	Wand im Bereich der Stoßfuge 1 ca. 10 mm in den Brandraum gewölbt; Im Bereich der Stoßfuge 2 in Richtung der unbeflammten Seite gewölbt.
131	A	Fuge 1 weitet sich zunehmend.
132	A	Anhaltender Austritt von Flammen (> 20 Sekunden) aus der Fuge 1.
133		Ende der Beflammung. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.

*) F: Feuerseite
 A: Abgewandte Seite

Skizze des Probekörpers:



Beobachtungen	Anlage 2.12 zum Schreiben Nr. 3125/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

ENDE Schreiben

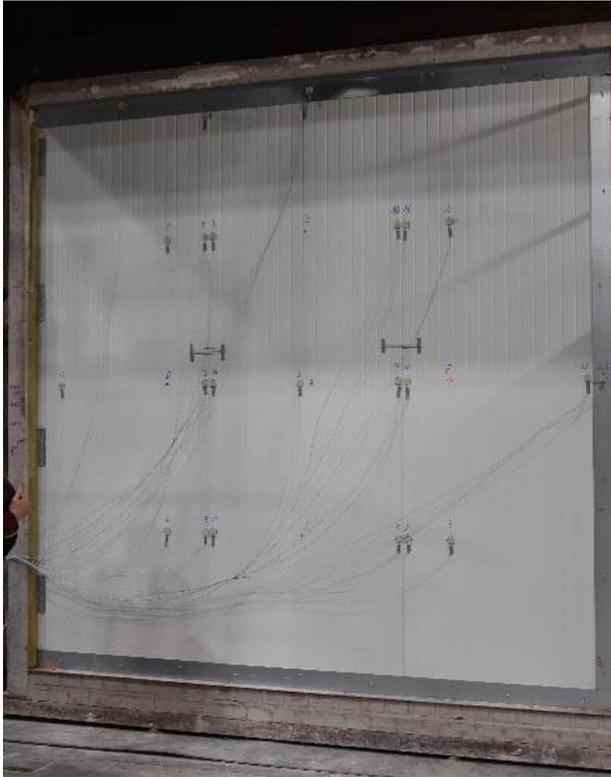


Abb. 11.1: Außenansicht



Abb. 11.2 Freier Rand



Abb. 11.3: Dunkelfärbung an den Stoßfugen (3')

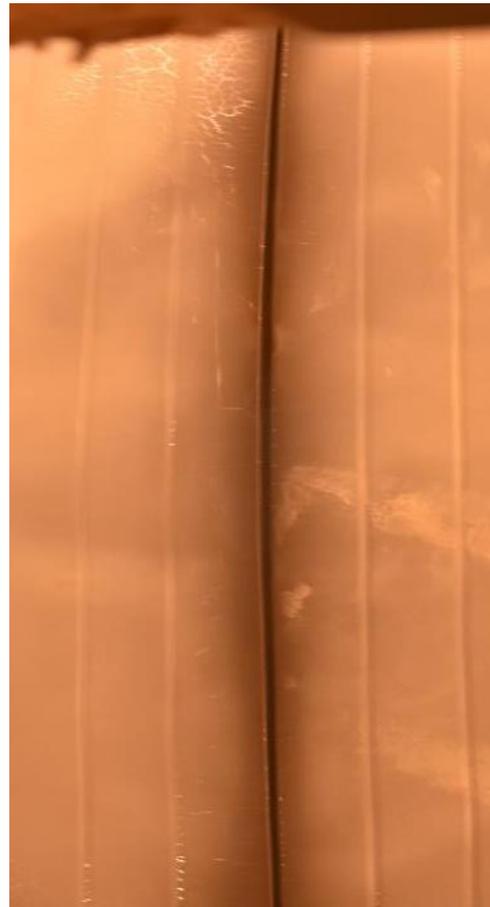


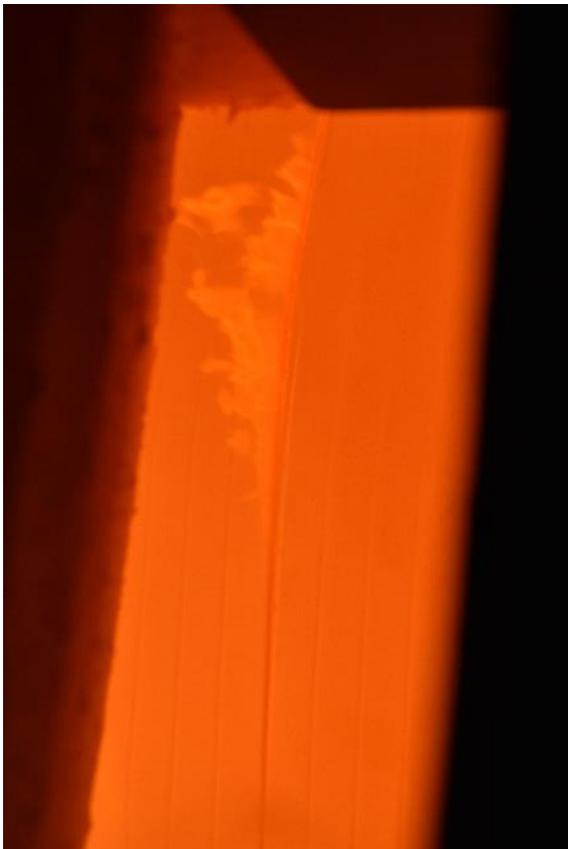
Abb. 11.4: Netzartige Risse auf der Oberfläche (3')



Abb. 11.5: Stoßfugen wieten sich (19')



Abb. 11.6: Stoßfuge 2 leicht geöffnet (45')



**Abb. 11.7: Öffnung Stoßfuge 2 geweitet mit
Flammenaustritt (65')**



**Abb. 11.8: Wand in den Brandraum gewölbt
(119')**



Abb. 11.9: Flammenaustritt aus Fuge I (133')



Institut für Baustoffe,
Massivbau und Brandschutz | Materialprüfanstalt
für das Bauwesen

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

European Association for Panels and Profiles
Herrn Dr.-Ing. Ralf Podleschny
Europark Fichtenhain A 13 a
47807 Krefeld

Schreiben **3123/2020**

Unsere Zeichen: (2102/184/19)-Bo
Kunden-Nr.: 2203
Auftrag vom: 23.09.2019
Sachbearbeiter: Herr Bott
Abteilung: BS
Kontakt: 0531-391-8243
 n.bott@bmb.tu-bs.de

Ihre Zeichen: Herr Podleschny

Datum: 02.04.2020

Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 i. V. m. DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben: „Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“

20 Anlagen

Sehr geehrter Herr Dr.-Ing. Podleschny,

am 28.01.2020 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 200 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit den Abmessungen B x H = 3 m x 6 m mit Nut- und Federausbildung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 200“ als vertikal verlegtes Einfeldträgersystem nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergebnissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

i. A.
Nikolaus Bott, M. Sc.
Sachbearbeiter

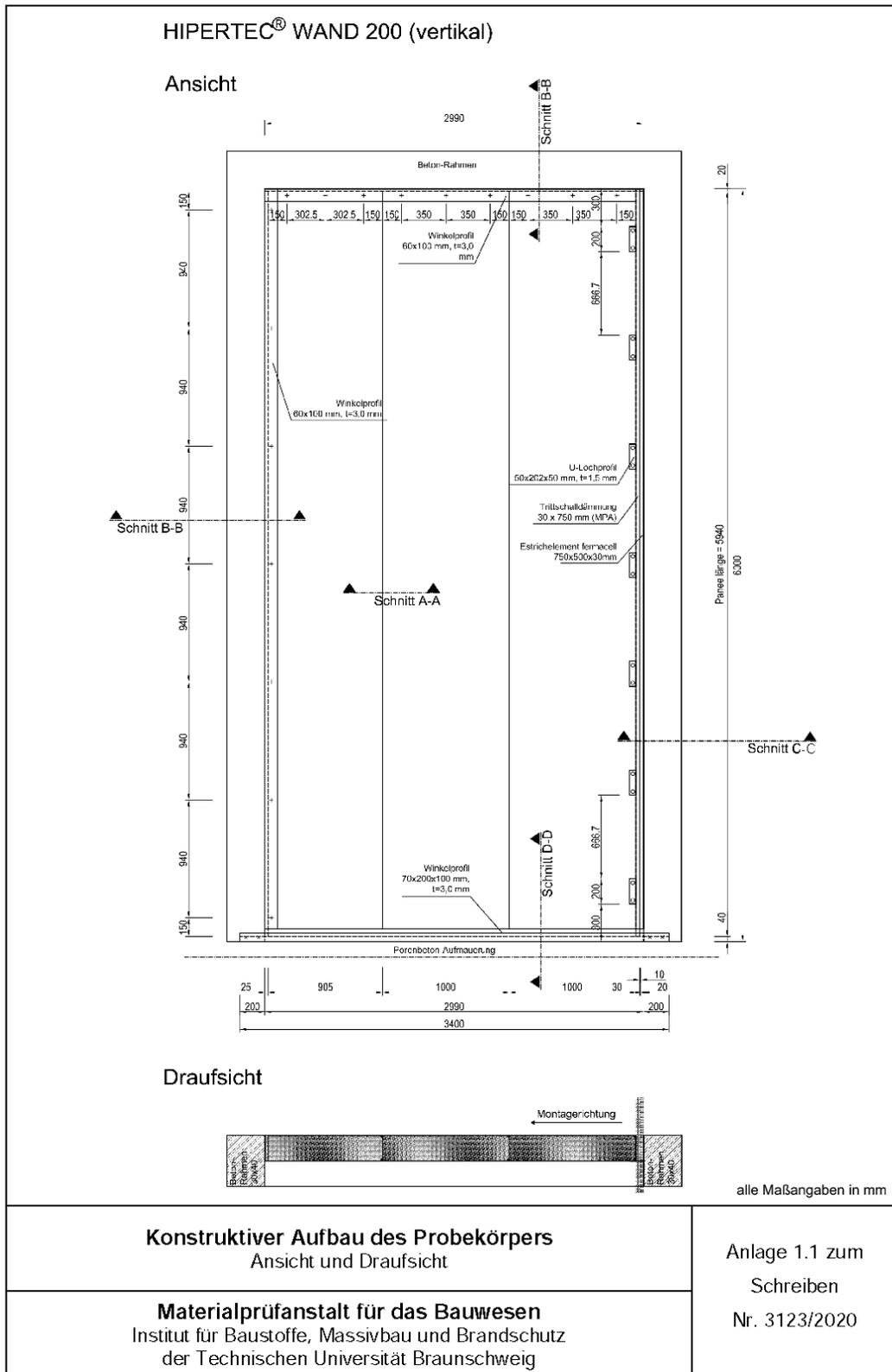
Das Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig

Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

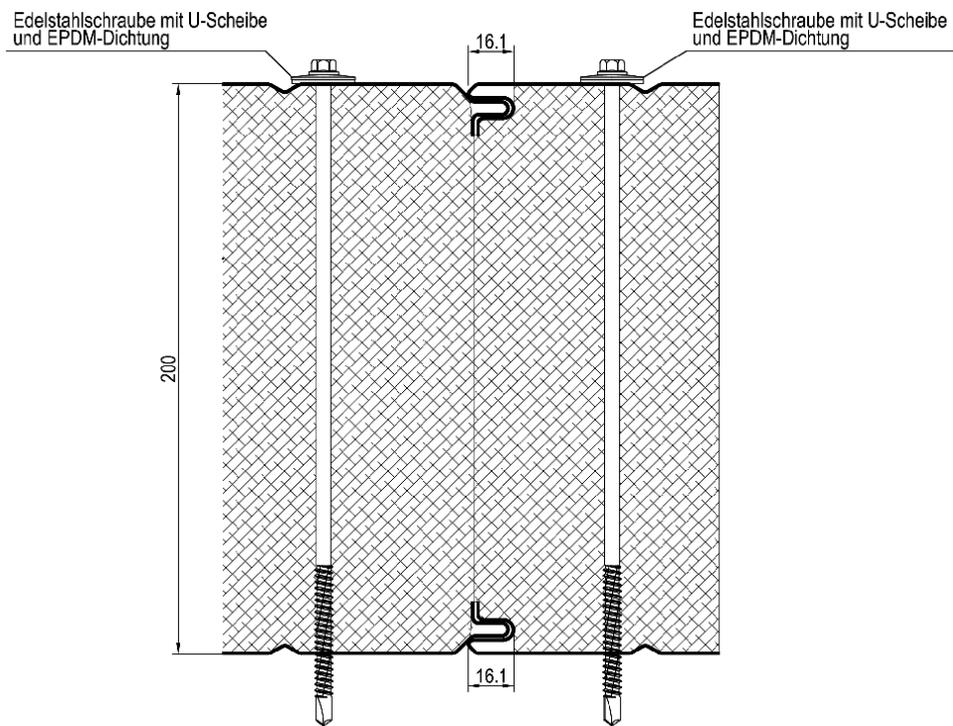
Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5900
info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE58 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NQLADE2H
USt-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/201/22859

Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung



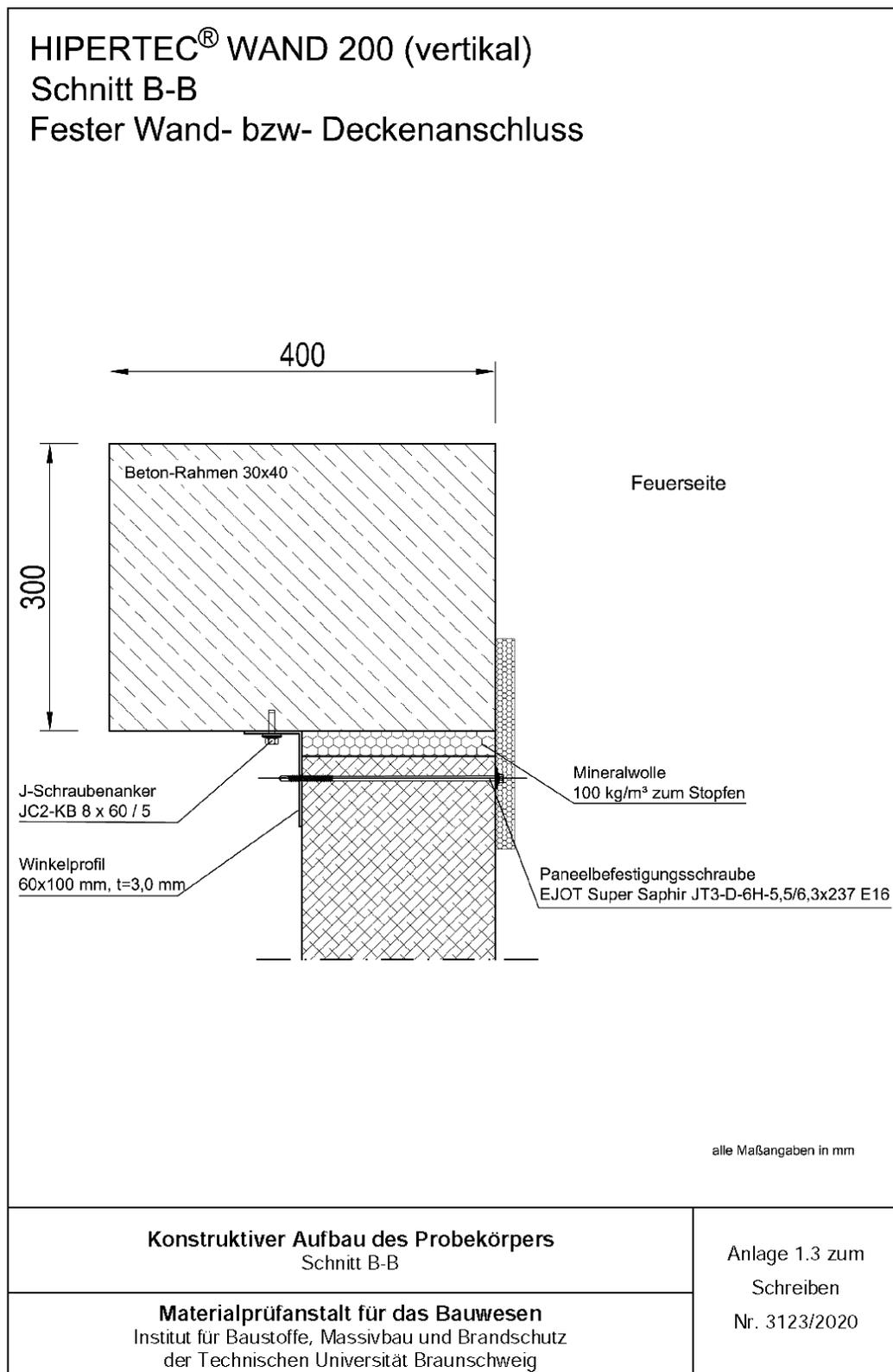
HIPERTEC® WAND 200 (vertikal)
Schnitt A-A
Fugenquerschnitt

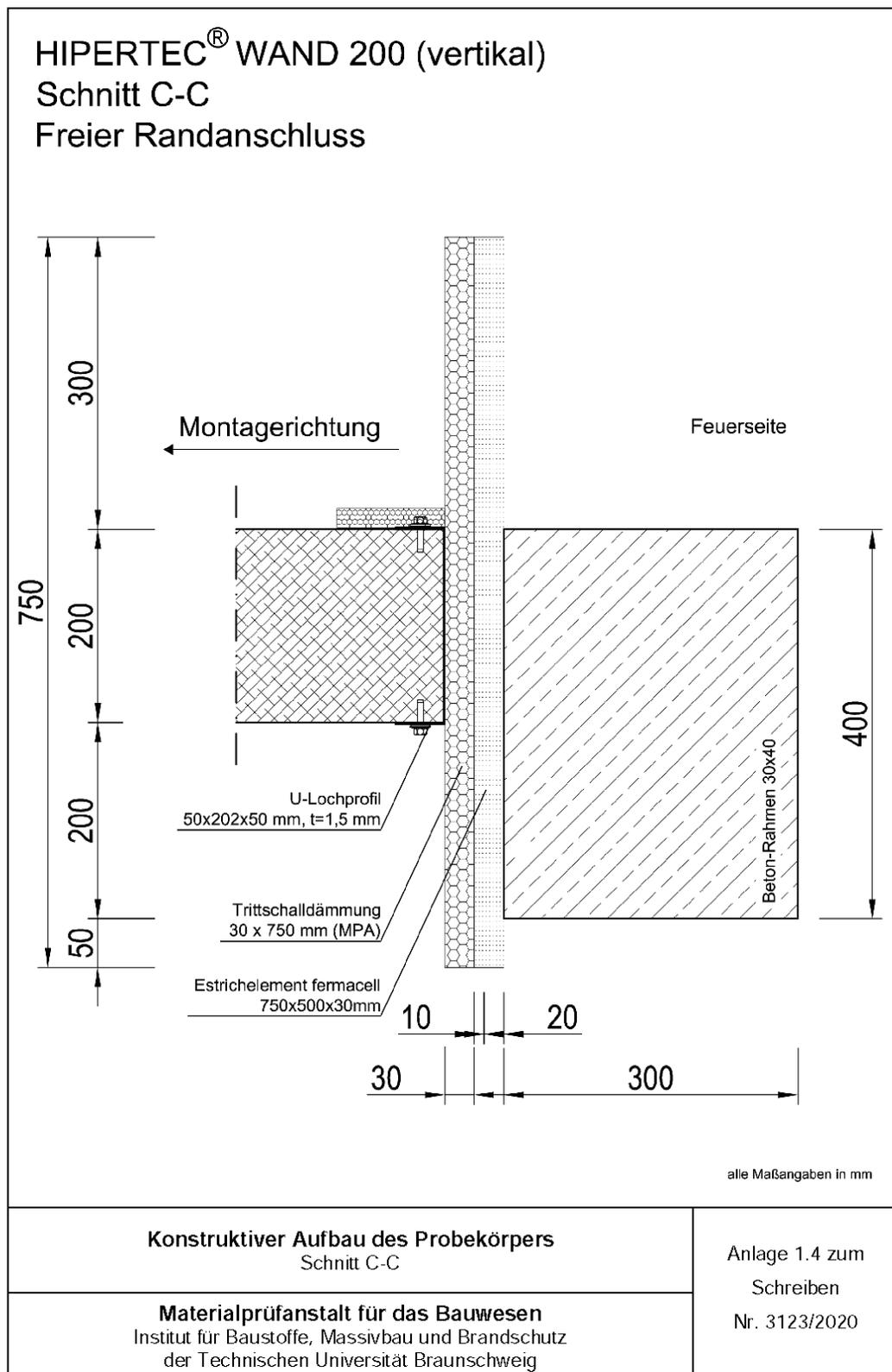


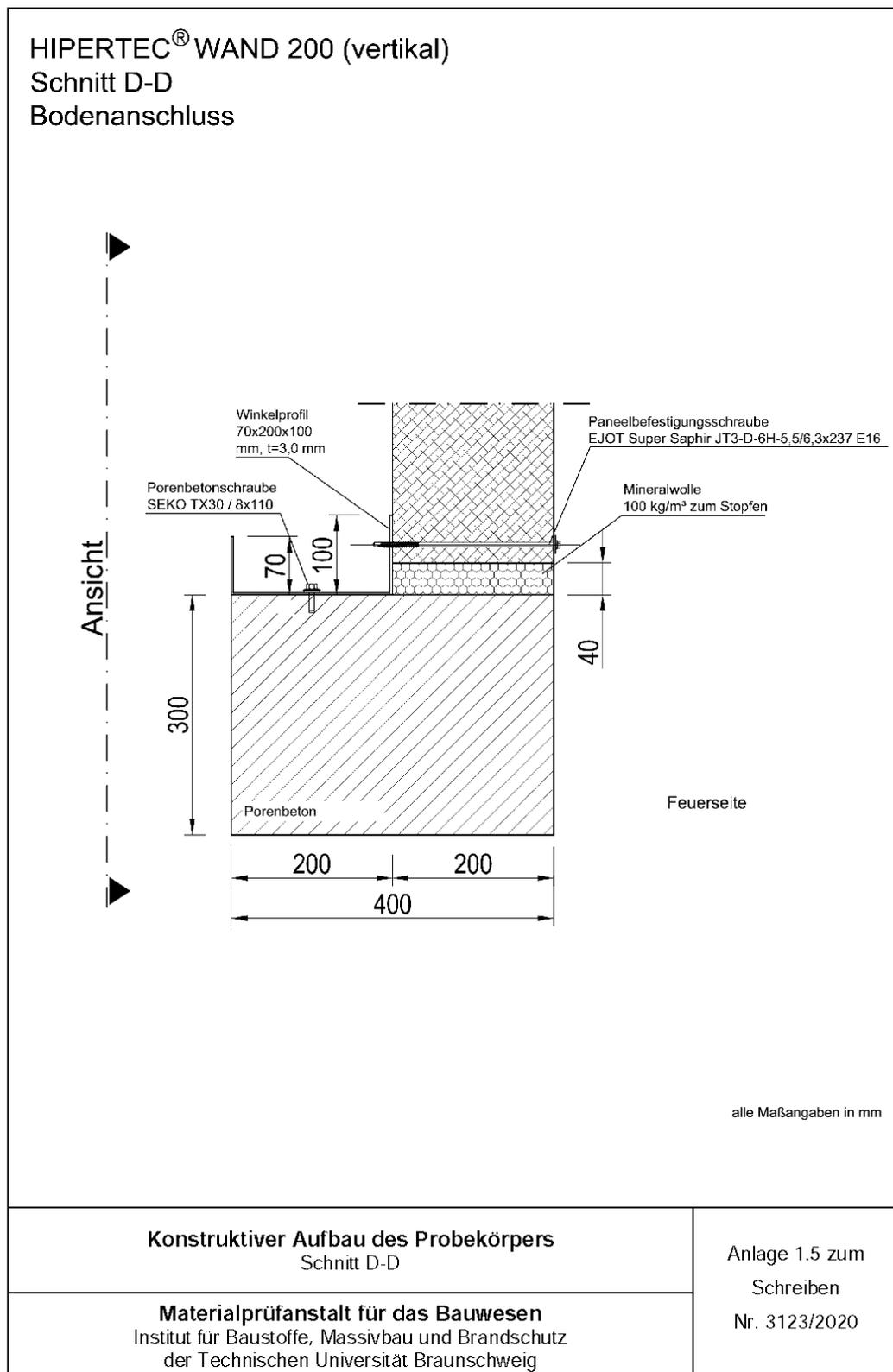
Hipertec® WAND	200 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralwolle, ROCKWOOL

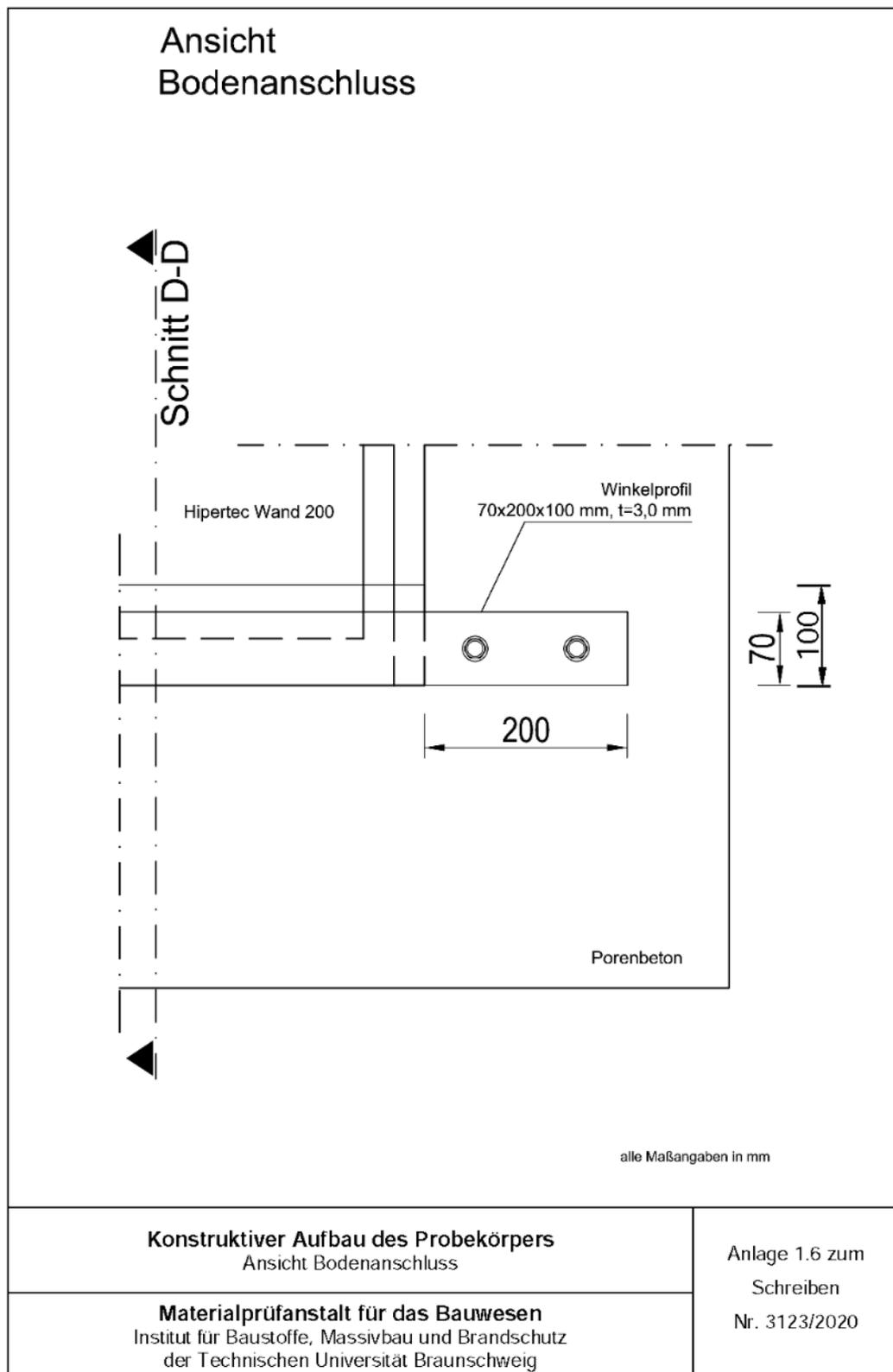
alle Maßangaben in mm

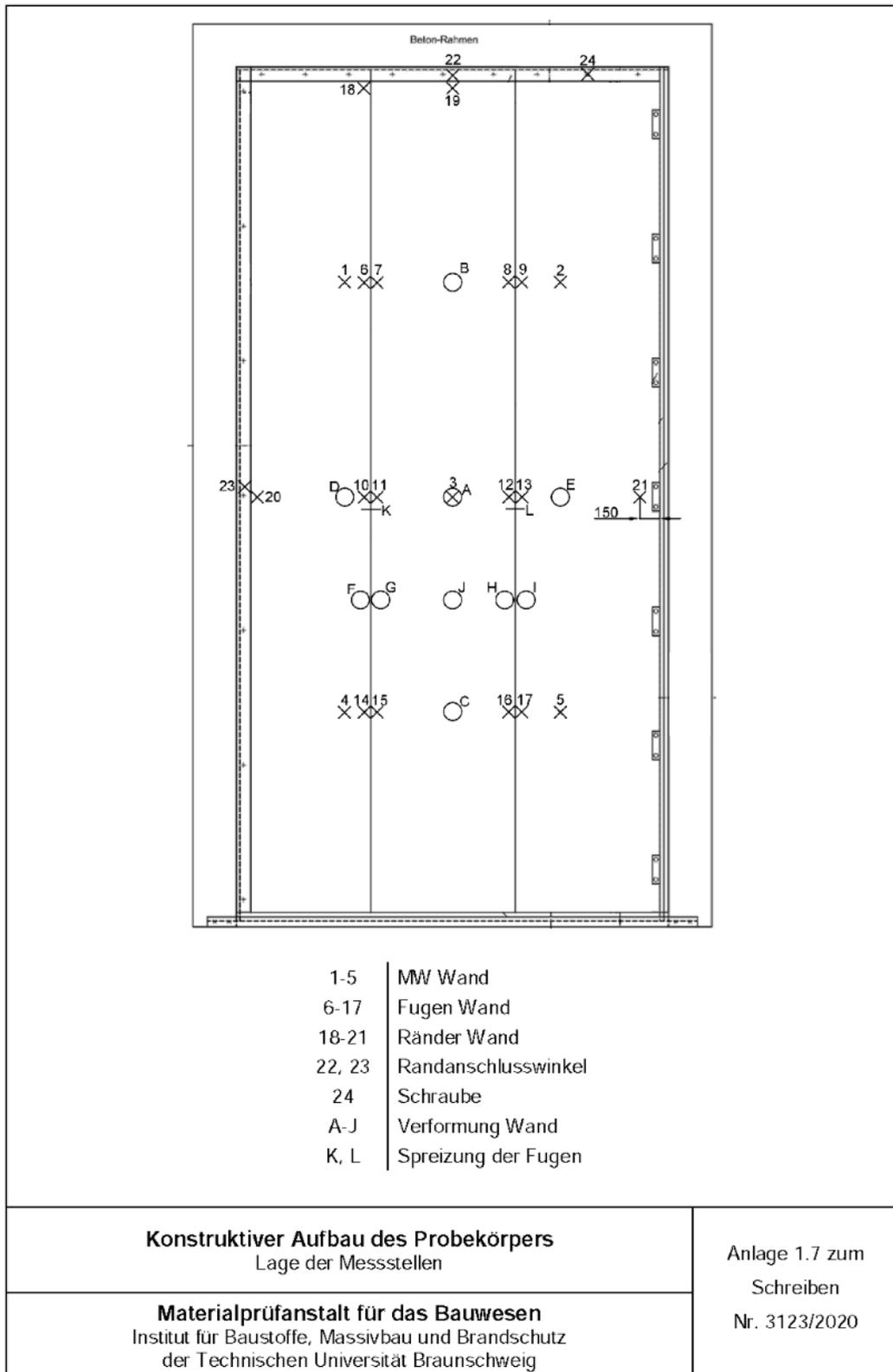
Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Schnitt A-A	Anlage 1.2 zum Schreiben Nr. 3123/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	







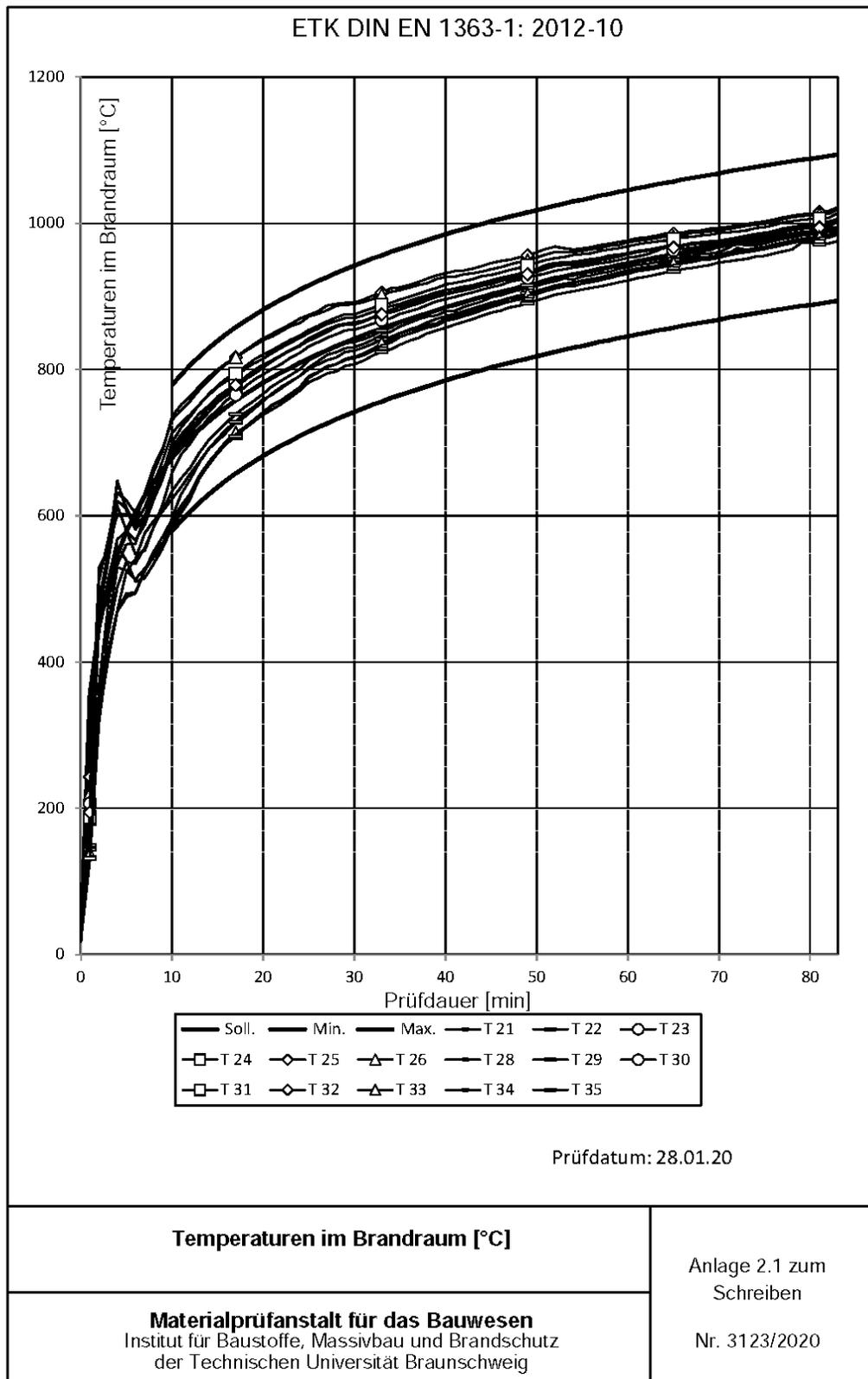


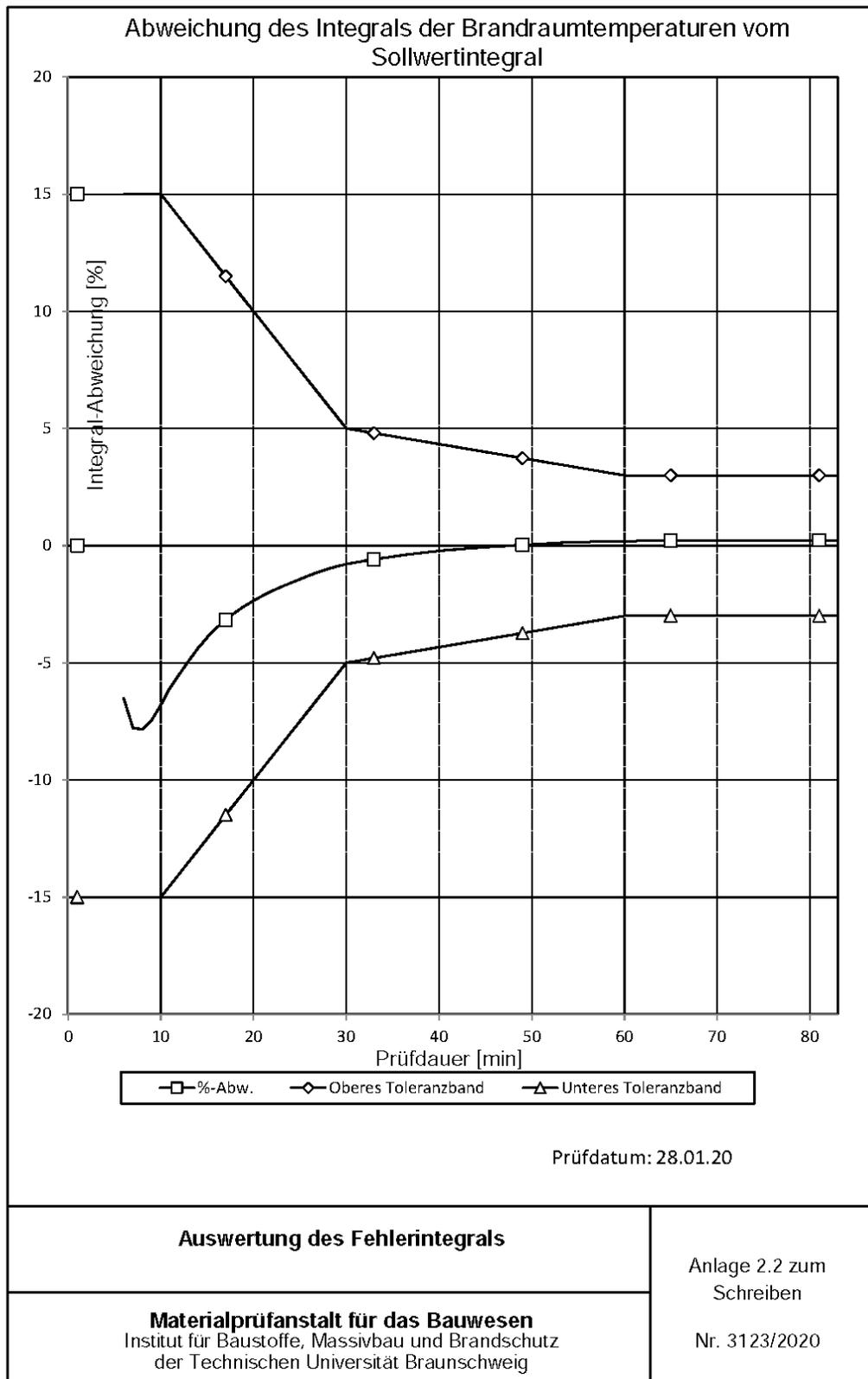


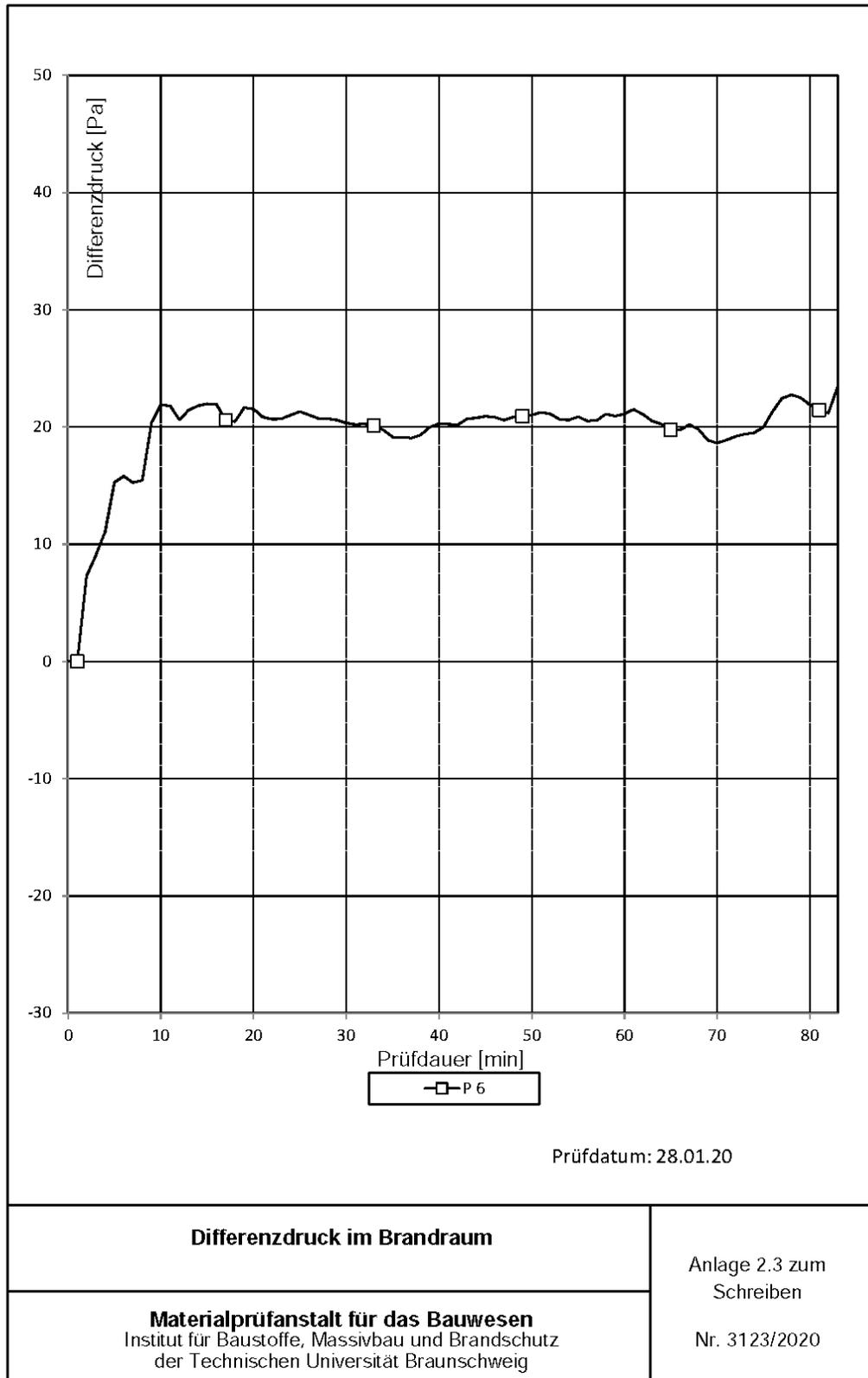
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächen- gewichte	Roh- dichte	Feuchtig- keits- gehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichelement „HIPERTEC®“, L x H = 1000 mm x 5940 mm nach DIN EN 14509 Bauartengenehmigung Z-10.49-517 Anwendungszulassung Z-19.52-2096	Metecno Bausysteme GmbH	200	31,1	154,6	0,3	<u>A2-s1-d0:</u> gem. DIN EN 13501-1
Steinwolle „Floorrock SE“ Trittschalldämmplatte Leistungserklärung Nr.: DE0185041701	Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG	20	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A1:</u> gem. DIN EN 13501-1
Blakite Air Setting Mortar	Morgan Advanced Materials plc, Windsor (UK)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)
Sonstige Stahlbauteile	-	-	-	-	-	<u>A1:</u> gem. DIN 4102-4

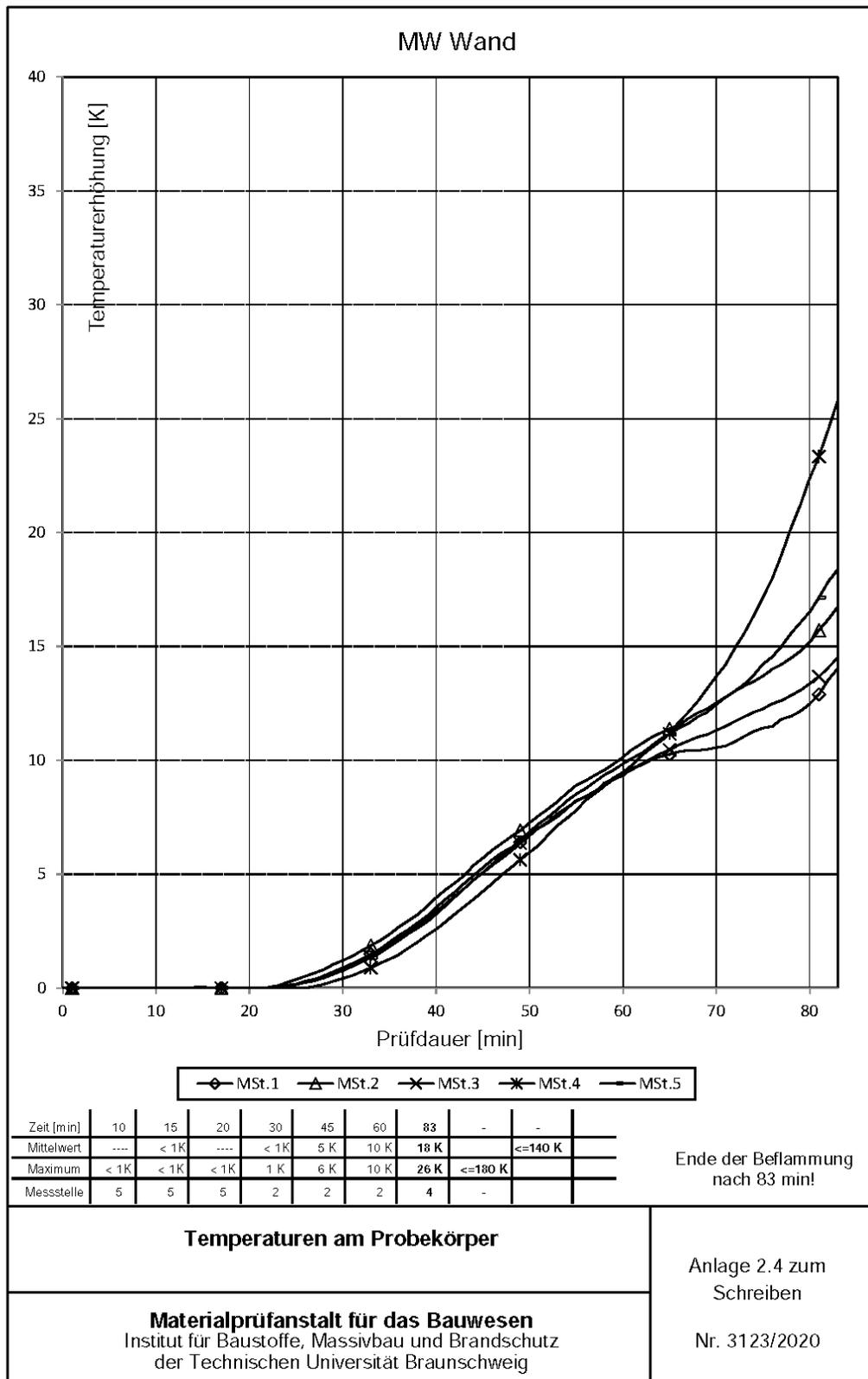
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

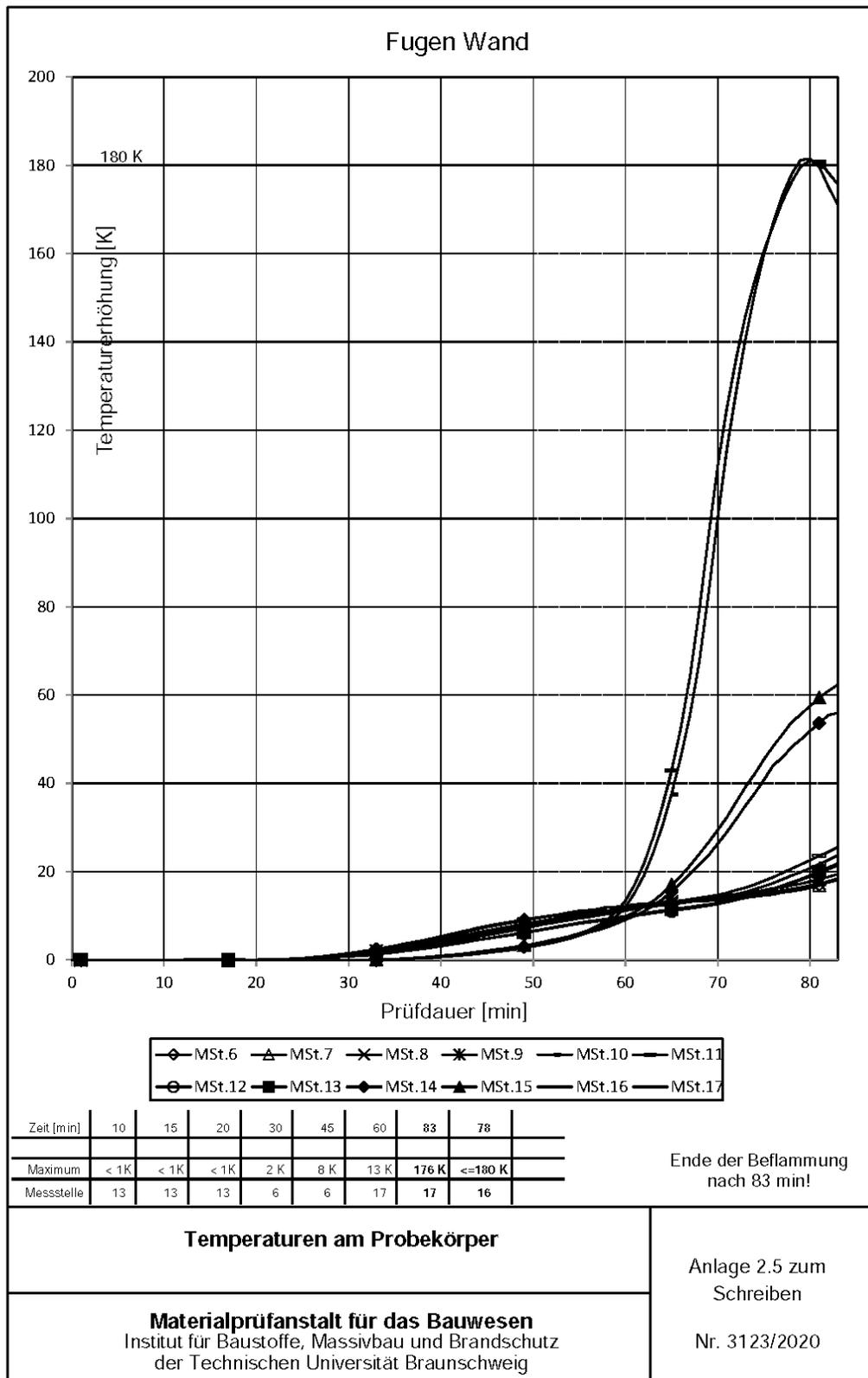
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.8 zum Schreiben Nr. 3123/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

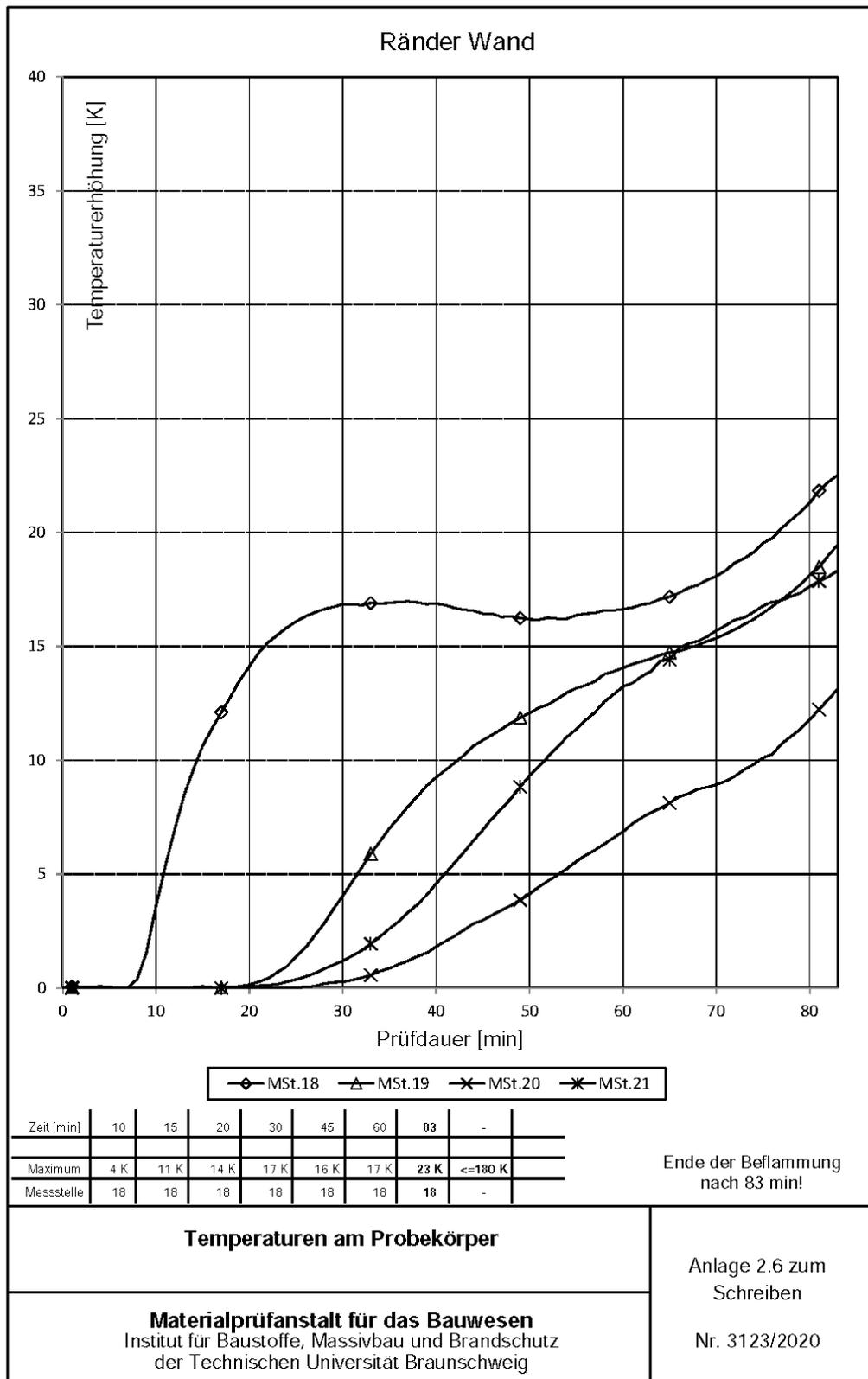


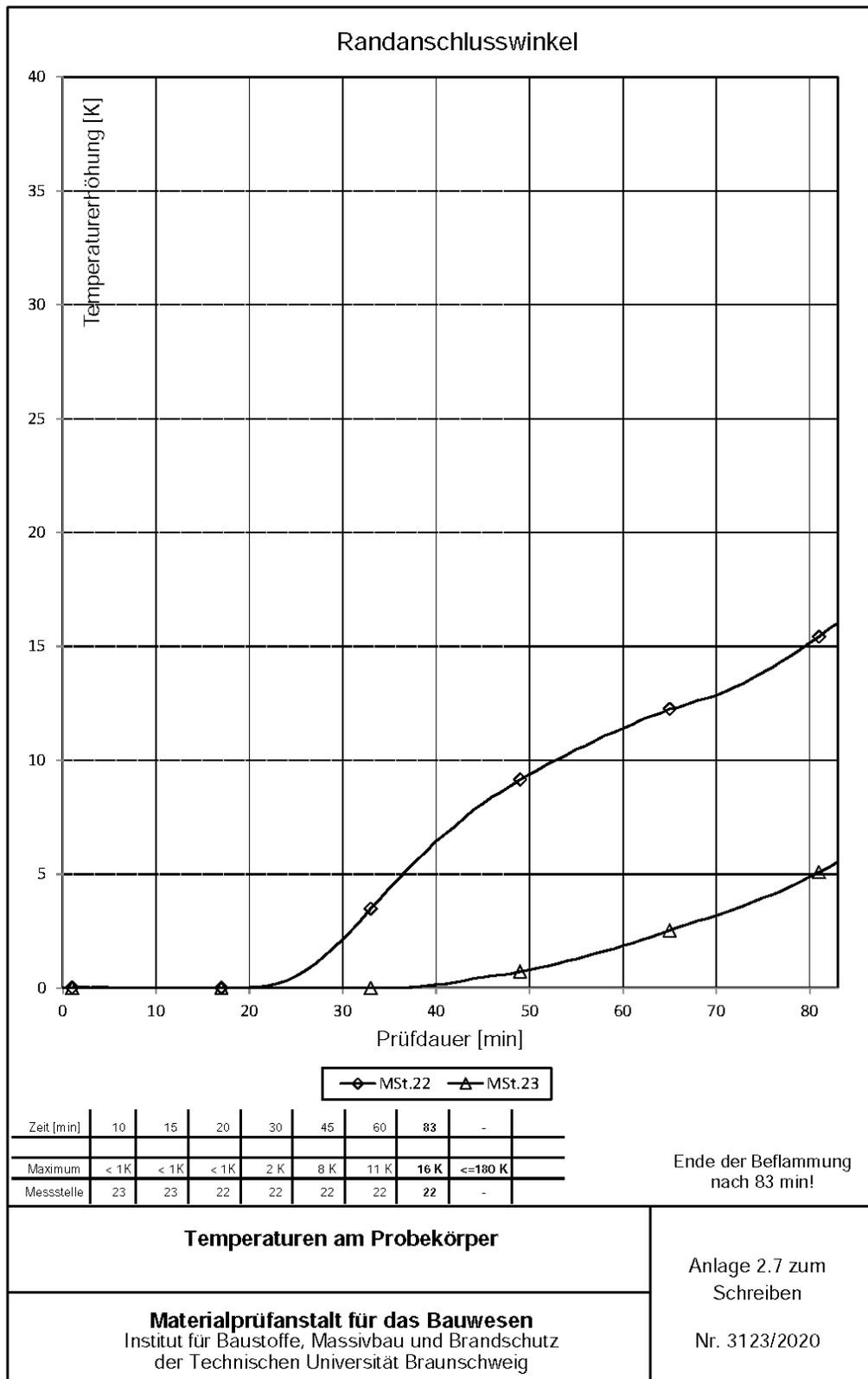


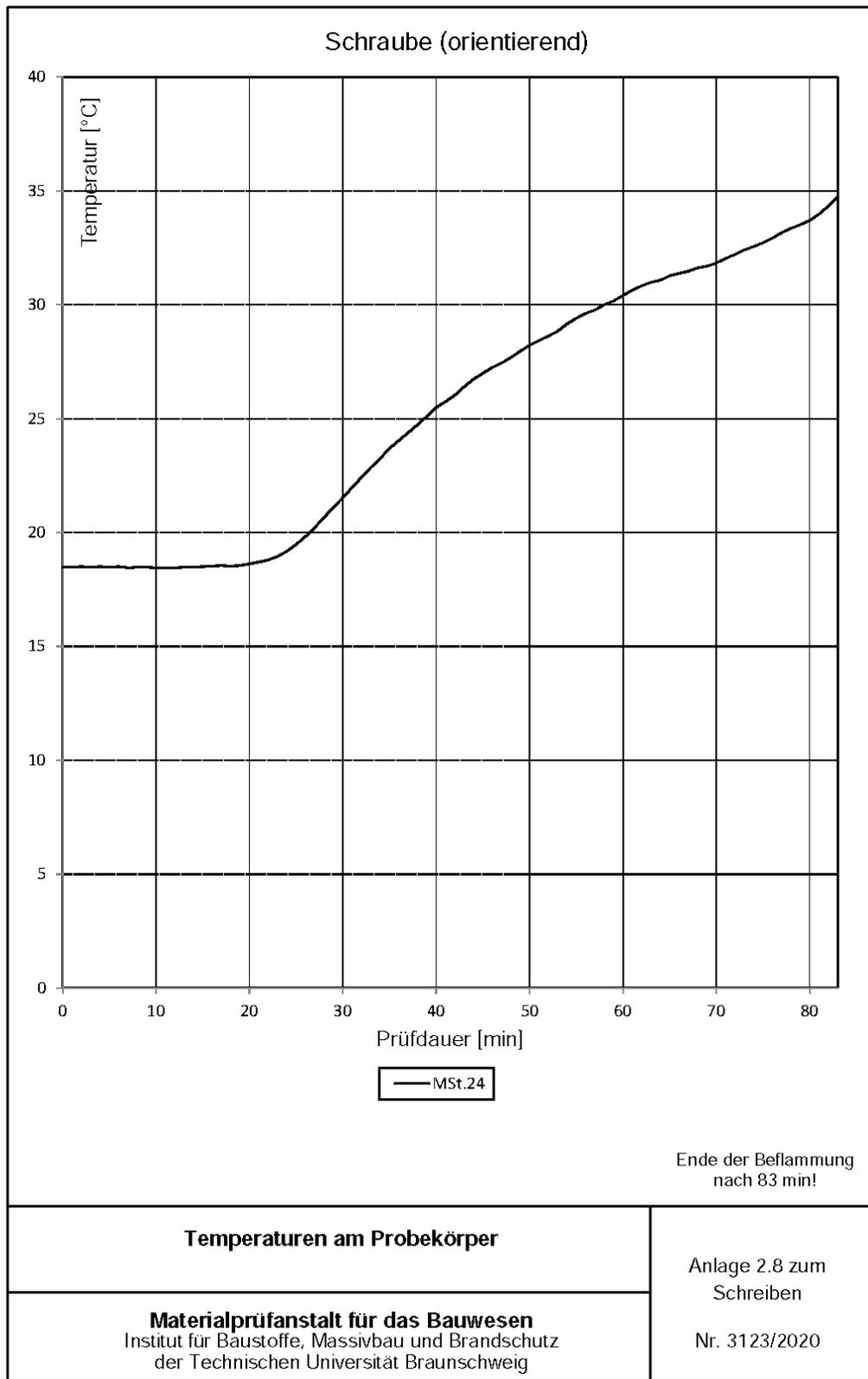


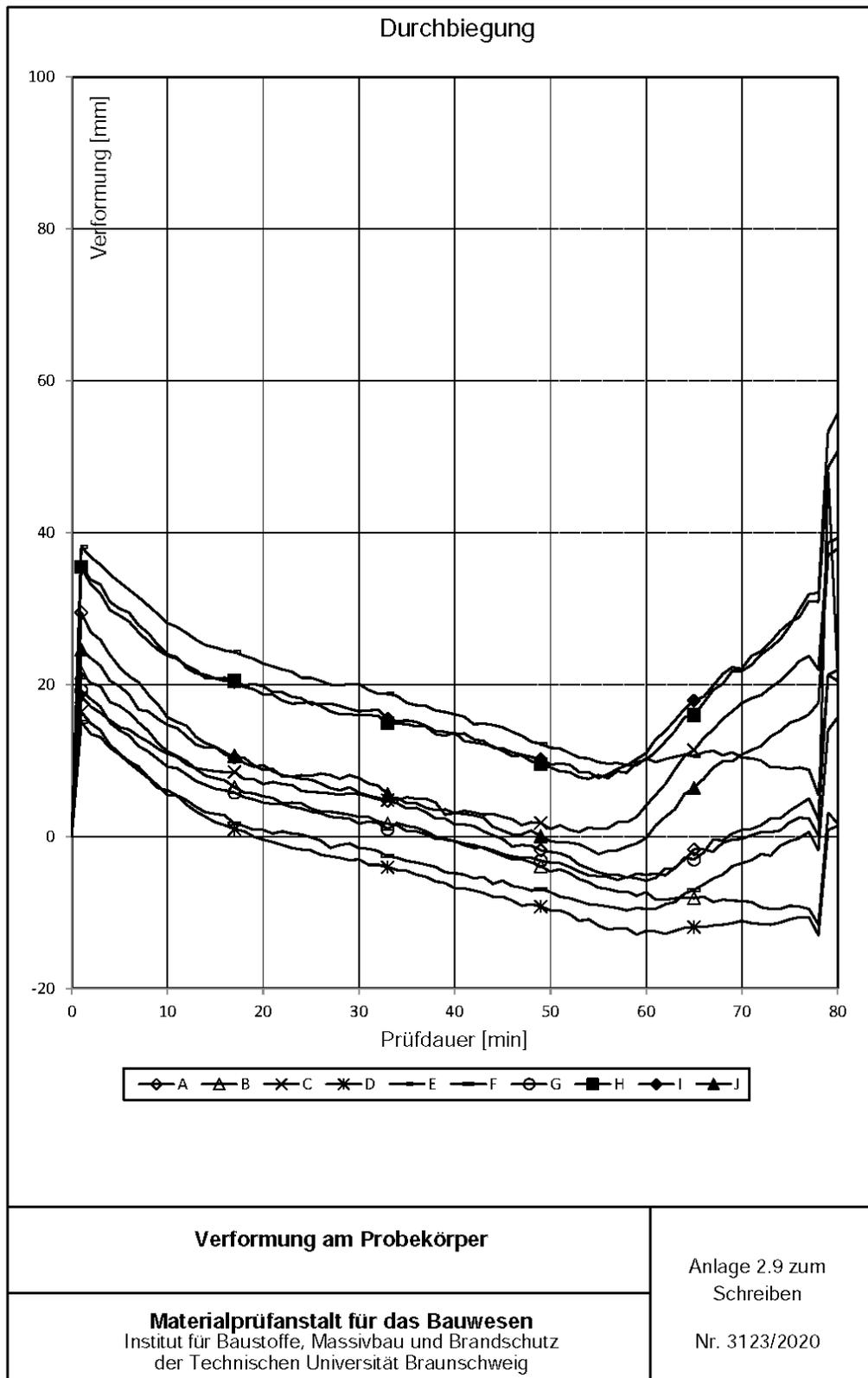


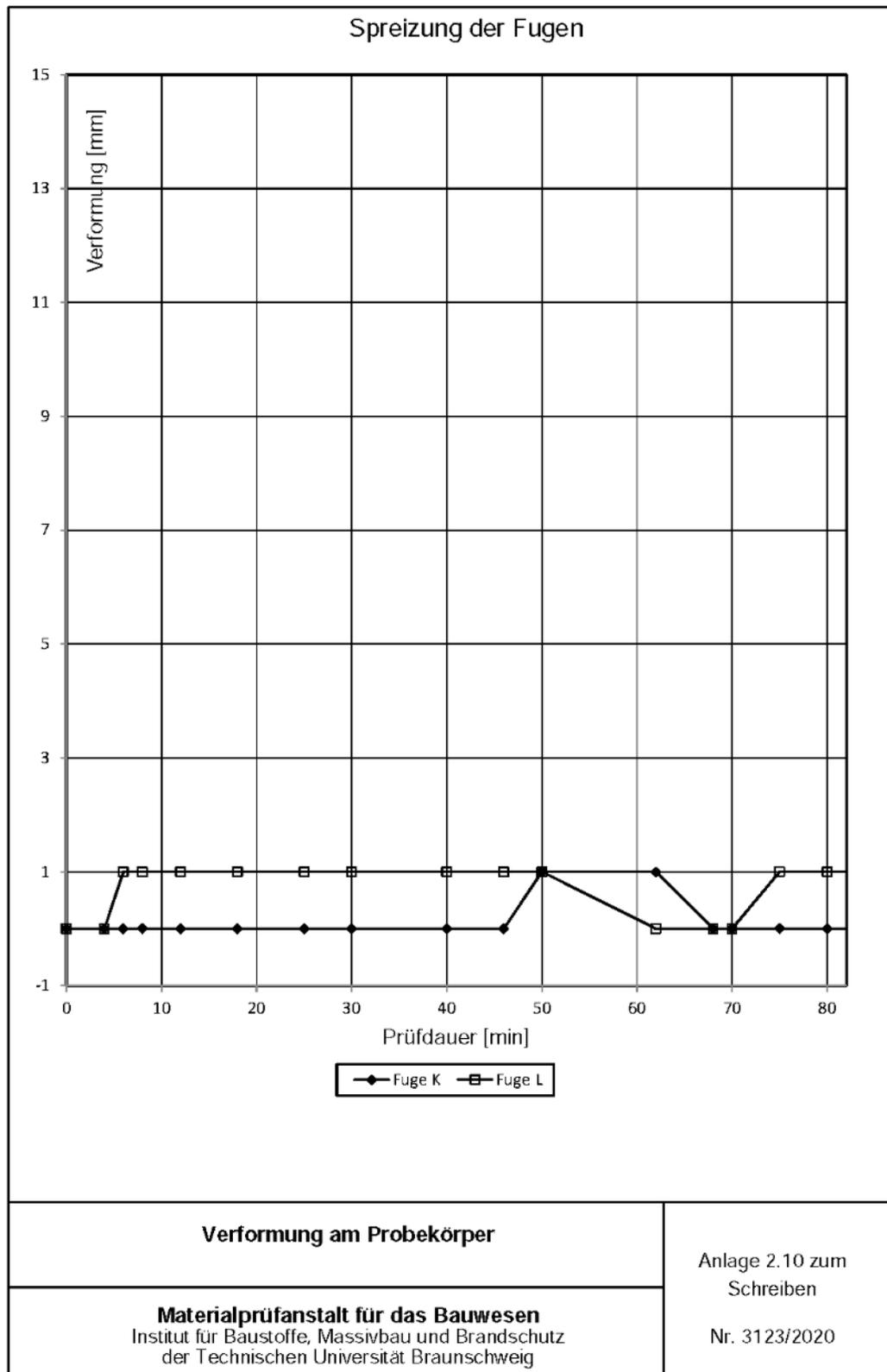


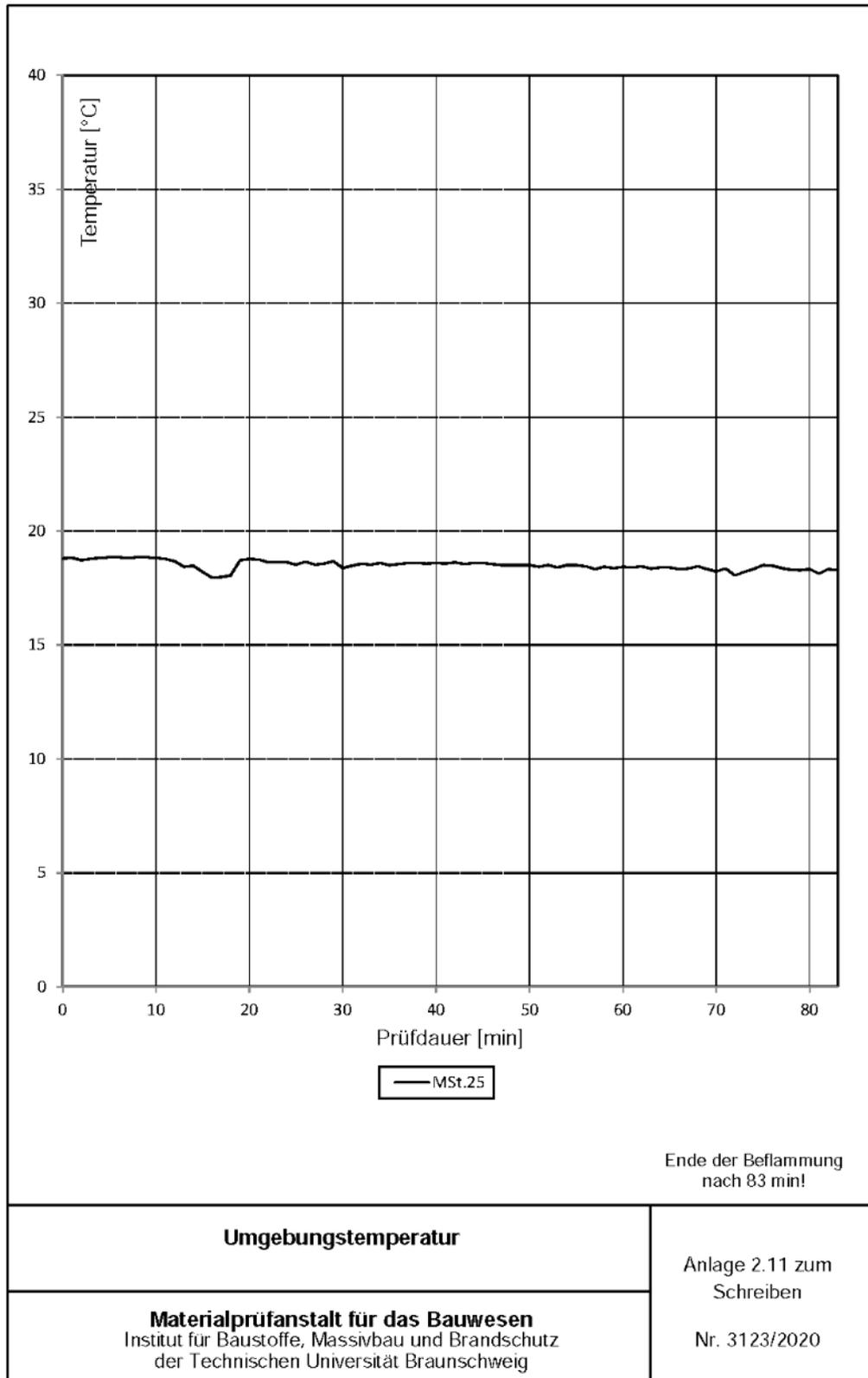












Prüfdauer (min)	Seite (*)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 28.01.2020
1-2	F	Mehrfaches, deutlich hörbares „Ploppen“. Die Stahlbleche lösen sich vom Mineralwollkern.
4	F	Die Stoßfugen der Sandwichpaneele sind weit geöffnet und am Rand schwarz gefärbt. Es treten Flammen aus den geöffneten Fugen aus. Die Bleche sind stark in den Brandraum gewölbt. Die Beschichtung der Paneele weist Risse auf und blättert im Randbereich der Paneele ab.
10	F	Die Paneele sind wieder weiß gefärbt. Flammenaustritt aus den geöffneten Fugen ist zum Erliegen gekommen.
	A	Die Wand ist in Probekörpermitte leicht in den Brandraum gewölbt.
20	F	Die Öffnungen der Stoßfugen sind geweitet. Die Wölbung der Bleche in den Brandraum hat zugenommen.
30	F/A	Keine wesentlichen Veränderungen beobachtet.
60	F/A	Keine wesentlichen Veränderungen beobachtet.
68	A	Die Stoßfuge im Bereich der Mst. 16/17 wölbt sich in den Brandraum.
75	A	Die Wölbung der Stoßfuge im Bereich der Mst. 16/17 hat zugenommen.
79	A	Erste unzulässige Temperaturüberschreitung im Bereich der Mst. 16
81	A	Die Mst. 16 und Mst. 17 lösen sich leicht vom Probekörper.
83		Ende der Beflammung. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.

*) F: Feuerseite
 A: Abgewandte Seite

Skizze des Probekörpers:

Beobachtungen	Anlage 2.12 zum Schreiben
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	Nr. 3123/2020

ENDE Schreiben

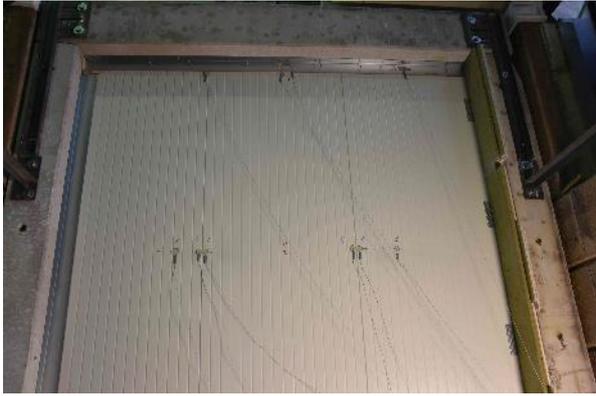


Abb. 12.1: Außenansicht



Abb. 12.2 Deckenanschluss und freier Rand



Abb. 12.3: Fugen schwarz verfärbt und in den Brandraum gewölbt (4')



Abb. 12.4: Risse in der Beschichtung und Ablättern im Randbereich (5')



Abb. 12.5: Paneele sind wieder weiß gefärbt (10')

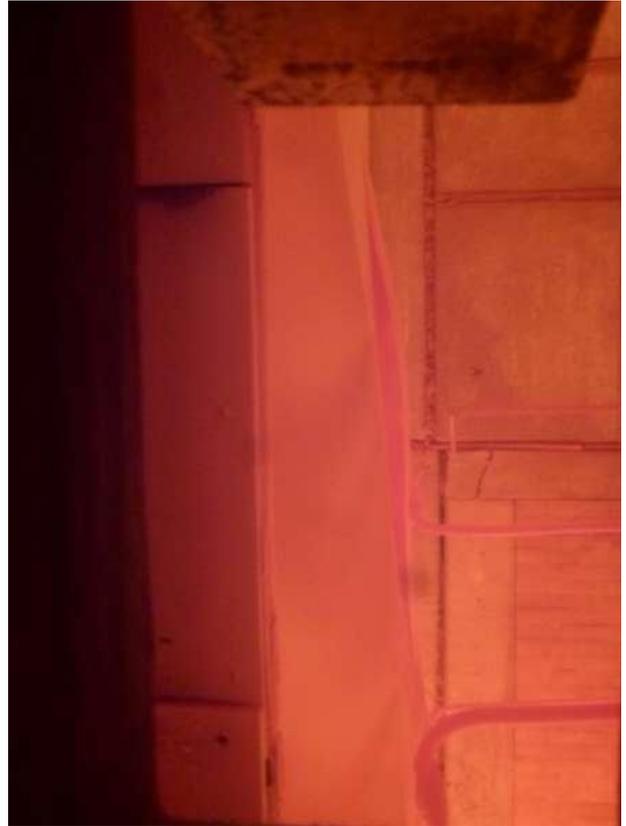


Abb. 12.6: Öffnung der Stoßfugen geweitet und in den Brandraum gewölbt (25')

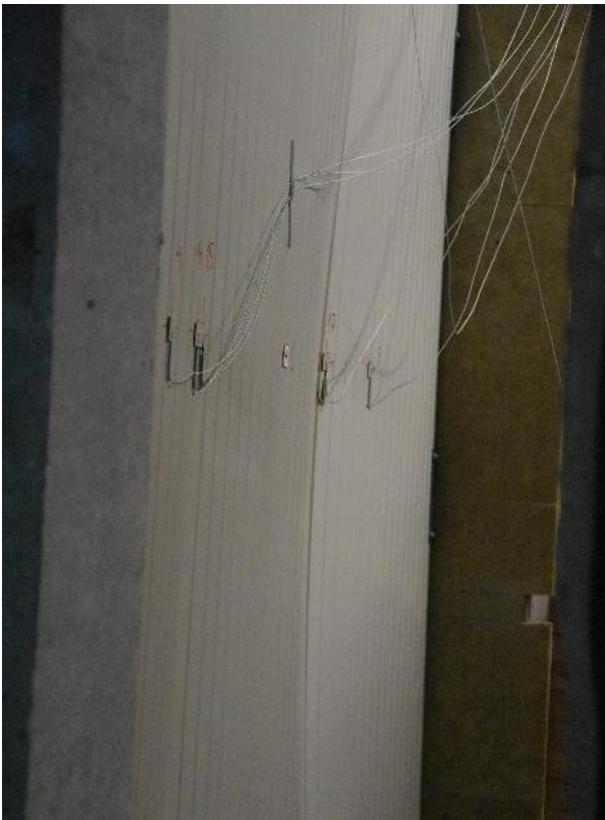


Abb. 12.7: Stoßfuge im Bereich Mst. 16/17 in den Brandraum gewölbt (68')



Abb. 12.8: Die Mst. 16/17 lösen sich leicht vom Probekörper



Institut für Baustoffe,
Massivbau und Brandschutz | Materialprüfanstalt
für das Bauwesen

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

European Association for Panels and Profiles
Herrn Dr.-Ing. Ralf Podleschny
Europark Fichtenhain A 13 a
47807 Krefeld

Schreiben **3128/2020**

Unsere Zeichen: (2102/186/19)-Bo
Kunden-Nr.: 2203
Auftrag vom: 23.09.2019
Sachbearbeiter: Herr Bott
Abteilung: BS
Kontakt: 0531-391-8243
 n.bott@bmb.tu-bs.de

Ihre Zeichen: Herr Podleschny

Datum: 02.04.2020

Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 i. V. m. DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben: „Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“

20 Anlagen

Sehr geehrter Herr Dr.-Ing. Podleschny,

am 11.02.2020 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 100 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit den Abmessungen B x H = 3 m x 6 m mit Nut- und Federausbildung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 100“ als vertikal verlegtes Einfeldträgersystem nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergebnissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

i. A.
Nikolaus Bott, M. Sc.
Sachbearbeiter

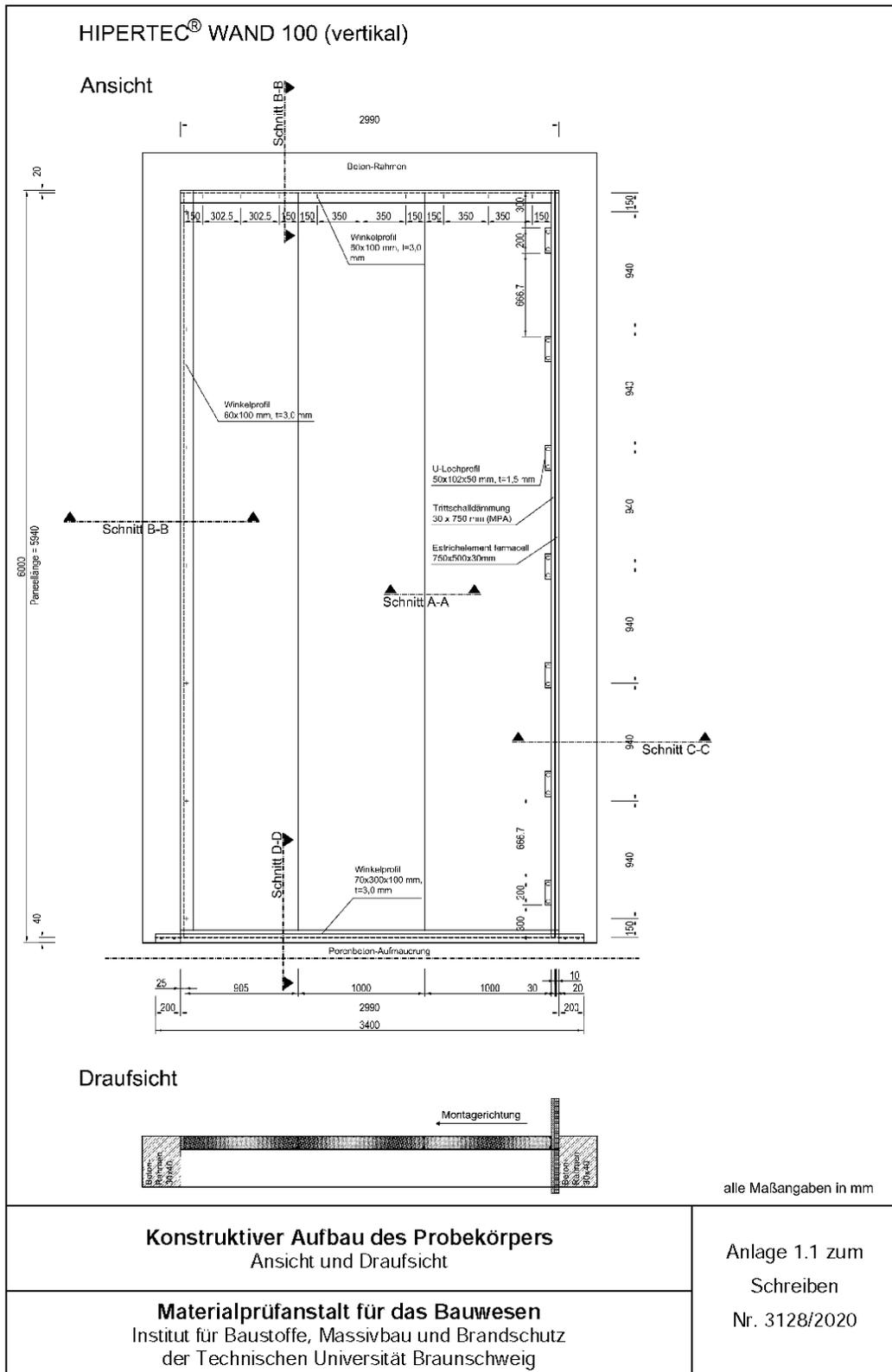
Das Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig

Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

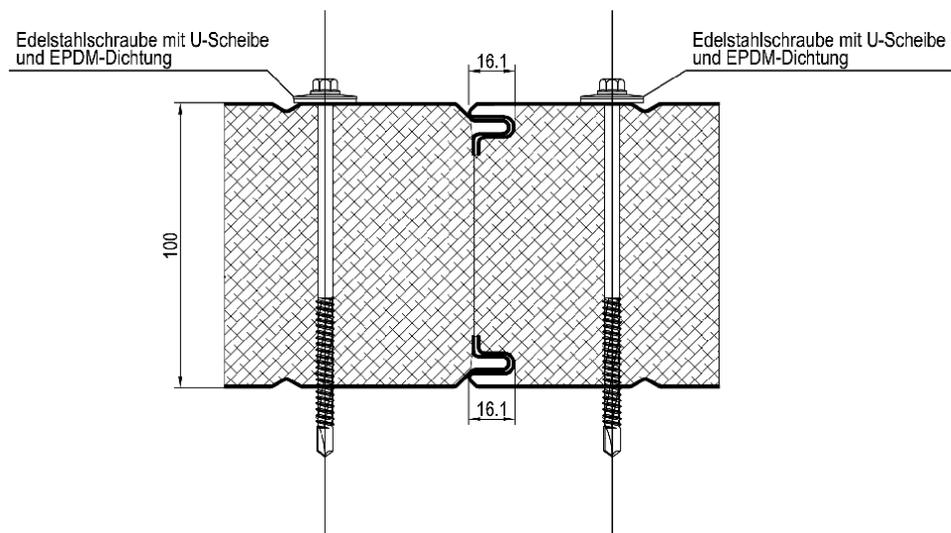
Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5900
info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE88 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NQLADE2H
USt-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/201/22859

Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung



HIPERTEC® WAND 100 (vertikal)
Schnitt A-A
Fugenquerschnitt

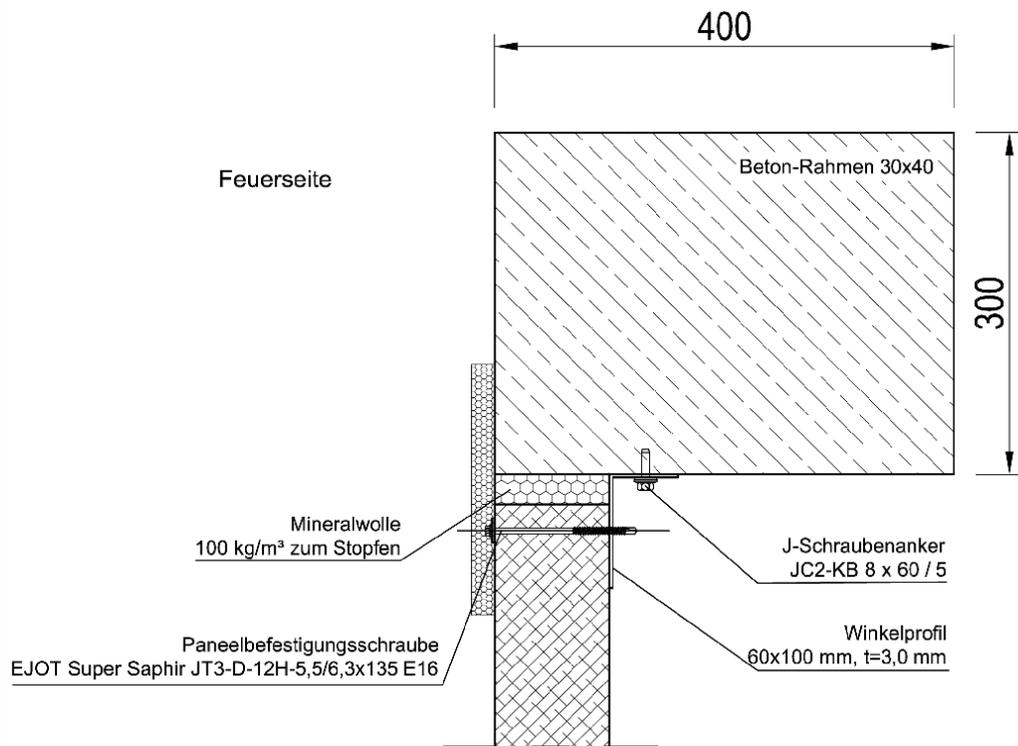


Hipertec® WAND	100 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralwolle, ROCKWOOL

alle Maßangaben in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Schnitt A-A	Anlage 1.2 zum Schreiben Nr. 3128/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

HIPERTEC[®] WAND 100 (vertikal)
Schnitt B-B
Fester Wand- bzw- Deckenanschluss

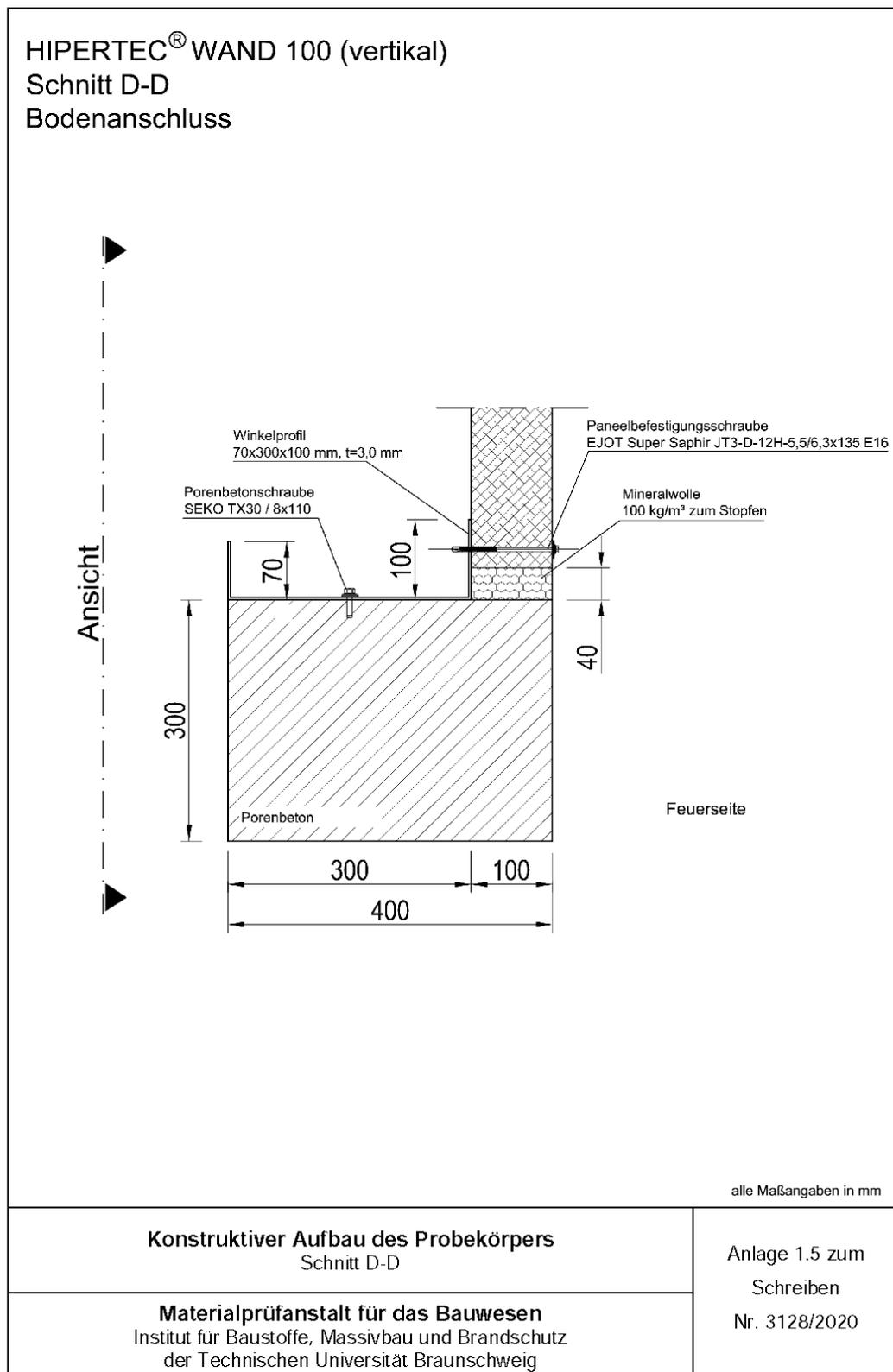


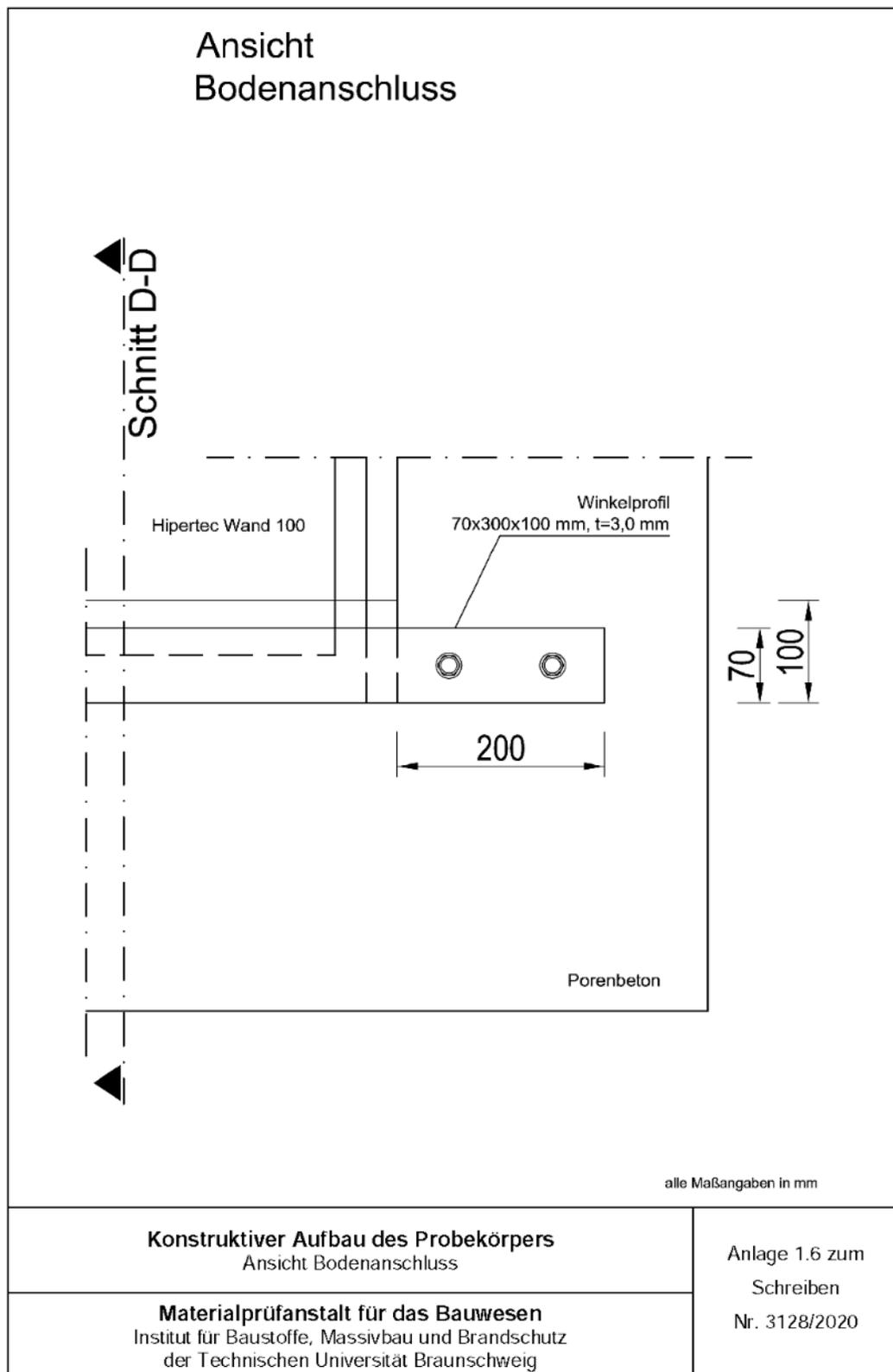
alle Maßangaben in mm

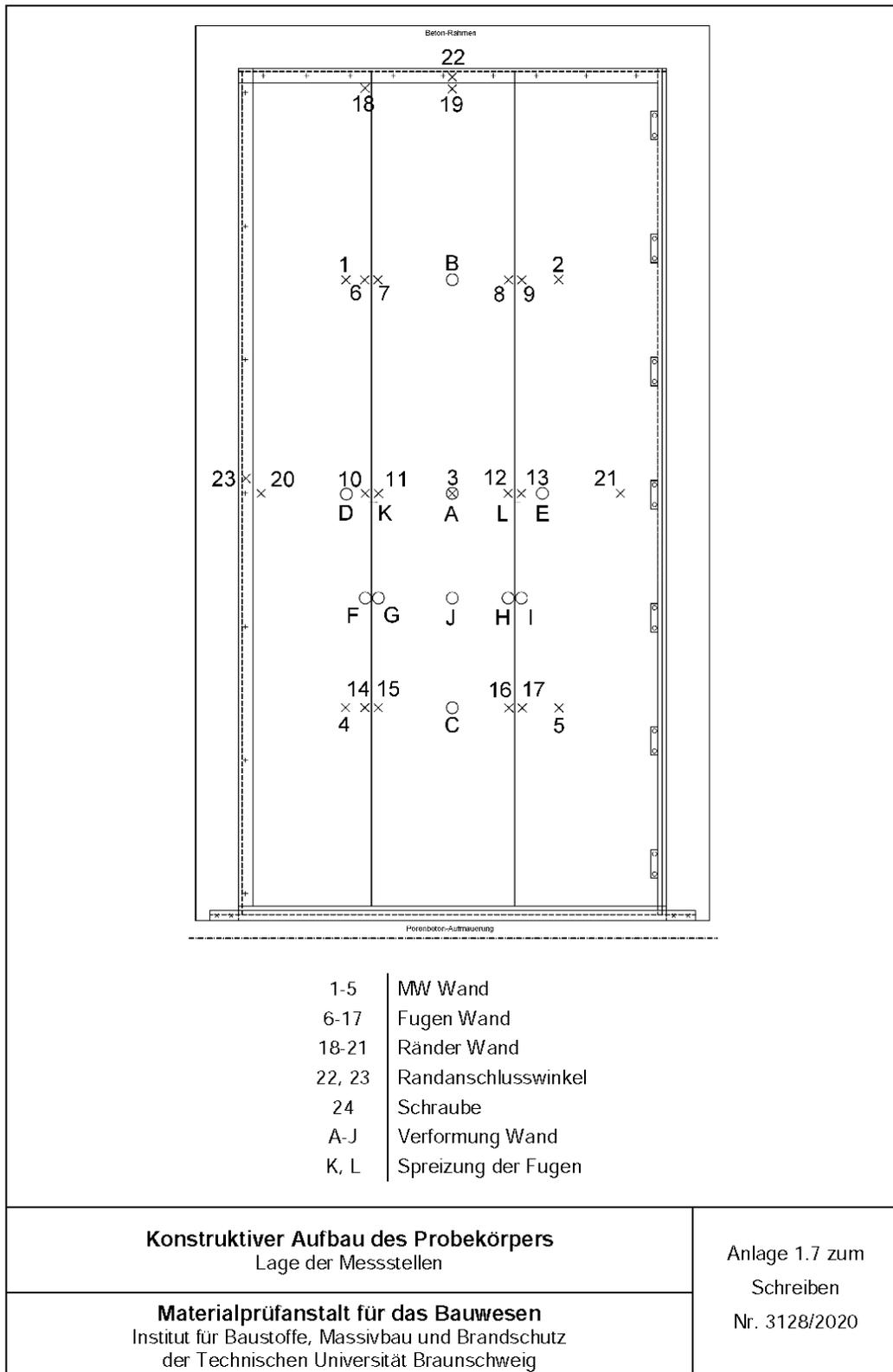
Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt B-B

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

Anlage 1.3 zum
Schreiben
Nr. 3128/2020



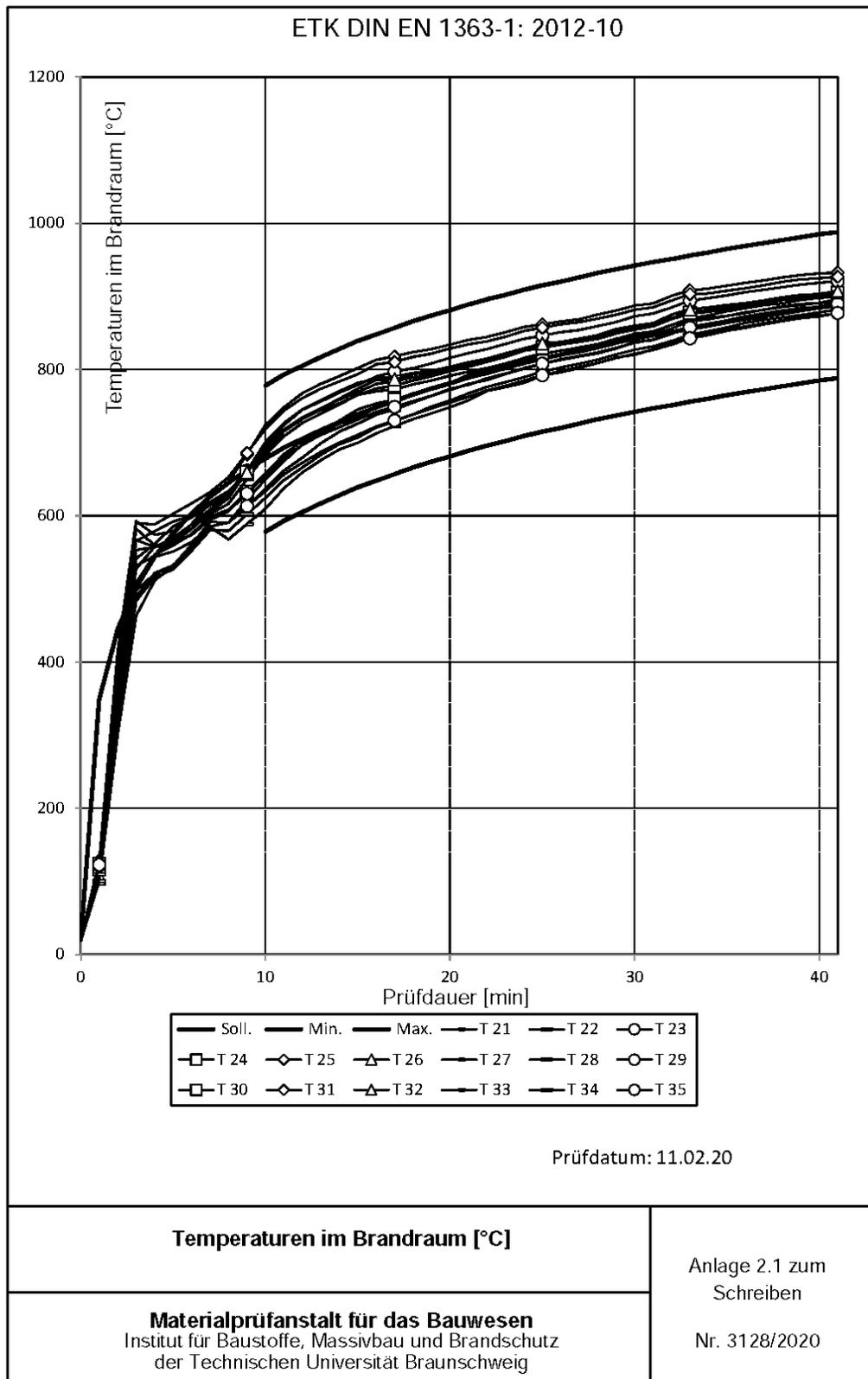


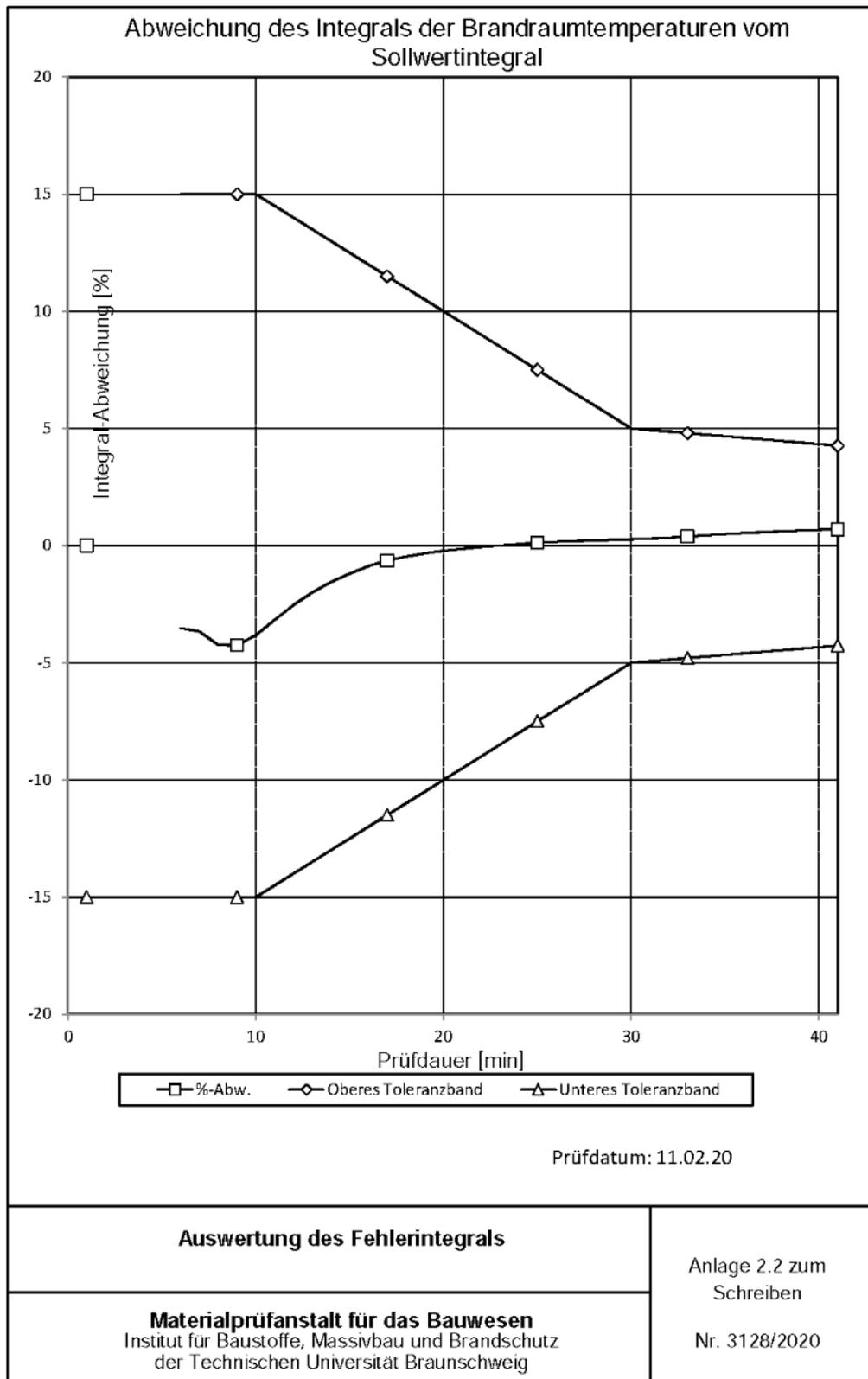


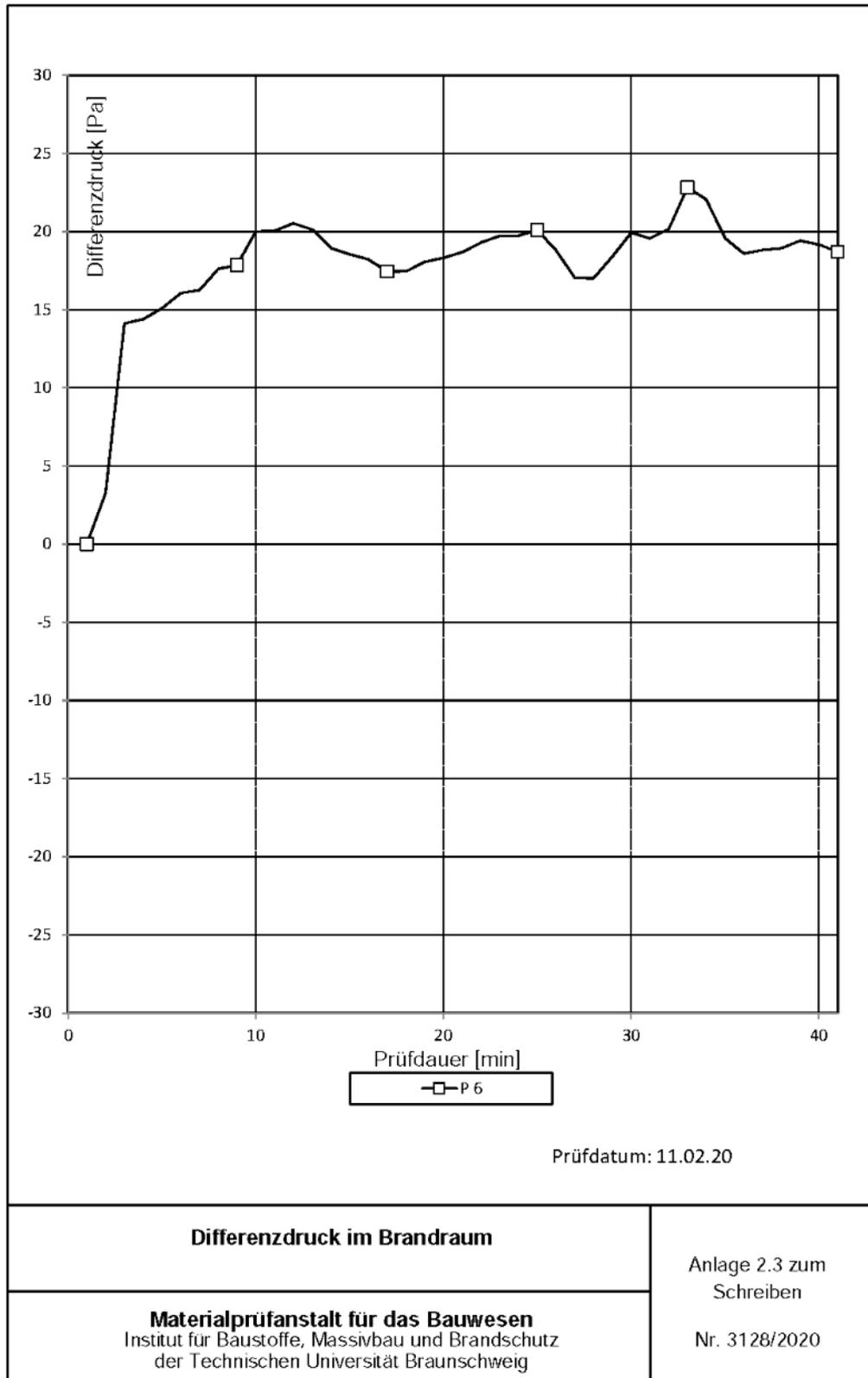
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächengewichte	Rohdichte	Feuchtigkeitsgehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichelement „HIPERTEC®“, L x H = 1000 mm x 5940 mm nach DIN EN 14509 Bauartengenehmigung Z-10.49-517 Anwendungszulassung Z-19.52-2096	Metecno Bausysteme GmbH	100	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A2-s1-d0</u> : gem. DIN EN 13501-1
Rockwool „Spanrock L“ als Mineralwolle-Kern der Sandwichelemente DoP No RW-PL/G-DoP-0606/CMB/14/w1	Rockwool Polska Sp. z. o.o. Cigacice (Poland)	~ 100	11,1	112,4	0,4	<u>A1</u> : gem. EN 13501-1
Steinwolle „Floorrock SE“ Trittschalldämmplatte Leistungserklärung Nr.: DE0185041701	Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG	20	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A1</u> : gem. DIN EN 13501-1
Blakite Air Setting Mortar	Morgan Advanced Materials plc, Windsor (UK)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)
Sonstige Stahlbauteile	-	-	-	-	-	<u>A1</u> : gem. DIN 4102-4

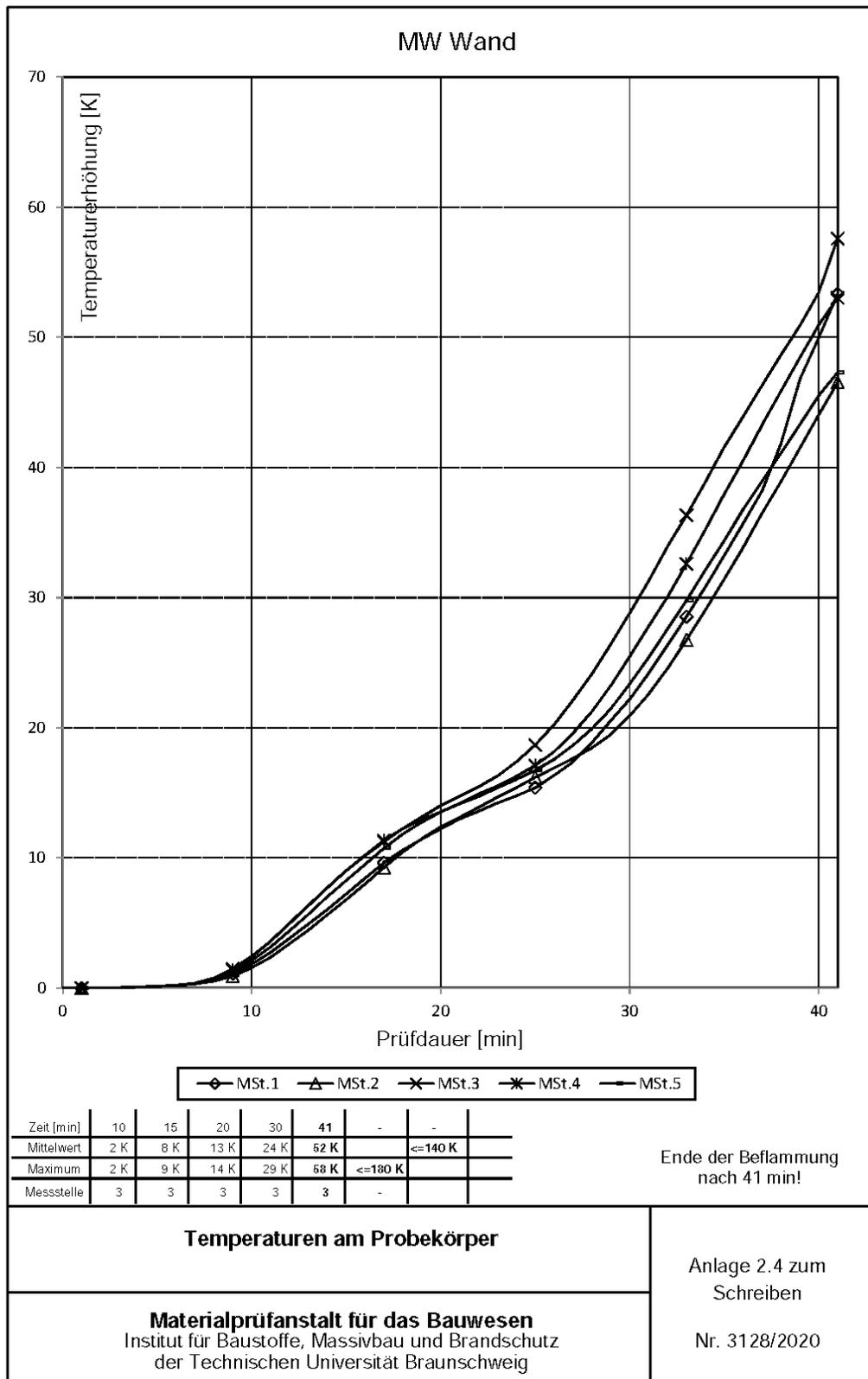
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

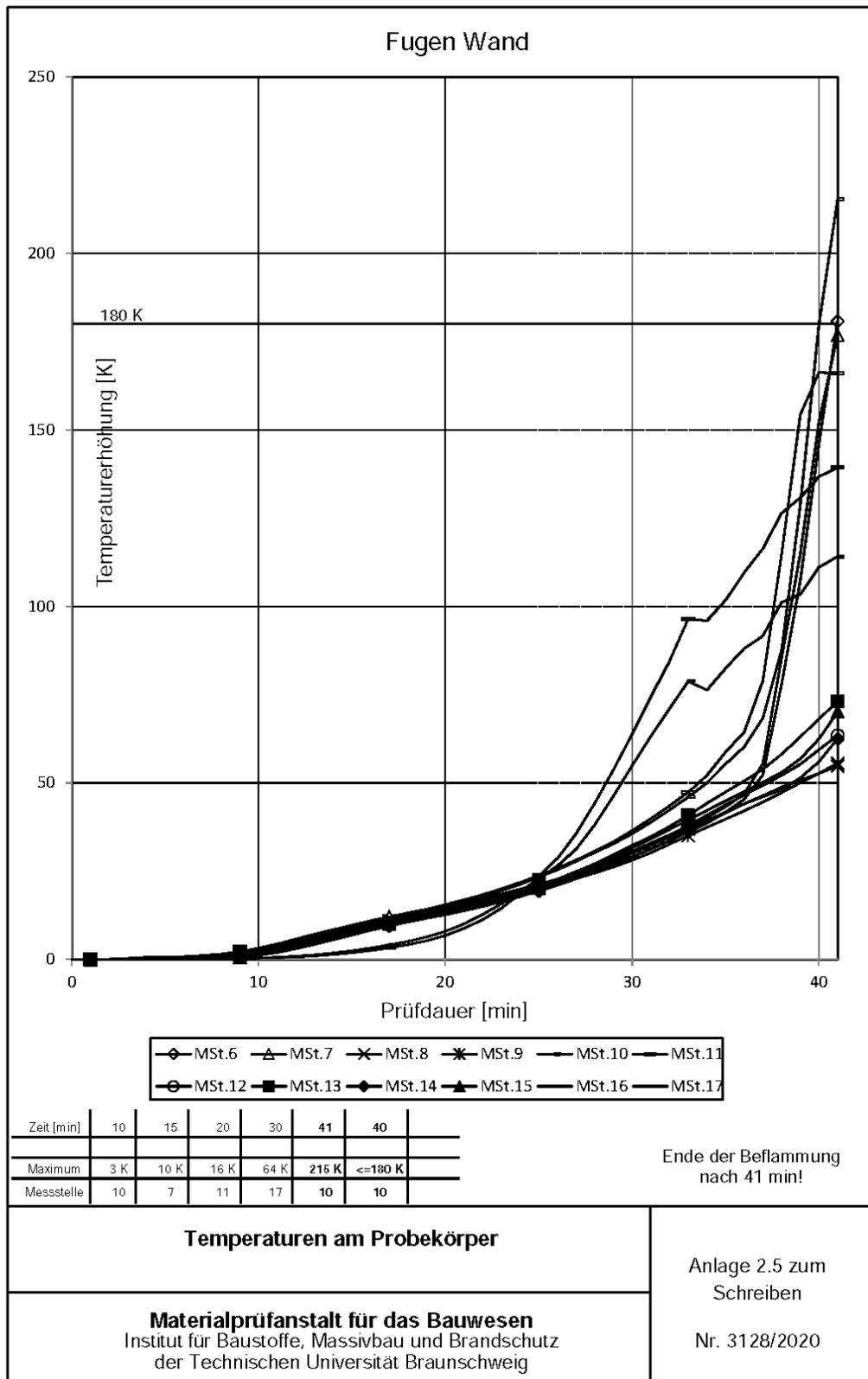
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.8 zum Schreiben Nr. 3128/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

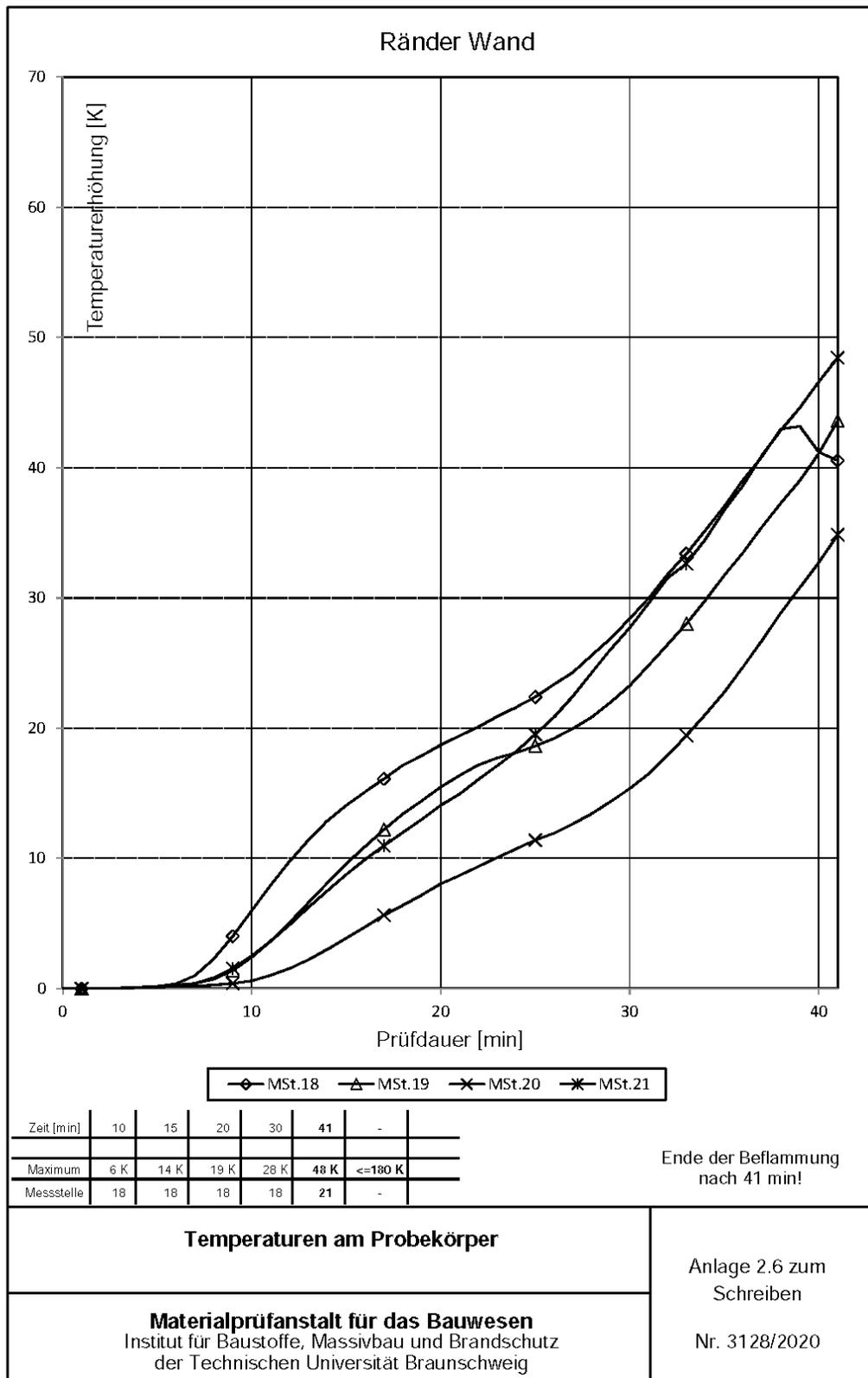


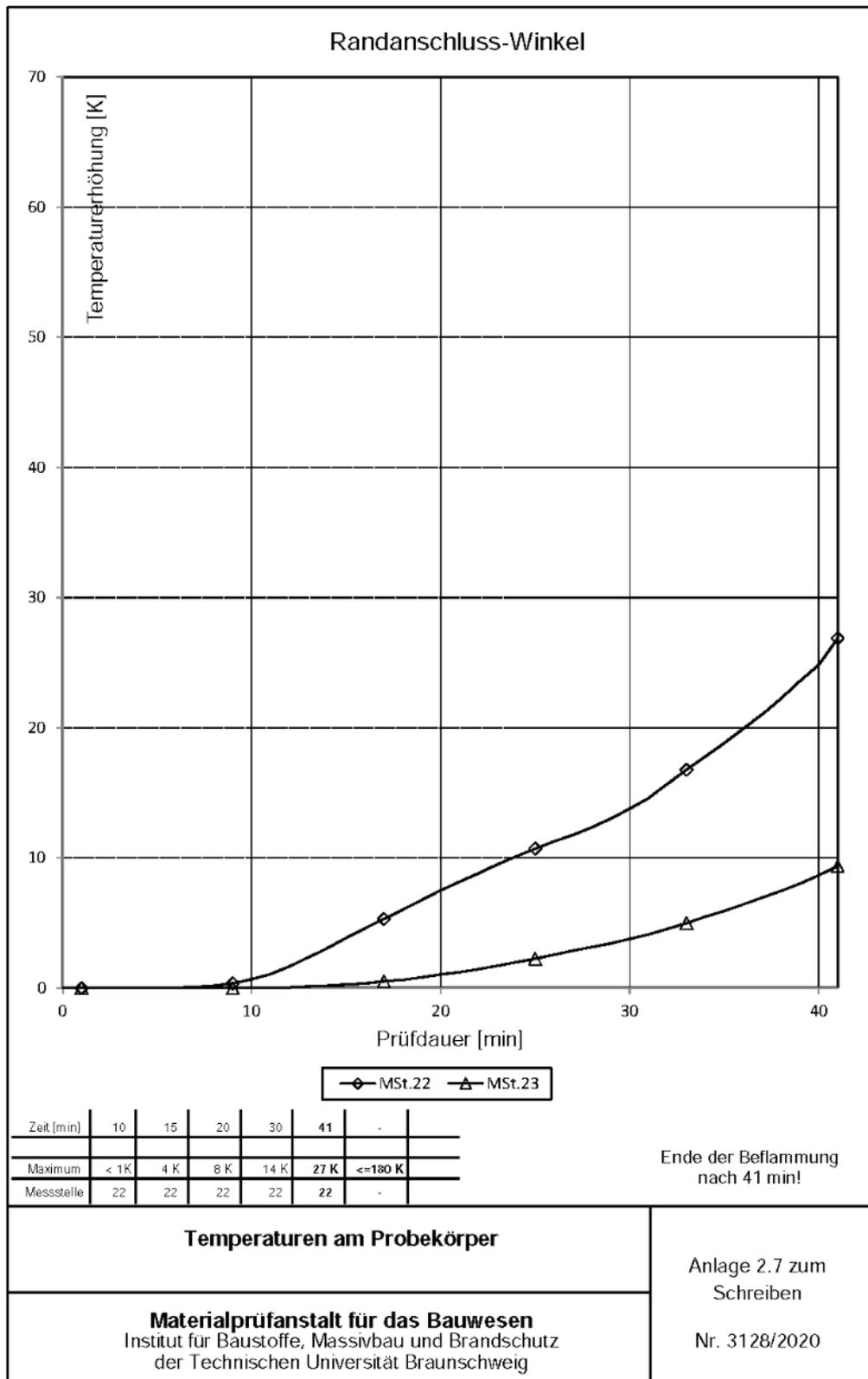


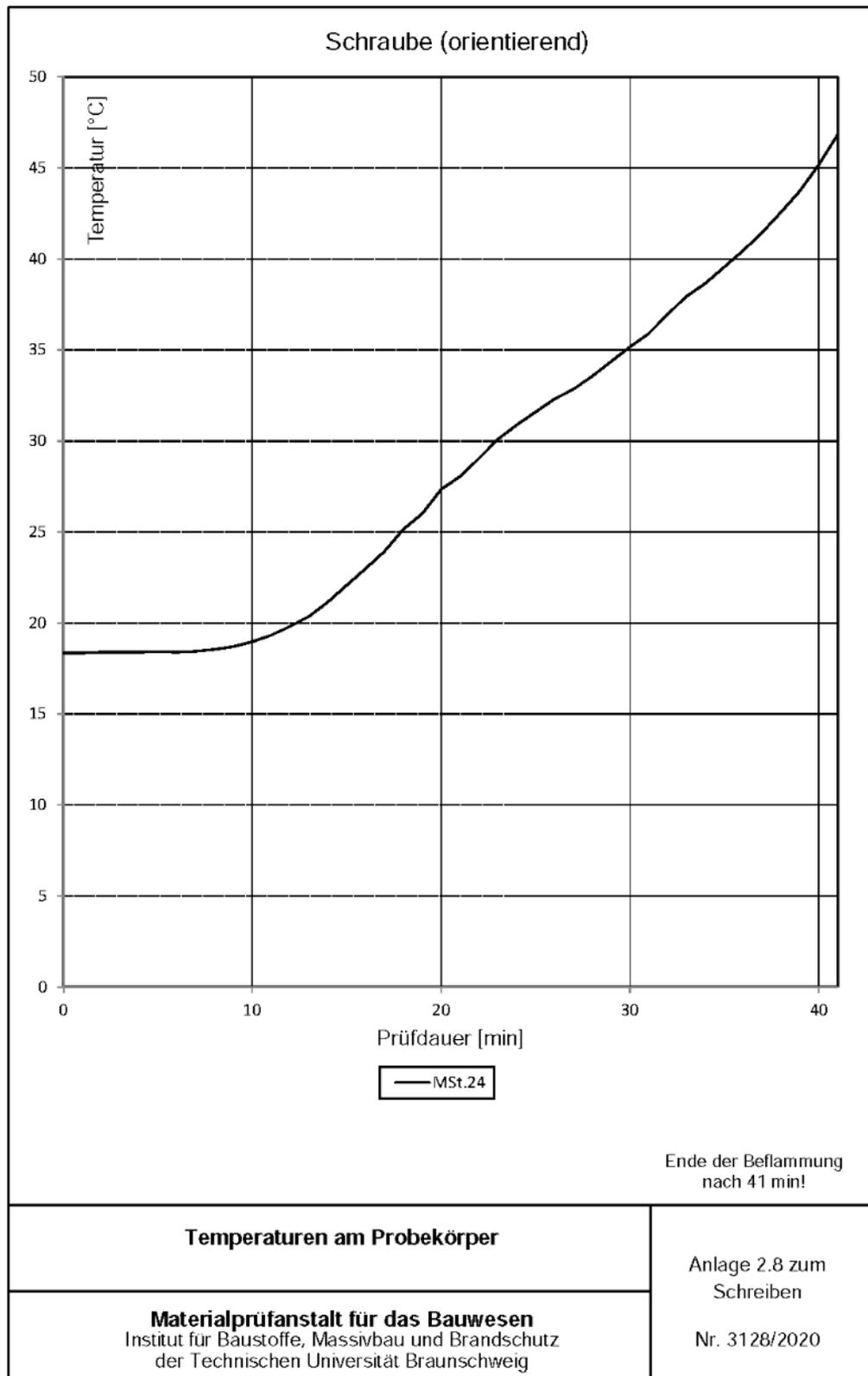


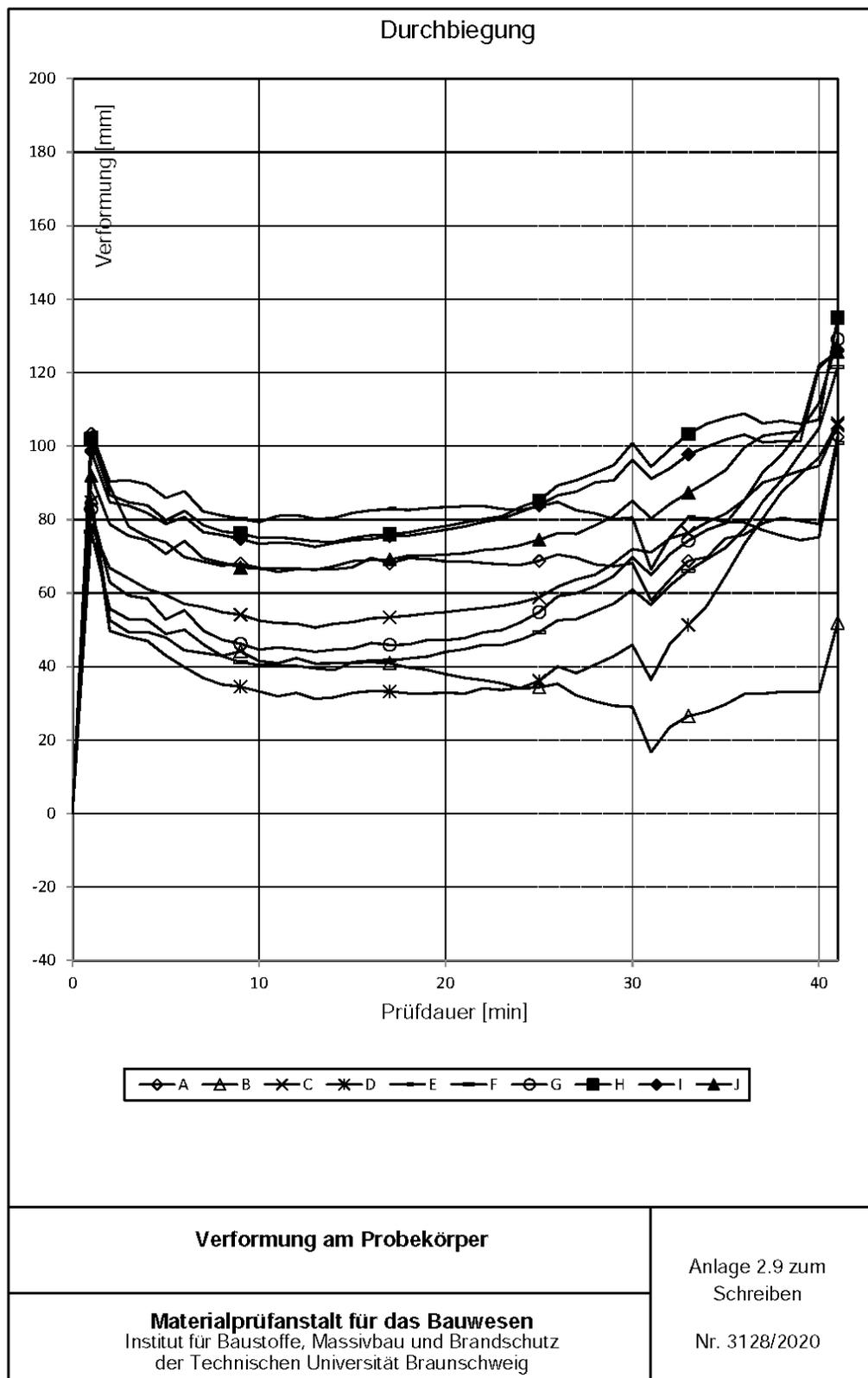


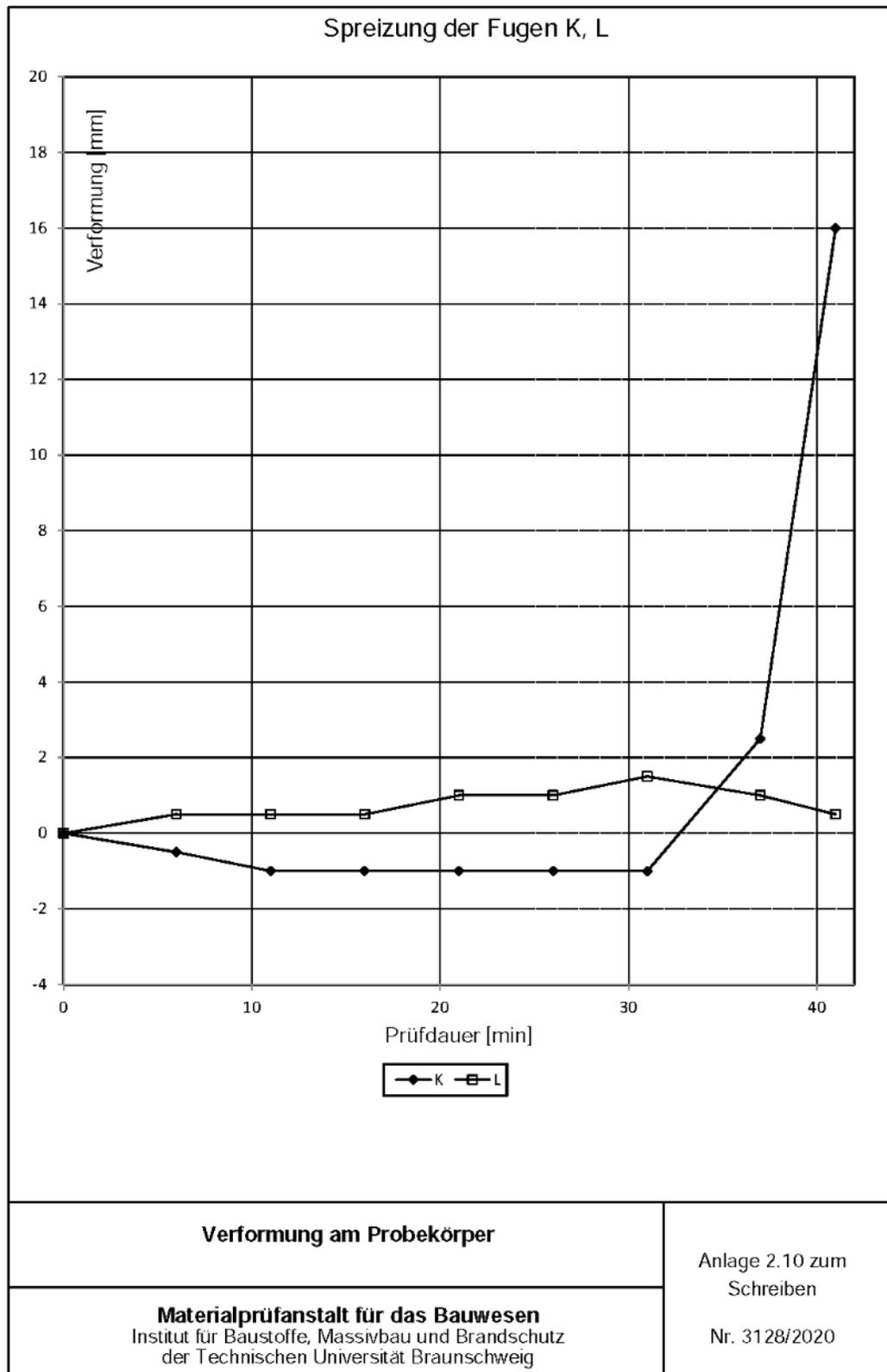


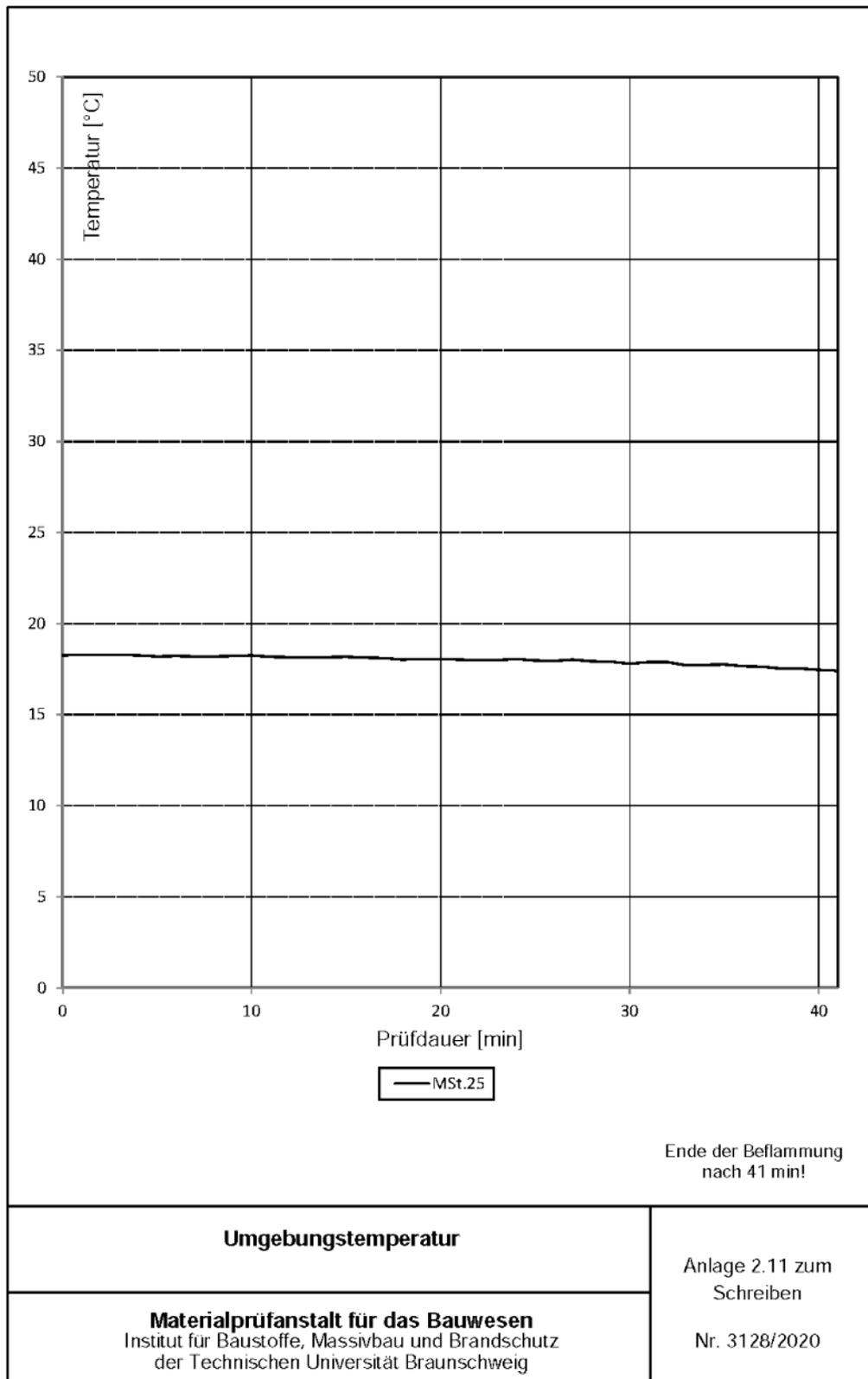












Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 11.02.2020
1-2	F	Mehrfaches „Ploppen“ hörbar. Die Bleche lösen sich von der Mineralwolle und verformen sich.
4	A	Die Wand ist deutlich, segelförmig in Richtung Brandraum gewölbt.
	F	Die Stoßfugen der Paneele sind weit geöffnet. Aus den Öffnungen treten Stoßartig Flammen aus. Die Ränder der Paneele sind schwarz gefärbt.
6	F	Die Oberflächenbeschichtung der Paneele weist netzartige Risse auf.
10	F	Die Stoßfugen der Paneele sind sehr stark geweitet bzw. geöffnet. Die Ränder der Paneele sind in Wandmitte stark in den Brandraum gewölbt. Es treten keine Flammen mehr aus im Bereich der Stoßfugen.
17	A	Die Wölbung der Wand in Richtung Brandraum hat leicht zugenommen.
19	F	Die Verformung der Bleche nimmt weiter zu.
	A	Leichter Rausaustritt am freien Rand im oberen Viertel des Probekörpers.
31	A	Die Fuge im Bereich der Mst. 16/17 wölbt sich leicht in Richtung Brandraum und weitet sich leicht.
36	A	Die Fuge zwischen den Mst. 6/7 und Mst. 10/11 ist in Richtung Brandraum gewölbt und öffnet sich.
37	A	Es kommt zum anhaltenden Flammenaustritt (> 10 Sekunden) im Bereich der Fuge zwischen den Mst. 6/7 und Mst. 10/11.
41	-	Ende der Beflammung. Die Brandprüfung wurde in Absprache mit dem Auftraggeber beendet.
		*) F: Feuerseite A: Abgewandte Seite
Beobachtungen		Anlage 2.12 zum Schreiben
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig		Nr. 3128/2020

ENDE Schreiben



Abb. 13.1: Außenansicht



Abb. 13.2 Detail Boden- und Anschluss linker Rand



Abb. 13.3: Abkantung der Schrauben auf der Feuerseite



Abb. 13.4: Bleche lösen sich von der Mineralwolle und verformen sich (2')

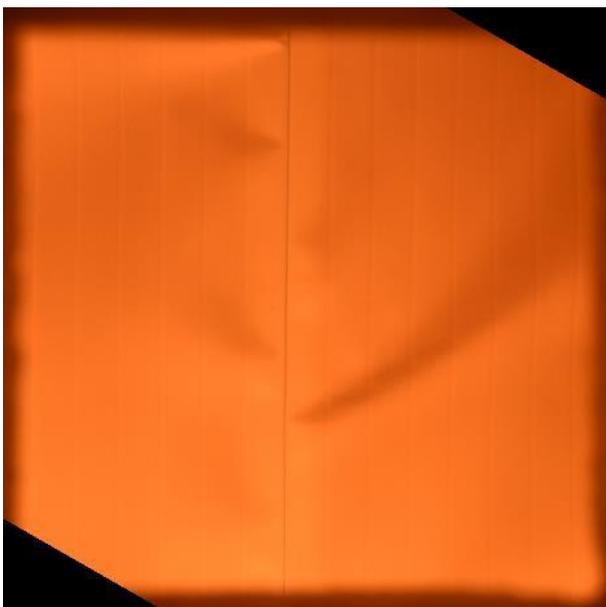


Abb. 13.5: Stoßfugen öffnen sich (2')



Abb. 13.6: Beschichtung der Paneele weist netzartige Risse auf (20')

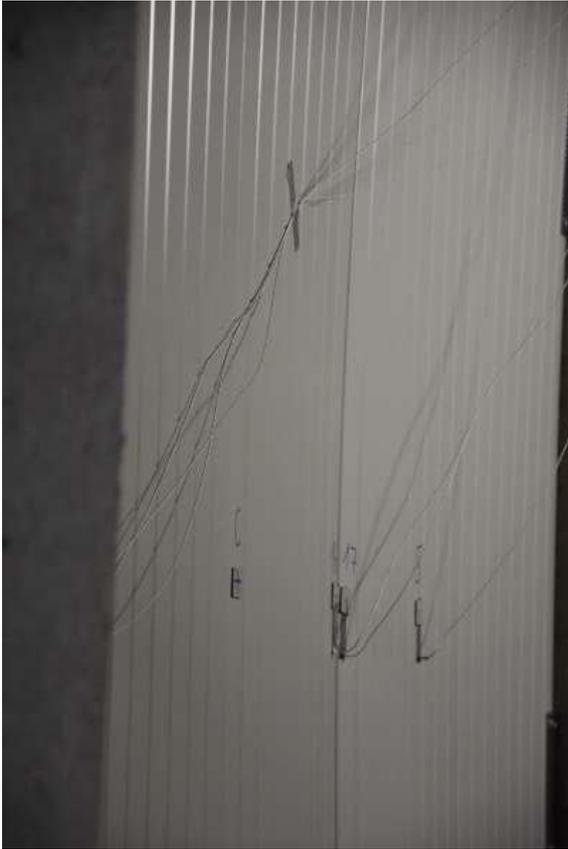


Abb. 13.7: Fuge bei Mst. 16/17 wölbt sich Richtung Brandraum (33')



Abb. 13.8: Fuge bei Mst. 16/17 weitet sich (33')



Abb. 13.9: Fuge zwischen Mst. 6/7 und 10/11 wölbt sich Ri. Brandraum und öffnet sich (36')



Abb. 13.10: Fugenöffnung im Bereich der Mst. 6/7 und 10/11 (37')



**Abb. 13.11: Probekörperansicht nach
Beflammungsende**



Institut für Baustoffe,
Massivbau und Brandschutz | Materialprüfanstalt
für das Bauwesen

Materialprüfanstalt für das Bauwesen · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

European Association for Panels and Profiles
Herrn Dr.-Ing. Ralf Podleschny
Europark Fichtenhain A 13 a
47807 Krefeld

Schreiben **3129/2020**

Unsere Zeichen: (2102/187/19)-Bo
Kunden-Nr.: 2203
Auftrag vom: 23.09.2019
Sachbearbeiter: Herr Bott
Abteilung: BS
Kontakt: 0531-391-8243
 n.bott@bmb.tu-bs.de

Ihre Zeichen: Herr Podleschny

Datum: 02.04.2020

Orientierende Brandprüfung nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 i. V. m. DIN EN 1363-1 : 2012-10 für das Forschungsvorhaben: „Verifizierung der Extrapolationsregeln in DIN EN 15254 Teil 5 für den Feuerwiderstand von Wänden aus selbsttragenden Sandwichelementen“

19 Anlagen

Sehr geehrter Herr Dr.-Ing. Podleschny,

am 12.02.2020 wurde bei der MPA Braunschweig eine orientierende Brandprüfung an einer 100 mm dicken nichttragenden, raumabschließenden Sandwichwandkonstruktion mit den Abmessungen B x H = 3 m x 3 m mit Nut- und Federausbildung aus Sandwichpaneelen „HIPERTEC® Wand 100“ als vertikal verlegtes Einfeldträgersystem nach DIN EN 1364-1 : 2015-09 in Verbindung mit DIN EN 1363-1 : 2012-10 durchgeführt.

In den Anlagen zu diesem Schreiben finden Sie den konstruktiven Aufbau des Probekörpers, die Auswertung der während der Brandprüfung aufgezeichneten Daten sowie die Beobachtungen.

Schlussfolgerungen werden nicht gezogen. Veröffentlichungen und die Weitergabe von Prüfergebnissen, auch auszugsweise, sowie Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig.

Mit freundlichen Grüßen

i. A.
Nikolaus Bott, M. Sc.
Sachbearbeiter

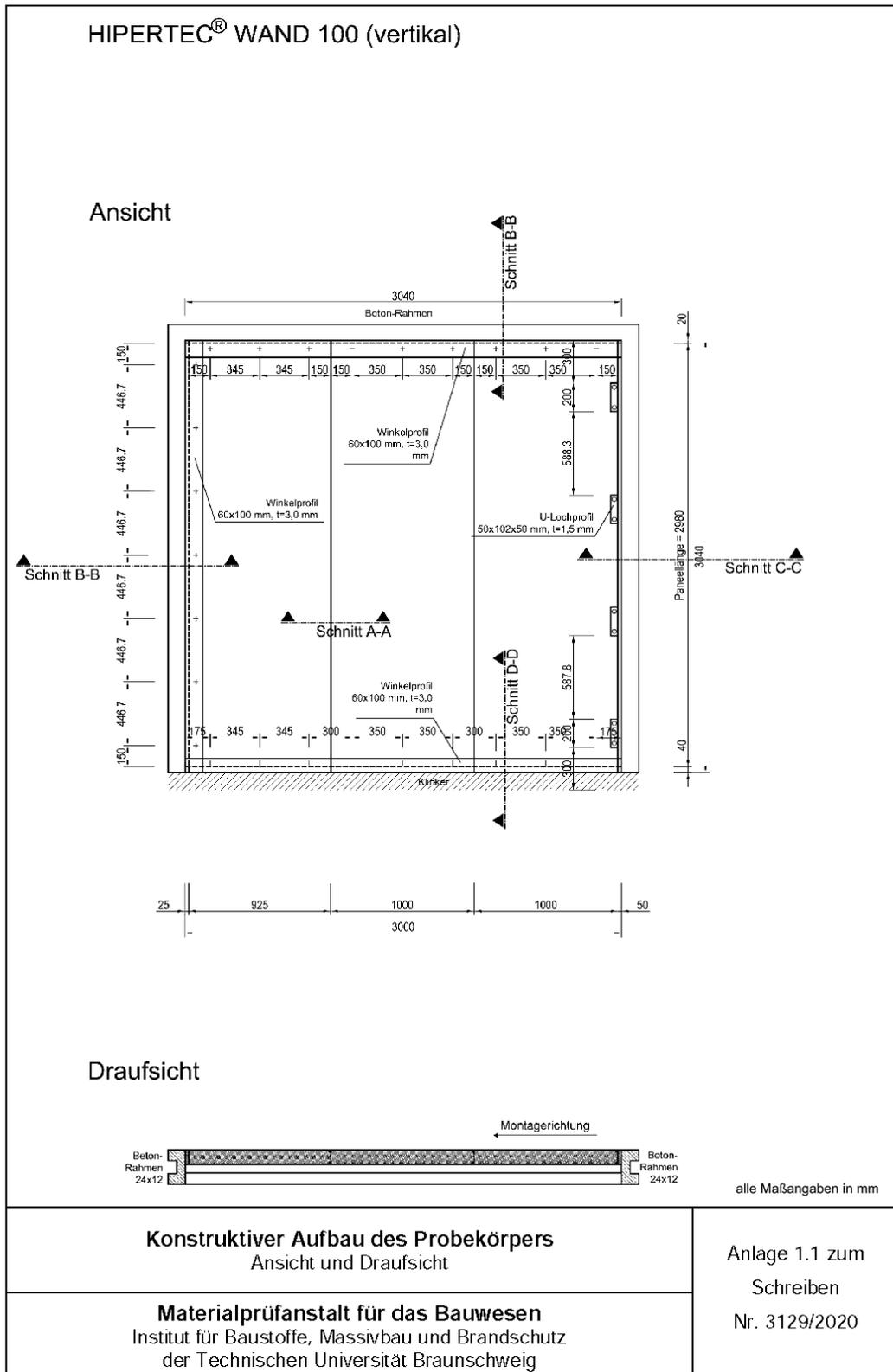
Das Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig

Materialprüfanstalt für das
Bauwesen (MPA BS)
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

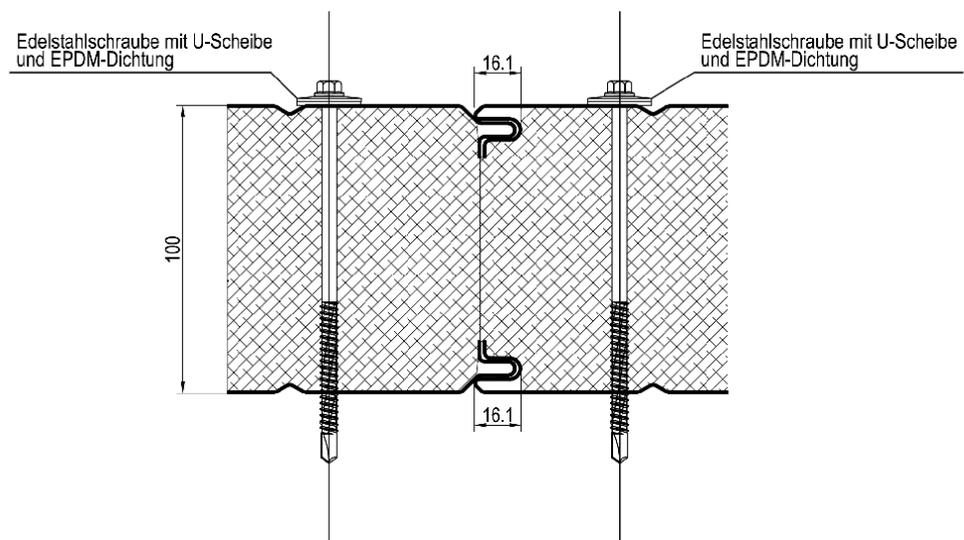
Fon +49 (0)531-391-5400
Fax +49 (0)531-391-5900
info@mpa.tu-bs.de
www.mpa.tu-bs.de

Norddeutsche LB Hannover
IBAN: DE58 2505 0000 0106 0200 50
BIC: NQLADE2H
USt-ID-Nr. DE183500654
Steuer-Nr.: 14/201/22859

Notified body (0761-CPR) -
Bauaufsichtlich anerkannt für Prüfung,
Überwachung und Zertifizierung sowie
notifiziert für Prüfung und Zertifizierung



HIPERTEC® WAND 100 (vertikal)
Schnitt A-A
Fugenquerschnitt

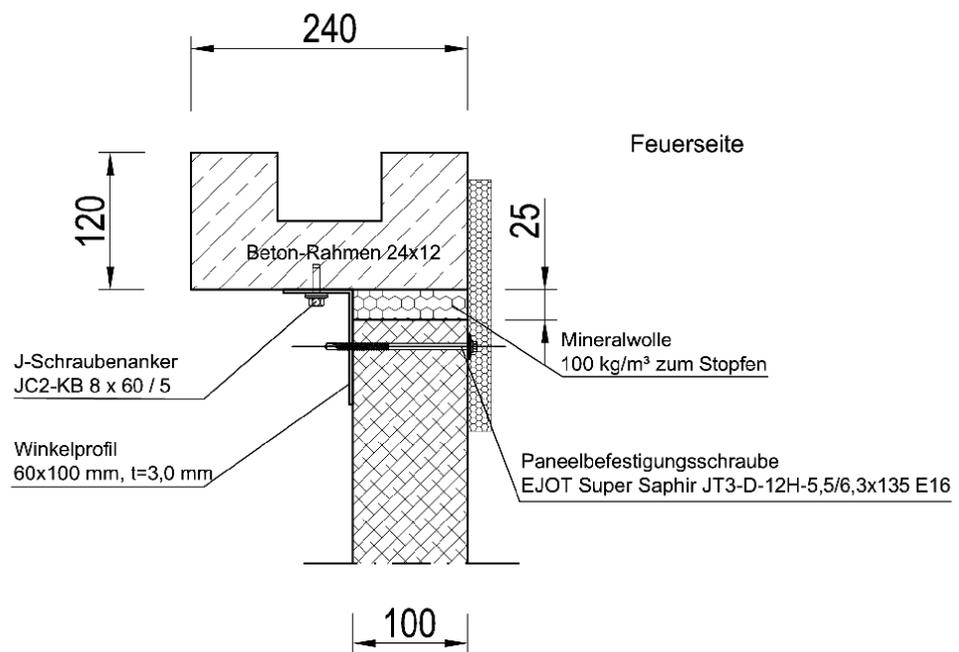


Hipertec® WAND	100 mm
Stahlblech-Deckschalen außen / innen	0,60 / 0,60 mm
Beschichtung	25µm Polyester
Kernmaterial	Mineralwolle, ROCKWOOL

alle Maßangaben in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers Schnitt A-A	Anlage 1.2 zum Schreiben Nr. 3129/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

HIPERTEC® WAND 100 (vertikal)
Schnitt B-B
Fester Wand- bzw- Deckenanschluss



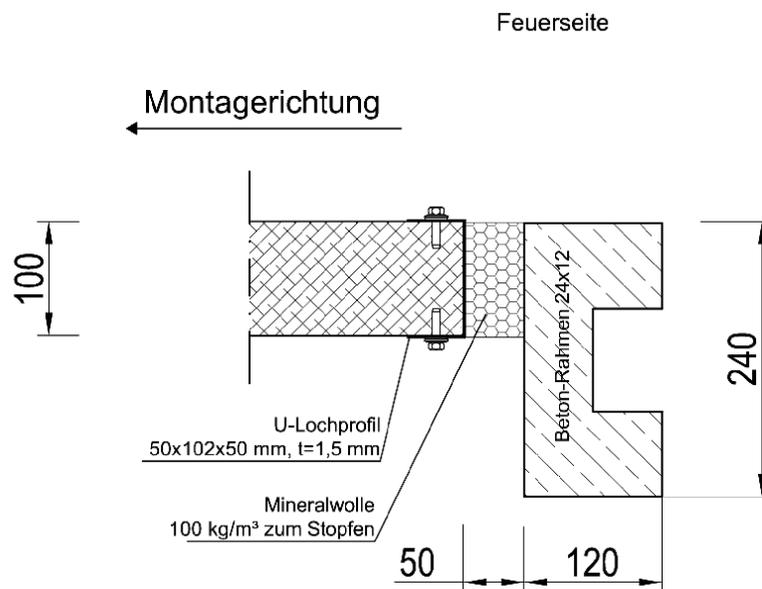
alle Maßangaben in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt B-B

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

Anlage 1.3 zum
Schreiben
Nr. 3129/2020

HIPERTEC[®] WAND 100 (vertikal)
Schnitt C-C
Freier Randanschluss



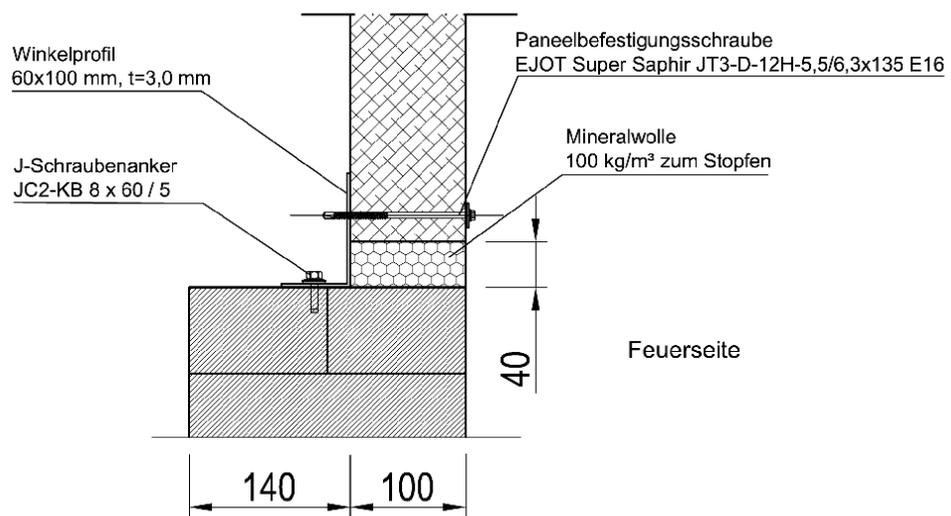
alle Maßangaben in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt C-C

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

Anlage 1.4 zum
Schreiben
Nr. 3129/2020

HIPERTEC® WAND 100 (vertikal)
Schnitt D-D
Bodenanschluss

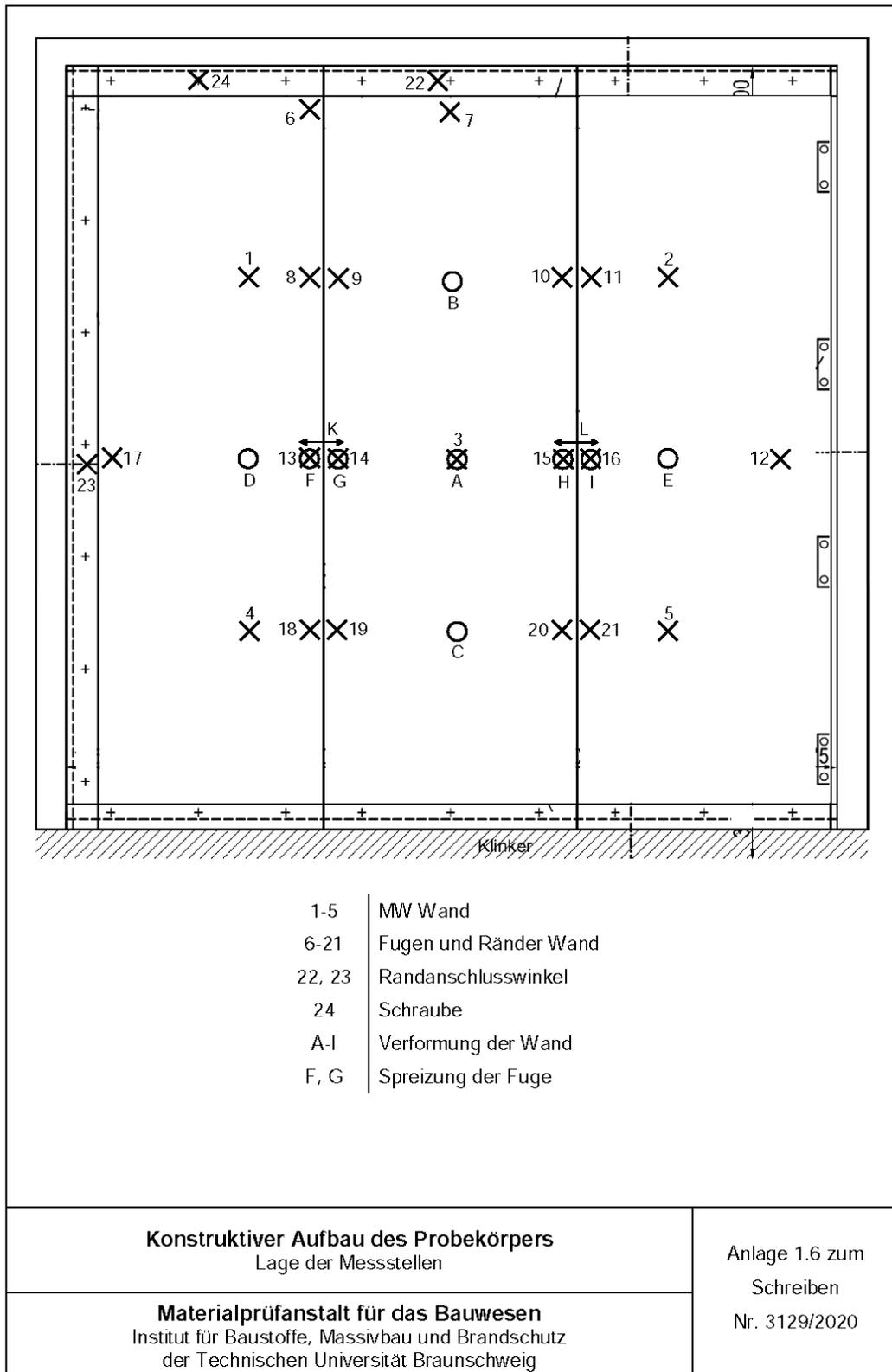


alle Maßangaben in mm

Konstruktiver Aufbau des Probekörpers
Schnitt D-D

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

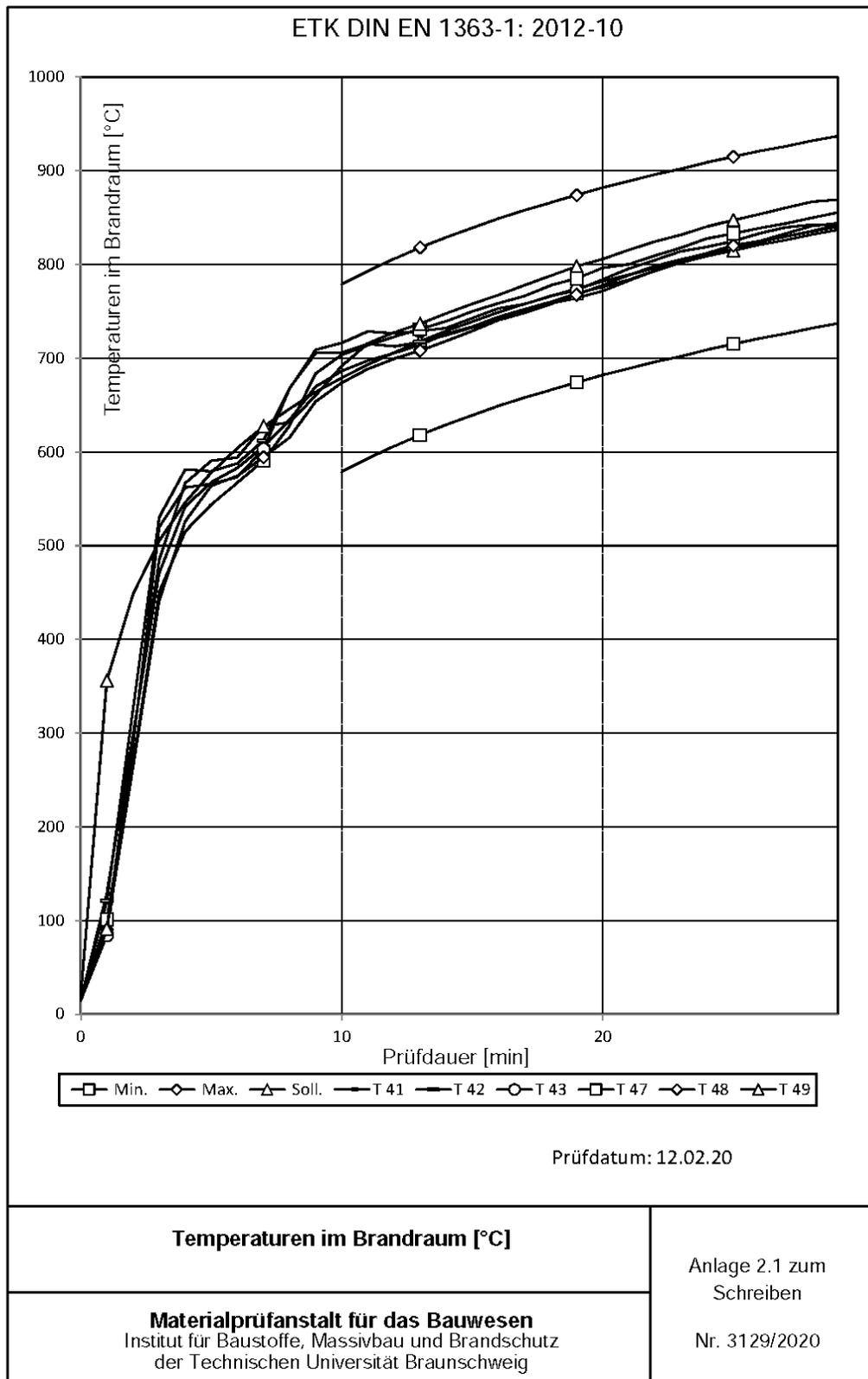
Anlage 1.5 zum
Schreiben
Nr. 3129/2020

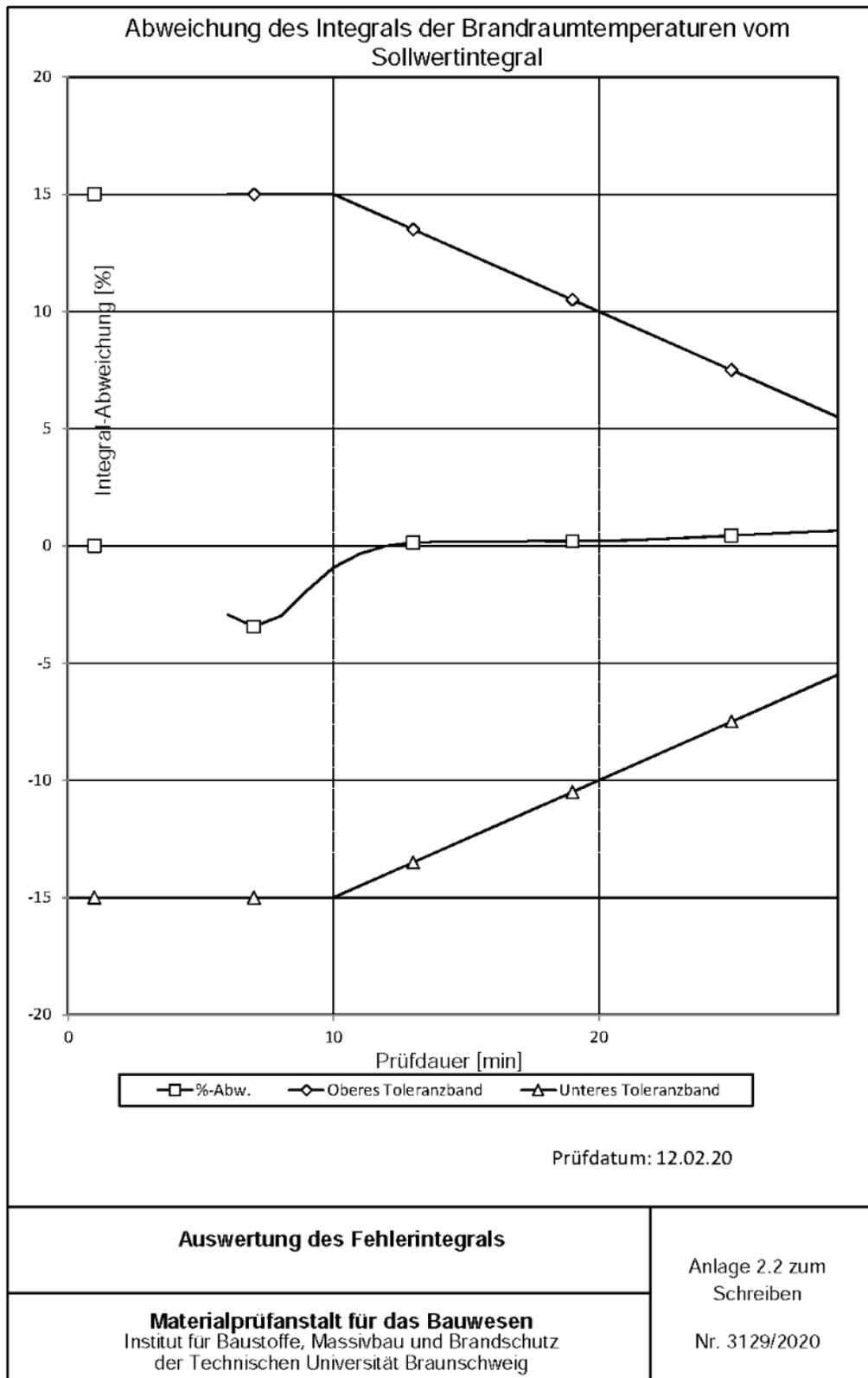


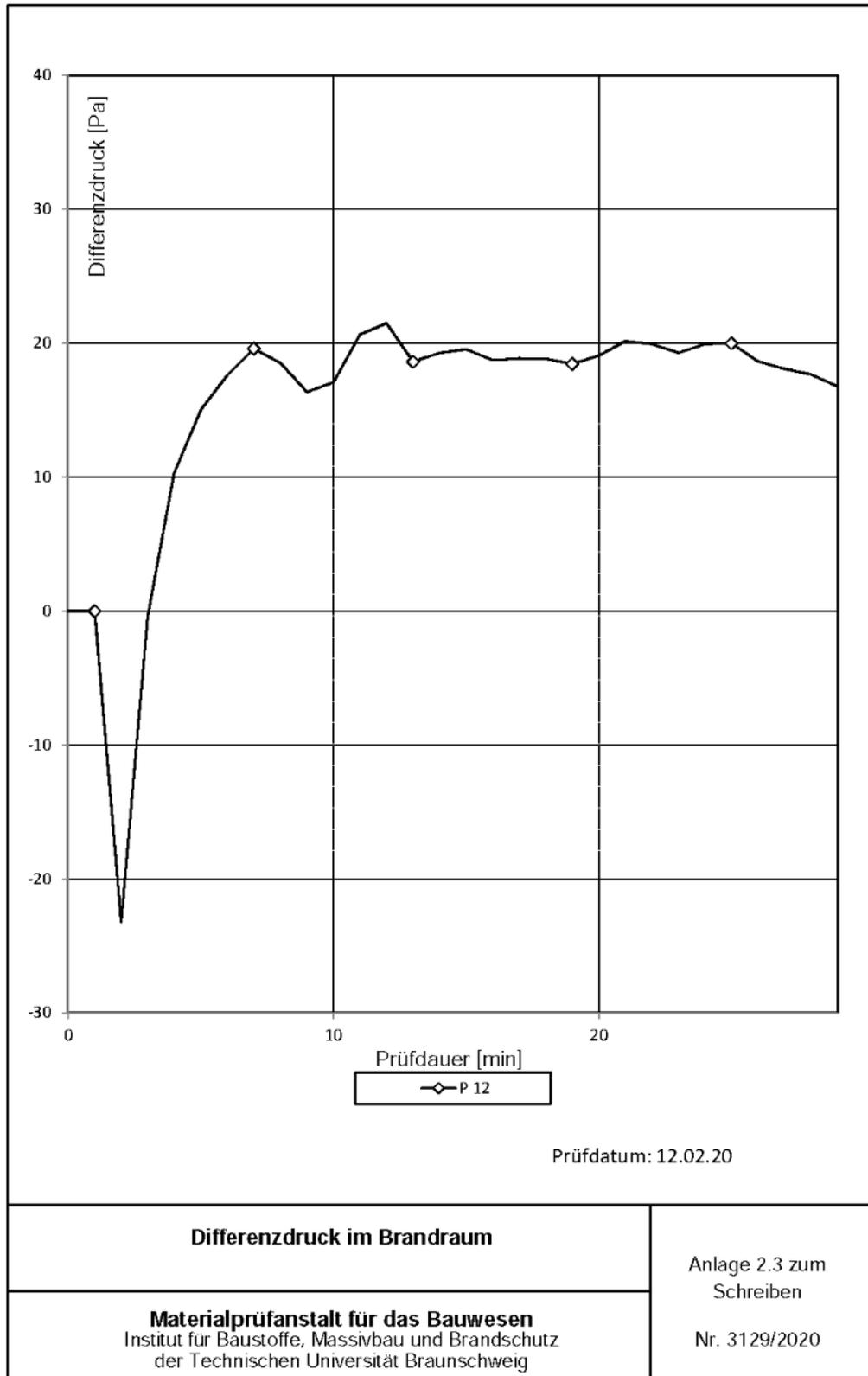
Bezeichnung der Bauprodukte	Herstellerfirma	Dicke ¹⁾	Flächengewichte	Rohdichte	Feuchtigkeitsgehalt ²⁾	Klassifizierung des Brandverhaltens
		mm	im Einbauzustand ¹⁾ kg/m ²	kg/m ³	Gew.-%	
Sandwichelement „HIPERTEC®“, L x H = 1000 mm x 5940 mm nach DIN EN 14509 Bauartengenehmigung Z-10.49-517 Anwendungszulassung Z-19.52-2096	Metecno Bausysteme GmbH	100	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A2-s1-d0</u> : gem. DIN EN 13501-1
Rockwool „Spanrock L“ als Mineralwolle-Kern der Sandwichelemente DoP No RW-PL/G-DoP-0606/CMB/14/w1	Rockwool Polska Sp. z. o.o. Cigacice (Poland)	~ 100	11,1	112,4	0,4	<u>A1</u> : gem. EN 13501-1
Steinwolle „Floorrock SE“ Trittschalldämmplatte Leistungserklärung Nr.: DE0185041701	Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG	20	- 4)	- 4)	- 4)	<u>A1</u> : gem. DIN EN 13501-1
Blakite Air Setting Mortar	Morgan Advanced Materials plc, Windsor (UK)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)	- 3)
Sonstige Stahlbauteile	-	-	-	-	-	<u>A1</u> : gem. DIN 4102-4

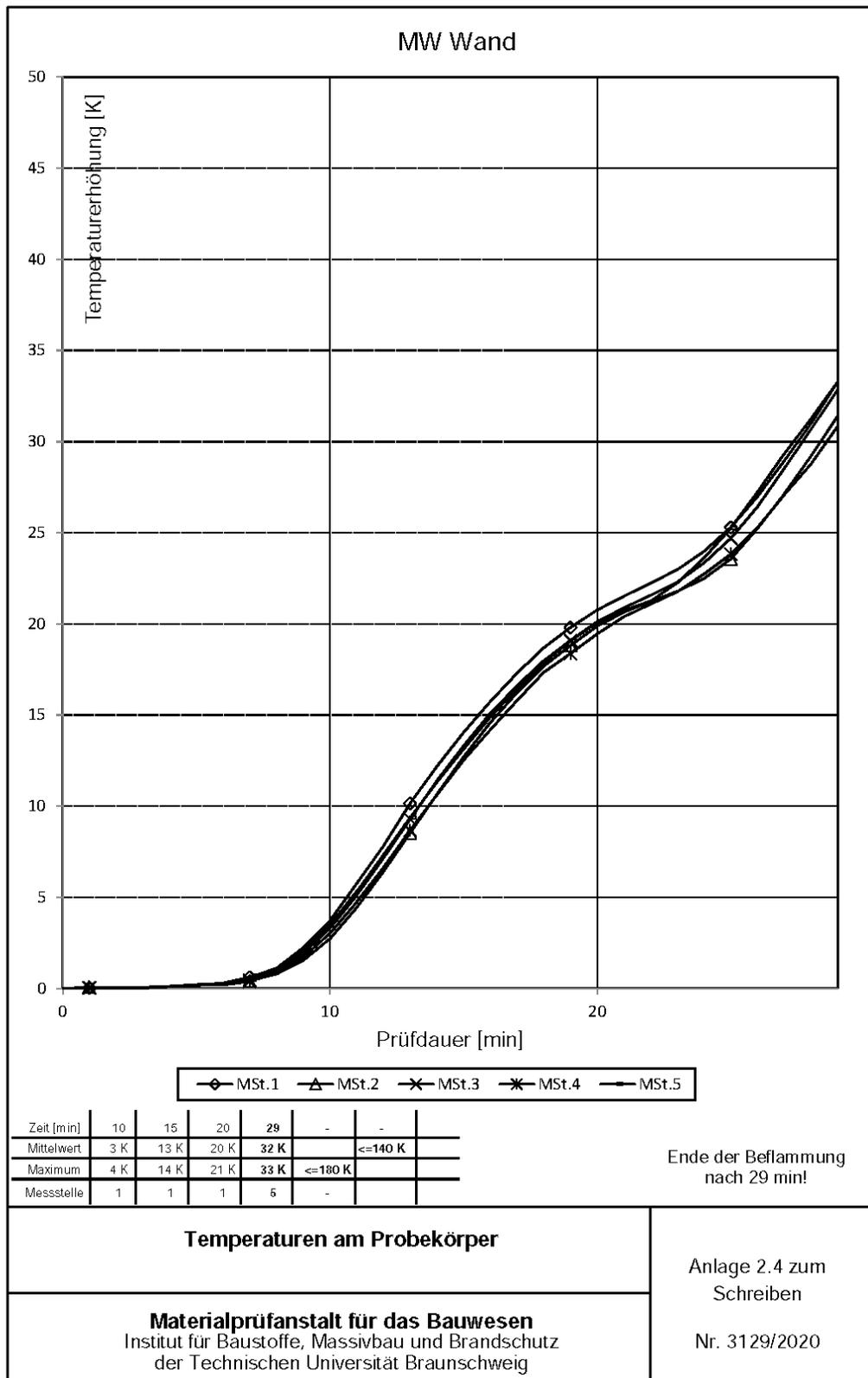
1) Mittelwert aus drei Probekörpern
 2) Ermittlung gemäß DIN EN 1363-1 : 2012-10, Abschnitt F.3.2, „Trocknungsverfahren im Ofen“
 3) Es liegen keine Herstellerangaben vor.
 4) Es wurden keine Werte ermittelt.

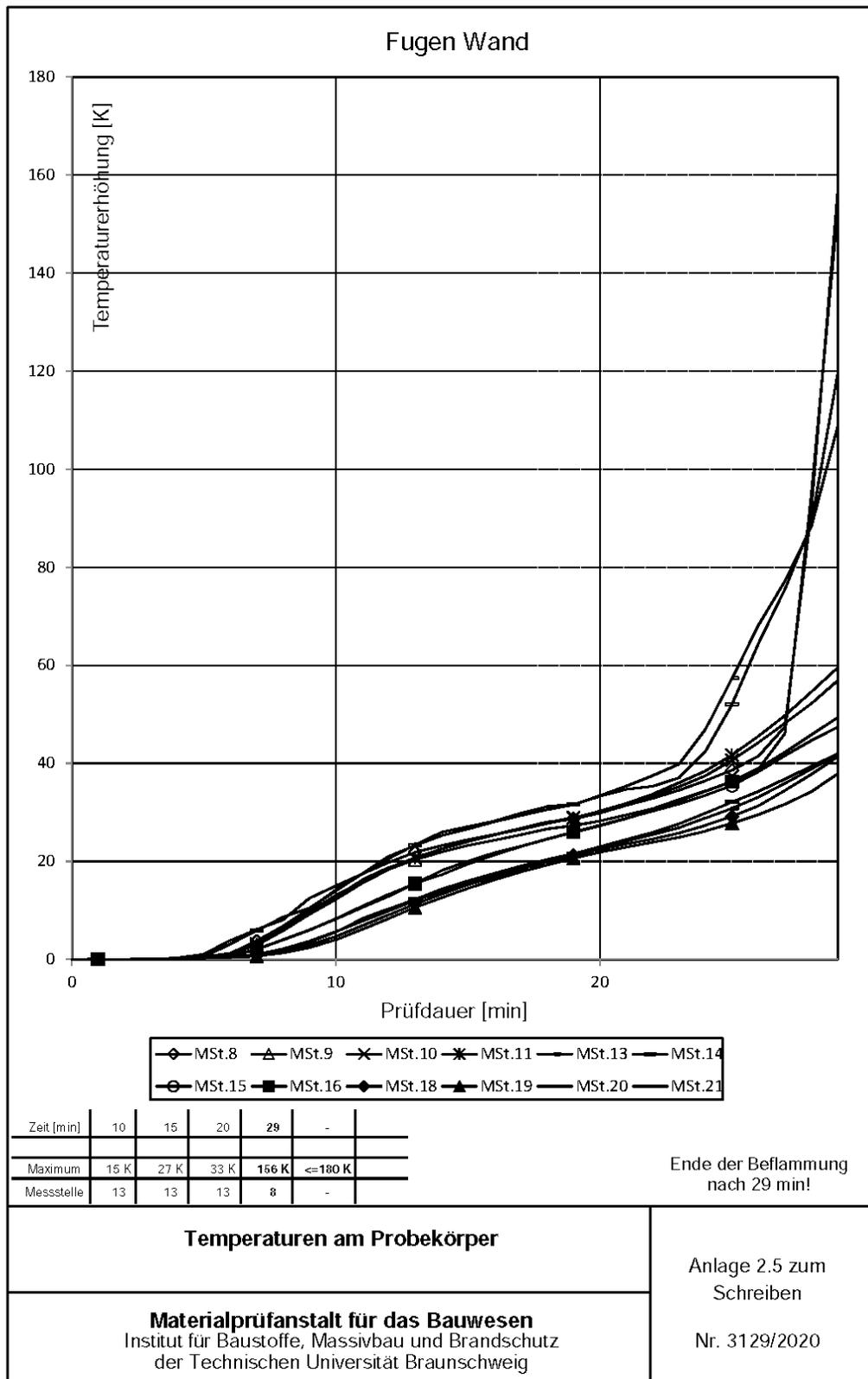
Kennwerte der Bauprodukte	Anlage 1.7 zum Schreiben Nr. 3129/2020
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig	

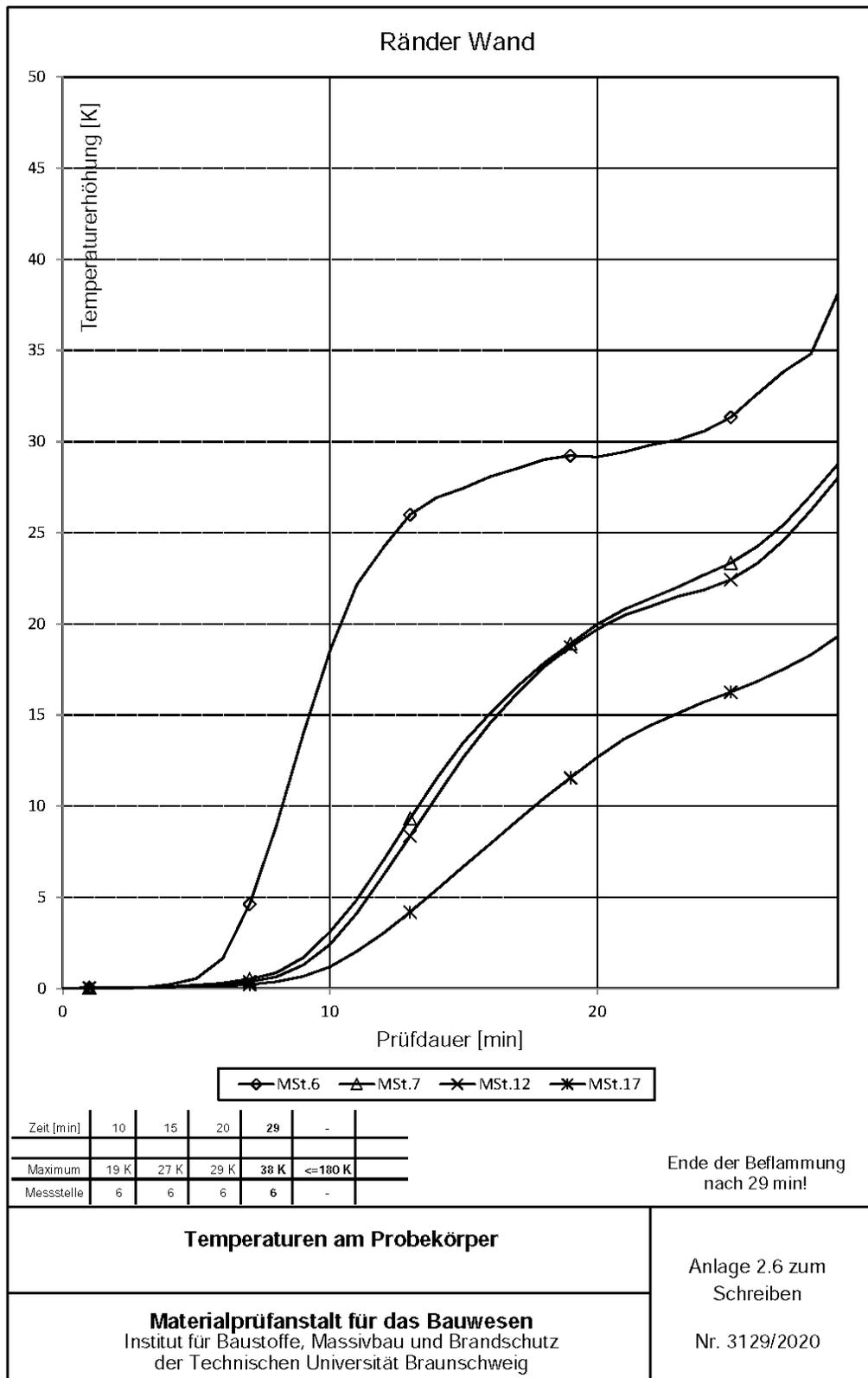


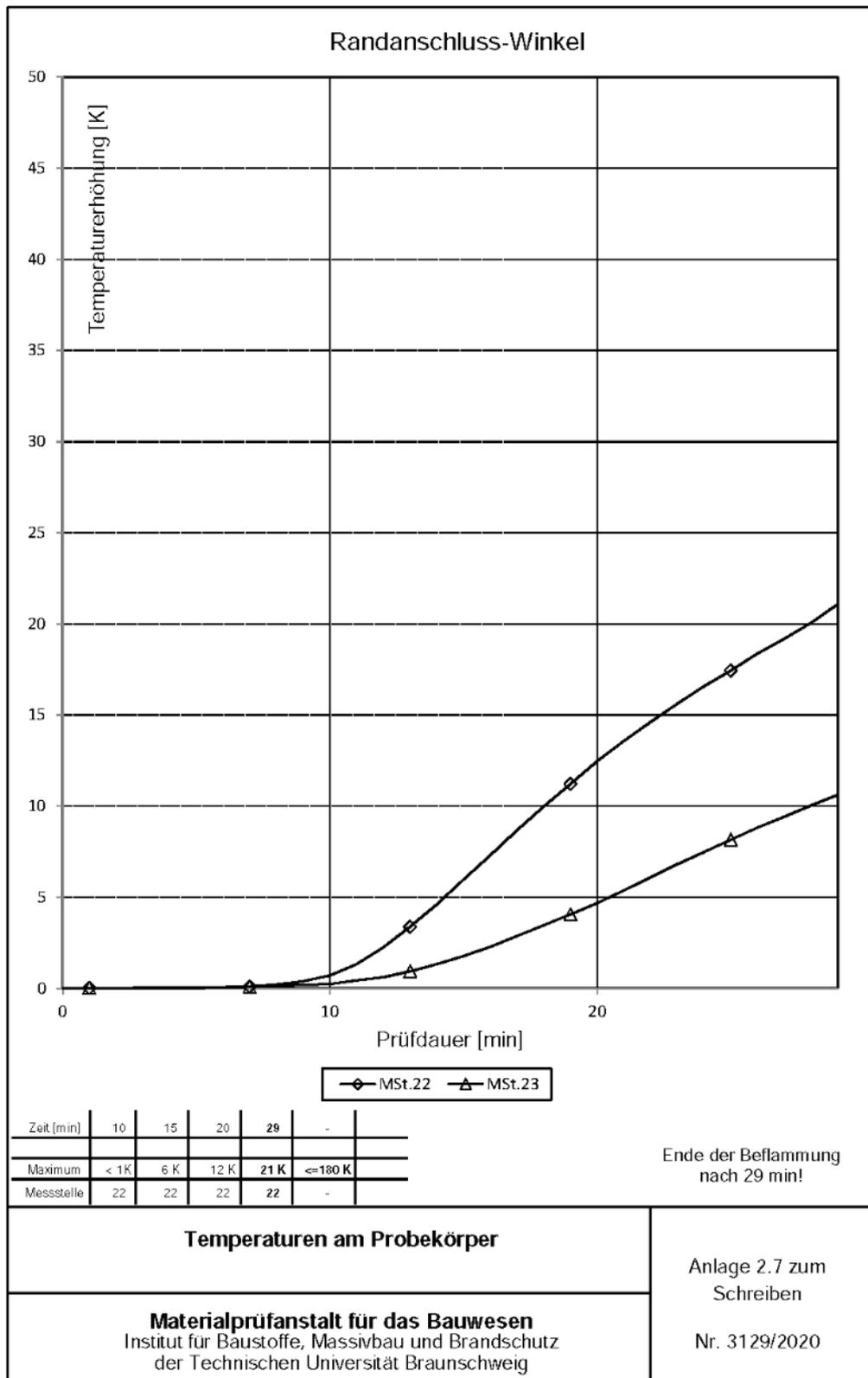


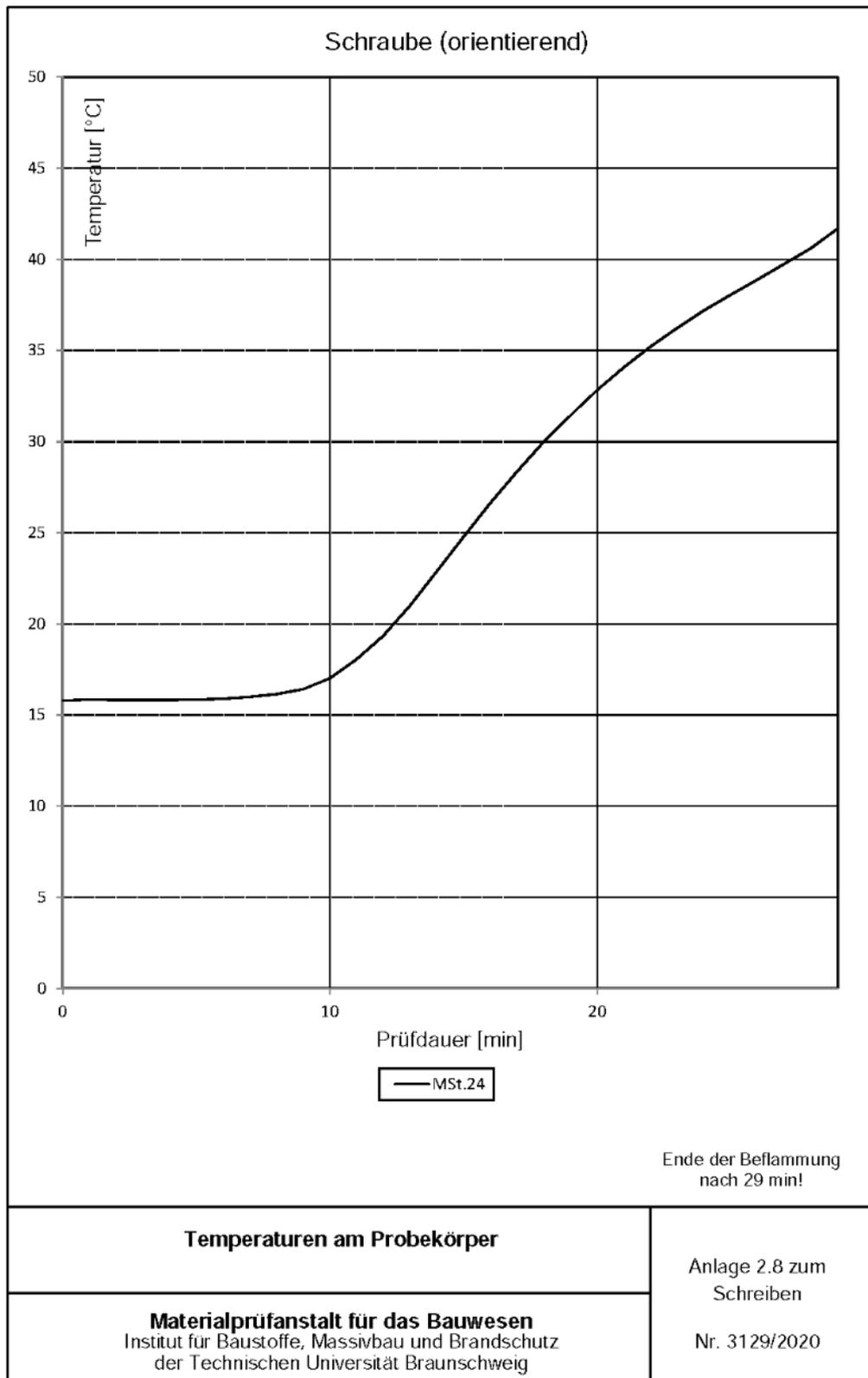


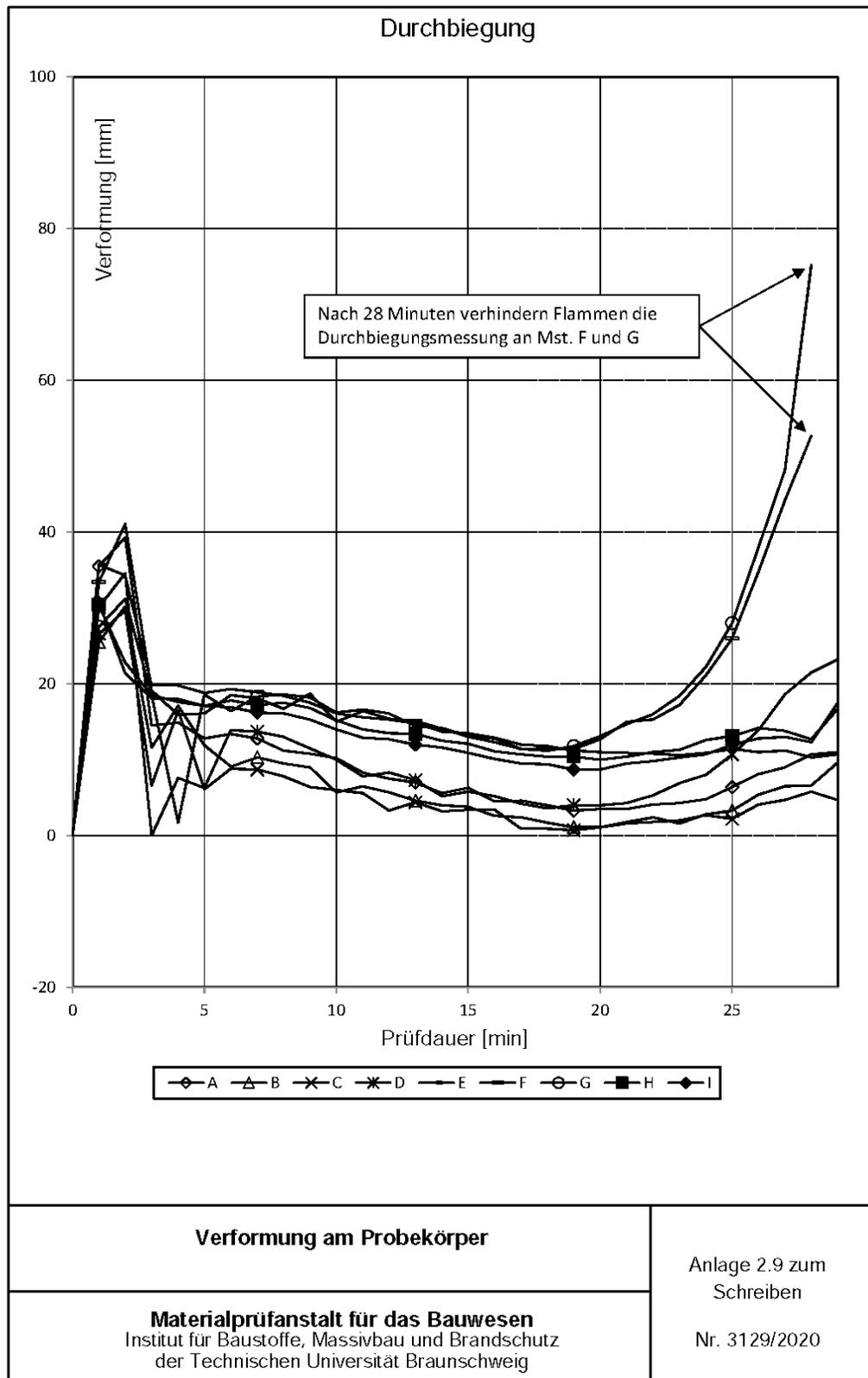


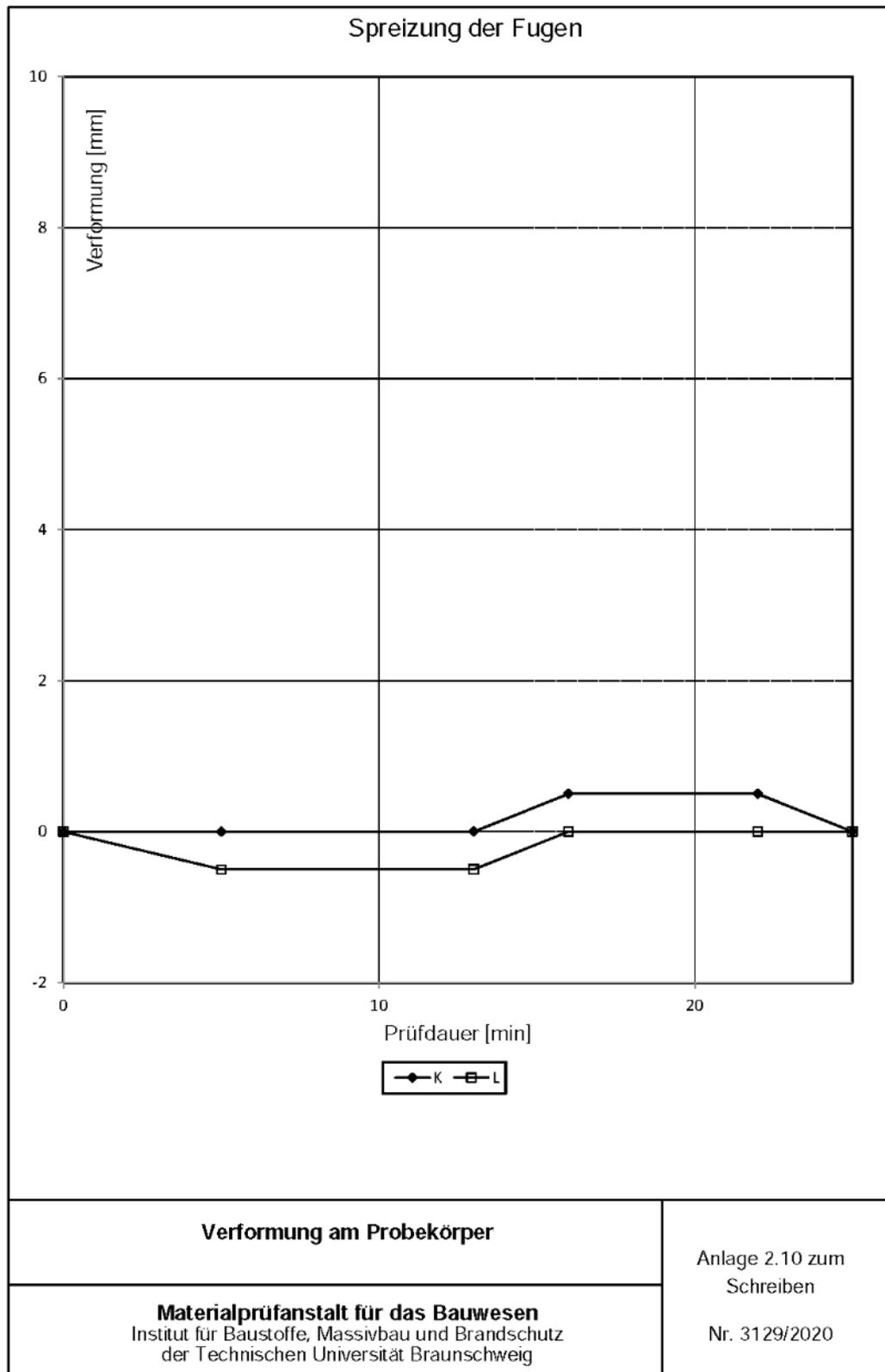


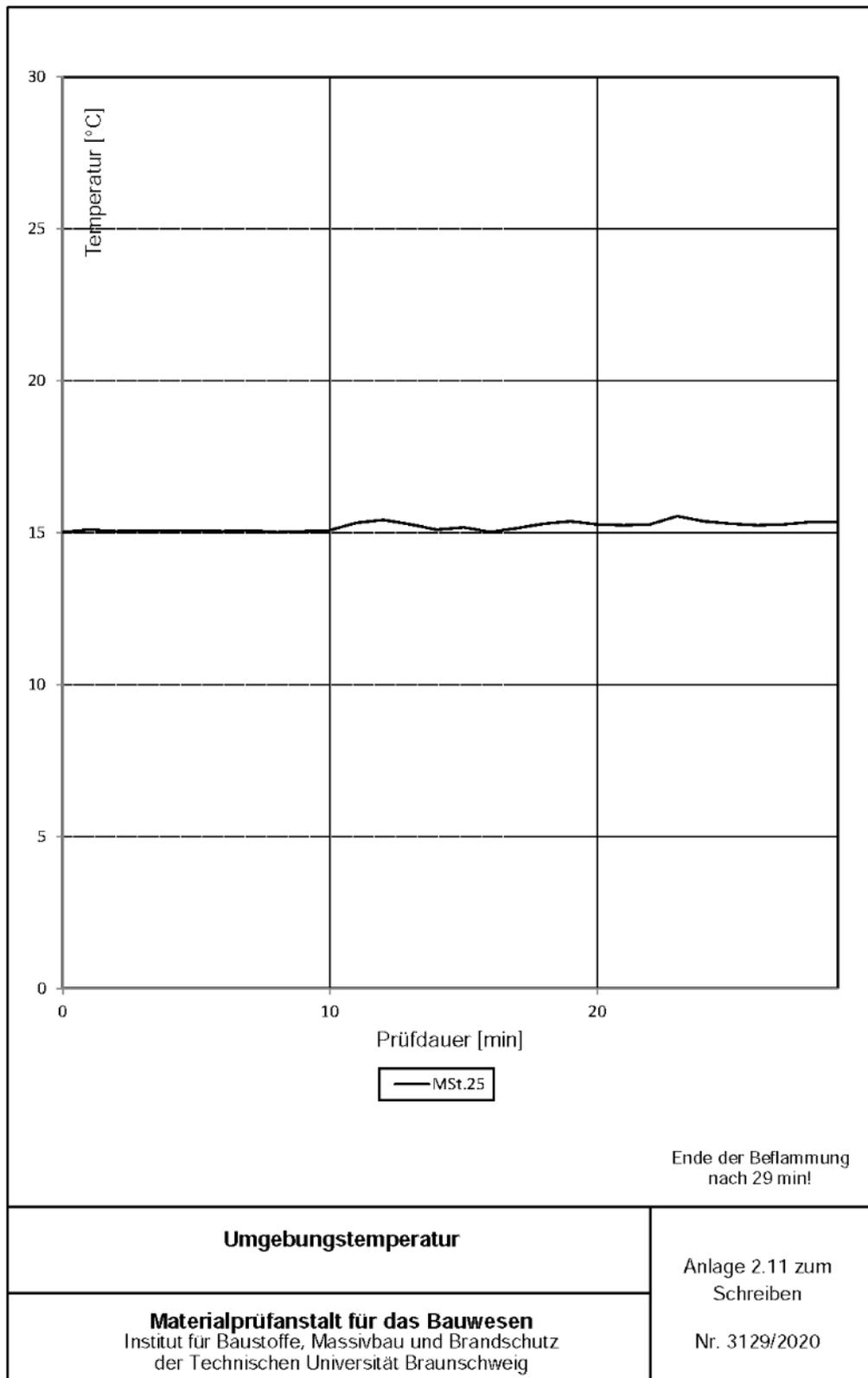












Prüfdauer (min)	Seite *)	Beobachtungen während der Brandprüfung am 12.02.2020
1-2	F	Mehrfaches „Ploppen“ hörbar. Die Bleche lösen sich von der Mineralwolle und verformen sich.
	A	Die Wand wölbt sich segelförmig in Richtung Brandraum.
3	F	Die Oberflächenbeschichtung der Paneele weist netzartige Risse auf.
	A	Mittlerer Rauchaustritt (gelber Rauch) aus der Fuge zwischen den Mst. 13/14 und Mst. 18/19.
10	F	Die Verformung der Bleche hat zugenommen.
21	A	Leichter Rauchaustritt (weißer Rauch) aus der Fuge über den Mst. 10/11.
25	A	Mittlerer Rauchaustritt (weißer Rauch) aus der Fuge über den Mst. 13/14.
29	A	Es kommt zum anhaltenden Flammenaustritt (> 10 Sekunden) im Bereich der Fuge zwischen den Mst. 8/9 und Mst. 13/14.
	-	Ende der Beflammung. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die Brandprüfung beendet.
		*) F: Feuerseite A: Abgewandte Seite
Beobachtungen		Anlage 2.12 zum Schreiben
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig		Nr. 3129/2020

ENDE Schreiben



Abb. 14.1: Außenansicht



Abb. 14.2 Detail Boden- und Anschluss linker Rand



Abb. 14.3: Abklebung der Schrauben auf der Feuerseite



Abb. 14.4: Mittlerer Rauchaustritt (gelber Rauch) aus der Fuge zwischen den Mst. 13/14 und Mst. 18/19 (3')

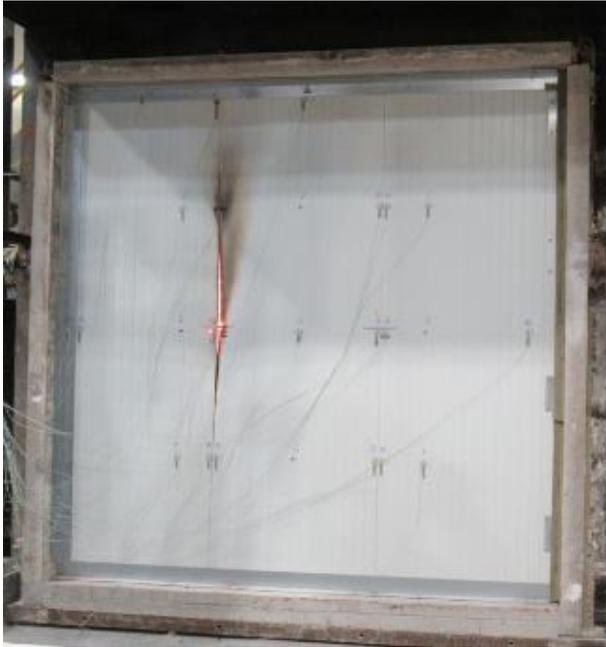


Abb. 14.5: Flammenaustritt im Bereich der Fuge zwischen den Mst. 8/9 und Mst. 13/14 (28')



Abb. 14.6: Flammenaustritt im Bereich der Fuge zwischen den Mst. 8/9 und Mst. 13/14 (29')



Abb. 14.7: Fugenöffnung nach Versuch



14.8: Fugenpassung und Mineralwolle



Abb. 14.9: Probenausschnitt



Abb. 14.10: Fugenpassung oben



Abb. 14.11: Fugenöffnung Fuge 2



Abb. 14.12: Passung Fuge 2 unten

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München



Wärmeleitfähigkeit nach EN 12667:2001

Prüfbericht-Nr.: F3-19-1449-01

Antragsteller: Karlsruher Institut für Technologie -KIT, 76131 Karlsruhe, Deutschland
Herstellwerk: Karlsruher Institut für Technologie -KIT, 76131 Karlsruhe, Deutschland
Produktname: KIT - Sandwichelemente HTW 200
Nennstärke: 200 mm **Nennrohrdicke:** ---
Beschreibung: Sandwichelemente bestehend aus profilierten Blechschalen mit einem Kern aus Mineralwolle-Lamellen (Dicke: ca. 200 mm)
Probenahme: Durch Antragsteller übersandt
Probeneingang: WE19-4951 vom 05.07.2019 (Interne Nr. 01)
Prüfeinrichtung: Gerät für das Zweiplattenverfahren nach EN 12667:2001, horizontaler Probeneinbau Heizplatte 250 mm x 250 mm mit Heizring 500 mm x 500 mm
 Alle Werte der gemessenen Eigenschaften sind Mittelwerte aus zwei Probekörpern.
Abmessungen: Dicke: ---
 Rohdicke: ---
Einbau: Einbaudicke: 97,2 mm Einbaumasse: 2,837 kg
 Einbaurohdichte: 116 kg/m³ Probenfläche: 0,2520 m²
 Messbeginn: 25.07.2019
Bemerkung: Die Blechschalen wurden vor dem Einbau in das Zweiplattengerät entfernt und die Dicke der Mineralwolle-Lamellen halbiert.
Messwerte: Prüfprotokoll-Nr.: F3-19-1449:0001:01

Messpunkt Nr.	Wärmestrom W	Temperatur der warmen kalten Probenoberfläche		Temperatur- differenz an der Probe K	Mitteltemperatur der Probe °C	Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)
		°C	°C			
01	1,81	58,5	29,0	29,5	43,7	0,0468
02	4,22	215,3	165,4	49,9	190,4	0,0644
03	10,9	375,5	295,7	79,8	335,6	0,103
04	21,7	532,7	431,7	101,0	482,2	0,162
05	32,3	678,7	577,0	101,7	627,8	0,238

Messunsicherheit: < 3 % Wärmeleitfähigkeit bei gegebener Temperaturdifferenz an der Probe

Ausbau: Angaben über das Material nach der Messung bis 678,7 °C Warmseitentemperatur:
 Ausbaudicke: 97,2 mm Ausbaumasse: 2,686 kg
 Ausbaurohdichte: 110 kg/m³ Massenänderung: -5,3 %
 Messende: 05.08.2019

Bemerkung: ---

Auswertung:

Polynom: $\lambda(\vartheta) = +4,4765E-02 + 1,8588E-05 \cdot \vartheta + 4,6088E-07 \cdot \vartheta^2$

Temperatur *) ϑ in °C	50	100	150	200	300	400	500	600	680	---
Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m·K)	0,0468	0,0512	0,0579	0,0669	0,0918	0,126	0,169	0,222	0,271	---

Die Werte der Wärmeleitfähigkeit gelten für den trockenen Zustand des geprüften Materials. Die Betriebswärmeleitfähigkeit ergibt sich je nach gegebenen Temperaturen der Warm- und Kaltseite der auszuführenden Wärmedämmung aus dem integralen Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit gemäß Anlage 1 zuzüglich Zuschlagswerte für Verarbeitung gemäß der Richtlinie VDI 2055 Blatt 1.

*) Für Temperaturdifferenzen kleiner 50 K entspricht die angegebene Temperatur dem arithmetischen Mittel aus Warm- und Kaltseitentemperatur.

Bemerkung: Die Messwerte der Wärmeleitfähigkeit beziehen sich nur auf diese Einzelmessung mit der angegebenen Einbaudicke und Rohdicke.

Gräfeiling, 06.08.2019



Prüfer:

W. Moosburger
W. Moosburger

Prüfbericht-Nr.: F3-19-1449-01

Seite 1 von 2

Ergebnisse beziehen sich nur auf geprüfte Gegenstände.
 Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des FIW München zulässig.
 Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
 Loehamer Schlag 4 · 82166 Gräfeiling
 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm

Telefon +49 89 8 58 00 0 · Telefax +49 89 8 58 00 40
 info@fiw-muenchen.de · www.fiw-muenchen.de

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München



Anlage 1 zum Prüfbericht-Nr.: F3-19-1449-01

Ermittlung der integralen mittlere Wärmeleitfähigkeit λ_{mi} einer auszuführenden Wärmedämmung bei gegebenen Temperaturen ϑ_2 und ϑ_1 der warmen und der kalten Seite gemäß nachstehender Formel oder Tabelle

Antragsteller: Karlsruher Institut für Technologie -KIT, 76131 Karlsruhe, Deutschland
 Produktname: KIT - Sandwichelemente HTW 200

Einbau: Einbaudicke: 97,2 mm Einbaurdichte: 116 kg/m³

1. Formel:

$$\lambda_{mi} = \frac{1}{\vartheta_2 - \vartheta_1} \cdot \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \lambda(\vartheta) d\vartheta$$

Gültig im Temperaturbereich von 0 °C bis 680 °C: $\lambda(\vartheta) = + 4,4765E-02 + 1,8588E-05 \cdot \vartheta + 4,6088E-07 \cdot \vartheta^2$

2. Tabelle:

ϑ_1 in °C →	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60
ϑ_2 in °C ↓	λ_{mi} in W/(m·K)										
100	0,047	0,047	0,047	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,049	0,049
150	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,051	0,051	0,051	0,051	0,052	0,052
200	0,053	0,053	0,053	0,053	0,054	0,054	0,054	0,054	0,055	0,055	0,056
250	0,057	0,057	0,057	0,057	0,058	0,058	0,058	0,059	0,059	0,059	0,060
300	0,061	0,062	0,062	0,062	0,063	0,063	0,063	0,064	0,064	0,065	0,065
325	0,064	0,064	0,065	0,065	0,065	0,066	0,066	0,066	0,067	0,067	0,068
350	0,067	0,067	0,067	0,068	0,068	0,069	0,069	0,069	0,070	0,070	0,071
375	0,070	0,070	0,071	0,071	0,071	0,072	0,072	0,072	0,073	0,074	0,074
400	0,073	0,073	0,074	0,074	0,075	0,075	0,075	0,076	0,076	0,077	0,078
425	0,076	0,077	0,077	0,078	0,078	0,078	0,079	0,079	0,080	0,081	0,081
450	0,080	0,080	0,081	0,081	0,082	0,082	0,083	0,083	0,083	0,084	0,085
475	0,084	0,084	0,085	0,085	0,086	0,086	0,086	0,087	0,087	0,088	0,089
500	0,088	0,088	0,089	0,089	0,090	0,090	0,091	0,091	0,092	0,093	0,094
525	0,092	0,092	0,093	0,093	0,094	0,094	0,095	0,095	0,096	0,097	0,098
550	0,096	0,097	0,097	0,098	0,098	0,099	0,099	0,100	0,100	0,101	0,103
575	0,101	0,101	0,102	0,102	0,103	0,103	0,104	0,105	0,105	0,106	0,107
600	0,106	0,106	0,107	0,107	0,108	0,108	0,109	0,109	0,110	0,111	0,112
610	0,108	0,108	0,109	0,109	0,110	0,110	0,111	0,111	0,112	0,113	0,114
620	0,110	0,110	0,111	0,111	0,112	0,112	0,113	0,113	0,114	0,115	0,116
630	0,112	0,112	0,113	0,113	0,114	0,114	0,115	0,115	0,116	0,117	0,119
640	0,114	0,114	0,115	0,115	0,116	0,116	0,117	0,118	0,118	0,119	0,121
650	0,116	0,116	0,117	0,117	0,118	0,119	0,119	0,120	0,120	0,122	0,123
660	0,118	0,118	0,119	0,120	0,120	0,121	0,121	0,122	0,122	0,124	0,125
670	0,120	0,121	0,121	0,122	0,122	0,123	0,123	0,124	0,125	0,126	0,127
680	0,122	0,123	0,123	0,124	0,124	0,125	0,126	0,126	0,127	0,128	0,130

Legende: λ_{mi} : Integrale mittlere Wärmeleitfähigkeit in W/(m·K), ϑ_1 : Temp. der Kaltseite in °C, ϑ_2 : Temp. der Warmseite in °C

Beispiel:

Für eine ausgeführte Wärmedämmung mit $\vartheta_2 = 550$ °C Warmseite und einer Kaltseite von $\vartheta_1 = 50$ °C (entsprechend 300 °C Mitteltemperatur) ergibt sich für den gegebenen Dämmstoff eine integrale mittlere Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_{mi} = 0,101$ W/(m·K) gemäß obiger Formel oder Tabelle.

Integraler Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Mitteltemperatur und einer Kaltseitentemperatur von 50 °C:

Mitteltemperatur °C	75	100	125	150	175	200	250	300	350
Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)	0,049	0,052	0,055	0,059	0,065	0,070	0,084	0,101	0,122

Die Mitteltemperatur ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der Warm- und Kaltseitentemperatur.
 Die Werte der Betriebswärmeleitfähigkeit ergeben sich zuzüglich Zuschlagswerten gemäß der Richtlinie VDI 2055 Blatt 1.



Prüfbericht-Nr.: F3-19-1449-01

Ergebnisse beziehen sich nur auf geprüfte Gegenstände.

Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des FIW München zulässig.

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
 Lochhamer-Schlag 4 • 82166 Gräfelfing
 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm

Telefon +49 89 8 58 00 0 • Telefax +49 89 8 58 00 40
 info@fiw-muenchen.de • www.fiw-muenchen.de

Seite 2 von 2

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München



Wärmeleitfähigkeit nach EN 12667:2001

Prüfbericht-Nr.: F3-20-1138-03

Antragsteller: Karlsruher Institut für Technologie -KIT, 76131 Karlsruhe, Deutschland
Produktname: KIT - Sandwichelemente aus Mineralwolle-Lamellen
Nennstärke: 100 mm **Nennrohndichte:** ---
Beschreibung: (f. Antragsteller) Sandwichelemente bestehend aus profilierten Blechschalen mit einem Kern aus Mineralwolle-Lamellen (Dicke: ca. 100 mm)
 Herstellungsdatum: 11.02.2020
 Herstellcode: 1815005-V9
Probenahme: Durch Antragsteller übersandt
Probeneingang: WE20-1078 vom 24.02.2020 (interne Nr. 01)
Prüfeinrichtung: Gerät für das Zweiplattenverfahren nach EN 12667:2001, horizontaler Probeneinbau
 Heizplatte 250 mm x 250 mm mit Heizung 500 mm x 500 mm
 Alle Werte der gemessenen Eigenschaften sind Mittelwerte aus zwei Probekörpern.
Einbau: Einbaudicke: 79,0 mm **Einbaumasse:** 2,331 kg
 Einbaurohndichte: 117 kg/m³ **Probenfläche:** 0,2528 m²
 Messbeginn: 04.03.2020
Bemerkung: Die Blechschalen wurden vor dem Einbau in das Zweiplattengerät entfernt.
Messwerte: Prüfprotokoll-Nr.: F3-20-1138:0001.01:01

Messpunkt Nr.	Wärmestrom W	Temperatur der warmen kalten Probenoberfläche °C °C		Temperatur- differenz an der Probe K	Mitteltemperatur der Probe °C	Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)
		°C	°C			
01	2,21	58,7	28,8	29,8	43,7	0,0460
02	5,20	215,3	165,6	49,8	190,5	0,0646
03	13,3	376,5	297,0	79,5	336,8	0,103
04	26,3	532,8	432,3	100,5	482,6	0,160
05	39,6	679,9	579,1	100,9	629,5	0,239

Messunsicherheit: < 3 % **Wärmeleitfähigkeit bei gegebener Temperaturdifferenz an der Probe.**

Ausbau: Angaben über das Material nach der Messung bis 679,9 °C Warmseitentemperatur:
 Ausbaudicke: 79,0 mm **Ausbaumasse:** 2,229 kg
 Ausbaurohndichte: 112 kg/m³ **Massenänderung:** -4,4 %
 Messende: 20.03.2020

Bemerkung: ---

Auswertung:

Polynom: $\lambda(\vartheta) = + 4,4037E-02 + 2,4572E-05 \cdot \vartheta + 4,3513E-07 \cdot \vartheta^2 + 2,7054E-11 \cdot \vartheta^3$

Temperatur *) ϑ in °C	50	100	150	200	300	400	500	600	680	---
Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m·K)	0,0464	0,0509	0,0576	0,0666	0,0913	0,125	0,168	0,221	0,270	---

Die Werte der Wärmeleitfähigkeit gelten für den trockenen Zustand des geprüften Materials. Die Betriebswärmeleitfähigkeit ergibt sich je nach gegebenen Temperaturen der Warm- und Kaltseite der auszuführenden Wärmedämmung aus dem integralen Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit gemäß Anlage 1 zuzüglich Zuschlagswerte für Verarbeitung gemäß der Richtlinie VDI 2055 Blatt 1.

*) Für Temperaturdifferenzen kleiner 50 K entspricht die angegebene Temperatur dem arithmetischen Mittel aus Warm- und Kaltseitentemperatur.

Bemerkung: ---

Gräfelfing, 24.03.2020

Sachgebietsleiter:

M. Lauff, M.Sc.

Prüfer:

W. Moosburger

Prüfbericht-Nr.: F3-20-1138-03

Seite 1 von 2



Ergebnisse beziehen sich nur auf geprüfte Gegenstände.
Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des FIW München zulässig.

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München
Lochhamer Schlag 4 · 82166 Gräfelfing
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm

Telefon +49 89 8 58 00 0 · Telefax +49 89 8 58 00 40
info@fiw-muenchen.de · www.fiw-muenchen.de

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München



Anlage 1 zum Prüfbericht-Nr.: F3-20-1138-03

Ermittlung der integralen mittlere Wärmeleitfähigkeit λ_{mi} einer auszuführenden Wärmedämmung bei gegebenen Temperaturen ϑ_2 und ϑ_1 der warmen und der kalten Seite gemäß nachstehender Formel oder Tabelle

Antragsteller: Karlsruher Institut für Technologie -KIT, 76131 Karlsruhe, Deutschland
 Produktname: KIT - Sandwichelemente aus Mineralwolle-Lamellen

Einbau: Einbaudicke: 79,0 mm Einbaurdichte: 117 kg/m³

1. Formel:

$$\lambda_{mi} = \frac{1}{\vartheta_2 - \vartheta_1} \cdot \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \lambda(\vartheta) d\vartheta$$

Gültig im Temperaturbereich von 0 °C bis 680 °C: $\lambda(\vartheta) = + 4,4037E-02 + 2,4572E-05 \cdot \vartheta + 4,3513E-07 \cdot \vartheta^2 + 2,7054E-11 \cdot \vartheta^3$

2. Tabelle:

ϑ_1 in °C →	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60
ϑ_2 in °C ↓	λ_{mi} in W/(m·K)										
100	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,048	0,048	0,048	0,048	0,049
150	0,049	0,049	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,051	0,051	0,051	0,052
200	0,052	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,054	0,054	0,054	0,055	0,055
250	0,056	0,057	0,057	0,057	0,057	0,058	0,058	0,058	0,058	0,059	0,060
300	0,061	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,063	0,063	0,063	0,064	0,065
325	0,064	0,064	0,064	0,065	0,065	0,065	0,066	0,066	0,066	0,067	0,068
350	0,066	0,067	0,067	0,067	0,068	0,068	0,068	0,069	0,069	0,070	0,071
375	0,069	0,070	0,070	0,070	0,071	0,071	0,072	0,072	0,072	0,073	0,074
400	0,073	0,073	0,073	0,074	0,074	0,074	0,075	0,075	0,076	0,077	0,077
425	0,076	0,076	0,077	0,077	0,078	0,078	0,078	0,079	0,079	0,080	0,081
450	0,080	0,080	0,080	0,081	0,081	0,082	0,082	0,082	0,083	0,084	0,085
475	0,083	0,084	0,084	0,085	0,085	0,085	0,086	0,086	0,087	0,088	0,089
500	0,087	0,088	0,088	0,089	0,089	0,090	0,090	0,090	0,091	0,092	0,093
525	0,091	0,092	0,092	0,093	0,093	0,094	0,094	0,095	0,095	0,096	0,097
550	0,096	0,096	0,097	0,097	0,098	0,098	0,099	0,099	0,100	0,101	0,102
575	0,100	0,101	0,101	0,102	0,102	0,103	0,103	0,104	0,104	0,106	0,107
600	0,105	0,106	0,106	0,107	0,107	0,108	0,108	0,109	0,109	0,111	0,112
610	0,107	0,108	0,108	0,109	0,109	0,110	0,110	0,111	0,111	0,113	0,114
620	0,109	0,110	0,110	0,111	0,111	0,112	0,112	0,113	0,113	0,115	0,116
630	0,111	0,112	0,112	0,113	0,113	0,114	0,114	0,115	0,116	0,117	0,118
640	0,113	0,114	0,114	0,115	0,115	0,116	0,116	0,117	0,118	0,119	0,120
650	0,115	0,116	0,116	0,117	0,117	0,118	0,119	0,119	0,120	0,121	0,122
660	0,117	0,118	0,118	0,119	0,120	0,120	0,121	0,121	0,122	0,123	0,124
670	0,119	0,120	0,121	0,121	0,122	0,122	0,123	0,124	0,124	0,125	0,127
680	0,122	0,122	0,123	0,123	0,124	0,125	0,125	0,126	0,126	0,128	0,129

Legende: λ_{mi} : Integrale mittlere Wärmeleitfähigkeit in W/(m·K), ϑ_1 : Temp. der Kaltseite in °C, ϑ_2 : Temp. der Warmseite in °C

Beispiel:

Für eine ausgeführte Wärmedämmung mit $\vartheta_2 = 550$ °C Warmseite und einer Kaltseite von $\vartheta_1 = 50$ °C (entsprechend 300 °C Mitteltemperatur) ergibt sich für den gegebenen Dämmstoff eine integrale mittlere Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_{mi} = 0,101$ W/(m·K) gemäß obiger Formel oder Tabelle.

Integraler Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Mitteltemperatur und einer Kaltseitentemperatur von 50 °C:

Mitteltemperatur °C	75	100	125	150	175	200	250	300	350
Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)	0,048	0,051	0,055	0,059	0,064	0,070	0,084	0,101	0,121

Die Mitteltemperatur ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der Warm- und Kaltseitentemperatur.

Die Werte der Betriebswärmeleitfähigkeit ergeben sich zusätzlich Zuschlagswerten gemäß der Richtlinie VDI 2055 Blatt 1.



Prüfbericht-Nr.: F3-20-1138-03

Ergebnisse beziehen sich nur auf geprüfte Gegenstände.

Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des FIW München zulässig.

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
 Lochhamer Schlag 4 · 82166 Gräfelfing
 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm

Telefon +49 89 8 58 00 0 · Telefax +49 89 8 58 00 40
 info@fiw-muenchen.de · www.fiw-muenchen.de

Seite 2 von 2