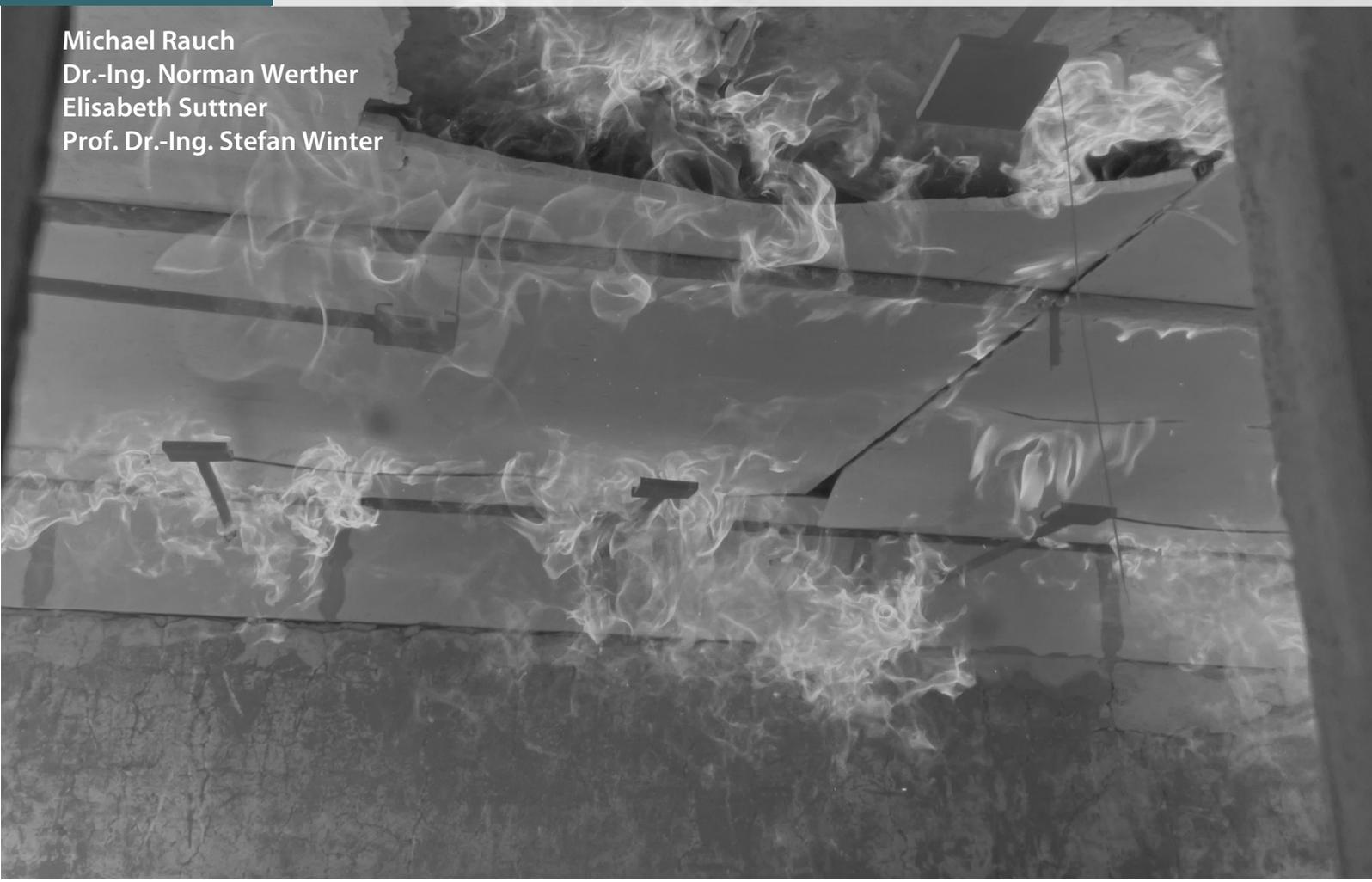


F-REI 90 – ANHANG

Online-Publikation

Ein analytisches Berechnungsverfahren für Holzrahmen- und
Holzmassivbauteile mit einer Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten

Michael Rauch
Dr.-Ing. Norman Werther
Elisabeth Suttner
Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter



Autorinnen und Autoren

Technische Universität München
TUM School of Engineering and Design
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Michael Rauch (m.rauch@tum.de)
Dr.-Ing. Norman Werther (n.werther@tum.de)
Elisabeth Suttner (elisabeth.suttner@tum.de)

Zitierweise

Rauch, Michael; Werther, Norman; Suttner, Elisabeth; Winter, Stefan: F-REI 90 - Anhang: Ein analytisches Berechnungsverfahren für Holzrahmen- und Holzmassivbauteile bis zu einer Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten. Online-Publikation, München, August 2022

Weitere Mitwirkende

Badini, L.; Kaiser, M.; Orth, L.; Ross, W.; Streck, A.
(TUM, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion)
Brogsitter, J. (TUM, Bachelorarbeit)
Demandt, M.; Distler C.; Goth, L.; Mändl, M. (TUM, Masterarbeiten)

Projektpartner und weitere Fördermittelgeber

Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Zusätzliche Unterstützung in finanzieller Art, sowie durch die Lieferung von Material oder die Zurverfügungstellung von Prüfergebnissen erfolgte durch die Beteiligung folgender Industriepartner:

- Holzbau- Deutschland-Institut e.V., Berlin
- Studiengemeinschaft Holzleimbau, Wuppertal
- Gumpp & Maier GmbH, Binswangen
- MFPA Leipzig
- Knauf Gips KG
- James Hardie Europe GmbH, Düsseldorf
- Saint-Gobain Rigips GmbH, Bodenwerder
- Egger Holzwerkstoffe Wismar GmbH & Co.KG
- Deutsche Rockwool GmbH & Co.KG,
- Saint-Gobain-Isover G+H. AG

Fachliche Betreuung

Steffen Kisseler, Brüggemann Kisseler Ingenieure im Auftrag des BBSR, Referat WB 3 „Forschung im Bauwesen“

zb@bbr.bund.de

Inhaltsverzeichnis

A.1	Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Wandausschnitt – Steinwolle / Zellulosefaser (R1-V1-T8).....	6
A.2	Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Wandausschnitt – Glaswolle / Holzfaser (R2-V2-T8).....	21
A.3	Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Wand-/ Deckenausschnitt – Steinwolle / Zelluloseeinblasdämmstoff (R2-V3-1m)	34
A.4	Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Wand-/ Deckenausschnitt – Glaswolle / Holzfaser (weich) (R2-V4-1m).....	54
A.5	Prüfbericht zu Brandversuch im 3x3-Meter-Wandofen: Wandausschnitt – Steinwolle / Zelluloseeinblasdämmstoff (R1-V5-GV)	72
A.6	Prüfbericht zu Brandversuch im 3x3-Meter-Wandofen: Wandausschnitt – Glaswolle / Holzfaser (weich) (R2-V6-GV).....	85
A.7	Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Wandausschnitt mit Einbauteilen (V1)	99
A.8	Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Wandausschnitt mit Einbauteilen (V2)	118
A.9	Prüfberichte zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Fußbodenaufbauten (V1 – V8)..	136
A.10	Prüfberichte zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Wandausschnitt – Steinwollendämmstoffe mit hohen Rohdichten und großer Dicke (V1 bis V7).....	162
A.11	Prüfbericht zu Brandversuch im 5x4-Meter-Deckenofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten.....	173
A.12	Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten 12,5 mm HTB (V4-1m-HTB-12,5 mm-GKF).....	199
A.13	Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten 12,5 mm BSP (V5-1m-BSP-12,5 mm-GKF).....	224
A.14	Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten 18 mm HTB (V2-1m-HTB-18 mm-GKF).....	242
A.15	Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten 18 mm BSP (V3-1m-BSP-18 mm-GKF).....	269
A.16	Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Abbrandverhalten von Holzwerkstoffplatten – MDF	286
A.17	Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Abbrandverhalten von Holzwerkstoffplatten – Spanplatte	302
A.18	Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Abbrandverhalten von Holzwerkstoffplatten – LVL	318
A.19	Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Abbrandverhalten von Holzwerkstoffplatten – Sperrholz	330
A.20	Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Einbauteile in Brettsperrholzelementen mit und ohne Bekleidung.....	345
A.21	Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Einbauteile in Holztafelbauelementen mit Gipsbett und Gipsbekleidung	363

Allgemeine Hinweise

Im Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben F-REI 90 wird auf die nachfolgend dargestellten Bauteilprüfungen, die seitens des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München durchgeführt wurden, verwiesen. Zur Nachvollziehbarkeit und darauf aufbauenden Forschungsaktivitäten werden die detaillierten Prüfergebnisse mit angegeben. Eine Verwendung der Ergebnisse ist nur mit Bezug auf dieses Dokument bzw. das zugehörige Forschungsvorhaben zulässig.

Die dargestellten Prüfbeobachtungen wurden abhängig vom Brandprüfstand von der feuerzugewandten sowie der feuerabgewandten Seite durchgeführt. Dabei werden folgende Abkürzungen verwendet:

FZ: feuerzugewandt

FA: feuerabgewandt

Auf Grund des orientierenden Charakters der durchgeführten Prüfungen kann eine Klassifikation gemäß DIN EN 13501-2 [4] und die Definition eines direkten Anwendungsbereiches nicht erfolgen.

Ggf. wurden Vergleichswerte angegeben, welcher Klassifikation das Prüfergebnis in einer normativen Prüfung entsprechen würde.

Die durchgeführten Prüfungen wurden abhängig vom jeweiligen Prüfziel angepasst, um die gewünschten wissenschaftlichen Untersuchungen durchzuführen. So weit als möglich wurden die Randbedingungen der jeweiligen Prüfgrundsätze berücksichtigt, um eine Vergleichbarkeit zu bereits bestehenden bzw. der einzelnen Bauteilprüfungen untereinander, zu gewährleisten.

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

Voraussetzung für die Gültigkeit der vorgenannten Aussagen ist, dass die in diesem Bericht angegebenen Randbedingungen eingehalten werden.

Literatur

- [1] DIN 4102-8: 2003-10: Brandverhalten von Bauprodukten und Bauarten am Kleinprüfstand
- [2] DIN EN 1363-1: 2018-04: Feuerwiderstandsprüfungen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen;
- [3] DIN 4102-2: 1977-09: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 2 - Bauteile - Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [4] DIN EN 13501-2: 2008-01: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten, Teil 2 – Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen;
- [5] DIN EN 1364-1:2019-09: Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile – Teil 1: Wände;

A.1 Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Wandausschnitt – Steinwolle / Zellulosefaser (R1-V1-T8)

Prüfbericht-Nr.	TUM 29-08-19_01 – Teil 8 (PK1 und PK2)
Gegenstand	Brandversuch im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 zur Untersuchung des Brandverhaltens unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein – und Großversuch – Prüfkörper PK1 bis PK2 – Gefachdämmstoffe aus Steinwolle bzw. Zellulosefaserdämmstoff
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	29.08.2019
Datum Bericht	13.12.2019
Anzahl Seiten des Berichts	15

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.1.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Vergleich unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie des Skalierhaltens zwischen Klein- und Großversuchen durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung von Wandausschnitten im Kleinbrandprüfstand nach DIN 4102-8 [1]. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2]

Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

Jede wesentliche Abweichung der Konstruktion hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Materialien, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen oder Befestigungsmitteln von den geprüften Randbedingungen, ist durch diesen Prüfbericht nicht abgedeckt.

A.1.2 Geprüfte Konstruktion

Die Prüfkörper PK 1 bis PK 2 sind Wandkonstruktionen mit einer Außenabmessung von $B \times H = 525 \times 525$ mm und bestehen aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 60 \times 120$ mm. Die Bekleidung auf der feuerzugewandten Seite erfolgt mit einer 15 mm dicken MDF-Platte ($\rho > 600$ kg/m³). Die feuerabgewandte Seite wurde mit einer 22 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600$ kg/m³) und 2 Lagen Gipsfaser mit 15 mm Dicke bekleidet. Die MDF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 (Länge 50 mm, Durchmesser 1,53 mm, Rückenbreite 11,25 mm) im Abstand von < 10 mm befestigt. Das Gefach wurde im PK 1 mit 120 mm Steinwolle (38,4 kg/m³) der Firma Rockwool, im PK 2 mit 120 mm Zellulose (58 kg/m³) der Firma Isocell gefüllt. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermolemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen.

A.1.3 Prüfanordnung und -durchführung

Die geprüften Wandausschnitte wurden von Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen zusammen mit den Mitarbeitern der TUM gefertigt. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden zwei Plattenthermolemente (PL 1 + 3) sowie zwei Mantel-Thermolemente (MT 2 + 4) gemäß DIN EN 1363-1[2] bzw. DIN 4102-2 Abschnitt 6.2.4 im Abstand von 100 mm vor dem Prüfkörper installiert. Sie dienen zu der Messung und Steuerung (Plattenthermolemente) der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zusätzlich wurden die Temperaturen mit zwei Mantelthermolementen (M1 + 2) direkt vor dem Probekörper gemessen.

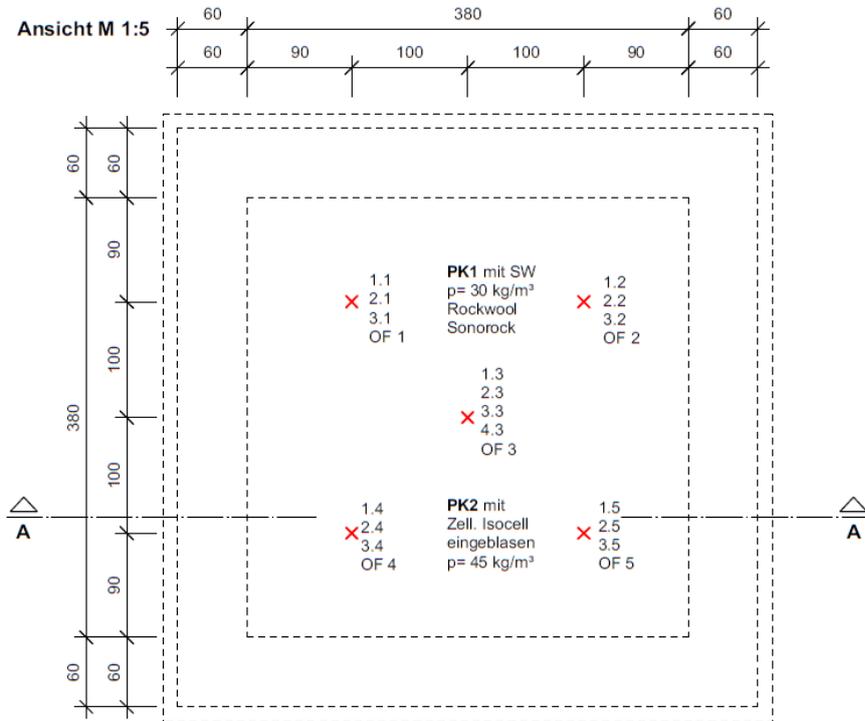
Zum Nachweis der Temperaturen auf der feuerabgewandten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermolemente gemäß DIN EN 1363-1 [2] verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert.

Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Dosch-Messgerät in Höhe des oberen Probekörperrandes. Zusätzlich wurde die Sauerstoffkonzentration während der Brandprüfung gemessen.

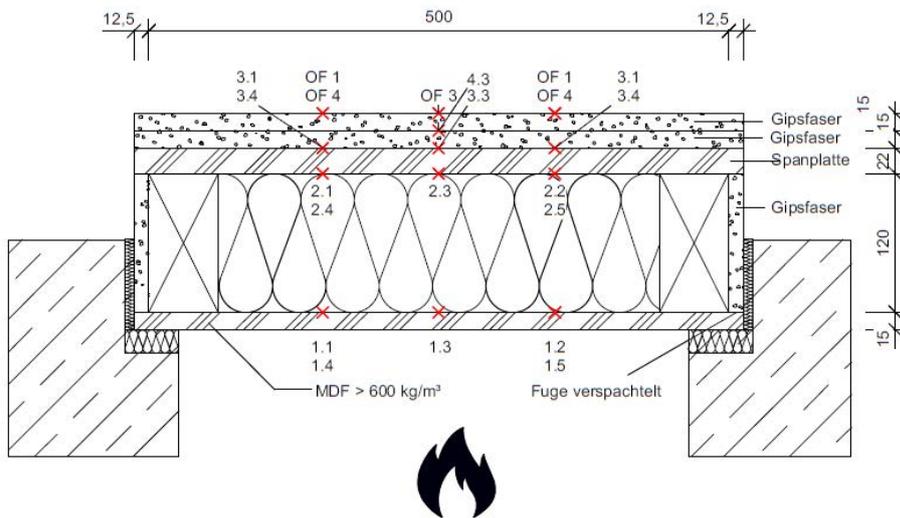
Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen entnommen werden.

A.1.4 Konstruktionszeichnungen

Versuch PK 1 + 2



Schnitt A-A M 1:5



Materialien

- KVH C 24
- MDF 15 mm, $p \geq 600 \text{ kg/m}^3$; EGGER DHF
- Spanplatte 22mm, $p = 600 \text{ kg/m}^3$; ?
- PK1:** Steinwolle 120 mm: Rockwool Sonorock $p_{\text{mittel}} = 28 \text{ kg/m}^3$, Übermaß ca. 1%
- PK2:** Zellulose 120 mm: Isocell, $p_{\text{eingebaut}} = \text{ca. } 45 \text{ kg/m}^3$
- PK3:** Glaswolle: Schmelzpunkt $\leq 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ $p = 11 \text{ kg/m}^3 - 15 \text{ kg/m}^3$; ?
- PK4:** Holzweichfaser: Steico flex 036, $p = \text{ca. } 60 \text{ kg/m}^3$, Übermaß 1 cm, horizontal verlegen
- Gipsfaserplatte 15 mm : Fermacell GF

A.1.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.1.5-1: Schichtaufbau und Lage der Thermoelemente

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [km/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	MDF- Platte der Fa. EGGER EGGER DHF nach DIN EN 13986:2004+A1:2015 DOP-506-00	15	612	8,2	1.1-1.5
2a	Steinwolle (SW) der Fa. Rockwool Rockwool Klemmrock 035 nach DIN EN 13162	120	38,4	1,0	2.1-2.5
2b	Isocell Zellulosefaser (ZF) nach Z-23.11-1236 bzw. ETA-06/0076	120	58	-	2.1-2.5
3	Spanplatte – Classic Board P2 der Fa. Pfeleiderer nach EN 13986:2004 +A1:2015	22	667	7,3	3.1-3.5
4	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1-434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	4.3
5	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1-434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	OF 1- OF 5

A.1.6 Versuchsbeobachtungen

Tabelle A.1.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung am 29.08.2019

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0:00	Start der Prüfung (12:12 Uhr), Zündung der Brenner	-
2:00-3:00	Oberflächen der MDF brennen bei PK 1 und PK 2	F
12:00 – 14:00	MDF-Platten beidseitig durchgebrannt	F
14:47	Eigenbrand der Zellulose	F
15:58	Schuppen der MDF bei beiden Prüfkörpern abgefallen	F
29:00	Erheblicher Eigenbrand PK 2 Zellulose	F
34:00	Zelluloseteile lösen sich aus dem Gefach (kleinteilig) bzw. einzelne Flocken	F
34:40	Zellulose fällt aus dem Gefach (große Teile)	F
70:00	Rauchaustritt im Bereich der Thermoelemente (Durchgang) wird fortlaufend mit Conlit abgedichtet	FA
109:00	Durchbrandöffnung im Bereich der Klammer seitlich in der GF	FA
111:00	Dunkelverfärbung der GF im Zellulosebereich	FA
114:31	Erstes OF Thermoelement im Bereich ZF über 180°C	
116:00	Rissbildung GF Zellulose und Durchbrand im Randbereich Prüfung wird beendet	FA

A.1.7 Fotodokumentation



Abbildung A.1.7-1: PK1 beim Bau

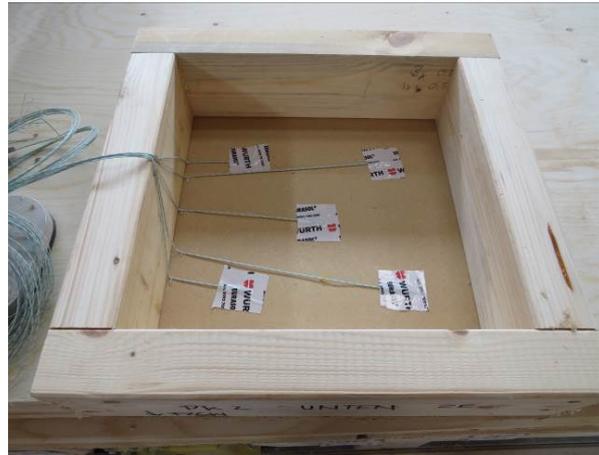


Abbildung A.1.7-2: PK 2 beim Bau



Abbildung A.1.7-3 : PK 1 SW beim Bau



Abbildung A.1.7-4: PK 2 mit Zellulosefüllung

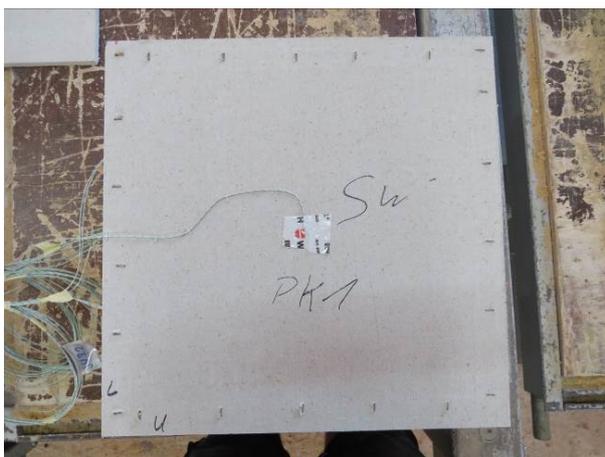


Abbildung A.1.7-5: PK 1 beim Bau, feuerabgewandte Seite, 1 Lage GF

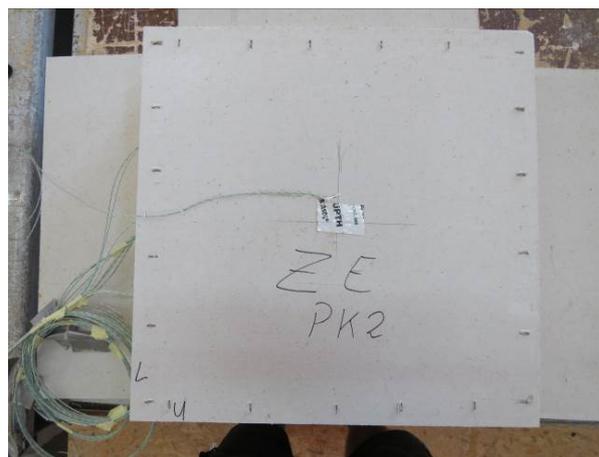


Abbildung A.1.7-6: PK2 beim Bau, feuerabgewandte Seite, 1 Lage GF

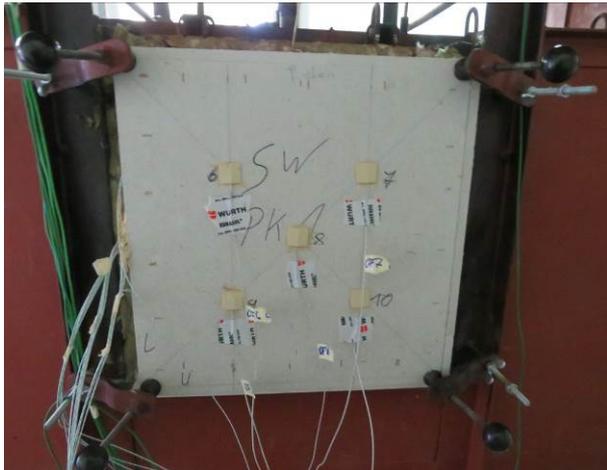


Abbildung A.1.7-7: PK1 eingebaut im Prüfofen



Abbildung A.1.7-8: PK2 eingebaut im Prüfofen



Abbildung A.1.7-9: Prüfminute 74, PK2 ZF, Rauchaustritt an den Seiten



Abbildung A.1.7-10: Prüfminute 109, PK 2 ZF, Rauchaustritt und Schwarzfärbung an den Rändern



Abbildung A.1.7-11: Prüfminute 111, leichte Verfärbung der GF beim PK 2 ZF



Abbildung A.1.7-12: Prüfminute 114, Schwarzfärbung der GF im PK2 ZF



Abbildung A.1.7-13: Prüfminute 115, Schwarzfärbung an den Rändern des PK1 SW



Abbildung A.1.7-14: Prüfminute 116, Schwarzfärbung und Rissbildung der GF des PK 2 ZF



Abbildung A.1.7-15: PK1 nach Beendigung der Prüfung, SW Gefach



Abbildung A.1.7-16: PK2 ZF nach Beendigung der Prüfung



Abbildung A.1.7-17: Nach Beendigung der Prüfung, links PK2 ZF, rechts PK1 SW



Abbildung A.1.7-18: PK1 SW



Abbildung A.1.7-19: Rückzug der SW in PK 1 beträgt 2,7 cm



Abbildung A.1.7-20: PK 2 ZE, feuerabgewandte Seite



Abbildung A.1.7-21: PK1 SW, feuerabgewandte Seite



Abbildung A.1.7-22: links PK 2 ZF, rechts PK 1 SW



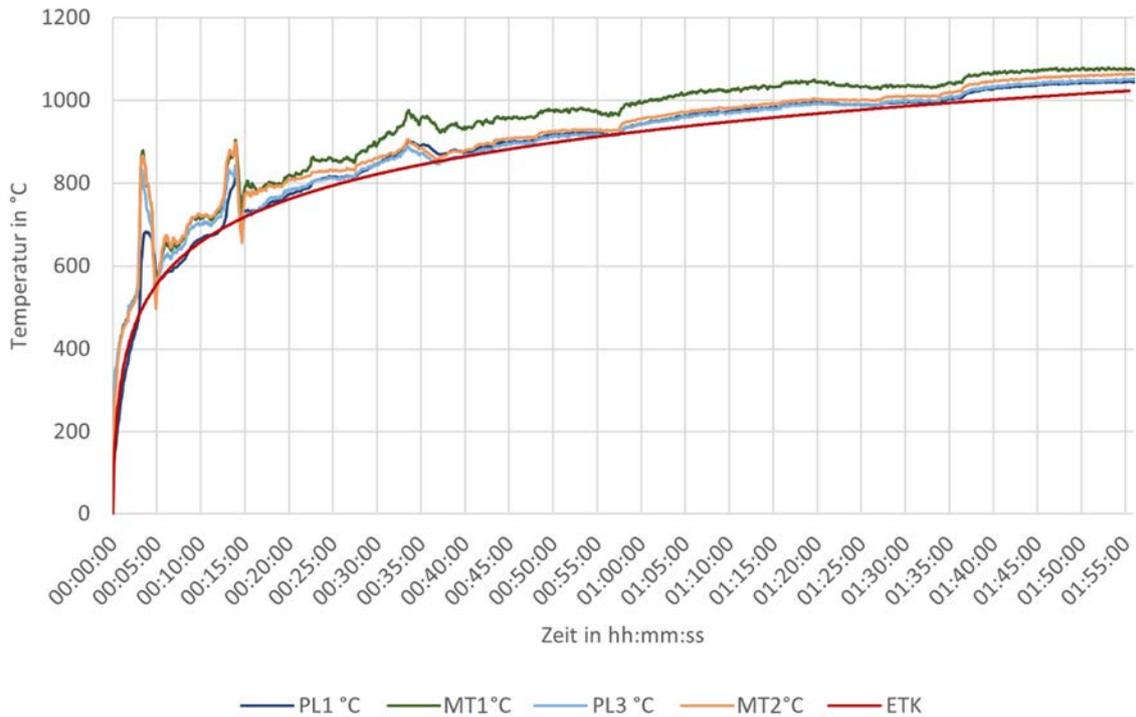
Abbildung A.1.7-23: PK 1 SW



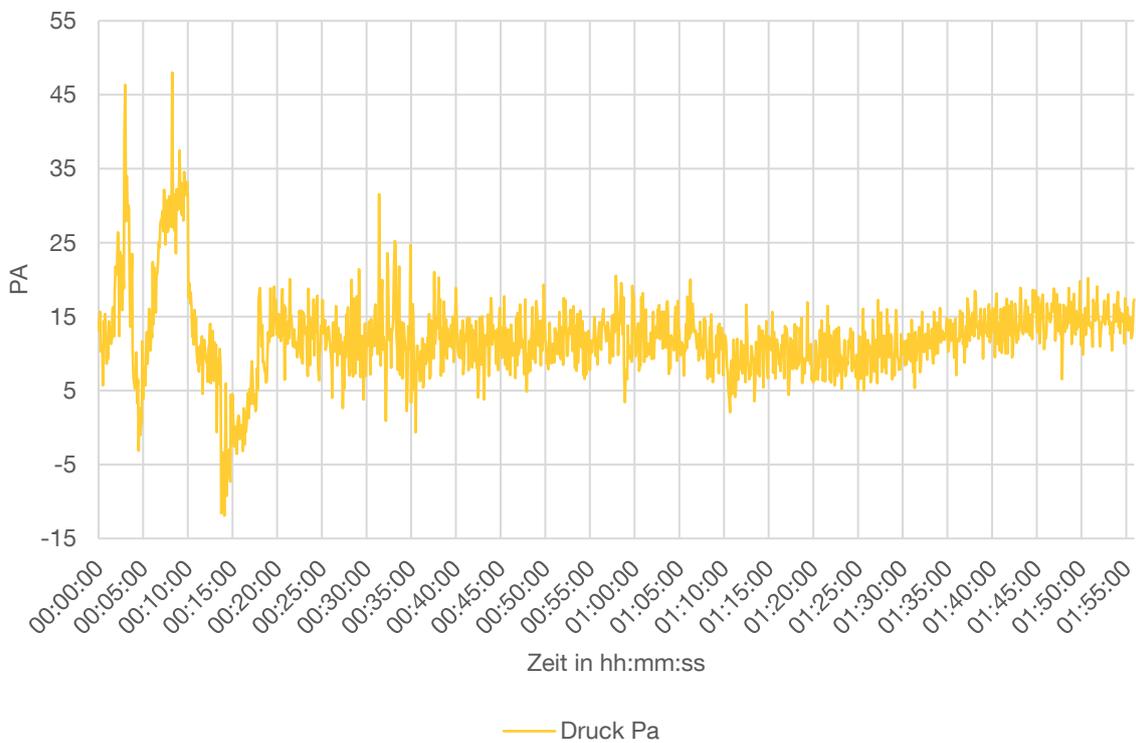
Abbildung A.1.7-24: PK 1 Spanplatte

A.1.8 Darstellung der Messwerte

A.1.8.1. Messstellen Ofen – Ofentemperatur



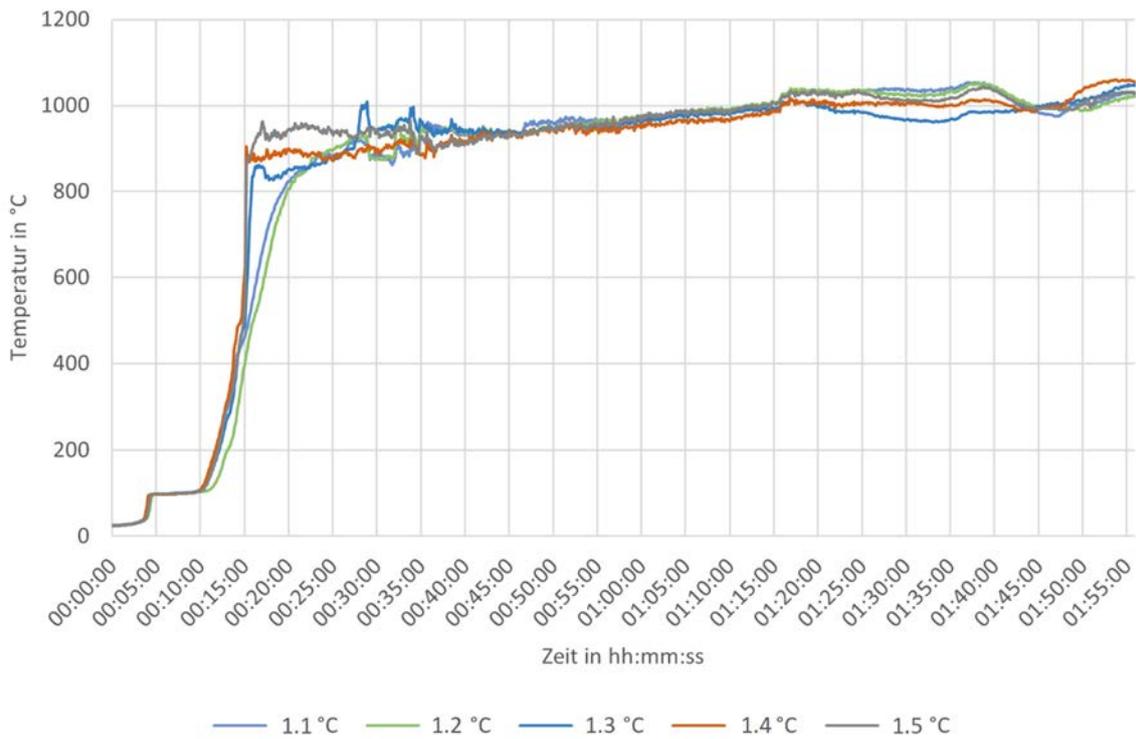
A.1.8.2. Messstellen Ofen – Ofendruck



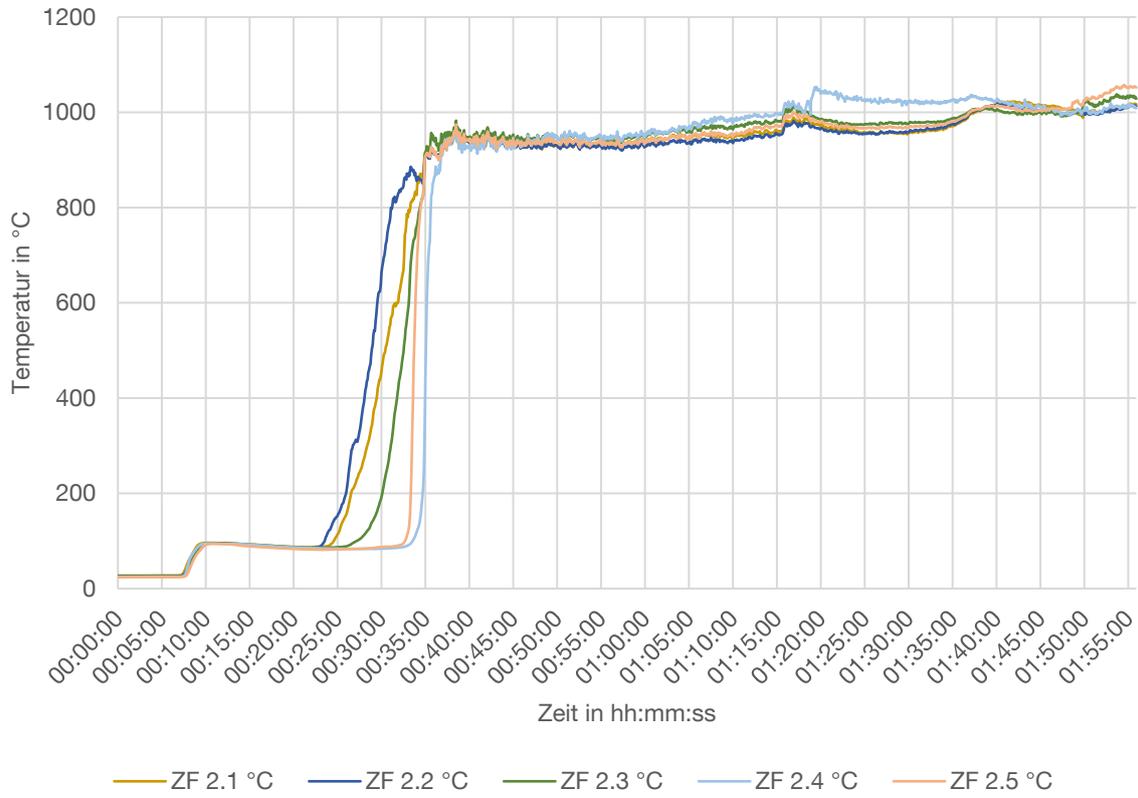
A.1.8.3. Messstellen Ofen - Sauerstoff



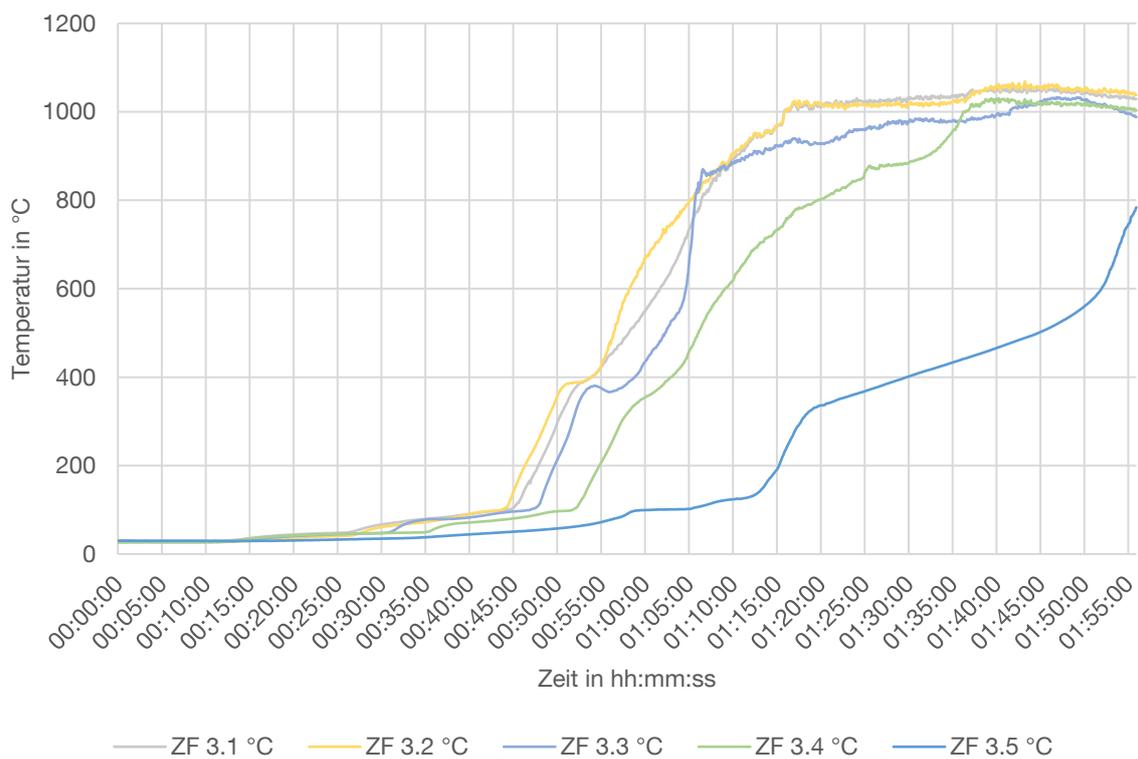
A.1.8.4. Messstellen Zellulose – Ebene 1



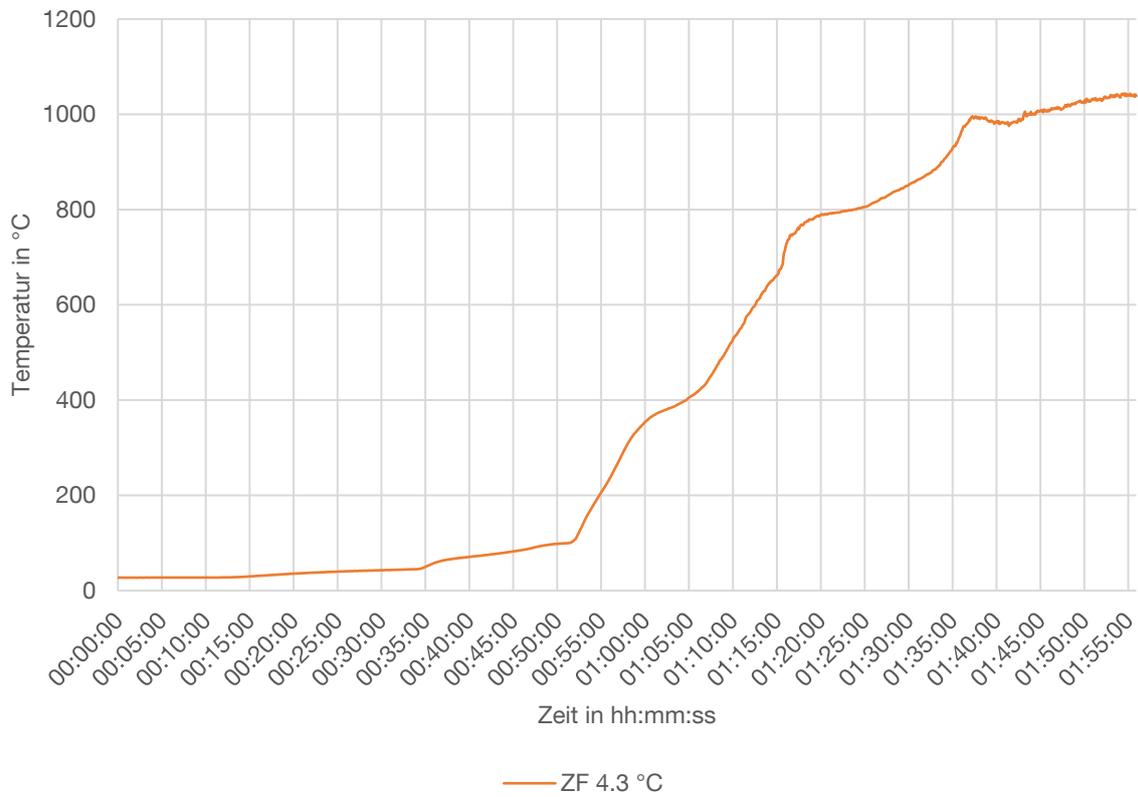
A.1.8.5. Messstellen Zellulose – Ebene 2



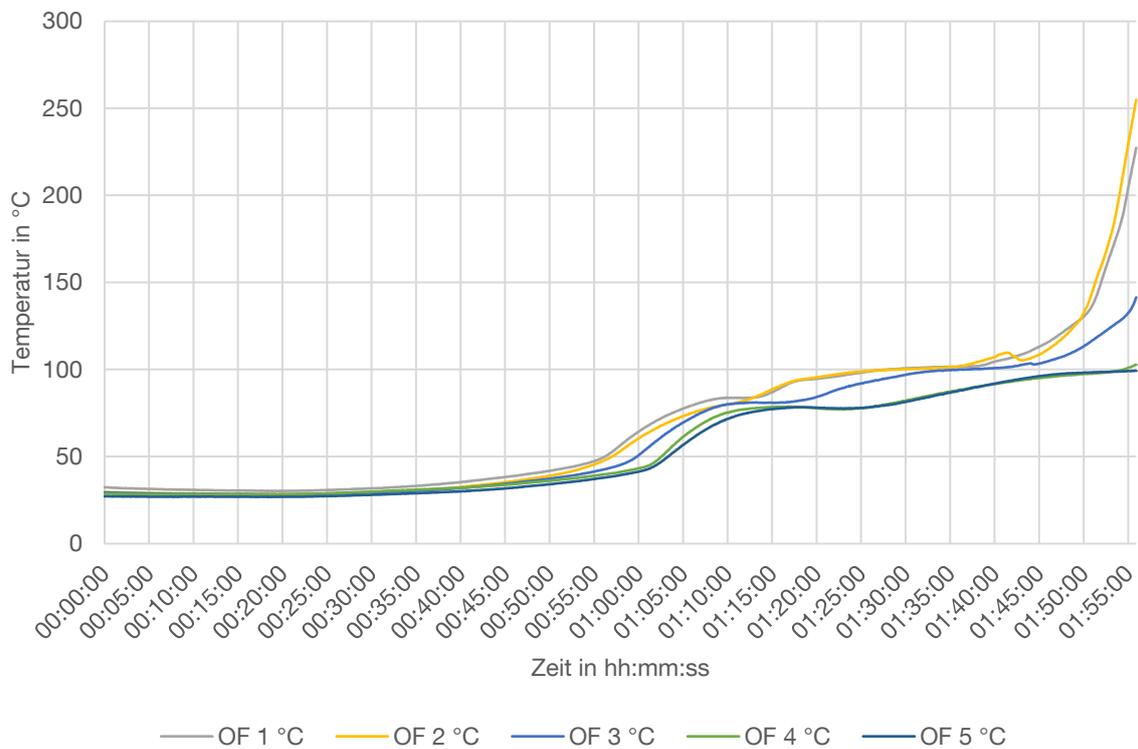
A.1.8.6. Messstellen Zellulose – Ebene 3



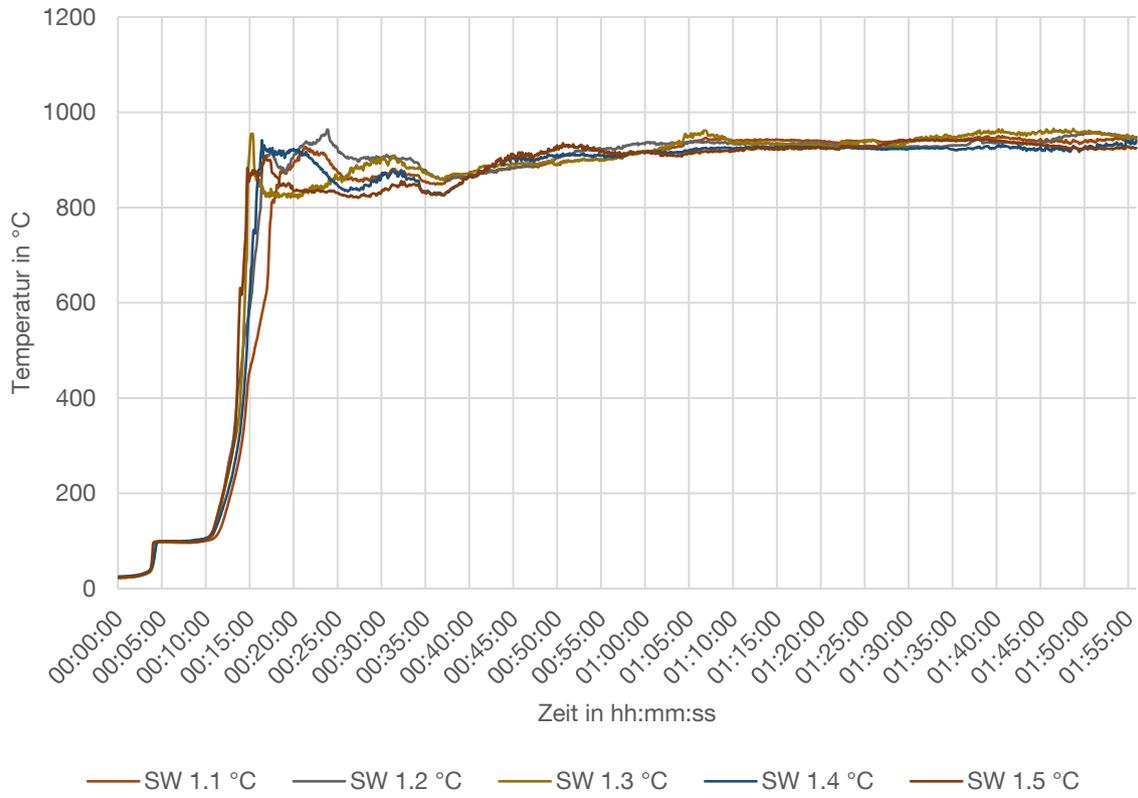
A.1.8.7. Messstellen Zellulose – Ebene 4



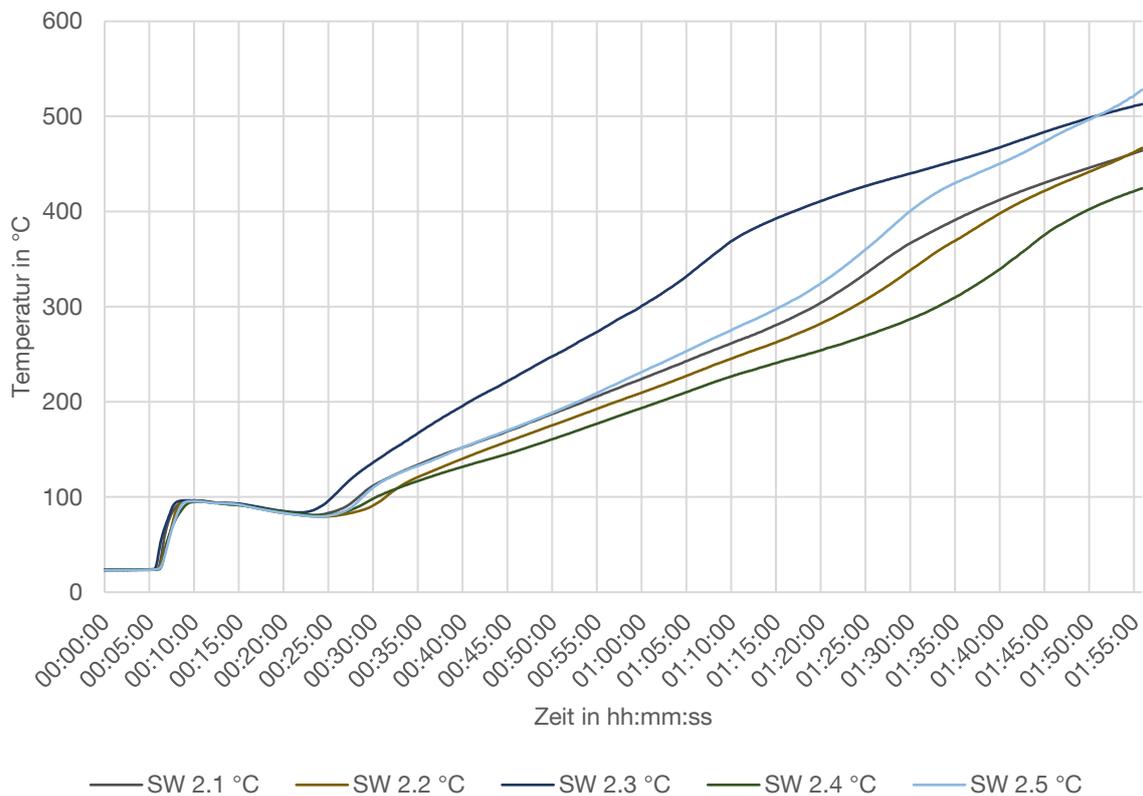
A.1.8.8. Messstellen Zellulose – Oberflächenthermoelemente



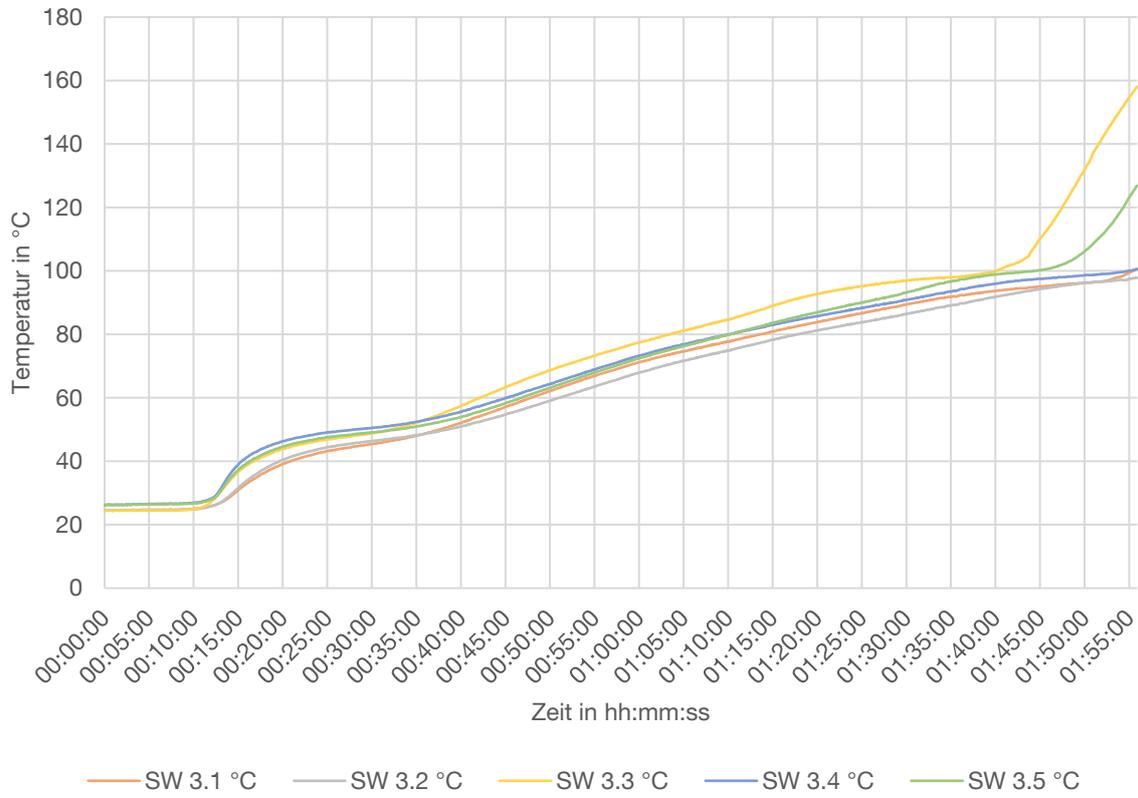
A.1.8.9. Messstellen Steinwolle – Ebene 1



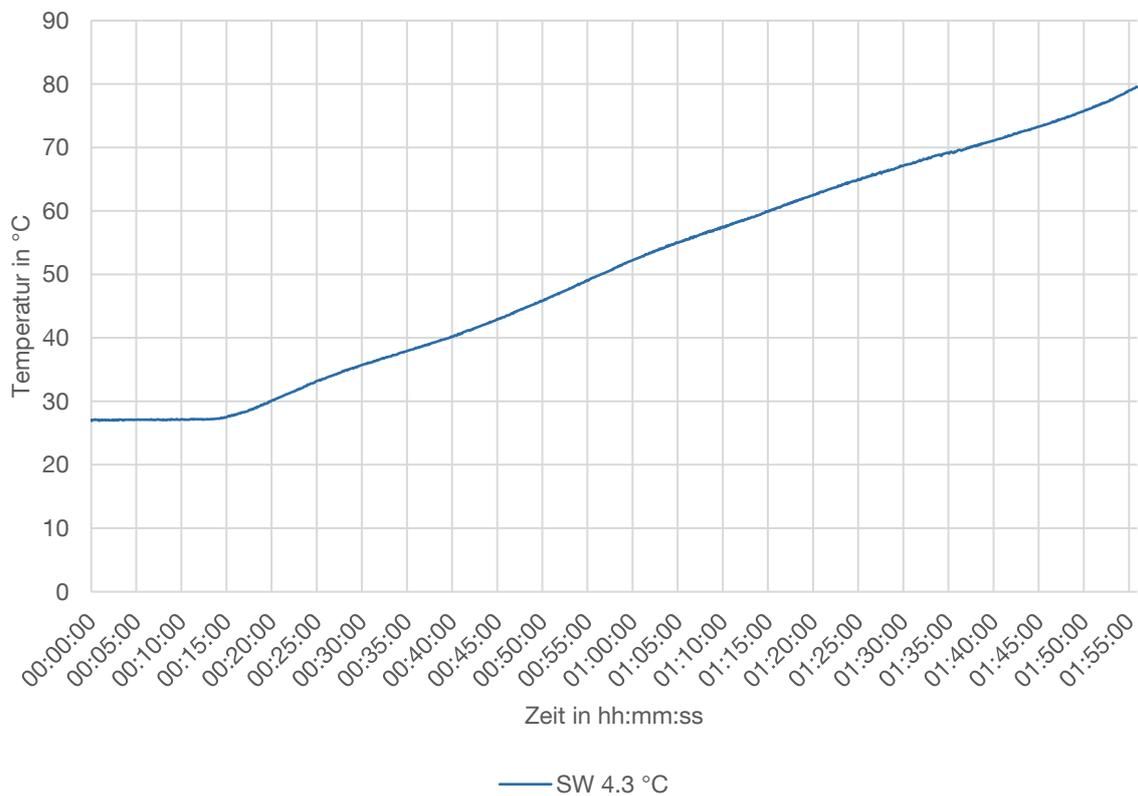
A.1.8.10. Messstellen Steinwolle – Ebene 2



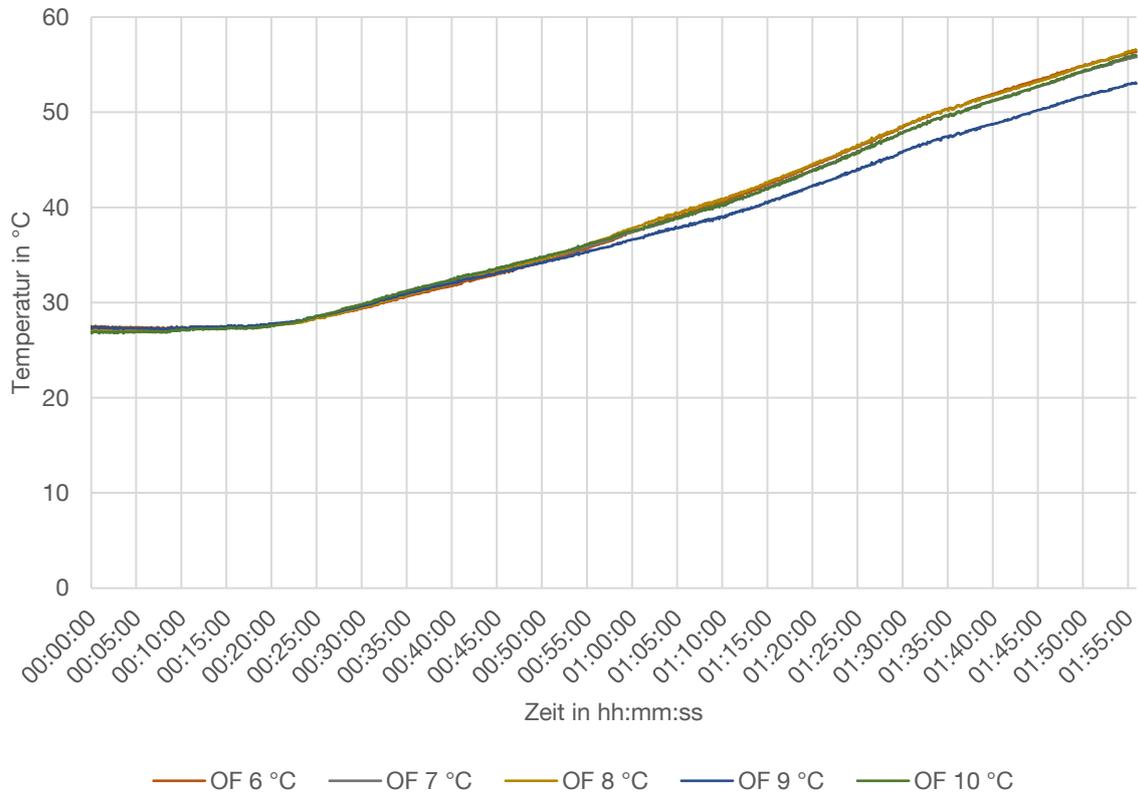
A.1.8.11. Messstellen Steinwolle – Ebene 3



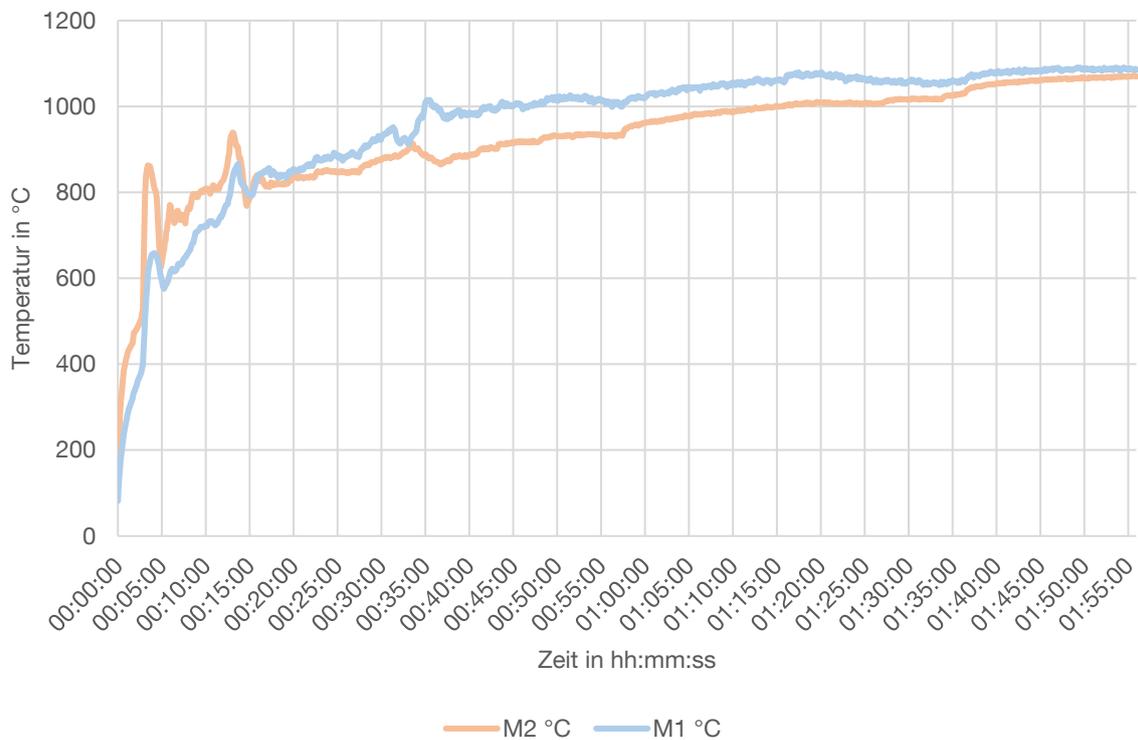
A.1.8.12. Messstellen Steinwolle – Ebene 4



A.1.8.13. Messstellen Steinwolle – Oberflächenthermoelemente



A.1.8.14. Messstellen Steinwolle – Mantelthermoelemente



A.2 Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Wandausschnitt – Glaswolle / Holz- faser (R2-V2-T8)

Prüfbericht-Nr.	TUM 29-08-19_02 – Teil 8 (PK3 und PK4)
Gegenstand	Brandversuch im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 zur Untersuchung des Brandverhaltens unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein – und Großversuch – Prüfkörper PK3 bis PK4 –Gefachdämmstoffe aus Glaswolle bzw. Holzfaserdämmstoff
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	29.08.2019
Datum Bericht	13.12.2019
Anzahl Seiten des Berichts	13

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.2.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Vergleich unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein- und Großversuch durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung von Wandausschnitten im Kleinbrandprüfstand nach DIN 4102-8 [1]. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2].

Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile. Jede wesentliche Abweichung der Konstruktion hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Materialien, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen oder Befestigungsmitteln von den geprüften Randbedingungen, ist durch diesen Prüfbericht nicht abgedeckt.

A.2.2 Geprüfte Konstruktion

Die Prüfkörper PK 3 bis PK 4 sind Wandkonstruktionen mit einer Außenabmessung von $B \times H = 525 \times 525$ mm auf und bestehen aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 60 \times 120$ mm. Die Bekleidung auf der feuerzugewandten Seite erfolgt mit einer 15 mm dicken MDF ($\rho > 600$ kg/m³). Die feuerabgewandte Seite wurde mit einer 22 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600$ kg/m³) und 2 Lagen Gipsfaser mit 15mm beplankt. Die MDF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 im Abstand von < 10 mm befestigt. Das Gefach wurde im PK 3 mit 120 mm Glaswolle (21,5 kg/m³) der Firma Isover, im PK 4 mit 120 mm Holzfaser der Firma Steico (45,5 kg/m³) gefüllt. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermoelemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen. Eine genaue Beschreibung kann den einzelnen Versuchsaufstellungen entnommen werden.

A.2.3 Prüfanordnung und -durchführung

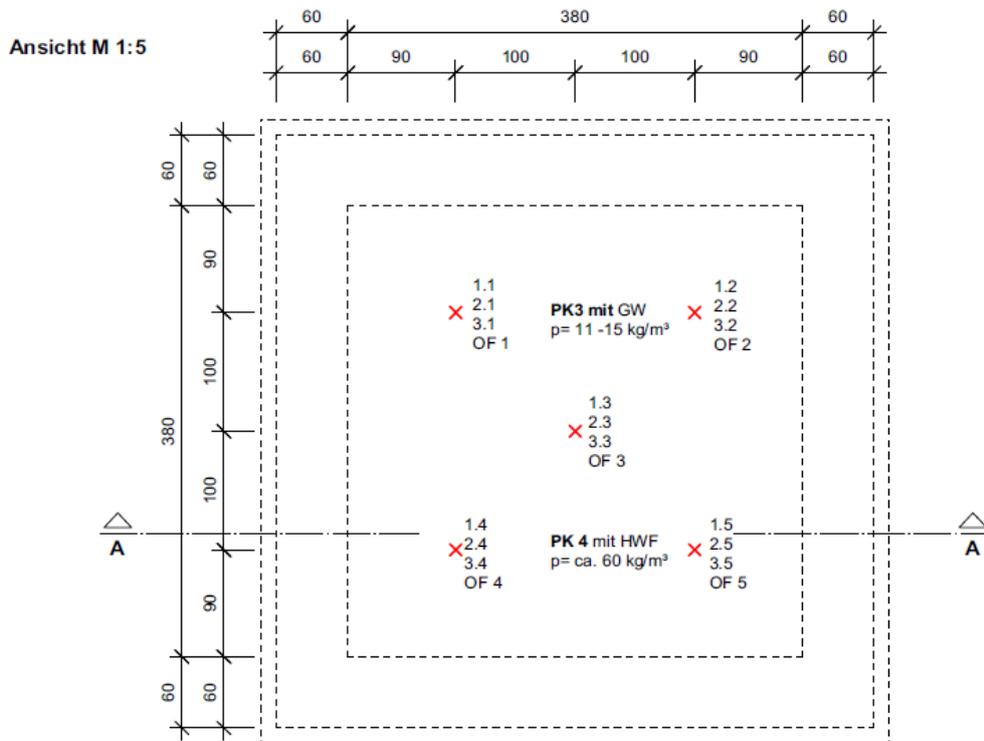
Die geprüften Wandausschnitte wurden von Mitarbeitern der Fa. Gumpp & Maier in Binswangen gefertigt. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden zwei Plattenthermoelemente (PT 1 + 3) sowie zwei Mantel-Thermoelemente (MT 2 + 4) gemäß DIN EN 1363-1 [2] bzw. DIN 4102-2 [3] Abschnitt 6.2.4 im Abstand von 100 mm vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zusätzlich wurden die Temperaturen mit zwei Mantelthermoelementen (M 1 + 2) direkt vor dem Probekörper gemessen.

Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2] verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Dosch-Messgerät in Höhe des oberen Probekörperandes.

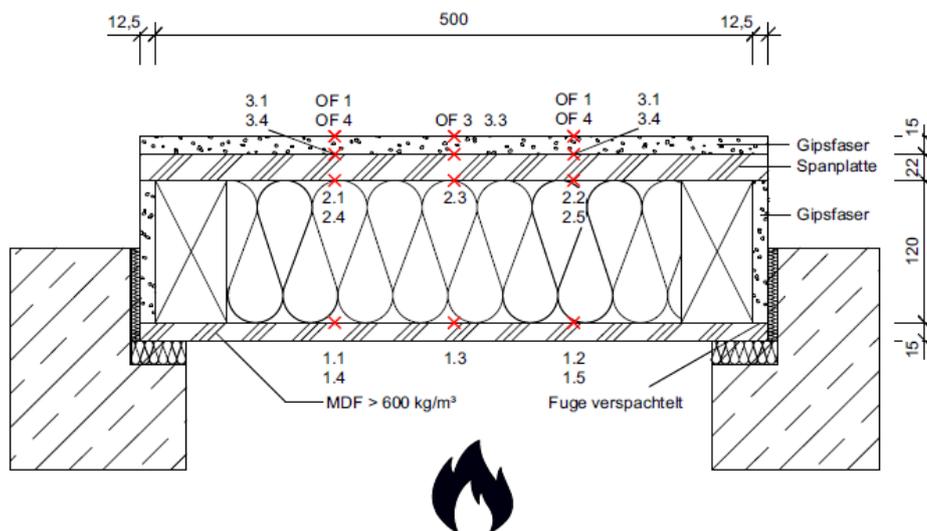
Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen 3 und 4 entnommen werden.

A.2.4 Konstruktionszeichnung

Versuch PK 3+4



Schnitt A-A M 1:5



Thermoelemente

Thermdraht Typ K, Länge 2m : PK1/2= 16 Stück x 2
 PK 3/4= 15 Stück x 2
 Gesamt 62 Stück
 Oberflächen (seitens MFPA): 4x 5 Stück= 20 Stück

Projekt	Vergleich Dämmstoffe
Versuchsnummer/ Name	Versuch PK 1-4
Bearbeiter	mr, aw
Maßstab	1:5
Datum	09.08.2019

A.2.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.2.5-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [km/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	MDF- Platte der Fa. EGGER EGGER DHF nach DIN EN 13986:2004+A1:2015 DOP-506-00	15	612	8,2	1.1-1.5
2a	Glaswolle Dämmung – Isover Integra ZSF-032 nach EN 13162:2012+A1:2015	120	21,5	1,25	2.1-2.5
2b	Holzfasern Dämmung – Steico Flex nach EN 13171:2012	120	45,5	8,13	2.1-2.5
3	Spanplatte – Classic Board P2 der Fa. Pfleiderer nach EN 13986:2004 +A1:2015	22	667	7,3	3.1-3.5
4	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1- 434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	4.3

A.2.6 Versuchsbeobachtung

Tabelle A.2.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0:00	Start der Prüfung (8:59 Uhr), Zündung der Brenner	-
2:00	MDF Oberflächen brennen	F
15:21	Teile der MDF fallen ab am PK 3 (Messstelle HW 2.2 schlägt aus)	F
22:00	Kleine Schuppen der MDF liegen im Ofen (durchgebrannt), HWF brennt mit	F
25:00	Knackgeräusche Holzständerwerk	-
25:50	Schneller Temperaturanstieg auf der Rückseite der GW	-
33:00	Beidseitiges Mitbrennen der PK im Ofen sichtbar	F
59:00	Rauchaustritt am Durchgang der Thermoelemente GW	FA
64:00	Rauchaustritt am Durchgang Thermoelemente HWF	FA
66:00	Dunkelfärbung der GF bei PK 3 GW	FA
68:00	Erstes OF Thermoelement im Bereich der GF über 180°C	
68:00	Abblättern der Spanplatte im Ofen bei PK 4 HWF	F
70:00	Rissbildung der GF bei PK 3 GW	FA
70:30	Prüfung wird beendet	-

A.2.7 Fotodokumentation

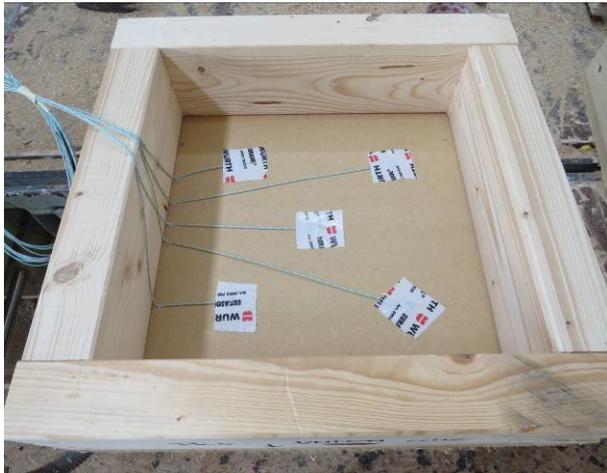


Abbildung A.2.7-1: PK 3 GW beim Bau



Abbildung A.2.7-2 : PK 4 HWF beim Bau



Abbildung A.2.7-3: PK 3 Füllung mit Glaswolle



Abbildung A.2.7-4: PK 4 Füllung mit Holzweichfaserdämmung

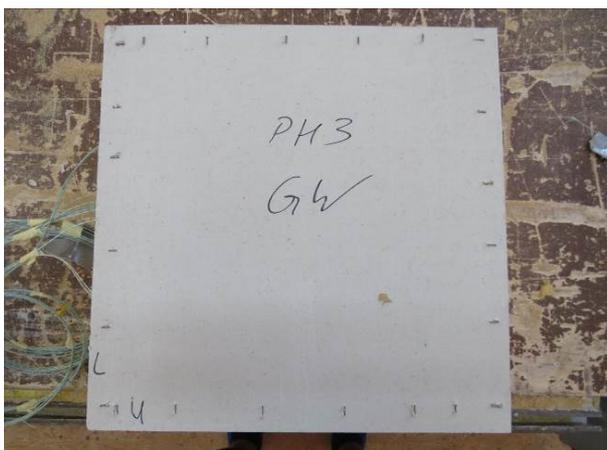


Abbildung A.2.7-5: PK 3, feuerabgewandte Seite



Abbildung A.2.7-6: PK 4, feuerabgewandte Seite



Abbildung A.2.7-7: Fertiger PK 3 GW, vor Transport



Abbildung A.2.7-8: Fertiger PK 4 HWF, vor Transport

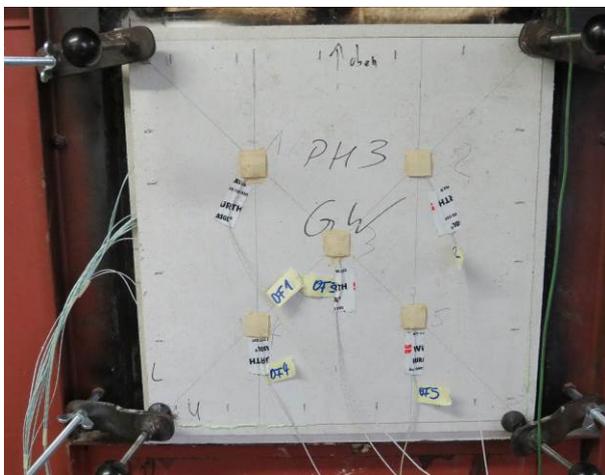


Abbildung A.2.7-9: Eingebauter PK 3 im Prüfofen



Abbildung A.2.7-10: Eingebauter PK 4 im Prüfofen



Abbildung A.2.7-11: Prüfminute 50, Rauchaustritt an den Rändern von PK 3

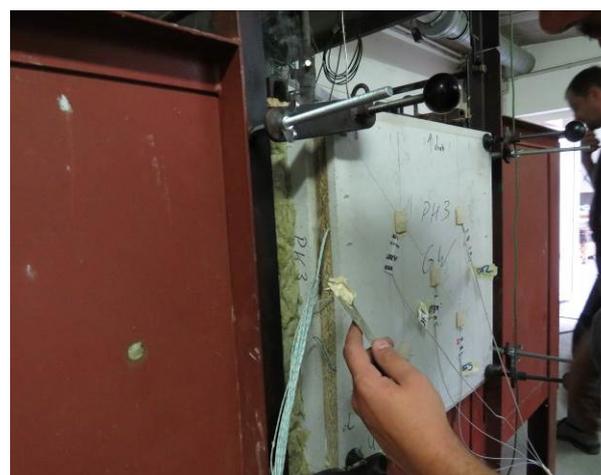


Abbildung A.2.7-12: Prüfminute 60, Verhindern des Durchbrandes am Rand an den Ausgängen der Thermoelemente



Abbildung A.2.7-13: Ertüchtigung des PK 4 an den Rändern mit Conlit

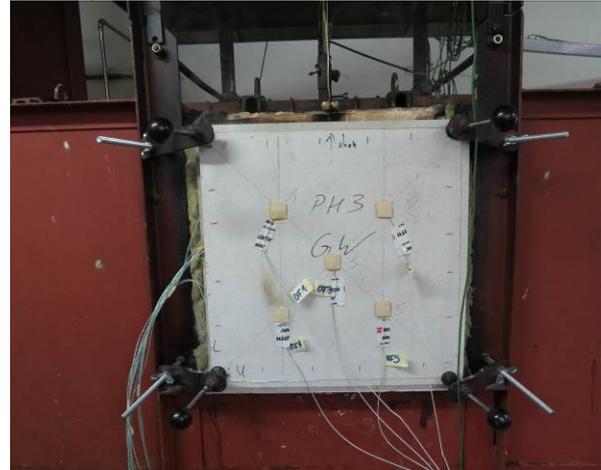


Abbildung A.2.7-14: Prüfminute 67, leichte Verformung der GF beim PK 3 GW

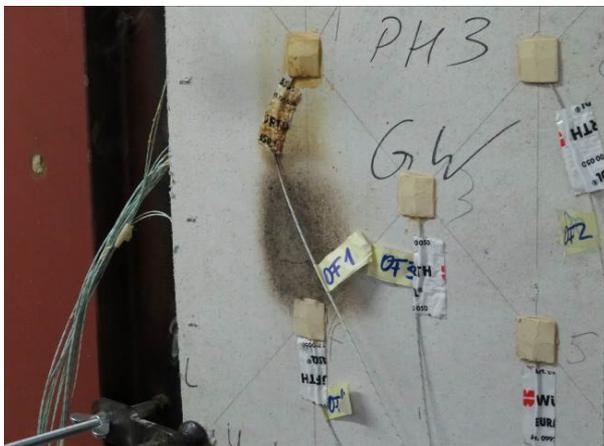


Abbildung A.2.7-15: Prüfminute 70, Schwarzverfärbung und leichte Rissbildung der GF beim PK 3



Abbildung A.2.7-16: Prüfminute 70, PK 3 kurz vor Beendigung der Prüfung



Abbildung A.2.7-17: PK 3 nach Prüfung



Abbildung A.2.7-18: PK4 im Prüfofen nach Prüfmende



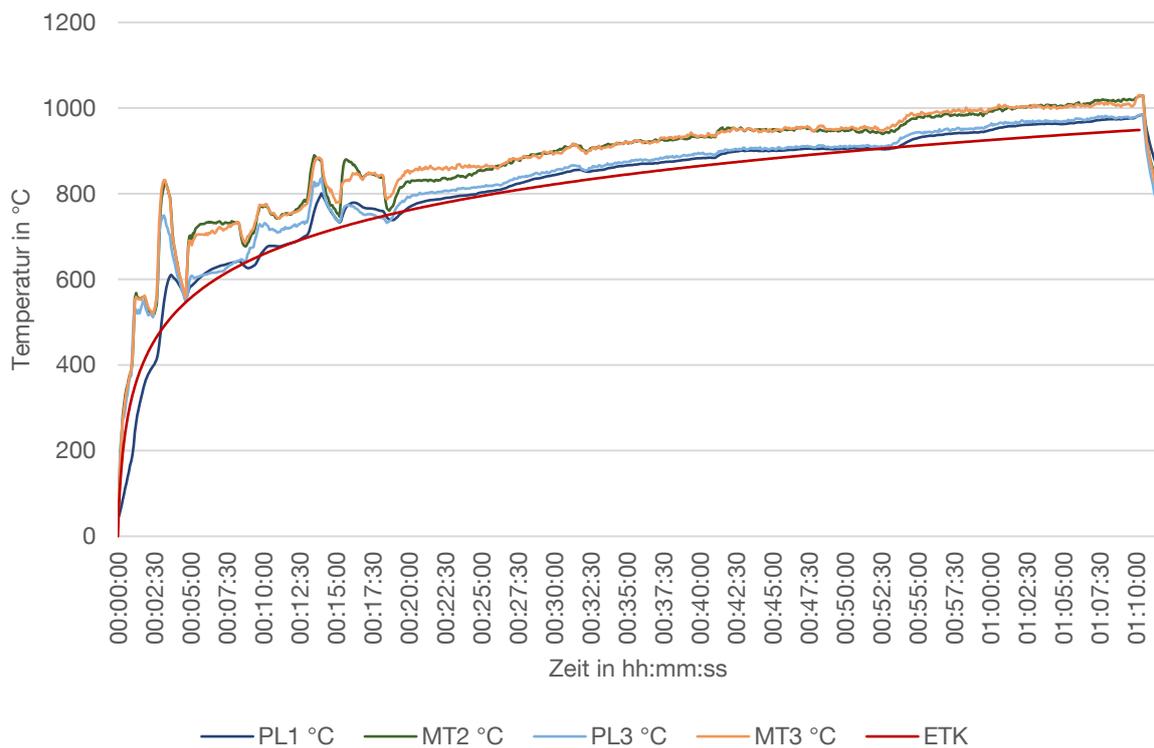
Abbildung A.2.7-19: PK4 nach Prüfeinde



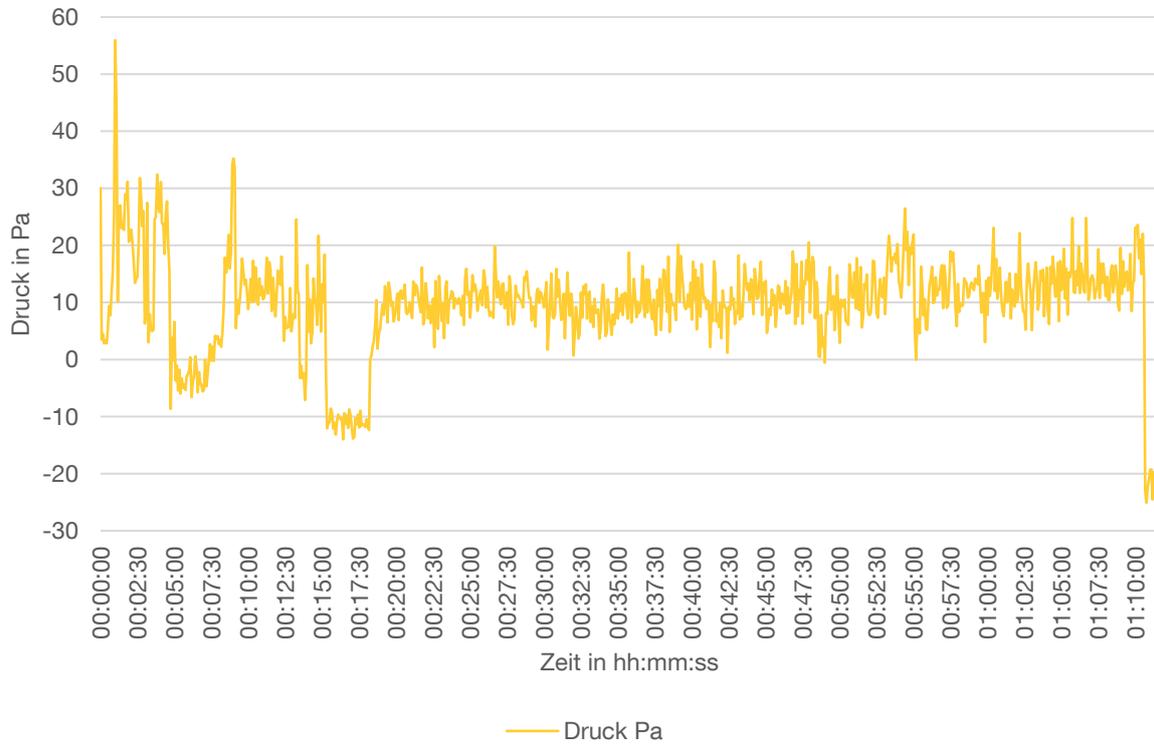
Abbildung A.2.7-20: PK 3 nach dem Löschen

A.2.8 Darstellung der Messwerte

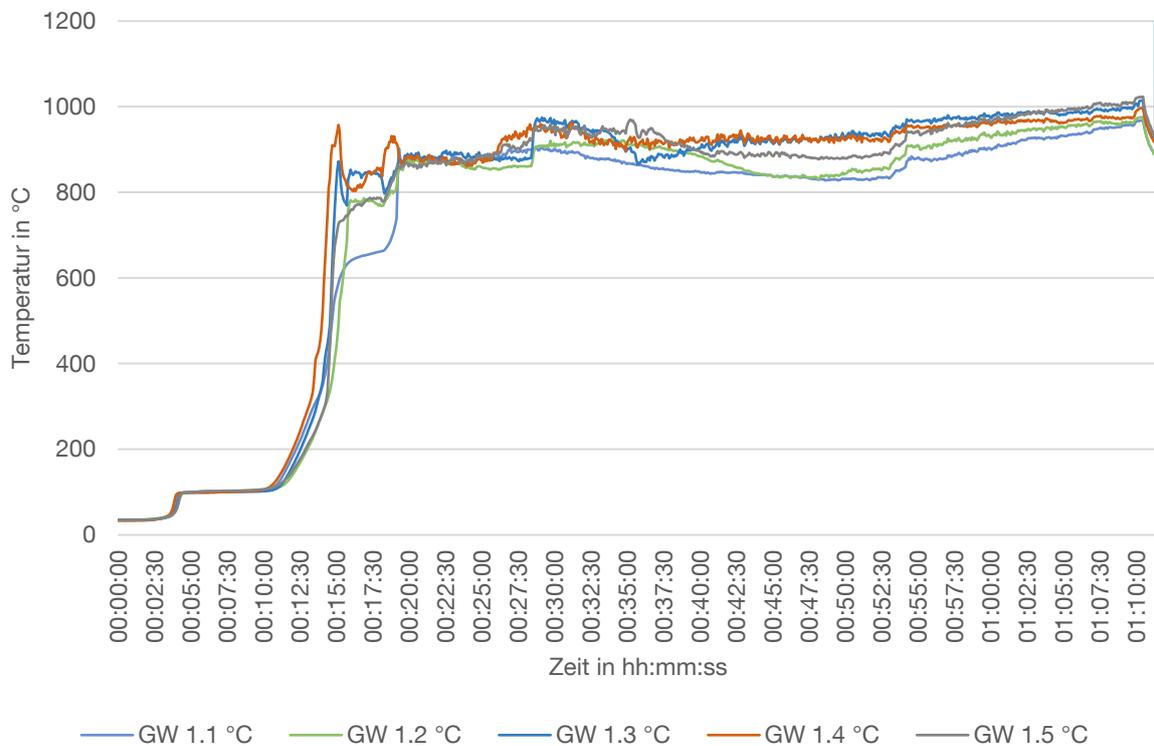
A.2.8.1. Messstellen Ofen – Ofentemperatur



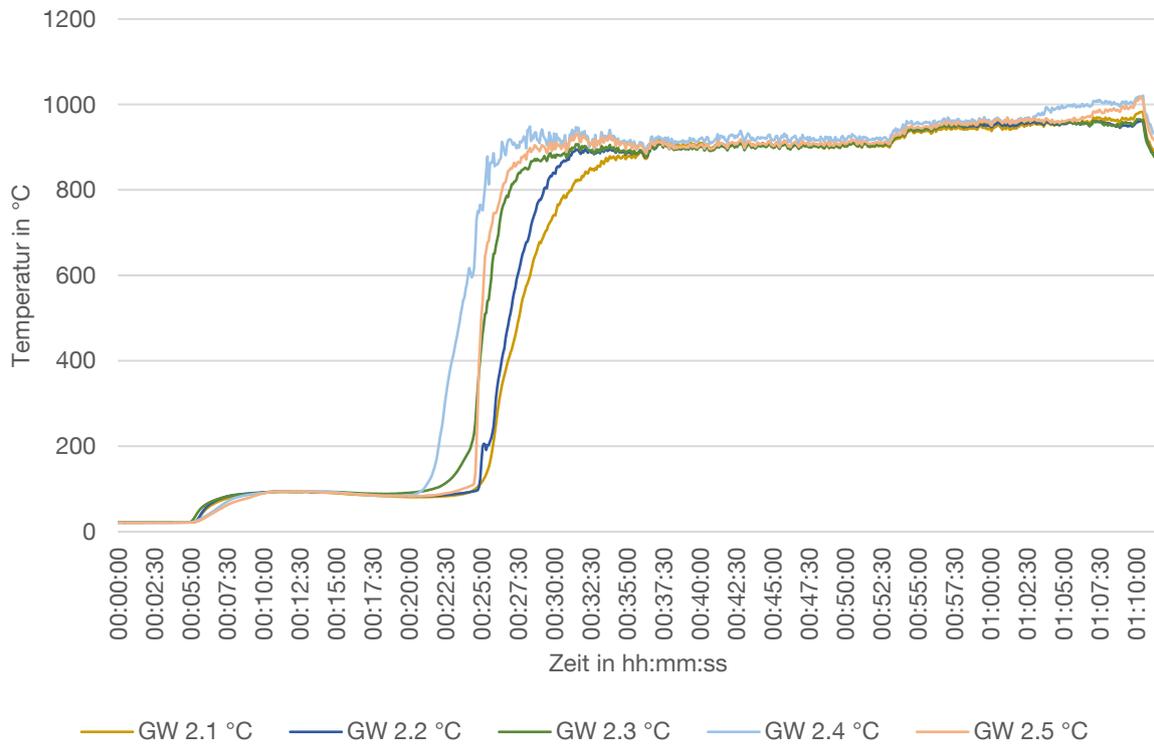
A.2.8.2. Messstellen Ofen – Ofendruck



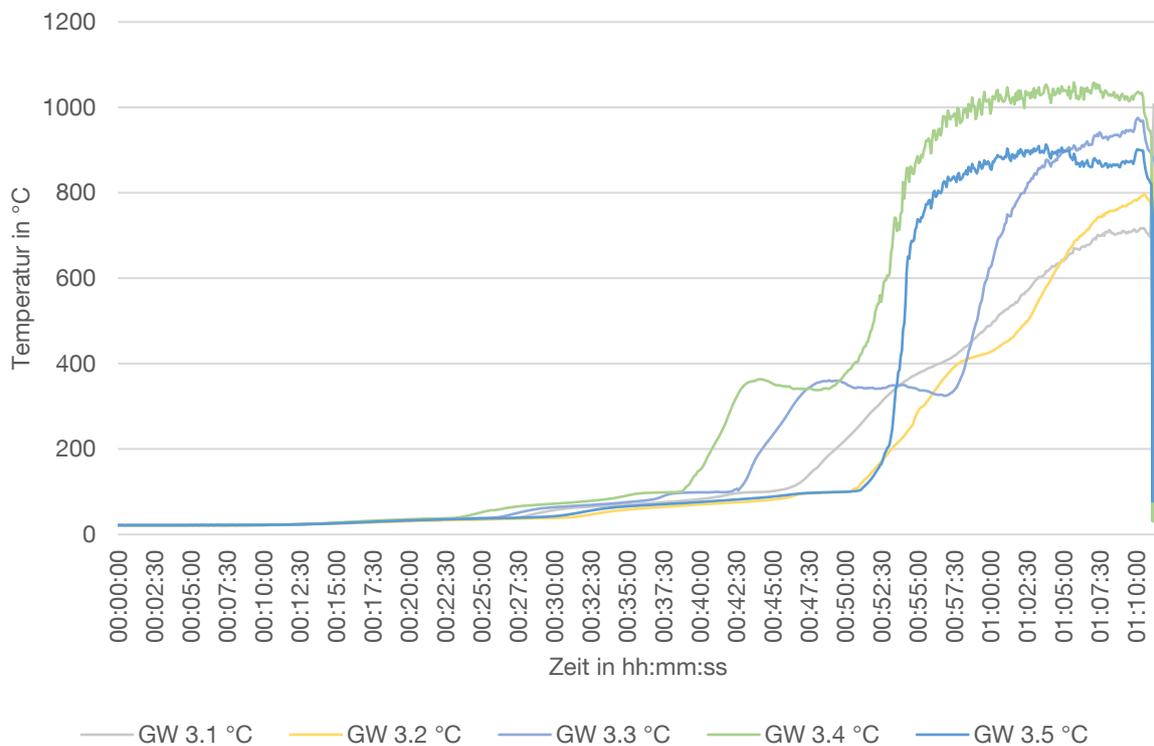
A.2.8.3. Messstellen PK3 Glaswolle – Ebene 1



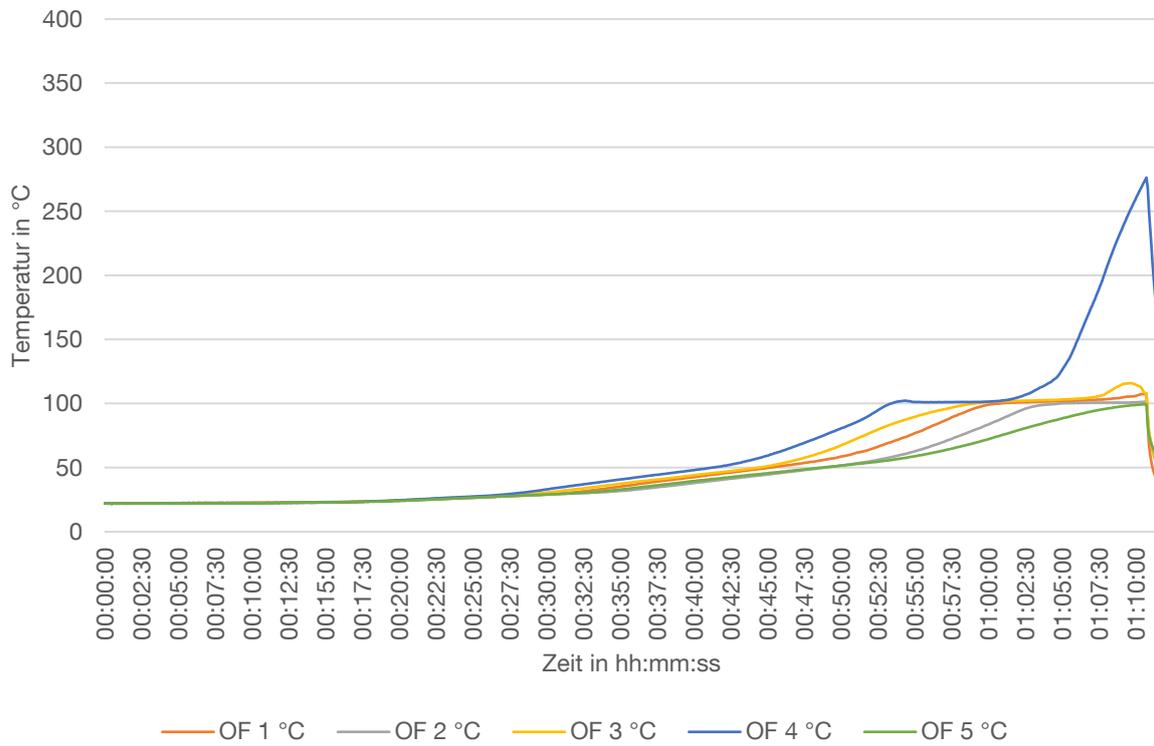
A.2.8.4. Messstellen PK3 Glaswolle – Ebene 2



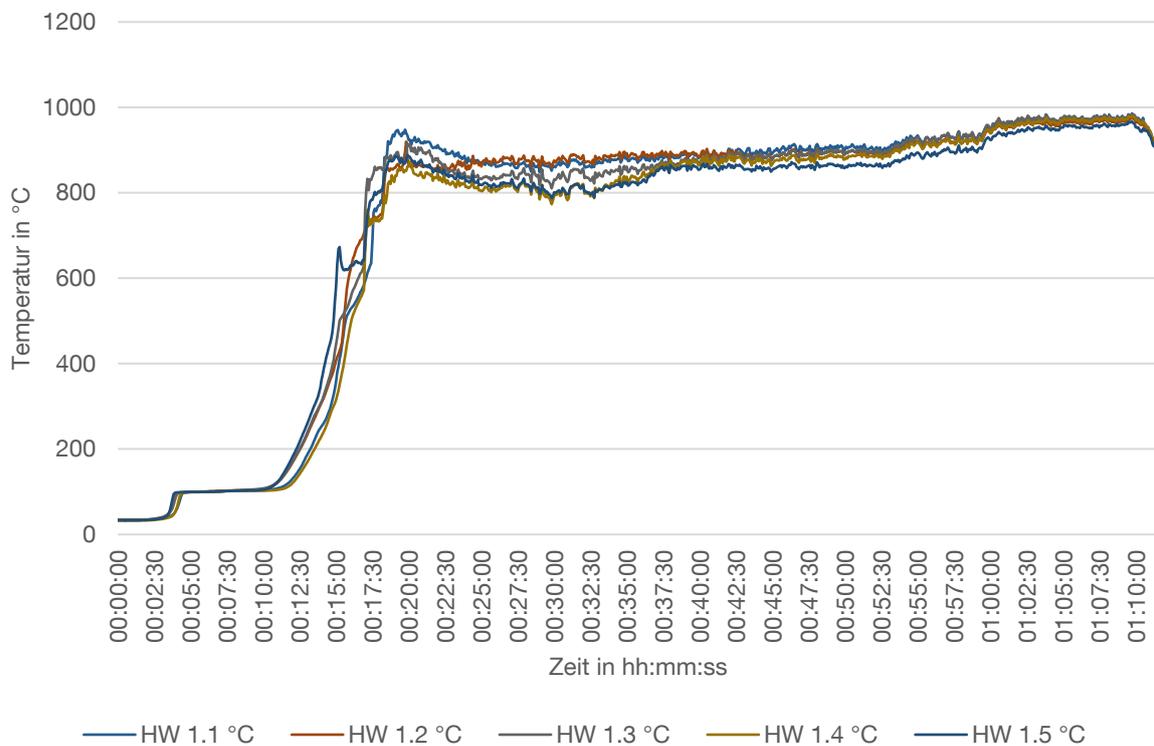
A.2.8.5. Messstellen PK3 Glaswolle – Ebene 3



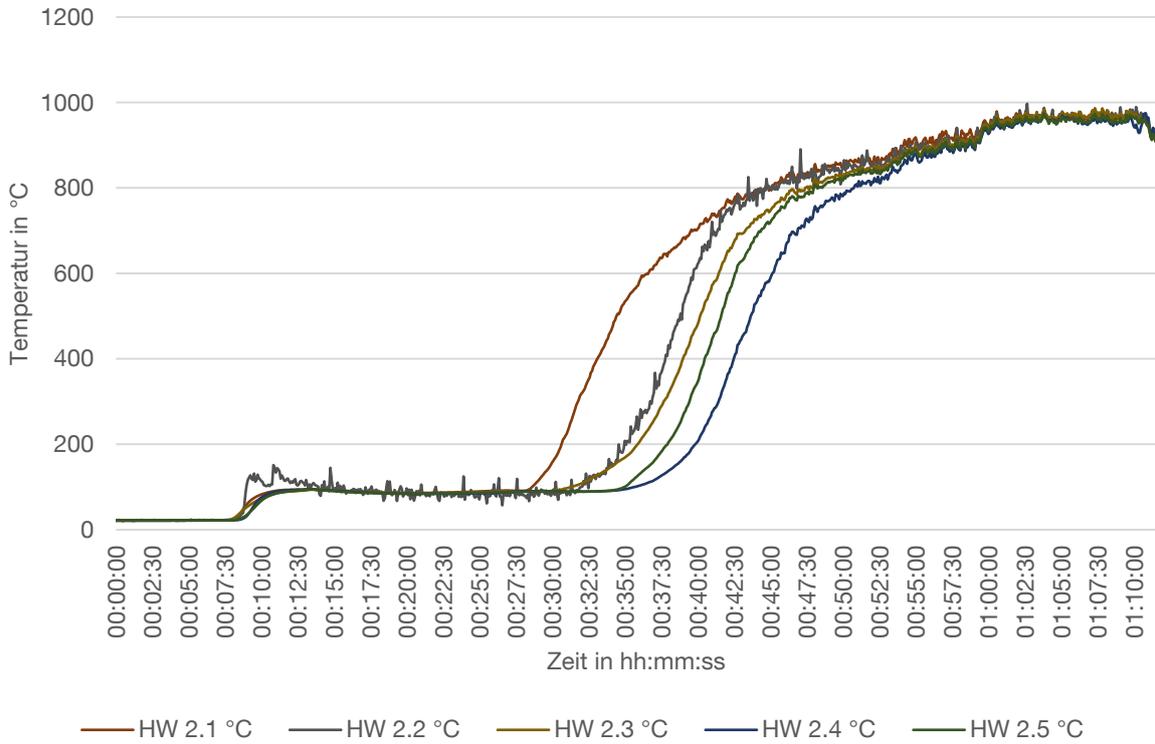
A.2.8.6. Messstellen PK3 Glaswolle – Oberflächenthermoelemente



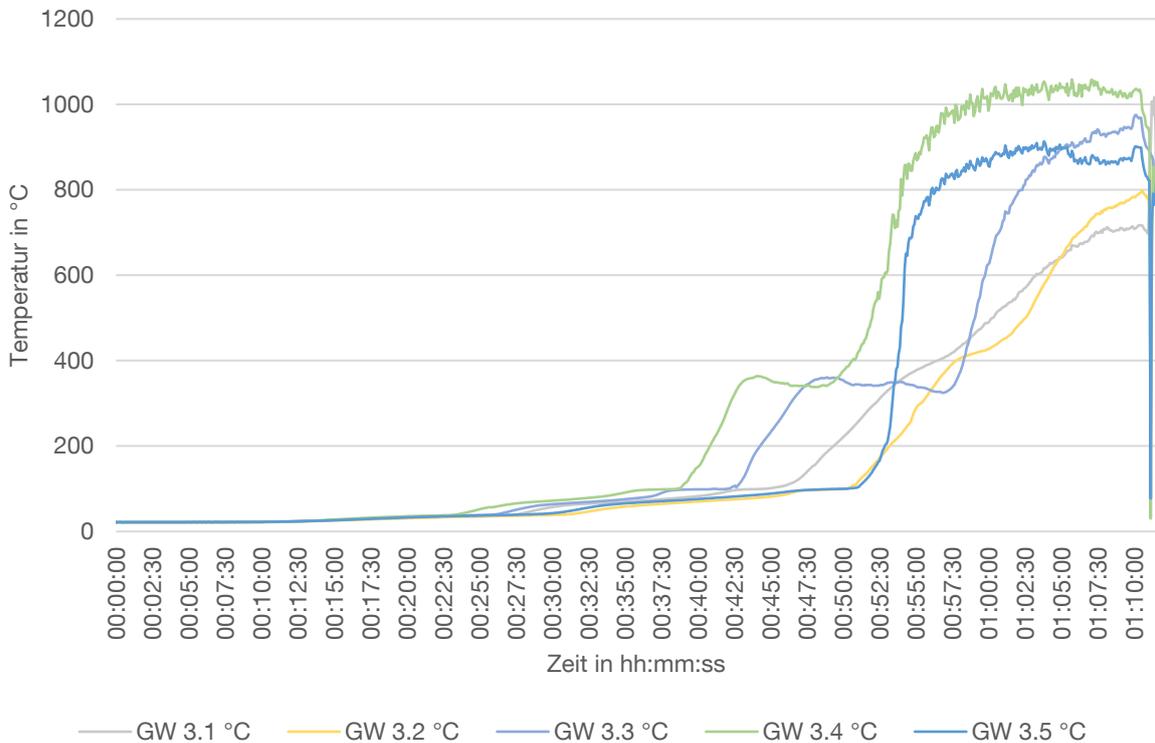
A.2.8.7. Messstellen PK4 Holzweichfaser – Ebene 1



A.2.8.8. Messstellen PK4 Holzweichfaser – Ebene 2

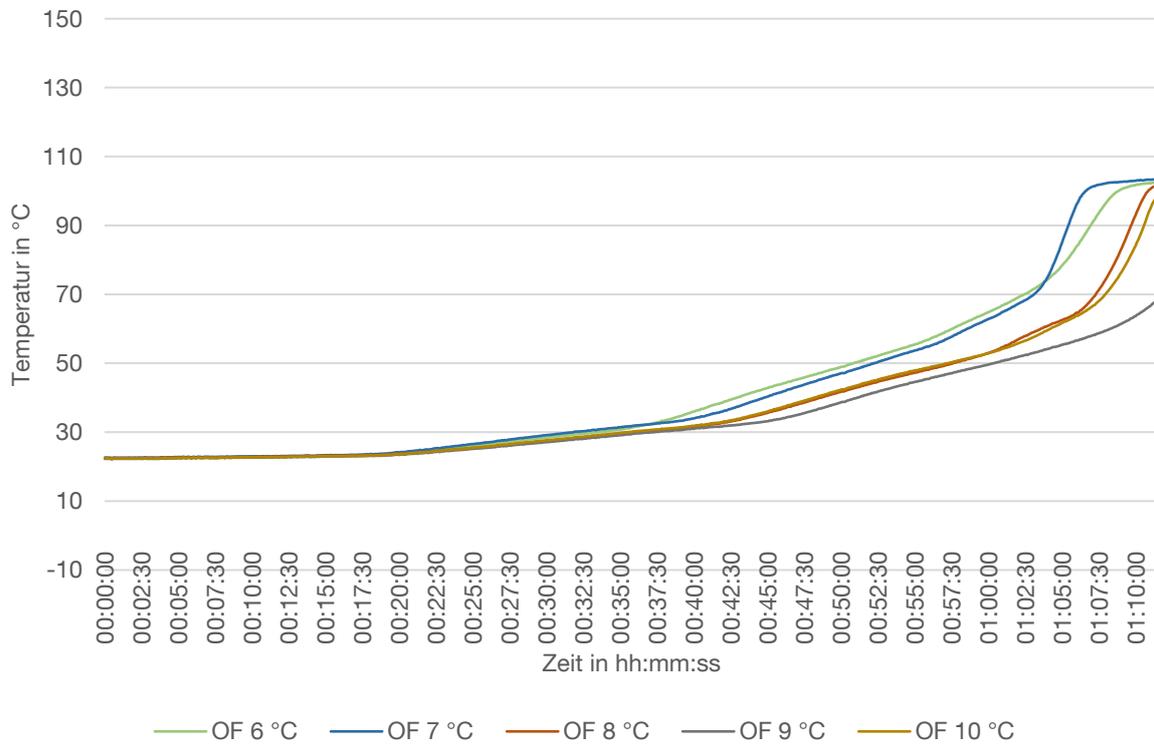


A.2.8.9. Messstellen PK4 Holzweichfaser – Ebene 3

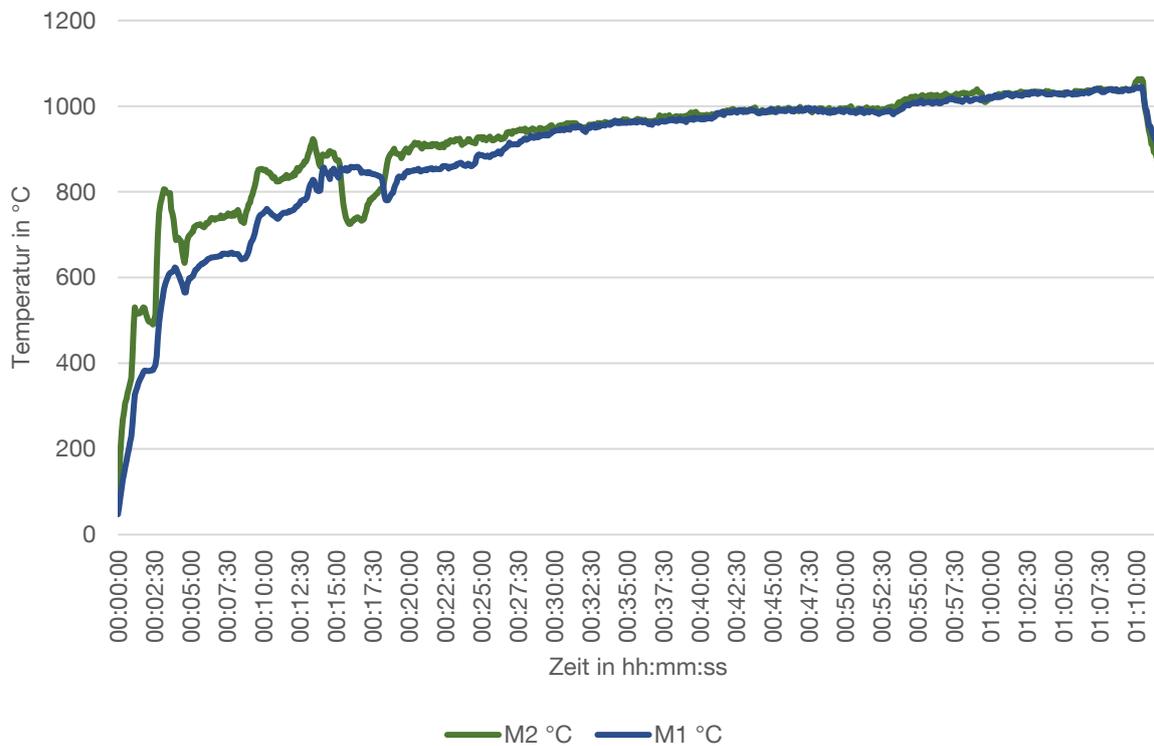


Messstellen PK4 Holzweichfaser – Oberflächenthermoelemente

A.2.8.10.



A.2.8.11. Messstellen PK4 Holzweichfaser – Mantelthermoelemente



A.3 Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Wand-/ Deckenausschnitt – Steinwolle / Zelluloseeinblasdämmstoff (R2-V3-1m)

Prüfbericht-Nr.	TUM 26-08-19_01 – 1-Meter-Ofen (PK1)
Gegenstand	Brandversuch im Meterofen zur Untersuchung des Brandverhaltens unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie des Skalierverhaltens zwischen Klein – und Großversuch – Prüfkörper PK1 – Wand und Decke mit Gefachdämmstoffen aus Steinwolle und Zellulose
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	26.08.2019
Datum Bericht	13.12.2019
Anzahl Seiten des Berichts	20

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.3.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Vergleich unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein- und Großversuch durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung von Wand und Decke im Kleinbrandofen.

Die Brandprüfungen erfolgten im Wandprüfstand nach DIN EN 1363-1 [2] und DIN EN 1364-1 [5]. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2].

Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

Jede wesentliche Abweichung der Konstruktion hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Materialien, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen oder Befestigungsmitteln von den geprüften Randbedingungen, ist durch diesen Prüfbericht nicht abgedeckt.

A.3.2 Geprüfte Konstruktion

Der Prüfkörper besteht aus einer Wand-Deckenkonstruktion. Die Wand weist eine Außenabmessung von $B \times H = 1335 \times 1100$ mm auf und besteht aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 60 \times 120$ mm, der Ständer zwischen den beiden Gefachen hatte die gleichen Abmessungen. Die Decke hat Außenabmessungen von $B \times H = 1465 \times 1335$ mm. Die Bekleidung der Wand- und Deckenkonstruktion auf der feuerzugewandten Seite wurde erfolgt mit einer 15 mm dicken MDF ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$). Die feuerabgewandte Seite wurde mit einer 22 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) und 2 Lagen Gipsfaser mit 15 mm beplankt. Die MDF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 im Abstand von < 100 mm befestigt. Sowohl in der Wand als auch in der Decke wurde das linke Gefach mit 120 mm Steinwolle der Firma Rockwool gefüllt und das rechte mit 120 mm Zellulose von Isocell. Die genauen Baustoffeigenschaften sind Tabelle A.3.2-1 zu entnehmen.

In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermolemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen. Eine genaue Beschreibung kann den einzelnen Versuchsaufstellungen entnommen werden.

A.3.3 Prüfanordnung und -durchführung

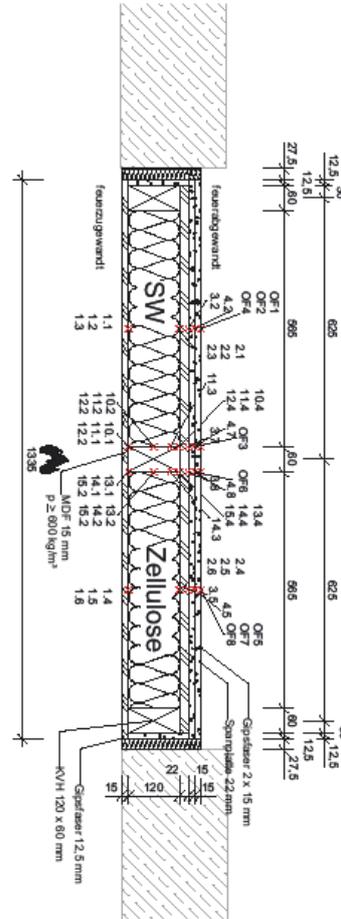
Die geprüften Wandausschnitte wurden von Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen gefertigt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens als vertikalen (Wand) bzw. horizontalen (Decke) Raumabschluss ein.

Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 7 Platten-Thermolemente gemäß DIN EN 1364-1 [2] vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermolemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in 3 Ebenen (Unten, Mitte, Oben). Zusätzlich wurde die Sauerstoffkonzentration während der Brandprüfung gemessen. Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen entnommen werden.

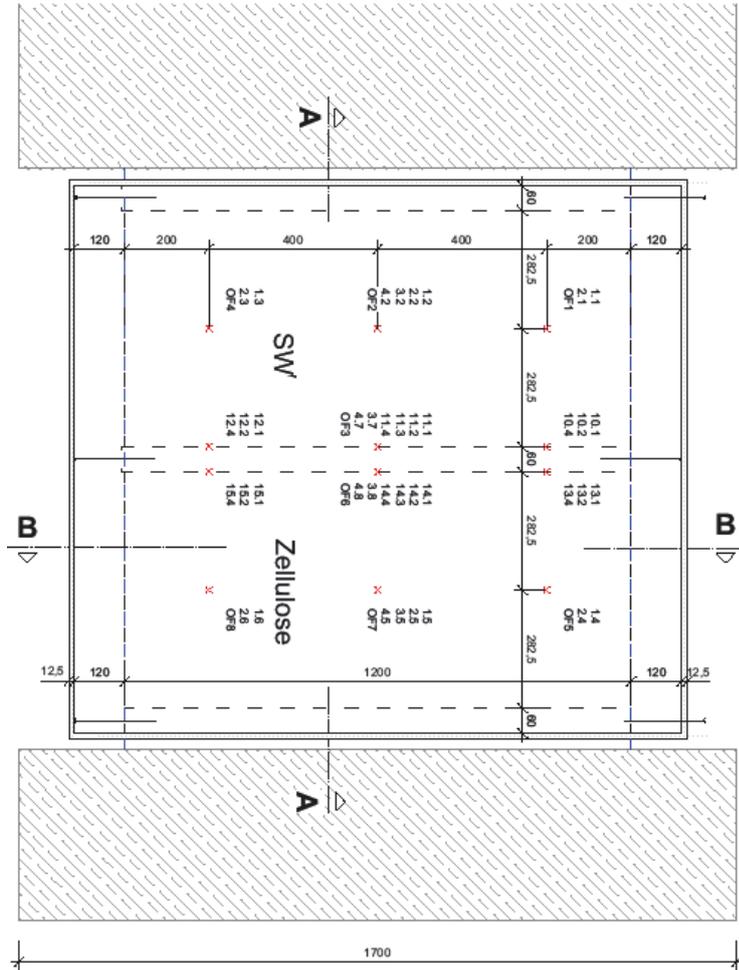
A.3.4 Konstruktionszeichnung

PK 01 - Decke

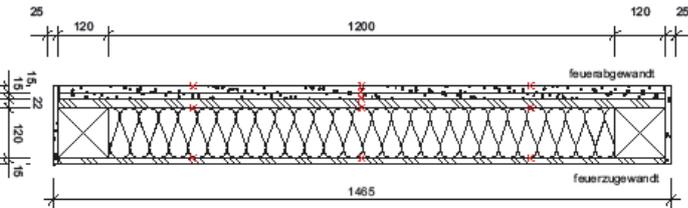
Schnitt A-A M:1:10



ANSICHT M:1:10



Schnitt B-B M:1:10



Materialien

- KVVH C 24
- MOF 15 mm, p >= 600 kg/m³ - EGGGER DHF
- Starrwolle 22 mm, p = 600 kg/m³ - ?
- Starrwolle 120 mm: Rockwool Sonotek Paster = 28 kg/m³, Dämmwoll ca. 1%
- Zellulose 120 mm: Rockwool "Paster" ca. 45 kg/m³
- Gipsfaserplatte 15 mm: Framatoll GF

Thermoelemente

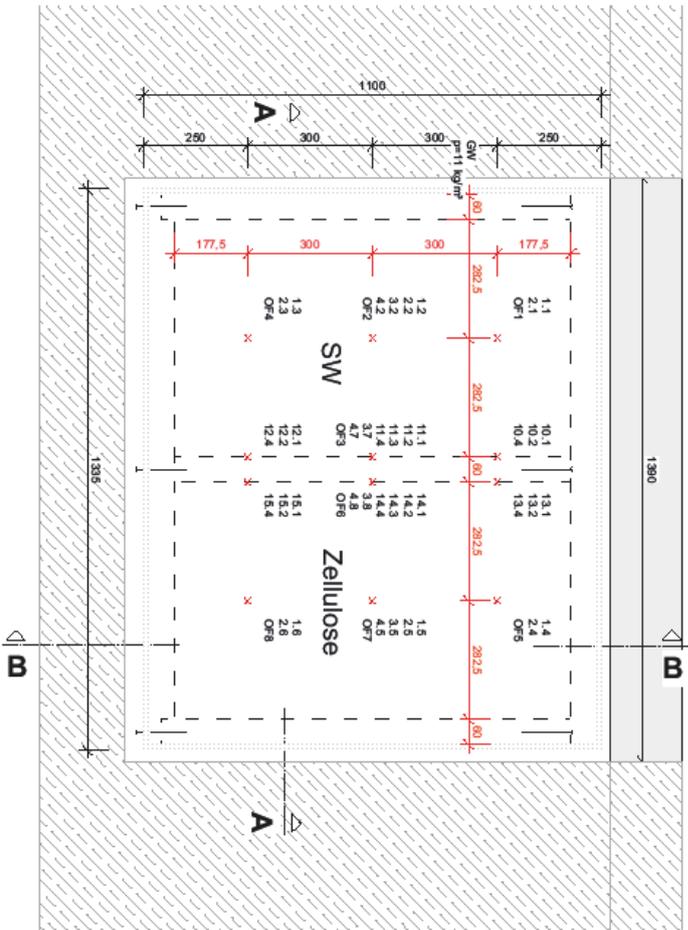
- Thermoelement Typ K, Länge 4 m : 40 Stück
- Oberflächen (seltenes MRP) 8 Stück

Projekt	Vergleich Messgrößen
Versuchsnummer/ Name	Versuch PK -1 Decke
Bauweise	PK SW
Messstab	1:20, 1:10, 1:2
Datum	23.09.2019

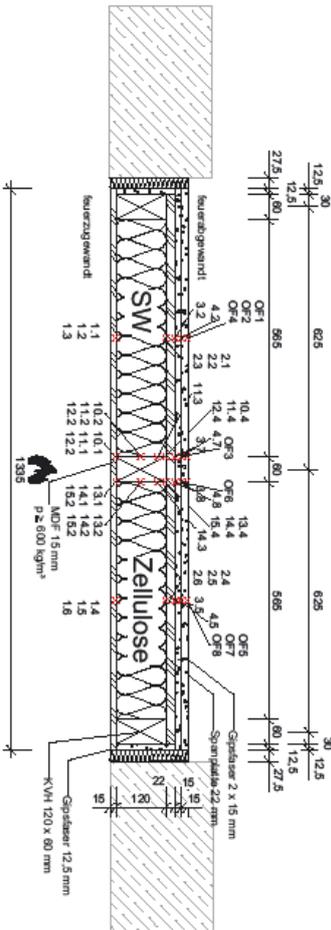
PK 01 - Wand-Klein

ANSICHT M:1:10

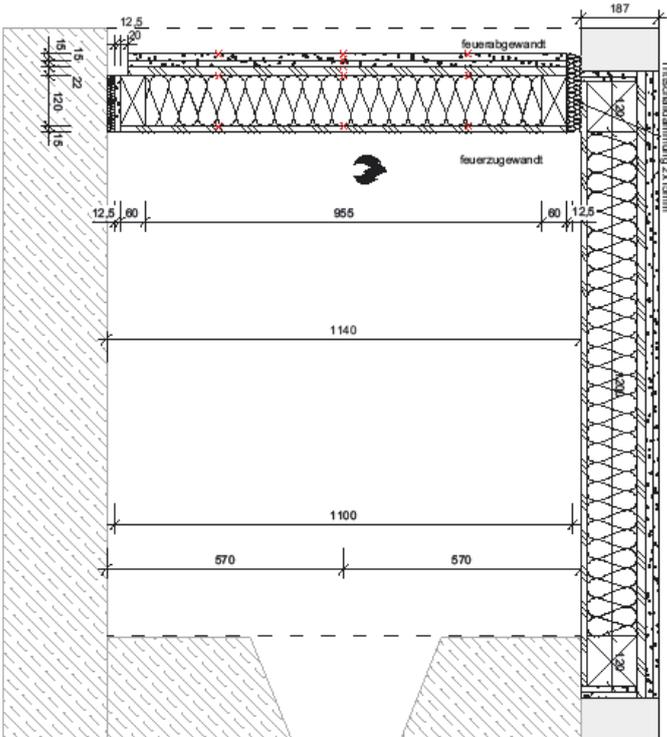
Verfahrenstechnische Bauteilansicht



Schnitt A-A M 1:10



Schnitt B-B M 1:10



Materialien

- KMH C 24
- WSP 16 mm, p.2.600 kg/m³, EGGER DHF
- Spanndraht 2 x 15 mm
- Sperreisen 22 mm, 800 kg/m³ ?
- Schwamm 120 mm: Isoacoustic Sound Power 28 kg/m³, Dämmstoff ca. 1%
- Zellulose 120 mm: Isoacoustic Power ca. 45 kg/m³
- Gipsfasersplatte 15 mm: Fermacell GF

Thermomodulare

- Thermomodul Typ K, Länge 4 m: 40 Stück
- Oberflächen (einstufig MRP): 8 Stück

Projekt	Vergleich Dämmstoffe
Versuchsnummer/Name	Versuch PK 01-Wand-Klein
Bauteilnummer	nr. a.w
Messstab	1:10
Datum	23.08.2019

A.3.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.3.5-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [km/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt (Decke \triangleq Wand)*
1	MDF- Platte der Fa. EGGER EGGER DHF nach DIN EN 13986:2004+A1:2015 DOP-506-00	15	612	8,2	D 1.1-D 1.6
2a	Steinwolle der Fa. Rockwool Rockwool Klemmrock 035 nach DIN EN 13162	120	38,4	1,0	D 2.1-D 2.3
2b	Isocell Zellulosefaser nach Z-23.11-1236 bzw. ETA-06/0076	120	58	-	D 2.1- D 2.3
3	Spanplatte – Classic Board P2 der Fa. Pfliederer nach EN 13986:2004+A1:2015	22	667	7,3	D 3.2, D 3.7, D 3.8, D 3.5
4	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1-434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	D 4.2, D 4.7, D 4.8, D 4.5
5	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1-434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	OF 1- OF 8

* Die Lage der Thermoelement in der Decke (D X.X) entspricht der Lage in der Wand (W X.X).- Die Wand wird somit nicht nochmals gesondert aufgeführt.

A.3.6 Versuchsbeobachtung

Tabelle A.3.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung am 27.08.2019

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0:00	Start der Prüfung (14:28 Uhr), Zündung der Brenner	-
3:00	Flüchtige Rauchentwicklung an den oberen Fugen	FA
6:30	Eindeutig erkennbarer Rauch aus den oberen Fugen	FA
11:00	Rissbildung in der MDF (gleichmäßig)	F
13:00	Durchbrand der MDF in der Decke, Zellulose fällt aus dem Gefach	F
16:00	MDF durchgebrannt, Zellulose fällt mittig aus der Decke	FA
21:00	Zellulose vollständig aus dem Deckengefach gefallen, Zellulose in der Wand mit tiefen Rissen	F
25:00	Zellulose fällt aus dem Wandgefach, unterer Teil wird durch Messlanze im Gefach gehalten	F
30:00	Weitere Teile der Zellulose fallen aus dem Gefach in der Wand, SW bleibt in Wand und Decke	F
39:00	Zellulose fast vollständig aus der Wand gefallen	F
41:00	Deckengefach der Zellulose: Spanplatte ist durchgebrannt, Teile davon sind abgefallen	F
46:00	Deckengefach der Zellulose: große Teile der Spanplatte sind heruntergefallen, Spanplatte ist nur noch im Randbereich erhalten	F

48:00	Wandgefach der Zellulose: Spanplatte ist durchgebrannt, große Risse	F
52:00	Wandgefach der Zellulose: Spanplatte fällt teilweise ab	F
56:00	Wandgefach der Zellulose: Spanplatte fällt großflächig ab	F
1:03:00	Steinwolle fällt aus dem Gefach in der Decke	F
1:07:00	Wandgefach der Zellulose: GF-Platten beginnt zu reißen	F
1:13:00	Wandgefach der Zellulose: GF-Platten, Teile lösen sich ab	F
1:19:00	Deckengefach Zellulose: Schwarzfärbung von außen	FA
1:19:00	Erstes OF Thermoelement der Decke über 180°C ZF Gefach	
1.23:00	Riss auf der Außenseite im Deckengefach Zellulose mit leichtem Funkenflug	FA
1:30:00	Versuchsabbruch	

A.3.7 Fotodokumentation



Abbildung A.3.7-1: Deckenkonstruktion im Bau



Abbildung A.3.7-2: Deckenkonstruktion im Bau, Zellulose



Abbildung A.3.7-3: Deckenkonstruktion beim Bau, Zellulose und Steinwolle

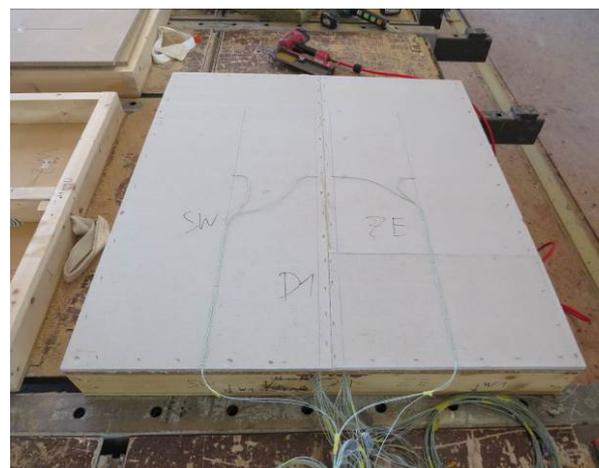


Abbildung A.3.7-4: Deckenkonstruktion vor Transport



Abbildung A.3.7-5: Wandkonstruktion im Bau



Abbildung A.3.7-6: Wandkonstruktion mit Dämmung



Abbildung A.3.7-7: Eingebaute Wand in Prüfofen

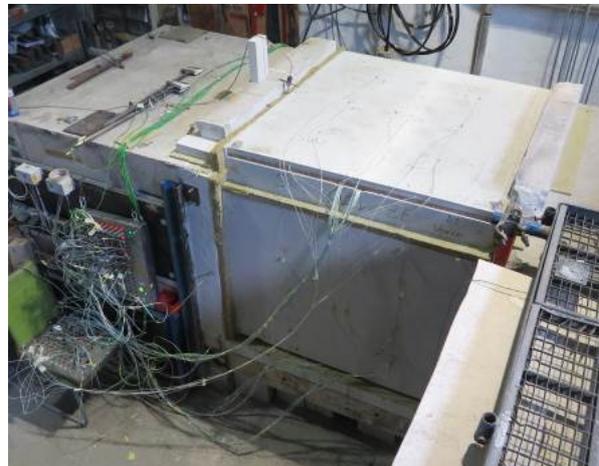


Abbildung A.3.7-8: Wand- und Deckenkonstruktion eingebaut im Prüfofen



Abbildung A.3.7-9: Prüfminute 4, starke Rissbildung der MDF in der Wand



Abbildung A.3.7-10: Prüfminute 10, starke Rissbildung der MDF in der Wand



Abbildung A.3.7-11: Prüfminute 12, Zellulose fällt teilweise aus dem Gefach in der Decke



Abbildung A.3.7-12: Prüfminute 22, Zellulose fällt aus dem Gefach in der Wand



Abbildung A.3.7-13: Prüfminute 25, Zellulose fällt in großen Teilen aus der Wand



Abbildung A.3.7-14: Prüfminute 33, Zellulose vollständig aus Wand gefallen

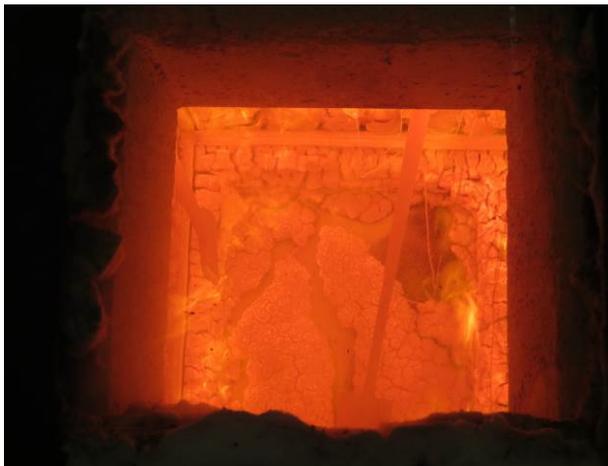


Abbildung A.3.7-15: Prüfminute 48, große Teile der Spanplatte bei der Wandkonstruktion sind im Zellulosegefach abgefallen



Abbildung A.3.7-16: Prüfminute 63, Steinwolle fällt aus dem Deckengefach



Abbildung A.3.7-17: Prüfminute 72, Teile der 1. Lage der GF Platten der Decke im ZF-Gefach lösen sich



Abbildung A.3.7-18: Prüfminute 79, Schwarzfärbung der äußeren GF im Deckengefach Zellulose



Abbildung A.3.7-19: Prüfminute 90, verstärkte Rissbildung der GF



Abbildung A.3.7-20: Riss der GF vergrößert sich, Rauchaustritt



Abbildung A.3.7-21: Decke nach Versuchsende, feuerabgewandte Seite



Abbildung A.3.7-22: Decke nach Versuchsende, feuerzugewandte Seite



Abbildung A.3.7-23: Löschen der Wandkonstruktion nach Versuchsende



Abbildung A.3.7-24: Wand nach Versuchsende



Abbildung A.3.7-25: Wand nach Versuchsende



Abbildung A.3.7-26: Wand: Restquerschnitt Ständer



Abbildung A.3.7-27: Decke: Restquerschnitt Ständer



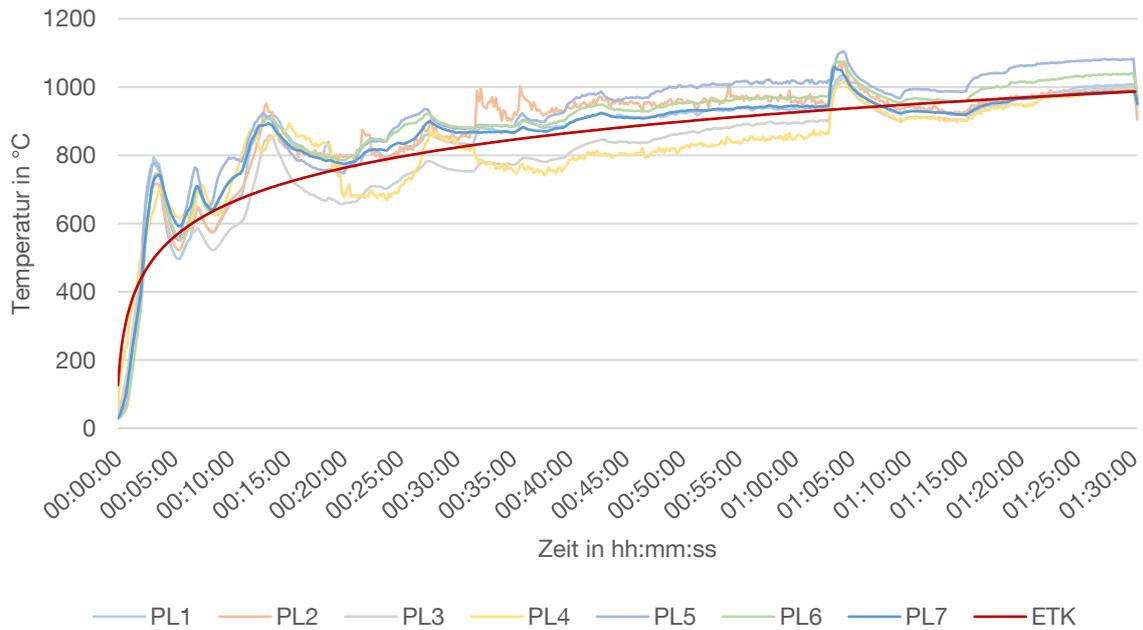
Abbildung A.3.7-28: Decke nach Versuchsende

A.3.8 Darstellung der Messwerte

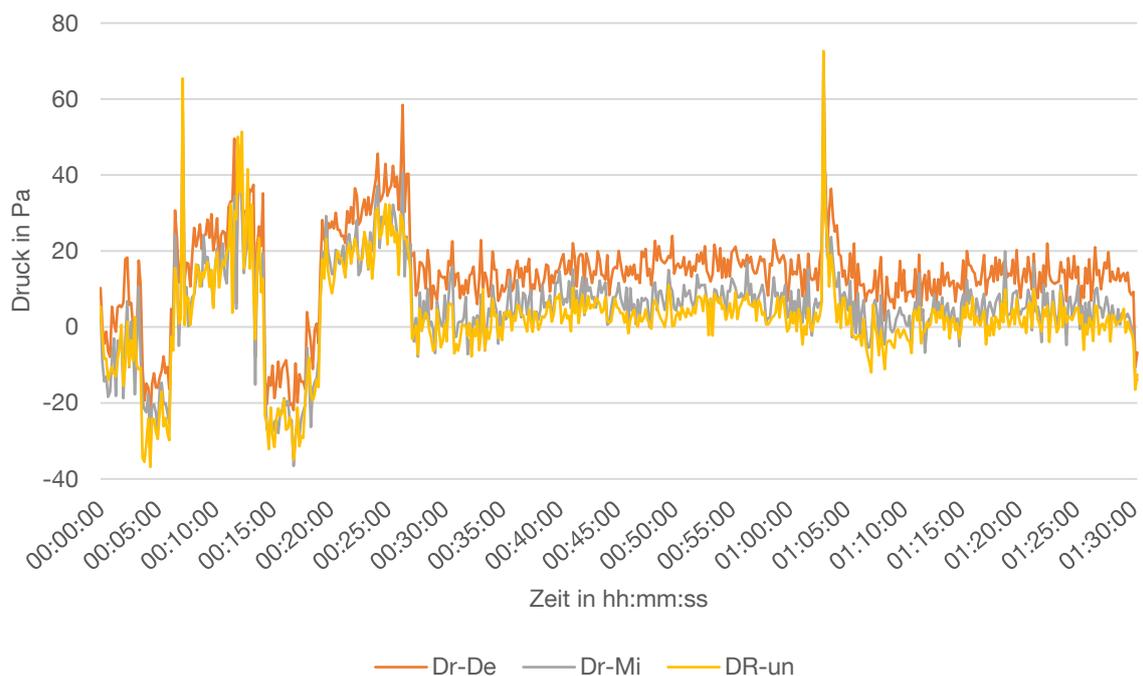
Tabelle A.3.8-1: Strichtypen der Diagramme für Gefachdämmung und -breite

Linientyp	Gefach	Thermoelemente Gefach	Thermoelemente Ständer
Volllinie	SW 62 ⁵	X.1 – X.3, X.7	10.X - 12.X
Gestrichelt	ZF 62 ⁵	X.4 – X.6, X.8	13.X - 15.X

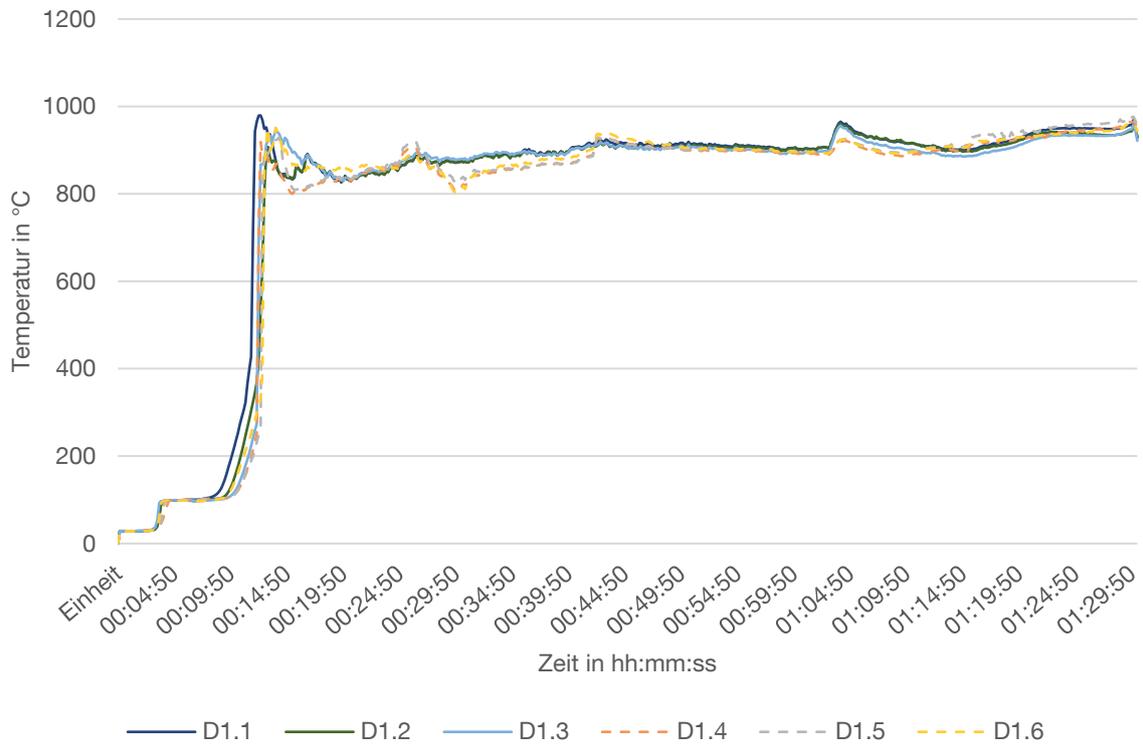
A.3.8.1. Messstellen Ofen – Temperatur



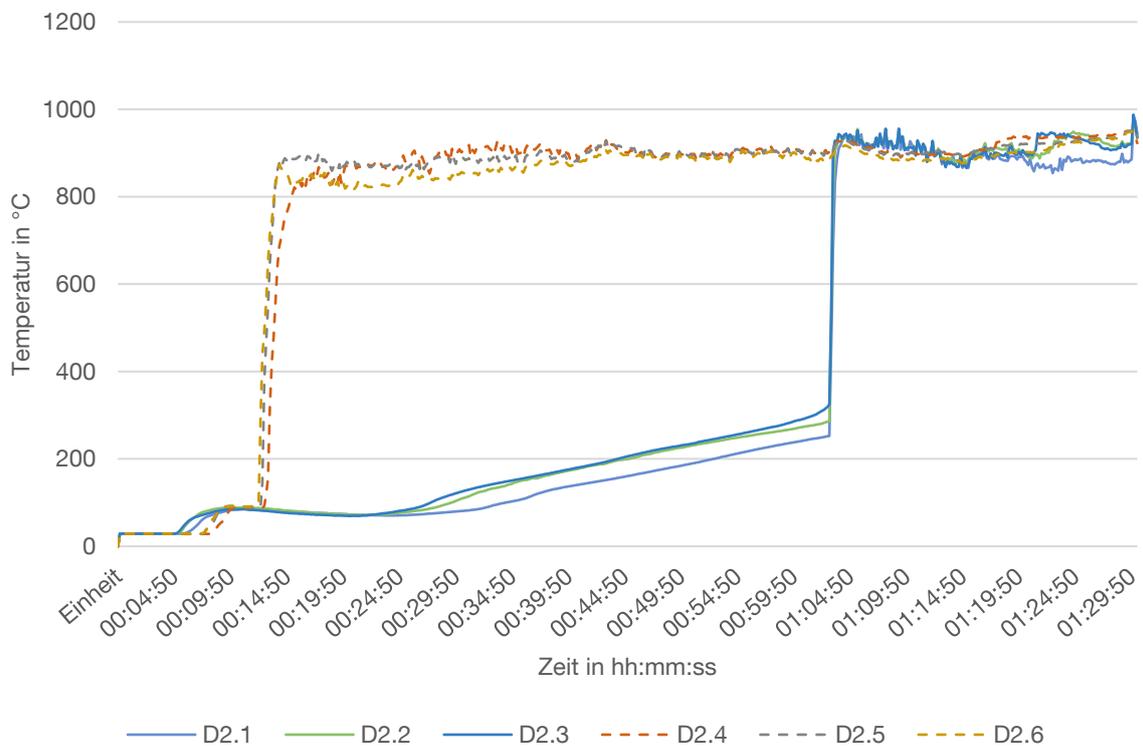
A.3.8.2. Messstellen Ofen – Ofendruck



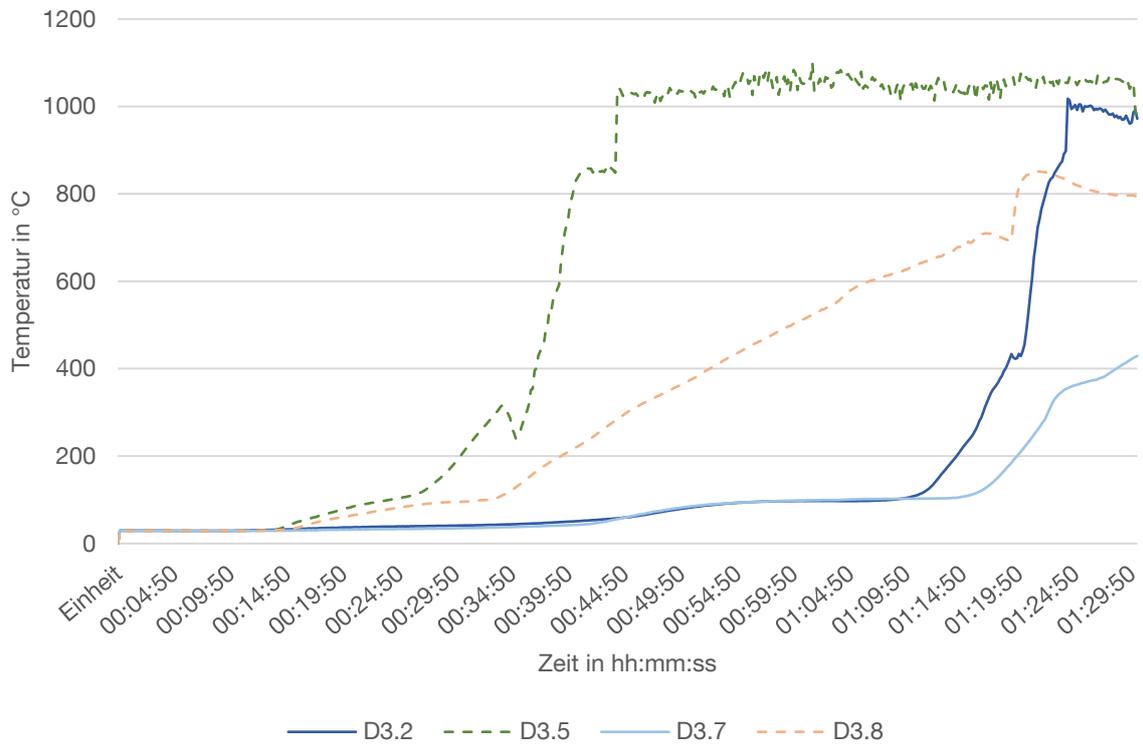
A.3.8.3. Messstellen im Gefach Decke – Ebene 1



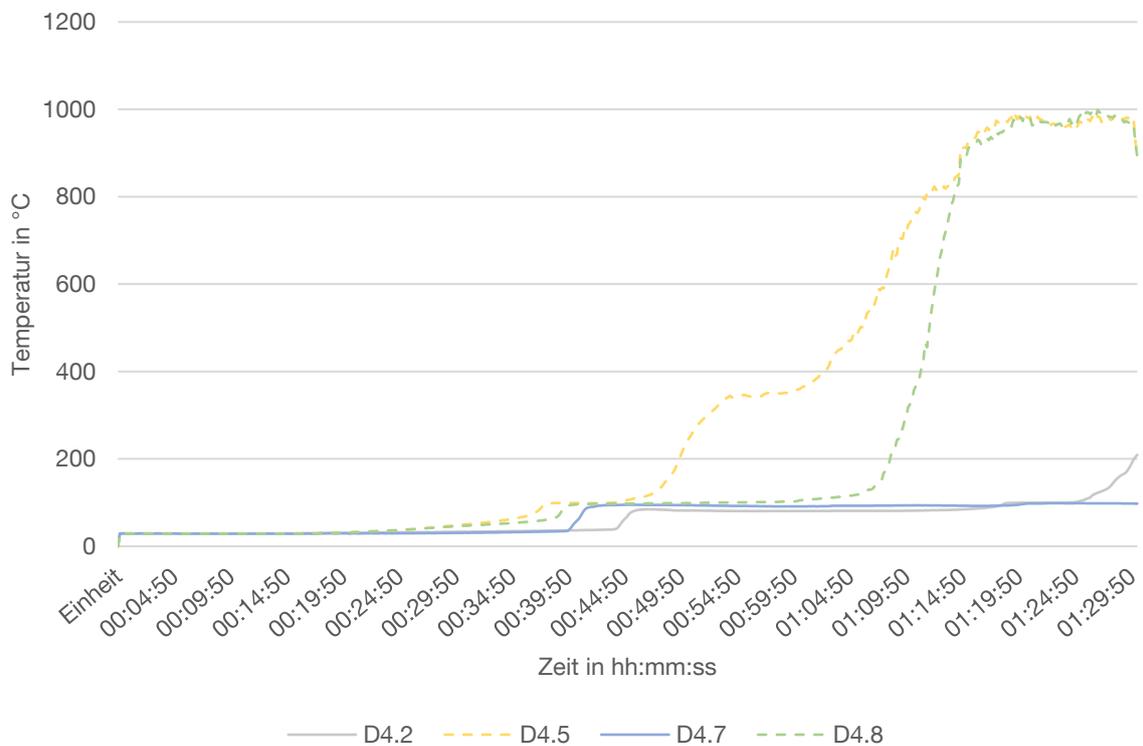
A.3.8.4. Messstellen im Gefach Decke – Ebene 2



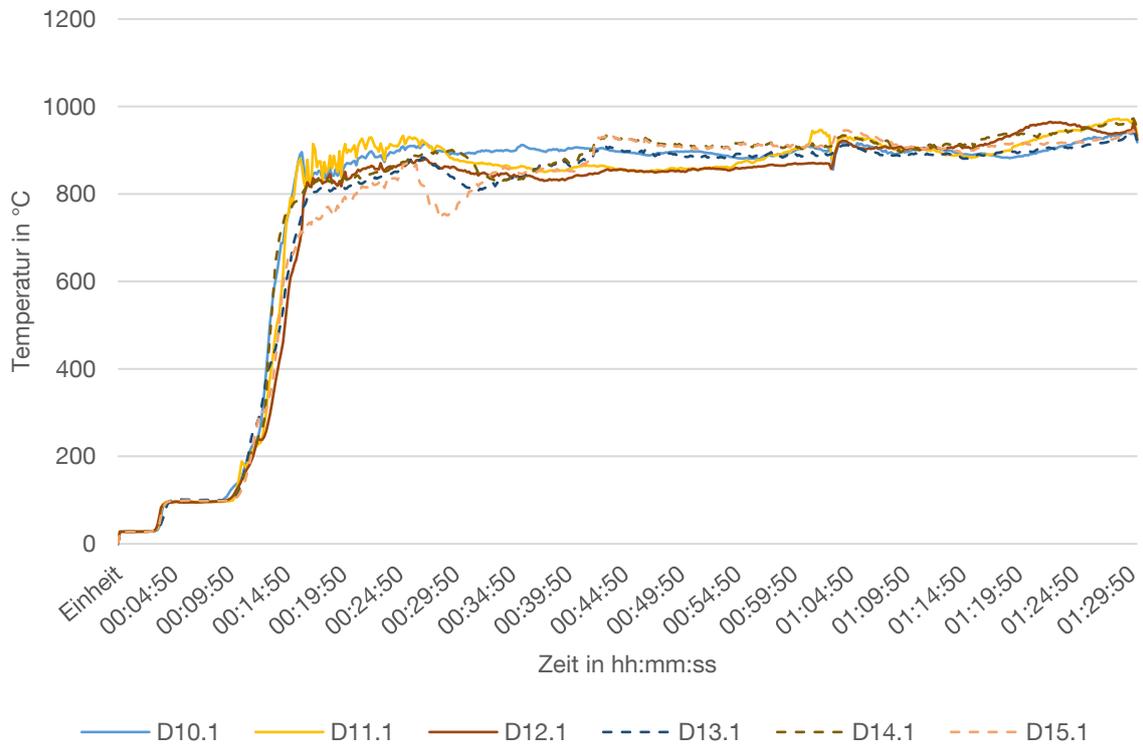
A.3.8.5. Messstellen im Gefach Decke – Ebene 3



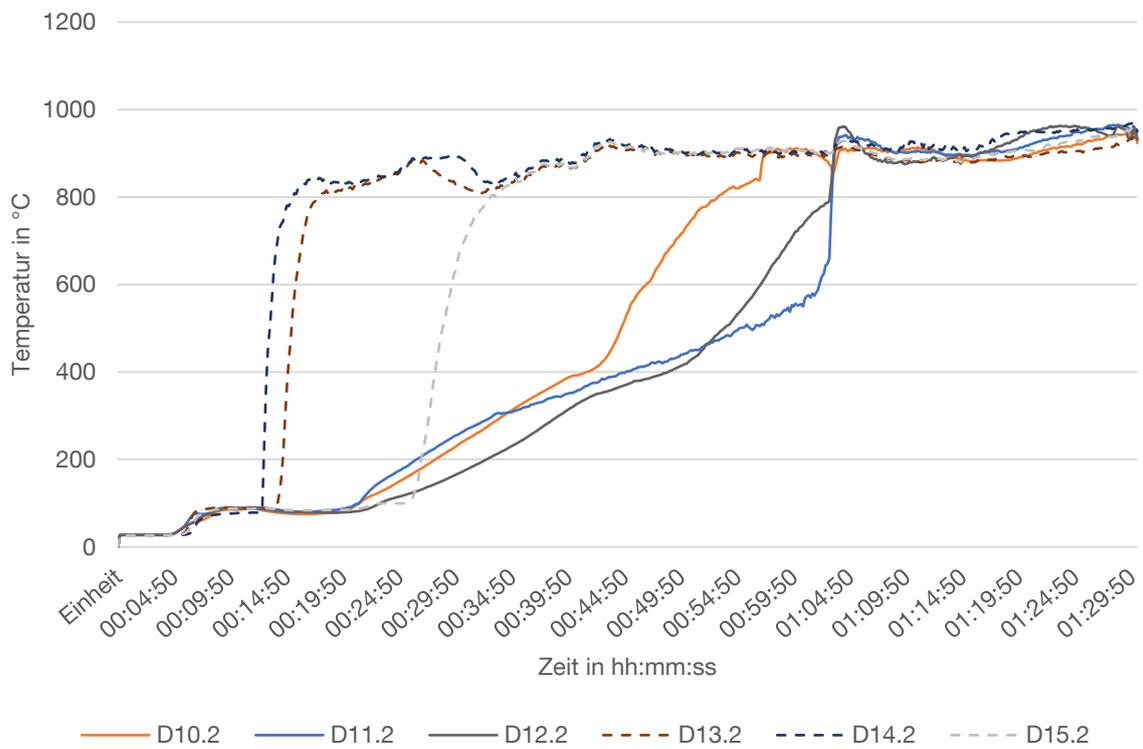
A.3.8.6. Messstellen im Gefach Decke – Ebene 4



A.3.8.7. Messstellen am Deckenbalken – Ebene 1



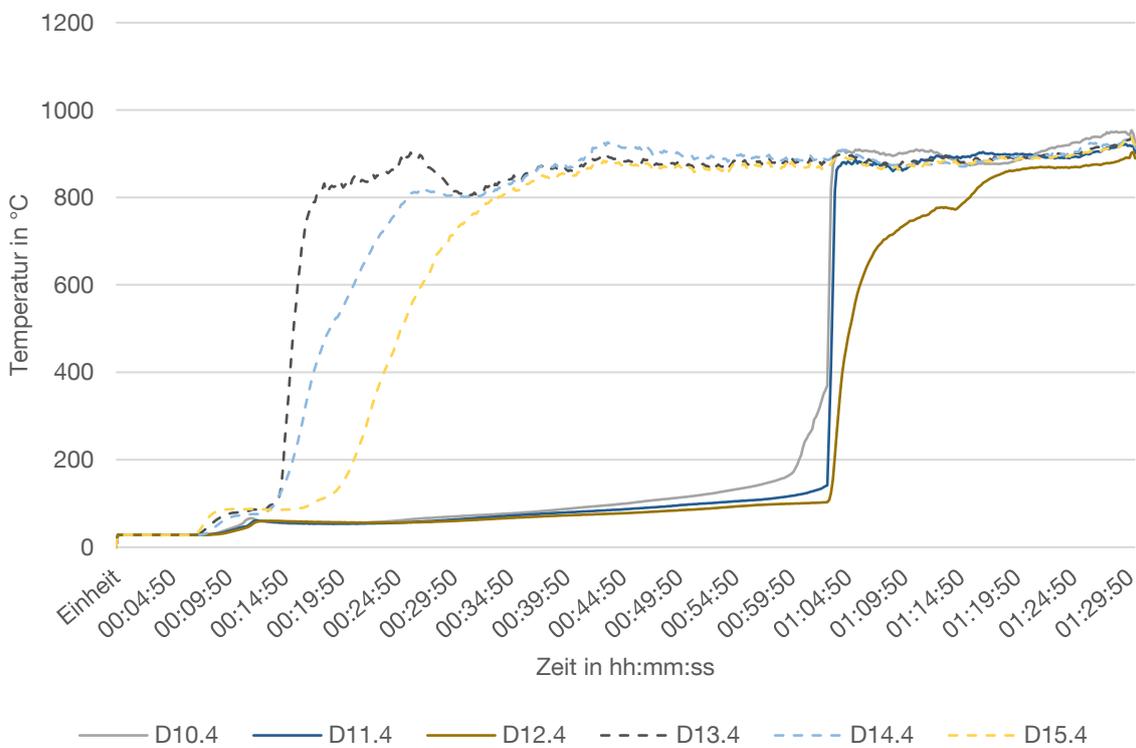
A.3.8.8. Messstellen am Deckenbalken – Ebene 2



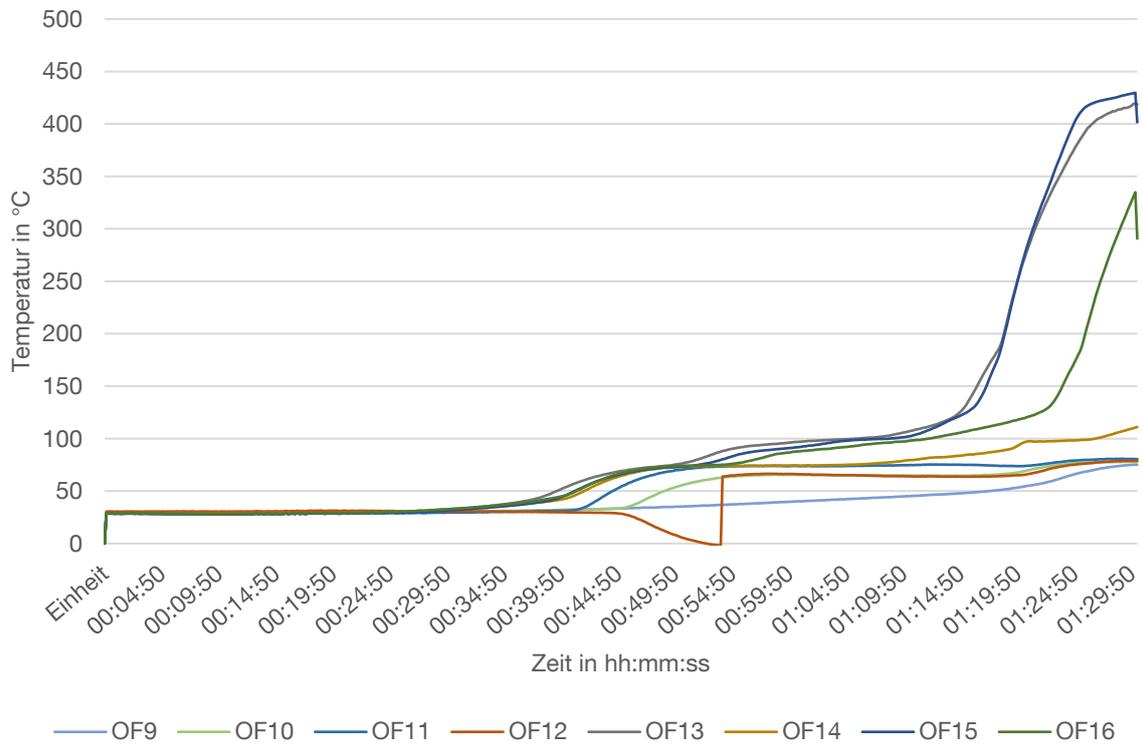
A.3.8.9. Messstellen am Deckenbalken – Ebene 3



A.3.8.10. Messstellen am Deckenbalken – Ebene 4

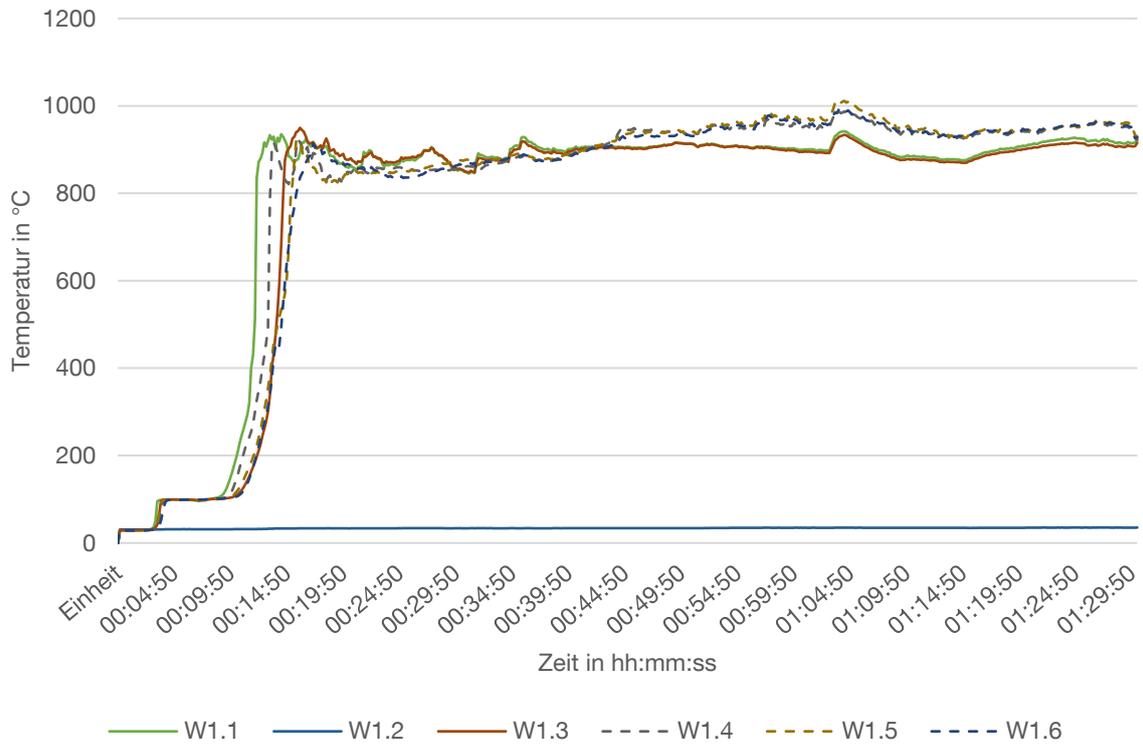


A.3.8.11. Messstellen an Oberflächenthermoelementen Decke

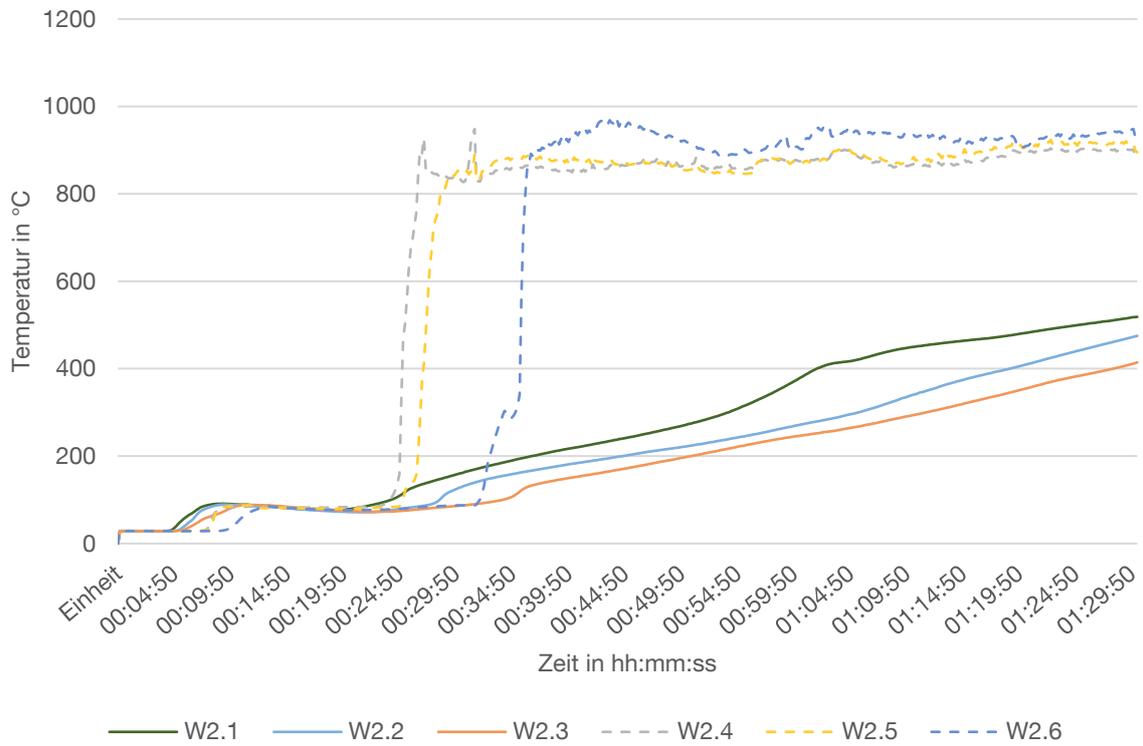


A.3.8.12. Messstellen im Gefach Wand – Ebene 1

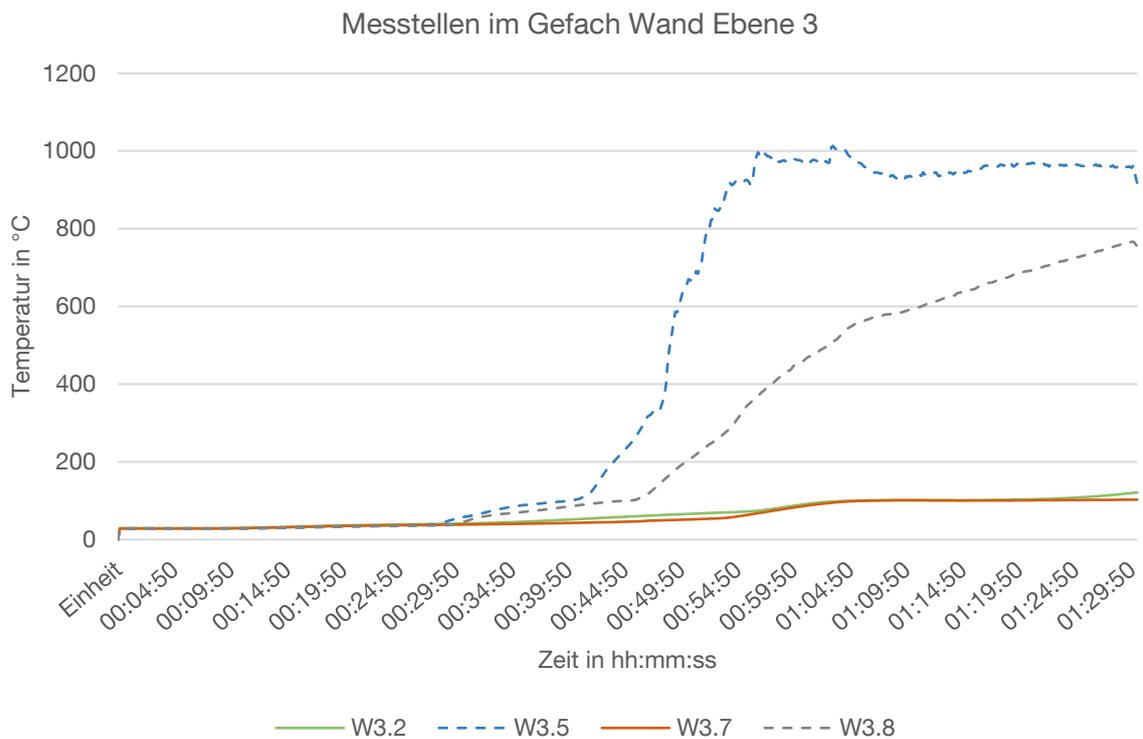
A.3.8.13.



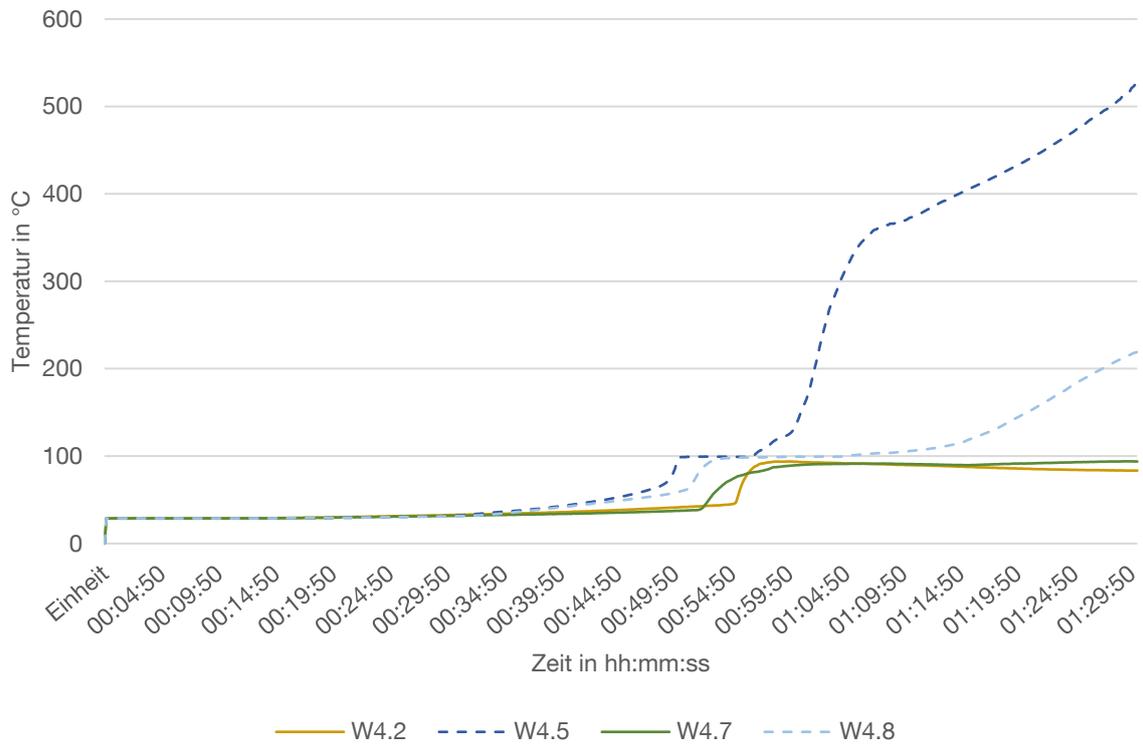
A.3.8.14. Messstellen im Gefach Wand – Ebene 2



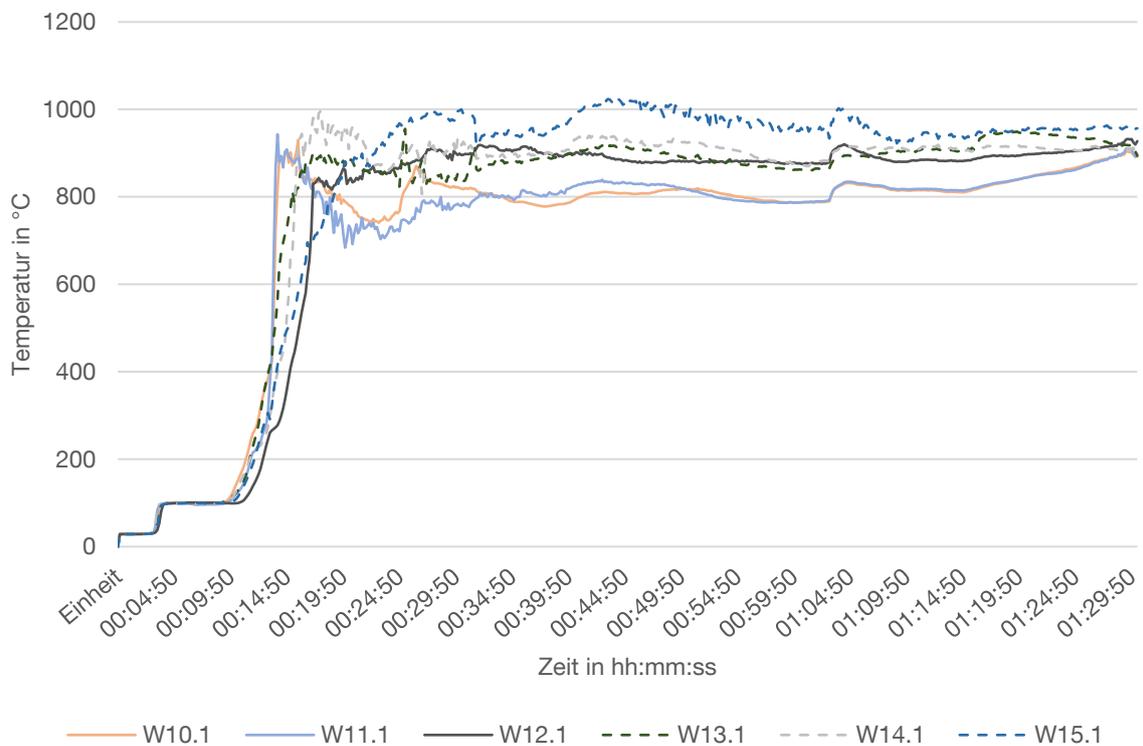
A.3.8.15. Messstellen im Gefach Wand – Ebene 3



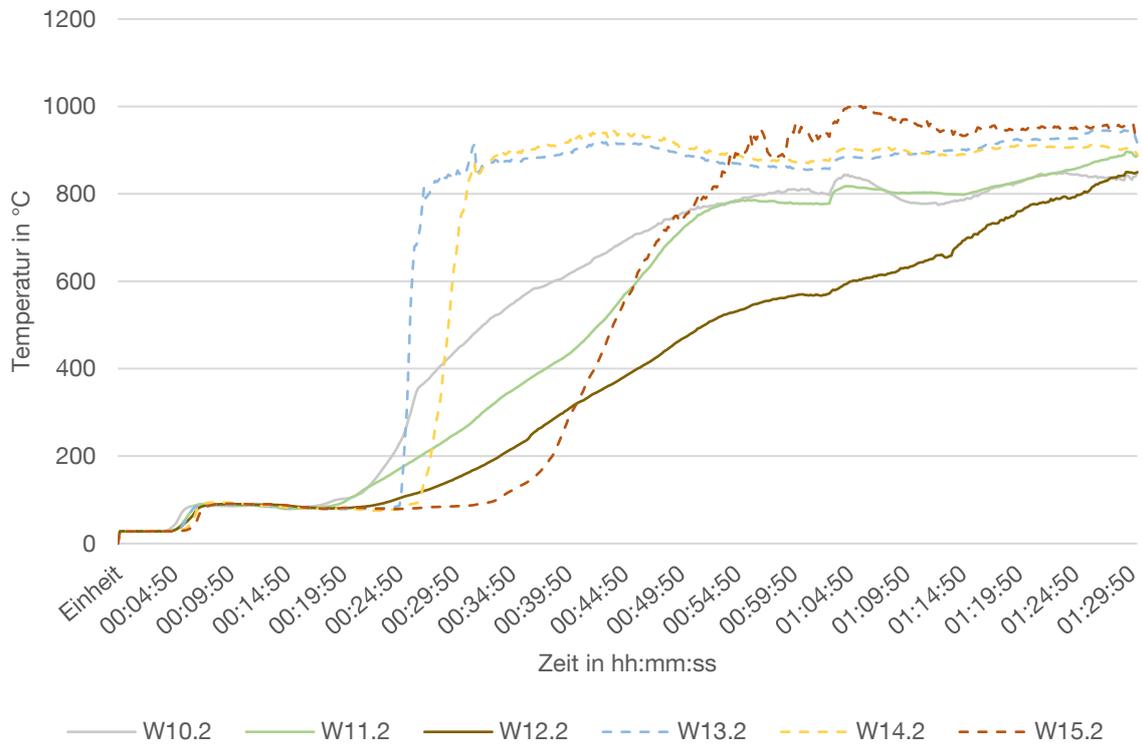
A.3.8.16. Messstellen im Gefach Wand – Ebene 4



A.3.8.17. Messstellen am Ständer Wand – Ebene 1



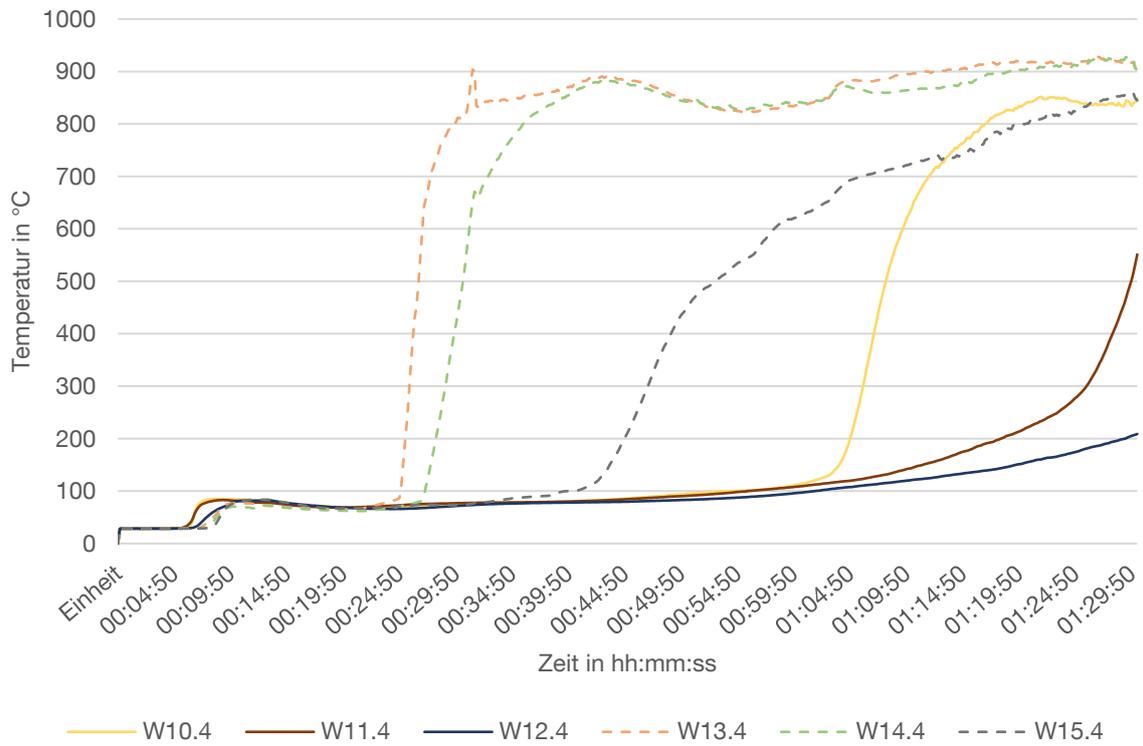
A.3.8.18. Messstellen am Ständer Wand – Ebene 2



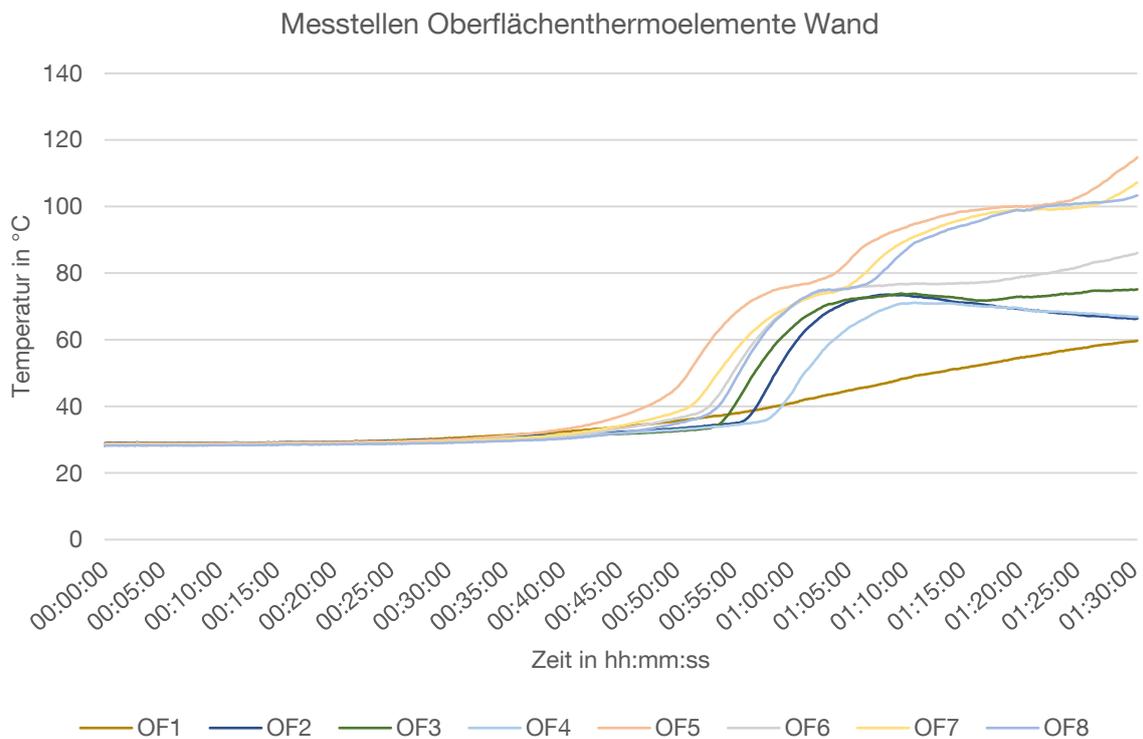
A.3.8.19. Messstellen am Ständer Wand – Ebene 3



A.3.8.20. Messstellen am Ständer Wand – Ebene 4



A.3.8.21. Messstellen Oberflächenthermoelemente Wand



A.4 Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Wand-/ Deckenausschnitt – Glaswolle / Holzfaser (weich) (R2-V4-1m)

Prüfbericht-Nr.	TUM 27-08-19_01 – Kleinbrand PK2
Gegenstand	Brandversuch im Meterofen zur Untersuchung des Brandverhaltens unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein – und Großversuch – Prüfkörper PK2 –Wand und Decke mit Gefachdämmstoffen aus Glaswolle und Holzweichfaser
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	27.08.2019
Datum Bericht	13.12.2019
Anzahl Seiten des Berichts	18

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.4.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Vergleich unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein- und Großversuch durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung von Wand und Decke im Kleinbrandofen. Die Brandprüfungen erfolgten im Wandprüfstand nach DIN EN 1363-1 [2] und DIN EN 1364-1 [5]. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile. Jede wesentliche Abweichung der Konstruktion hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Materialien, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen oder Befestigungsmitteln von den geprüften Randbedingungen, ist durch diesen Prüfbericht nicht abgedeckt.

A.4.2 Geprüfte Konstruktion

Der Prüfkörper besteht aus einer Wand-Deckenkonstruktion. Die Wand weist eine Außenabmessung von $B \times H = 1335 \times 1100$ mm auf und besteht aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 60 \times 120$ mm, der Ständer zwischen den beiden Gefachen hatte die gleichen Abmessungen. Die Decke hat Außenabmessungen von $B \times H = 1465 \times 1335$ mm. Die Bekleidung der Wand- und Deckenkonstruktion auf der feuerzugewandten Seite wurde erfolgt mit einer 15 mm dicken MDF ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$). Die feuerabgewandte Seite wurde mit einer 22 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) und Gipsfaser mit 15 mm beplankt. Die MDF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 im Abstand von < 100 mm befestigt. Sowohl in der Wand als auch in der Decke wurde das linke Gefach mit 120 mm Glaswolle der Firma Isover gefüllt und das rechte mit 120 mm Holzweichfaser der Firma Steico. Die genauen Baustoffeigenschaften sind der Anlage zu entnehmen. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermoelemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen. Eine genaue Beschreibung kann den einzelnen Versuchsaufstellungen entnommen werden.

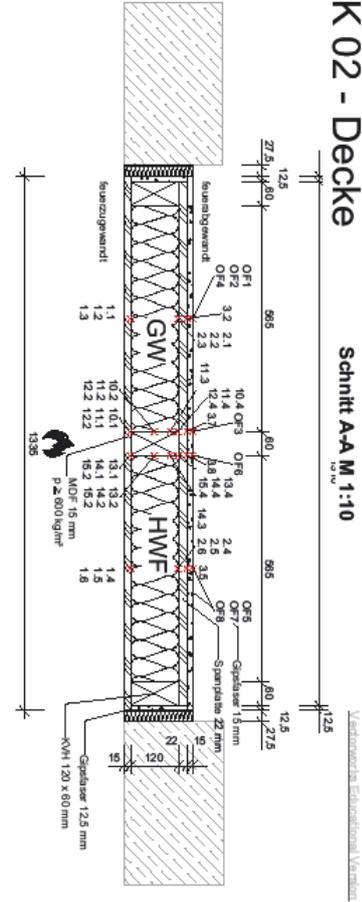
A.4.3 Prüfanordnung und -durchführung

Die geprüften Wandausschnitte wurden von Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen gefertigt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens als vertikalen (Wand) bzw. horizontalen (Decke) Raumabschluss ein. Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 7 Platten-Thermoelemente gemäß DIN EN 1364-1 [5] vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in 3 Ebenen (Unten, Mitte, Oben). Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen A.4.3 entnommen werden.

A.4.4 Konstruktionszeichnungen

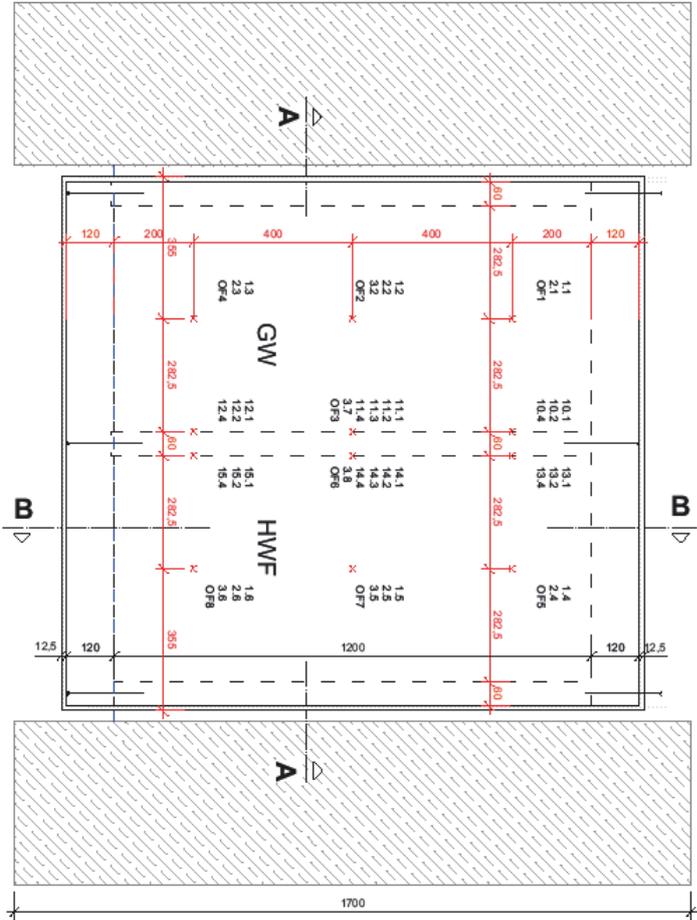
PK 02 - Decke

Schnitt A-A M:1:10

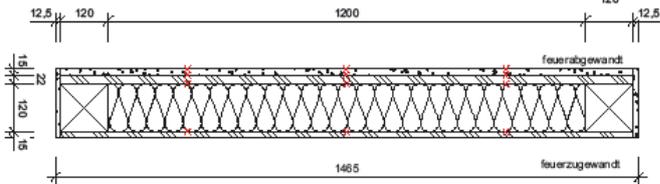


Vordruck der Bauverordnungs-Vorhaben

ANSICHT M:1:10



Schnitt B-B M:1:10



Materialien

- KVH C 24
- MDF 15 mm, $p \geq 600 \text{ kg/m}^3$; EGGER DHF
- Sperrplatte 22 mm, $p \geq 600 \text{ kg/m}^3$; ?
- Stromblech 20 mm; Rockwool Schrock Power 28 kg/m³; Obermaß ca. 1%
- Deckenschicht 15 mm; Mineralwolle 15 kg/m³
- Gipsfaserplatten 15 mm; Feinschnitt GF

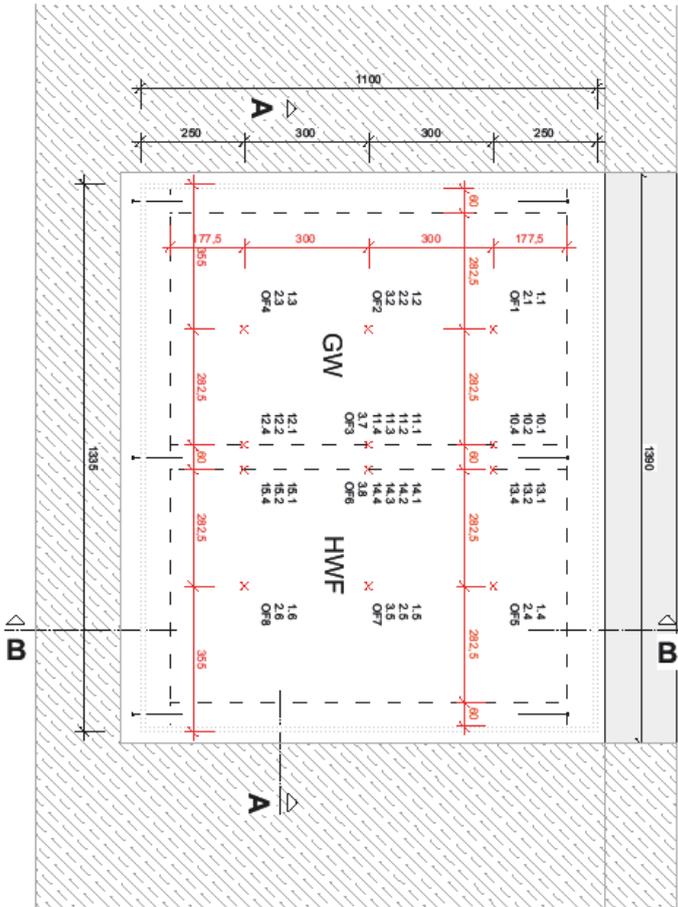
Thermoelemente

- Thermoelement Typ K; Länge ca.: 38 Stück
- Operndröher (bestens mit PVA); 8 Stück

Projekt	Vergleich Messparameter
Versuchsnummer/ Name	Versuch PK 2 Decke
Bereiter	mit aw
Malsatz	1-10
Datum	23.08.2019

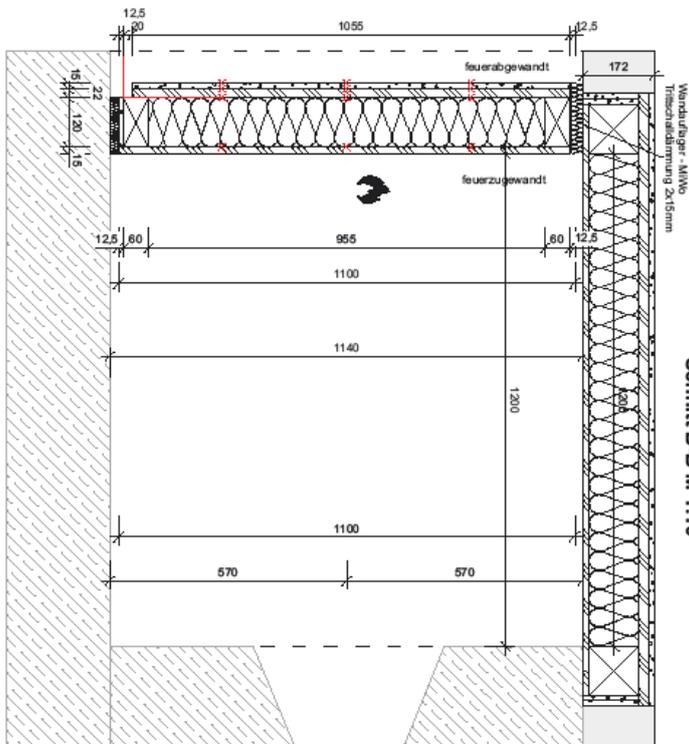
PK 02 - Wand-Klein

ANSICHT M:1:10

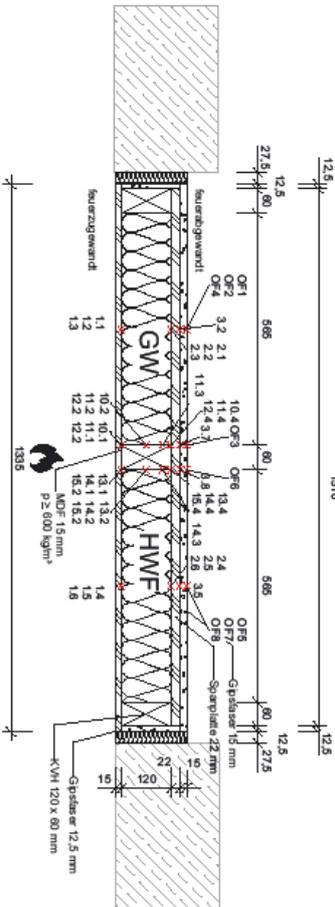


Verfahrenliche Beschreibung Versuchsreihe

Schnitt B-B M:1:10



Schnitt A-A M:1:10



Materialien

KVH C 20
MOF 15 mm, $\rho \geq 800 \text{ kg/m}^3$; EGGER DHF
Spanvliese 22mm, $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$?
Glaswolle: Schmelzpunkt $\leq 1000^\circ\text{C}$; $\rho = 11 \text{ kg/m}^3$; '1lagig' ?
Holzwolle: Steico lex 008, $\rho = \text{ca. } 60 \text{ kg/m}^3$; 'Übersmaß 1 cm,
horizontal verlagert
Gipskerleplatte 15 mm; 'Fermacoll GF

Thermoelemente

Thermoelement Typ K, Länge 4 m; 36 Stück
Oberflächen (selbste WIRPV); 8 Stück

Projekt	Vergleich Dämmstoffe
Versuchsnummer/Name	Versuch PK 2 Wand-Klein
Bearbeiter	mr. aw
Maßstab	1:10
Datum	23.08.2019

A.4.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.4.5-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [km/m ³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt (Decke \triangleq Wand)
1	MDF- Platte der Fa. EGGER EGGER DHF nach DIN EN 13986:2004+A1:2015 DOP-506-00	15	612	8,2	W 1.1-W 1.6
2a	Glaswolle Dämmung – Isover Integra ZSF-032 nach EN 13162:2012+A1:2015	120	21,5	1,25	W 2.1-W 2.6
2b	Holzfaser Dämmung – Steico Flex nach EN n13171:2012	120	45,5	8,13	W 2.1-W 2.6
3	Spanplatte – Classic Board P2 der Fa. Pfeiderer nach EN 13986:2004 +A1:2015	22	667	7,3	W 3.2, W 3.7, W 3.8, W 3.5
4	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1-434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	W 4.2, W 4.7, W 4.8, W 4.5

A.4.6 Versuchsbeobachtung

Tabelle A.4.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung am 27.08.2019

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0:00	Start der Prüfung (11:35 Uhr), Zündung der Brenner	-
4:00	Schwarzfärbung der MDF	F
11:30	Gleichmäßiger Abbrand der MDF	F
13:30	Feuchteaustritt an Wand- und Deckenfuge	F
14:00	HWF fällt aus dem Deckengefach	F
14:30	GW schmilzt in Wandkonstruktion	F
19:00	GW in Wandkonstruktion geschmolzen, HWF-Wand gerissen und starke Einbrand	F
23:00	HWF Wand aus Gefach gekippt	F
25:00	GW schmilzt im Deckengefach und fällt aus Gefach	F
25:00	Alle Dämmstoffe haben versagt	F
50:50	Erstes OF Thermoelement der Decke über 180°C, HWF	
55:00	Durchbrand Decke oben (HWF), Prüfung beendet	FA

A.4.7 Fotodokumentation



Abbildung A.4.7-1: Prüfkörper Wand beim Bau



Abbildung A.4.7-2: Prüfkörper mit Dämmung, Wand



Abbildung A.4.7-3: Wand beim Bau



Abbildung A.4.7-4: Prüfkörper Wand vor dem Transport



Abbildung A.4.7-5: Dämmung Prüfkörper Decke beim Bau



Abbildung A.4.7-6: Prüfkörper Decke



Abbildung A.4.7-7: Prüfkörper Wand eingebaut in Prüfofen



Abbildung A.4.7-8: Prüfkörper Decke eingebaut in Prüfofen



Abbildung A.4.7-9: Prüfminute 9, Risse in der MDF der Wandkonstruktion, kurz vorm Abfall der MDF



Abbildung A.4.7-10: Prüfminute 12, MDF der Wandkonstruktion abgefallen



Abbildung A.4.7-11: Prüfminute 15, Eigenbrand der Dämmungen



Abbildung A.4.7-12: Prüfminute 25, Alle Dämmstoffe haben versagt

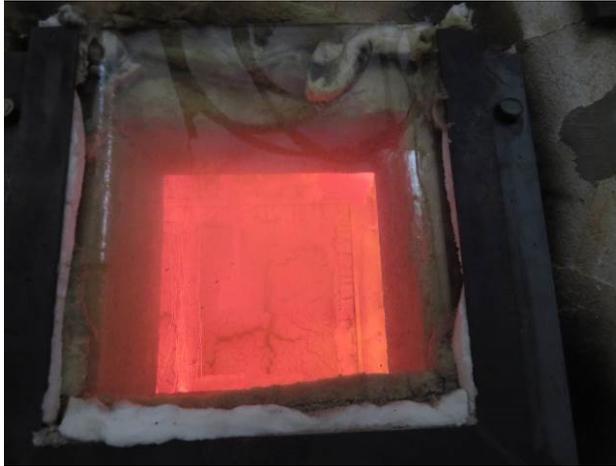


Abbildung A.4.7-13: Prüfminute 45, Risse in Spanplatte



Abbildung A.4.7-14: Prüfminute 50, Schwarzfärbung der Gipsfaser im Deckengefach HWF



Abbildung A.4.7-15: Prüfminute 54, Weitere Risse und Rauchaustritt aus der Gipsfaser im Deckengefach HWF

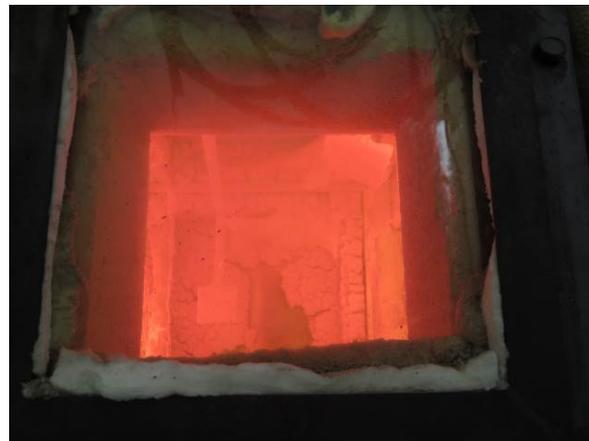


Abbildung A.4.7-16: Prüfminute 54, Spanplatte fällt in Teilen ab, Wand



Abbildung A.4.7-17: Beendigung der Prüfung, Entnahme Prüfkörper Decke



Abbildung A.4.7-18: Wand nach Beendigung der Prüfung



Abbildung A.4.7-19: Decke nach Prüfeinde



Abbildung A.4.7-20: Wand nach Prüfeinde



Abbildung A.4.7-21: Restquerschnitt Wand



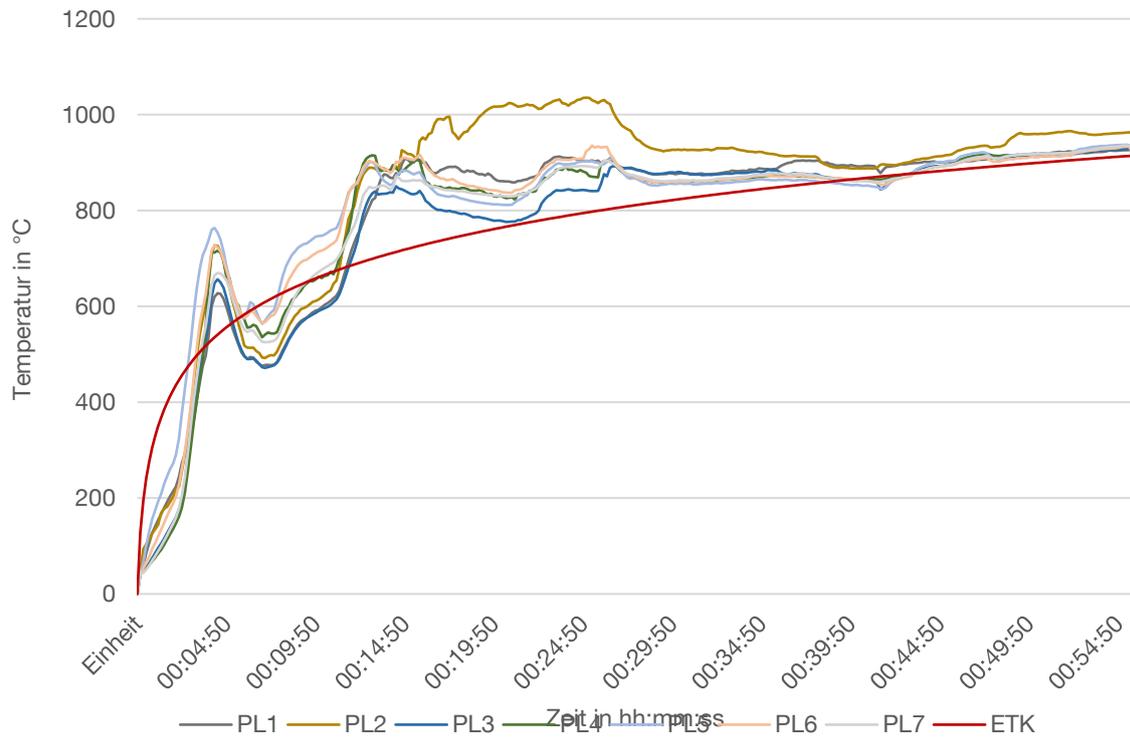
Abbildung A.4.7-22: Glaswolle in der Wand nach Prüfeinde

A.4.8 Darstellung der Messwerte

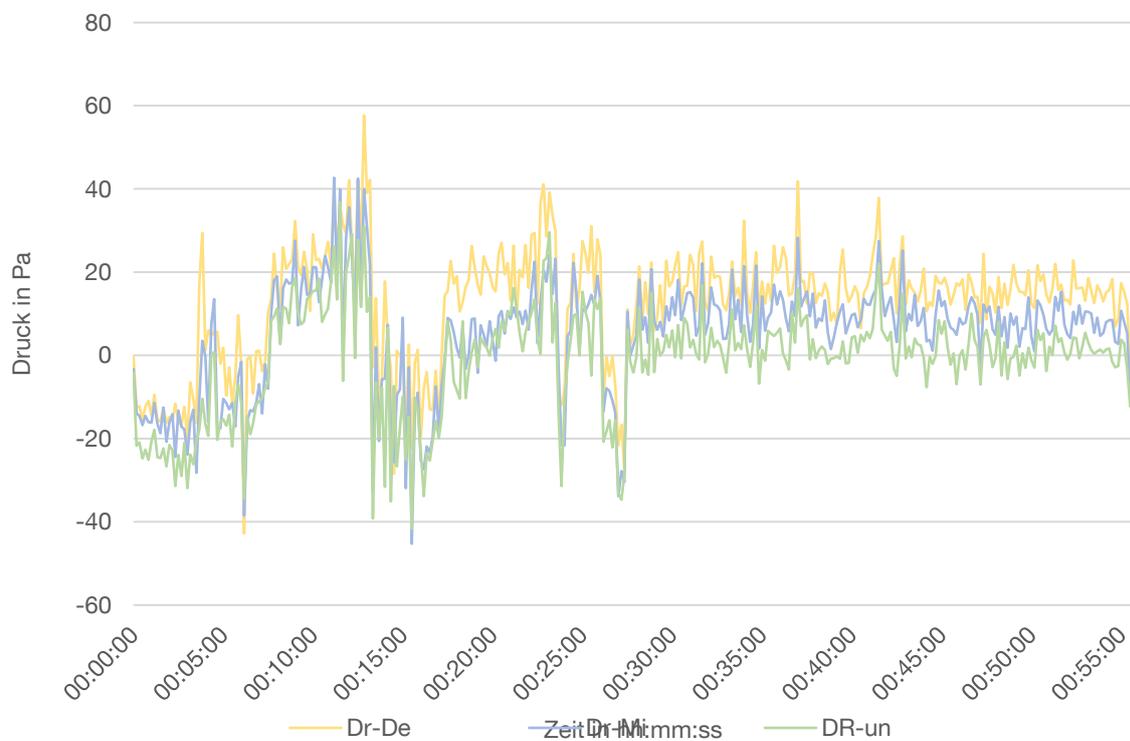
Tabelle A.4.8-1: Strichtypen der Diagramme für Gefachdämmung und -breite

Linientyp	Gefach	Thermoelemente Gefach	Thermoelemente Ständer
Volllinie	GW 56 ⁵	X.1 – X.3, X.7	10.X - 12.X
Gestrichelt	HWF 56 ⁵	X.4 – X.6, X.8	13.X - 15.X

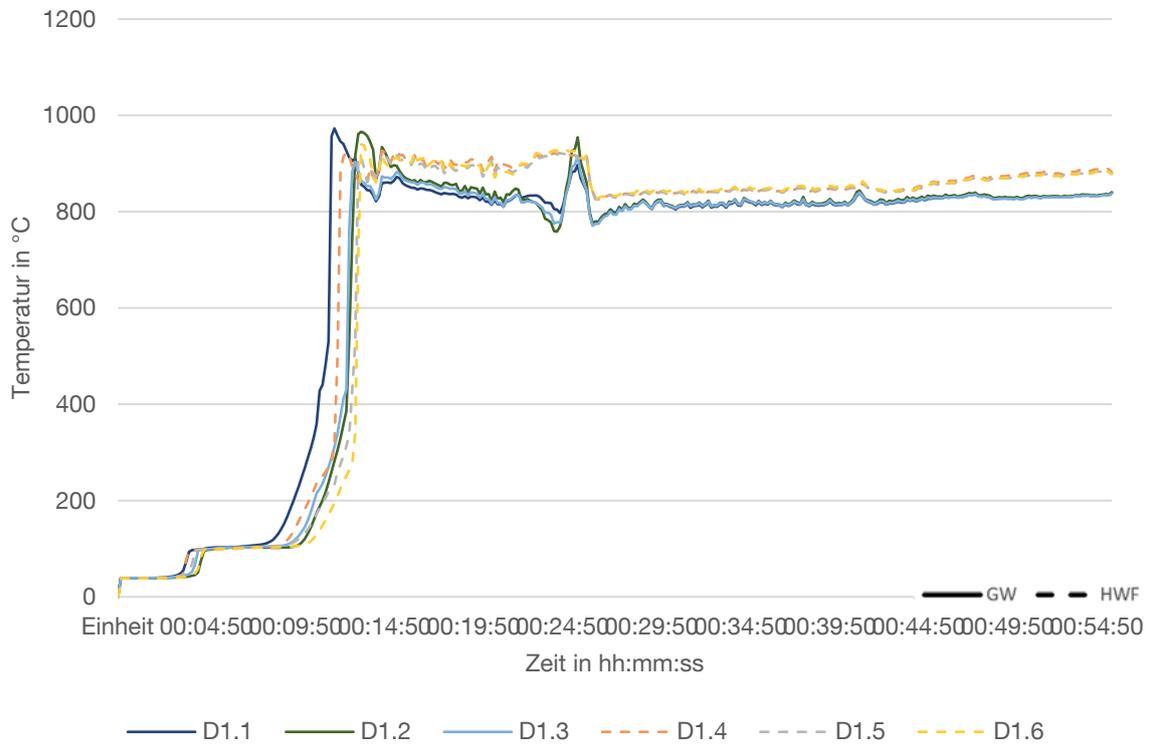
A.4.8.1. Ofentemperatur



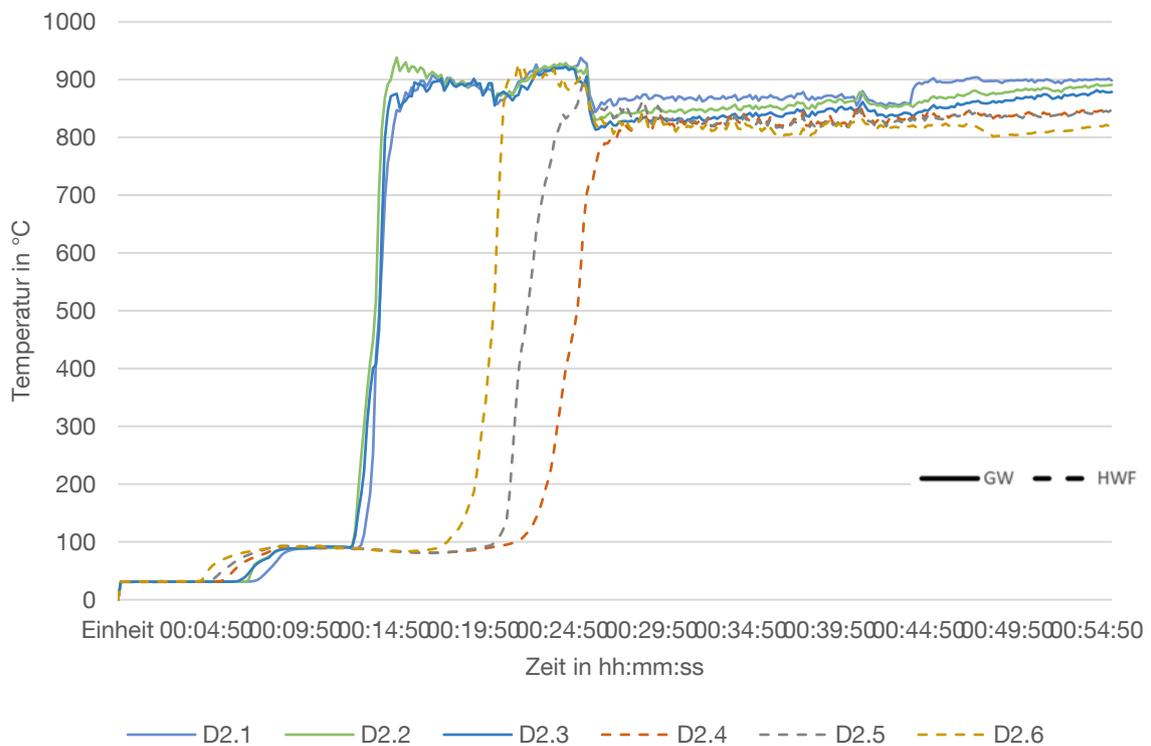
A.4.8.2. Ofendruck



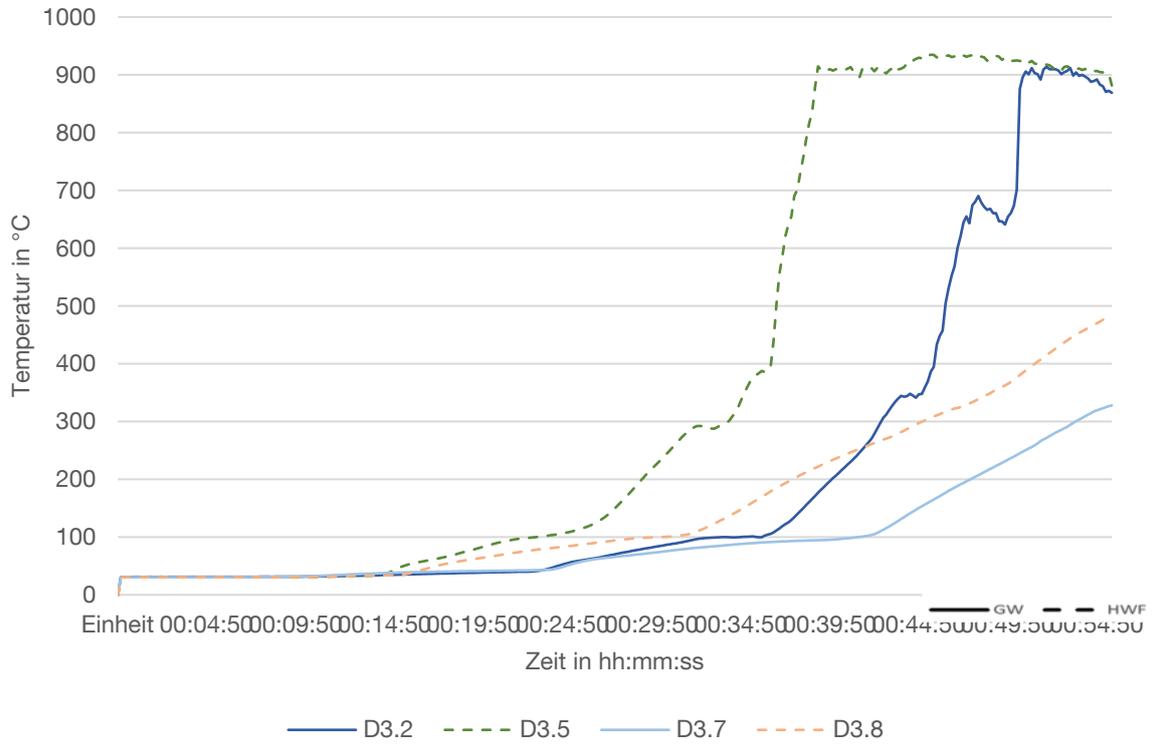
A.4.8.3. Messstellen im Gefach Decke – Ebene 1



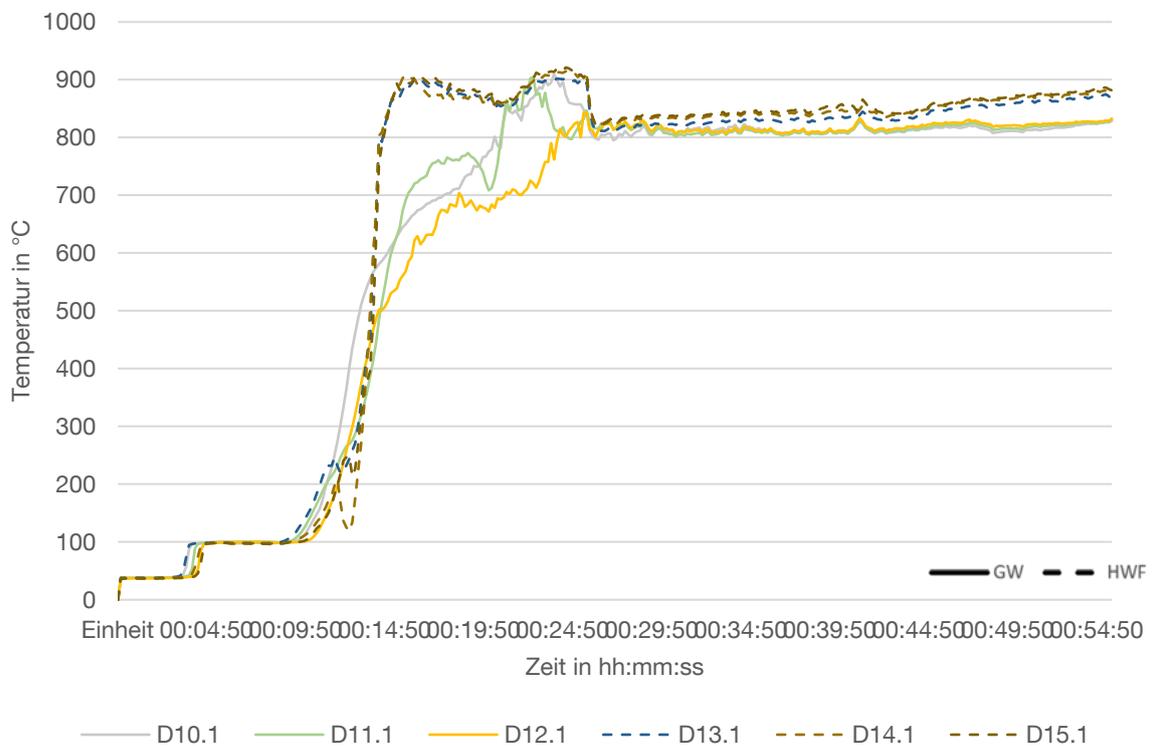
A.4.8.4. Messstellen im Gefach Decke – Ebene 2



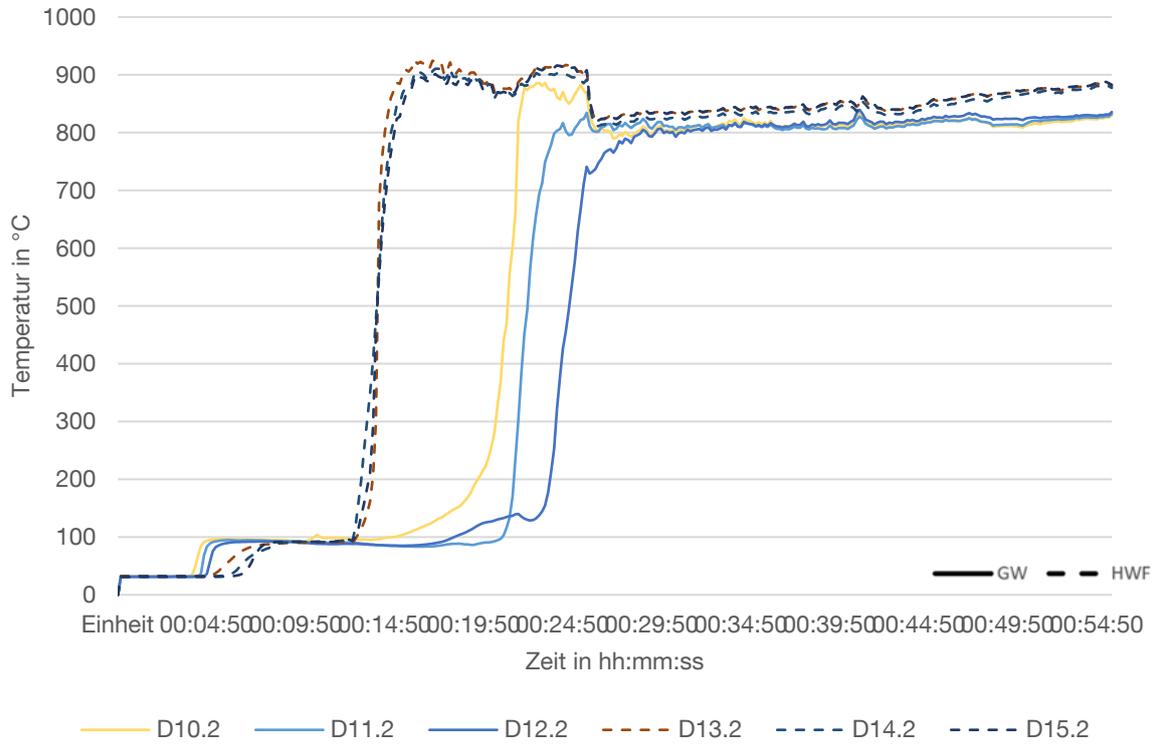
A.4.8.5. Messstellen im Gefach Decke – Ebene 3



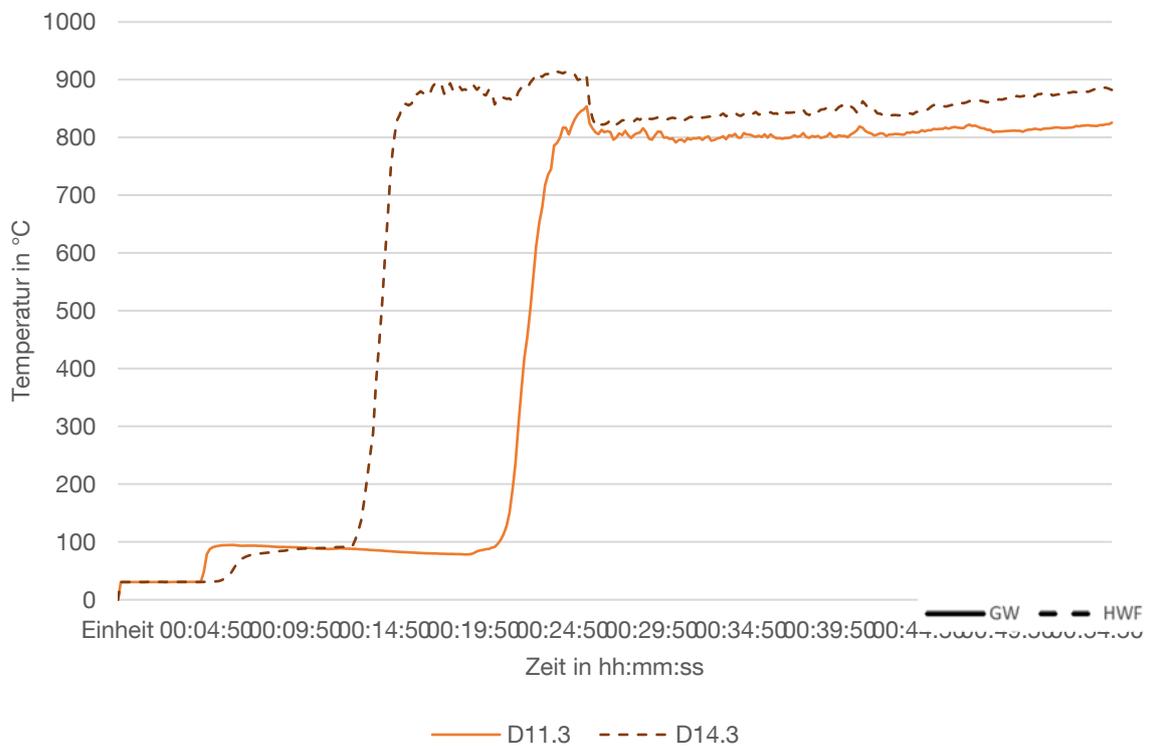
A.4.8.6. Messstellen am Deckenbalken Ebene 1



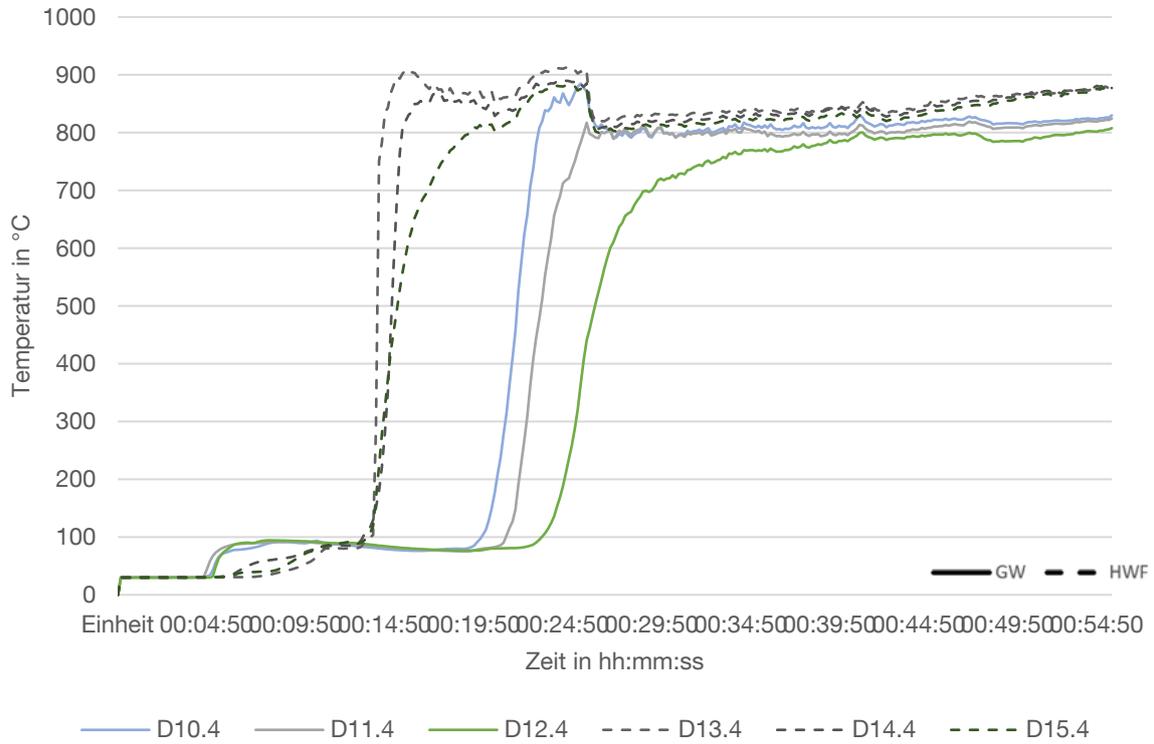
A.4.8.7. Messstellen am Deckenbalken – Ebene 2



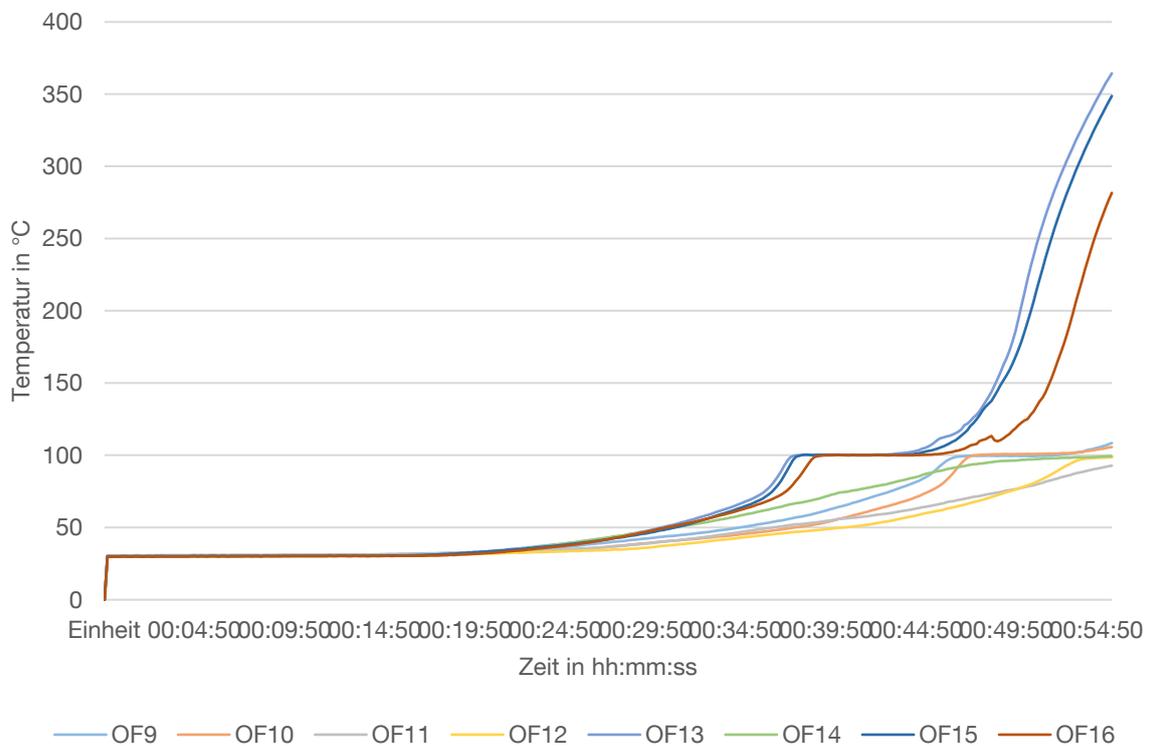
A.4.8.8. Messstellen am Deckenbalken – Ebene 3



A.4.8.9. Messstellen am Deckenbalken – Ebene 4



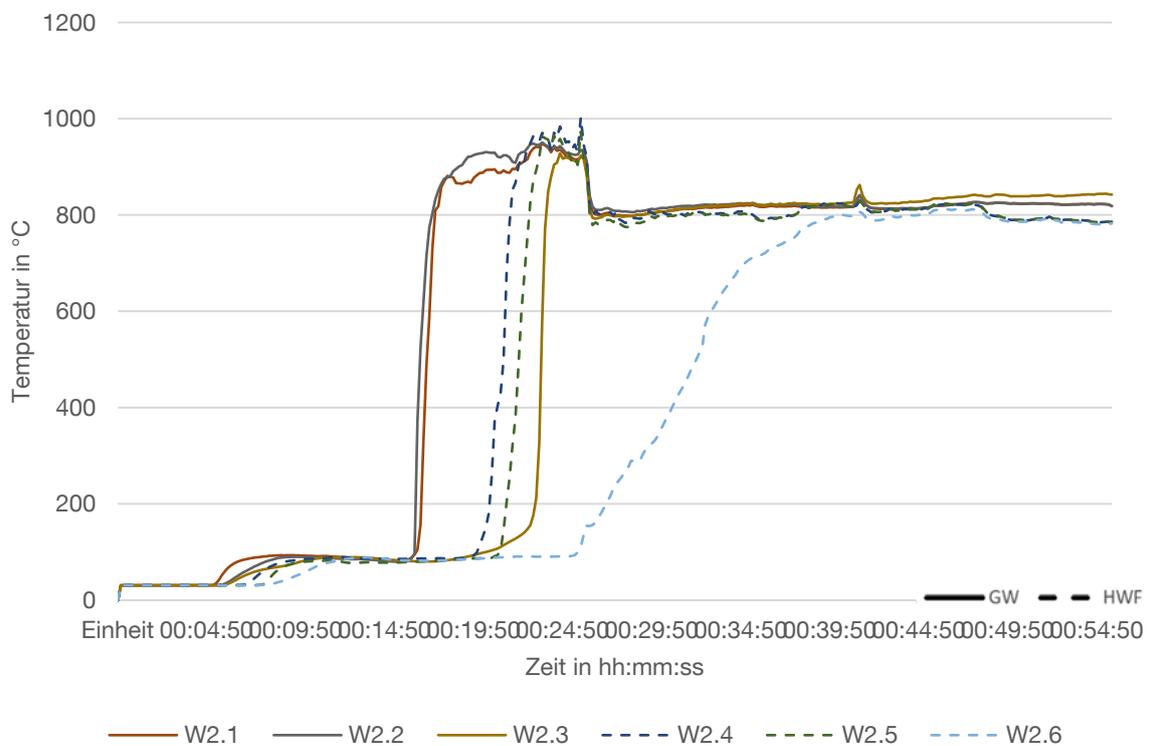
A.4.8.10. Messstellen Decke Oberflächenthermoelemente



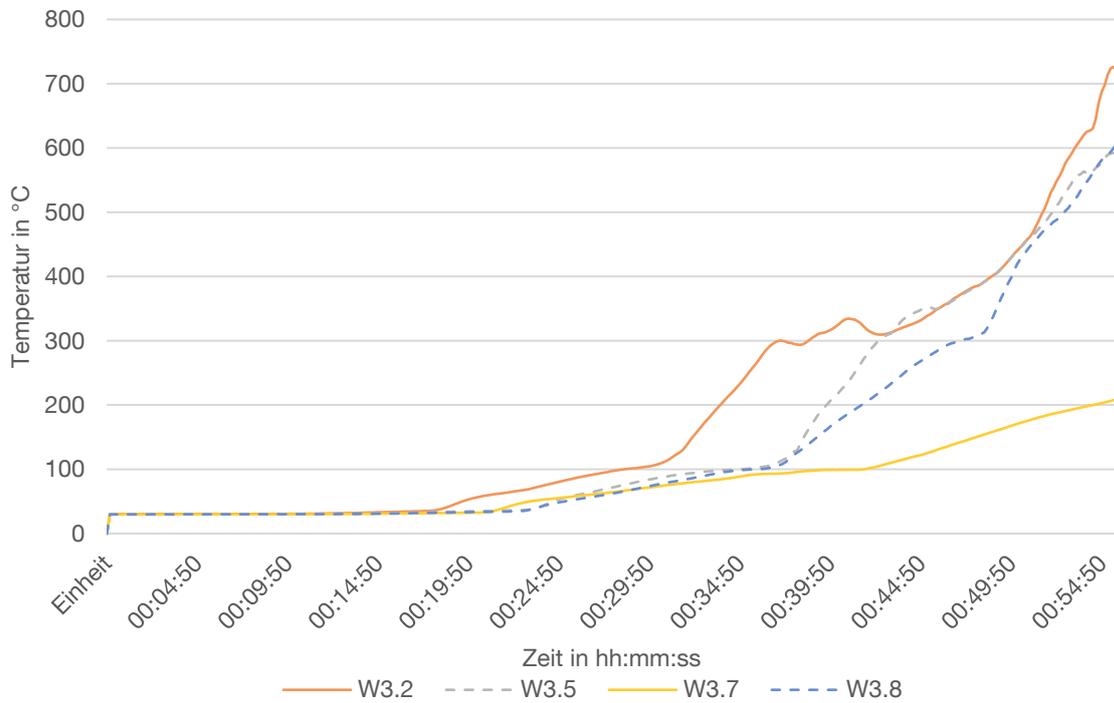
A.4.8.11. Messstellen im Gefach Wand – Ebene 1



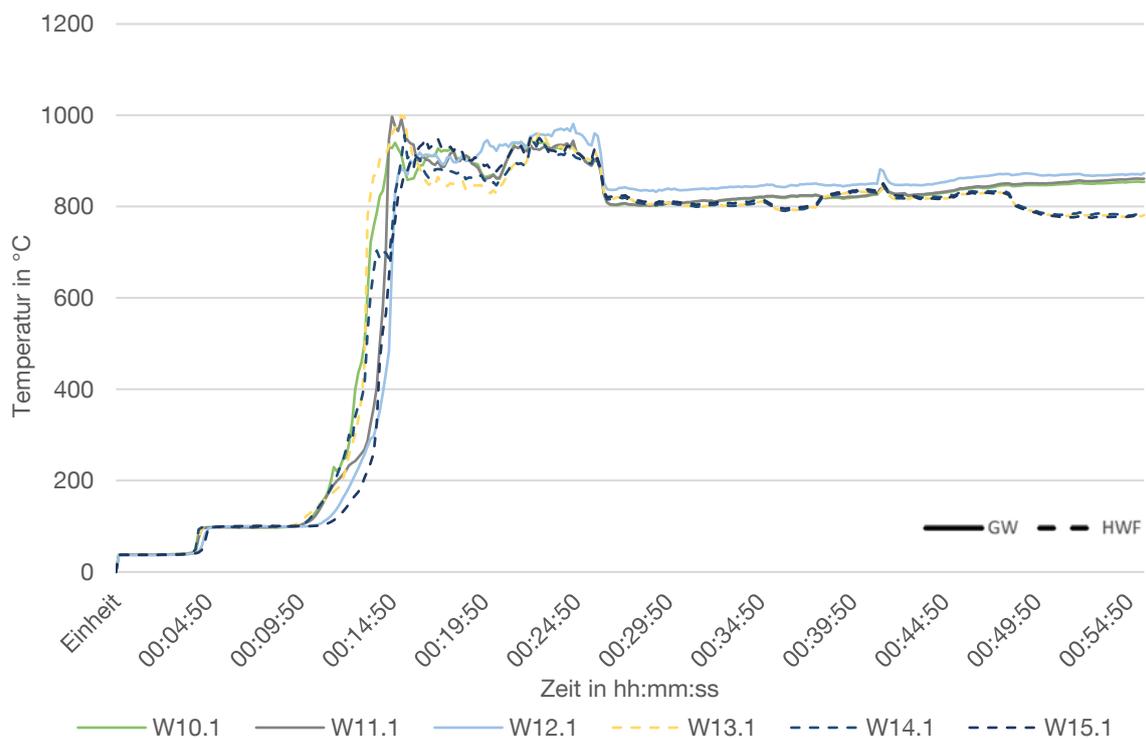
A.4.8.12. Messstellen im Gefach Wand – Ebene 2



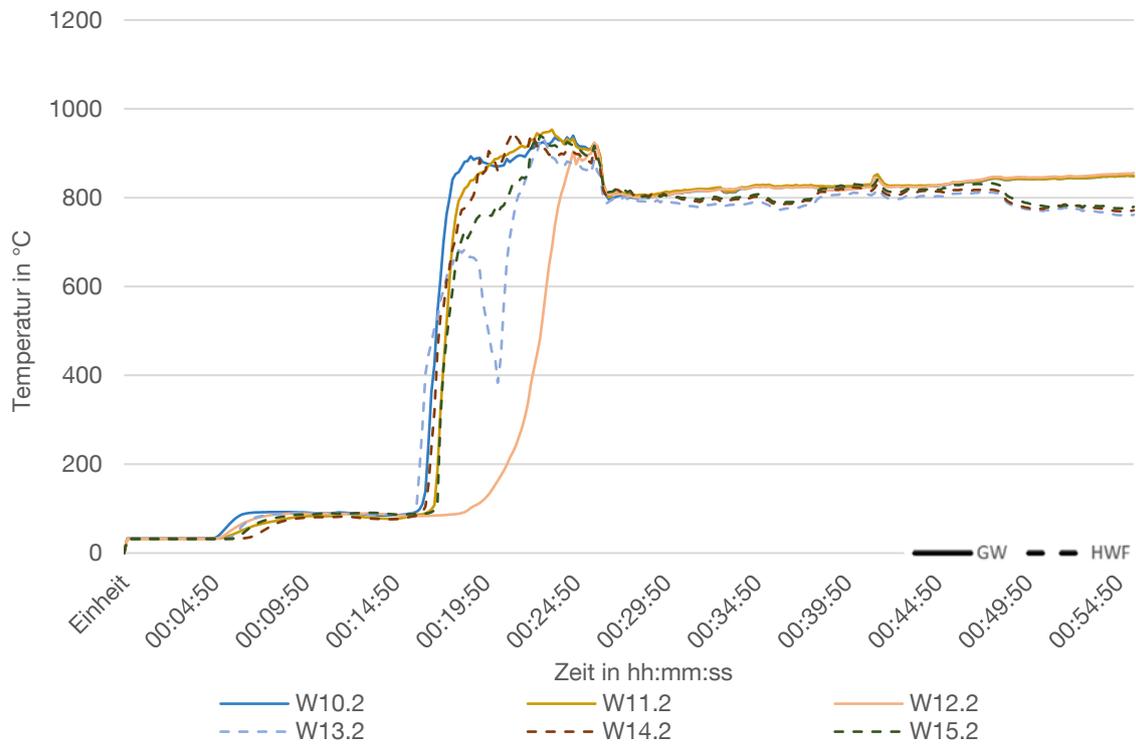
A.4.8.13. Messstellen im Gefach Wand – Ebene 3



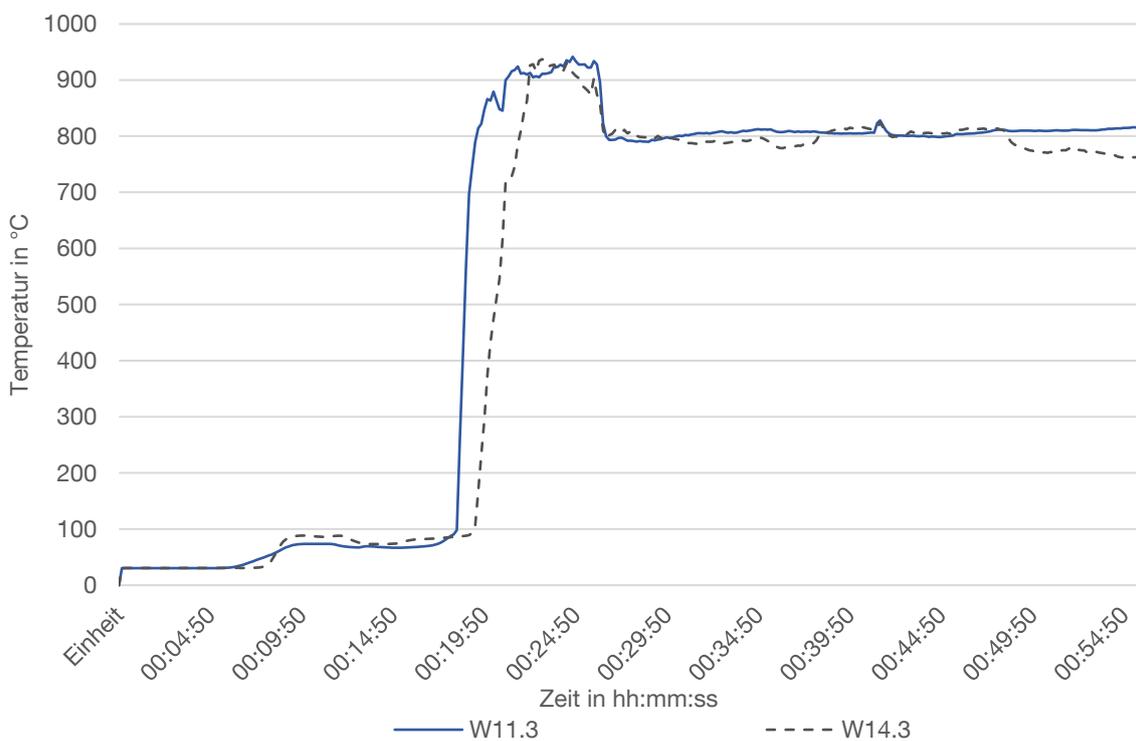
A.4.8.14. Messstellen am Ständer Wand – Ebene 1



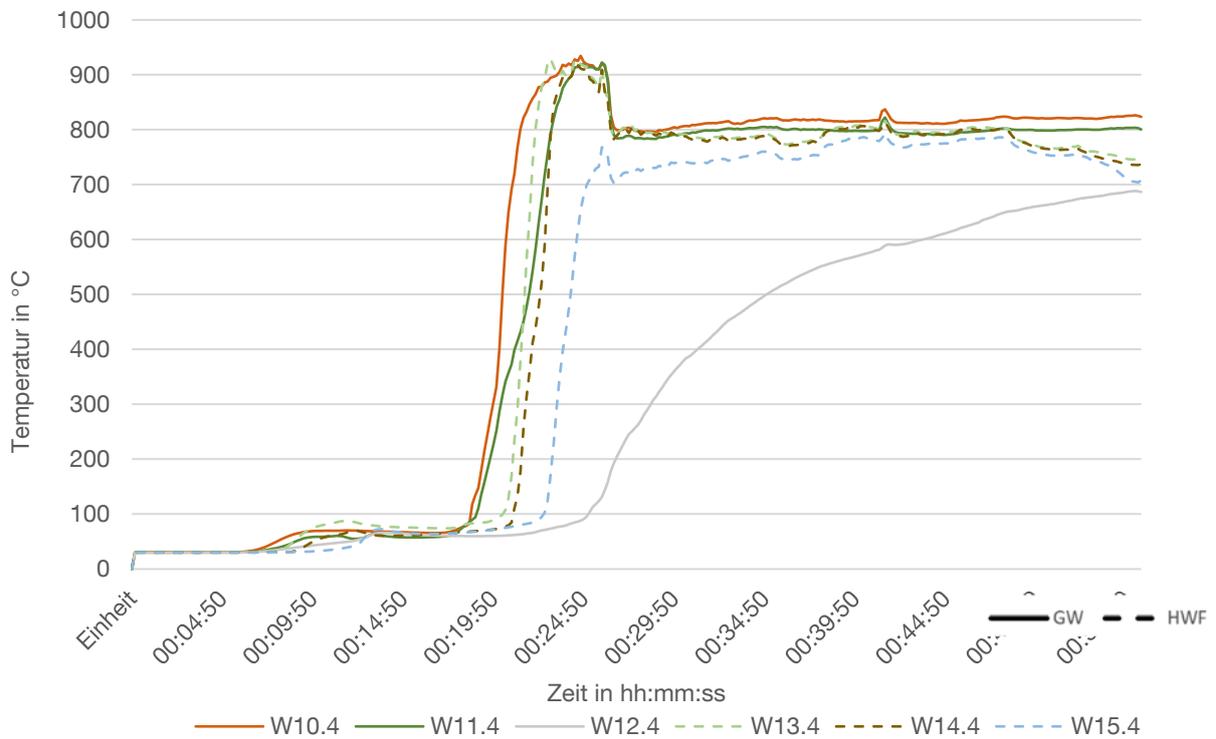
A.4.8.15. Messstellen am Ständer Wand – Ebene 2



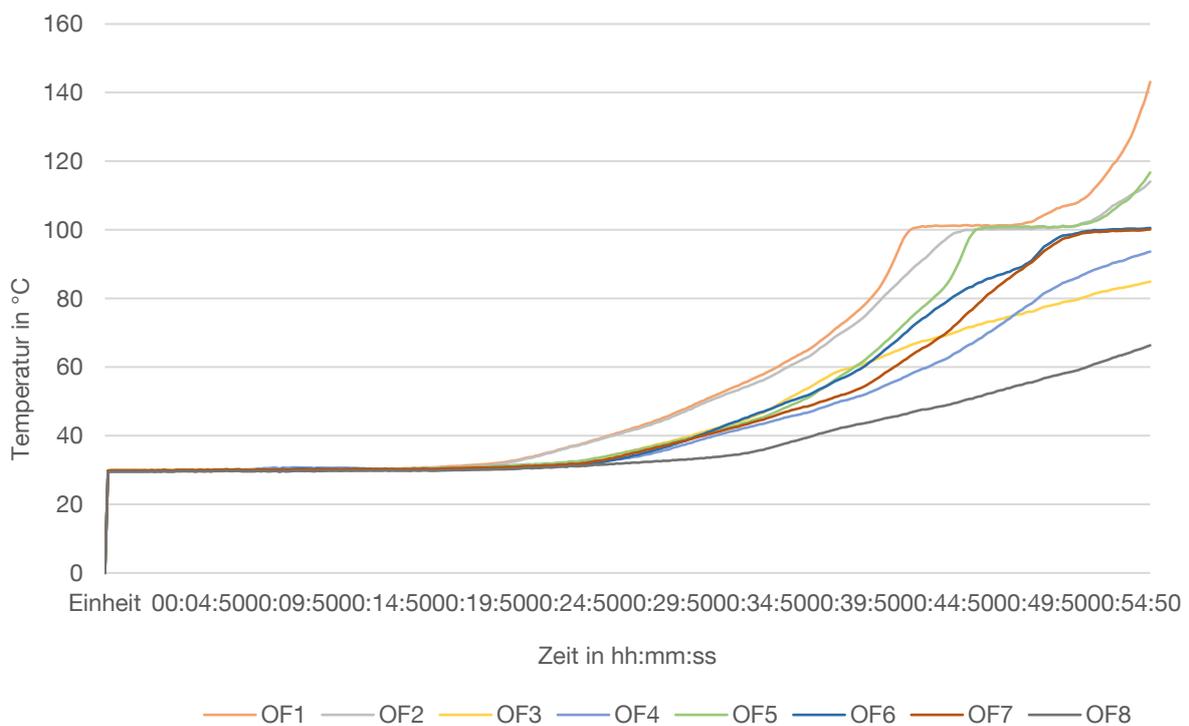
A.4.8.16. Messstellen am Ständer Wand – Ebene 3



A.4.8.17. Messstellen am Ständer Wand – Ebene 4



A.4.8.18. Messstellen Oberflächenthermoelemente Wand



A.5 Prüfbericht zu Brandversuch im 3x3-Meter-Wandofen: Wandausschnitt – Steinwolle / Zelluloseeinblasdämmstoff (R1-V5-GV)

Prüfbericht-Nr.	TUM 27-08-19_02 – Großbrand W1
Gegenstand	Brandversuch zur Untersuchung des Brandverhaltens unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein – und Großversuch – Prüfkörper W1 – unbelastete Wand mit Gefachdämmstoffen aus Steinwolle und Zellulose und unterschiedlichen Gefachbreiten
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	27.08.2019
Datum Bericht	13.12.2019
Anzahl Seiten des Berichts	13

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.5.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Vergleich unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein- und Großversuch durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse eines unbelasteten Großbrandversuches der Wand W1 mit unterschiedlichen Gefachdämmstoffen und Gefachbreiten. Die Brandprüfungen erfolgten im Wandprüfstand nach DIN EN 1363-1 [2] und DIN EN 1364-1 [5]. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile. Jede wesentliche Abweichung der Konstruktion hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Materialien, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen oder Befestigungsmitteln von den geprüften Randbedingungen, ist durch diesen Prüfbericht nicht abgedeckt.

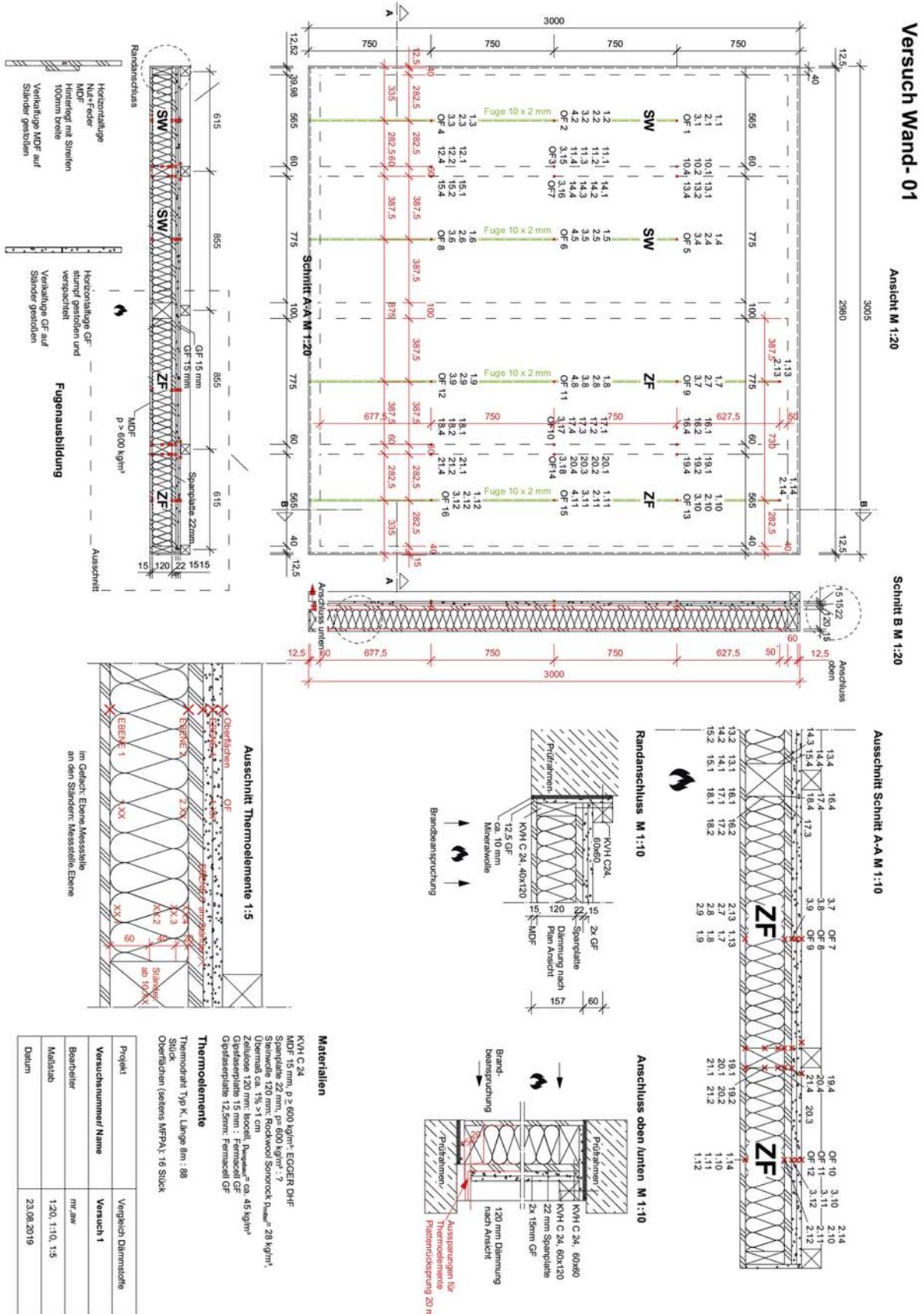
A.5.2 Geprüfte Konstruktion

Der Prüfkörper weist eine Außenabmessung von $B \times H = 3005 \times 3000$ mm auf und bestand aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 40 \times 120$ mm an den seitlichen Ständer bzw. 60×120 mm an Schwelle und Rähm. Zwischen den beiden äußeren Gefachen hatte der Ständer die Maße $B \times H = 60 \times 120$ mm, der mittlere Ständer wurde mit den Maßen $B \times H = 100 \times 120$ mm eingebaut. Die Konstruktion wurde an allen 4 Seiten um den Tragrahmen mit 12,5 mm dicken Gipsfaserplatten der Firma Fermacell bekleidet. Zur Bekleidung auf der feuerzugewandten Seite wurde eine MDF ($\rho > 600$ kg/m³) mit der Dicke 15 mm verwendet. Die feuerabgewandte Seite wurde mit einer 22 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600$ kg/m³) und 2 Lagen Gipsfaser mit 15 mm beplankt. Die MDF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 im Abstand von < 100 mm befestigt. Die ersten beiden Gefache wurden mit 120 mm dicker Mineralwolle (Steinwolle) der Firma Rockwool gefüllt, die rechten mit 120 mm dicker Zellulose von Isocell. Die genauen Baustoffeigenschaften sind der Anlage zu entnehmen. Die Gefachbreiten der beiden äußeren Gefache betragen im Lichten 565 mm, die der beiden mittleren Gefache 775 mm. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermolemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen.

A.5.3 Prüfanordnung und -durchführung

Die geprüften Wandausschnitte wurden von Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen gefertigt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung eines Wandbrandofens ($B \times H = 3005$ mm \times 3000 mm) als vertikalen Raumabschluss ein. Die beflamnte Fläche betrug jeweils ($B \times H = 3000 \times 3000$ mm). Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 8 Platten-Thermolemente gemäß DIN EN 1364-1 [5] vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermolemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in 3 Ebenen (50 cm von unten, Mitte des Probekörpers und oben). Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

A.5.4 Konstruktionszeichnungen



A.5.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.5.5-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [km/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	MDF- Platte der Fa. EGGER EGGER DHF nach DIN EN 13986:2004+A1:2015 DOP-506-00	15	612	8,2	1.1- 1.14
2a	Steinwolle der Fa. Rockwool Rockwool Klemmrock 035 nach DIN EN 13162	120	38,4	1,0	2.1-2.14
2b	Isocell Zellulosefaser nach Z-23.11-1236 bzw. ETA-06/0076	120	58	-	2.1-2.14
3	Spanplatte – Classic Board P2 der Fa. Pfleiderer nach EN 13986:2004 +A1:2015	22	667	7,3	3.1-3.12
4	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1- 434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	4.2, 4.5, 4.8, 4.11
5	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1- 434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	OF 1- OF 16

A.5.6 Versuchsbeobachtung

Tabelle A.5.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung am 27.08.2019

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0:00	Start der Prüfung (11:20 Uhr), Zündung der Brenner	-
1:30	Rauchentwicklung oben links	FA
2:30	Rauchentwicklung oben rechts	FA
3:30	Rauchentwicklung linke Seite bei ca. 1,5 m	FA
5:00	Rauchentwicklung unten rechts Keine Sicht in Brandraum, verraucht	FA
8:00	Rauchentwicklung befindet sich nur noch oben links	FA
17:30	SW: Verfärbung der GF-Platten im unteren Bereich des Ständers	F
29:00	Knacken in der Konstruktion hörbar	-
33:00	ZF: oberes Gefach ist herausgefallen (Erkenntnis nur über Messwerte)	F
94:00	Erstes Oberflächenthermoelement über 180°C ZF großes Gefach	-
1:07:00	Sicht in den Brandraum auf ZF-Gefach wieder möglich, Spanplatte durchgebrannt, senkrechter Riss in GF-Platte im Gefach 77 ⁵	F
1:32:00	Schwarzfärbung der GF-Platte im Gefach 77 ⁵ bei Zellulose	FA

1:47:00	Durchführung des Wattebauschtest, versagt nicht	FA
1:48:00	Ofen wird ausgeschaltet, aufgrund eines Durchbrands ZF großes Gefach	-
Nach Ende der Prüfung	Zellulose ist vollständig aus dem Gefach gefallen Steinwolle im 77 ^{er} - Gefach herausgefallen Steinwolle im 62 ^{er} - Gefach noch vorhanden Messstelle 2.7 defekt	-

A.5.7 Fotodokumentation



Abbildung A.5.7-1: Prüfkörper beim Bau



Abbildung A.5.7-2: Prüfkörper beim Bau, Steinwolle



Abbildung A.5.7-3: Prüfkörper beim Bau, Zellulose



Abbildung A.5.7-4: Fertiger Prüfkörper vor Transport



Abbildung A.5.7-5: Eingebauter Prüfkörper vor Versuchsbeginn, FA



Abbildung A.5.7-6: Eingebauter Prüfkörper vor Versuchsbeginn, FZ



Abbildung A.5.7-7: Prüfminute 3, Verfärbung der MDF, FZ



Abbildung A.5.7-8: Prüfminute 5, Rauchentwicklung oben links



Abbildung A.5.7-9: Prüfminute 16, Rauchentwicklung



Abbildung A.5.7-10: Prüfminute 67, Risse GF-Platten



Abbildung A.5.7-11: Prüfminute 92, Schwarzfärbung GF im 835er-Gefach ZF

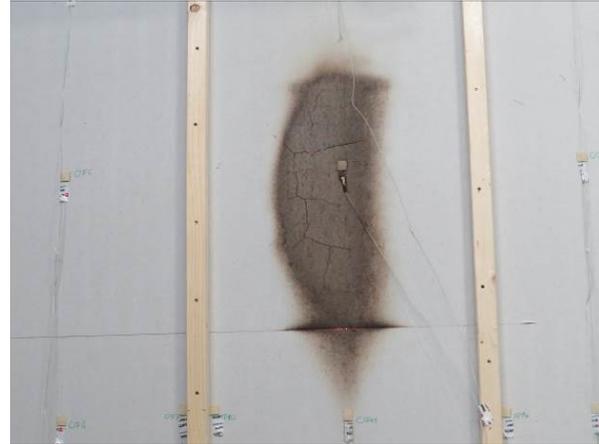


Abbildung A.5.7-12: Prüfminute 100, Risse der GF im ZF-Gefach



Abbildung A.5.7-13: Prüfminute 108, Wattauschtest



Abbildung A.5.7-14: Ergebnis Wattauschtest

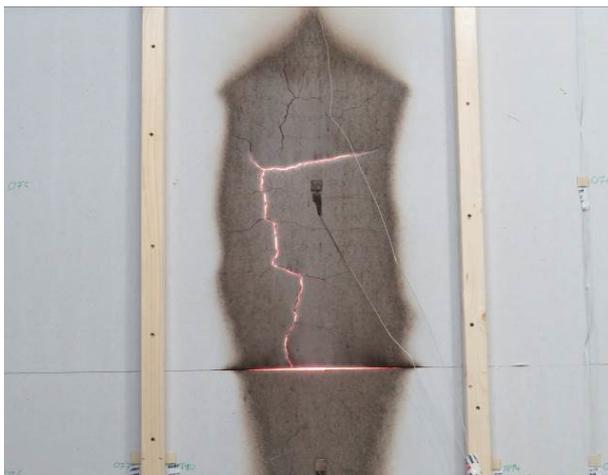


Abbildung A.5.7-15: Prüfminute 108, vermehrte Risse bis Durchbrand der GF im ZF-Gefach



Abbildung A.5.7-16: Nach Beendigung des Brandversuchs, Löschen der Konstruktion



Abbildung A.5.7-17: Konstruktion nach Beendigung des Versuchs



Abbildung A.5.7-18: Gefach Steinwolle

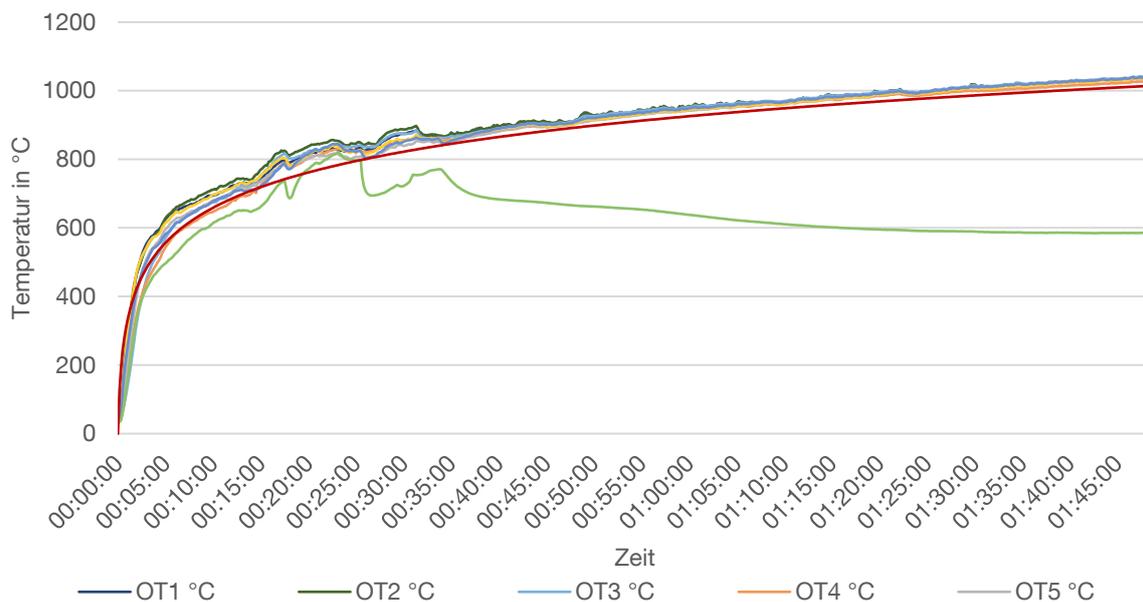
A.5.8 Temperaturentwicklung

Tabelle A.5.8-1: Strichtypen der Diagramme für Gefachdämmung und -breite

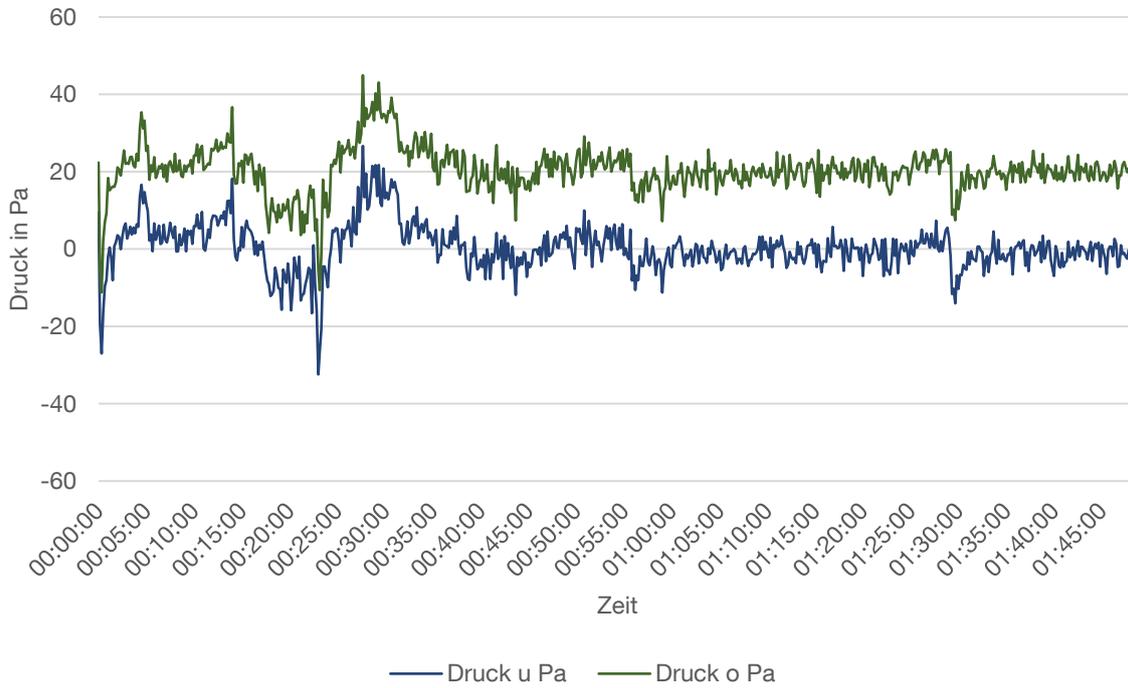
Linientyp	Gefach	Thermoelemente Gefach	Thermoelemente Ständer
Volllinie	SW 56 ^s	X.1 – X.3	10.X - 12.X
Lang gestrichelt	SW 77 ^s	X.4 – X.6	13.X - 15.X
Kurz gestrichelt	ZF 77 ^s	X.7 – X.9, X.13	16.X - 18.X
Punktiert	ZF 56 ^s	X.10 – X.12, X.14	19.X - 21.X
Strichpunktiert	Alle	X.15 - X.18 (hinter der Spanplatte)	

A.5.9 Darstellung der Messwerte

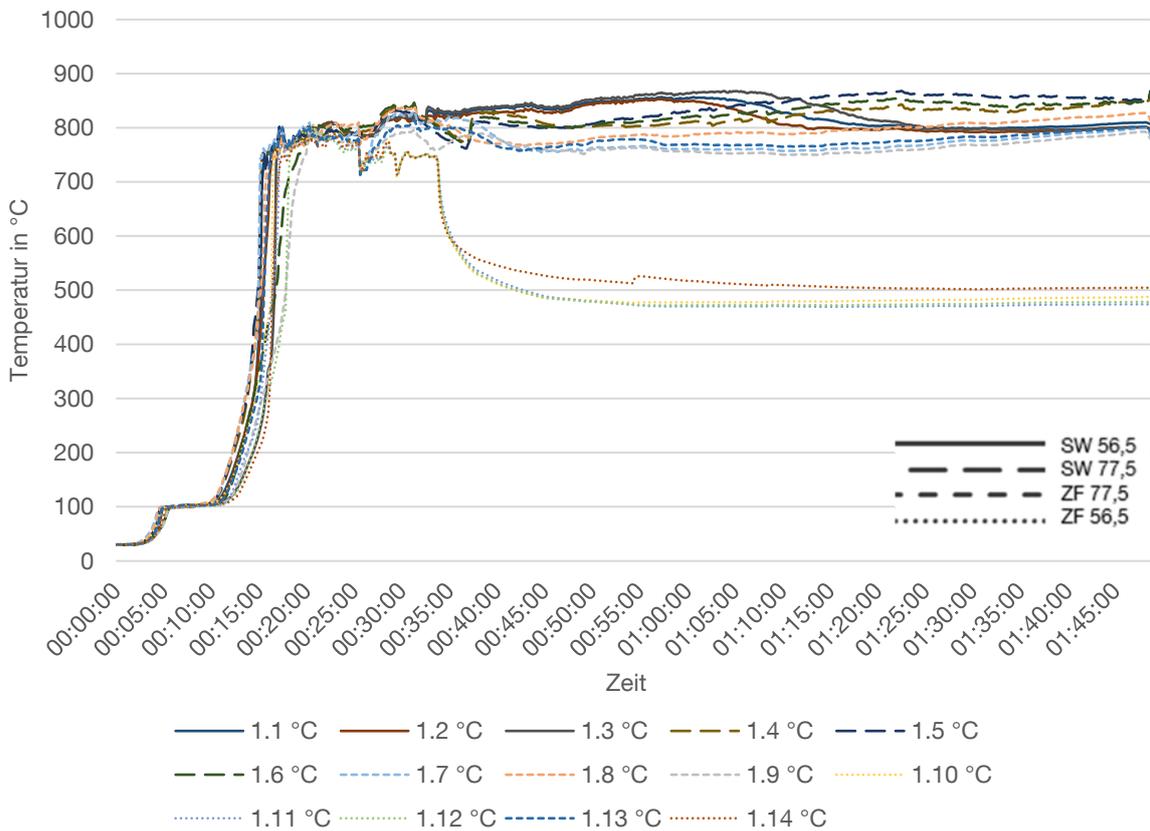
A.5.9.1. Ofentemperatur



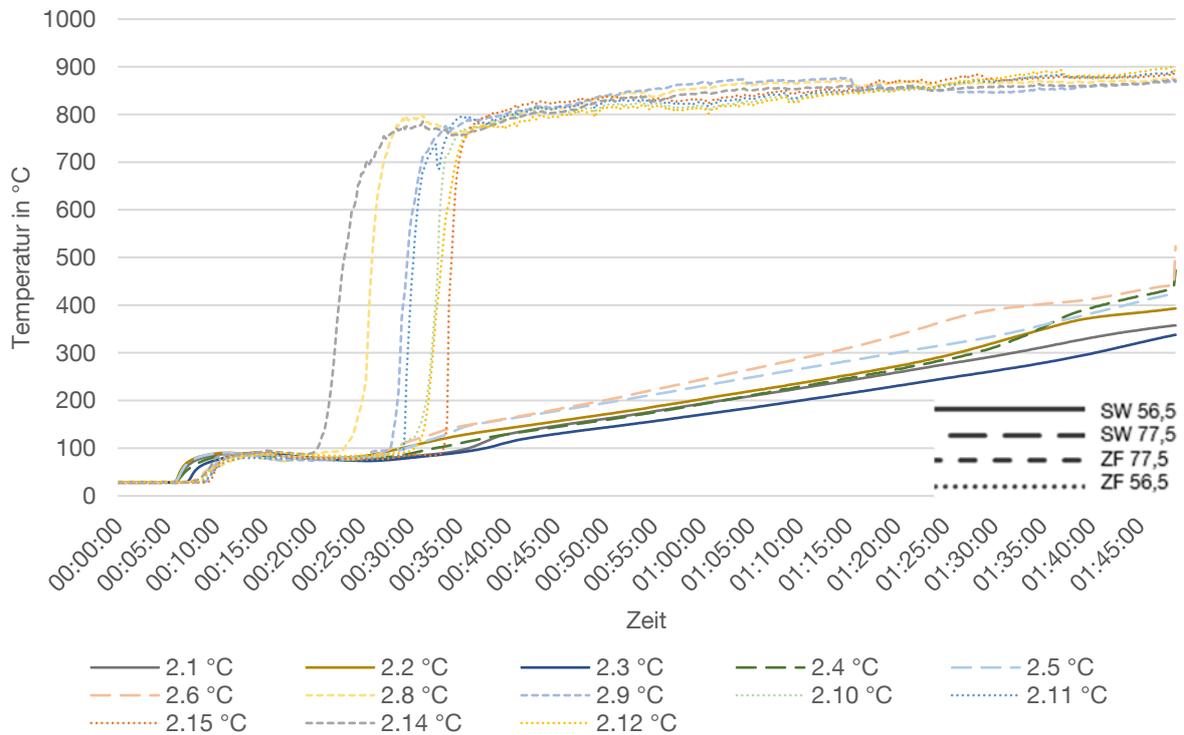
A.5.9.2. Ofendruck



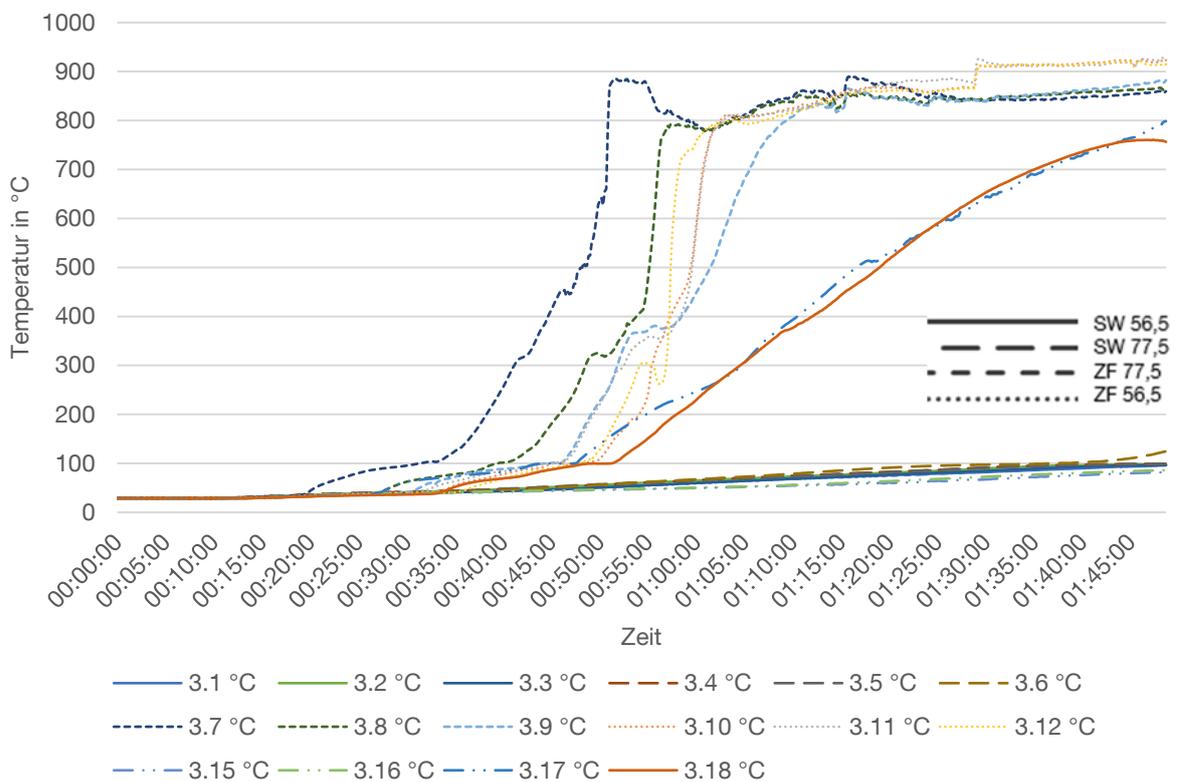
A.5.9.3. Messtellen Gefach – Ebene 1



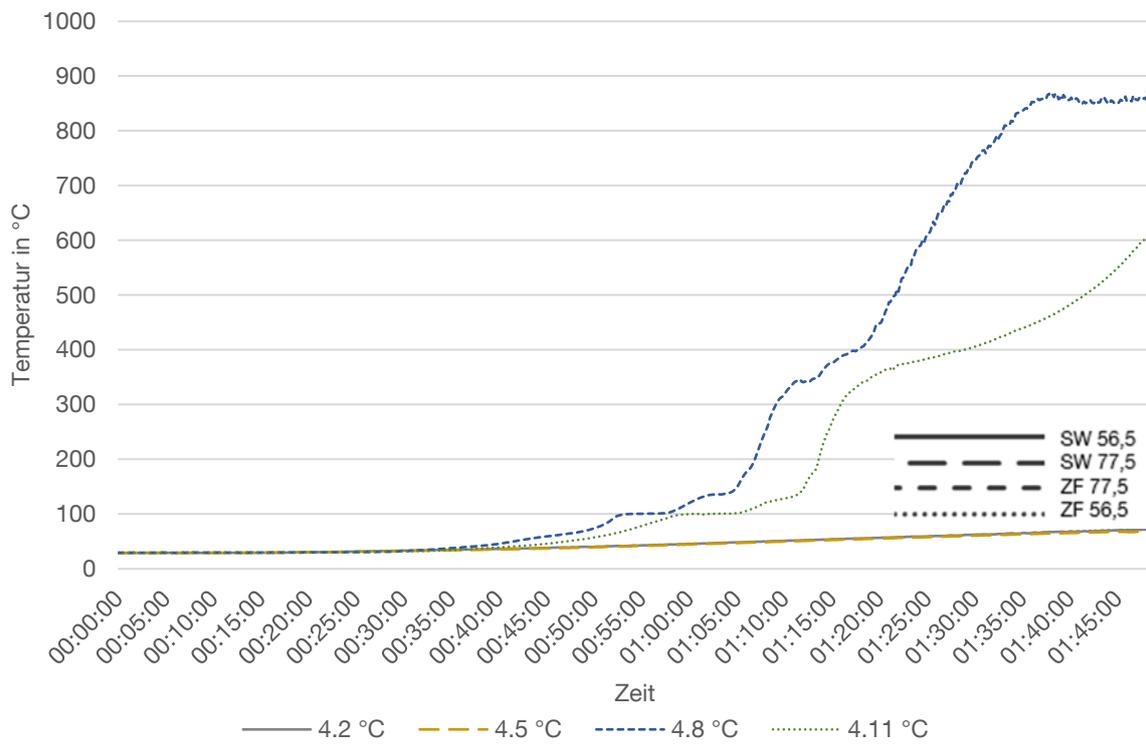
A.5.9.4. Messstellen im Gefach – Ebene 2



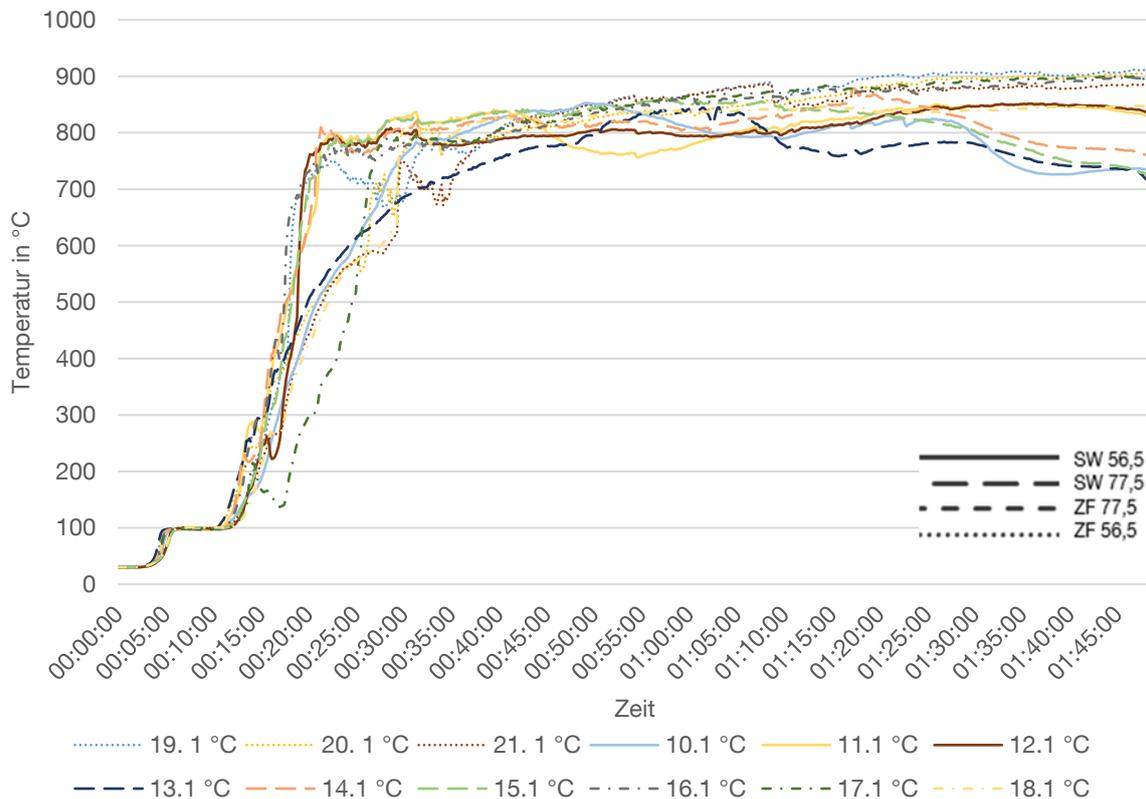
A.5.9.5. Messstellen im Gefach – Ebene 3



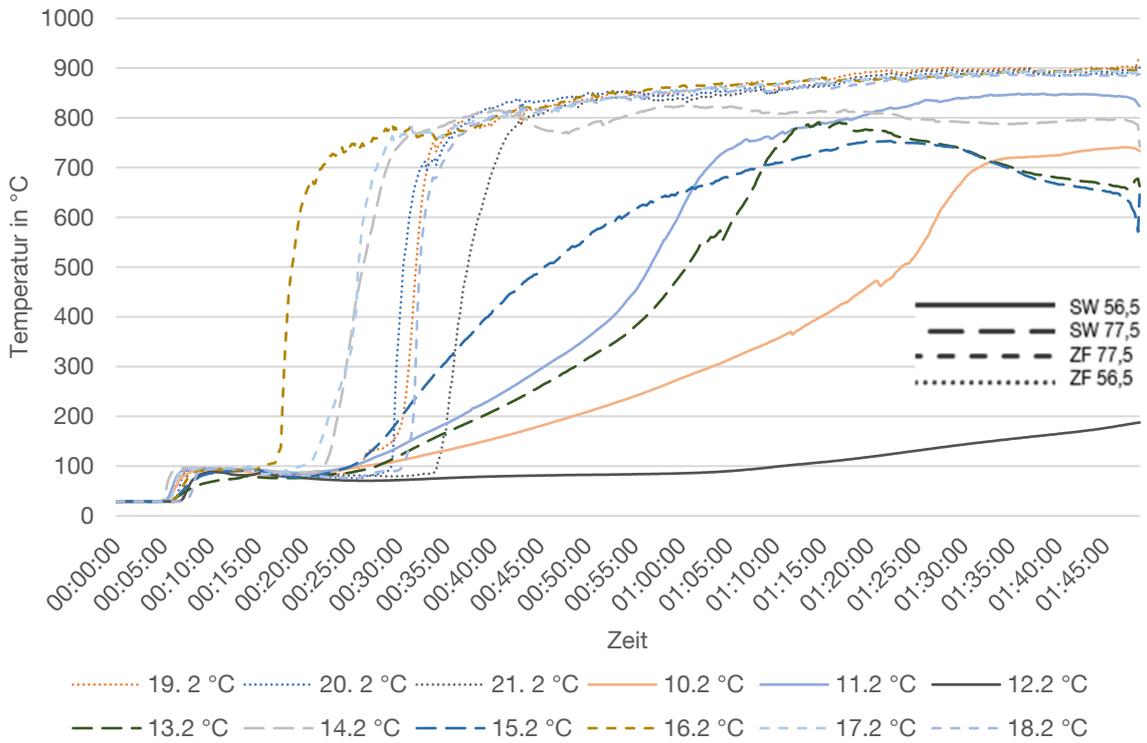
A.5.9.6. Messstellen im Gefach – Ebene 4



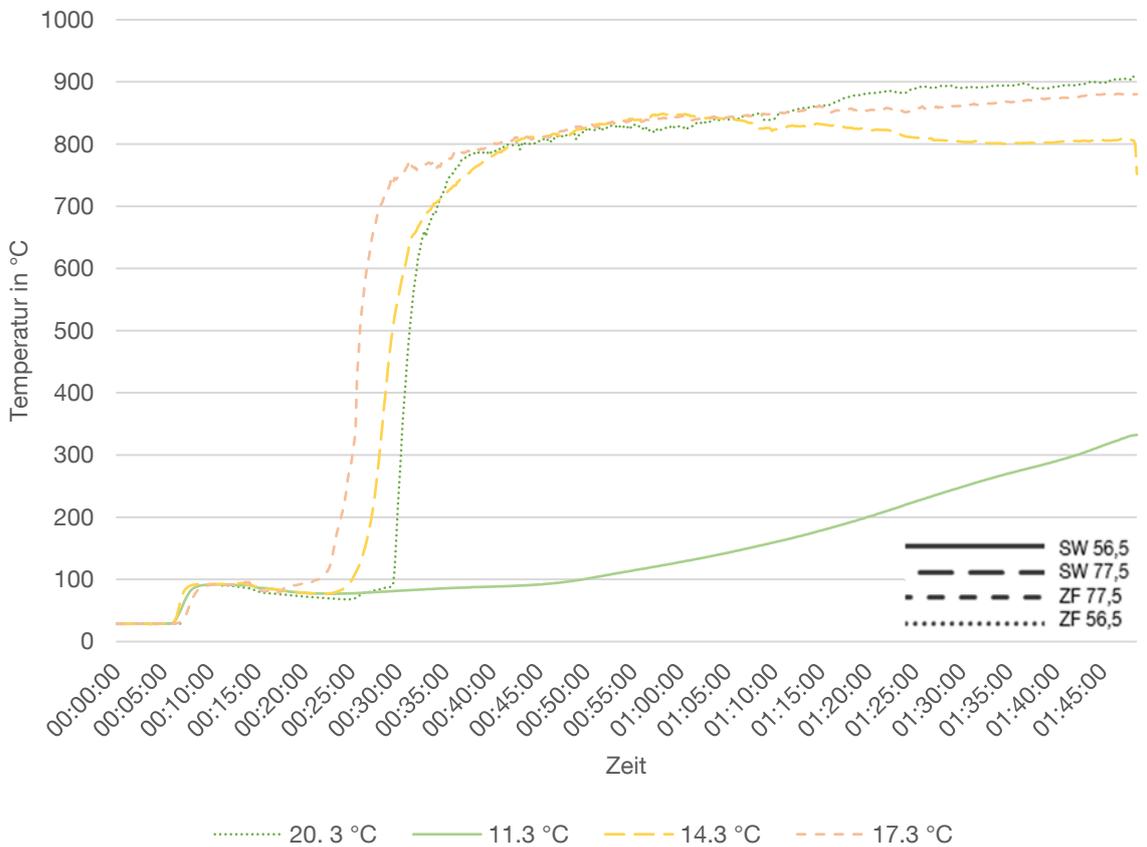
A.5.9.7. Messstellen Ständer – Ebene 1



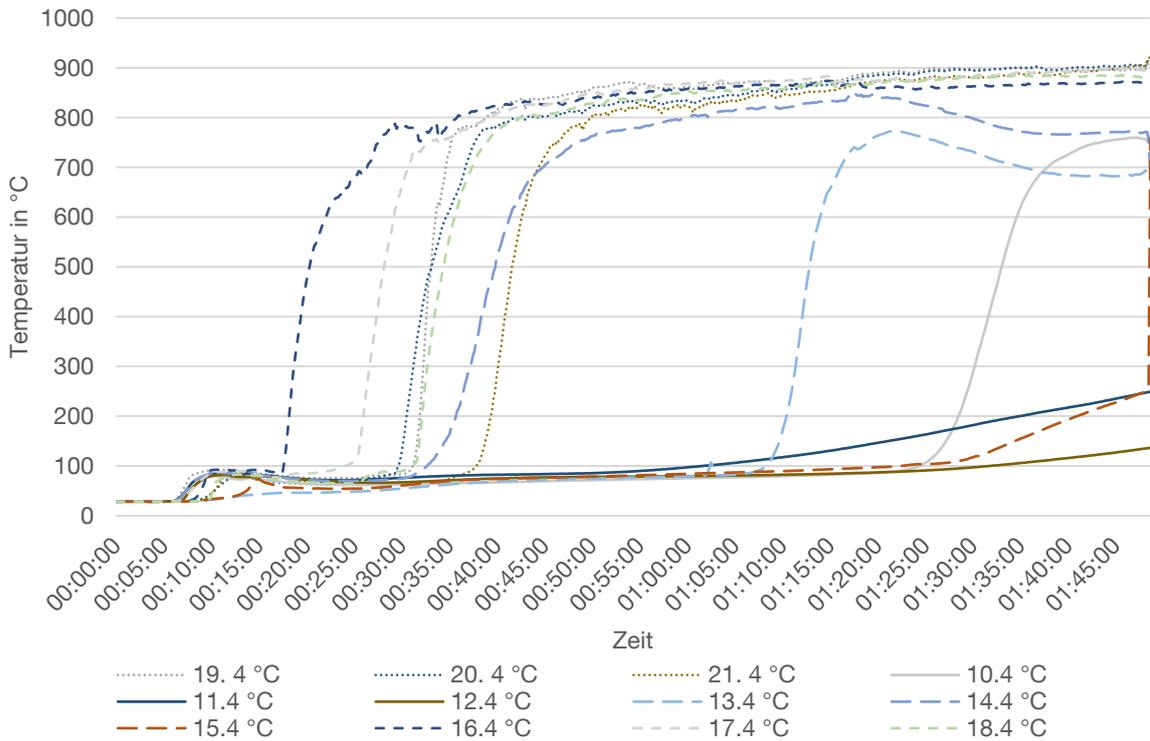
A.5.9.8. Messstellen Ständer – Ebene 2



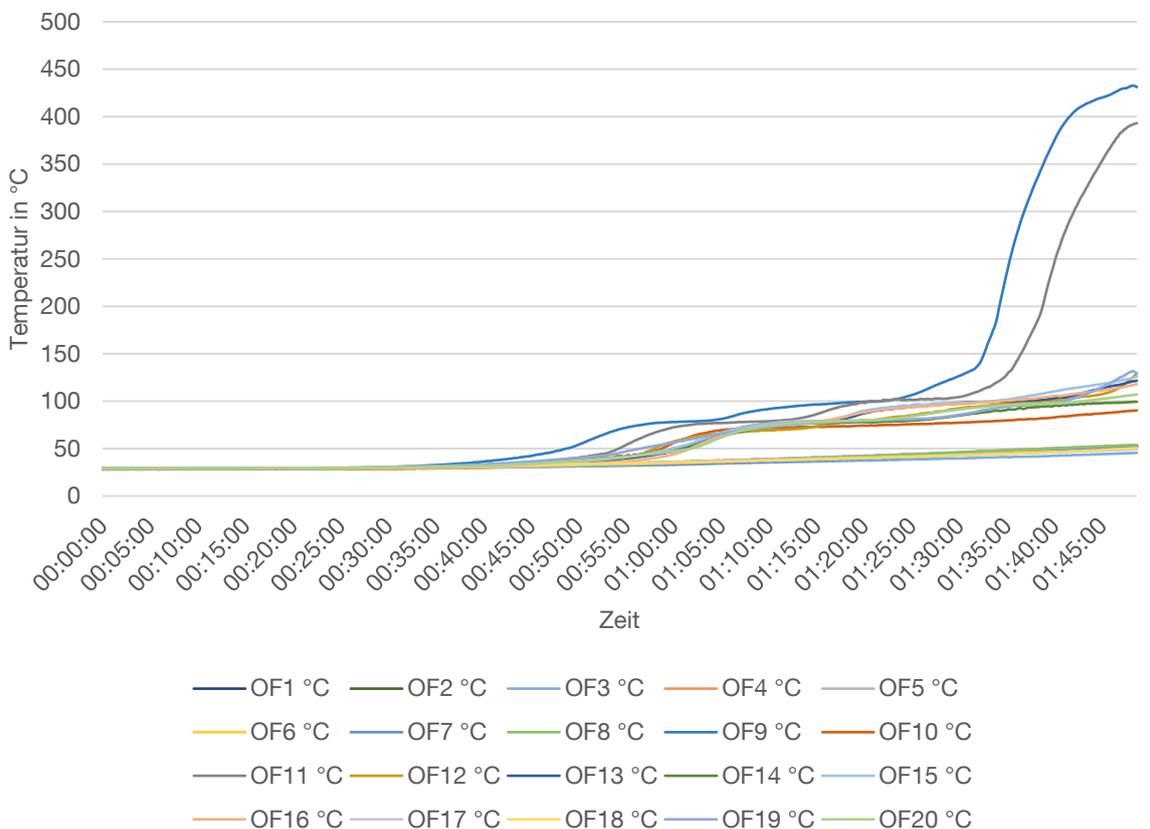
A.5.9.9. Messstellen Ständer – Ebene 3



A.5.9.10. Messstellen Ständer – Ebene 4



A.5.9.11. Messstellen Oberflächen



A.6 Prüfbericht zu Brandversuch im 3x3-Meter-Wandofen: Wandausschnitt – Glaswolle / Holzfaser (weich) (R2-V6-GV)

Prüfbericht-Nr.	TUM 28-08-19_01 – Großbrand W2
Gegenstand	Brandversuch zur Untersuchung des Brandverhaltens unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein – und Großversuch – Prüfkörper W1 – unbelastete Wand mit Gefachdämmstoffen aus Glaswolle und Holzfaser (weich) und unterschiedlichen Gefachbreiten
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	28.08.2019
Datum Bericht	13.12.2019
Anzahl Seiten des Berichts	14

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.6.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Vergleich unterschiedlicher Gefachdämmstoffe sowie dem Skalierverhalten zwischen Klein- und Großversuch durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse eines unbelasteten Großbrandversuches der Wand W1 mit unterschiedlichen Gefachdämmstoffen und Gefachbreiten.

Die Brandprüfungen erfolgten im Wandprüfstand nach DIN EN 1363-1 [2] und DIN EN 1364-1 [5]. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2].

Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

Jede wesentliche Abweichung der Konstruktion hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Materialien, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen oder Befestigungsmitteln von den geprüften Randbedingungen, ist durch diesen Prüfbericht nicht abgedeckt.

A.6.2 Geprüfte Konstruktion

Der Prüfkörper weist eine Außenabmessung von $B \times H = 3005 \times 3000$ mm auf und bestanden aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 40 \times 120$ mm an den seitlichen Ständer bzw. 60×120 mm an Schwelle und Rähm. Zwischen den beiden äußeren Gefachen hatte der Ständer die Maße $B \times H = 60 \times 120$ mm, der mittlere Ständer wurde mit den Maßen $B \times H = 100 \times 120$ mm eingebaut. Die Konstruktion wurde an allen 4 Seiten um den Tragrahmen mit 12,5 mm dicken Gipsfaserplatten der Firma Fermacell bekleidet. Zur Bekleidung auf der feuerzugewandten Seite wurde eine MDF ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) mit der Dicke 15 mm verwendet. Die feuerabgewandte Seite wurde mit einer 22 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) und 2 Lagen Gipsfaser mit 15 mm beplankt. Die MDF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 im Abstand von < 100 mm befestigt. Die ersten beiden Gefache wurden mit 120 mm dicker Mineralwolle (Glaswolle) der Firma Isover gefüllt, die rechten mit 120 mm dicker Holzweichfaserdämmung der Fa. Steico. Die genauen Baustoffeigenschaften sind der Anlage zu entnehmen. Die Gefachbreiten der beiden äußeren Gefache betragen im Lichten 565 mm, die der beiden mittleren Gefache 775 mm.

In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermoelemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen.

A.6.3 Prüfanordnung und -durchführung

Die geprüften Wandausschnitte wurden von Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen gefertigt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung eines Wandbrandofens ($B \times H = 3005 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}$) als vertikalen Raumabschluss ein. Die beflammete Fläche betrug jeweils ($B \times H = 3000 \times 3000 \text{ mm}$).

Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 8 Platten-Thermoelemente gemäß DIN EN 1364-1 [2] vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert.

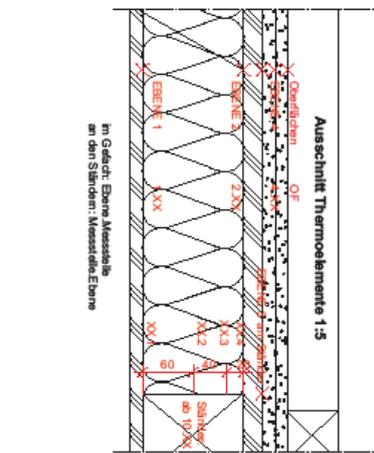
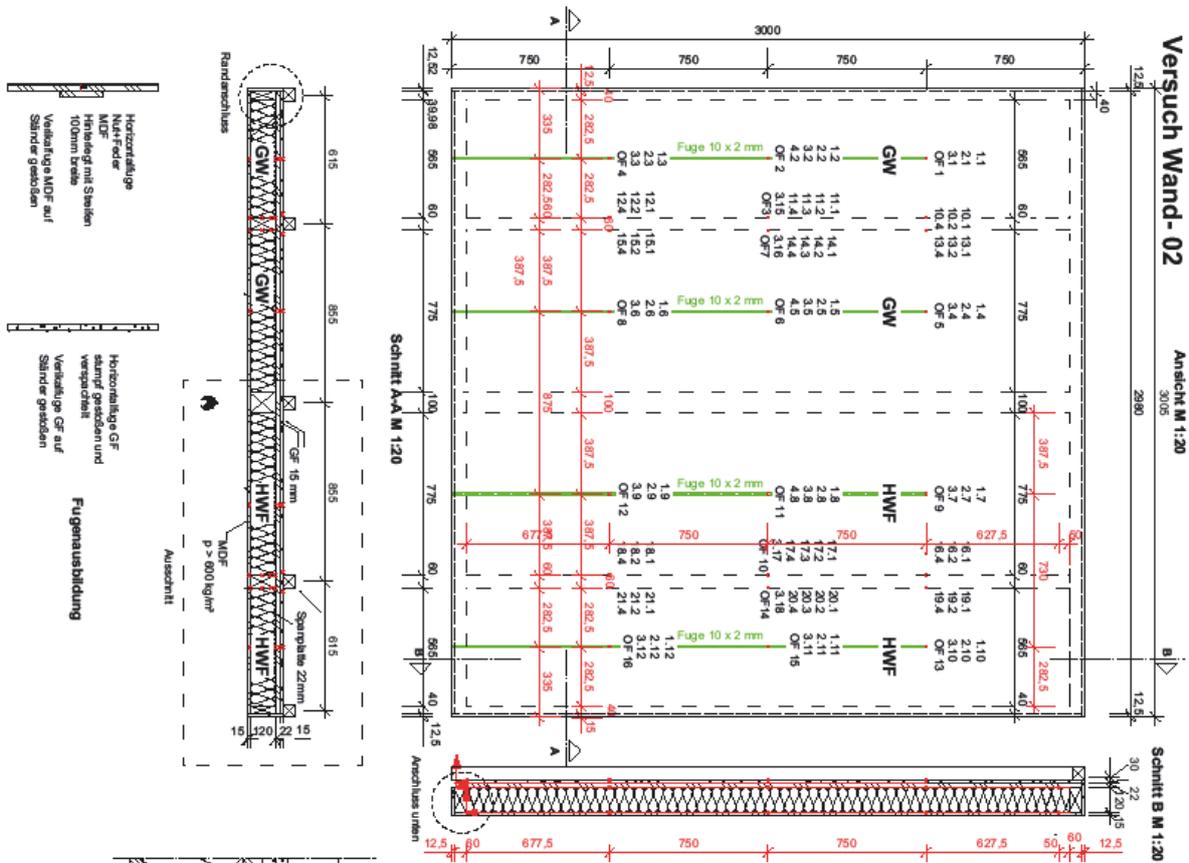
Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert.

Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in 3 Ebenen (50 cm von unten, Mitte des Probekörpers und oben).

Zusätzlich wurde während des Versuchs die Sauerstoffkonzentration im Brandraum in Probekörpermitte gemessen.

Die Messstellenanordnung kann den einzelnen Versuchsbeschreibungen entnommen werden.

A.6.4 Konstruktionszeichnungen



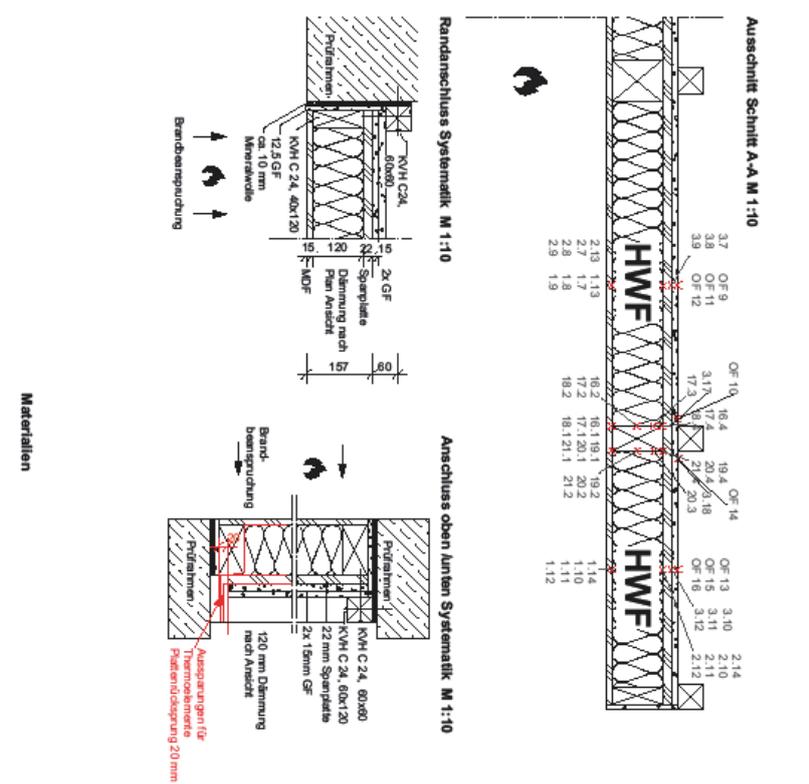
Materialien

KNH C 24
MDF 16 mm, $\rho \geq 600 \text{ kg/m}^3$; EGGER DHF
Spanplatte 22mm, $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$?
Glaswolle Schmelzpunkt $\leq 1000 \text{ °C}$ per 11 kg/m^3 - 15 kg/m^3 ?
Horizontal verlegtes Steinwool Flex 056, ρ ca. 60 kg/m^3 , Obermaß 1 cm,
Systemplatte 19 mm; Fenacell GF

Thermoelemente

Thermoelement Typ K, Länge 8m; 16 Stück
Oberflächen leitend; MPFAV; 16 Stück

Projekt	Vergleichs-Datumsdate
Versuchsnummer / Name	Versuch 2
Bearbeiter	mr aw
Maßstab	1:20, 1:10
Datum	23.09.2019



A.6.5 Schichtaufbau, Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.6.5-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [km/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	MDF- Platte der Fa. EGGER EGGER DHF nach DIN EN 13986:2004+A1:2015 DOP-506-00	15	612	8,2	1.2- 1.14
2a	Glaswolle Dämmung – Isover Integra ZSF-032 nach EN 13162:2012+A1:2015	120	21,5	1,25	2.1-2.6
2b	Holzfaser Dämmung – Steico Flex nach EN n13171:2012	120	45,5	8,13	2.7-2.12
3	Spanplatte – Classic Board P2 der Fa. Pfeiderer nach EN 13986:2004 +A1:2015	22	667	7,3	3.1-3.12
4	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1-434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	4.2, 4.5, 4.8, 4.11
5	Fermacell Gipsfaserplatte nach Z-9.1-434 bzw. nach ETA-03/0050	15	1149	12,8	OF 1- OF 16

A.6.6 Versuchsbeobachtung

Tabelle A.6.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung am 28.08.2019

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0:00	Start der Prüfung (14:02 Uhr), Zündung der Brenner	-
2:30	Schwarzverfärbung der MDF	FZ
3:19	Leichte Rauchentwicklung an den Rändern	FA
5:00	Keine Sicht in den Brandraum	
8:00	Test Sauerstoffkonzentration da Anzeige 0 %, Test im Beobachtungsraum mit 20 % realistisch	
13:40	Leichter Rauchaustritt in der Anschlussfuge zum Prüfraumen	FA
14:00	Keine Sicht in den Brandraum	FZ
20:00	Knackgeräusche hörbar, keine Sicht in den Brandraum	FZ
30:00	Keine Sicht in den Brandraum	
48:00	Keine Sicht in den Brandraum	
51:00	Keine Sicht in den Brandraum	FZ
67:50	Erstes OF Thermoelement über 180 °C HWF großes Gefach	
1:05:00	Keine Sicht in den Brandraum	
1:07:00	Verfärbung Fermacell in 77 ^{er} -Gefach HWF bei OF 9+10	FA

1:08:00	An Verfärbung öffnet sich Fuge	FA
1:11:00	Weitere Fugen öffnen sich im 77 ⁵ er-Gefach HWF	FA
1:13:00	Funken treten aus Fuge im 77 ⁵ er-Gefach HWF aus	FA
1:13:00	Flammenaustritt aus oberer Fuge	FA
1:14:00	Versuch wird aufgrund des Durchbrands im 77 ⁵ er-Gefach HWF beendet	-

A.6.7 Fotodokumentation



Abbildung A.6.7-1: Prüfkörper beim Bau, Ständerwerk



Abbildung A.6.7-2: Prüfkörper beim Bau, GW-Dämmung



Abbildung A.6.7-3: Prüfkörper beim Bau, HWF-Dämmung



Abbildung A.6.7-4: Fertiger Prüfkörper vor Transport



Abbildung A.6.7-5: Eingebauter Prüfkörper vor Versuchsbeginn, FA



Abbildung A.6.7-6: Eingebauter Prüfkörper vor Versuchsbeginn, FZ



Abbildung A.6.7-7: Prüfminute 68, Verfärbung der Fermacell in 77^{er}-Gefach HWF bei OF 9+10, FA

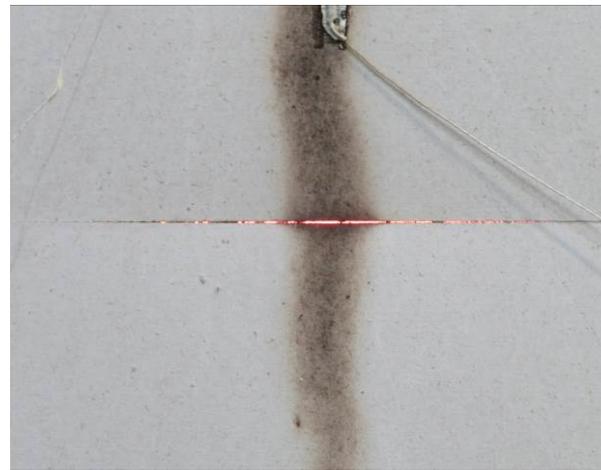


Abbildung A.6.7-8: Prüfminute 70, Fuge unterhalb OF 11 öffnet sich, FA



Abbildung A.6.7-9: Prüfminute 73, Flammenaustritt an Fugen im 77^{er}-Gefach HWF unterhalb OF 11 und oberhalb OF 9



Abbildung A.6.7-10: Wand nach Beendigung des Brandversuchs



Abbildung A.6.7-11: Glaswolle nach dem Brandversuch

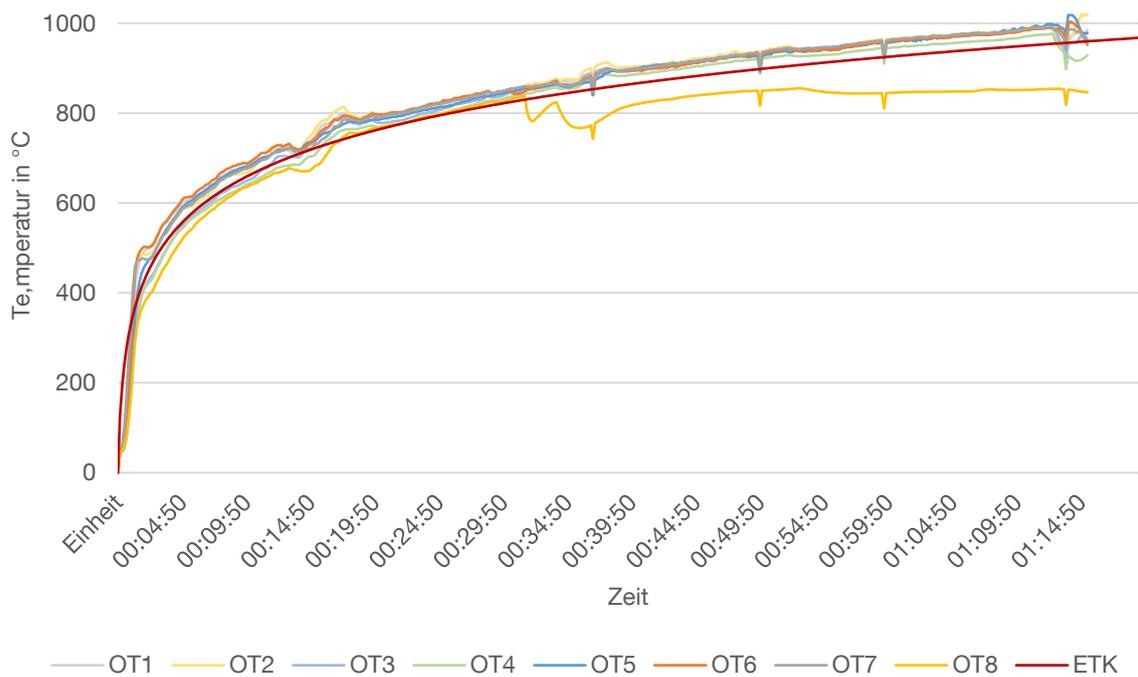
Abbildung A.6.7-12: Abbrand Holzständer

A.6.8 Darstellung der Messwerte

Tabelle A.6.8-1: Strichtypen der Diagramme für Gefachdämmung und -breite

Linientyp	Gefach	Thermoelemente Gefach	Thermoelemente Ständer
Volllinie	GW 56 ⁵	X.1 – X.3	10.X - 12.X
Lang gestrichelt	GW 77 ⁵	X.4 – X.6	13.X - 15.X
Kurz gestrichelt	HWF 77 ⁵	X.7 – X.9	16.X - 18.X
Punktiert	HWF 56 ⁵	X.10 – X.12	19.X - 21.X
Strichpunktiert	Alle	X.15 – X.18	

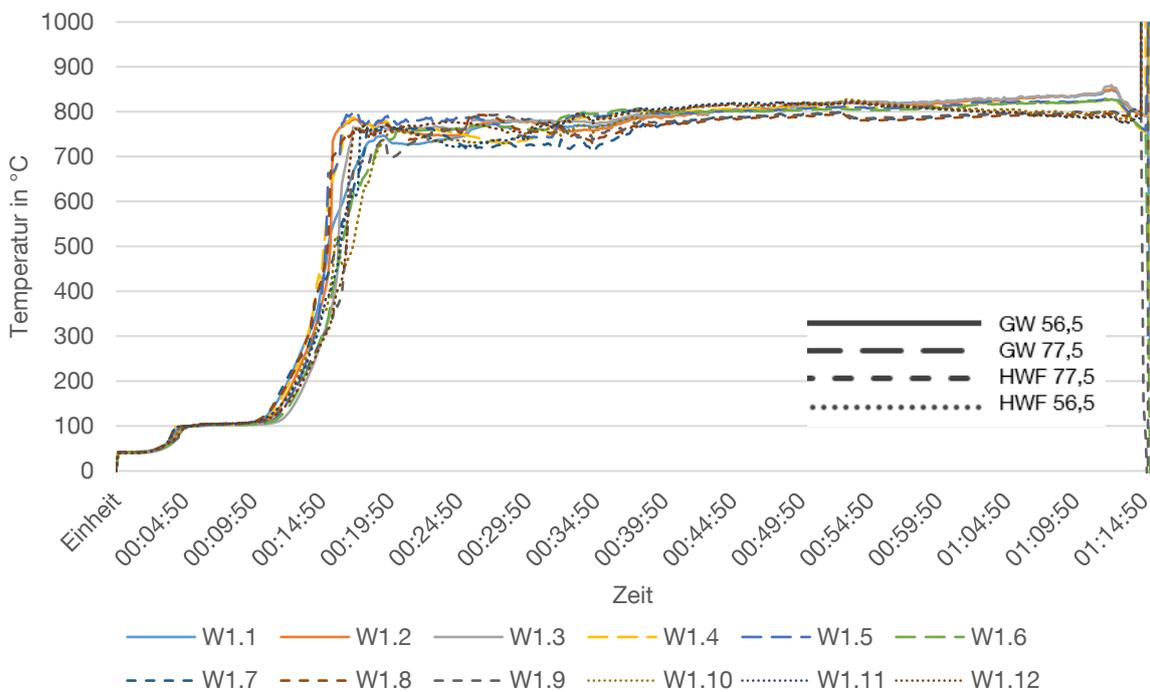
A.6.8.1. Ofentemperatur



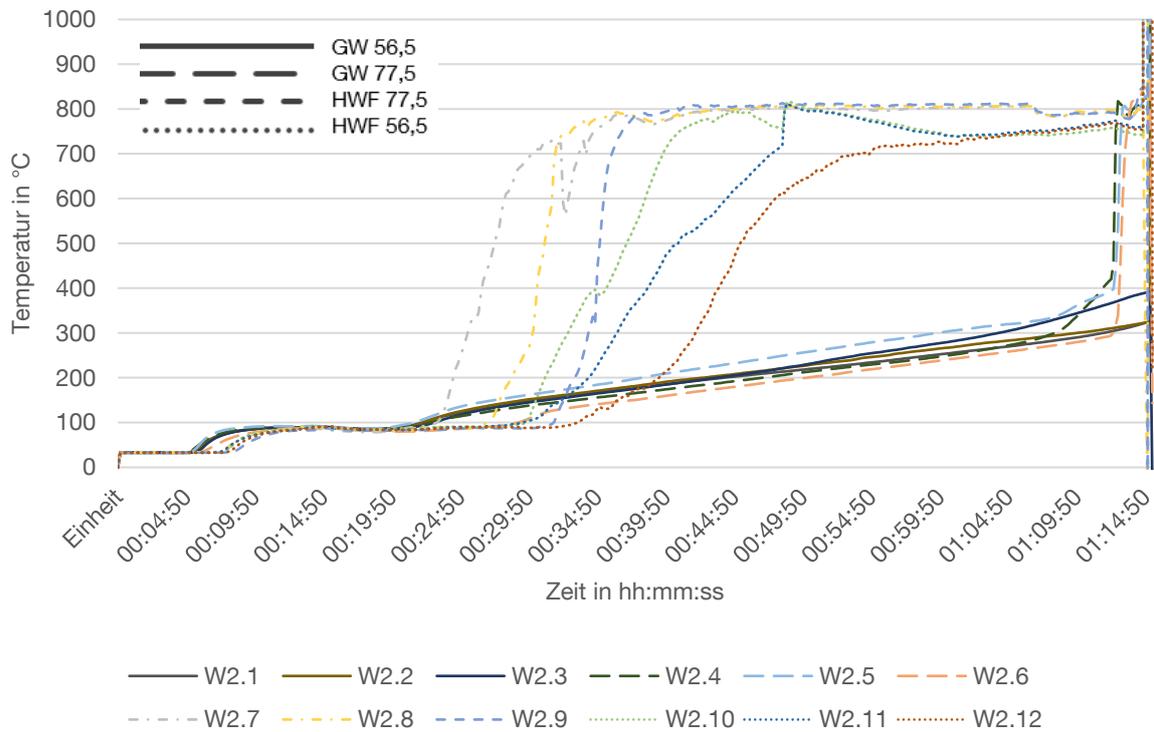
A.6.8.2. Ofendruck



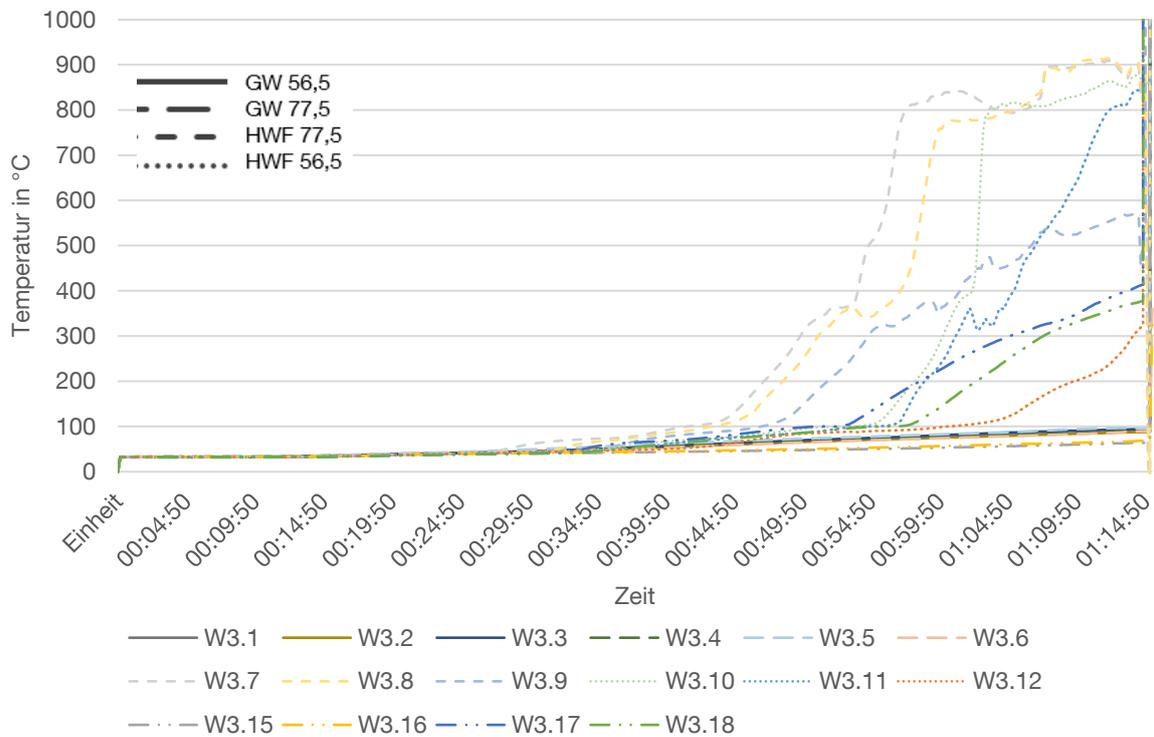
A.6.8.3. Messtellen im Gefach – Ebene 1



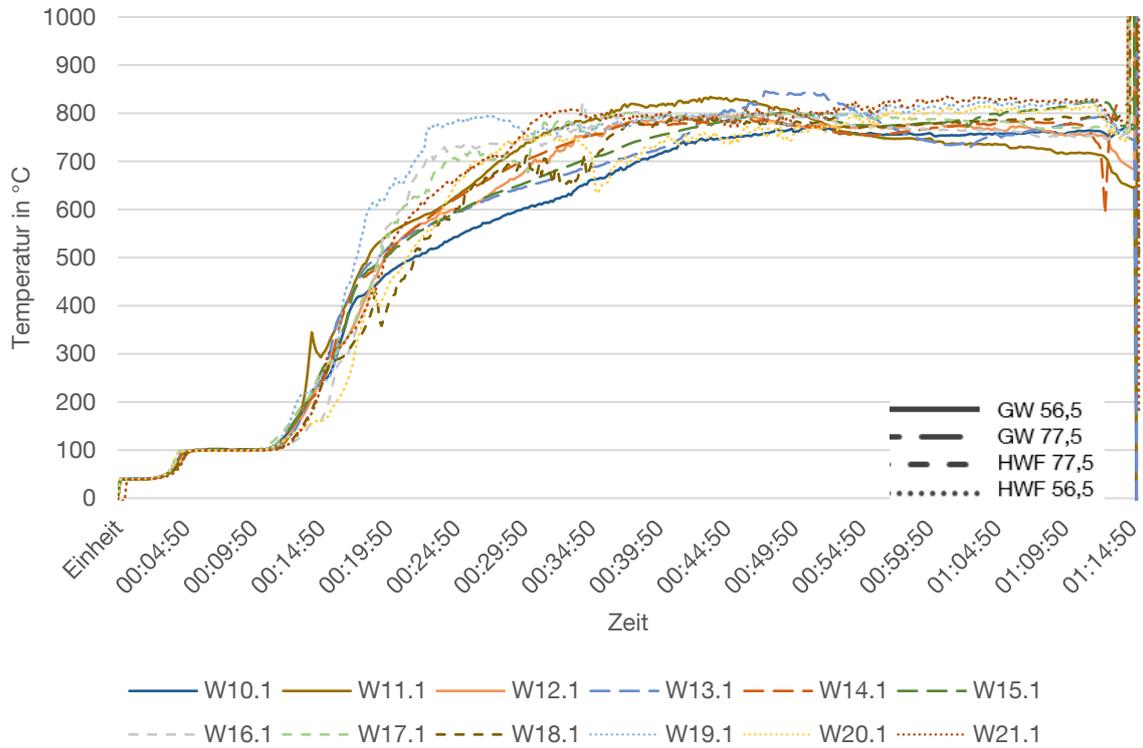
A.6.8.4. Messtellen im Gefach – Ebene 2



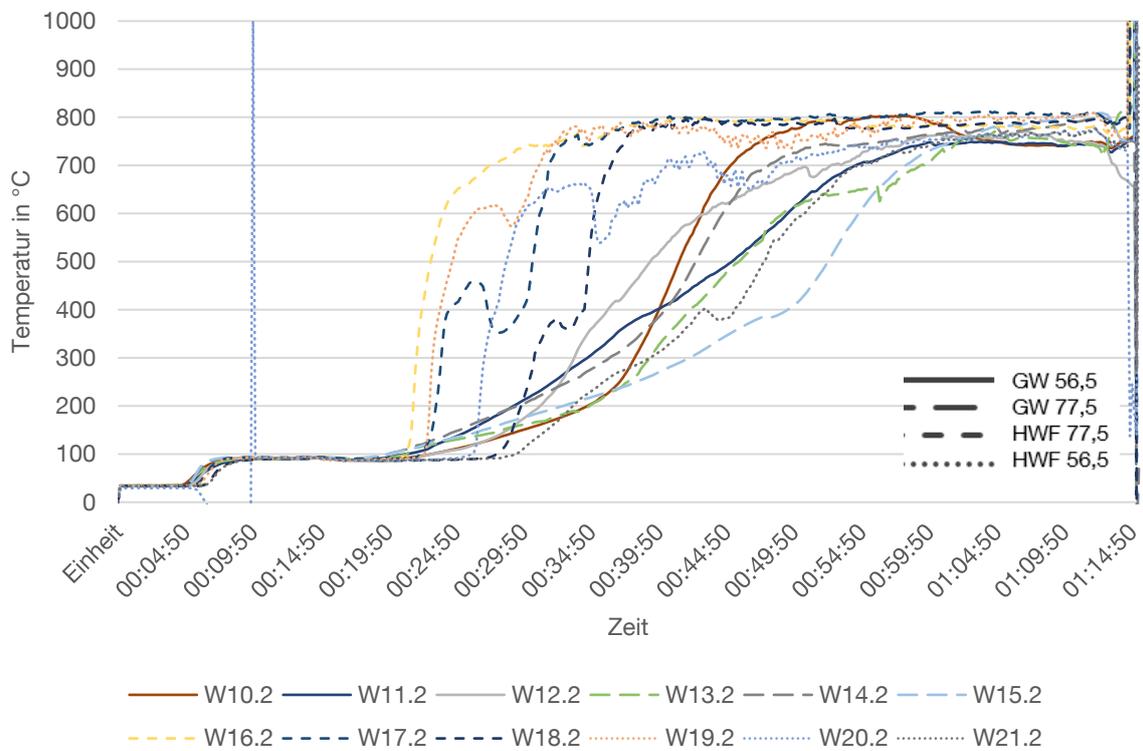
A.6.8.5. Messtellen im Gefach – Ebene 3



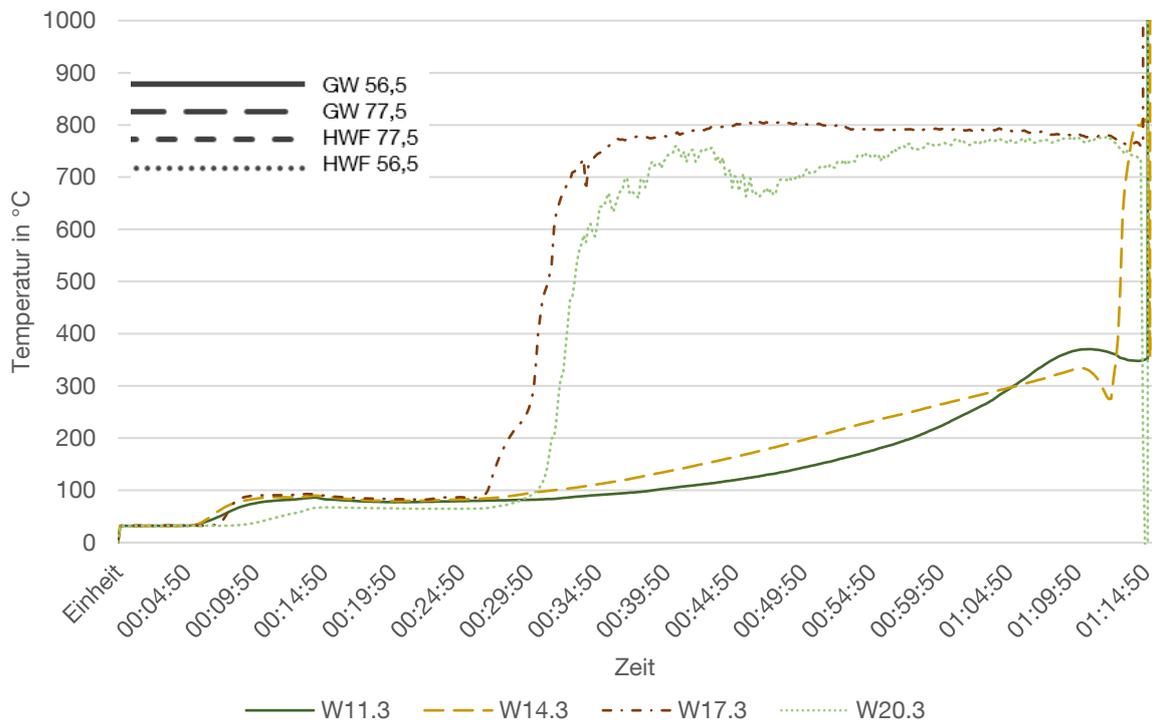
A.6.8.6. Messstellen am Ständer – Ebene 1



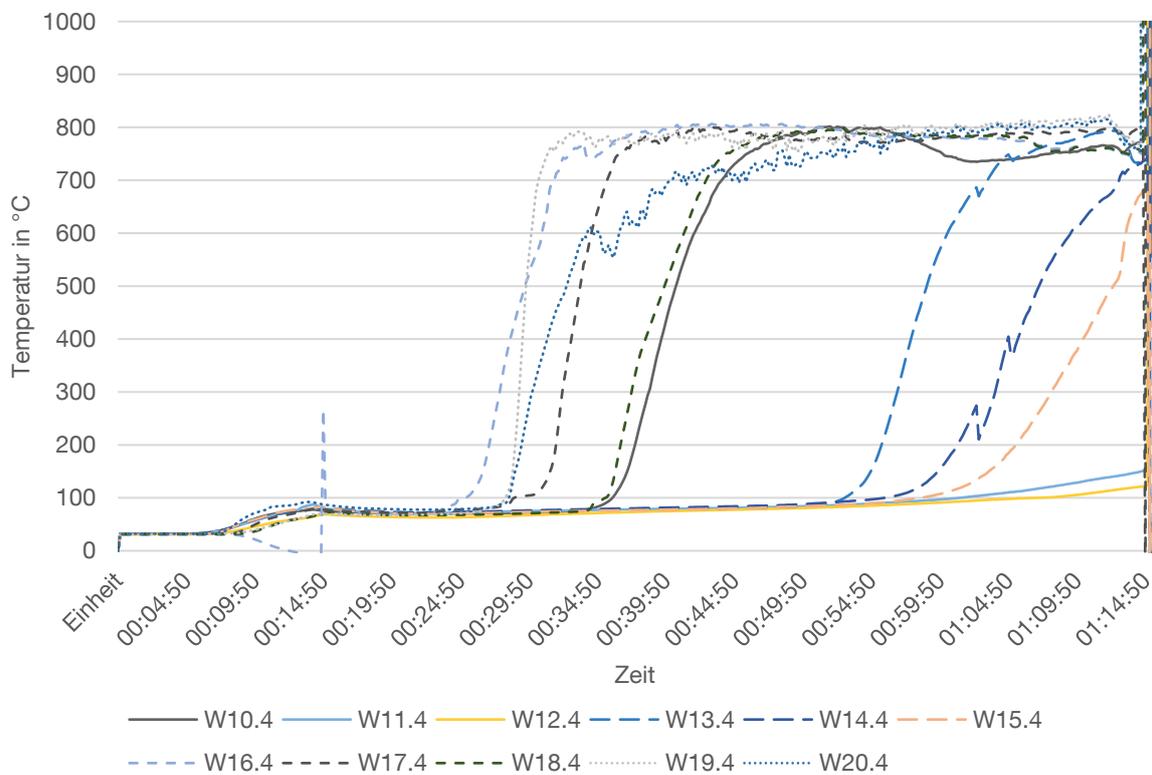
A.6.8.7. Messstellen am Ständer – Ebene 2



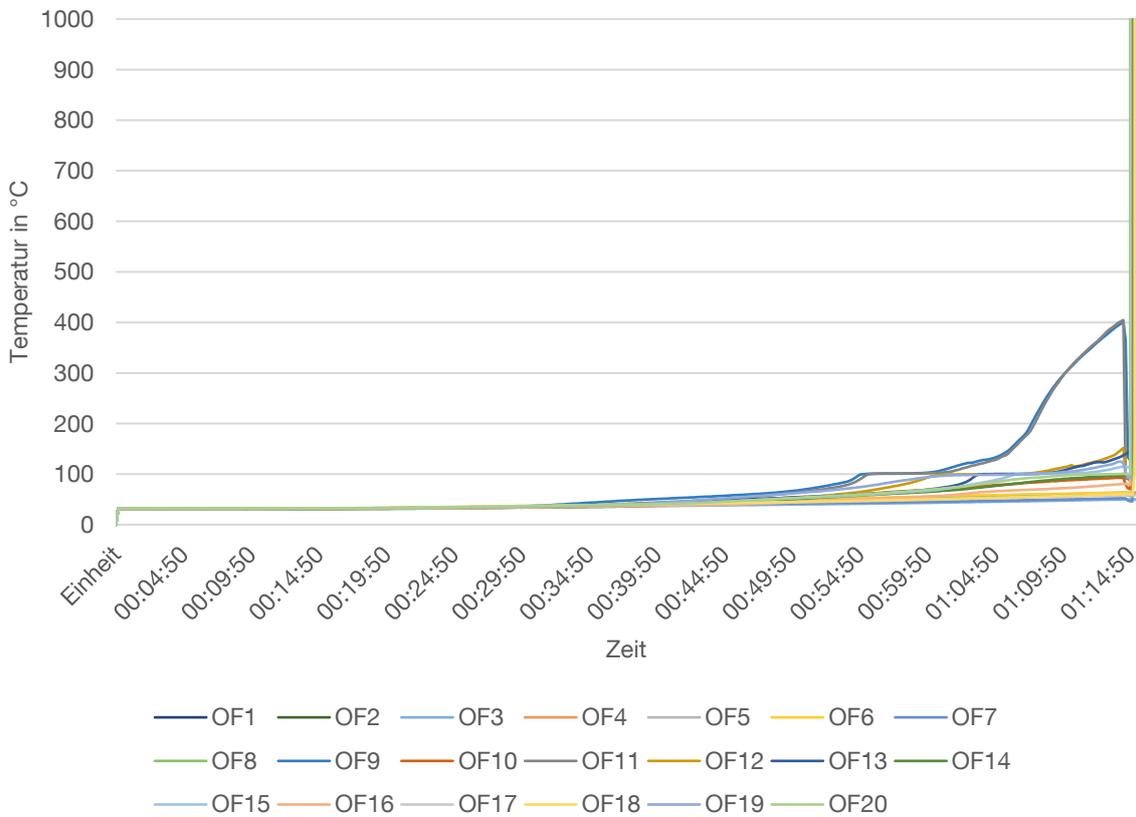
A.6.8.8. Messtellen am Ständer- Ebene 3



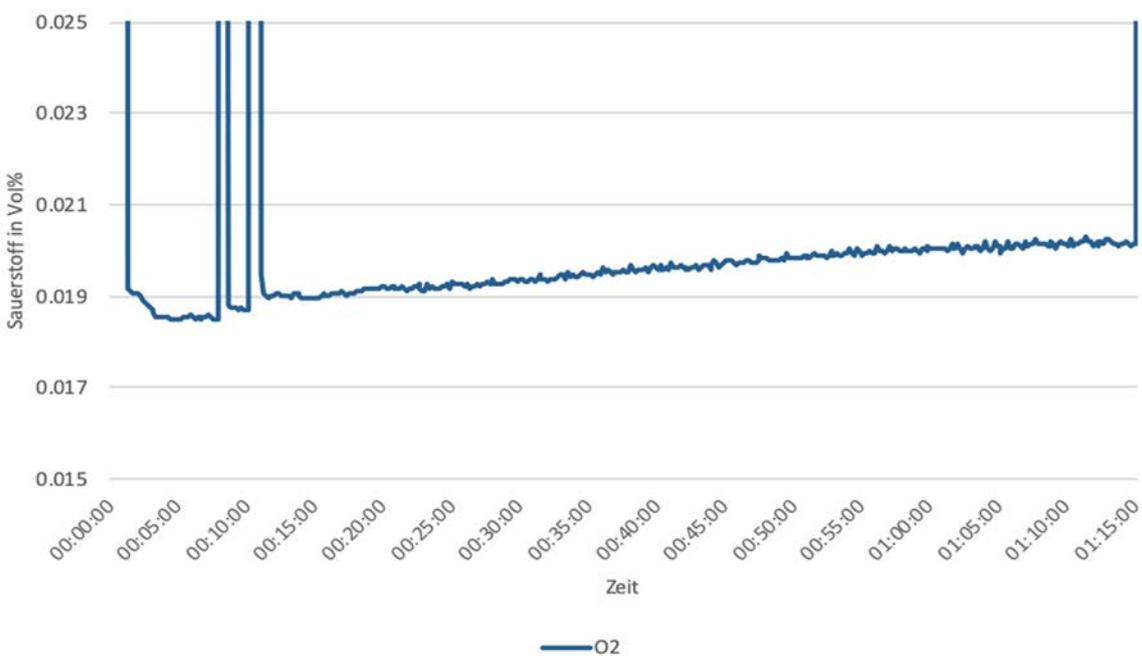
A.6.8.9. Messtellen am Ständer – Ebene 4



A.6.8.10. Oberflächenthermoelemente



A.6.8.11. Sauerstoff



A.6.9 Anmerkung

Aufgrund der geringen Veränderung der Sauerstoffkonzentration wurde als Test der Schlauch zwischenzeitlich abgezogen, um die Funktion zu prüfen. Dadurch entstehen die im Diagramm sichtbaren Ausschläge auf ca. 20%.

A.7 Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Wandausschnitt mit Einbauteilen (V1)

Prüfbericht-Nr.	TUM 20-01-20_01
Gegenstand	1-Meter Wandausschnitt mit Einbauteilen (V1)
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	20.01.2020
Datum Bericht	21.02.2021
Anzahl Seiten des Berichts	19

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.7.1 Allgemeines

Am 21.01.2020 wurde eine 152 mm starke, nicht tragende, raumabschließende Wandkonstruktion in Holzständerbauweise mit einer unsymmetrischen Bekleidung und einer Gefachdämmung zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer bei einseitiger Brandbeanspruchung gemäß DIN EN 1363-1:2018-04 [2] im Meterofen geprüft. Die Prüfung wurde an der MFPA Leipzig GmbH durchgeführt. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau, die Prüfbedingungen und die Ergebnisse, für das hier beschriebene Bauteil.

A.7.2 Geprüften Konstruktion

Bei der Wandkonstruktion handelt es sich um eine Holzständerwand. Eine Auflistung der konstruktiven Details zur Erstellung der geprüften Konstruktion ist Tabelle A.7.2-1 zu entnehmen.

Tabelle A.7.2-1 Auflistung der konstruktiven Details der geprüften Konstruktion

Gesamtabmessungen der geprüften Konstruktion:		
Breite: b = 1340 mm, Höhe: h = 1100 mm, Dicke: d = 152 mm		
Position	Material / Abmessungen	Anmerkung/en
Tragkonstruktion Ständerwerk	KVH 3 Stk.: b x d = 60 x 80 mm Riegelabstand: a=62,5 cm	Verbindungsmittel Schwelle/Rähm mit Ständern: Spax Holzschraube T20 8,0 x 160 mm, pro Ständer 2 Stück durch Rähm/Schwelle ins Hirnholz des Ständers geschraubt insgesamt 4 Stück je Ständer
Schwelle und Rähm Riegel	KVH: b x d = 60 x 80 mm KVH: b x d = 40 x 80 mm	
Gefachdämmung	2 Lagen Rockwool: Sonorock p = 29,8 kg/m ³ ; Dicke: d = 40 mm	Gefach voll ausgedämmt
Bekleidung auf der feuerzugewandten Seite	Swiss Krono OSB-Platte d = 18 mm Plattengröße: b x h = 1340 x 1100 mm keine Fugen 2 x Knauf GKF-Platte d = 18 mm Plattengröße: b x h = 1340 x 550 mm Fuge stumpf gestoßen	Befestigungsmittel: OSB-Platte auf Holzständer: Spax T20 4,5 x 50 mm GKF-Platte auf OSB-Platte: Fischer PH2 3,9 x 35 mm Fuge wurde verspachtelt
Bekleidung auf der feuerabgewandten Seite	Swiss Krono OSB-Platte d = 18 mm Plattengröße: b x h = 1340 x 1100 mm Knauf GKF-Platte d = 18 mm Plattengröße: b x h = 1340 x 1100 mm Keine Fugen	Befestigungsmittel: OSB-Platte auf Holzständer: Spax T20 4,5 x 50 mm GKF-Platte auf OSB-Platte: Fischer PH2 3,9 x 35 mm
Angaben zum Einbau der Elektroinstallationsdosen		
In die Wandkonstruktion wurden auf der feuerzugewandten Seite Elektroinstallationsdosen eingebaut. Die Anordnung der Öffnungen kann Anlage 1 entnommen werden.		

Zur Messung der Temperaturverläufe wurden in mehreren Lagen Thermoelemente verbaut. Die genaue Anordnung kann der Konstruktionszeichnung entnommen werden.

A.7.3 Baustoffkennwerte

Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtigkeitsgehalt der verwendeten Baustoffe annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist. In Tabelle 2 sind für die geprüfte Konstruktion die verwendeten Baustoffe mit den vorhandenen Materialkennwerten (Rohdichte und Feuchtegehalt) sowie deren Baustoffklassen aufgeführt.

Tabelle A.7.3-1 Baustoffeigenschaften

Baustoff-bezeichnung	Dicke [mm]	Flächen-gewicht [kg/m ²]	Rohdichte [kg/m ³]	Feuchtigkeitsgehalt [M.-%]	Baustoff-klassifizierung
KVH	60/80	-	505	16,6	B DIN EN 13501-1:2019-05
KVH	40/80	-	507	15,9	B DIN EN 13501-1:2019-05
Wärmedämmung (Steinwolle)	40	1,2	29,8	-	A1 DIN EN 13501-1:2019-05
OSB-Platte	18	11,2	615	7	D-s2, d0 DIN EN 13501-1:2019-05
GKF-Platte	18	14,9	818	0,4	A2-s1, d0 (B) DIN EN 13501-1:2019-05

A.7.4 Prüfbeobachtungen

Die Beobachtungen während der Brandprüfung sind in Tabelle A.7.4-1 dargestellt.

Tabelle A.7.4-1 Liste aller während der Brandprüfung gemachten Beobachtungen

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0:00	Brennerstart	-
4:00	Verbaute Hohlwanddosen schmelzen	F
10:00	Gips auf Stoß der GFK-Platten fällt ab	F
21:00	MT2 und Thermoelement 2.7 stoßen aneinander	F
33:00	Beschädigung der Dämmung in der Dose oben rechts	F
34:40	Plattenstoß zwischen GFK-Platten weitet sich auf	F
44:00	Rissbildung an der oberen Ecke der Dose oben rechts	F
60:00	Risse an der GFK-Stoßfuge nach oben und unten	F
65:20	Gipsplatte oben beginnt sich zu lösen	F
67:00	Risse an der Verschraubung des mittleren Holzständers	F
69:30	GFK-Platte ist komplett abgefallen, wurde zuvor von Ofenthermoelementen gehalten	F
69:40	Beschädigung an der Dämmung der Dosen oben und unten rechts erkennbar	F
74:00	Steinwolle hat sich wieder ausgedehnt.	F
81:00	Dämmung steht im Gefach. Dämmung in den unteren beiden Bereichen steht leicht heraus	F
92:00	Dämmung steht im Gefach	F
99:00	Versuchsabbruch	

A.7.5 Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Tabelle A.7.5-1 Übersicht für das Kriterium Wärmedämmung

Prüfdauer in min	30	60	90
Mittelwert der Temperaturerhöhung in K	1,3	15,8	41,3
Maximaler Einzelwert in K	3,9	39,2	61,4

Die Kriterien für die Wärmedämmung sind erfüllt!

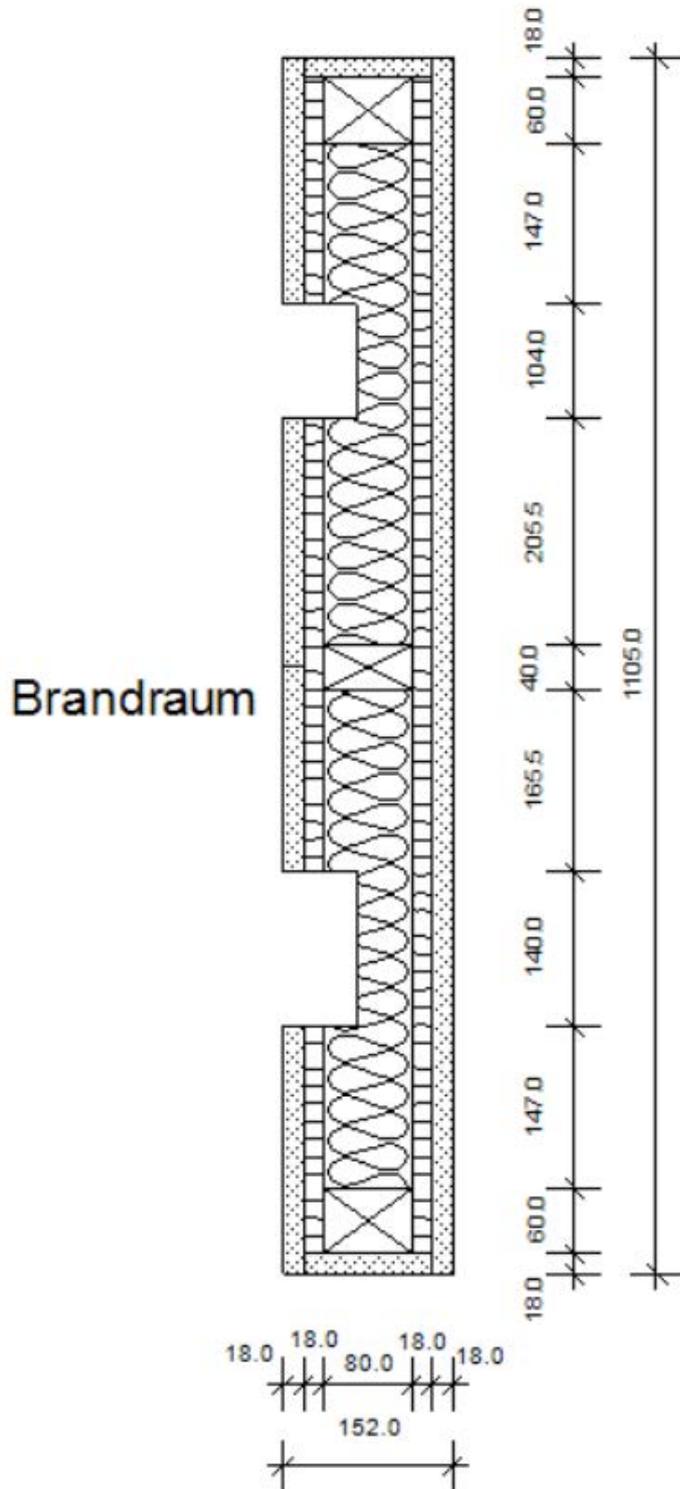
A.7.6 Sonstige Angaben

Die Raumtemperatur zu Beginn des Versuchs lag bei 17,6 °C. Im Verlauf des Versuchs erhöhte sich die Temperatur zeitweise auf etwa 18,7 °C und liegt somit in den Grenzen der DIN EN 1363-1:2018-04 [2].

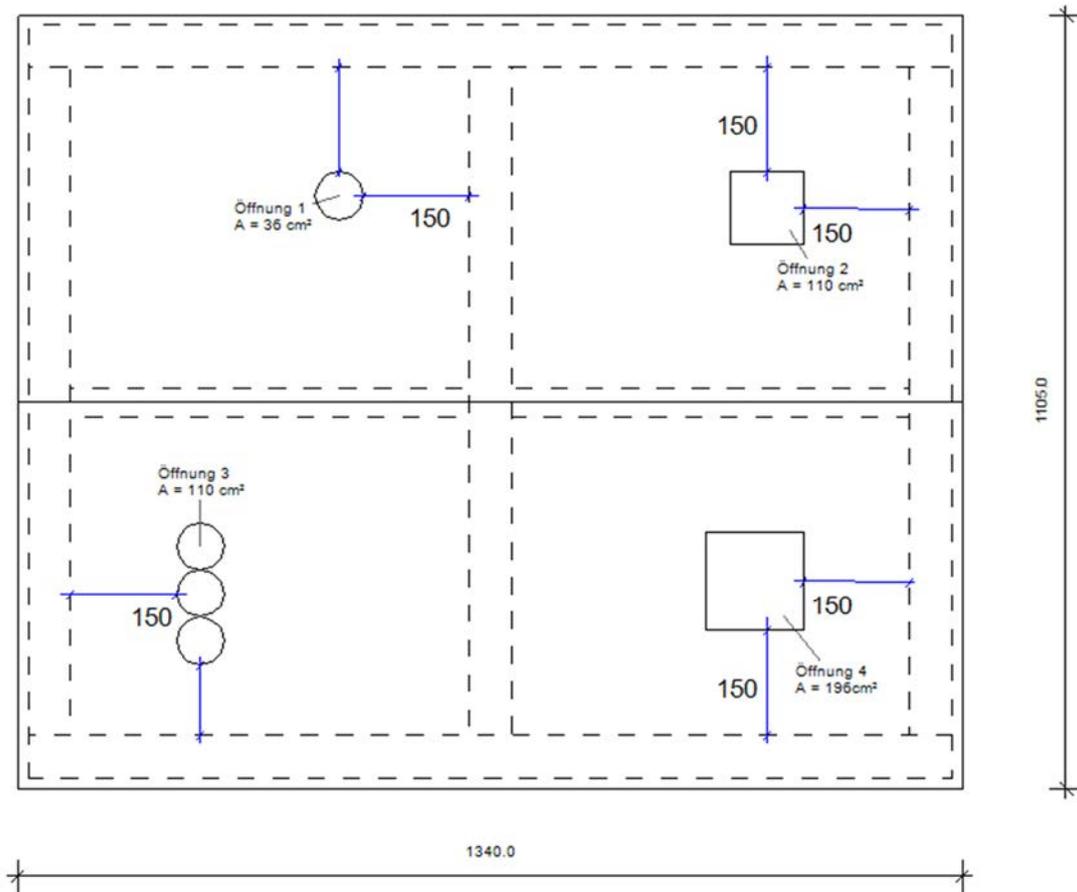
Es trat kein Rauch auf der feuerabgewandten Seite auf.

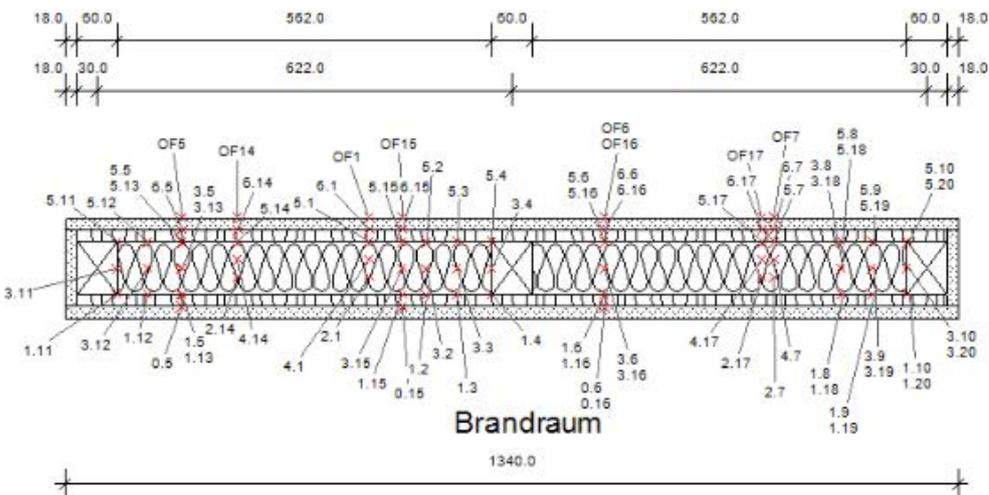
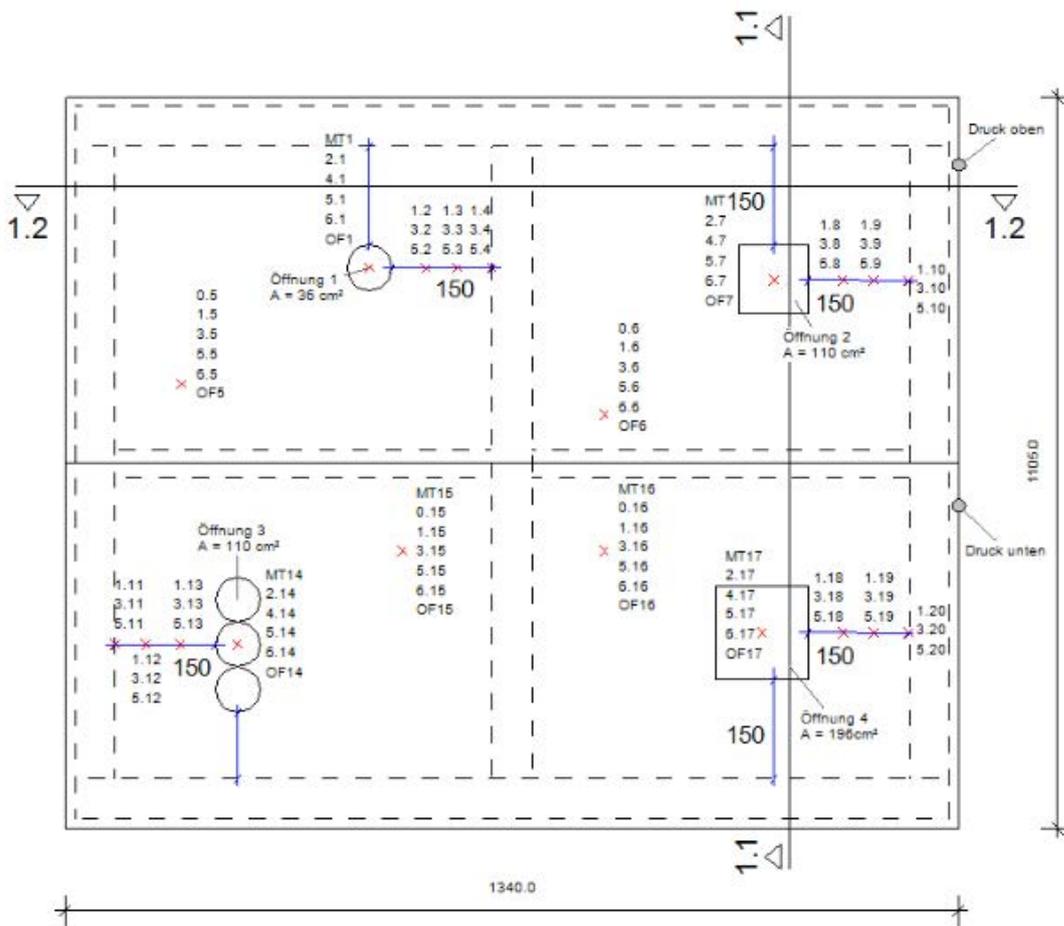
A.7.7 Schichtaufbau und Thermoelemente

Schnitt Probekörper V1



Ansicht Probekörper V1





A.7.8 Fotodokumentation



Abbildung A.7.8-1: Einbau des Probekörpers V1



Abbildung A.7.8-2 : Feuerabgewandte Seite des Probekörpers V1

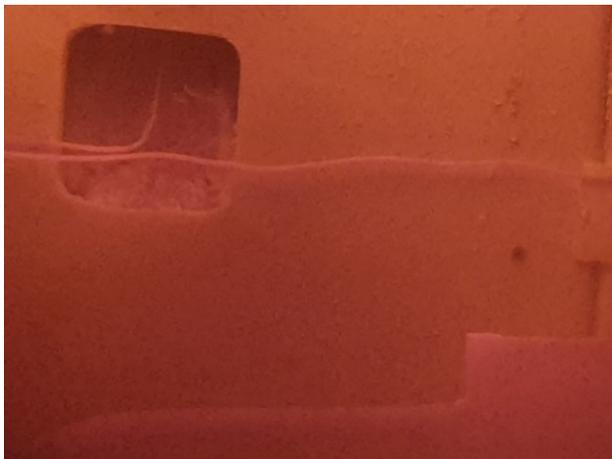


Abbildung A.7.8-3: Elektrodose in Öffnung 2 ist geschmolzen



Abbildung A.7.8-4 : Bekleidungsebene teilweise abgefallen

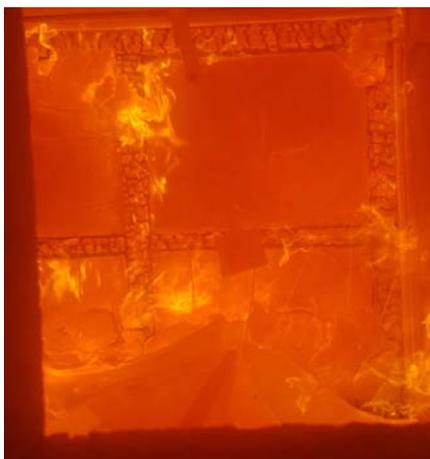


Abbildung A.7.8-5: Bekleidung ist vollständig abgefallen



Abbildung A.7.8-6: Probekörper nach Versuchsende



Abbildung A.7.8-7: Probekörper nach dem Versuch



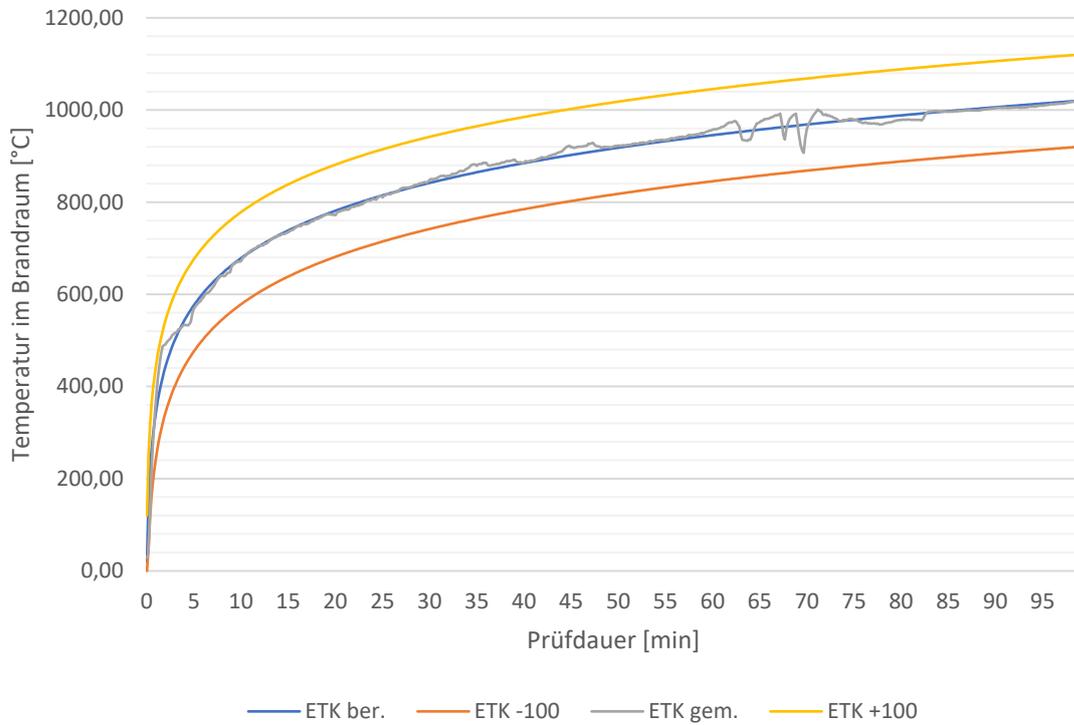
Abbildung A.7.8-8: Probekörper nach dem Versuch ohne Dämmung



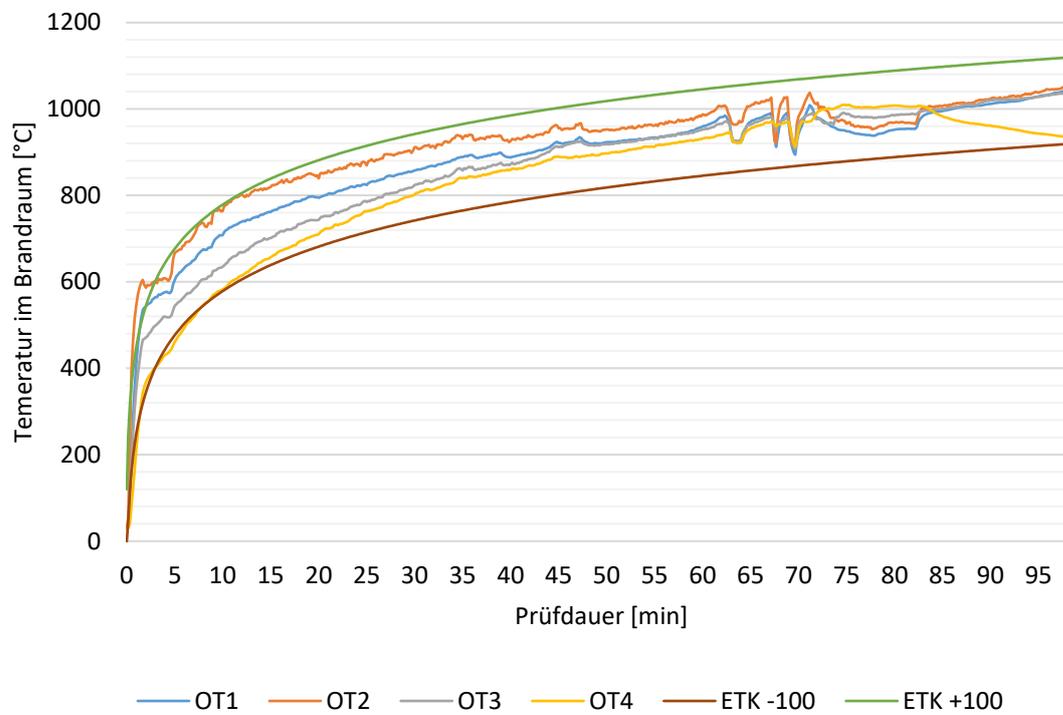
Abbildung A.7.8-9: Feuerabgewandte Seite der OSB-Platte

A.7.9 Darstellung der Messwerte

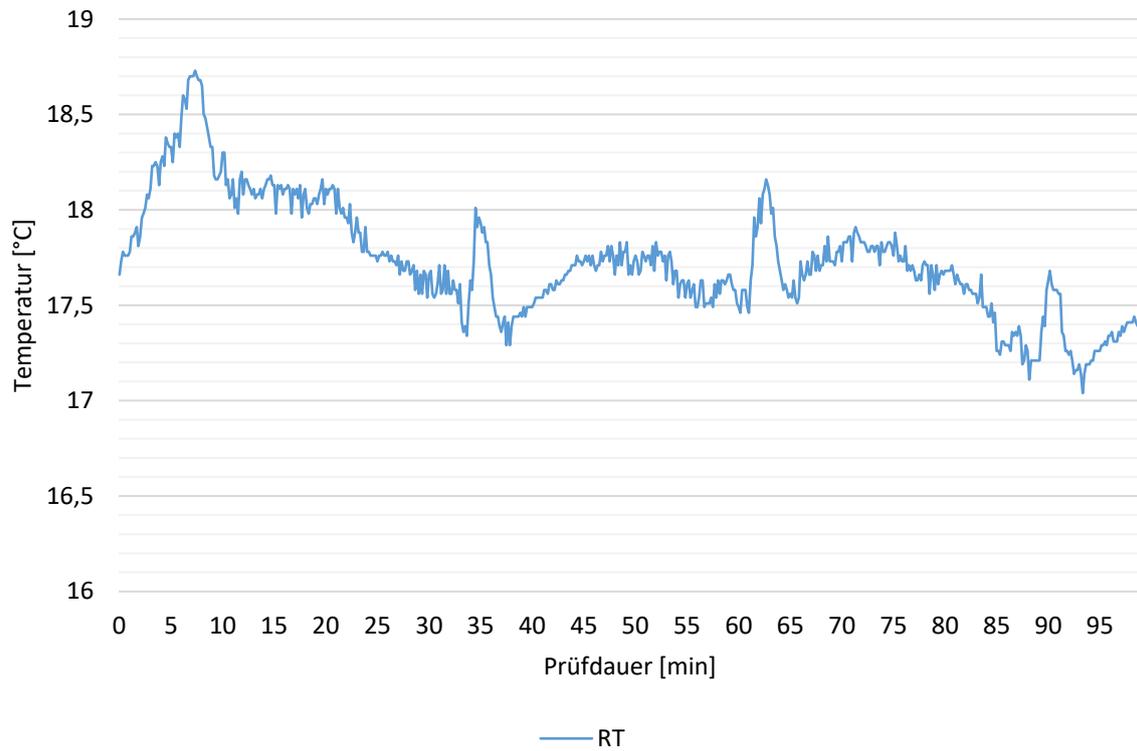
A.7.9.1. Temperaturbeanspruchung nach ETK



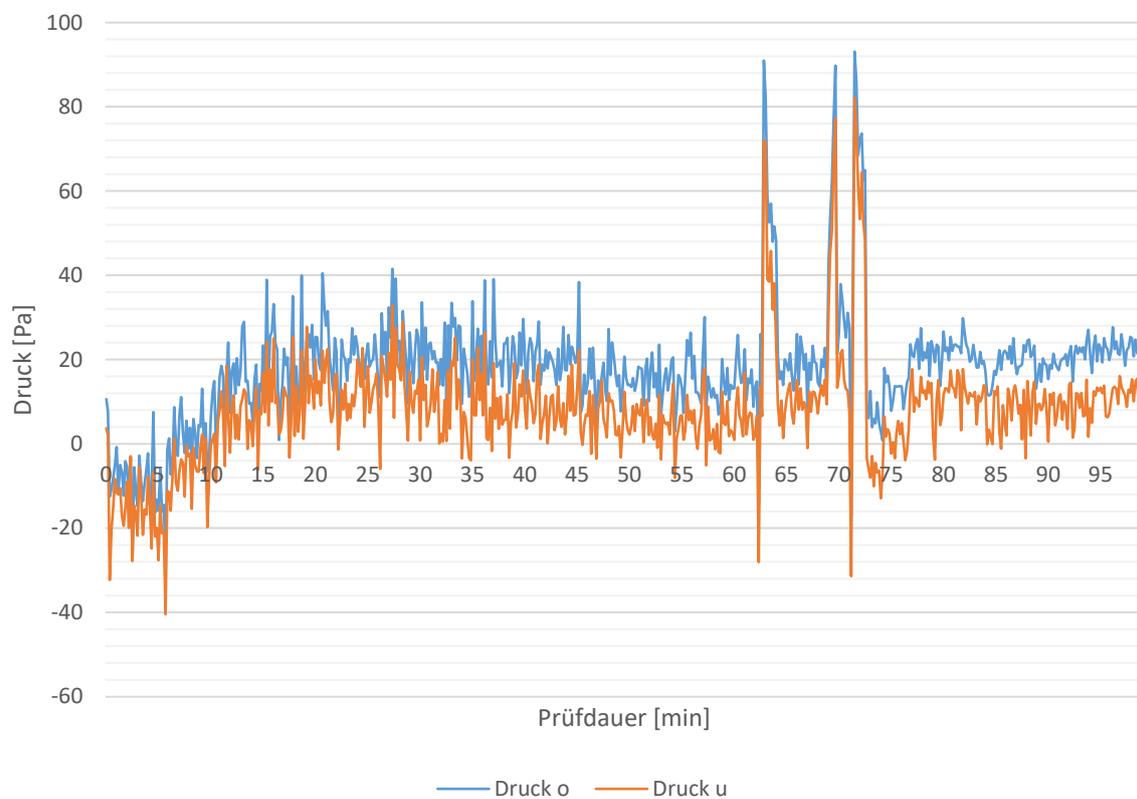
A.7.9.2. Gemessene Temperaturen aller Ofenthermoelemente



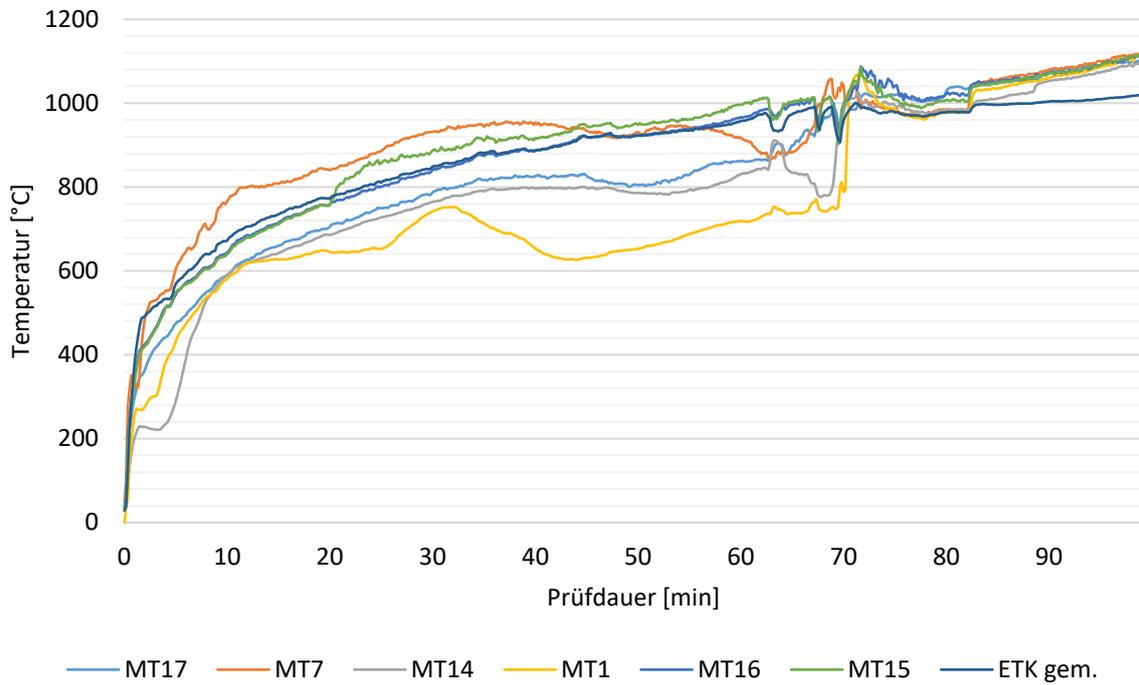
A.7.9.3. Raumtemperatur



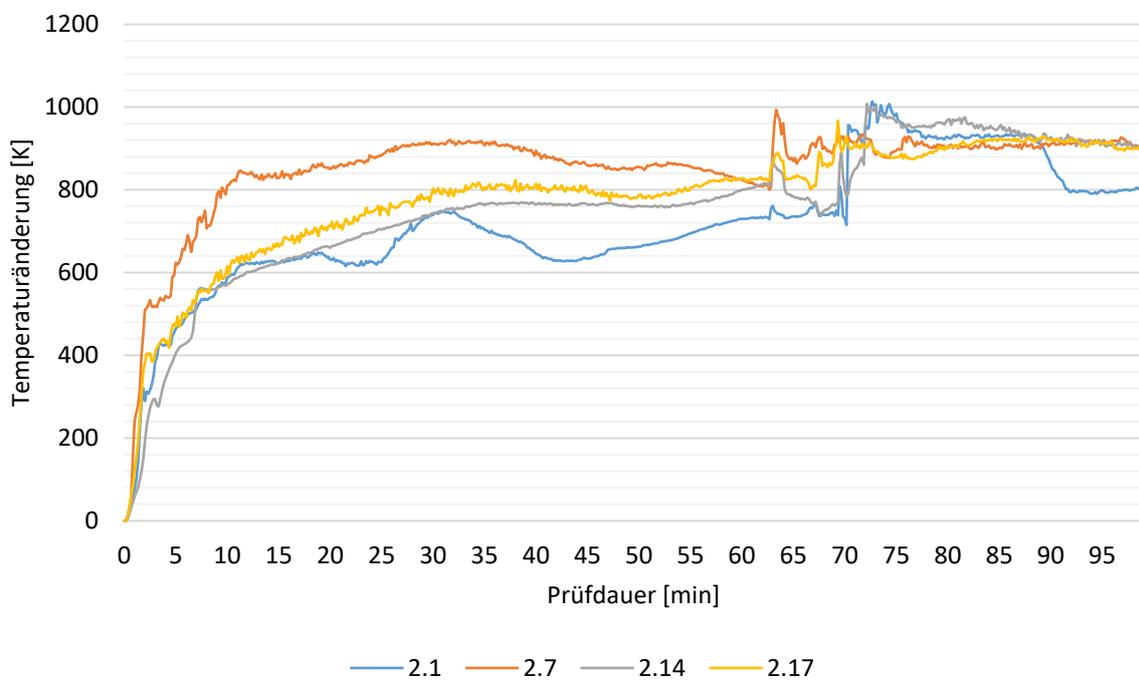
A.7.9.4. Druck im Prüfraum



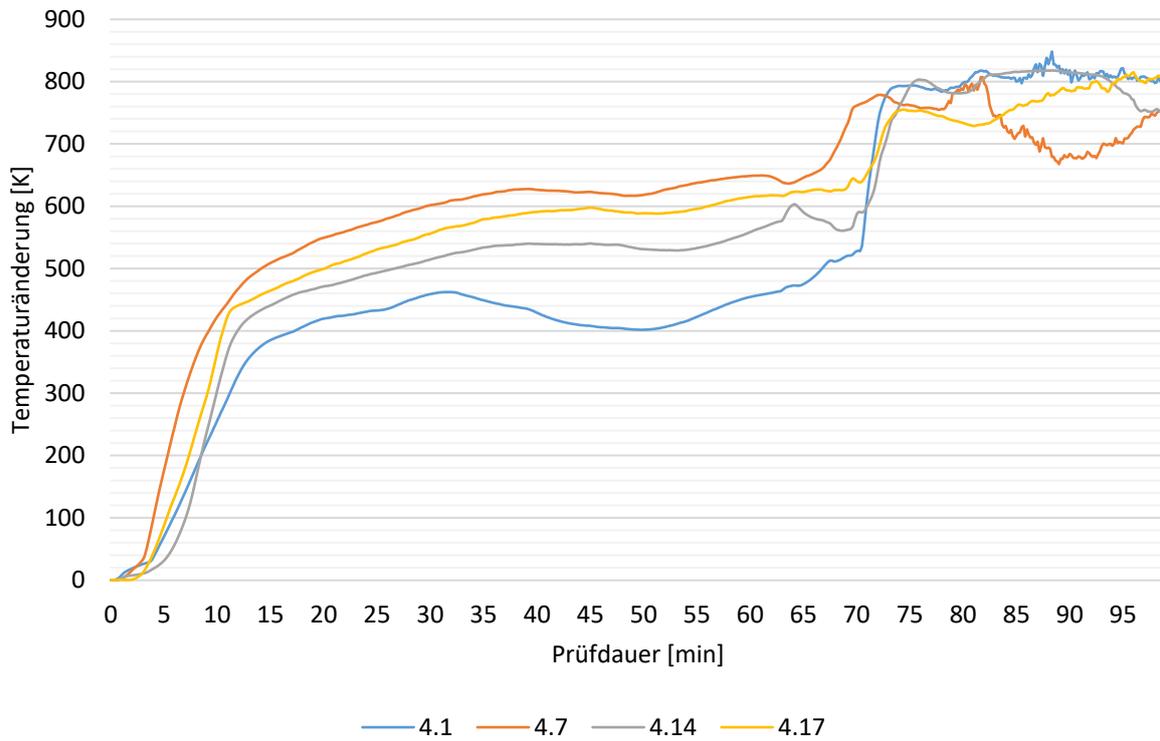
A.7.9.5. Temperatur im Dosengrund und der Oberfläche im Bereich der Referenzpunkte



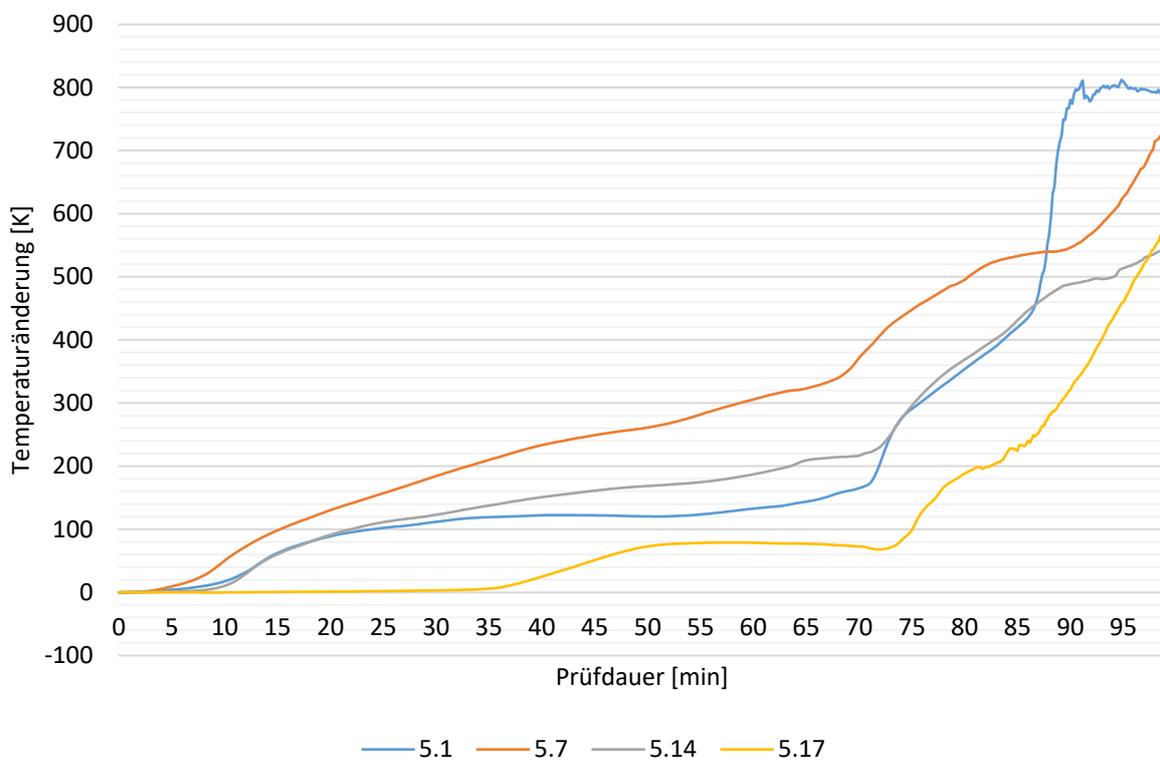
A.7.9.6. Temperaturänderung hinter den eingebauten Elektroden



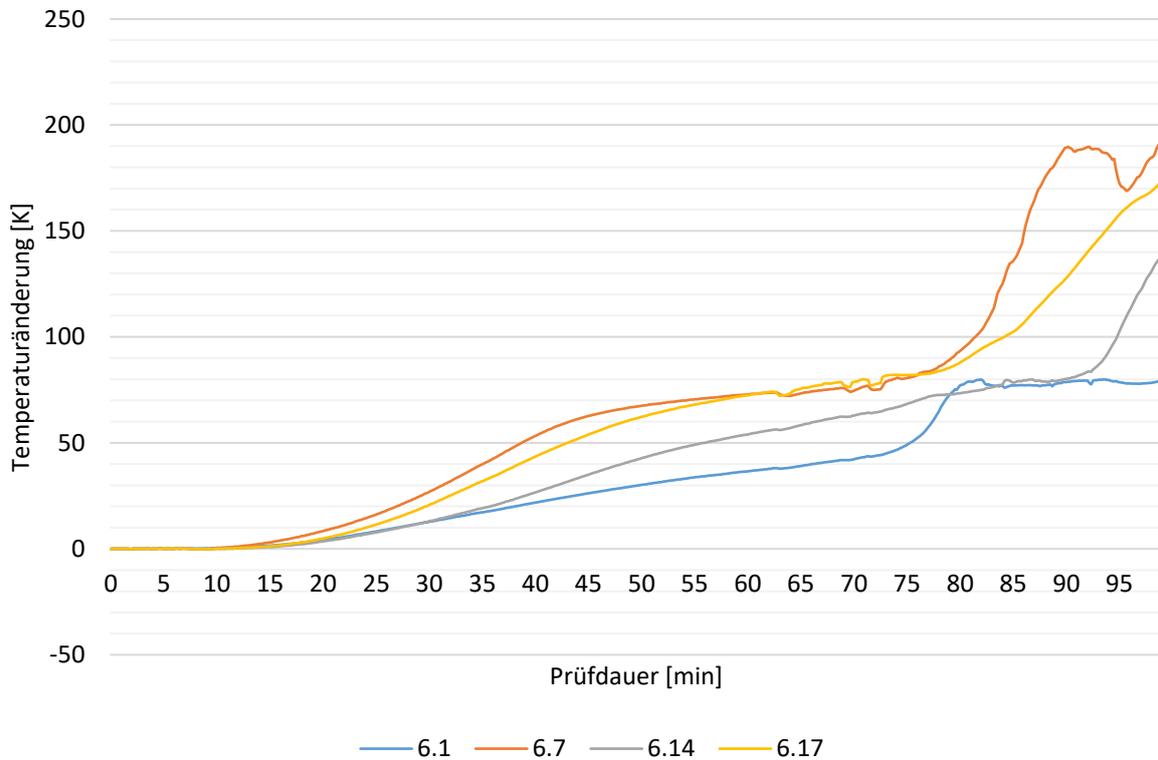
A.7.9.7. Temperaturänderung zwischen den Dämmlagen hinter den Öffnungen



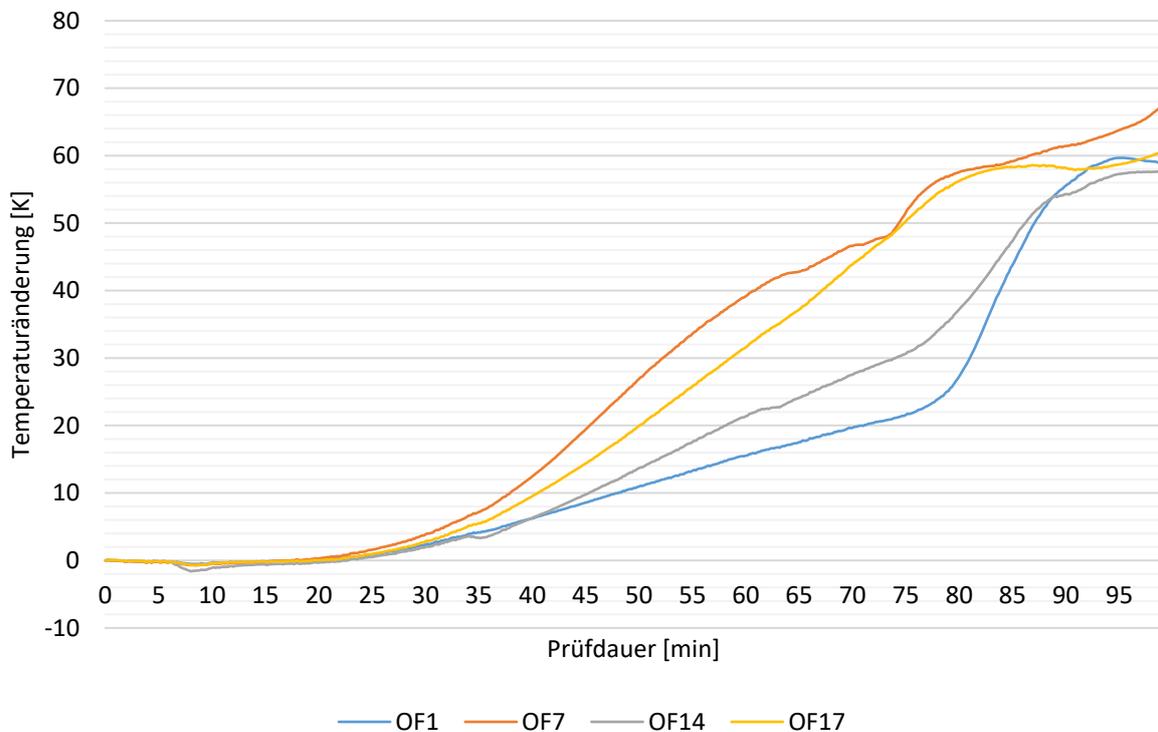
A.7.9.8. Temperaturänderung hinter der Dämmlage



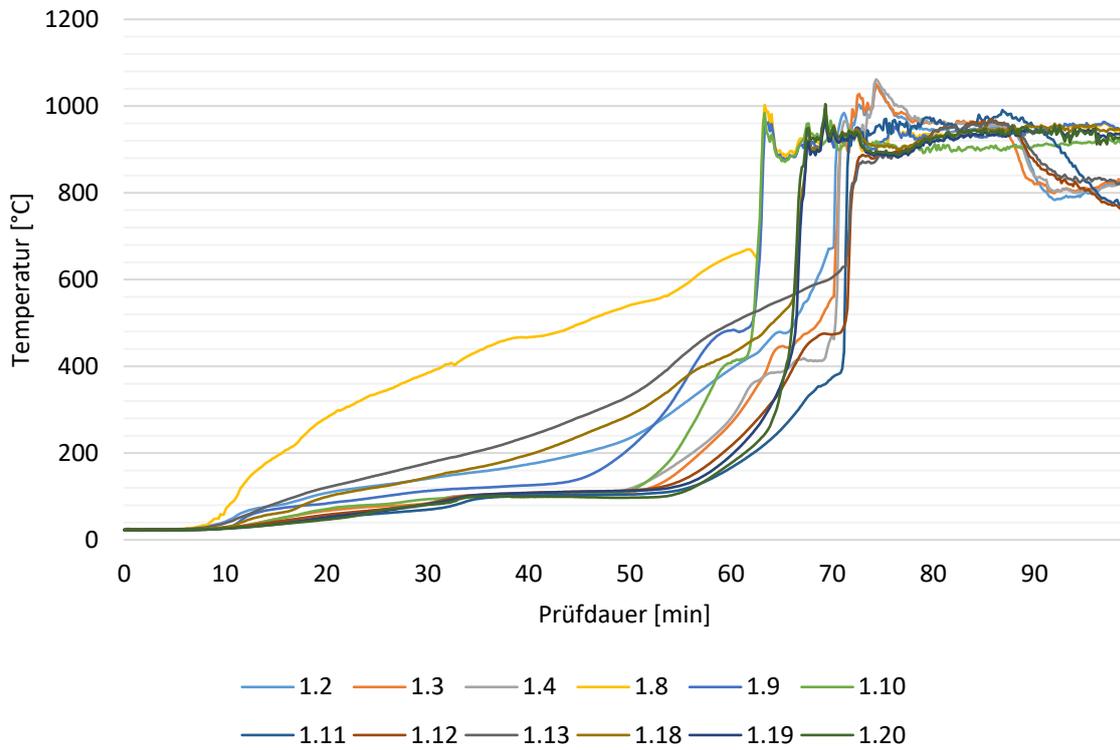
A.7.9.9. Temperaturänderung zwischen den Bekleidungslagen auf der feuerabgewandten Seite



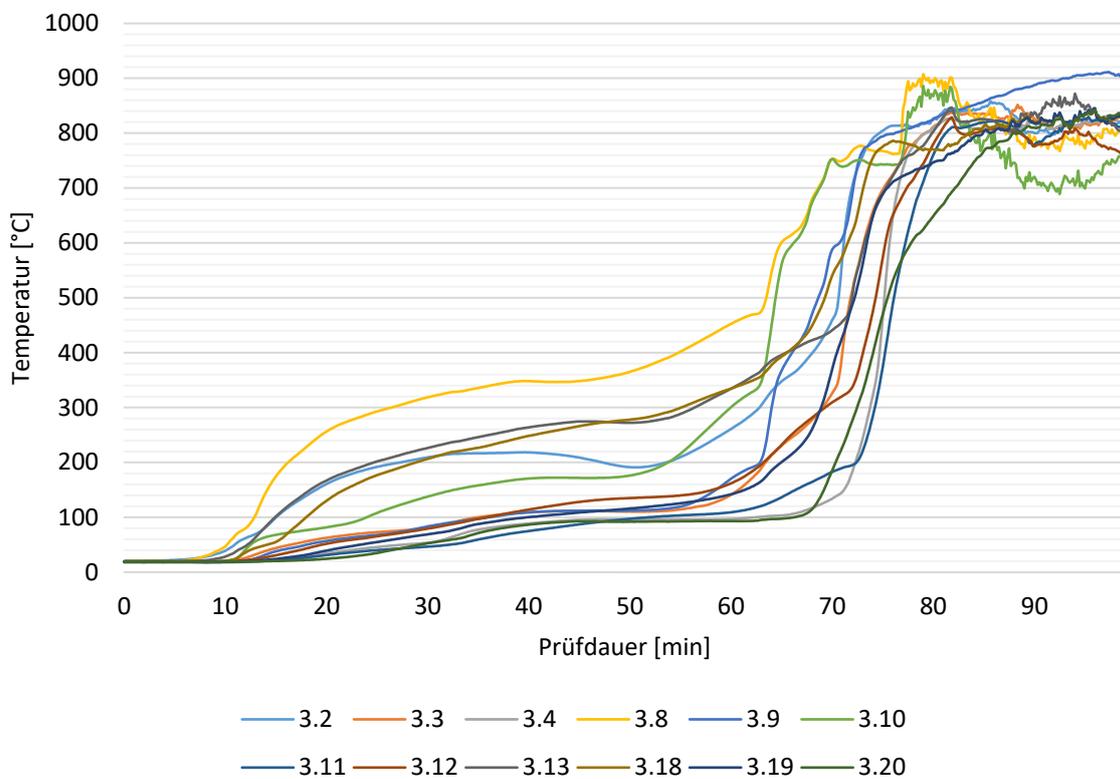
A.7.9.10. Temperaturänderung auf der Oberfläche der feuerabgewandten Seite hinter den Öffnungen



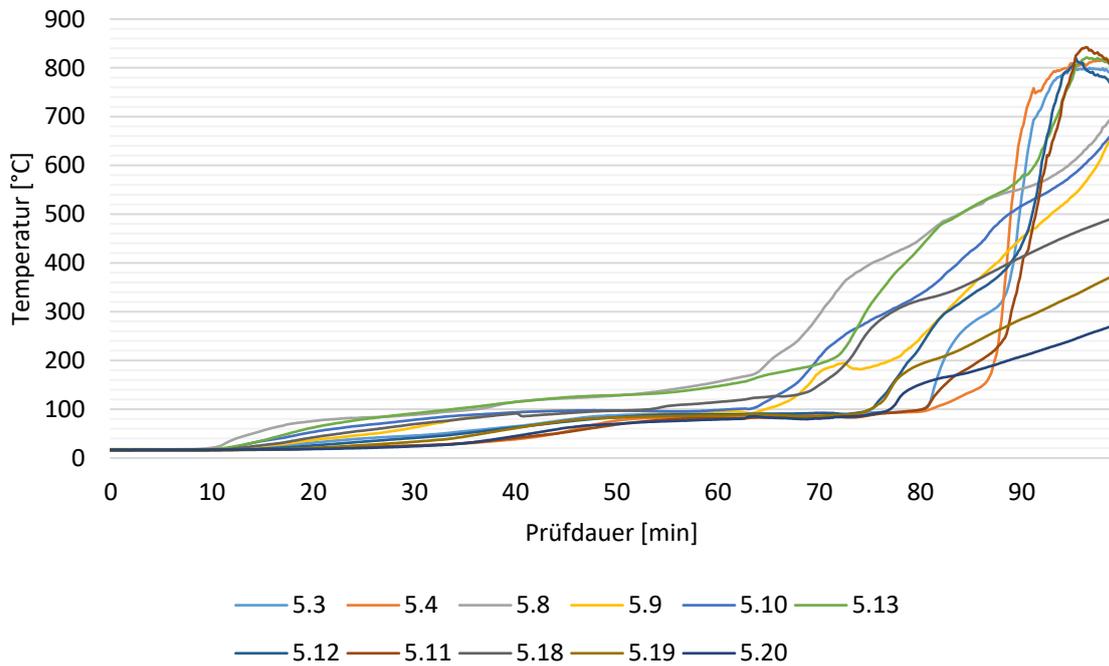
A.7.9.11. Temperatur zwischen brandbeanspruchter Bekleidung und der Dämmebene



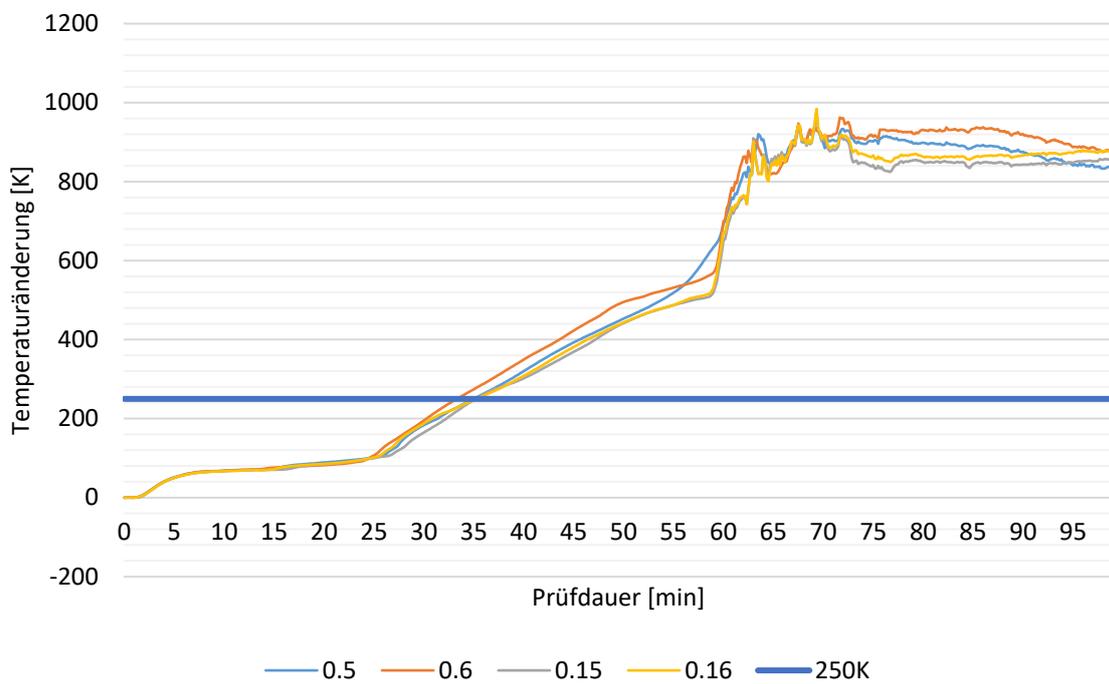
A.7.9.12. Temperatur zwischen den Dämmlagen



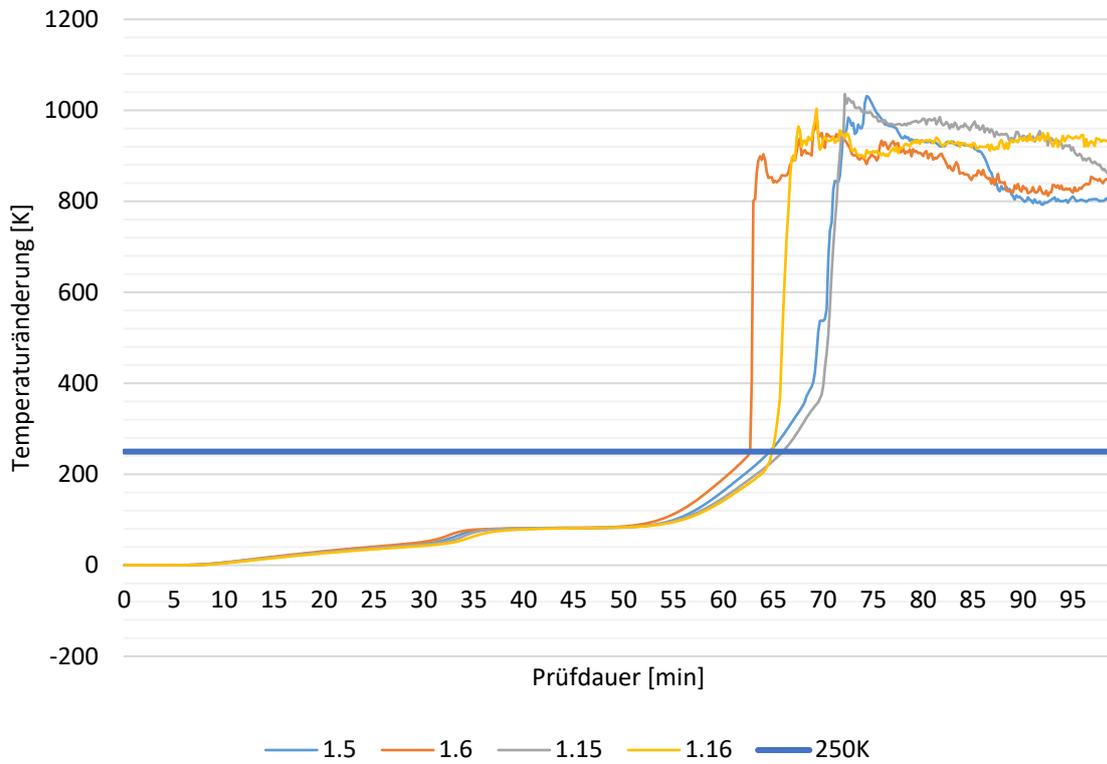
A.7.9.13. Temperatur zwischen der Dämmebene und der feuerabgewandten Bekleidung



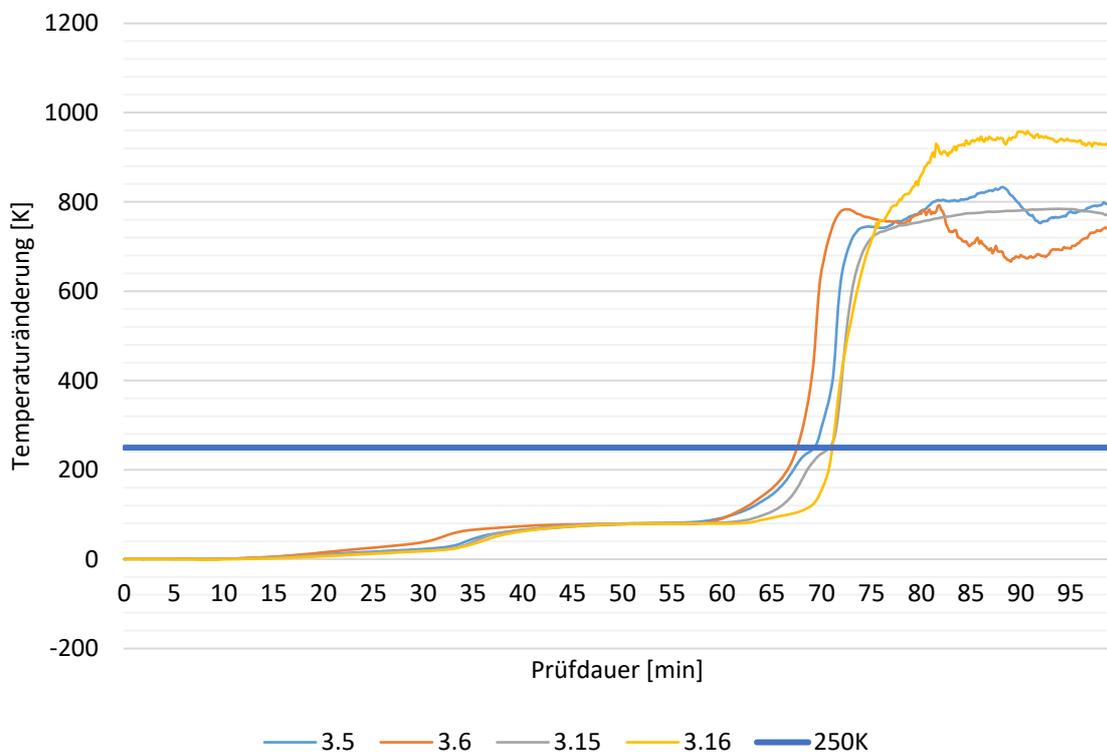
A.7.9.14. Temperaturänderung zwischen den brandzugewandten Bekleidungslagen



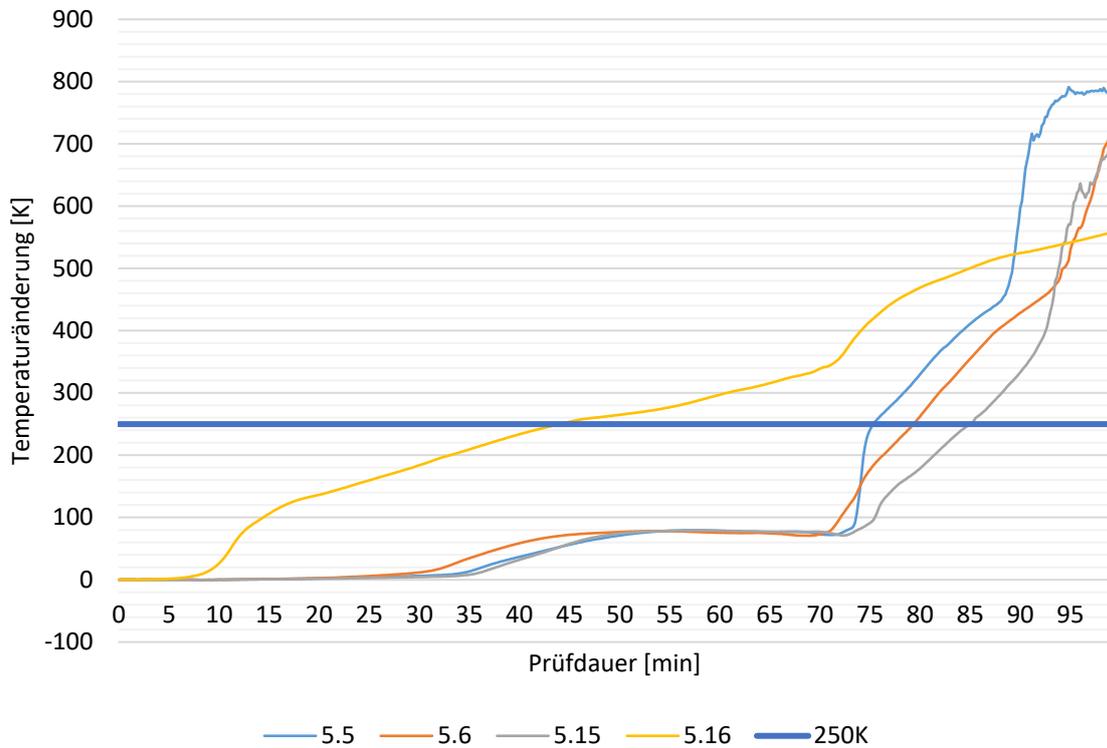
A.7.9.15. Temperaturänderung hinter der brandzugewandten Bekleidung



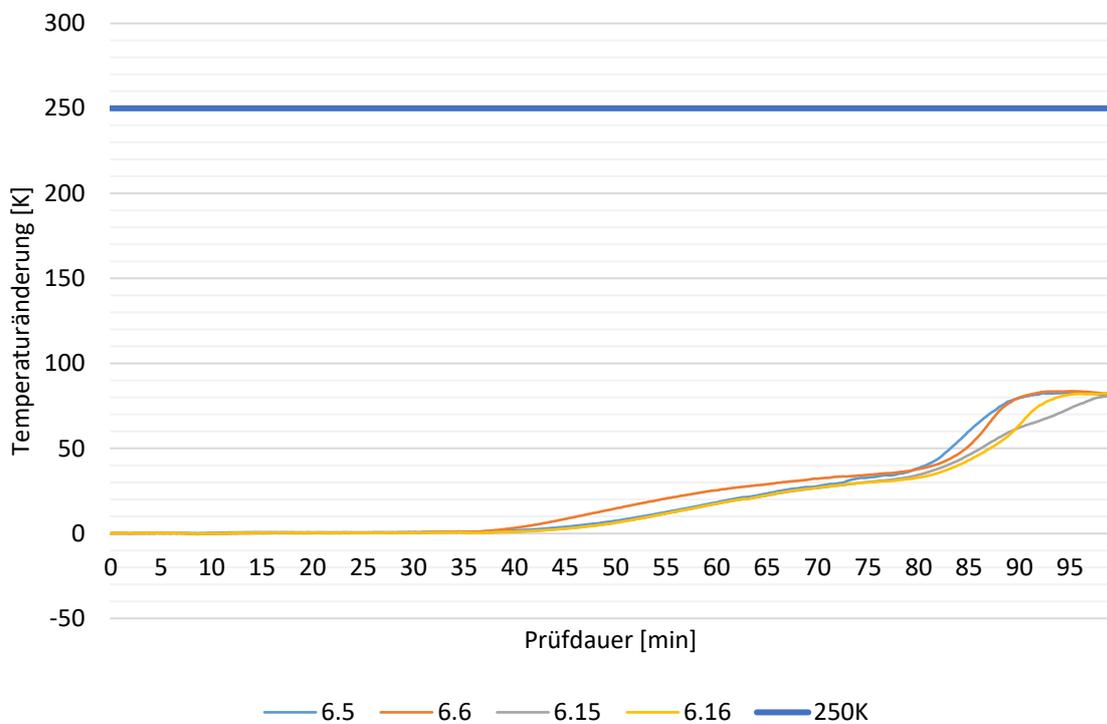
A.7.9.16. Temperaturänderung zwischen den Dämmlagen



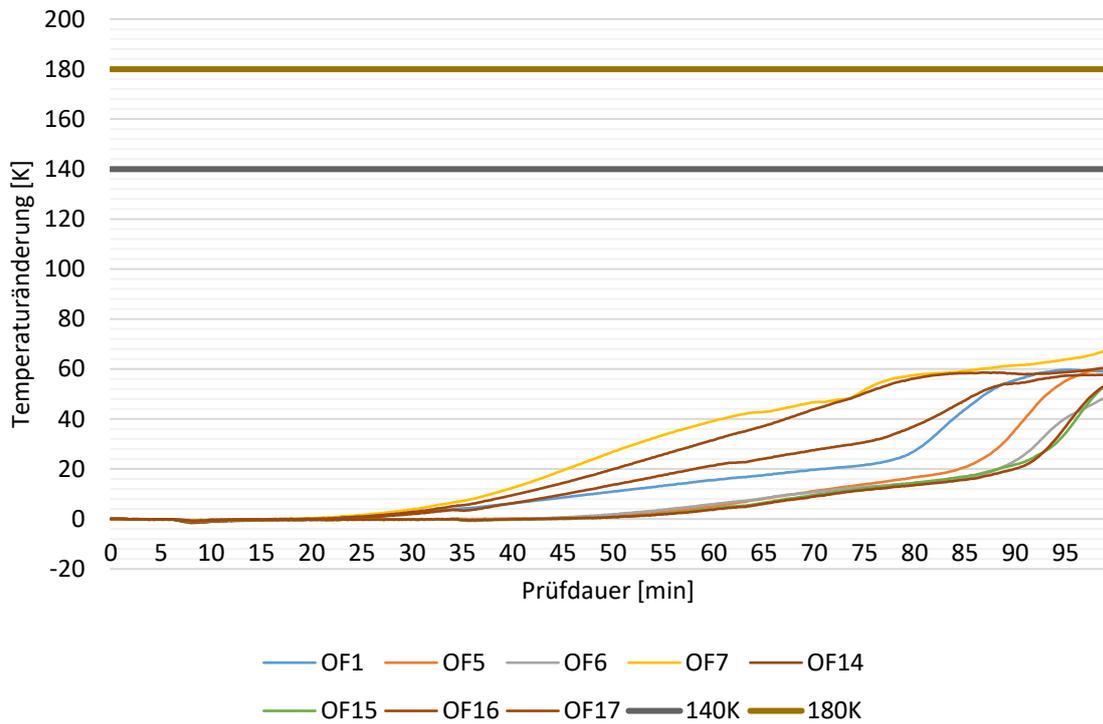
A.7.9.17. Temperaturänderung hinter der Dämmebene 1



A.7.9.18. Temperaturänderung hinter der Dämmebene 2



A.7.9.19. Temperaturänderung auf der feuerabgewandten Oberfläche



A.8 Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Wandausschnitt mit Einbauteilen (V2)

Prüfbericht-Nr.	TUM 20-01-20_02
Gegenstand	Wandausschnitt mit Einbauteilen (V2)
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	20.01.2020
Datum Bericht	21.02.2021
Anzahl Seiten des Berichts	18

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.8.1 Allgemeines

Am 20.01.2020 wurde eine 152 mm dicke, nicht tragende, raumabschließende Wandkonstruktion in Holzständerbauweise mit einer symmetrischen Bekleidung und einer Gefachdämmung zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer bei einseitiger Brandbeanspruchung gemäß DIN EN 1363-1:2018-04 [2] im Meterofen geprüft. Die Prüfung wurde an der MFPA Leipzig GmbH durchgeführt. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau, die Prüfbedingungen und die Ergebnisse, für das hier beschriebene Bauteil.

A.8.2 Geprüfte Konstruktion

Bei der Wandkonstruktion handelt es sich um eine Holzständerwand. Eine Auflistung der konstruktiven Details zur Erstellung der geprüften Konstruktion ist Tabelle A.8.2-1 zu entnehmen.

Tabelle A.8.2-1 Auflistung der konstruktiven Details der geprüften Konstruktion

Gesamtabmessungen der geprüften Konstruktion:		
Breite: b = 1340 mm, Höhe: h = 1100 mm, Dicke: d = 152 mm		
Position	Material / Abmessungen	Anmerkung/en
Tragkonstruktion Ständerwerk	KVH 3 Stk.: b x d = 60 x 80 mm Riegelabstand: a = 62,5 cm	Verbindungsmittel Schwelle/Rähm mit Ständern: Spax Holzschraube T20 8,0 x 160 mm, pro Ständer 2 Stück durch Rähm/Schwelle ins Hirnholz des Ständers geschraubt insgesamt 4 Stück je Ständer
Schwelle und Rähm	KVH: b x d = 60 x 80 mm	
Gefachdämmung	2 Lagen Rockwool: Sonorock p = 29,8 kg/m ³ ; Dicke: d = 40 mm	Gefach voll ausgedämmt
Bekleidung	Swiss Krono OSB-Platte d = 18 mm Plattengröße: b x h = 1340 x 1100 mm Knauf GKF-Platte d = 18 mm Plattengröße: b x h = 1340 x 1100 mm Keine Fugen	Befestigungsmittel: OSB-Platte auf Holzständer: Spax T20 4,5 x 50 mm GKF-Platte auf OSB-Platte: Fischer PH2 3,9 x 35 mm
Angaben zum Einbau der Elektroinstallationsdosen		
In die Wandkonstruktion wurden auf der feuerzu- und abgewandten Seite Elektroinstallationsdosen eingebaut. Die Anordnung der Öffnungen kann Anlage 1 entnommen werden.		

Zur Messung der Temperaturverläufe wurden in mehreren Lagen Thermoelemente verbaut. Die genaue Anordnung kann der Anlage 2 entnommen werden.

A.8.3 Baustoffkennwerte

Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtigkeitsgehalt der verwendeten Baustoffe annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist. In Tabelle A.8.3-1 sind für die geprüfte Konstruktion die verwendeten Baustoffe mit den vorhandenen Materialkennwerten (Rohdichte und Feuchtegehalt) sowie deren Baustoffklassen aufgeführt.

Tabelle A.8.3-1: Materialeigenschaften beim Einbau

Baustoff- bezeichnung	Dicke [mm]	Flächen- gewicht [kg/m ²]	Rohdichte [kg/m ³]	Feuchtigkeitsgehalt [M.-%]	Baustoff- klassifizierung
KVH	80/60	-	505	16,6	B DIN EN 13501- 1:2019-05
Wärmedämmung (Steinwolle)	40	1,2	29,8	-	A1 DIN EN 13501- 1:2019-05
OSB-Platte	18	11,2	615	7	D-s2, d0 DIN EN 13501- 1:2019-05
GKF-Platte	18	14,9	818	0,4	A2-s1, d0 (B) DIN EN 13501- 1:2019-05

A.8.4 Versuchsbeobachtungen

Während der Feuerwiderstandsprüfung ermittelte Oberflächentemperaturen auf der feuerabgewandten Seite, die Brandraumtemperatur, die Temperatur in der Wandkonstruktion und der Druck im Brandraum können der Anlage 3 entnommen werden.

Die Beobachtungen während der Brandprüfung sind aus Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle A.8.4-1 Liste aller während der Brandprüfung gemachten Beobachtungen

Prüfungszeit [min:s]	Beobachtung während der Prüfung	Beobach- tungsseite
0:00	Brennerstart	-
3:00	Hohlwanddosen schmelzen	F
4:00	Mantelthermoelemente nicht mehr gehalten. Befinden sich nicht mehr im Dosengrund	F
5:20	Kartonoberfläche der GKF-Platte ist abgebrannt	F
6:40	Flammenbildung in den Dosen	F
18:20	Feine Risse bilden sich von den Dosen bis zur Verschraubung	F
21:30	Risse weiten sich auf	F
24:00	Wasserdampf tritt aus der Dose auf der feuerabgewandten Seite aus	FA
28:00	Dämmung vom Probekörpereinbau fällt vor den Probekörper	F
32:00	Weitere feine Risse zwischen auf der Oberfläche des Probekörpers	F
35:30	Wasserdampf in der feuerabgewandten Dose wird stärker	FA
38:50	Riss an Dose unten rechts auf mehrere [mm] aufgeweitet	F
42:00	Wasserdampf setzt sich über der feuerabgewandten Dose ab.	FA
44:30	Riss an Dose unten rechts wird länger und weitet sich auf	F
47:10	Riss an Dose oben links weitet sich auf	F
53:00	Riss von Dose unten rechts weitet sich auf und läuft bis zur Verschraubung am mittleren Holzständer	F
55:00	Risse von etwa 1cm an der Dose oben links	F
57:20	Risse unten werden länger, Verbindung zwischen den unteren Dosen	F
57:40	Riss von Dose oben links bis zur Dose oben rechts (feuerabgewandt)	F
59:00	Risse in der GKF-Platte weiten sich auf	F
60:50	Die Risse zwischen den oberen und unteren Dosen verbinden sich	F
64:00	Erste Plattenteile der GKF-Platte beginnen sich zu lösen	F
67:00	Schwarze Verfärbung der Dose oben rechts, Rauch tritt aus der Dose aus	FA
68:30	Teile der GKF-Platte innen sind abgefallen	F
69:20	GKF-Platte ist komplett abgefallen	F
70:50	Die Dose oben rechts wird mit Mineralwolle ausgestopft und eine Lage GKF aufgeschraubt bei 200K im Dosengrund	FA
73:20	OSB-Platte ist komplett abgefallen	F
86:00	Dämmung beginnt herauszufallen, wird noch von den Mantelthermoelementen gehalten	F
95:00	Versuchsabbruch	-

A.8.5 Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Tabelle A.8.5-1 Übersicht für das Kriterium Wärmedämmung feuerabgewandt, bzw. in der Öffnung

Prüfdauer in min	30	60	90
Mittelwert der Temperaturerhöhung in K	10,7	33,8	109,3
Maximaler Einzelwert in K	-	-	72,7 Ohne Öffnung 1
Maximaler Einzelwert in K in Dose FA	56,4	79,2	485 In Öffnung 1

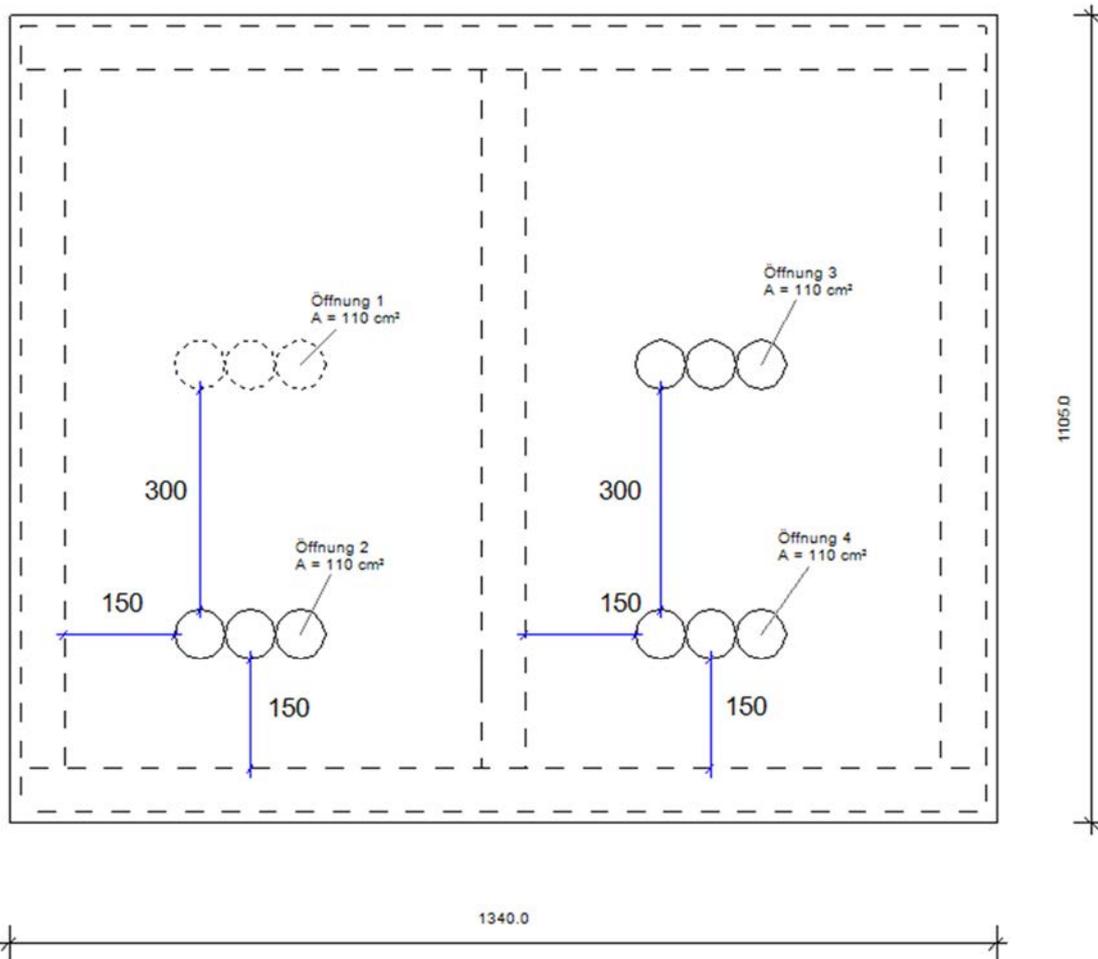
Die Kriterien für die Wärmedämmung konnten für die Öffnung auf der feuerabgewandten Seite nicht eingehalten werden. Das Bauteil versagte nach 110 Minuten. Für die Öffnungen 3 und 4 sind die Kriterien für Wärmedämmung erfüllt.

A.8.5.1. Sonstige Angaben

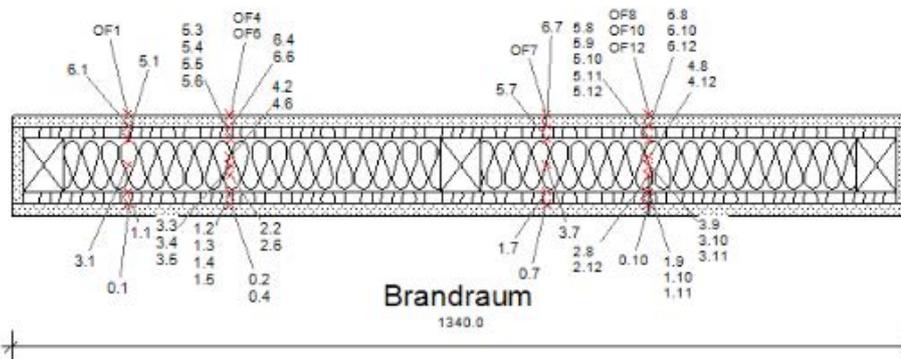
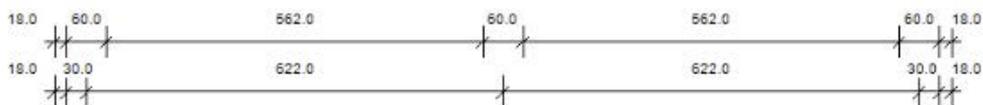
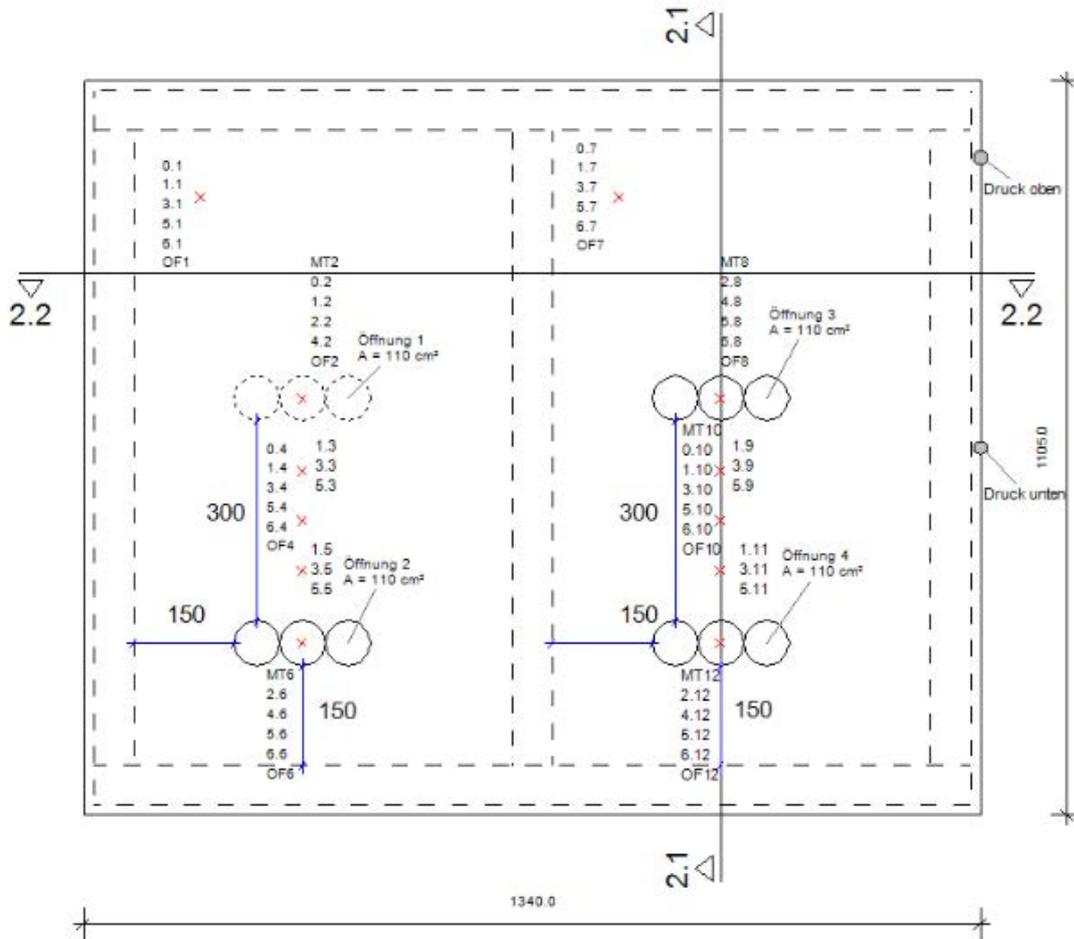
Die Raumtemperatur zu Beginn des Versuchs lag bei 16 °C. Im Verlauf des Versuchs erhöhte sich die Temperatur zeitweise auf etwa 18,9 °C und liegt somit in den Grenzen der DIN EN 1363-1:2018-04 [2].

Es konnte ein Rauchaustritt in Öffnung 1 festgestellt werden.

A.8.6 Konstruktionszeichnungen



Übersicht der verbauten Thermoelemente



A.8.7 Fotodokumentation



Abbildung A.8.7-1: Einbau des Probekörpers V2



Abbildung A.8.7-2: Einbau des Probekörpers V2



Abbildung A.8.7-3: Elektroden schmelzen



Abbildung A.8.7-4: Rauchentwicklung auf der feuerabgewandten Seite



Abbildung A.8.7-5: Nach Überschreiten des Temperaturkriteriums und starkem Rauaustritt, Verschließen von Öffnung 1



Abbildung A.8.7-6: Probekörper nach dem Brandversuch beim Ablöschen



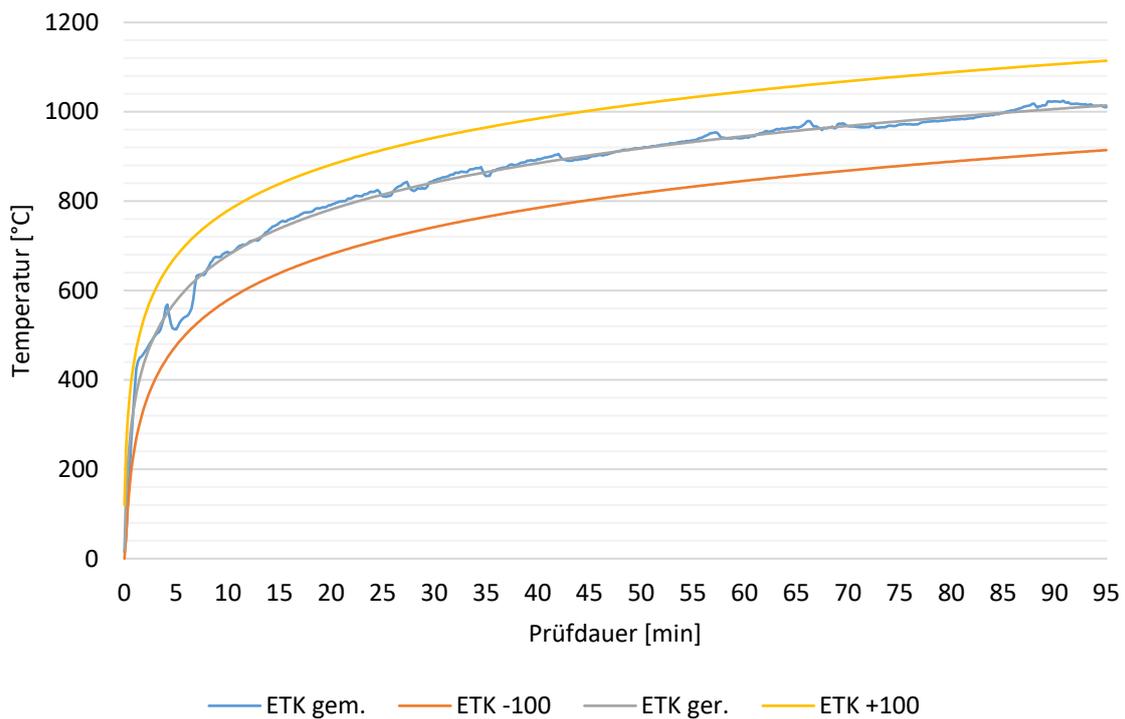
Abbildung A.8.7-7: Probekörper nach dem Brandversuch mit ausgebauter Dämmung



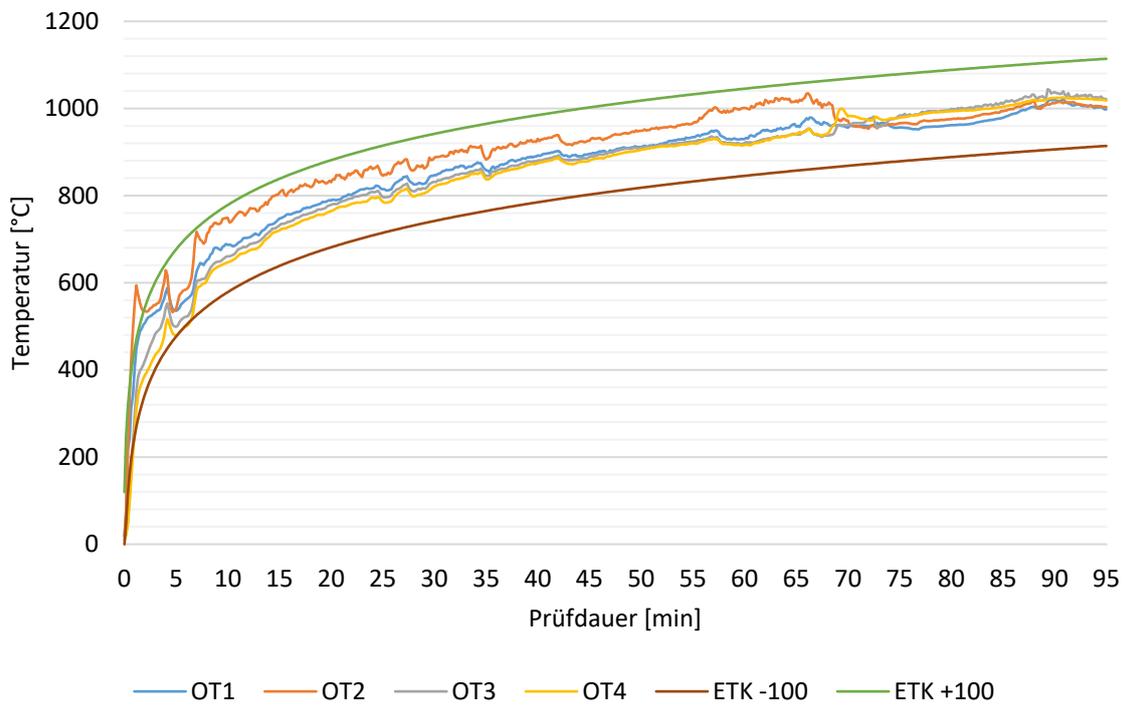
Abbildung A.8.7-8: Probekörper nach dem Brandversuch, feuerabgewandte Seite

A.8.8 Darstellung der Messwerte

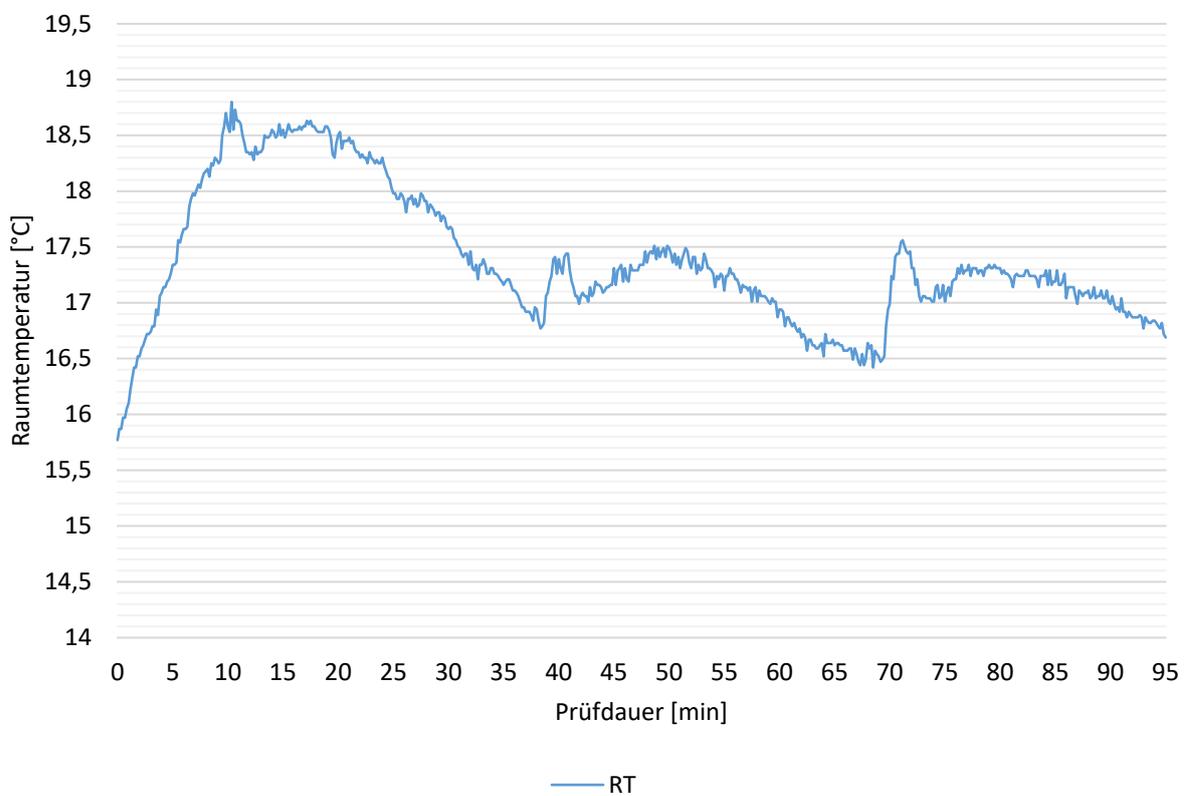
A.8.8.1. Temperaturbeanspruchung nach ETK



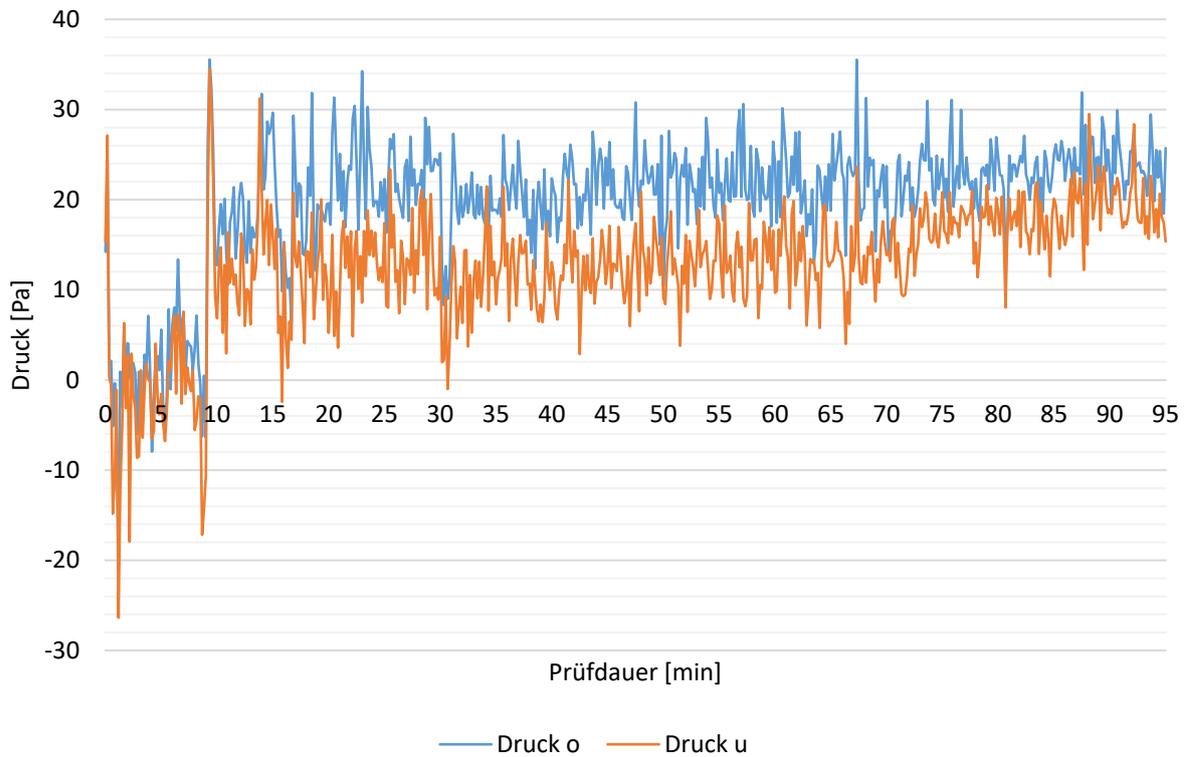
A.8.8.2. Gemessene Temperaturen aller Ofenthermoelemente



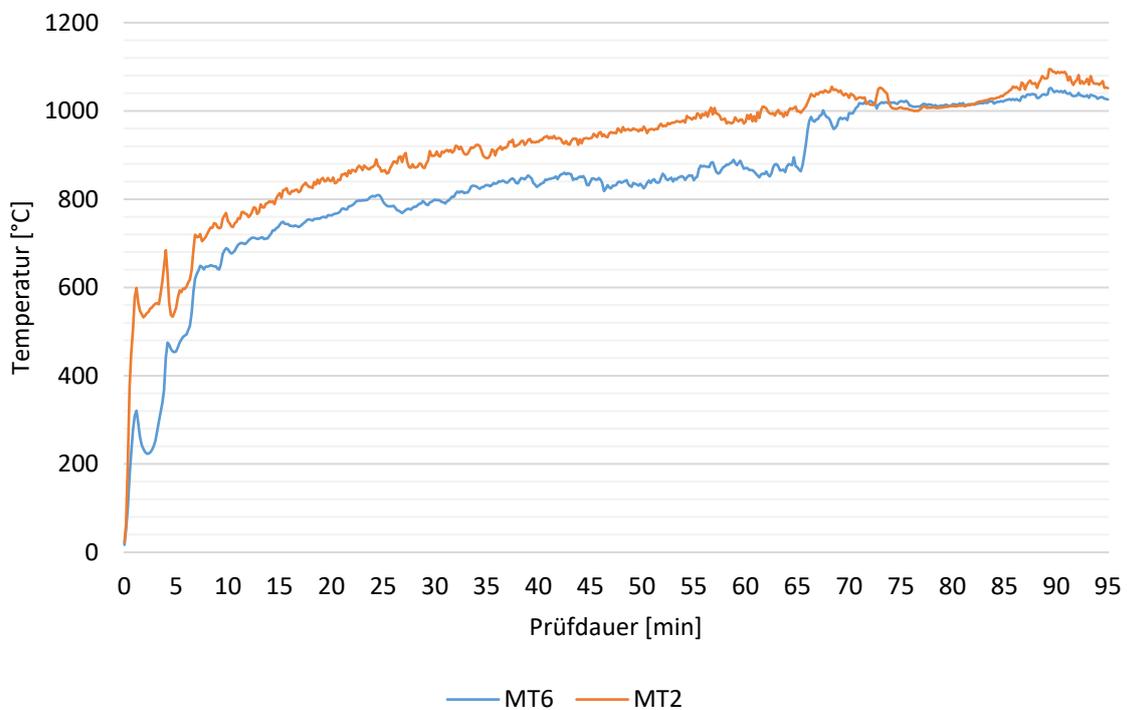
A.8.8.3. Raumtemperatur



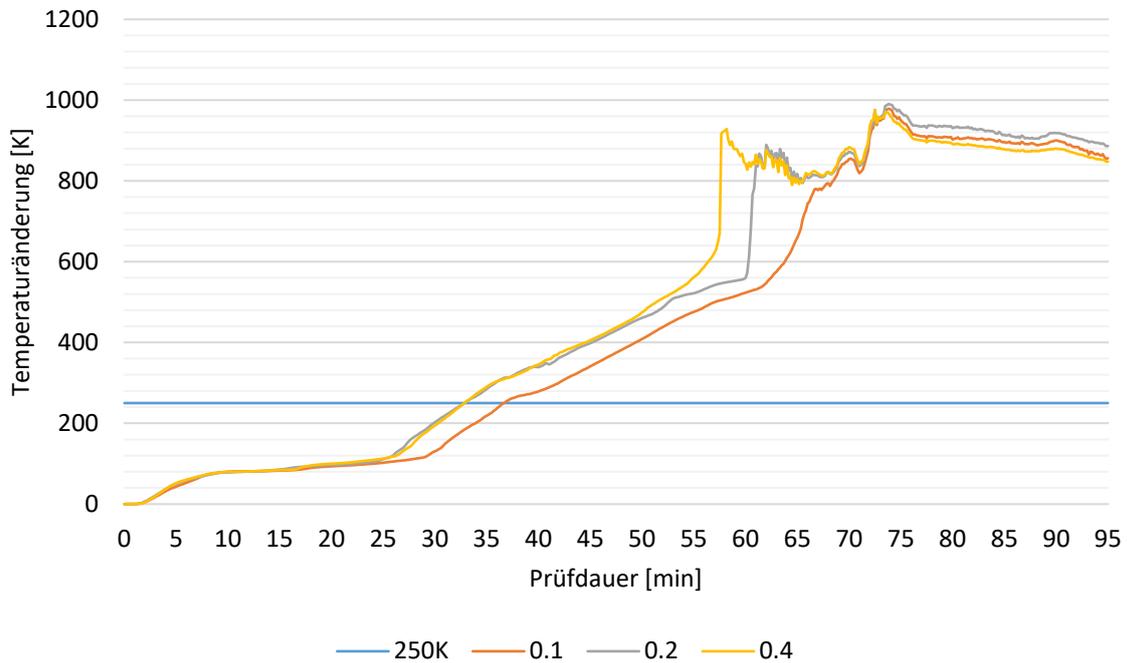
A.8.8.4. Druck im Prüfraum



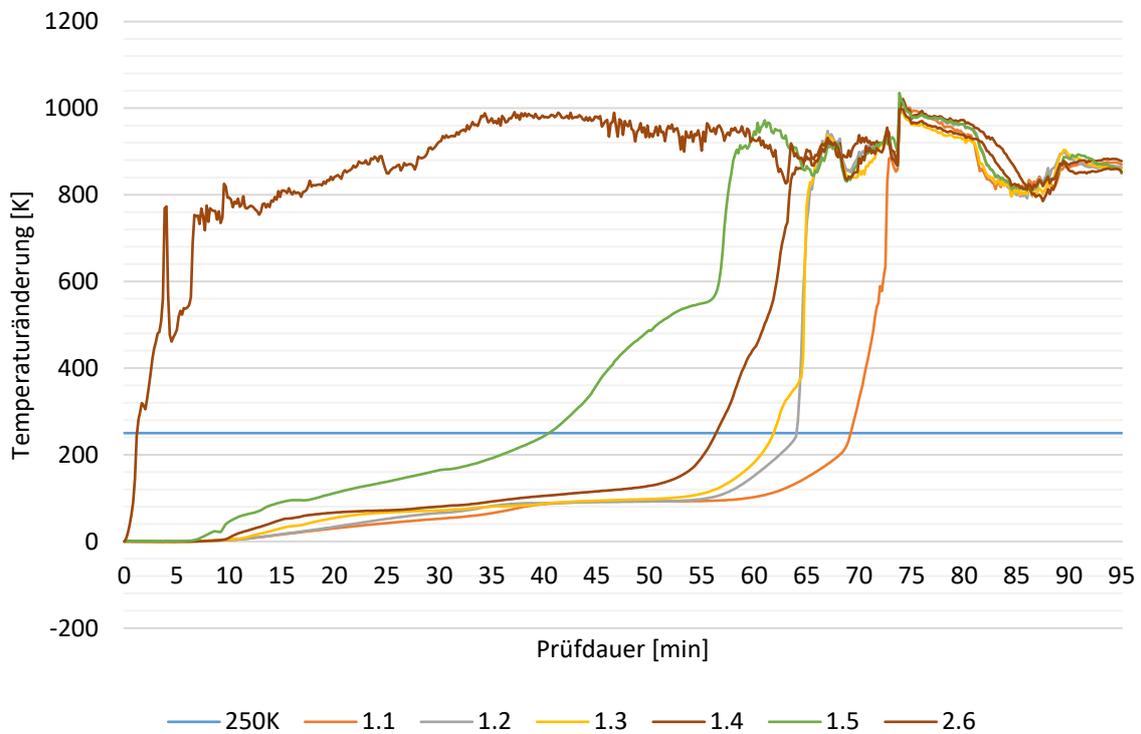
A.8.8.5. Oberflächentemperatur des Probekörpers im Brandraum



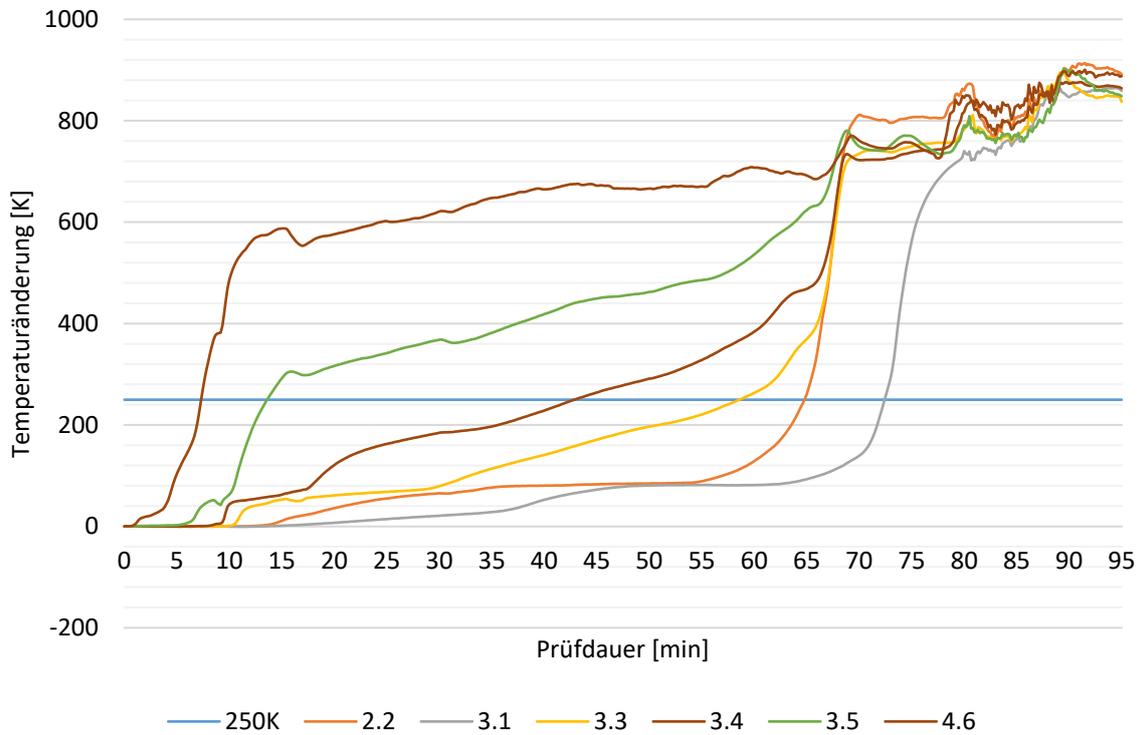
A.8.8.6. Temperaturänderung zwischen den Lagen der brandzugewandten Bekleidung



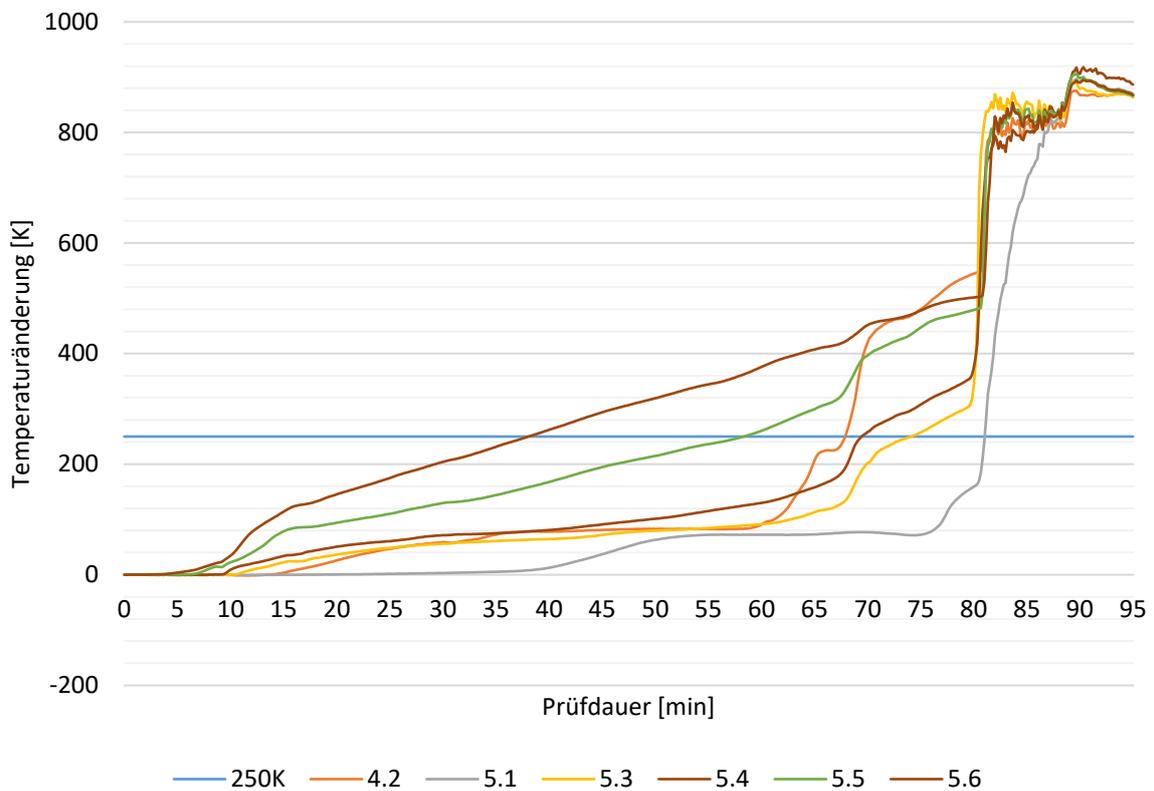
A.8.8.7. Temperaturänderung hinter der Brandbeanspruchten Bekleidung



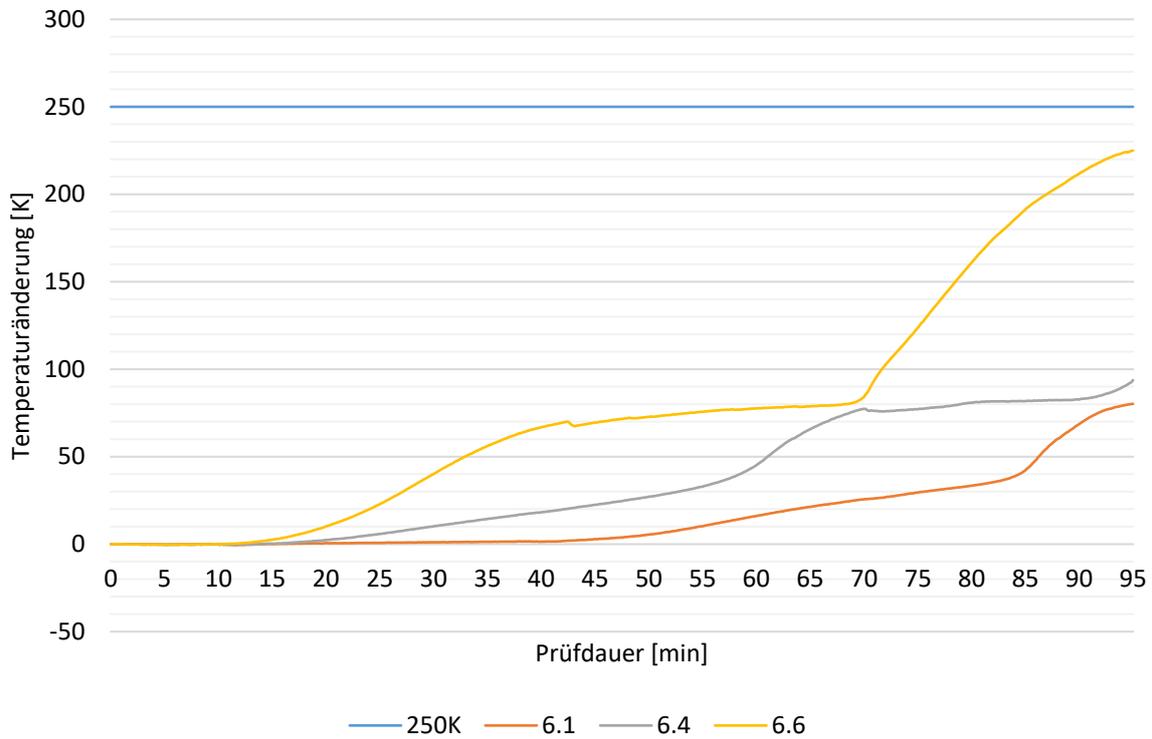
A.8.8.8. Temperaturänderung zwischen den Dämmlagen



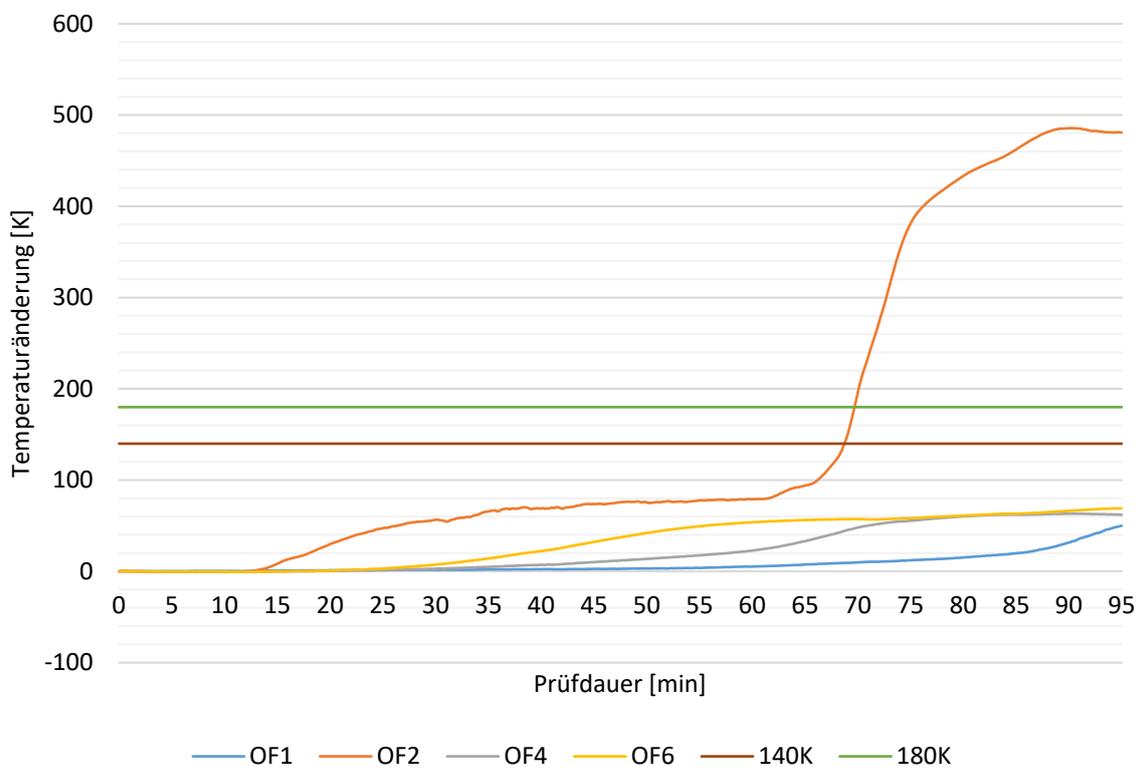
A.8.8.9. Temperaturänderung zwischen der Dämmebene und der feuerabgewandten Bekleidung



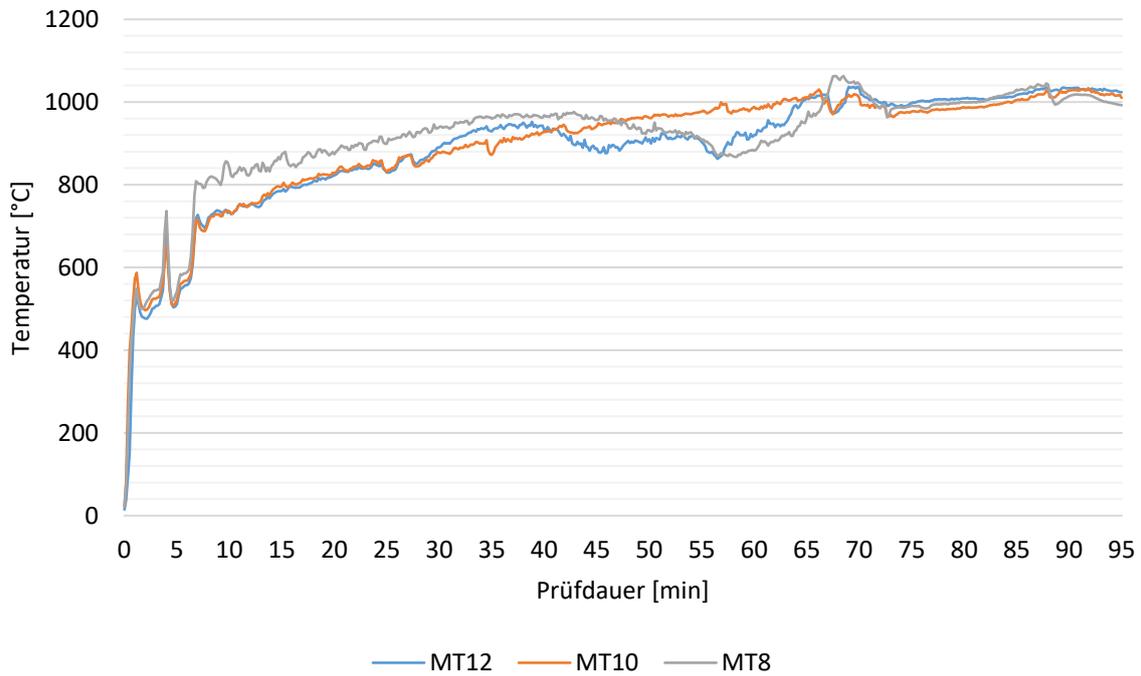
A.8.8.10. Temperaturänderung zwischen den feuerabgewandten Bekleidungslagen



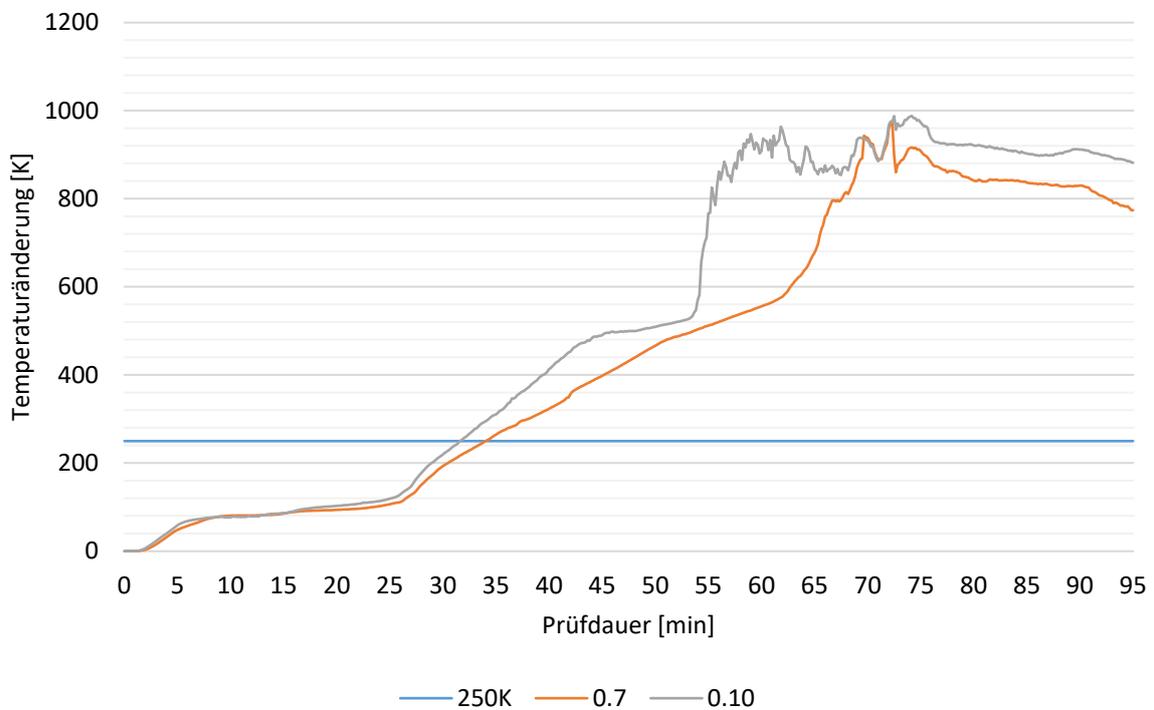
A.8.8.11. Temperaturänderung auf der feuerabgewandten Oberfläche des Probekörpers



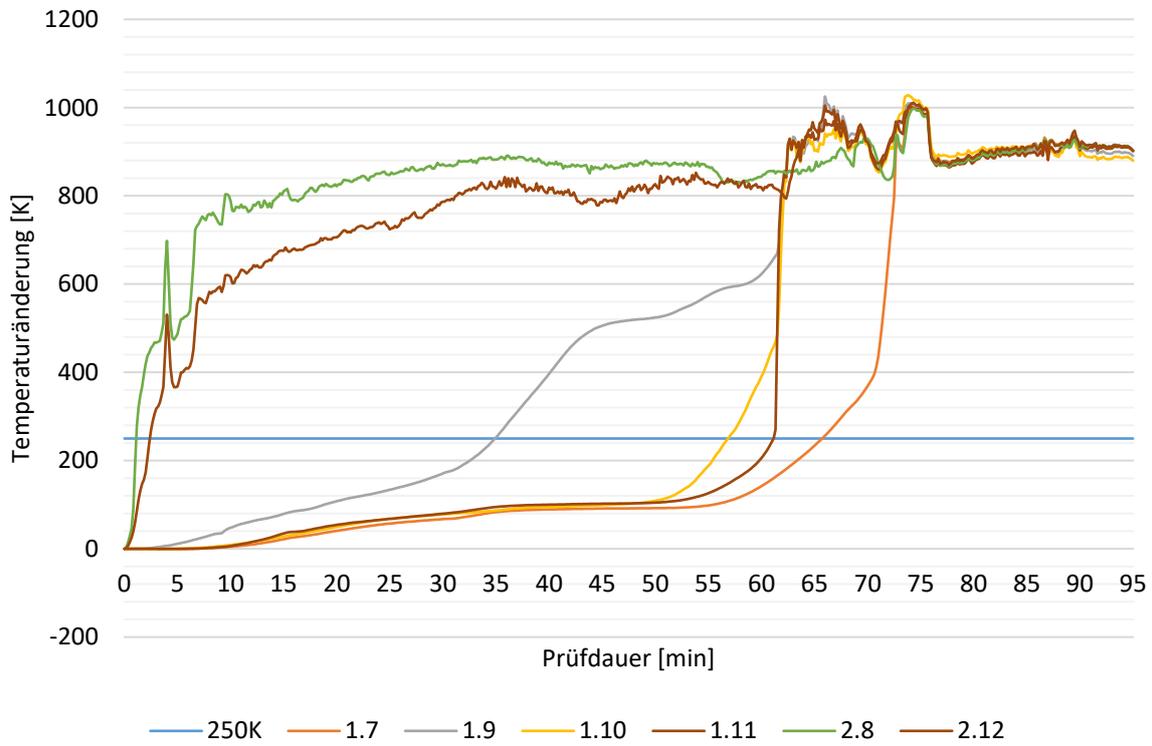
A.8.8.12. Oberflächentemperatur des Probekörpers im Brandraum



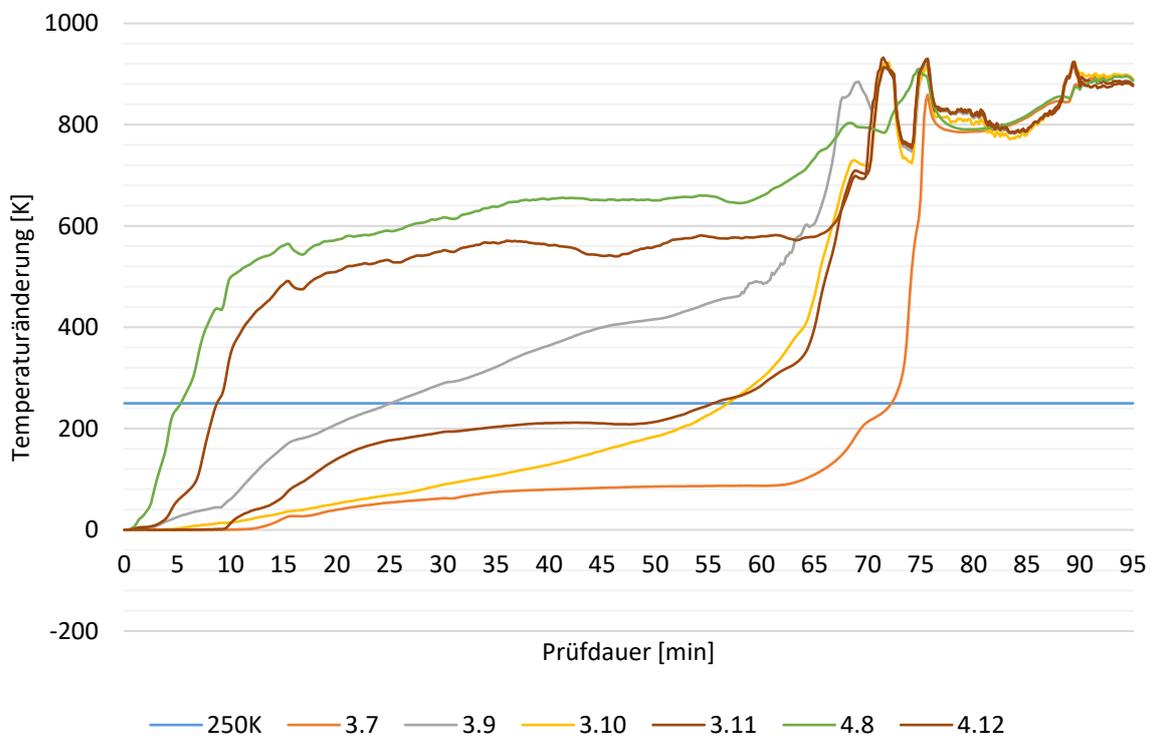
A.8.8.13. Temperaturänderung zwischen den Lagen der brandzugewandten Bekleidung



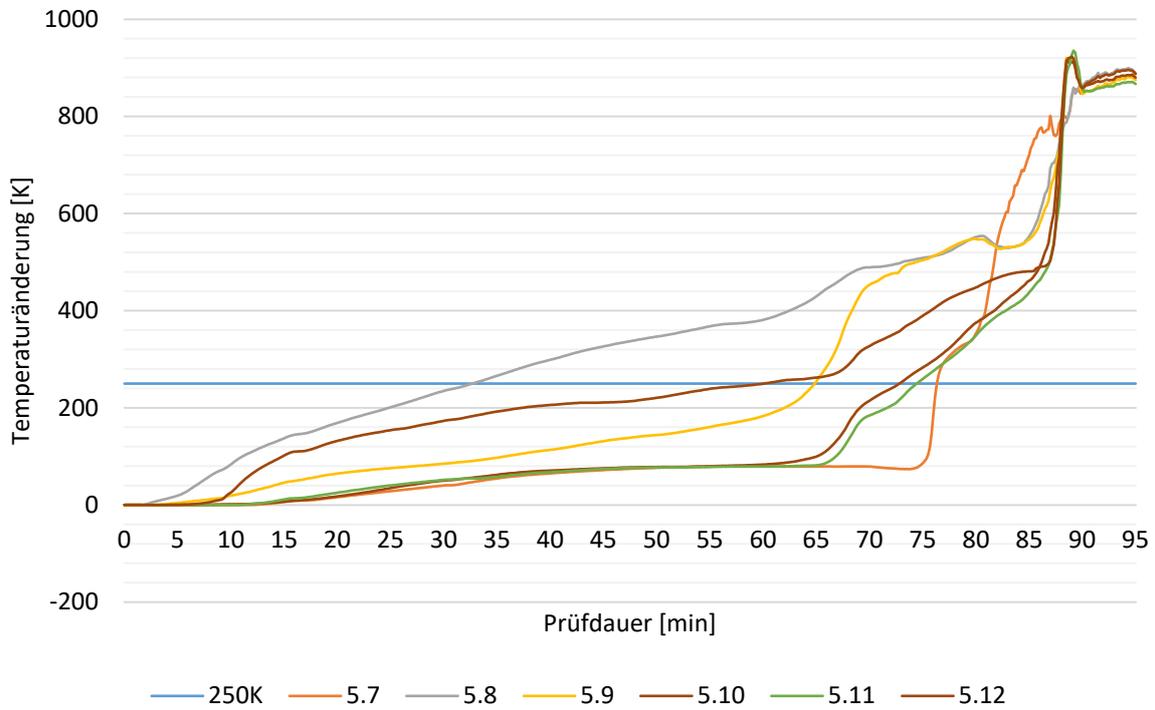
A.8.8.14. Temperaturänderung hinter der Brandbeanspruchten Bekleidung



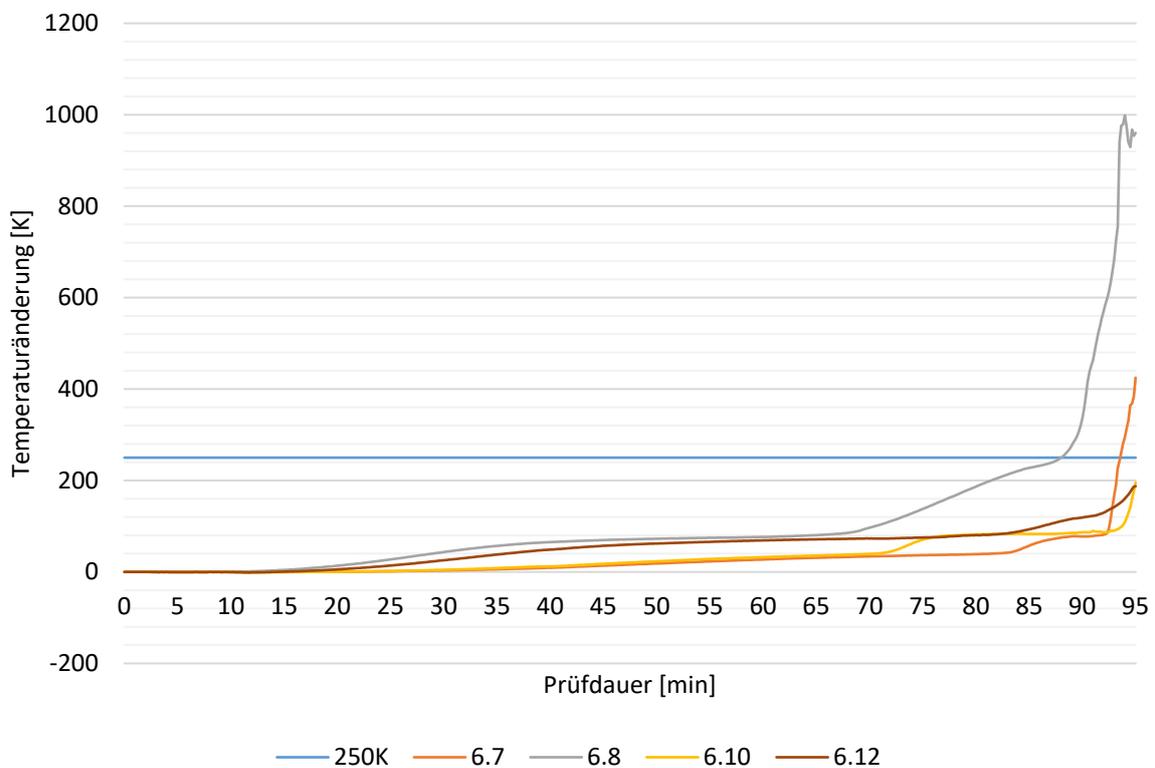
A.8.8.15. Temperaturänderung zwischen den Dämmlagen



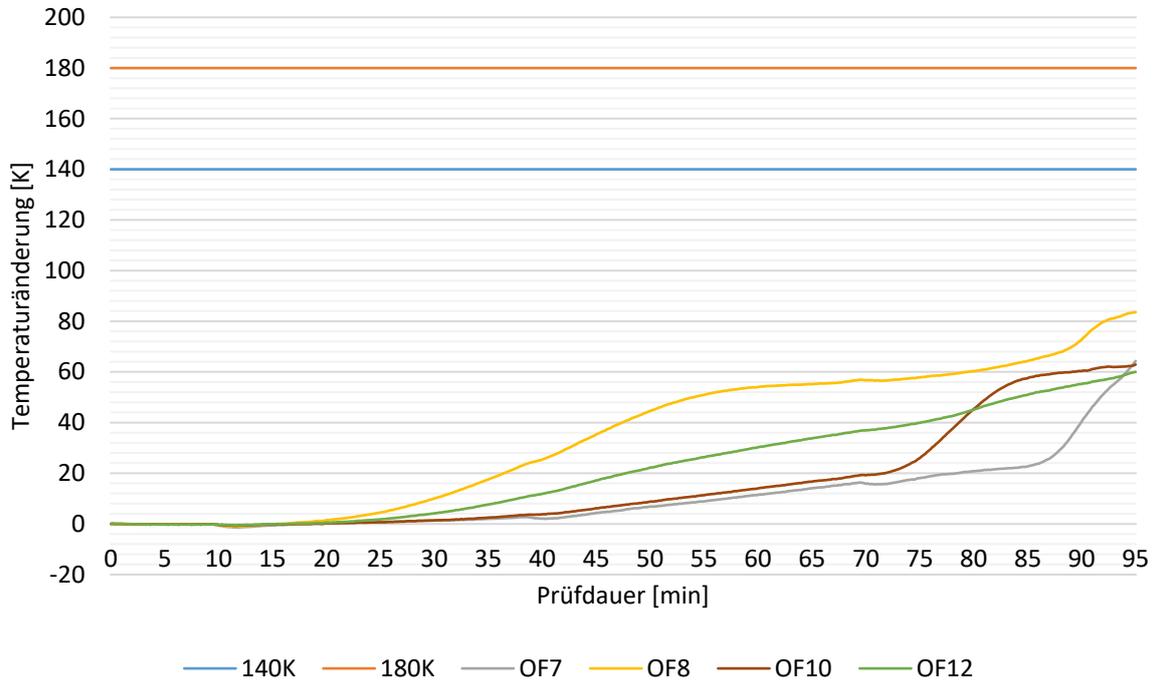
A.8.8.16. Temperaturänderung zwischen der Dämmebene und der feuerabgewandten Bekleidung



A.8.8.17. Temperaturänderung zwischen den feuerabgewandten Bekleidungslagen



A.8.8.18. Temperaturänderung auf der feuerabgewandten Oberfläche des Probekörpers



A.9 Prüfberichte zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Fußbodenaufbauten (V1 – V8)

Prüfbericht-Nr.	TUM 19-08-26_01 Fußbodenaufbauten und Estriche V1 bis V8
Gegenstand	Brandversuch nach DIN 4102-08: Fußbodenaufbauten
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	26.08.2019 – 28.08.2019
Datum Bericht	01.10.2019
Anzahl Seiten des Berichts	26

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.9.1 Übersicht über die Versuche

Mit der Prüfung der in Tabelle A.9.1-1 dargestellten Versuchsaufbauten sollen wesentliche Parameter für die Bemessung von üblichen Fußbodenaufbauten überprüft werden. Die brandbeanspruchte Schicht wird dabei jeweils zuerst genannt.

In den Versuchen V1 bis V3 wird die Bandbreite von 25 – 55 mm dicken Zementestrichen geprüft.

Tabelle A.9.1-1: Übersicht über die Probekörper

Nr.	Aufbau	Gesuchte Parameter	
[V1]	CT- F6 – 35 0,15 mm PE-Folie 19 mm Spanplatte	$t_{0,CT}$	Grundzeit von Estrichen in Abhängigkeit der Schichtdicke i.V.m. [V2] und [V3]
		$t_{0,CT}$	Grundzeit von Estrichen in Abhängigkeit der Materialart i.V.m. [V4]
[V2]	CT- F6 – 25 0,15 mm PE-Folie 19 mm Spanplatte	$t_{0,CT}$	Grundzeit von Estrichen in Abhängigkeit der Schichtdicke i.V.m. [V1] und [V3]
[V3]	CT- F6 – 55 0,15 mm PE-Folie 19 mm Spanplatte	$t_{0,CT}$	Grundzeit von Estrichen in Abhängigkeit der Schichtdicke i.V.m. [V1] und [V2]
[V4]	CAF- F6 – 35 0,15 mm PE-Folie 19 mm Spanplatte	$t_{0,CAF}$	Grundzeit von Estrichen in Abhängigkeit der Materialart i.V.m. [V1]
[V5]	CT- F6 – 35 0,15 mm PE-Folie 15 mm Steinwollämmplatte (120 kg/m ³) 19 mm Spanplatte	$k_{pos,un-exp,CT}$	Positionsbeiwert von Estrichen zur Berücksichtigung dahinterliegender Dämmstoffe in Abhängigkeit der Estrichdicke i.V.m [V6]
		$k_{pos,exp,SW}$	Positionsbeiwert von Steinwolle zur Berücksichtigung davorliegender Estriche i.V.m. [V6]
[V6]	CT- F6 – 55 0,15 mm PE-Folie 15 mm Steinwollämmplatte 19 mm Spanplatte	$k_{pos,un-exp,CT}$	Positionsbeiwert von Estrichen zur Berücksichtigung dahinterliegender Dämmstoffe in Abhängigkeit der Estrichdicke i.V.m [V5]
		$k_{pos,exp,SW}$	Positionsbeiwert von Steinwolle zur Berücksichtigung davorliegender Estriche i.V.m. [V5]
[V7]	15 mm Steinwollämmplatte 0,15 mm PE-Folie CT- F6 – 35 0,15 mm PE-Folie 19 mm Spanplatte	$k_{pos,exp,CT}$	Positionsbeiwert von Estrichen zur Berücksichtigung des Effekts der Vorerwärmung i.V.m. [V8]
		$k_{pos,un-exp,SW}$	Positionsbeiwert von Steinwolle zur Berücksichtigung dahinterliegender Estriche i.V.m. [V8]
[V8]	40 mm Steinwollämmplatte 0,15 mm PE-Folie CT- F6 – 35 0,15 mm PE-Folie 19 mm Spanplatte	$k_{pos,exp,CT}$	Positionsbeiwert von Estrichen zur Berücksichtigung des Effekts der Vorerwärmung i.V.m. [V7]
		$k_{pos,un-exp,SW}$	Positionsbeiwert von Steinwolle zur Berücksichtigung dahinterliegender Estriche i.V.m. [V7]

A.9.2 Versuchsbeschreibung

Die Prüfkörper werden in einem Teil 8 Ofen für Brandversuche vgl. DIN 4102-8 [1] geprüft. Die Ofensteuerung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2] über Plattenthermoelemente. In die Öffnungen des Brandraums werden die Prüfkörper vertikal eingesetzt (siehe Abbildung A.9-5).

A.9.3 Versuchsaufbau

Der Probekörper besteht aus einem 538 x 538 mm großen Trägerkasten aus Spanplatten mit einer Rohdichte von 683 kg/m^3 und einer Feuchte von 6,8 M-%. Die Dicke des Trägerkastens wurde an den jeweiligen Bauteilaufbau angepasst. Die untersuchte Schicht (Estrich oder Steinwolle) wurde jeweils mit einer 19 mm dicken Spanplatten hinterlegt, um die Grundschutzzeit zu ermitteln. Der Trägerkasten wird mit Spanplattenschrauben ($3,5 \times 40 \text{ mm}$) zusammengeschraubt, die Fugen auf der Innenseite mit einem Kleber auf Natriumsilikatbasis (Wasserglas) versiegelt und auf der Außenseite mit Aluminiumfolie abgeklebt. Um einen vorzeitigen Durchbrand zu verhindern, wurde die seitliche Spanplatte innenliegend mit einer 15 mm dicken Steinwollämmplatte ($\rho_{\text{sw}} = 120 \text{ kg/m}^3$) geschützt (siehe Abbildung A.9.4-1). Die Drähte der Thermolemente werden durch 2,5 mm große Bohrlöcher in den Spanplatten nach außen geführt und die Öffnungen mit hochtemperaturbeständigem Silikon verschlossen.

Unter den Estrichen wurde eine 0,15 mm dicke PE-Folie als Dichtungsebene eingebaut.

Die einzelnen Lagen (Estrich, Dämmung, Spanplatte) des Probekörpers sind nicht kraftschlüssig miteinander verbunden. Um ein Herausfallen in den Ofen zu verhindern, wurde die feuerzugewandte Schicht jeweils seitlich mit Schrauben ($4,0 \times 60 \text{ mm}$) fixiert (siehe Abbildung A.9.4-1). Als zusätzliche Lagesicherung und um die Randfugen zu verschließen, wurde ein 69 mm breiter Rahmens aus 20 mm dicken Gipsfaserplatten feuerzugewandt vorgesetzt (vgl. Konstruktionszeichnungen).

Die beanspruchte Fläche der untersuchten Schicht beträgt somit noch $400 \times 400 \text{ mm}$. Hinter jeder Schicht (ausgenommen der PE-Folie) wurden fünf Thermolemente in den Drittelpunkten mit einem orthogonalen Abstand von 100 mm angeordnet. Die Drähte der Thermolemente wurden mit Klammern oder Kreppband in der jeweiligen Lage fixiert und seitlich aus dem Trägerkasten herausgeführt. Zur Messung der Temperatur im Probekörper wurden Thermodrähte Typ K gemäß DIN EN 60584-1 eingesetzt. Auf den Rückseiten der Prüfkörper wurden die Temperaturen mit Oberflächenthermoelementen gemessen.

A.9.4 Fotodokumentation Probekörperbau



Abbildung A.9.4-1: Überblick auf [V2] ohne Estrich



Abbildung A.9.4-2: Versiegelung der Thermoelementdurchführungen



Abbildung A.9.4-3: Auskerbung der Mineralwoll-dämmplatte

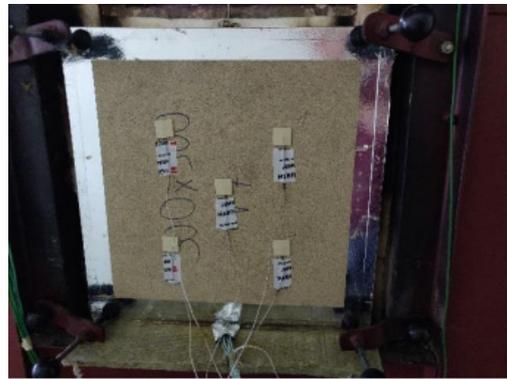
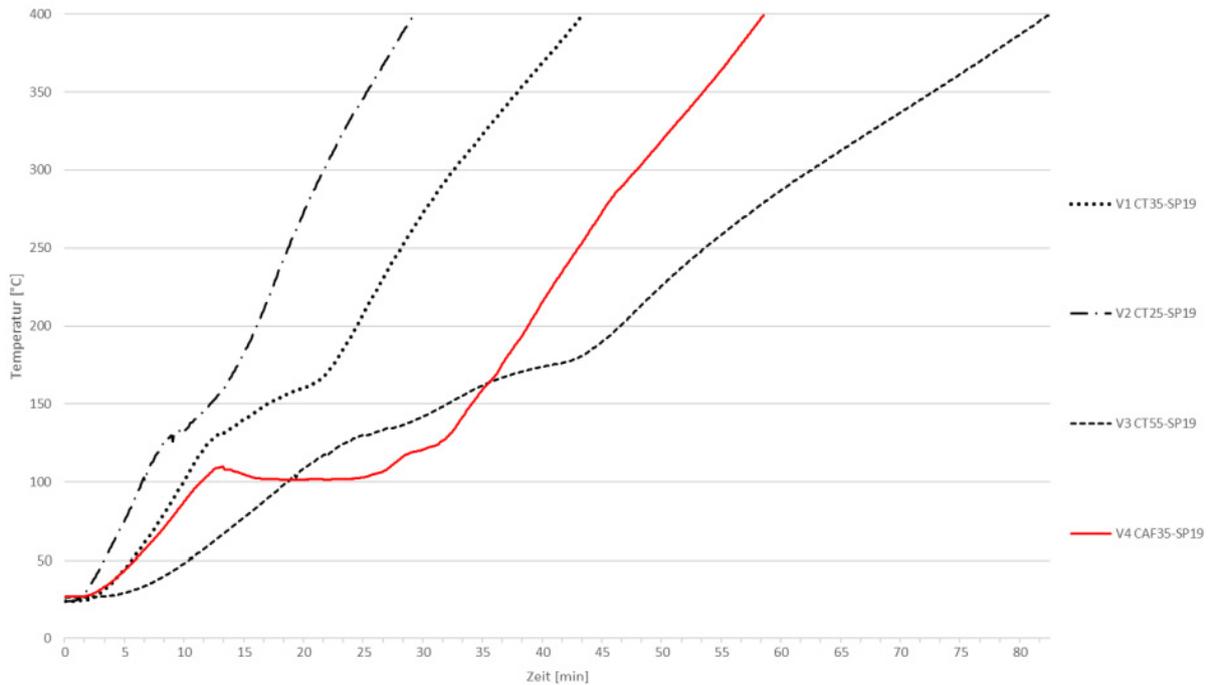


Abbildung A.9.4-4: Befestigung der Prüfkörper am Teil 8 Ofen

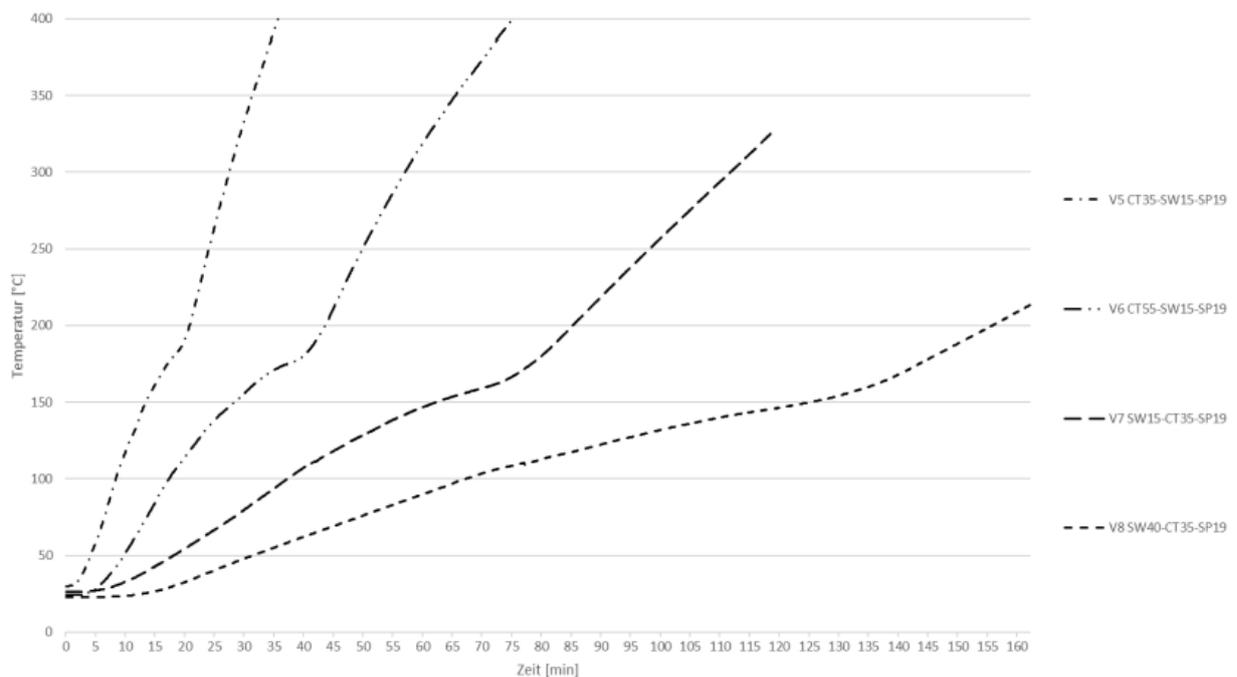
A.9.5 Versuchsergebnisse

Die Brandbeanspruchung erfolgt nach dem Verlauf der Einheitstemperaturkurve bis zum Erreichen des jeweiligen Abbruchkriteriums, definiert über eine Temperaturerhöhung von 250 K hinter der vorletzten Schicht und vor der Spanplatte auf der feuerabgewandten Seite.

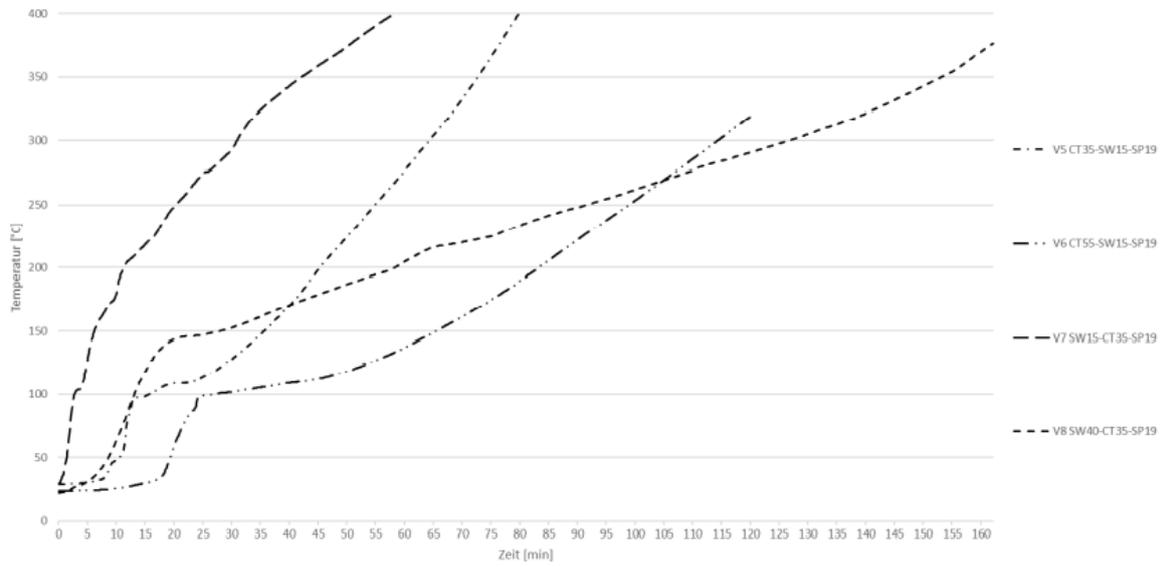
A.9.5.1. Temperaturverlauf hinter Estrich [V1] - [V4]



A.9.5.2. Temperaturverlauf hinter Estrich [V5] - [V8]



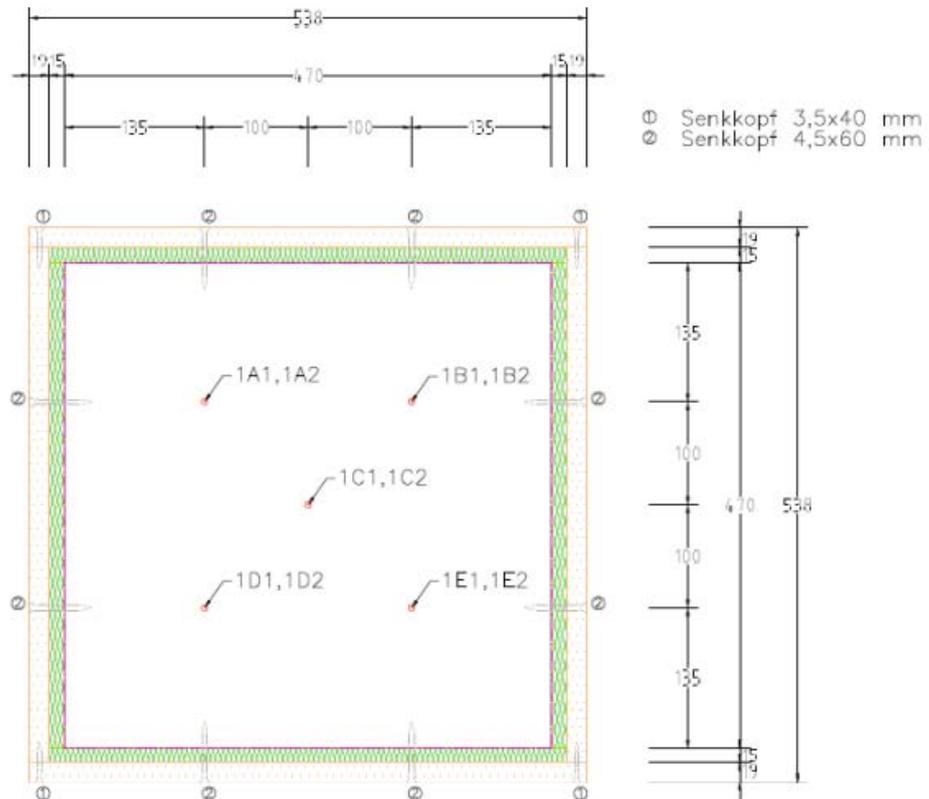
A.9.5.3. Temperaturverlauf hinter Mineralwolle [V5] - [V8]



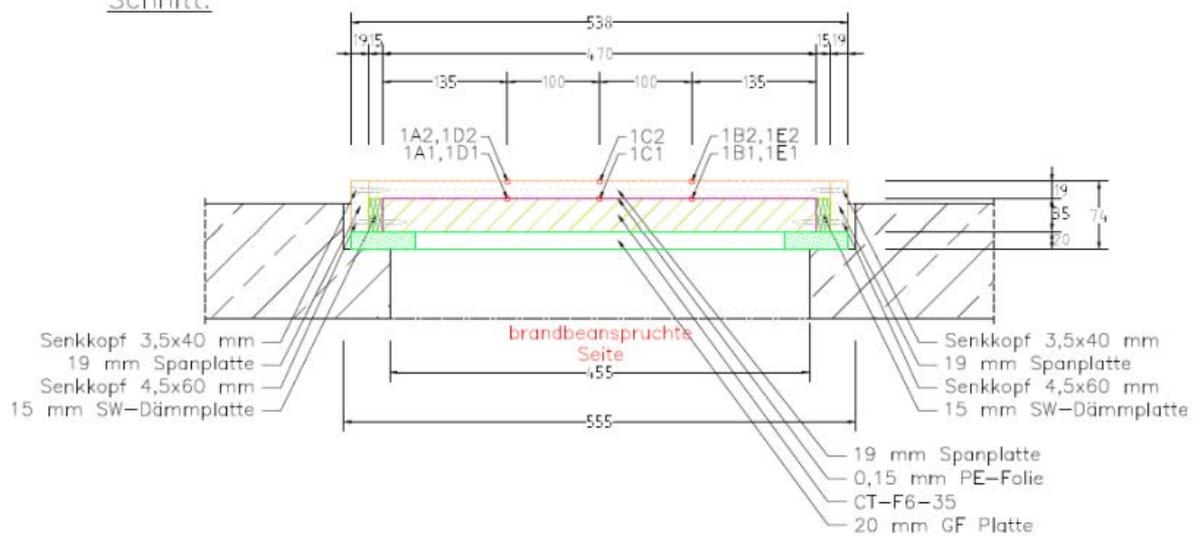
A.9.6 Konstruktionszeichnungen

A.9.6.1. Aufbau des Probekörpers [V1]

Draufsicht:

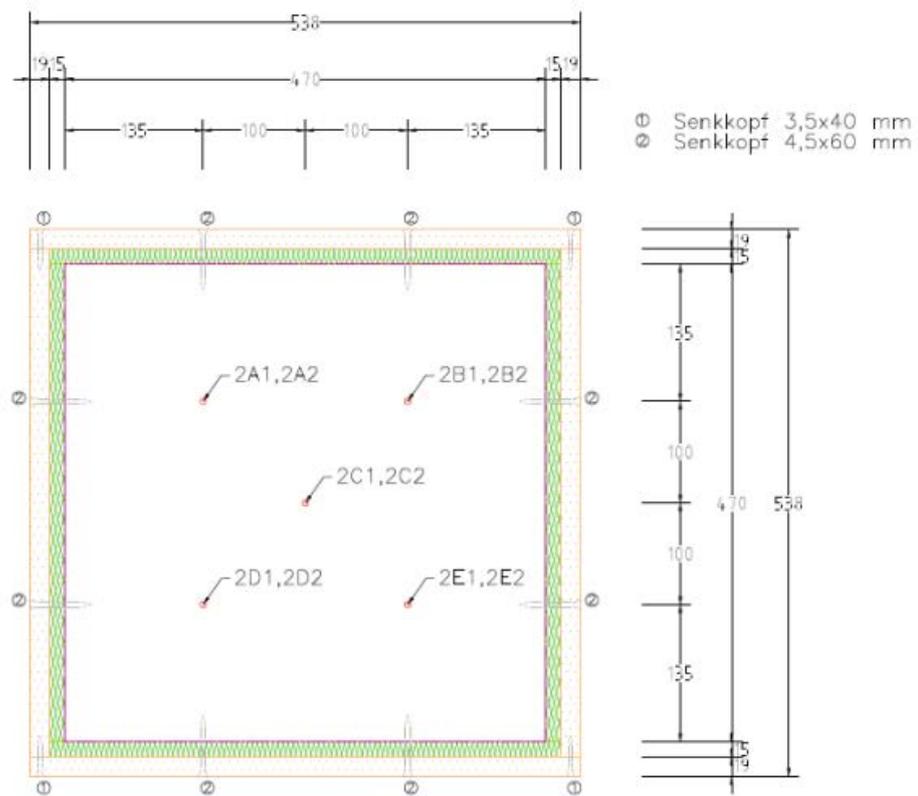


Schnitt:

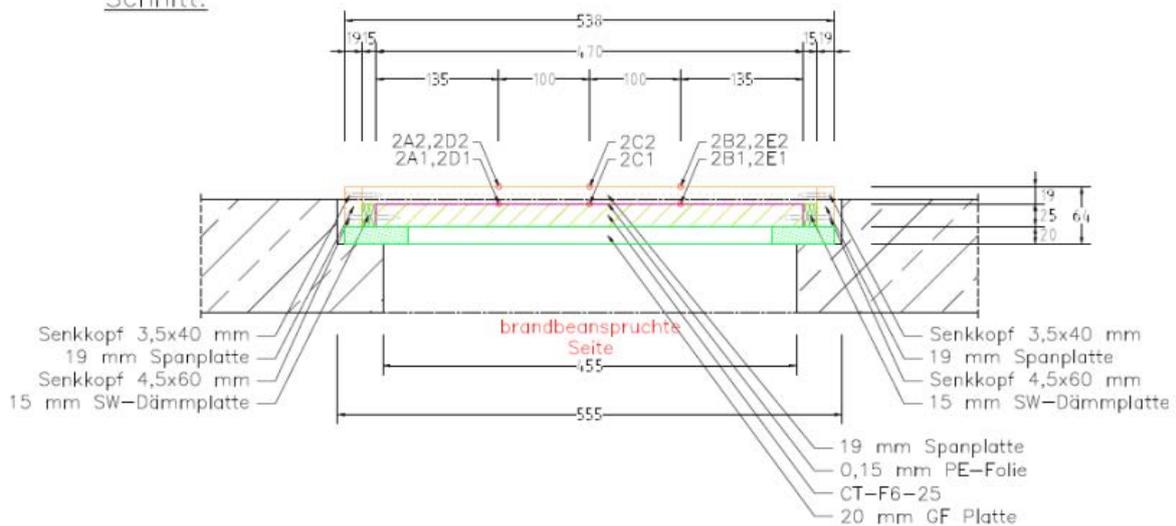


A.9.6.2. Aufbau des Probekörpers [V2]:

Draufsicht:

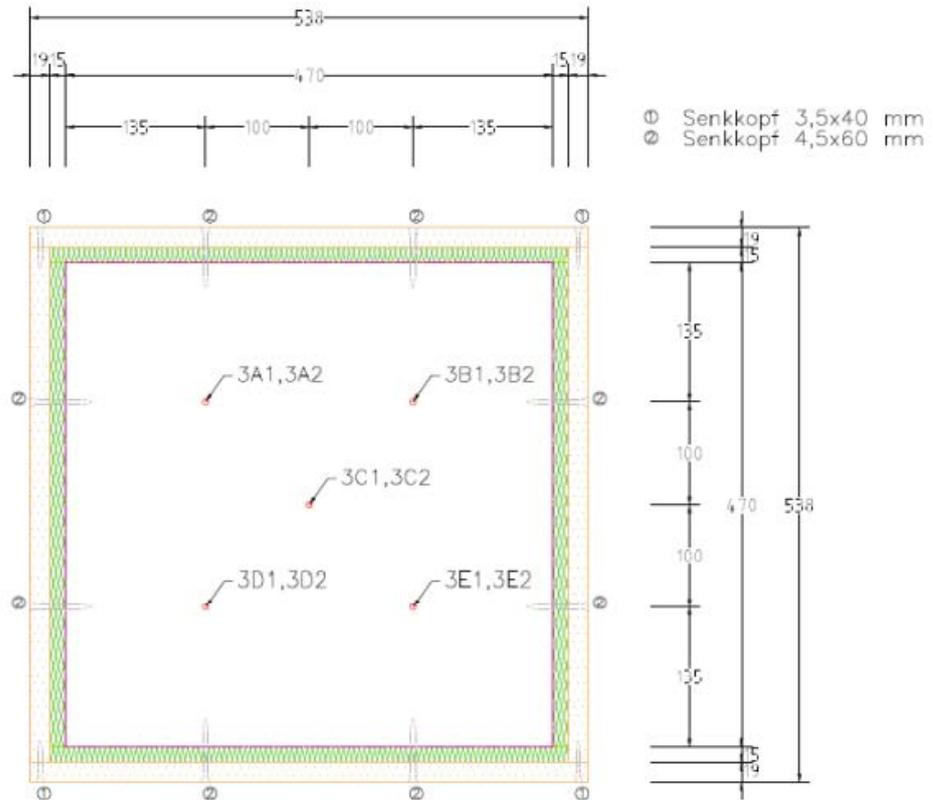


Schnitt:

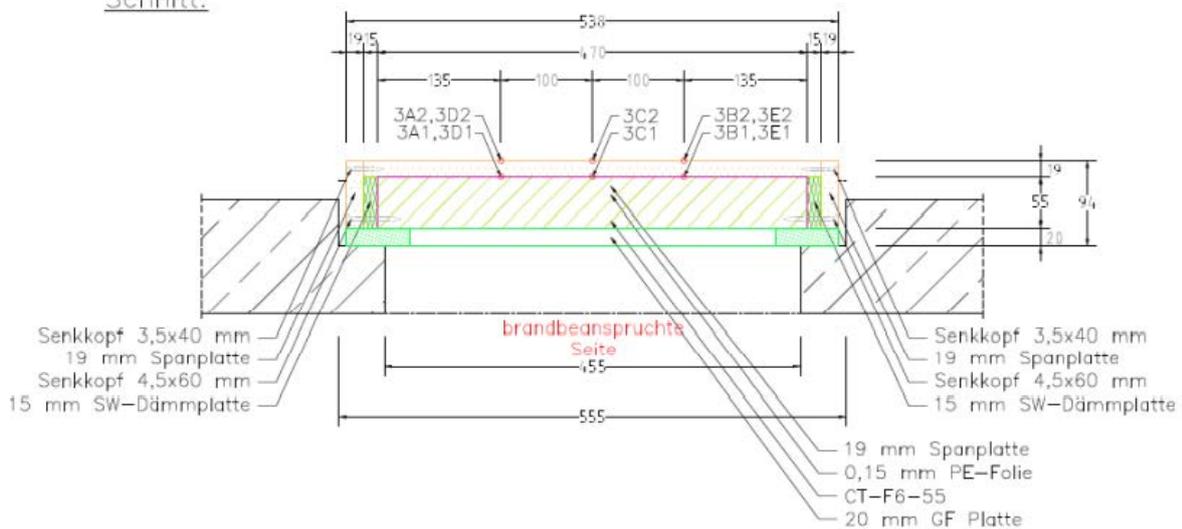


A.9.6.3. Aufbau des Probekörpers [V3]

Draufsicht:

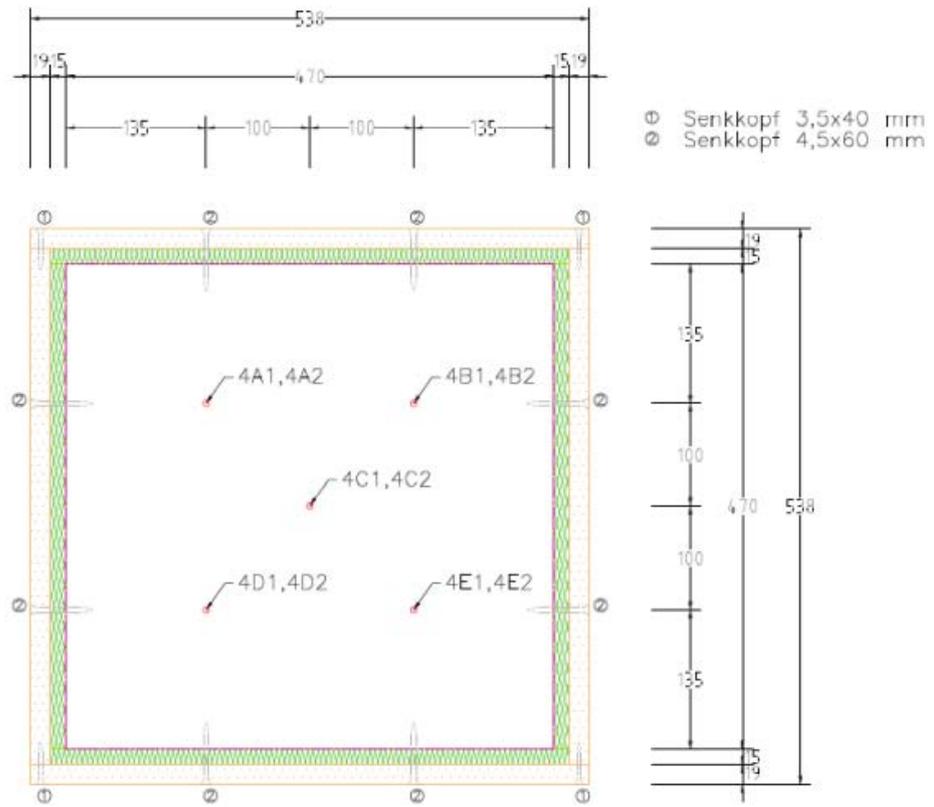


Schnitt:

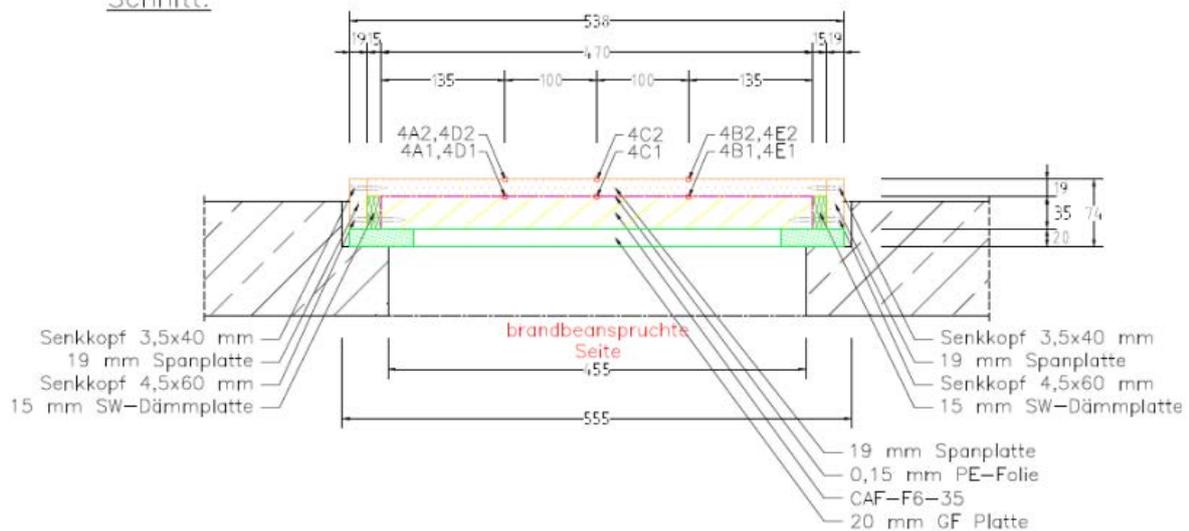


A.9.6.4. Aufbau des Probekörpers [V4]

Draufsicht:

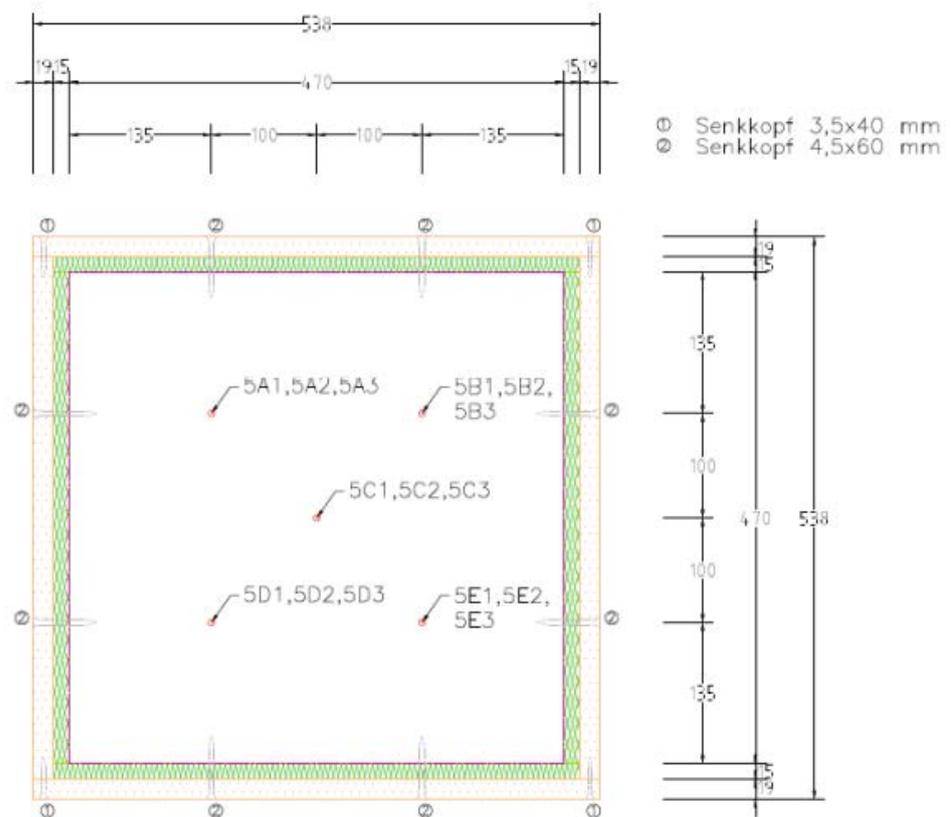


Schnitt:

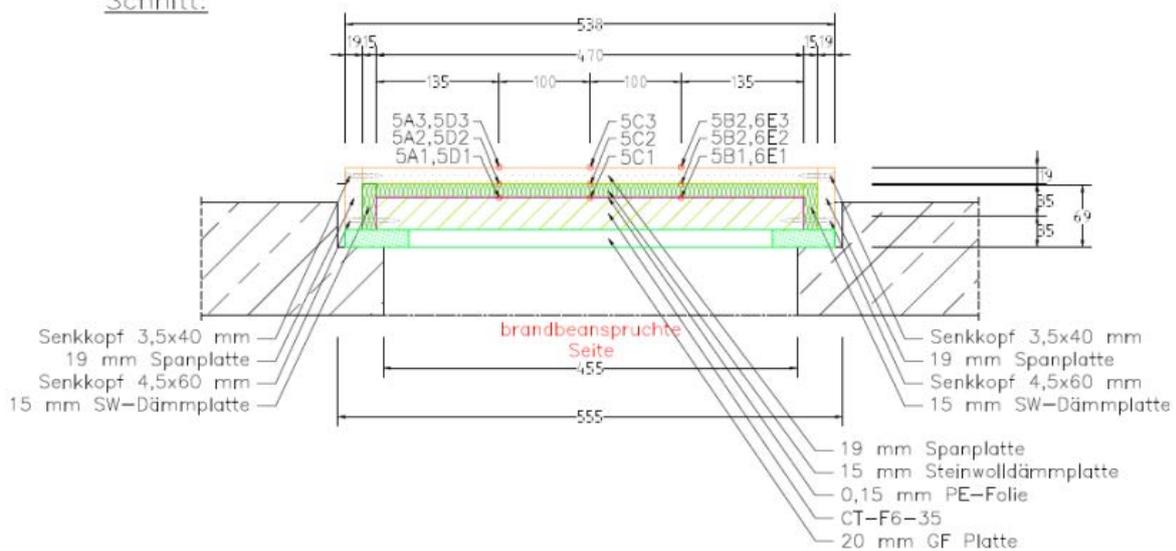


A.9.6.5. Aufbau des Probekörpers [V5]

Draufsicht:

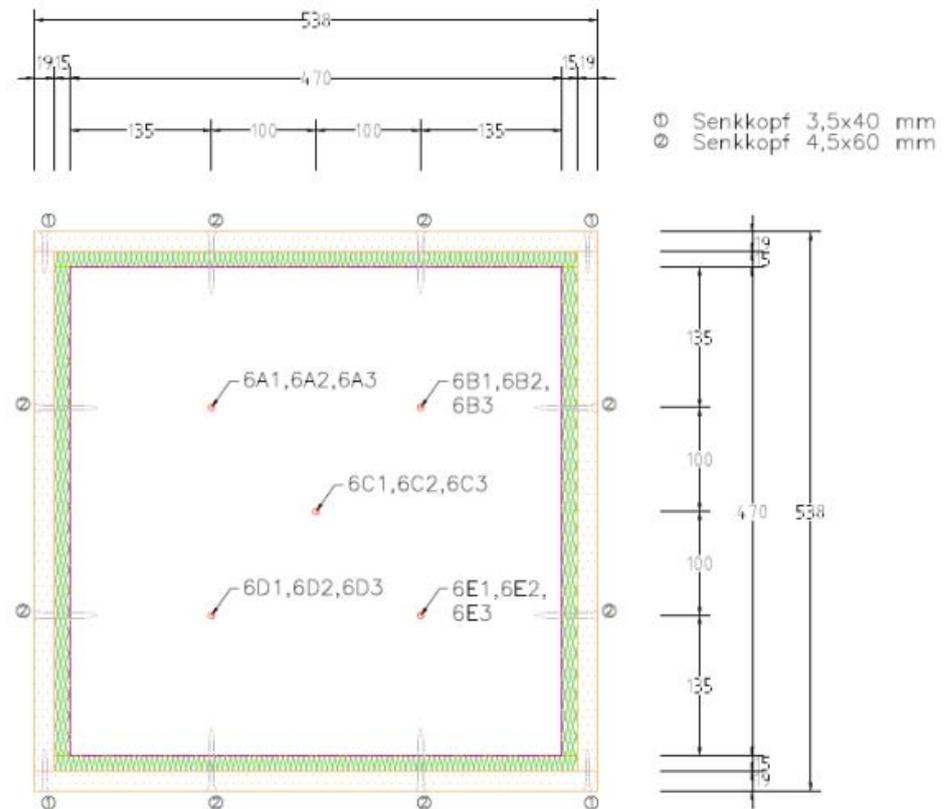


Schnitt:

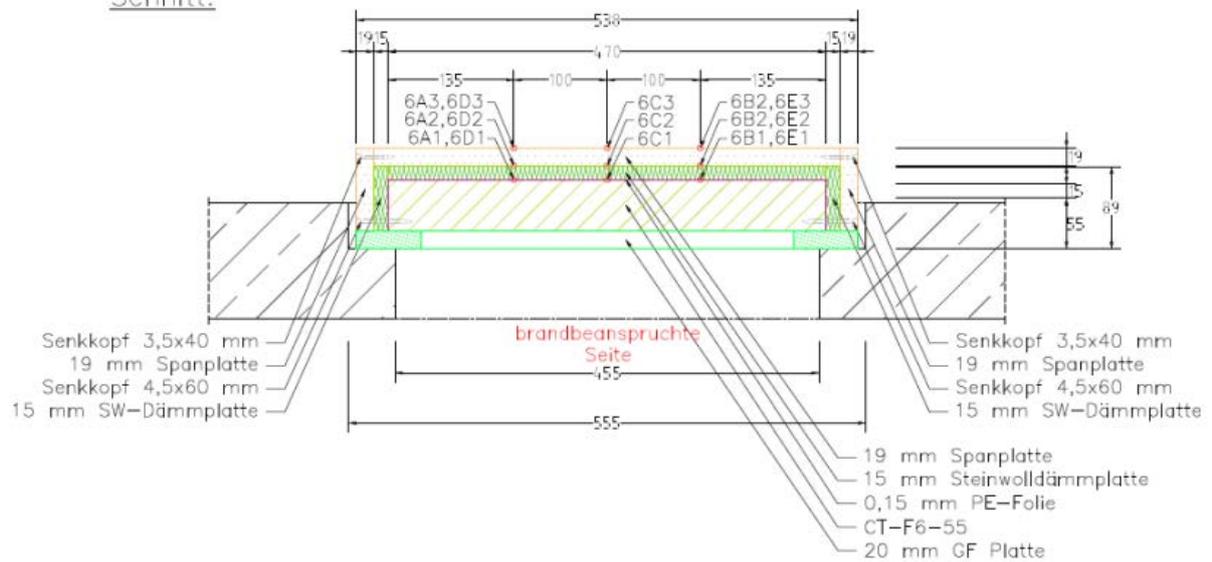


A.9.6.6. Aufbau des Probekörpers [V6]:

Draufsicht:

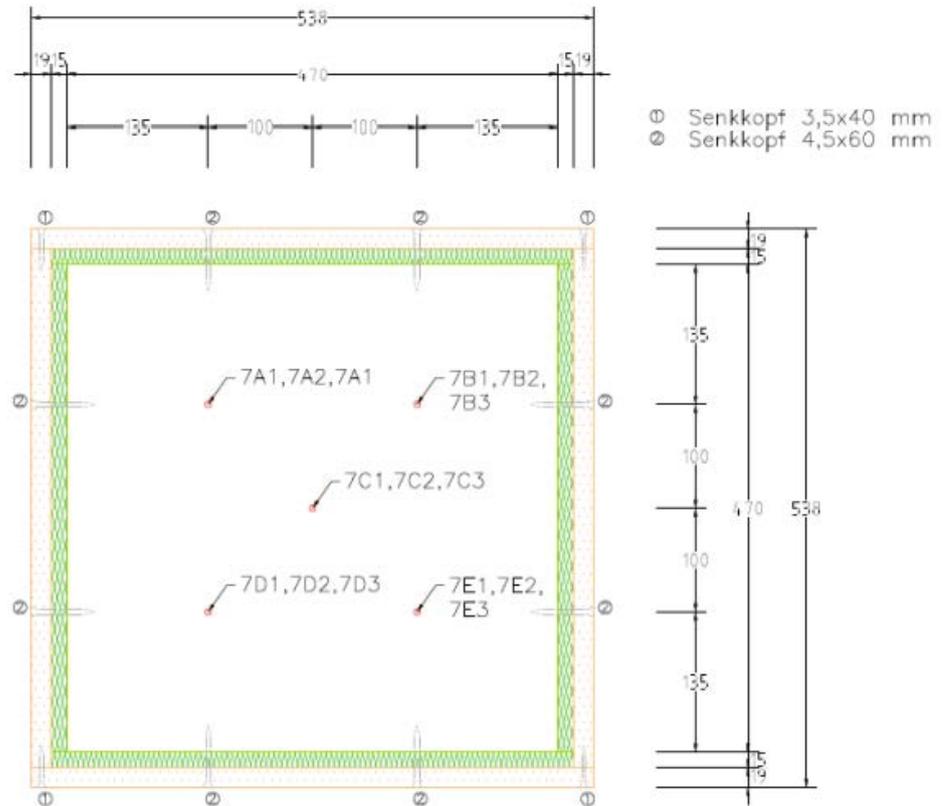


Schnitt:

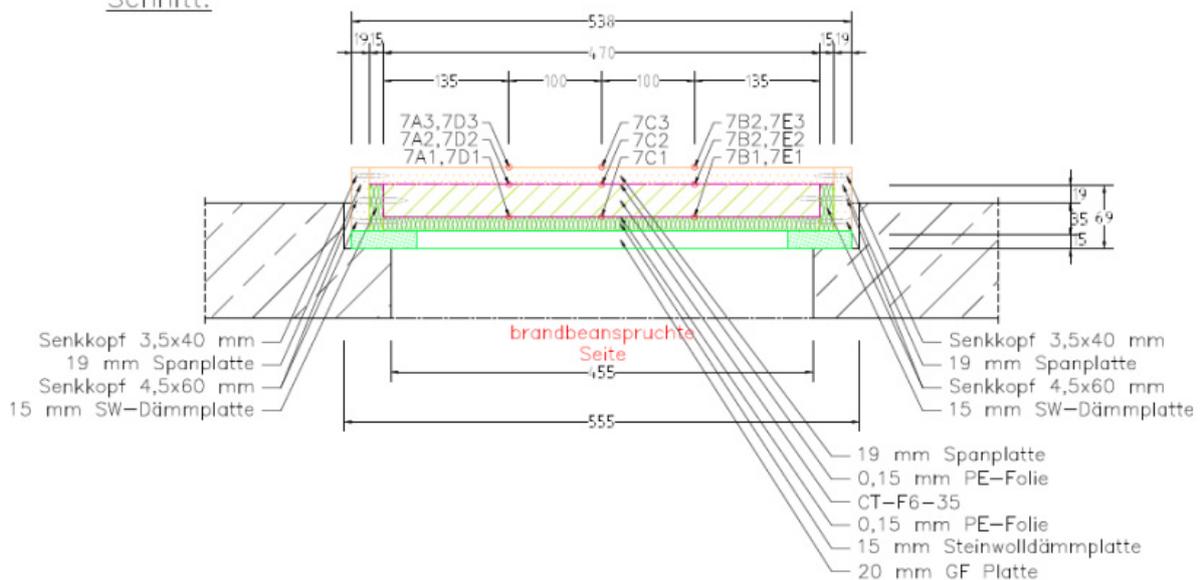


A.9.6.7. Aufbau des Probekörpers [V7]

Draufsicht:

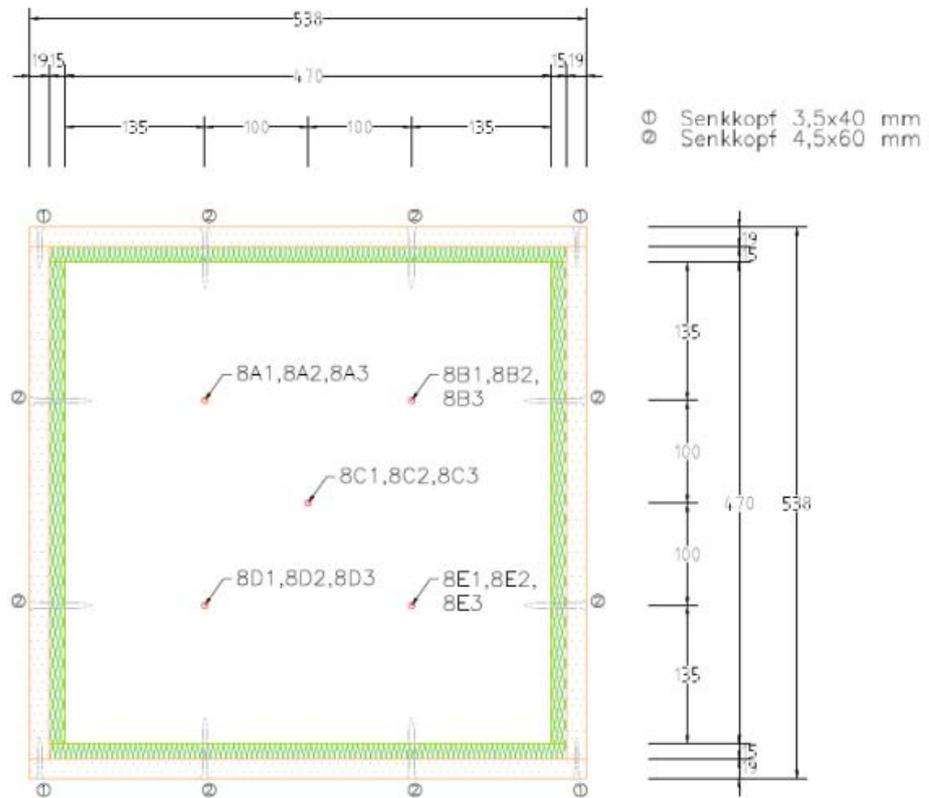


Schnitt:

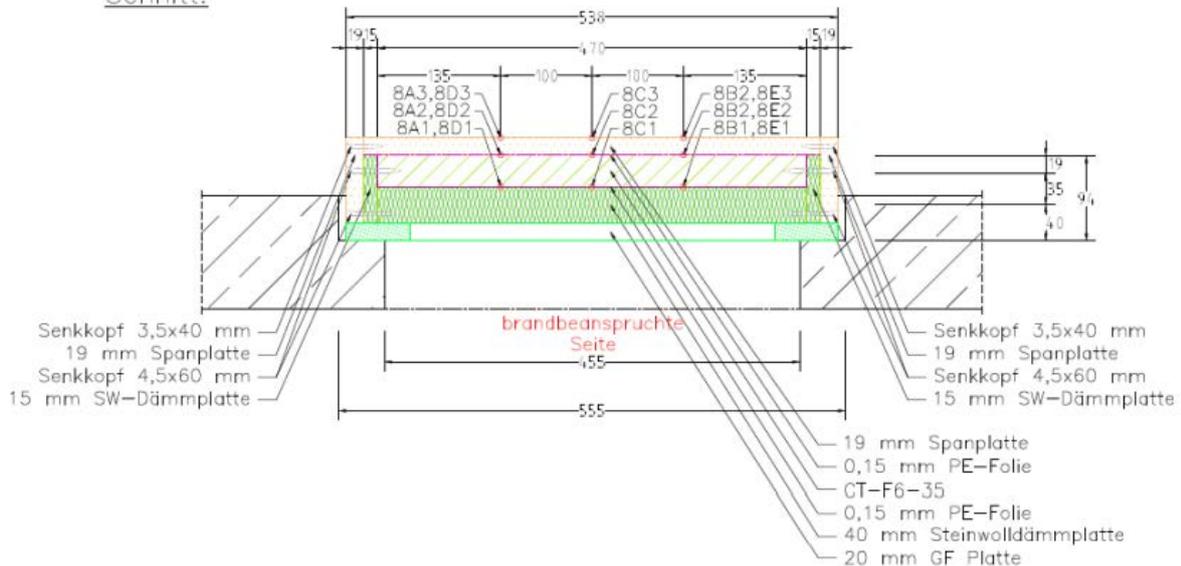


A.9.6.8. Aufbau des Probekörpers [V8]

Draufsicht:

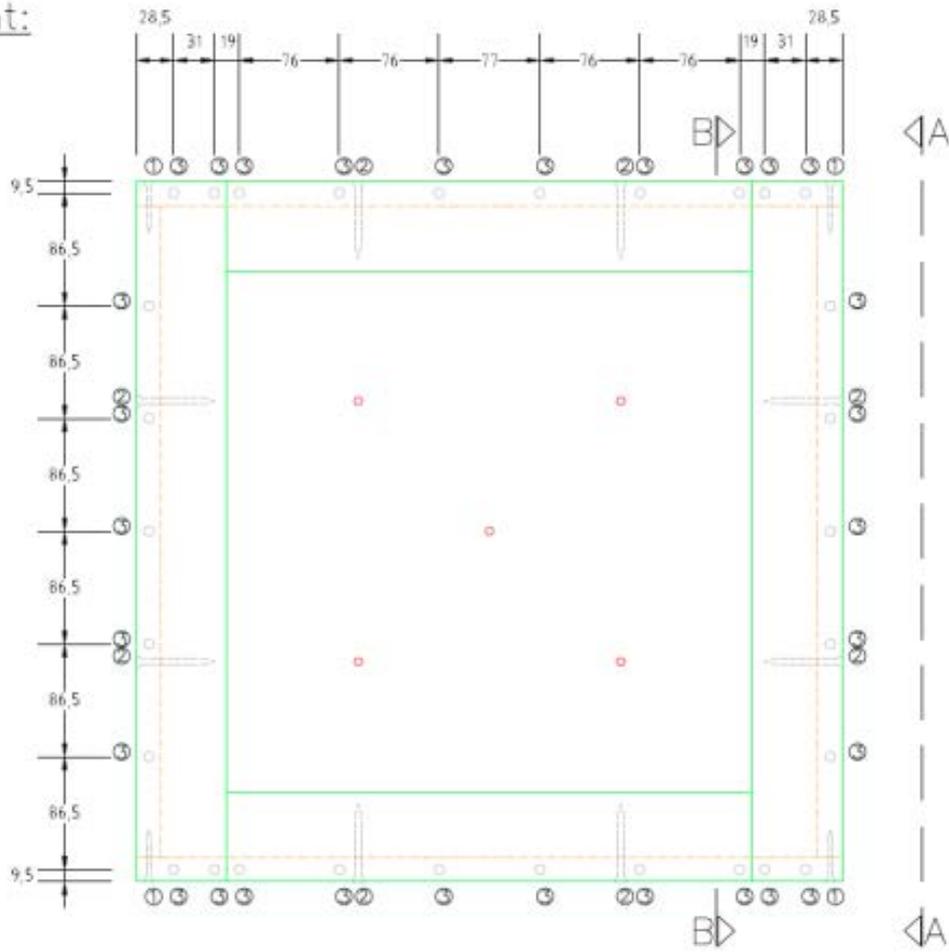


Schnitt:

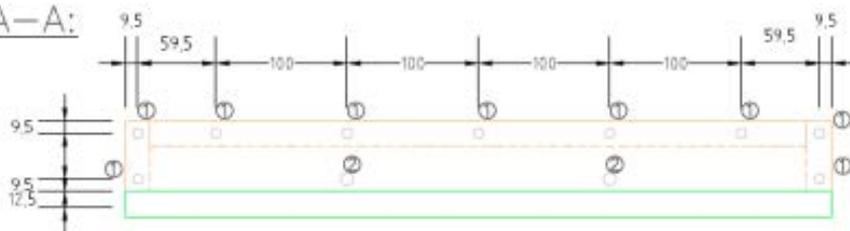


A.9.6.9. Schraubenbefestigung an den Probekörpern

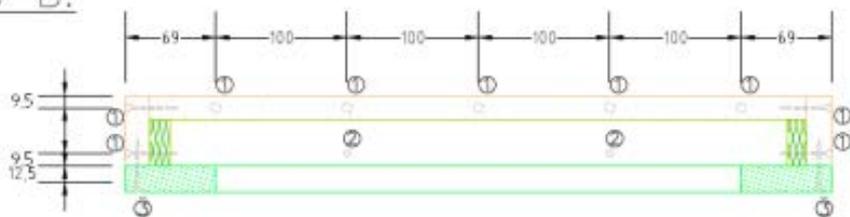
Untersicht:



Ansicht A-A:



Schnitt B-B:



A.9.7 Versuchsprotokolle der Brandversuche

A.9.7.1. Versuchsprotokoll des Brandversuchs V1 (26.08.2019)

Branddauer [min]	Beobachtungen	Bild
0	Versuchsbeginn: 12:45:30 Raumtemperatur: 28 °C	
18	Leichte Rauchentwicklung an der rechten Seite.	
22,5	Die leichte Rauchentwicklung ist auf beiden Seiten erkennbar.	1.1
24,5	Nicht plausible Werte der Oberflächenthermoelemente 1A2-1E2 werden bemerkt. Die Thermoelementdrähte werden daraufhin am Steckpult korrigiert angeordnet.	
35	Auf beiden Seiten ist nun eine eindeutige Rauchentwicklung erkennbar.	
37	Durch das Fenster im Brandofen ist erkennbar, dass Flammen vom Probekörper ausgehen.	
38	Ein Knacken war einmal von den Probekörpern ausgehend hörbar.	
56	Leichter Rauch entweicht nun aus der Thermoelementdurchführung der Spanplatte.	
60	Versuchsabbruch: 13:41:20	
	Nach dem Abkühlen und Freilegen der Estrichplatte sind feine Risse am Rand sichtbar ($d < 1,0$ mm, $l = 20-70$ mm). Überreste der PE-Folie zwischen Spanplatte und Estrich sind nicht mehr erkennbar.	1.2, 1.3, 1.4

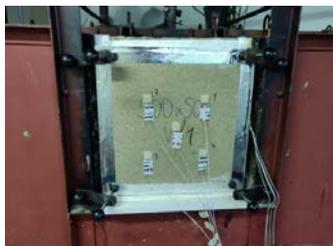


Bild 1.1



Bild 1.2



Bild 1.3



Bild 1.4

A.9.7.2. Versuchsprotokoll des Brandversuchs V2 (26.08.2019)

Branddauer [min]	Beobachtungen	Bild
0	Versuchsbeginn: 12:45:30 Raumtemperatur: 28 °C	
10,5	Leichte Rauchentwicklung an den Seiten des Spanplattenrahmens.	
11,5	Rauchentwicklung an der seitlichen Durchführung der Thermoelemente sichtbar.	2.1
17,0	Nicht plausible Werte der Oberflächenthermoelemente 2A2-2E2 werden bemerkt. Die Thermoelementdrähte werden daraufhin am Steckpult korrigiert angeordnet.	
38,0	Ein Knacken ist einmal von den Probekörpern ausgehend hörbar.	
48,0	Die Kanten des Aluklebebandes rollen sich ein.	
51,0	Auf der rechten Seite wird von außen zusätzliche Mineralwolle zwischen Probekörper und Ofenwandung gestopft.	
53,0	Die rechte Spanplatte raucht stark erkennbar, insbesondere im Bereich der Thermoelementdurchführung.	2.2
60,0	Versuchsabbruch: 13:41:20	
	Nach dem Abkühlen und Freilegen der Estrichplatte sind feine Risse am Rand erkennbar ($d < 1,0$ mm, $l = 30-110$ mm). Überreste der PE-Folie zwischen Spanplatte und Estrich sind nicht mehr erkennbar.	2.3, 2.4



Bild 2.1



Bild 2.2



Bild 2.3



Bild 2.4

A.9.7.3. Versuchsprotokoll des Brandversuchs V3 (27.08.2019)

Branddauer [min]	Beobachtungen	Bild
0,0	Versuchsbeginn: 07:42:51 Raumtemperatur: 25 °C	
22,0	Erste leichte Rauchschlieren sind in der oberen linken Ecke erkennbar.	
49,0	Eine stärkere Rauchentwicklung ist in der oberen linken Ecke sichtbar.	
68,0	Auf der rechten Seite ist ebenso eine Rauchentwicklung erkennbar.	
76,0	Die obere Wandung des Spankastens ist konvex verformt.	3.1
86,0	Auf beiden Seiten ist eine gute Rauchentwicklung erkennbar.	
89,0	Eine Rauchentwicklung aus der oberen Fuge zwischen Spanplatte und oberer Wandung ist sichtbar. Das Aluklebeband ist in diesem Bereich losgelöst.	3.2
102,0	Versuchsabbruch: 09:24:51	
	Nach Ausbau des Probekörpers brennt dieser aus der oberseitigen Fuge der Gipsfaserplatte und des Estrichs weiter.	3.3
	Nach dem Abkühlen und Freilegen der Estrichplatte sind feine Risse am Rand sichtbar ($d < 1,0$ mm, $l = 5-60$ mm). Überreste der PE-Folie zwischen Spanplatte und Estrich sind nicht mehr erkennbar.	3.4, 3.5
	Die brandzugewandte Seite der Spanplatte ist verkoht.	3.6



Bild 3.1



Bild 3.2



Bild 3.3

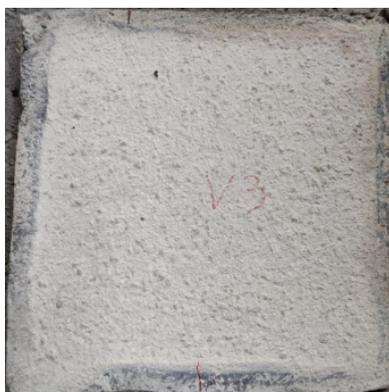


Bild 3.4



Bild 3.5



Bild 3.6

A.9.7.4. Versuchsprotokoll des Brandversuchs V4 (27.08.2019)

Branddauer [min]	Beobachtungen	Bild
0,0	Versuchsbeginn: 07:42:51 Raumtemperatur: 25 °C	
37,0	Leichte Rauchschlieren sind in der oberen linken Ecke erkennbar.	
49,0	Rauchentwicklung ist in der oberen linken Ecke sichtbar.	
55,0	Im unteren Bereich der Thermoelementdurchführung beginnt es zu rauchen.	
58,0	Das Aluklebeband beginnt sich im unteren Bereich zu lösen.	
60,0	Das Aluklebeband beginnt sich an den Seiten zu lösen.	
69,0	Eine leichte Rauchentwicklung ist an der linken Seite erkennbar.	
72,0	Eine leichte Rauchentwicklung ist an der rechten Seite erkennbar.	
74,0	Durch das Glasfenster sind Flammen vom Probekörper ausgehend sichtbar.	
76,0	Die obere Spankastenwand ist konvex verformt.	4.1
86,0	Auf beiden Seiten ist eine Rauchentwicklung gut sichtbar.	
93,0	Stellenweise ist eine leichte Verfärbung der Spanplatte erkennbar. Zudem verfärben und lösen sich die Klebestreifen zur Fixierung der Oberflächenthermoelemente.	4.2
97,0	Konkave Wölbung der Spanplatte.	4.3
102,0	Versuchsabbruch: 09:24:51	
	Nach Ausbau des Probekörpers brennt dieser aus der oberseitigen Fuge der Gipsfaserplatte und Estrich weiter.	4.4
	Beim Ablöschen des Probekörpers platzt die Oberfläche des Estrichs auf. Das Aufplatzen des Estrichs ist besonders an den feuchteren Streifen des Estrichs erkennbar. Diese Streifen sind durch das übereinandergestapelte Lagern der Probekörper entstanden. Zwischen den Probekörpern wurden Hölzer (40 x 105 x 550) gelegt, um das Austrocknen nicht zu behindern. Lediglich auf der Auflagefläche der Abstandshölzer konnte der Estrich nicht ungehindert trocknen.	4.5 4.4
	Nach dem Abkühlen und Freilegen der Estrichplatte sind große Risse sichtbar. Überreste der PE-Folie zwischen Spanplatte und Estrich sind nicht mehr erkennbar.	4.6
	Die Spanplatte brennt während dem Abkühlvorgangs vollständig durch.	4.7



Bild 4.1



Bild 4.2



Bild 4.3



Bild 4.4



Bild 4.5



Bild 4.6



Bild 4.7

A.9.7.5. Versuchsprotokoll des Brandversuchs V5 (27.08.2019)

Branddauer [min]	Beobachtungen	Bild
0,0	Versuchsbeginn: 13:06:51 Raumtemperatur: 32 °C	
23,0	Flüchtige Rauchschwaden kommen aus er oberseitigen Boh- rung. Durch diese verläuft das Mantelthermoelement.	
55,0	An der linken Seite sind Rauchschlieren erkennbar	
77,0	Konvexe Auswölbung der Spanplatte. Ebenso verhält sich die obere Prüfkörperwand.	5.1, 5.2
81,0	Durch das Ofenfenster sind Flammen vom Prüfkörper ausge- hend sichtbar.	
92,0	An den Seitenwänden des Prüfkörpers sind starke Verfärbun- gen erkennbar.	5.3
94,0	Die oberen Ecken verfärben sich leicht.	
116,0	Versuchsabbruch: 15:03:01	
116,5	Direkt nach Beendigung des Versuchs kommen auf der linken Seite Flammen heraus.	5.4
	Nach dem Abkühlen und Freilegen der Estrichplatte sind feine Risse am Rand sichtbar ($d < 1,0$ mm, $l = 30-60$ mm). Überreste der PE-Folie zwischen Spanplatte und Estrich sind nicht mehr erkennbar.	5.5, 5.6
	Die zwischenliegende Steinwolldämmplatte ist beidseitig schwarz verfärbt.	5.7
	Die brandzugewandte Seite der Spanplatte ist verkohlt.	5.8



Bild 5.1



Bild 5.2



Bild 5.3



Bild 5.4



Bild 5.5



Bild 5.6s



Bild 5.7



Bild 5.8

A.9.7.6. Versuchsprotokoll des Brandversuchs V6 (27.08.2019)

Branddauer [min]	Beobachtungen	Bild
	Thermoelement 6D2 ist defekt. Zur längeren Versuchsdurchführung werden die Seiten zwischen Versuchskörper und Ofenwand mit Mineralwolle verstopft. Weiterhin wird auf die obere Wandung der Spanplatte eine Gipsfaserplatte (d = 15 mm) festgeschraubt.	6.1
0	Versuchsbeginn: 09:02:27 Raumtemperatur: 28 °C	
25	Flüchtige Rauchschwaden kommen aus der oberseitigen Bohrung. Durch diese verläuft das Mantelthermoelement.	
83	Rauchentwicklung an den oberen Ecken.	6.1
93	Eine Rauchentwicklung ist nun auch an den unteren Ecken gegeben.	
129	Eine zusätzliche Gipsfaserplatte (d = 15 mm) wird oben links als horizontale Abdeckung montiert.	6.3
134	Auf die Spanplatte wird zur Sicherung eine Gipsfaserplatte (d = 15 mm) geschraubt. Am Rand wird mit Mineralwolle die Auswölbung der Spanplatte ausgeglichen.	6.2, 6.3
163	Verfärbung der zusätzlichen Gipsfaserplatte an den unteren Ecken.	
165	Versuchsabbruch aufgrund von Durchbrand: 11:47:02	6.3
	Nach dem Ausbau brennt der Versuchskörper selbstständig weiter.	
	Beim Freilegen der Estrichplatte ist diese aufgrund von Unachtsamkeit zerbrochen. Dennoch sind feine Risse am Rand sichtbar (d < 1,0 mm, l = 30-170 mm). Überreste der PE-Folie zwischen Spanplatte und Estrich sind nicht mehr erkennbar.	6.4, 6.5
	Die zwischenliegende Steinwollämmplatte ist beidseitig schwarz verfärbt.	6.6
	Die brandzugewandte Seite der Spanplatte ist verkohlt. Die oberen Ecken der brandabgewandten Seite sind durchgebrannt.	6.7
	Die brandzugewandte Seite der Gipsfaserplatte ist mittig verfärbt. Die aufgeklebte Steinwolle ist in den oberen Ecken schwarz verfärbt.	6.8

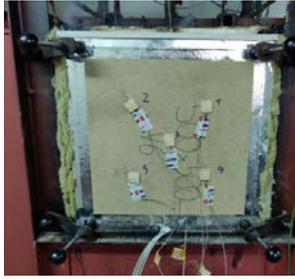


Bild 6.1



Bild 6.2



Bild 6.3



Bild 6.4



Bild 6.5



Bild 6.6



Bild 6.7

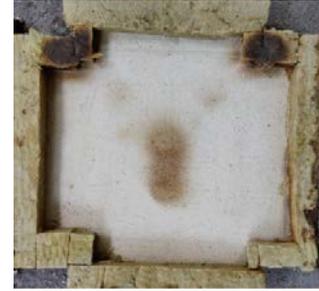


Bild 6.8

A.9.7.7. Versuchsprotokoll des Brandversuchs V7 (26.08.2019)

Branddauer [min]	Beobachtungen	Bild
0,0	Versuchsbeginn: 13:06:51 Raumtemperatur: 32 °C	
2,0	Das Thermoelement 7C2 wird als Ausreißer erkannt; dessen Werte springen um 50 K.	
77,0	Konvexe Auswölbung der Spanplatte. Ebenso verhält sich die obere Prüfkörperwand.	7.1, 7.2
85,0	Seitliche Rauchschwaden sind erkennbar.	
92,0	Starke seitliche Verfärbungen treten auf.	
108,0	Seitlicher Durchbrand, dieser wird mit Steinwolle verstopft.	7.3
116,0	Versuchsabbruch: 15:03:01	
116,5	Direkt nach Beendigung des Versuchs kommen auf der linken oberen Seite Flammen heraus.	7.4
	Nach dem Ausbau des Versuchskörpers ist die Steinwoll-dämmplatte unversehrt. Sie ist lediglich leicht vergilbt. Nach dem Ablöschen und Freilegen des Estrichs ist die Steinwoll-dämmplatte porös und fällt leicht auseinander.	7.5
	Auf der brandzugewandten Seite des Estrichs ist die PE-Folie nicht mehr vorhanden. Auf der brandabgewandten Seite ist sie stark angeschmolzen.	7.6, 7.7
	Die brandzugewandte Seite der Spanplatte ist großflächig schwarz verfärbt.	7.8



Bild 7.1



Bild 7.2



Bild 7.3



Bild 7.4



Bild 7.5



Bild 7.6

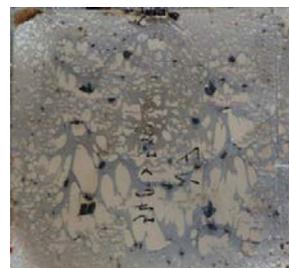


Bild 7.7



Bild 7.8

A.9.7.8. Versuchsprotokoll des Brandversuchs V8 (27.08.2019)

Branddauer [min]	Beobachtungen	Bild
	Zur längeren Versuchsdurchführung werden die Seiten zwischen Versuchskörper und Ofenwand mit Mineralwolle verstopft. Weiterhin wird auf die obere Wandung der Spanplatte eine Gipsfaserplatte (d = 15 mm) festgeschraubt.	8.1
0	Versuchsbeginn: 09:02:27 Raumtemperatur: 28 °C	
5	Die Werte des Thermoelements 8A1 sind auffällig hoch. Die Werte des Thermoelements 8C2 sind anfangs auffällig hoch.	
15	Das Thermoelement 8D3 ist leicht verrutscht	8.2
25	Flüchtige Rauchschwaden kommen aus der oberseitigen Bohrung. Durch diese verläuft das Mantelthermoelement.	
83	Rauchentwicklung an den oberen Ecken.	
106	Rauchentwicklung an der unteren rechten Ecke.	
149	Eine zusätzliche Gipsfaserplatte (d = 15 mm) wird oben links als Abdeckung montiert.	8.3
158	Auf die rechte Seite des Versuchskörpers wird eine Gipsfaserplatte zur Abdeckung montiert.	8.3
162	Verfärbung der seitlich montierten Gipsfaserplatte.	
165	Versuchsabbruch aufgrund von Durchbrand: 11:47:02	
	Nach dem Ausbau brennt der Versuchskörper selbstständig weiter.	
	Die Steinwolldämmplatte ist unversehrt. Sie ist lediglich leicht vergilbt. Nach dem Ablöschen und Freilegen des Estrichs ist die Steinwolldämmplatte porös und fällt leicht auseinander.	8.4
	Auf der brandzugewandten Seite des Estrichs ist die PE-Folie beinahe vollständig zersetzt. Auf der brandabgewandten Seite ist sie stark angeschmolzen.	8.5, 8.6
	Die brandzugewandte Seite der Spanplatte ist auf der linken unteren Ecke im Bild (die rechte untere Ecke von der brandabgewandten Seite aus betrachtet) schwarz verfärbt.	8.7



Bild 8.1

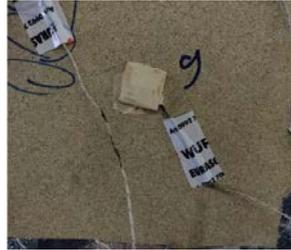


Bild 8.2



Bild 8.3



Bild 8.4



Bild 8.5



Bild 8.6



Bild 8.7

**A.10 Prüfberichte zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Wandausschnitt – Steinwolle-
dämmstoffe mit hohen Rohdichten und großer Dicke (V1 bis V7)**

Prüfbericht-Nr.	TUM 30-09-30_01 Wandausschnitt – Steinwolle-dämmstoffe mit hohen Rohdichten und großer Dicke (V1 bis V7)
Gegenstand	Brandversuch nach DIN 4102-08: Steinwolle-dämmstoffe mit hohen Rohdichten und großer Dicke (V1 bis V7)
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	30.09.2020 – 13.10.2020
Datum Bericht	01.12.2020
Anzahl Seiten des Berichts	11

A.10.1 Übersicht und Aufbau

Zur Untersuchung des Wärmedurchgangs wurden an der MFPA Leipzig und der Holzfor-
schung München sechs Brandversuche nach DIN 4102-8 durchgeführt. Tabelle A.10.1-1 stellt
ihren Aufbau, die verwendete Steinwolle und die jeweilige Zielsetzung dar.

Tabelle A.10.1-1: Aufbau und Zielsetzung der Versuchskörper

Nr.	Aufbau	Gesuchter Parameter	Zielsetzung
V1	15 mm Steinwolle (118,3 kg/m ³) 0,10 mm PE-Folie 40 mm Beton-Terrassenplatte 0,10 mm PE-Folie 19 mm Spanplatte	$t_{prot,SW,EX}$	Verifizierung mittels Simulation ermittelter Werte für Fußbodenaufbauten mit CT-Est- rich
V2	15 mm Steinwolle (118,3 kg/m ³) 19 mm Spanplatte	$t_{prot,0,SW,EX}$	Referenzversuch für V1
V3	25 mm Steinwolle (118,6 kg/m ³) 19 mm Spanplatte	$t_{prot,0,SW,EX}$	Verifizierung der Berechnung nach der SFM für geringe Dicken
V4	25 mm Steinwolle (173,6 kg/m ³) 19 mm Spanplatte	$t_{prot,0,SW,EX}$	Verifizierung der Berechnung nach der SFM für hohe Rohdichten
V5	40 mm Steinwolle (117,7 kg/m ³) 19 mm Spanplatte	$t_{prot,0,SW,EX}$	Verifizierung der Berechnung nach der SFM für geringe Dicken
V6	180 mm Isover Ultimate (38,2 kg/m ³) 19 mm Spanplatte	$t_{prot,0,Ulimate,EX}$	Verifizierung der Berechnung nach der SFM für hohe Dicken
V7	180 mm Steinwolle (28,6 kg/m ³) 19 mm Spanplatte	$t_{prot,0,SW,EX}$	Verifizierung der Berechnung nach der SFM für hohe Dicken

SFM: Separating Function Method

Um lange Trocknungszeiten zu verhindern, wurde in V1 der CT-Estrich durch eine Terrassen-
platte aus Beton mit einer Rohdichte von 2210 kg/m³ und einer Restfeuchte von
 $u_{103} = 2,5$ M.-% verwendet.

A.10.2 Versuchsbeschreibung

Die Prüfkörper werden in einem Teil-8 Ofen (vgl. DIN 4102-8 [1]) bei einseitiger ETK brandbe-
anspruchst geprüft. In die Öffnungen des Brandraums werden die Prüfkörper vertikal einge-
setzt. Die Messungen der Temperatur durch die Thermoelemente werden in einem Zeitinter-
vall $\Delta t \leq 10$ s aufgezeichnet.

Hierbei erfolgte sowohl die Messung und Steuerung der Ofeninnentemperatur mittels Platten-
Thermometer als auch die Messung des Ofendrucks gemäß europäischer DIN EN 1363-1 [2].
Der Aufbau des Ofens selbst entsprach der nationalen DIN 4102-8 [1]. Direkt vor der Probe-
körperoberfläche wurde zusätzlich ein Mantelthermoelement angebracht.

Zur Beflammung diente bei der Prüfstelle in Leipzig ein manuell gesteuerter Ölbrenner. Für
die Temperaturmessung innerhalb der Prüfkörper wurden Thermoelemente Typ K mit verdrill-
ten Spitzen eingesetzt. Auf den feuerabgewandten Rückseiten kamen Oberflächenthermoele-
mente zum Einsatz.

A.10.3 Bau der Probekörper

Die Versuchsaufbauten sind eingefasst in einem 540 x 540 mm großen Trägerkasten aus Gipsfaserplatten mit einer Rohdichte von ca. 1200 kg/m³. Als feuerabgewandte Bekleidung wurden 19 mm dicke Spanplatten der Fläche 500 x 500 mm verwendet. Der Trägerkasten wurde mit Spanplattenschrauben an der Spanplatte befestigt und in sich mit Gipsbauschrauben verbunden.

A.10.4 Material

Baustoff	Hersteller	Dicke	Rohdichte [kg/m ³]
Spanplatte	BelSpan P2	19 mm	> 600 kg/m ³
Terrassenplatte Beton	-	40 mm	2210 kg/m ³
Isover Akustik EP 5	Isover	15 mm	120 kg/m ³
Isover Akustik EP 5	Isover	25 mm	120 kg/m ³
Isover Akustik EP 5	Isover	25 mm	180 kg/m ³
Isover Akustik EP 5	Isover	40 mm	120 kg/m ³
Isover Akustik Ultimate ZKF 031 5	Isover	180 mm	38 kg/m ³
Rockwool	Rockwool	180 mm	29 kg/m ³

A.10.5 Fotodokumentation



Abbildung A.10.5-1: Trägerkasten V5 mit abgedichteten Fugen

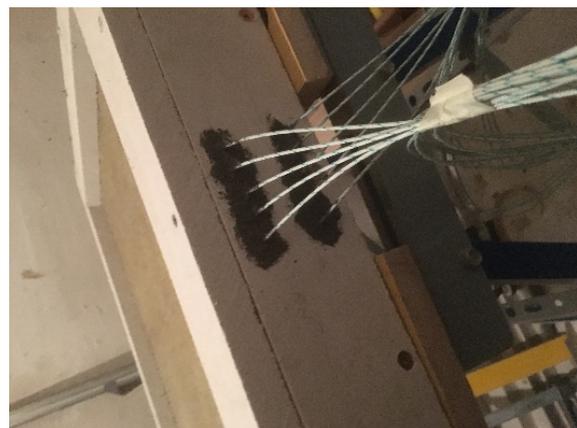


Abbildung A.10.5-2: Äußere Abdichtung mit Brandschutzsilikon



Abbildung A.10.5-3: Ansicht V1



Abbildung A.10.5-4: In Teil-8-Ofen eingebauter V1

Tabelle A.10.5-1: Versuchsprotokoll des Brandversuchs V1 am 30.09.2020 an der MFPA Leipzig

Versuchszeit [h: min] Aufbau	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0:00	Zündung des Brenners 13:52 Uhr	-
0:11	Mantelthermoelement zur Messung der Oberflächentemperatur innerhalb des Ofens ist vom Prüfkörper weggebogen.	F
1:10	An Thermoelement-Durchführungen steigt leichter Rauch auf.	FA
1:20	Leichter Rauch, keine Verfärbungen der Spanplatte.	FA
1:40	Aluklebeband wölbt sich leicht. Vereinzelt helle Flecken auf der Spanplatte	FA
1:48	Versuchsende	FA



Abbildung A.10.5-5: V1 nach der Brandprüfung



Abbildung A.10.5-6: V1 Betonplatte mit entfernter Dämmschicht nach dem Brandversuch

Tabelle A.10.5-2: Versuchsprotokoll des Brandversuchs V2 am 30.09.2020 an der MFPA Leipzig

Versuchszeit [h:min] Aufbau	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0:00	Zündung der Brenner 10:29 Uhr	-
0:02	Abbruch aufgrund einer Fehlzündung	-
0:00	Erneute Zündung der Brenner 10:41 Uhr	-
0:18	Mantelthermoelement steht von Probekörperoberfläche ab	F
0:21	Flammenbildung auf der Dämmstoffschicht	F
0:50	Spanplatte beginnt, sich dunkel zu verfärben	FA
0:56	Deutliche Verdunkelung	FA
1:01	Aufwölben und Rissbildung der stark verdunkelten Spanplatte	FA
1:06	Durchbrand auf Rückseite und Abdeckung mit einer Gipsfaserplatte	FA
1:09	Versuchsende	-

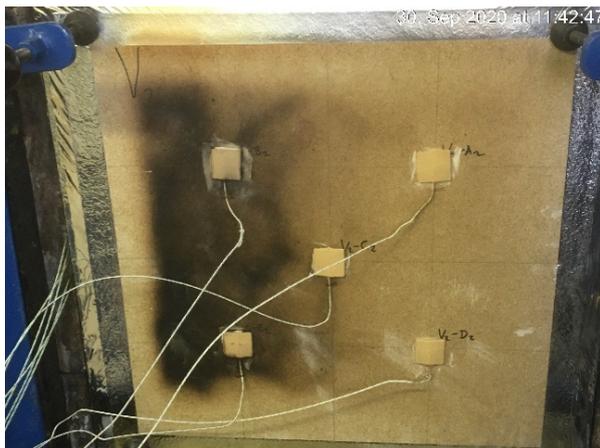


Abbildung A.10.5-7: V2 in der Prüfminute 61



Abbildung A.10.5-8: V2 Mineralwolle nach dem Brandversuch

Tabelle A.10.5-3: Versuchsprotokoll des Brandversuchs V3 am 30.09.2020 an der MFPA Leipzig

Versuchszeit [h:min] Aufbau	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0:00	Zündung der Brenner 10:29 Uhr	-
0:02	Abbruch aufgrund einer Fehlzündung	-
0:00	Erneute Zündung der Brenner 10:41 Uhr	-
0:17	Leichter Feuchtedurchtritt an Spanplatte	FA
0:30	Flammenbildung auf der Dämmstoffschicht	F
0:49	Verstärkte Bildung von Feuchte-Flecken	FA
0:50	Spanplatte beginnt, sich dunkel zu verfärben	FA
1:07	Deutlichere Verfärbung der Rückseite der Spanplatte	FA
1:09	Versuchsende	-



Abbildung A.10.5-9: V3 nach dem Brandversuch, Mineralwolle feuerzugewandt

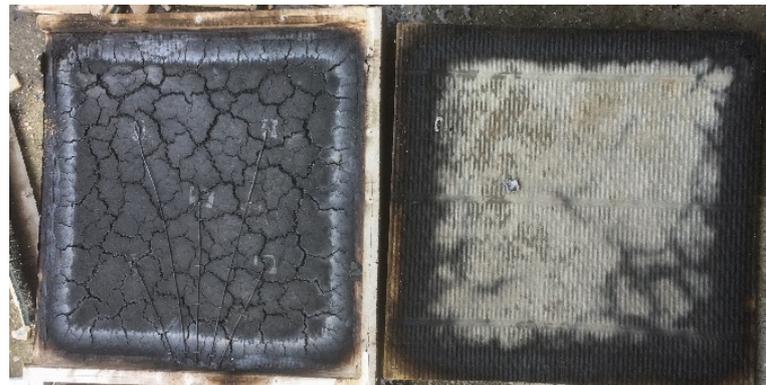


Abbildung A.10.5-10: V3 nach dem Brandversuch, Ebene zwischen Dämmung und Spanplatte

Tabelle A.10.5-4: Versuchsprotokoll des Brandversuchs V4 am 01.10.2020 an der MFPA Leipzig

Versuchszeit [h:min] Aufbau	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0:00	Zündung der Brenner 08:31 Uhr	-
0:04	Zusätzliche Abdichtung der Fugen mit Steinwolle und Conlith	FA
0:40	Einzelne Flammen am Probekörper im Ofen sichtbar	F
0:54	Rauchentwicklung am Prüfkörper	FA
1:24	Beginn der Verfärbung der Spanplatte	FA
1:37	Starke netzartige Verfärbung der Spanplattenrückseite	FA
1:42	Rissbildung an der Spanplatte	FA
1:43	Versuchsende	-



Abbildung A.10.5-11: V4, Probekörper eingebaut in den Teil-8 Ofen



Abbildung A.10.5-12: Feuerabgewandte Seite von V4 (Prüfminute 102)



Abbildung A.10.5-13: V4 nach dem Brandversuch, Mineralwolle feuerzugewandt



Abbildung A.10.5-14: V4 nach dem Brandversuch, Ebene zwischen Dämmung und Spanplatte

Tabelle A.10.5-5: Versuchsprotokoll des Brandversuchs V5 am 01.10.2020 an der MFPA Leipzig

Versuchszeit [h:min] Aufbau	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0:00	Zündung der Brenner 08:31 Uhr	-
0:08	Zusätzliche Abdichtung der Fugen mit Conlith.	FA
0:30	Leichte Rauchentwicklung am Prüfkörper	FA
1:18	Rauchentwicklung am Prüfkörper	FA
1:38	Beginn der Verdunkelung der Spanplatte	FA
1:43	Versuchsende	-

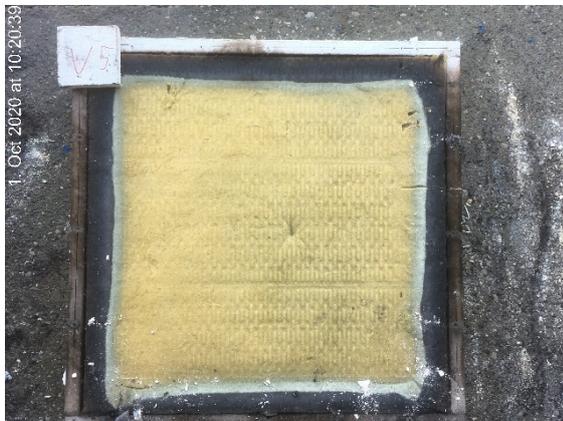


Abbildung A.10.5-15: V5 nach dem Brandversuch, Mineralwolle feuerzugewandt



Abbildung A.10.5-16: V5 nach dem Brandversuch, Querschnitt

Tabelle A.10.5-6: Versuchsprotokoll des Brandversuchs V6 am 30.09.2020 an der MFPA Leipzig

Versuchszeit [h: min]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0:00	Zündung der Brenner 13:52 Uhr.	-
1:17	Rauchaustritt an Thermoelement-Durchführungen und Fuge Trägerkasten links oben. Nachdichtung mit Conlith	FA
1:34	Erneuter Rauchaustritt und Glühen Fuge Trägerkasten oben links. Abdecken der Fuge mit Steinwolle- Streifen	FA
1:44	Allseitige Schwarzfärbung Trägerkasten	FA
1:44	Lokale Verfärbung Spanplatte links	FA
1:49	Durchbrand Spanplatte links	FA
1:49	Versuchsende	FA



Abbildung A.10.5-17: V6, Probekörper vor der Brandprüfung im Gipsrahmen



Abbildung A.10.5-18: Feuerabgewandte Seite von V7 (Prüfminute 109)



Abbildung A.10.5-19: V6 nach dem Brandversuch, Mineralwolle feuerzugewandt



Abbildung A.10.5-20: V6 nach dem Brandversuch, Querschnitt

Tabelle A.10.5-7: Versuchsprotokoll des Brandversuchs V7 am 13.10.2020 an der Holzforschung München

Versuchszeit [h:min] Aufbau	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0:00	Zündung der Brenner 09:26 Uhr	-
0:10	Einfahren des Ofens ist beendet, ETK erreicht.	-
0:14	Rauchaustritt feuerabgewandt unten links	FA
0:19	Nachträgliche Abdichtung mit Steinwolle	FA
1:05	Deutliches diagonales Temperaturgefälle zwischen den Messtellen	FA
1:50	Braune Verfärbung des Gipsfaserrahmens feuerabgewandt links	FA
2:00	Versuchsende	-



Abbildung A.10.5-21: V7, Probekörper, Ansicht vor Einbau



Abbildung A.10.5-22: Feuerabgewandte Seite von V7 (Prüfminute 102)

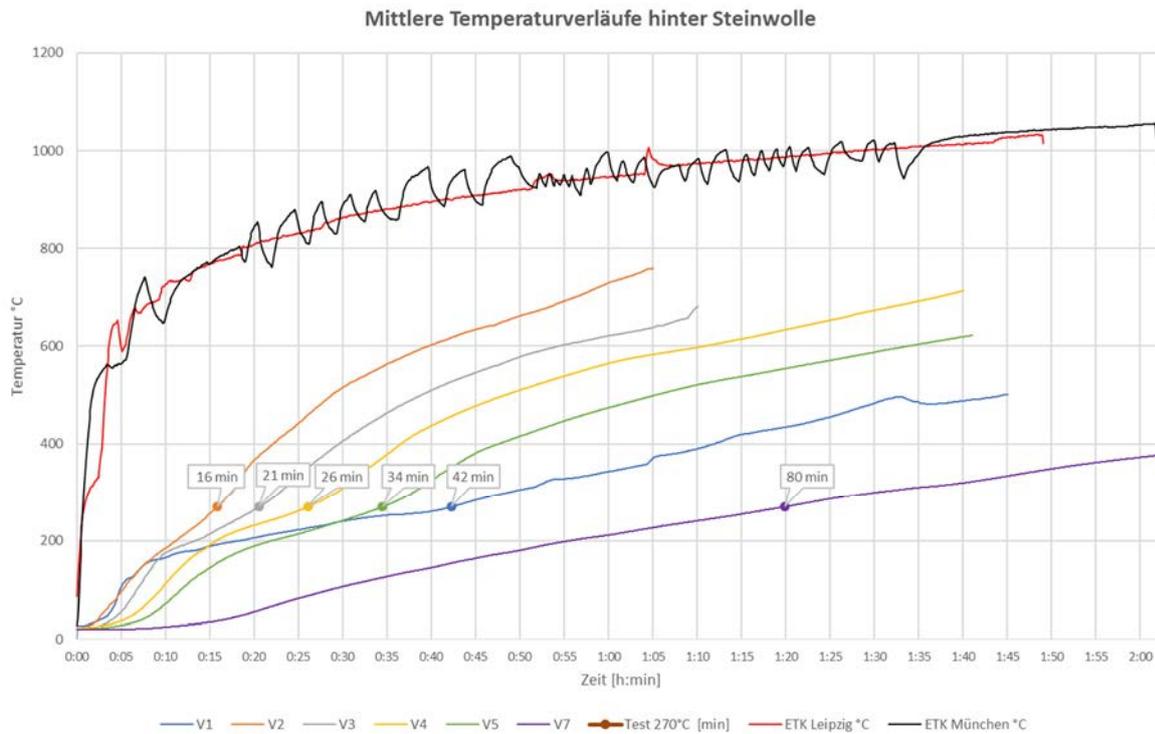


Abbildung A.10.5-23: V7 nach dem Brandversuch, Mineralwolle feuerzugewandt



Abbildung A.10.5-24: V7 nach dem Brandversuch, Querschnitt

A.10.6 Vergleich der Ergebnisse



Der Temperaturverlauf „ETK Leipzig“ (rot) basiert auf den Versuchen V1 – V6. Der Temperaturverlauf „ETK München“ (schwarz) basiert auf dem Versuch V7.

Abbildung A.10.6-1: Mittlere Temperaturverläufe hinter Steinwolle

In Abbildung A.10.6-1 sind die hinter den Dämmschichten gemessenen und gemittelten Temperaturverläufe der Versuche V1 bis V7 zusammengefasst. Hierbei wurden die bei 270 °C ermittelten Grundschutzzeiten dargestellt.

A.11 Prüfbericht zu Brandversuch im 5x4-Meter-Deckenofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-03-24_01 Großversuch Decke-V1-Gipsplatten
Gegenstand	Brandversuch zur Untersuchung des Abfallverhaltens von Gipsplatten mit unterschiedlichen Hinterlegungsmaterialien – unbelastete Decke geteilt in Holztafelbauelement und Massivholzelement
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	24.03.2021
Datum Bericht	30.04.2021
Anzahl Seiten des Berichts	26

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.11.1 Allgemeines

Vom Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München wurde an der Prüfanstalt MFPA Leipzig GmbH ein Brandversuch zum Vergleich des Versagens von Gipsplatten mit unterschiedlichen Hinterlegungsmaterialien durchgeführt. Der Brandversuch wurde als unbelasteter Großbrandversuch einer Decke (ca. 4,7 x 3,8 m) in Anlehnung an DIN EN 1363-1 (2012), unter Berücksichtigung entsprechend der Randbedingungen der DIN EN 13381-7 (2019) durchgeführt. In diesem Prüfbericht werden der konstruktive Aufbau, die Montage des Probekörpers, die Prüfbedingungen und die Ergebnisse der Brandprüfung zusammengefasst.

A.11.2 Geprüfte Konstruktion

Die Abmessungen des Prüfkörpers sind $B \times H = 4690 \times 3770$ mm, was sich in ein $B \times H = 4690 \times 1875$ mm Holztafelbauelement und ein $B \times H = 4690 \times 1875$ mm Massivholzelement aufteilt. In die Trennfuge der beiden Hälften wurde ein 20 mm dicker Dämmstreifen (Steinwolle) eingebracht und die Elemente wurden mit Teilgewindeschrauben (ASSY 4 WH 6x200/70mm) vom Massivholzelement zum Holztafelbauelement verbunden.

Das **Holztafelbauelement** (HBT) besteht aus Randbalken mit den Abmessungen $B \times H = 80 \times 200$ mm und neun Balken mit den Abmessungen $B \times H = 60 \times 200$ mm im Feld, die mit einem Achsabstand von 625 mm über die kurze Seite dieser Prüfkörper-Hälfte spannen und durch Schwalbenschwanzverbindungen mit dem Randbalken verbunden werden. Die beiden äußersten Felder sind schmaler, um die Befestigung der 2,0 m langen Gipskartonplatten, von der Mitte des Prüfkörpers gemessen, und den Achsabstand (die Spannweite) von 625 mm zu ermöglichen. Alle Gefache werden mit Rockwool Steinwolle ($\rho = 46,3 \text{ kg/m}^3$) voll gedämmt, wobei die Dämmung mit einem Übermaß von ca. 10 mm eingeklemmt wird. Auf der feuerzugewandten Seite wird der Tragrahmen mit 18 mm dicken Knauf Gipskartonplatten ($\rho = 779,4 \text{ kg/m}^3$) bekleidet. Zwei Gipskartonplatten werden mit den Abmessungen 1250×2000 mm angebracht, die restliche Fläche wird mit zugeschnittenen Gipskartonfeuerschutzplatten-Teilen bekleidet. Die feuerabgewandte Seite des Tragrahmens wird mit 18mm dicken Pfeleiderer Spanplatten ($\rho=702,8 \text{ kg/m}^3$) und diese mit 18mm dicken Knauf Gipskartonplatten ($\rho = 779,4 \text{ kg/m}^3$) bekleidet. Die Gipskartonfeuerschutzplatten (feuerzu- und abgewandt) sind mithilfe eines Druckluft-Klammergeräts und 50 mm langen Klammern mit 1,5 mm Durchmesser und einer Rückenbreite von 11,2 mm nach DIN EN 14592 (2008) befestigt. Die Klammern wurden mit einem Haubold Druckluftklammergerät mit ca. 8 bar Druck eingeschossen. Die Platten wurden mit den Klammern im Abstand von 80 mm befestigt. Die Gipskartonplatten werden mit Knauf Uniflott verspachtelt. Die Fugen zwischen Tragrahmen und den feuerzugewandten Gipskartonplatten sowie den feuerabgewandten Spanplatten sind mit einer Brandschutzdichtmasse von Hilti (Firestop Acrylic Sealant) versiegelt worden.

Das **Massivholzelement** (MH) besteht aus zwei Brettsperrholz-Teilen ($B \times H = 4690 \times 725$ mm und $B \times H = 4690 \times 1150$ mm), die mithilfe eines verschraubten Deckbretts ($B \times H = 170 \times 27$ mm; ASSY 4 CSMP 6x80/50mm Teilgewindeschrauben) verbunden werden. Das Deckbrett wurde in die beiden Brettsperrholzteile versenkt, um die Montage der Transportsicherungen zu vereinfachen. Die feuerzugewandte Seite wird, wie beim Holztafelbauelement, mit 18 mm dicken Knauf Gipskartonplatten ($\rho = 779,4 \text{ kg/m}^3$) bekleidet. Auch hier werden die Gipskartonplatten mit Hilfe eines Druckluft-Klammergeräts und 50mm langen Klammern mit 1,5mm Durchmesser und mit einem Abstand < 80 mm befestigt. Die Fugen der Gipskartonfeuerschutzplatten werden mit Knauf Uniflott verspachtelt.



Abbildung A.11.2-1: HTB-Element mit Thermoelementen (feuerzugewandte Seite ist im Bild nach oben gerichtet)



Abbildung A.11.2-2: HTB-Element mit Thermoelementen der ersten und zweiten Lage (feuerzugewandte Seite ist im Bild nach unten gerichtet)



Abbildung A.11.2-3: HTB mit Hohlraumdämmung und Spanplatten; Feld 4 bis 6 (feuerzugewandte Seite ist im Bild nach unten gerichtet)



Abbildung A.11.2-4: MH-Element mit Thermoelementen der ersten Lage (feuerzugewandte Seite ist im Bild nach oben gerichtet)

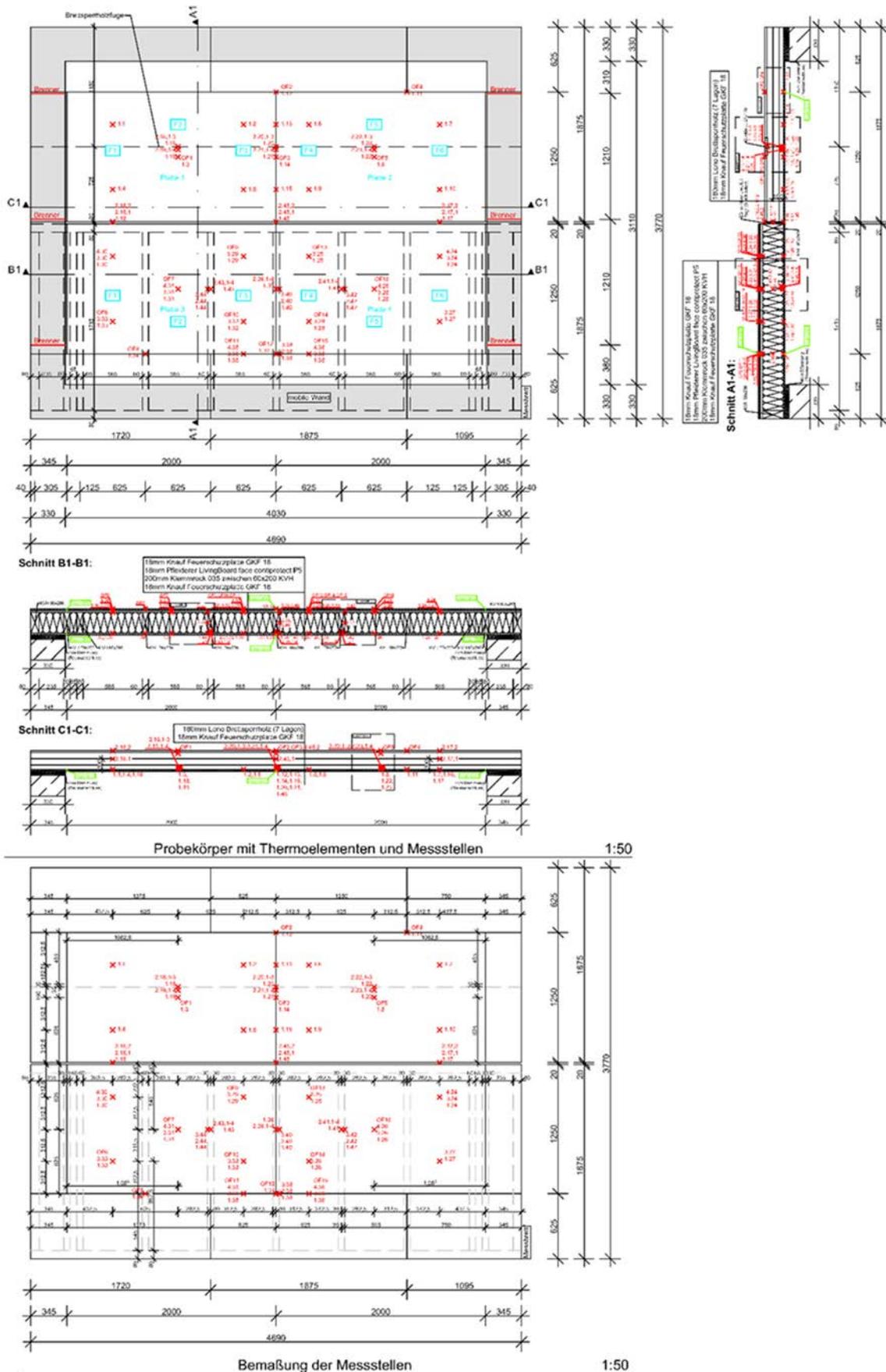


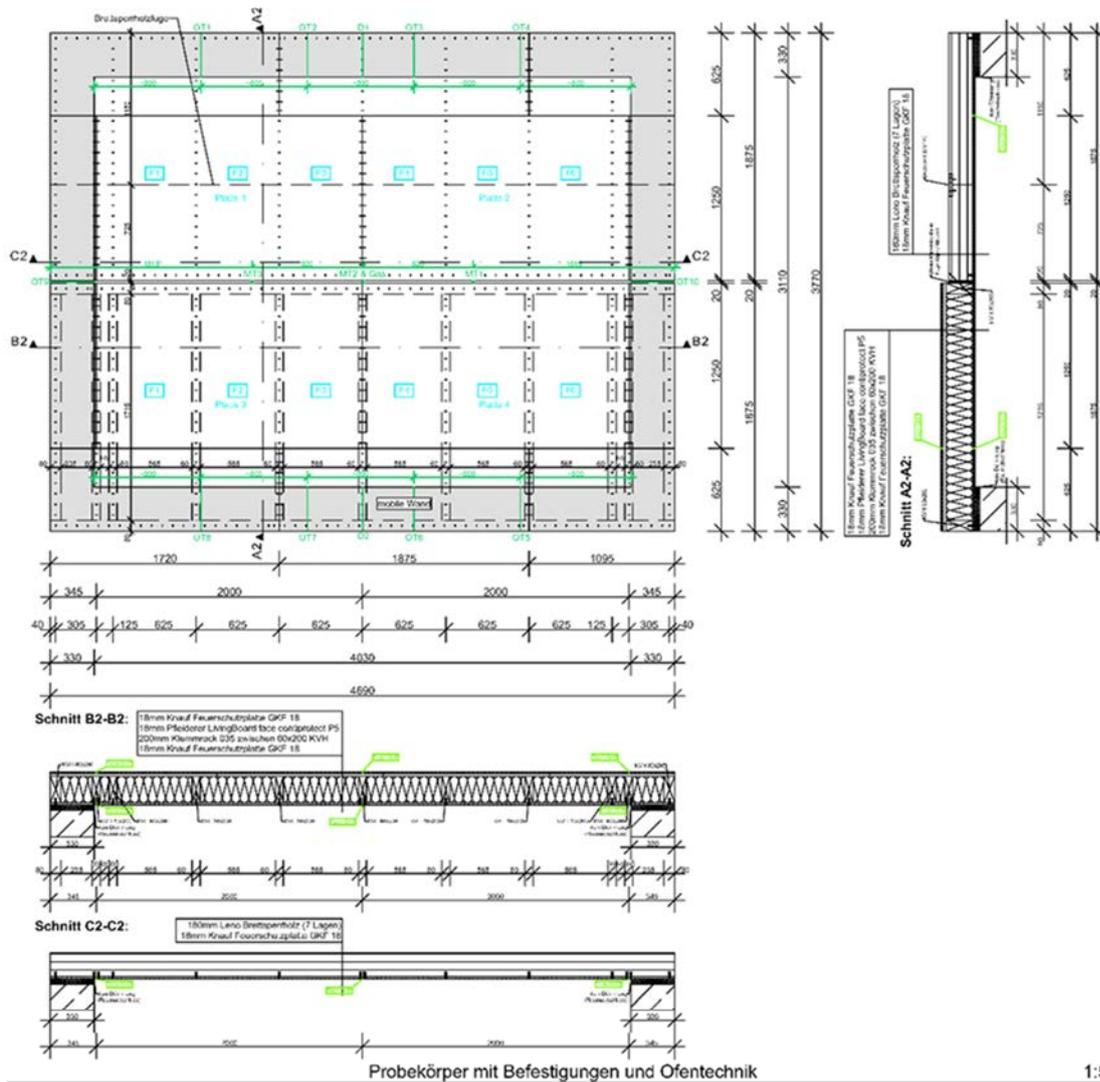
Abbildung A.11.2-5: MH-Element mit Thermoelementen der zweiten Lage, beispielhafte Darstellung der Messstelle 22 (direkt in Fuge) und 23 (3 cm tief eingebohrt) (feuerzugewandte Seite ist im Bild nach unten gerichtet)



Abbildung A.11.2-6: MH-Element mit verspachtelten Gipskartonplatten (feuerzugewandte Seite ist im Bild nach oben gerichtet)

A.11.3 Konstruktionszeichnungen





Probekörper mit Befestigungen und Ofentechnik

1:50

Feuchtigkeitsmessung mit Hygrometer

Brettsperrholz:

- 1) 11,2 %
- 2) 11,2 %
- 3) 11,3 %
- 4) 11,9 %

Mittelwert: 11,40 %

Holztafelbauelement (Randbalken):

- 1) 15,8 %
- 2) 14,2 %
- 3) 16,2 %
- 4) 16,5 %

Mittelwert: 15,68 %

Probekörper wird auf 4cm Wärmedämmung als Raumabschluss auf den Ofenwänden aufgelegt. Untersuchte Platten auf HTB: 2 mal 2000x1250mm, Untersuchte Platten auf BSP: 2 mal 2000x1250mm
 OF = Oberflächenthermoelement, OT = Ofenthermoelement, MT = Mantelthermoelement, F = Feld
 Thermoelemente:
 - 16 Oberflächenthermoelemente (Ebene 5; 5 bei BSP, 11 bei HTB)
 - 107 Innenthermoelemente (Ebene 1 bis 4; 48 bei BSP, 59 bei HTB)

Fugen:

- Trennfuge von HTB- und BSP-Element: mit 10-20mm Mineralwolle (befestigt mittels Sprühkleber) gedämmt, mit Teilgewindestchraube schräg von BSP-Seite mit Randbalken auf HTB-Seite verschraubt
- BSP-Teile: mittels Deckbrett verschraubt
- GKP-Fugen: 52mm & verschaltelt (Längsstöße auf Holzständer gestossen)
- Holzständer: miteinander verschraubt, Spantplatten an Holzständer geschraubt; GKP an Holzständer geklemmt (siehe Befestigung)
- Steinwolle mit 10mm Übermaß in HTB eingeklemmt

Thermolemente (TE):

- Ebene 1-4: doppelt glasfasersolierter blanker Draht mit $\phi=0,5\text{mm}$, verdreht, mind. 50mm entlang einer Isothermie
- Ebene 5: Scheiben-TE Typ K, Draht- $\phi=0,5\text{mm}$, auf Kupferscheibe ($t=0,2\text{mm}$; $\phi=12\text{mm}$), mit wärmedämmender Abdeckung
- TE entsprechend der Ebene auf Spanplatte/Gipskartonplatten (feuerab- und zugewandt) befestigt, in Holzständer/MH eingebohrt

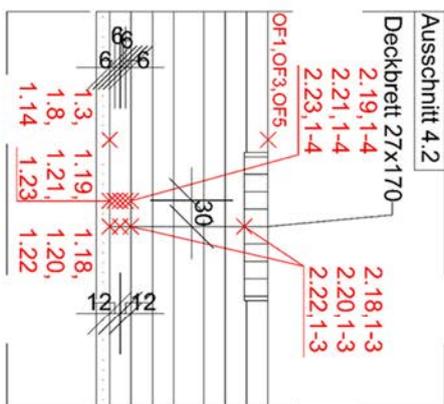
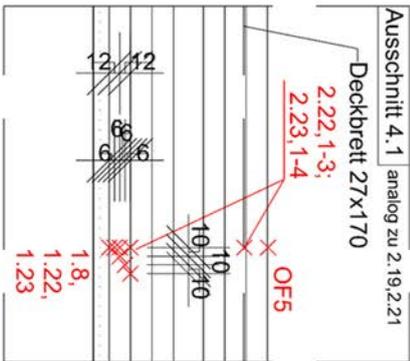
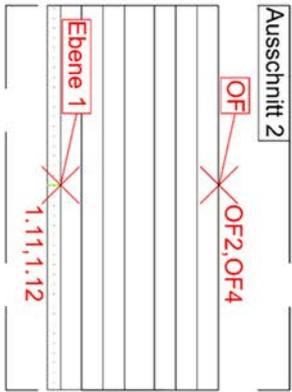
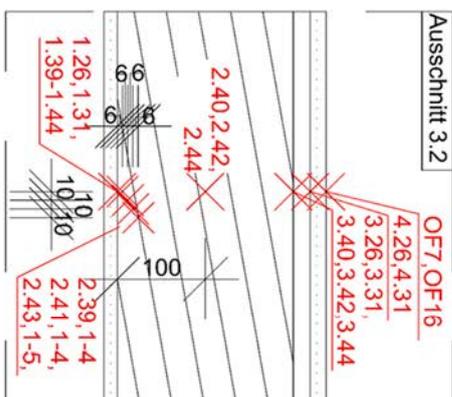
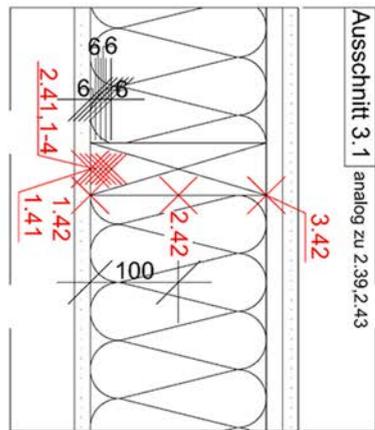
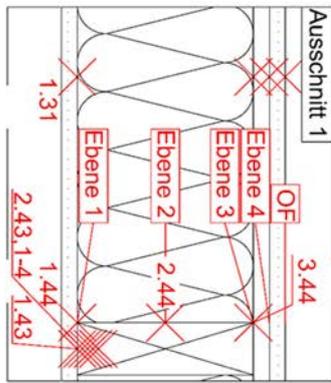
Materialien:

- Gipskartonplatte Knauf Feuerschutzplatte GKF p8600kg/m²; ca. 15kg/m²
- Spanplatte Pflasterer p=700-660kg/m²; 12,6-11,9kg/m²
- KVH C24
- Steinwolle Klemrock 035 p=40kg/m³; 8,8 kg/m³
- BSP Leno 180mm, Aufbau 24.3-24.3-24.3-34.3-24.3-24.3, p=350kg/m³; 63kg/m³

Befestigung:

- Befestigung der 18mm GKF-Platten: Klemmern
- Verbindungsmittele Abstand a = 8cm
- Länge = 50mm
- Randabstand >15mm
- Eindringtiefe >15 ϕ
(z. B. Häubold Klammer KG 750 CNK Z12 geh.: Länge = 50mm, Breite = 11,25mm, $\phi=1,53\text{mm}$)

PLANINHALT: Versuchskonzept GR & Schnitte	DATUM: 25.03.2021	MASSTAB: 1:50	GEZ.: Clara Distler
--	-----------------------------	-------------------------	-------------------------------



Ausschnitte der Probekörper mit Messstellen

1:5

PLANINHALT: Versuchskonzept Ausschnitte	DATUM: 25.03.2021	MASSSTAB: 1:5	GEZ.: Clara Döbler
---	----------------------	------------------	-----------------------

A.11.4 Baustoffkennwerte

Tabelle A.11.4-1: Baustoffkennwerte des HTB-Elements

Lage	Material	Dicke [mm]	Rohdichte [kg/m³]	Feuchte [%]	TE (Bereich)	Produktnorm/Zulassung
1	Gipskartonplatte: Knauf Feuerschutzplatte GKF 18	18	779,37	14,71	1.24-1.44	DIN 18180
2.1	Steinwolle: Klemmrock 035	200	46,33	0,72	-	DIN EN 13162
2.2	KVH: Fichte 60 x 200mm	200	-	15,68	2.18-2.44	
3	Spanplatte: Pfei- derer Living Board face contiprotect P5	18	702,83	7,55	3.24-3.44; 4.24-4.35	EN 312
4	Gipskartonplatte: Knauf Feuerschutzplatte GKF 18	18	779,37	14,71	OF6-OF16	DIN 18180

Tabelle A.11.4-2: Baustoffkennwerte des MH-Elements[^]

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte im feuchten Zustand [kg/m³]	Feuchte [%]	TE (Bereich)	Produktnorm/Zulassung
1	Gipskartonplatte: Knauf Feuerschutzplatte GKF 18	18	779,37	14,71	1.1-1.23; 1.45	DIN 18180
2	Leno Brettsperrholz (7 Lagen)	180	-	11,40	2.16-2.23; 2.45	Z-9.1-501

A.11.5 Prüfanordnung und -durchführung

Die geprüften Decken-Probekörper wurden von Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen gefertigt. Die Probekörper wurden zusammen mit Fachkräften der Prüfanstalt MFPA Leipzig in den Deckenofen eingebaut und die Messinstrumente eingerichtet.

Durch die mobile Wand wurde die beflamnte Fläche im Deckenofen auf eine Öffnung von B x H = 4030 x 3110 mm reduziert. Die Decke wurde durch insgesamt sechs Brenner (jeweils drei gegenüberliegend) beflamnt. Der Deckenprobekörper wurde auf den Ofenwänden auf 40 mm dicken Mineralwollämmstreifen aufgelegt.

Die Beanspruchung erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1[2]. Es wurden 10 Platten-Thermoelemente im Brandraum vor dem Probekörper installiert (genaue Lage in den Plänen), um die Temperaturen im Brandraum zu messen und zu steuern. Zusätzlich zu den Platten-Thermoelementen wurden zwei Mantel-Thermoelemente (an Platten-Thermoelementen 9 und 10 und am Gasmessgerät) eingebaut.

Für die Messung der Temperaturen auf der feuerabgewandten Seite wurden 16 Oberflächen-Thermoelemente in Form von Scheiben-Thermoelementen (nach DIN EN 1363-1) angebracht. Der Druck im Brandraum wurde mittels zwei Druckmessgeräten gemessen, eines pro Probekörper-Hälfte, also eines pro Hinterlegungsvariante. Zur Messung der Zusammensetzung der Brandgase wurde in der Trennfuge zentral eine zugehörige Messsonde eingebracht.



Abbildung A.11.5-1: Eingebauter Prüfkörper im Deckenofen (inkl. Verformungsmesseinrichtung)

A.11.6 Prüfergebnisse und –beobachtungen

A.11.6.1. Pläne des Prüfkörpers:

Alle Pläne des Prüfkörpers sind am Ende dieses Prüfberichts zu finden.

A.11.6.2. Versuchsbeobachtung

- Start des Versuchs: 24.03.2021; 09:44 Uhr
- Thermoelemente TE 2.43.4 und 1.44 defekt
- Thermoelement TE 4.36 nicht vorhanden
- Thermoelement TE 3.26, 3.36 und 2.43.1 am Beginn des Versuchs Pole gedreht
- Fugenbezeichnungen: Fuge zwischen HTB- & MH-Element = Trennfuge; Fuge zwischen den 2 großen Platten je Probekörper = Querfuge; Fuge zwischen großen Platten & schmalere Randplatten = Längsfuge (siehe Abbildung 8)

Tabelle A.11.6-1: Versuchsprotokoll

Prüfzeit [min]	Uhrzeit	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0	9:44	Start	
2	9:46	Schwarzfärbung aller GKF- Platten	FZ
2	9:46	Verspachtelung in Querfuge von HTB löst sich	FZ
3	9:47	Verspachtelung in Querfuge von MH löst sich	FZ
6	9:50	Verspachtelung an Trennfuge löst sich	FZ
6	9:50	Verspachtelung an HTB vorne rechts (Platte 4/PL4, Feld 6/F6) fällt ab	FZ
7	9:51	Schwarzfärbung u. „Schuppung“ (Kartonteile fallen von der Decke ab) der GKF in Fuge 1 u. 6 von HTB und in Feld 1 von MH	FZ
10	9:54	Verspachtelung an Längsfuge von Platte 4 löst sich u. Verspachtelung an Längsfuge von Platte 2 löst sich (nicht so stark wie bei Platte 4)	FZ
16	10:00	Spachtelung an Trennfuge hat sich vollständig gelöst	FZ
17	10:01	Schwarzfärbung an Längsfuge Platte 2, F5 (Feld 5) u. F6 (leichte Fugenöffnung)	FZ
19	10:03	Klammern größtenteils gut sichtbar (Platte 2 u. 4)	FZ
20	10:04	Schwarzfärbung an Längsfuge Platte 4, F3 u. F4; Platte 1, F3; Platte 2, F4 u. 6	FZ
23	10:07	Schwarzfärbung an gesamter Längsfuge Platte 1, im Bereich der Querfuge zwischen PL 1 und PL 2 ca. 10 cm Fugenspachtel im Grenzbereich zu Trennfuge herausgefallen	FZ
24	10:08	Leichte Schwarzfärbung an Querfuge MH (zwischen Platte 1 u. 2)	FZ
25	10:09	Schwarzfärbung an gesamter Längsfuge Platte 2	FZ
25	10:09	Schwarzfärbung an gesamter Längsfuge Platte 3 u. 4 (leichte Fugenöffnung?); Längsfuge in MH im Bereich F1 bis F3 herausgefallen	FZ
27	10:11	2.23,4 u. 2.41,4 ca. gleiche Temperatur (HTB: 81 °C u. MH: 83 °C)	FZ
28	10:12	Fugenspachtel aus der Querfuge zwischen PL1 und PL2 ca. auf 70 cm herausgefallen	FZ
28	10:12	Loslösung GKF Platte 2 MH (hintere Ecke an Querfuge (zwischen Platte 1 u. 2) → keine Klammern oder Löcher sichtbar; keine Klammern eingebaut?) → nach Versuch erkannt, dass durch Herstellungsfehler an dieser Ecke drei Klammern gefehlt haben	FZ
30	10:14	Leichte Rissbildung in PL2 – Mitte erkennbar	FZ
31	10:15	Flammenbildung hinter losgelöster Ecke von Platte 2	FZ
32	10:16	Losgelöste Plattenecke von PL2 senkt sich nach unten, verbleibt am Element (siehe Abbildung A.11.6-9)	FZ
33	10:17	1.12 schon bei 540 °C, andere TE der 1. Lage erst ca. bei 240 °C (wegen Wärmestau durch BSP/Kreuzfuge?)	FZ
33	10:17	Flammenbildung in Querfuge HTB (zwischen Platte 3 & 4)	FZ
35	10:19	Flammenbildung in Längsfuge HTB Platte 4 u. in Querfuge von Rand-GKF HTB u. in Längsfuge MH Platte 1 u. 2, noch nicht in Querfuge von Rand-GKF MH	FZ
36	10:20	Leichte Rissbildung parallel zur Trennfuge von PL 3 im Bereich Fuge 3 Mitte	FZ
37	10:21	Wärmedämmung in Trennfuge beginnt zu glimmen	FZ

37	10:21	HTB Platte 4 löst sich in F4 entlang Längsfuge u. Riss parallel zu Trennfuge in F4 (1/3 der GKF-Breite von Trennfuge entfernt)	FZ
39	10:23	Haarrisse in Platte 4 längs zu Trennfuge	FZ
40	10:24	Starker Eigenbrand entlang Längsfuge Platte 1 u. 2	FZ
40	10:24	Mehr Haarrisse längs zu Trennfuge in Platte 2	FZ
41	10:25	Riss in Platte 3, F3 (längs zu Trennfuge) u. Haarrisse (längs zu Trennfuge) u. 1 sternförmiger Haarriss in Platte 3, F3	FZ
41	10:25	Vordere Ecke von Platte 3 (Ecke Querfuge-Längsfuge) löst sich u. hängt durch	FZ
42	10:26	Abfallen von Platte 3 ; größerer Teil abgefallen, ca. 2/3 der Breite der GKF ausgehend von der Längsfuge & starker Eigenbrand dahinter, abgefallener Teil der GKF hängt noch am Rest (ohne Klammern abgefallen, Klammern am Plattenrand ausgerissen), (siehe Abbildung A.11.6-10 und Abbildung A.11.6-22)	FZ
43	10:27	Größere Längsrisse in Platte 2	FZ
45	10:29	Leichter Durchhang Platte 1 an Längsfuge zwischen Befestigungsreihen	FZ
46	10:30	Starker Längsriss in Platte 2 (ca. 2/3 der Länge ausgehend von Querfuge)	FZ
46	10:30	Abfallen des bereits hängenden Bereichs von Platte 3 (siehe Abbildung A.11.6-11)	FZ
48	10:32	Leichter Rauchaustritt am MH an den stirnseitigen Fugen auf der feuerabgewandten Seite	FA
49	10:33	Abfallen von Platte 4 ; Abfall von ca. 25 % der Platte 4 (mit Klammern abgefallen), hängt noch an Decke (siehe Abbildung A.11.6-12 und Abbildung A.11.6-23)	FZ
50	10:34	Abfallen von mehr Bereichen der Platte 4	FZ
50	10:34	Hinteren Ecke der Platte 2 an Querfuge zwischen Platte 1 u. 2 senkt sich weiter ab	FZ
52	10:36	Abfall von Mittelbereich (F5 und F6) der Platte 4 (mit Klammern abgefallen) (siehe Abbildung A.11.6-13)	FZ
54	10:38	Starke Rissbildung von Platte 2 (mittig, parallel zur Trennfuge)	FZ
56	10:40	Nachträglich: Platte 3 im Mittelbereich mit Klammern, an Querfuge ohne Klammern abgefallen	FZ
56	10:40	Starke u. größere Ablösung des Ecks von Platte 2 an Querfuge zwischen Platte 1 u. 2 (abgefallen?)	FZ
57	10:41	Abfallen von Platte 2 (ca. 25%) u. Eigenbrand des BSP dahinter; BSP in schuppiger Form (siehe Abbildung A.11.6-14 und Abbildung A.11.6-21)	FZ
59	10:43	HTB: F2 bis F6 abgefallen u. Steinwolle ist noch im Gefach (GKF quer zwischen F1 u. F2 mit Klammern gelöst)	FZ
60	10:44	Größter Teil von Platte 2 abgefallen, schlechtere Sicht wegen starkem Eigenbrand	FZ
62	10:46	Platte 1 nur leichte Durchbiegung, evtl. leichte Loslösung am Eck der Platte 1 an Querfuge (siehe Abbildung A.11.6-15)	FZ
63	10:47	Platte 1 an Längsfuge stärker losgelöst u. durchgebogen	FZ
64	10:48	Steinwolle in HTB F3 rausgefallen (Teil liegt auf OT), starker Eigenbrand der dahinterliegenden Spanplatte u. schlechte Sicht	FZ
65	10:49	Abfallen von Platte 1 (siehe Abbildung A.11.6-16 und Abbildung A.11.6-20); von Querfuge ausgehend (ca. 30% abgefallen), ohne Klammern abgefallen (Verbindungsmittel im Randbereich ausgerissen), starker Eigenbrand	FZ
67	10:51	2.23,4: 223 °C; 2.41,4: 793 °C	FZ

68	10:52	Platte 3 u. 4 komplett abgefallen	FZ
69	10:53	Abfallen der restlichen Platte 1	FZ
70	10:54	Schlechte Sicht von links, weil starker Eigenbrand	FZ
70	10:54	2.23,4: 393 °C; 2.41,4: 809 °C	FZ
73	10:57	2.19,4: 169 °C	FZ
74	10:58	Spanplatte HTB in F3 im Mittelbereich des Feldes durchgebrannt u. GKF gefärbt	FZ
76	11:00	HTB F5: gestoßene Steinwolle sackt ab im vorderen Bereich (Richtung Längsfuge); HTB F4: gestoßene Steinwolle sackt ab im hinteren Bereich (Richtung Trennfuge) (siehe Abbildung A.11.6-17)	FZ
77	11:01	Stücke von BSP in F4 u. F5 fallen ab	FZ
78	11:02	2.19,4: 411 °C; 2.23,4: 641 °C	FZ
79	11:03	Steinwolle HTB in F5 sackt noch mehr ab	FZ
81	11:05	Steinwolle HTB in F5 im vorderen Bereich (Richtung Längsfuge) abgefallen (liegt teilweise auf OT) (siehe Abbildung A.11.6-18)	FZ
82	11:06	2.19,4: 587 °C; 2.23,4: 720 °C	FZ
83	11:07	Weiteres Abfallen von BSP in F3 u. F4 (Abfallen von verkohlten Stücken)	FZ
86	11:10	Kontinuierliches Abfallen verkohlter BSP-Lamellenstücke in F1 – F6	FZ
87-89	11:11-11:13	Abfallen größerer verkohlter BSP-Lamellenstücke in F1 – F6	FZ
90	11:14	2.19,4: ca. 850 °C; 2.23,4: 711 °C	FZ
91	11:15	Dunkelfärbung der GKF-Platte auf der feuerabgewandten Seite von F3 (HTB)	FA
92	11:16	Raumabschluss-Versagen (Im HTB auf feuerabgewandter Seite des Feldes 3 gemessene Temperaturen überschreiten den maximal erlaubten Temperaturanstieg um 180 K (siehe Abbildung A11.6-38))	-
95	11:19	Schlechte Sicht überall, starker Eigenbrand	FZ
95	11:19	Steinwolle HTB in F5 zweiter (hinterer Teil, Richtung Trennfuge) fällt ab	FZ
95	11:19	Größter Teil der 1. Lage von BSP abgefallen (F1 – F6)	FZ
96	11:20	Spanplatte HTB in F5 noch vorhanden	FZ
97	11:21	Teile von 2. Lage von BSP abgefallen (F3 u. F4)	FZ
98	11:22	Spanplatte HTB in F5 teilweise durchgebrannt	FZ
99	11:23	Steinwolle in HTB F4 hängt stark durch	FZ
100	11:24	Deckenbalken zwischen F5 u. F6 fällt in größeren Stücken ab	FZ
101	11:25	Versuch Ende, Abbruch kurz vor Durchbrand in F3 (siehe Abbildung A.11.6-19 und Abbildung A.11.6-36)	FA
102	11:26	Löschen durch Fenster an langer Ofenseite	FA
104	11:28	Beginn des Ausbaus der Decke	FA
108	11:32	Ofen geöffnet u. weiter gelöscht	FA
109	11:33	Ausbau von HTB	FA
110	11:34	Thermoelemente abgetrennt	FA

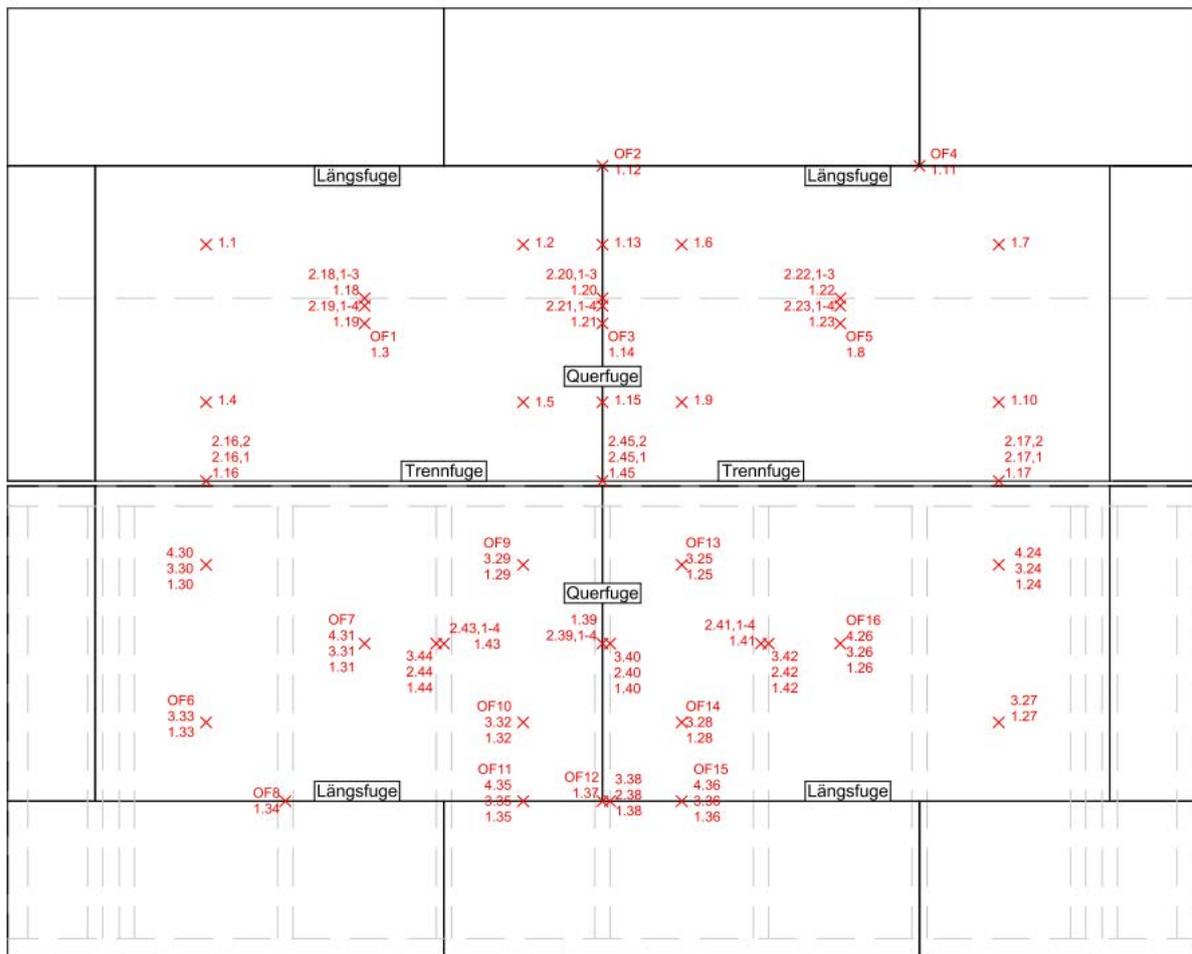


Abbildung A.11.6-1: Fugendarstellung

Nach der Definition der Versagenszeit t_f aus DIN EN 13381-7 (2019, S. 34) kann das Versagen anhand der Temperaturdaten oder anhand von Beobachtung während des Versuchs (Verlust des Haftvermögens von mehr als 0,25 m²) festgestellt werden – dies ist für den hier behandelten Versuch in Tabelle A.11.6-1 dargestellt.

Tabelle A.11.6-2: Versagen der Brandschutzbekleidung nach bzw. in Anlehnung an DIN EN 13381-7 (2019, S. 34)

	Versagen: Verlust des Haftvermögens von insgesamt mehr als 0,25m ²	Versagen: Abweichung der gemessenen Temperaturen eines Thermoelements um weniger als 50 K von der ETK
Platte 1	65 min	59,5 min
Platte 2	57 min	59,5 min
Platte 3	42 min	43 min
Platte 4	49 min	48,5 min

A.11.7 Fotodokumentation



Abbildung A.11.7-1: Probekörper, eingebaut im Brandprüfstand feuerzugewandt



Abbildung A.11.7-2: Ausbildung der Stoßfuge zwischen den Elementen



Abbildung A.11.7-3: Ausbildung der Stoßfuge zwischen den BSP-Elementen



Abbildung A.11.7-4: Probekörper, eingebaut im Brandprüfstand feuerabgewandt



Abbildung A.11.7-5: Platte 2 (Minute 32)



Abbildung A.11.7-6: Abfall Platte 3 (Minute 42)



Abbildung A.11.7-7: Platte 3 (Minute 46)



Abbildung A.11.7-8: Abfall Platte 4 (Minute 49)

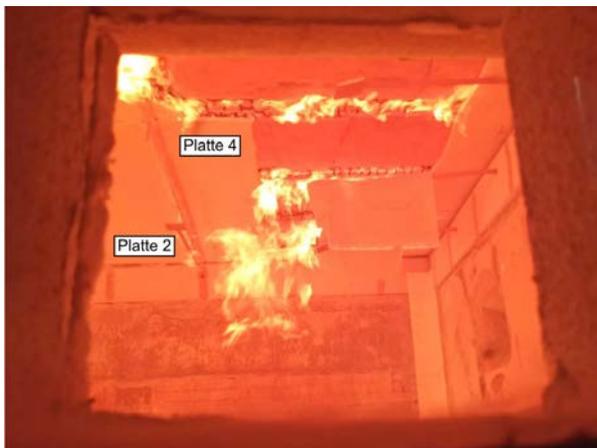


Abbildung A.11.7-9: Platte 4 (Minute 52)



Abbildung A.11.7-10: Abfall Platte 2 (Minute 58)

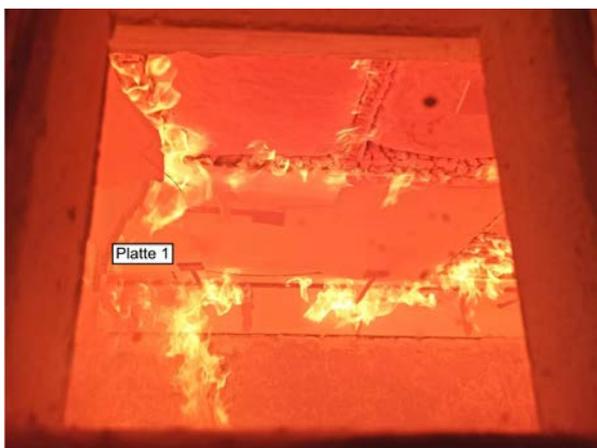


Abbildung A.11.7-11: Platte 1 (Minute 61)

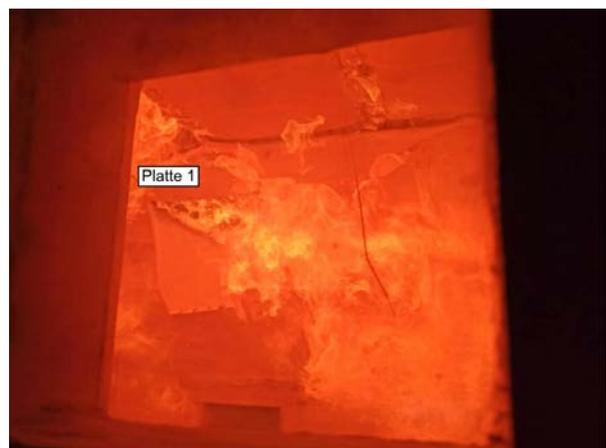


Abbildung A.11.7-12: Abfall Platte 1 (Minute 66)



Abbildung A.11.7-13: HTB – Feld 4 bis 6 (Minute 77)



Abbildung A.11.7-14: HTB – Feld 4 bis 6 (Minute 81)



Abbildung A.11.7-15: HTB – Feld 4 bis 6 (Minute 100)



Abbildung A.11.7-16: Massivholzelement nach dem Brandversuch – Ansicht feuerzugewandt



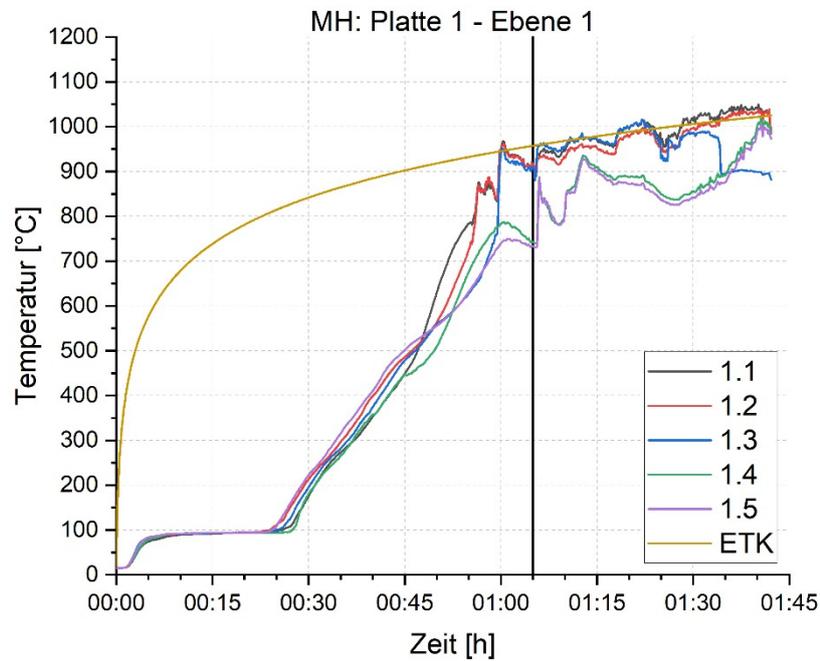
Abbildung A.11.7-17: Massivholzelement nach dem Brandversuch – Querschnitt in Probekörpermitte



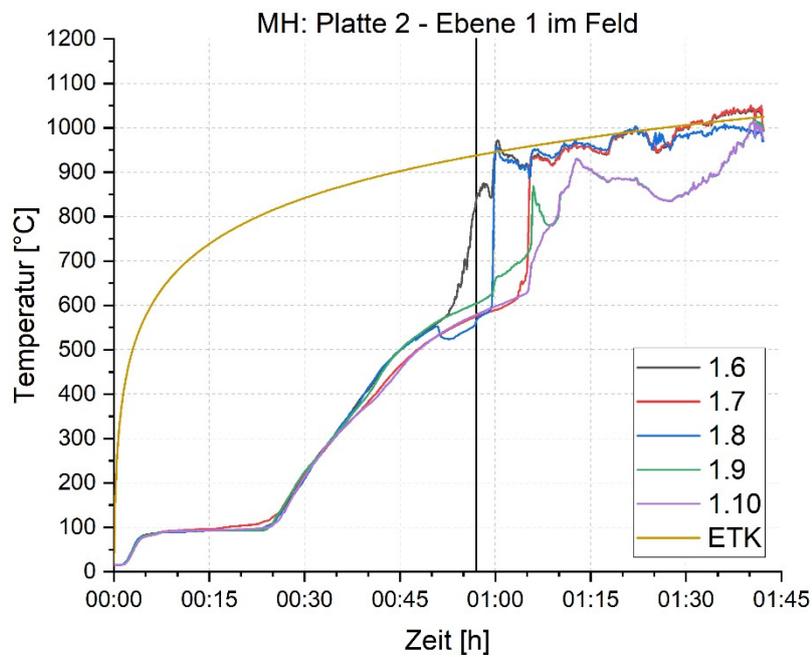
Abbildung A.11.7-18: Holztafelbauelement nach dem Brandversuch

A.11.8 Darstellung der Messwerte

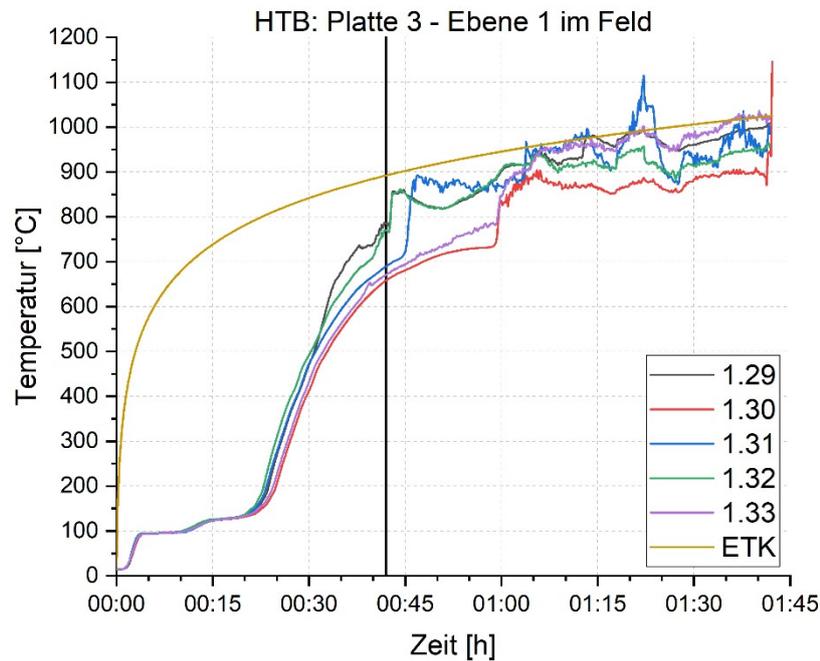
A.11.8.1. Massivholzelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten Ebene im Feld der Platte 1 inklusive Versagenszeitpunkt



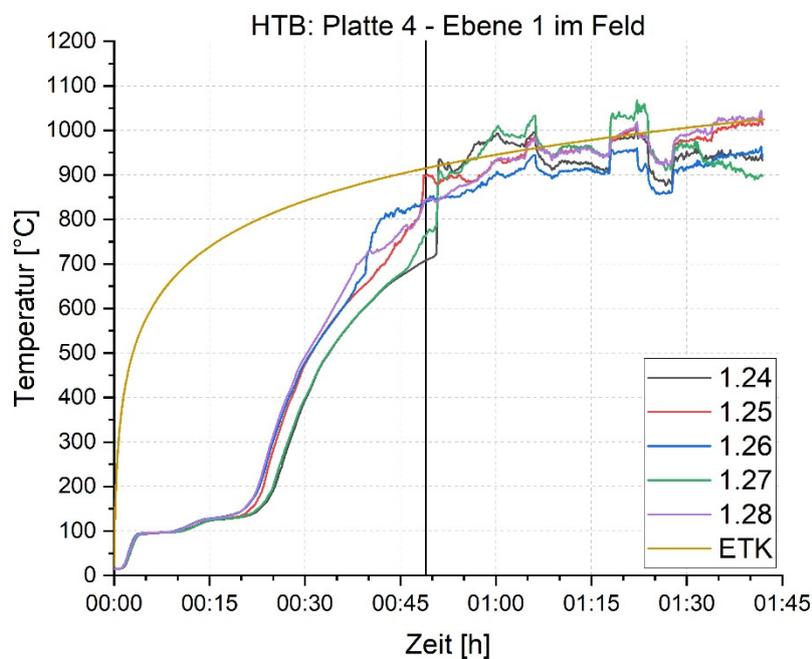
A.11.8.2. Massivholzelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten Ebene im Feld der Platte 2 inklusive Versagenszeitpunkt



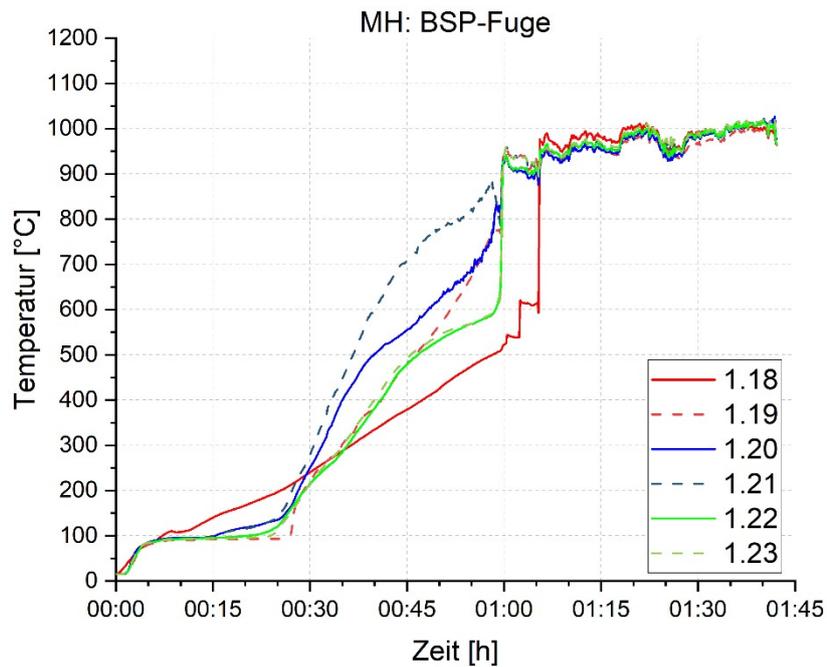
A.11.8.3. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten Ebene im Feld der Platte 3 inklusive Versagenszeitpunkt



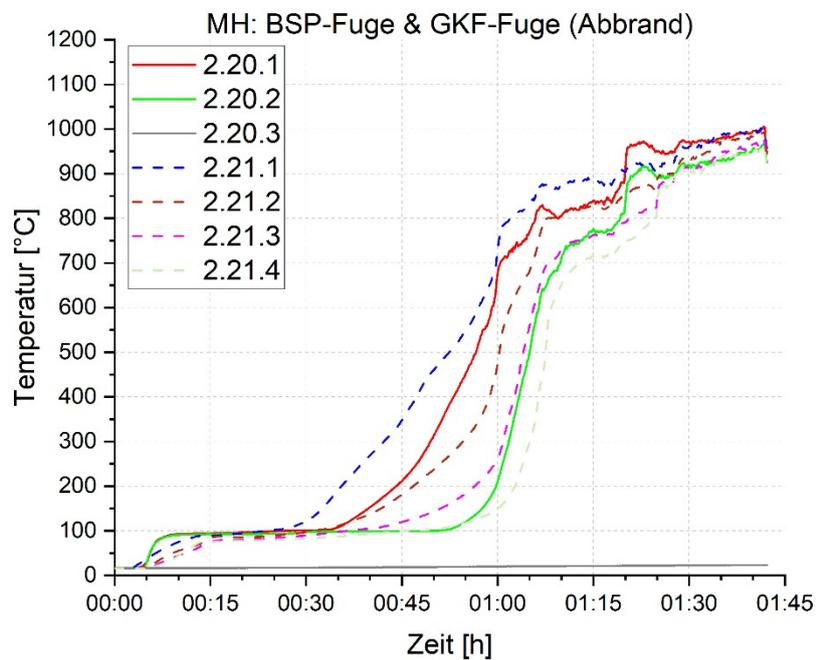
A.11.8.4. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten Ebene im Feld der Platte 4 inklusive Versagenszeitpunkt



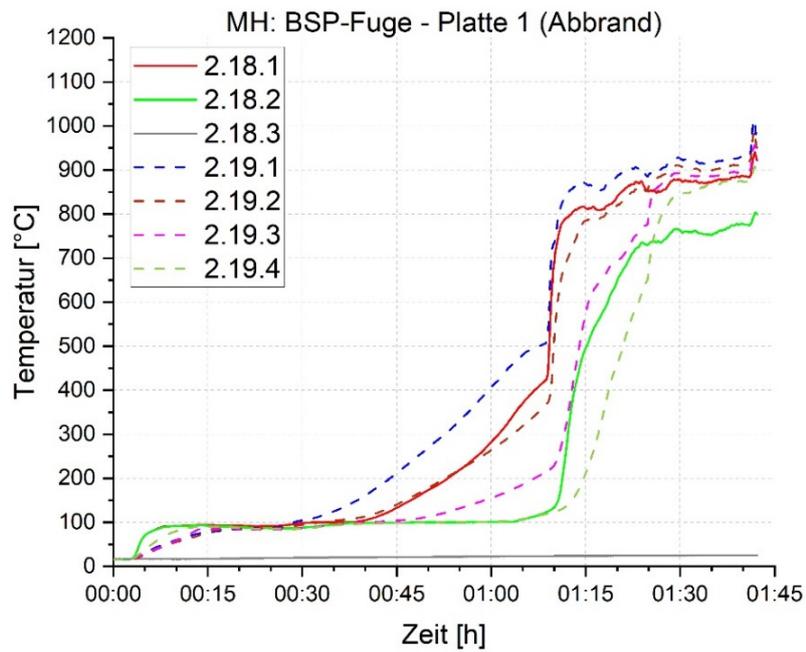
A.11.8.5. Massivholzelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten Ebene in der Brettsperrholz-Fuge



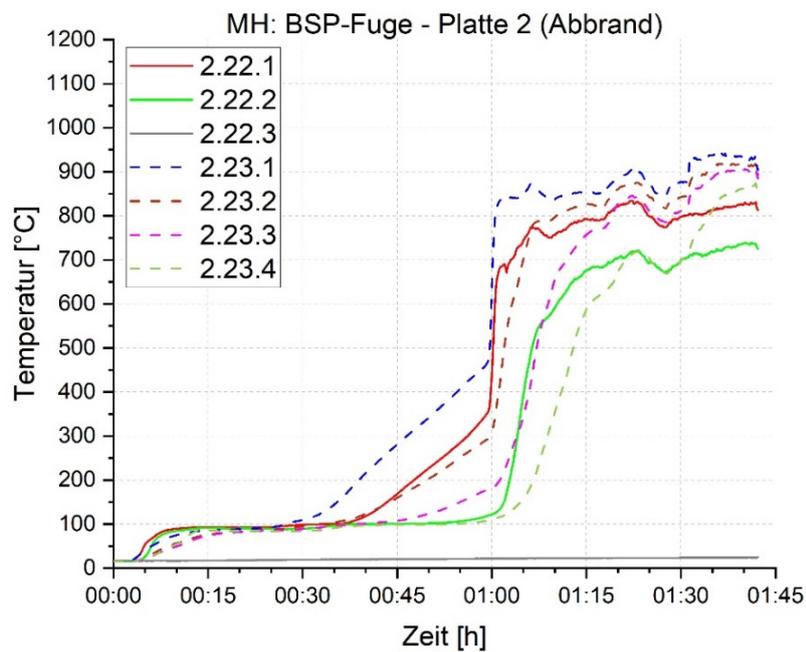
A.11.8.6. Massivholzelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der zweiten Ebene in der Brettsperrholz-Fuge und Gipskarton-Querfuge



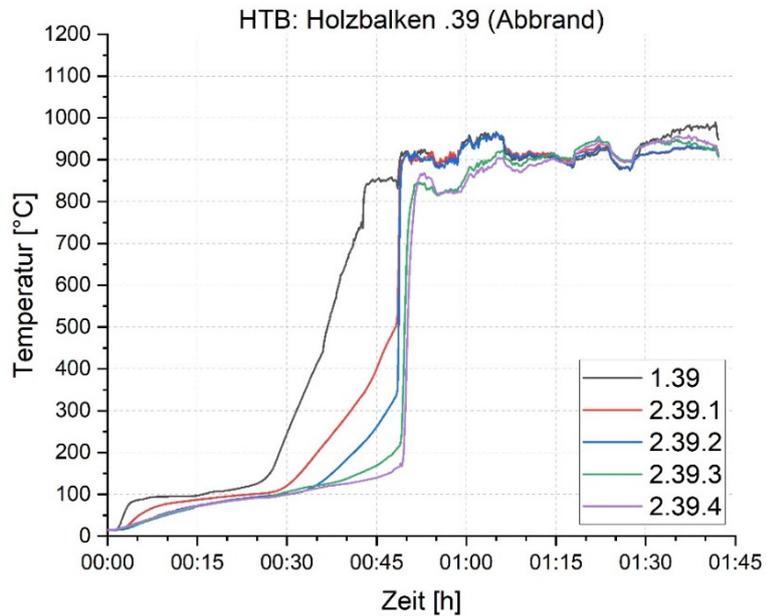
A.11.8.7. Massivholzelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der zweiten Ebene in der Brettsperrholz-Fuge im Bereich der Platte 1



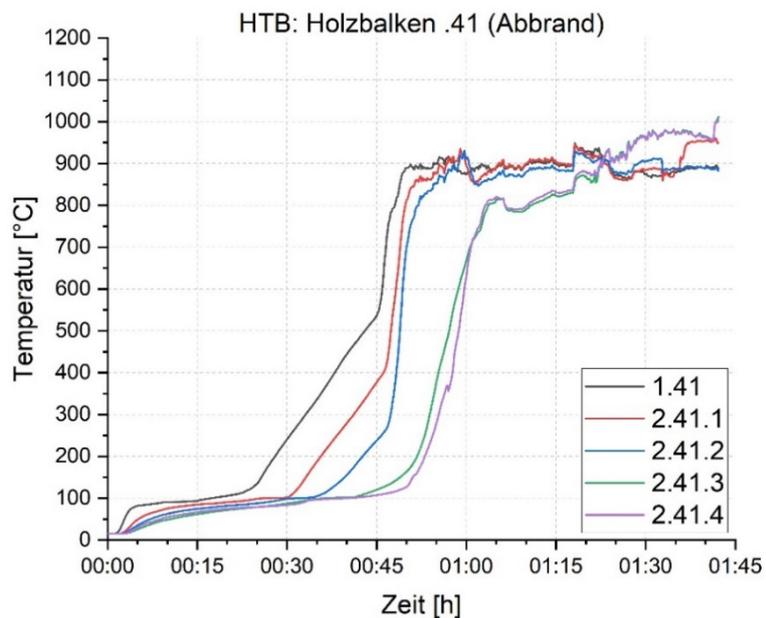
A.11.8.8. Massivholzelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der zweiten Ebene in der Brettsperrholz-Fuge im Bereich der Platte



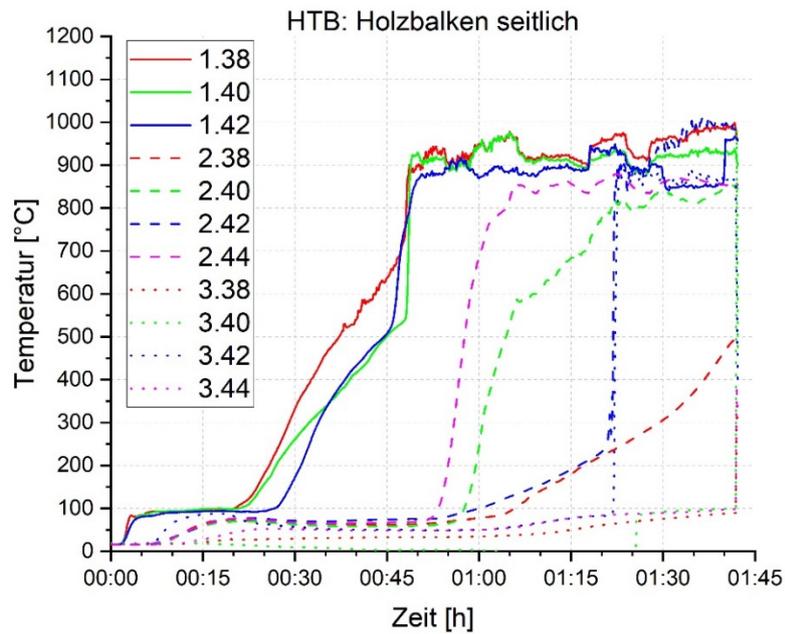
A.11.8.9. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten und zweiten Ebene im Holzbalken hinter der Querfuge der Gipskartonplatten



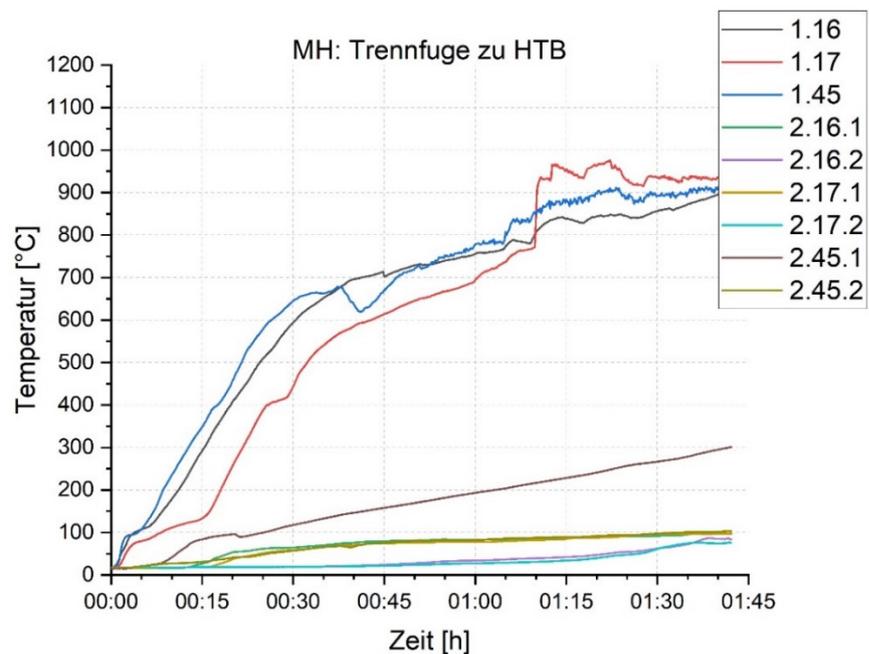
A.11.8.10. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten und zweiten Ebene in den Holzbalken im Bereich der Platte 4



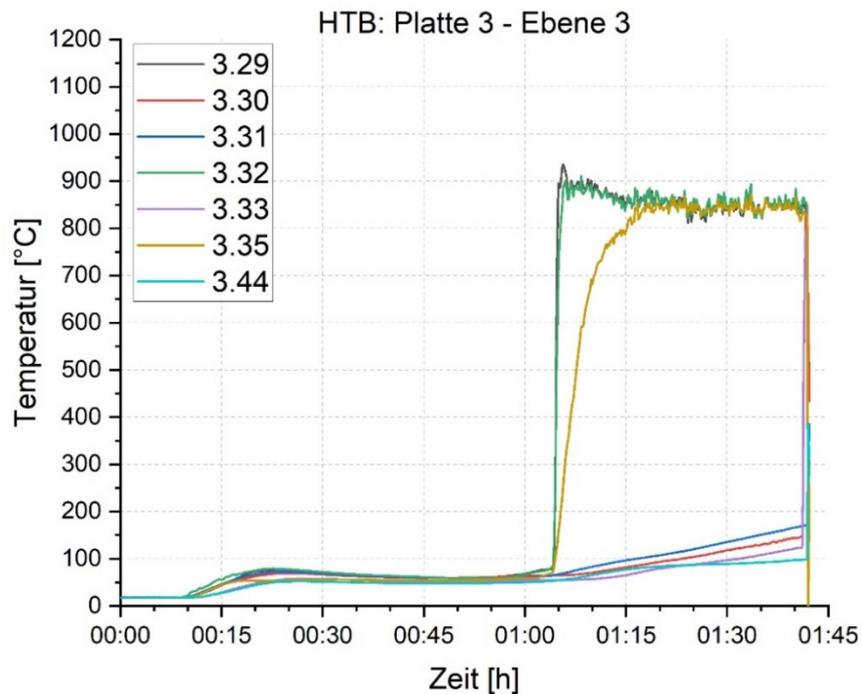
A.11.8.11. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten, zweiten und dritten Ebene seitlich an verschiedenen Holzbalken



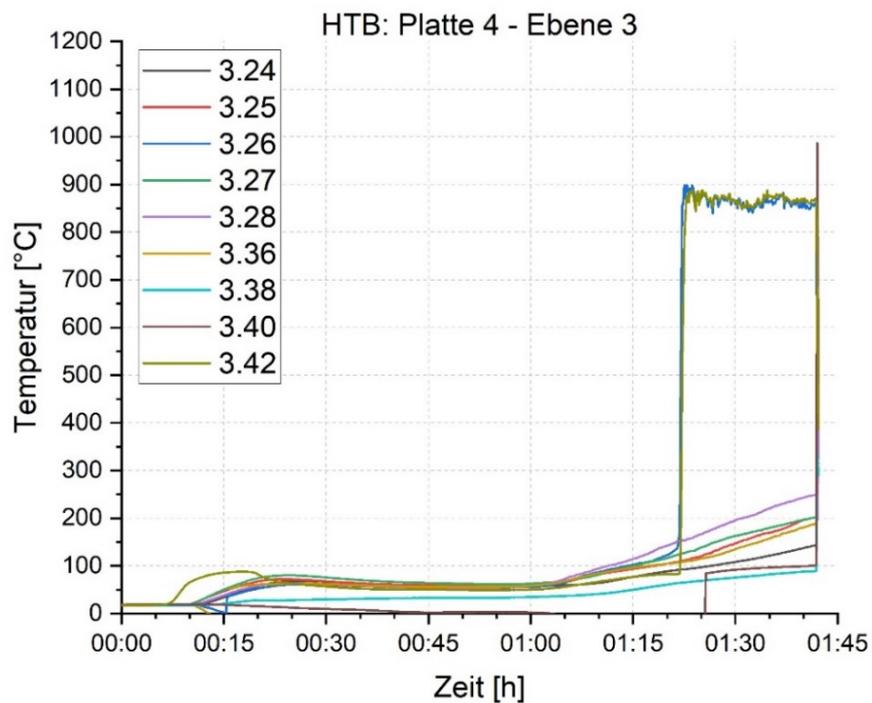
A.11.8.12. Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der ersten und zweiten Ebene im Bereich der Trennfuge zwischen Massivholz- und Holztafelbauelement



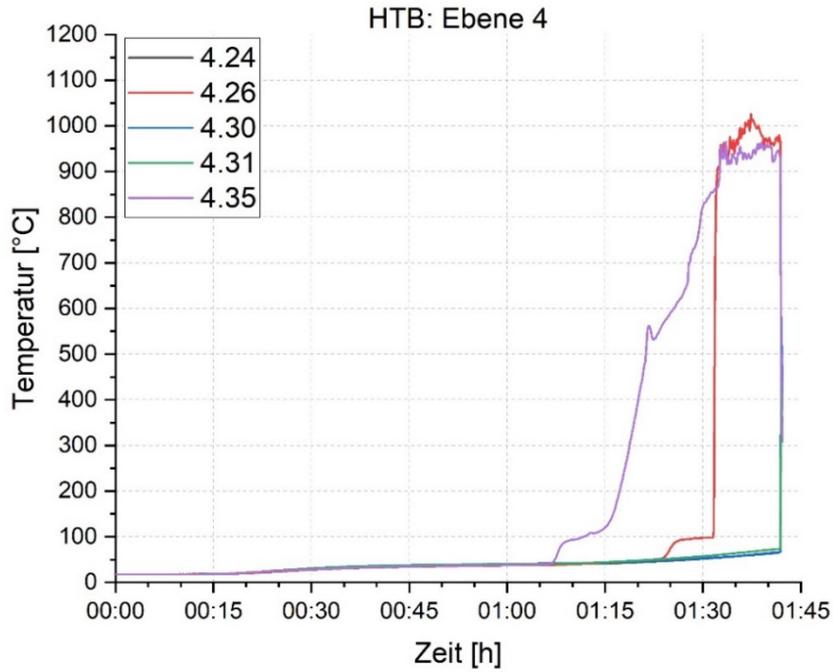
A.11.8.13. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der dritten Ebene im Bereich der Platte 3 (Diagramm mittels Origin 2021 selbst erstellt)



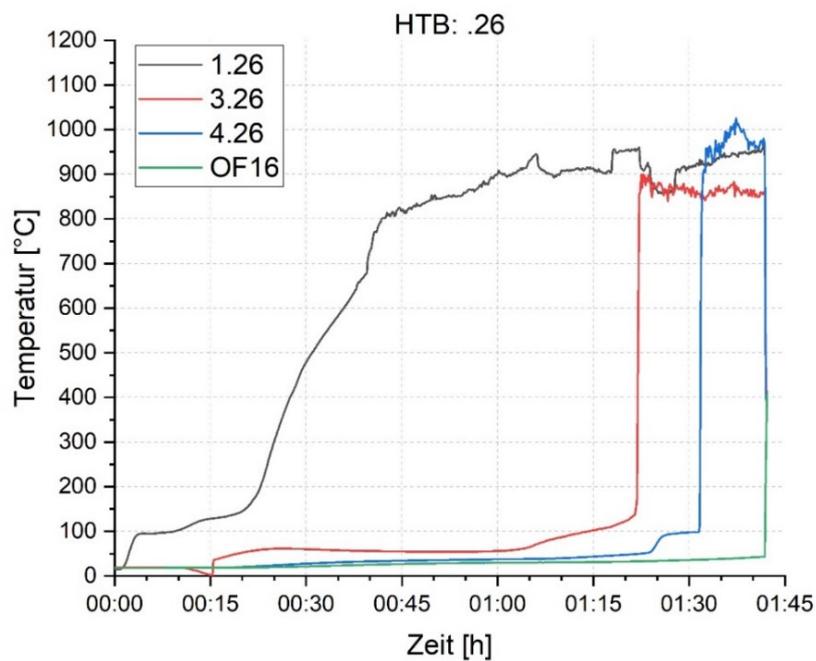
A.11.8.14. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der dritten Ebene im Bereich der Platte 4



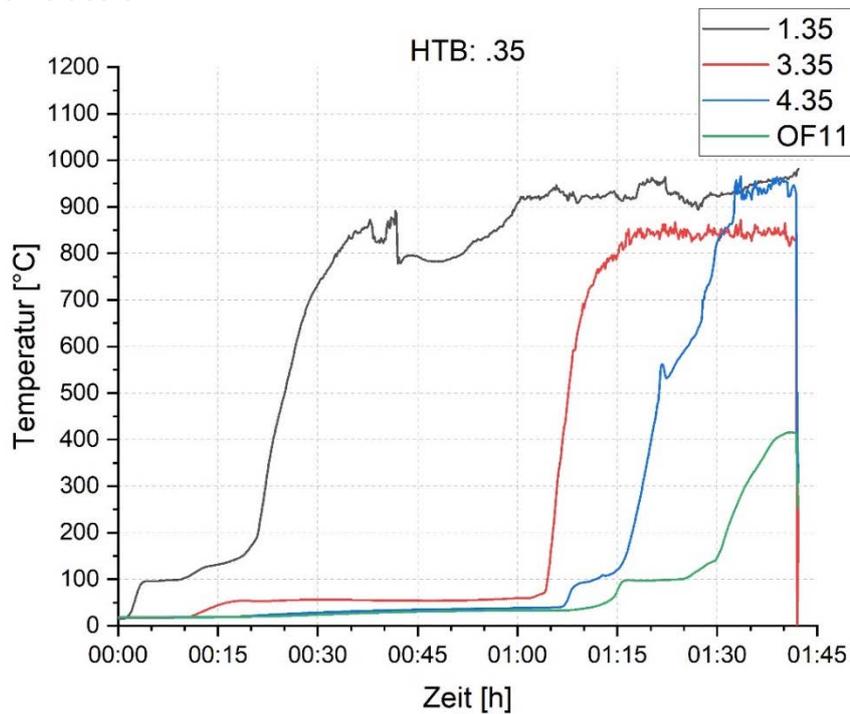
A.11.8.15. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente der vierten Ebene



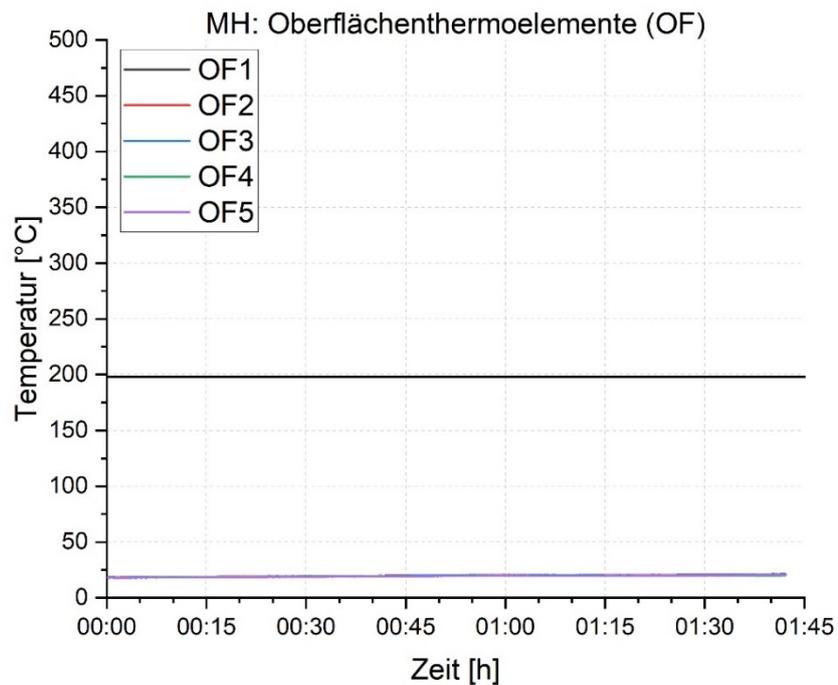
A.11.8.16. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente des Feldes 5



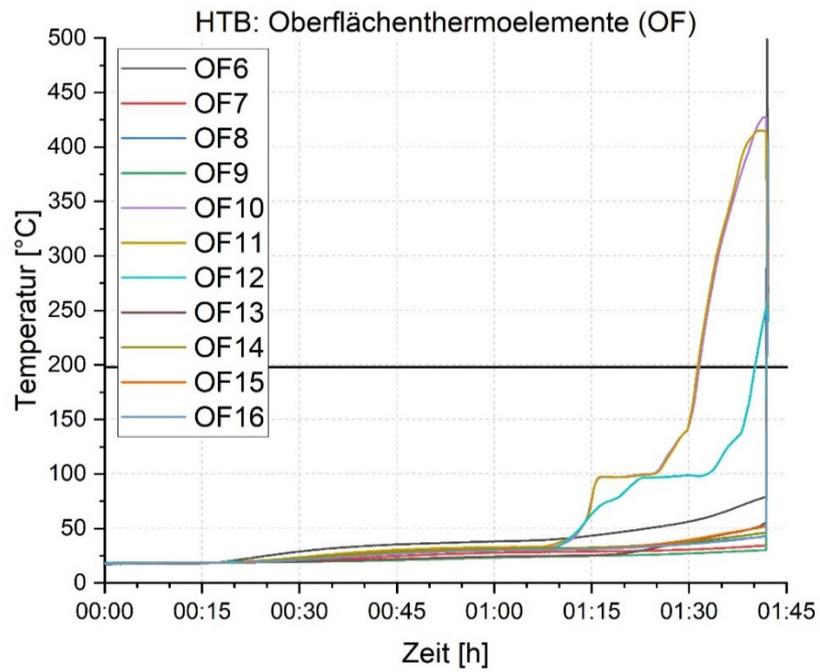
A.11.8.17. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Thermoelemente des Feldes 3



A.11.8.18. Massivholzelement – Gemessene Temperaturverläufe der Oberflächenthermoelemente OF 1 bis OF 5 mit Raumabschluss-Versagenskriterium



A.11.8.19. Holztafelbauelement – Gemessene Temperaturverläufe der Oberflächenthermoelemente OF 6 bis OF 16



A.12 Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten 12,5 mm HTB (V4-1m-HTB-12,5 mm-GKF)

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-03-23_01 – V4-1m-HTB-12,5 mm-GKF
Gegenstand	Brandversuch im Meterofen zur Untersuchung des Abfallverhaltens von GKF-Platten auf Holztafelbauteilen unter Brandbeanspruchung, in verschiedenen Ausrichtungen sowie im Vergleich zu einem parallel durchgeführten Großversuch
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M. Sc.
Datum der Durchführung	23.03.2021
Datum Bericht	04.06.2021
Anzahl Seiten des Berichts	25

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.12.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Vergleich des Abfallverhaltens unterschiedlicher Gipsplatten auf Holztafel- und Holzmassivbauteilen in verschiedenen Ausrichtungen (Wand / Decke), zur Vergleichbarkeit mit einem Großversuch durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung von Holztafelbauwand und -Decke mit einer 12,5 mm GKF-Bekleidung im Kleinbrandofen. Die orientierende Brandprüfung erfolgte im Wandprüfstand nach DIN EN 1363-1 [2] und DIN EN 1364-1 [5]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

A.12.2 Geprüfte Konstruktion

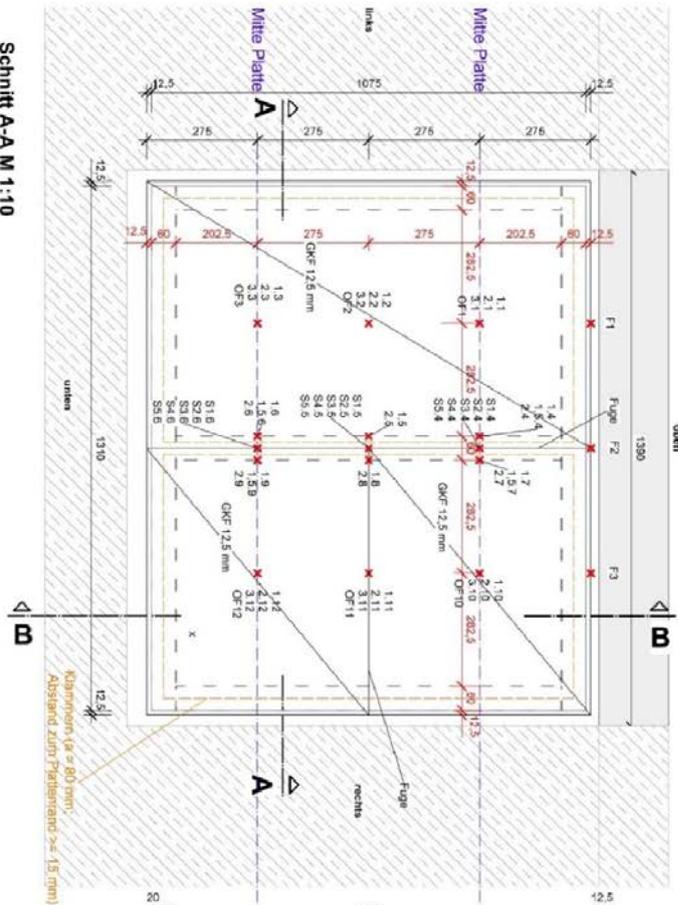
Der Prüfkörper besteht aus einer Wand-Deckenkonstruktion. Die Wand weist eine Außenabmessung von $B \times H = 1335 \times 1100$ mm auf und besteht aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 60 \times 120$ mm, der Ständer zwischen den beiden Gefachen hatte die gleichen Abmessungen. Die Decke hat Außenabmessungen von $B \times H = 1335 \times 1465$ mm und besteht ebenfalls aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 60 \times 120$ mm, der Balken zwischen den beiden Gefachen hatte die gleichen Abmessungen. Zusätzlich ist der Rahmen mit Hölzern $B \times H = 120 \times 120$ mm an den Übergangsstellen zu den Wänden verstärkt. Die Bekleidung der Wand- und Deckenkonstruktion auf der feuerzugewandten Seite erfolgte mit einer 12,5 mm dicken GKF-Platte ($\rho = 779,00 \text{ kg/m}^3$). Die feuerabgewandte Seite wurde mit einer 18 mm dicken Spanplatte ($\rho = 702,83 \text{ kg/m}^3$) und einer Lage GKF ($\rho = 779 \text{ kg/m}^3$) mit 18 mm beplankt. Die GKF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 (Länge 50 mm, Drahtstärke 1,5 mm und Rückenbreite 11,2 mm) im Abstand von 80 mm in den Rahmenhölzern befestigt. Sowohl in der Wand als auch in der Decke wurden beide Gefache mit 120 mm Steinwolle ($\rho = 46,33 \text{ kg/m}^3$) der Firma Rockwool gefüllt. Die genauen Baustoffeigenschaften sind der Anlage zu entnehmen. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermolemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen. Eine genaue Beschreibung kann den einzelnen Versuchsaufstellungen entnommen werden.

A.12.3 Prüfanordnung und -durchführung

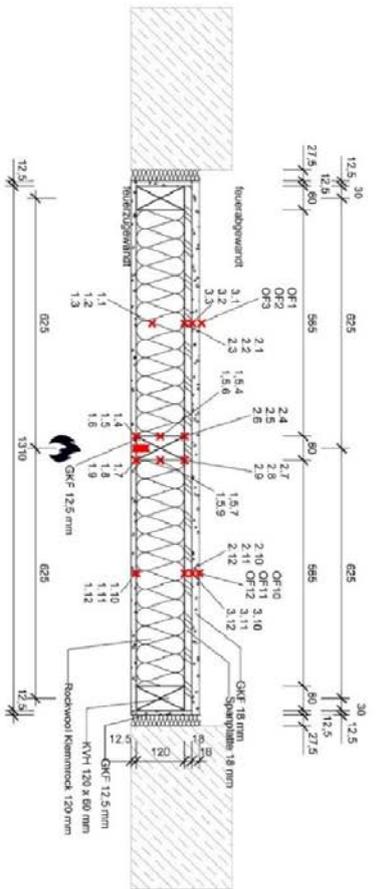
Die geprüften Wandausschnitte wurden zusammen mit den Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen gefertigt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens als vertikalen (Wand) bzw. horizontalen (Decke) Raumabschluss ein. Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 6 Platten-Thermolemente gemäß DIN EN 1364-1 [2] vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermolemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in 3 Ebenen (Unten, Mitte, Oben). Zusätzlich wurde die Sauerstoffkonzentration während der Brandprüfung gemessen. Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

A.12.4 Konstruktionszeichnungen

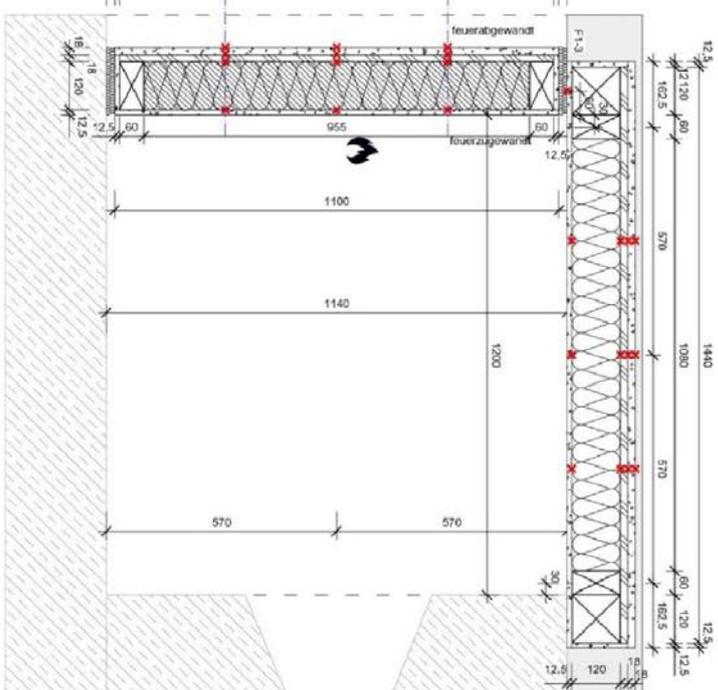
Wand - HTB - GKF 12,5 mm
ANSICHT M:1:10 von außerhalb des Ofen



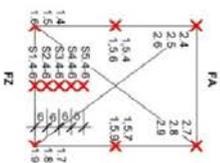
Schnitt A-A M 1:10



Schnitt B-B M 1:10



Thermoelemente am Ständer M 1:2



Materialien

KVI C 24
Spanplatte 18 mm, polidiver Inverpocel® (aus protel pd, $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$, $\tau = 7$)
Spanplatte 120 mm, Rockwool Klemmrinne GKF
GKF 18 mm - Konstruktiv Feuerschutzwand GKF
GKF 12,5 mm - Rohrer Außenputz GKF

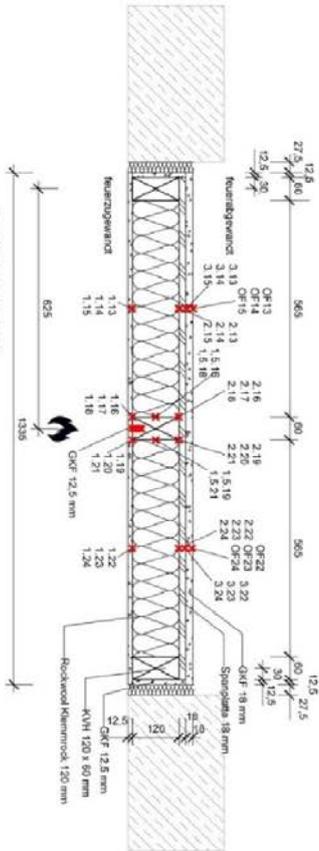
Thermoelemente

Thermoelement Typ K, Länge 4 m : 52 Stück
Oberflächen (seitens MFP/PAK) 6 Stück

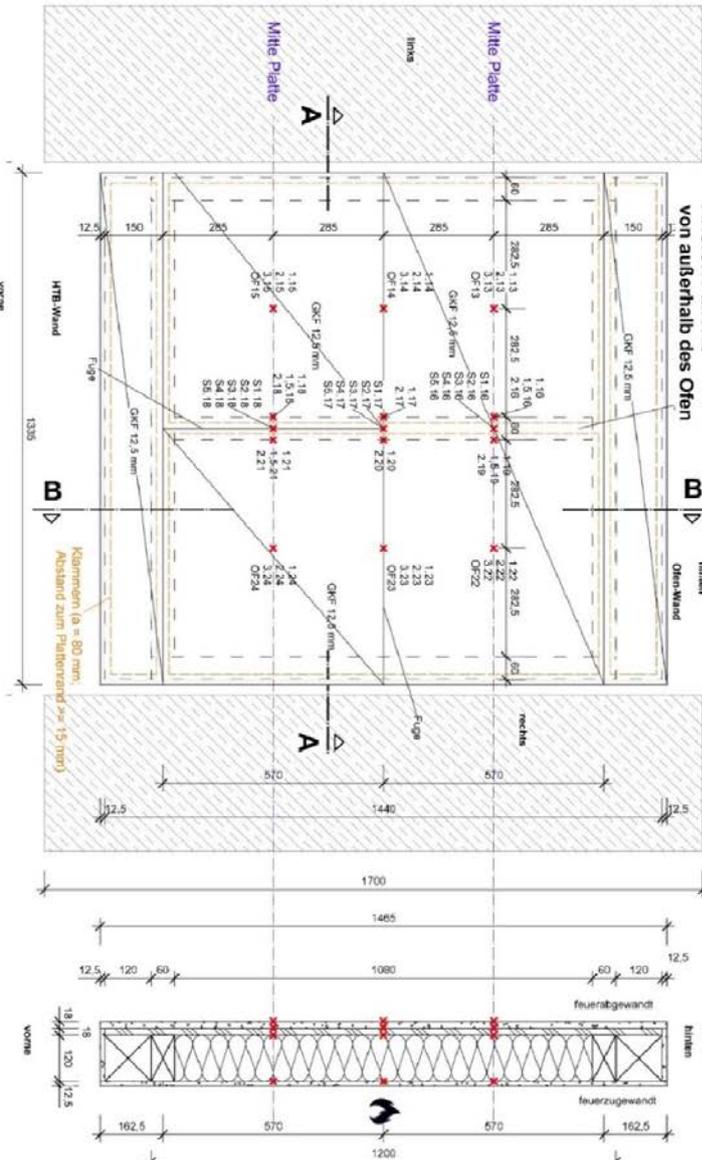
Projekt	Untersuchung Außenbauteilen
Versuchsnr./Name	Wand - HTB - GKF 12,5 mm
Bausteller	mf, nr
Material	110 12
Datum	11.03.2021

Decke - HTB - GKF 12,5 mm

Schnitt A-A M 1:10



Schnitt B-B M 1:10

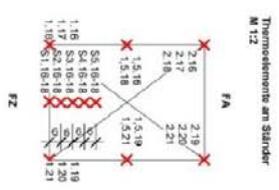


Materialien

- KGF G 24: 18 mm: Predecker Kumpboard fire protect G5, pr 600 kg/m² · 7
- Schnurleiste: 120 mm: Rockwool Klemmrock 035 P_{max}=28 kg/m² · Übermal ca. 1%
- GKF 18 mm: Knauf Feuerschutzplatte GKF
- GKF 12,5 mm: Knauf Ausdampplatte GKF

Thermoelemente

- Thermochart Typ K, Länge 4 m: 48 Stück
- Überdrachen (siehe MRP): 6 Stück



Projekt	Untersuchung Kolbenventilen
Versuchsnummer Name	Decke - HTB - GKF 12,5 mm
Bearbeiter	mf, wr
Maßstab	1:10 / 1:2
Datum	11.03.2021

A.12.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte

Tabelle A.12.5-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt (Decke und Wand)
1	GKF- Platte der Fa. Knauf Feuerschutzplatte GKF nach EN 520:2004+A1:2009-08	12,5	779	14,71	1.1 – 1.24
2	Steinwolle der Fa. Rockwool Rockwool Klemmrock 035 nach DIN EN 13162	120	46,33	0,72	2.1 – 2.24
3	Spanplatte der Fa. Pfeleiderer LivingBoard face contipro- tect P5 nach EN 13986:2004 +A1:2015	18	702,83	7,55	3.1 – 3.3, 3.10 – 3.15 und 3.22 – 3.24
4	GKF-Platte der Fa. Knauf Feuerschutzplatte GKF nach EN 520:2004+A1:2009-08	18	779	14,71	OF1 – OF3, OF10 – OF15 und OF22 – OF24

A.12.6 Versuchsbeobachtung

- Start des Versuchs: 22.03.2021; 13:57 Uhr
- Thermoelemente 1.1, 1.4, 1.10 Pole gedreht
- Beschreibung von der feuerabgewandten Seite (links, rechts, hinten, vorne)

Tabelle A.12.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung

Prüfzeit [min]	Zeit	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
0	13:57	Start der Prüfung	-
5	14:02	Beginn Verfärbung GKF Wand	FZ
7	14:04	Abschuppung GKF Wand & Decke	FZ
8	14:05	Spachtel an Decke löst sich im Fugenbereich teilweise	FZ
8	14:05	Rauchaustritt Wand links (unter OF3 bei TE-Austritt)	FA
11	14:08	Rauchaustritt linkes Eck Wand & Decke	FA
13	14:10	GKF- Decke: Fuge im Deckenbereich offen, Spachtel hat sich gelöst	FZ
15	14:12	Rauchaustritt linkes Auflager Decke	FA
16	14:13	GFK- Platte an der Decke (hinten rechts) abgefallen, im vorderen Bereich von der Konstruktion gelöst → tf- Decke	
16	14:13	Rauchaustritt rechtes Eck Wand & Decke	FA
17	14:14	Rauchaustritt ganze Decke (& nachstopfen WD-Streifen am rechten Eck Wand & Decke -> kaum mehr Rauch an dieser Stelle)	FA
18	14:15	Abfallen der GKF Decke (rechts klein); große GKF Decke hängt durch, im Bereich der angrenzenden, bereits abgefallenen Platte.	FZ
19	14:16	Abfallen der gesamten GKF Decke (groß), nachdem die Ofen-thermoelemente gedreht wurden und ein freies Abfallen möglich war. Klammern in den Platten ausgerissen, stecken weiterhin in der Holzkonstruktion	FZ
19	14:16	Holzbalken der Decke (Mitte) brennt	FZ
20	14:17	GKF Decke (links klein) hängt durch	FZ

21	14:18	Horizontalriss in GKF Wand (links groß) im unteren Drittel	FZ
22	14:19	Fugen im Wandbereich öffnen sich	
30	14:27	Haarrisse an GKF Wand (links groß), ausgehend von mittlerer Fuge zu kleineren GKF	FZ
32	14:29	Rauchaustritt an Wand & Decke überall	FA
33	14:30	Ausrichten der Ofen-Thermoelemente	-
36	14:33	Steinwolle der Decke abgefallen (links), Mitbrand der Spanplatte	FZ
38	14:35	Steinwolle der Decke hängt durch (rechts)	FZ
38	14:35	Haarrisse an allen GKF der Wand	FZ
39	14:36	Steinwolle der Decke abgefallen (rechts)	FZ
41	14:38	Riss in GKF Wand (links groß) im unteren Drittel bricht fast auf	FZ
42	14:39	Holzständer und Spanplatte der Decke verkohlen	FZ
46	14:43	GKF Wand (links groß) rutscht wegen Riss im oberen Drittel nach unten	FZ
46	14:43	GKF Wand (rechts klein unten) nur Haarrisse	FZ
48	14:45	Holzständer Wand glimmen & verkohlen	FZ
49	14:46	Spanplatte Decke durchgebrannt und fällt teilweise ab	FZ
55	14:52	GKF Wand (links groß) wölbt sich nach vorne, ca. in Mitte	FZ
56	14:53	Teilweises Abfallen GKF Wand (links groß) (ca. 20 x 35 cm)	FZ
58	14:55	Großer Teil der GKF Wand (links groß) abgefallen	FZ
59	14:56	GKF Wand (rechts klein unten) Risse in Ecken	FZ
59	14:56	Weiteres Abfallen bei GKF Wand (links groß)	FZ
60	14:57	GKF Wand (rechts klein unten) verfärbt sich leicht	FZ
61	14:58	GKF Wand (rechts klein unten) löst sich an mittlerer Fuge, kippt nach vorne	FZ
62	14:59	GKF Wand (rechts klein unten) fällt zu ca. 40% ab (auf der Seite der mittleren Fuge)	FZ
63	15:00	GKF Wand (rechts klein oben) wölbt sich leicht nach vorne	FZ
64	15:01	GKF Wand (rechts klein oben) reißt in unterem Drittel vertikal ein	FZ
65	15:02	rechter Wandbereich, Horizontalfuge der Dämmplatte geöffnet, Mitbrand der Spanplatte	
65	15:02	Keine Verfärbung von außen ersichtlich	FA
66	15:03	GKF Decke (oben außen) biegt & Fuge öffnet sich leicht	FA
66	15:03	Teilweises Abfallen GKF Wand (rechts klein oben)	FZ
67	15:04	GKF Decke (oben außen) Fuge öffnet sich weiter (glimmen ersichtlich)	FA
68	15:05	Abfallen GKF Wand (rechts klein oben) unteres Drittel	FA
69	15:06	Flammenaustritt an Fuge & Verfärbung links an Decke	FA
70	15:07	Durchbrand --> Brenner AUS	FA
70	15:07	Beginn des Löschens des Probekörpers	FA
72	15:09	Thermoelemente abgetrennt	FA

A.12.7 Fotodokumentation



Abbildung A.12.7-1: Deckenkonstruktion im Bau



Abbildung A.12.7-2: Deckenkonstruktion im Bau mit Steinwolle



Abbildung A.12.7-3: Deckenkonstruktion im Bau mit Spanplatte



Abbildung A.12.7-4: Deckenkonstruktion vor Transport



Abbildung A.12.7-5: Wandkonstruktion im Bau



Abbildung A.12.7-6: Wandkonstruktion mit Steinwolle



Abbildung A.12.7-7: Wand in Prüfofen



Abbildung A.12.7-8: Wand und Decke in Prüfofen



Abbildung A.12.7-9: Prüfminute 16, GFK abgefallen (Decke hinten rechts); GFK von Konstruktion gelöst (Decke vorne rechts)



Abbildung A.12.7-10: Prüfminute 18, GKF (Decke hinten) fällt weiter ab; GKF (Decke vorne) hängt stark durch



Abbildung A.12.7-11: Prüfminute 19, Abfallen der gesamten GKF (Decke groß) nach Drehung der Ofenthermoelemente; Klammern stanzen durch die GKF und verbleiben im Holz



Abbildung A.12.7-12: Prüfminute 19, Holzständer in der Decke (Mitte) brennt



Abbildung A.12.7-13: Prüfminute 21, Horizontaltalriss in GKF Wand (links groß) im unteren Drittel.



Abbildung A.12.7-14: Prüfminute 36, Steinwolle der Decke (links) abgefallen; Mitbrand Spanplatte



Abbildung A.12.7-15: Prüfminute 39, Steinwolle der Decke (rechts) abgefallen

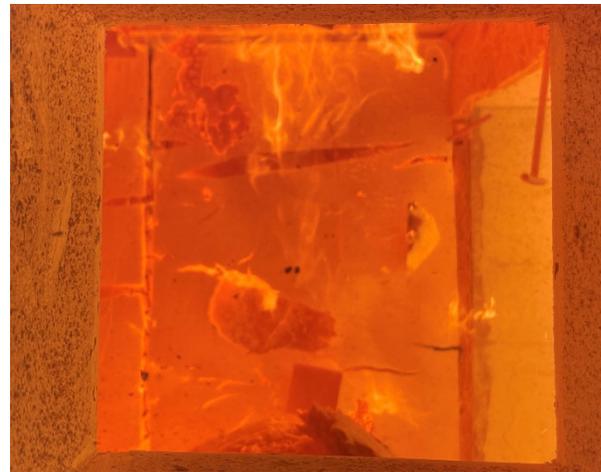


Abbildung A.12.7-16: Prüfminute 56, Teilweises Abfallen GKF Wand (links, groß) ca. 20 x 35 cm

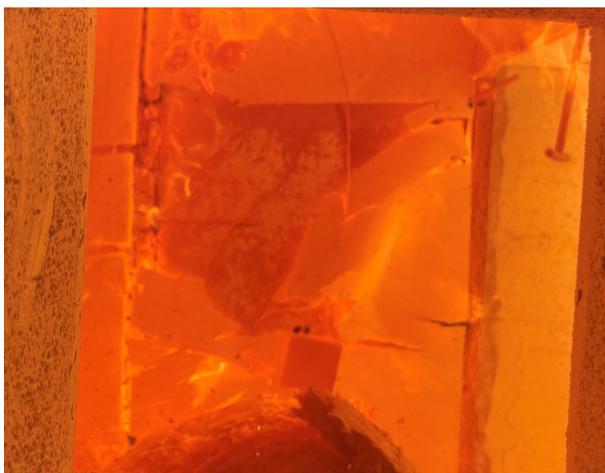


Abbildung A.12.7-17: Prüfminute 58, großer Teil der GKF (Wand links groß) abgefallen



Abbildung A.12.7-18: Prüfminute 62, GKF (Wand rechts klein unten) fällt zu ca. 40 % ab



**Abbildung A.12.7-25: Wand nach Versuchs-
ende feuerzugewandte Seite ohne Dämmung;
Detail Stoß mit Ständer**



**Abbildung A.12.7-26: Wand nach Versuchs-
ende; Detail Abbrand Ständer außen**



**Abbildung A.12.7-27: Wand nach Versuchs-
ende; Detail Abbrand Ständer Mitte**



**Abbildung A.12.7-28: Wand nach Versuchs-
ende; Detail Spanplatte feuerabgewandte
Seite**



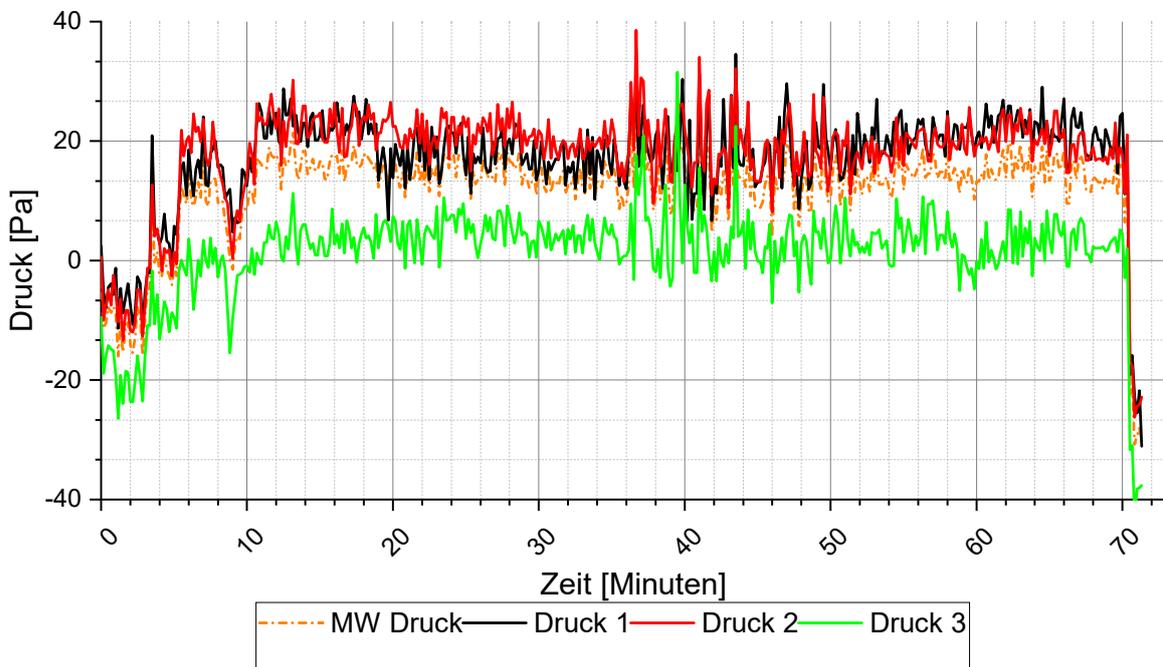
**Abbildung A.12.7-29: Wand nach Versuchs-
ende; Detail Spanplatte feuerzugewandte Seite**



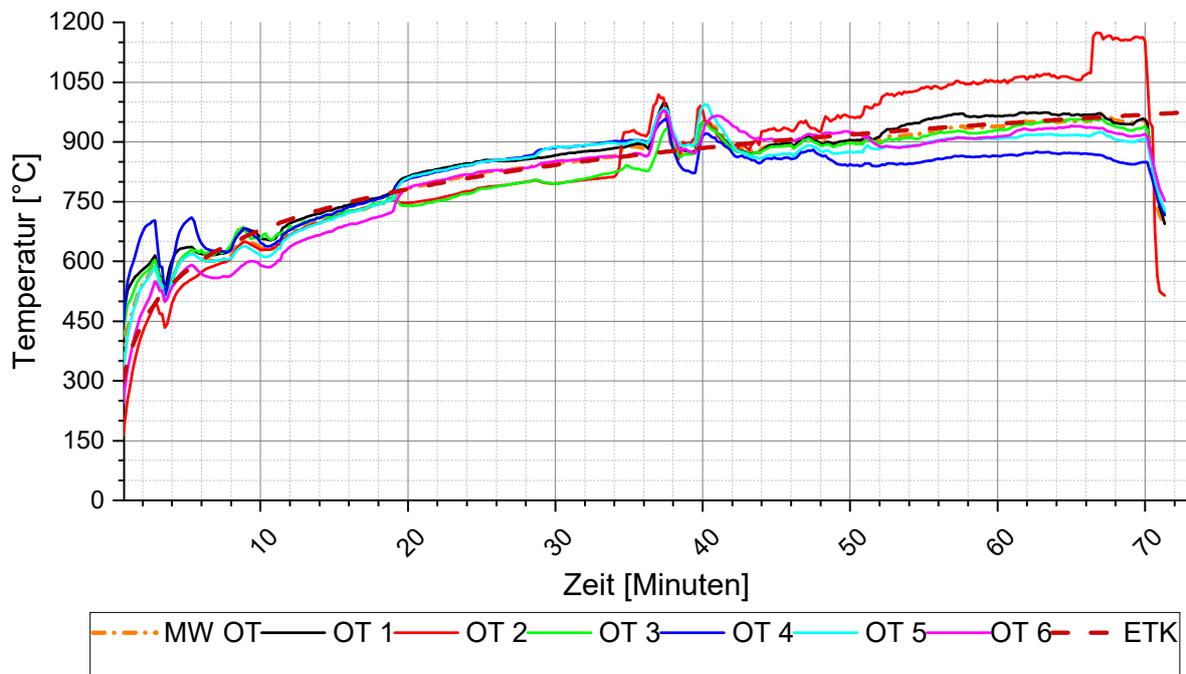
**Abbildung A.12.7-30: Decke nach Versuchs-
ende**

A.12.8 Darstellung der Messwerte

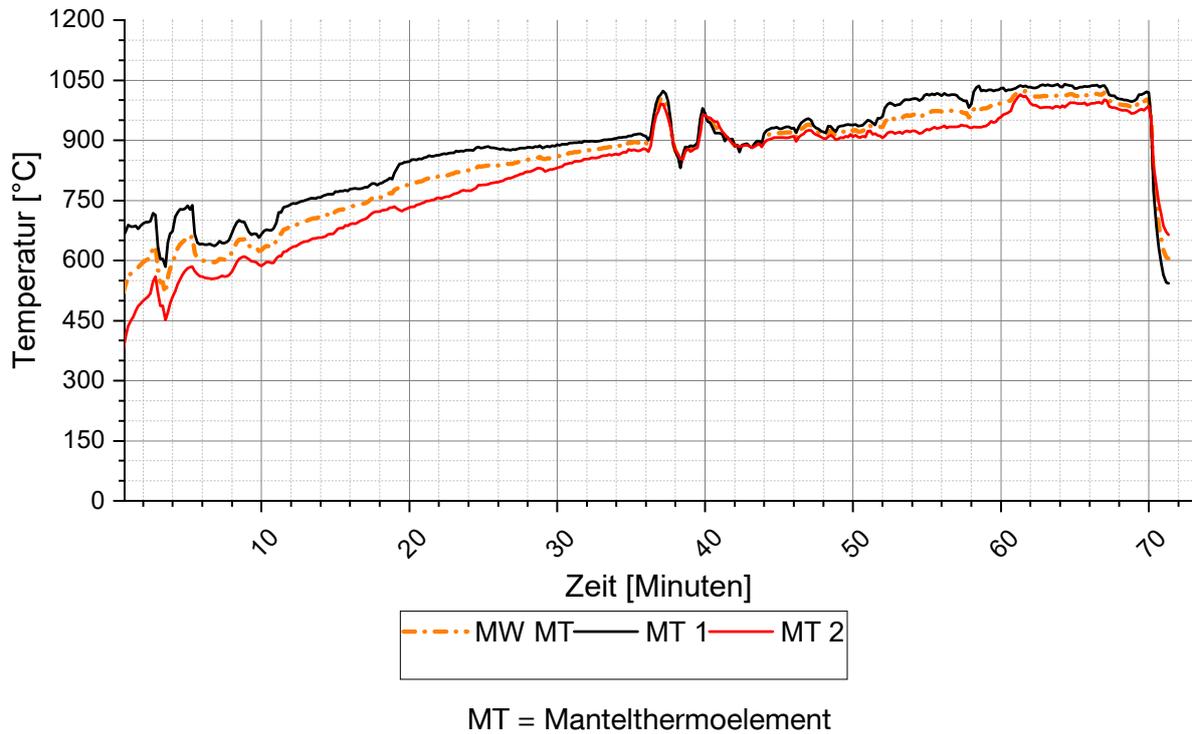
A.12.8.1. Druckentwicklung im Ofen



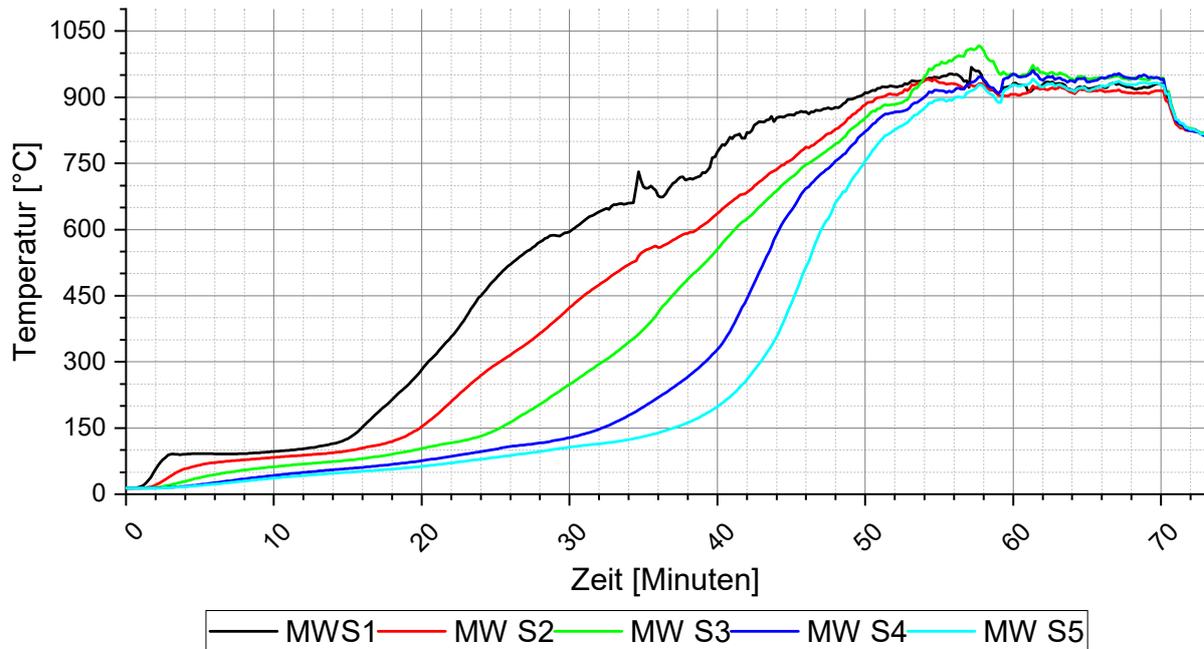
A.12.8.2. Temperaturentwicklung im Ofen OT



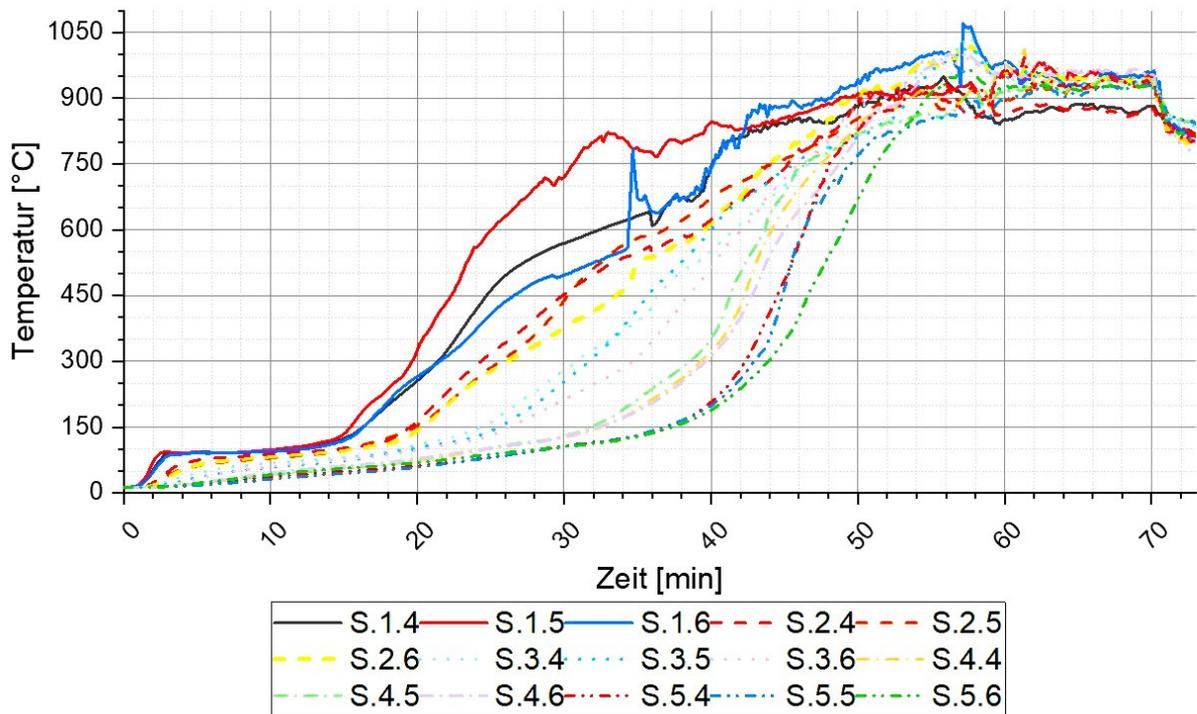
A.12.8.3. Temperaturentwicklung im Ofen MT



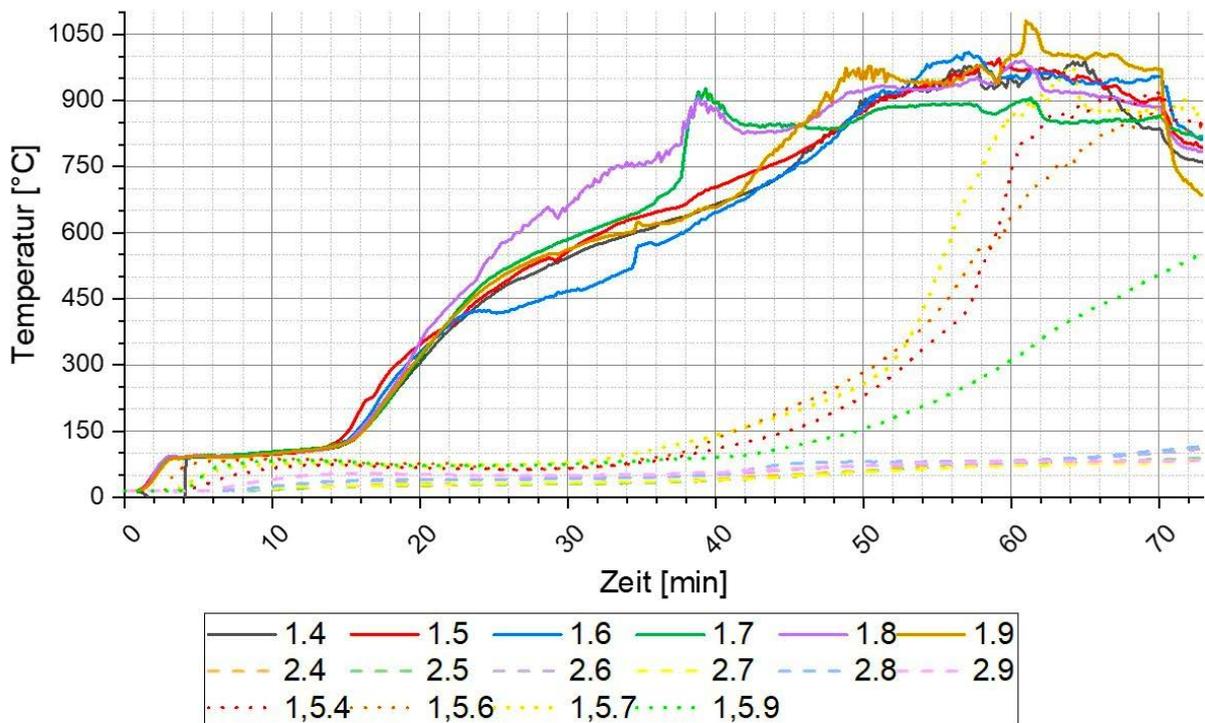
A.12.8.4. Messstellen Wand: Temperaturen im Ständer MW



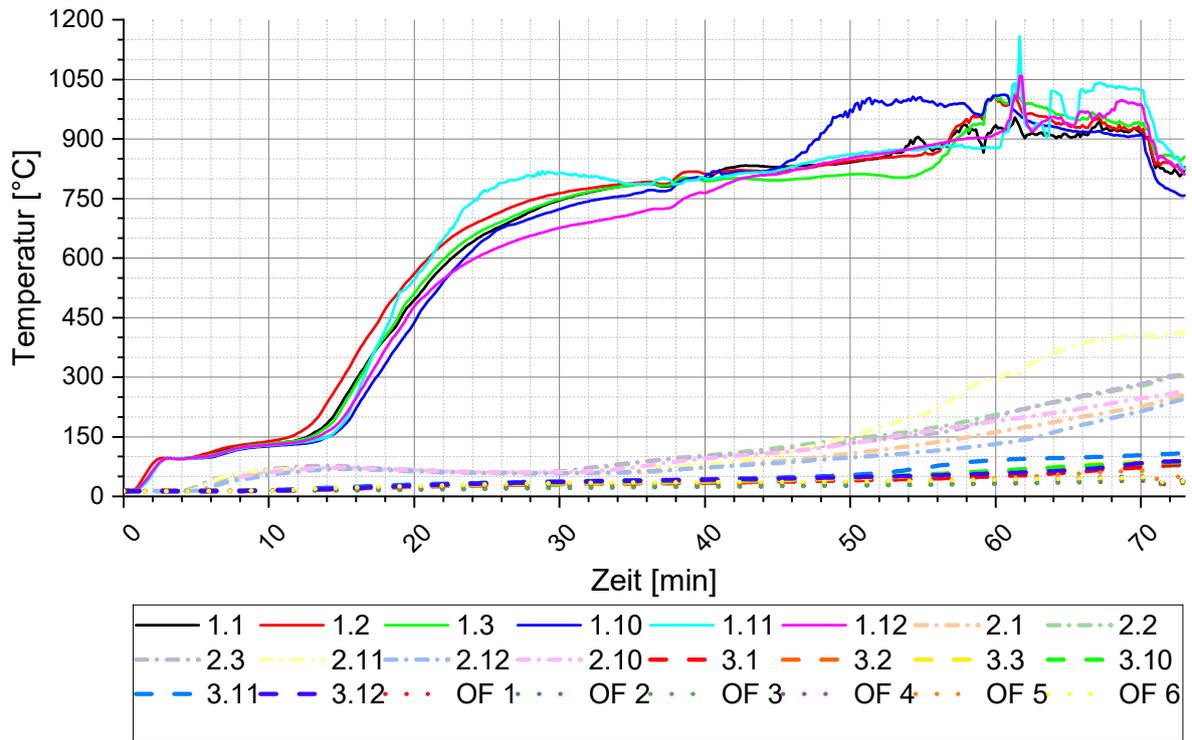
A.12.8.5. Messstellen Wand: Temperaturen am Ständer 1



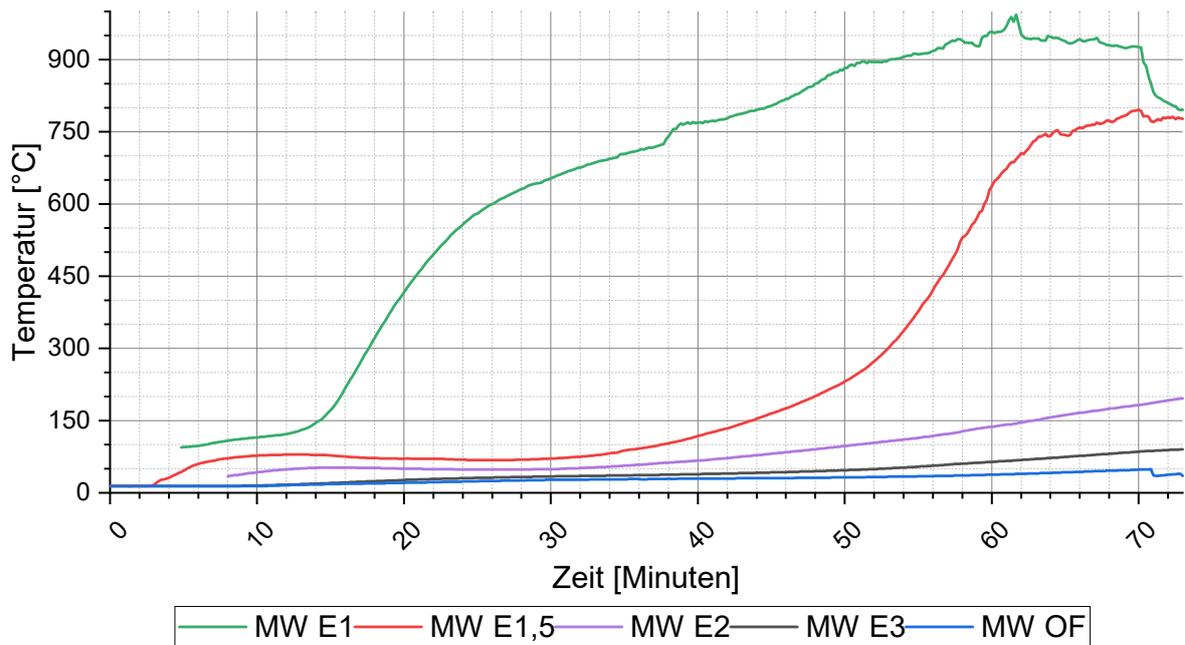
A.12.8.6. Messstellen Wand: Temperaturen am Ständer 2



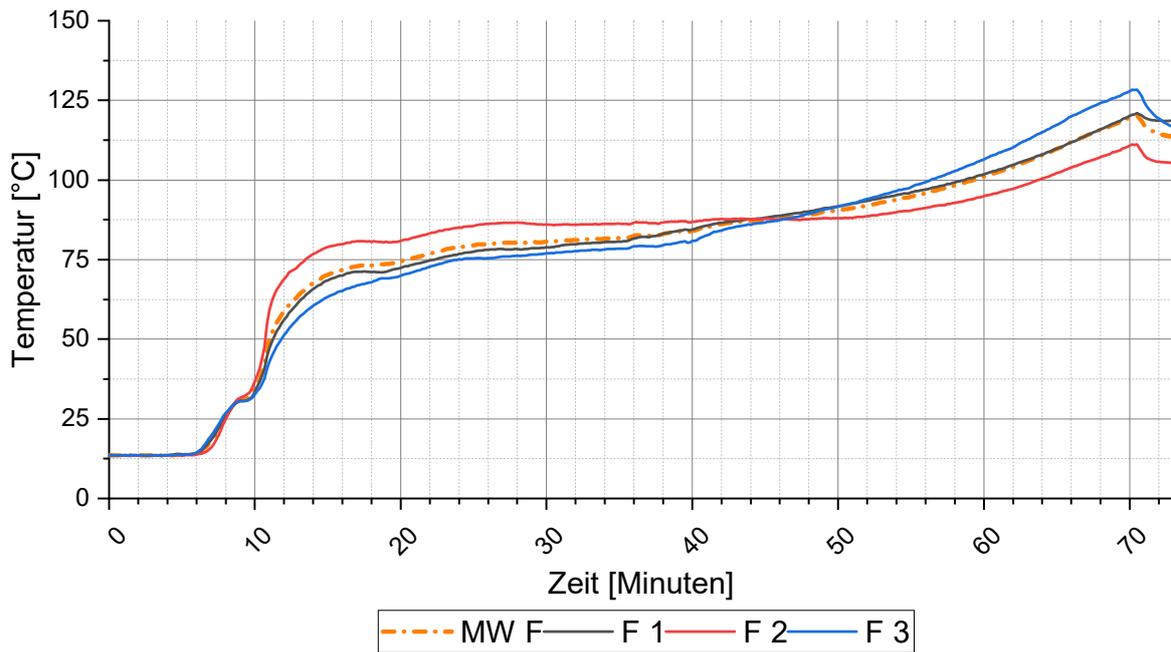
A.12.8.7. Messstellen Wand: Temperaturen im Gefach



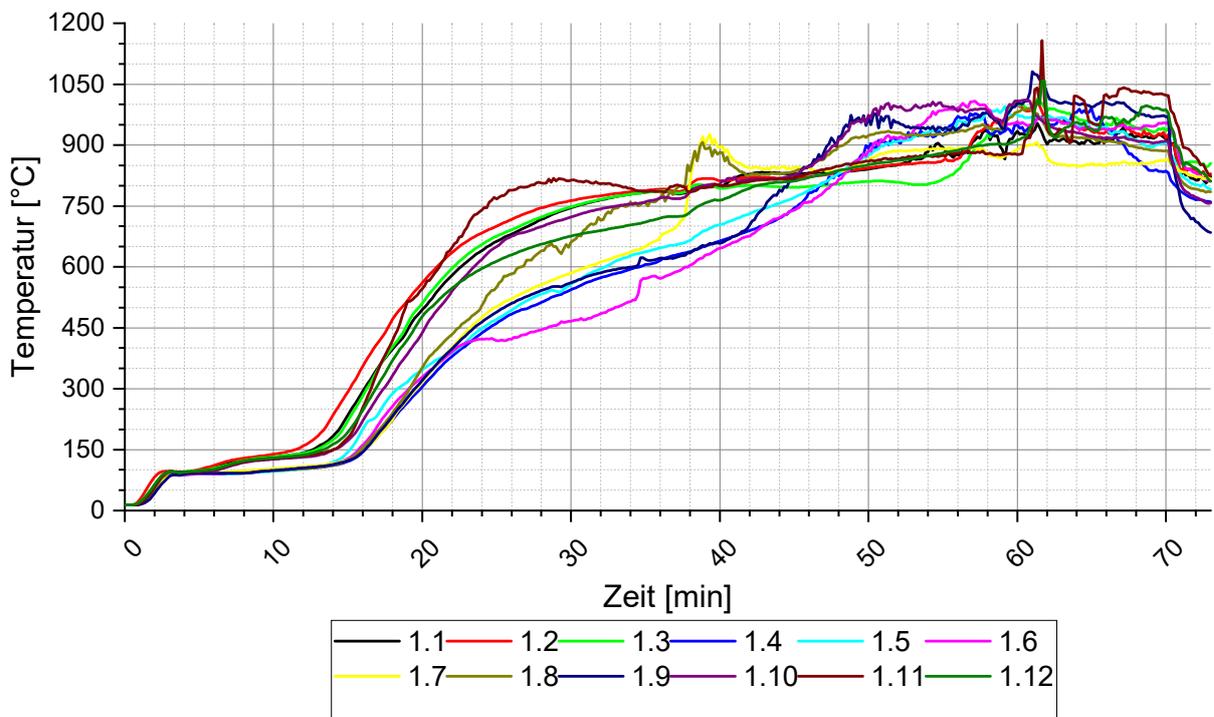
A.12.8.8. Messstellen Wand: Temperaturen im Gefach MW



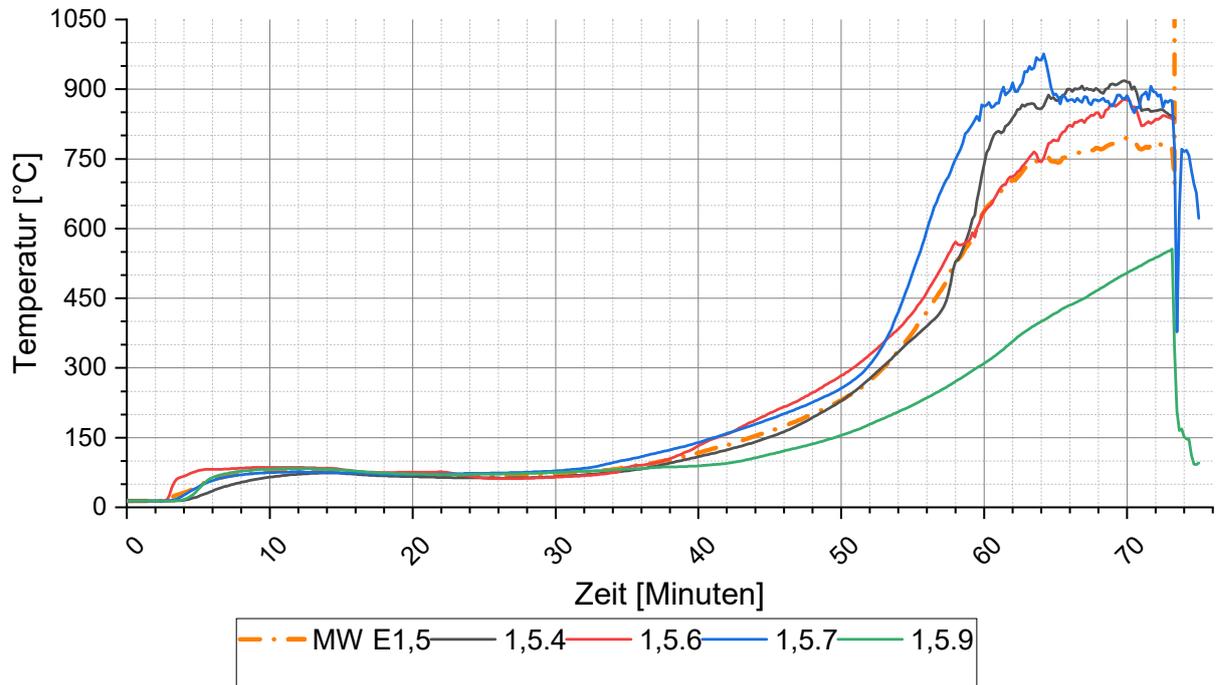
A.12.8.9. Temperaturen in der Fuge



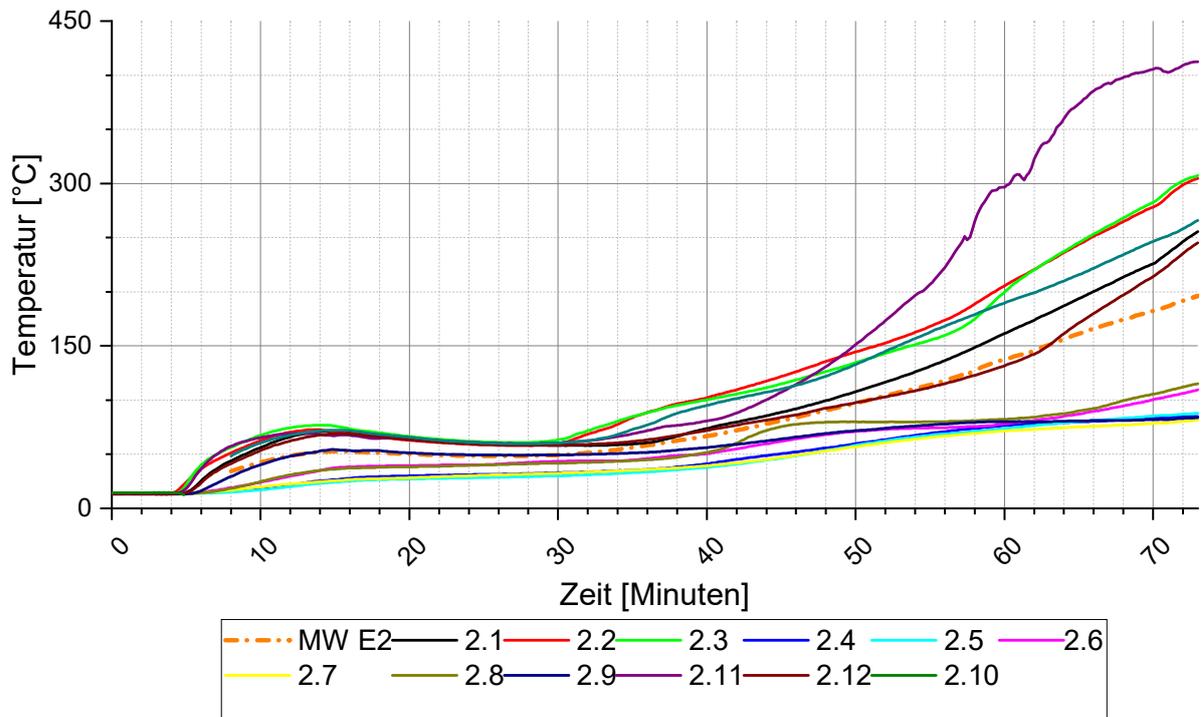
A.12.8.10. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene 1



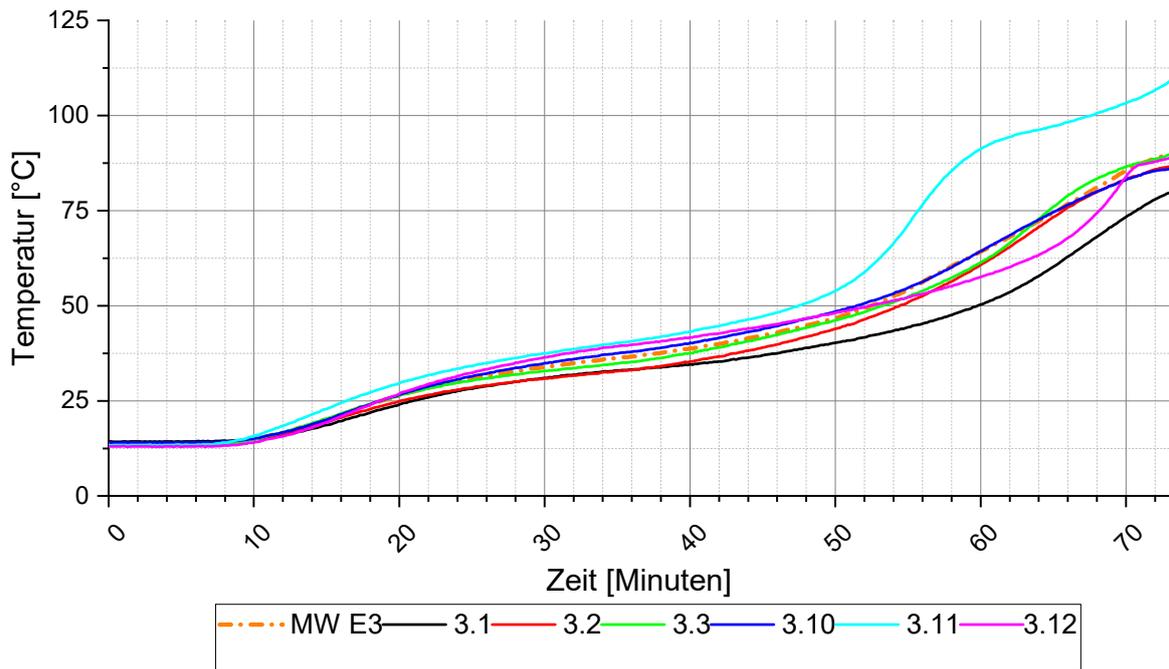
A.12.8.11. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene 1,5



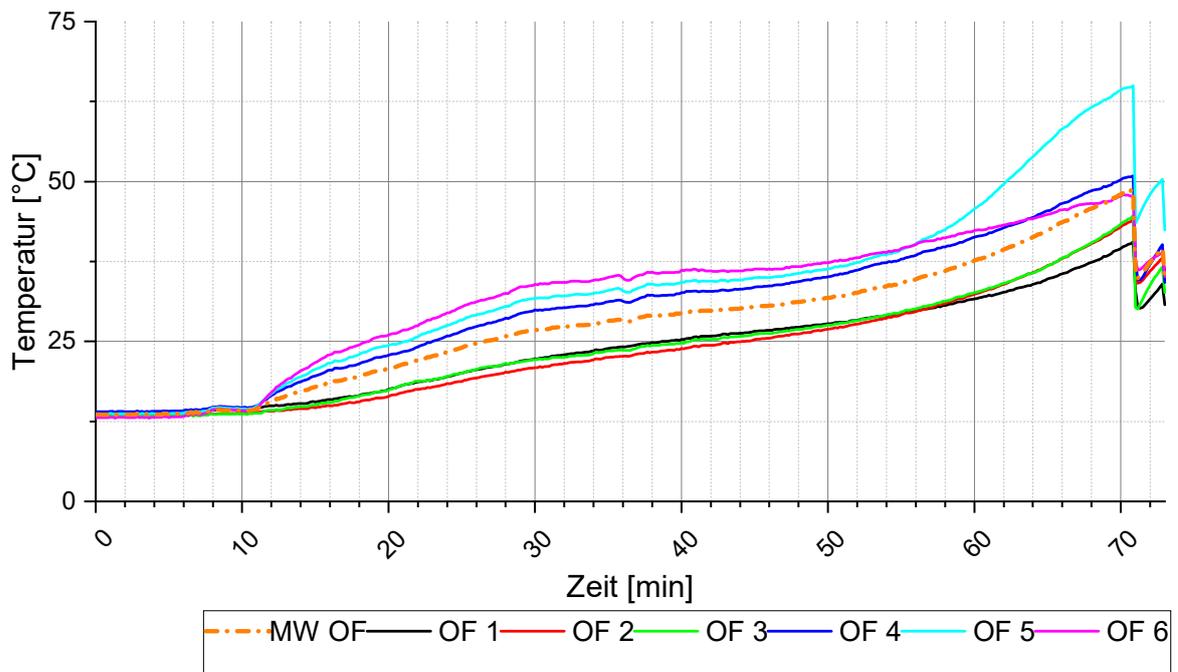
A.12.8.12. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene 2



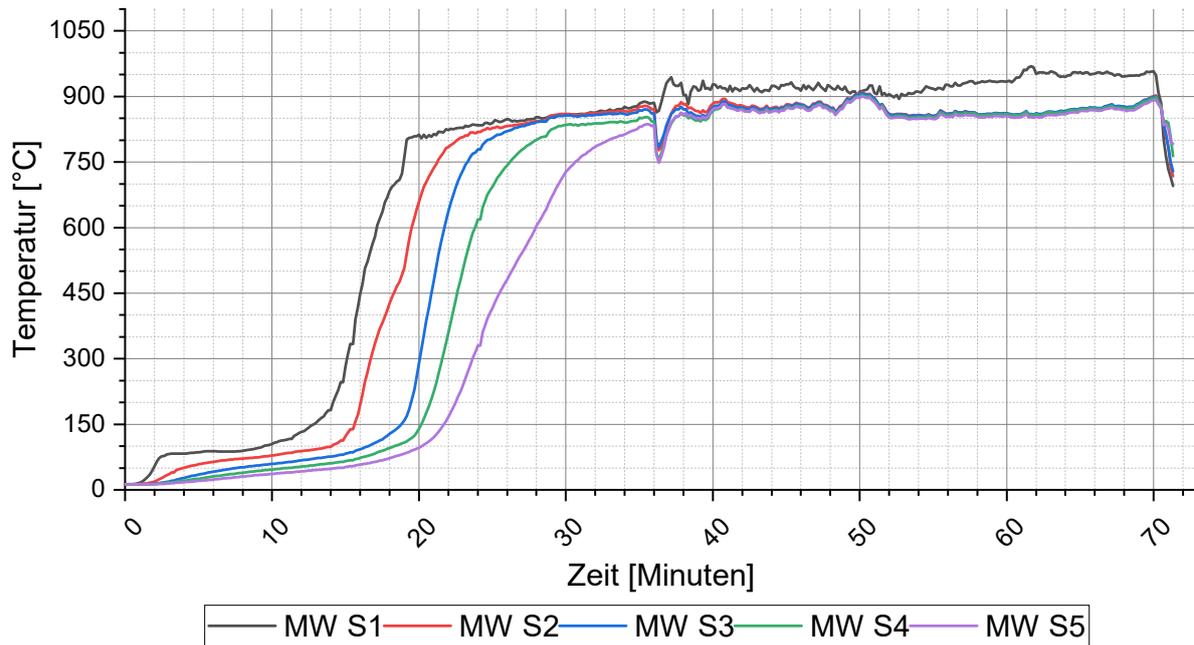
A.12.8.13. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene 3



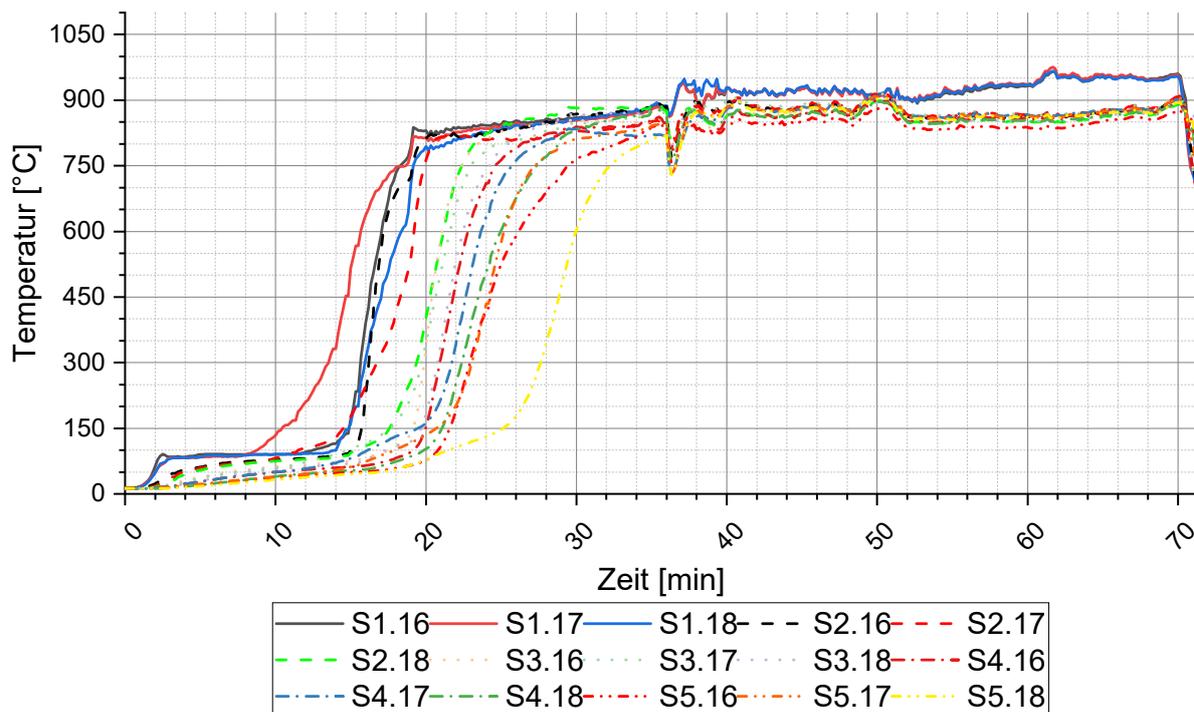
A.12.8.14. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene OF



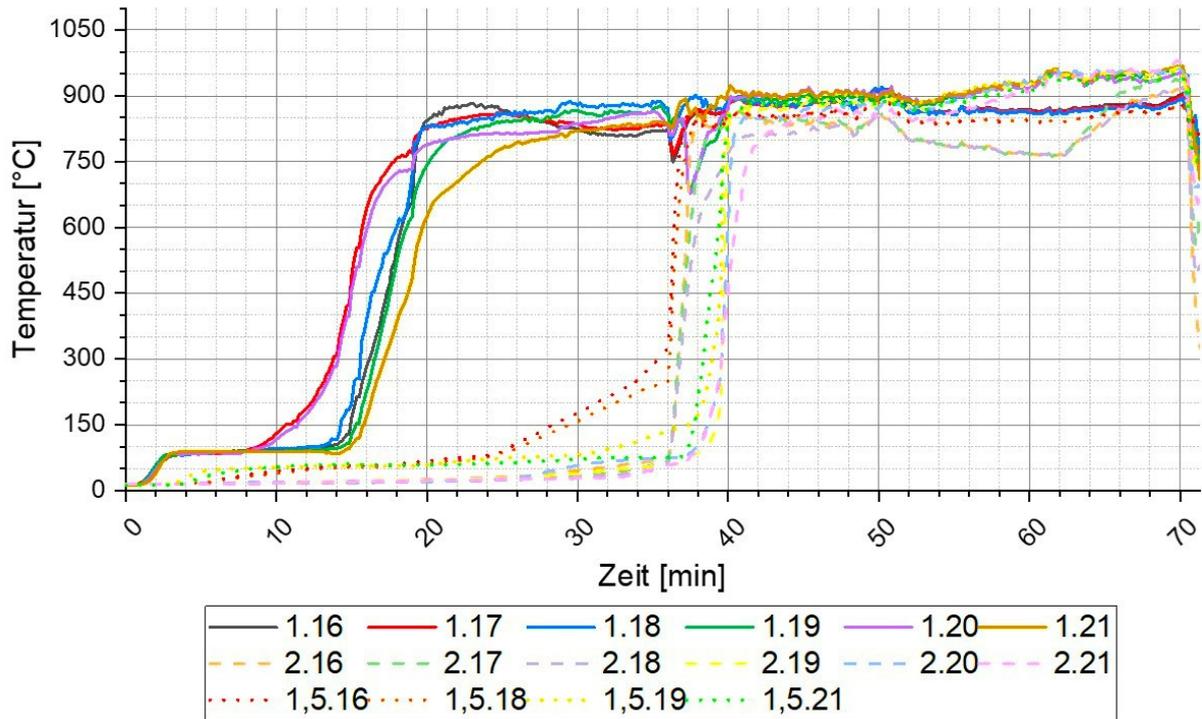
A.12.8.15. Messstellen Decke: Temperaturen im Ständer MW



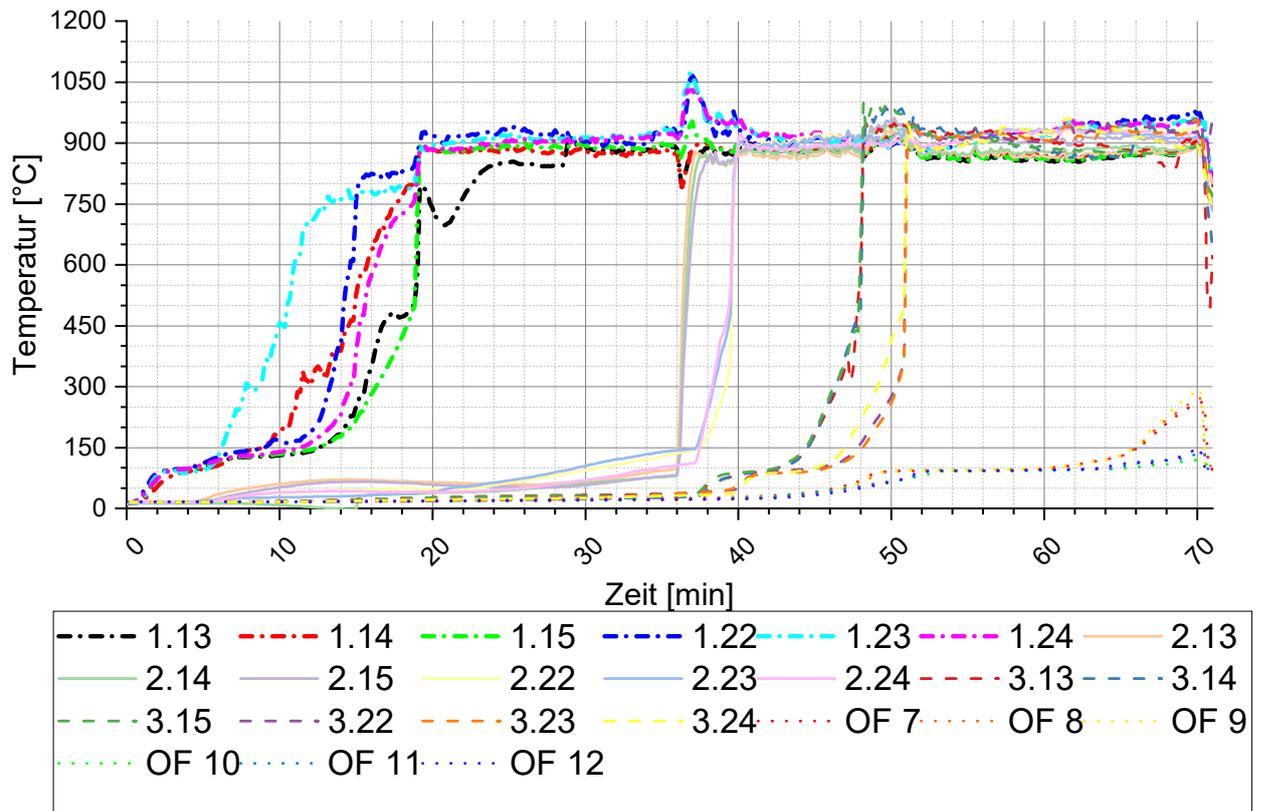
A.12.8.16. Messstellen Decke: Temperaturen im Ständer



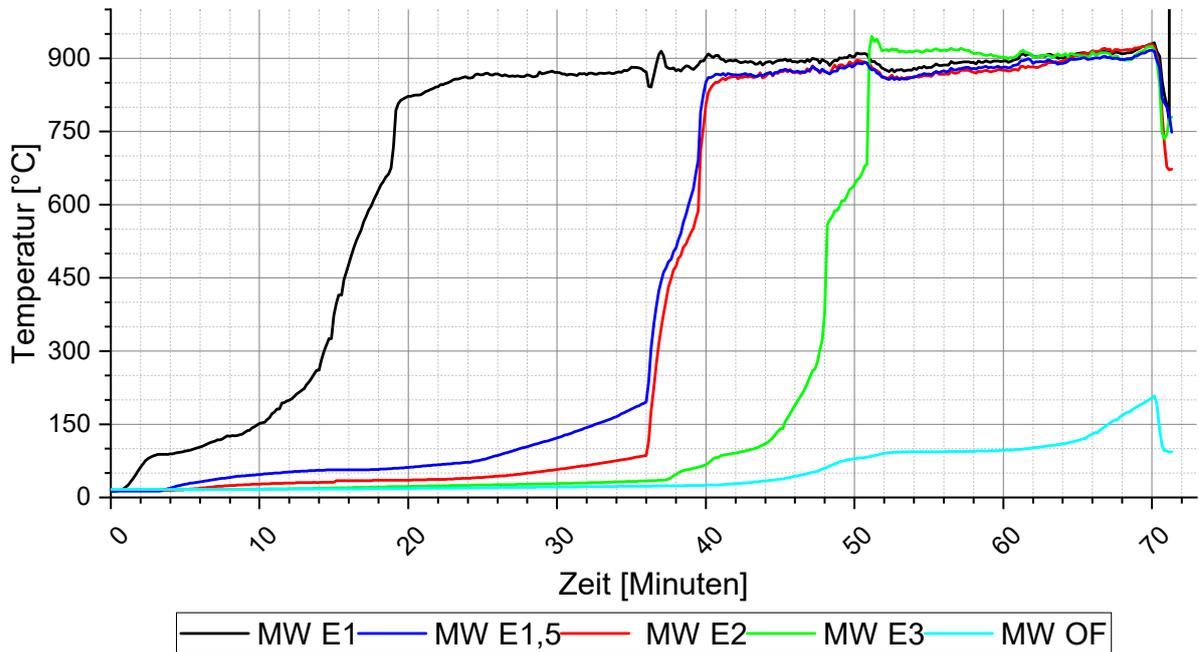
A.12.8.17. Messstellen Decke: Temperaturen am Ständer



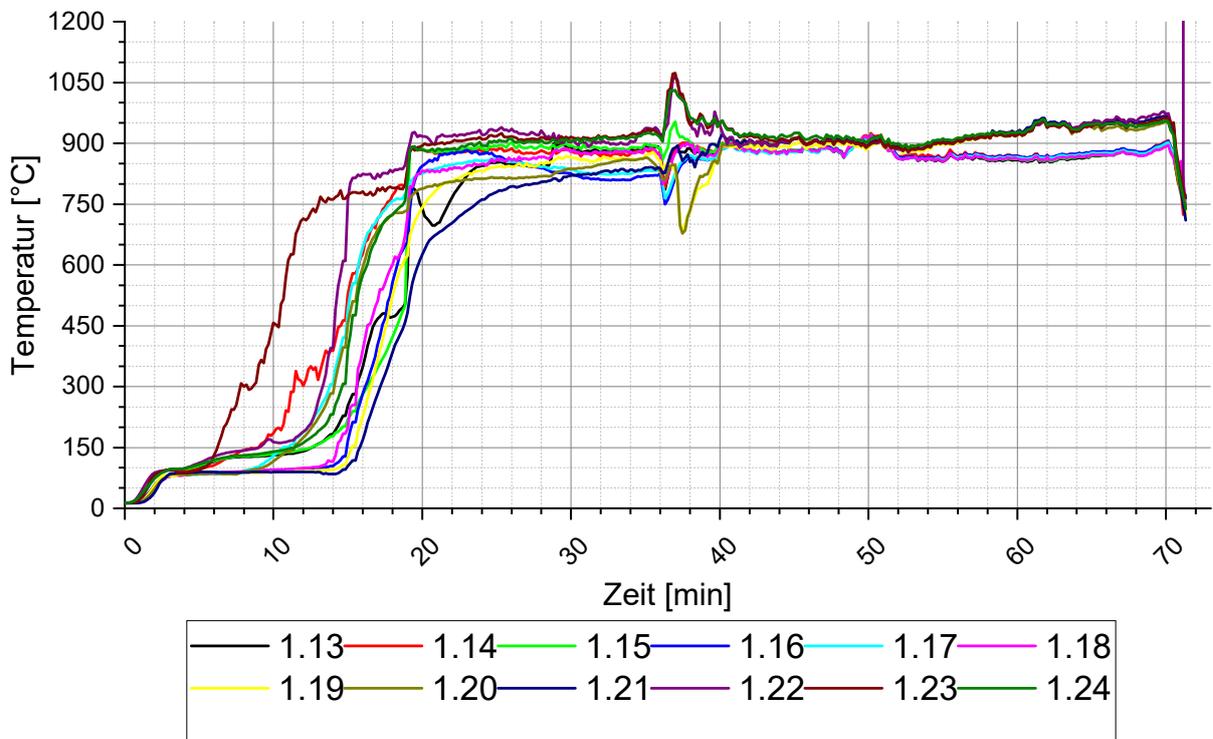
A.12.8.18. Messstellen Decke: Temperaturen im Gefach



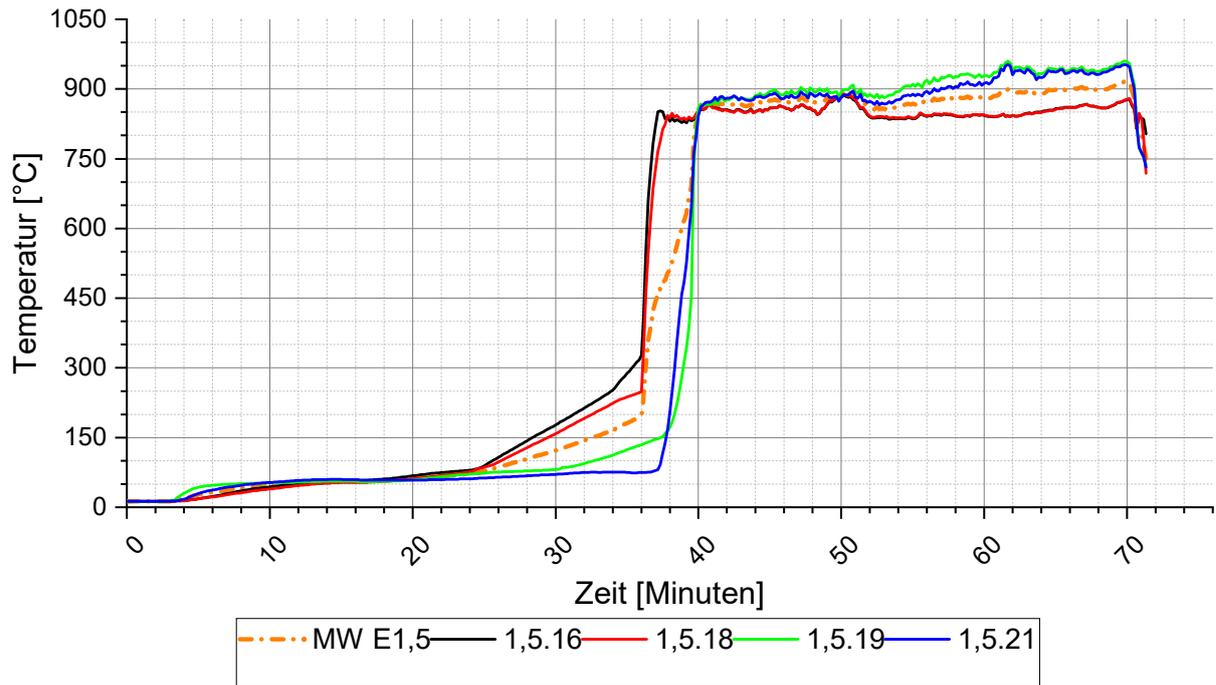
A.12.8.19. Messtellen Decke: Temperaturen im Gefach MW



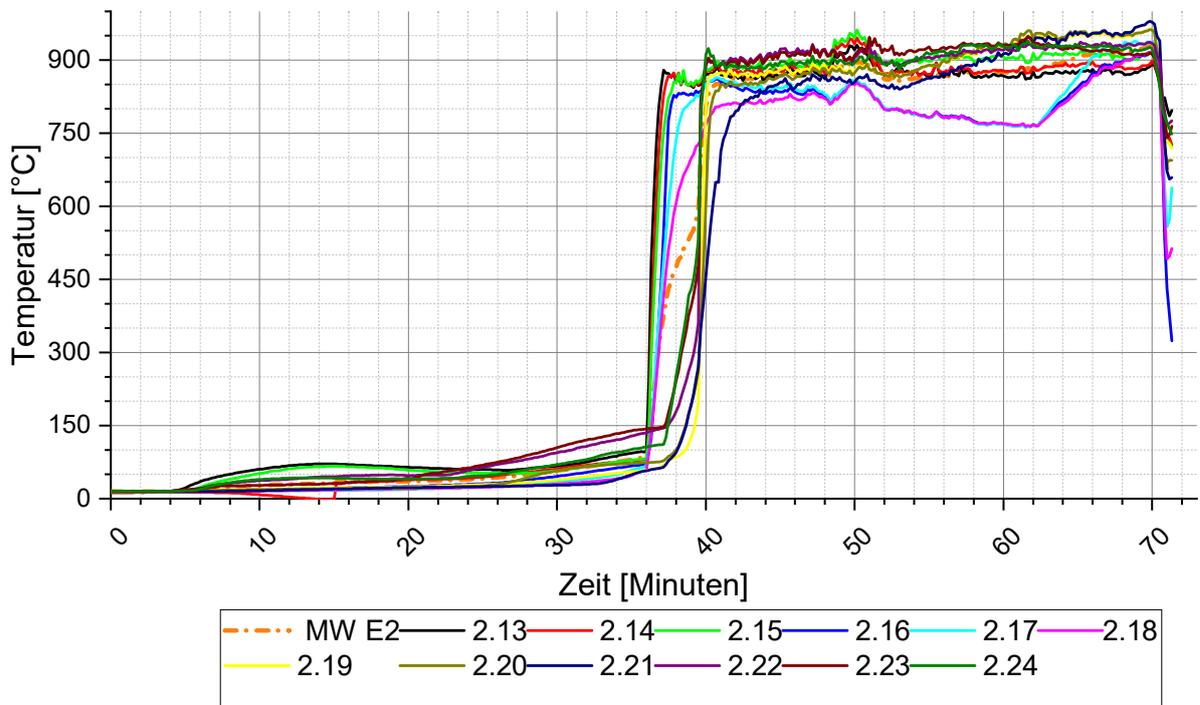
A.12.8.20. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene 1



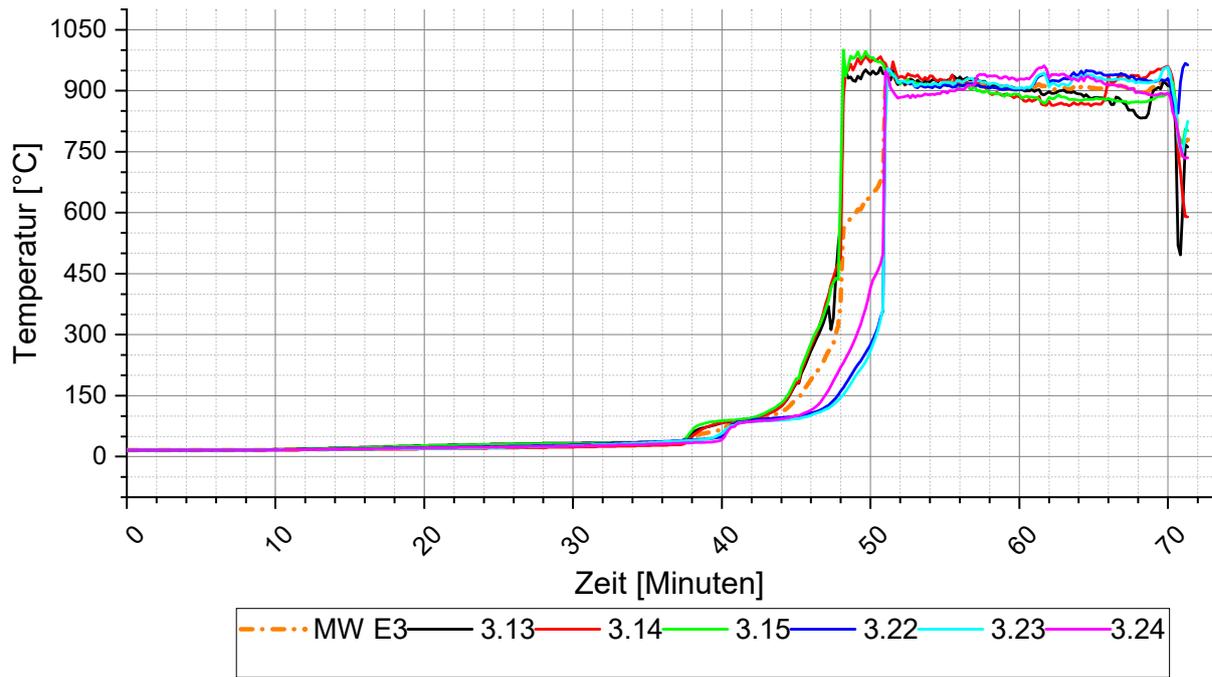
A.12.8.21. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene 1,5



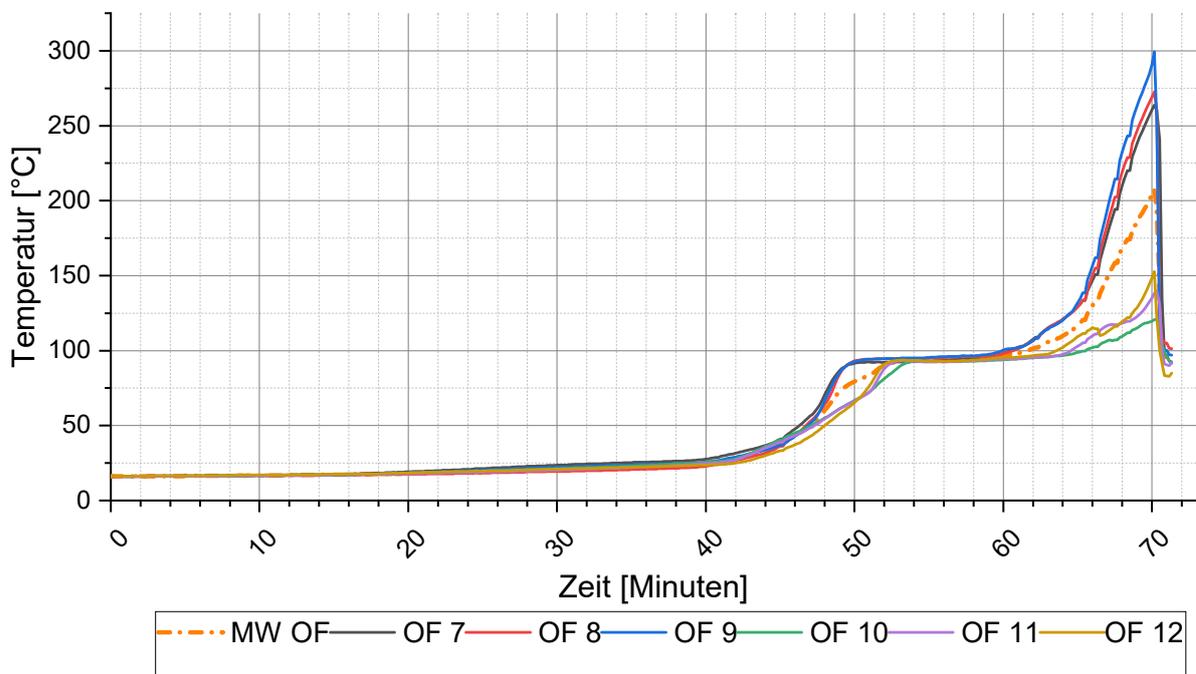
A.12.8.22. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene 21



A.12.8.23. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene 3



A.12.8.24. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene OF



A.12.9 Zusammenstellung der Messwerte t_{270} und t_{300}

Tabelle A.12.9-1: t_{CH} Ebene 1

Wand: Messstellen 1-12	Decke: Messstellen 13-24
------------------------	--------------------------

Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**	Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**
1.1	15:40	16:10	1.13	15:20	15:40
1.2	14:40	15:10	1.14	11:10	11:30
1.3	15:50	16:20	1.15	15:50	16:20
1.4	19:10	20:00	1.16	16:00	16:20
1.5	17:40	18:30	1.17	13:30	13:50
1.6	18:20	19:10	1.18	15:40	15:40
1.7	19:00	19:40	1.19	16:20	16:40
1.8	18:40	19:10	1.20	13:50	14:10
1.9	18:50	19:40	1.21	17:00	17:20
1.10	17:00	17:30	1.22	13:10	13:20
1.11	16:20	16:40	1.23	07:40	07:50
1.12	16:30	17:00	1.24	14:20	14:40

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.12.9-2: t_{CH} im Ständer (Wand)

Messstelle	t(>300 °C)*	Messstelle	t(>300 °C)*	Messstelle	t(>300 °C)*
S1.4	21:30	S1.5	19:40	S1.6	21:40
S2.4	24:20	S2.5	25:40	S2.6	26:10
S3.4	31:00	S3.5	31:50	S3.6	34:50
S4.4	39:20	S4.5	38:40	S4.6	39:40
S5.4	42:20	S5.5	43:00	S5.6	44:00

* erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.12.9-3: t_{CH} im Ständer (Decke)

Messstelle	t(>300 °C)*	Messstelle	t(>300 °C)*	Messstelle	t(>300 °C)*
S1.16	15:40	S1.17	13:40	S1.18	16:00
S2.16	16:20	S2.17	16:50	S2.18	19:30
S3.16	20:00	S3.17	19:50	S3.18	20:50
S4.16	21:00	S4.17	21:50	S4.18	22:30
S5.16	23:00	S5.17	23:10	S5.18	27:40

* erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.12.9-4: t_F

Messminute	Ereignis	Messstelle	Temperatur
16:00	GFK- Platte an der Decke (hinten rechts) abgefallen, im vorderen Bereich von der Konstruktion gelöst --> t _F -Decke	1.19	226,9 °C
		1.22	824,2 °C

18:00	Abfallen der GKF Decke (rechts klein)	1.23	781,3 °C
		1.24	575,9 °C
19:00	Abfallen der gesamten GKF Decke (groß), nachdem die Ofenthermoelemente gedreht wurden und ein freies Abfallen möglich war. Klammern in den Platten ausgerissen, stecken weiterhin in der Holzkonstruktion	1.13	472,1 °C
		1.16	558,0 °C
		1.23	790,0 °C
46:00	GKF Wand (links groß) rutscht wegen Riss im oberen Drittel nach unten	MW 1.1, 1.2, 1.3	816,9 °C
		MW 1.4, 1.5, 1.6	777,5 °C
56:00	Teilweises Abfallen GKF Wand (links groß) (ca. 20 x 35 cm)	MW 1.1, 1.2, 1.3	860,7 °C
		MW 1.4, 1.5, 1.6	974,3 °C
58:00	Großer Teil der GKF Wand (links groß) abgefallen	MW 1.1, 1.2, 1.3	936,6 °C
		MW 1.4, 1.5, 1.6	966,9 °C
59:00	Weiteres Abfallen bei GKF Wand (links groß)	MW 1.1, 1.2, 1.3	926,8 °C
		MW 1.4, 1.5, 1.6	954,1 °C
61:00	GKF Wand (rechts klein unten) löst sich an mittlerer Fuge, kippt nach vorne	1.9	1081,1 °C
62:00	GKF Wand (rechts klein unten) fällt zu ca. 40% ab (auf der Seite der mittleren Fuge)	1.9	1026,6 °C
		1.12	968,3 °C
66:00	Teilweises Abfallen GKF Wand (rechts klein oben)	1.7	851,2 °C
		1.10	919,0 °C
68:00	Abfallen GKF Wand (rechts klein oben) unteres Drittel	1.7	854,6 °C
		1.10	910,6 °C

A.12.10 Anmerkungen

Das **Thermoelement 1.1** liefert erst ab Messminute 4:00 auswertbare Ergebnisse, nachdem die Pole getauscht wurden.

Das **Thermoelement 1.4** liefert erst ab Messminute 4:10 auswertbare Ergebnisse, nachdem die Pole getauscht wurden.

Das **Thermoelement 1.10** liefert erst ab Messminute 4:50 auswertbare Ergebnisse, nachdem die Pole getauscht wurden.

Aus diesen Gründen beginnt die graphische Darstellung der betroffenen Temperaturverläufe nicht bei Messminute 0:00, sondern zu den oben angegebenen Zeitpunkten. Die Darstellung des Mittelwertes MW E1 beginnt bei Messminute 4:50.

Das **Thermoelement 2.10** liefert ab Messminute 5:00 bis 7:50 fehlerhafte Ergebnisse. Deshalb beginnt die graphische Darstellung von 2.10 erst bei Messminute 8:00.

A.13 Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten 12,5 mm BSP (V5-1m-BSP-12,5 mm-GKF)

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-11-04_01 - V5-1m-BSP-12,5 mm-GKF
Gegenstand	Brandversuch im Meterofen zur Untersuchung des Abfallverhaltens von GKF-Platten auf Holzmassivbauteilen unter Brandbeanspruchung, in verschiedenen Ausrichtungen – Wand und Decke GKF 12,5 mm
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	17.08.2021
Datum Bericht	04.11.2021
Anzahl Seiten des Berichts	22

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.13.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Abfallverhalten von Gipsplatten in unterschiedlichen Dicken in verschiedenen Ausrichtungen (Wand / Decke) auf Holztafel- und Holzmassivbauteilen durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung einer Brettsperrholzwand und - Decke mit einer 12,5 mm dicken GKF-Bekleidung im Kleinbrandofen. Die orientierende Brandprüfung erfolgte im 1-m-Ofen in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2] und DIN EN 1364-1 [5]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile. Jede wesentliche Abweichung der Konstruktion hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Materialien, Belastungen, Spannungszuständen, Randbedingungen oder Befestigungsmitteln von den geprüften Randbedingungen, ist durch diesen Prüfbericht nicht abgedeckt.

A.13.2 Geprüfte Konstruktion

Der Prüfkörper besteht aus einer Wand-Deckenkonstruktion. Die Wand weist eine Außenabmessung von $B \times H = 1335 \times 1100$ mm auf und besteht aus einem 120 mm dicken Brettsperrholzelement. Die Decke hat Außenabmessungen von $B \times H = 1335 \times 1465$ mm und besteht ebenfalls aus einem 120 mm dicken Brettsperrholzelement. Die Bekleidung der Wand- und Deckenkonstruktion auf der feuerzugewandten Seite erfolgt mit einer 12,5 mm dicken GKF ($\rho = 804,45 \text{ kg/m}^3$) Platte. Die GKF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 (Länge 50 mm, Drahtstärke 1,5 mm und Rückenbreite 11,2 mm) umlaufend im Abstand von 80 mm befestigt. Die genauen Baustoffeigenschaften sind dem Anhang zu entnehmen. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermoelemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen. Eine genaue Beschreibung kann den einzelnen Versuchsaufstellungen entnommen werden.

A.13.3 Prüfkörper und Baustoffkennwerte

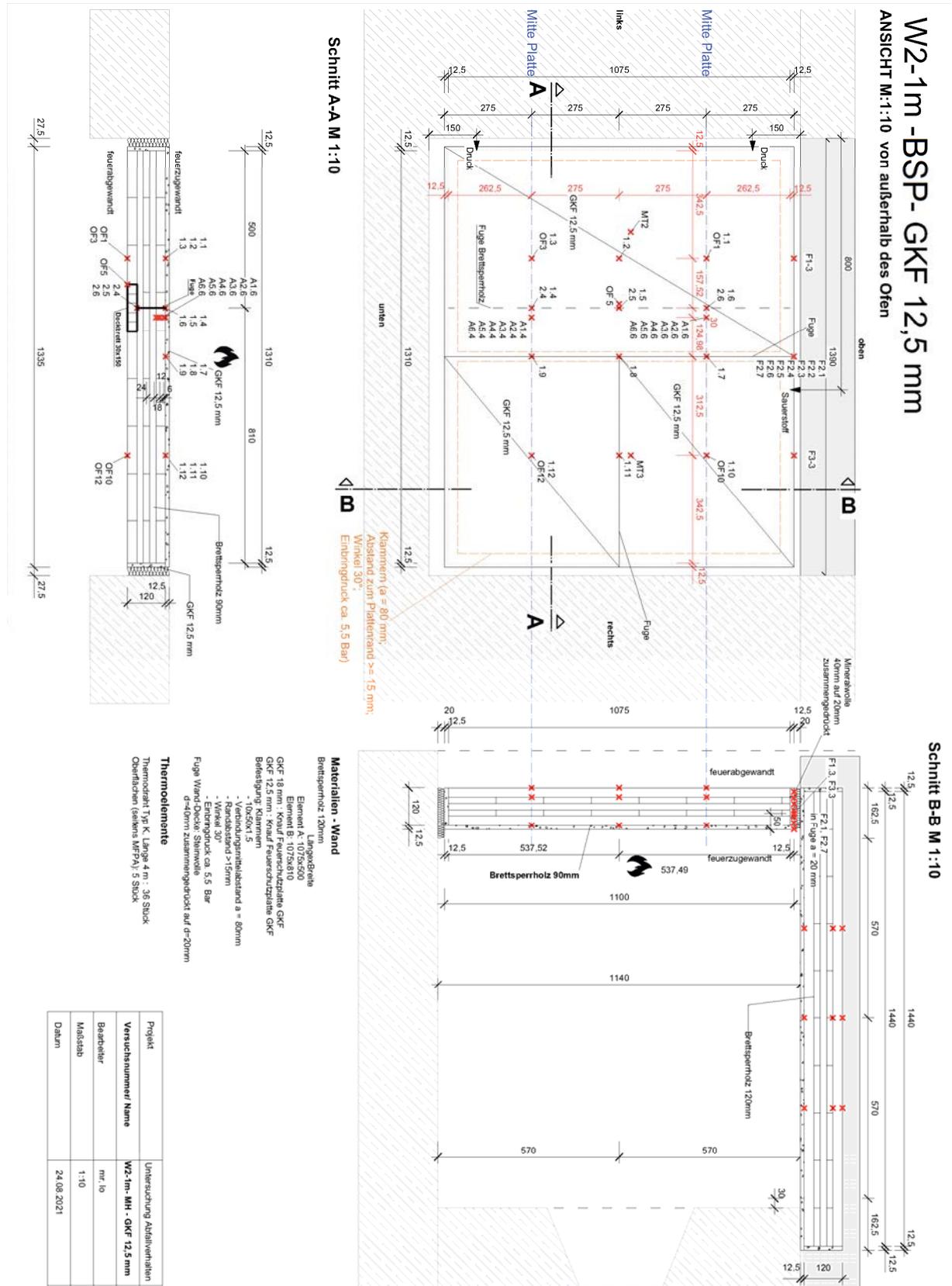
Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist im Anhang enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

A.13.4 Prüfanordnung und -durchführung

Die geprüften Wandausschnitte wurden zusammen mit den Mitarbeitern der Fa. Gumpp & Maier in Binswangen gefertigt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens als vertikalen (Wand) bzw. horizontalen (Decke) Raumabschluss ein. Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 6 Platten-Thermoelemente vor den Prüfkörpern installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in 2 Ebenen (Unten, Oben). Zusätzlich wurde die Sauerstoffkonzentration während der Brandprüfung gemessen.

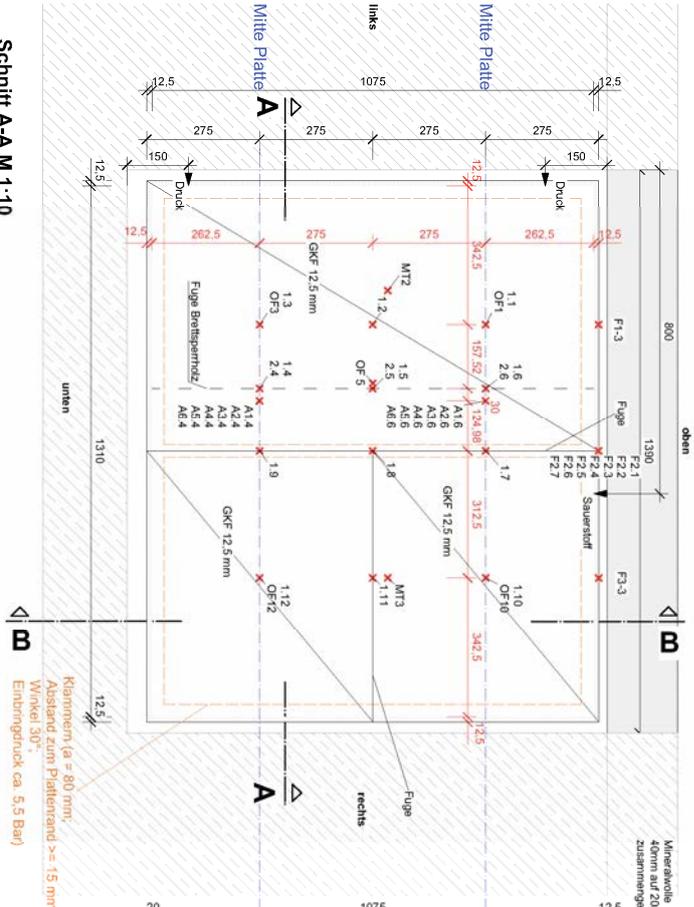
Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

A.13.5 Konstruktionszeichnungen

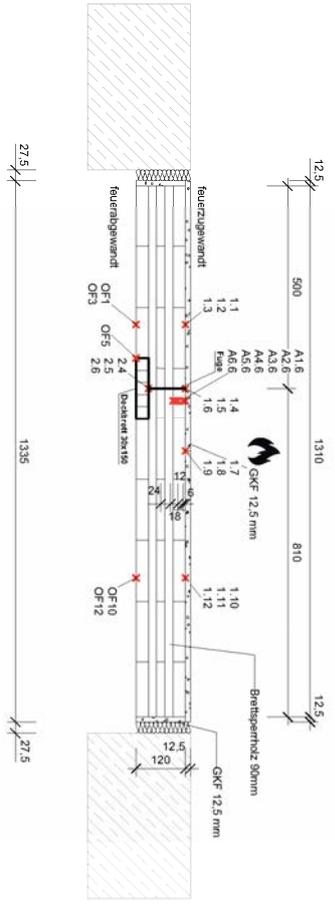


W2-1m-BSP- GKF 12,5 mm

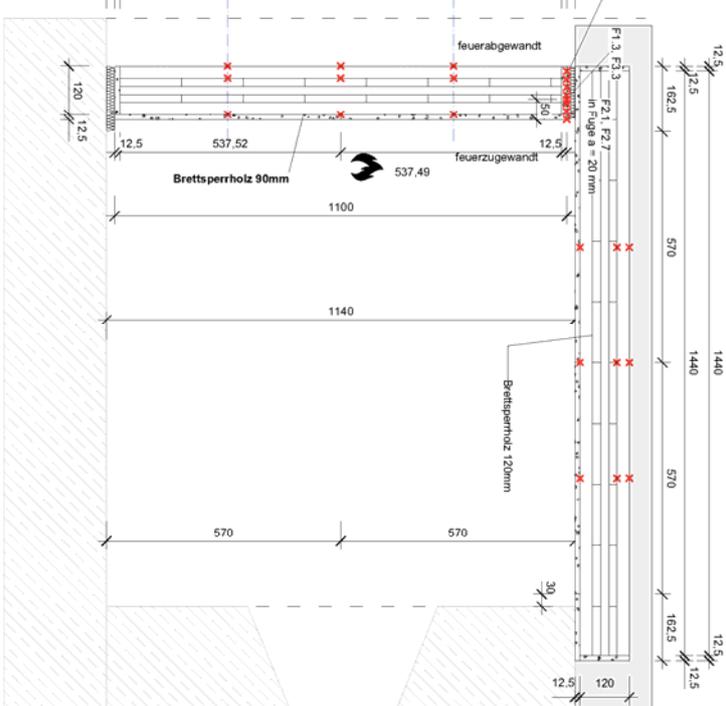
ANSICHT M:1:10 von außerhalb des Ofen



Schnitt A-A M 1:10



Schnitt B-B M 1:10



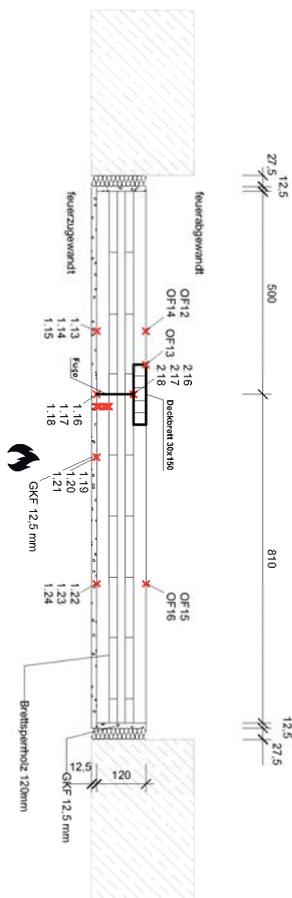
Materialien - Wand
Brettsperholz 90mm
Längsbohle
Element A-1075x600
Element B-1075x610
GKF 18 mm: Rohr Feuerschutzplatte GKF
GKF 12,5 mm: Rohr Feuerschutzplatte GKF
Brettsperholz 90mm
Brettsperholz 120mm

Thermoelemente
Thermoelement Typ K, Länge 4 m, 36 Stück
Oberflächen (Genuss MPFA): 5 Stück
- Winkel 30°
- Randabstand > 15mm
- Verbindungsmittelabstand a = 80mm
Fuge Wand/Dache Steinwolle
d=40mm zusammengebracht auf d=20mm

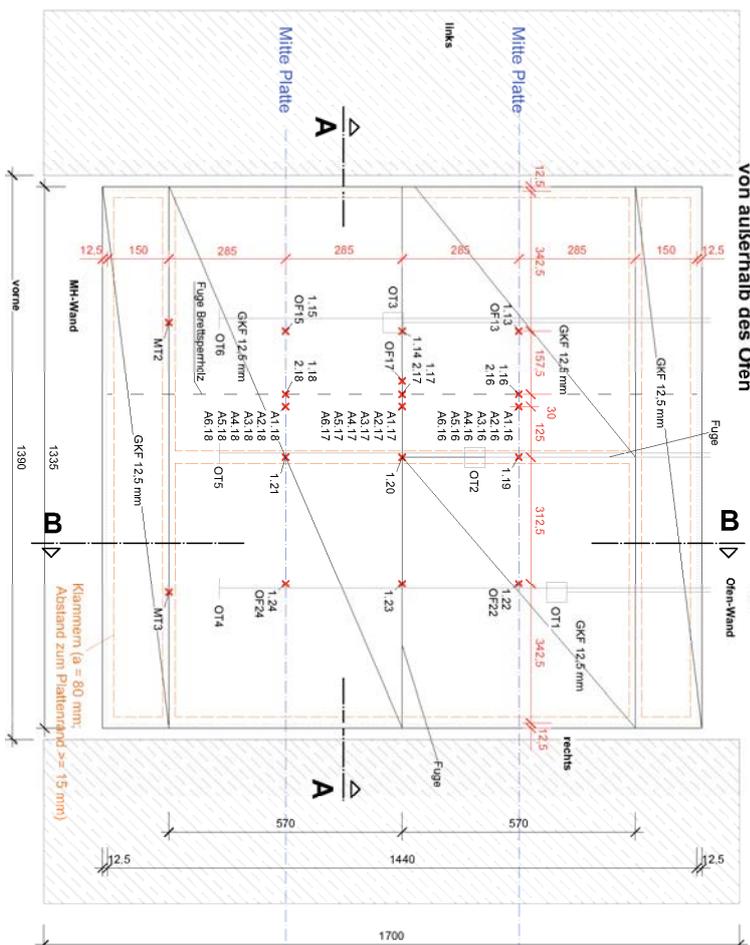
Projekt	Untersuchung Abfallverhalten
Versuchsnummer/Name	W2-1m- MH - GKF 12,5 mm
Bearbeiter	mr. lo
Maßstab	1:10
Datum	24.08.2021

D2 - 1m-BSP- GKF 12,5 mm

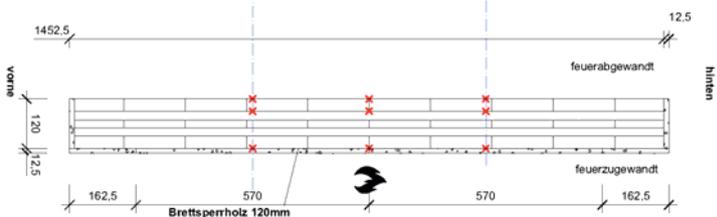
Schnitt A-A M 1:10



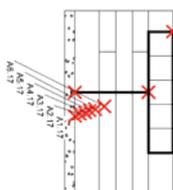
ANSICHT M:1:10 von außerhalb des Ofen



Schnitt B-B M 1:10



- Materialien - Decke**
- Breitperrholz 120mm
 - Element A: 400x500
 - Element B: 1440x810
 - GKF 18 mm : Konard Feuerschutzplatte GKF
 - GKF 12,5 mm : Konard Feuerschutzplatte GKF
 - Belüftung: Klammern
 - Winkel 30°
 - Klammer zum Plattenabstand a = 80mm
 - Randabstand > 15mm
 - Winkel 30°
 - Einbrenngdruck ca. 5,5 Bar
- Thermoelemente**
- Thermoelement Typ K, Länge 4 m : 33 Stück
Oberflächen (siehe MFPÄ) : 5 Stück



Projekt	Untersuchung
Versuchsnummer/ Name	D2-1m - MH - GKF 12,5 mm
Bearbeiter	mr/lo
Maßstab	1:10, 1:5
Datum	24.08.2021

A.13.6 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist im Anhang enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.13.6-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt (Decke & Wand)
1	GKF-Platte der Fa. Knauf Feuerschutzplatte GKF nach EN 520:2004+A1:2009-08	12,5	804,45	16,85	1.1 – 1.24
2	Brettsper Holz der Fa. Pfeifer 5 Lagen – 30+20+20+20+30 mm PUR Typ I nach EN 15425	120	ca. 480	12 (+/-2)	2.4 – 2.6, 2.16 – 2.18, A1.4 – A6.4, A1.6 – A6.6, A1.16 – A6.16, A1.17 – A6.17, A1.18 – A6.18

A.13.7 Prüfbeobachtungen

Start des Versuchs: 17.08.2021; 13:25 Uhr

Tabelle A.13.7-1: Beobachtungen während der Prüfung

Prüfzeit [min:ss]	Zeit	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0:00	13:25	Start der Prüfung, Zündung der Brenner	-
2:41	13:27	Links am Brenner blättert Spachtel leicht ab	hinten
3:15	13:28	Leichte Abschuppung GKF links	hinten
7:00	13:32	Klammern in GKF-Platten sichtbar	hinten
10:10	13:35	Wand v.a. links großflächig weiß, Fugen auch und Großflächiges Abplatzen Spachtel horizontale Fuge Decke und Wand	hinten
10:30	13:35	Rauchbildung Oberseite außen zwischen Wand und Decke wird verspachtelt	hinten
21:00	13:46	Leichtes Aufklaffen Horizontalfuge Wand	hinten
23:45	13:48	Brand aus den Fugen GKF	hinten
24:40	13:49	Abfallen Spachtel von Vertikalfugen Wand und Decke	hinten
29:30	13:54	Mittiger Riss in linker GKF Wand	hinten
34:00	14:59	Leichtes Durchhängen GKF an der Decke	hinten
39:50	14:04	Weiteres Öffnen Riss GKF Wand rechts und Fugen zwischen den Platten	hinten
46:50	14:11	GKF Decke links löst sich leicht, hängt an Klammern	hinten
54:59	14:19	Extremes Aufklaffen der Fugen GKF Wand und Durchhängen GKF Decke	hinten
56:30	14:21	Ablösen GKF Decke vorne rechts	hinten
57:23	14:22	Abfallen GKF Decke vorne rechts	hinten
60:29	14:25	Abfallen GKF Decke hinten, hängt an Messtechnik	hinten
61:00	14:26	Abfallen GKF Decke vorne links, hängt an Messtechnik	hinten
61:27	14:26	GKF Wand rechts unten löst sich und fällt ab	hinten
63:05	14:28	GKF Decke großflächig abgefallen	hinten

66:10	14:31	GKF Wand rechts unten löst sich weiter ab	hinten
69:00	14:34	Lösen der 1. Schicht BSP an Wand	hinten
72:05	14:37	GKF Decke komplett abgefallen	hinten
78:50	14:43	Erste Schicht BSP mittig abgefallen (Decke)	hinten
80:08	14:45	Nur noch dünner Rand der 1. Schicht BSP zu erkennen (Decke und Wand) GKF Wand links noch am Prüfkörper	hinten
82:19	14:47	Riss GKF links weit auf	hinten
84:10	14:49	Zweite Schicht BSP Wand löst sich rechts unten	hinten
87:05	14:52	Abfallen GKF Wand links unten	hinten
89:35	14:54	Die sich ablösende 1. Schicht des BSP links unter der GKF drückt auf die GKF → löst sich weiter	hinten
92:30	14:57	Abfallen GKF Wand links, erste Schicht BSP an dieser Stelle auch teilweise weg	hinten
94:30	14:59	zweite Schicht BSP Decke fast vollständig ab	hinten
96:15	15:01	GKF komplett abgefallen an allen Probekörpern	hinten
99:00	15:04	Ende der Prüfung, Abschalten der Brenner	hinten

Erläuterungen:

Blickrichtung von vorn auf Ofen gewählt

vorne = von der Mitte des Raumes betrachtet

hinten = an den Beobachtungsfenstern

rechts = gegenüberliegende Seite vom Brenner

links = Brennerseite

oben = oben auf dem Prüfstand

Horizontalfugen: Wand → von rechts nach links

Decke → von rechts nach links

Vertikalfuge: Wand → von oben nach unten

Decke → von vorne nach hinten

A.13.8 Fotodokumentation



Abbildung A.13.8-1: Deckenkonstruktion im Bau, GKF Fugen verspachtelt



Abbildung A.13.8-2: Wandkonstruktion im Bau, Befestigung GKF



Abbildung A.13.8-3: Wand und Decke in Prüffofen



Abbildung A.13.8-4: Prüfminute 21:00, Fugen GKF öffnen sich

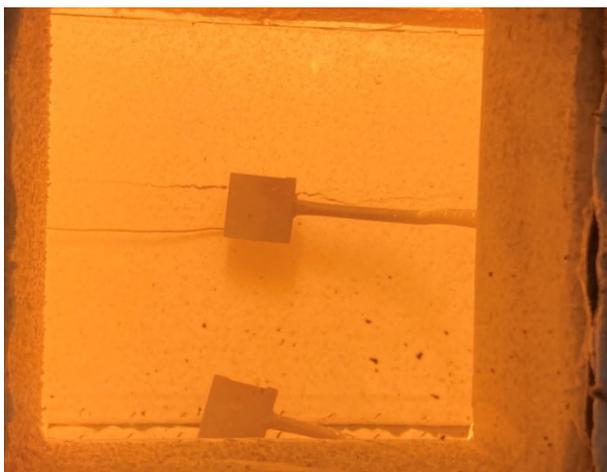


Abbildung A.13.8-5: Prüfminute 29:30, Riss mittig in GKF Wand links



Abbildung A.13.8-6: Prüfminute 46:50, GKF an Decke vorne links beginnt sich zu lösen

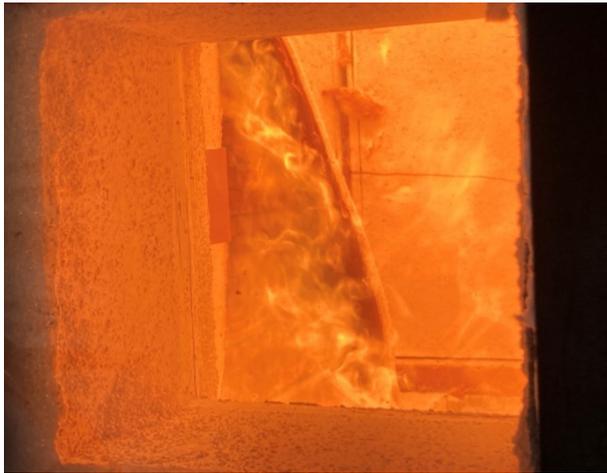


Abbildung A.13.8-7: Prüfminute 56:30, GKF Decke vorne rechts löst sich, hängt an Messtechnik im Ofen



Abbildung A.13.8-8: Prüfminute 60:29, GKF an Decke hinten fällt ab, hängt an Messtechnik im Ofen



Abbildung A.13.8-9: Prüfminute 61:00, GKF an Decke vorne links fällt ab

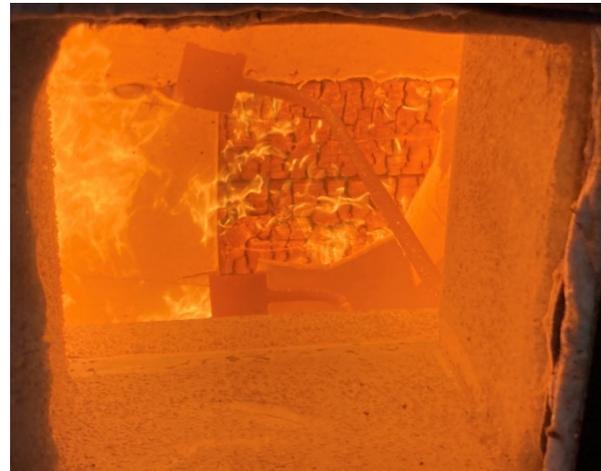


Abbildung A.13.8-10: Prüfminute 61:27, GKF Wand rechts unten löst sich und fällt ab, hängt an Messtechnik im Ofen



Abbildung A.13.8-11: Prüfminute 72:05, GKF Decke komplett abgefallen, hängt teilweise noch an Messtechnik im Ofen



Abbildung A.13.8-12: Prüfminute 76:40, starker Rauchaustritt Fuge oben zwischen Wand und Decke

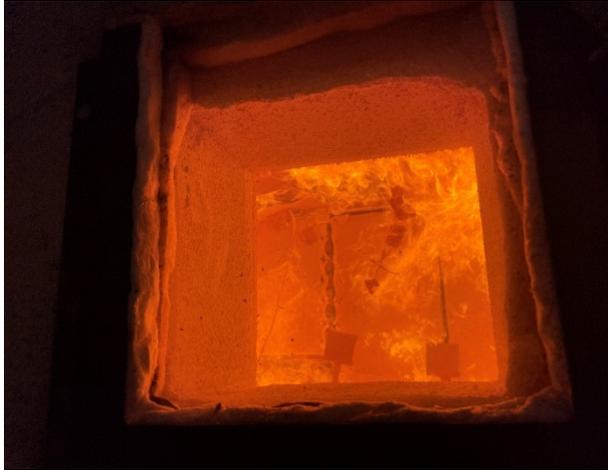


Abbildung A.13.8-13: Prüfminute 78:50, Teile der 1. Lage der BSP Decke sind abgefallen

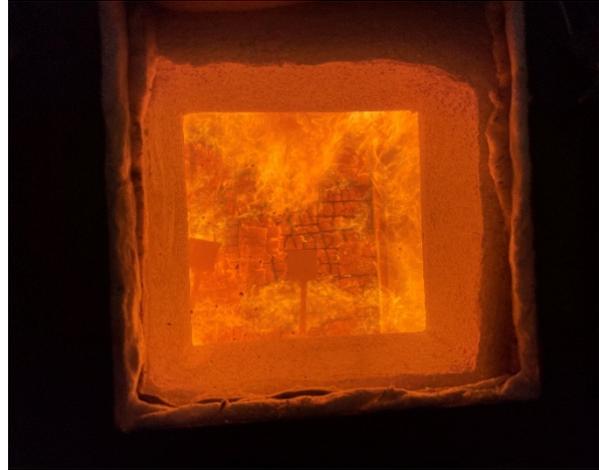


Abbildung A.13.8-14: Prüfminute 92:30, GKF an der Wand komplett abgefallen



Abbildung A.13.8-15: Prüfminute 99, Oberfläche feuerabgewandt bei Beenden der Prüfung



Abbildung A.13.8-16: Wand nach dem Ausbau der Decke im Prüfofen



Abbildung A.13.8-17: Wand nach dem Ablösen



Abbildung A.13.8-18: Restquerschnitt der Wand nach der Brandprüfung



Abbildung A.13.8-19: Decke nach dem Ablösen



Abbildung A.13.8-20: Restquerschnitt der Decke nach der Brandprüfung

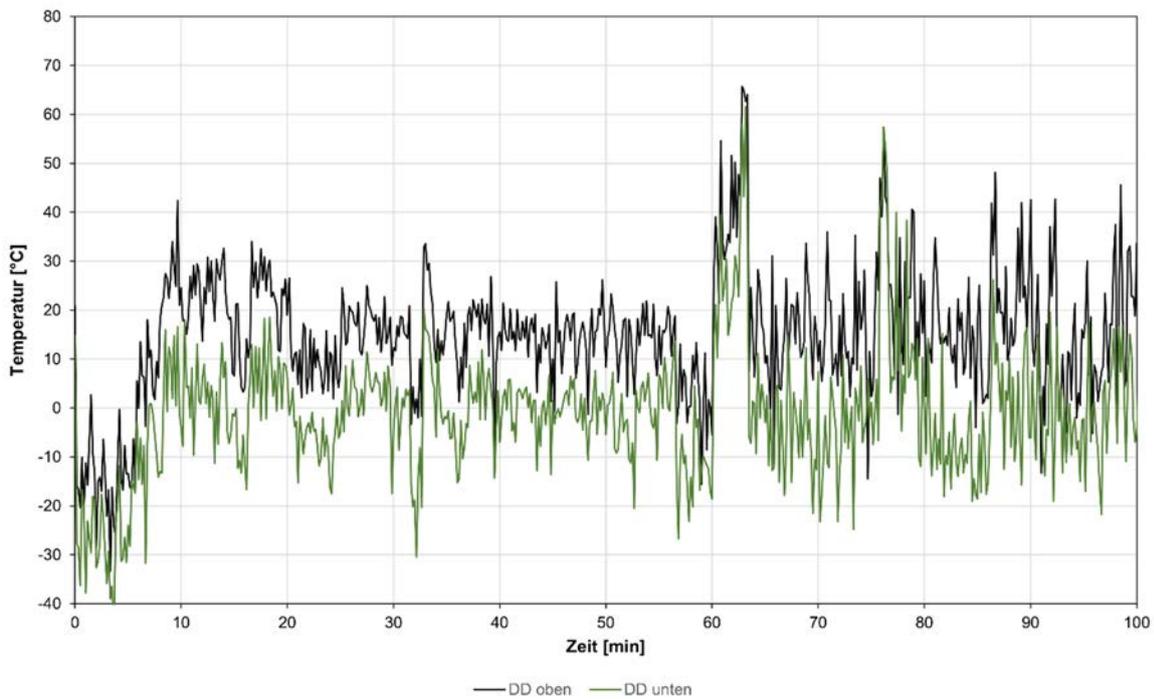
Das **Thermoelement 1.9** liefert ab Minute 30:10 fehlerhafte Ergebnisse.

Das **Oberflächenthermoelement OT5** liefert ab Minute 31:30 fehlerhafte Ergebnisse. Zur Berechnung des Mittelwerts wurden nur die Ergebnisse der Thermoelemente OT1 – OT6 berücksichtigt.

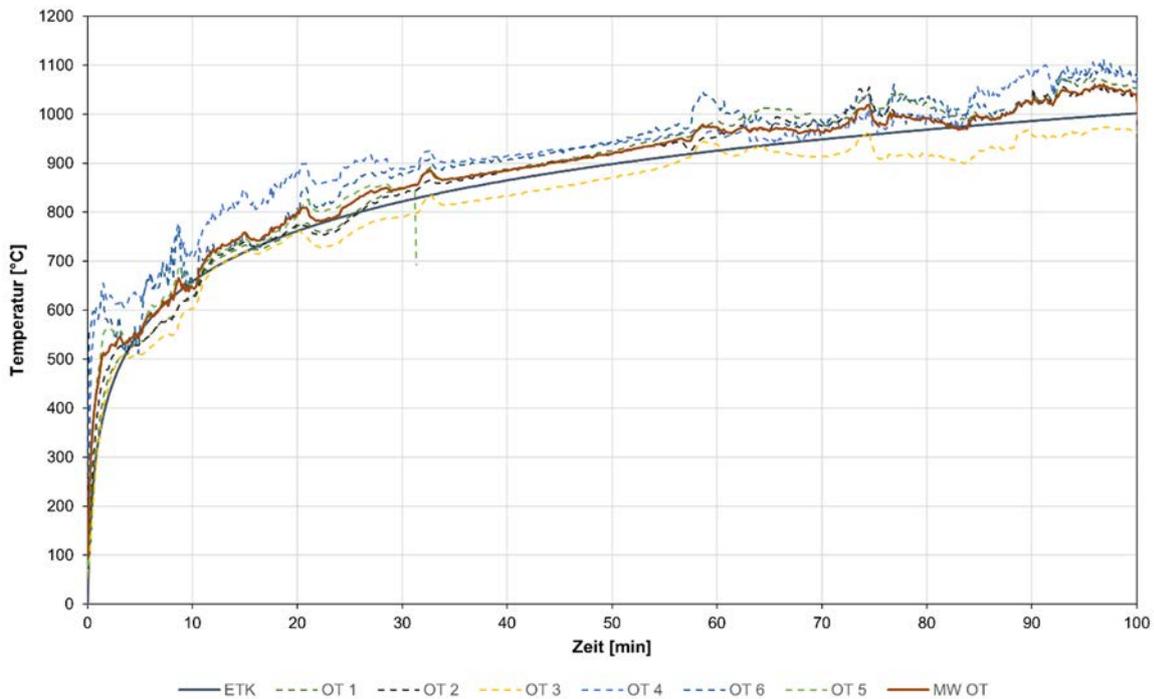
Die grafische Darstellung der Temperaturverläufe endet daher zu den angegebenen Zeitpunkten.

A.13.9 Darstellung der Messwerte

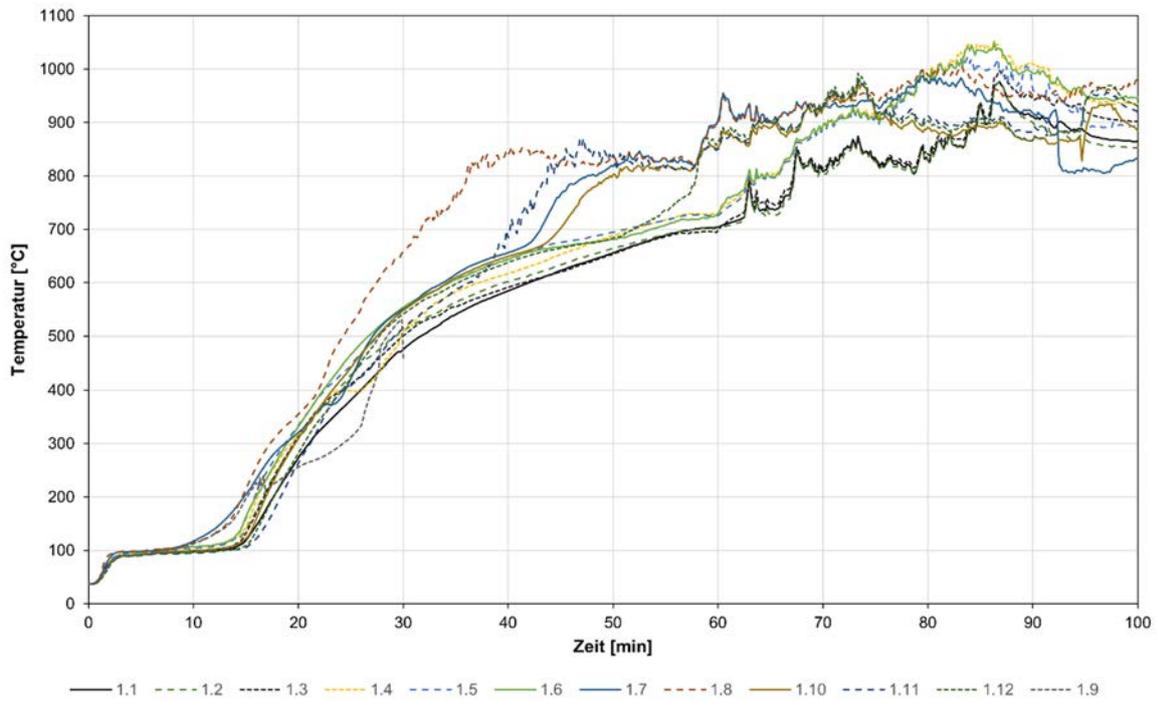
A.13.9.1. Druckentwicklung im Ofen



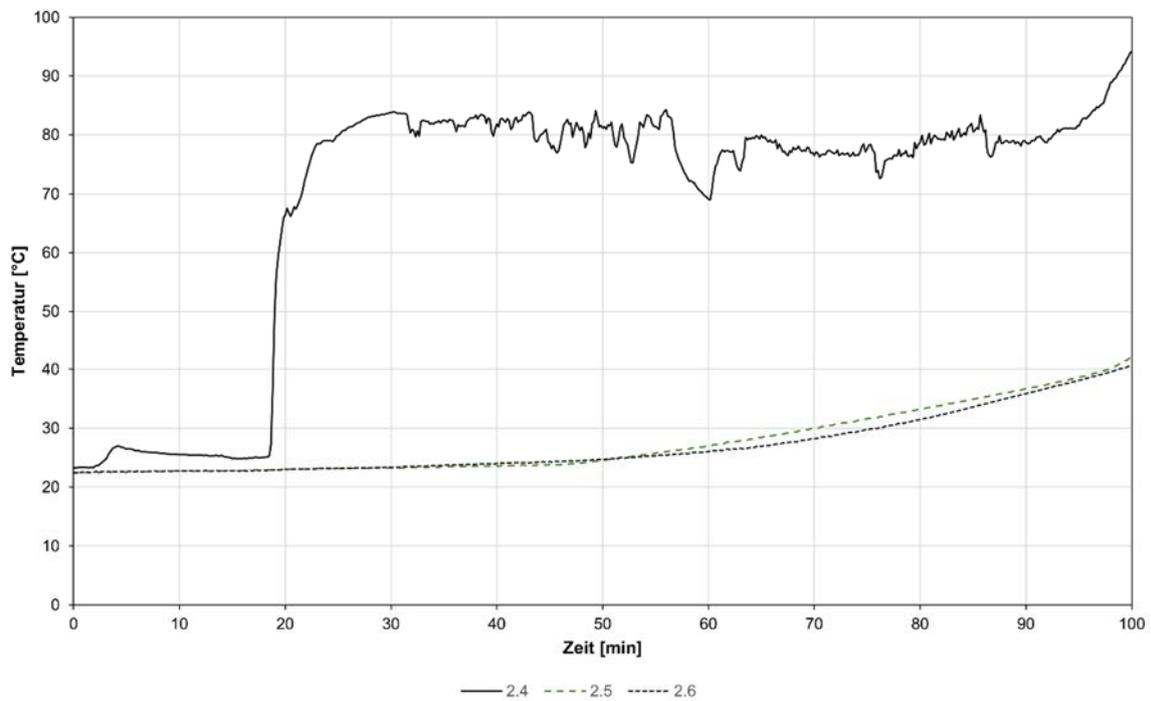
A.13.9.2. Temperaturentwicklung im Ofen



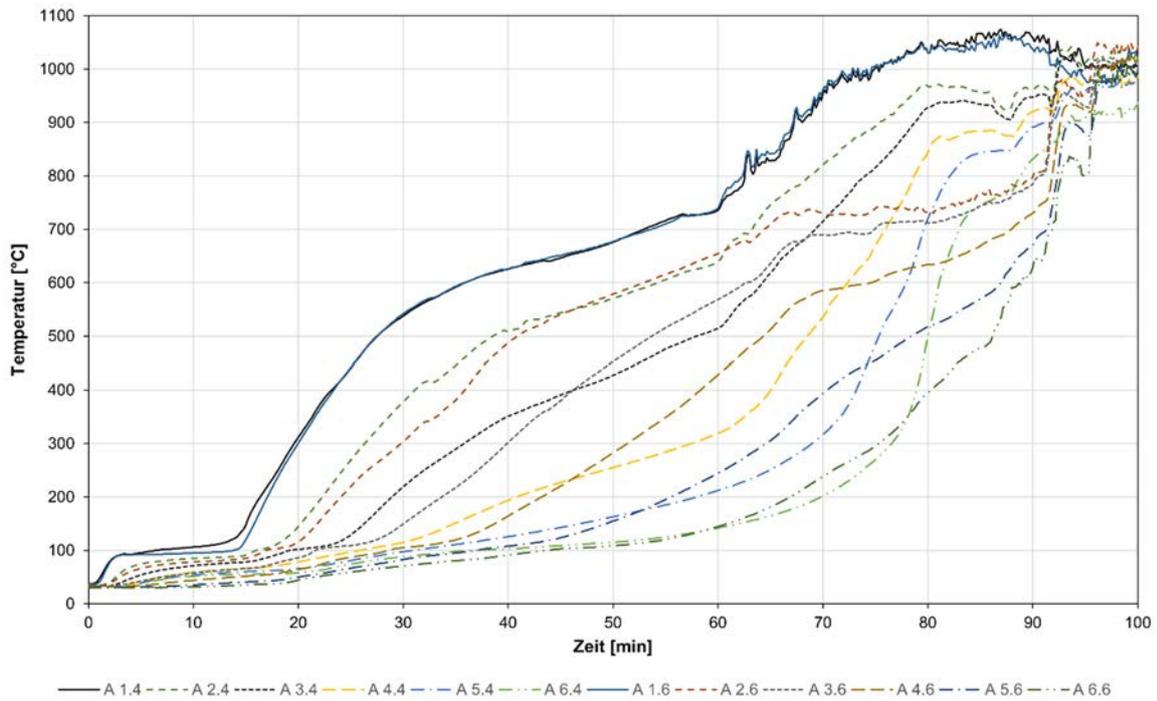
A.13.9.3. Messstellen Wand Ebene 1



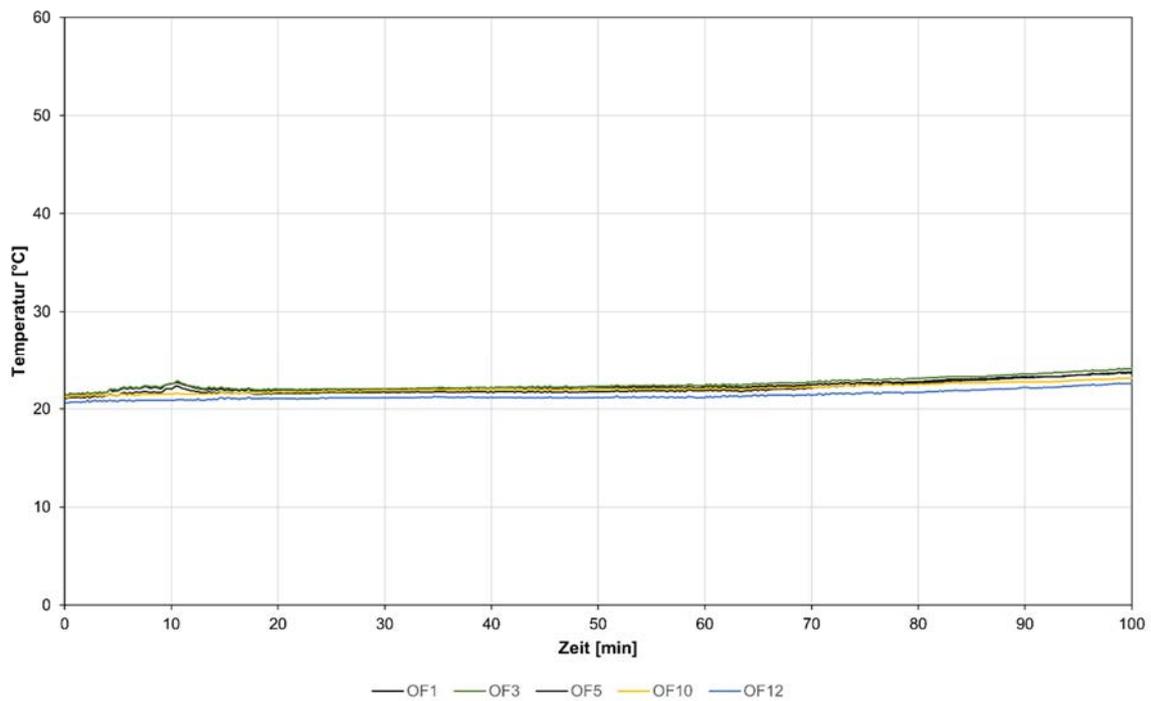
A.13.9.4. Messstellen Wand Ebene 2 (Fuge BSP-Elemente)



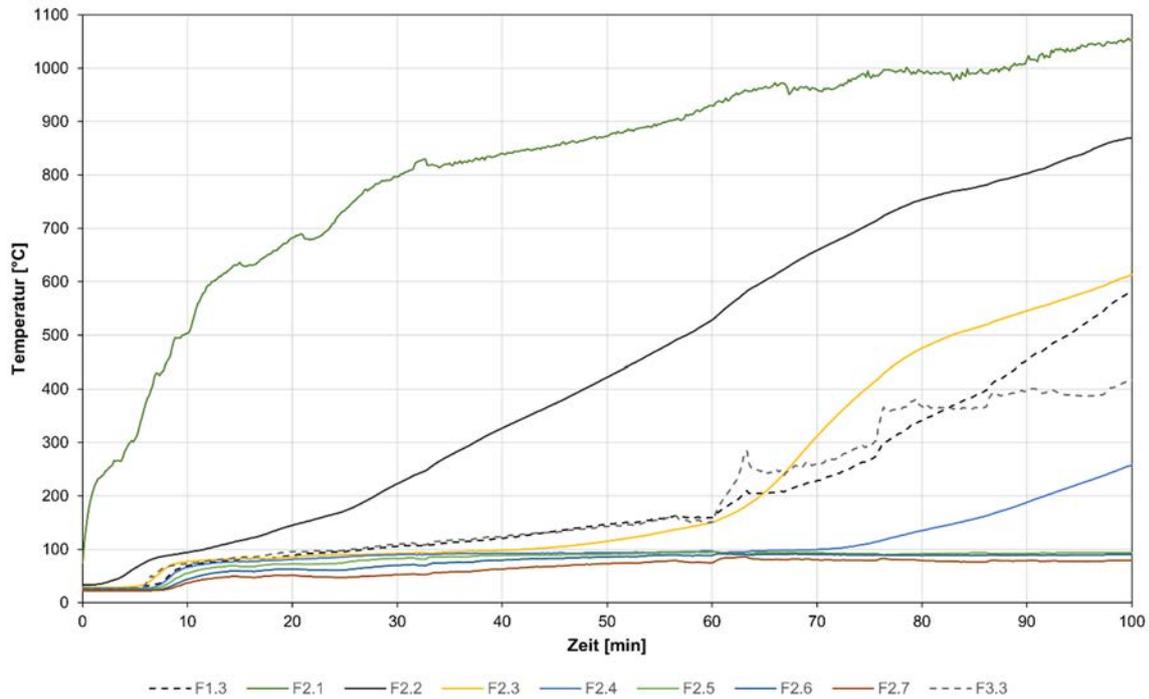
A.13.9.5. Messstellen im Querschnitt Wand



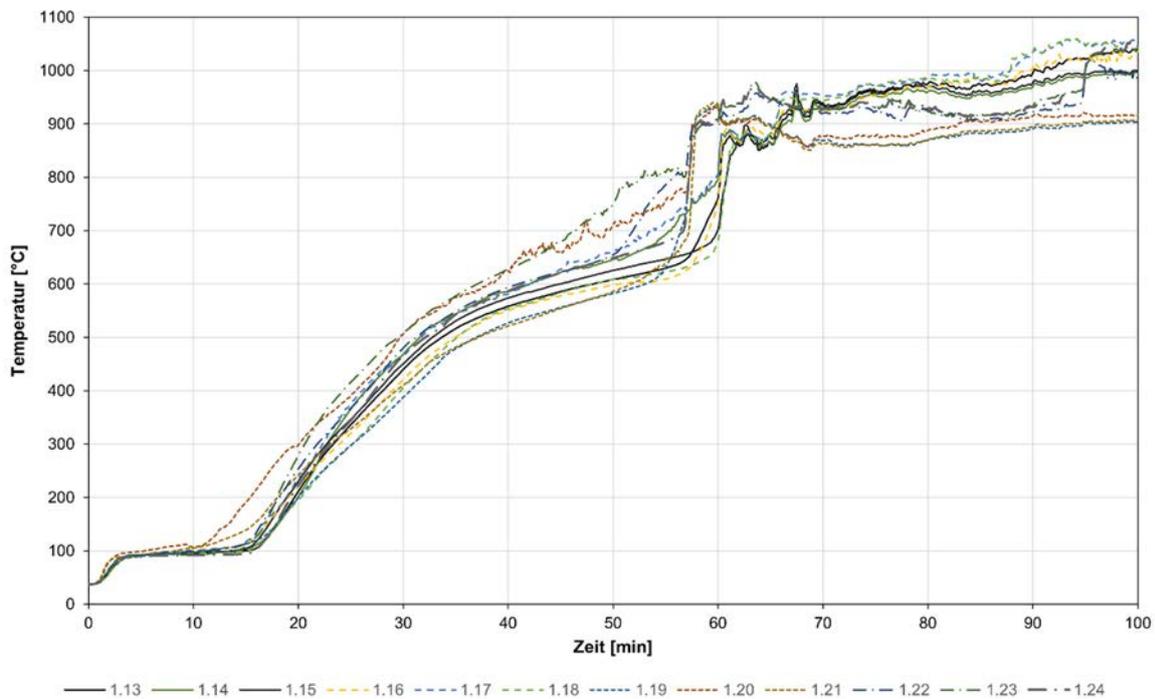
A.13.9.6. Messstellen Oberflächen Thermolemente Wand



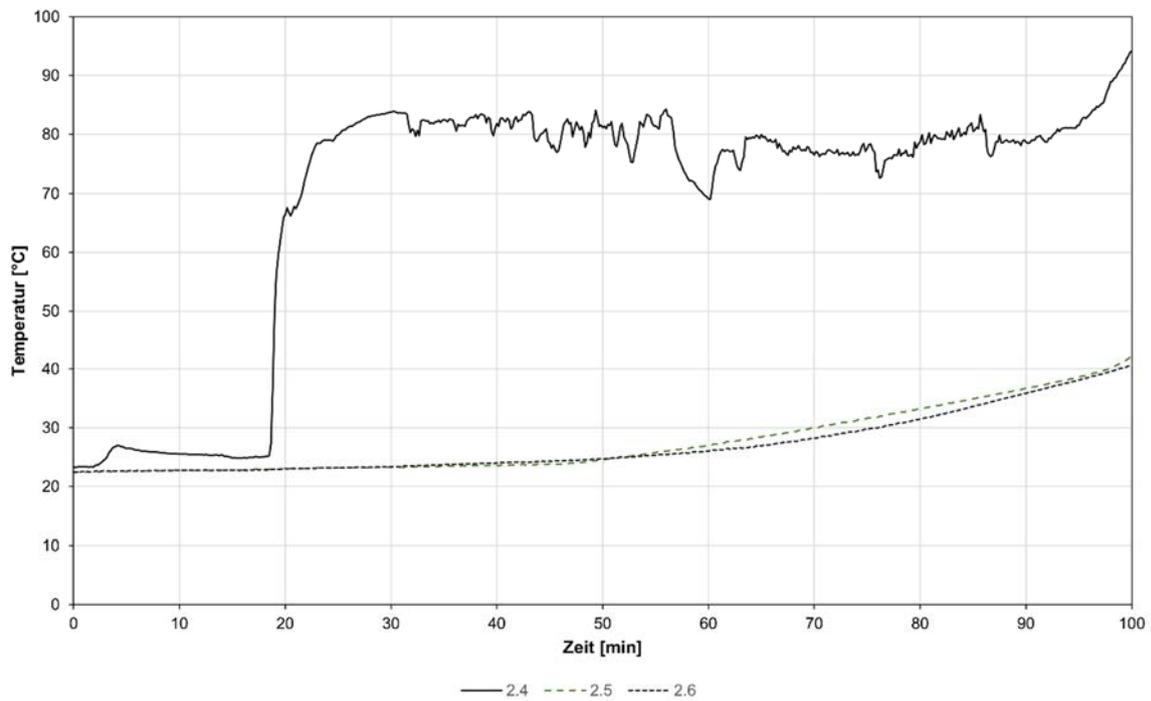
A.13.9.7. Messstellen Fuge Wand – Decke



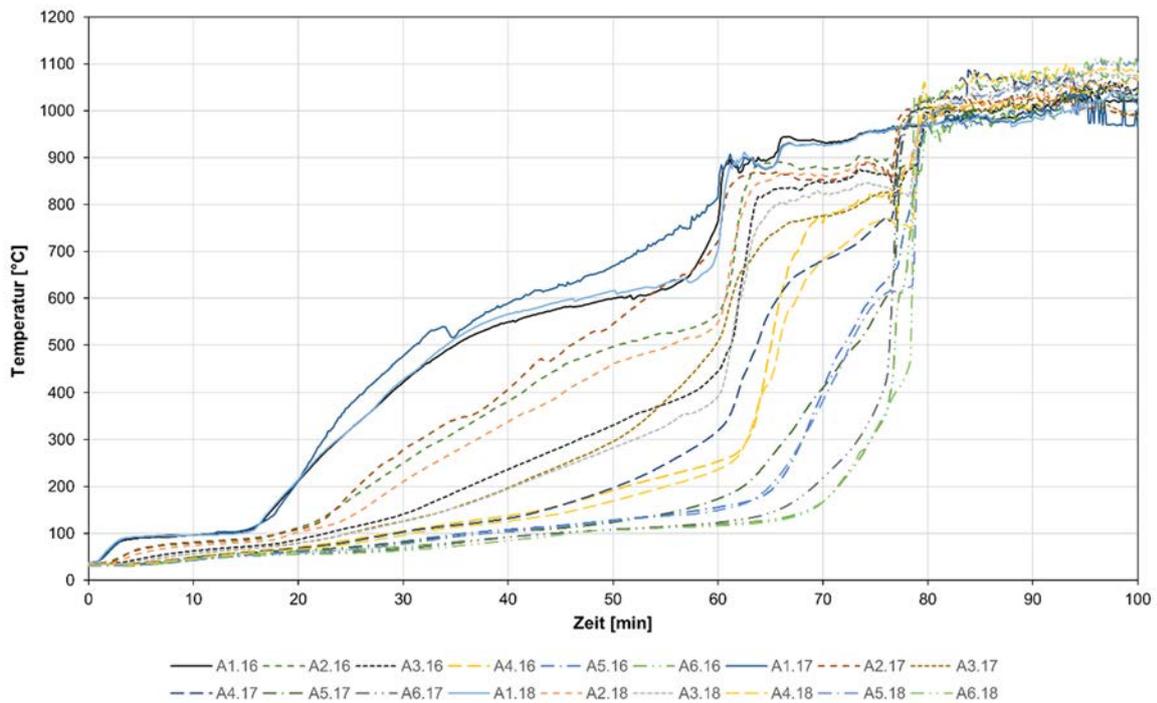
A.13.9.8. Messstellen Decke Ebene 1



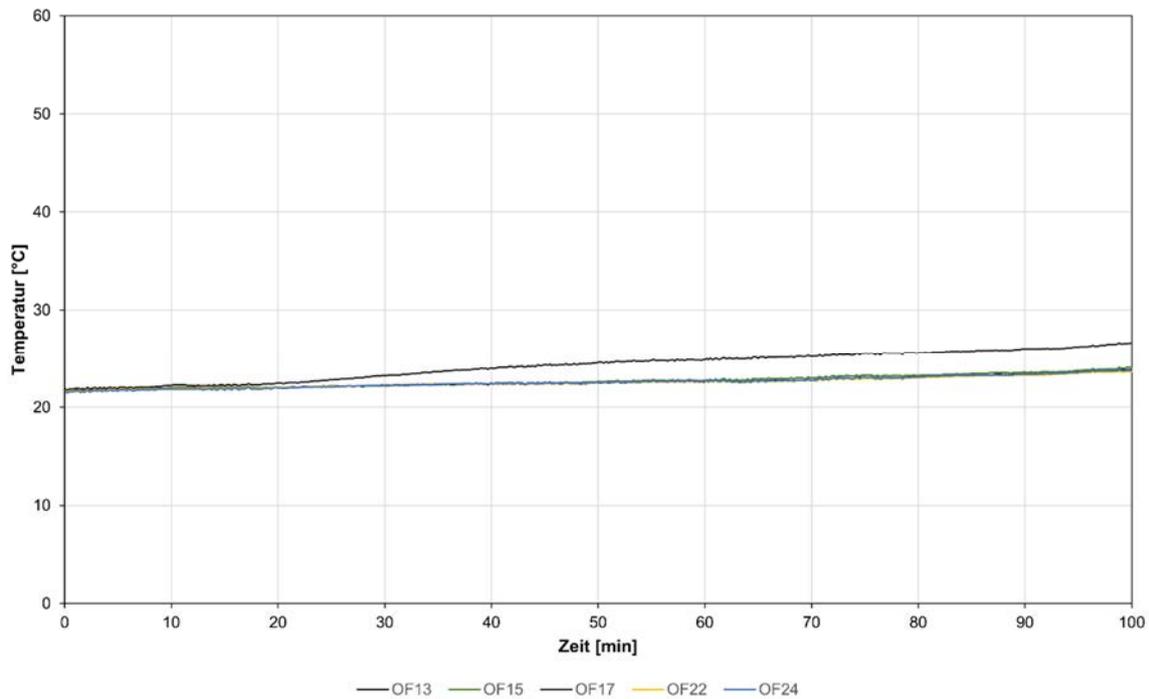
A.13.9.9. Messstellen Wand Ebene 2 (Fuge BSP-Elemente)



A.13.9.10. Messstellen im Querschnitt Decke



A.13.9.11. Messstellen Oberflächenthermoelemente Decke



A.13.10 Zusammenstellung der Messwerte t_{270} und t_{300}

Tabelle A.13.10-1: t_{CH} Ebene 1

Wand: Messstellen 1-12			Decke: Messstellen 13-24		
Messstelle	t (>270 °C)*	t (>300 °C)**	Messstelle	t (>270 °C)*	t (>300 °C)**
1.1	20:00	21:10	1.13	22:10	23:20
1.2	18:40	19:50	1.14	22:00	22:50
1.3	18:40	19:40	1.15	21:30	22:50
1.4	18:20	19:20	1.16	22:20	24:00
1.5	17:50	18:50	1.17	21:30	22:20
1.6	18:10	19:00	1.18	23:40	25:10
1.7	17:20	18:50	1.19	23:30	25:10
1.8	16:30	17:20	1.20	18:10	20:10
1.9	21:50	24:20	1.21	21:30	23:10
1.10	18:50	19:50	1.22	20:40	21:50
1.11	20:20	21:10	1.23	19:50	20:40
1.12	19:40	20:40	1.24	21:50	23:00

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.13.10-2: t_{CH} im BSP-Element (Wand)

Messstelle	t (>300 °C)*	Messstelle	t (>300 °C)*	Messstelle	t (>300 °C)*
A1.4	19:40	A5.4	69:00	A3.6	40:00
A2.4	26:20	A6.4	76:40	A4.6	51:30

A3.4	35:50	A1.6	20:00	A5.6	64:40
A4.4	57:30	A2.6	29:50	A6.6	57:20
* erste gemessene Temperatur > 300 °C					

Tabelle A.13.10-3: t_{CH} im BSP-Element (Decke)

Messstelle	t (>300 °C)*	Messstelle	t (>300 °C)*	Messstelle	t (>300 °C)*
A1.16	24:00	A1.17	22:30	A1.18	23:50
A2.16	33:50	A2.17	31:40	A2.18	37:00
A3.16	46:50	A3.17	50:20	A3.18	52:00
A4.16	62:50	A4.17	59:00	A4.18	62:50
A5.16	68:10	A5.17	66:30	A5.18	68:10
A6.16	74:40	A6.17	73:30	A6.18	74:40
* erste gemessene Temperatur > 300 °C					

Tabelle A.13.10-4: t_f

Messminute	Ereignis	Messstelle	Temperatur
46:50	GKF Decke links vorne löst sich leicht nach unten, hängt noch an den Klammern	1.15	609,69°C
		1.18	593,38°C
56:30	GKF Decke rechts vorne löst sich	1.21	673,03°C
		1.24	695,73°C
57:23	Abfallen GKF Decke vorne rechts	1.21	725,12°C
		1.24	828,24°C
60:29	Abfallen GKF Decke hinten, hängt an Messtechnik im Ofen	MW 1.13, 1.4, 1.16, 1.17	874,85°C
		MW 1.19, 1.20, 1.22, 1.23	924,54°C
61:00	Abfallen GKF Decke vorne links, hängt an Messtechnik im Ofen	1.15	822,26°C
		1.18	829,97°C
61:27	GKF Wand rechts unten löst sich und fällt ab, hängt noch an Messtechnik	MW 1.8, 1.11	888,35°C
		MW 1.9, 1.12	897,54°C
72:05	GKF an der Decke komplett abgefallen	MW 1.13, 1.4, 1.16, 1.17	945,65°C
		MW 1.19, 1.20, 1.22, 1.23	896,05°C
		MW 1.15, 1.18, 1.21, 1.24	919,58°C
87:05	Abfallen GKF Wand links unten	1.3	991,92°C
		1.4	1033,97°C
92:30	GKF Wand links fällt komplett ab	MW 1.1, 1.6	1003,61°C
		MW 1.2, 1.5	980,69°C
		MW 1.3, 1.4	1012,95°C

A.14 Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten 18 mm HTB (V2-1m-HTB-18 mm-GKF)

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-08-17_01 - V2-1m-HTB-18 mm-GKF Kleinbrand
Gegenstand	Brandversuch im Meterofen zur Untersuchung des Abfallverhaltens von GKF-Platten auf Holztafelbauteilen unter Brandbeanspruchung, in verschiedenen Ausrichtungen sowie im Vergleich zu einem parallel durchgeführten Großversuch
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	17.08.2021
Datum Bericht	21.10.2021
Anzahl Seiten des Berichts	22

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.14.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Vergleich des Abfallverhaltens unterschiedlicher Gipsplatten von Holztafelbauteilen in verschiedenen Ausrichtungen (Wand / Decke), zur Vergleichbarkeit mit einem Großversuch durch. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung einer Holztafelbauwand und - Decke mit 18 mm GKF-Bekleidung im Kleinbrandofen. Die orientierende Brandprüfung erfolgte im Meterofen in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

A.14.2 Geprüfte Konstruktion

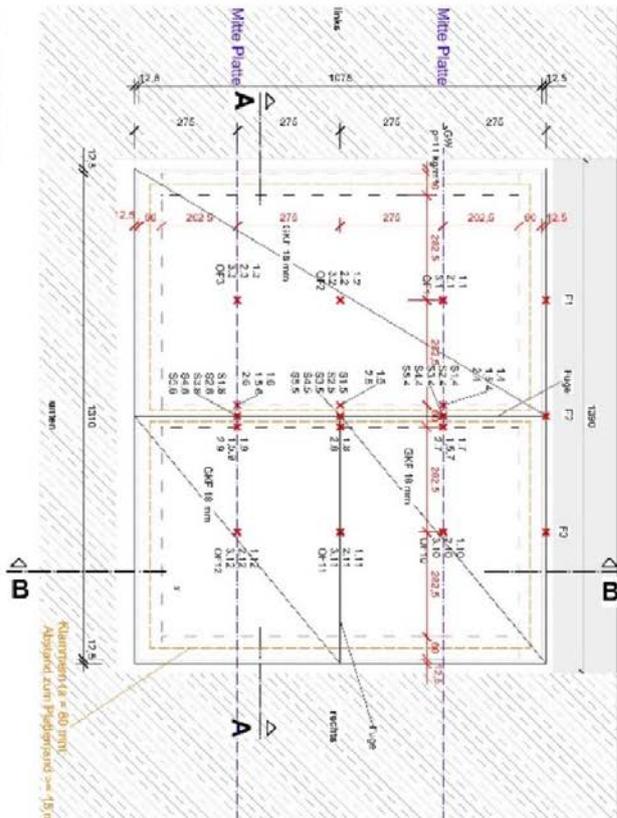
Der Prüfkörper besteht aus einer Wand-Deckenkonstruktion. Die Wand weist eine Außenabmessung von $B \times H = 1335 \times 1100$ mm auf und besteht aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 60 \times 120$ mm, der Ständer zwischen den beiden Gefachen hatte die gleichen Abmessungen. Die Decke hat Außenabmessungen von $B \times H = 1335 \times 1465$ mm und besteht ebenfalls aus einem umlaufenden Tragrahmen aus Holz mit den Maßen $B \times H = 60 \times 120$ mm, der Träger zwischen den beiden Gefachen hatte die gleichen Abmessungen. Zusätzlich ist der Rahmen mit Hölzern $B \times H = 120 \times 120$ mm an den Übergangsstellen zu den Wänden verstärkt. Die Bekleidung der Wand- und Deckenkonstruktion auf der feuerzugewandten Seite erfolgte mit einer 18 mm dicken GKF-Platte ($\rho = 779 \text{ kg/m}^3$). Die feuerabgewandte Seite wurde mit einer 18 mm dicken Spanplatte ($\rho = 702,83 \text{ kg/m}^3$) und einer Lage GKF ($\rho = 779 \text{ kg/m}^3$) umlaufend mit 18 mm beplankt. Die GKF-Platten wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 im Abstand von 80 mm befestigt. Sowohl in der Wand als auch in der Decke wurden beide Gefache mit 120 mm Steinwolle ($\rho = 46,33 \text{ kg/m}^3$) der Firma Rockwool gefüllt. Die genauen Baustoffeigenschaften sind der Anlage zu entnehmen. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermoelemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen. Eine genaue Beschreibung kann den einzelnen Versuchsaufstellungen entnommen werden.

A.14.3 Prüfanordnung und -durchführung

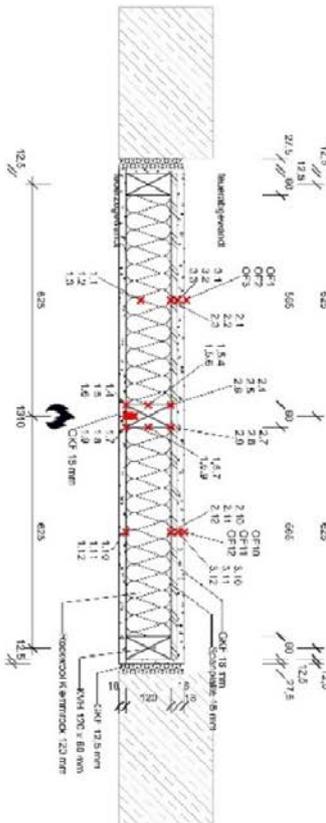
Die geprüften Wandausschnitte wurden zusammen mit den Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen gefertigt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens als vertikalen (Wand) bzw. horizontalen (Decke) Raumabschluss ein. Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 6 Platten-Thermoelemente gemäß DIN EN 1364-1 [2] vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in 2 Ebenen (Unten, Oben). Zusätzlich wurde die Sauerstoffkonzentration während der Brandprüfung gemessen. Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

A.14.4 Konstruktionszeichnungen

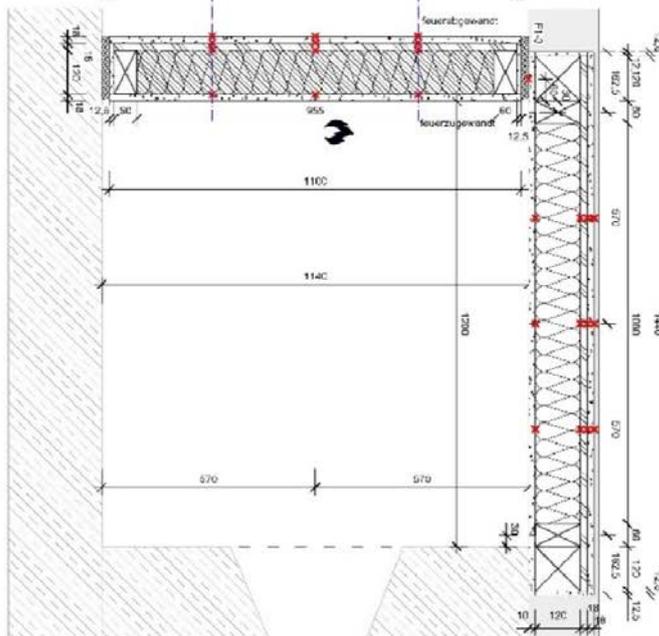
Wand - HTB - GKF 18 mm
ANSICHT M:1:10 von außerhalb des Ofen



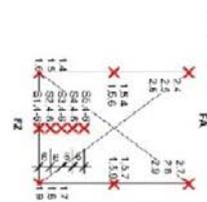
Schnitt A-A M:1:10



Schnitt B-B M:1:10



Thermochemie am Schinder M:1:2



Materialien

- KOH U 24
- Sonderblech 16 mm: Fließrohr-Isolierblech proct. 65, p. 1000 kg/m³, 1
- Sonderblech 120 mm: Kalkstein-Isolierblech 250 kg/m³, 28 kg/m², Dämmblech ca. 1%
- GKF 18 mm: Kalkstein-Isolierblech GKF
- GKF 125 mm: Kalkstein-Isolierblech GKF

Thermochemie

- Thermopapier 120 x 120 mm A4: 125 Stück
- Chemikalien: Kalkstein-Isolierblech

Projekt	Untersuchung/Anwendung
Virtueller Bauteil/Name	Wand - HTB - GKF 18 mm
Beschreibung	MW, W
Modell	1:10, 1:2
Datum	11.03.2024

A.14.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.14.5-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt (Decke & Wand)
1	GKF- Platte der Fa. Knauf Feuerschutzplatte GKF nach EN 520:2004+A1:2009-08	18	779	14,71	1.1 – 1.24
2	Steinwolle der Fa. Rock- wool Rockwool Klemmrock 035 nach DIN EN 13162	120	46,33	0,72	2.1 – 2.24
3	Spanplatte der Fa. Pfeleider- er LivingBoard face contipro- tect P5 nach EN 13986:2004 +A1:2015	18	702,83	7,55	3.1 – 3.3, 3.10 – 3.15 und 3.22 – 3.24
4	GKF- Platte der Fa. Knauf Feuerschutzplatte GKF nach EN 520:2004+A1:2009-08	18	779	14,71	OF1 – OF3, OF10 – OF15 und OF22 – OF24

A.14.6 Versuchsbeobachtung

- Start des Versuchs: 22.03.2021; 13:22 Uhr
- Thermoelement S2.16 defekt
- Beschreibung von der feuerabgewandten Seite (links, rechts, hinten, vorne)

Tabelle A.14.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung

Prüfzeit [min]	Zeit	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0	13:22	Start der Prüfung	-
2	13:24	Beginn Schwarzfärbung GKF Decke & Wand	FZ
7	13:29	Verspachtelung an GKF Decke löst sich leicht	FZ
8	13:30	Rauchaustritt rechtes Eck Decke & Wand	FA
10	13:32	Verspachtelung an GKF Decke löst sich an allen Fugen, Karton verbrannt	FZ
11	13:33	Rauchaustritt an TE-Austritt Decke	FA
13	13:35	Rauchaustritt linkes Deckenaufleger	FA
14	13:36	Rauchaustritt rechtes hinteres Eck der Decke	FA
15	13:37	Nachstopfen der Ofenabdichtung (rechtes unteres Eck der Wand)	FA
17	13:39	Verspachtelung an GKF Wand löst sich leicht (an Fuge zwischen 2 kleinen GKF)	FZ

17	13:39	Verschluss der Öffnung im Bereich des Thermoelements an der Decke mit Conlit	FA
18	13:40	Kleiner vertikaler Risse in Wandplatte rechts oben über die gesamte Plattenlänge	
19	13:41	GKF Decke (rechts hinten klein) wölbt sich leicht	FZ
21	13:43	Leichter horizontaler Riss in GKF Wand (links groß)	FZ
22	13:44	Rauchaustritt rechte Wandkante	FA
24	13:46	GKF Decke (groß) wölbt sich links an Fuge zwischen kleiner & großer GKF	FZ
26	13:48	Vertikaler Riss in GKF Wand (rechts oben klein)	FZ
27	13:49	GKF Decke (rechts beide kleine) Verformung gut erkennbar	FZ
28	13:50	Horizontalfuge zwischen GKF-Platten (Wand rechts) öffnet sich, Verformung der rechten (geteilten) GKF- Platten	FZ
28	13:50	Nachstopfen der Ofenabdichtung (rechtes hinteres Eck der Decke)	FA
29	13:51	Horizontale Risse in GKF Wand (rechts oben klein)	FZ
30	13:52	Rauchaustritt Decke linkes Auflager & TE-Austritt Wand	FA
33	13:55	Spachtelung löst sich aus den Fugen an der Decke	FZ
34	13:56	Horizontale Haarrisse an GKF Wand (links groß)	FZ
35	13:57	GKF Decke (links hinten klein) großer Riss (von vorne nach hinten)	FZ
36	13:58	Fuge in Wand zwischen GKF links & rechts: Holzständer Eigenbrand	FZ
37	13:59	GKF Wand (rechts oben klein) horizontale Risse ausgehend von größerem vertikalem Riss	FZ
40	14:02	Deckenplatten hinten (zweigeteilt) beginnt sich zu lösen	
41	14:03	GKF Wand (links groß) horizontale Risse	FZ
44	14:06	GKF Wand (rechts unten klein) großer Spalt der Bekleidung und Spalt in der dahinterliegenden Dämmung in Fuge zwischen oberer und unterer GKF (Dämmstoff abgesackt?)	FZ
42	14:04	Deckenplatte (links hinten, zweigeteilt) beginnt sich zu lösen	FZ
46	14:08	GKF Decke (links hinten, zweigeteilt) löst sich und senkt sich nach unten, ca. 30 % der Platte (hängt noch an der Konstruktion) --> tf erreicht	FZ
50	14:12	GKF Decke (rechts hinten klein) starke Durchbiegung und Risse	FZ
53	14:15	Ofenthermometer gedreht, damit die aufliegenden Deckenplatten vollständig abfallen können	FA
54	14:16	GKF Wand (rechts unten klein) mehr Risse	FZ
55	14:17	GKF Decke (groß) in Mitte Befestigungen gelöst	FZ
56	14:18	GKF Decke (rechts hinten klein) fällt ab, zieht Stück von GKF Decke (groß) mit -> GKF Decke (groß) fällt zu ca. 50% ab. Klammern lösen sich mit ab.	FZ
58	14:20	Fuge zwischen GKF Wand groß & klein (vertikal) größer	FZ
61	14:23	Steinwolle der Decke (rechts) abgefallen	FZ
62	14:24	Nachstopfen der Ofenabdichtung (rechte Wandkante)	FA

64	14:26	schlechtere Sicht wegen erhöhtem Eigenbrand der Spanplatte (Steinwolle vorher abgefallen ist)	FZ
64	14:26	Steinwolle der Decke (links) abgefallen	FZ
66	14:28	Flammenaustritt bei Loch für Ofenthermometer	FA
68	14:30	Dämmstoff gegen Flamme in Öffnung gestopft	FA
68	14:30	GKF Decke (groß) komplett abgefallen	FZ
68	14:30	GKF Wand (links sehr großer) Riss horizontal -> losgelöst --> tf nach Beobachtung erreicht	FZ
72	14:34	GKF Wand (links groß) Befestigung am linken Randbalken im oberen Bereich gelöst	FZ
74	14:36	Spanplatte in der Mitte des rechten Deckenbereichs abgefallen (stückelig)	FZ
75	14:37	Steinwolle im rechten unteren Wandbereich sackt ein	FZ
77	14:39	GKF Wand (rechts unten klein) größtenteils gelöst & vorgewölbt --> ca. 50% losgelöst	FZ
79	14:41	GKF Wand-Bekleidung (links groß) vorgewölbt, dahinter linker Randbalken der Wand bildet sich sehr stark zurück	FZ
85	14:47	GKF Wand-Bekleidung (links groß & rechts unten klein) komplett durchgerissen & abgefallen	FZ
88	14:50	GKF Decke feuerabgewandt verfärbt sich außen (rechts hinten)	FA
89	14:51	GKF Decke feuerabgewandt Riss & Verfärbung am hinteren (vertikalen) Rand	FA
89	14:51	GKF Wand (rechts oben klein, feuerzugewandt) hält (schon länger) nur mehr wegen oberster Befestigungsreihe an oberem Randbalken	FZ
93	14:55	Flammenaustritt GKF Decke im Bereich der Stoßfuge feuerabgewandt (links vorne)	FA
93	14:55	Prüfung Abbruch aufgrund Durchbrand – Brenner AUS	FA
93	14:55	Löschen von oben	FA
95	14:57	TE abgetrennt	FA
FA = feuerabgewandt; FZ = feuerzugewandt; TE = Thermoelement			

A.14.7 Fotodokumentation



Abbildung A.14.7-1: Deckenkonstruktion im Bau



Abbildung A.14.7-2: Deckenkonstruktion im Bau mit Steinwolle



Abbildung A.14.7-3: Deckenkonstruktion im Bau mit Spanplatte



Abbildung A.14.7-4: Deckenkonstruktion vor Transport



Abbildung A.14.7-5: Wandkonstruktion im Bau



Abbildung A.14.7-6: Wandkonstruktion mit Steinwolle



Abbildung A.14.7-7: Wand in Prüfofen

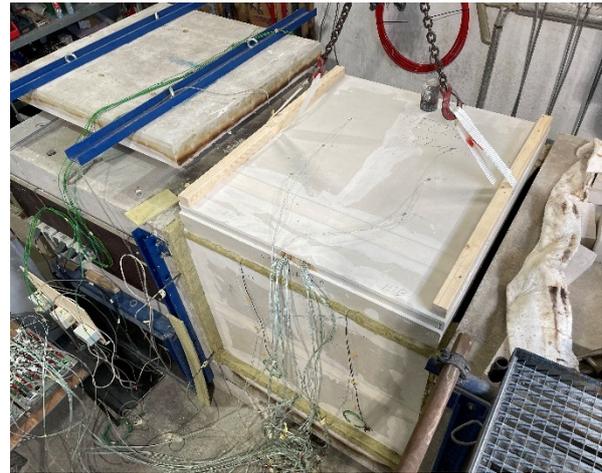


Abbildung A.14.7-8: Wand und Decke in Prüfofen



Abbildung A.14.7-9: Prüfminute 27, Verformung der GKF in der Decke

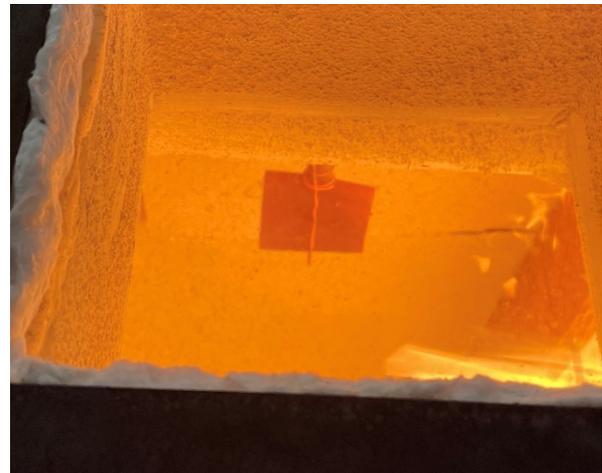


Abbildung A.14.7-10: Prüfminute 35, großer Riss in der GKF der Decke



Abbildung A.14.7-11: Prüfminute 36, Eigenbrand Holzständer hinter GKF-Fuge in Wand



Abbildung A.14.7-12: Prüfminute 40, Deckenplatten (klein) beginnen sich zu lösen



Abbildung A.14.7-13: Prüfminute 41, GKF Wand (groß) horizontale Risse



Abbildung A.14.7-14: Prüfminute 46, ca. 30 % der GKF Decke (klein links) löst und senkt sich (hängt aber noch an Konstruktion)



Abbildung A.14.7-15: Prüfminute 56, GKF Decke (klein rechts) fällt ab und zieht GKF Decke (groß) mit, welche zu ca. 50 % abfällt. Klammern lösen sich mit ab.

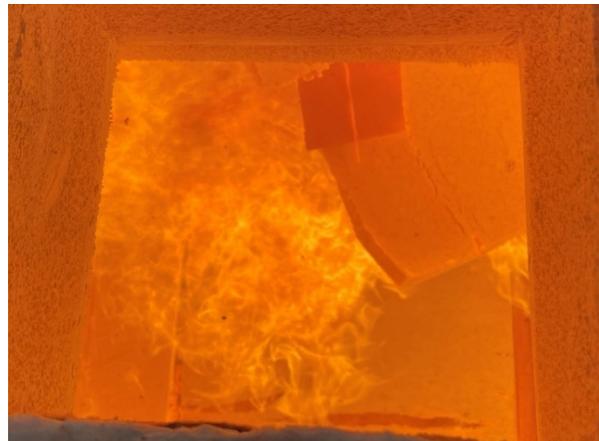


Abbildung A.14.7-16: Prüfminute 61, Steinwolle fällt aus dem Deckengefach (rechts)



Abbildung A.14.7-17: Prüfminute 68, GKF Decke (groß) komplett abgefallen

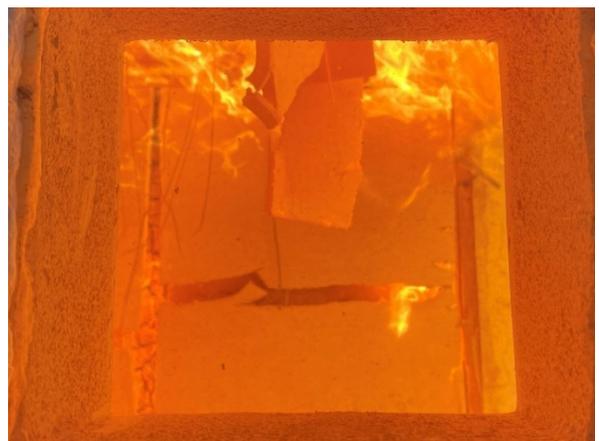


Abbildung A.14.7-18: Prüfminute 72, GKF Wand (groß) Befestigung am linken Randbalken im oberen Bereich gelöst



Abbildung A.14.7-19: Prüfminute 74, Spanplatte in der Mitte der Decke rechts abgefallen

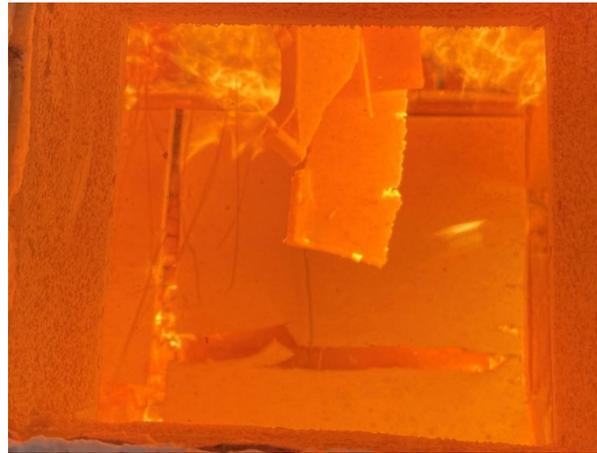


Abbildung A.14.7-20: Prüfminute 79, GKF Wand (groß) vorgewölbt dahinter linker Randbalken stark abgebrannt



Abbildung A.14.7-21: Prüfminute 85, GKF Wand (groß & klein unten) komplett durchgerissen & abgefallen



Abbildung A.14.7-22: Prüfminute 88, GKF Decke feuerabgewandt verfärbt sich außen (rechts hinten)



Abbildung A.14.7-23: Prüfminute 89, GKF Decke feuerabgewandt Riss & Verfärbung am GKF-Stoß



Abbildung A.14.7-24: Prüfminute 93, Flammenaustritt an GKF Decke im Bereich der Stoßfuge



Abbildung A.14.7-25: Wand nach Versuchs-ende feuerzugewandte Seite mit Dämmung



Abbildung A.14.7-26: Wand nach Versuchs-ende feuerzugewandte Seite mit Dämmung; Detail Ecke



Abbildung A.14.7-27: Wand nach Versuchs-ende feuerzugewandte Seite ohne Dämmung



Abbildung A.14.7-28: Wand nach Versuchs-ende feuerzugewandte Seite ohne Dämmung; Detail Ecke



Abbildung A.14.7-29: Wand nach Versuchs-ende; Detail Abbrand Ständer außen



Abbildung A.14.7-30: Wand nach Versuchs-ende; Detail Abbrand Ständer Mitte



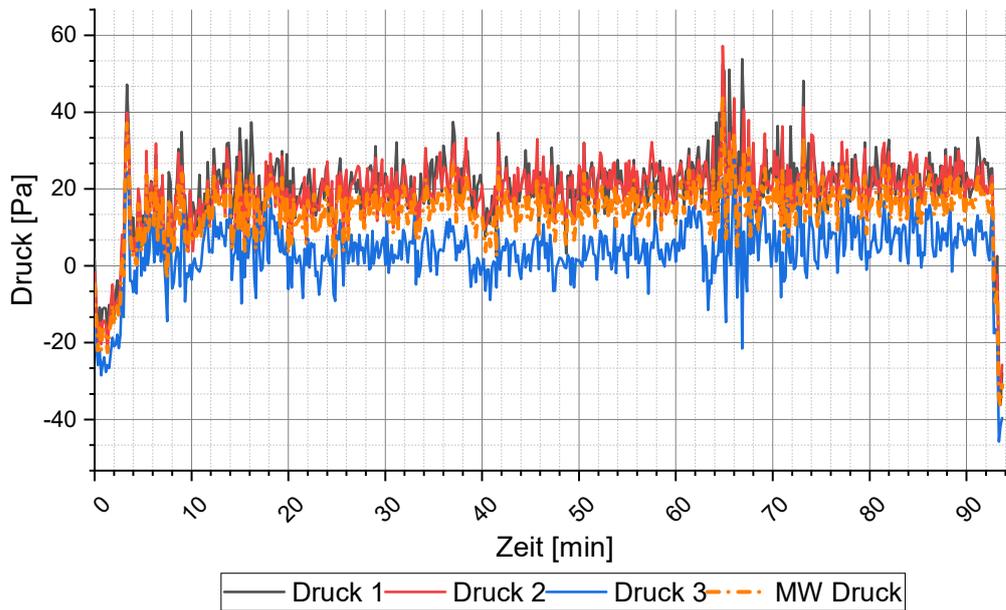
**Abbildung A.14.7-31: Wand nach Versuchs-
ende feuerabgewandte Seite der Spanplatte**



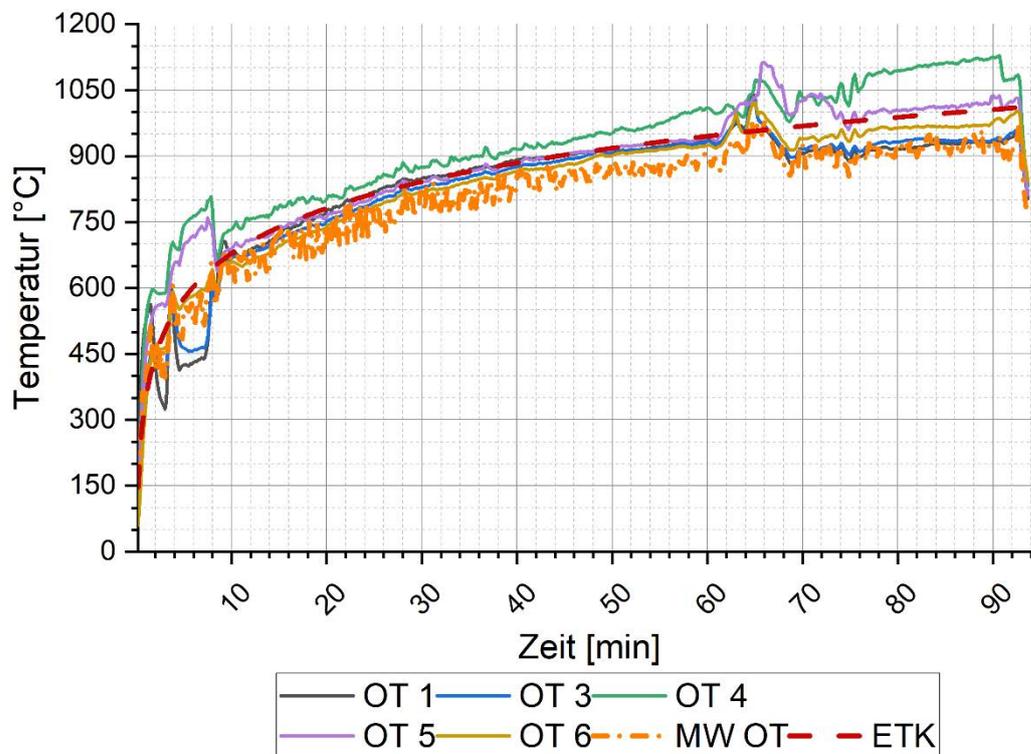
**Abbildung A.14.7-32: Decke nach Versuchs-
ende feuerzugewandte Seite**

A.14.8 Darstellung der Messwerte

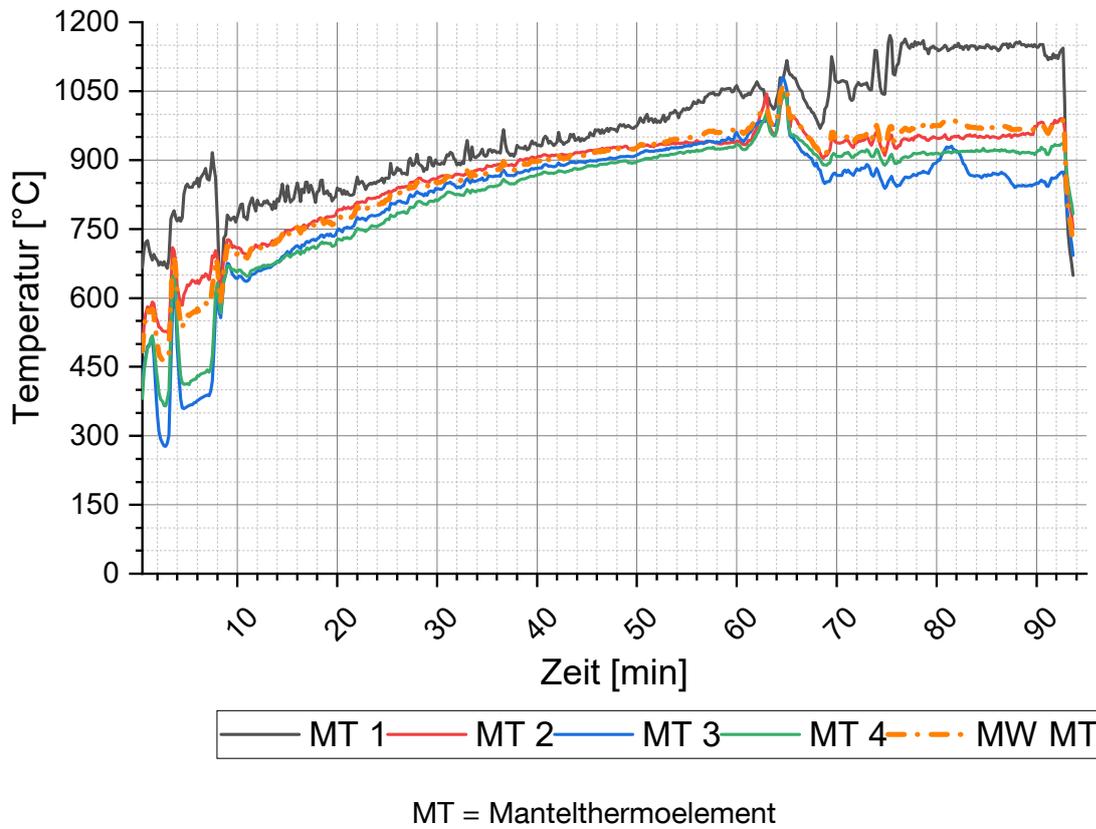
A.14.8.1. Druckentwicklung im Ofen



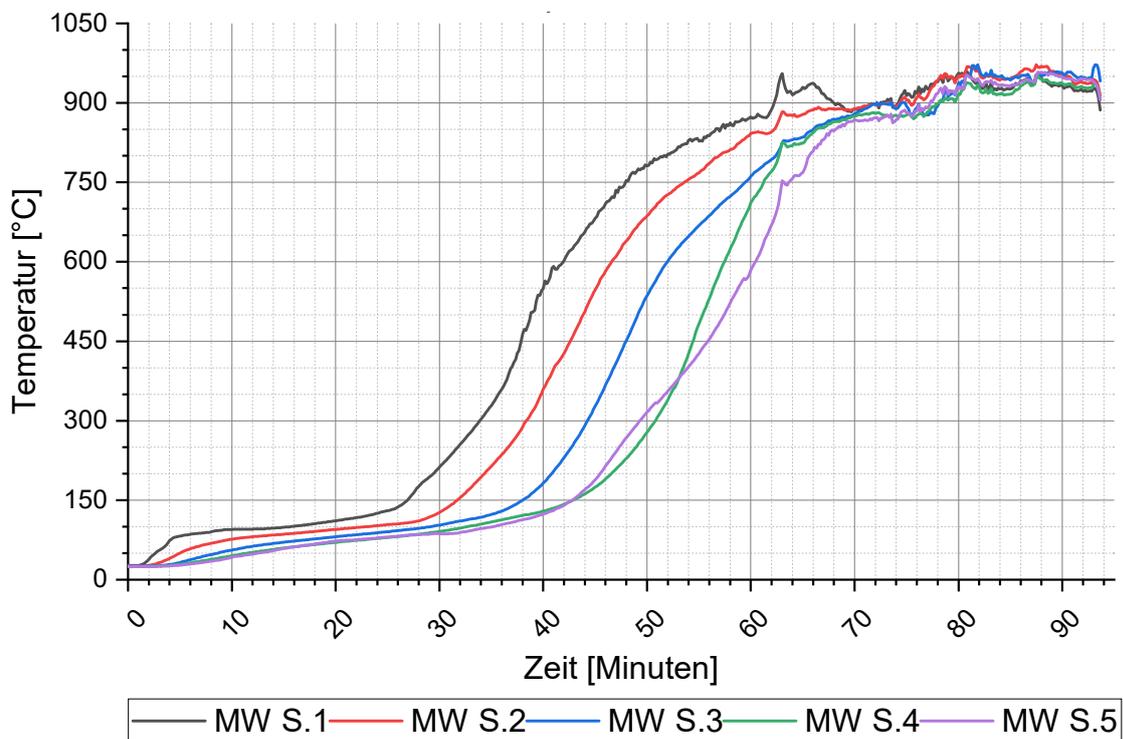
A.14.8.2. Temperaturentwicklung im Ofen OT



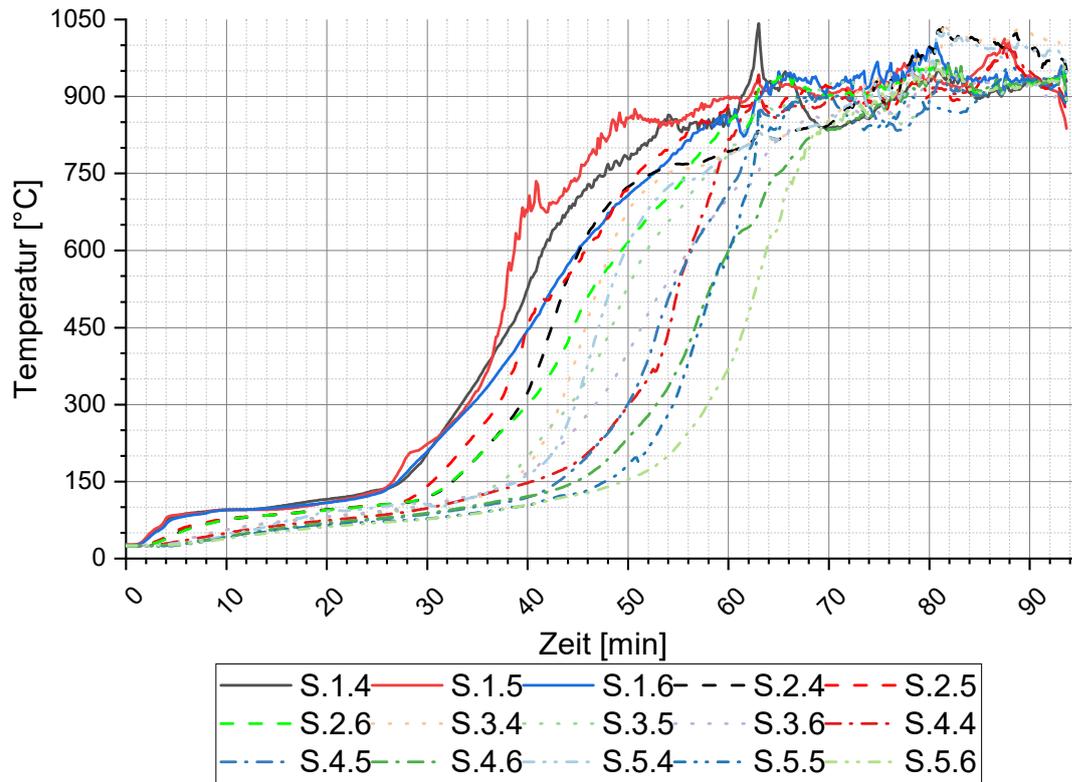
A.14.8.3. Temperaturentwicklung im Ofen MT



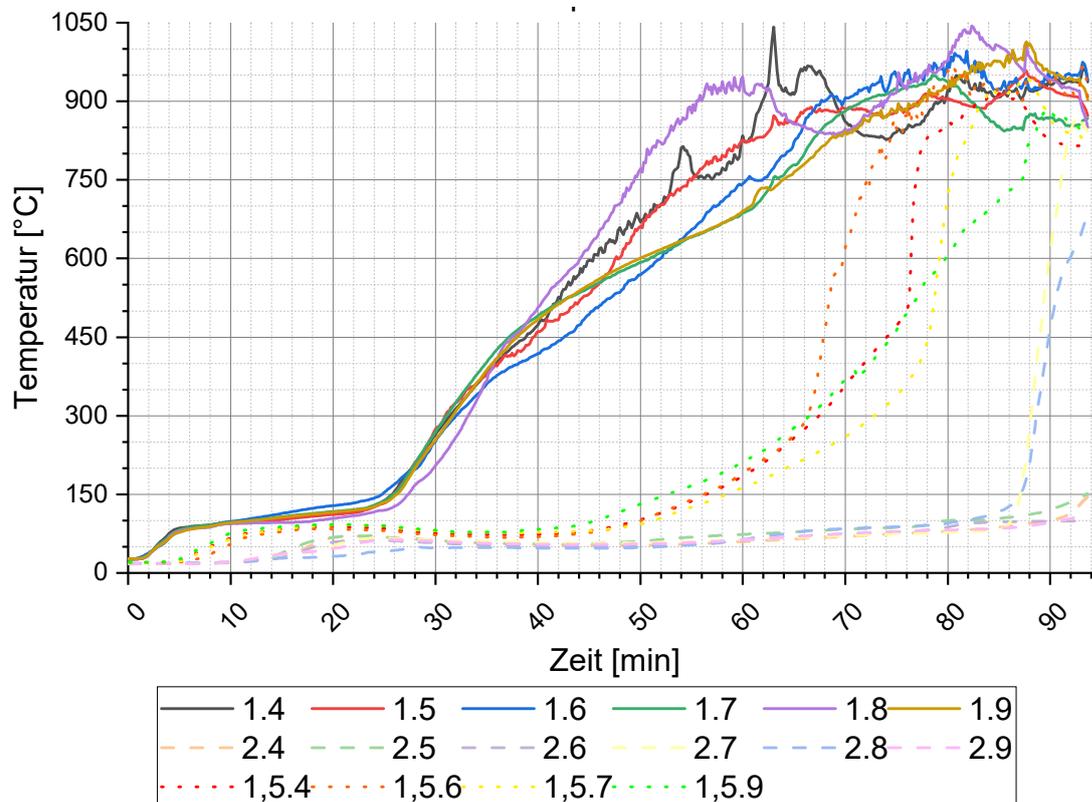
A.14.8.4. Messstellen Wand: Temperaturen im Ständer MW



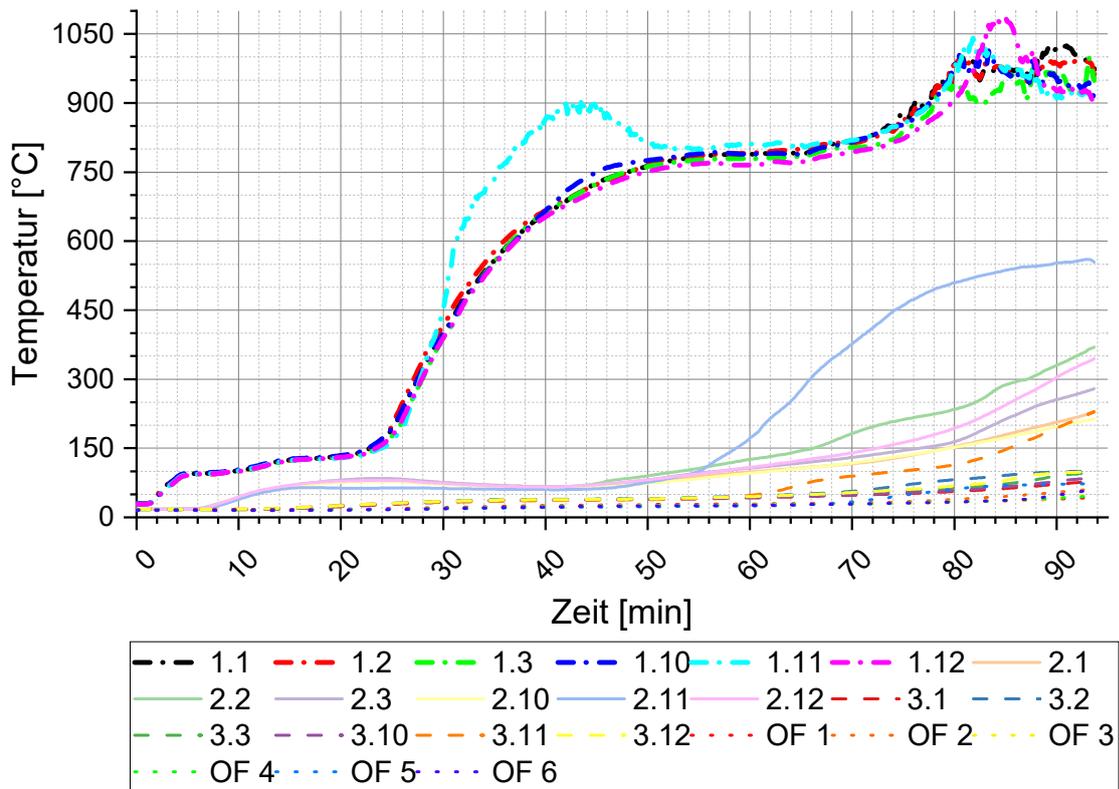
A.14.8.5. Messstellen Wand: Temperaturen im Ständer



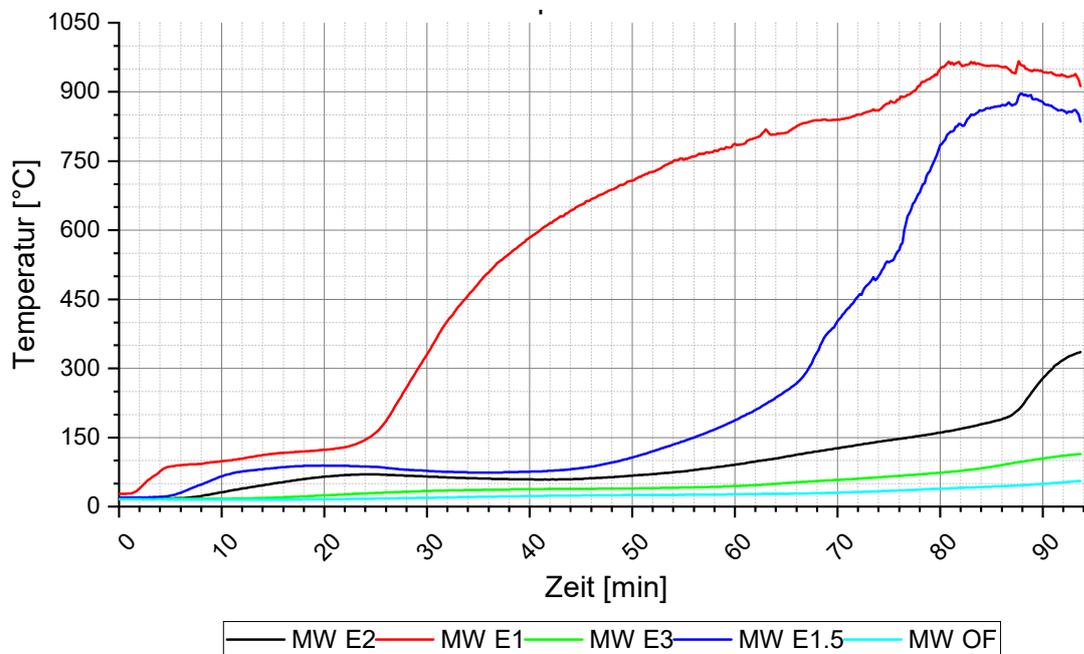
A.14.8.6. Messstellen Wand: Temperaturen am Ständer



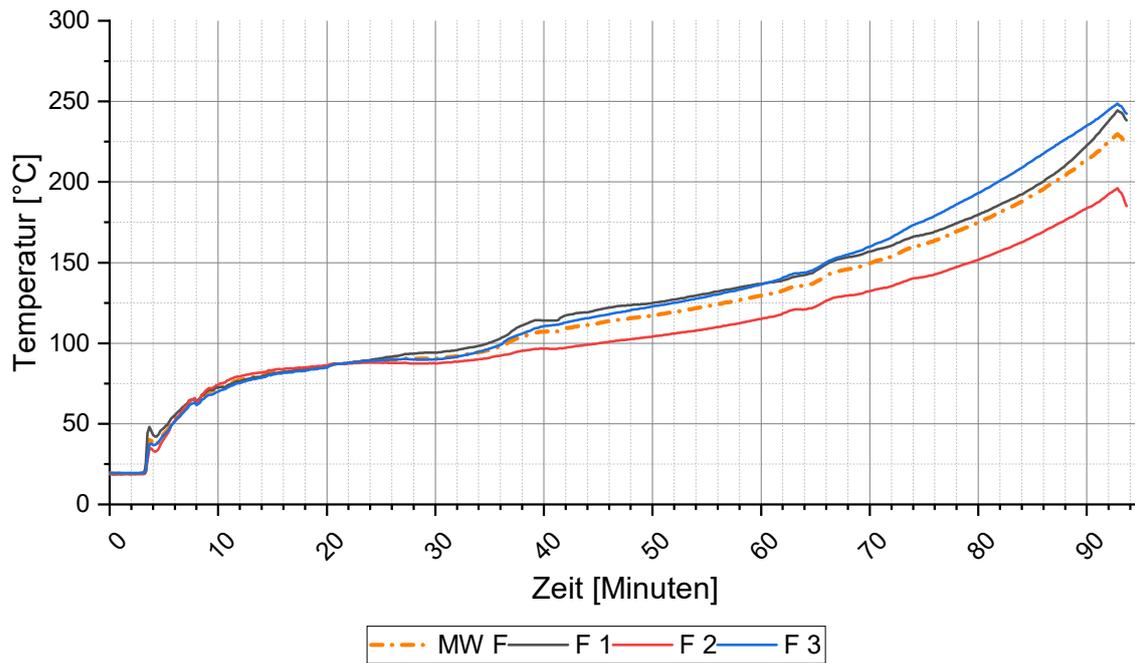
A.14.8.7. Messstellen Wand: Temperaturen im Gefach



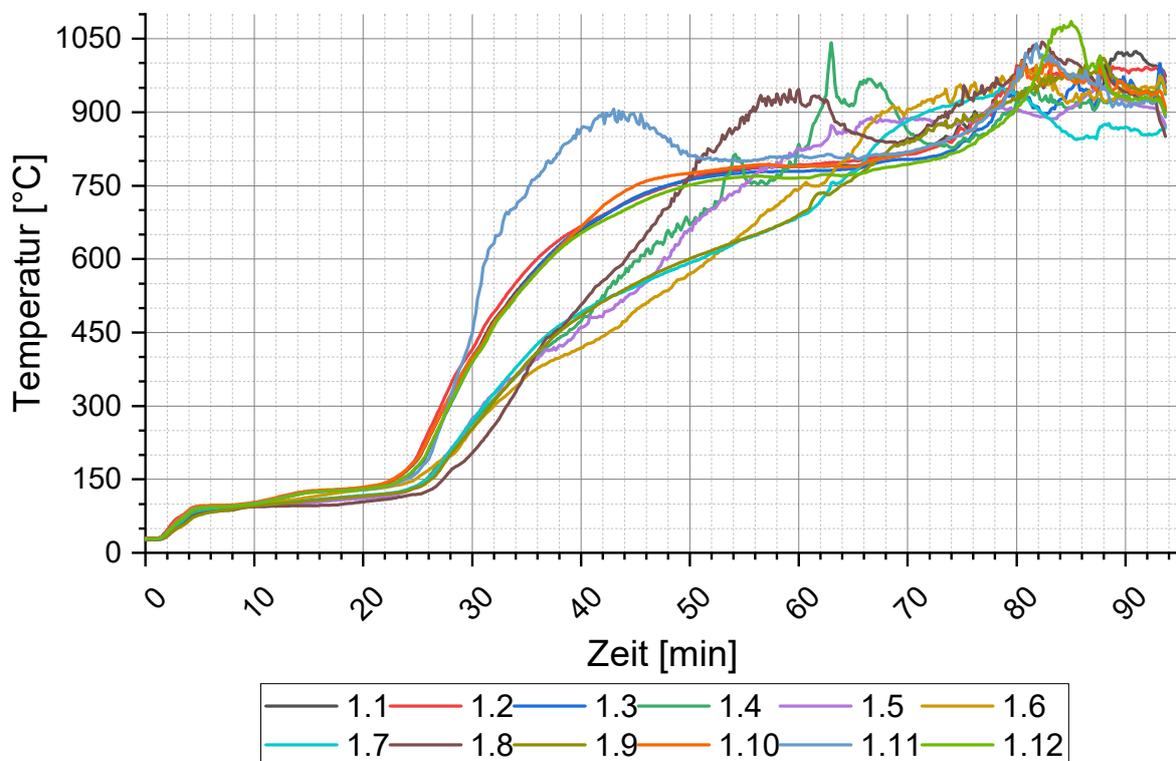
A.14.8.8. Messstellen Wand: Temperaturen im Gefach MW



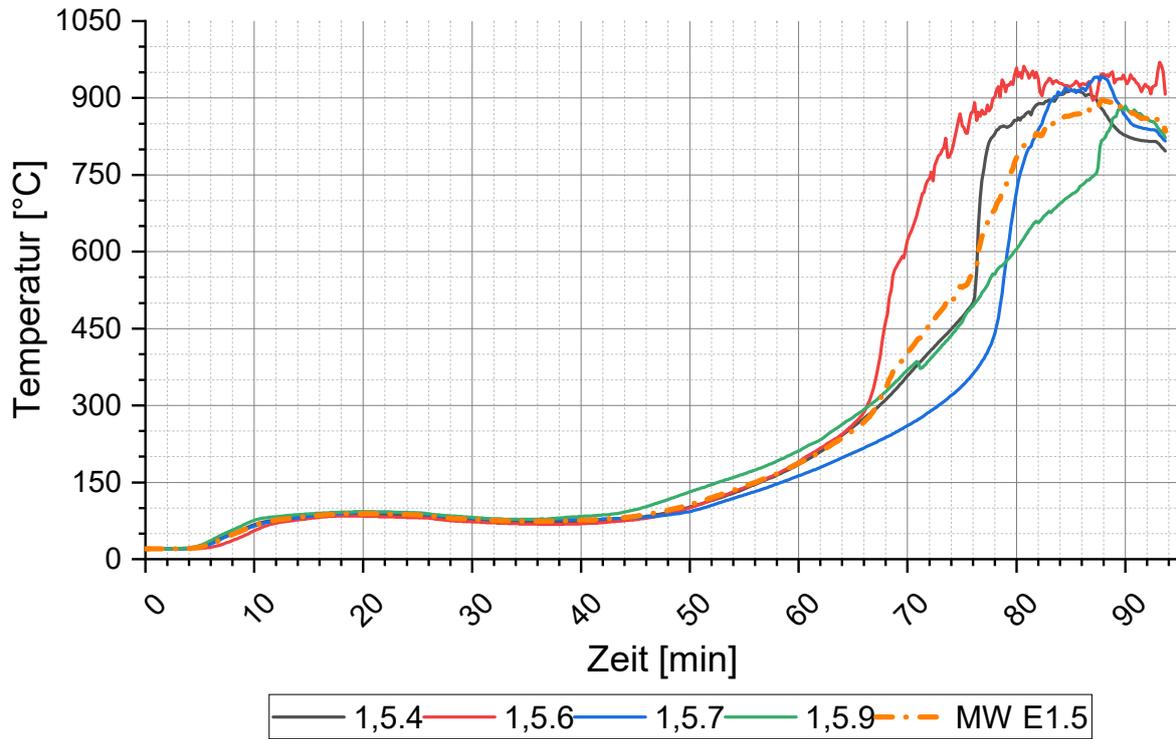
A.14.8.9. Temperaturen in der Fuge



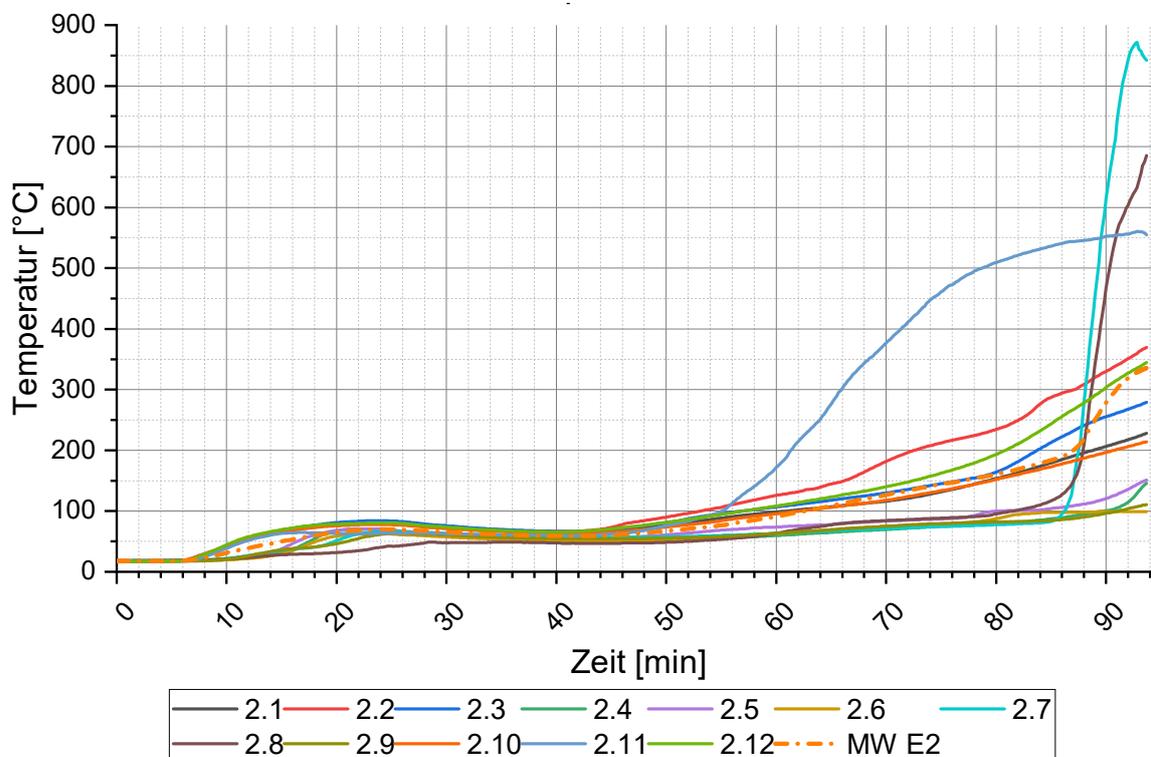
A.14.8.10. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene 1



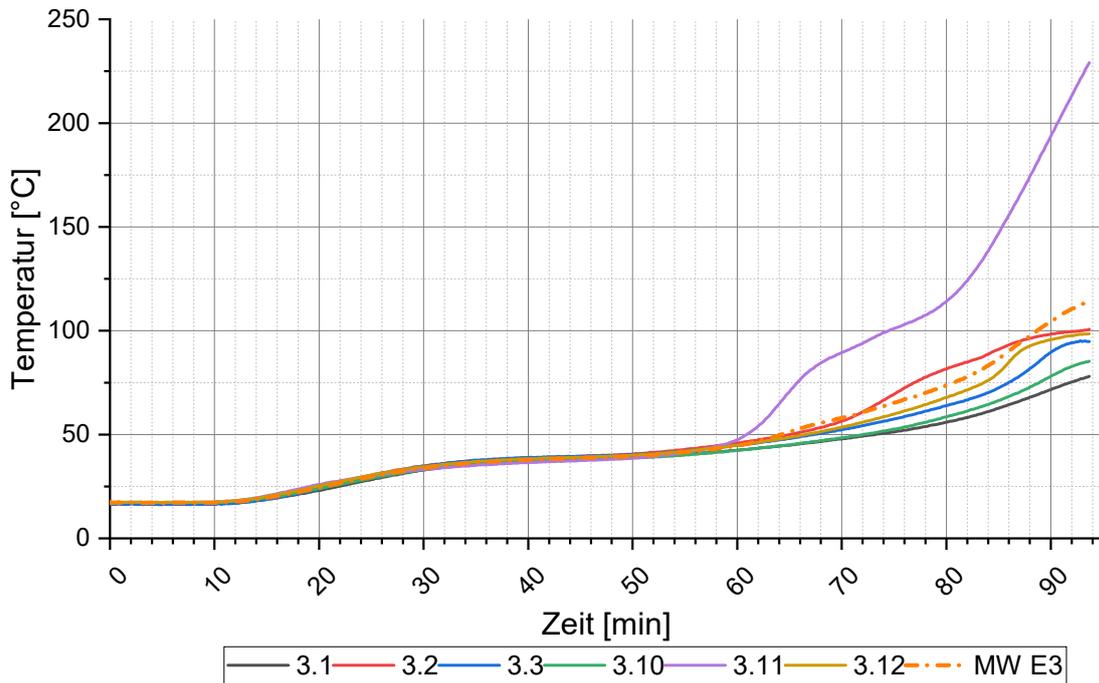
A.14.8.11. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene 1,5



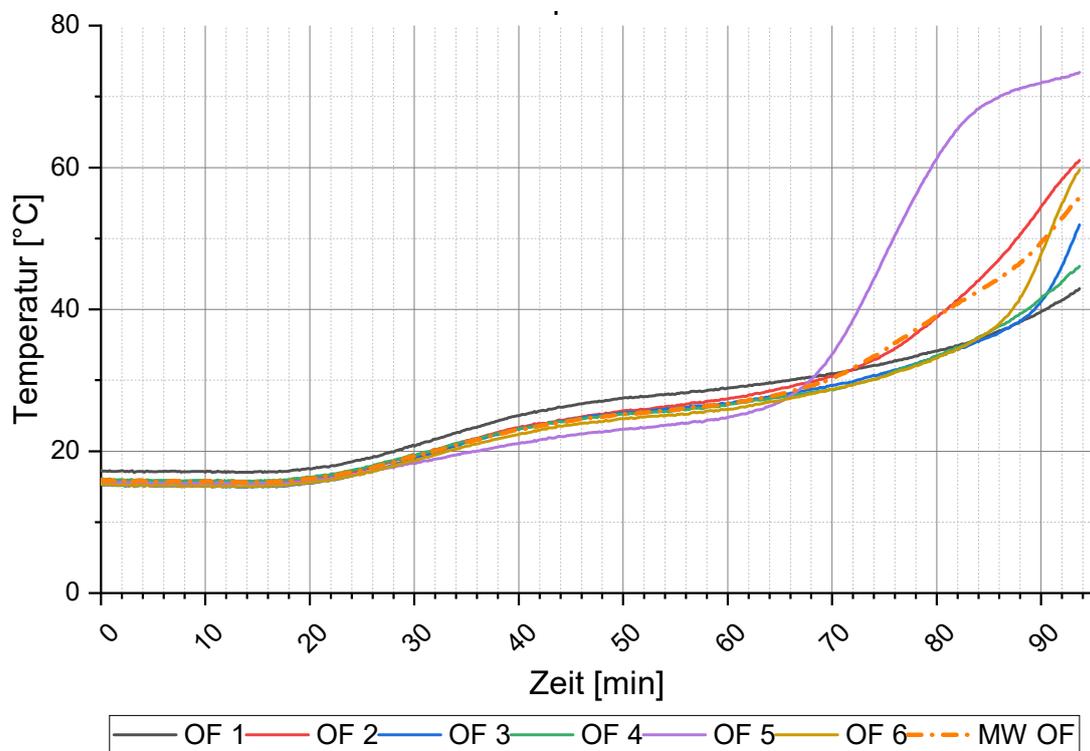
A.14.8.12. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene 2



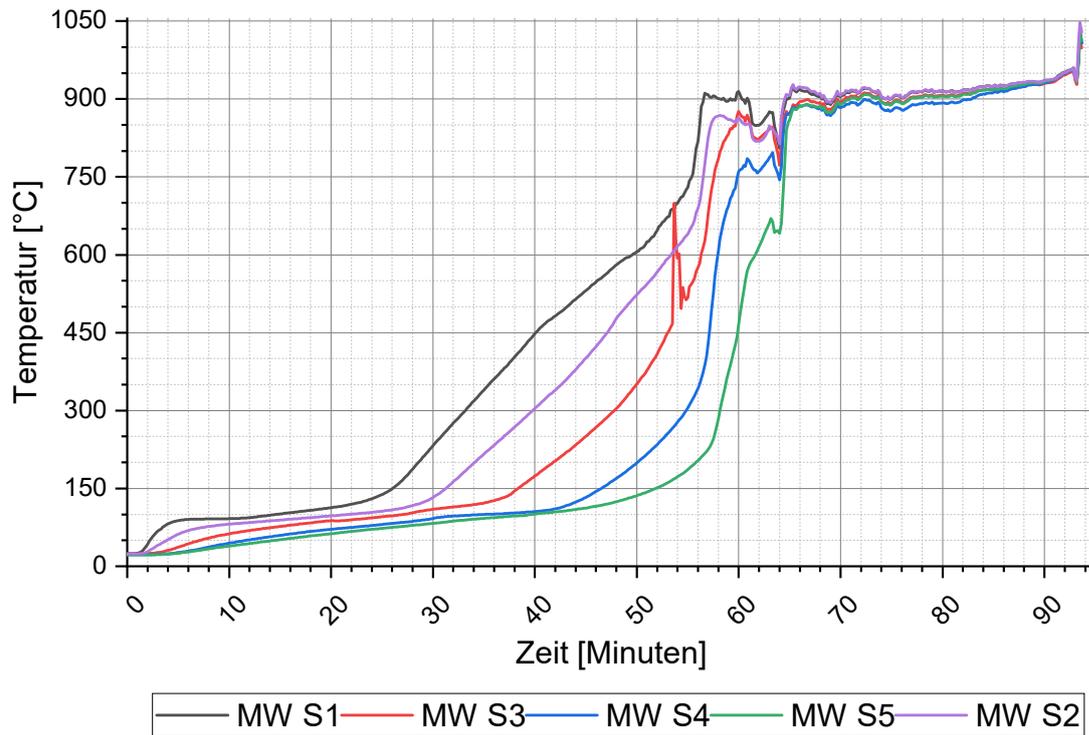
A.14.8.13. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene 3



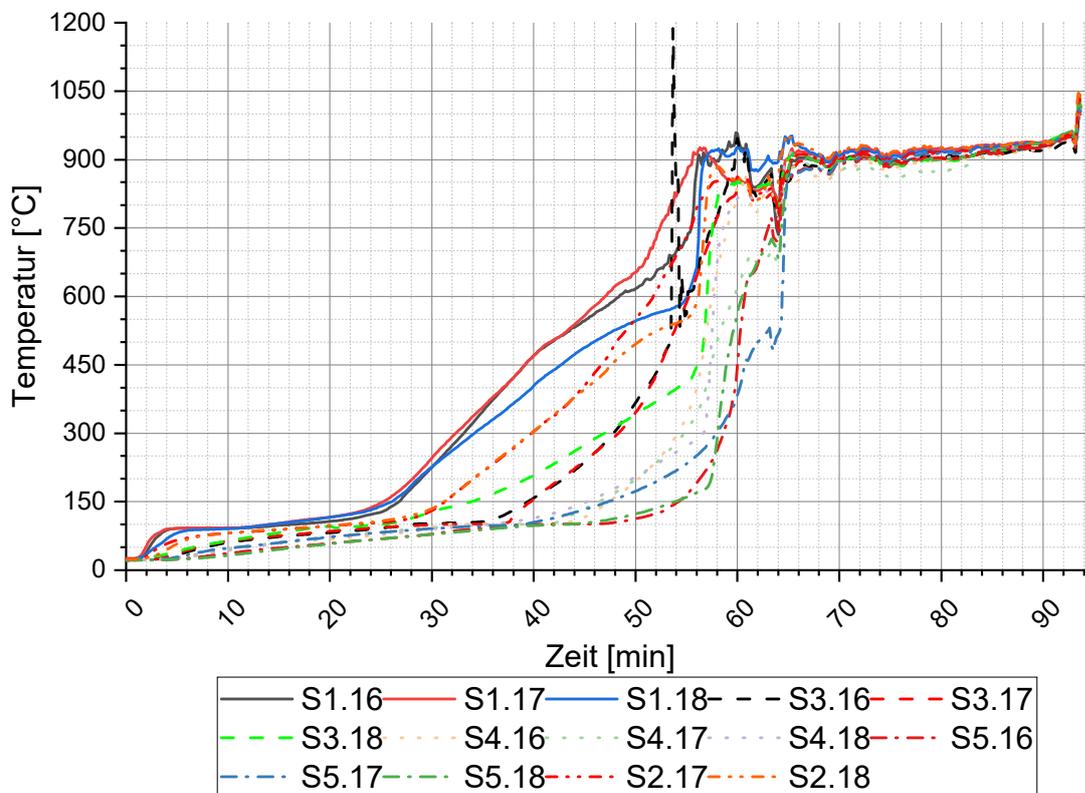
A.14.8.14. Messstellen Wand: Temperaturen in Ebene OF



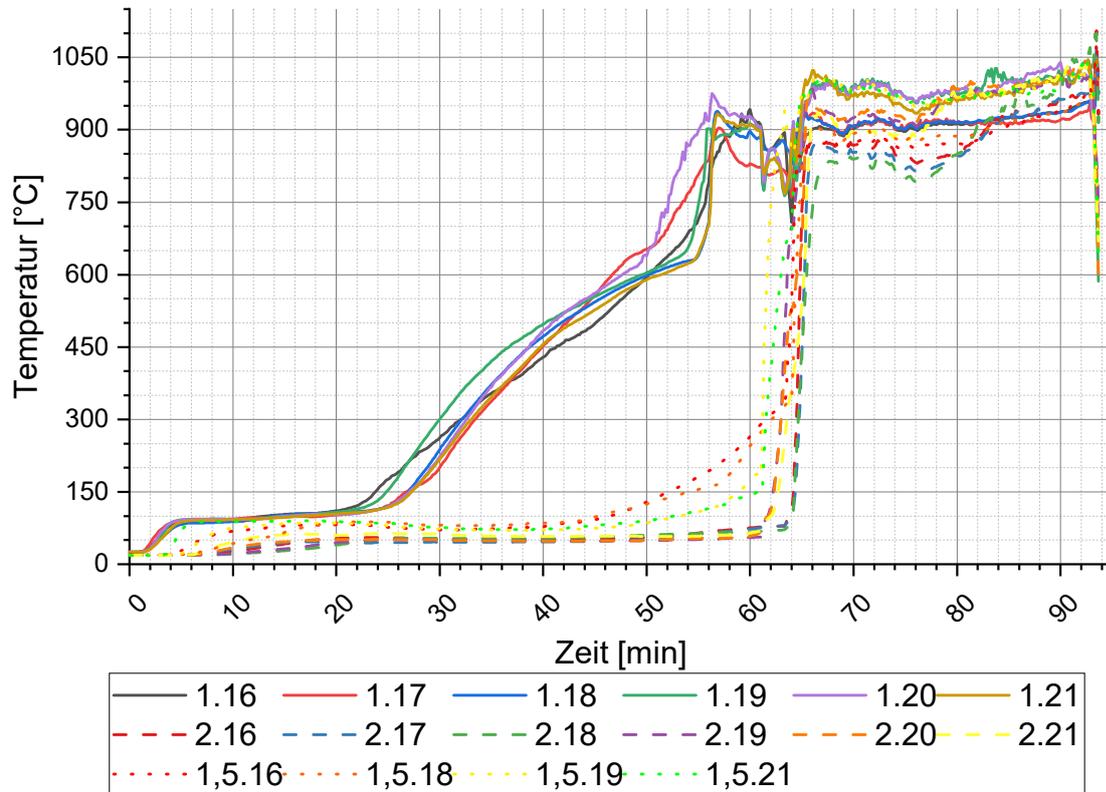
A.14.8.15. Messstellen Decke: Temperaturen im Ständer MW



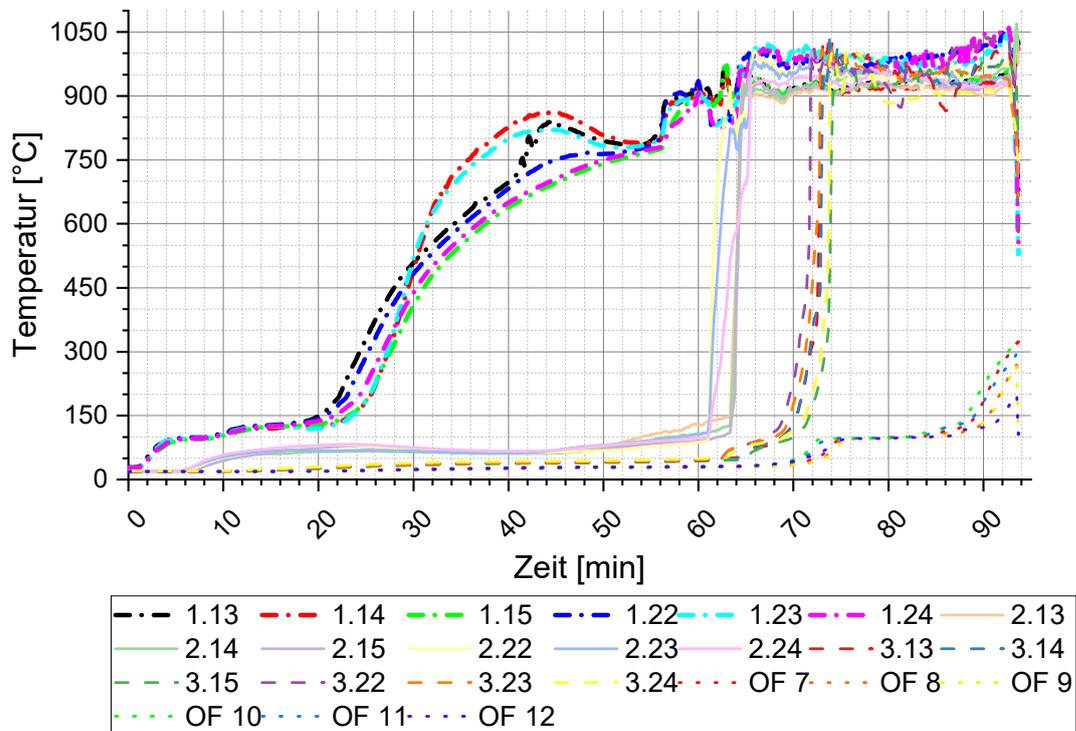
A.14.8.16. Messstellen Decke: Temperaturen im Ständer



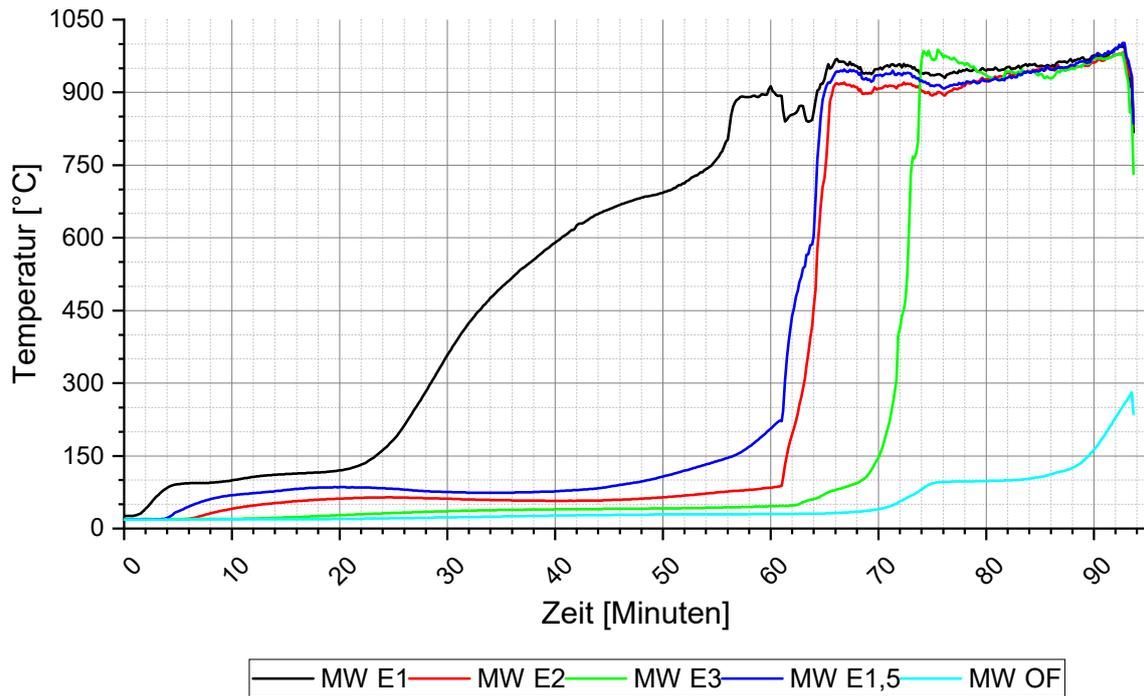
A.14.8.17. Messstellen Decke: Temperaturen am Ständer



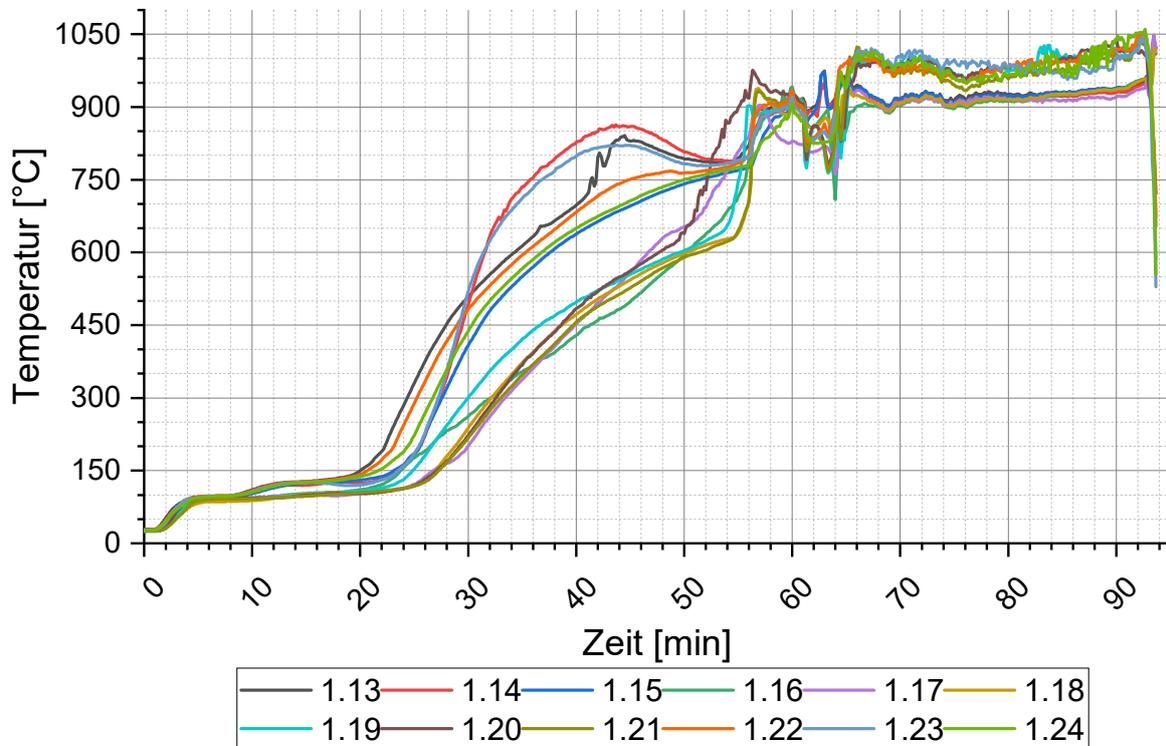
A.14.8.18. Messstellen Decke: Temperaturen im Gefach



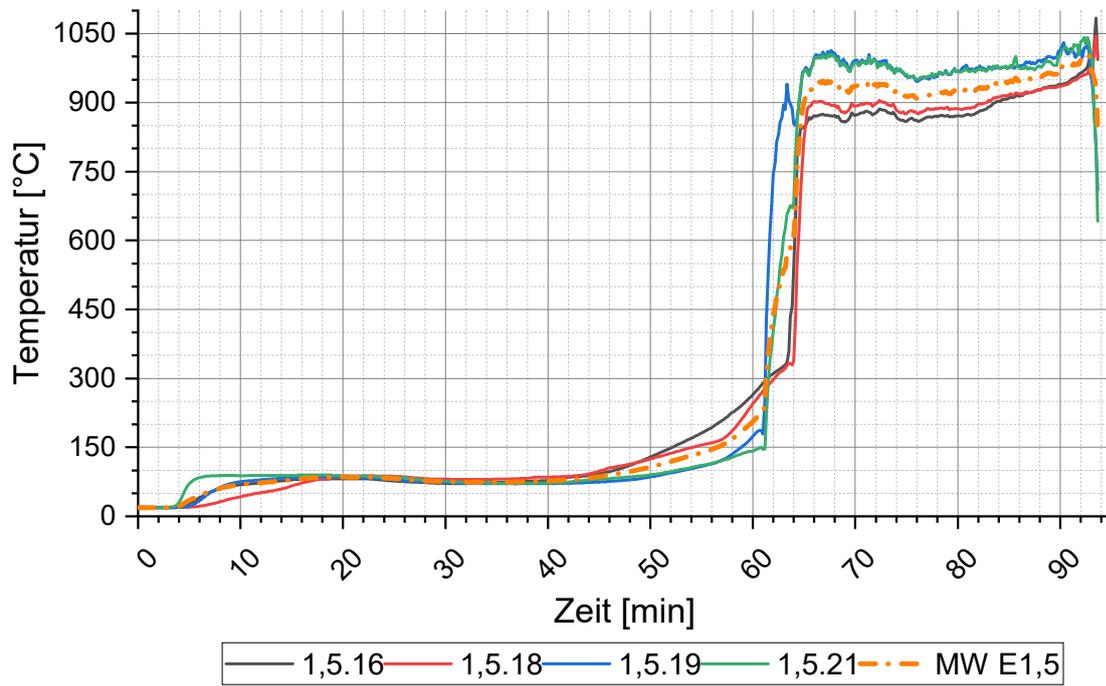
A.14.8.19. Messstellen Decke: Temperaturen im Gefach MW



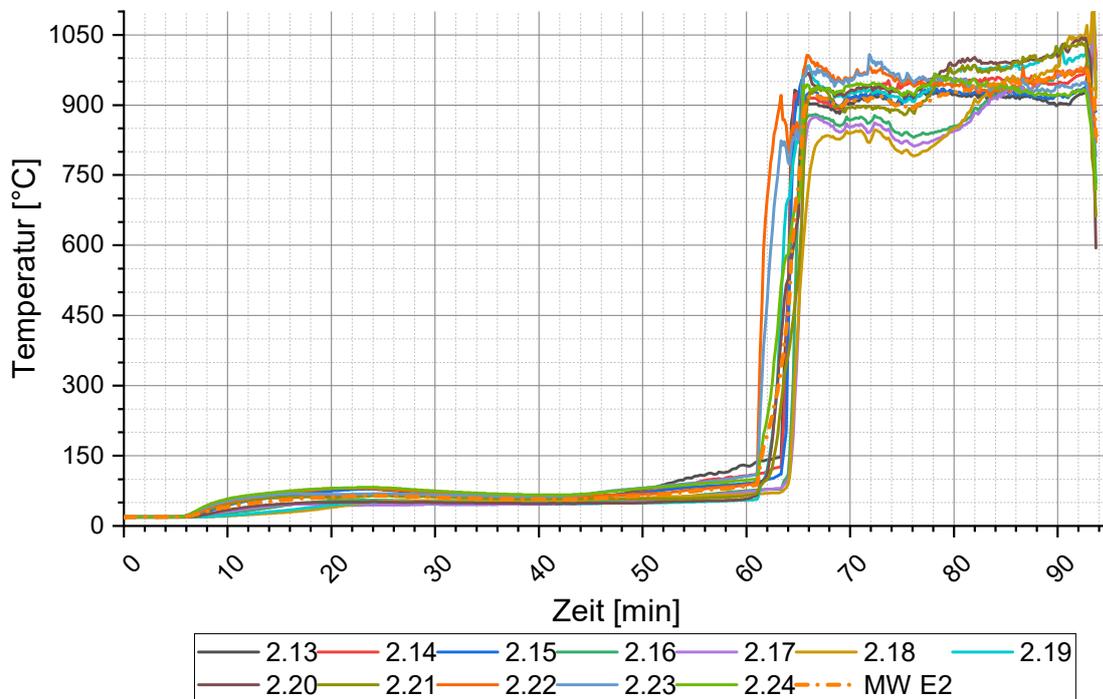
A.14.8.20. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene 1



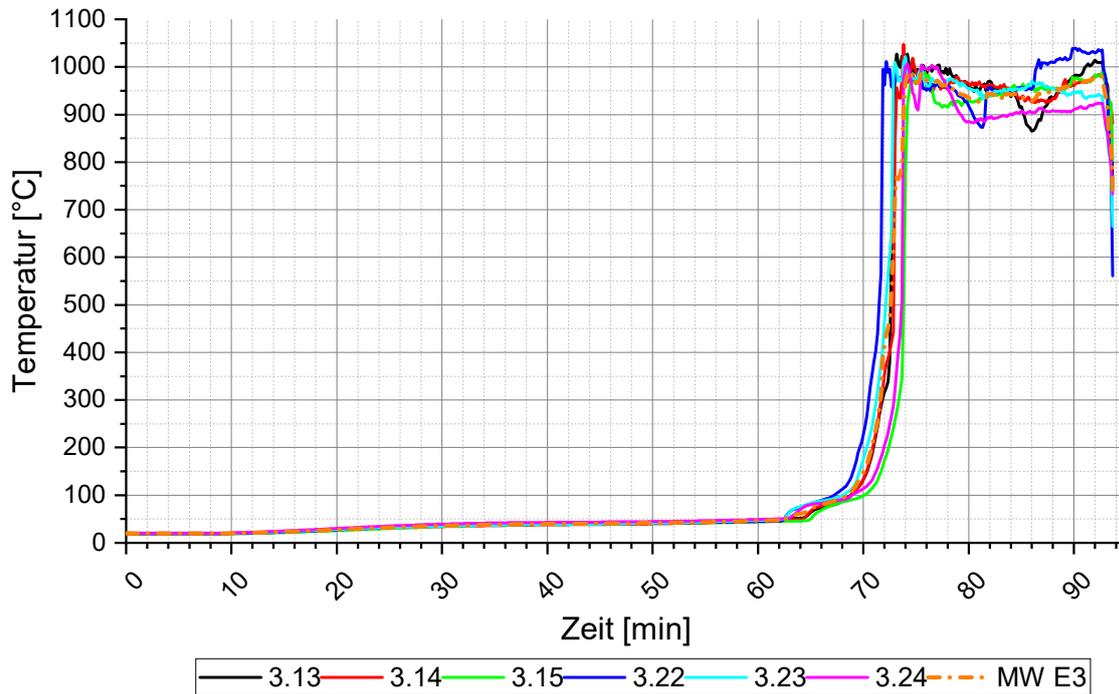
A.14.8.21. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene 1,5



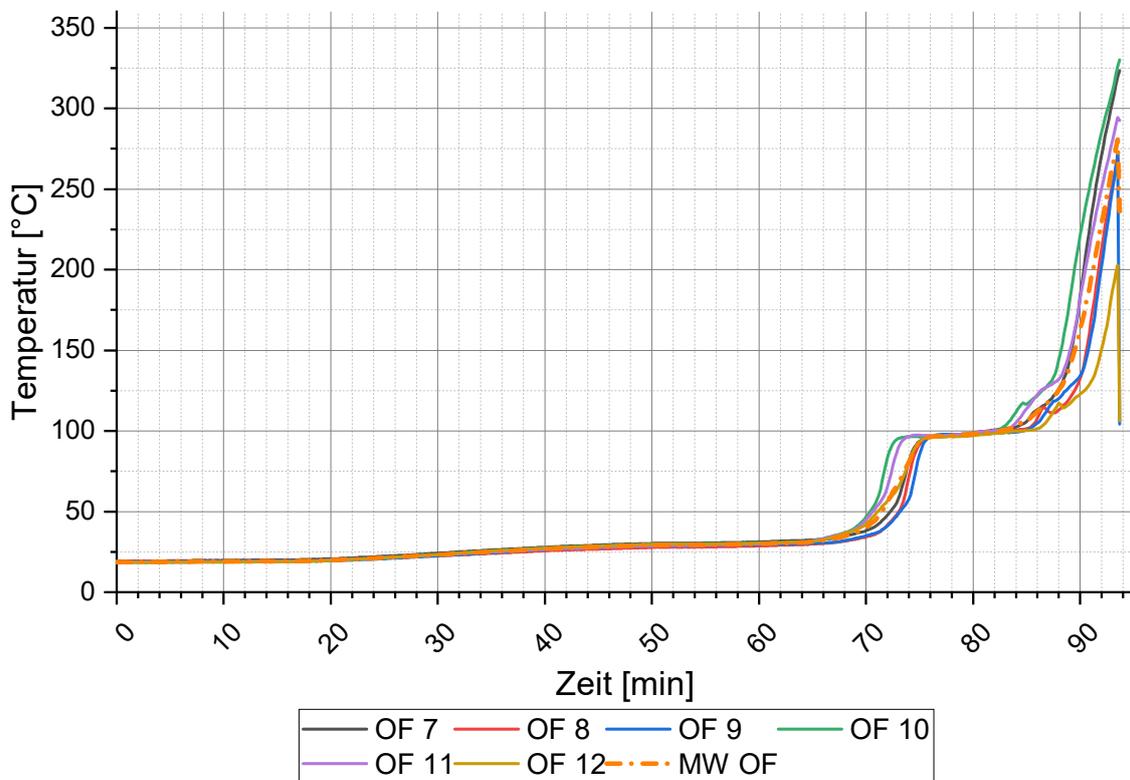
A.14.8.22. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene 2



A.14.8.23. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene 3



A.14.8.24. Messstellen Decke: Temperaturen in Ebene OF



A.14.9 Zusammenstellung der Messwerte t_{270} und t_{300}

Tabelle A.14.9-1: t_{CH} Ebene 1

Wand: Messstellen 1-12			Decke: Messstellen 13-24		
Messstelle	$t(>270\text{ °C})^*$	$t(>300\text{ °C})^{**}$	Messstelle	$t(>270\text{ °C})^*$	$t(>300\text{ °C})^{**}$
1.1	26:50	27:40	1.13	23:50	24:30
1.2	26:30	27:10	1.14	27:00	27:30
1.3	27:20	28:00	1.15	27:00	27:40
1.4	30:20	31:30	1.16	30:30	32:10
1.5	30:00	31:00	1.17	32:20	33:30
1.6	30:50	32:10	1.18	31:10	32:10
1.7	30:10	31:10	1.19	29:00	30:00
1.8	32:30	33:20	1.20	31:40	32:40
1.9	30:40	31:50	1.21	32:00	33:10
1.10	26:50	27:30	1.22	24:40	25:20
1.11	27:20	27:50	1.23	26:50	27:20
1.12	27:20	28:00	1.24	26:10	26:50

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.14.9-2: t_{CH} im Ständer (Wand)

Messstelle	$t(>300\text{ °C})^*$	Messstelle	$t(>300\text{ °C})^*$	Messstelle	$t(>300\text{ °C})^*$
S1.4	33:30	S1.5	34:10	S1.6	34:30
S2.4	39:30	S2.5	37:10	S2.6	40:10
S3.4	43:20	S3.5	44:20	S3.6	46:50
S4.4	50:10	S4.5	50:00	S4.6	52:50
S5.4	44:50	S5.5	54:30	S5.6	58:00

* erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.14.9-3: t_{CH} im Ständer (Decke)

Messstelle	$t(>300\text{ °C})^*$		Messstelle	$t(>300\text{ °C})^*$	Messstelle	$t(>300\text{ °C})^*$
S1.16	33:10		S1.17	32:30	S1.18	34:20
S2.16	Defekt		S2.17	39:50	S2.18	39:50
S3.16	47:50		S3.17	48:20	S3.18	47:00
S4.16	54:10		S4.17	54:50	S4.18	56:40
S5.16	58:40		S5.17	58:00	S5.18	58:10

* erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.14.9-4: t_F

Messminute	Ereignis	Messstelle	Temperatur
40:00	Deckenplatte links hinten (zweigeteilt) beginnt sich zu lösen	1.14	827,0 °C
		1.15	638,1 °C
46:00	GKF Decke (links hinten, zweigeteilt) löst sich und senkt sich nach unten, ca. 30 % der Platte (hängt noch an der Konstruktion) --> t_F erreicht	1.14	853,9 °C
		1.15	706,0 °C
56:00	GKF Decke (rechts hinten klein) fällt ab, zieht Stück von GKF Decke (groß) mit -> GKF Decke (groß) fällt zu ca. 50% ab. Klammern lösen sich mit ab.	1.23	796,8 °C
		1.24	780,1 °C
68:00	GKF Decke (groß) komplett abgefallen	1.13	914,3 °C
		S1.16	898,2 °C
		1.22	991,7 °C
72:00	GKF Wand (links groß) Befestigung am linken Randbalken im oberen Bereich gelöst	1.1	830,3 °C
85:00	GKF Wand (links groß) komplett durchgerissen & abgefallen	MW (1.1, 1.2, 1.3)	964,2 °C
		MW (1.4, 1.5, 1.6)	895,5 °C
85:00	GKF Wand (rechts unten klein) komplett abgefallen	1.9	977,0 °C
		1.12	1085,7 °C

A.15 Prüfbericht zu Brandversuch im 1-Meter-Ofen: Schutz- und Versagenszeiten von Gipsplatten 18 mm BSP (V3-1m-BSP-18 mm-GKF)

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-08-16_01 - V3-1m-BSP-18 mm-GKF
Gegenstand	Brandversuch im Meterofen zur Untersuchung des Abfallverhaltens von GKF-Platten auf Holzmassivbauteilen unter Brandbeanspruchung, in verschiedenen Ausrichtungen – Wand und Decke GKF 18 mm
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	16.08.2021
Datum Bericht	04.11.2021
Anzahl Seiten des Berichts	17

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.15.1 Allgemeines

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München führte an der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH Brandversuche zum Abfallverhalten von Gipsplatten in unterschiedlichen Dicken unter Brandbeanspruchung in verschiedenen Ausrichtungen (Wand / Decke) durch. Die Versuche umfassen zwei Brandprüfungen im Kleinbrandofen mit jeweils einer Wand und Decke. Die Probekörper beider Versuche unterscheiden sich nur in der Dicke der feuerzugewandten GKF-Bekleidung. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung von Wand und Decke mit 18 mm GKF-Bekleidung im Kleinbrandofen.

Die orientierende Brandprüfungen erfolgten im Meterofen in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2] und DIN EN 1364-1 [5]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

A.15.2 Geprüfte Konstruktion

Der Prüfkörper besteht aus einer Wand-Deckenkonstruktion. Die Wand weist eine Außenabmessung von $B \times H = 1335 \times 1100$ mm auf und besteht aus einem 120 mm dicken Brettsperrholzelement. Die Decke hat Außenabmessungen von $B \times H = 1335 \times 1465$ mm und besteht ebenfalls aus einem 120 mm dicken Brettsperrholzelement. Die Bekleidung der Wand- und Deckenkonstruktion auf der feuerzugewandten Seite erfolgt mit einer 18 mm dicken GKF ($\rho = 819,12 \text{ kg/m}^3$). Die GKF-Platte wurden mit Klammern der Firma MELA nach ETA-18/0163 im Abstand von 80 mm umlaufend befestigt. Die genauen Baustoffeigenschaften sind dem Anhang zu entnehmen. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermoelemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen. Eine genaue Beschreibung kann den einzelnen Versuchsaufstellungen entnommen werden.

A.15.3 Prüfanordnung und -durchführung

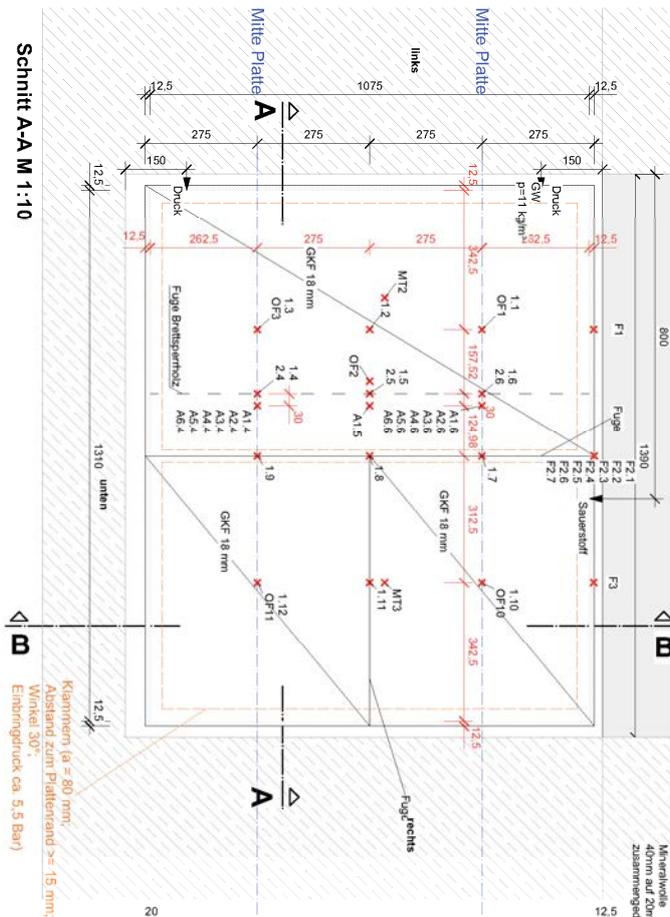
Die geprüften Wandausschnitte wurden zusammen mit Mitarbeitern der Fa. Gump & Maier in Binswangen gefertigt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens als vertikalen (Wand) bzw. horizontalen (Decke) Raumabschluss ein.

Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 6 Platten-Thermoelemente vor den Prüfkörpern installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in 2 Ebenen (Unten, Oben). Zusätzlich wurde die Sauerstoffkonzentration während der Brandprüfung gemessen. Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

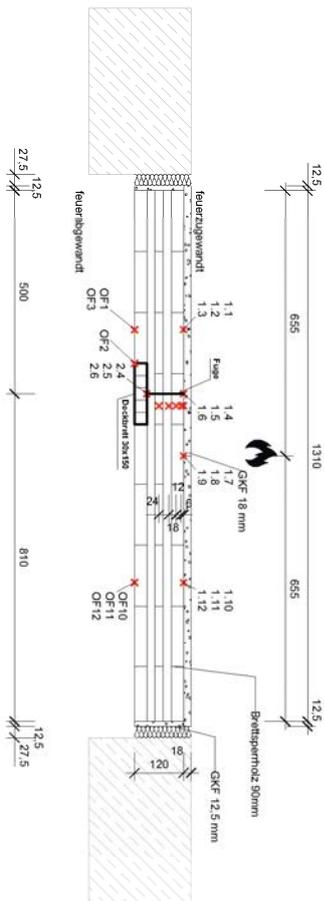
A.15.4 Konstruktionszeichnungen

W1-1m -BSP- GKF 18 mm

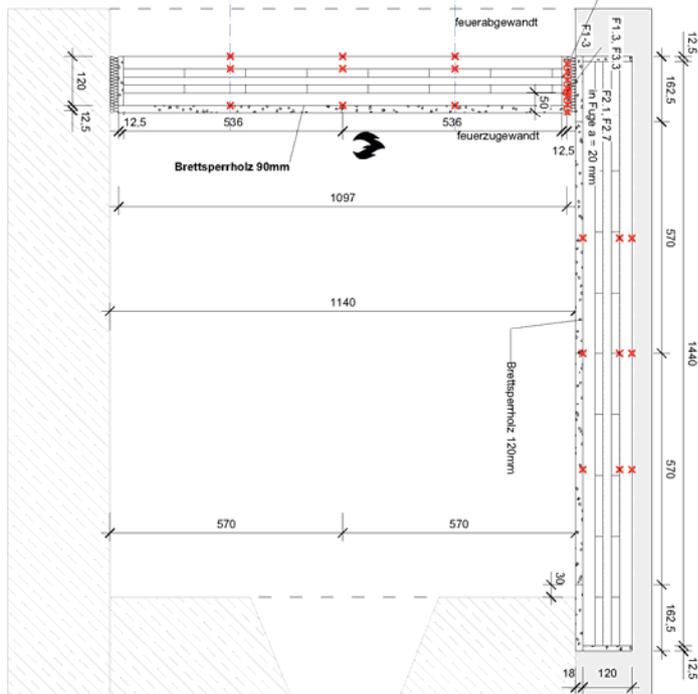
ANSICHT M1:10 von außerhalb des Ofen



Schnitt A-A M 1:10



Schnitt B-B M 1:10



Materialien - Wand

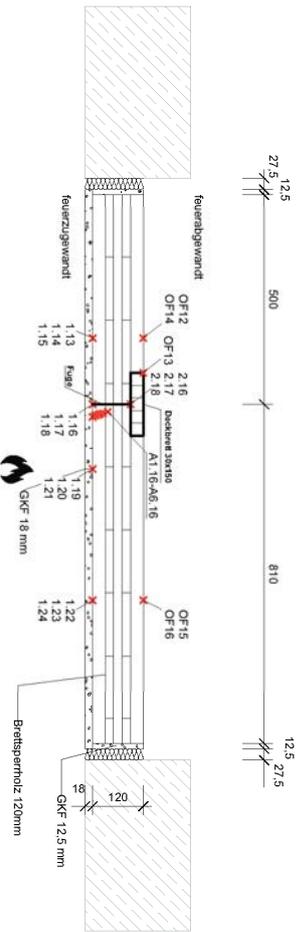
- Langgerichte Brettsperrholz 120mm
- Element A: 1075x810
- Element B: 1075x810
- GKF 18 mm: Kauf Feuerschutzplatte GKF
- GKF 12.5 mm: Kauf Feuerschutzplatte GKF
- Befestigung: Karminan
- 10x60x15
- Randschalband a = 80mm
- Randschalband 15mm
- Winkel 30°
- Einringdruck ca. 5,5 Bar
- Fuge Wand-Dicke: Stenwolle
- d=40mm zusammengeedrückt auf d=20mm

- Thermoelemente**
- Thermoelement Typ K, Länge 4 m : 37 Stück
- Oberflächen (selten WPFA): 5 Stück

Projekt	Untersuchung
W1-1m -MH -GKF 18 mm	Untersuchung Avfallverhalten
Baueinheit	nr 10
Maßstab	1:10
Datum	24.08.2021

D1-1m -BSP- GKF 18 mm

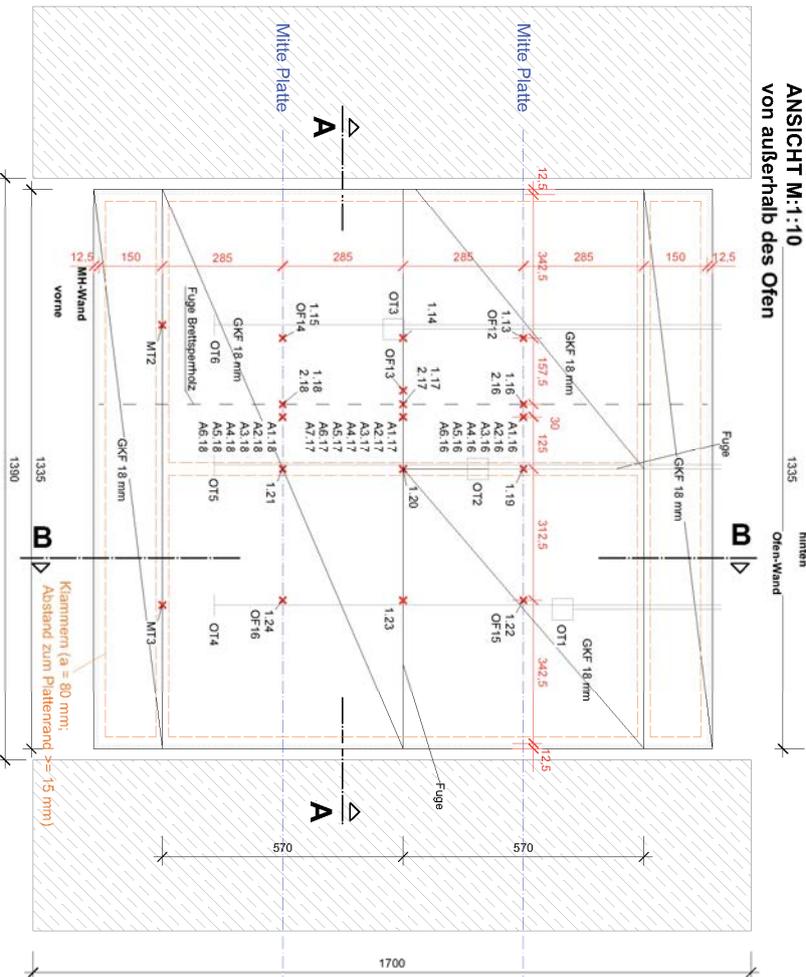
Schnitt A-A M 1:10



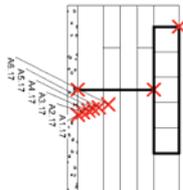
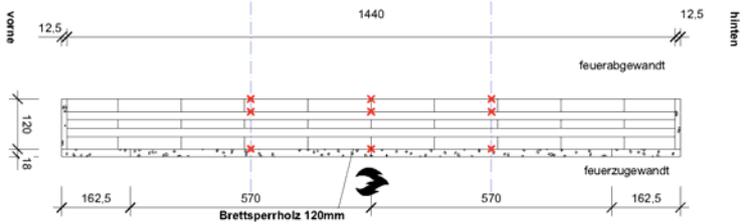
- Materialien - Decke**
- Brettsper Holz 120mm
 - Element A: Länge 500
 - Element B: 1440x810
 - GKF 18 mm: Krauf Feuerschutzplatte GKF
 - GKF 12.5 mm: Krauf Feuerschutzplatte GKF
 - Befestigung: Keilnieten
 - 10x50x1,5
 - Keilnietungsteilabstand a = 80mm
 - Keilnietungsteillänge l = 75mm
 - Winkel 30°
 - Einbringdruck ca. 5,5 Bar

- Thermoelemente**
- Thermocraft Typ K, Länge l m : 34 Stück
 - Oberflächen (gemäß NFPA): 3 Stück

ANSICHT M.1:10
von außerhalb des Ofen



Schnitt B-B M 1:10



Projekt	Untersuchung Adhäsionsverhalten
Versuchsnummer/ Name	D1-1m - MH - GKF 18 mm
Bearbeiter	mr. lo
Maßstab	1:10, 1:5
Datum	24.08.2021

A.15.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.15.5-1: Aufbau der Konstruktion

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt (Decke & Wand)
1	GKF- Platte der Fa. Knauf Feuerschutzplatte GKF nach EN 520:2004+A1:2009-08	18	819,12	17,2	1.1 – 1.24
2	Brettsperrholz der Fa. Pfeifer 5 Lagen – 30+20+20+20+30 mm PUR Typ I nach EN 15425	120	ca. 480	12 (+/-2)	2.4 – 2.6, 2.16 – 2.18, A1.4 – A6.4, A1.6 – A6.6, A1.16 – A6.16, A1.17 – A7.17, A1.18 – A6.18

A.15.6 Prüfbeobachtung

- Start des Versuchs: 16.08.2021; 13:58 Uhr
- Thermoelemente 1.3 (Wand) und 1.22, A6.18 (Decke) gehen nicht
- Feuchtegehalt 12,7 – 13,0 – 13,7
- Brenner funktionierte nach erstem Start nicht (13:39 Uhr) → nach Reparatur neuer Start 13:58

Tabelle A.15.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung

Prüfzeit [min:ss]	Zeit	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungsseite
0:00	13:39	Start der Prüfung – Brenner kaputt	-
0:00	13:58	Start der Prüfung, Zündung der Brenner	-
3:00	14:01	Noch keine Sicht	hinten
8:15	14:06	Klammern in GKF gut sichtbar	hinten
9:22	14:07	Decke wird auch heller	hinten
15:05	14:13	Spachtel beginnt sich zu lösen	hinten
21:00	14:19	Leichtes Ablösen der GKF am Rand und in den Ecken (Wand)	hinten
21:30	14:19	Riss in der Mitte der linken Platte (Wand)	hinten
25:20	14:23	Horizontalfuge Wand und Decke reißt auf	hinten
28:22	14:26	Alle Fugen aufgeplatzt, öffnen sich immer weiter	hinten
32:00	14:30	Vor allem horizontale Fuge Wand öffnet sich	hinten
34:00	14:32	Beginn Brand aus Fuge	hinten
40:20	14:38	Große Risse in allen Fugen, v.a. in der Decke	hinten
48:00	14:46	Rauchaustritt an der Oberseite	vorne
53:00	14:51	Konvexe Verformung der Horizontalfuge Wand, klappt auf	hinten
55:00	14:53	Deckenfuge geht immer weiter auf	hinten
57:13	14:55	Durchbiegung GKF Decke	hinten

64:00	15:02	Extremes Aufklaffen der Fugen	hinten
68:24	15:06	Horizontaler Riss in linker Wandplatte	hinten
69:30	15:07	Brand aus Riss	hinten
73:10	15:11	Riss in rechter Deckenplatte (von Vertikalfuge nach innen)	hinten
74:14	15:12	Riss wird größer, Holz ist durch Horizontalfuge in Wand deutlich erkennbar	hinten
80:15	15:18	Vertikalfuge Wand öffnet sich weiter	hinten
83:00	15:21	Ablösen GKF an Wand und Decke	hinten
84:00	15:22	Abfallen GKF Decke vorne rechts	hinten
85:05	15:23	Abfallen GKF Wand links unten	hinten
88:26	15:26	Teilweise Abfallen GKF Wand rechts unten	hinten
92:46	15:30	GKF Decke nahezu vollständig abgefallen, hängt an Messtechnik	hinten
96:00	15:34	Erste Schicht BSP fällt ab (Decke)	hinten
96:25	15:34	Erste Schicht BSP fällt ab (Wand)	hinten
98:10	15:36	Erste Schicht BSP mittig vollständig ab (Decke)	hinten
99:00	15:37	Ende der Prüfung, Abschalten der Brenner	hinten

Erläuterungen:

Blickrichtung von vorn auf Ofen gewählt

vorne = von der Mitte des Raumes betrachtet

hinten = an den Beobachtungsfenstern

rechts = gegenüberliegende Seite vom Brenner

links = Brennerseite

oben = oben auf dem Prüfstand

Horizontalfugen: Wand → von rechts nach links

Decke → von rechts nach links

Vertikalfuge: Wand → von oben nach unten

Decke → von vorne nach hinten

A.15.6.1. Anmerkungen

Das **Thermoelement S2.16** ist defekt und liefert keine auswertbaren Ergebnisse. Deshalb wird es im Diagramm nicht abgebildet. Der Mittelwert (MW) S2 wurde ohne die Ergebnisse aus S2.16 ermittelt.

Das **Thermoelement S3.16** liefert bei Messminute 51:20 und 51:30 fehlerhafte Ergebnisse. Aus diesem Grund wurden die Messwerte an diesen Stellen durch linear interpolierte Werte ersetzt.

Das **Thermoelement OT2** liefert bei Messminute 00:00 ein fehlerhaftes Ergebnis, Ausfall über die gesamte Zeit.

A.15.7 Fotodokumentation



Abbildung A.15.7-1: Deckenkonstruktion im Bau



Abbildung A.15.7-2: Wandkonstruktion im Bau



Abbildung A.15.7-3: Wand und Decke im Prüfofen

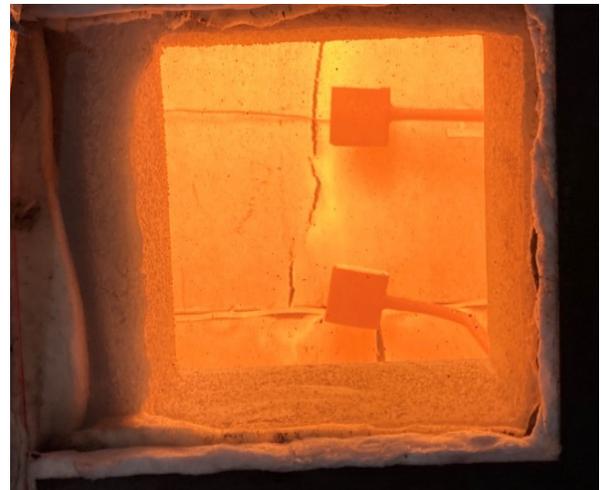


Abbildung A.15.7-4: Prüfminute 21:30, Riss in GKF Wand links



Abbildung A.15.7-5: Prüfminute 57:13, Durchbiegung GKF an der Decke

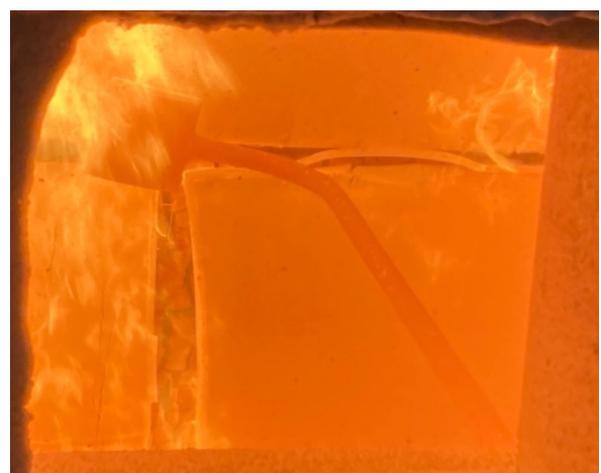


Abbildung A.15.7-6: Prüfminute 83:00, GKF an Wand und Decke beginnt sich zu lösen

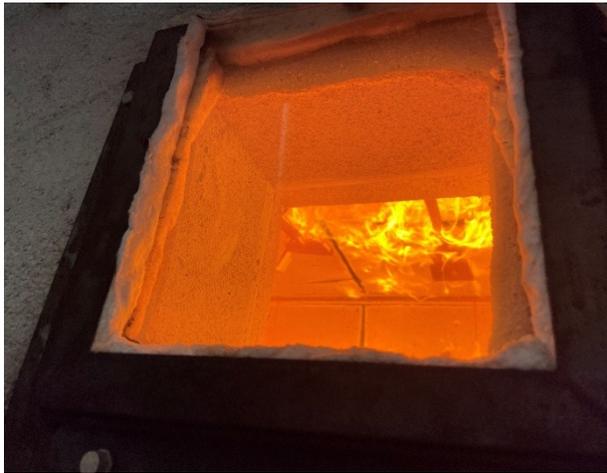


Abbildung A.15.7-7: Prüfminute 73:10, Riss in GKF Decke rechts vorne



Abbildung A.15.7-8: Prüfminute 84:00, Abfallen GKF rechts vorne an Decke



Abbildung A.15.7-9: Prüfminute 85:05, Abfallen GKF an Wand links unten

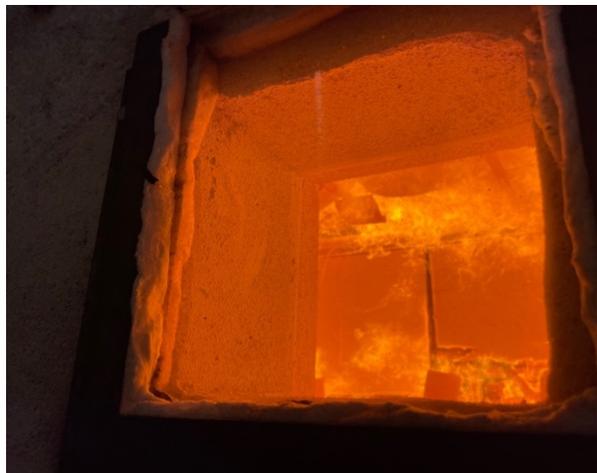


Abbildung A.15.7-10: Prüfminute 86:00, GKF an Decke löst sich hinten, hängt an Messtechnik im Ofen

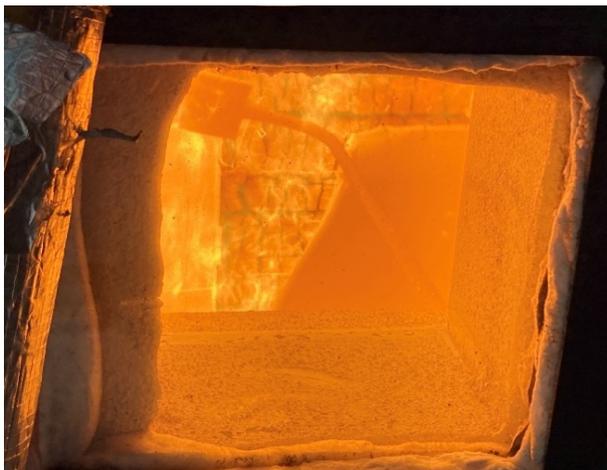


Abbildung A.15.7-11: Prüfminute 88:26, teilweise Abfallen GKF Wand rechts unten, hängt an Messtechnik im Ofen

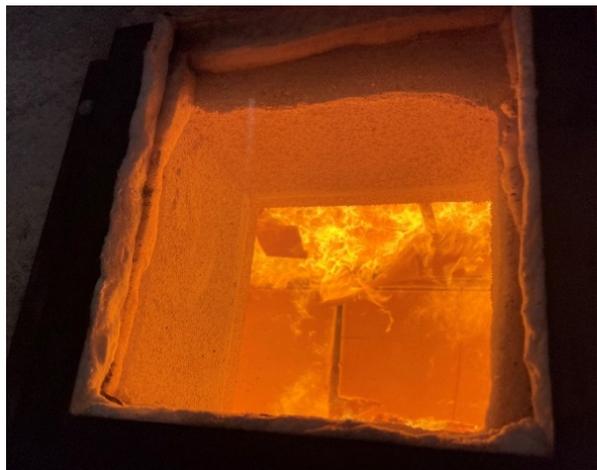


Abbildung A.15.7-12: Prüfminute 92:46, GKF an Decke nahezu vollständig abgefallen, hängt an Messtechnik im Ofen



Abbildung A.15.7-13: Prüfminute 96:00, teilweise Abfallen der ersten Schicht BSP an der Decke



Abbildung A.15.7-14: Prüfminute 98:00, starker Rauchaustritt oben zwischen Wand und Decke



Abbildung A.15.7-15: Prüfminute 99:00, Oberfläche feuerabgewandt bei Beenden der Prüfung



Abbildung A.15.7-16: Wandkonstruktion im Prüfofen nach Ausbau der Decke



Abbildung A.15.7-17: Wand nach dem Ablösen



Abbildung A.15.7-18: Restquerschnitt der Wand nach der Brandprüfung



Abbildung A.15.7-19: Decke nach dem Ablöschen

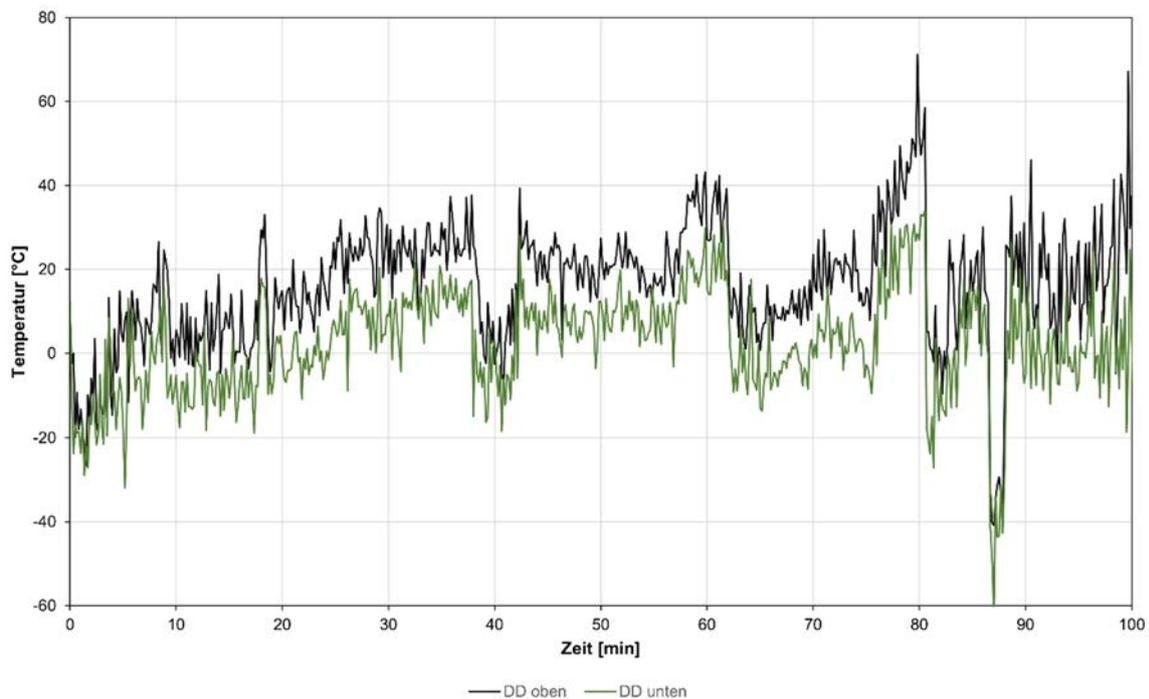


Abbildung A.15.7-20: Restquerschnitt der Decke nach der Brandprüfung

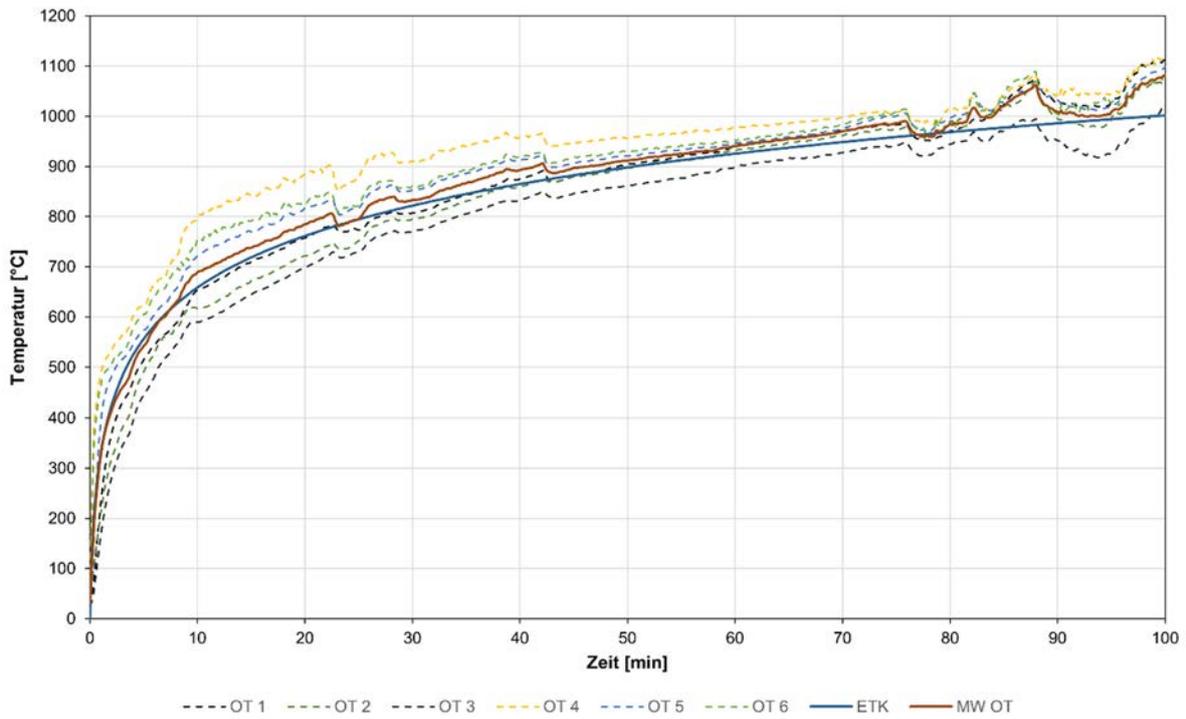
Das **Thermoelement 1.3** liefert von Minute 03:30 bis 47:20 fehlerhafte Ergebnisse.
Die **Thermoelemente 1.22, A5.16 und A6.18** liefern immer wieder fehlerhafte Ergebnisse.
Die Temperaturverläufe werden daher in der grafischen Darstellung nicht berücksichtigt.

A.15.8 Darstellung der Messwerte

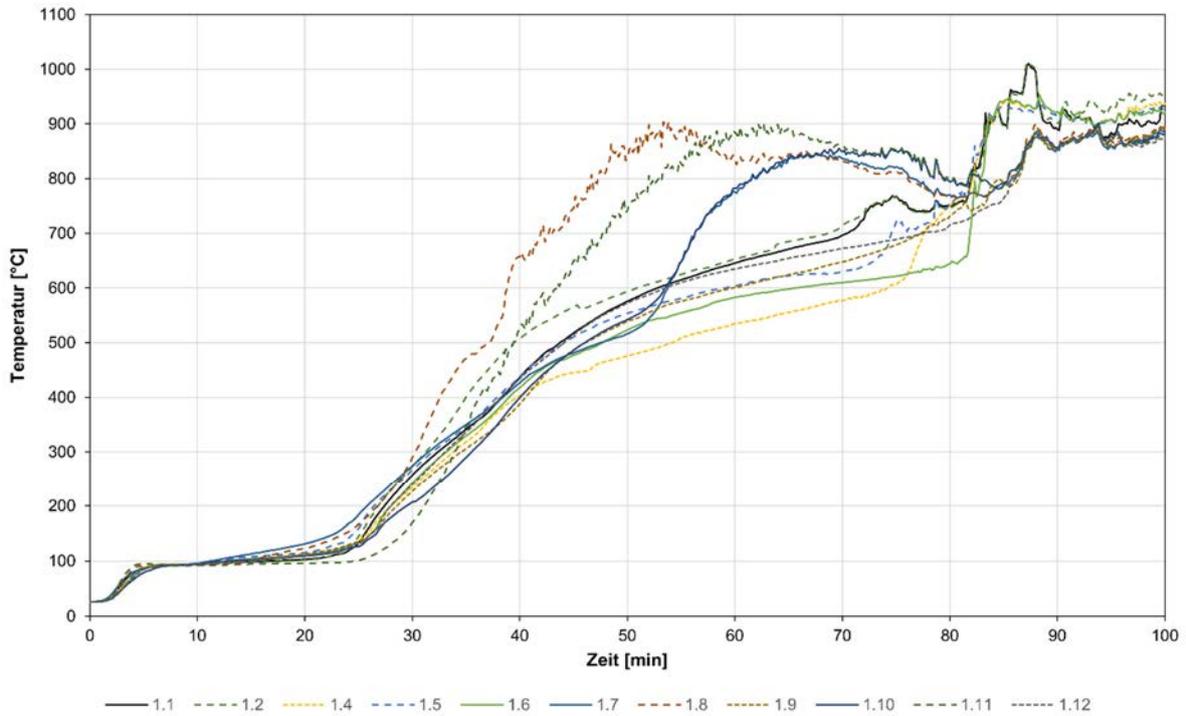
A.15.8.1. Druckentwicklung im Ofen



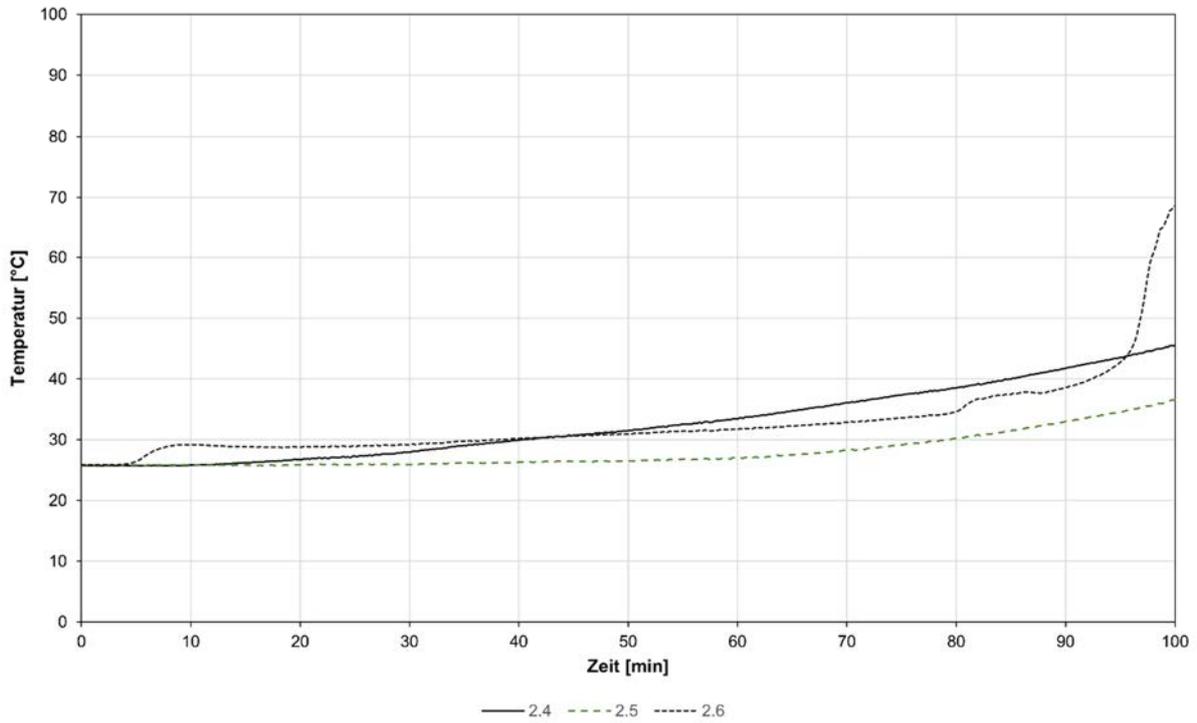
A.15.8.2. Temperaturentwicklung im Ofen



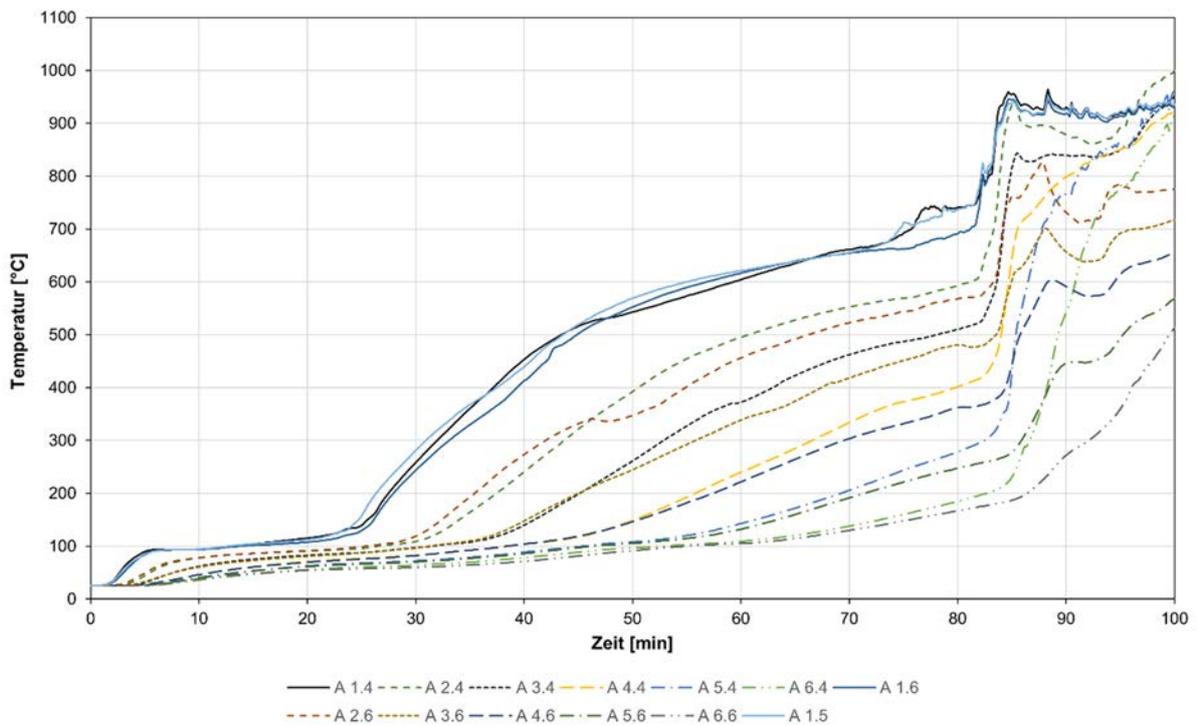
A.15.8.3. Messstellen Wand Ebene 1



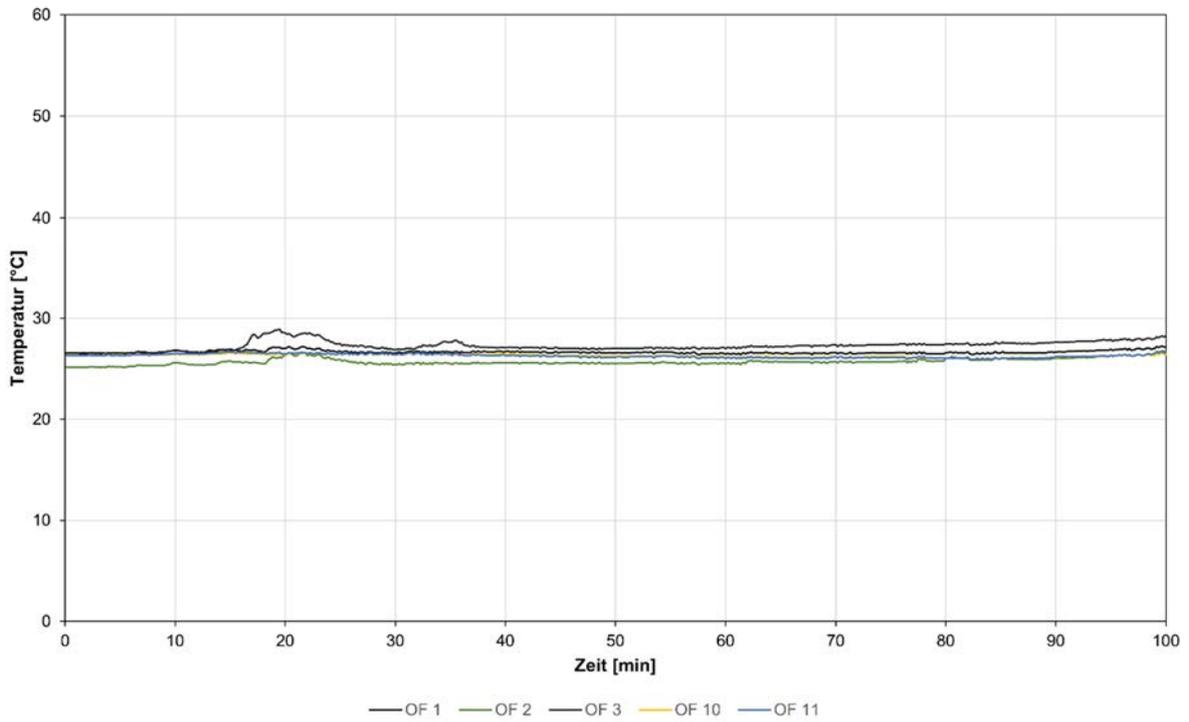
A.15.8.4. Messstellen Wand Ebene 2 (Fuge BSP-Elemente)



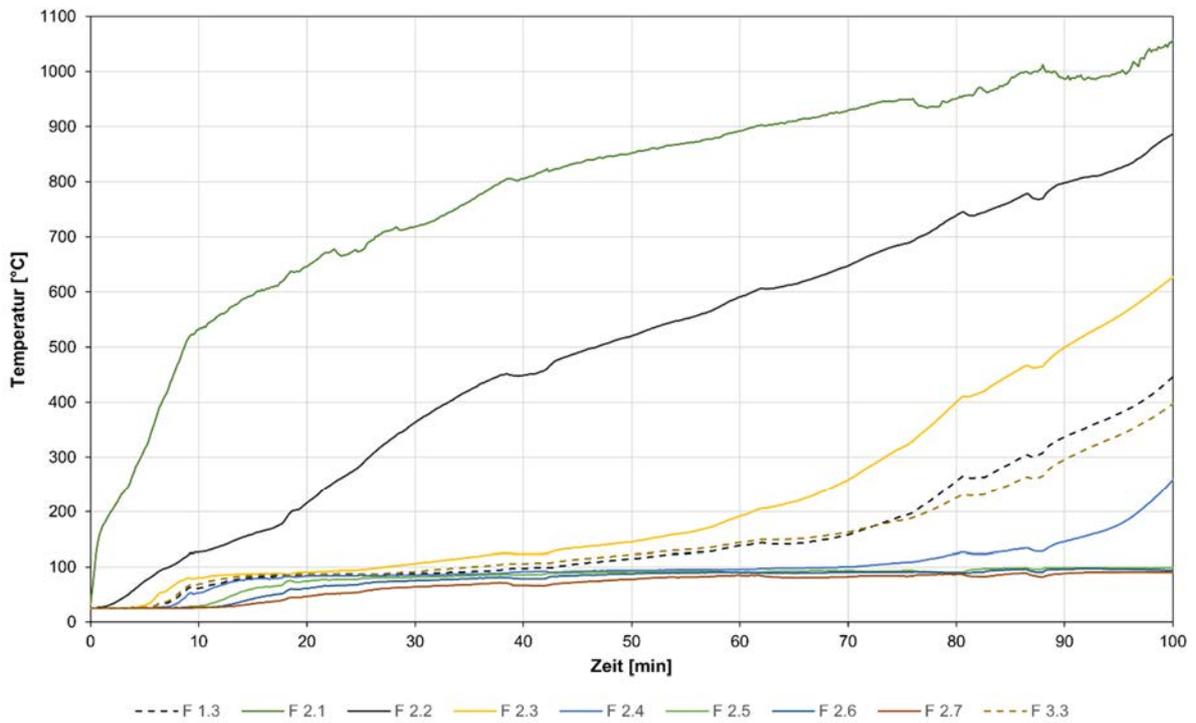
A.15.8.5. Messstellen im Querschnitt Wand



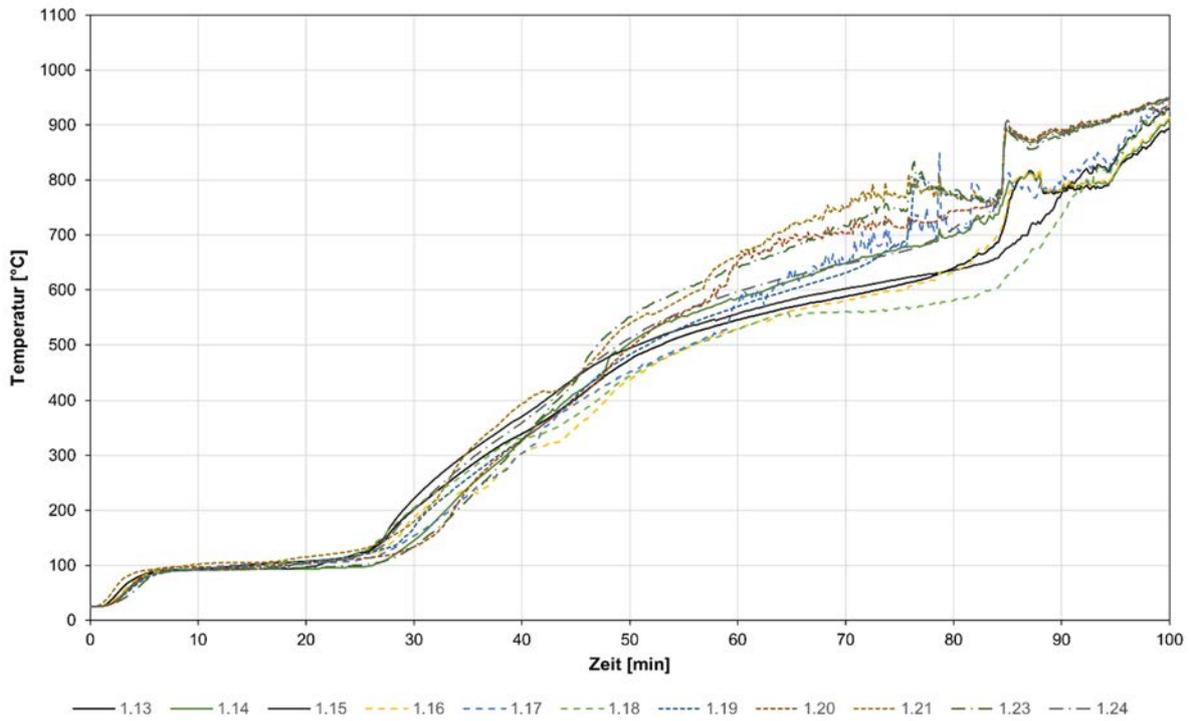
A.15.8.6. Messstellen Oberflächenthermoelemente Wand



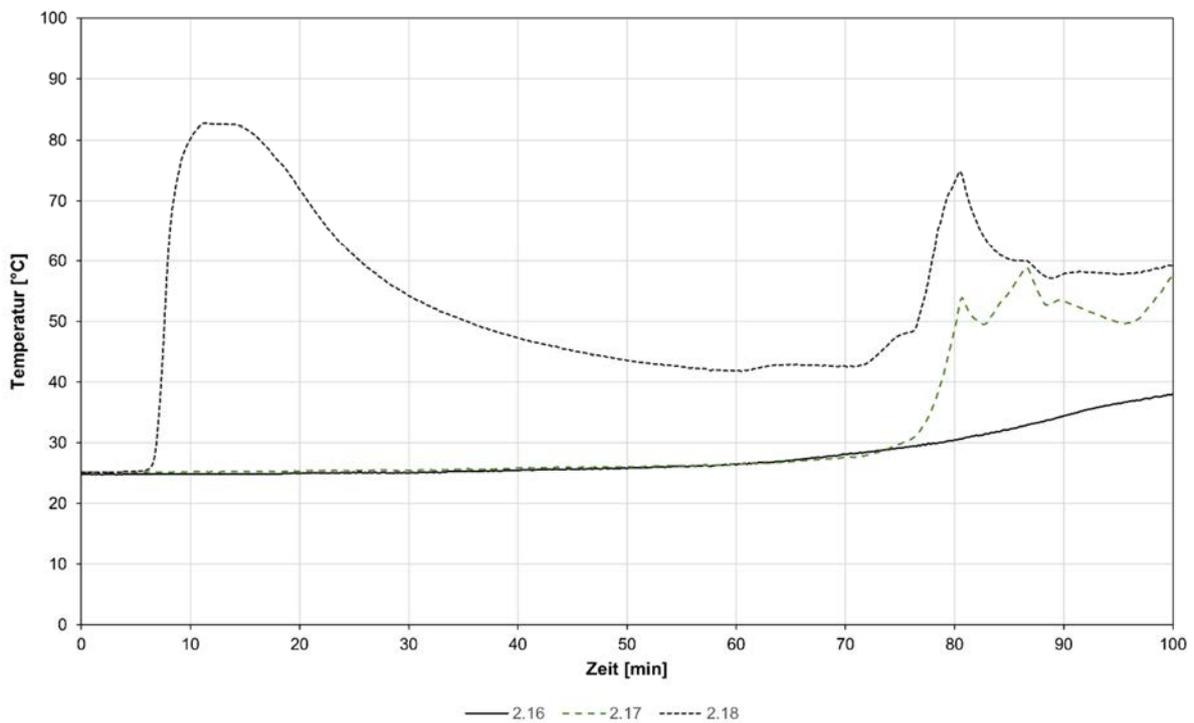
A.15.8.7. Messstellen Fuge Wand – Decke



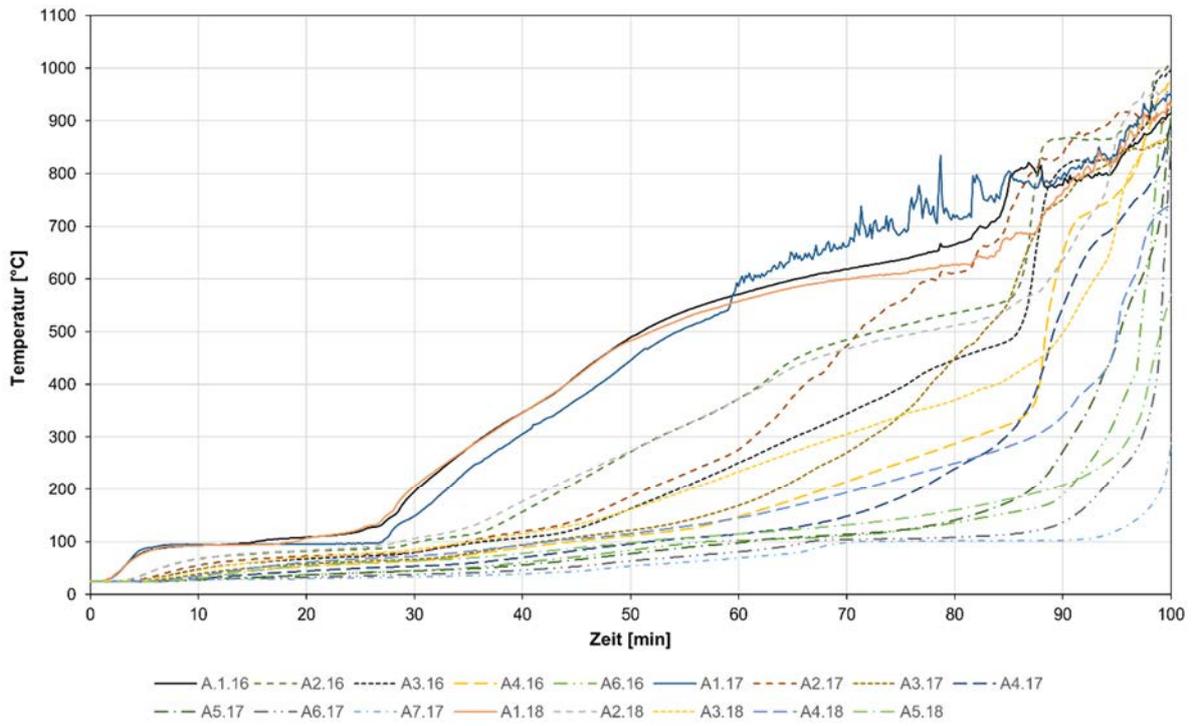
A.15.8.8. Messstellen Decke Ebene 1



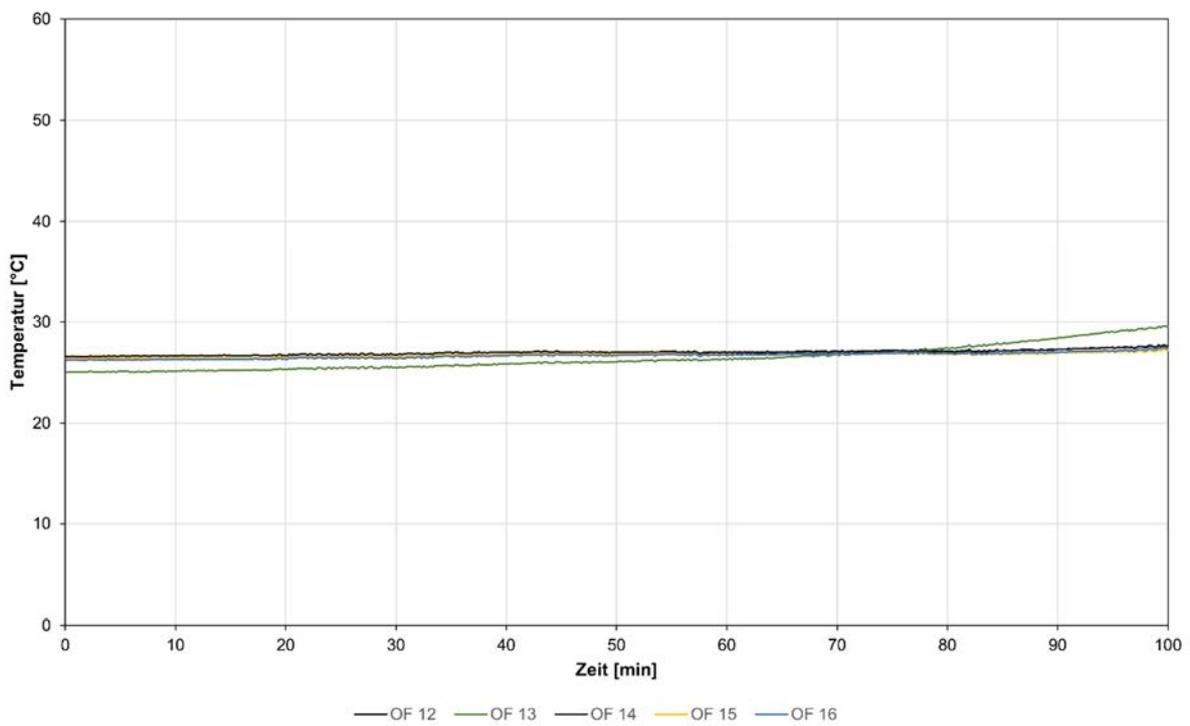
A.15.8.9. Messstellen Decke Ebene 2 (Fuge BSP-Elemente)



A.15.8.10. Messstellen im Querschnitt Decke



A.15.8.11. Messstellen Oberflächenthermoelemente Decke



A.15.9 Zusammenstellung der Messwerte t_{270} und t_{300}

Tabelle A.15.9-1: t_{CH} Ebene 1

Wand: Messstellen 1-12			Decke: Messstellen 13-24		
Messstelle	t (>270 °C)*	t (>300 °C)**	Messstelle	t (>270 °C)*	t (>300 °C)**
1.1	30:40	32:30	1.13	34:30	36:40
1.2	30:00	31:20	1.14	36:50	38:40
1.3	-	-	1.15	32:50	34:50
1.4	32:10	33:50	1.16	38:20	39:50
1.5	30:20	32:00	1.17	38:20	39:50
1.6	31:30	33:10	1.18	35:00	37:00
1.7	29:50	31:30	1.19	35:50	38:00
1.8	29:30	30:20	1.20	36:30	38:10
1.9	32:40	34:40	1.21	33:40	34:50
1.10	34:00	35:40	1.22	(36:50)	(38:40)
1.11	33:20	34:00	1.23	37:30	38:50
1.12	31:40	33:10	1.24	34:00	35:50

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.15.9-2: t_{CH} BSP-Element (Wand)

Messstelle	t (>300 °C)*	Messstelle	t (>300 °C)*	Messstelle	t (>300 °C)*
A1.4	32:00	A5.4	82:30	A3.6	55:50
A2.4	43:50	A6.4	86:40	A4.6	69:40
A3.4	53:00	A1.6	31:50	A5.6	86:00
A4.4	66:40	A2.6	42:50	A6.6	92:10

* erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.15.9-3: t_{CH} BSP-Element (Decke)

Messstelle	t (>300 °C)*	Messstelle	t (>300 °C)*	Messstelle	t (>300 °C)*
A1.16	36:30	A2.17	61:30	A2.18	52:50
A2.16	52:40	A3.17	72:20	A3.18	69:10
A3.16	66:20	A4.17	84:50	A4.18	87:20
A4.16	81:50	A5.17	90:50	A5.18	96:10
A5.16	-	A6.17	97:30	A6.18	
A6.16	94:10	A7.17	01:40:10		-
A1.17	39:40	A1.18	36:40		

* erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.15.9-4: t_F

Messminute	Ereignis	Messstelle	Temperatur
84:00	Abfallen GKF-Platte Decke vorne rechts	MW 1.20, 1.21	760,93°C
		MW 1.23, 1.24	771,62°C
85:05	Abfallen GKF-Platte Wand links unten	1.3	898,63°C
		1.4	936,41°C
88:26	Teilweise Abfallen GKF-Platte Wand rechts unten	MW 1.8, 1.11	875,21°C
		MW 1.9, 1.12	872,89°C
92:46	GKF-Platte Decke nahezu vollständig abgefallen, hängt an Messtechnik	MW 1.13, 1.14, 1.16, 1.17	798,81°C
		MW 1.19, 1.20, 1.22, 1.23	876,12°C
		MW 1.15, 1.18, 1.21, 1.24	847,10°C

A.16 Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Abbrandverhalten von Holzwerkstoffplatten – MDF

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-08-17_02 - Teil 8 PK1 und PK2
Gegenstand	Brandversuch im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 zur Untersuchung des Durchwärmungsverhaltens von Holzwerkstoffplatten – Prüfkörper PK 1 und PK 2 - MDF
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	17.08.2021
Datum Bericht	31.08.2021
Anzahl Seiten des Berichts	16

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.16.1 Allgemeines

An der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH wurden Brandversuche zum Durchwärmungsverhalten unterschiedlicher Holzwerkstoffplatten (HWP) und zum Vergleich des Verhaltens verschiedener Schichtaufbauten unter ETK-Einwirkung durchgeführt.

Die Versuche umfassen insgesamt vier Brandprüfungen mit acht Prüfkörpern im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 [1]. Die Prüfkörper der Versuche unterscheiden sich in der Dicke der einzelnen HWP und in der Materialität. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung der Prüfkörper mit MDF-Platten.

Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2].

Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

A.16.2 Geprüfte Konstruktion

Die Prüfkörper (PK) 1 und 2 haben eine Außenabmessung von $B \times H = 500 \times 500$ mm. PK 2 besteht aus zwei zusammengesraubten 19 mm dicken MDF-Platten ($\rho > 650 \text{ kg/m}^3$), die wiederum auf einer 19 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) auf der feuerabgewandten Seite des PK befestigt sind. PK 1 besteht aus einer 38 mm dicken MDF-Platte ($\rho > 650 \text{ kg/m}^3$), die ebenfalls auf einer 19 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) befestigt ist. Die Platten wurden im Abstand von 10 cm umlaufend verschraubt.

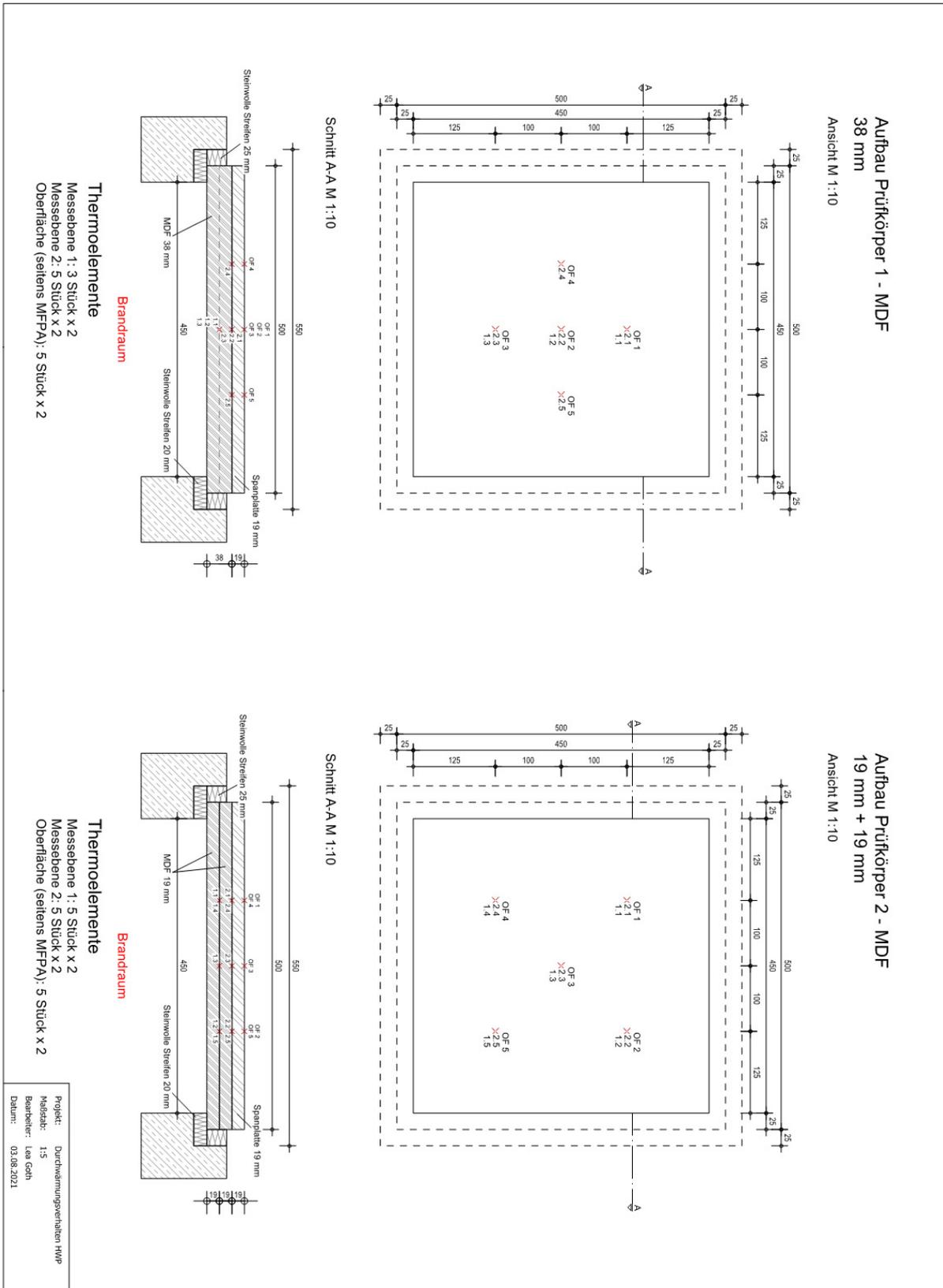
In die Prüfkörper wurden in verschiedenen Lagen Thermoelemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen. In der 38 mm dicken Platte wurde ein Thermoelement mittig in der Platte angeordnet. Hierfür wurde die Platte zweiteilig mit Stufenfalz gefertigt und nach dem Einbau des Thermoelementes verklebt (vgl. Abbildung A.16.7-1).

A.16.3 Prüfanordnung und -durchführung

Die geprüften Konstruktionen wurden in der Fertigungshalle der Fa. Gump & Maier in Binswangen hergestellt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens ein. Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß EN 1363-1[2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 2 Platten-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2] sowie 2 Mantel-Thermoelemente gemäß DIN 4102-2 [3] im Abstand von 100 mm vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Weiterhin wurde auf der brandraumseitigen Oberfläche jedes Prüfkörpers ein Mantelthermoelement nach DIN 4102-2 [3] installiert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1, Abschnitt 4.5.2 [2] mit einem Doschmessgerät in Höhe des oberen Probekörperandes.

Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

A.16.4 Konstruktionszeichnung



A.16.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.16.5-1: Aufbau PK 1

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	MDF roh E1 der Fa. EGGER DoP:614	38	773,91	7,2	1.1 – 1.3 2.1 – 2.5
2	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	OF 1 – OF 5

Tabelle A.16.5-2: Aufbau PK 2

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	MDF roh E1 der Fa. EGGER DoP:614	19	702,45	7,15	1.1 – 1.5
2	MDF roh E1 der Fa. EGGER DoP:614	19	702,45	7,15	2.1 – 2.5
3	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	OF 1 – OF 5

A.16.6 Versuchsbeobachtung

- Start des Versuchs: 17.08.2021; 10:20 Uhr
- Mantel-Thermoelement im Brandraum an der Oberfläche von PK 1 steht in den Ofen hinein und liegt nicht direkt vor Oberfläche PK

Tabelle A.16.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung

Zeit [min:ss]	Beobachtungen
0:00	Start der Prüfung um 10:20 Uhr, Zündung des Brenners
2:30	Oberflächen beide PK brennen
	Rauchentwicklung PK 1 oben
	PK 2 v.a. bei Austritt M PK 2 (zusätzlich. Mantelthermoelement)
5:00	Stärkere Flammenbildung PK 1, fast keine Flammenbildung Oberfläche PK 2
15:00	Nahezu keine Flammenbildung beide PK (bis Minute 18)
23:00	Wieder stärkere Flammenbildung Oberflächen beide PK
27:00	Großer Teil der 1. Platte an PK 2 fällt in kleinen Stücken ab
43:00	Platte 1 an PK 2 vollständig abgefallen; Teile der 2. Platte fallen ab
53:00	Weitere Teile der 2. Platte fallen
50:00	Starker Temperaturanstieg in Ebene 2 PK 1
55:00	Starker Rauchaustritt PK 2 oben; bereits braune Verfärbung Oberfläche feuerabgewandte Seite im Bereich OF 4
58:00	Ende Versuch, Abschalten des Brenners
	Durchbrand PK 2 rechts unten (Bereich OF 4)
	Keine Abplatzungen bzw. Teile abgefallen PK 1

A.16.7 Fotodokumentation



Abbildung A.16.7-1: PK 1 Einbau TE in Mess-ebene 1

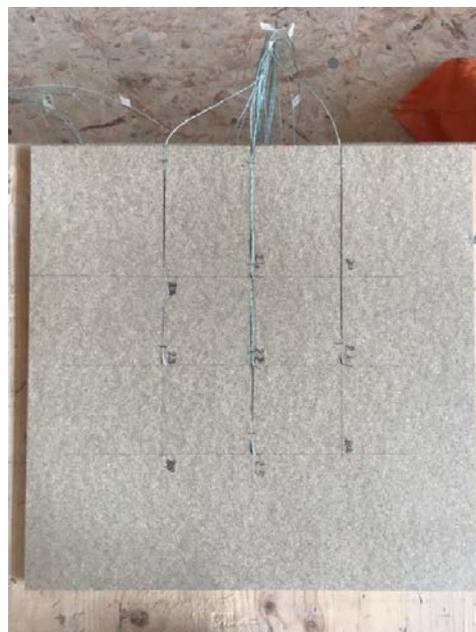


Abbildung A.16.7-2: PK 1 Einbau TE in Mess-ebene 2



Abbildung A.16.7-3: PK 1 nach Einbau TE



Abbildung A.16.7-4: PK 2 Einbau TE in Mess-ebene 1



Abbildung A.16.7-5: PK 2 Einbau TE in Mess-ebene 2



Abbildung A.16.7-6: PK 2 nach Einbau TE



Abbildung A.16.7-7: Aluklebeband um den Rand der PK

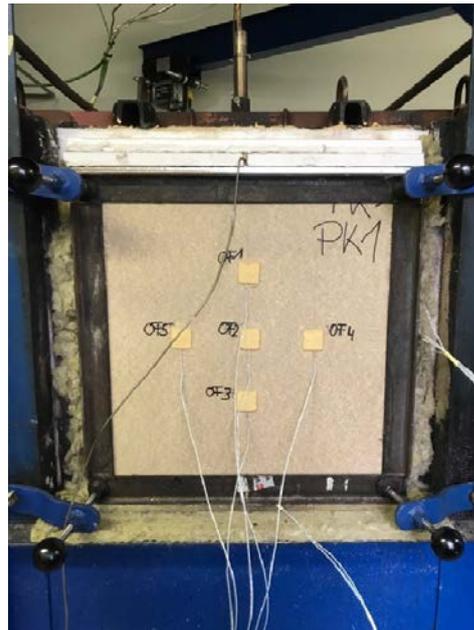


Abbildung A.16.7-8: PK 1 nach Einbau in den Brandofen



Abbildung A.16.7-9: Zusätzliches Mantelthermoelement zur Messung der Ofentemperatur direkt am PK



Abbildung A.16.7-10: PK 2 nach Einbau in den Brandofen



Abbildung A.16.7-11: Prüfminute 2:30, Oberflächen beide PK brennen mit



Abbildung A.16.7-12: Prüfminute 5, stärkere Flammenbildung auf der Oberfläche PK 1 (bis Minute 12)



Abbildung A.16.7-13: Prüfminute 27, Teile fallen ab bei der 1. Platte PK 2



Abbildung A.16.7-14: Prüfminute 45, Teile der 2. Platte PK 1 fallen; kein Abfallen von Teilen PK 1 bisher

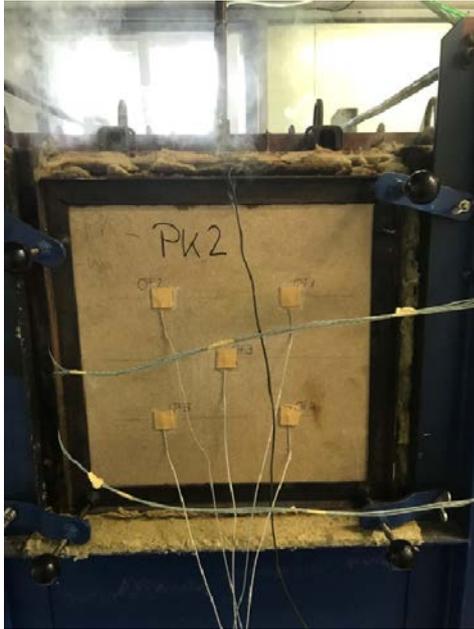


Abbildung A.16.7-15: Prüfminute 55, starker Rauchaustritt PK 2 oben; bereits Braunfärbung der Oberfläche feuerabgewandte Seite im Bereich OF 4



Abbildung A.16.7-16: Prüfminute 58, Durchbrand an PK 2



Abbildung 17: PK 2 nach Ausbau aus dem Ofen



Abbildung 18: PK 1 im Ofen nach Ausbau PK 2



Abbildung 19: PK 1 nach dem Ablöschen



Abbildung 20: PK 1 Horizontalschnitt nach Versuchsende



Abbildung 21: PK 2 nach dem Ablöschen



Abbildung 22: PK 2 Horizontalschnitt nach Versuchsende



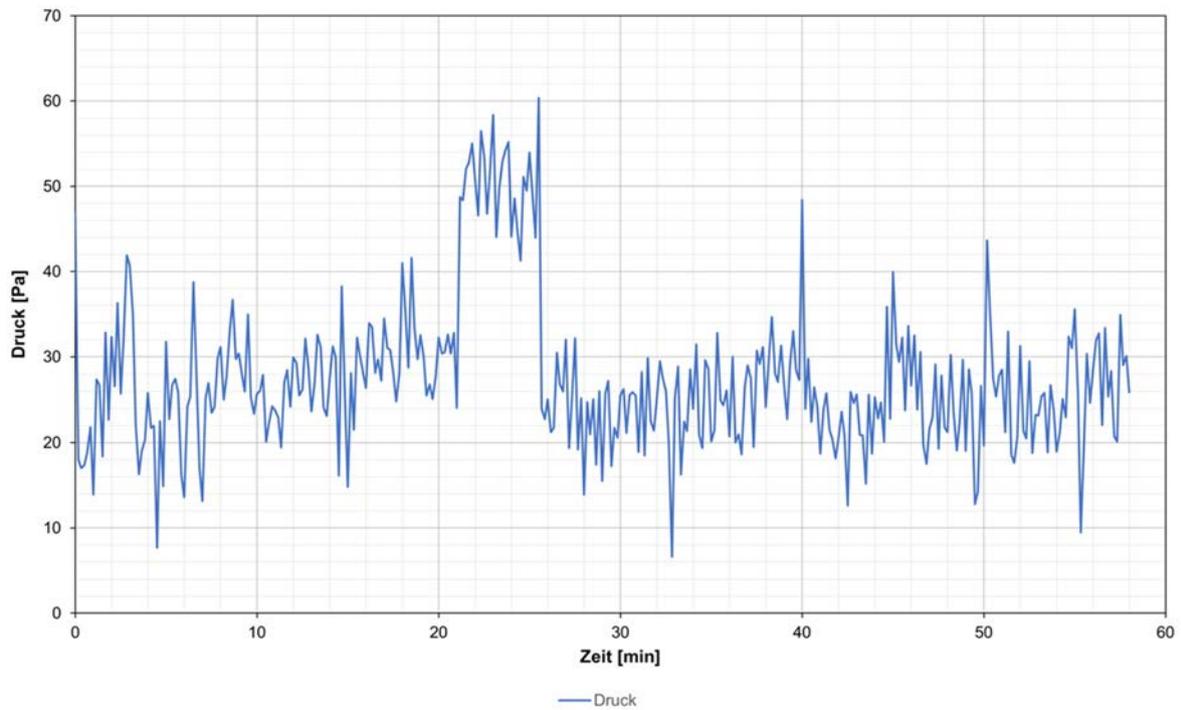
Abbildung 23: PK 2 nach Entfernen der Reste der 1. Platte



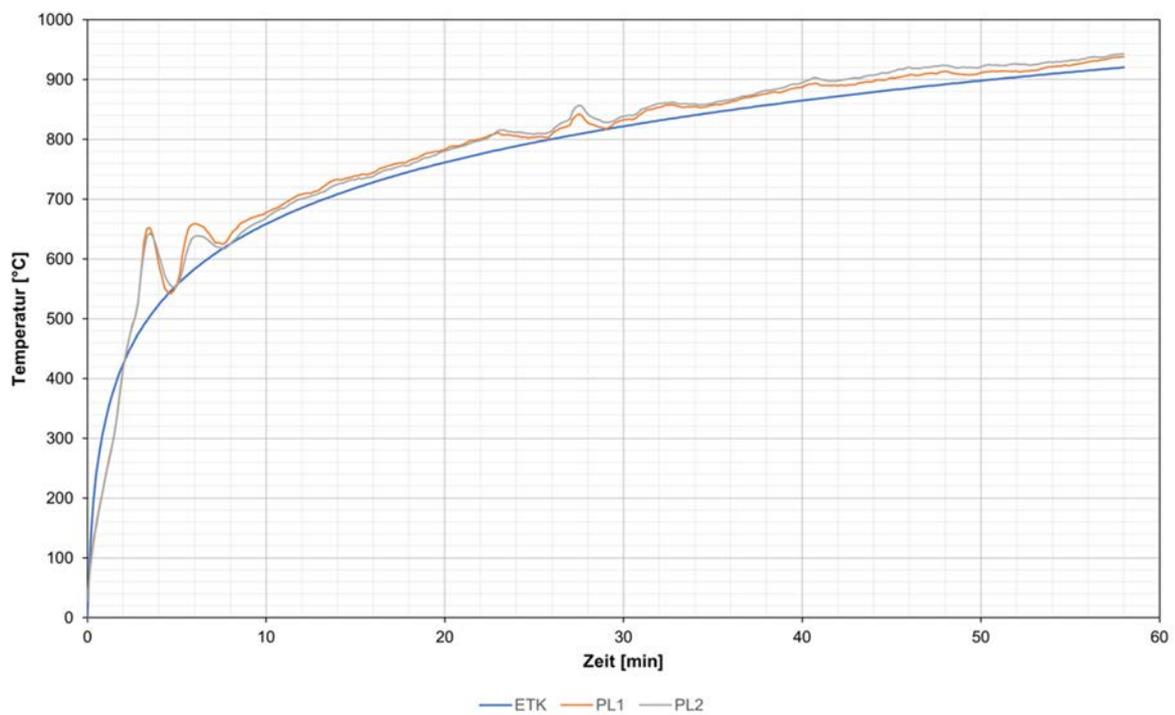
Abbildung 24: PK 2 Stelle des Durchbrands nach Versuchsende und Ablöschen PK

A.16.8 Darstellung der Messwerte

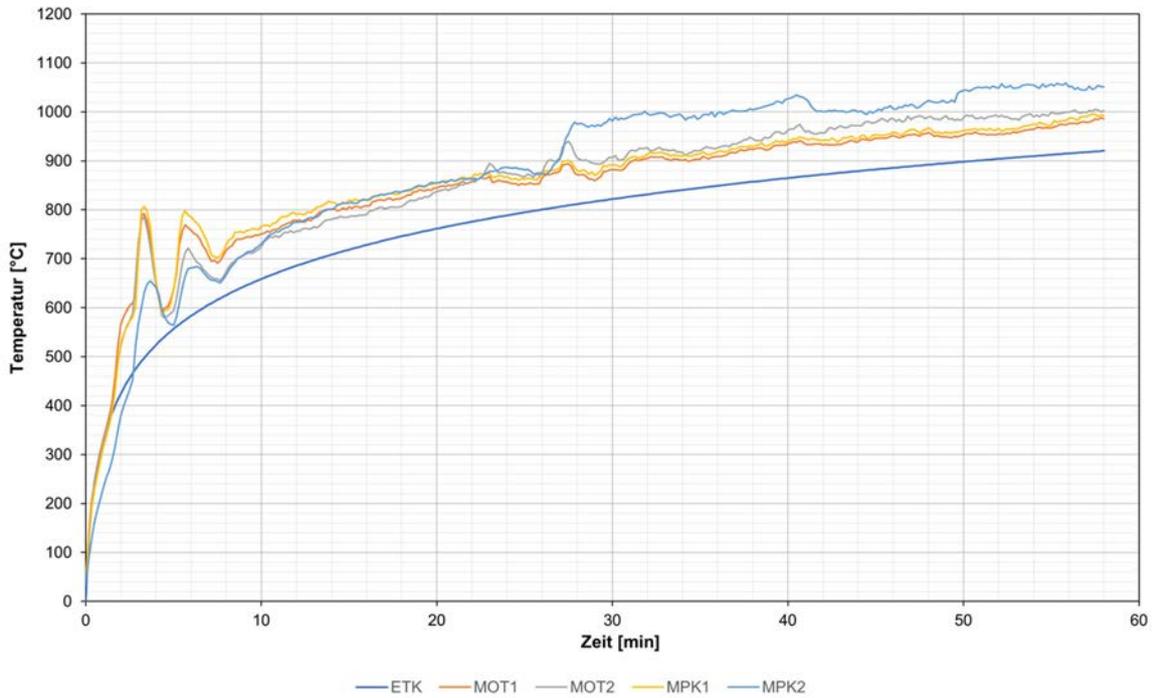
A.16.8.1. Messstellen in Ofen: Ofendruck



A.16.8.2. Messstellen im Ofen: Ofentemperatur OT

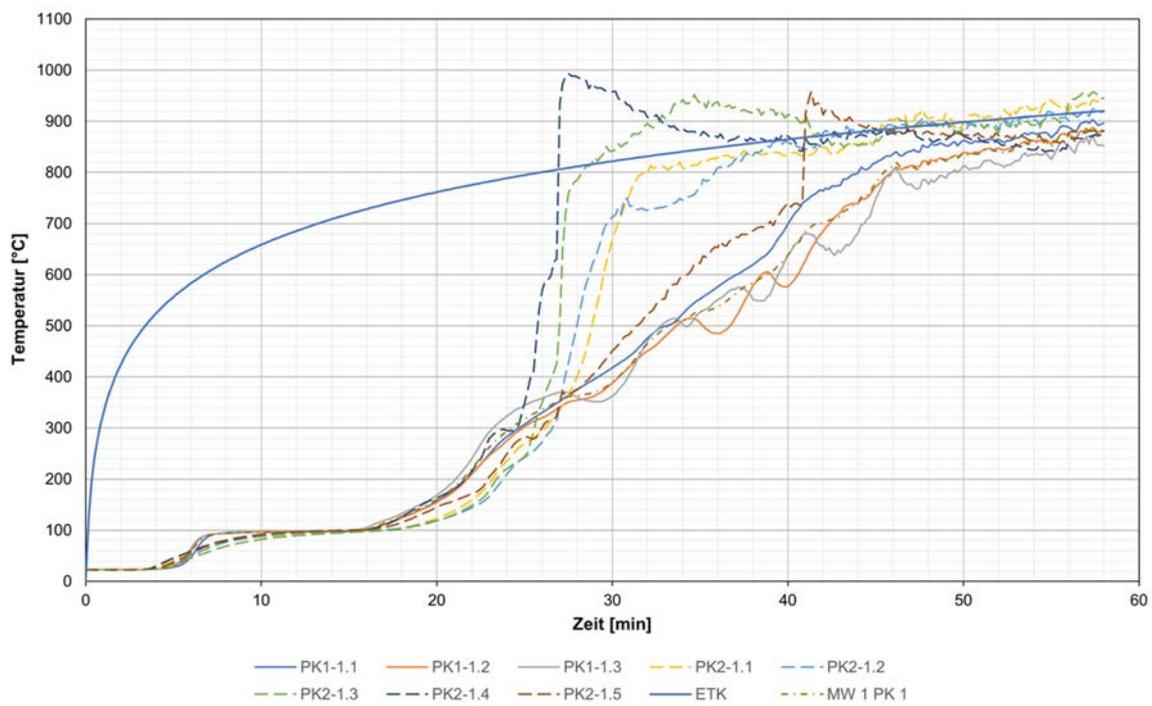


A.16.8.3. Messstellen im Ofen: Ofentemperatur MT

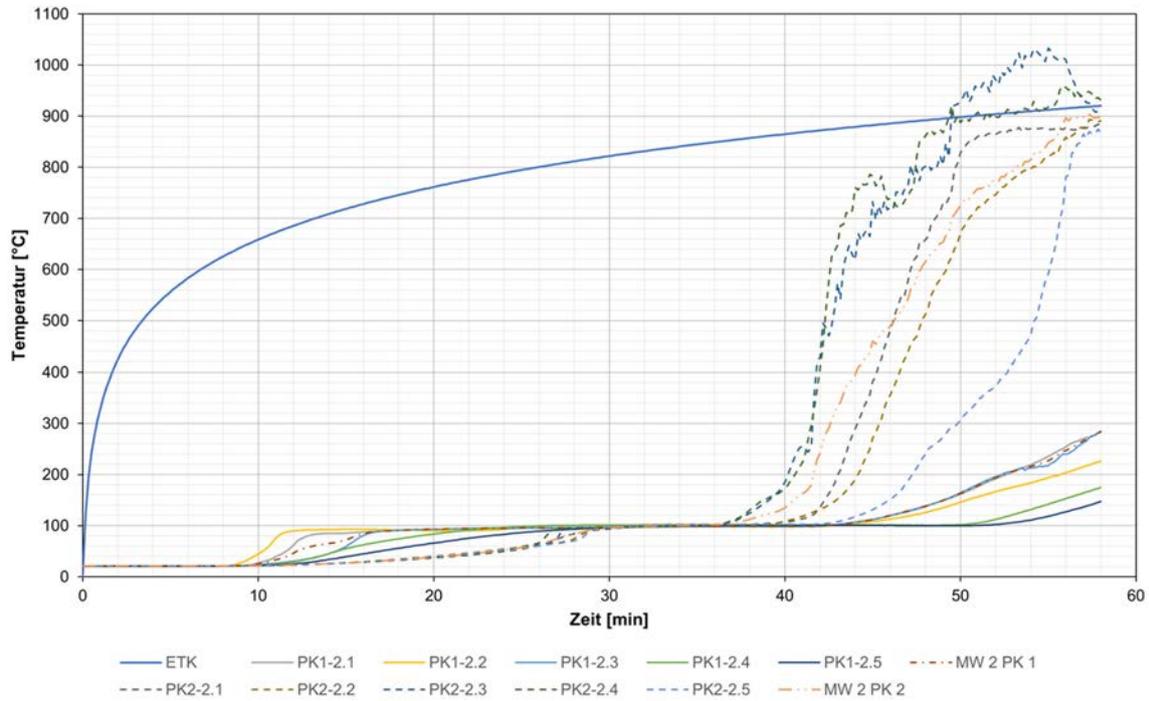


MOT = Mantelthermoelement an Plate X
 MPK = Mantelthermoelement an der Oberfläche des Prüfkörpers X

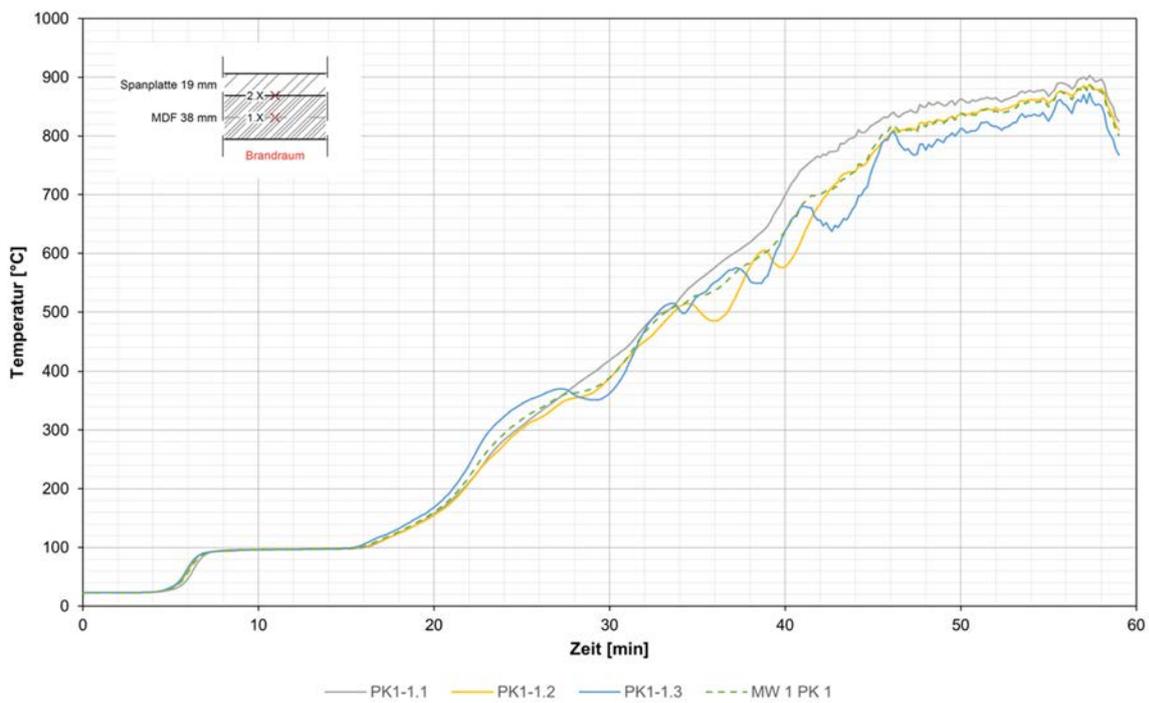
A.16.8.4. Vergleich Temperaturverläufe Ebene 1 von PK 1 und 2



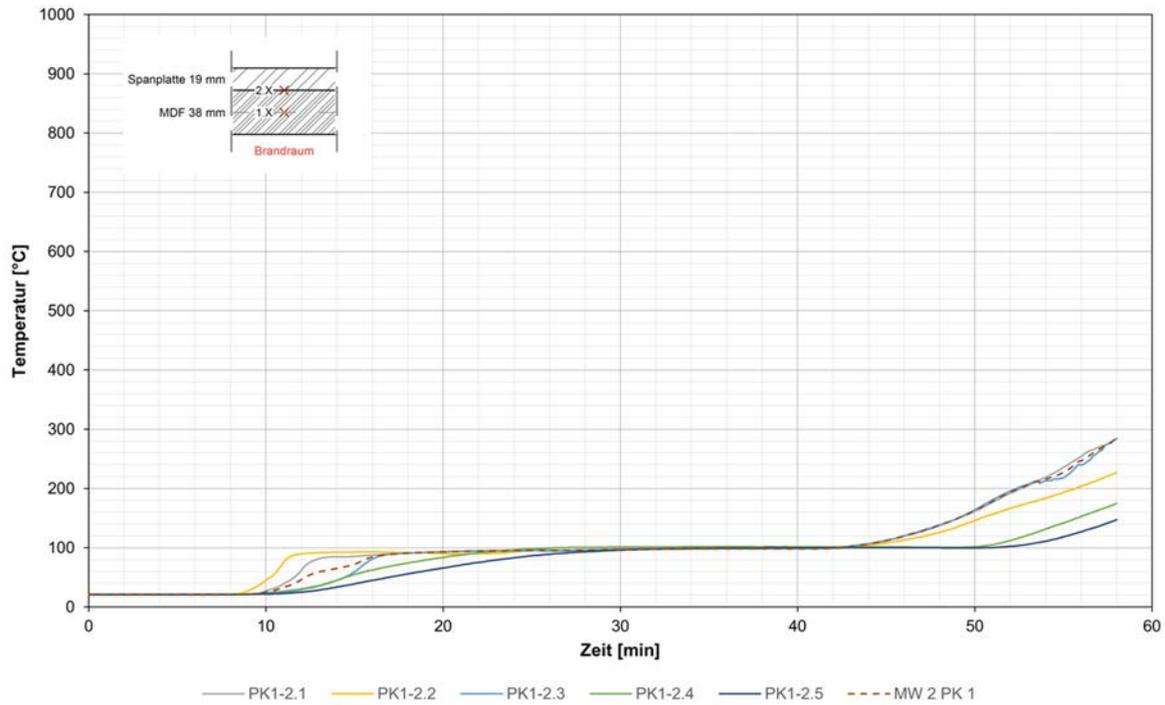
A.16.8.5. Vergleich Temperaturverläufe Ebene 2 von PK 1 und 2



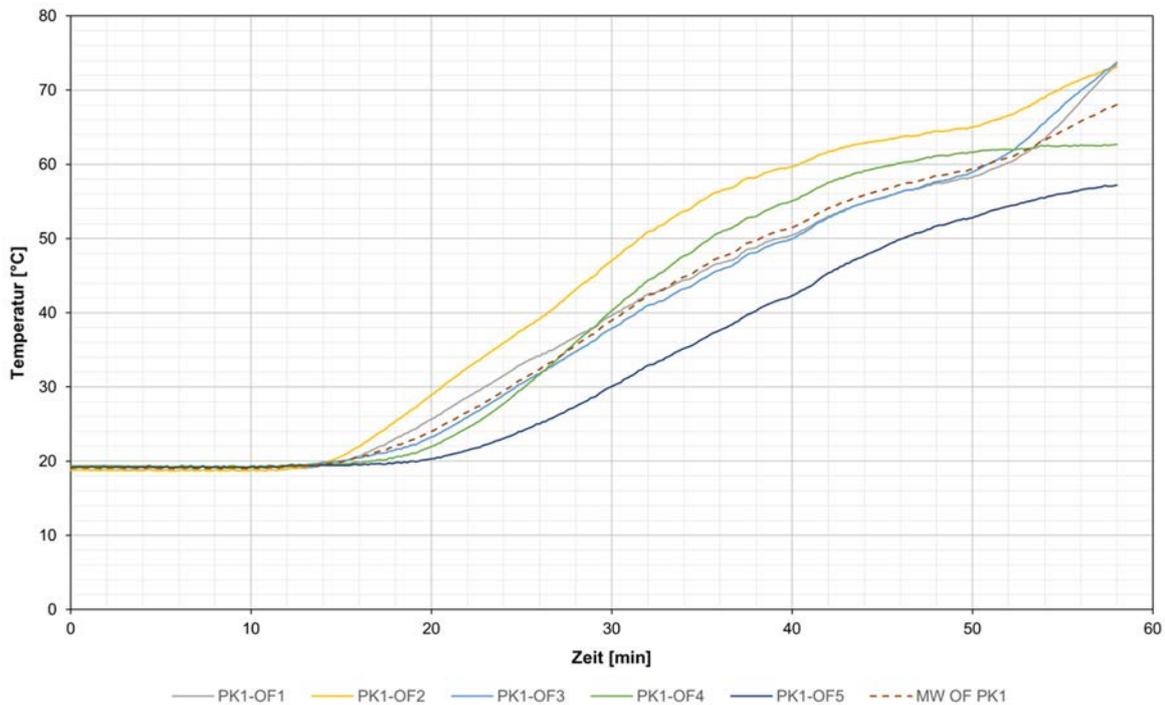
A.16.8.6. Messstellen PK 1 Ebene 1



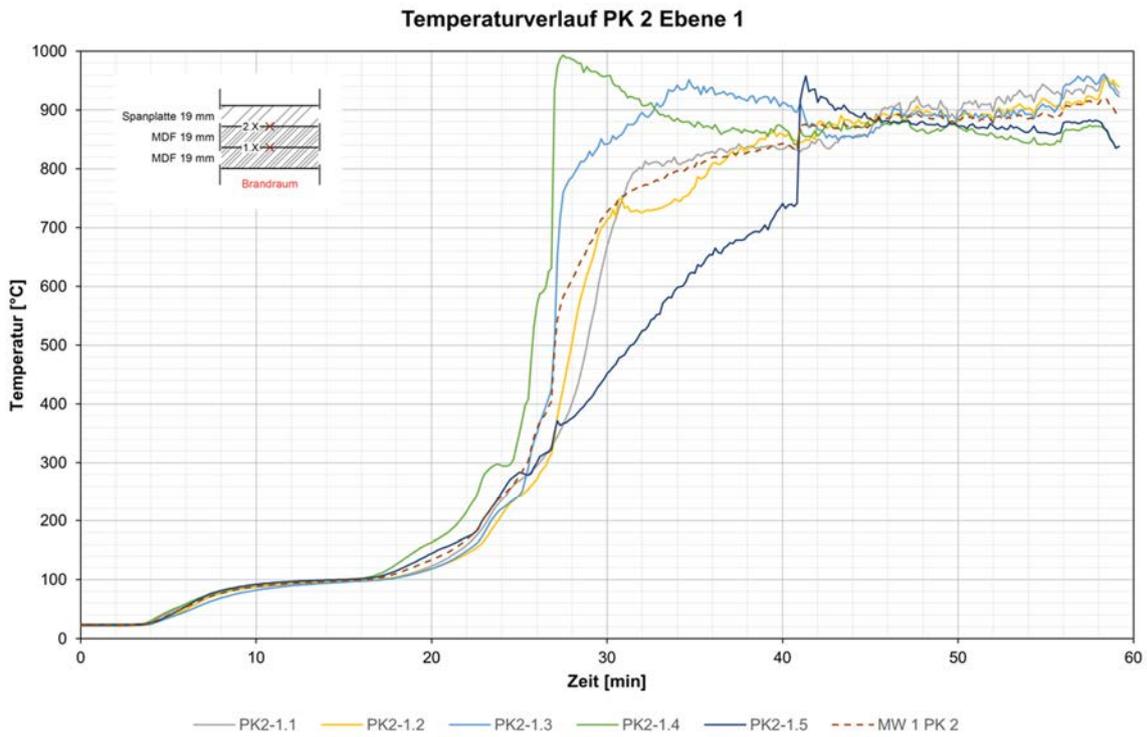
A.16.8.7. Messstellen PK 1 Ebene 2



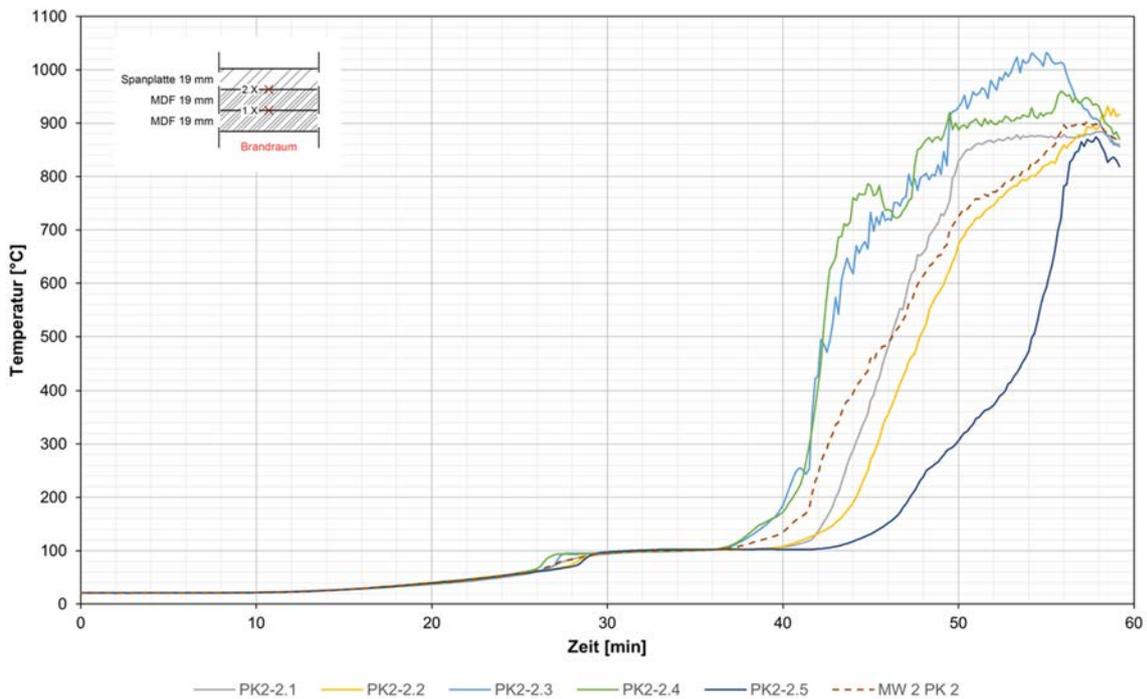
A.16.8.8. Messstellen PK 1 Oberfläche feuerabgewandt



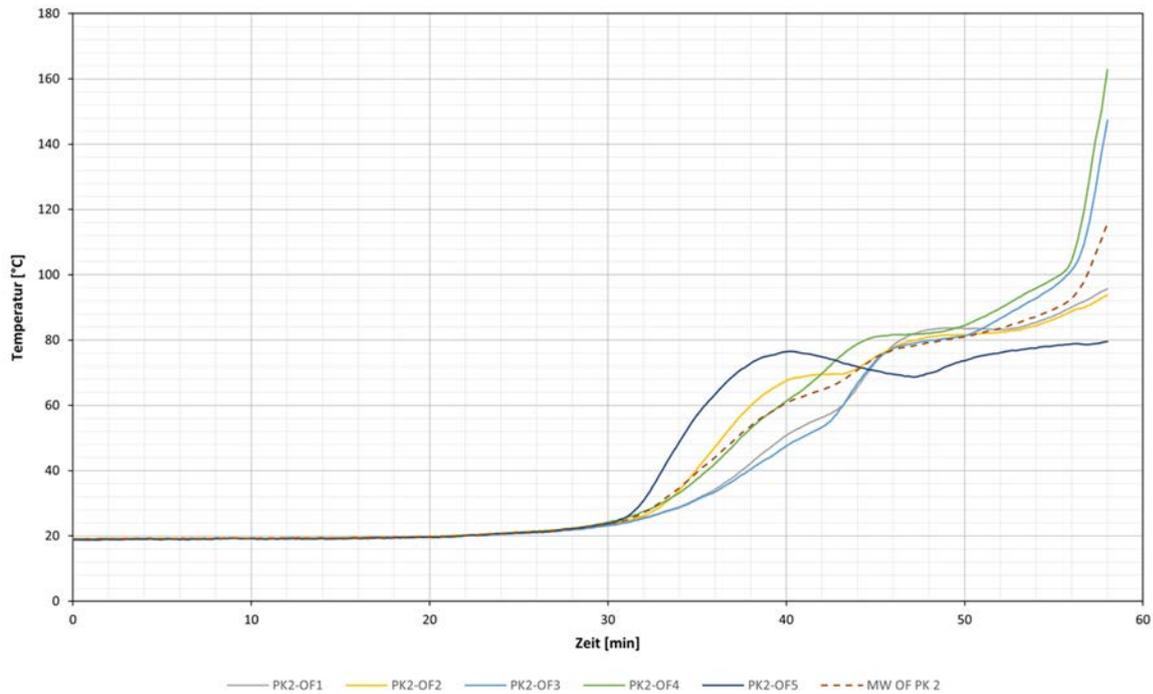
A.16.8.9. Messstellen PK 2 Ebene 1



A.16.8.10. Messstellen PK 2 Ebene 2



A.16.8.11. Messstellen PK 2 Oberfläche feuerabgewandt



A.16.9 Zusammenstellung der Messwerte t_{270} und t_{300}

Tabelle A.16.9-1: Ebene 1

PK 1: Messstellen 1- 3			PK 2: Messstellen 1 - 5		
Messstelle	$t(>270\text{ °C})^*$	$t(>300\text{ °C})^{**}$	Messstelle	$t(>270\text{ °C})^*$	$t(>300\text{ °C})^{**}$
1.1	23:40	24:50	1.1	25:20	26:10
1.2	23:50	25:00	1.2	26:00	26:40
1.3	22:40	23:20	1.3	25:20	25:40
-	-	-	1.4	23:00	24:40
-	-	-	1.5	24:30	26:00

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.16.9-2: Ebene 2

PK 1: Messstellen 1- 5			PK 2: Messstellen 1 - 5		
Messstelle	$t(>270\text{ °C})^*$	$t(>300\text{ °C})^{**}$	Messstelle	$t(>270\text{ °C})^*$	$t(>300\text{ °C})^{**}$
2.1	57:10	58:30	2.1	43:50	44:10
2.2	-	-	2.2	45:00	45:30
2.3	57:20	60:00	2.3	41:40	41:40
2.4	-	-	2.4	41:30	41:40
2.5	-	-	2.5	49:00	50:00

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Die Messwerte in Ebene 2 des PK 1 stellen sich bis auf die 270 °C an den Messstellen 2.1 und 2.2 erst nach Ende des Versuchs (=Abschalten des Brenners) ein. Die Messstellen 2.4 und 2.5 in PK 1 erreichen bis zum Ausbau des PK nicht die Grenze von 270 °C bzw. 300 °C. Die Messstelle 2.2 erreicht bis zum Ausbau des PK nicht die Grenze von 300 °C.

An der Messstelle 2.3 in PK 2 wird direkt eine Temperatur von über 300 °C erreicht, eine Temperatur von 270 °C wird in dem 10 s Intervall nicht gemessen.

A.17 Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Abbrandverhalten von Holzwerkstoffplatten – Spanplatte

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-08-17_03 - Teil 8 (PK3 und PK4)
Gegenstand	Brandversuch im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 zur Untersuchung des Durchwärmungsverhaltens von Holzwerkstoffplatten – Prüfkörper PK 3 bis PK 4 - Spanplatte
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	17.08.2021
Datum Bericht	31.08.2021
Anzahl Seiten des Berichts	16

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.17.1 Allgemeines

An der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH wurden Brandversuche zum Durchwärmungsverhalten unterschiedlicher Holzwerkstoffplatten (HWP) und zum Vergleich des Verhaltens verschiedener Schichtaufbauten unter ETK-Einwirkung durchgeführt.

Die Versuche umfassen insgesamt vier Brandprüfungen mit acht Prüfkörpern im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 [1]. Die Prüfkörper der Versuche unterscheiden sich in der Dicke der einzelnen HWP und somit der Materialität. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung der Prüfkörper mit Spanplatten. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

A.17.2 Geprüfte Konstruktion

Die Prüfkörper 3 und 4 haben eine Außenabmessung von $B \times H = 500 \times 500$ mm. PK 4 besteht aus zwei zusammengeschraubten 19 mm dicken Spanplatten ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$), die wiederum auf einer 19 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) auf der feuerabgewandten Seite des PK befestigt sind. PK 3 besteht aus einer 38 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$), die ebenfalls auf einer 19 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) befestigt ist. Die Platten wurden umlaufend im Abstand von 10 cm verschraubt.

Die genauen Baustoffeigenschaften sind dem Anhang zu entnehmen. In die Prüfkörper wurden in verschiedenen Lagen Thermolemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen.

A.17.3 Prüfanordnung und -durchführung

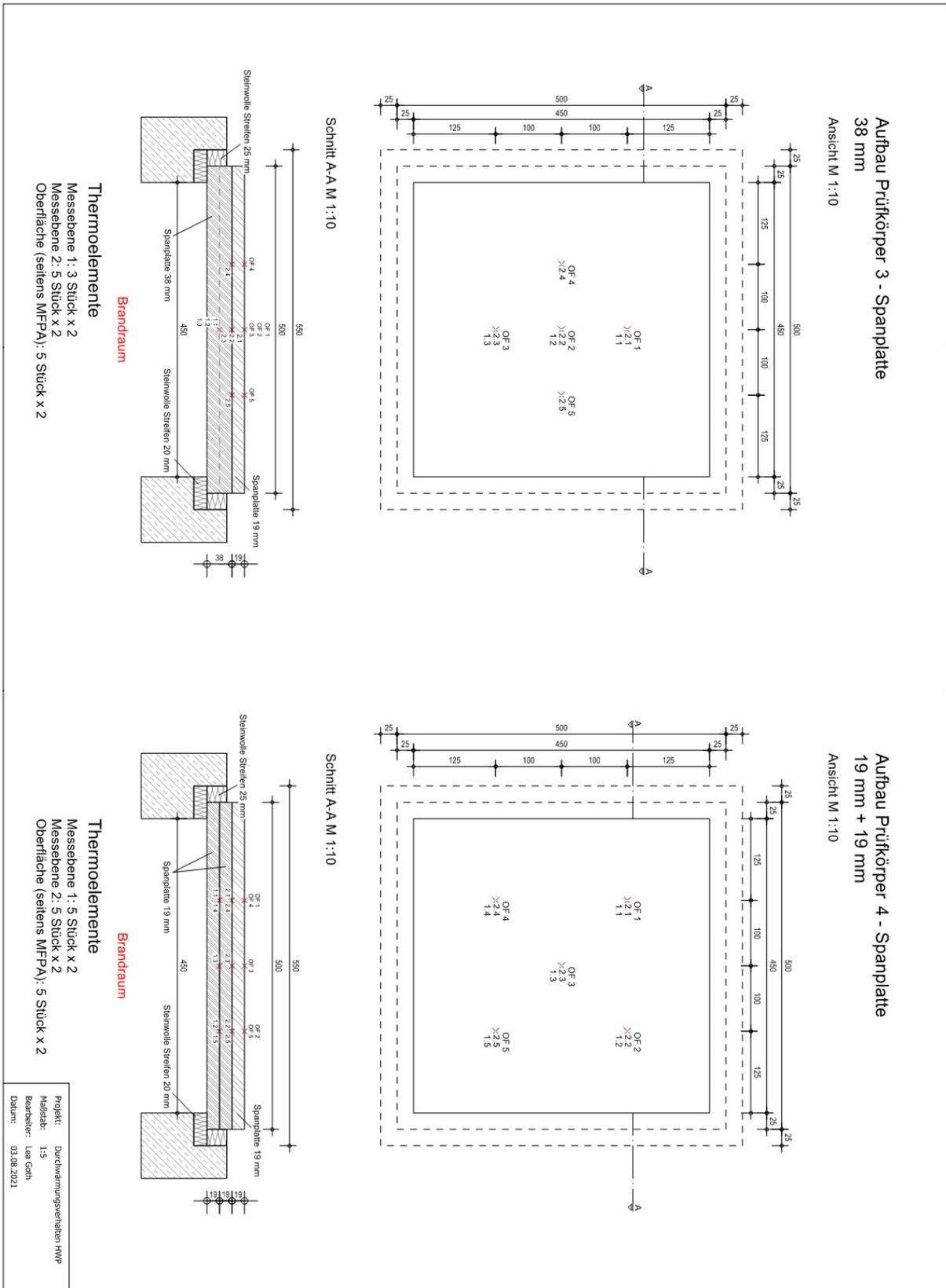
Die geprüften Konstruktionen wurden in der Fertigungshalle der Fa. Gump & Maier in Binswangen erstellt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens ein. Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 2 Platten-Thermolemente gemäß DIN EN 1363-1 [2] sowie 2 Mantel-Thermolemente gemäß DIN 4102-2 [3] im Abstand von 100 mm vom Prüfkörper installiert. Sie dienen der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Weiterhin wurde auf der brandraumseitigen Oberfläche jedes Prüfkörpers ein Mantelthermolement nach DIN 4102-2 [3] installiert. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert.

Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermolemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert.

Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in Höhe des oberen Probekörperandes.

Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

A.17.4 Konstruktionszeichnungen



A.17.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.17.5-1: Aufbau PK 3

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	38	619,27	9,03	1.1 – 1.3 2.1 – 2.5
2	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	OF 1 – OF 5

Tabelle A.17.5-2: Aufbau PK 4

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	1.1 – 1.5
1	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	2.1 – 2.5
3	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	OF 1 – OF 5

A.17.6 Versuchsbeobachtung

- Start des Versuchs: 17.08.2021; 14:13 Uhr
- Mantel-Thermoelement PK 4 steht in den Ofen rein, liegt nicht direkt vor Oberfläche PK
- Ofen noch nicht ganz abgekühlt von vorheriger Prüfung, Temperatur bei ca. 50 °C

Tabelle A.17.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung

Zeit [min:ss]	Beobachtungen
0:00	Start der Prüfung um 14:13, Zündung des Brenners
3:00	Oberflächen beide PK brennen
4:00	Rauchaustritt oben PK 3
17:00	Stärkere Flammenbildung PK 3
26:00	Stärkere Flammenbildung PK 4
27:00	Beobachtung starker Temperaturanstieg TE 1.5; noch kein Abfallen am PK beobachtbar
29:00	Erste Teile der Spanplatte an PK 4 fallen ab
30:00	Größere Teile Spanplatte 1 fallen ab PK 4
31:00	Spanplatte 1 PK 4 vollständig abgefallen
43:50	Teile der zweiten Platte fallen Beobachtung + TE 2.5 starker Anstieg
51:30	Platte 2 nahezu vollständig abgefallen
58:00	Ende Versuch, Abschalten des Brenners
	Grund: Flammenaustritt PK 4 unten rechts, Flammen brennen nach oben

A.17.7 Fotodokumentation



Abbildung A.17.7-1: PK 3 Einbau TE in Mess-ebene 1

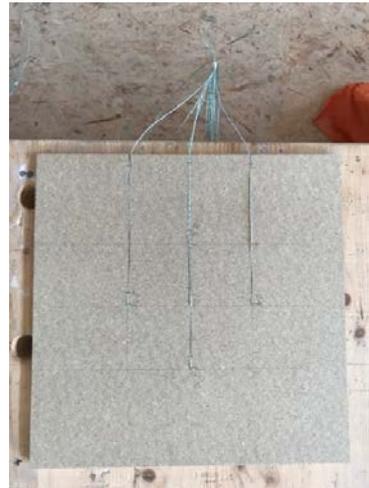


Abbildung A.17.7-2: PK 3 Einbau TE in Mess-ebene 2



Abbildung A.17.7-3: PK 3 nach Einbau TE



Abbildung A.17.7-4: PK 4 Einbau TE in Mess-ebene 1



Abbildung A.17.7-5: PK 4 Einbau TE in Mess-ebene 2



Abbildung A.17.7-6: PK 4 nach Einbau TE



Abbildung A.17.7-7: Aluklebeband um den Rand der PK



Abbildung A.17.7-8: PK 3 nach Einbau in den Ofen



Abbildung A.17.7-9: Zusätzliches Mantelthermoelement zur Messung der Oberflächentemperatur direkt vor den PK

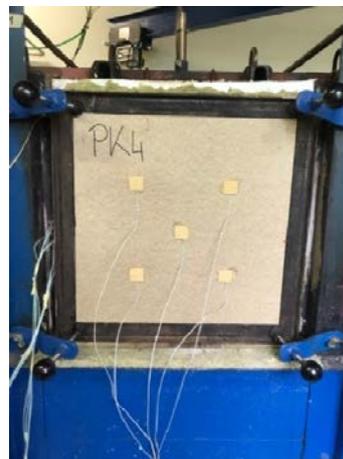


Abbildung A.17.7-10: PK 4 nach Einbau in den Ofen



Abbildung A.17.7-11: Prüfminute 3, Oberflächen beide PK brennen mit



Abbildung A.17.7-12: Prüfminute 4, Rauchaustritt PK 3 am oberen Rand



Abbildung A.17.7-13: Prüfminute 29, PK 4 erste Teile der 1. Platte fallen ab



Abbildung A.17.7-14: Prüfminute 31, weitere große Teile der 1. Platte lösen sich von PK 4



Abbildung A.17.7-15: Prüfminute 32, 1. Platte PK 4 vollständig abgefallen



Abbildung A.17.7-16: Prüfminute 50, große Teil der 2. Platte PK 4 fallen ab

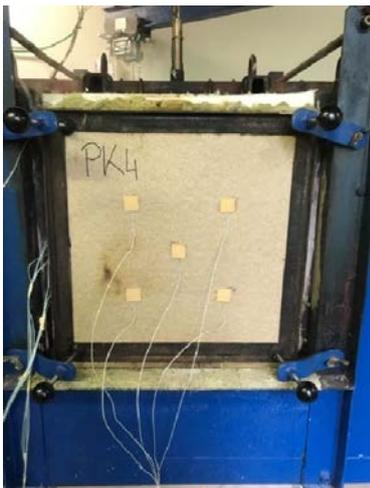


Abbildung A.17.7-17: Prüfminute 55, Braunfärbung der feuerabgewandten Oberfläche PK 4 im Bereich OF 5

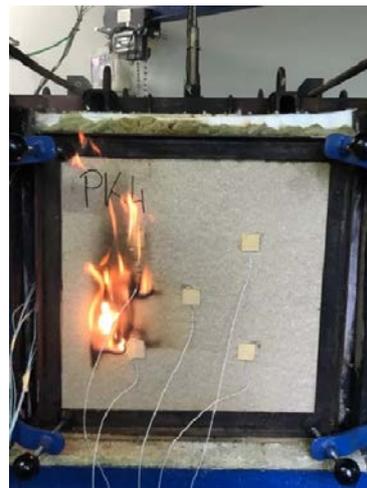


Abbildung A.17.7-18: Prüfminute 58, Durchbrand PK 4 im Bereich OF 5 (links unten)



Abbildung A.17.7-19: PK 4 nach Ausbau aus dem Ofen



Abbildung A.17.7-20: PK 3 im Ofen nach Ausbau PK 4



Abbildung A.17.7-21: PK 3 nach Ausbau aus dem Ofen



Abbildung A.17.7-22: PK 3 nach dem Ablösen



Abbildung A.17.7-23: PK 3 Horizontalschnitt nach Versuchsende



Abbildung A.17.7-24: PK 4 nach dem Ablösen



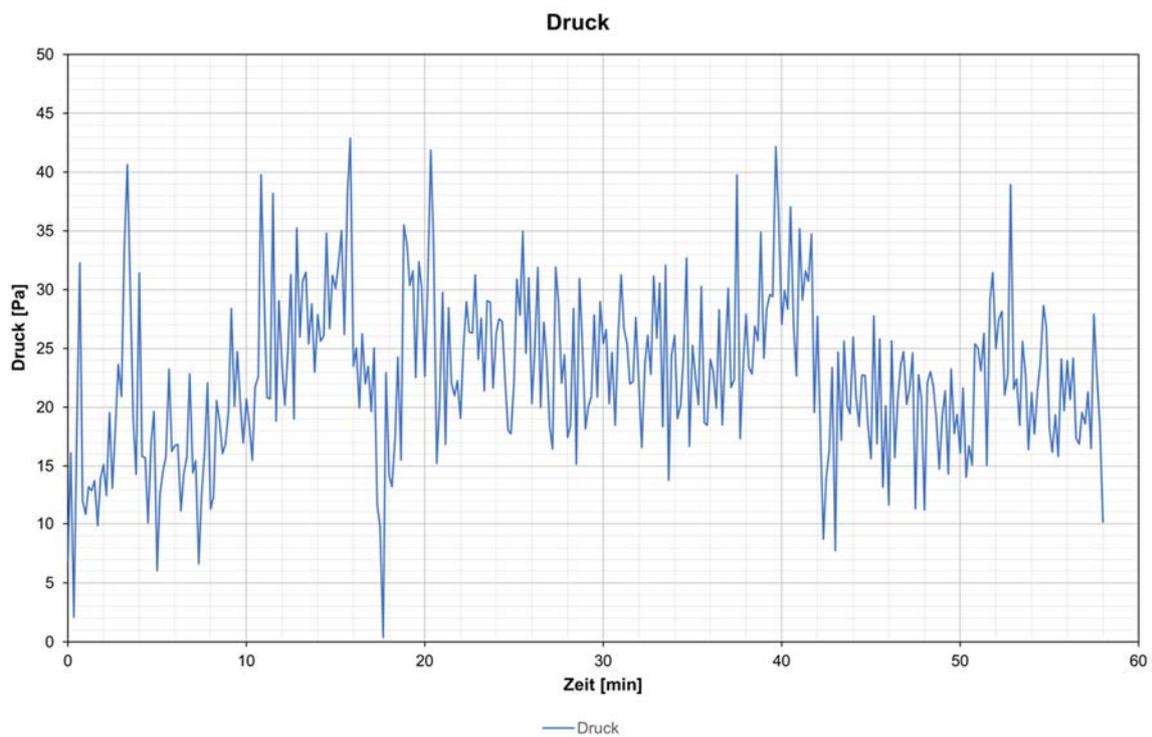
Abbildung A.17.7-25: PK 4 Horizontalschnitt nach Versuchsende



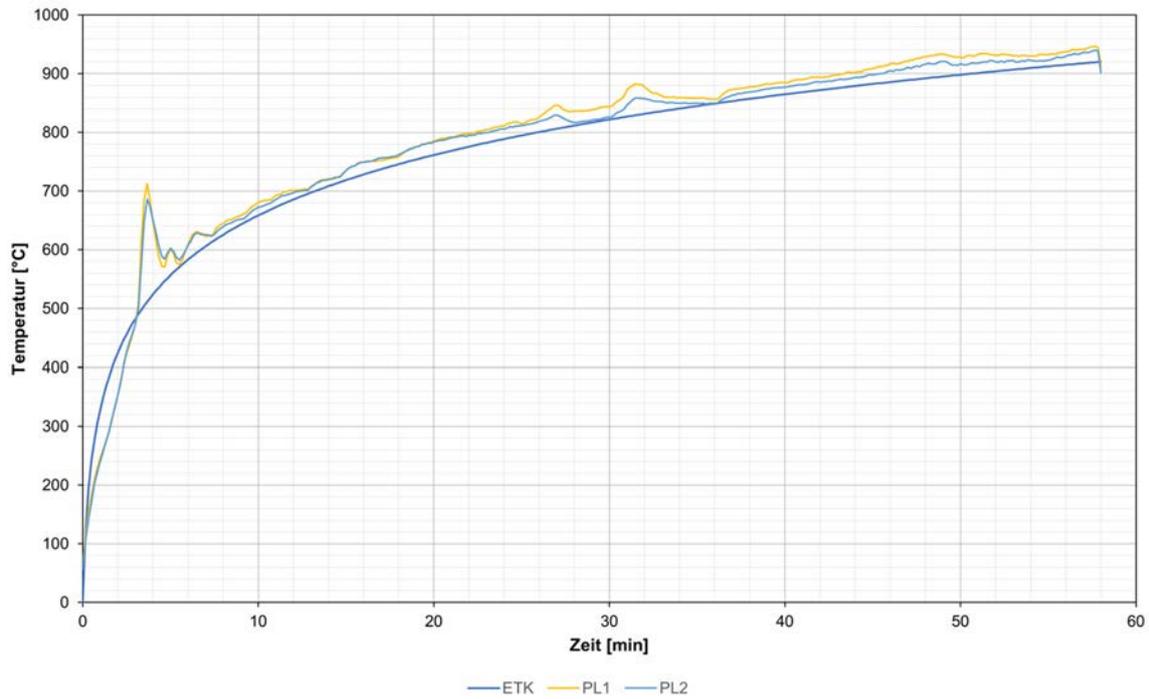
Abbildung A.17.7-26: PK 4 feuerabgewandte Oberfläche des PK nach Versuchsende und Ablöschen

A.17.8 Darstellung der Messwerte

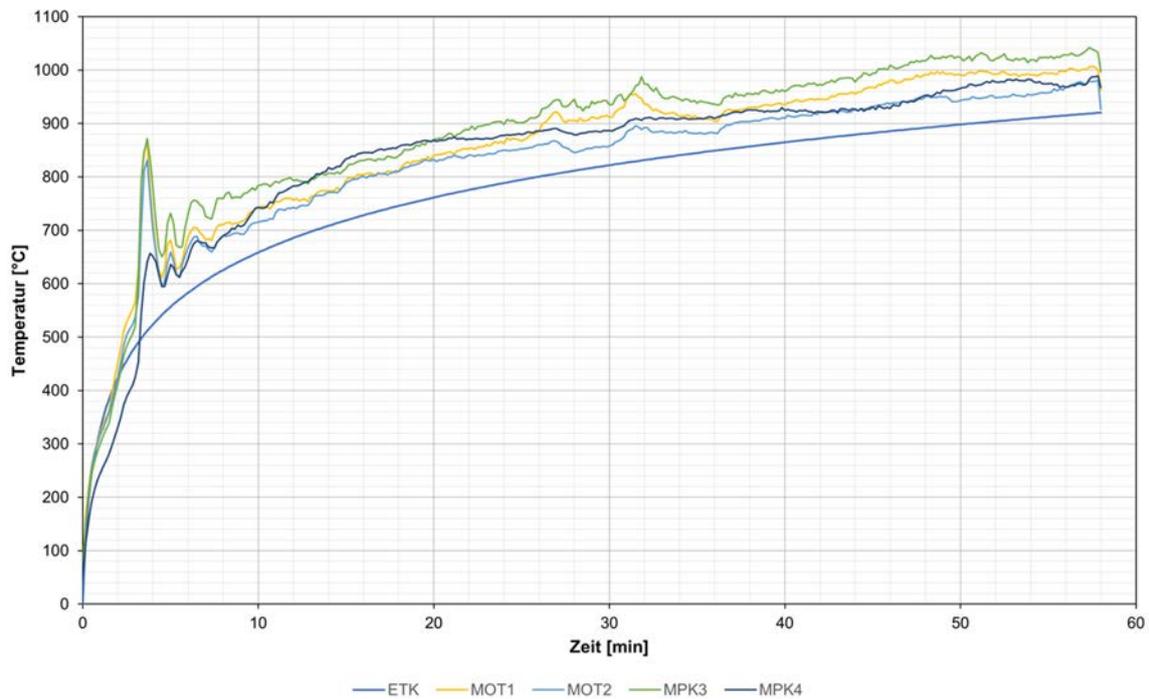
A.17.8.1. Messstellen im Ofen: Ofendruck



A.17.8.2. Messstellen im Ofen: Ofentemperatur OT

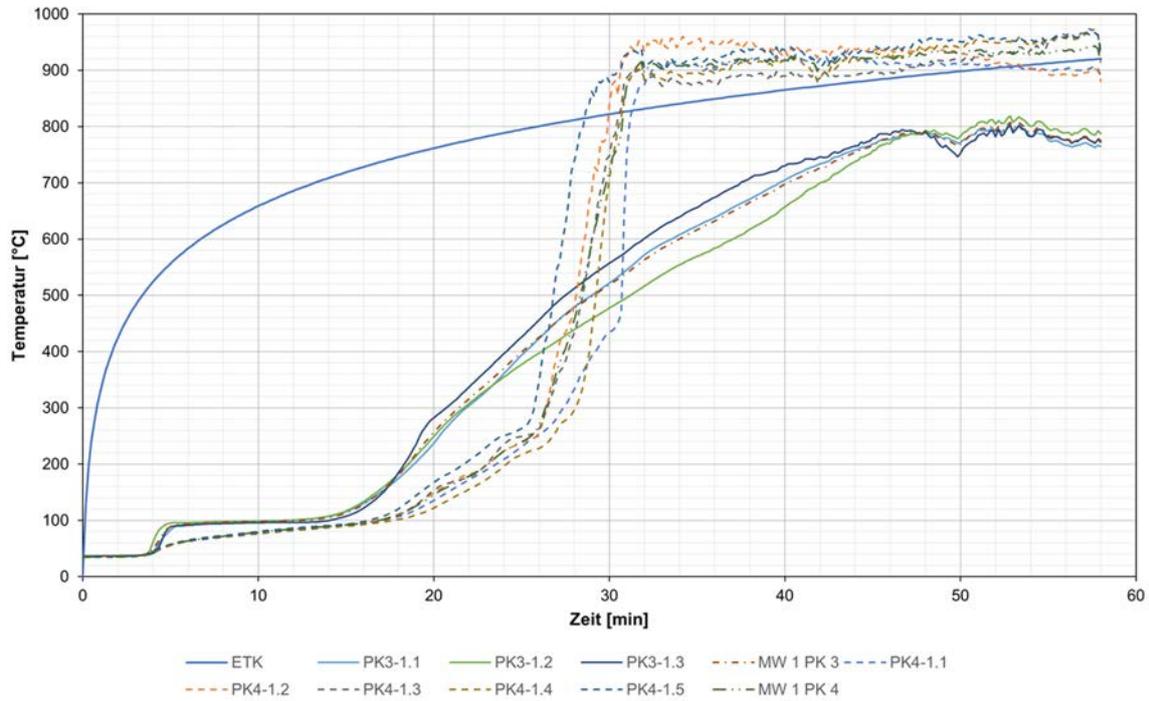


A.17.8.3. Messstellen im Ofen: Ofentemperatur MT

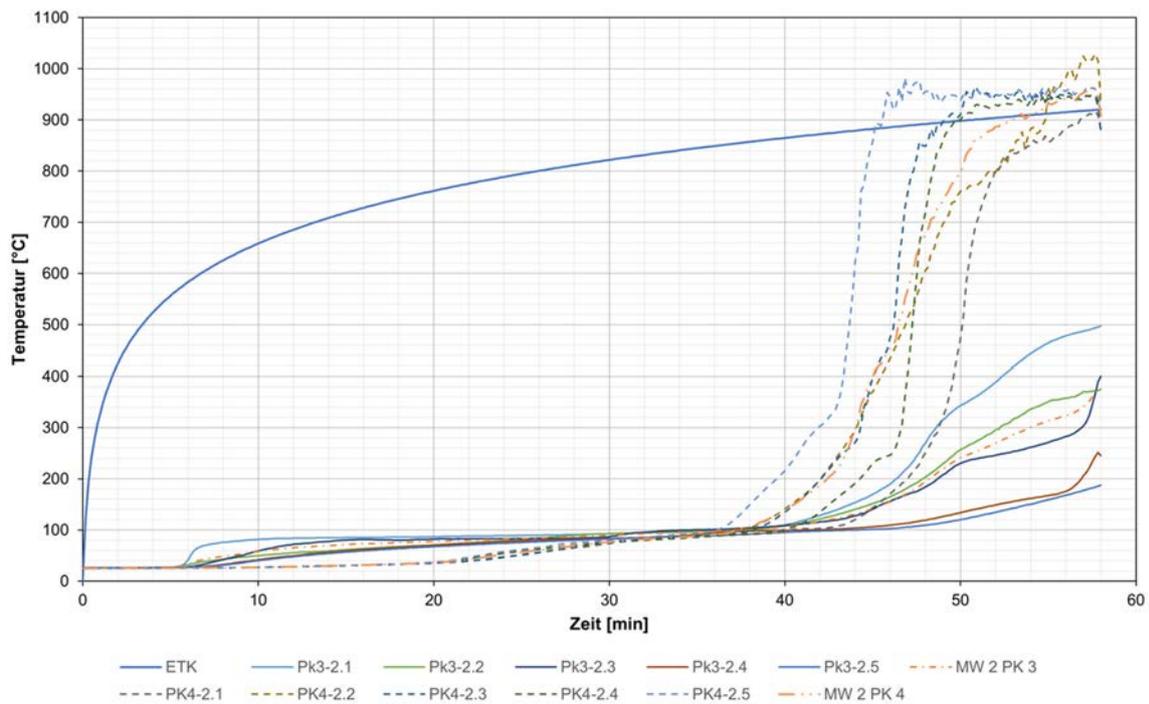


MOT = Mantelthermoelement an Plate X
MPK = Mantelthermoelement an der Oberfläche des Prüfkörpers X

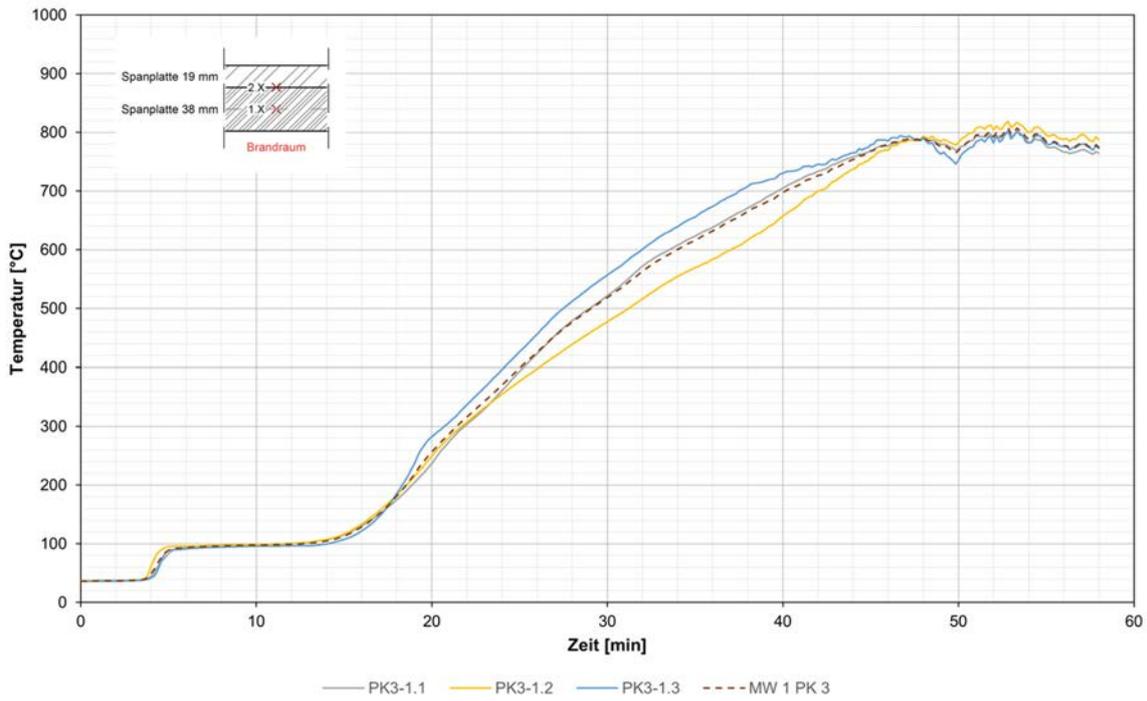
A.17.8.4. Vergleich Messstellen Ebene 1 PK 3 und PK 4



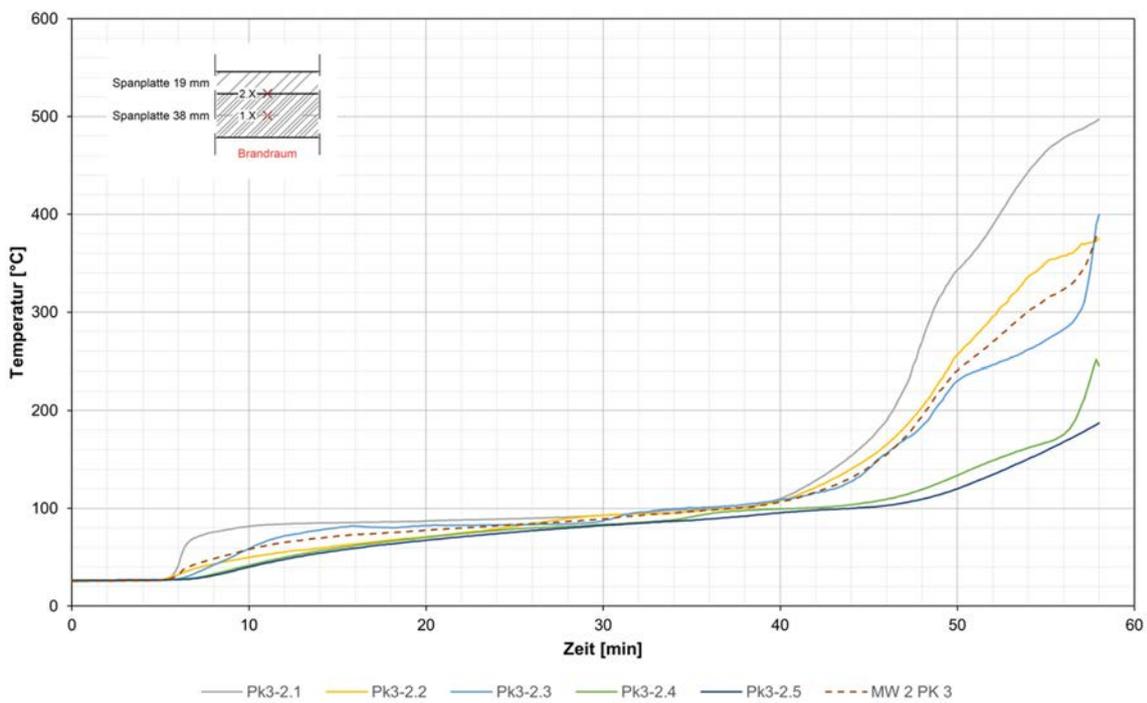
A.17.8.5. Vergleich Messstellen Ebene 2 PK 3 und PK 4



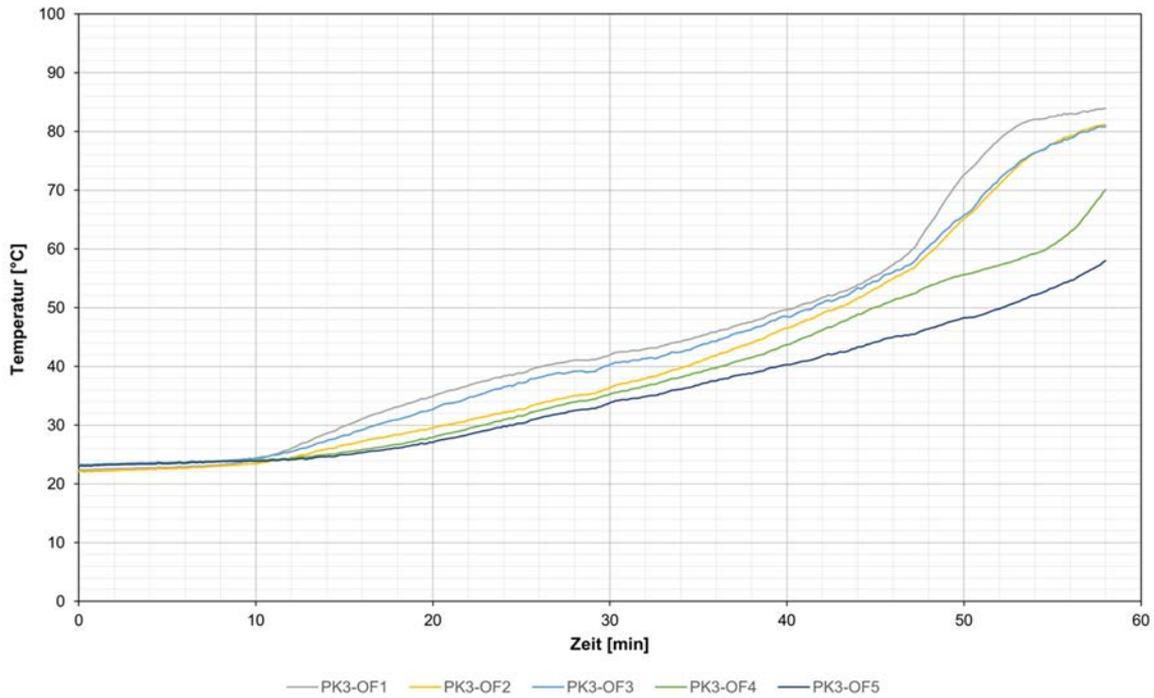
A.17.8.6. Messstellen PK 3 Ebene 1



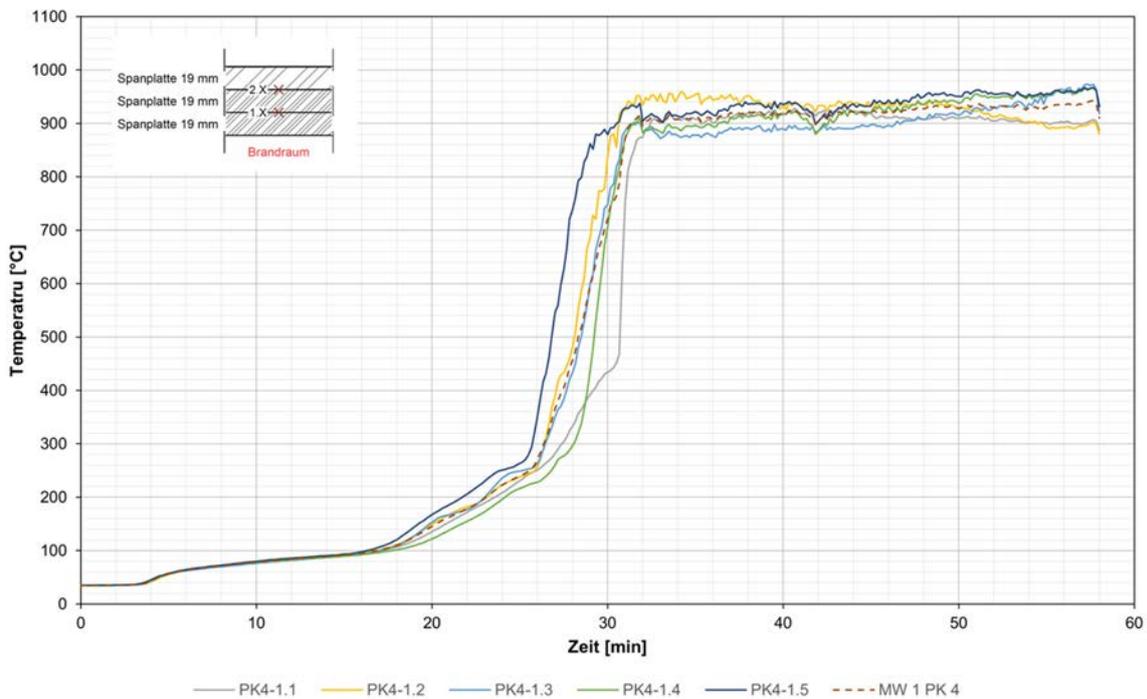
A.17.8.7. Messstellen PK 3 Ebene 2



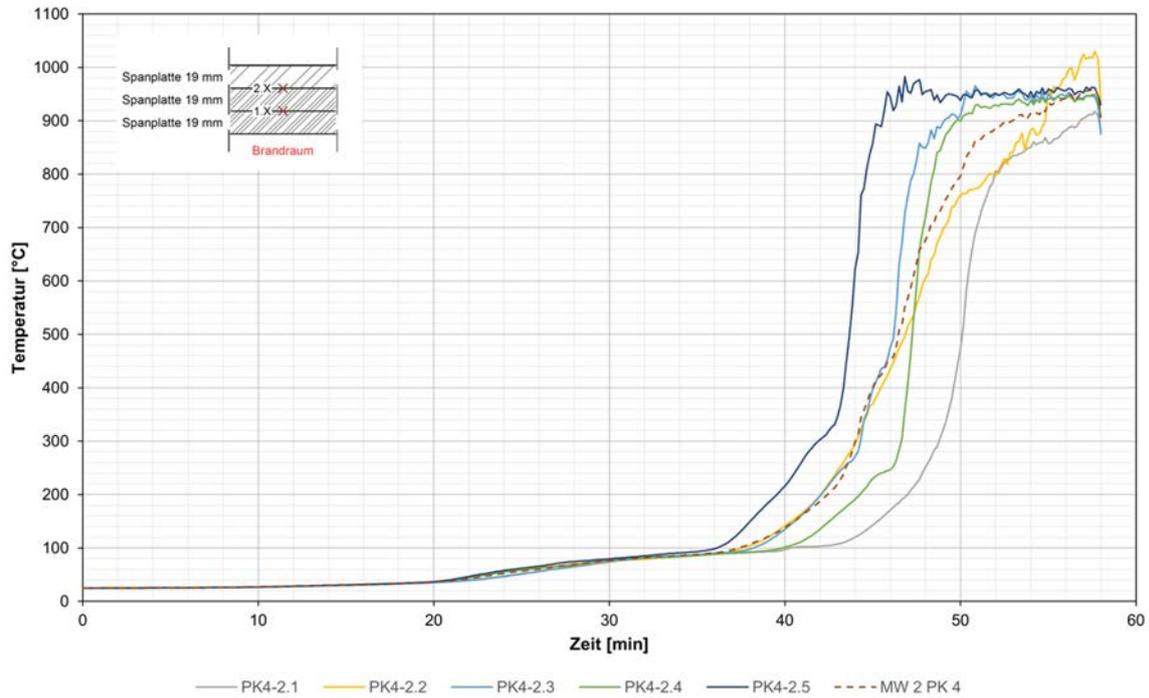
A.17.8.8. Messstellen PK 3 Oberfläche feuerabgewandt



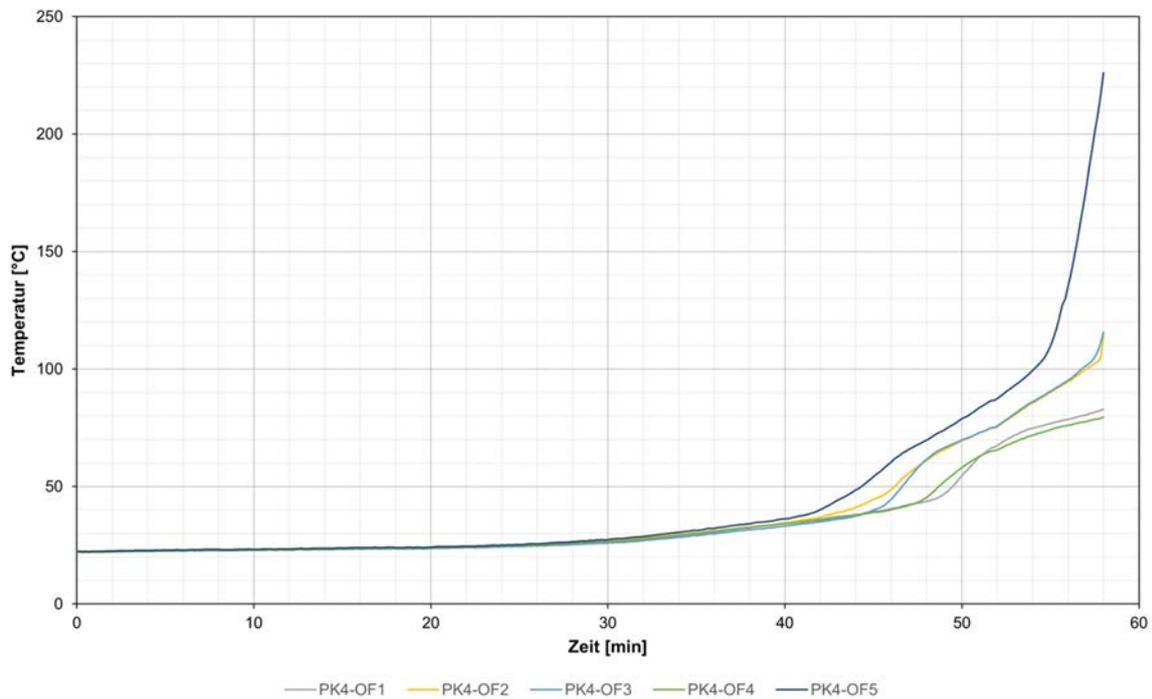
A.17.8.9. Messstellen PK 4 Ebene 1



A.17.8.10. Messstellen PK 4 Ebene 2



A.17.8.11. Messstellen PK 4 Oberfläche feuerabgewandt



A.17.9 Zusammenstellung der Messwerte t_{270} und t_{300}

Tabelle A.17.9-1: Ebene 1

PK 3: Messstellen 1- 3			PK 4: Messstellen 1 - 5		
Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**	Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**
1.1	21:00	22:00	1.1	26:50	27:30
1.2	20:40	21:50	1.2	26:10	26:30
1.3	19:40	20:50	1.3	26:10	26:30
-	-	-	1.4	27:10	28:10
-	-	-	1.5	25:20	25:50

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.17.9-2: Ebene 2

PK 3: Messstellen 1- 5			PK 4: Messstellen 1 - 5		
Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**	Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**
2.1	48:10	48:40	2.1	48:30	48:30
2.2	50:50	52:20	2.2	43:40	44:10
2.3	55:00	57:00	2.3	44:00	44:20
2.4	59:00	59:50	2.4	46:30	46:40
2.5	62:30	-	2.5	41:10	42:00

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Die Messstelle 2.4 in PK 3 zeigt einen Wert über 300 °C erst nach Abschalten des Brenners an, die Messstelle 2.5 erreicht eine Temperatur von 300 °C nicht (bis zum Ausbau der PK). Die Messstellen 2.4 und 2.5 in PK 3 zeigen eine Temperatur von 270 °C erst nach Abschalten des Brenners an.

A.18 Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Abbrandverhalten von Holzwerkstoffplatten – LVL

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-08-18_01 – Teil 8 (PK5 und PK6)
Gegenstand	Brandversuch im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 zur Untersuchung des Durchwärmungsverhaltens von Holzwerkstoffplatten – Prüfkörper PK 5 bis PK 6 – LVL
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	18.08.2021
Datum Bericht	31.08.2021
Anzahl Seiten des Berichts	12

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.18.1 Allgemeines

An der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH wurden Brandversuche zum Durchwärmungsverhalten unterschiedlicher Holzwerkstoffplatten (HWP) und zum Vergleich des Verhaltens verschiedener Schichtaufbauten unter ETK-Einwirkung durchgeführt.

Die Versuche umfassen insgesamt vier Brandprüfungen mit acht Prüfkörpern im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 [1]. Die Prüfkörper der Versuche unterscheiden sich in der Dicke der einzelnen HWP und somit in der Materialität. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung der Prüfkörper mit LVL.

Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

A.18.2 Geprüfte Konstruktion

Die Prüfkörper 5 und 6 haben eine Außenabmessung von $B \times H = 500 \times 500$ mm. PK 5 besteht aus einer 27 mm dicken Furnierschichtholzplatte STEICO LVL X ($\rho > 450 \text{ kg/m}^3$), die wiederum auf einer 19 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) auf der feuerabgewandten Seite des PK befestigt ist. PK 6 besteht aus einer 21 mm dicken Furnierschichtholzplatte STEICO LVL X ($\rho > 450 \text{ kg/m}^3$), die ebenfalls auf einer 19 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) befestigt wurde. Die Platten wurden umlaufend im Abstand von 10 cm verschraubt. In den Probekörper wurden in verschiedenen Lagen Thermolemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen.

A.18.3 Prüfanordnung und -durchführung

Die geprüften Konstruktionen wurden in der Fertigungshalle der Fa. Gump & Maier in Binswangen erstellt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens ein. Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 2 Platten-Thermolemente gemäß DIN EN 1364-1 [2] sowie 2 Mantel-Thermolemente gemäß DIN 4102-2 [3] im Abstand von 100 mm vom Prüfkörper installiert. Sie dienen der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermolemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Weiterhin wurde auf der brandraumseitigen Oberfläche jedes Prüfkörpers ein Mantelthermolement nach DIN 4102-2 [3] installiert.

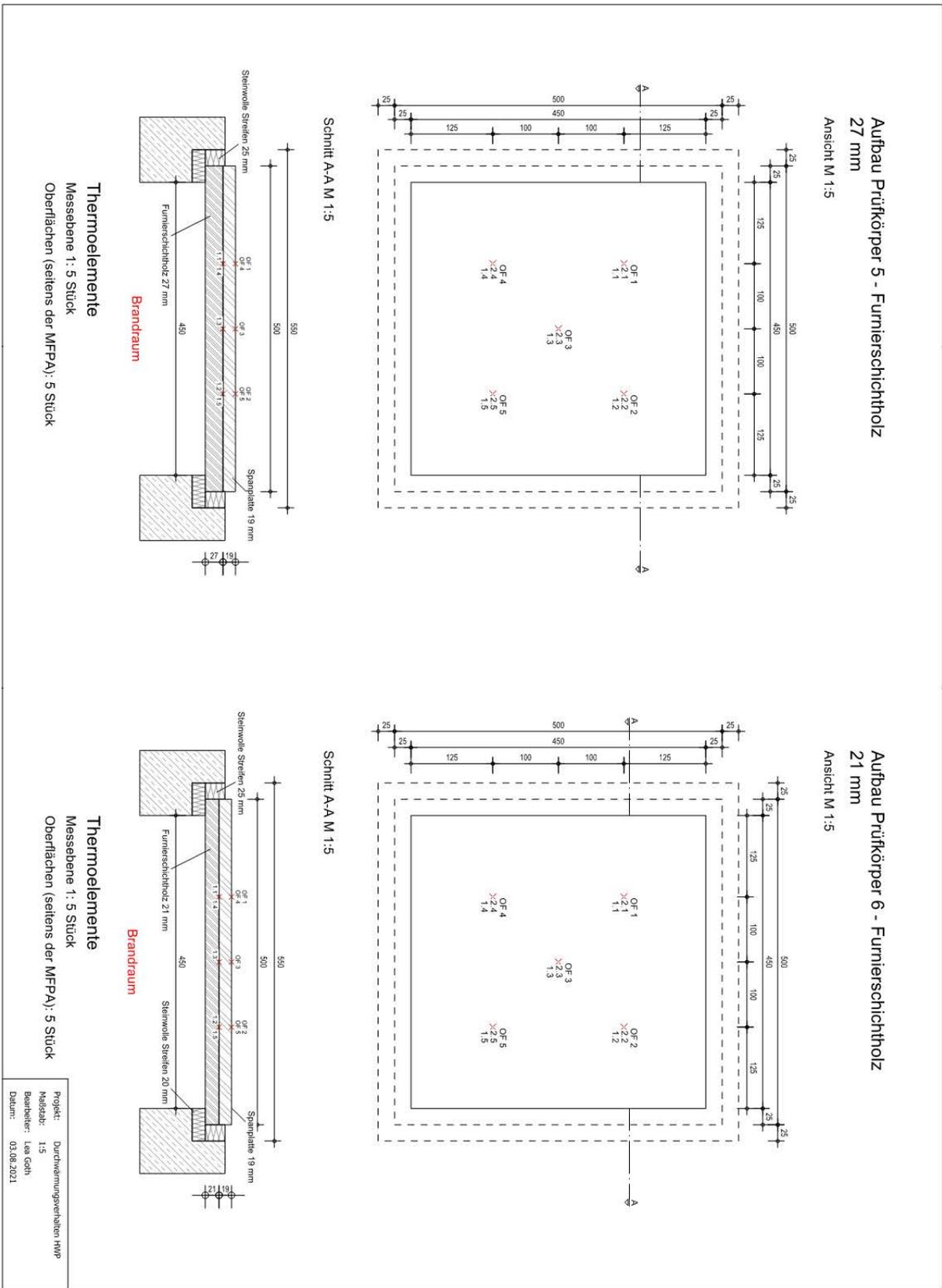
Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermolemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1, Abschnitt 4.5.2 [2] mit einem Doschmessgerät in Höhe des oberen Probekörperrandes.

Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert.

Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in Höhe des oberen Probekörperrandes.

Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

A.18.4 Konstruktionszeichnungen



A.18.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.18.5-1: Aufbau PK 5

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	STEICO LVL X Furnierschichtholz nach EN 14374:2004 DoP 03-0006-03	27	576,56	10,36	1.2 – 1.5
2	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	OF 1 – OF 5

Tabelle A.18.5-2: Aufbau PK 6

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	STEICO LVL X Furnierschichtholz nach EN 14374:2004 DoP 03-0006-03	21	604,96	9,4	1.1 – 1.5
3	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	OF 1 – OF 5

A.18.6 Versuchsbeobachtung

- Start des Versuchs: 18.08.2021; 09:41 Uhr
- Mantelthermoelement M PK 6 liegt nicht direkt vor der Oberfläche PK 6, beim Einbau leicht in den Ofeninnraum gebogen
- Zeitschrittsteuerung 5s-Schritten

Tabelle 3: Beobachtungen während der Brandprüfung

Zeit [min:ss]	Beobachtungen	Beobachtungsseite
0:00	Start der Prüfung um 09:41, Zündung des Brenners	-
3:00	Oberflächen brennen mit, beide PK	F
4:00	PK 6 Flammen gehen nahezu ganz zurück	F
8:00	Rauchaustritt beide PK oben	FA
26:00	Erste große Teile PK 6 fallen ab	F
28:00	LVL PK 6 komplett abgefallen; TE schlagen aus	F/FA
32:00	Erste Teile PK 5 fallen ab	F
34:30	LVL PK 5 größtenteils abgefallen	F
35:40	Ende Versuch, Abschalten des Brenners	-
	Grund: Flammenaustritt PK 6 oben unterhalb des Rahmens (Durchbrand am oberen Rand); Erreichen des Durchbrands bzw. T180 nicht möglich; PK 5 ca. bei 80 - 84° C	

A.18.7 Fotodokumentation



Abbildung A.18.7-1: PK 5 Einbau TE in Messebene 1



Abbildung A.18.7-2: PK 5 nach Einbau TE



Abbildung A.18.7-3: PK 6 Einbau TE in Messebene 1



Abbildung A.18.7-4: PK 6 nach Einbau TE



Abbildung A.18.7-5: PK 5 nach Einbau in den Ofen

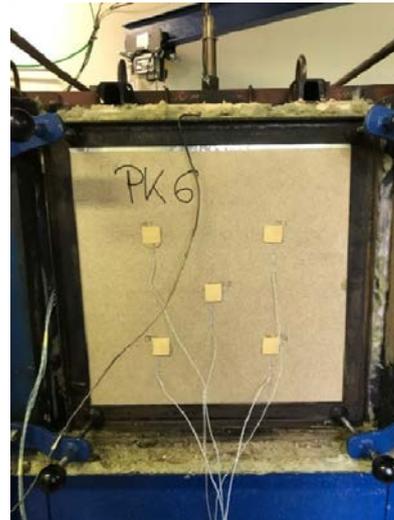


Abbildung A.18.7-6: PK 6 nach Einbau in den Ofen



Abbildung A.18.7-7: Prüfminute 3, Oberflächen beide PK brennen mit



Abbildung A.18.7-8: Prüfminute ; Rauchaustritt PK 5 oben



Abbildung A.18.7-9: Prüfminute 26, erste Teile LVL PK 6 fallen ab



Abbildung A.18.7-10: Prüfminute 28, LVL PK 6 komplett abgefallen



Abbildung A.18.7-11: Prüfminute 32, Teile PK 5 fallen ab

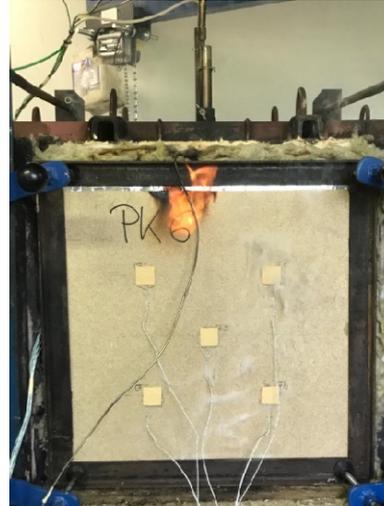


Abbildung A.18.7-12: Prüfminute 35:40, Durchbrand PK 6 am oberen Rand



Abbildung A.18.7-13: PK 6 nach Ausbau aus dem Ofen



Abbildung A.18.7-14: PK 5 im Ofen nach Ausbau PK 6



Abbildung A.18.7-15: PK5 nach Ausbau aus dem Ofen



Abbildung A.18.7-16: PK 5 nach dem Ablösen



Abbildung A.18.7-17: Horizontalschnitt PK 5



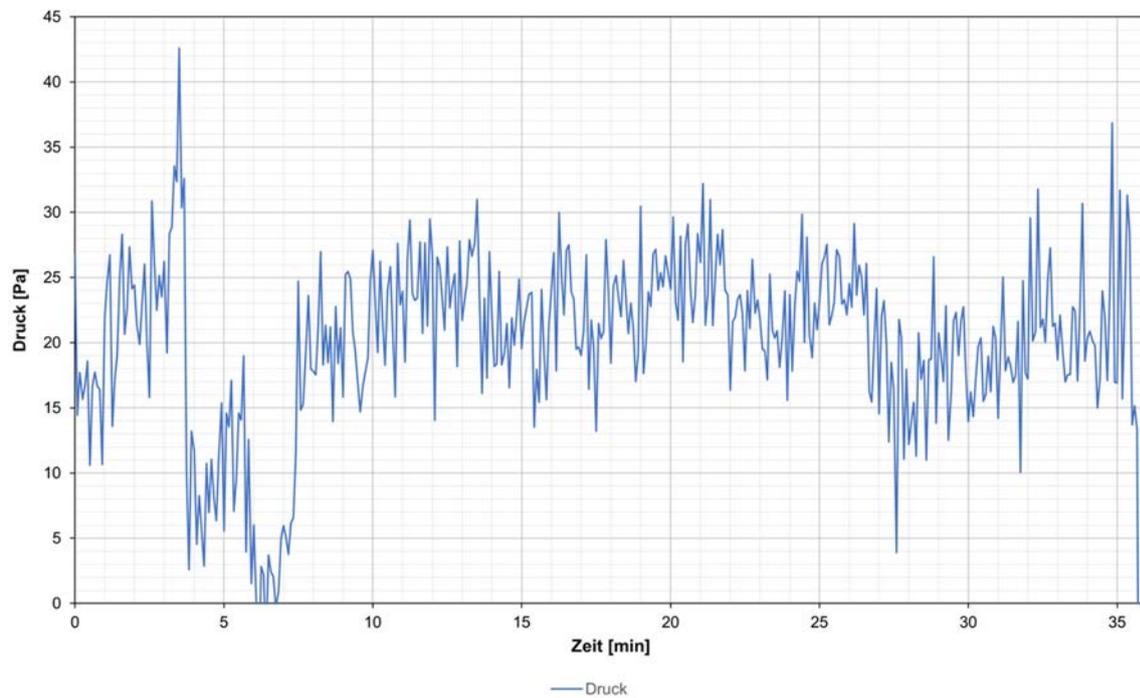
Abbildung A.18.7-18: PK 6 nach dem Ablösen



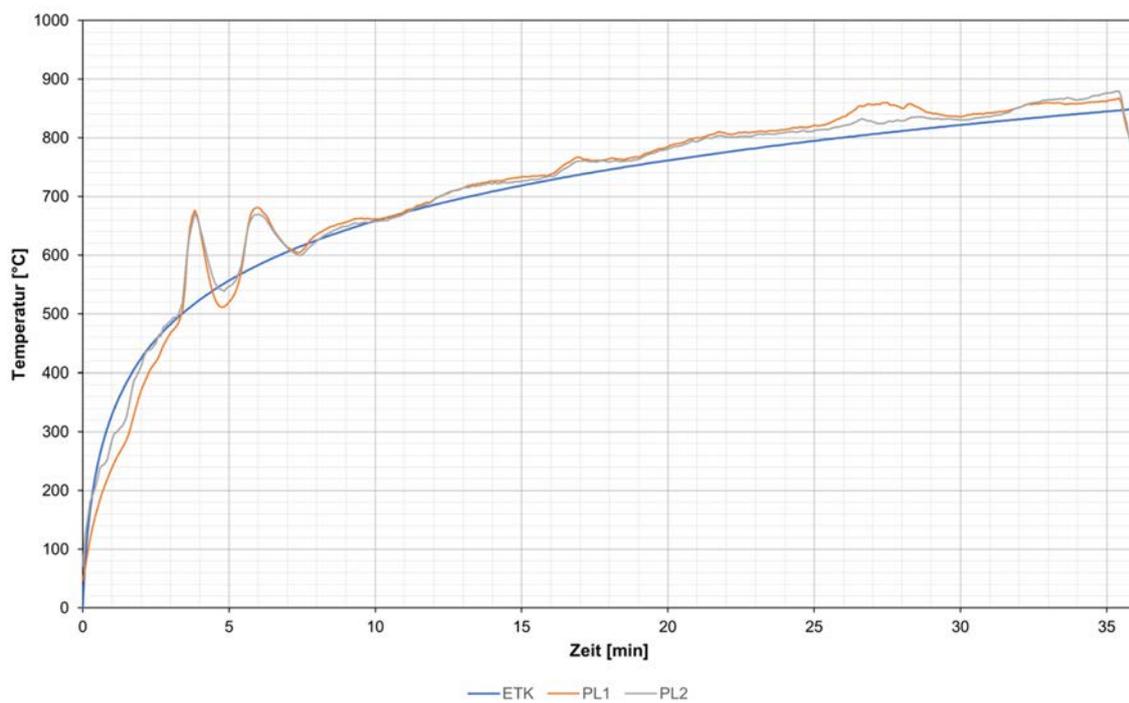
Abbildung A.18.7-19: Horizontalschnitt PK 6

A.18.8 Darstellung der Messwerte

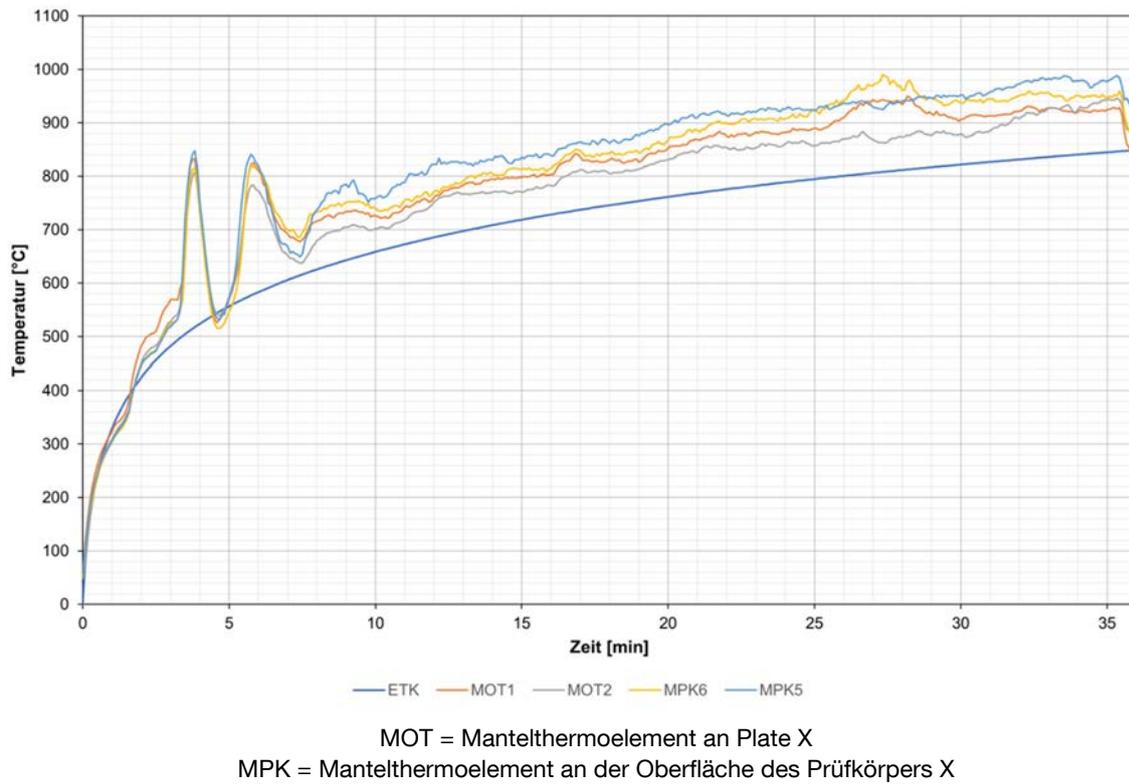
A.18.8.1. Messstellen im Ofen: Ofendruck



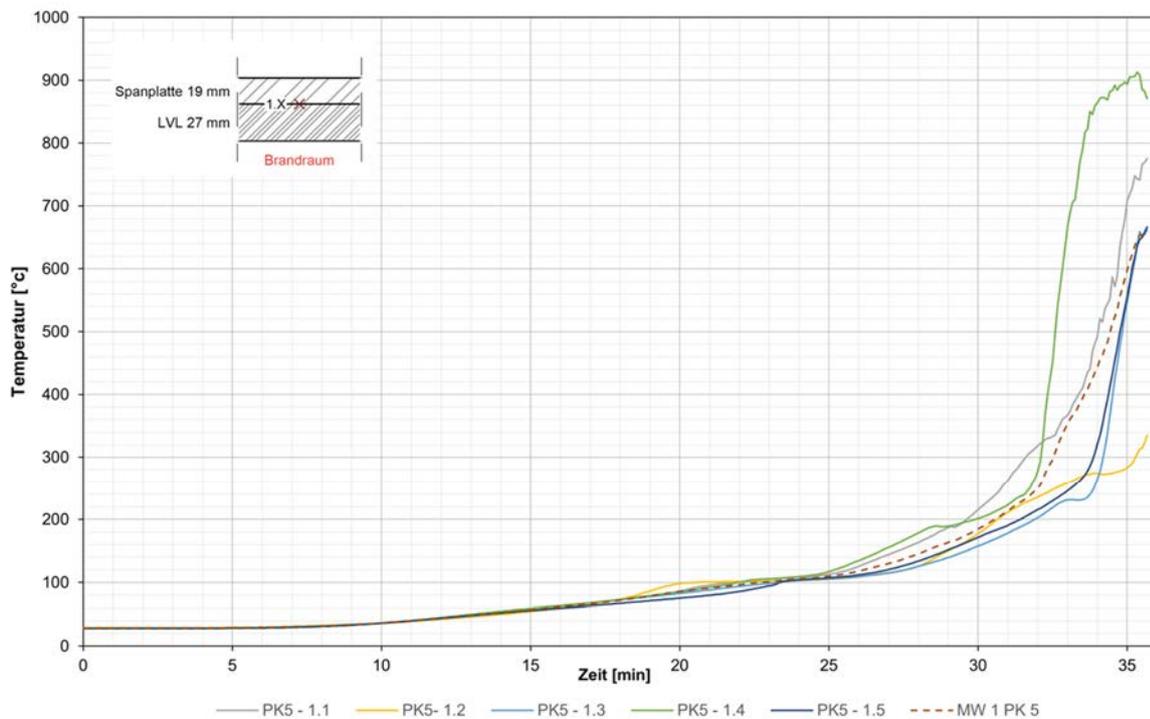
A.18.8.2. Messstellen im Ofen: Ofentemperatur OT



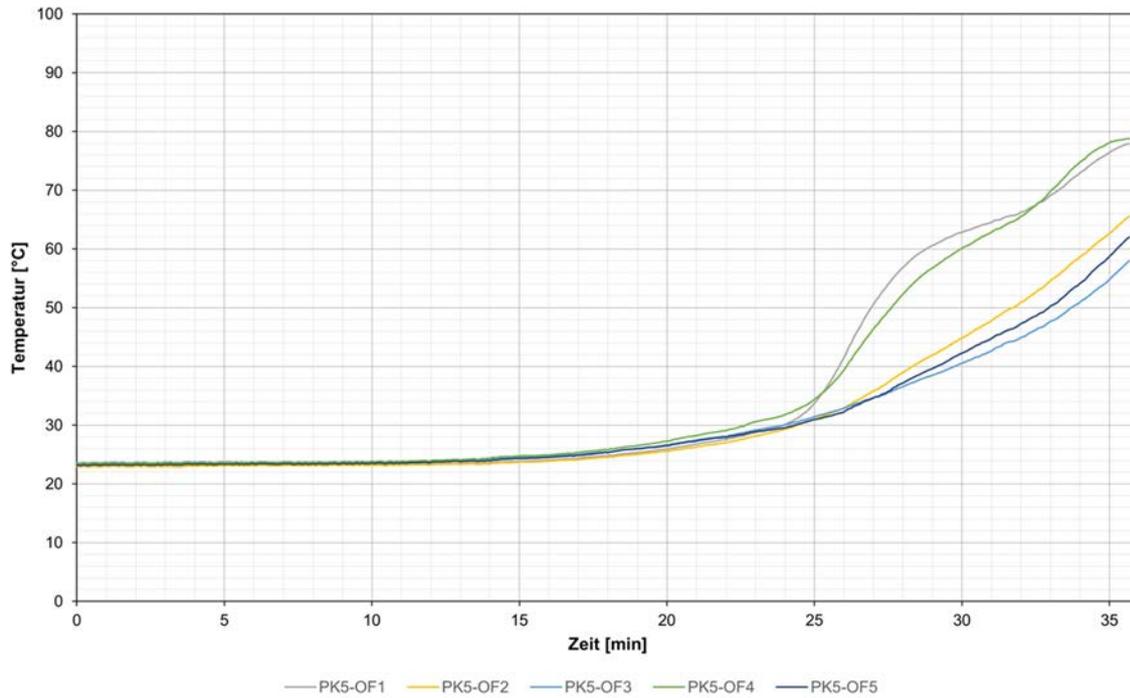
A.18.8.3. Messstellen im Ofen: Ofentemperatur MT



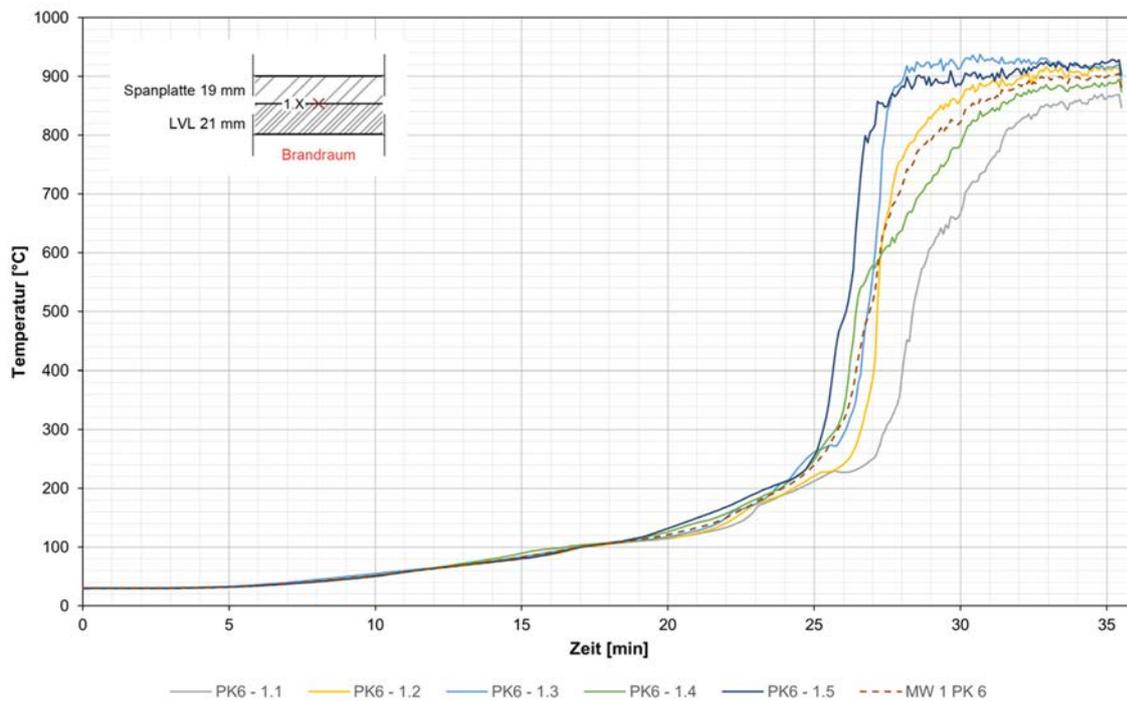
A.18.8.4. Messstellen PK 5 Ebene 1



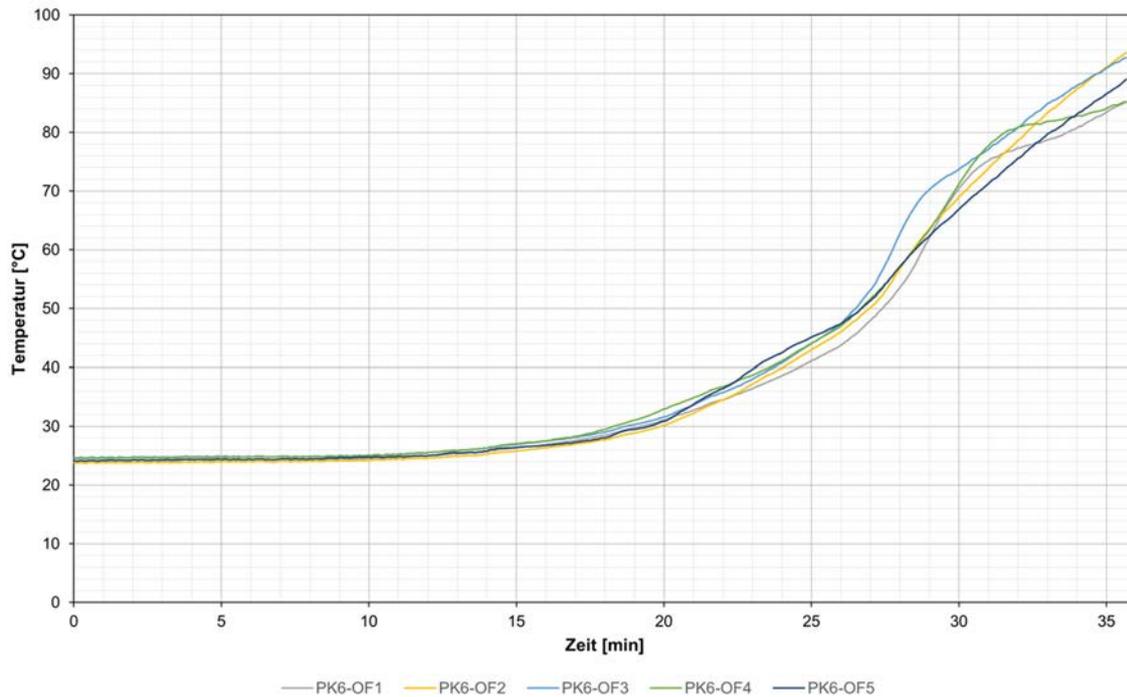
A.18.8.5. Messstellen PK 5 Oberfläche feuerabgewandt



A.18.8.6. Messstellen PK 6 Ebene 1



A.18.8.7. Messstellen PK 6 Oberfläche feuerabgewandt



A.18.9 Zusammenstellung der Messwerte t_{270} und t_{300}

Tabelle A.18.9-1: Ebene 1

PK 5: Messstellen 1- 3			PK 6: Messstellen 1 - 5		
Messstelle	$t(>270\text{ °C})^*$	$t(>300\text{ °C})^{**}$	Messstelle	$t(>270\text{ °C})^*$	$t(>300\text{ °C})^{**}$
1.1	31:10	31:40	1.1	27:15	27:30
1.2	33:35	35:20	1.2	26:25	26:40
1.3	34:05	34:15	1.3	25:25	26:05
1.4	32:00	32:10	1.4	25:20	25:45
1.5	33:35	33:55	1.5	25:10	25:20

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

A.19 Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Abbrandverhalten von Holzwerkstoffplatten – Sperrholz

Prüfbericht-Nr.	TUM 21-08-16_02 – Teil 8 (PK7 und PK8)
Gegenstand	Brandversuch im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 zur Untersuchung des Durchwärmungsverhaltens von Holzwerkstoffplatten– Prüfkörper PK 7 bis PK 8 - Sperrholz
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M.Sc.
Datum der Durchführung	16.08.2021
Datum Bericht	31.08.2021
Anzahl Seiten des Berichts	15

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.19.1 Allgemeines

An der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH wurden Brandversuche zum Durchwärmungsverhalten unterschiedlicher Holzwerkstoffplatten (HWP) und zum Vergleich des Verhaltens verschiedener Schichtaufbauten unter ETK-Beanspruchung durchgeführt. Die Versuche umfassen insgesamt vier Brandprüfungen mit acht Prüfkörpern im Brandprüfstand nach DIN 4102-8 [1]. Die Prüfkörper der Versuche unterscheiden sich in der Dicke der einzelnen HWP und somit in der Materialität. Dieser Prüfbericht umfasst die Ergebnisse der Untersuchung der Prüfkörper mit Sperrholz-Platten. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1363-1 [2]. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau inklusive Montageverfahren, die Prüfbedingungen sowie die Ergebnisse für die spezifischen Bauteile.

A.19.2 Geprüfte Konstruktion

Die Prüfkörper 7 und 8 haben eine Außenabmessung von $B \times H = 500 \times 500$ mm. PK 8 besteht aus zwei zusammengeschraubten 15 mm dicken Sperrholzplatten ($\rho > 400 \text{ kg/m}^3$), die wiederum auf einer 19 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) auf der feuerabgewandten Seite des PK befestigt sind. PK 7 besteht aus einer 30 mm dicken Sperrholzplatte ($\rho > 400 \text{ kg/m}^3$), die ebenfalls auf einer 19 mm dicken Spanplatte ($\rho > 600 \text{ kg/m}^3$) befestigt ist. Die Platten wurden umlaufend im Abstand von 10 cm verschraubt. In die Prüfkörper wurden in verschiedenen Lagen Thermoelemente eingebaut, um die Temperaturen während des Versuchs zu bestimmen.

A.19.3 Prüfanordnung und -durchführung

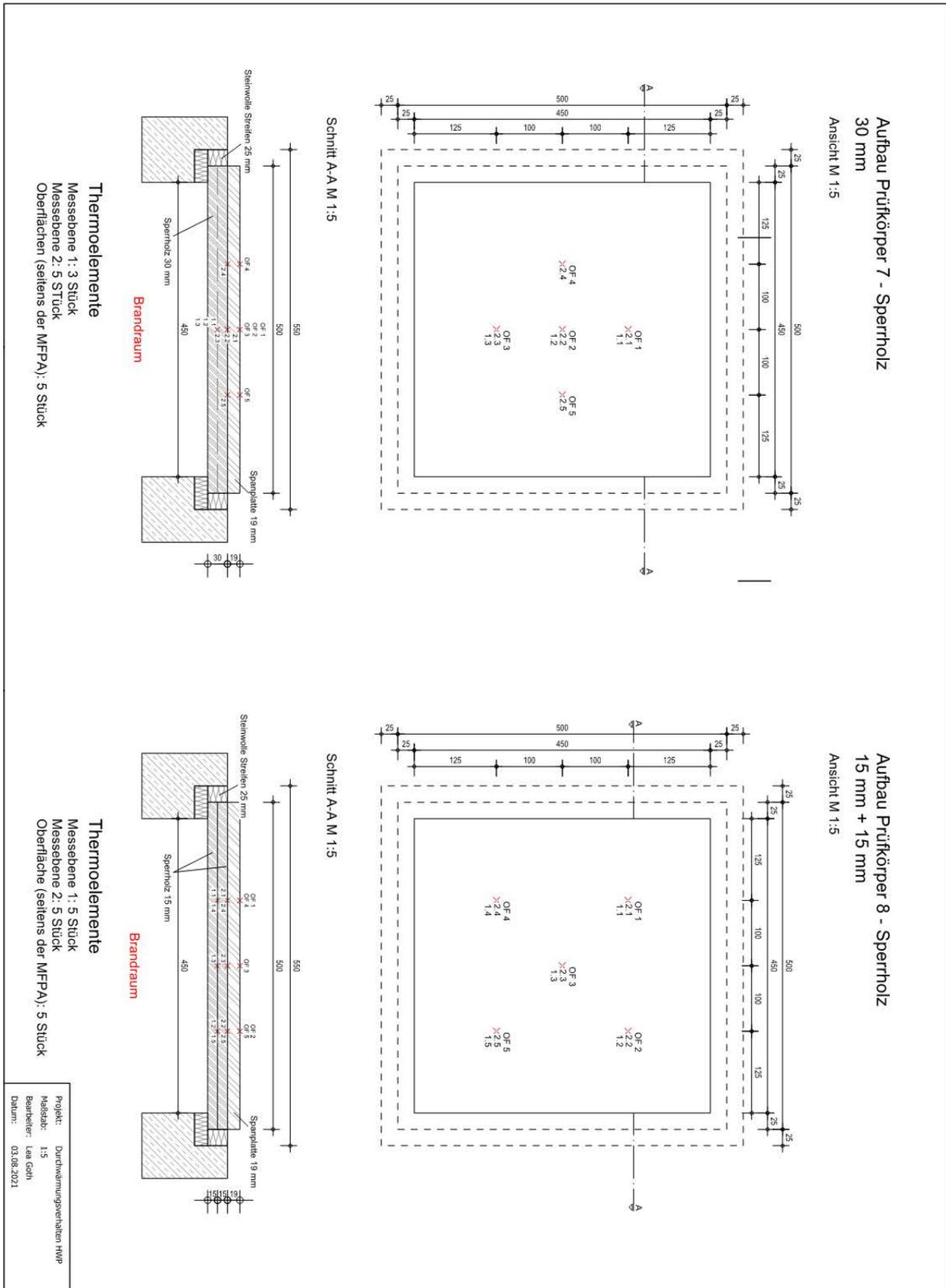
Die geprüften Konstruktionen wurden in der Fertigungshalle der Fa. Gump & Maier in Binswangen erstellt. Fachkräfte der Prüfanstalt MFPA Leipzig bauten die Prüfkörper in die Öffnung des Brandofens ein. Die Aufheizung des Brandraums erfolgte nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1 [2]. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum wurden 2 Platten-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2] sowie 2 Mantel-Thermoelemente gemäß DIN 4102-2 [3] im Abstand von 100 mm vom Prüfkörper installiert. Sie dienten der Steuerung der Brandraumtemperatur. Alle Brandraumtemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert. Weiterhin wurde auf der brandraumseitigen Oberfläche jedes Prüfkörpers ein Mantelthermoelement nach DIN 4102-2 [3] installiert.

Zum Nachweis der Temperaturen auf der unbeflammten Seite des Prüfkörpers wurden Scheiben-Thermoelemente gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.1.2 verwendet. Alle Oberflächentemperaturen wurden im Zeitintervall von 10 s gemessen und registriert.

Die Druckmessung im Brandraum erfolgte gemäß DIN EN 1363-1 [2], Abschnitt 4.5.2 mit einem Doschmessgerät in Höhe des oberen Probekörperandes.

Die Messstellenanordnung kann den Konstruktionszeichnungen in der Anlage entnommen werden.

A.19.4 Konstruktionszeichnungen



A.19.5 Schichtaufbau und Baustoffkennwerte:

Die Materialien wurden nicht amtlich entnommen. Das Ergebnis der Bestimmung der Baustoffkennwerte ist in der Anlage enthalten. Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtegehalt des Probekörpers annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist.

Tabelle A.19.5-1: Aufbau PK 3

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	Fichte Sperrholz E1, WISA SPRUCE II/III nach EN 636-2/BFU 100 DoP Nr. UPM001CPR	30	475,87	9,52	1.3 – 1.3 2.1 – 2.5
2	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	OF 1 – OF 5

Tabelle A.19.5-2: Aufbau PK 4

Lage	Material	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Feuchte [%]	Thermoelement auf Lage befestigt
1	Fichte Sperrholz E1, WISA SPRUCE II/III nach EN 636-2/BFU 100 DoP Nr. UPM001CPR	15	430,71	9,86	1.1 – 1.5
2	Fichte Sperrholz E1, WISA SPRUCE II/III nach EN 636-2/BFU 100 DoP	15	430,71	9,86	2.1 – 2.5
3	Spanplatte roh E1 P2 der Fa. Kronospan Spanplatte P2 nach EN 312 DoP Nr. P2-CPR-2013-07-01	19	651,72	8,29	OF 1 – OF 5

A.19.6 Versuchsbeobachtung

- Start des Versuchs: 16.08.2021; 11:55 Uhr
- Mantelthermoelement PL 1 Pole von einem Mitarbeiter der MFPA in der ersten Prüfminute gedreht

Tabelle A.19.6-1: Beobachtungen während der Brandprüfung

Zeit [min:ss]	Beobachtungen	Beobachtungsseite
00:00	Start der Prüfung um 11:55 Uhr, Zündung des Brenners	-
03:00	Oberflächen beide PK brennen mit	F*
16:00	Erste kleine Teile fallen ab an PK 8 (Beobachtung + starker sprunghafter Temperaturanstieg Thermoelemente 1.1 und 1.4)	F
18:00	Abfallen größerer Holzkohlestücke PK 8	F
22:00	Rauchaustritt seitlich an PK 8	FA**
25:00	Rauchaustritt an PK 7 oben	FA
28:00	PK 8 erste Platte komplett abgefallen (starker Anstieg auch bei letztem TE in Mess-ebene 1)	F
34:00	Erste große Teile fallen an PK 7 ab	F
36:30	Starker sprunghafter Anstieg Thermoelemente 2.2 und 2.5 bei PK 7	-
38:00	PK 7 Hälfte der Platte auf der Seite vom Brenner weg ist komplett abgefallen (Beobachtungen + Thermoelemente 2.2, 2.3 und 2.5 schlagen aus)	F
40:00	Ende des Versuchs, Brenner abgeschaltet alle Thermoelemente Ebene 2 bei PK 7 und 8 über 400° C	-
40:00	Flammenaustritt PK 8 unten rechts am Rand	FA

A.19.7 Fotodokumentation



Abbildung A.19.7-1: PK 7 Einbau TE in Messebene 1

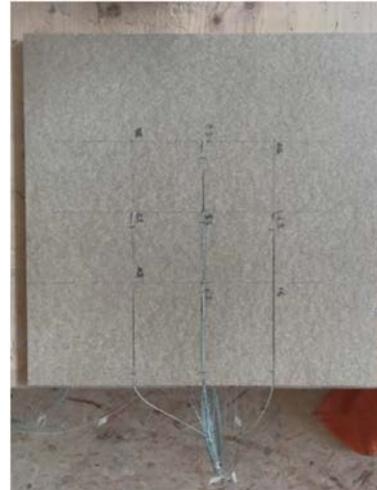


Abbildung A.19.7-2: PK 7 Einbau TE in Messebene 2



Abbildung A.19.7-3: PK 7 nach Einbau TE



Abbildung A.19.7-4: PK 8 Einbau TE in Messebene 1



Abbildung A.19.7-5: PK 8 Einbau TE in Messebene 2



Abbildung A.19.7-6: PK 8 nach Einbau TE



Abbildung A.19.7-7: PK 7 nach Einbau in den Ofen

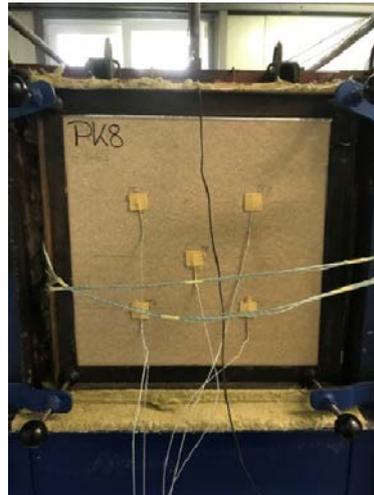


Abbildung A.19.7-8: PK 8 nach Einbau in den Ofen



Abbildung A.19.7-9: Prüfminute 3, Oberflächen beide PK brennen mit



Abbildung A.19.7-10: Prüfminute 17, erste kleine Teile fallen ab PK 8



Abbildung A.19.7-11: Prüfminute 22, weitere größere Teile platzen ab PK 8



Abbildung A.19.7-12: Prüfminute 28, PK 8 erste Platte komplett abgefallen



Abbildung A.19.7-13: Prüfminute 34, große Teile PK 7 fallen ab



Abbildung A.19.7-14: Prüfminute 36, Rauchaustritt PK 8 seitlich oben



Abbildung A.19.7-15: Prüfminute 40, PK 8 leichter Flammenaustritt rechter Rand unten bei Ende des Versuchs



Abbildung A.19.7-16: PK 7 direkt nach Ausbau aus dem Brandofen



Abbildung A.19.7-17: PK 7 nach Versuchsende



Abbildung A.19.7-18: PK 8 direkt nach Ausbau aus dem Brandofen



Abbildung A.19.7-19: PK 8 nach Versuchsende

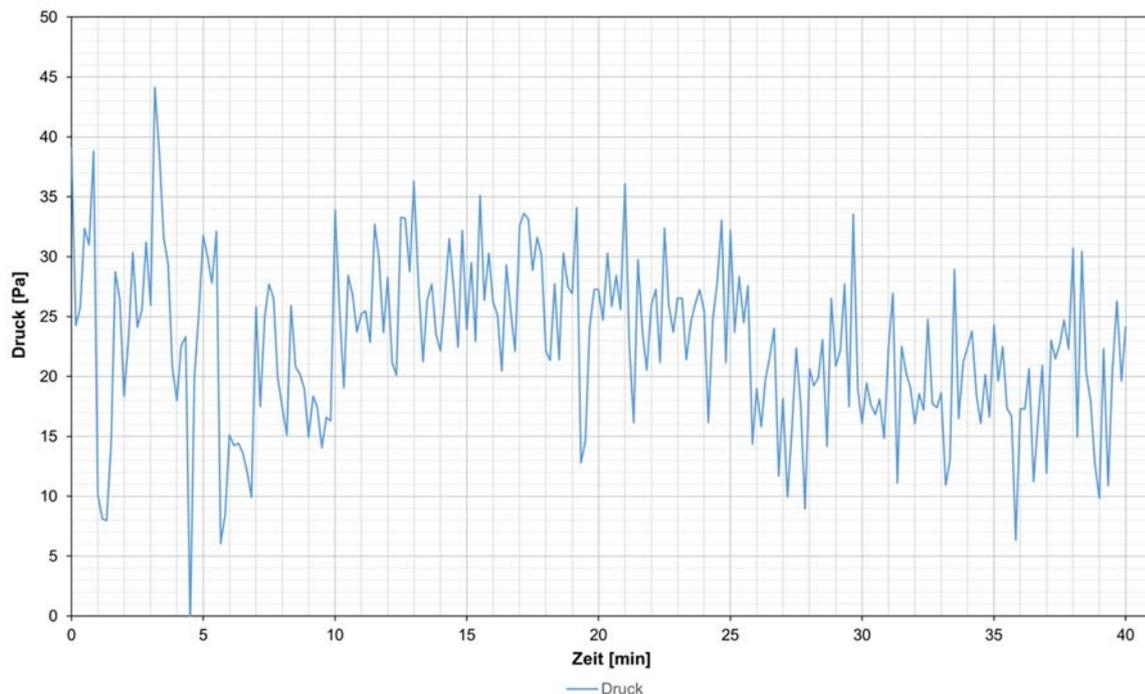


Abbildung A.19.7-20: PK 8 feuerabgewandte Seite nach dem Versuch

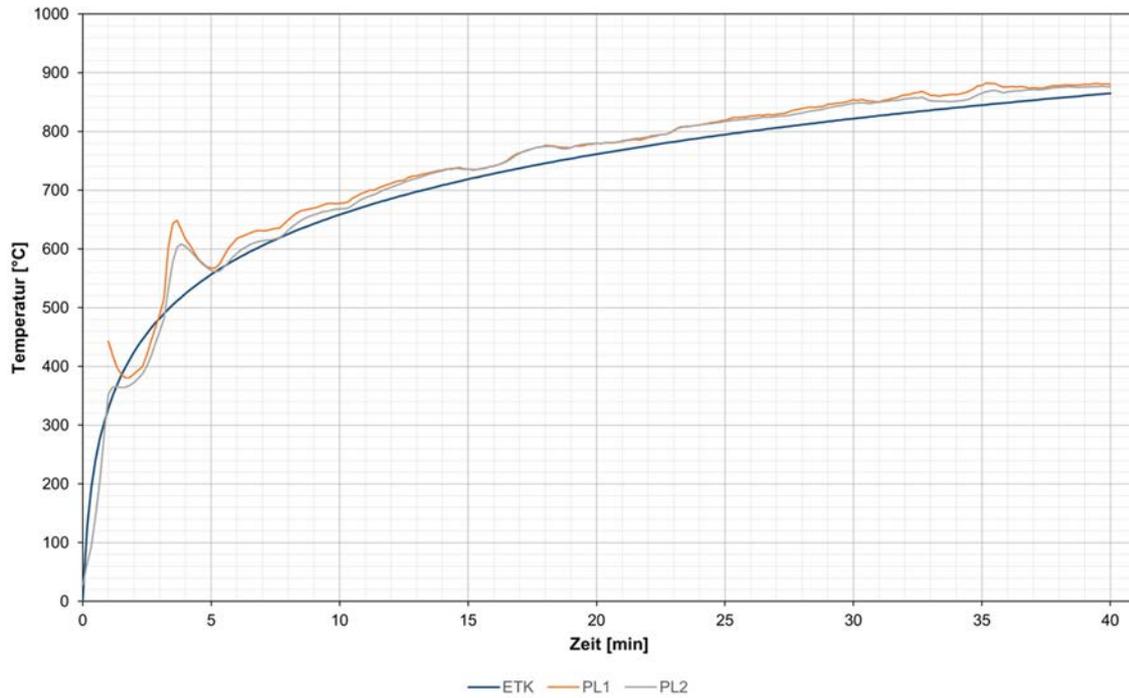
A.19.8 Darstellung der Messwerte

Das **Thermoelement PL 1** liefert erst ab Prüfminute 00:50 brauchbare Ergebnisse, daher beginnt die graphische Darstellung erst zu diesem Zeitpunkt.

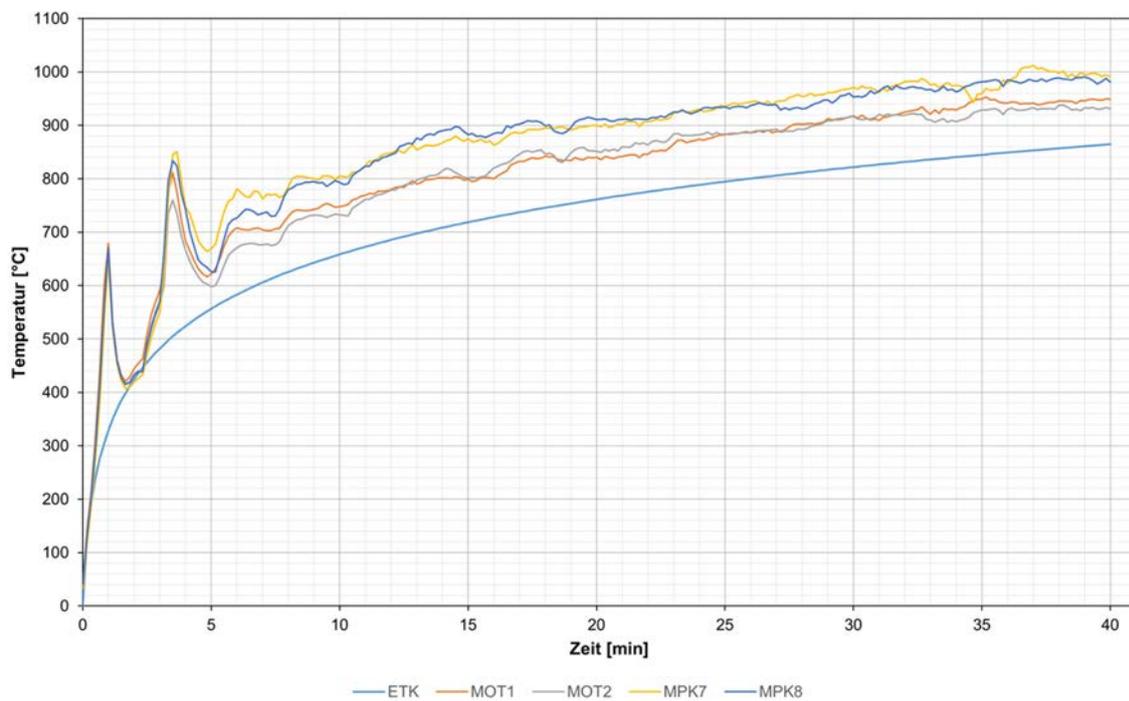
A.19.8.1. Messstellen im Ofen: Ofendruck



A.19.8.2. Messstellen Ofen: Ofentemperatur OT

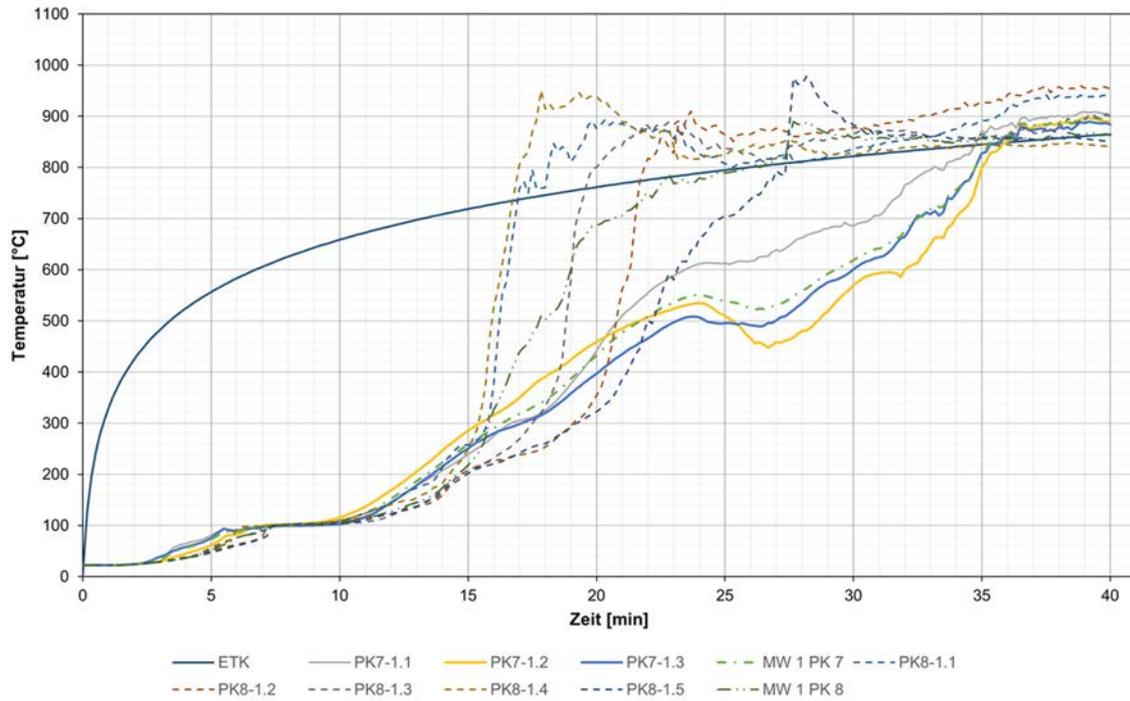


A.19.8.3. Messstellen Ofen: Ofentemperatur MT

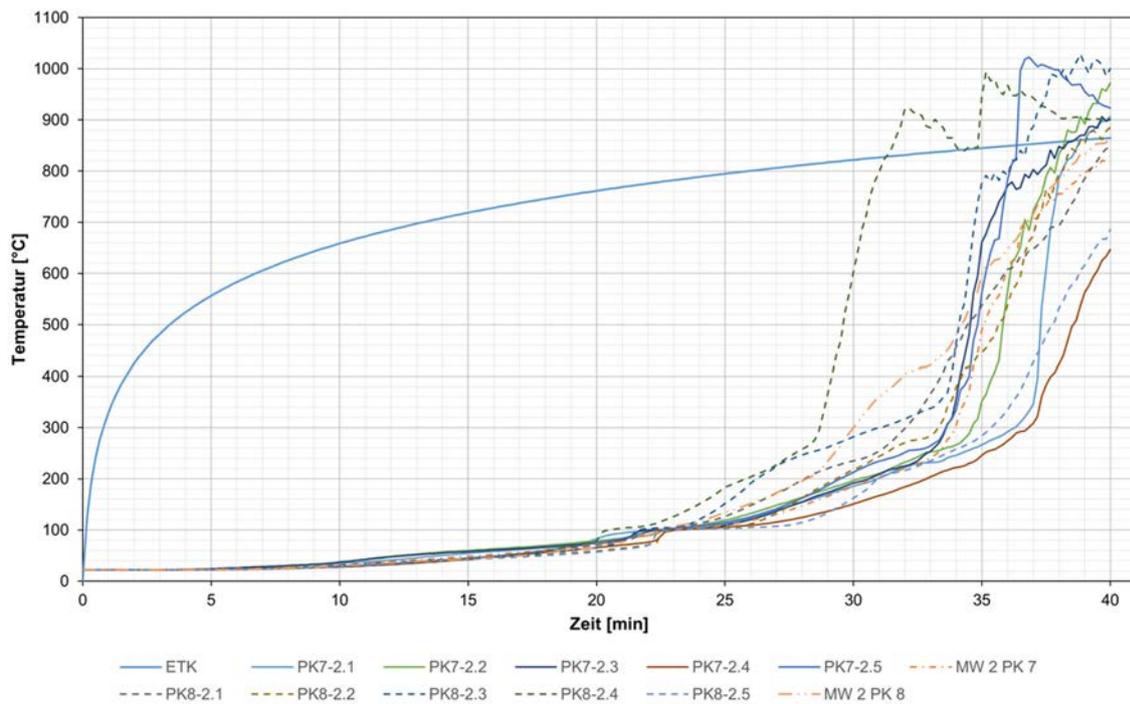


MOT = Mantelthermoelement an Plate X
MPK = Mantelthermoelement an der Oberfläche des Prüfkörpers X

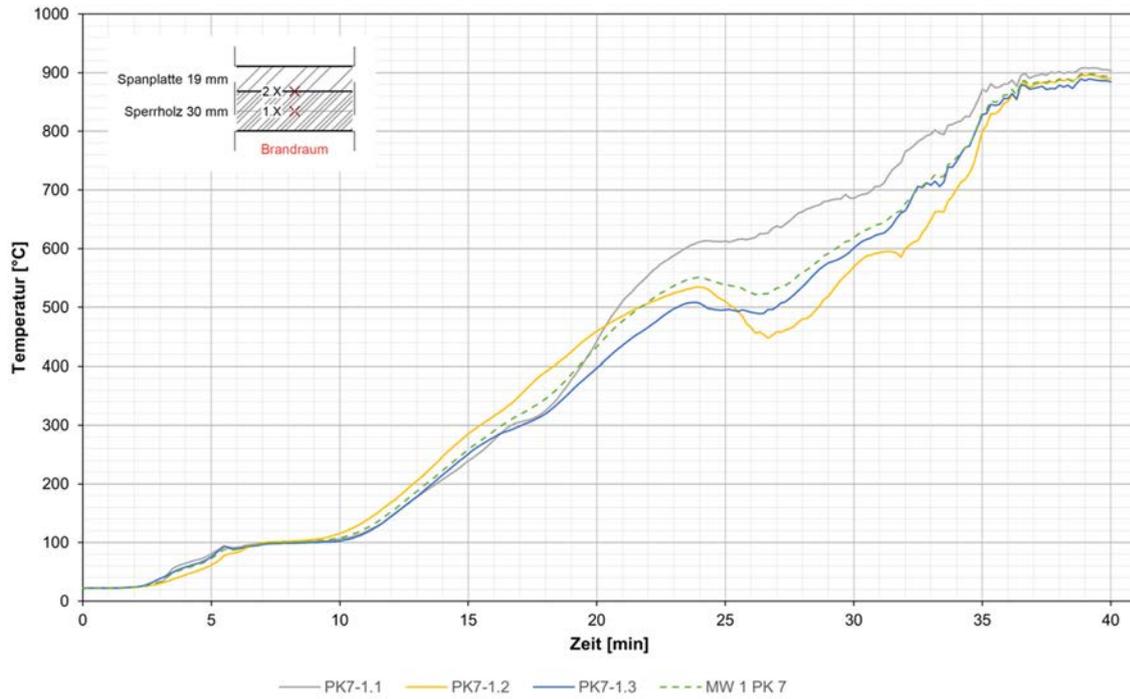
A.19.8.4. Temperaturverläufe Ebene 1 Vergleich PK 7 und PK 8



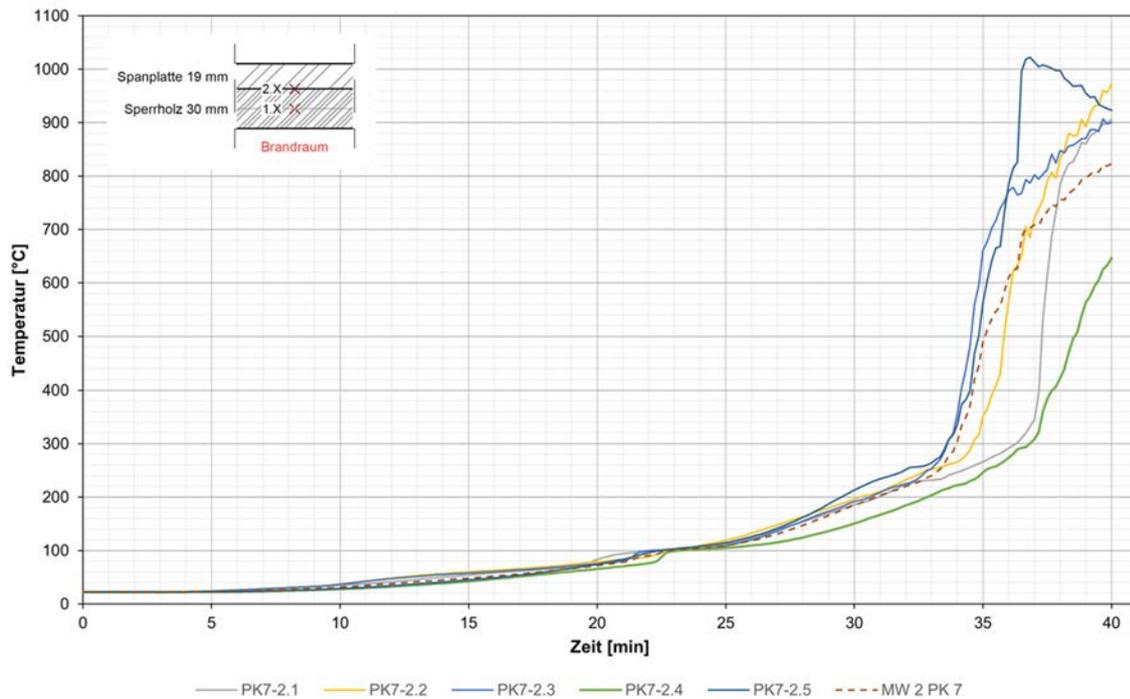
A.19.8.5. Temperaturverläufe Ebene 2 Vergleich PK 7 und PK 8



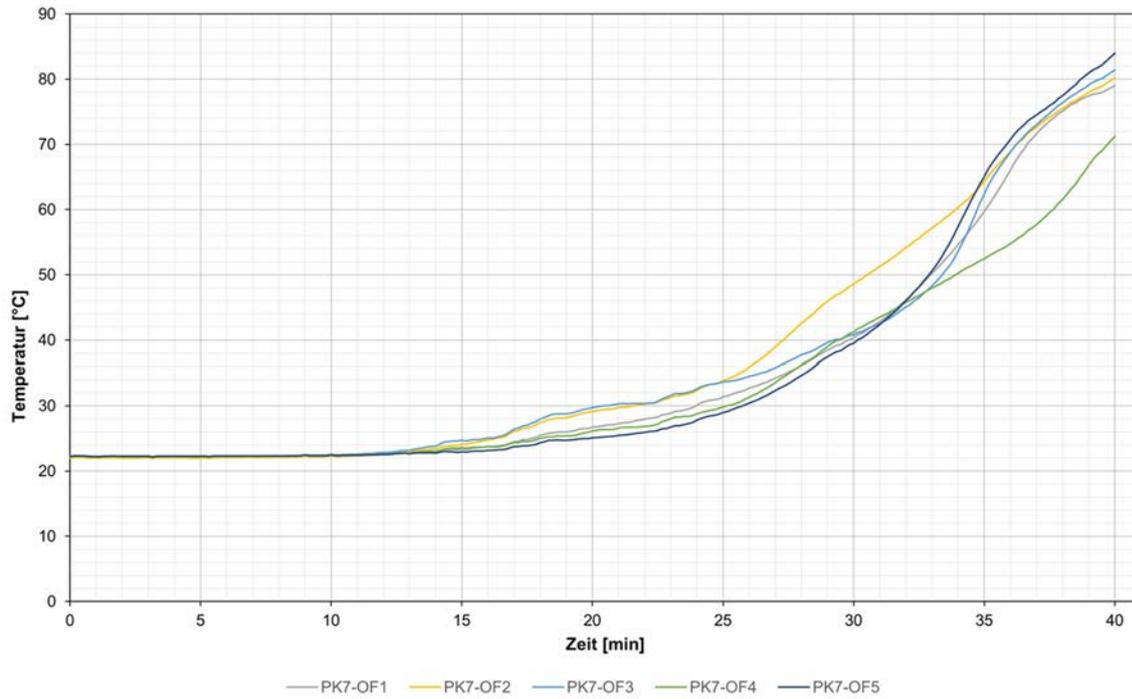
A.19.8.6. Messstellen PK 7 Ebene 1



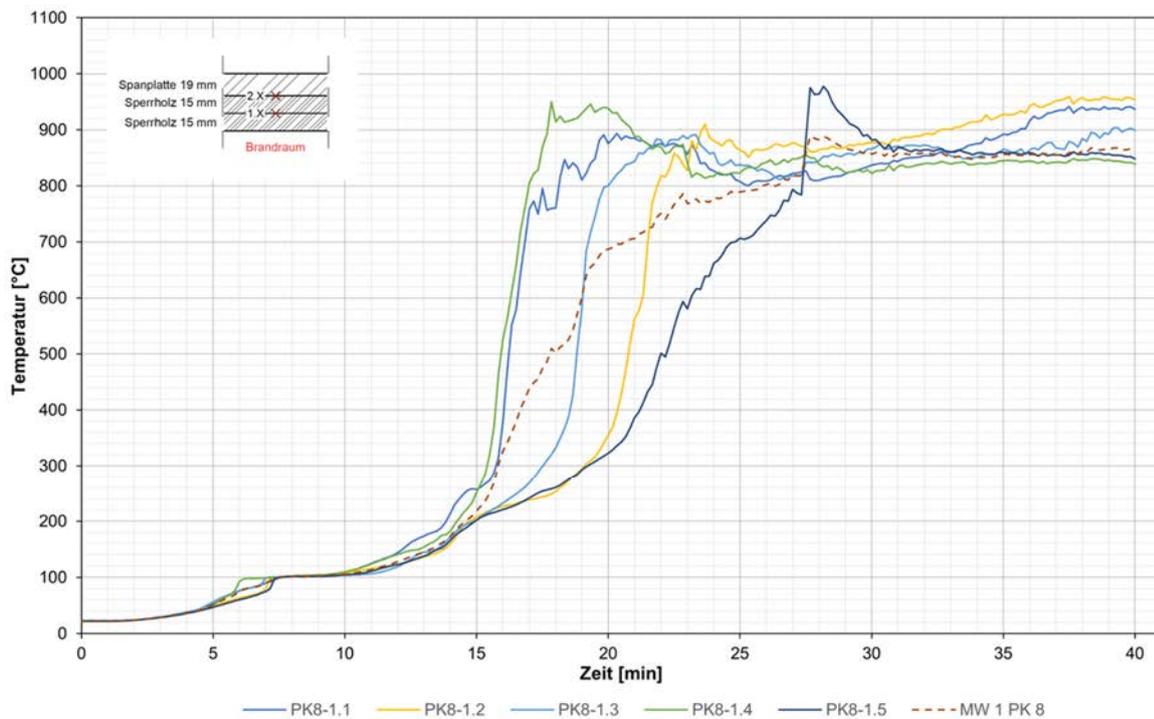
A.19.8.7. Messstellen PK 7 Ebene 2



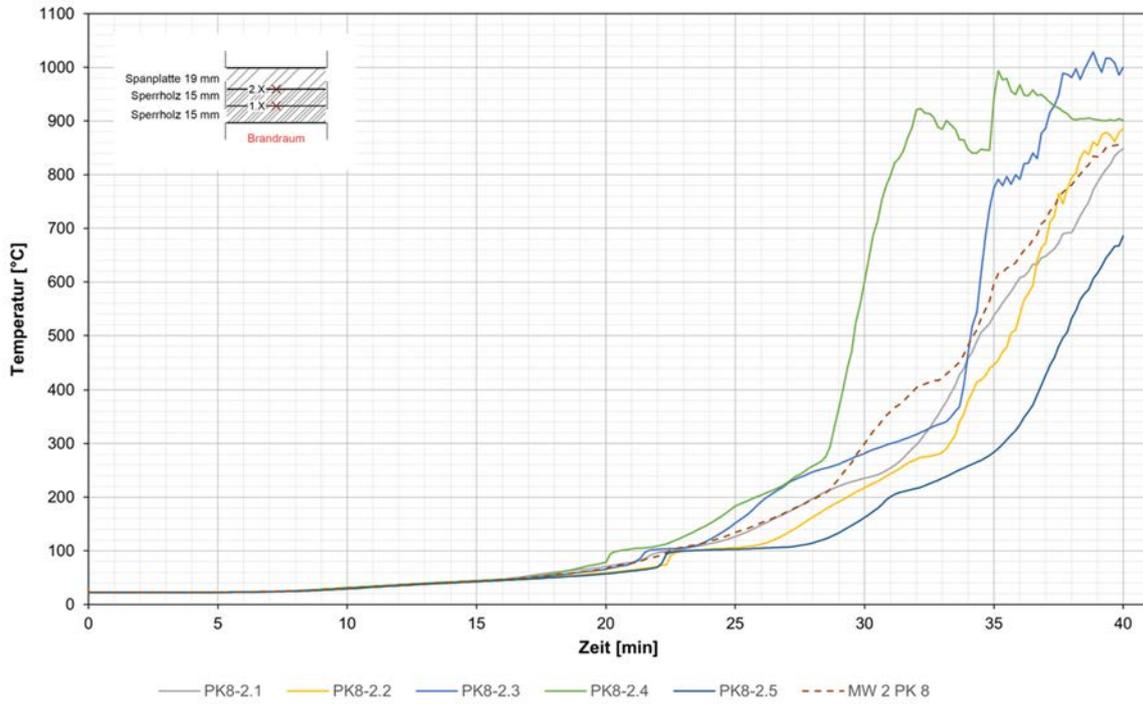
A.19.8.8. Messstellen PK 7 Oberfläche feuerabgewandt



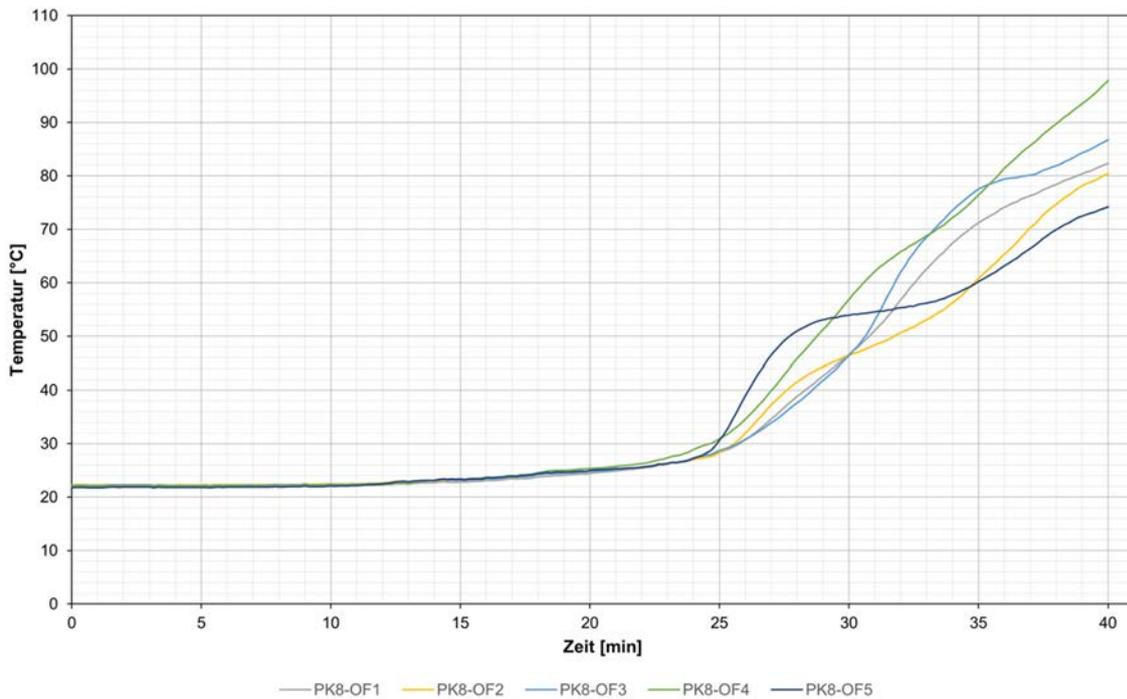
A.19.8.9. Messstellen PK 8 Ebene 1



A.19.8.10. Temperaturverlauf PK 8 Ebene 2



A.19.8.11. Messstellen PK 8 Oberfläche feuerabgewandt



A.19.9 Zusammenstellung Messwerte t_{270} und t_{300}

Tabelle A.19.9-1: Ebene 1

PK 7: Messstellen 1- 3			PK 8: Messstellen 1 - 5		
Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**	Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**
1.1	16:00	16:40	1.1	15:30	15:50
1.2	14:40	15:30	1.2	18:30	19:10
1.3	15:40	17:10	1.3	17:10	17:40
-	-	-	1.4	15:20	15:40
-	-	-	1.5	18:30	19:20

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

Tabelle A.19.9-2: Ebene 2

PK 7: Messstellen 1- 5			PK 8: Messstellen 1 - 5		
Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**	Messstelle	t(>270 °C)*	t(>300 °C)**
2.1	35:10	36:20	2.1	31:30	32:10
2.2	34:10	34:40	2.2	32:00	33:20
2.3	33:20	33:40	2.3	29:30	31:10
2.4	36:00	36:50	2.4	28:30	28:50
2.5	33:10	33:40	2.5	34:40	35:30

* erste gemessene Temperatur > 270 °C; ** erste gemessene Temperatur > 300 °C

A.20 Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Einbauteile in Brettsperrholzelementen mit und ohne Bekleidung

Prüfbericht-Nr.	TUM 20-01-21_01 – (V3 a und V3 b)
Gegenstand	Einbauteile in Brettsperrholzelementen mit und ohne Bekleidung (V 3)
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M. Sc.
Datum der Durchführung	21.01.2020
Datum Bericht	21.02.2021
Anzahl Seiten des Berichts	18

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.20.1 Allgemeines

Am 21.02.2020 wurden zwei 144 mm dicke Probekörper in Massivholzbauweise mit Elektroeinbauteile und einer asymmetrischen Bekleidungen zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer bei einseitiger Brandbeanspruchung in Anlehnung an DIN EN 1363-1:2018-04 [2] (Ofensteuerung über Plattenthermoelemente) nach DIN 4102-8 [1] geprüft. Die Prüfung wurde an der MFPA Leipzig durchgeführt. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau, die Prüfbedingungen und die Ergebnisse, für das hier beschriebene Bauteil.

A.20.2 Geprüfte Konstruktion

Bei dem Probekörper handelt es sich um einen Ausschnitt einer Holzmassivbauwand. Eine Auflistung der konstruktiven Details zur Erstellung der geprüften Konstruktion ist Tabelle A.20.2-1 zu entnehmen. Eine zeichnerische Darstellung der geprüften Konstruktion ist in Abs. A.20.7 dargestellt.

Tabelle A.20.2-1: Auflistung der konstruktiven Details der geprüften Konstruktion

Gesamtabmessungen der geprüften Konstruktion:		
Breite: b = 500 mm, Höhe: h = 500 mm, Dicke: d = 144 mm		
Position	Material / Abmessungen	Anmerkung/en
Tragkonstruktion Holzmassiv	KVH 6 Brettlagen.: d = 21 mm	Verbindungsmittel PUR-Klebstoff (Hersteller Ponal)
Bekleidung	Knauf GKF-Platte d = 18 mm Plattengröße: b x h = 500 x 500 mm Keine Fugen	Befestigungsmittel: GKF-Platte Fischer PH2 3,9 x 35 V3a wurde auf der feuerzugewandten Seite beplankt und V3b auf der feuerabgewandten Seite
Elektrodose	Kaiser Gerätedose: Ø 68 mm, Tiefe 62 mm	
Angaben zum Einbau der Elektroinstallationsdosen		
In die Wandkonstruktion wurden auf der feuerzugewandten Seite Elektroinstallationsdosen eingebaut.		

Zur Messung der Temperaturverläufe wurden in mehreren Lagen Thermoelemente verbaut. Ein Thermoelement wurde direkt hinter der Hohlwanddose angebracht. Zusätzlich wurden im Dosengrund und auf der ungestörten Oberfläche die Temperaturen mit Mantelthermoelementen gemessen.

A.20.3 Baustoffkennwerte

Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtigkeitsgehalt der verwendeten Baustoffe annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist. In Tabelle A.20.3-1 sind für die geprüfte Konstruktion die verwendeten Baustoffe mit den vorhandenen Materialkennwerten (Rohdichte und Feuchtegehalt) sowie deren Baustoffklassen aufgeführt.

Tabelle A.20.3-1: Materialeigenschaften beim Einbau

Baustoff- bezeichnung	Dicke mm	Flächen- gewicht kg/m ²	Rohdichte kg/m ³	Feuchtigkeitsgehalt M.-%	Baustoff Klassifizierung
Holzbreiter	21	10,6	505	14,5	D s2 d0 DIN EN 13501- 1:2019-05
GKF-Platte	18	14,9	818	0,4	A2-s1, d0 (B) DIN EN 13501- 1:2019-05

A.20.4 Versuchsbeobachtungen

Während der Feuerwiderstandsprüfung ermittelte Oberflächentemperaturen auf der feuerabgewandten Seite, die Brandraumtemperatur, die Temperatur in der Wandkonstruktion und der Druck im Brandraum können den Messwerten (A.20.10) entnommen werden.

Die Beobachtungen während der Brandprüfung sind aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

Tabelle A.20.4-1: Beobachtungen während der Brandprüfung

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
-10:00	Thermoelemente 6.3 in V3a ist defekt	-
0:00	Brennerstart	-
4:00	Oberfläche von V3b fängt an zu brennen	F
10:30	Wasserdampf tritt zwischen den Holzugen von V3a hervor	FA
23:30	Teile der ersten Holzschicht von V3b sind abgefallen	F
31:10	Es sind Knackgeräusche zu hören in V3b	F
37:00	Weitere Teile von V3b sind abgefallen	F
37:30	Leise Knackgeräusche in V3b	F
42:15	Wasseraustritt in den Fugen von V3a (beidseitig)	FA
42:30	4.4 von V3b umgesteckt, vorher falsch verkabelt! (Drähte verwechselt)	-
46:10	V3b obere linke Ecke der feuerabgewandten GKF-Platte erwärmt sich	FA
49:00	Leichter Rauchastritt hinter der GKF-Bekleidung von V3a	FA
51:30	Verfärbung der GKF-Einhausung oben und auf der rechten Seite von V3b	FA
54:10	Verfärbung der oberen GKF-Platte von V3a	FA
55:00	Flammen schlagen vom Probekörper V3a in den Brandraum	F
57:00	V3b die GKF-Einhausung oben beginnt sich schwarz zu färben	FA
58:20	V3a Abdichtmasse in den Verfüllten Fugen färbt sich schwarz	FA
58:20	V3a die linke Platte der GKF-Einhausung beginnt sich zu verfärben	FA
64:20	V3a gelbe Verfärbung der Fugen auf der Rückseite	FA
65:00	Schwarze Verfärbung der oberen GKF-Platte von V3b breitet sich aus, es sind deutliche Spuren von Pyrolyse zu erkennen	FA
74:40	V3b rechte GKF-Platte verkohlt	FA
77:20	V3b linke GKF-Platte verkohlt	FA
82:30	Weitere Teile von V3b fallen ab	F
87:50	Zersetzung der rechten GKF-Platte von V3b hat sich bis zur Verschraubung ausgebreitet	FA
88:20	V3b Knackgeräusche im Inneren	F
116:20	V3b Verfärbung der hinteren GKF-Platte auf der rechten Seite	FA
118:30	V3a GKF-Platte fällt ab	F
122:00	Versuchsabbruch	-

A.20.5 Zusammenfassung der Prüfergebnisse

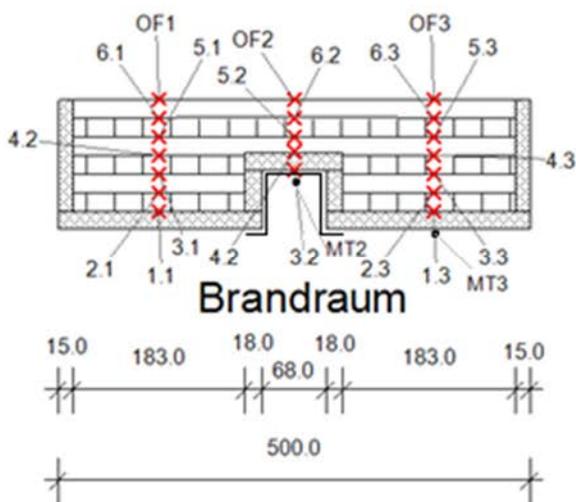
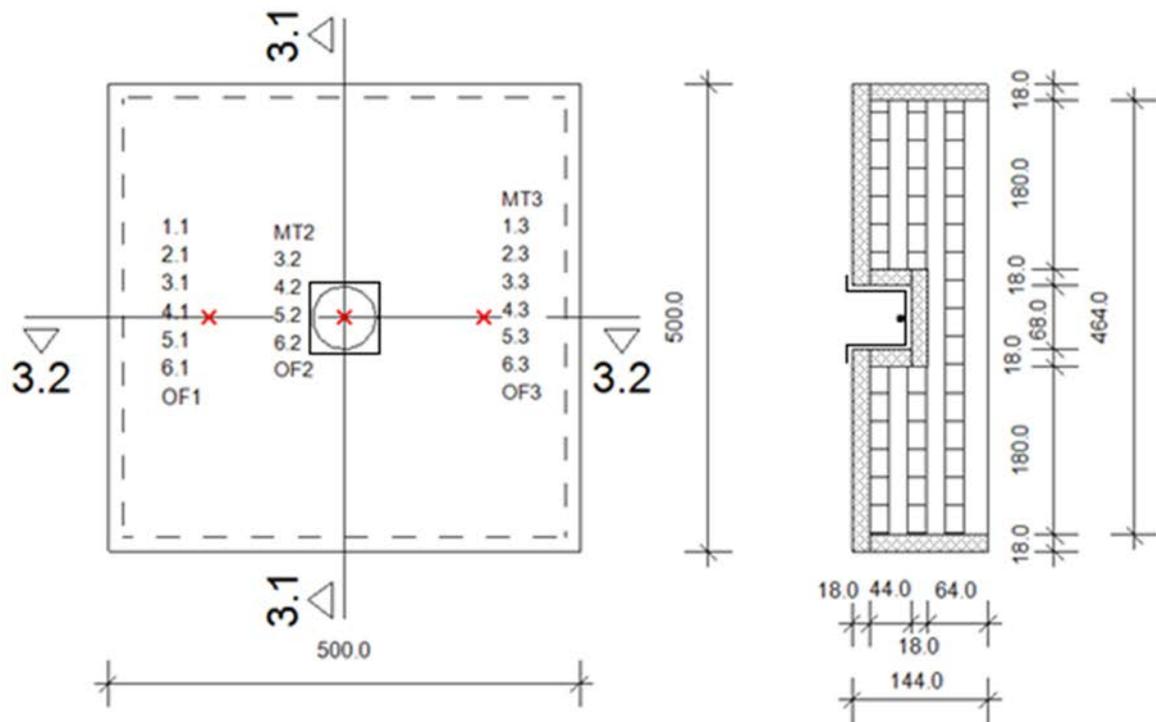
Tabelle A.20.5-1: Übersicht für das Kriterium Wärmedämmung - feuerabgewandt

Prüfdauer in min	30	60	90	120
Mittelwert der Temperaturerhöhung für V3a in K	-	-0,4	4,0	11,6
Maximaler Einzelwert für V3a in K	-1,1	1,1	8,8	19,3
Mittelwert der Temperaturerhöhung für V3b in K	-0,1	1,2	8,8	68,1
Maximaler Einzelwert für V3b in K	0,0	3,1	13,0	84,6

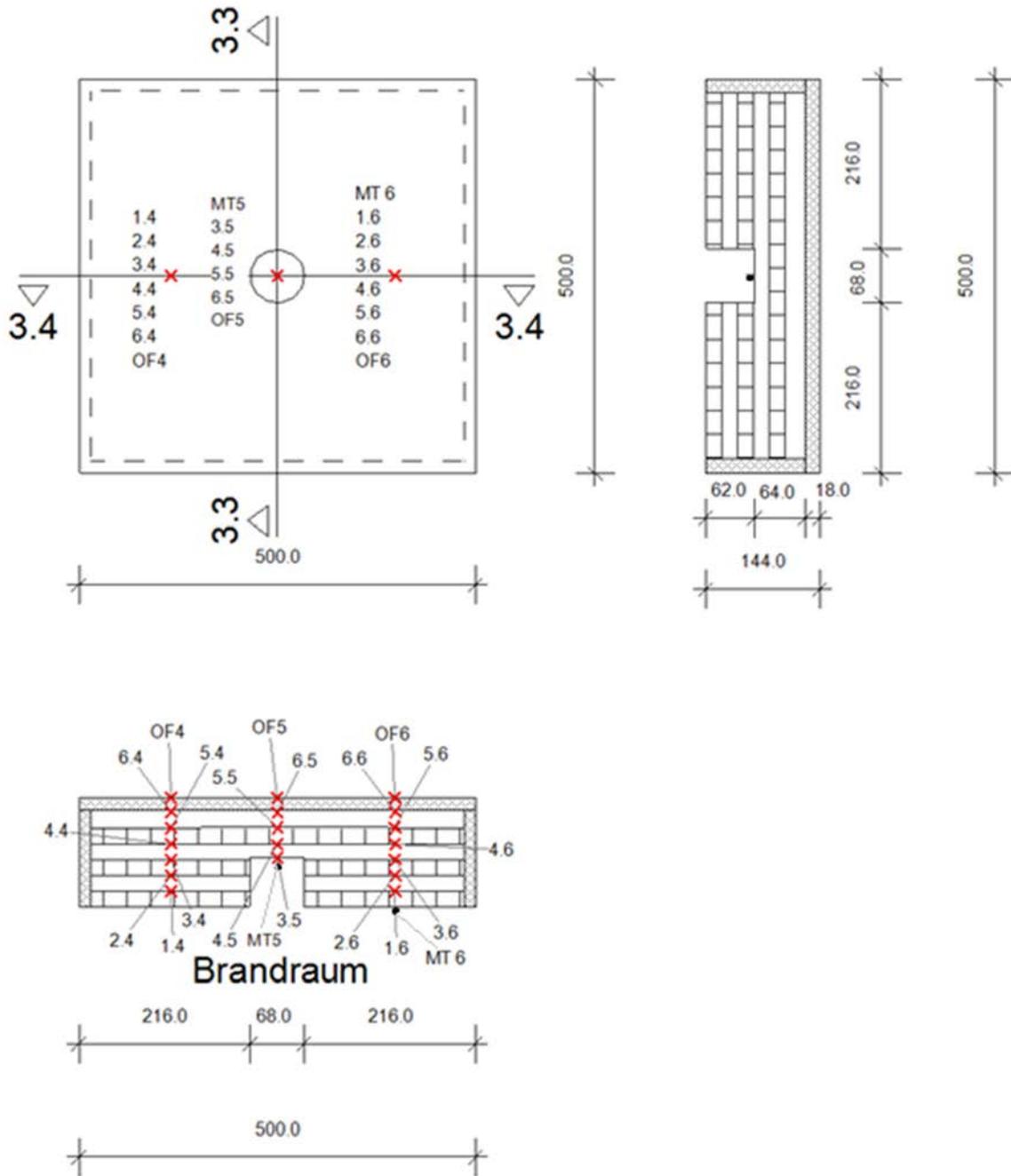
A.20.6 Sonstige Angaben

Die Raumtemperatur zu Beginn des Versuchs lag bei 14,6 °C. Im Verlauf des Versuchs sank die Temperatur zeitweise auf etwa 11 °C und liegt somit nicht in den Grenzen der DIN EN 1363-1:2018-04 [2]. Der Druck im Prüfraum betrug ca. 20 Pa nach DIN 1363-1:2018-04 [2]. Es trat leichter Rauch auf der feuerabgewandten Seite auf.

A.20.7 Übersicht Probekörper V3a



A.20.8 Übersicht Probekörper V3b



A.20.9 Fotodokumentation



Abbildung A.20.9-1: Probekörper V3A, feuerzugewandt, eingebaut im Brandofen



Abbildung A.20.9-2: Probekörper V3b, feuerzugewandt



Abbildung A.20.9-3: Rauch tritt auf der Rückseite von V3a aus (Holz weiß lasiert)



Abbildung A.20.9-4: Deutliche Verfärbung auf der Rückseite von V3b



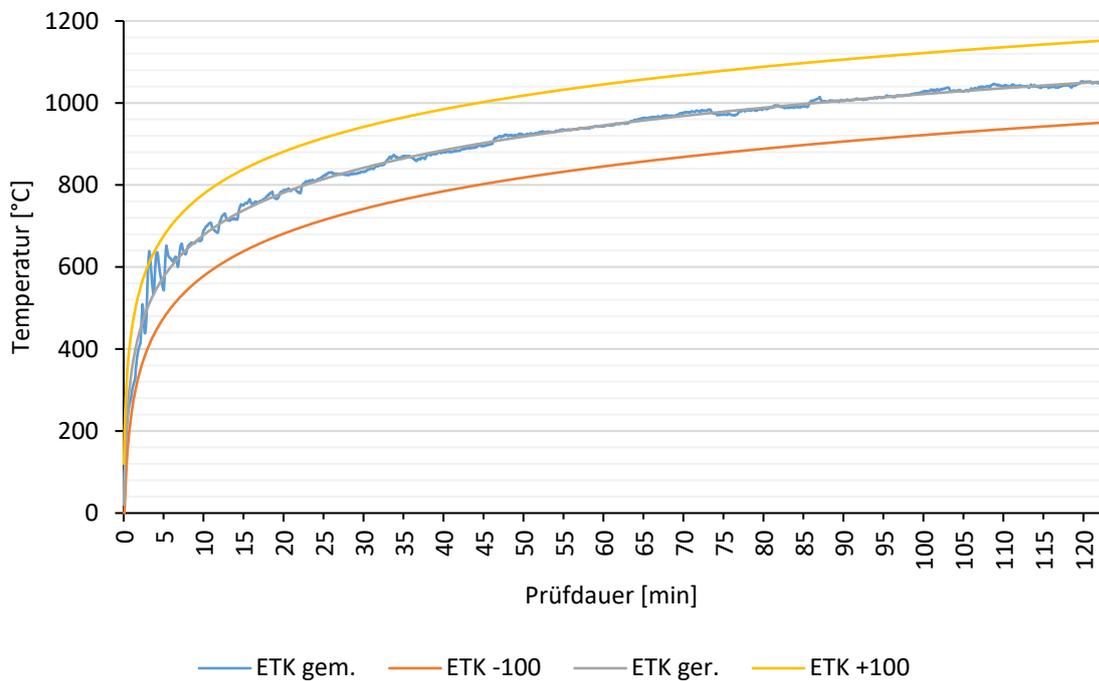
Abbildung A.20.9-5: ungleichmäßiger Abbrand (Querschnitt)



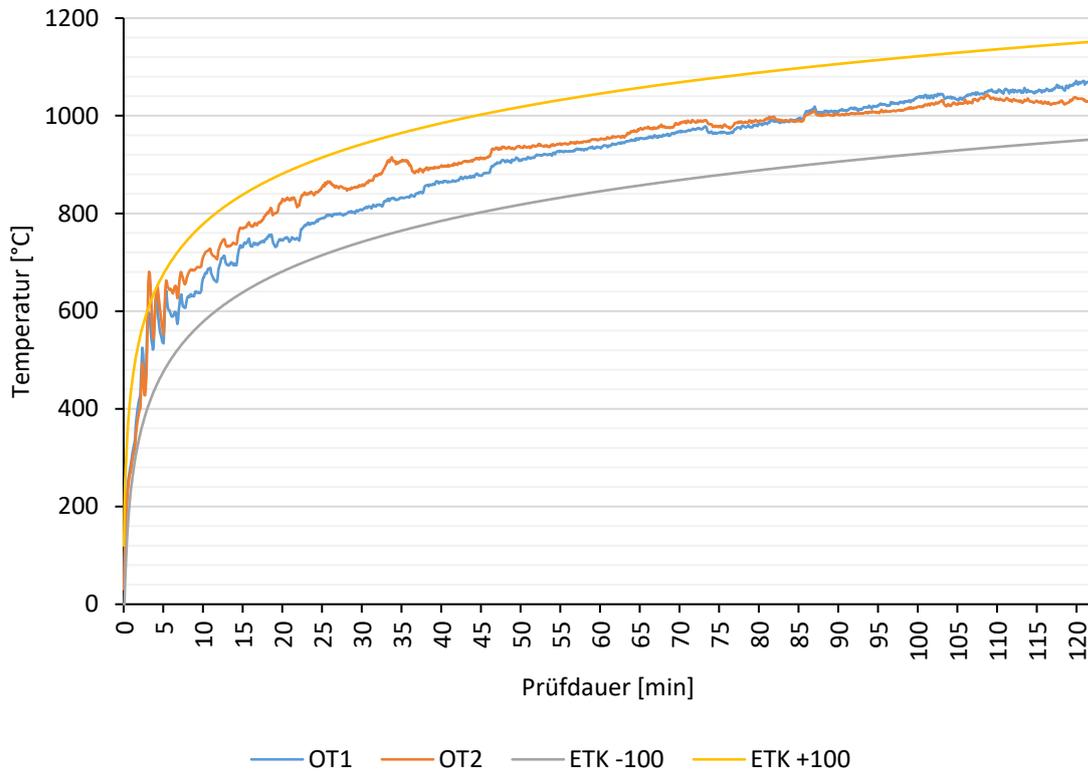
Abbildung A.20.9-6: Einbrand in den Probekörper

A.20.10 Darstellung der Messwerte

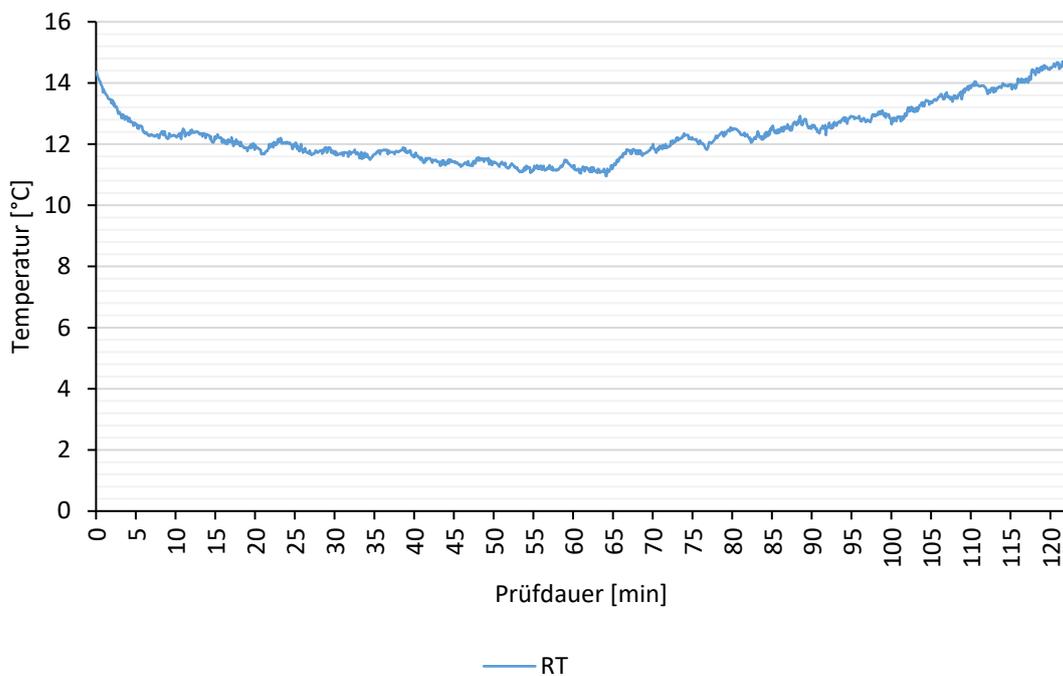
A.20.10.1 Messstellen im Ofen: Temperaturverlauf



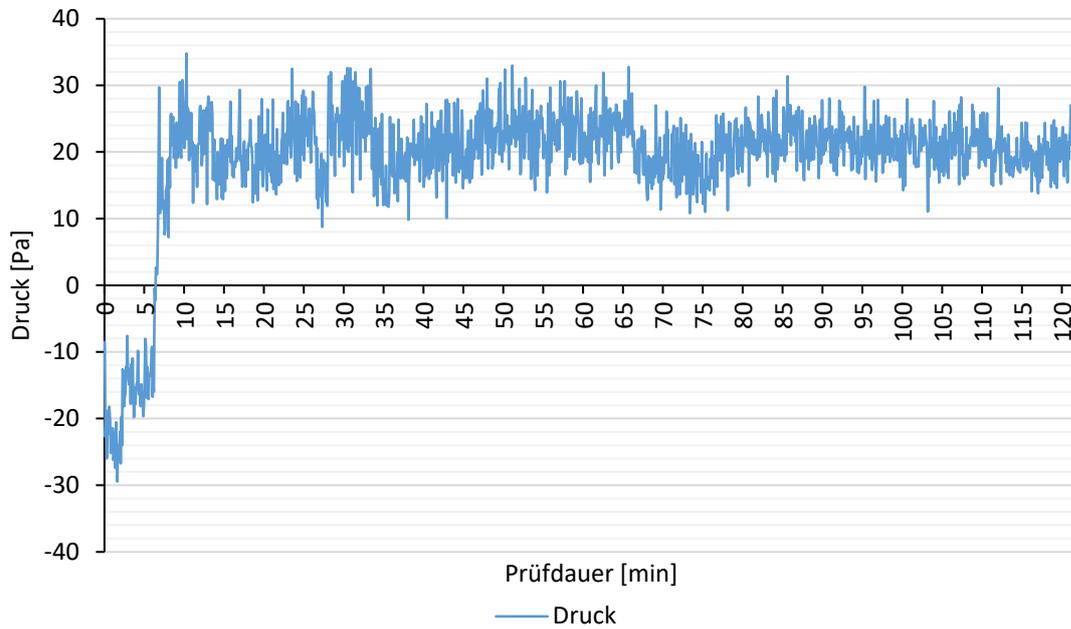
A.20.10.2. Gemessene Temperaturen aller Ofenthermoelemente



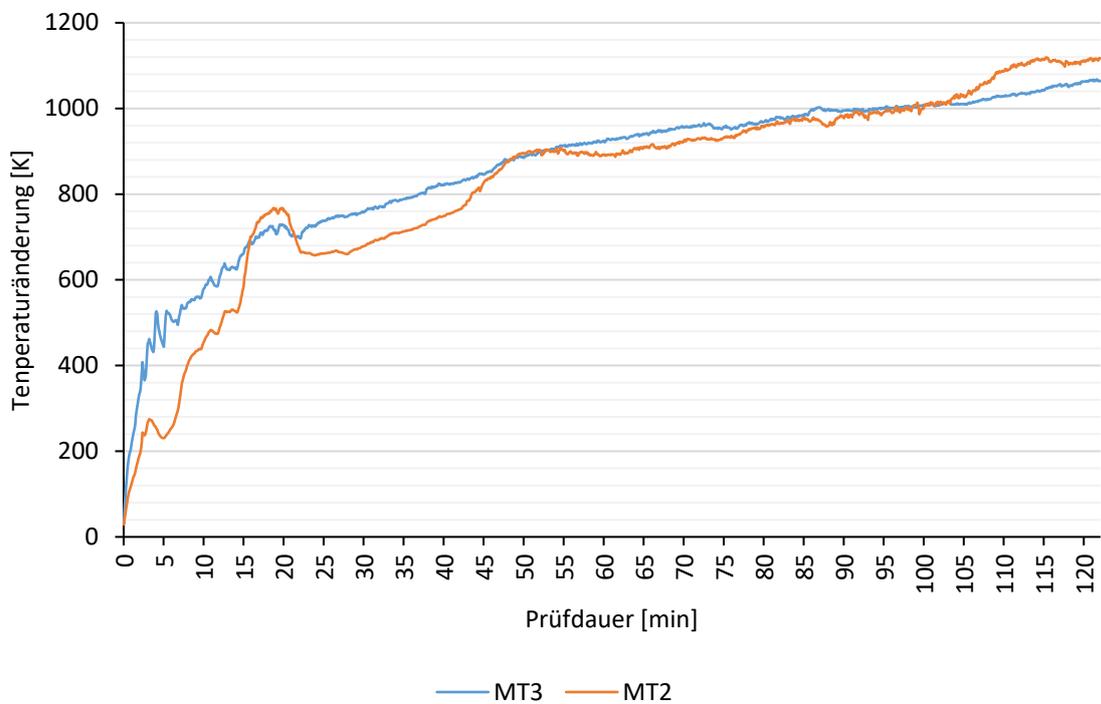
A.20.10.3. Raumtemperatur



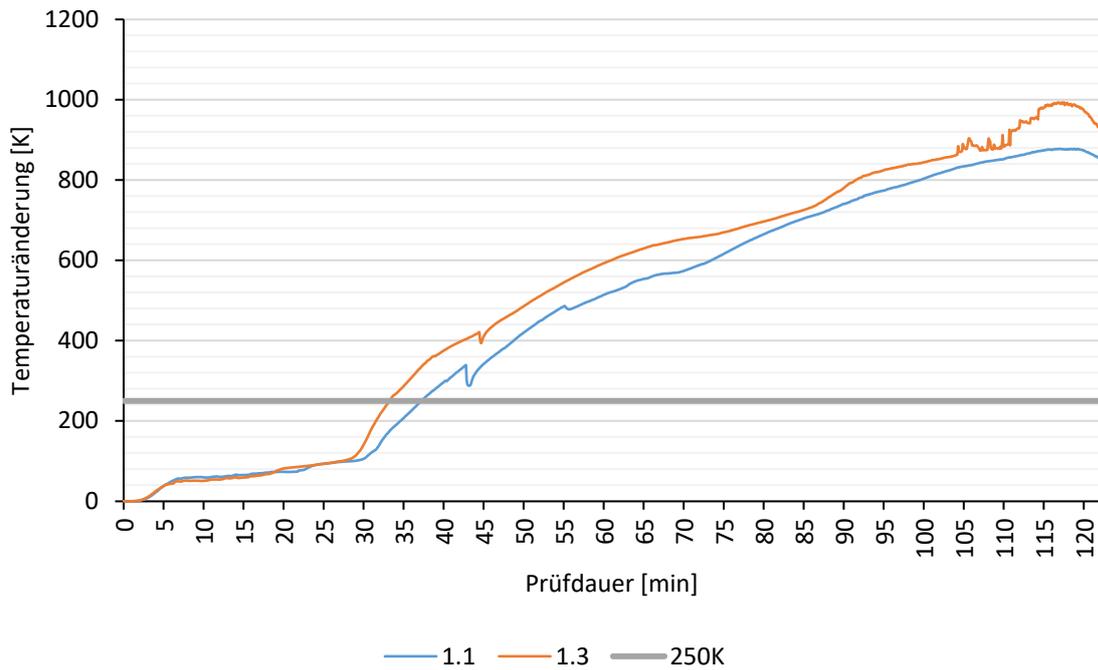
A.20.10.4. Druck im Brandraum



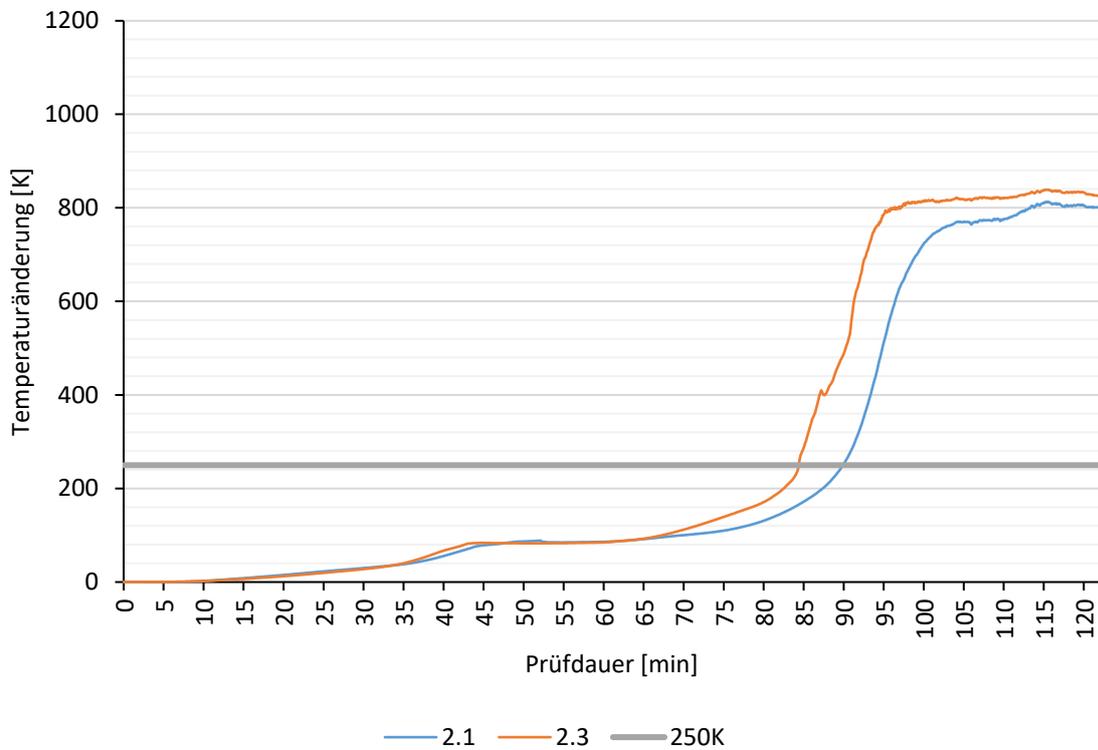
A.20.10.5. V3a: Temperaturen im Dosengrund und an der Oberfläche



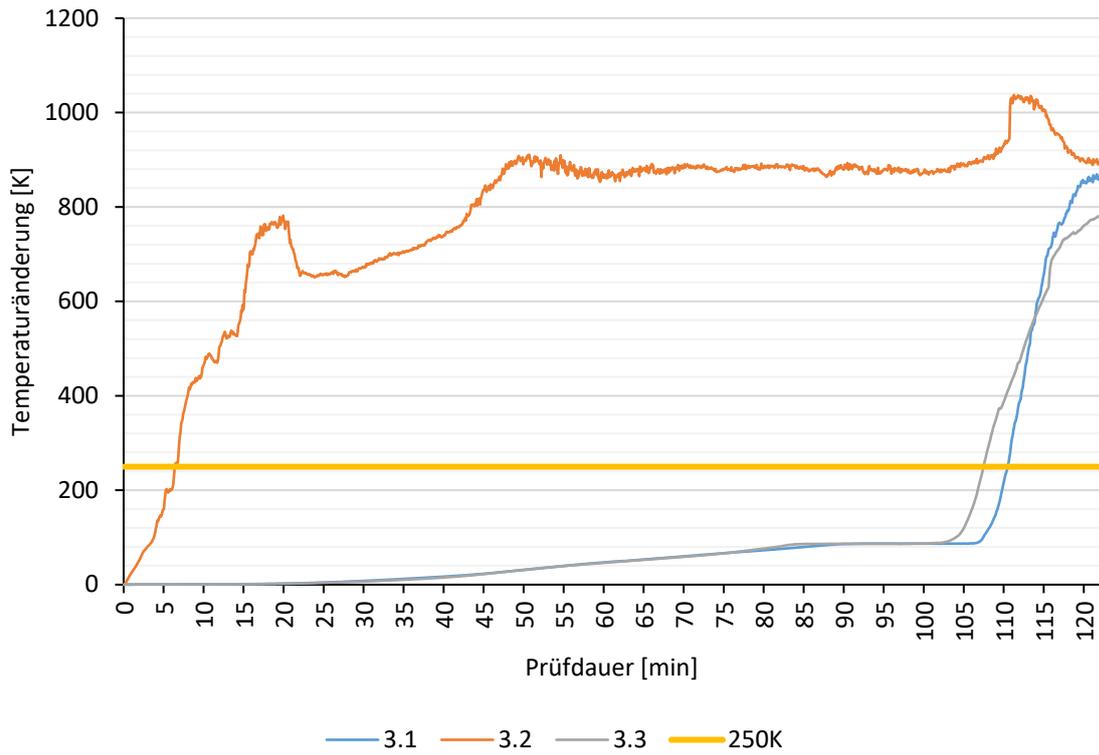
A.20.10.6. V3a: Temperaturänderung hinter der Bekleidungslagen



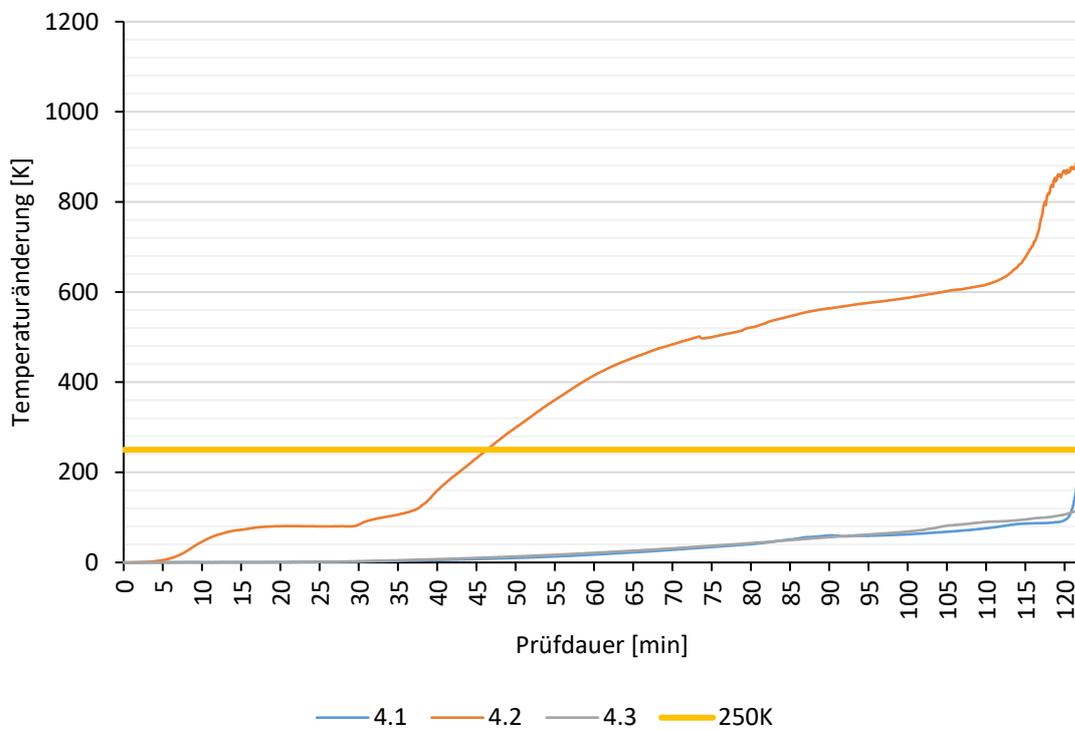
A.20.10.7. V3a: Temperaturänderung hinter Schicht 2



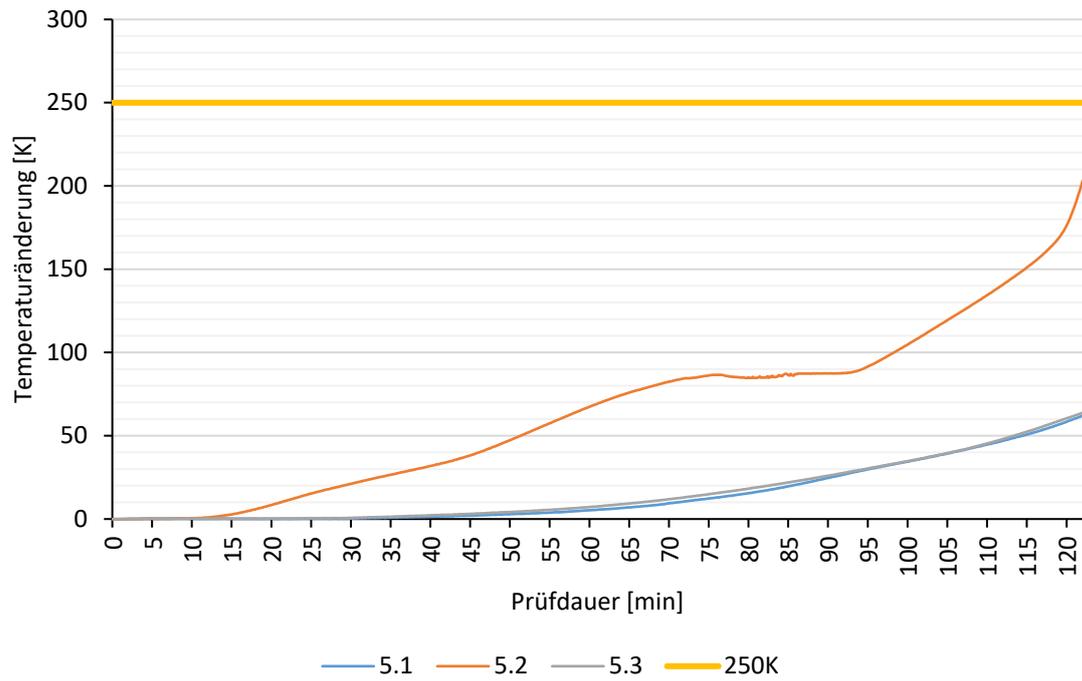
A.20.10.8. V3a: Temperaturänderung hinter Schicht 3 und im Dosengrund



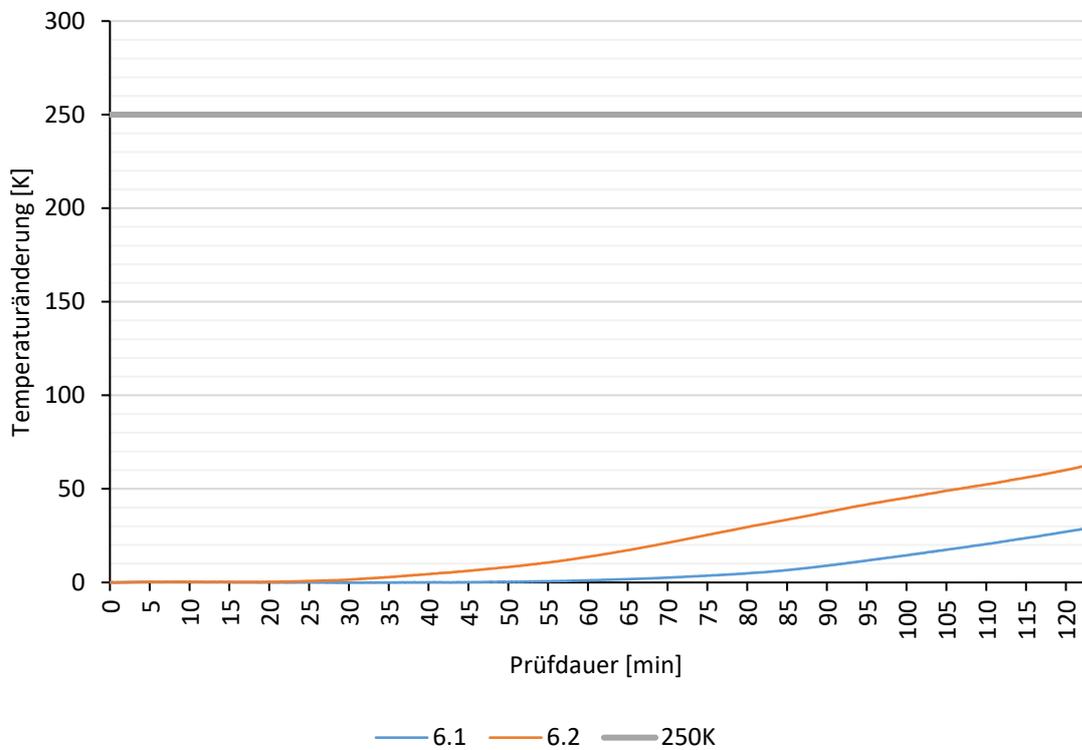
A.20.10.9. V3a: Temperaturänderung hinter Schicht 4



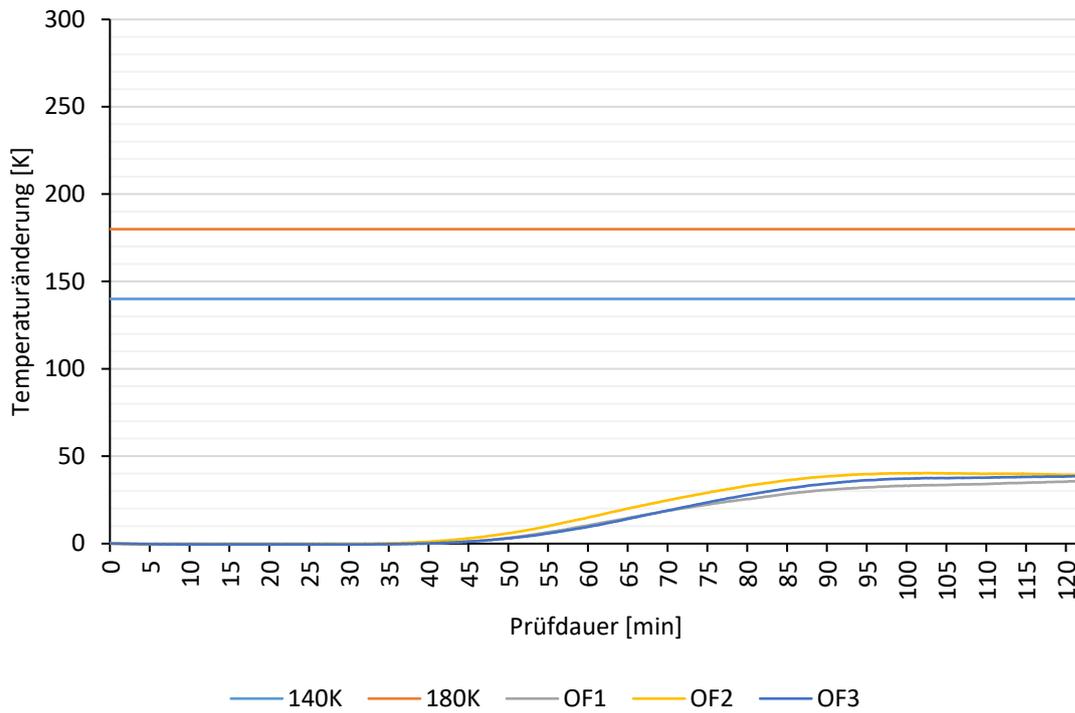
A.20.10.10. V3a: Temperaturänderung hinter Schicht 5



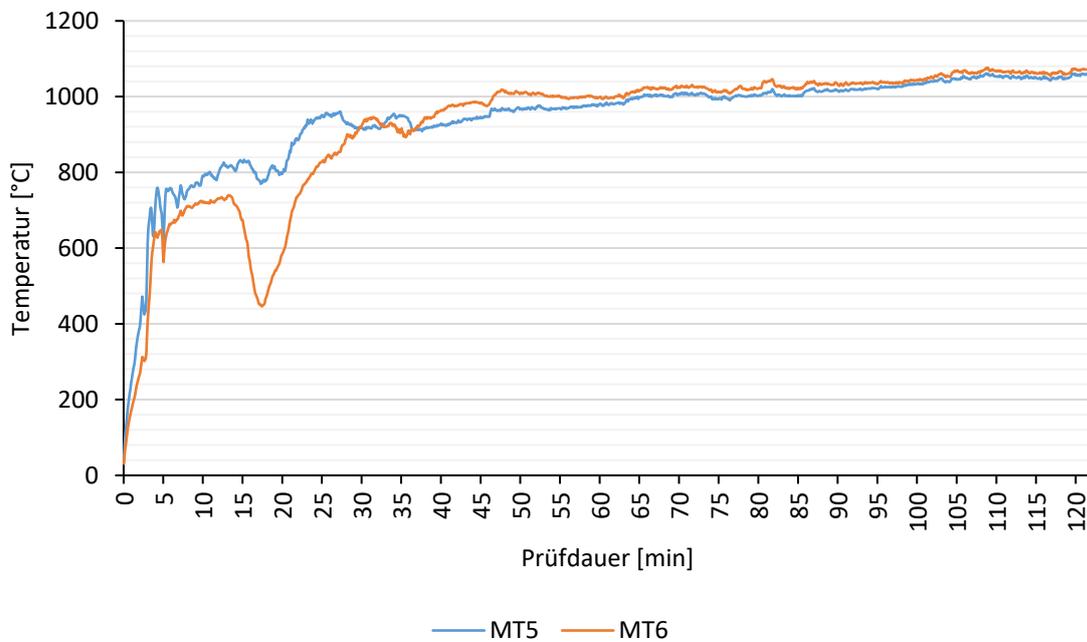
A.20.10.11. V3a: Temperaturänderung Schicht 6



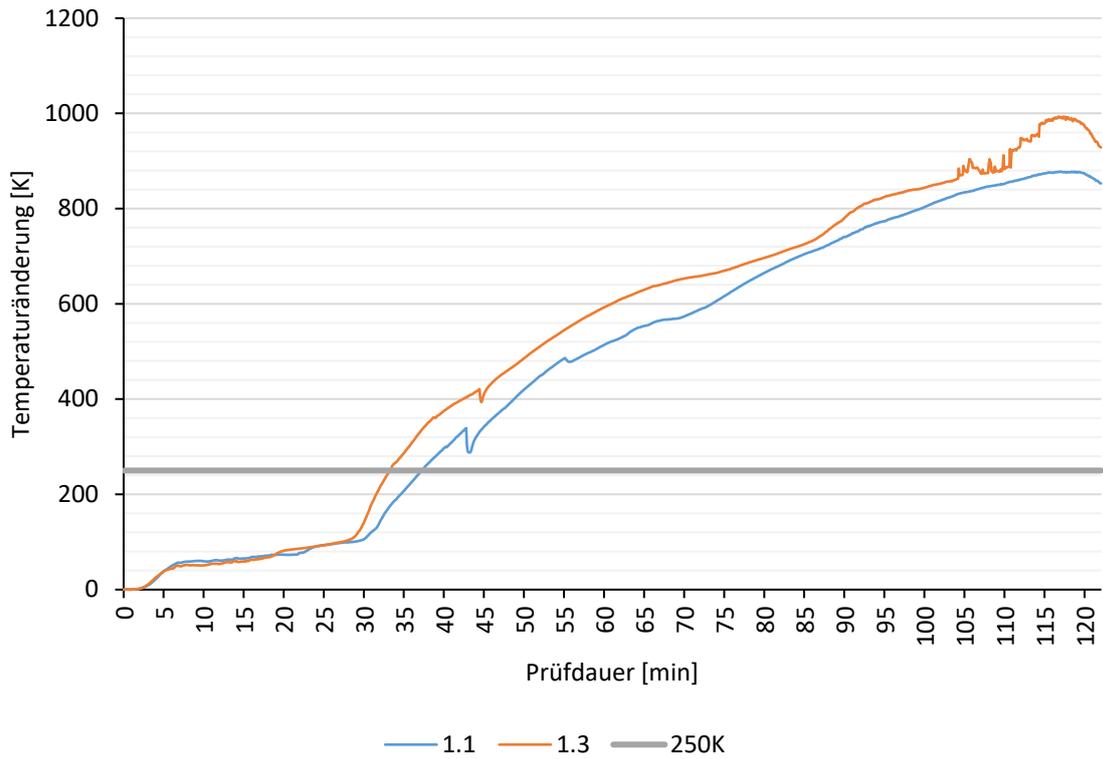
A.20.10.12. V3a: Temperaturänderung auf der feuerabgewandten Oberfläche



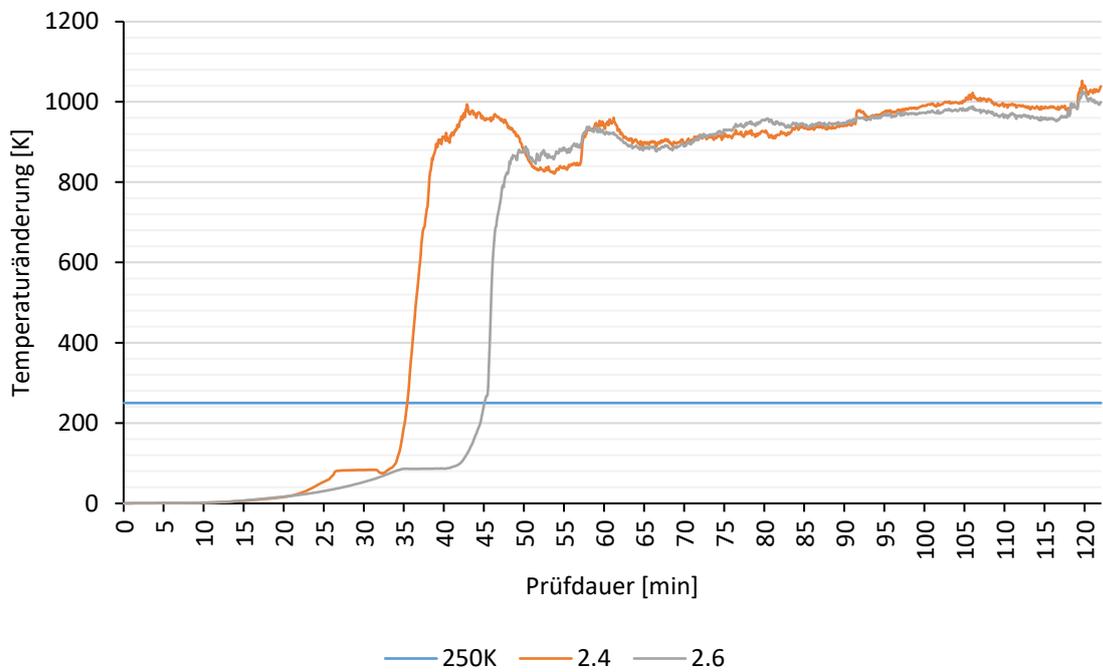
A.20.10.13. V3b: Temperaturen im Dosengrund und an der Oberfläche von V3b



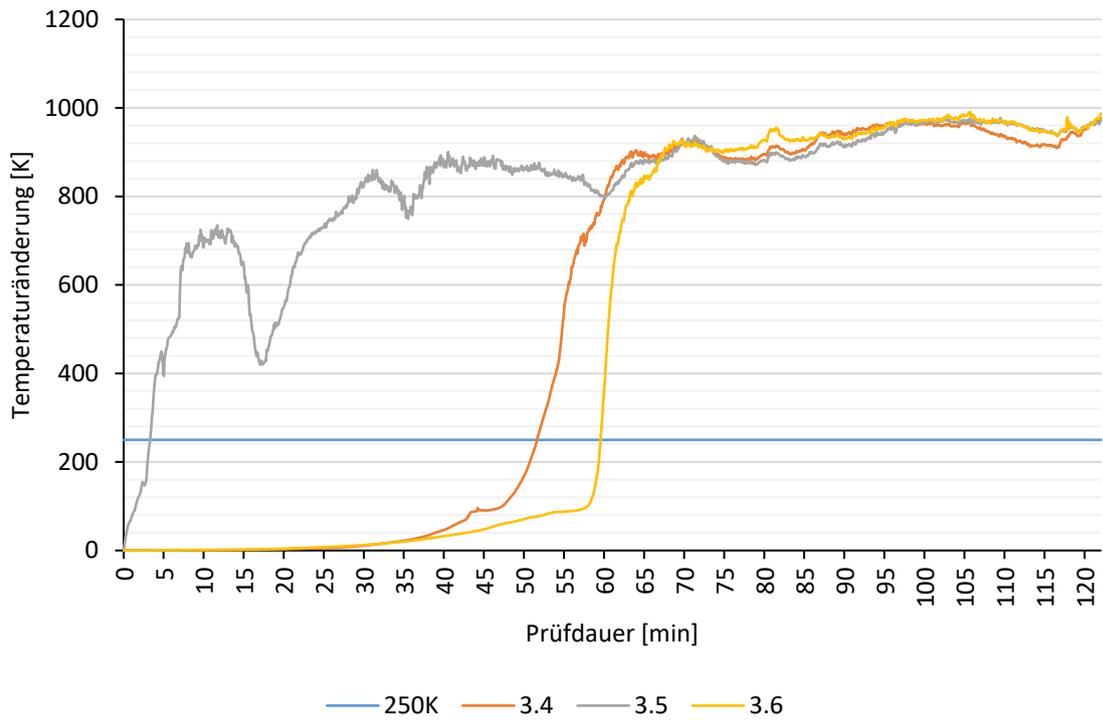
A.20.10.14. V3b: Temperaturänderung hinter Schicht 1



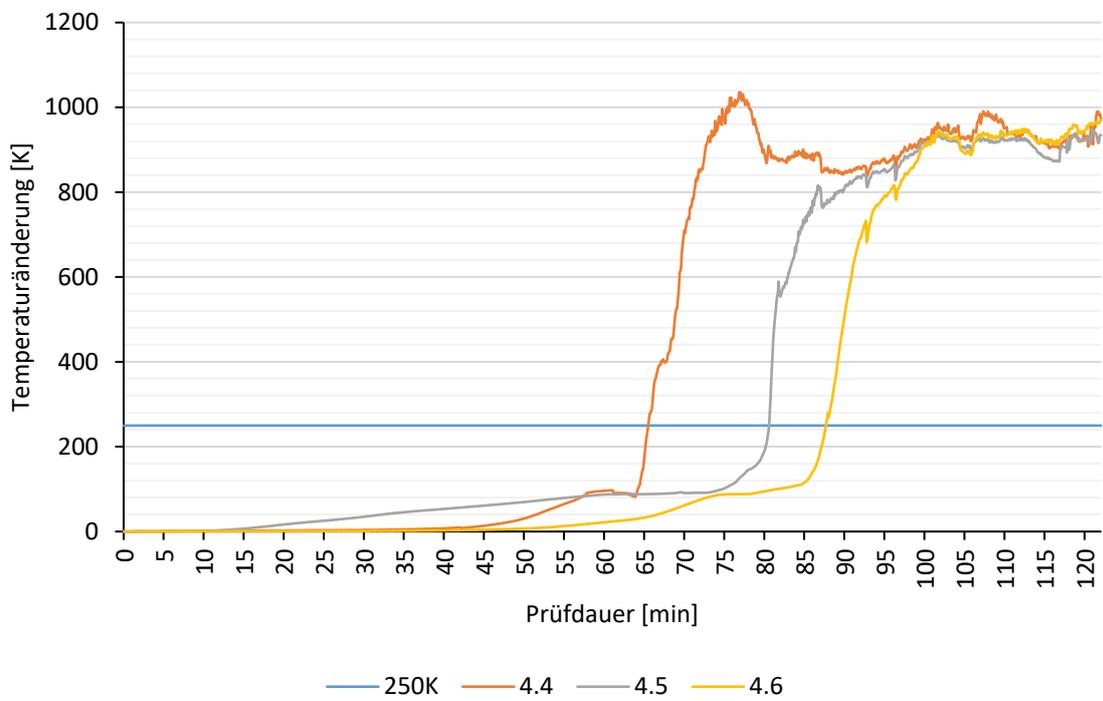
A.20.10.15. V3b: Temperaturänderung hinter Schicht 2



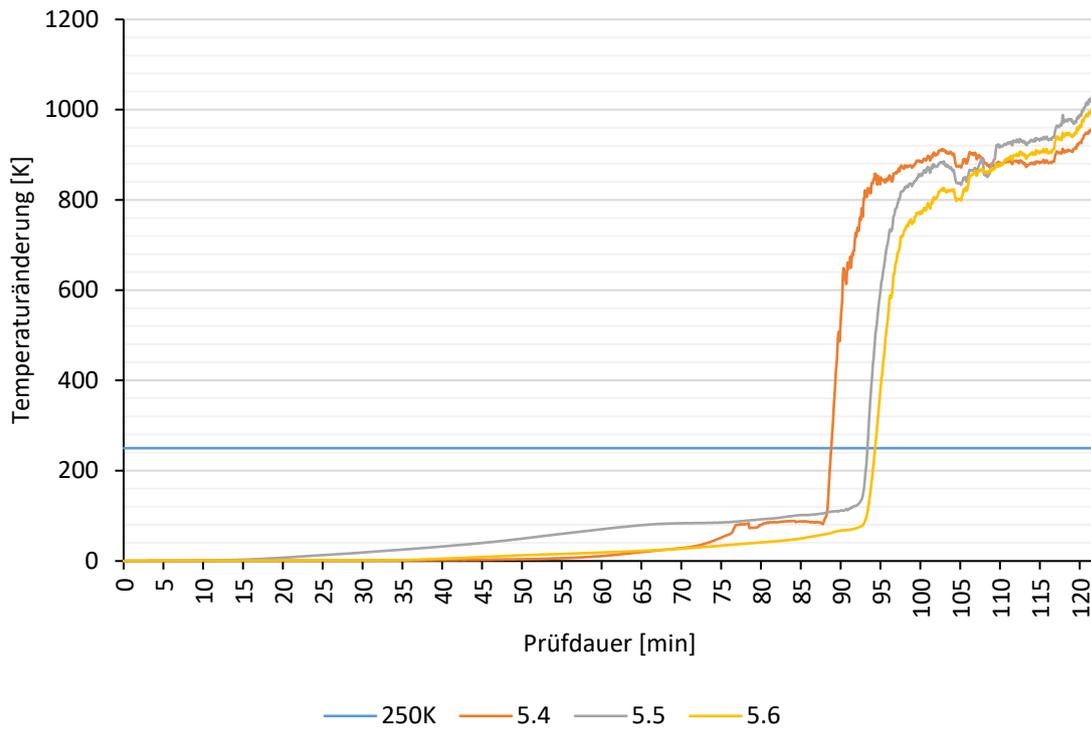
A.20.10.16. V3b: Temperaturänderung hinter Schicht 3 und im Dosengrund



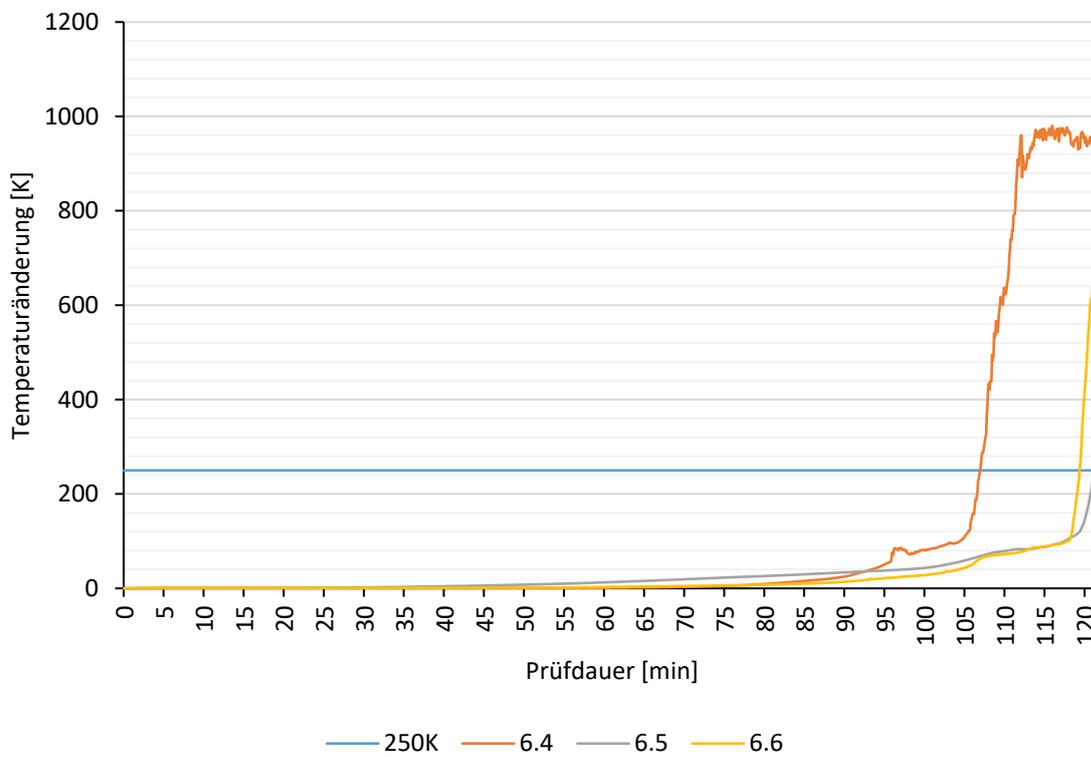
A.20.10.17. V3b: Temperaturänderung hinter Schicht 4



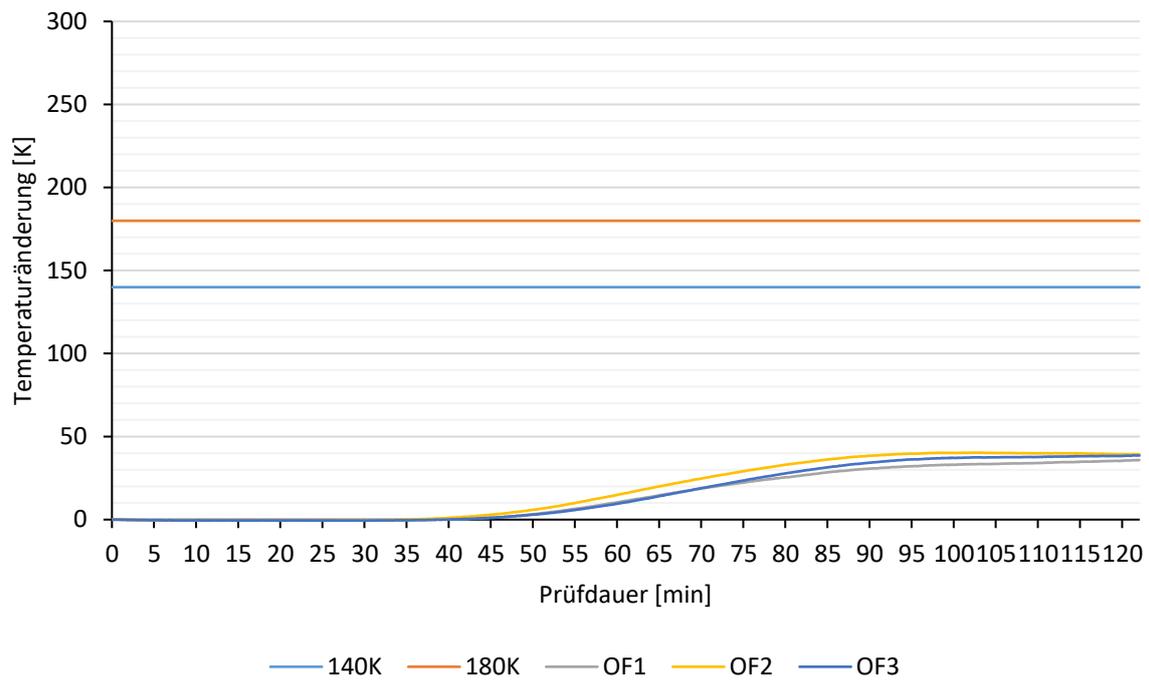
A.20.10.18. V3b: Temperaturänderung hinter Schicht 5



A.20.10.19. V3b: Temperaturänderung Schicht 6



A.20.10.20. V3b: Temperaturänderung auf der feuerabgewandten Oberfläche



A.21 Prüfbericht zu Brandversuch nach DIN 4102-8: Einbauteile in Holztafelbauelementen mit Gipsbett und Gipsbekleidung

Prüfbericht-Nr.	TUM 20-01-21_02 – (V4 a und V4b)
Gegenstand	Einbauteile in Holztafelbauelementen mit Gipsbett und Gipsbekleidung
Auftraggeber	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM
Projektleiter	Michael Rauch M. Sc.
Datum der Durchführung	20.01.2020
Datum Bericht	21.02.2021
Anzahl Seiten des Berichts	2

Dieser Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt verwendet werden. Eine gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion.

A.21.1 Allgemeines

Am 20.01.2020 wurden zwei 172 mm dicke Probekörper in Holztafelbauweise mit einer symmetrischen Bekleidung und einer Gefachdämmung zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer bei einseitiger Brandbeanspruchung nach DIN 4102-8 [1] geprüft. In den Probekörper V4a wurde eine Elektrodose mit Gipsbett, in V4b eine dreifach Elektrodose mit Gipseinhausung eingebaut. Die Prüfung wurde an der MFPA Leipzig durchgeführt. Dieser Prüfbericht beschreibt den konstruktiven Aufbau, die Prüfbedingungen und die Ergebnisse, für das hier beschriebene Bauteil.

A.21.2 Geprüfte Konstruktion

Bei der Wandkonstruktion handelt es sich um eine Holztafelbauwand. Eine Auflistung der konstruktiven Details zur Erstellung der geprüften Konstruktion ist Tabelle A.21.2-1111 zu entnehmen. Die geprüfte Konstruktion ist Abs. A.21.7 dargestellt.

Tabelle A.21.2-1: Auflistung der konstruktiven Details der geprüften Konstruktion

Gesamtabmessungen der geprüften Konstruktion:		
Breite: b = 500 mm, Höhe: h = 500 mm, Dicke: d = 172 mm		
Position	Material / Abmessungen	Anmerkung/en
Tragkonstruktion Rahmen	KVH b x d = 60 x 100 mm	Verbindung der Rahmenecke mit Spax Holzschraube T20 8,0 x 160 mm, 2 Stück / Ecke
Gefachdämmung	2 Lagen Rockwool: Sonorock $\rho = 29,8 \text{ kg/m}^3$; Dicke: d = 50 mm	Gefach voll ausgedämmt
Bekleidung	2 x Knauf GKF-Platte d = 18 mm Plattengröße: b x h = 500 x 500 mm Keine Fugen	Befestigungsmittel: GKF-Platte Fischer PH2 3,9 x 35, umlaufend
Elektrodose	Kaiser Gerätedose: $\varnothing 68 \text{ mm}$, Tiefe 62 mm (V4 a) Verbindungsdose 3-fach, 3 x $\varnothing 68 \text{ mm}$, Tiefe 62 mm (V4 b)	
Einhausung der Elektrodose mit Gipsbett (V4a)	Gipsbett Dicke ca. 40 mm	
Einhausung der Elektrodosen mit Gipsbekleidung (V4b)	2 x Knauf GKF-Platten d = 18 mm	Die Platten wurden an den Stoßstellen verspachtelt.
Angaben zum Einbau der Elektroinstallationsdosen		
In die Wandkonstruktion wurden auf der feuerzugewandten Seite Elektroinstallationsdosen eingebaut. Die Anordnung der Öffnungen kann Abs. A.21.7 entnommen werden.		

Zur Messung der Temperaturverläufe wurden in mehreren Lagen Thermoelemente verbaut (vgl. A.21.7). Ein Thermoelement wurde direkt hinter der Hohlwanddose angebracht. Zusätzlich wurden im Dosengrund und auf der ungestörten Oberfläche die Temperaturen mit Mantelthermoelementen gemessen.

A.21.3 Baustoffkennwerte

Zum Zeitpunkt der Prüfung entsprachen die Festigkeit und der Feuchtigkeitsgehalt der verwendeten Baustoffe annähernd dem Zustand, der bei der üblichen Verwendung zu erwarten ist. In nachfolgender Tabelle sind die für die geprüfte Konstruktion verwendeten Baustoffe mit

den vorhandenen Materialkennwerten (Rohdichte und Feuchtegehalt) sowie deren Baustoffklassen aufgeführt.

Tabelle A.21.3-1: Materialeigenschaften beim Einbau

Baustoff- bezeichnung	Dicke mm	Flächen- gewicht kg/m ²	Rohdichte kg/m ³	Feuchtigkeitsgehalt M.-%	Baustoff Klassifizierung
KVH	100/60	-	505	16,6	D s2 d0 DIN EN 13501- 1:2019-05
Wärmedämmung	40	1,2	29,8	-	A1 DIN EN 13501- 1:2019-05
GKF-Platte	18	14,9	818	0,4	A2-s1, d0 DIN EN 13501- 1:2019-05

A.21.4 Prüfbeobachtungen

Während der Feuerwiderstandsprüfung ermittelte Oberflächentemperaturen auf der feuerabgewandten Seite, die Brandraumtemperatur, die Temperatur in der Wandkonstruktion und der Druck im Brandraum können Abs. A.21.9 entnommen werden.

Die Beobachtungen während der Brandprüfung sind aus Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle A.21.4-1: Liste aller während der Brandprüfung gemachten Beobachtungen

Prüfzeit [min:s]	Beobachtungen während der Prüfung	Beobachtungs- seite
00:00	Brennerstart	-
48:00	GKF-Platte von V4b auf der feuerabgewandten Seite erwärmt sich oben Links	FA
60:00	GKF-Platte von V4a auf der feuerabgewandten Seite erwärmt sich oben Links	FA
122:00	Versuchsabbruch	-

A.21.5 Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Tabelle A.21.5-1: Übersicht für das Kriterium Wärmedämmung

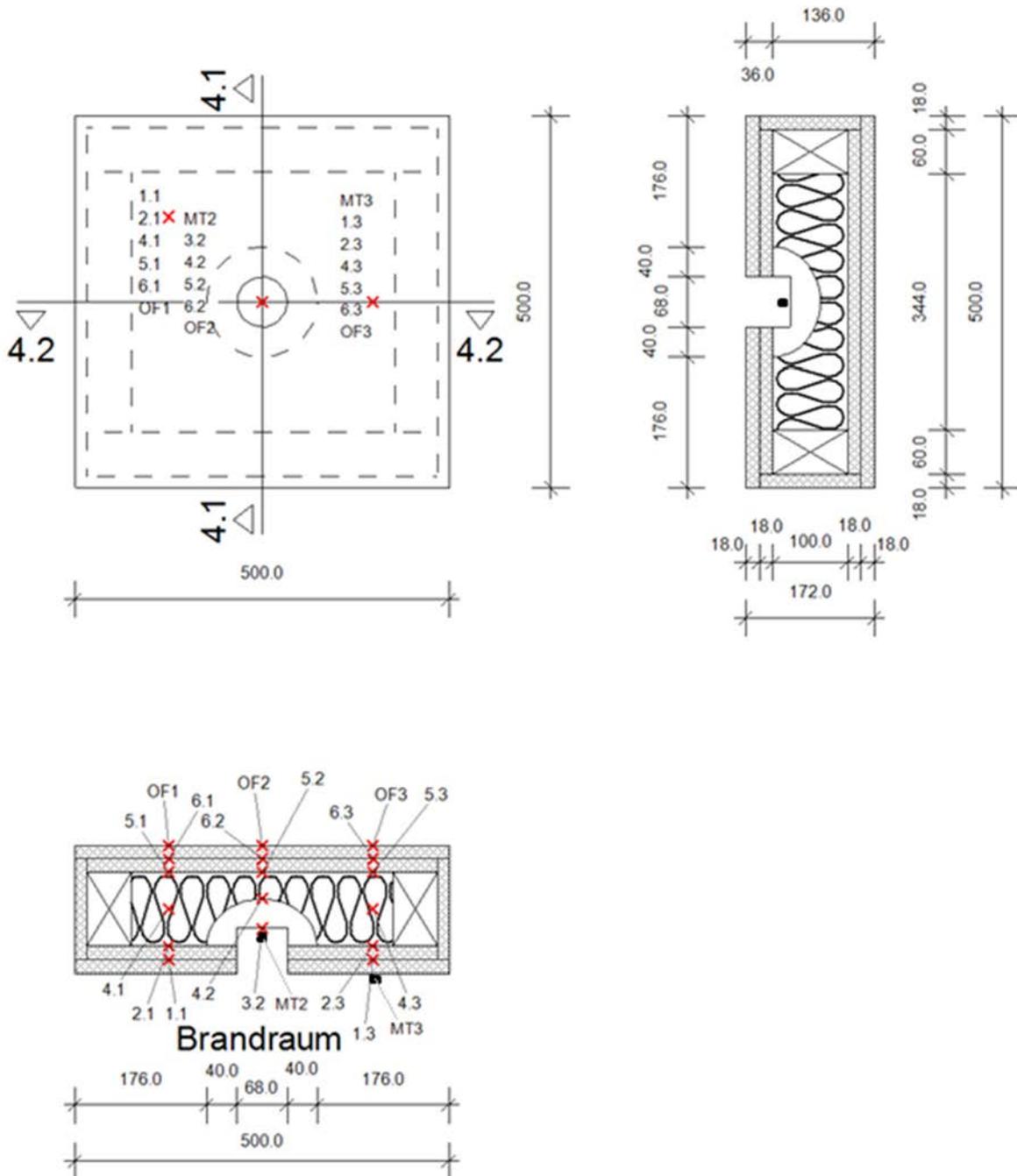
Prüfdauer in min	30	60	90	120
Mittelwert der Temperaturerhöhung für V4a in K	-0,6	11,6	34,4	37,6
Maximaler Einzelwert für V4a in K	-0,55	14,9	38,4	39,2
Mittelwert der Temperaturerhöhung für V4b in K	0,1	16,4	35,2	39,7
Maximaler Einzelwert für V4b in K	1,16	18,7	38,4	43,5

A.21.6 Sonstige Angaben

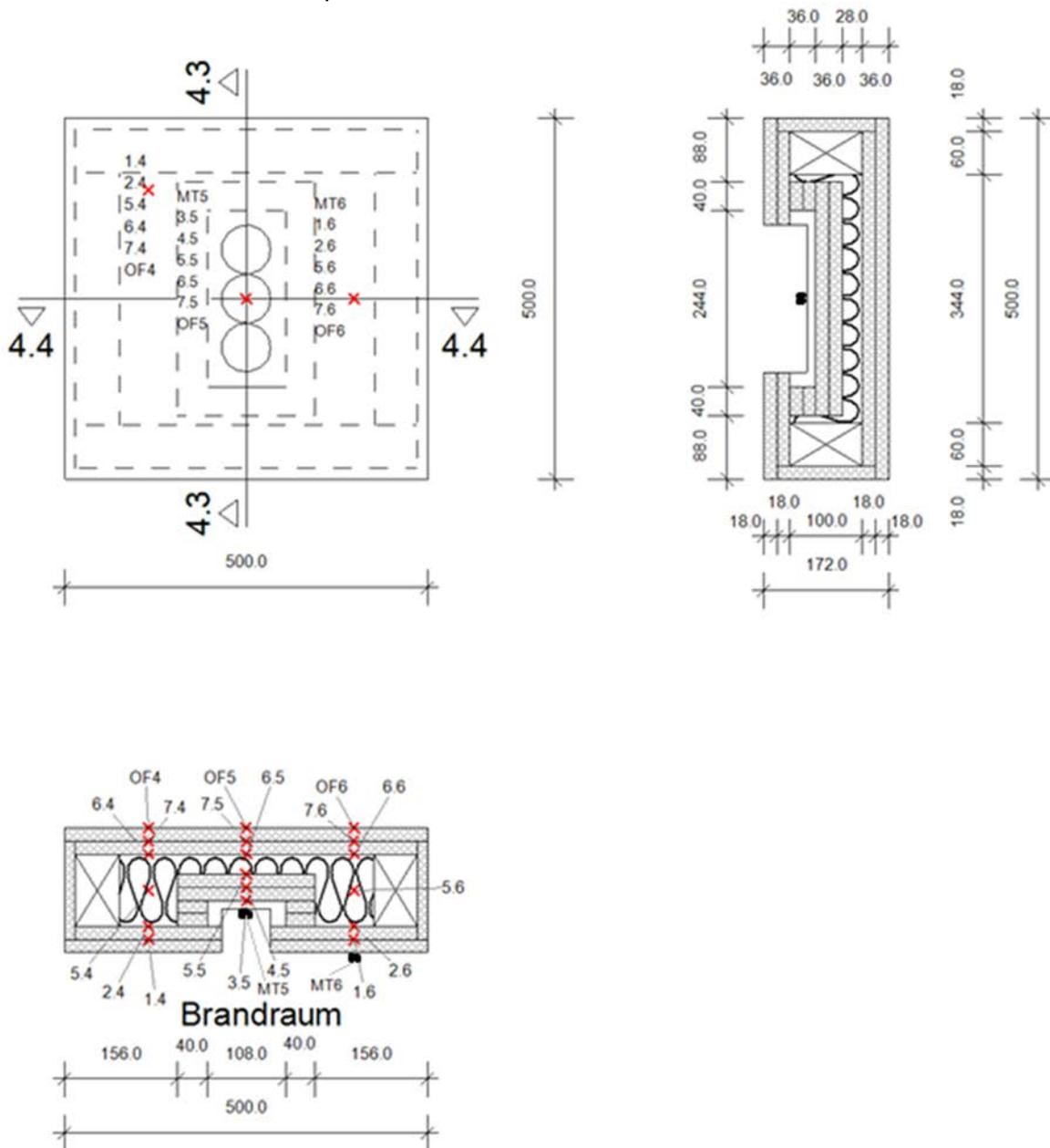
Die Raumtemperatur zu Beginn des Versuchs lag bei 10,6 °C. Im Verlauf des Versuchs erhöhte sich die Temperatur zeitweise auf etwa 15 °C und liegt somit nicht in den Grenzen der DIN EN 1363-1:2018-04 [2]

A.21.7 Konstruktionszeichnungen

A.21.7.1. Übersicht Probekörper V4a



A.21.7.2. Übersicht Probekörper V4b



A.21.8 Fotodokumentation



Abbildung A.21.8-1: Einbau des Probekörpers V4a



Abbildung A.21.8-2 : Einbau des Probekörpers V4a



Abbildung A.21.8-3: Einbau des Probekörpers V4b



Abbildung A.21.8-4 : Einbau des Probekörpers V4b



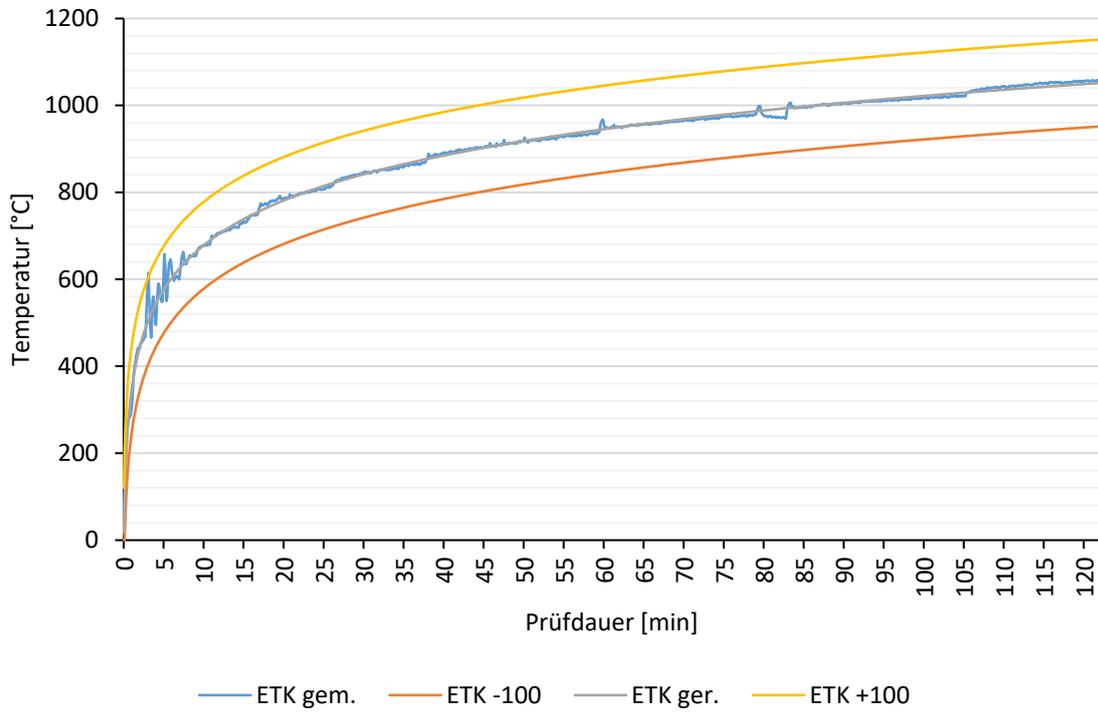
Abbildung A.21.8-5: V4a nach dem Brandversuch (Gipsbett noch intakt)



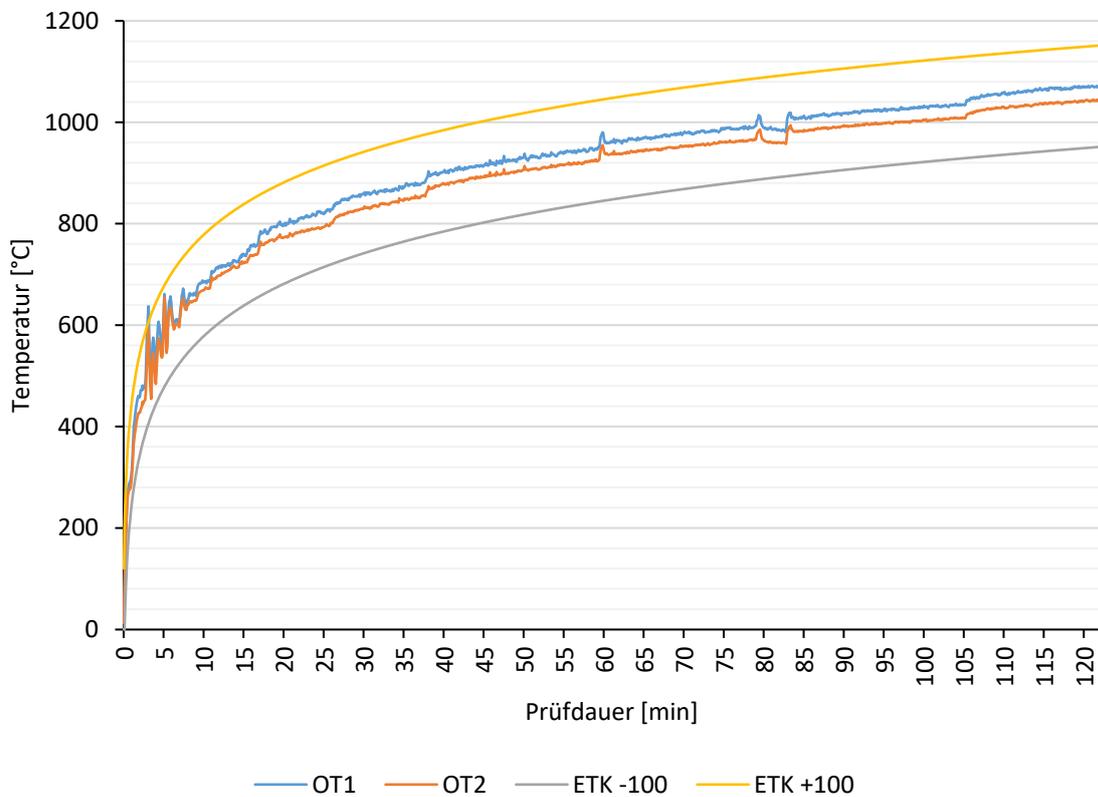
V4b nach dem Brandversuch

A.21.9 Darstellung der Messwerte

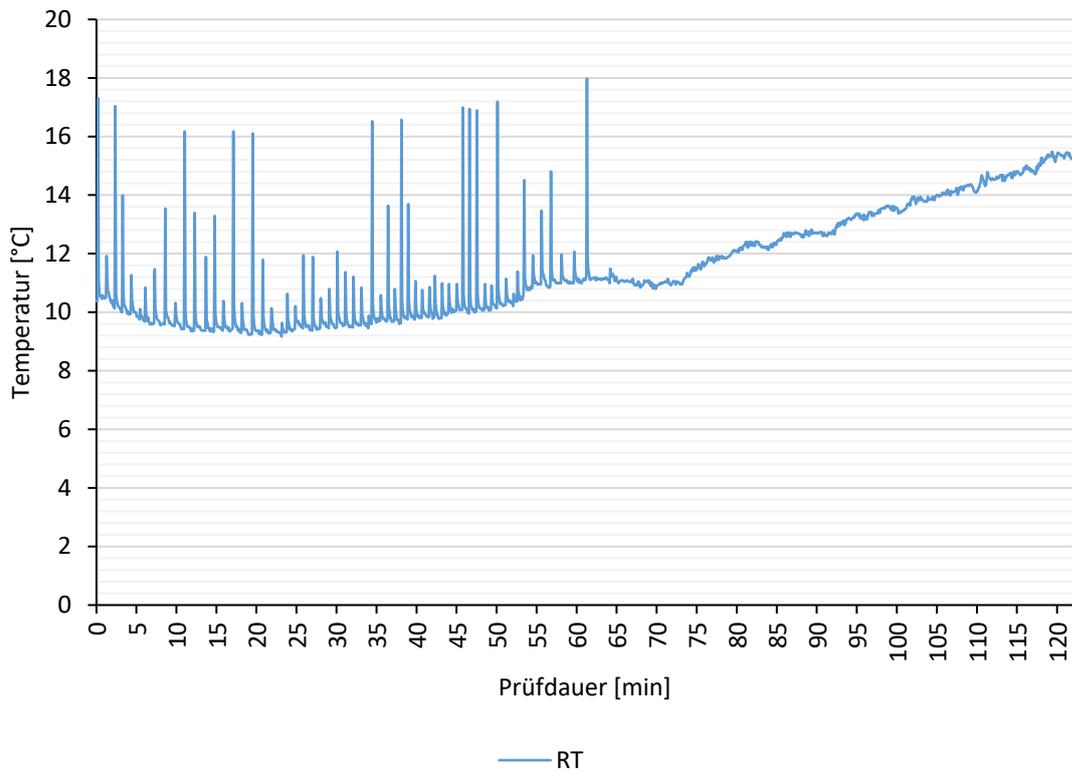
A.21.9.1. Ofentemperaturen



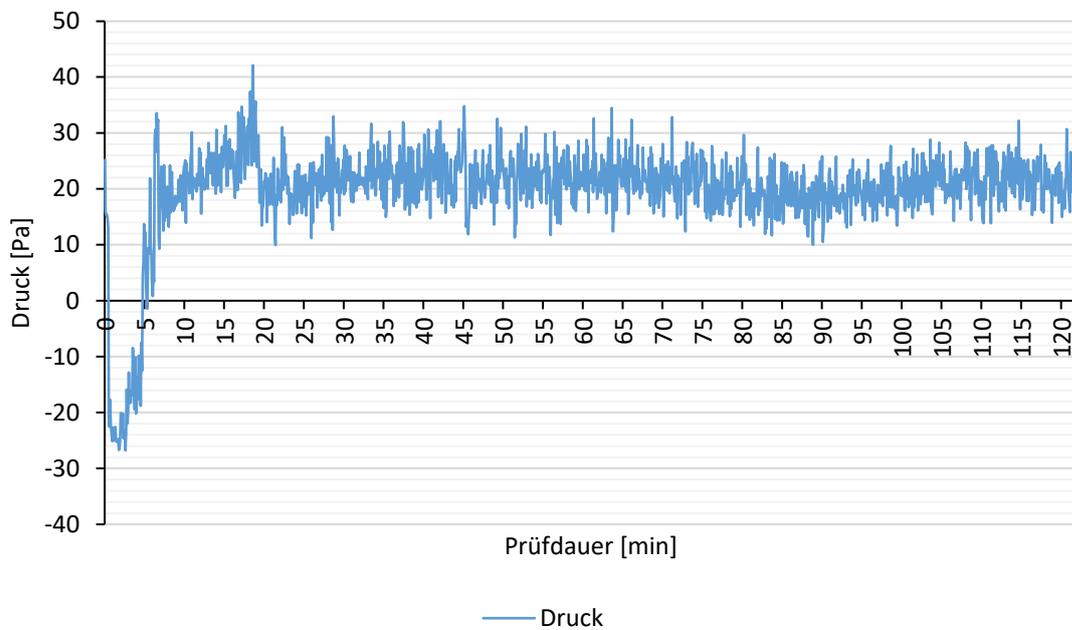
A.21.9.2. Gemessene Temperaturen aller Ofenthermoelemente



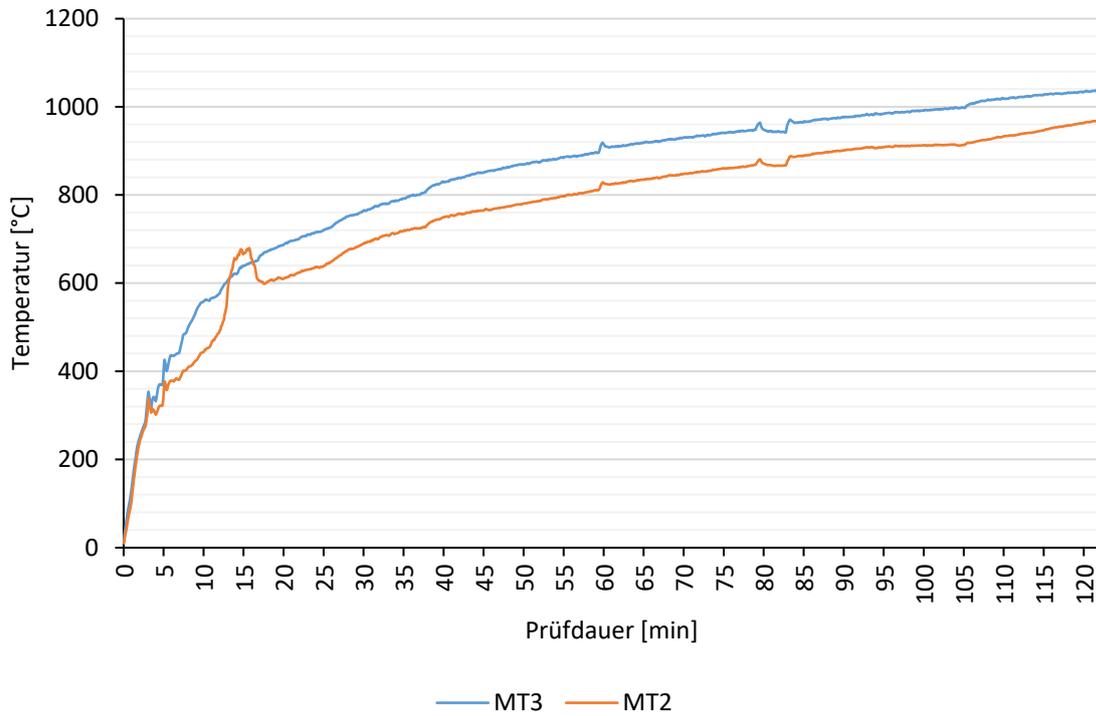
A.21.9.3. Raumtemperatur



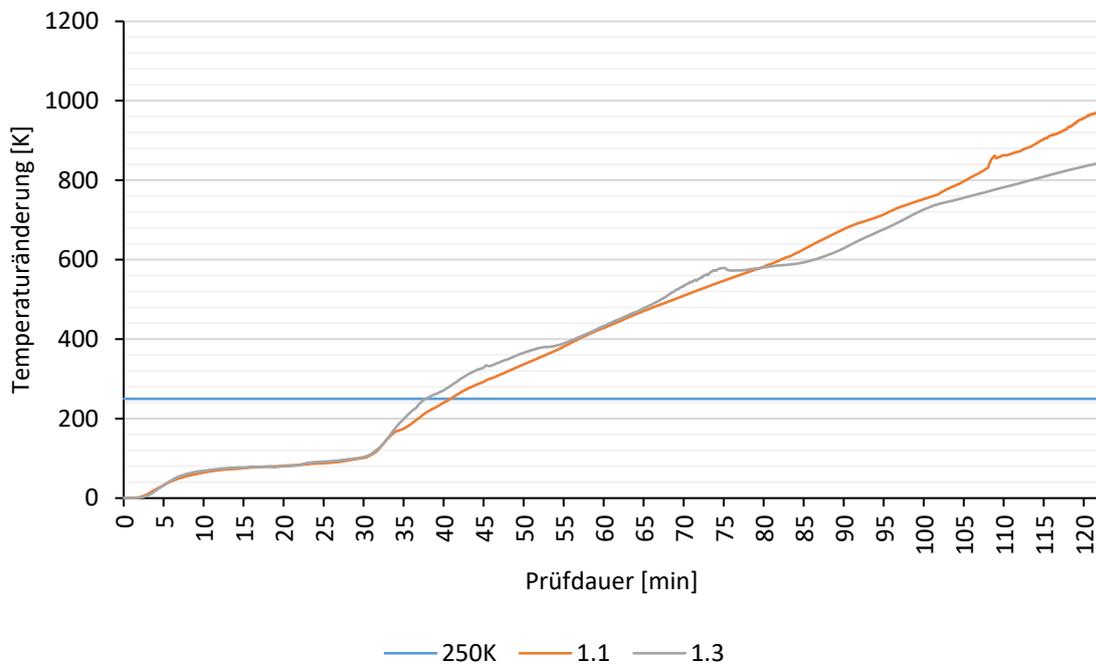
A.21.9.4. Druck im Brandraum



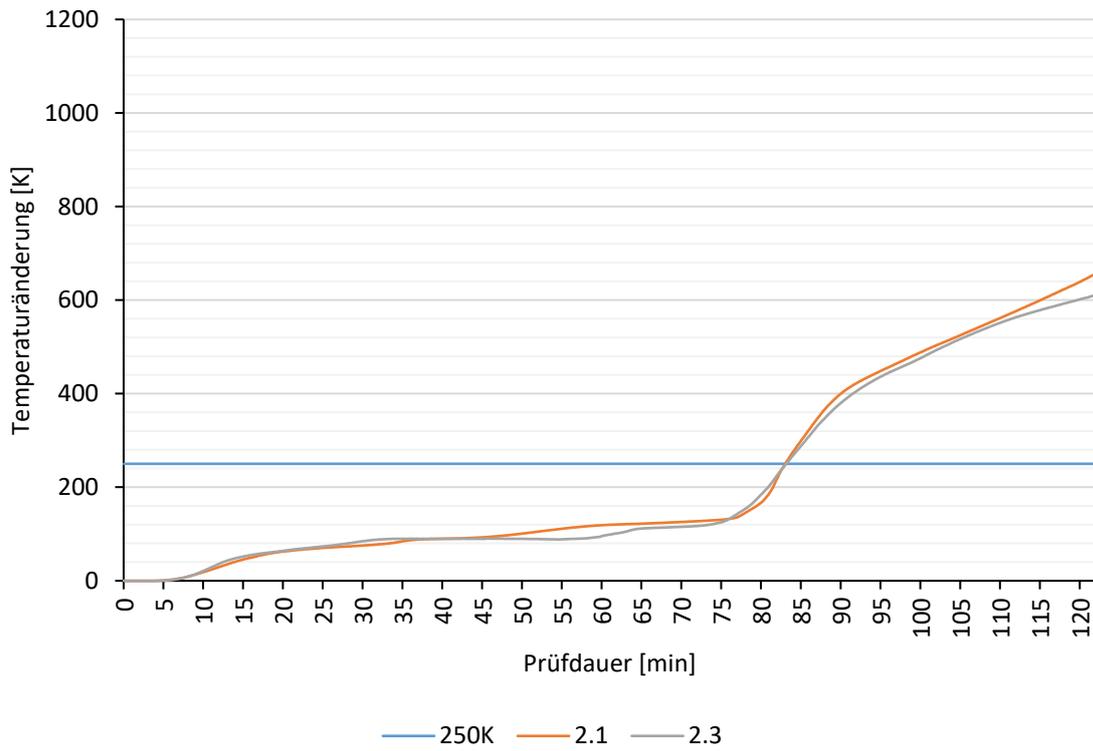
A.21.10 Temperaturen im Dosengrund und an der Oberfläche von V4a



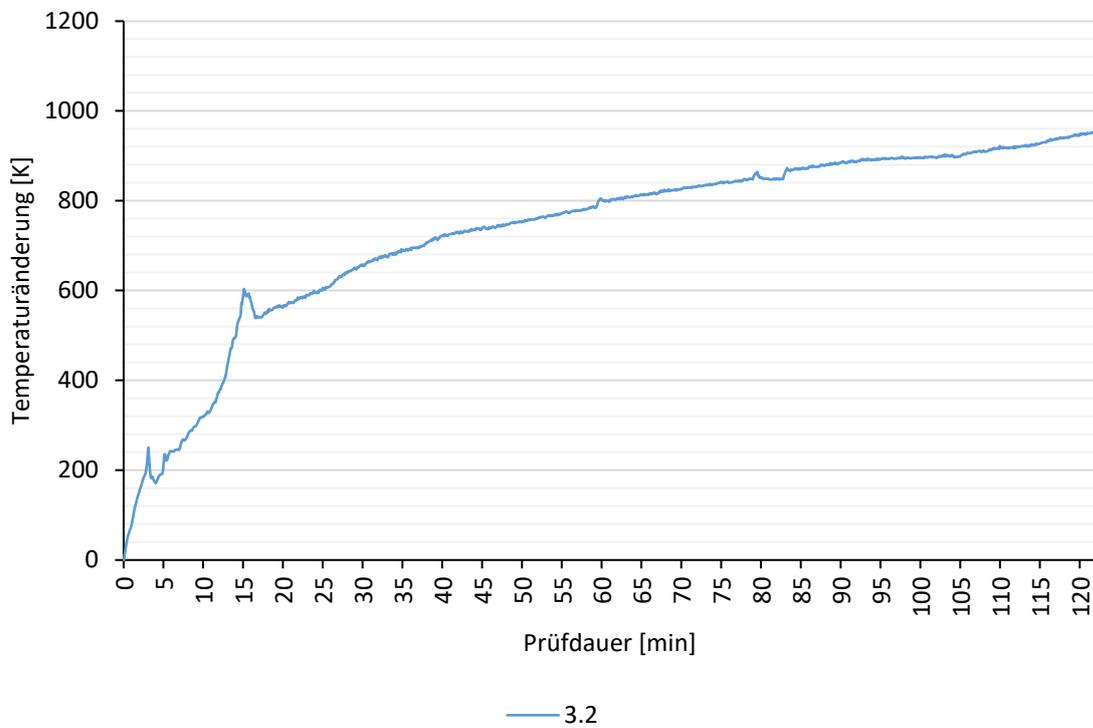
A.21.10.1 Temperaturänderung zwischen den brandbeanspruchten Bekleidungslagen



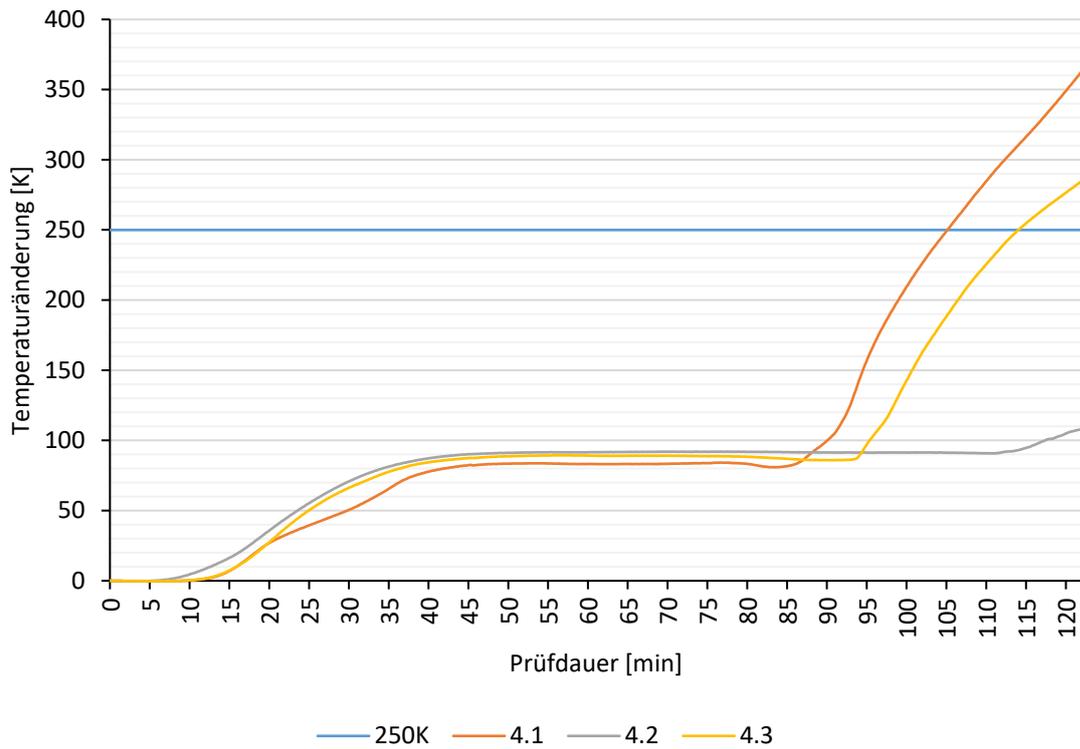
A.21.10.2. Temperaturänderung hinter der brandbeanspruchten Bekleidung



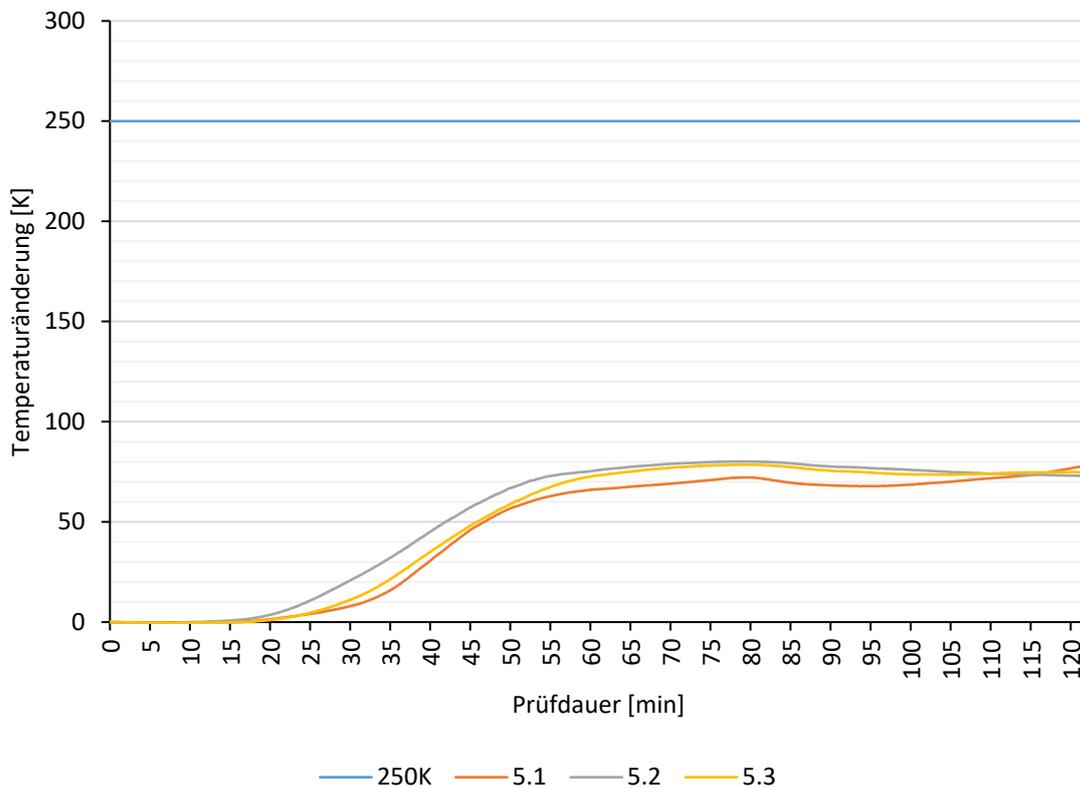
A.21.10.3. Temperaturänderung im Dosengrund hinter der Hohlwanddose



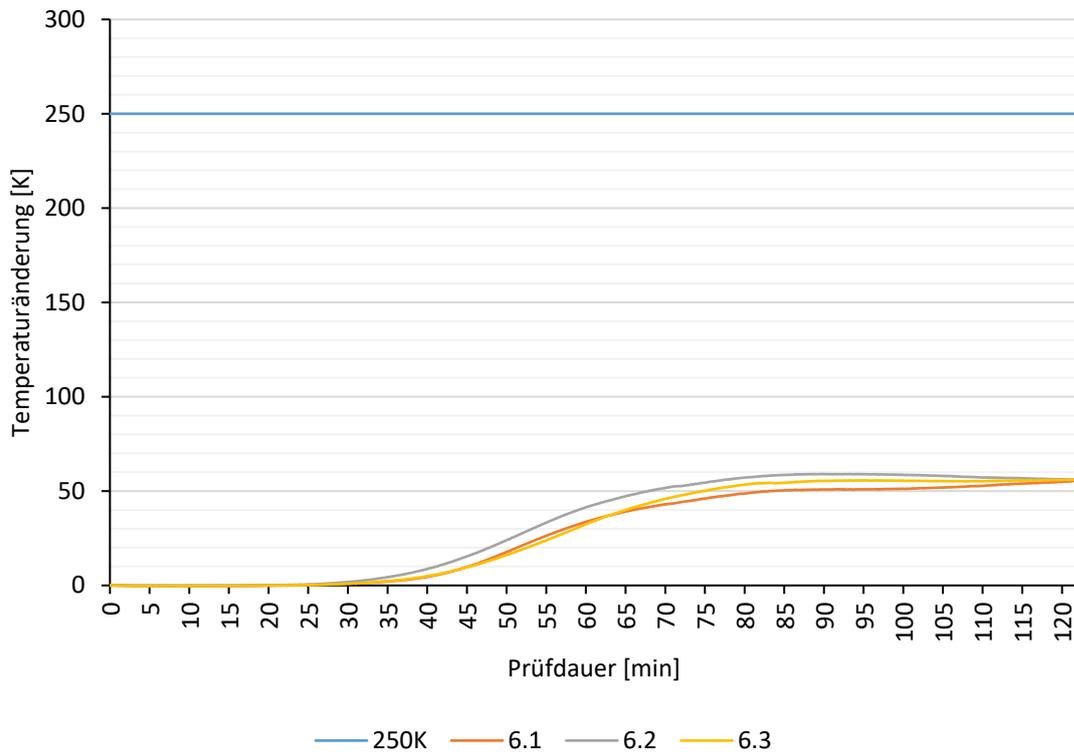
A.21.10.4. Temperaturänderung zwischen den Dämmlagen



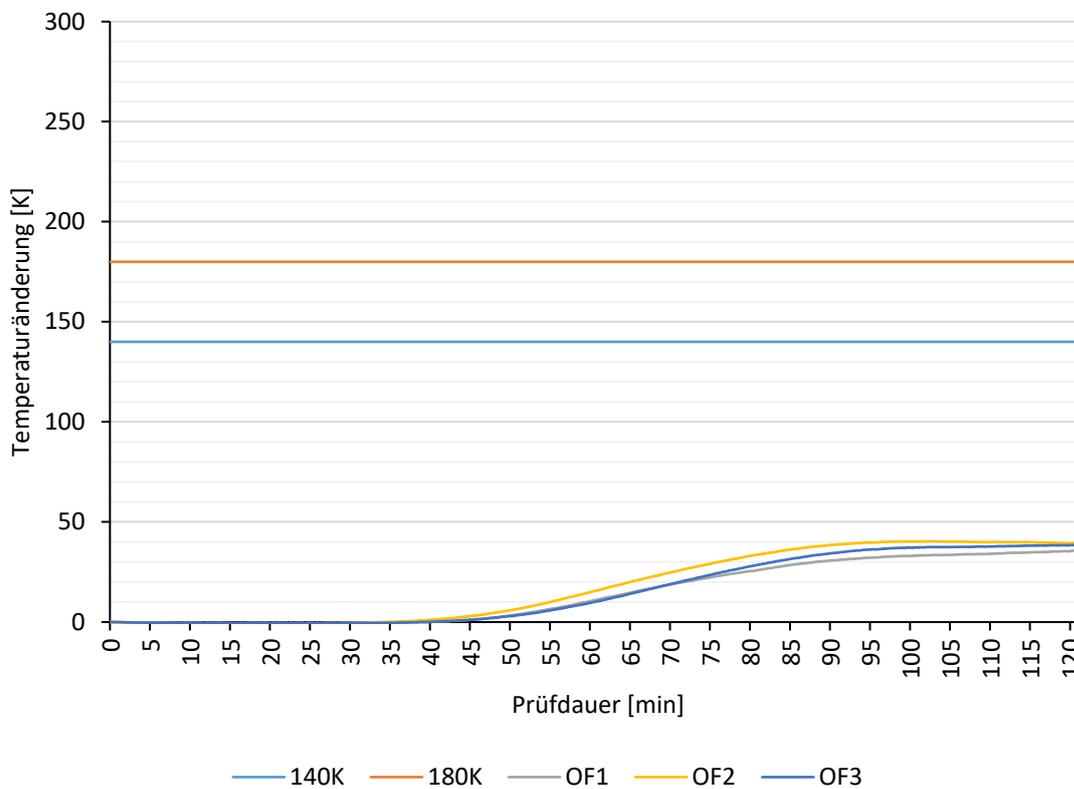
A.21.10.5. Temperaturänderung zwischen Dämmlage und der feuerabgewandten Bekleidung



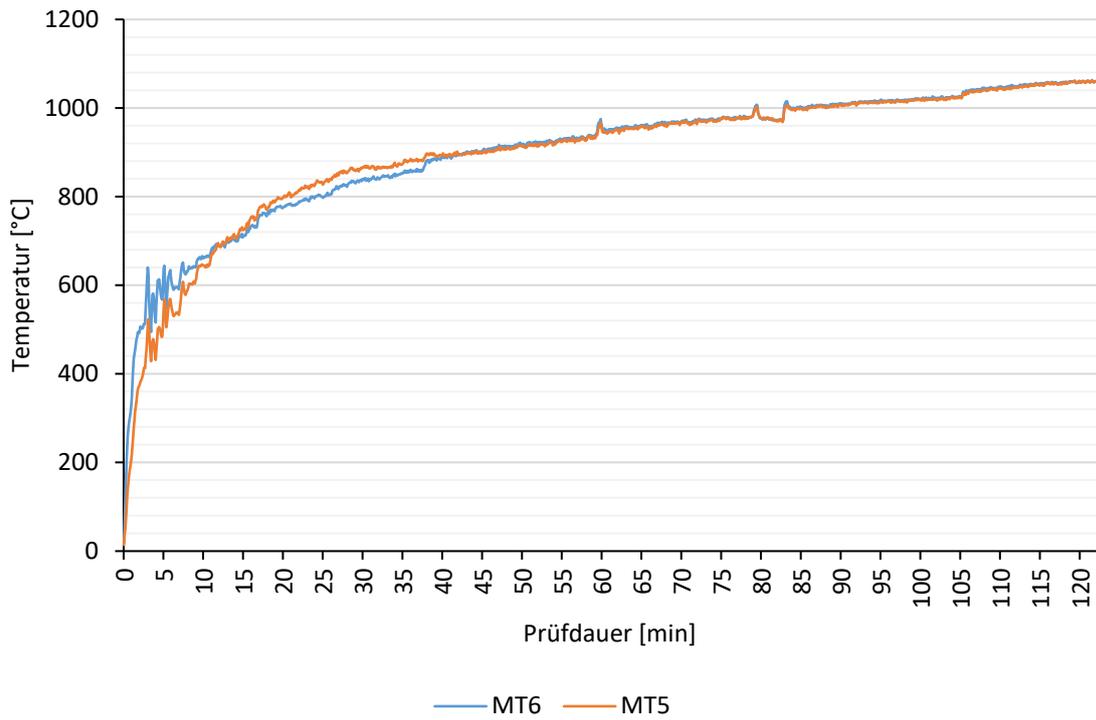
A.21.10.6. Temperaturänderung zwischen den feuerabgewandten Bekleidungslagen



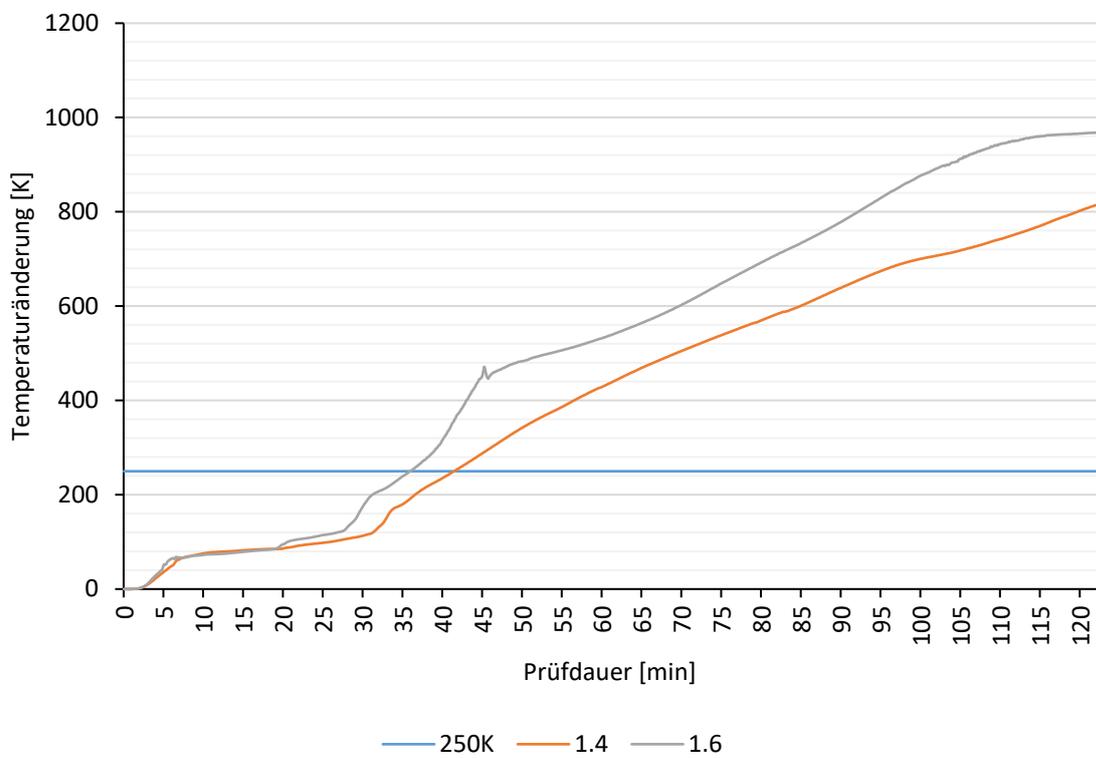
A.21.10.7. Temperaturänderung auf der feuerabgewandten Oberfläche



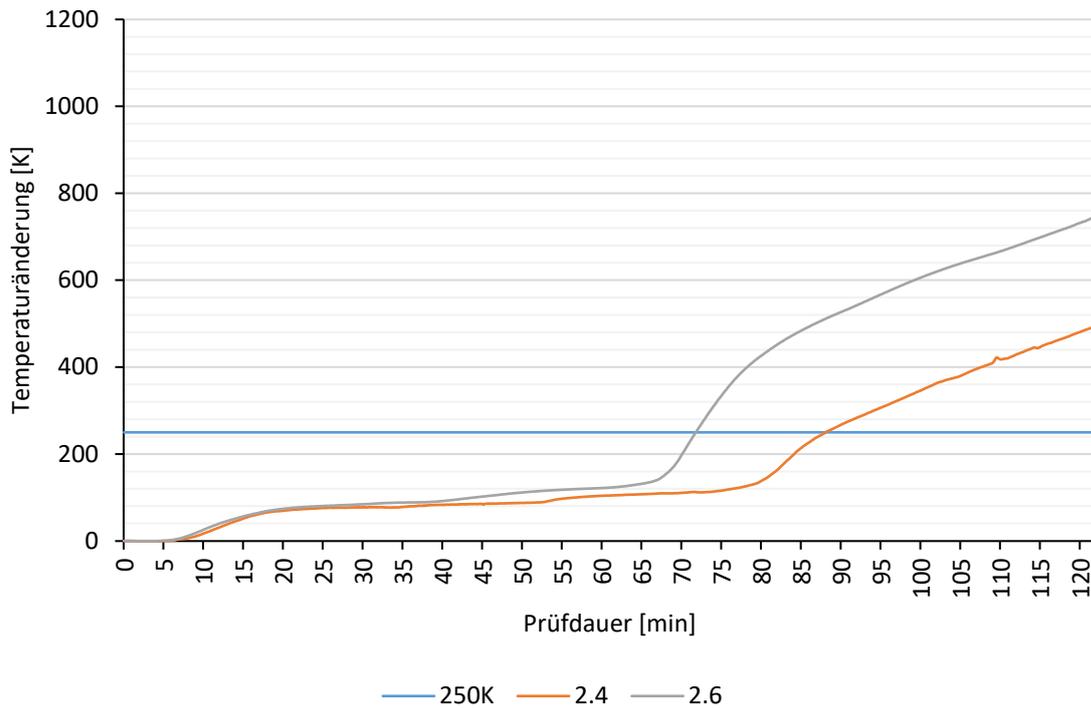
A.21.10.8. Temperaturen im Dosengrund und an der Oberfläche von V4b



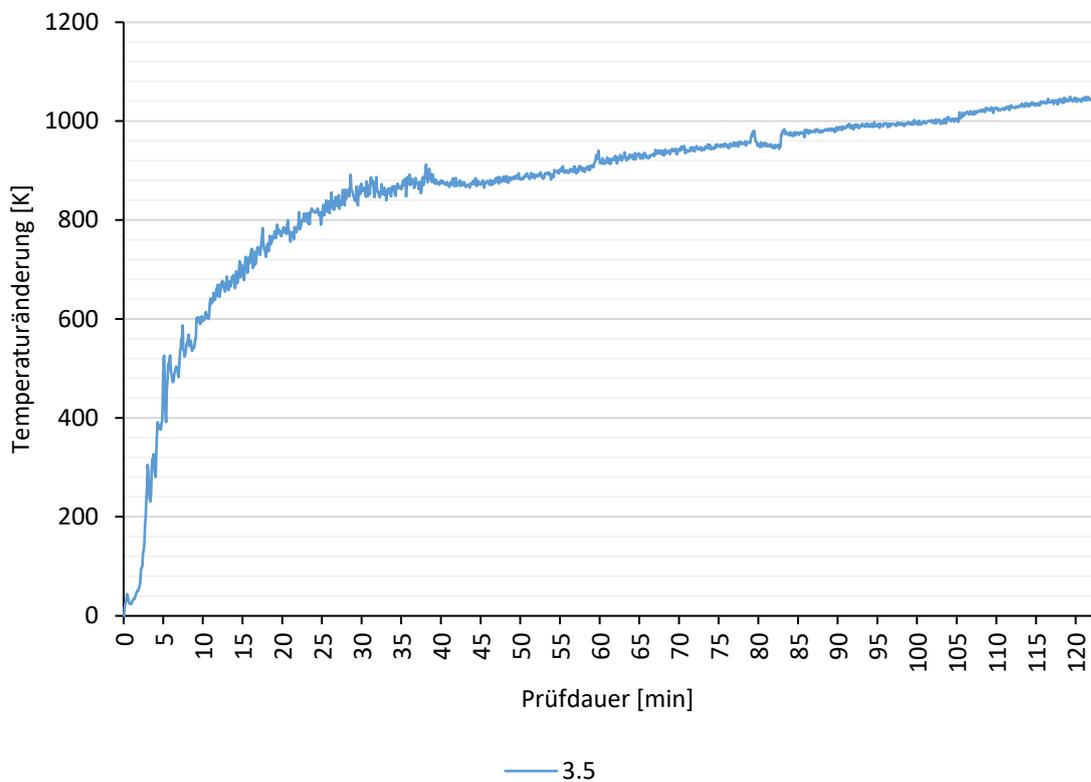
A.21.10.9. Temperaturänderung zwischen den brandbeanspruchten Bekleidungslagen



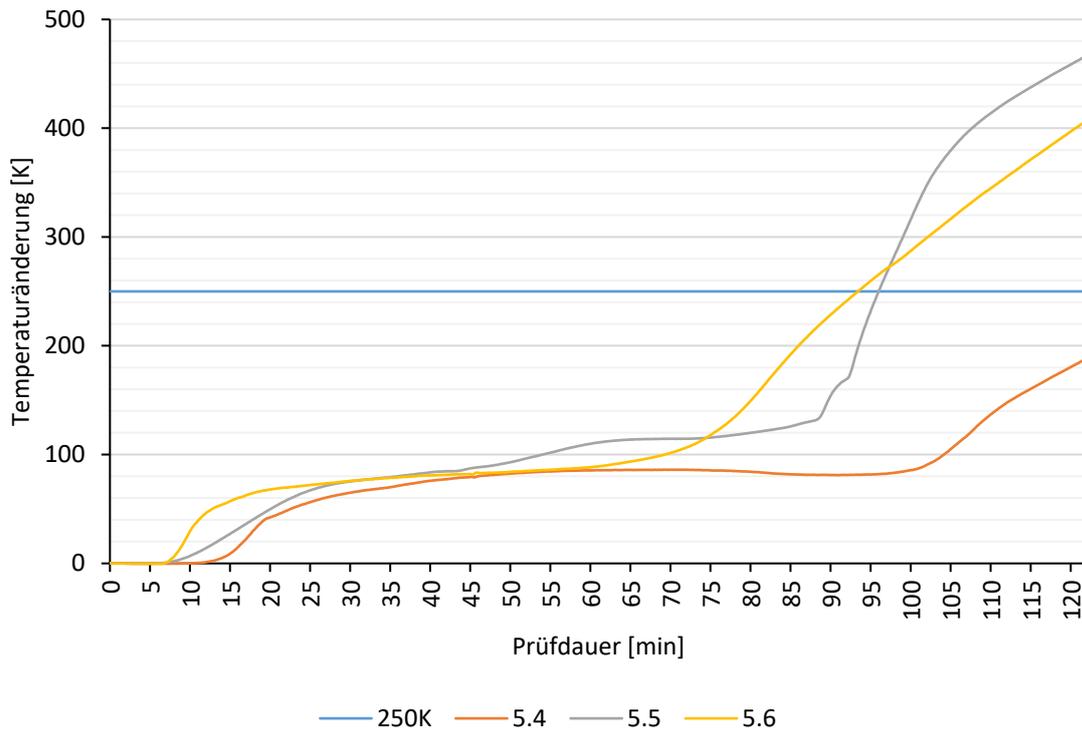
A.21.10.10. Temperaturänderung hinter der brandbeanspruchten Bekleidung



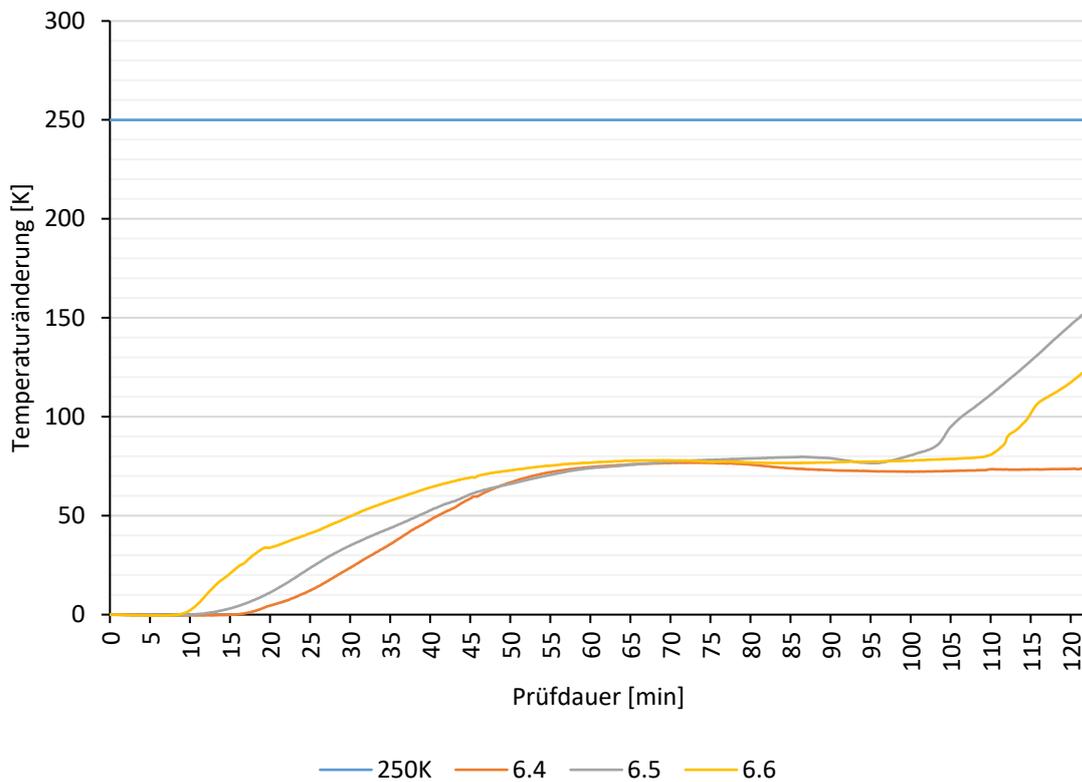
A.21.10.11. Temperaturänderung im Dosengrund hinter der Hohlwanddose



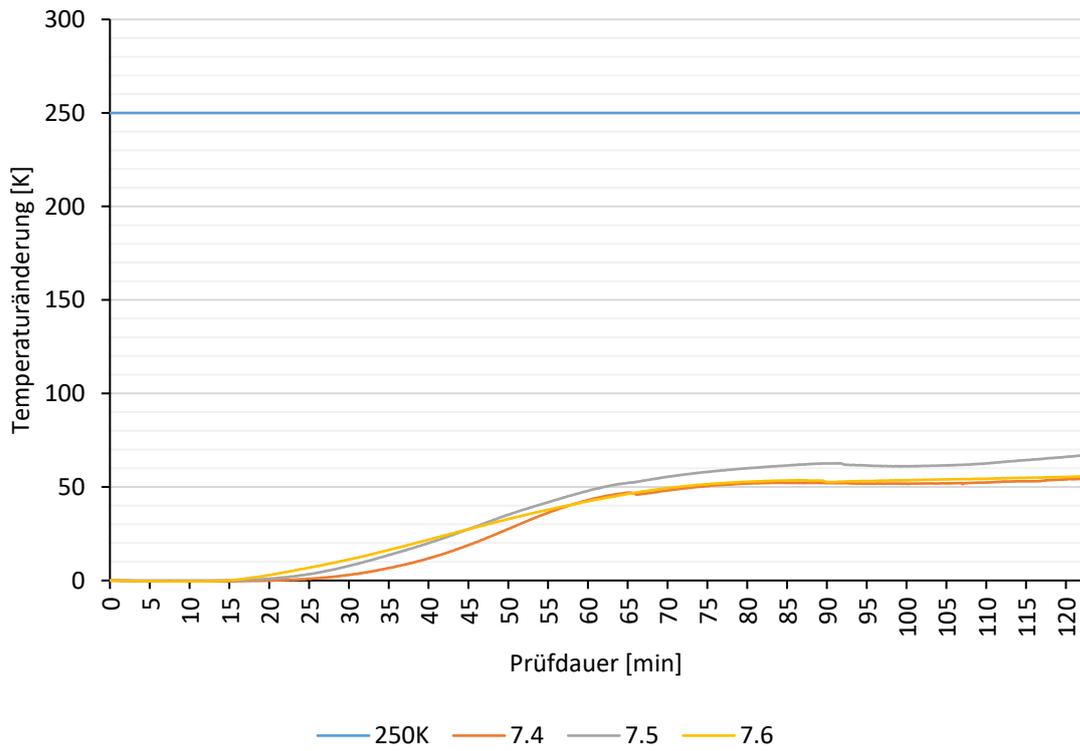
A.21.10.12. Temperaturänderung zwischen den Dämmlagen



A.21.10.13. Temperaturänderung zwischen Dämmlage und der feuerabgewandten Bekleidung



A.21.10.14. Temperaturänderung zwischen den feuerabgewandten Bekleidungslagen



A.21.10.15. Temperaturänderung auf der feuerabgewandten Oberfläche

