

Mfpa Leipzig GmbH

Gesellschaft für Materialforschung
und Prüfungsanstalt für
das Bauwesen Leipzig mbH

Prüf-, Überwachungs- und Zerti-
fizierungsstelle für Baustoffe, Bau-
produkte und Bausysteme

Anerkannt nach
Landesbauordnung (SAC02),
notifiziert nach Bauprodukten-
verordnung (NB 0800)

Geschäftsbereich III:

Baulicher Brandschutz

Geschäftsbereichsleiter:

Dipl.-Ing. Michael Juknat

Tel.: +49 (0) 341-6582-134

Fax: +49 (0) 341-6582-197

brandschutz@mfpa-leipzig.de

Arbeitsgruppe 3.1

Brandverhalten von Bauprodukten

Ansprechpartner*in:

Dipl.-Ing. M. Juknat

Tel.: +49 (0) 341-6582-146

juknat@mfpa-leipzig.de

Forschungsbericht Nr. FB 3.1/20-312-1

vom 29. April 2025

1. Ausfertigung

Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin
Deutschland

Gegenstand: Folgeuntersuchung zum Einfluss der SBI-Probehalter auf
der Brandverhalten von Schüttdämmstoffen

Auftragsdatum: 1. Juni 2021

Prüfdatum: 30. Juni 2023 (Mineralwolle)
16. und 17. August 2023 (Zellulose-Dämmstoff)

Bearbeiter: Michael Juknat (MFPA Leipzig GmbH)
Nick Neumann, M. Sc. (Sahlmann & Partner GbR)

Dieses Dokument besteht aus 43 Seiten und 2 Anlagen.

Dieses Dokument darf nur ungekürzt vervielfältigt und veröffentlicht werden. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFPA Leipzig GmbH, insbesondere § 3 Konformitätsbewertung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Probekörperbeschreibung.....	5
3	Probekörper-Varianten	6
3.1	EU-Korb.....	6
3.2	Ö-Korb	7
3.3	L-Korb	8
4	Probekörperherstellung	10
4.1	Probekörper mit Mineralwolle und ohne Korb (FB3.1/18-271-1 [3])	10
4.2	Probekörper mit Mineralwolle in verschiedenen Körben	10
4.3	Probekörper mit Zellulose-Einblasdämmung in verschiedenen Körben	13
4.4	Konditionierung.....	17
4.5	Zwischenfazit zum Einbau der Zellulose	17
5	Zusammenhänge von ausgewählten Messgrößen und Klassifizierungsparametern	17
6	Versuchsdurchführung und Prüfung nach dem SBI-Verfahren nach DIN EN 13823:2015-02 bzw. 2023-04.....	19
6.1	Versuchsergebnisse mit Mineralwolle	19
6.1.1	Auswertung ausgewählter Mess- und Berechnungsgrößen.....	19
6.2	Versuchsergebnisse mit Zellulose-Einblasdämmung	27
6.2.1	Auswertung ausgewählter Mess- und Berechnungsgrößen.....	27
6.2.2	Auswertung der Klassifizierungsparameter	32
6.2.3	Beobachtungen nach den Versuchen	38
7	Zusammenfassung und Ausblick	41
8	Literaturverzeichnis	43
Anlage 1	Diagramme und Kennwerte der Brandprüfungen nach DIN EN 13823:2015-02 bzw. 2023-04	1
Anlage 2	Fotos der Prüfungen nach dem SBI-Verfahren (DIN EN 13823:2015-02)	1
Anlage 3	Konstruktionszeichnungen des L-Korbs	1

1 Einleitung

Anlass des Forschungsvorhabens sind Beobachtungen bei Brandversuchen nach DIN EN 13823: 2020-09 [1] (SBI) im Rahmen der Fremdüberwachung für lose Zellulosedämmstoffe. Bei diesen Versuchen hatte sich gezeigt, dass ungewöhnlich lange Brennerumschaltzeiten gemessen wurden, die als Abweichung von der Norm notiert werden mussten.

Die Brennerumschaltzeit bei Brandversuchen nach DIN EN 13823: 2020-09 [1] ist dabei wie folgt zu verstehen:

Für eine kurze Zeit während des Umschaltens vom Nebenbrenner auf den Hauptbrenner ist die Gesamtwärmefreisetzung beider Brenner niedriger als die Wärmefreisetzung eines Brenners. Hieraus folgt, dass die Wärmefreisetzungsrates einen kurzzeitigen Kleinstwert aufweist, woraus ein kurzzeitiger Spitzenwert der Sauerstoffkonzentration resultiert. Die Breite dieser Spitze sollte schmal sein, weil diese „fehlende“ Wärmefreisetzung von der Wärmefreisetzung der Probe abgezogen wird. Die Breite dieser Spitze ist die Dauer von dem Zeitpunkt, zu dem der Nebenbrenner beim Abschalten seine 90 %ige Brennerleistung unterschreitet, bis zu dem Zeitpunkt, zu dem der Hauptbrenner beim Einschalten seine 90 %ige Brennerleistung überschreitet und wird als Ansprechzeit der Brennerumschaltung bzw. Brennerumschaltzeit bezeichnet.

Diese Brennerumschaltzeiten sind auf die Ausführung der Probenhalter gemäß Produktnorm DIN EN 15101-1: 2013-12 [2] zurückzuführen, da die darin definierten Drahtgeflechte wie Flammensperren fungierten und dem Prüffeuer die Energie entziehen. Weiterhin stehen die Probenhalter nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2] im Verdacht, das Brandverhalten des Dämmstoffs günstig zu beeinflussen.

In einem ersten Forschungsvorhaben (Geschäftszeichen DIBt: P 52-5-4.207-/18, FB3.1/18-271-1 [3]) wurde bereits der Einfluss des Gittergewebes der Probenhalter identifiziert. Es hat sich jedoch gezeigt, dass auch die Rahmen der Probenhalter zu berücksichtigen sind.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, den Einfluss der Probenhalterrahmen in Kombination mit dem bereits als geeignet erklärten Drahtgitter (Drahtdurchmesser 1,5 mm, Maschenweite 25 mm x 25 mm, Flächengewicht 1.000 g/m²) zu quantifizieren, in dem Vergleichsversuche durchgeführt werden.

Insgesamt und unter Einbeziehung der Versuchsergebnisse aus FB3.1/18-271-1 [3] wurden die folgende Versuche durchgeführt:

Untersuchungen an Gittern:

- Ein Versuch ohne Drahtgitter und ohne Probenhalter mit Standard-Mineralwolle nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] (A1, Dichte: (50±20) kg/m³, Dicke: 30 mm) auf Gipsplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit feinem Drahtgitter nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2], gefüllt mit Standard-Mineralwolle nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] (A1, Dichte: (50±20) kg/m³, Dicke: 30 mm) auf Gipsplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit groben Drahtgitter nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2], gefüllt mit Standard-Mineralwolle nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] (A1, Dichte: (50±20) kg/m³, Dicke: 30 mm) auf Gipsplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit groben und feinem Drahtgitter nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2], gefüllt mit Standard-Mineralwolle nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] (A1, Dichte: (50±20) kg/m³, Dicke: 30 mm) auf Gipsplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit modifiziertem Drahtgitter (Drahtdurchmesser 1,5 mm, Maschenweite 25 mm x 25 mm, Flächengewicht 1.000 g/m²), gefüllt mit Standard-Mineralwolle nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] (A1, Dichte: (50±20) kg/m³, Dicke: 30 mm) auf Gipsplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],

Untersuchungen an Probenhaltern:

- Ein Versuch mit Drahtgitter und Probenhalter nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2] (EU-Korb), gefüllt mit Standard- Mineralwolle nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] (A1, Dichte: (50 ± 20) kg/m³, Dicke: 200 mm) auf Holzspanplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit modifizierter Drahtgitter-Kombination (Drahtdurchmesser 0,5 mm, Maschenweite 6 mm x 6 mm, Flächengewicht 750 g/m² und Drahtdurchmesser 4 mm, Maschenweite 100 mm x 100 mm, Flächengewicht 1.250 g/m²) und modifiziertem Probenhalter (Österreich/ ECIA → Ö-Korb), gefüllt mit Standard- Mineralwolle nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] (A1, Dichte: (50 ± 20) kg/m³, Dicke: 200 mm) auf Holzspanplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit modifiziertem Drahtgitter (Drahtdurchmesser 1,5 mm, Maschenweite 25 mm x 25 mm, Flächengewicht 1.000 g/m²) und modifiziertem Probenhalter (MFPA Leipzig → L-Korb), gefüllt mit Standard- Mineralwolle nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] (A1, Dichte: (50 ± 20) kg/m³, Dicke: 200 mm) auf Holzspanplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit Drahtgitter und Probenhalter nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2] (EU-Korb), gefüllt mit Zellulose-Schüttdämmstoff (trocken, Dichte: 50 kg/m³, Dicke: 200 mm) auf Holzspanplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit modifizierter Drahtgitter-Kombination (Drahtdurchmesser 0,5 mm, Maschenweite 6 mm x 6 mm, Flächengewicht 750 g/m² und Drahtdurchmesser 4 mm, Maschenweite 100 mm x 100 mm, Flächengewicht 1.250 g/m²) und modifiziertem Probenhalter (Österreich/ ECIA → Ö-Korb), gefüllt mit Zellulose-Schüttdämmstoff (trocken, Dichte: 50 kg/m³, Dicke: 200 mm) auf Holzspanplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4],
- Ein Versuch mit modifiziertem Drahtgitter (Drahtdurchmesser 1,5 mm, Maschenweite 25 mm x 25 mm, Flächengewicht 1.000 g/m²) und modifiziertem Probenhalter (MFPA Leipzig → L-Korb), gefüllt mit Zellulose-Schüttdämmstoff (trocken, Dichte: 50 kg/m³, Dicke: 200 mm) auf Holzspanplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4].

Nach einer detaillierten Beschreibung der verwendeten Körbe und der Versuchsdokumentation erfolgt die ausführliche Auswertung der Versuche sowie eine Analyse der Einflüsse aus den unterschiedlichen Gitter-Korb-Variationen auf die klassifizierungsrelevanten Parameter.

Abschließend gibt dieser Bericht Empfehlungen für geeignete Probehalter für Schüttdämmstoffe, die in zukünftigen EADs bzw. entsprechenden europäisch harmonisierten Produktnormen oder auch sogar in der Prüfnorm Berücksichtigung finden sollen.

2 Probekörperbeschreibung

Für die Herstellung der Probekörper wurde stets die gleiche Mineralwolle bzw. der gleiche Zellulose-Einblasdämmstoff und unterschiedliche Gitter bzw. Körbe verwendet. Die untersuchten Variationen aus diesen Parametern sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht der Probekörper und Eigenschaften der Gitter.

Nr.	Versuchs-ID	Dämmstoff Dicke [mm] Dichte [kg/m³]	Hinterlegungsmaterial nach DIN EN 13238: 2010-06 [4]	Gitter-Typ Drahtdurchmesser [mm] Maschenweite [mm] Flächengewicht [kg/m²]	Korb- Typ
1	MW-EUg-O	Mineralwolle 30 56	Gipsplatte	EU grob 3,9 53,5 x 53,5 3,7	Ohne
2	MW-EUf-O	Mineralwolle 30 56	Gipsplatte	EU fein 1,0 4,2 x 9,9 3,0	Ohne
3	MW-O-O	Mineralwolle 30 56	Gipsplatte	Ohne	Ohne
4	MW-L-O	Mineralwolle 30 56	Gipsplatte	L 1,5 25,2 x 25,2 1,1	Ohne
5	MW-EUgf-O	Mineralwolle 30 56	Gipsplatte	EU grob + fein 3,9 1,0 25,5 x 53,5 4,2 x 9,9 3,9+3,0=6,9	Ohne
6	MW-EU-EU	Mineralwolle 200 50	Holzspanplatte	EU grob + fein 3,9 1,0 25,5 x 53,5 4,2 x 9,9 3,9+3,0=6,9	EU
7	MW-Ö-Ö	Mineralwolle 200 50	Holzspanplatte	Ö 0,5 4 6 x 6 100 x 100 0,75+1,25=2,0	Ö
8	MW-L-L	Mineralwolle 200 50	Holzspanplatte	L 1,5 25,2 x 25,2 1,1	L
9	Zt-EU-EU	Zellulose (trocken) 200 50	Holzspanplatte	EU grob + fein 3,9 1,0 25,5 x 53,5 4,2 x 9,9 3,9+3,0=6,9	EU
10	Zt-Ö-Ö	Zellulose (trocken) 200 50	Holzspanplatte	Ö 0,5 4 6 x 6 100 x 100 0,75+1,25=2,0	Ö
11	Zt-L-L	Zellulose (trocken) 200 50	Holzspanplatte	L 1,5 25,2 x 25,2 1,1	L

Weitere Details zu den Probekörpern 1-5 sind FB3.1/18-271-1 [3] zu entnehmen.

3 Probehalter-Varianten

Im Folgenden werden die drei verwendeten und zu vergleichenden Probehalter-Varianten beschrieben. Einerseits wird der Probehalter nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2], im Folgenden *EU-Korb* genannt, beschrieben. Andererseits werden die beiden neu entwickelten Probehalter, die von der *European Cellulose Insulation Association* (ECIA) und der MFPA Leipzig unabhängig voneinander realisiert wurden, vorgestellt. Der Probehalter der ECIA wird im Folgenden als *Ö-Korb* bezeichnet, da dessen Ursprung in Österreich liegt. Mit der Bezeichnung *L-Korb* soll dessen Leipziger Ursprung gewürdigt werden.

3.1 EU-Korb

Der Probehalter für Einblasdämmstoffe nach DIN EN 15101-1 besteht aus zwei Teilen, aus einem kurzen und einem langen Flügel. Diese beiden Teile werden innerhalb des SBI-Probenhalterwagens rechtwinkligen zueinander aufgestellt. Der kurze Flügel hat Abmessungen von 500 mm in der Breite, 1.500 mm in der Höhe und 200 mm in der Dicke, während der lange Flügel Maße von 1.000 mm x 1.500 mm x 200 mm aufweist.

Der Rahmen des Probehalters besteht aus einem stabilen Metallrahmen, der aus quadratischen Hohlprofilen mit den Abmessungen 25 x 25 x 3 mm gefertigt ist. Dieser Rahmen ist mit feinem und grobem Drahtgitter bespannt, um die Einblasdämmung sicher zu halten. Das feine Gitter hat gemäß den Vorgaben der DIN EN 15101-1 einen Drahtdurchmesser von 1 mm und eine Maschenweite von 3 mm x 3 mm, daraus ergibt sich ein Flächengewicht von etwa 3,0 kg/m². Das grobe Gitter hingegen verfügt gemäß der DIN EN 15101-1 über einen Drahtdurchmesser von 4 mm und eine Maschenweite von 50 mm x 50 mm, daraus ergibt sich wiederum ein Flächengewicht von etwa 3,7 kg/m².

Das Gesamtgewicht des Probehalters, inklusive beider Flügel, beträgt etwa 50 kg. Die Einblasdämmung kann durch die offene Rückseite des Probehalters eingeführt werden und wird anschließend mit einer Norm-Trägerplatte nach DIN EN 13238 verschlossen. In der Regel werden für diesen Zweck Holzspanplatten verwendet.

Der Probehalter ist einerseits als Zeichnung in Abbildung 1 und als Foto in Abbildung 2 dargestellt.

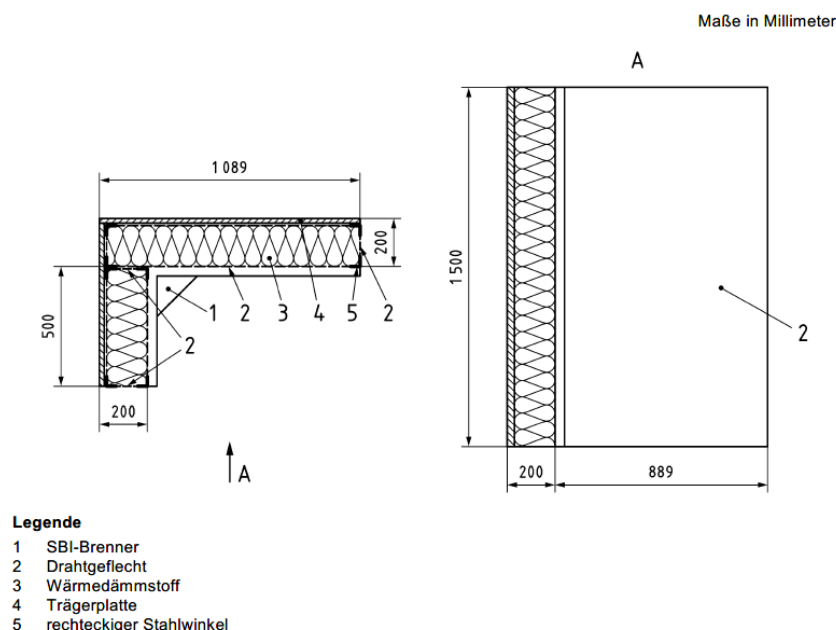


Abbildung 1: Darstellung des EU-Korbs nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2].



Abbildung 2: Ansicht des mit Zellulose-Einblasdämmstoff gefüllten EU-Korbs im SBI-Probenträgerwagen eingebaut.

3.2 Ö-Korb

Der Probenhalter für Einblasdämmstoffe nach DIN EN 15101-1 besteht ebenfalls wie der EU-Korb aus zwei Teilen, aus einem kurzen und einem langen Flügel. Diese beiden Teile werden innerhalb des SBI-Probenträgerwagens rechtwinkligen zueinander aufgestellt. Der kurze Flügel hat Abmessungen von 500 mm in der Breite, 1.500 mm in der Höhe und 200 mm in der Dicke, während der lange Flügel Maße von 1.000 mm x 1.500 mm x 200 mm aufweist. Der Unterschied der beiden Körbe zum EU-Korb besteht darin, dass der Ö-Korb an den Stellen des direkten Flammeneinflussbereichs mit einer wesentlich leichteren Konstruktion sowie einem wesentlich leichteren und weitmaschigeren Gitter ausgerüstet ist.

Die Rahmenkonstruktion des Probenhalters besteht aus Winkelstahl mit den Abmessungen 25 mm x 25 mm x 3 mm. Der beflamte Eckrahmen am kurzen Segment besteht aus einem Edelstahlwinkel mit den Abmessungen 20 mm x 20 mm x 2 mm. Das Drahtgitter besteht aus einem feinen Drahtgitter aus Edelstahl mit einer Maschenweite von 6 mm und einer Drahtdicke von 0,5 mm sowie einem Flächengewicht von 750 g/m². Das grobe Gitter besteht aus einem sogenannten Estrichgitter mit einer Maschenweite von 100 mm und einer Drahtdicke von 3 mm sowie einem Flächengewicht von 1250 g/m². Dabei wird das feine Drahtgitter mit dem groben Drahtgitter verflochten.

Das Gittergeflecht wird an der Vorderseite des Rahmens mit einem 25 mm x 3 mm Flacheisen eingeklemmt, indem das Flacheisen am 25 mm Winkelstahl angeschraubt wird. In der dem Feuer ausgesetzten Ecke wird das Gittergeflecht am 20 mm Eckwinkel mit Bandstahl mit fünf 5 mm Schrauben, die mit Karosseriescheiben unterlegt sind befestigt. Dabei ragt das Gittergeflecht ca. 20 mm über den Edelstahlwinkel und wird so gehalten und nicht verschraubt.

Die Seitenflanke vom kurzen Probenflügel, der an den langen Probenflügel anschließt, ist mit einer demontierbaren Platte ausgerüstet, welche beim Montieren des Prüfkorb in den SBI-Prüfstand abgenommen wird, sodass sich zwischen den beiden Rahmensegmenten im Eckbereich kein Gittergeflecht befindet, und das Zellulosematerial auch im Eckbereich durchgängig ist.

Um Setzungen bei losem ungebundenem Zellulosedämmstoff mit sehr leichten Schüttdichten zu verhindern, kann optional einen Hilfsbügel im Korbinneren montiert werden.

3.3 L-Korb

Der „L-Korb“ für einblasfähige Dämmstoffe wurde von der MFPA Leipzig entwickelt und besteht aus einem L-förmigen Korb. Der kurze Probenflügel mit den Abmessungen von 500 mm in der Breite, 1.500 mm in der Höhe und 200 mm in der Dicke und der lange Probenflügel mit den Abmessungen 1.000 mm in der Breite, 1.500 mm in der Höhe und 200 mm in der Dicke wurden dafür mit Hilfe einer Edelstahl-Rahmenkonstruktion miteinander verbunden. Die Maßangaben beziehen sich auf die dem SBI-Brenner zugewandten Seite des L-Korbs.

Die Rahmenkonstruktion wurde aus brennerseitig umlaufenden L-Profilen in den Abmessungen 20 mm x 20 mm x 3 mm und rückseitig umlaufenden L-Profilen in den Abmessungen 30 mm x 30 mm x 3 mm aus Edelstahl zugeschnitten und verschweißt. An der rückseitigen Kante des L-Korbs wurde unten und oben auf einer Länge von ca. 200 mm auf das umlaufenden L-Profil verzichtet, um die jeweiligen Normträgerplatten besser einschieben bzw. montieren zu können.

Zur Befestigung der Normträgerplatten wurden Stahlwinkel aus Edelstahl in den Abmessungen 30 mm x 30 mm x 5 mm verwendet. Die Stahlwinkel wurden auf angeschweißten Stahlbändern sowie den L-Profilen in Langlöchern mit Schrauben befestigt. So können Prüfungen nach DIN EN 13823: 2023-04 [5] für Bauprodukte nach DIN EN 15101-1: 2013-12 [2] bis zur maximalen Prüfdicke von 200 mm durchgeführt werden.

Als räumliche Begrenzung des zu beflammenden, einblasfähigen Dämmstoffs zur Brennerflamme hin wurde ein Drahtgitter (Drahtdurchmesser 1,5 mm, Maschenweite 25 mm x 25 mm, Flächengewicht 1 kg/m²) verwendet. Das Drahtgitter wurde an den seitlichen sowie dem SBI-Brenner direkt zugewandten Flächen des L-Korbs mit Schrauben befestigt.

Durch die strikte Reduzierung von Metallbauteilen sowohl an der Rahmenkonstruktion als auch beim Gitter, wobei jedoch stets auf die Robustheit des Korbes als tägliches Prüfgerät geachtet wurde, konnte das Gesamtgewicht des Prüfkobes auf ca. 11 kg abgesenkt werden. Die Einblasdämmung kann durch die offene Rückseite des Probenhalters eingeführt werden und wird anschließend mit einer Norm-Trägerplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] verschlossen. In der Regel werden für diesen Zweck Holzspanplatten verwendet.

Der Probenhalter ist einerseits als Zeichnung in Abbildung 3 und als Foto in Abbildung 4 dargestellt.

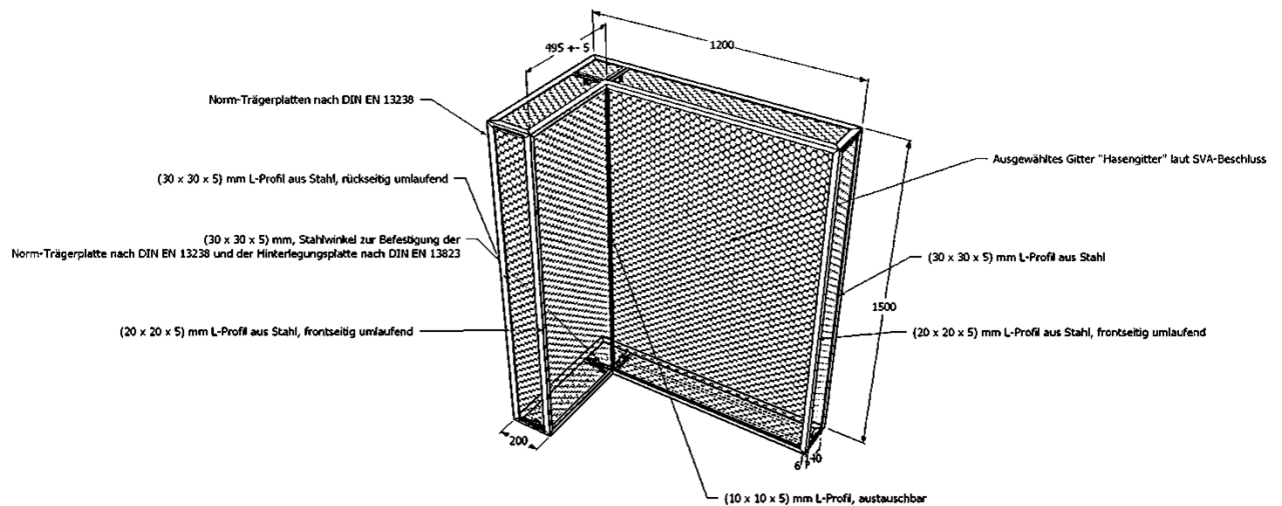


Abbildung 3: Zeichnerische Darstellung des L-Korbs



Abbildung 4: Ansicht der beflamten Seite (links) und der Rückseite (rechts) des L-Korbs.

4 Probekörperherstellung

4.1 Probekörper mit Mineralwolle und ohne Korb (FB3.1/18-271-1 [3])

Im Rahmen der Untersuchungen in FB3.1/18-271-1 [3] wurden die Probekörper entsprechend DIN EN 13823: 2015-02 [6] bzw. DIN EN 13823: 2023-04 [5], Abschnitt 5.2.2 b) und g) montiert. Die Mineralwolle-Platten wurden mechanisch auf der Trägerplatte befestigt. Als Trägerplatte wurde eine Gipsplatte gemäß DIN EN 13238: 2010-06 [4] verwendet.

Auf der Mineralwolle wurden die verschiedenen Gitter bzw. Gitter-Kombinationen angebracht. Siehe Abbildung 5 bis.

4.2 Probekörper mit Mineralwolle in verschiedenen Körben

Die Einbringung von Mineralwolle-Platten in die Probenhalter-Körbe (EU-Korb, Ö-Korb sowie L-Korb) erfolgte schichtweise, wobei die verwendete Mineralwolle der DIN EN 13238: 2010-06 [4] entsprach und eine Dicke von 25 mm bei einer Dichte von 50 kg/m^3 aufwies. Als Trägerplatte dienten Holzspanplatten, die ebenfalls den Vorgaben der DIN EN 13238: 2010-06 [4] entsprachen. Der Einbau der Mineralwolle-Platten erfolgte sorgfältig und systematisch.

Siehe Abbildung 10 bis Abbildung 12.



Abbildung 5: PRK MW-O-O



Abbildung 6: PRK MW-EUf-O



Abbildung 7: PRK MW-EUg-O



Abbildung 8: PRK MW-EUfg-O



Abbildung 9: PRK MW-C-O



Abbildung 10: PRK MW-EU-EU



Abbildung 11: MW-Ö-Ö



Abbildung 12: PRK MW-C-C

4.3 Probekörper mit Zellulose-Einblasdämmung in verschiedenen Körben

Eine vorher abgewogene Menge der Zellulose-Einblasdämmung wurde mit Hilfe des Einblasgerätes gleichmäßig in den großen Teil des EU-Korbs eingebracht. Mit Hilfe eines Holzrahmens wurde das Herausfallen des lose aufliegenden Dämmstoffs verhindert (Abbildung 13). Weiterhin wurde der Korb auf eine geschlossene Oberfläche gelegt, um das Herausfallen von Dämmstoff zu verhindern. Nachdem die definierte Menge des Dämmstoffs eingebracht wurde, wurde dieser in den Rahmen eingedrückt, so dass er gleichmäßig und bündig mit der Oberkante des Rahmens war (Abbildung 14). Mit Hilfe von Schrauben und Unterlegscheiben wurden die Holzspanplatten nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] auf der Rahmenrückseite befestigt. Auf die gleiche Weise wurde auch der kleine Teil des EU-Korbs befüllt. Anschließend wurden die beiden Teile in den SBI-Probenträgerwagen gestellt (Abbildung 15). Der Probekörper wurde schließlich mit den Abschlussplatten nach DIN EN 13823: 2023-04 [5] fertiggestellt.



Abbildung 13: Abgewogene Menge Zellulose-Dämmstoff eingeblasen.



Abbildung 14: Dämmstoff in Probenhalter eingepresst.



Abbildung 15: Probenhalter mit Trägerplatten (in diesem Fall Holzspanplatten nach DIN EN 13238: 2010-06 [4]) verschlossen.

Ein ähnliches Vorgehen wie beim EU-Korb wurde auch für den Ö-Korb angewendet. D.h. eine vorher abgewogene Menge der Zellulose-Einblasdämmung wurde mit Hilfe des Einblasgerätes gleichmäßig in den großen Teil des Ö-Korbs eingebracht. Mit Hilfe eines Holzrahmens wurde das Herausfallen des lose aufliegenden Dämmstoffs verhindert. Weiterhin wurde der Korb auf eine geschlossenen Oberfläche gelegt, um das Herausfallen von Dämmstoff zu verhindern. Nachdem die definierte Menge des Dämmstoffs eingebracht wurde, wurde dieser in den Rahmen eingedrückt, so dass er gleichmäßig und bündig mit der Oberkante des Rahmens war (Abbildung 16). Mit Hilfe von Schrauben und Unterlegscheiben wurden die Holzspanplatten nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] auf der Rahmenrückseite und an der Seitenfläche befestigt. Auf die gleiche Weise wurde auch der kleine Teil des Ö-Korbs befüllt (Abbildung 18). Anschließend wurden die beiden Teile in den SBI-Probenträgerwagen gestellt (Abbildung 19). Der Probekörper wurde schließlich mit den Abschlussplatten nach DIN EN 13823: 2023-04 [5] fertiggestellt.



Abbildung 16: Abgewogener Dämmstoff eingeblasen und festgedrückt.

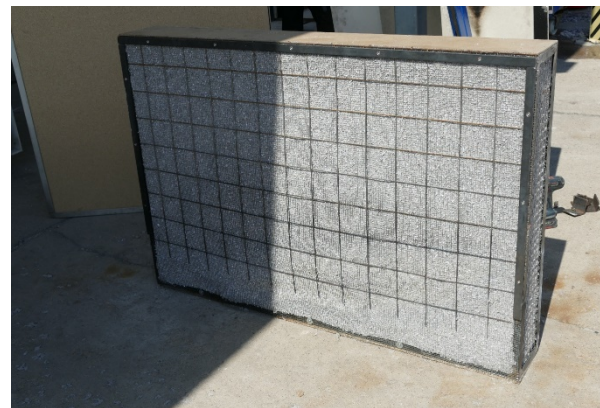


Abbildung 17: Seitenfläche und Rückseite mit Trägerplatten (in diesem Fall Holzspanplatten nach DIN EN 13238: 2010-06 [4]) verschlossen.



Abbildung 18: Kleinen und großen Flügel nacheinander in SBI-Probenträgerwaagen eingebaut.



Abbildung 19: Ansicht des fertig eingebauten Ö-Korbs im SBI-Probenträgerwaagen.

Für die Vorbereitung des L-Korbs wurde prinzipiell die gleiche Vorgehensweise wie zuvor gewählt. Der Korb wurde auf eine geschlossene Oberfläche gelegt und die Vorderseite des kleinen Flügels wurde mit einer weiteren Platte verschlossen, um das Herausfallen von Dämmstoff zu verhindern (Abbildung 20). In die Rückseite des kleinen Flügels wurde eine Holzspanplatte nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] eingeschoben. Anschließend wurde eine vorher abgewogene Menge der Zellulose-Einblasdämmung mit Hilfe des Einblasgerätes gleichmäßig erst in den kleinen Teil des L-Korbs eingebracht und verpresst (Abbildung 21). Im nächsten Schritt wurde der große Flügel des L-Korbs befüllt. Mit Hilfe eines Holzrahmens wurde das Herausfallen des lose aufliegenden Dämmstoffs verhindert (Abbildung 22). Nachdem die definierte Menge des Dämmstoffs eingebracht wurde, wurde dieser in den Rahmen eingedrückt, so dass er gleichmäßig und bündig mit der Oberkante des Rahmens war (Abbildung 23). Dann wurde die Holzspanplatten nach DIN EN 13238: 2010-06 [4] in die Rückseite des langen Flügels eingeschoben. Anschließend wurde der L-Korb in den SBI-Probenträgerwagen gestellt und der Probekörper wurde schließlich mit den Abschlussplatten nach DIN EN 13823: 2023-04 [5] fertiggestellt. Abschließend wurde die fasrige Oberfläche mit einer Glättkelle glatt gedrückt (Abbildung 24).



Abbildung 20: Ansicht des für die Verfüllung vorbereiteten L-Korbs.



Abbildung 21: Verfüllen des kleinen Flügels des L-Korbs mit abgewogenen Zellulose-Dämmstoff.



Abbildung 22: Einblasen des Dämmstoffs in den langen Flügel.



Abbildung 23: Festdrücken des eingeblasenen Dämmstoffs.

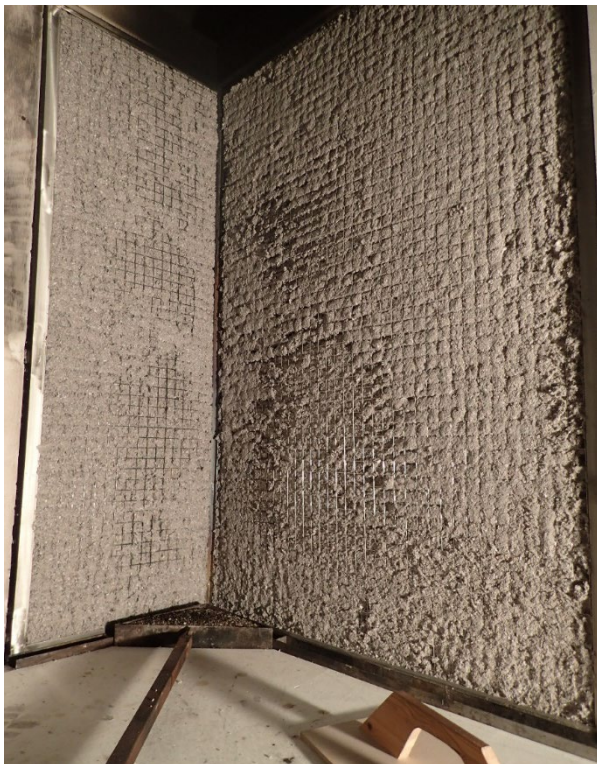


Abbildung 24: Ansicht des fertig vorbereiteten und in den SBI-Probenträgerwaagen eingebauten L-Korbs.

4.4 Konditionierung

Alle Materialien zur Herstellung der Probekörper wurden nach DIN EN 13238: 2010-06 [4], Abschnitt 4.3 für eine festgelegte Dauer konditioniert.

4.5 Zwischenfazit zum Einbau der Zellulose

Das Zwischenfazit bezüglich des Einbaus von Zellulose bringt einige wichtige Erkenntnisse zum Vorschein. Zunächst einmal erwies sich das Einblasen in den L-Korb im Vergleich zum Ö-Korb als erheblich einfacher. Dies erleichtert den gesamten Prozess der Probenherstellung erheblich und ist ein entscheidender Vorteil.

Ein interessanter Aspekt ist, dass der Ö-Korb nach dem Einblasen eine deutlich faserreduzierte Oberfläche aufwies. Dies führte zu einer glatteren Oberfläche, die die tatsächliche Einbausituation realistischer widerspiegelt.

Im Gegensatz dazu zeigte der Dämmstoff im L-Korb eine signifikant größere reaktive Oberfläche der Zellulose. Dies resultierte vor allem aus dem Ausstülpfen der Zellulose aus den vergleichsweise großen Maschen des L-Korbs. Weiterhin ist es möglich mit dem L-Korb einen fugenlosen Aufbau zwischen dem kurzen und dem langen Flügel zu realisieren, was die Stabilität und Integrität des Probenhalters fördern.

Es wurde außerdem festgestellt, dass die Stoßfuge der Körbe, insbesondere im Fall des EU- und Ö-Korbs, eine potenzielle Schwachstelle darstellt, die das Durchbrennen bis zur Trägerplatte begünstigt. Dies sollte bei weiteren konstruktiven Überlegungen berücksichtigt werden.

Abschließend zeigte sich der L-Korb als besser geeignet für den Einbau in den SBI-Probenträgerwagen, was die Effizienz des gesamten Prüfprozesses steigert. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass beim Einbau von Zellulose mit vergleichsweise höheren Dichten (50 kg/m^3) in den L-Korb, das Material am langen Flügel ausbauchte.

5 Zusammenhänge von ausgewählten Messgrößen und Klassifizierungsparametern

Da das Zusammenspiel der Messgrößen beim SBI-Prüfverfahren nach DIN EN 13823: 2015-02 [6] bzw. DIN EN 13823: 2023-04 [5] auf dem Berechnungsweg bis zu den klassifizierungsrelevanten Parametern ist vergleichsweise kompliziert. Daher werden in der folgenden Abbildung 25 die Zusammenhänge der tatsächlichen Messgrößen des Differenzdrucks im Abgasstrom $\Delta p(t)$, die Rauchgastemperatur im Messabschnitt $T_{ms}(t)$, der Sauerstoffanteil im Rauchgas $O_2(t)$ sowie der Kohlenstoffdioxidanteil im Rauchgas $CO_2(t)$ beispielhaft nachverfolgbar bis hin zum Klassifizierungsparameter *FIGRA* dargestellt. Der *FIGRA*-Parameter wurde ausgewählt, da sich gezeigt hat, dass die verschiedenen Gitter- und Korbvarianten bei Versuchen mit Zellulose den signifikantesten Einfluss auf diesen Parameter haben. Der Einfluss geht sogar soweit, dass eine Veränderung der Brandverhaltensklasse herbeigeführt werden kann. Hierauf wird genauer im Abschnitt 6.2.2 eingegangen.

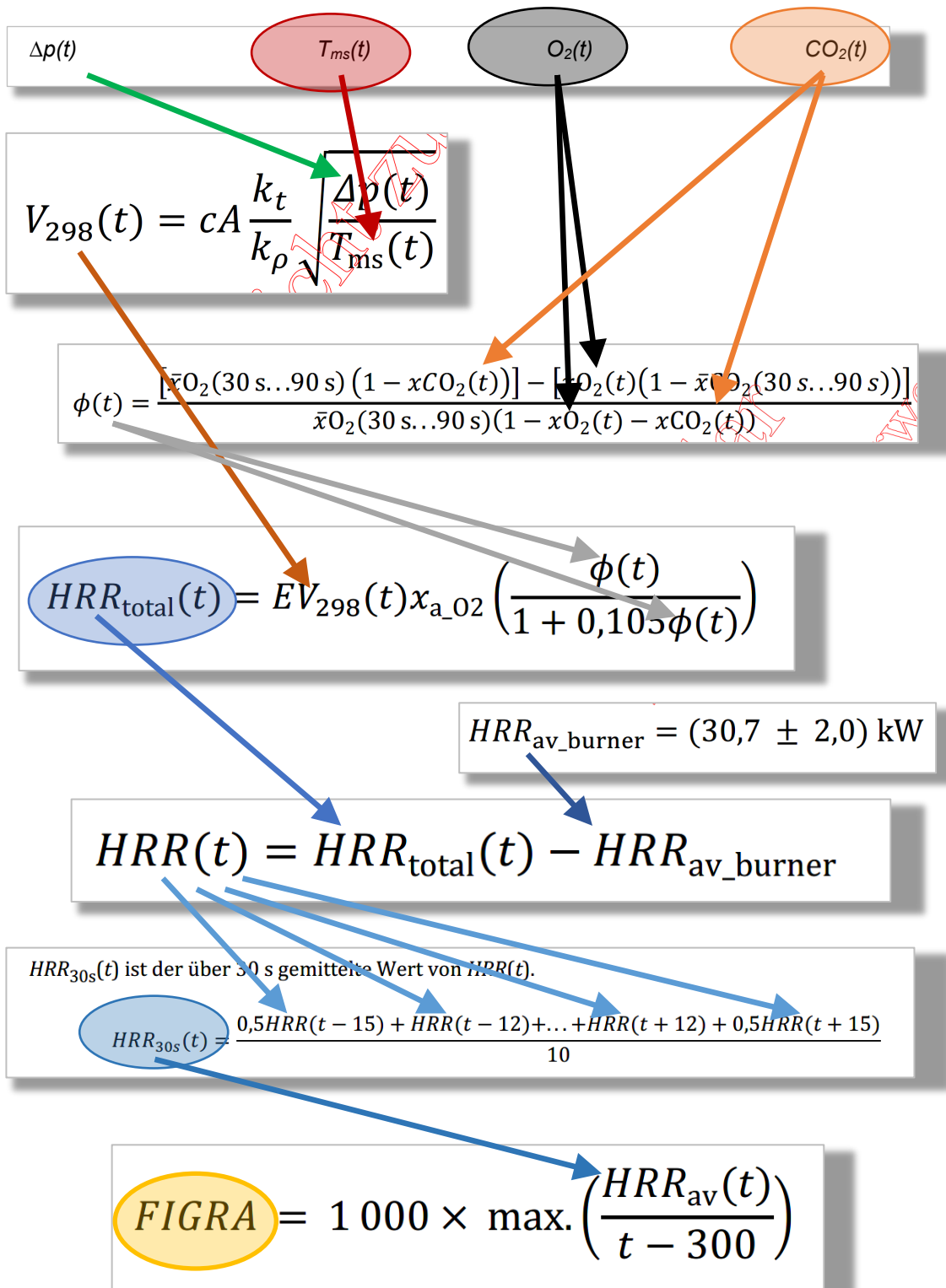


Abbildung 25: Darstellung der Zusammenhänge der ausgewählten Messgrößen und dem Klassifizierungsparameter FIGRA.

6 Versuchsdurchführung und Prüfung nach dem SBI-Verfahren nach DIN EN 13823:2015-02 bzw. 2023-04

Die Durchführung der Versuche erfolgte in der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH, MFPA-Allee 1, 04509 Laue bei Delitzsch in Übereinstimmung mit DIN EN 13823: 2015-02 [6] bzw. DIN EN 13823: 2023-04 [5].

Zur Berechnung der Rauchentwicklungsrates wurden wegen der Vergleichbarkeit der Ergebnisse ausschließlich die Kenngrößen des Nebenbrenners verwendet.

Es gab keine Abweichungen vom Prüfverfahren gemäß DIN EN 13823: 2015-02 [6] bzw. DIN EN 13823: 2023-04 [5].

Dies bedeutet u.a. auch, dass bei allen Versuchen sichergestellt wurde, dass ein Propangasmassenstrom von (647 ± 10) mg/s gemäß DIN EN 13823: 2015-02 [6], Abschnitt 8.2.6 und 8.2.7 dem Neben- sowie dem Hauptbrenner zugeführt wurde. Der Einfluss eines ungleichmäßigen Propangasmassenstroms kann somit ausgeschlossen werden. Ein möglicher Einfluss wurde in FB3.1/18-271-1 [3] untersucht und konnte ausgeschlossen werden.

6.1 Versuchsergebnisse mit Mineralwolle

6.1.1 Auswertung ausgewählter Mess- und Berechnungsgrößen

Um die generellen Einflüsse der Gitter- und Prüfkorbvarianten Prüfmaterial zu untersuchen bzw. zu lokalisieren, wurden ausgewählte Mess- und Berechnungsgrößen betrachtet. Hierfür wurden die Rauchgastemperatur im Messabschnitt $T_{ms}(t)$, der Sauerstoffanteil im Rauchgas $O_2(t)$ sowie der Kohlenstoffdioxidanteil im Rauchgas $CO_2(t)$ ausgewählt, da diese Messgrößen unmittelbare Indikatoren für die Verbrennungsprozesse sind. Der Differenzdrucks im Abgasstrom $\Delta p(t)$ wurde nicht weiter beleuchtet, da dieser dynamische Druck auf Grundlage des Gesetzes von Bernoulli unmittelbar mit Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgases zusammenhängt und damit wesentlich von der Rauchabsauganlage beeinflusst wird.

Die nachfolgenden Abbildungen sind wie folgt aufgebaut:

Im oberen Diagramm sind die zeitlichen Verläufe der direkten Messgrößen $T_{ms}(t)$, $O_2(t)$ oder $CO_2(t)$ sowie die weiterberechneten Größen der gesamten Wärmefreisetzung, d.h. Brenner und Proben, $HRR_{total}(t)$, der über 30 s gemittelte Wert der Wärmefreisetzung abzüglich der Wärmefreisetzung des Brenners $(30,7 \pm 2,0 \text{ kW})$ $HRR_{30\text{ s}}(t)$ sowie die Brandwachstumsrate $FIGRA$ dargestellt. Der Referenzversuch MW-O-O ohne jegliches Gitter oder Korb ist deutlich abgesetzt in rot gekennzeichnet. Die Versuche, die lediglich die Gittervarianten betrachten, sind grün dargestellt. Die Versuche, die die Korbvarianten betrachten sind blau gekennzeichnet. Die Verläufe sind über den gesamten Versuchszeitraum dargestellt.

Im mittleren Diagramm ist der zeitliche Verlauf der Differenz zum Referenzversuch MW-O-O dargestellt. Wäre ein Versuch genau identisch mit dem Referenzversuch, würde die Kurve genau beim Wert 0 der Ordinate verlaufen. In Abhängigkeit des Parameters und des Zeitpunktes kann es positive und negative Abweichungen zum Referenzversuch geben. Die Verläufe sind für den relevanten Zeitraum kurz vor der Brennerumschaltung und bis zu 5 Minuten nach der Brennerumschaltung dargestellt, da dieser Zeitraum bei diesen Versuchen ausschlaggebend für den FIGRA-Parameter ist.

Im unteren Diagramm ist die maximale Differenz, die im mittleren Diagramm abgelesen werden kann, mit dem zugehörigen Flächengewicht des für diesen Versuch verwendeten Gitters dargestellt. Um eine

mögliche Korrelation der jeweils beiden Werte abzuschätzen, wurden Regressionsgerade für die Datenpunkte erzeugt und das dazugehörige Bestimmtheitsmaß R^2 angegeben. Das Bestimmtheitsmaß kann sich zwischen 0 und 1 bewegen, wobei 0 bedeutet, dass kein linearer Zusammenhang besteht, und 1 bedeutet, dass ein perfekter linearer Zusammenhang besteht.

In Abbildung 26 werden die unterschiedlichen Rauchgastemperaturverläufe bezogen auf die in den verschiedenen Versuchen verwendeten Gittervarianten ausgewertet. Nach Ermittlung der maximalen Differenzen zeigt sich, dass bei allen Versuchen mit Gittern und mit und ohne Korb nach der Brennerumschaltung stets eine geringere Rauchgastemperatur gemessen wurde als beim Referenzversuch. Mit steigendem Flächengewicht der Gitter wird die Temperaturdifferenzen im Vergleich zum Referenzversuch ebenfalls größer. Der Einfluss des Prüfkorbs ist hingegen etwas geringer. Sowohl für die Gitter als auch die Körbe ist eine starke Korrelation bzgl. der Temperaturdifferenz zu erkennen.

In Abbildung 27 wird der Einfluss der der gewählten Gitter- und Korbvarianten auf den Sauerstoffanteil im Rauchgas untersucht. Es ist zu beachten, dass die Sauerstoff-Achse im oberen Diagramm invertiert dargestellt ist! Ein systematischer Einfluss der Masse des Metalls der Gitter bzw. Körbe bezogen auf den Sauerstoffanteil im Rauchgas ist nicht zu erkennen, da für beide Gruppen das Bestimmtheitsmaß vergleichsweise gering ist.

Die in Abbildung 28 dargestellten Verläufe der CO₂-Konzentration im Rauchgas zeigen einerseits, dass mit steigender Masse der Metallgitter die Differenz zum Referenzversuch größer wird. Andererseits ist ein wesentlich deutlicherer Einfluss der Körbe auf die maximale CO₂-Differenz zu erkennen. Die Vermutung liegt nahe, dass zwar der Sauerstoff in der Umgebungsluft für die Verbrennung von Propan verbraucht wird (siehe oben), die metallischen Komponenten jedoch als Wärmesenke fungieren und die Energie, die für eine vollständige Verbrennungsreaktion von Propan benötigt wird, ableiten (vgl. Erläuterungen zur Rauchgastemperatur in Abbildung 26) und damit die vollständige Verbrennungsreaktion unterbrechen. Vereinfacht kann der Zusammenhang wie folgt dargestellt werden:

➔ ideale Verbrennungsreaktion:



➔ vermutete, unterbrochene Verbrennungsreaktion:



Um diese Vermutung zu bestätigen, ist es notwendig über die normkonforme Messung von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid hinaus zusätzliche Messungen von z.B. Kohlenstoffmonoxid und anderen Kohlenwasserstoff-Verbindungen durchzuführen. Der Kohlenstoff kann sich als Kohlenstoffketten in Form von Ruß bemerkbar machen. Dies bleibt bei der Diskussion der rauchbezogenen Klassifizierungsparameter wie SMOGRA und TSP_{600 s} zu diskutieren. Insgesamt zeigt sich, dass die Korbvarianten einen größeren Einfluss auf die Kohlenstoffdioxidkonzentration haben und dieser Einfluss auch stark mit dem Gittergewichten korreliert. Die Abhängigkeit von den Gittervarianten allein ist geringer und die Korrelation ist ebenfalls weniger stark.

In den Diagrammen der Abbildung 29 wird auf die Wärmefreisetzungsraten (HRR_{total} und HRR_{30s}) eingegangen. Es zeigt sich ganz deutlich, dass eine signifikante Reduzierung der Wärmefreisetzungsrate unmittelbar nach der Brennerumschaltung erfolgt. Die gravierendste und längste Reduzierung um bis zu 2,5 kW wird dabei vom EU-Korb hervorgerufen und hält sich über ungefähr 300 s bzw. 5 Minuten! Weiterhin ist zu erkennen, dass mit steigender Masse der Metallgitter die Differenz zum Referenzversuch größer wird. Eine analoge Abhängigkeit der Differenz vom Referenzversuch zu den unterschiedlichen Körben ist ebenfalls erkennbar und sticht mit einer sehr starken, linearen Abhängigkeit und mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,99 heraus!

Die Verläufe des FIGRA-Wertes der einzelnen Versuche in Abbildung 30 zeigen ebenfalls, dass mit steigender Masse der Metallgitter die Differenz zum Referenzversuch größer wird. Auch der Einfluss des Korbs ist erkennbar und scheint sich vor allem bei großen Flächengewichten der Gitter auszuwirken. Insgesamt scheint der Einfluss der Korbvarianten größer und auch stärker korreliert zu sein als der Einfluss der Gitter.

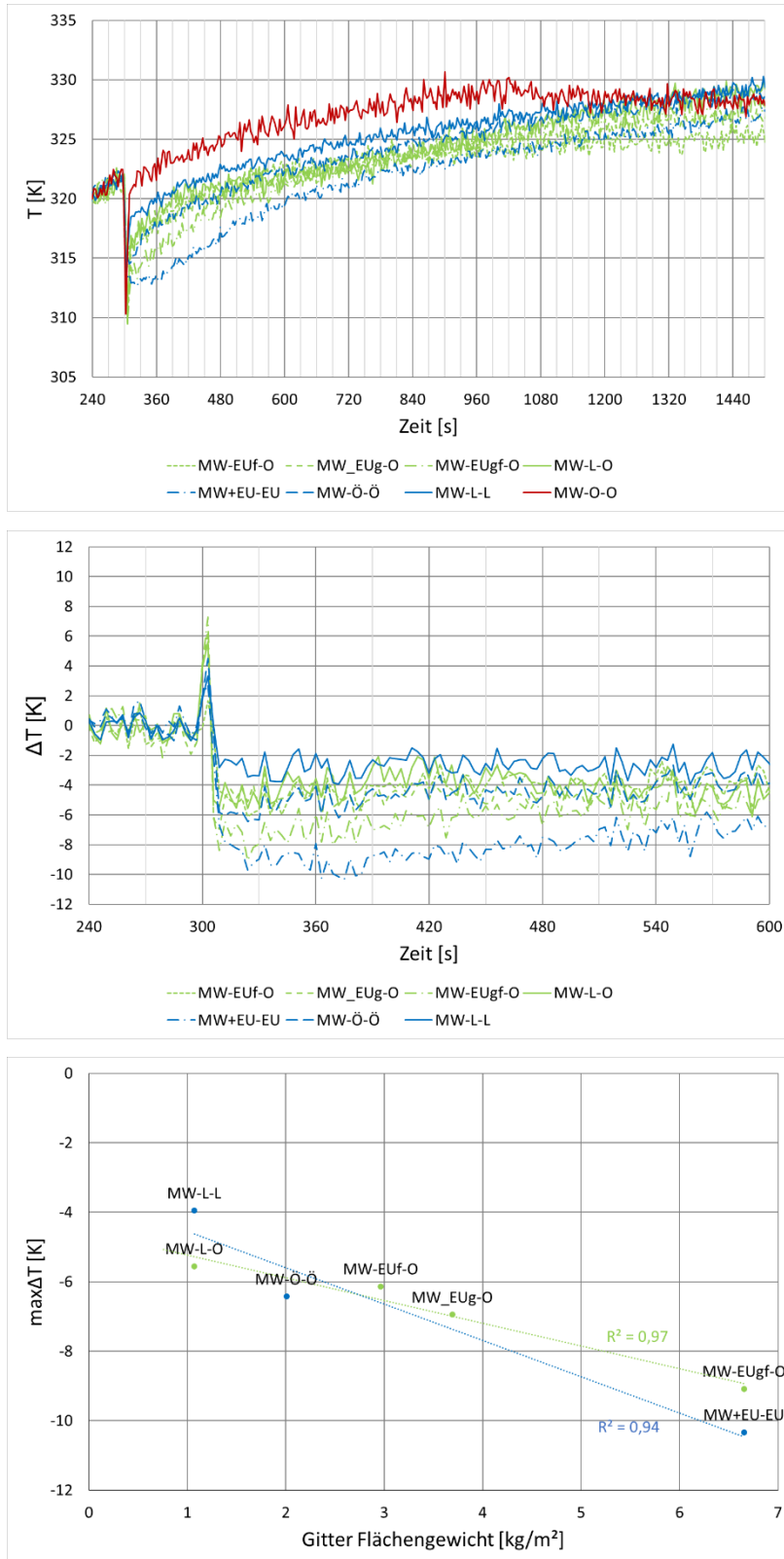


Abbildung 26: Auswertung des Einflusses der Gitter und Körbe auf die Rauchgastemperatur.

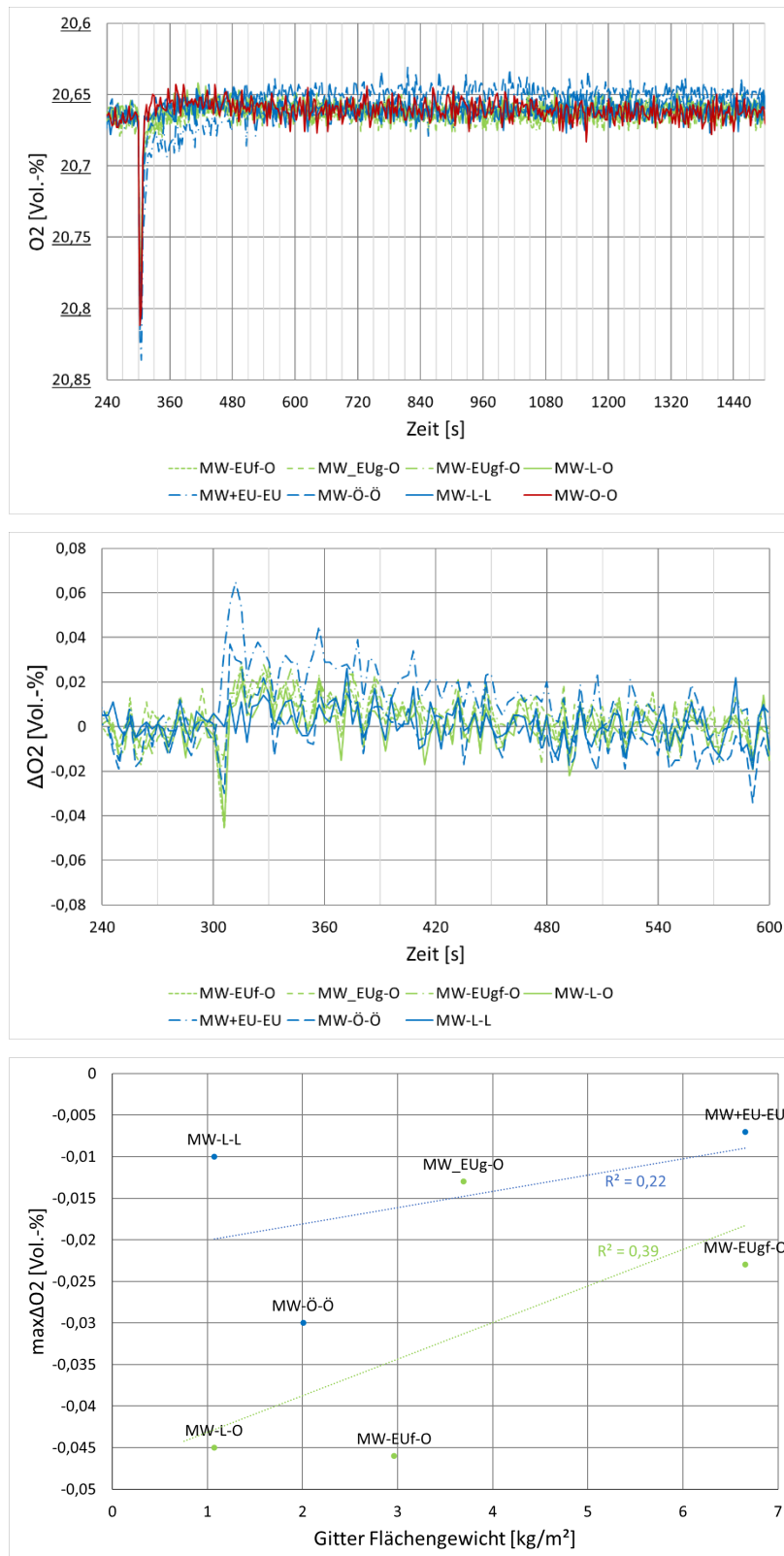


Abbildung 27: Auswertung des Einflusses der Gitter und Körbe auf den Sauerstoffanteil im Rauchgas.
(ACHTUNG: Sauerstoff-Achse im oberen Diagramm ist invertiert!).

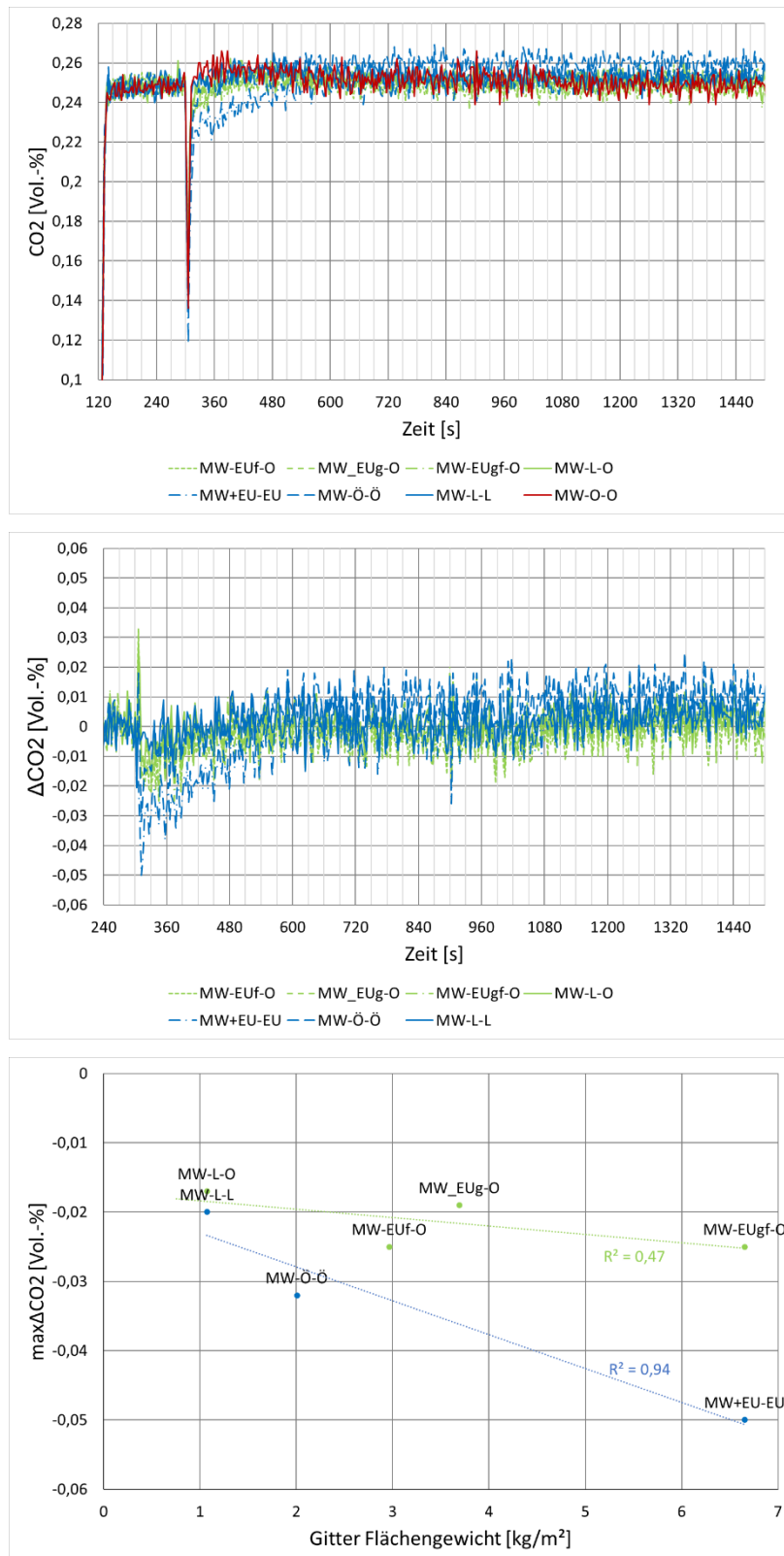


Abbildung 28: Auswertung des Einflusses der Gitter und Körbe auf den CO₂-Anteil im Rauchgas.

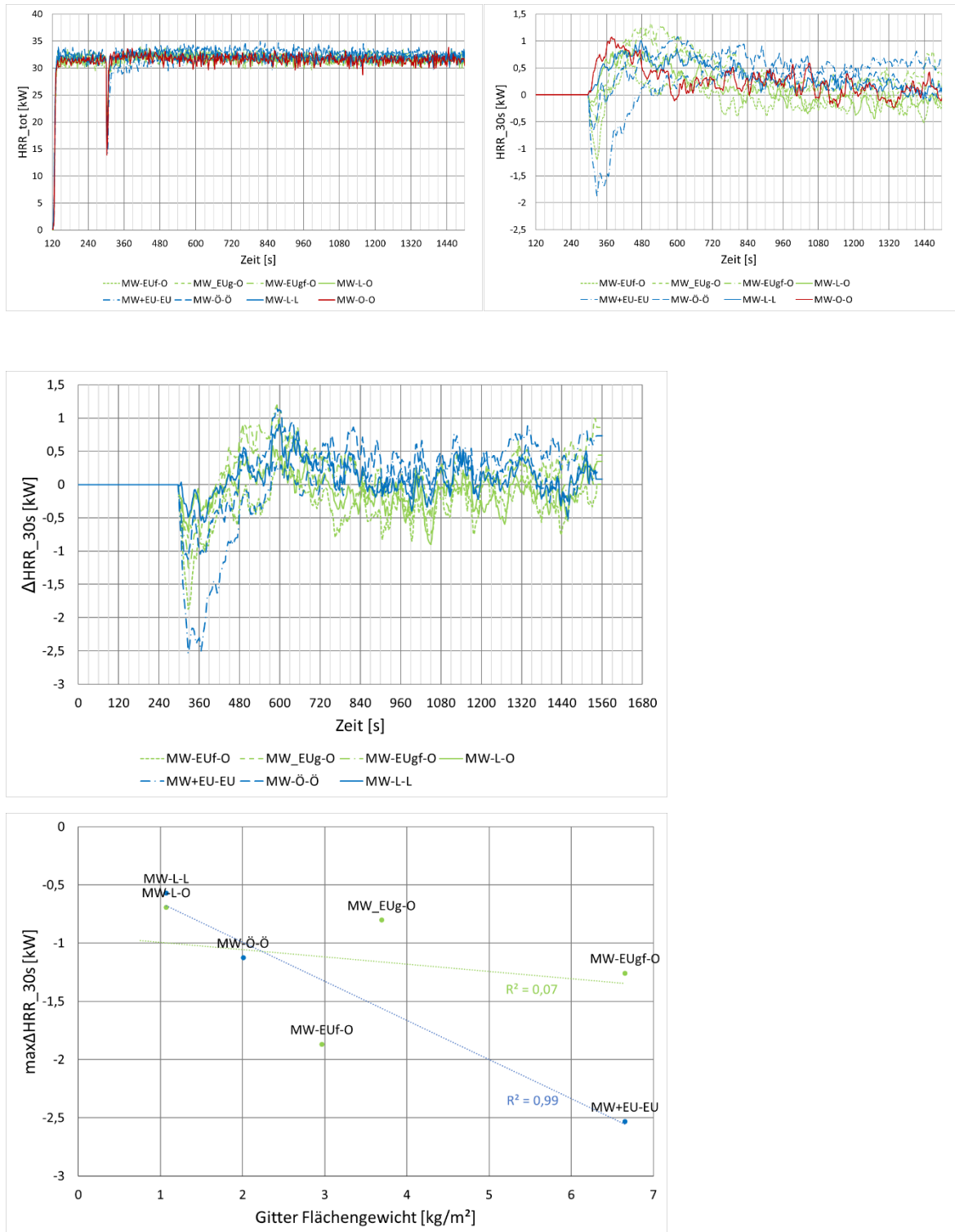


Abbildung 29: Auswertung des Einflusses der Gitter und Körbe auf die Wärmefreisetzungsrate HRR_{total} und die zeitlich gemittelte Wärmefreisetzungsrate HRR_{30s} .

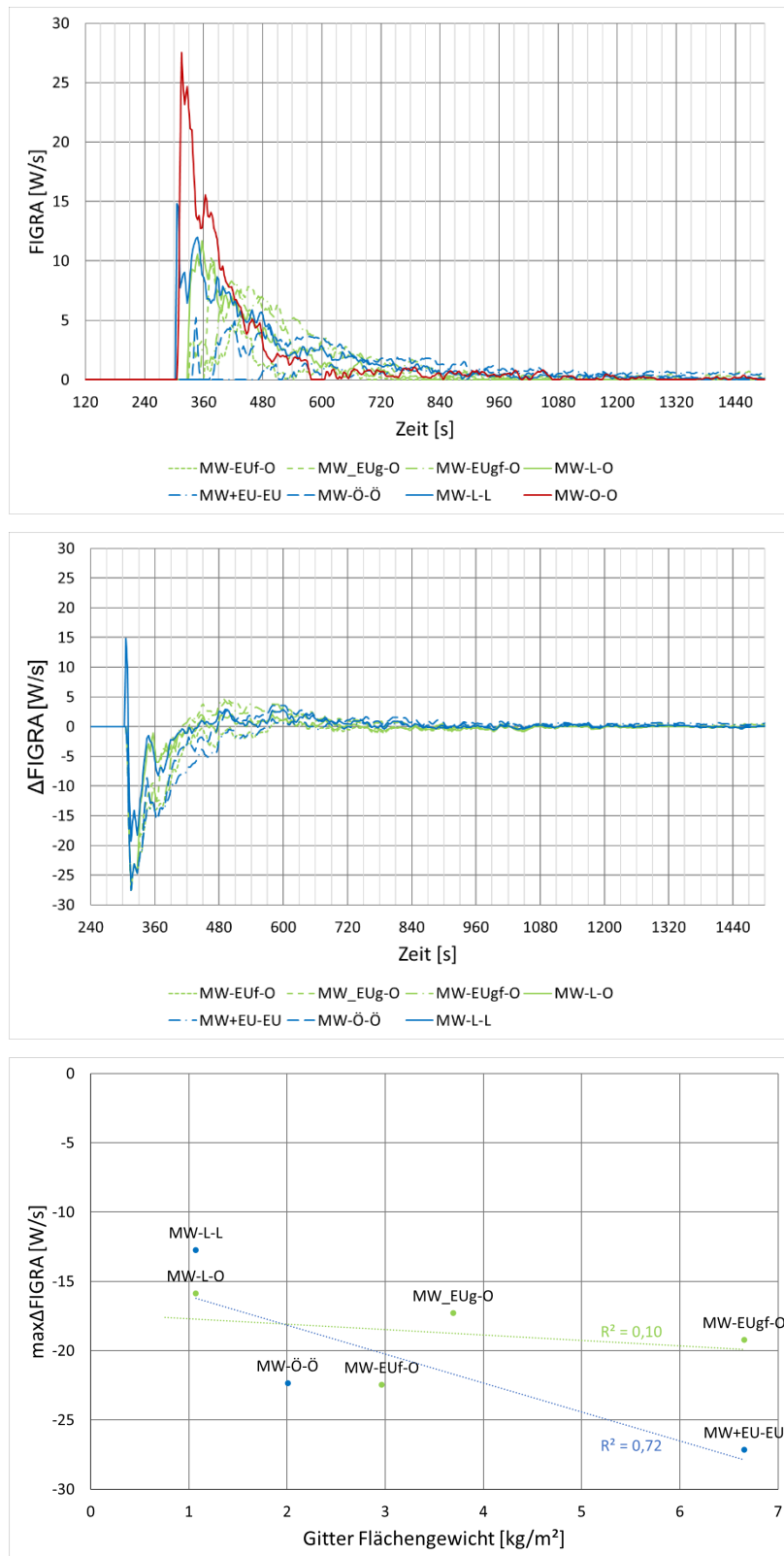


Abbildung 30: Auswertung des Einflusses der Gitter und Körbe auf die Brandwachstumsrate FIGRA.

6.2 Versuchsergebnisse mit Zellulose-Einblasdämmung

6.2.1 Auswertung ausgewählter Mess- und Berechnungsgrößen

Nachdem die generellen Einflüsse des Prüfkörbes auf das Prüfmaterial bezogen auf die Verwendung von unterschiedlichen Drahtgitterarten mit Hilfe von Mineralfaserdämmstoff im Vorangegangenen untersucht wurden, fanden weiterführende Versuche unter Berücksichtigung der gleichen Mess- und Berechnungsgrößen mit Fokus auf die Einflüsse des Prüfkörbes auf das Prüfmaterial mit losem, ungebundenen Zellulosedämmstoff im EU-Korb, Ö-Korb und L-Korb statt.

In Abbildung 31 werden die unterschiedlichen Rauchgastemperaturverläufe bezogen auf die Prüfkörbe dargestellt. Hieraus lässt sich ableiten, dass die Rauchgastemperaturen mit steigender Masse des Prüfkörbes bzw. Metalldrahtgitters niedriger werden. Eine Annäherung der Temperaturverläufe bezogen auf die Verwendung der drei unterschiedlichen Prüfkörbe findet erst gegen Ende der Versuche statt.

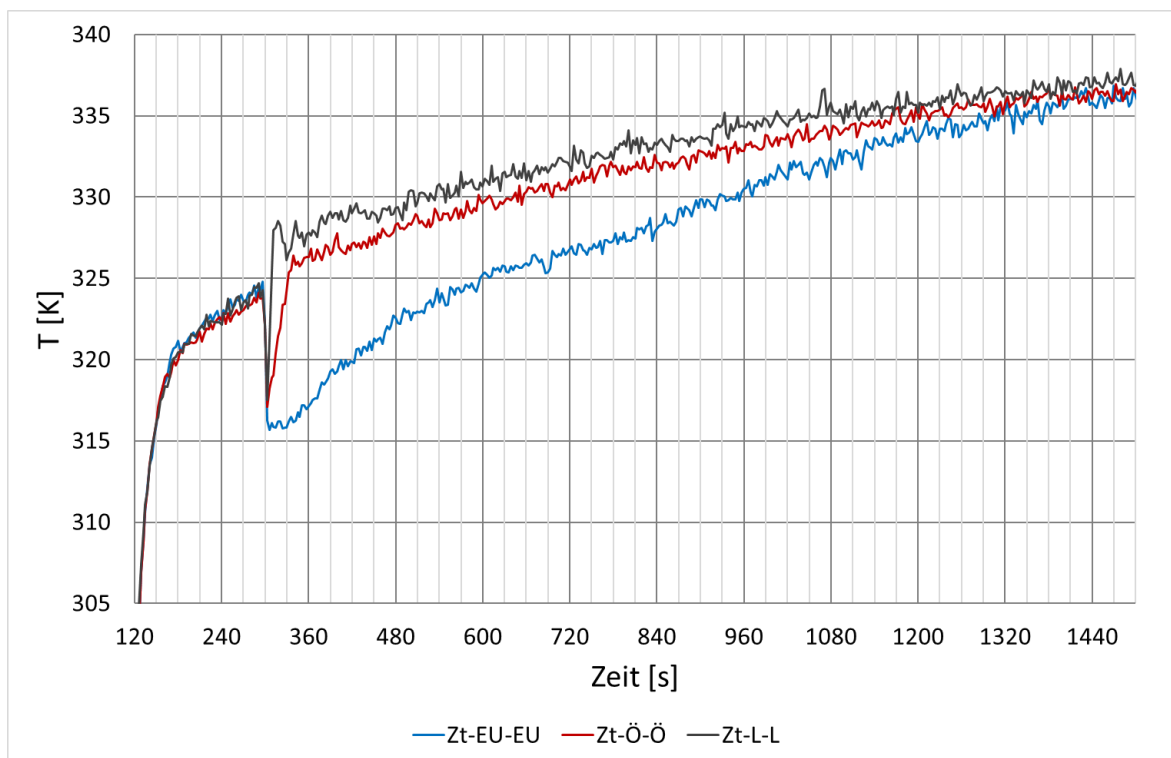
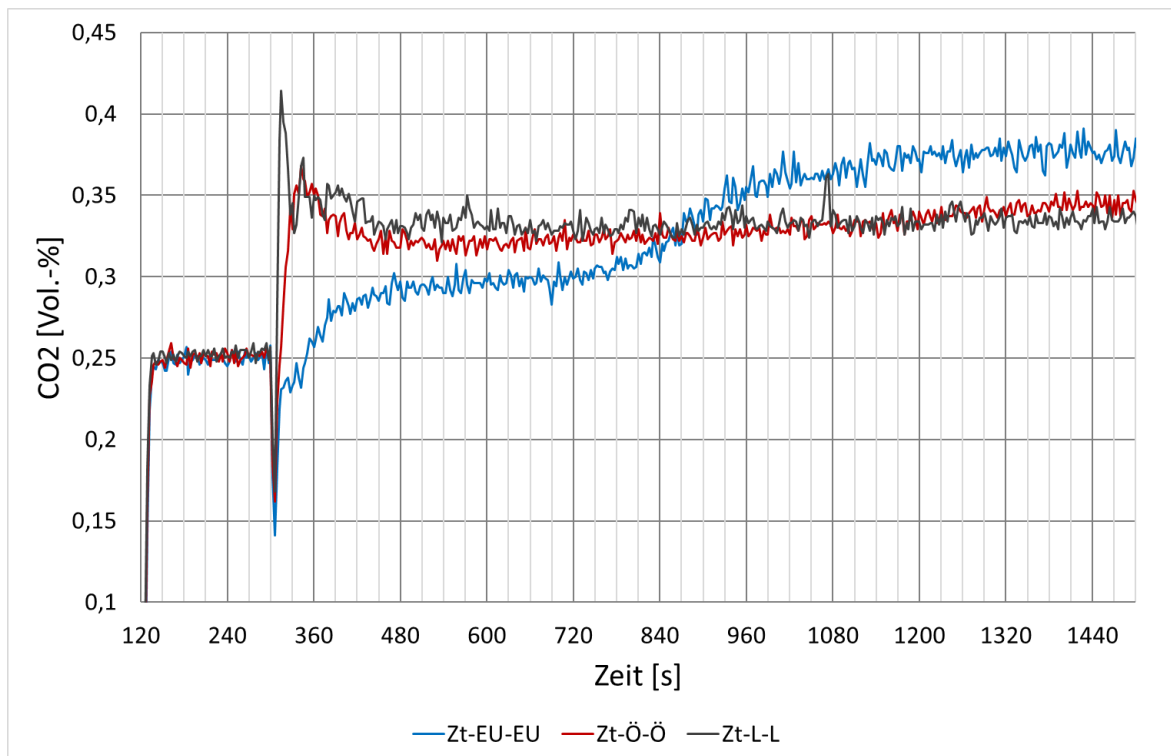
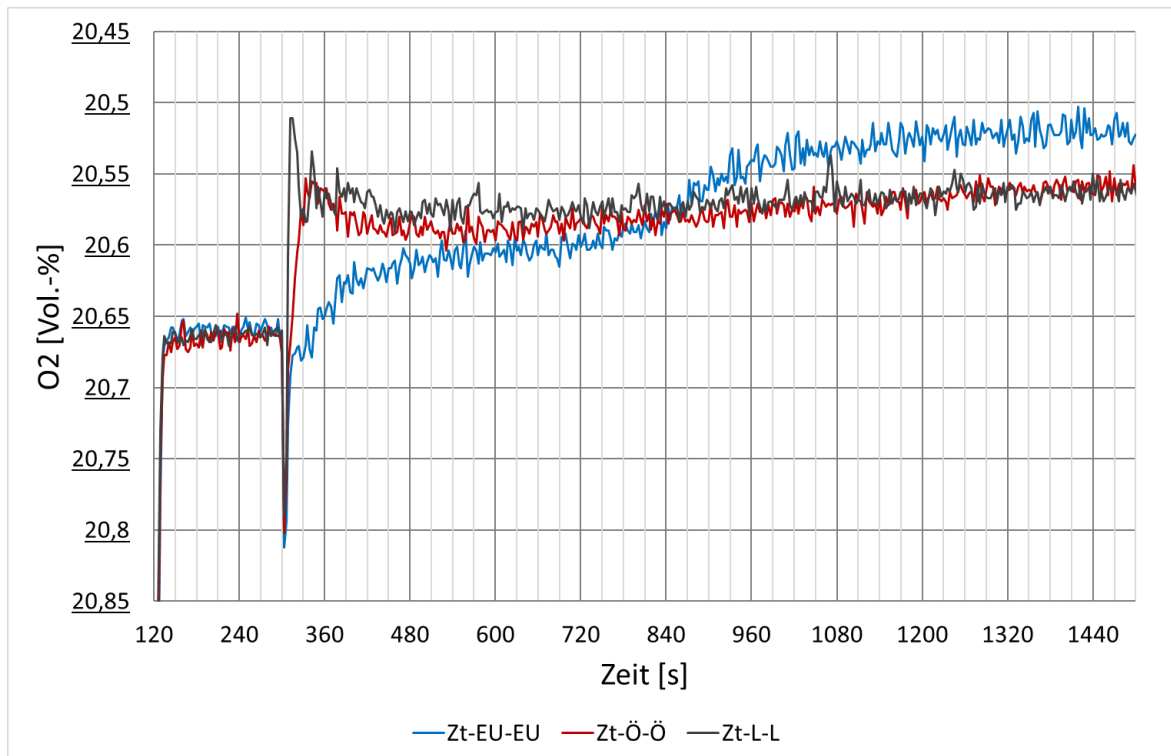


Abbildung 31: Zeitliche Verläufe der Rauchgastemperaturen bei den Versuchen mit Zellulose-Dämmstoff.

In Abbildung 32 wird der jeweilige Einfluss des EU-Korb, Ö-Korb und L-Korb auf den Sauerstoffverbrauch untersucht. Es ist zu beachten, dass die Sauerstoff-Achse invertiert dargestellt ist! Hier werden signifikante Unterschiede vor allem in der Anfangsphase der Beflammung des Prüfkörpers ersichtlich. Während bei dem Ö-Korb und L-Korb ein rascher Sauerstoffverbrauch erkennbar ist, der dann allmählich wieder absinkt, ist beim EU-Korb ein langsamer Abfall der Sauerstoffkonzentration im Rauchgas ersichtlich, der bei ca. 840 s weiter absinkt, da ab diesem Zeitpunkt die Holzspanplatte beginnt zum Brand beizutragen.

Die in Abbildung 33 dargestellten Verläufe der CO₂-Konzentration verlaufen qualitativ nahezu analog zu den Verläufen der Sauerstoffanteile.



In Abbildung 34 ist die gesamte Wärmefreisetzungsrate von Brenner und Probe dargestellt. Da die Wärmefreisetzungsrate mit Hilfe der Sauerstoffverbrauchskalorimetrie ermittelt wird, ist hier ein deutlicher Zusammenhang der Sauerstoff-/Kohlenstoffdioxid-Konzentration und der Wärmefreisetzungsrate ersichtlich. Ein aussagekräftigeres Bild zeigt sich, bei Betrachtung der über 30 s gemittelten Wärmefreisetzungsrate der Proben allein in Abbildung 35.

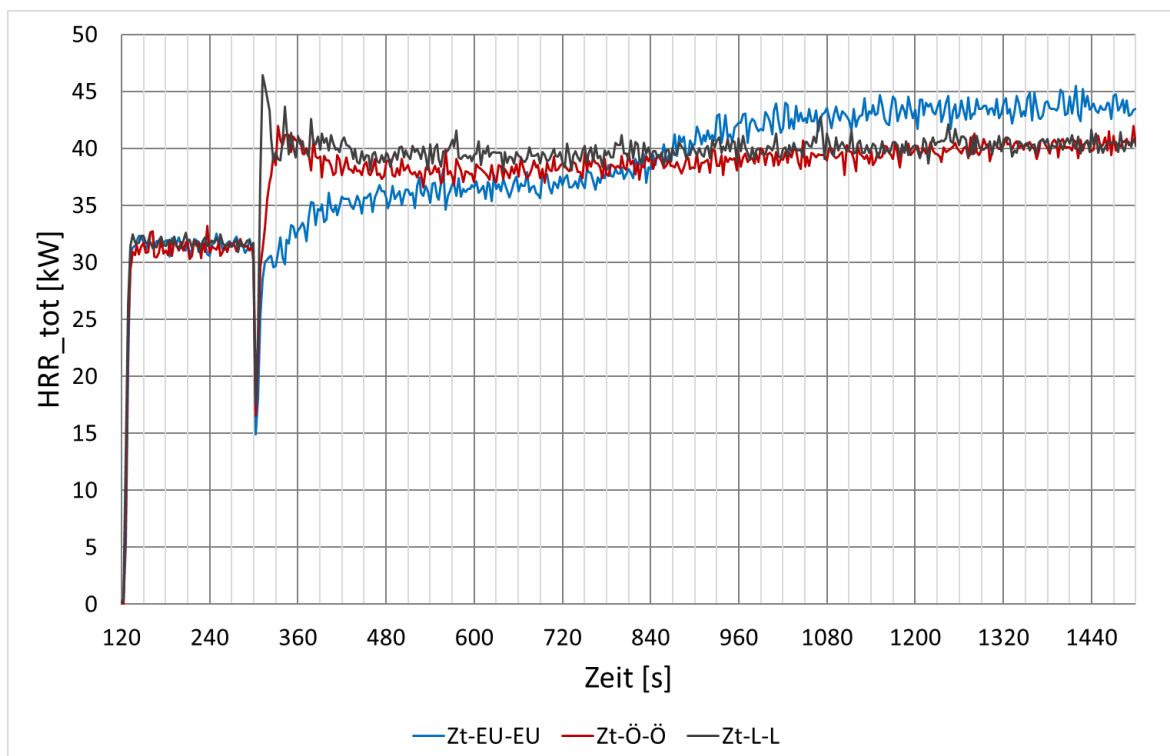


Abbildung 34: Zeitliche Verläufe der gesamten Wärmefreisetzungsrate (Brenner + Probe) bei den Versuchen mit Zellulose-Dämmstoff.

Der Kurvenverlauf der Wärmefreisetzungsrate des Ö-Korb und den L-Korb liegen dicht beieinander und sind über die gesamte Versuchszeit nahezu deckungsgleich. In beiden Fällen erfolgt die Entzündung der äußersten Schicht des Zellulose-Dämmstoffs. Das etwas größere Maximum beim L-Korb lässt sich auf die fasrigere Oberfläche des Zellulose-Dämmstoffs zurückführen. Der Kurvenverlauf der Wärmefreisetzungsrate für den EU-Korb zeigt einen deutlich abweichenden Verlauf im Vergleich zu den anderen beiden Korbvarianten. Hier zeigt sich sogar ein Abfall der Wärmefreisetzungsrate nach der Brennerumschaltung, was wiederum die in Abschnitt 6.1.1 gestellte Vermutung der unterbrochenen Verbrennungsreaktion aufgrund der massiven Metallteile bestärkt. Im Zeitraum 480-840 s nähern sich alle drei Kurven an. Ab Sekunde 840 erhöht sich die Wärmefreisetzungsrate beim Versuch mit dem EU-Korb, da nun die Stoßfuge zwischen kurzem und langem Flügelteil durchgebrannt ist und die Holzspanplatten beginnen zu brennen.

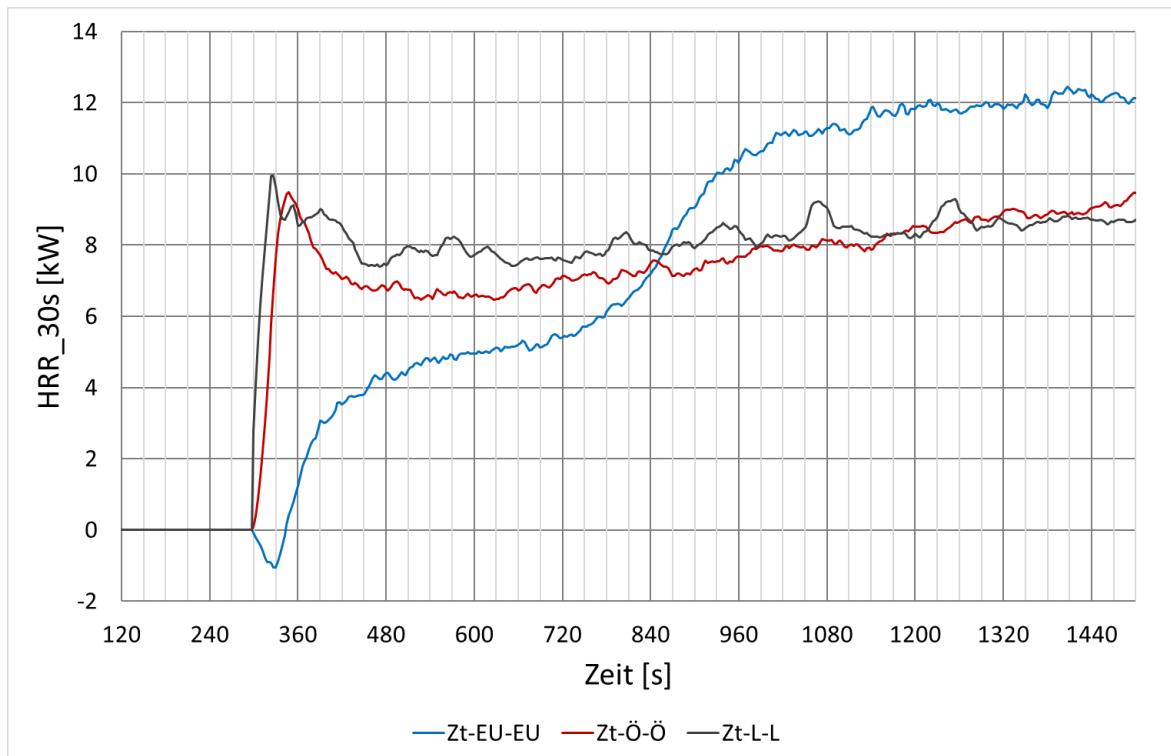


Abbildung 35: Zeitliche Verläufe der über 30 s gemittelten Wärmefreisetzungsrate der Probe bei den Versuchen mit Zellulose-Dämmstoff.

Die Verläufe des FIGRA-Wertes der Versuche mit den jeweiligen Korbvarianten werden in Abbildung 36 dargestellt. Anhand der Diagrammverläufe kann abgeleitet werden, dass mit zunehmender Masse der jeweiligen Korbvariante der Kurvenverlauf abflacht. Eine Übereinstimmung wird erst ab der ca. 750 s erreicht. Ebenfalls hat die Oberflächenbeschaffenheit des eingeblasenen Zellosedämmstoffs, zurückzuführen auf die Maschenweite der jeweiligen Korbvariante, einen deutlichen Einfluss auf den Verlauf des FIGRA-Wertes. Der Ausschlag beim L-Korb mit der größeren Maschenweite ist auch deutlich größer als der Ausschlag des Ö-Korbs mit der kleineren Maschenweite. Nach dem jeweiligen Peak Verlaufen die Kurven ansonsten nahezu identisch. Auch zu beachten, ist der relative späte Ausschlag der FIGRA-Kurve beim EU-Korb. Hier spricht der Berechnungsalgorithmus erst an nachdem beim Ö- und L-Korb schon die Maxima eingetreten sind.

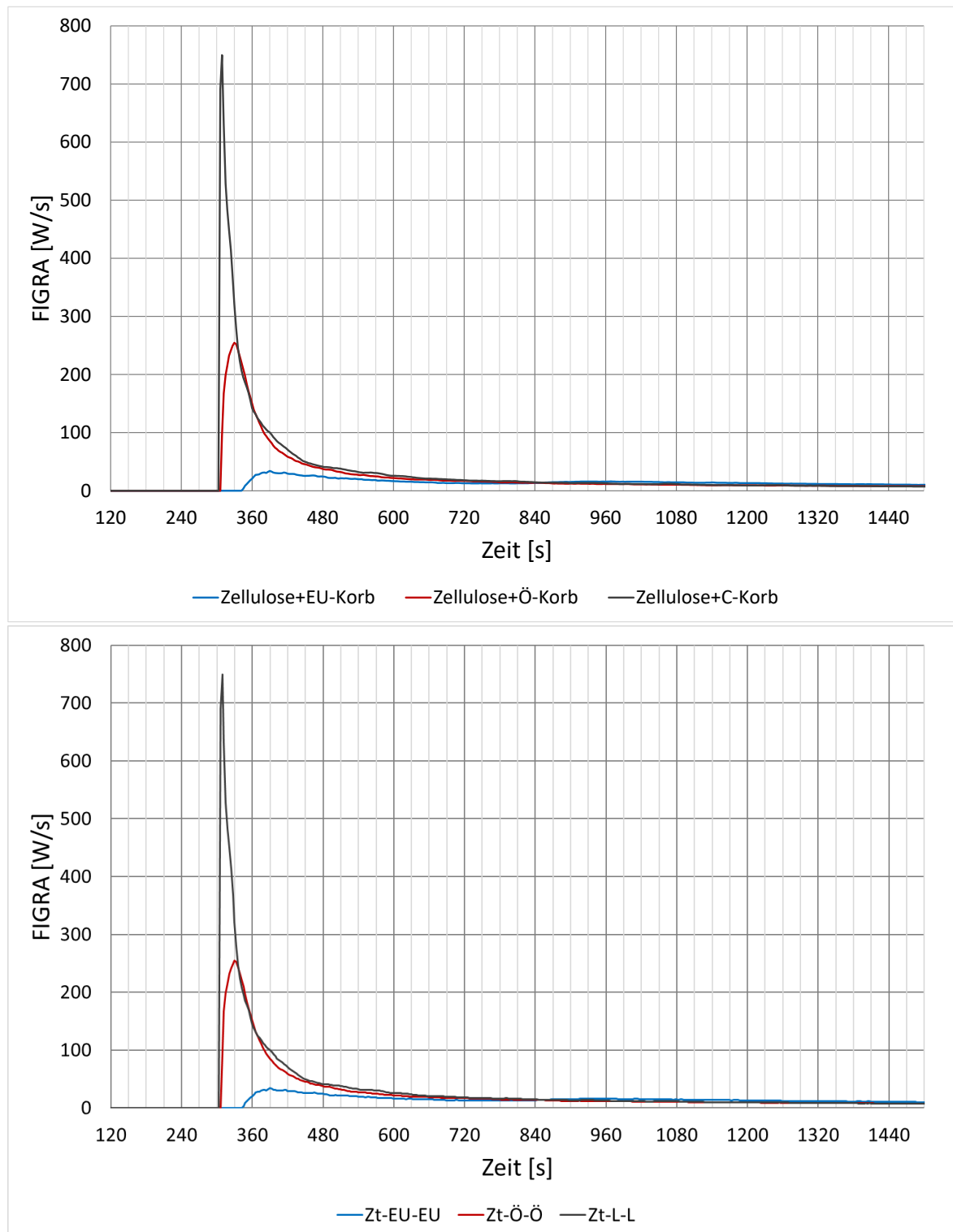


Abbildung 36: Zeitliche Verläufe der Brandwachstumsrate FIGRA bei den Versuchen mit Zellulose-Dämmstoff.

6.2.2 Auswertung der Klassifizierungsparameter

Abschließend werden die Einflüsse der unterschiedlichen Korbvarianten mit den unterschiedlichen Metalldrahtgittern für die stetigen Parameter $FIGRA_{0,2 MJ}$, $FIGRA_{0,4 MJ}$, $THR_{600 s}$, $SMOGRA$ und $TSP_{600 s}$ hinsichtlich ihrer Brandverhaltensklassifizierung nach DIN EN 13501-1 vergleichend in Tabelle 2 gegenübergestellt.

Die Ergebnisse der Prüfungen nach dem SBI-Verfahren sind außerdem in Anlage 1 aufgeführt. Fotos der Probekörper sind in Anlage 2 aufgeführt.

Im Anschluss an die Ergebnisübersicht werden die einzelnen Parameter der Versuche mit dem Zellulose-Dämmstoff Zt-EU-EU, Zt-Ö-Ö und Zt-L-L genauer betrachtet. Einerseits wird geprüft, ob sich, ähnlich wie bei den direkten Mess- und Berechnungsgrößen, auch für die Klassifizierungsparameter Abhängigkeiten von dem Flächengewicht der Metallgitter bzw. den verschiedenen Korbvarianten zeigen. Andererseits wird mit Hilfe von Betrachtungen zur Reproduzierbarkeit überprüft, ob mit den drei Korbvarianten vergleichbare Ergebnisse erzielt werden können. Hierfür werden die Angabe zur Vergleichspräzision aus DIN EN 13823: 2023-04 [5], Anhang B, Abschnitt B.4 herangezogen.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Klassifizierungsparameter nach DIN EN 13823: 2015-02 [6] bzw. DIN EN 13823: 2023-04 [5].

Nr.	Versuchs-ID	$FIGRA_{0,2 MJ}$ [W/s]	$FIGRA_{0,4 MJ}$ [W/s]	$THR_{600 s}$ [MJ]	Seitliche Flammenausbreitung (LFS)	$SMOGRA^*$ [m^2/s^2]	$TSP_{600 s}^*$ [m^2]	Br. Abfallen $\leq 10 s$	Br. Abfallen $> 10 s$	Brandverhaltensklasse nach DIN EN 13501-1 **
1	MW-EUg-O	0	0	0,4	nein	0	25	nein	nein	A2/B
2	MW-EUf-O	0	0	0,2	nein	0	25	nein	nein	A2/B
3	MW-O-O	0	0	0,3	nein	0	28	nein	nein	A2/B
4	MW-L-O	0	0	0,3	nein	0	28	nein	nein	A2/B
5	MW-EUgf-O	0	0	0,4	nein	0	24	nein	nein	A2/B
6	MW-EU-EU	0	0	0,3	nein	0	20	nein	nein	A2/B
7	MW-Ö-Ö	0	0	0,4	nein	0	22	nein	nein	A2/B
8	MW-L-L	0	0	0,4	nein	0	20	nein	nein	A2/B
9	Zt-EU-EU	29	25	2,8	nein	2	50	nein	nein	B
10	Zt-Ö-Ö	221	139	4,2	nein	0	44	nein	nein	C
11	Zt-L-L	414	186	4,8	nein	2	49	nein	nein	C

* Zur Berechnung der Rauchentwicklungsrates wurden wegen der Vergleichbarkeit der Ergebnisse ausschließlich die Kenngrößen des Nebenbrenners verwendet.

** Die Anforderungen an die Rauchklasse s1 und an die Klasse bzgl. des brennenden Abfallens/ Abtropfens d0 wurden bei allen Versuchen erfüllt.

Beginnend beim Parameter $FIGRA_{0,2 MJ}$ zeigt sich bereits ein deutlicher Einfluss auf den Klassifizierungsparameter in Abhängigkeit von dem Flächengewicht der Gitter. Je schwerer das Gitter,

desto geringer fällt $FIGRA_{0,2 MJ}$ aus. Dieser Einfluss ist sogar so groß, dass dieser eine Klassenänderung von C mit Ö- und L-Korb nach B mit EU-Korb verursacht. Weiterhin zeigt sich, dass auch der Unterschied von Ö-Korb und L-Korb signifikant groß ist und die beiden Körbe keine vergleichbaren Ergebnisse für den FIGRA-Parameter liefern.

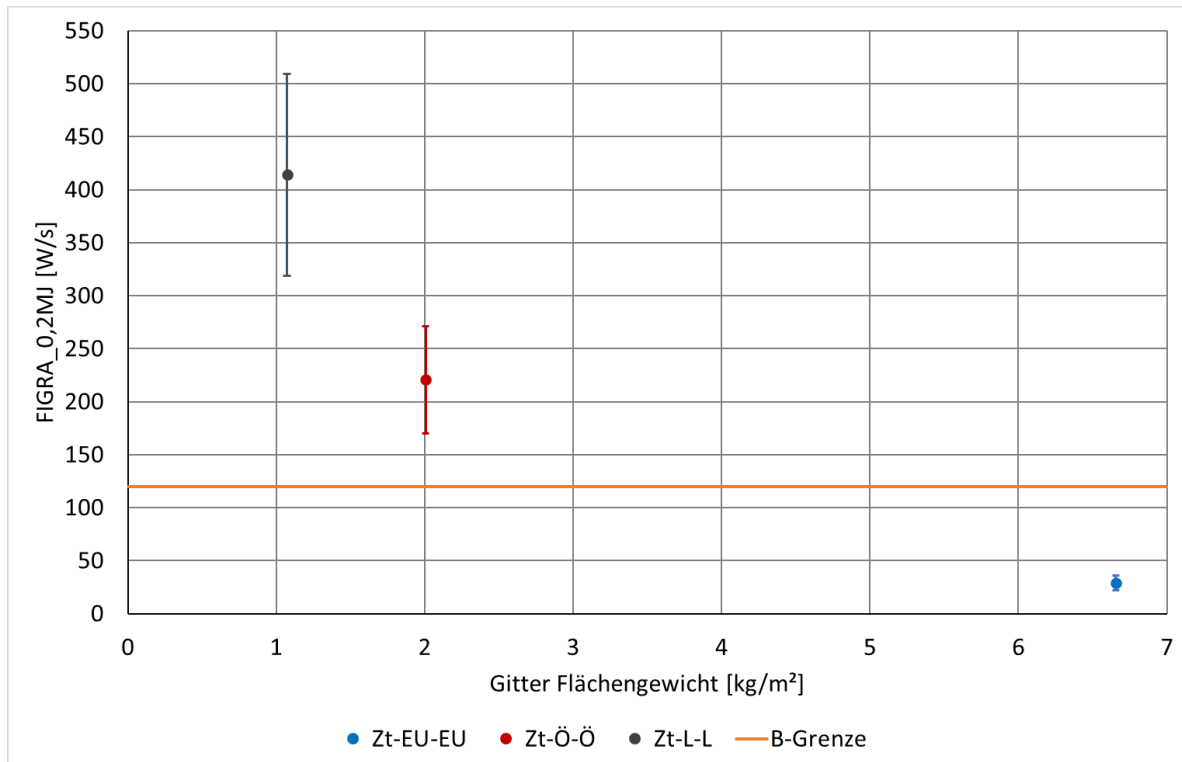


Abbildung 37: Vergleich von $FIGRA_{0,2 MJ}$ für Zellulose-Dämmstoff (Fehlerbalken stellen die Vergleichspräzision s_R gemäß DIN EN 13823:2023-04, Anhang B, Abschnitt B.4 dar.)

Der Parameter $FIGRA_{0,4 MJ}$ zeigt ein ganz ähnliches Verhalten wie $FIGRA_{0,2 MJ}$. In Abbildung 38 zeigt sich auch, dass je schwerer das Gitter ist, desto geringer $FIGRA_{0,4 MJ}$ ausfällt. Die Werte des L-Korbs und des Ö-Korbs liegen in diesem Fall näher beieinander und die Bereiche der Vergleichspräzision überschneiden sich, was auf eine bessere Vergleichbarkeit für $FIGRA_{0,4 MJ}$ im Gegensatz zu $FIGRA_{0,2 MJ}$ hindeutet. Weiterhin liegen alle Werte unterhalb der Klassengrenze für die Brandverhaltensklasse C. Die Wahl des Korbes hätte für diesen Parameter also keinen Einfluss auf die Brandverhaltensklasse.

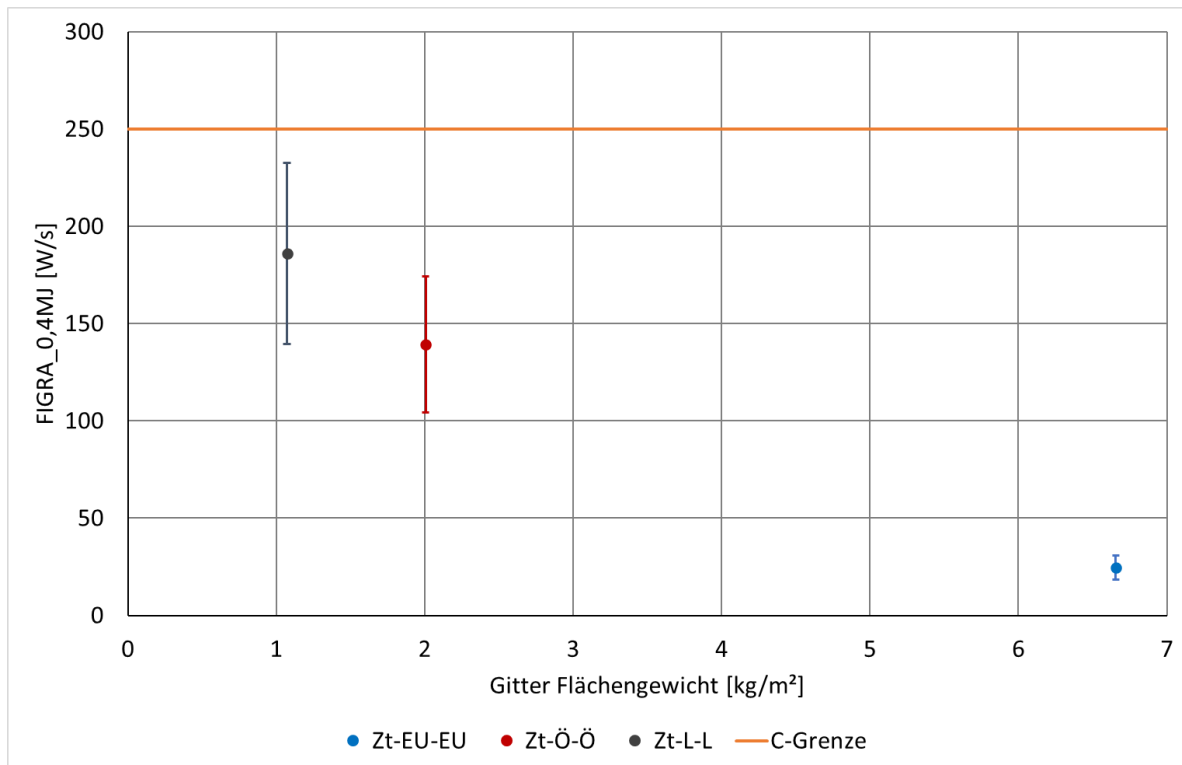


Abbildung 38: Vergleich von $FIGRA_{0,4 MJ}$ für Zellulose-Dämmstoff (Fehlerbalken stellen die Vergleichspräzision s_R gemäß DIN EN 13823:2023-04, Anhang B, Abschnitt B.4 dar.)

Für den Parameter $THR_{600 s}$ ist ebenfalls eine Abhängigkeit vom Flächengewicht der verwendeten Gitter und, respektive, von der Korbvariante ersichtlich (vgl. Abbildung 39). Je schwerer das Gitter bzw. der Korb, desto geringer sind die Werte für $THR_{600 s}$. Bemerkenswert ist der Vergleich des Ö-Korbs mit dem L-Korb. Diese beiden Werte liegen so dicht beieinander, dass sie jeweils in den Bereich der Vergleichspräzision des anderen fallen. Das bedeutet, dass prüfstellenübergreifend annähernd die gleichen Werte sowohl mit dem Ö-Korb als auch mit dem L-Korb ermittelt werden können. Im Gegensatz dazu liegt der Wert des EU-Korbs weiter unter dem Bereich der Vergleichspräzision der beiden anderen Körbe. Auch für $THR_{600 s}$ hat die Wahl des Korbes keinen Einfluss auf die Brandverhaltensklasse.

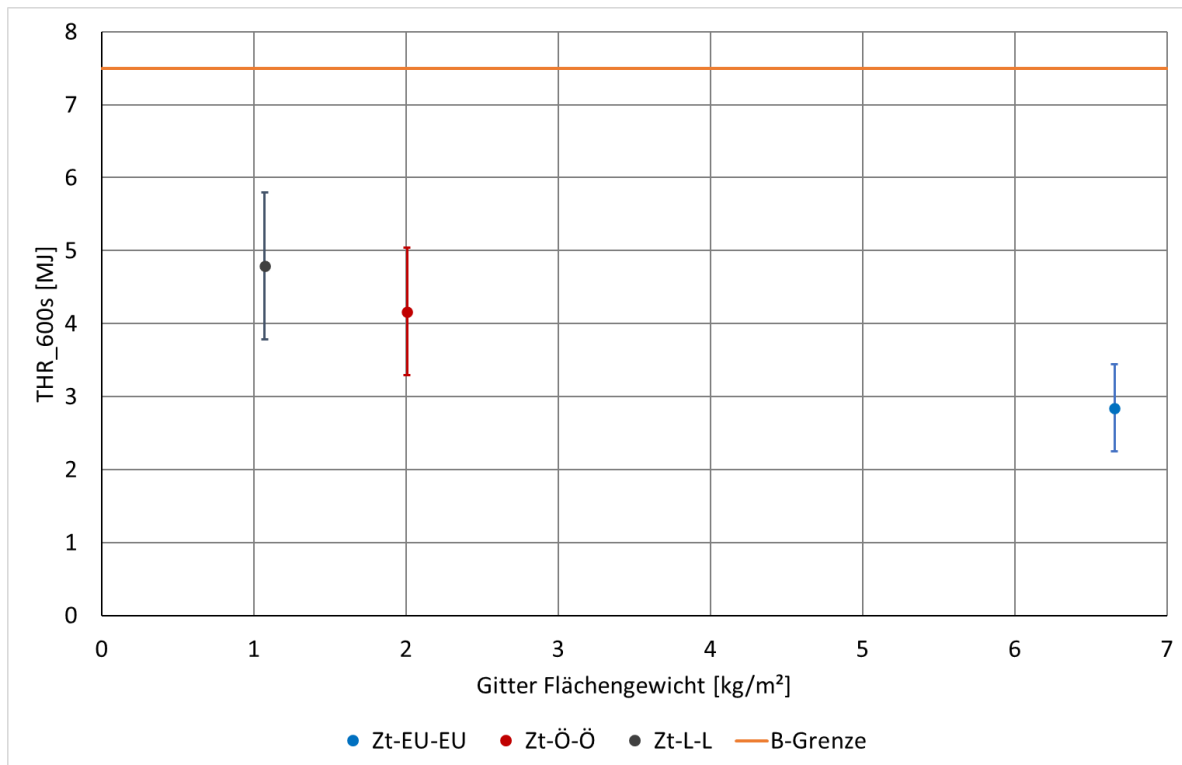


Abbildung 39: Vergleich von THR_{600s} für Zellulose-Dämmstoff (Fehlerbalken stellen die Vergleichspräzision s_R gemäß DIN EN 13823:2023-04, Anhang B, Abschnitt B.4 dar.)

Der Parameter der Rauchentwicklungsrate $SMOGRA$ ist wenig aussagekräftig. Wie Abbildung 40 aufzeigt, ist keine eindeutige Abhängigkeit von dem Flächengewicht der Gitter erkennbar. Auch wurden relativ kleine Werte ermittelt, die relativ nahe beieinander liegen. In allen drei Fällen befand sich der $SMOGRA$ -Wert unterhalb der Grenze für die Rauchklasse s1.

Zur Erinnerung: die Werte der Rauchentstehung wurden der Vergleichbarkeit wegen auf Grundlage des Nebenzubehörs nach DIN EN 13823: 2015-02 [6] ermittelt. Bei Anwendung des Berechnungsverfahrens nach DIN EN 13823: 2023-04 [5] mit Berücksichtigung der Rauchproduktion des Hauptbrenners würden die $SMOGRA$ -Werte zu null gesetzt werden.

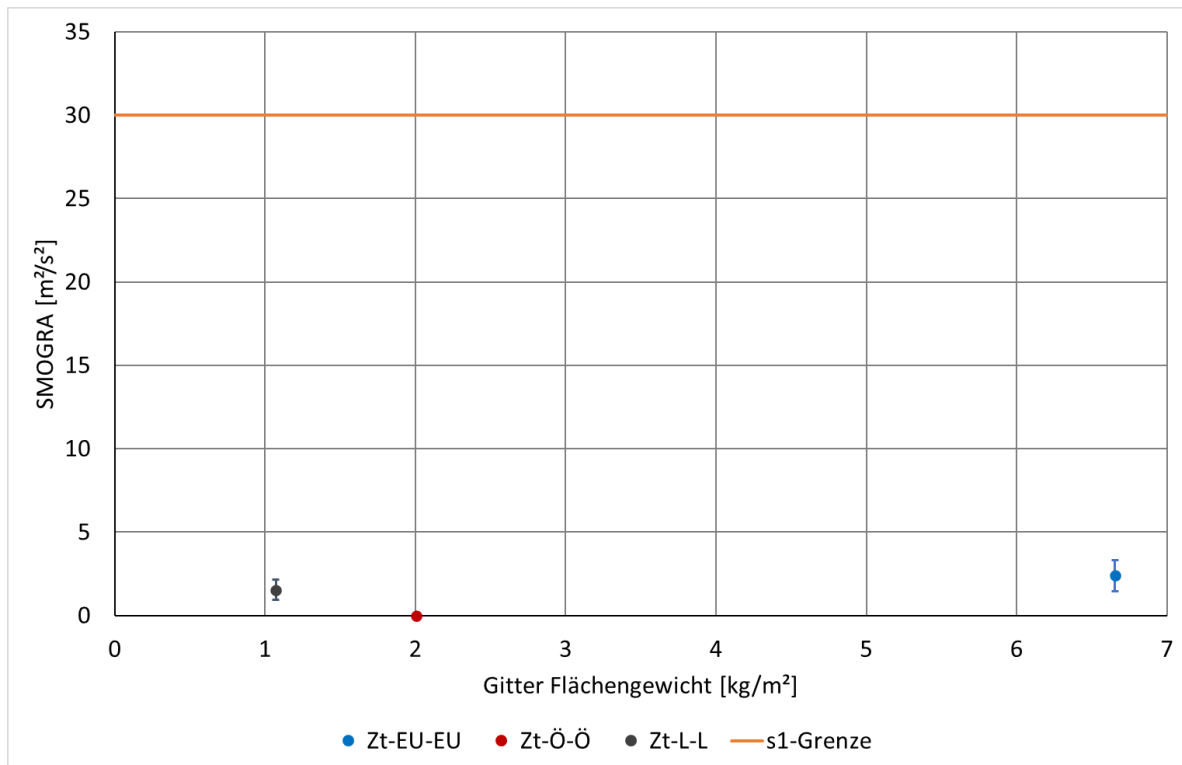


Abbildung 40: Vergleich von SMOGRA für Zellulose-Dämmstoff (Fehlerbalken stellen die Vergleichspräzision s_R gemäß DIN EN 13823:2023-04, Anhang B, Abschnitt B.4 dar.)

Ähnlich wie beim SMOGRA-Parameter stellt sich die Situation auch für TSP_{600s} in Abbildung 41 dar. Es ist keine eindeutige Abhängigkeit von dem Flächengewicht der Gitter bzw. vom Korb erkennbar. Alle Werte lagen dicht beieinander und nahe an oder sogar auf der Klassengrenze s1/s2. Da die drei Messwerte innerhalb der Bereiche der Vergleichspräzision jeweils der anderen Messungen lagen, können prüfstellenübergreifend mit allen drei Körben vergleichbare Ergebnisse für TSP_{600s} gemessen werden.

Auch hier zur Erinnerung: die Werte der Rauchentstehung wurden der Vergleichbarkeit wegen auf Grundlage des Nebenzüglers nach DIN EN 13823: 2015-02 [6] ermittelt. Bei Anwendung des Berechnungsverfahrens nach DIN EN 13823: 2023-04 [5] mit Berücksichtigung der Rauchproduktion des Hauptzüglers würden die TSP_{600s} -Werte etwa um den gleichen Wert, der abhängig von der tagesaktuellen Rauchkalibrierung ist, reduziert. Es ist jedoch keine andere Aussage als die oben gemacht zu erwarten.

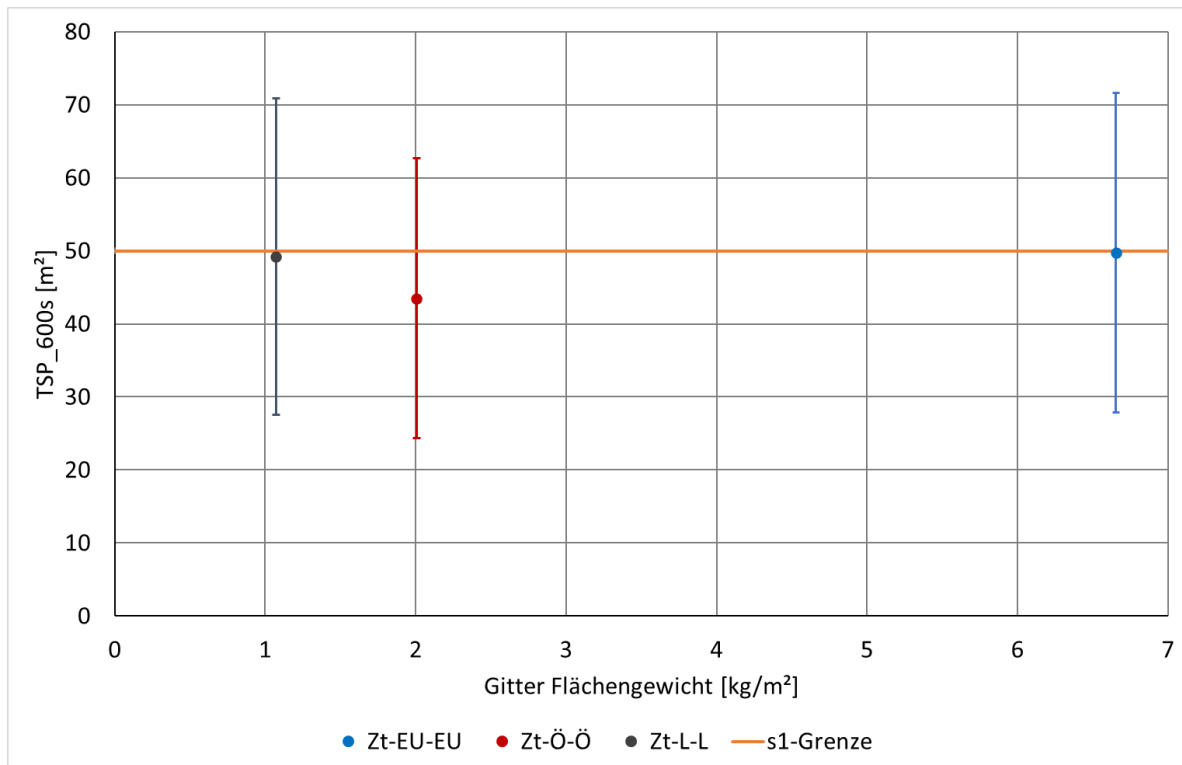


Abbildung 41: Vergleich von TSP_{600s} für Zellulose-Dämmstoff (Fehlerbalken stellen die Vergleichspräzision s_R gemäß DIN EN 13823:2023-04, Anhang B, Abschnitt B.4 dar.)

Abschließend hat sich gezeigt, dass im Wesentlichen der Parameter $FIGRA_{0,2 MJ}$ durch die Wahl der Gitter und des Korbes beeinflusst werden kann! Für den Parameter THR_{600s} liefert der L-Korb und der Ö-Korb vergleichbare Werte. Hinsichtlich der Rauchproduktion lassen sich mit allen drei Gitter- und Korbvarianten vergleichbare Werte auch prüfstellenübergreifend generieren. Ein brennendes Abfallen/ Abtropfen ist bei keinem der Versuche aufgetreten und ist auch kein typisches Brandphänomen für diese Art von Bauprodukten und wurde daher auch nicht weiter detailliert diskutiert. Die indikativen Untersuchungen mit dem Zellulose-Dämmstoff zeigen also:

- L-Korb und Ö-Korb: C-s1,d0
- EU-Korb: B-s1,d0

6.2.3 Beobachtungen nach den Versuchen

Zwar ist die Brandverhaltensprüfung nach DIN EN 13823: 2015-02 [6] bzw. DIN EN 13823: 2023-04 [5] nach Ausschalten des Hauptbrenners beendet. Jedoch soll im Folgenden noch das Erscheinungsbild der drei Körbe gefüllt mit dem Zellulose-Dämmstoff betrachtet werden.

Abbildung 42 und Abbildung 43 zeigen den EU-Korb mit Zellulose-Dämmstoff. In Abbildung 42 ist der pyramidenförmig, nach oben verjüngende Brandbereich des Zellulose-Dämmstoffs zu erkennen. Im unteren Bereich betrug dessen maximale Ausbreitung etwa die Länge der Brennerkanten. Der Übergang vom verbrannten zum unverbrannten Dämmstoff erschien vergleichsweise scharf. Im Kern der Verbrennungszone ist ein gräulicher Bereich erkennbar, in dem oberflächlich lediglich der veraschte Dämmstoff noch vorlag. Abbildung 43 zeigt die weitere Entwicklung im Prüfkörper und einen deutlich glühenden Bereich zwischen dem kurzen und dem langen Flügel. Hier brannten sowohl der Zellulose-Dämmstoff als auch die Holzspanplatte auch noch nach Versuchsende weiter.



Abbildung 42: Ansicht nach der Prüfung, EU-Korb



Abbildung 43: Detailansicht nach der Prüfung, EU-Korb

Abbildung 44 und Abbildung 45 zeigen den Ö-Korb nach dem Versuch mit Zellulose-Dämmstoff. In Abbildung 44 ist ebenfalls der pyramidenförmig, nach oben verjüngende Brandbereich des Zellulose-Dämmstoffs erkennbar. Insgesamt ist dieser Bereich etwas breiter als beim EU-Korb und im unteren Bereich betrug dessen maximale Ausbreitung etwas mehr als die Länge der Brennerkanten. Der Übergang vom verbrannten zum unverbrannten Dämmstoff erschien auch hier vergleichsweise scharf. Im Kern der Verbrennungszone ist ein gräulicher Bereich erkennbar, in dem oberflächlich lediglich der veraschte Dämmstoff noch vorlag. Abbildung 45 zeigt den langen Flügel und die Kontaktfläche zum kurzen Flügel sowie einen Teil der rückseitigen Holzspanplatte. Es ist zu erkennen, dass an der

Stoßfuge des kurzen und langen Flügels stellenweise ein Durchbrand bis zur Holzspanplatte erfolgte. Ansonsten der Dämmstoff über den Großteil der Dicke intakt blieb.



Abbildung 44: Ansicht nach der Prüfung, Ö-Korb
Abbildung 45: Detailansicht nach der Prüfung, Ö-Korb

In Abbildung 46 und Abbildung 47 ist der L-Korb nach dem Versuch mit Zellulose-Dämmstoff dargestellt. Wie in Abbildung 46 zu sehen, lässt sich die Oberfläche im Gegensatz zu den beiden anderen Versuchen grob in drei Bereiche einteilen. Einerseits hat sich in der Ecke und im direkten Flammeneinflussbereich der verbrannte, schwarze Bereich ausgebildet. Im Kern der Verbrennungszone ist auch hier der gräuliche Bereich erkennbar, in dem oberflächlich lediglich der veraschte Dämmstoff noch vorlag. Die pyramidenförmige Ausbildung hat sich eher zu einer streifenförmigen Ausbildung gewandelt, wobei dessen maximale Ausbreitung im unteren Bereich etwas mehr als die Länge der Brennerkanten betrug und im oberen Bereich nur geringfügig schmaler war. Der Übergang zur unverbrannten Oberfläche ist durch dunkelgraue Bereiche gekennzeichnet, in denen die fasrige Struktur des Dämmstoffs lediglich oberflächlich abgebrannt ist und nicht in die Tiefe brannte. Außerhalb dieser Übergangsbereiche blieb der Dämmstoff unverbrannt und behielt seine ursprüngliche, hellgraue Farbe. Der Blick auf den Übergang vom kurzen zum langen Flügel ist in Abbildung 47 zu sehen. Ganz eindeutig und über die gesamte Höhe des Prüfkörpers ist der verbrannte und wenige Zentimeter eingebrannte Dämmstoff zu sehen. Durch die homogene Dämmschicht ohne Stoßfuge konnte kein Durchbrand bis zur rückseitigen Holzspanplatte erfolgen.



Abbildung 46: Ansicht nach der Prüfung, L-Korb



Abbildung 47: Detailansicht nach der Prüfung, L-Korb

7 Zusammenfassung und Ausblick

Abschließend lässt sich das Forschungsvorhaben „Folgeuntersuchung zum Einfluss der SBI-Probehalter auf das Brandverhalten von Schüttdämmstoffen“ mit den nachfolgenden Erkenntnissen zusammenfassen.

Die ermittelten Messergebnisse und hierbei insbesondere die Anteile von Sauerstoff und Kohlenstoffmonoxid im Rauchgas bestätigten den Verdacht, dass die konstruktionsbedingt verwendeten Metallkomponenten die Wärme ableiten und dadurch Verbrennungsreaktionen, wie die von Propan, unterbrechen. Besonders deutlich konnte dieser Effekt beim EU-Korb beobachtet werden. Dies machte deutlich, dass die Reduzierung der Metallkomponenten für den Prüfkorb für lose Dämmstoffe unbedingt notwendig ist.

Des Weiteren zeigten die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes deutliche Unterschiede zwischen dem EU-Korb und dem Ö-Korb der ECIA und dem L-Korb der MFPA Leipzig. Außerdem wurde ein Klassenunterschied der Brandverhaltensklassen nach DIN EN 13501-1 von B mit dem EU-Korb und der Brandverhaltensklasse C mit dem Ö- und L-Korb bei Zellulose-Dämmstoff festgestellt. Die Ergebnisse des Ö-Korbs und des L-Korbs waren dabei sehr vergleichbar.

Die Vorbereitung bzw. Herstellung der Probekörper erfolgte in Zusammenarbeit mit Vertretern der ECIA, dem DIBt und der MFPA Leipzig. Dabei wurden für den L-Korb mehrere Verbesserungsvorschläge erarbeitet:

- Eine Reduzierung der faserigen Oberfläche durch die Verwendung eines feinen Gitters mit:
 - o Drahtdurchmesser ca. 0,5 mm,
 - o Maschenweite 6 mm x 6 mm und
 - o Flächengewicht $\leq 1.000 \text{ g/m}^2$.
- Eine Reduzierung der Ausbauchung am langen Flügel durch Stabilisierung der Oberfläche mit Hilfe von einem vertikalen T-Profil, das in der Mitte des Probenflügels eingesetzt wird.

Die L-förmige Grundform des L-Korbs soll beibehalten werden. Hier haben die Erfahrungen der Mitarbeiter der MFPA Leipzig gezeigt, dass einerseits die Probenherstellung besser von statten geht. Andererseits lässt sich der L-förmige Korb im Ganzen, ähnlich wie ein WDVS- oder vhF-Prüfkörper, besser handhaben. Hinzu kommt, dass die Stoßfuge zwischen langen und kurzen Flügel eine Schwachstelle im Prüfaufbau bildet und sowohl beim EU-Korb als auch beim Ö-Korb ein Durchbrennen bis auf die rückseitige Holzspanplatte beobachtet wurde.

Auf Grundlage dieser konstruktiven Änderungen werden weitere, vergleichende Versuche notwendig. Außerdem sind die Einbaubedingungen hinsichtlich variierender Dicke und Dichte zu untersuchen. Auch sollte anhand vergleichender Versuche mit dem Nass- und Trockenauftragsverfahren mit dem Zellulose-Dämmstoff der Einfluss des modifizierte L-Korbs mit den o.g. Anpassungen (nachfolgend *Lmod-Korb* genannt) betrachtet werden. Um Produkt-übergreifende Erfahrungen mit dem Lmod-Korb zu generieren, sollten außerdem Versuche mit einem anderen als Zellulose-basiertem Einblasdämmstoff durchgeführt werden. Abschließend wird empfohlen die Robustheit des Prüfverfahrens im Zusammenhang mit der besonderen Prüfkörperherstellung hinsichtlich der wiederholbaren Generierung von Prüfergebnissen zu untersuchen. Eine Übersicht der aus Sicht der Verfasser notwendigen Versuche ist in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Ausblick auf weitere Untersuchungen zur Validierung des neue entwickelten Prüfkorbs.

Nr.	Versuchs-ID	Dämmstoff Dicke [mm] Dichte [kg/m³]	Hinter- legungs- material	Gitter- Typ	Korb- Typ	Bemerkung
1	MW-Lmod-Lmod	MW 200 50	Holzspan	Lmod	Lmod	Vergleich mit MW-L-L
2	Zt-Lmod-Lmod	Zellulose (trocken) 200 50	Holzspan	Lmod	Lmod	Vergleich mit Zt-L-L
3	Zt-Lmod-Lmod	Zellulose (trocken) 200 Min	Holzspan	Lmod	Lmod	ggf. feines, horizontales Armierungsgitter einbringen
4	Zt-Lmod-Lmod	Zellulose (trocken) 200 Min	Holzspan	Lmod	Lmod	Stahlblech zwischen Flügeln beim Einblasen
5	Zt-Lmod-Lmod	Zellulose (trocken) 200 Max	Holzspan	Lmod	Lmod	---
6	Zt-Lmod-Lmod	Zellulose (trocken) krit. krit.	Holzspan	Lmod	Lmod	Untersuchung zur Wiederholbarkeit
7	Zt-Lmod-Lmod	Zellulose (trocken) krit. krit.	Holzspan	Lmod	Lmod	
8	Zn-O-O	Zellulose (nass) Max Min	Holzspan	Ohne	Ohne	Vergleich Trocken-Nass
9	Zn-O-O	Zellulose (nass) Max Max	Holzspan	Ohne	Ohne	
10	HWF-Lmod-Lmod	HWF (trocken) Max Min	Holzspan	Lmod	Lmod	Untersuchung an anderem Dämmstoff (HWF)
11	HWF-Lmod-Lmod	HWF (trocken) Max Max	Holzspan	Lmod	Lmod	
12	HWF-Lmod-Lmod	HWF krit. krit.	Holzspan	Lmod	Lmod	
13	HWF-Lmod-Lmod	HWF krit. krit.	Holzspan	Lmod	Lmod	

Wegen der Vergleichbarkeit der Versuche 8-9 mit dem nass aufgetragenem Zellulose-Dämmstoff sind diese mit der gleichen Rohdichte und Dämmstoffdicke wie die im Trockenverfahren hergestellten Proben (vgl. Versuch 3-7) herzustellen. Dabei wird im Nass-Verfahren der Dämmstoff direkt auf eine Holzspanplatte nach DIN EN 13238 aufgetragen. Anschließend sollen die Proben nach DIN EN 13238 so lange konditioniert werden, bis sie den gleichen Feuchtegehalt erreicht haben wie die Proben aus dem trocken aufgetragenen Dämmstoff. Abschließend werden die Proben ohne jeglichen Probenhalter oder Drahtgitter geprüft.

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

Leipzig, den 29. April 2025


Dipl.-Ing. Michael Juknat
Geschäftsbereichsleiter




Nick Neumann, MSc.
Projektleiter

8 Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 13823: 2020-09 *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten - Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen; Deutsche Fassung EN 13823:2020*
- [2] DIN EN 15101-1: 2013-12 *Wärmedämmstoffe für Gebäude – An der Verwendungsstelle hergestellter Wärmedämmstoff aus Zellulosefüllstoff (LFCI) – Teil 1: Spezifikation für die Produkte vor dem Einbau; Deutsche Fassung EN 15101-1:2013*
- [3] Forschungsbericht FB3.1/18-271-1 *Untersuchung des Einflusses verschiedener Drahtgitter auf die Brennerumschaltzeit bei Brandversuchen nach dem SBI-Verfahren nach DIN EN 13823:2015-02, MFPA Leipzig GmbH: 22.01.2020, Deutsches Institut für Bautechnik*
- [4] DIN EN 13238: 2010-06 *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Konditionierungsverfahren und allgemeine Regeln für die Auswahl von Trägerplatten; Deutsche Fassung EN 13238:2010*
- [5] DIN EN 13823: 2023-04 *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten - Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen; Deutsche Fassung EN 13823:2020+A1:2022*
- [6] DIN EN 13823: 2015-02 *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten - Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen*

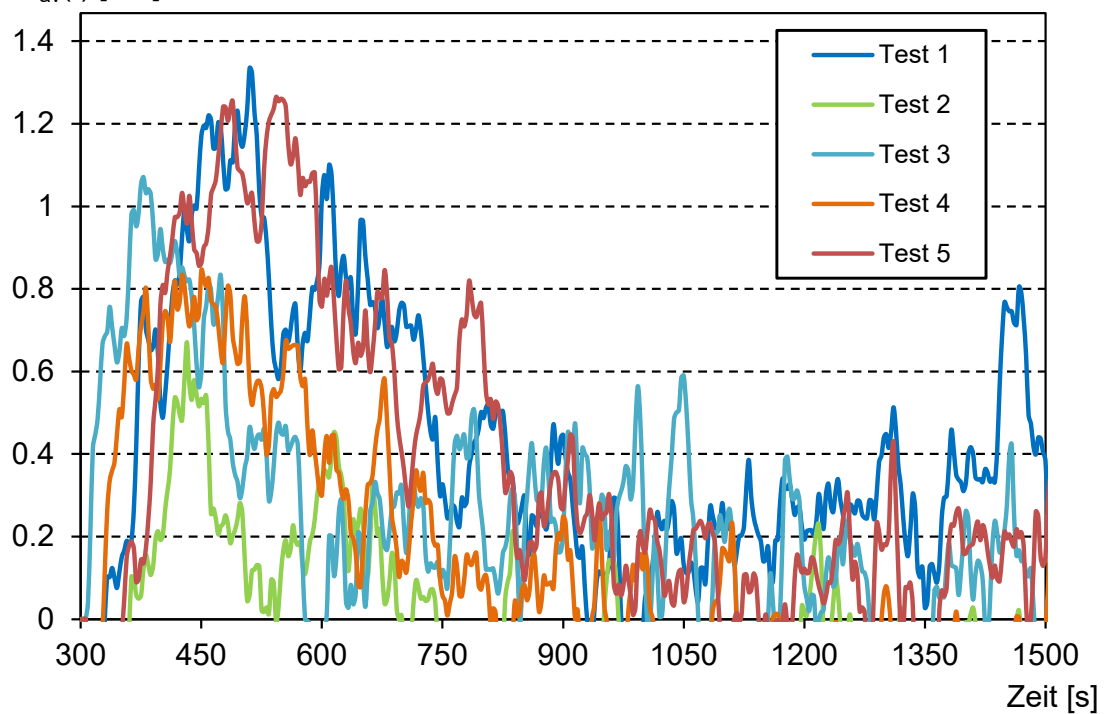
Anlage 1 Diagramme und Kennwerte der Brandprüfungen nach DIN EN 13823:2015-02 bzw. 2023-04

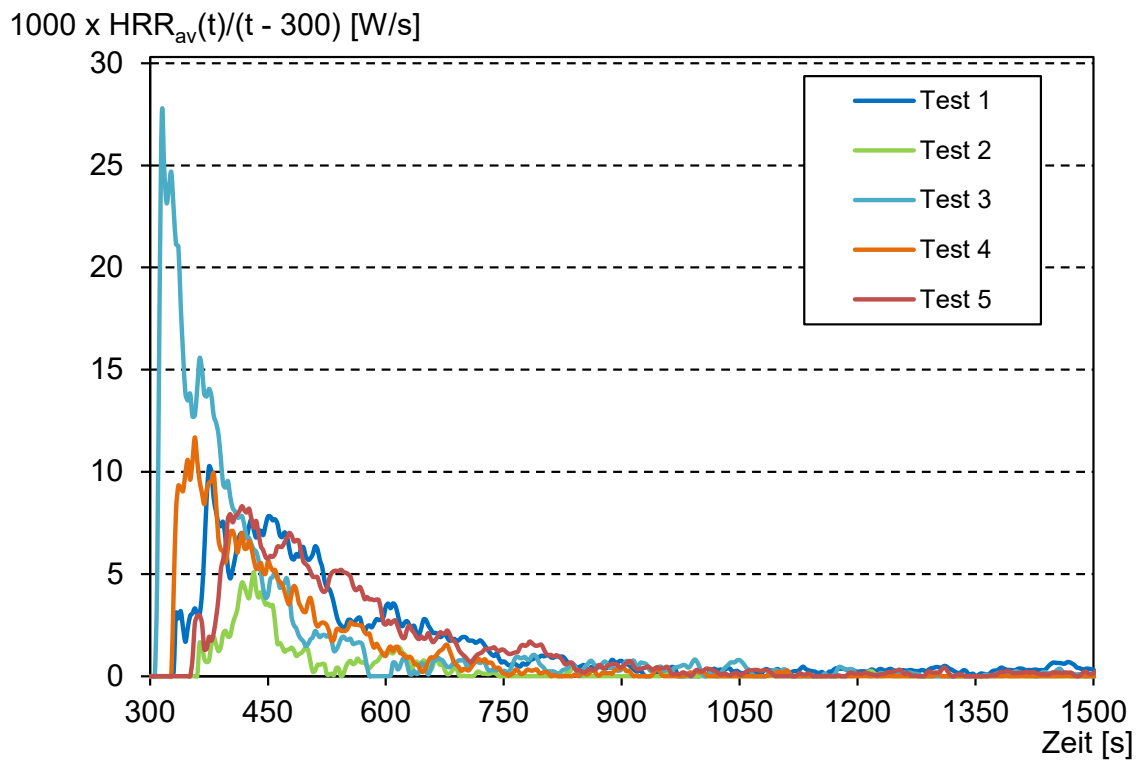
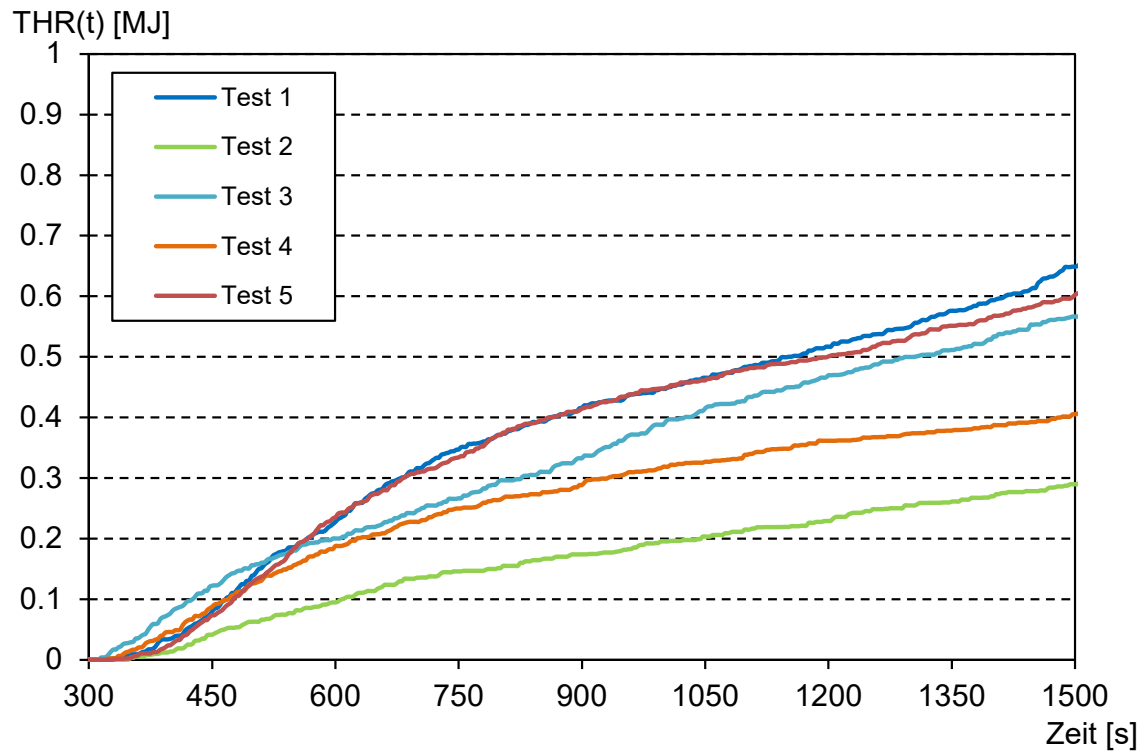
Prüfdatum: 7.und 8. Februar 2019

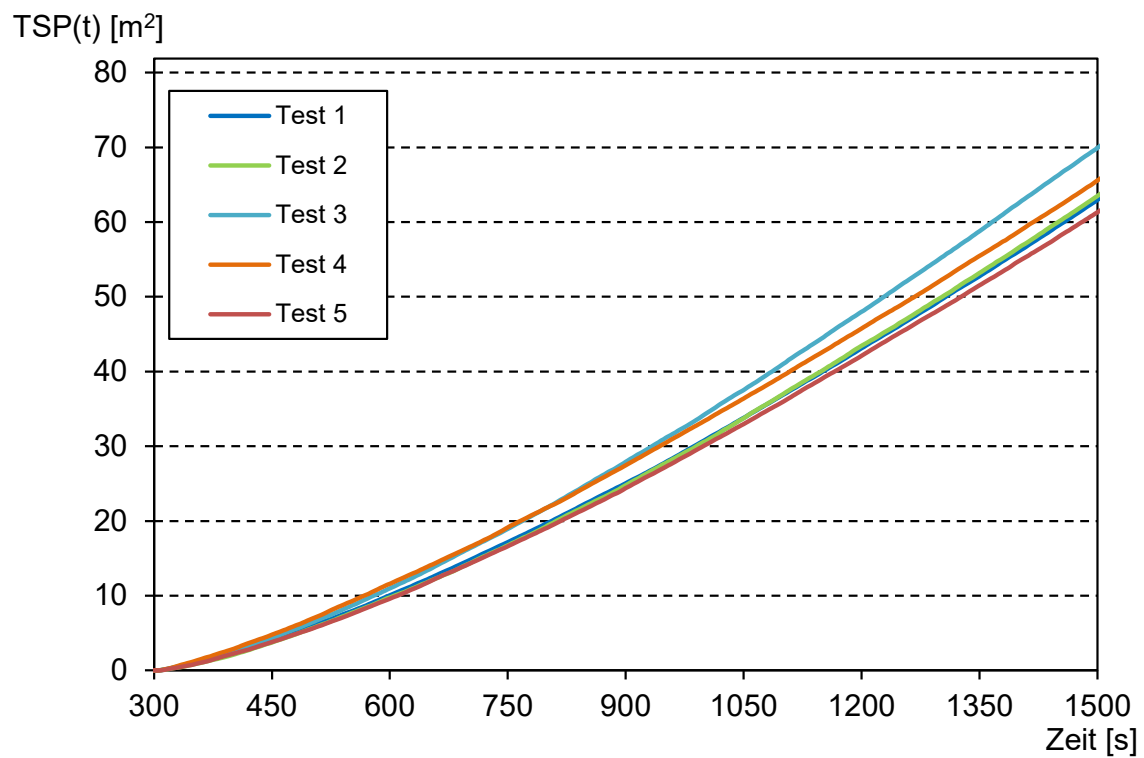
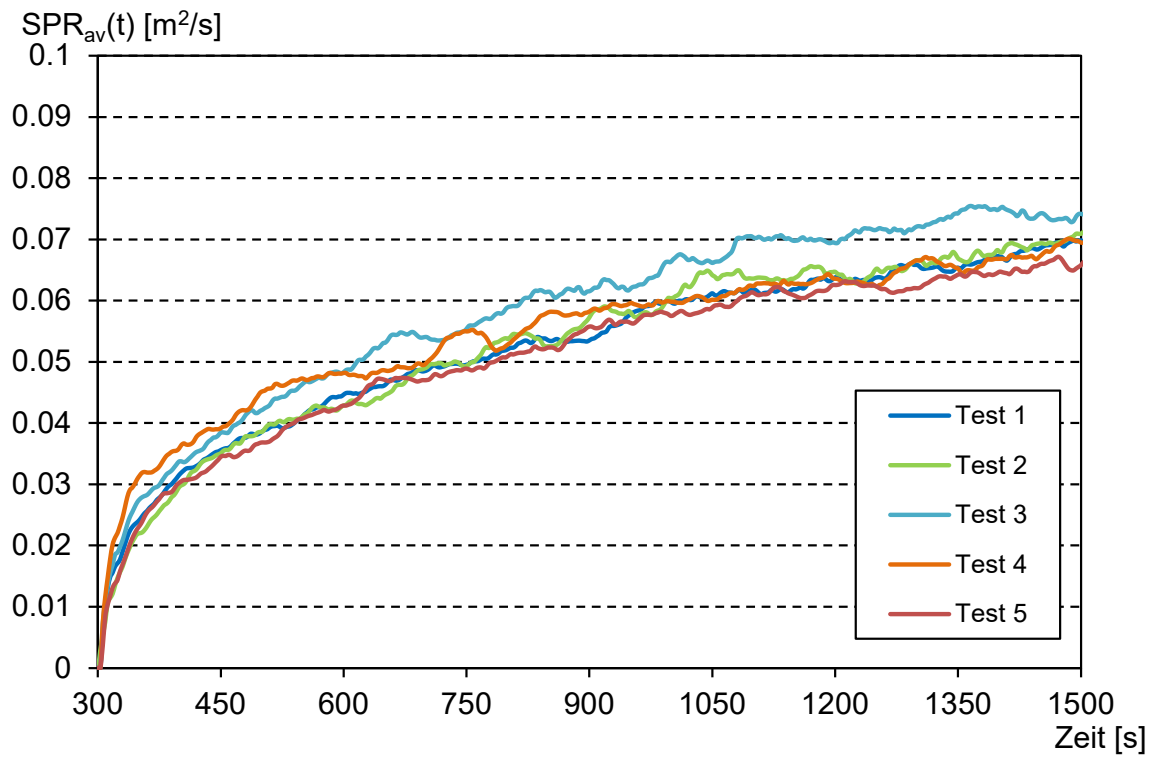
Materialbeschreibung: Mineralwolle mit verschiedenen Gittern, ohne Körbe

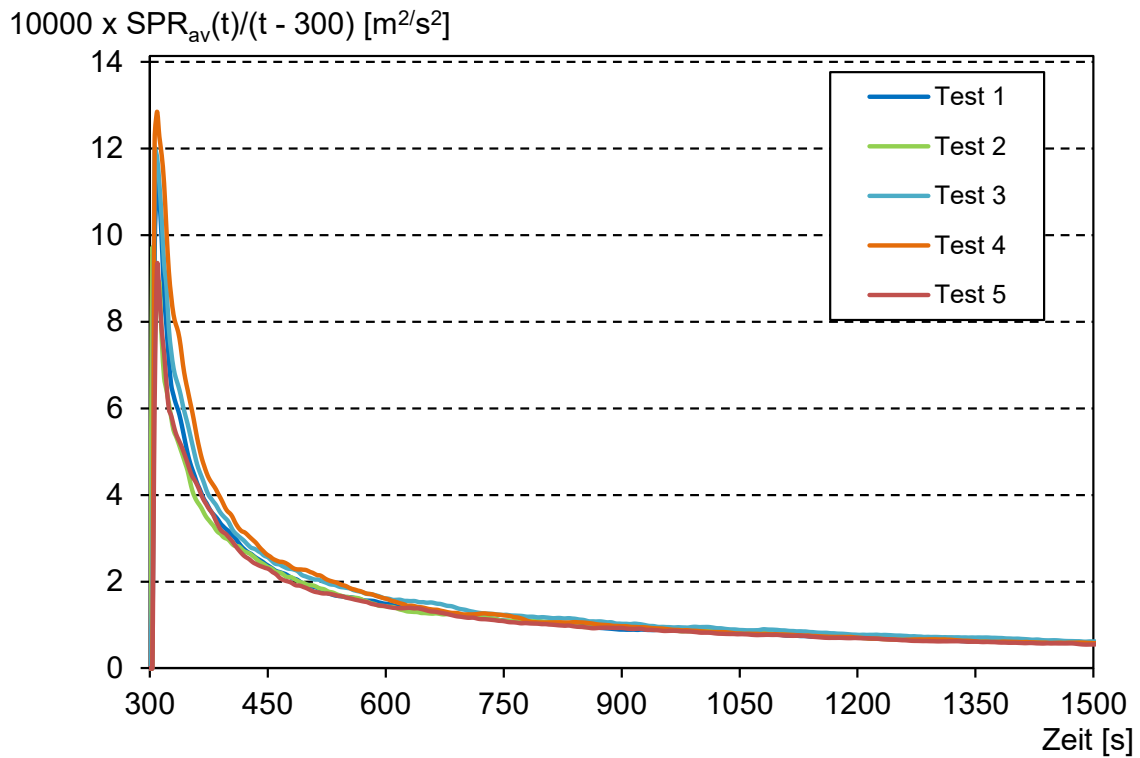
Test	1	2	3	4	5
Versuchs-ID	MW-EUg-O	MW-EUf-O	MW-O-O	MW-L-O	MW-EUgf-O
FIGRA _{0,2 MJ} [W/s]	0	0	0	0	0
FIGRA _{0,4 MJ} [W/s]	0	0	0	0	0
THR _{600 s} [MJ]	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4
LFS	N	N	N	N	N
SMOGRA [m ² /s ²]	0	0	0	0	0
TSP _{600 s} [m ²]	25	25	28	28	24
Brennendes Abtropfen/ Abfallen	N	N	N	N	N
Brennendes Abtropfen/ Abfallen, > 10 s	N	N	N	N	N

HRR_{av}(t) [kW]







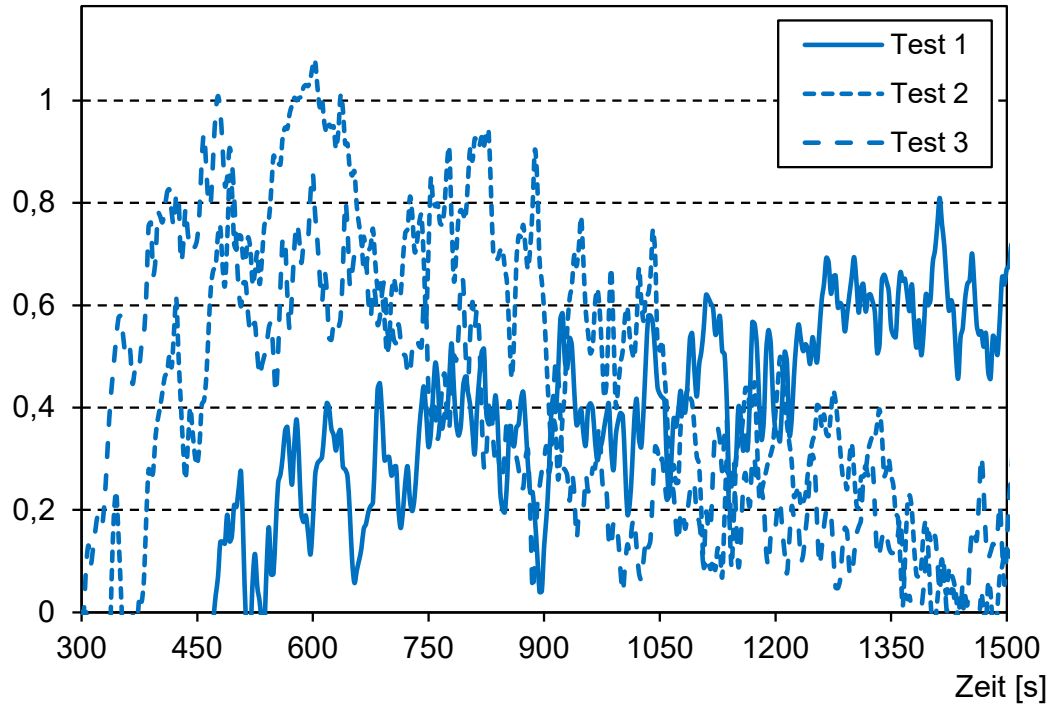


Prüfdatum: 30. Juni 2023 und 16. August 2023

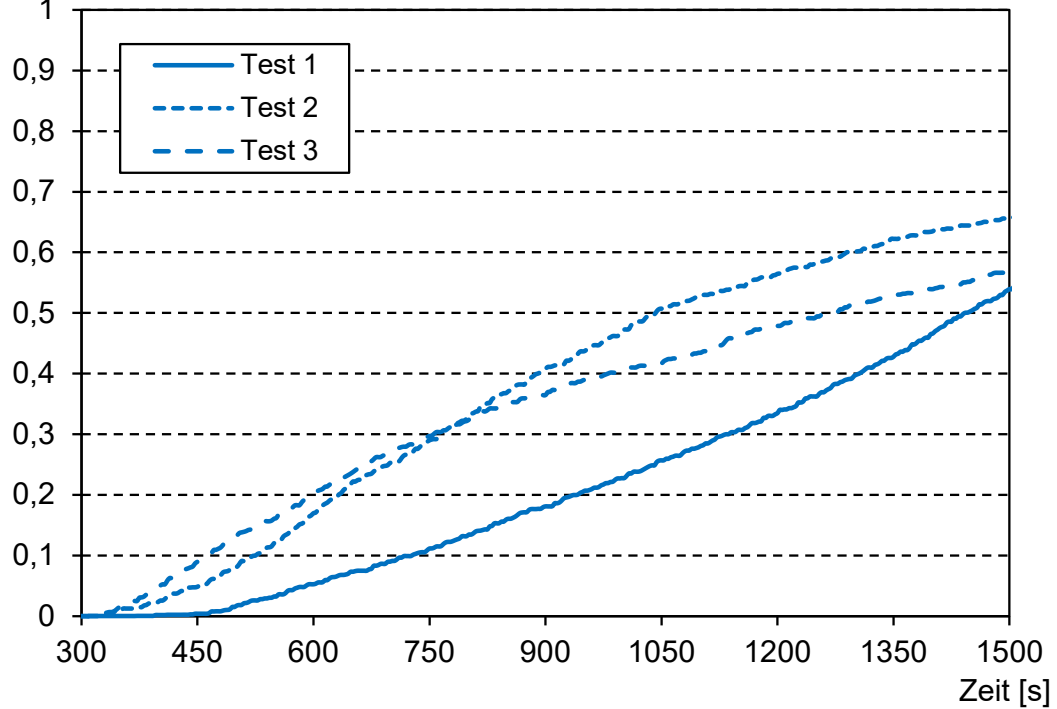
Materialbeschreibung: Mineralwolle mit verschiedenen Gittern und verschiedenen Körben

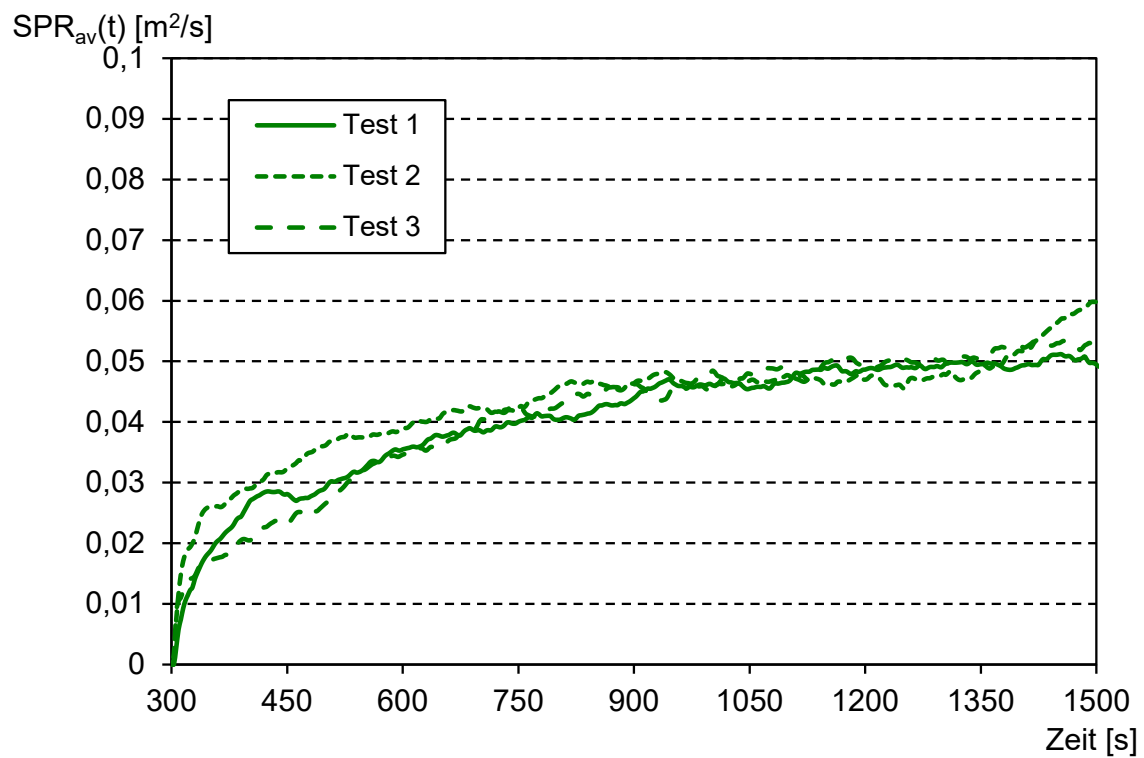
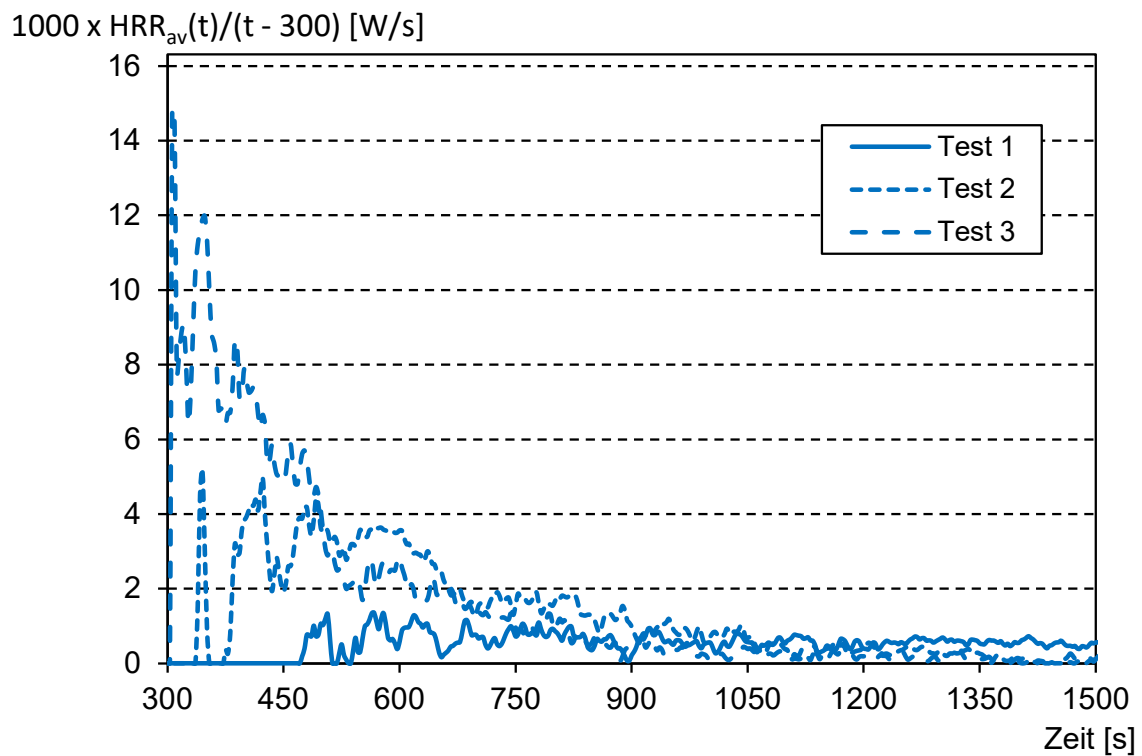
Test	1	2	3
Versuchs-ID	MW-EU-EU	MW-Ö-Ö	MW-L-L
FIGRA _{0,2 MJ} [W/s]	0	0	0
FIGRA _{0,4 MJ} [W/s]	0	0	0
THR _{600 s} [MJ]	0,2	0,4	0,4
LFS	N	N	N
SMOGRA [m^2/s^2]	0	0	0
TSP _{600 s} [m^2]	20	22	20
Brennendes Abtropfen/ Abfallen	N	N	N
Brennendes Abtropfen/ Abfallen, > 10 s	N	N	N

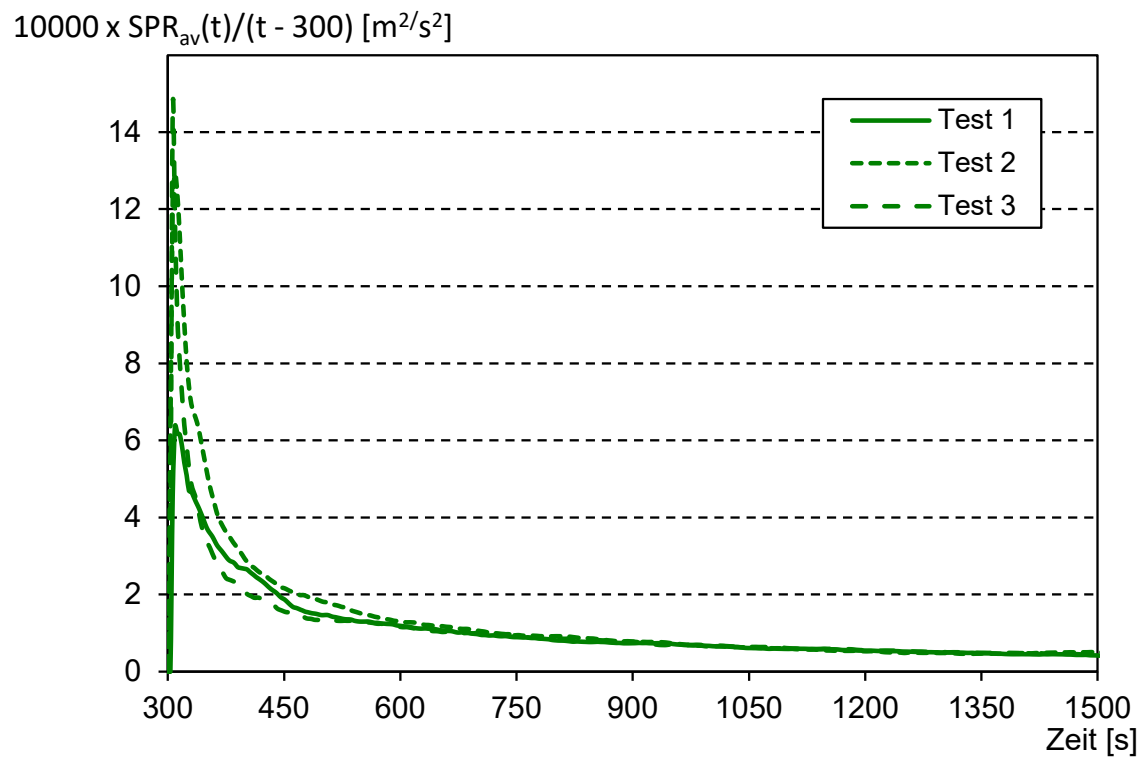
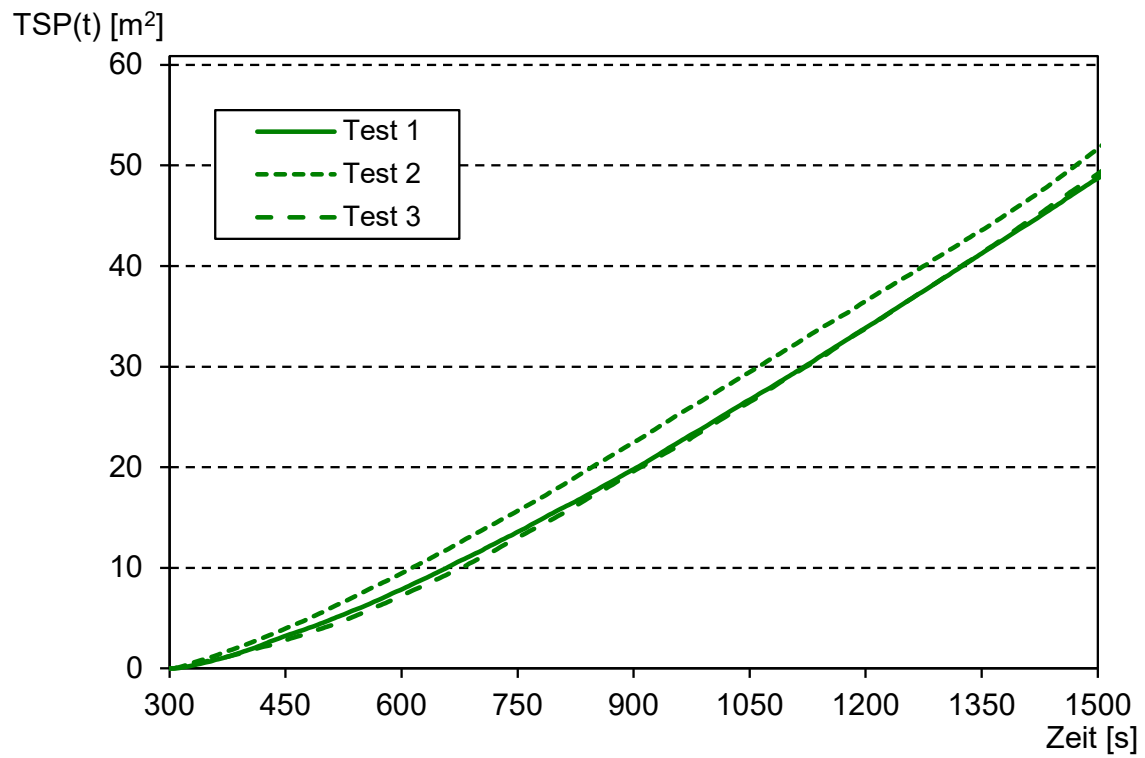
$HRR_{av}(t)$ [kW]



$THR(t)$ [MJ]



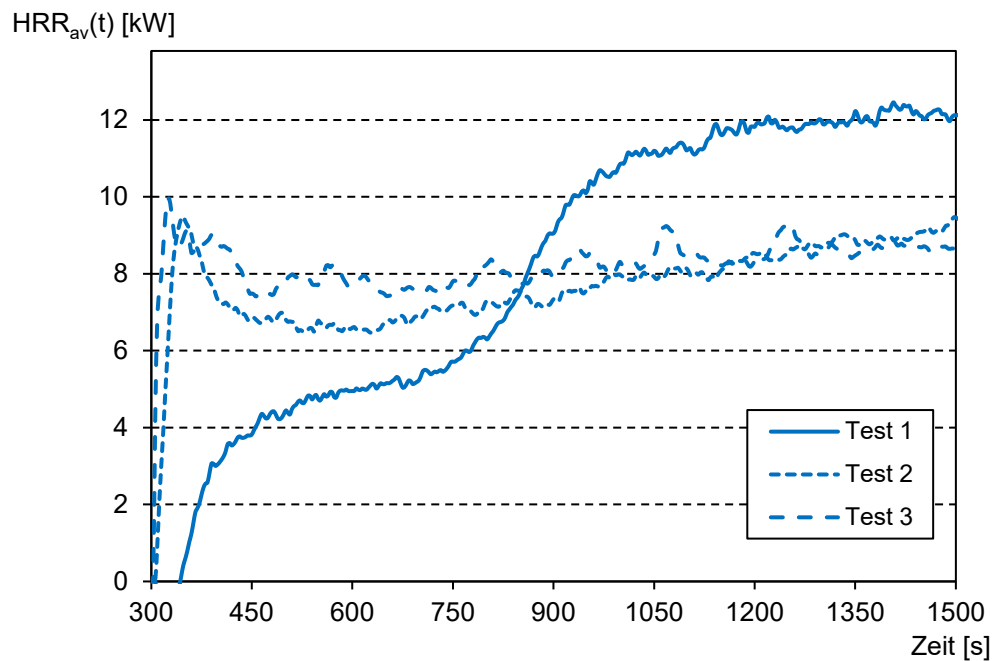




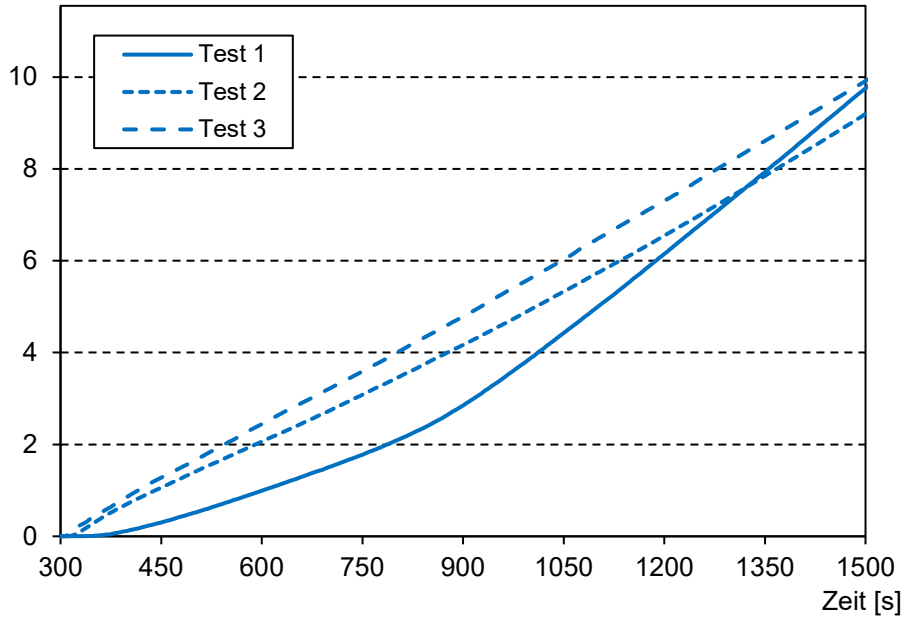
Prüfdatum: 16. und 17. August 2023

Materialbeschreibung: Zellulose-Einblasdämmstoff mit verschiedenen Gittern und verschiedenen Körben

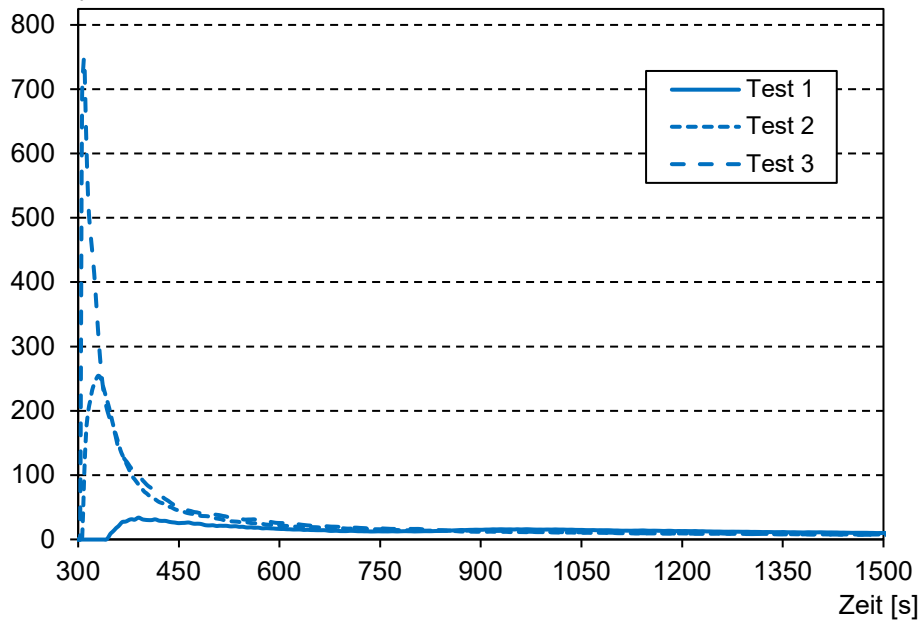
Test	1	2	3
Versuchs-ID	Zt-EU-EU	Zt-Ö-Ö	Zt-L-L
FIGRA _{0,2 MJ} [W/s]	29	221	414
FIGRA _{0,4 MJ} [W/s]	25	139	186
THR _{600 s} [MJ]	2,8	4,2	4,8
LFS	N	N	N
SMOGRA [m ² /s ²]	2	0	2
TSP _{600 s} [m ²]	50	44	49
Brennendes Abtropfen/ Abfallen	N	N	N
Brennendes Abtropfen/ Abfallen, > 10 s	N	N	N



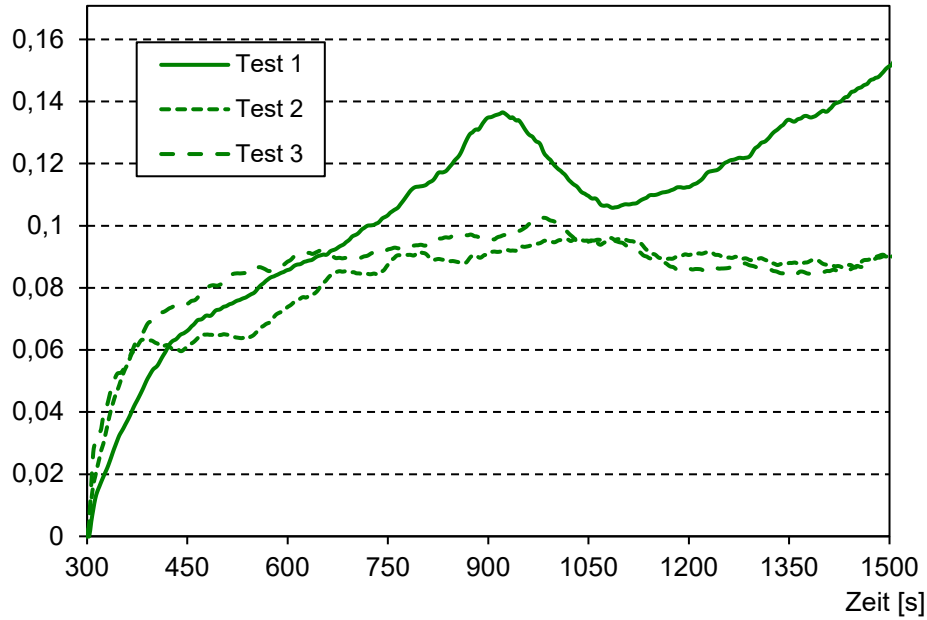
THR(t) [MJ]



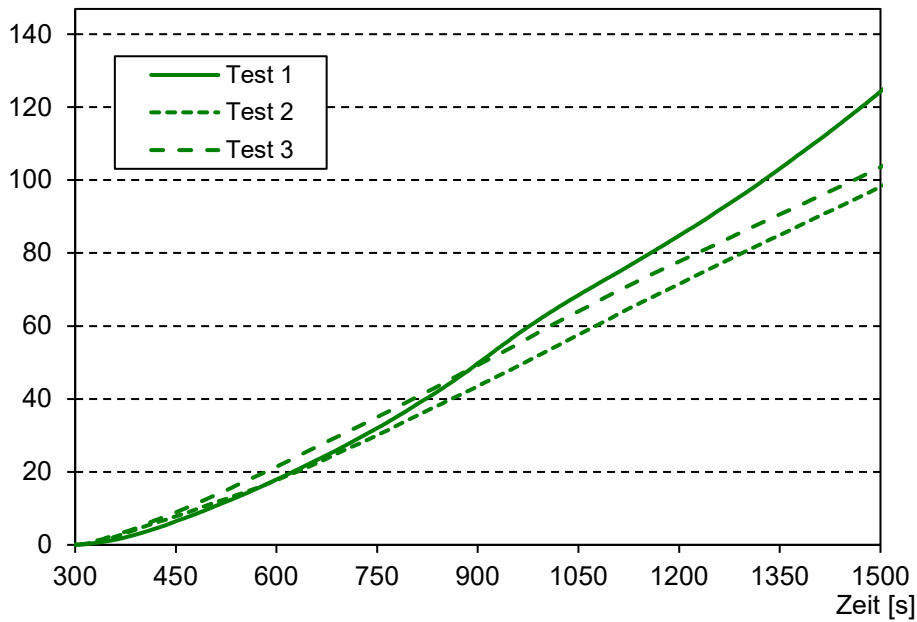
$1000 \times \text{HRR}_{av}(t)/(t - 300)$ [W/s]

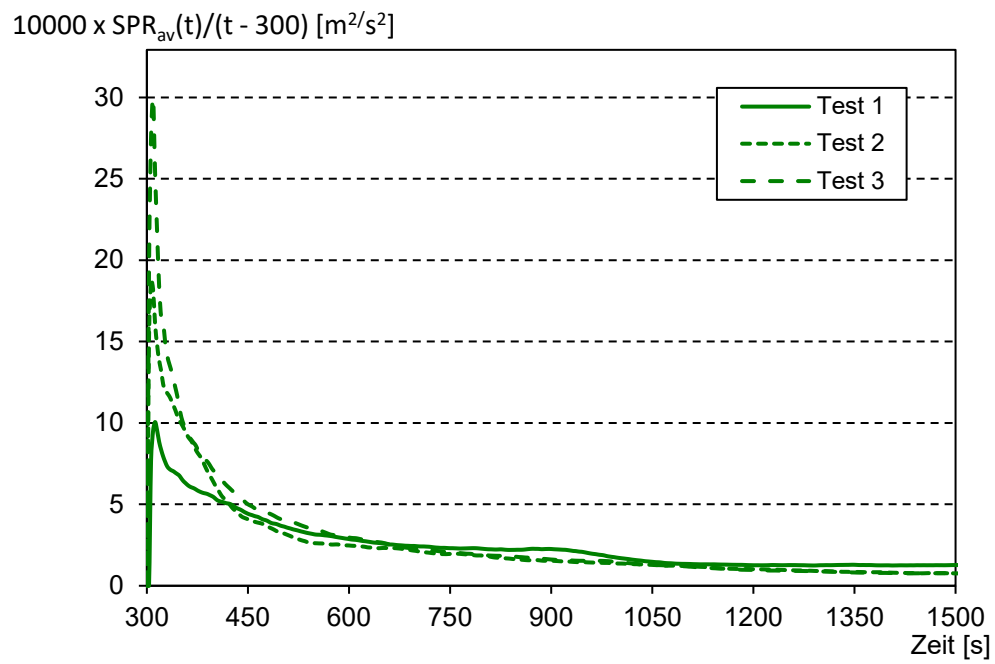


$SPR_{av}(t)$ [m^2/s]



$TSP(t)$ [m^2]





Anlage 2 Fotos der Prüfungen nach dem SBI-Verfahren (DIN EN 13823:2015-02)



Foto 1: Probekörper MW-EUg-O, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 2: Probekörper MW-EUg-O, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 3: Probekörper MW-EUg-O, Ansicht des Probekörpers in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 4: Probekörper MW-EUg-O, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 5: Probekörper MW-EUf-O, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 6: Probekörper MW-EUf-O, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 7: Probekörper MW-EUf-O, Ansicht des Probekörpers in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 8: Probekörper MW-EUf-O, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 9: Probekörper MW-O-O, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 10: Probekörper MW-O-O, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 11: Probekörper MW-O-O, Ansicht des Probekörpers in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 12: Probekörper MW-O-O, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 13: Probekörper MW-L-O, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 14: Probekörper MW-L-O, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 15: Probekörper MW-L-O, Detailansicht des breiten Probenflügels in Höhe von 500 mm in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 16: Probekörper MW-L-O, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 17: Probekörper MW-EUgf-O, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.

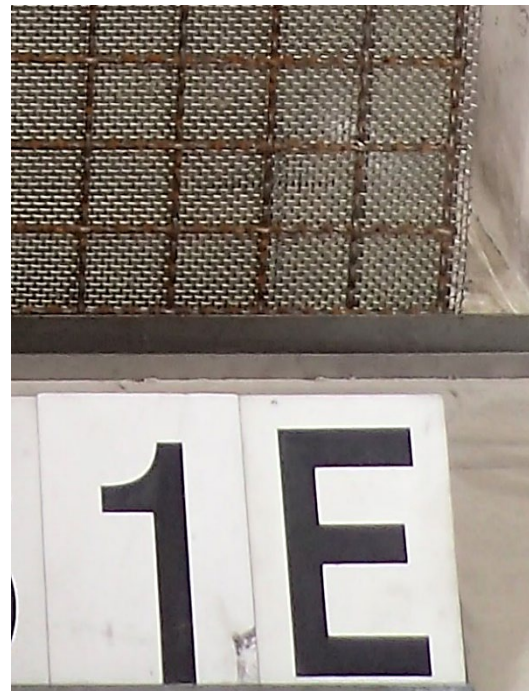


Foto 18: Probekörper MW-EUgf-O, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 19: Probekörper MW-EUgf-O, Detailansicht des breiten Probenflügels in Höhe von 500 mm in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 20: Probekörper MW-EUgf-O, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 21: Probekörper MW-EU-EU, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 22: Probekörper MW-EU-EU, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.

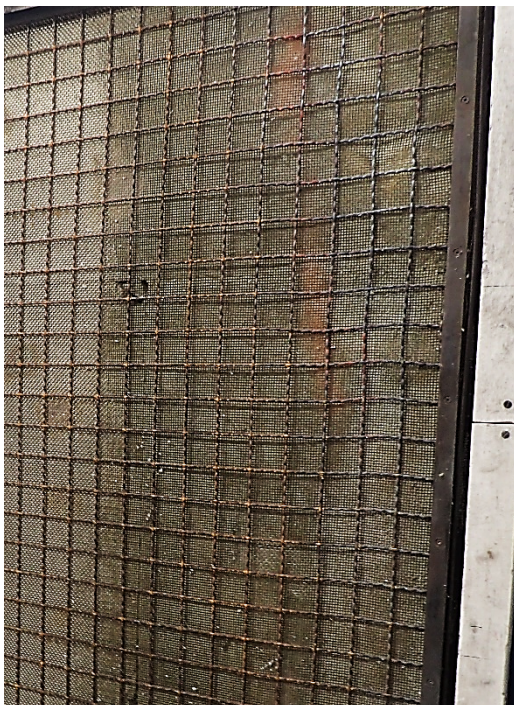


Foto 23: Probekörper MW-EU-EU, Detailansicht des breiten Probenflügels in Höhe von 500 mm in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 24: Probekörper MW-EU-EU, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 25: Probekörper MW-Ö-Ö, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 26: Probekörper MW-Ö-Ö, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 27: Probekörper MW-Ö-Ö, Detailansicht der Außenkante des breiten Probenflügels in Höhe von 500 mm in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 28: Probekörper MW-Ö-Ö, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 29: Probekörper MW-L-L, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 30: Probekörper MW-L-L, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 31: Probekörper MW-L-L, Detailansicht des breiten Probenflügels in Höhe von 500 mm in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 32: Probekörper MW-L-L, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 33: Probekörper Zt-EU-EU, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.

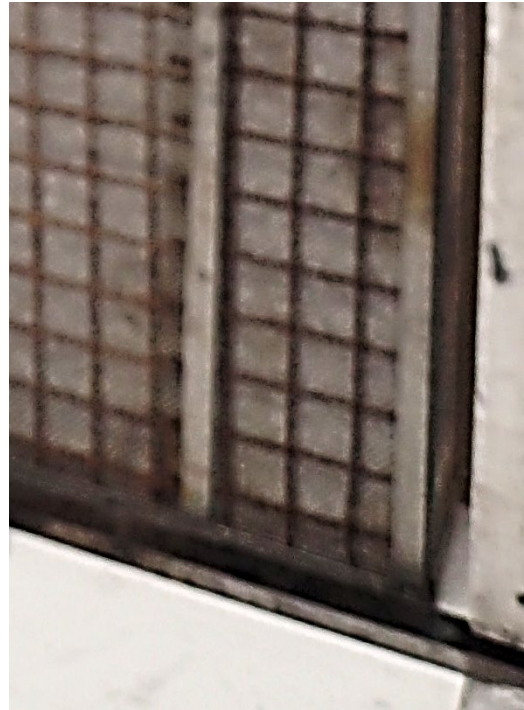


Foto 34: Probekörper Zt-EU-EU, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 35: Probekörper Zt-EU-EU, Detailansicht des breiten Probenflügels in Höhe von 500 mm in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 36: Probekörper Zt-EU-EU, Ansicht nach der Prüfung.



Foto 37: Probekörper Zt-Ö-Ö, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 38: Probekörper Zt-Ö-Ö, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 39: Probekörper Zt-Ö-Ö, Detailansicht des breiten Probenflügels in Höhe von 500 mm in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.

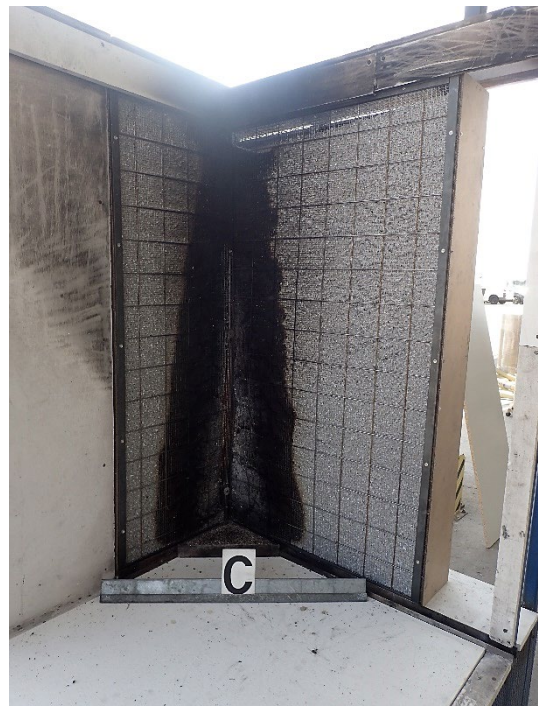


Foto 40: Probekörper Zt-Ö-Ö, Ansicht nach der Prüfung.

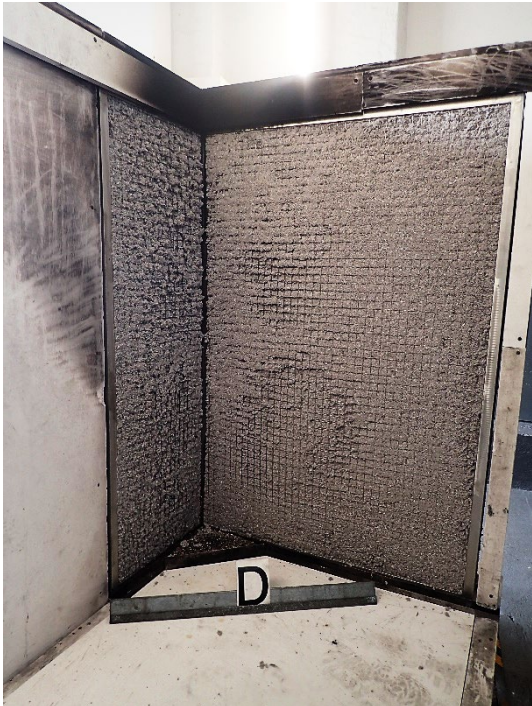


Foto 41: Probekörper Zt-L-L, Ansicht des großen Flügels vor der Brandprüfung.



Foto 42: Probekörper Zt-L-L, Detailansicht des Gitters vor der Brandprüfung.



Foto 43: Probekörper Zt-L-L, Detailansicht des breiten Probenflügels in Höhe von 500 mm in einem Winkel von ca. 45° vor der Brandprüfung.



Foto 44: Probekörper Zt-L-L, Ansicht nach der Prüfung.

Anlage 3 Konstruktionszeichnungen des L-Korbs

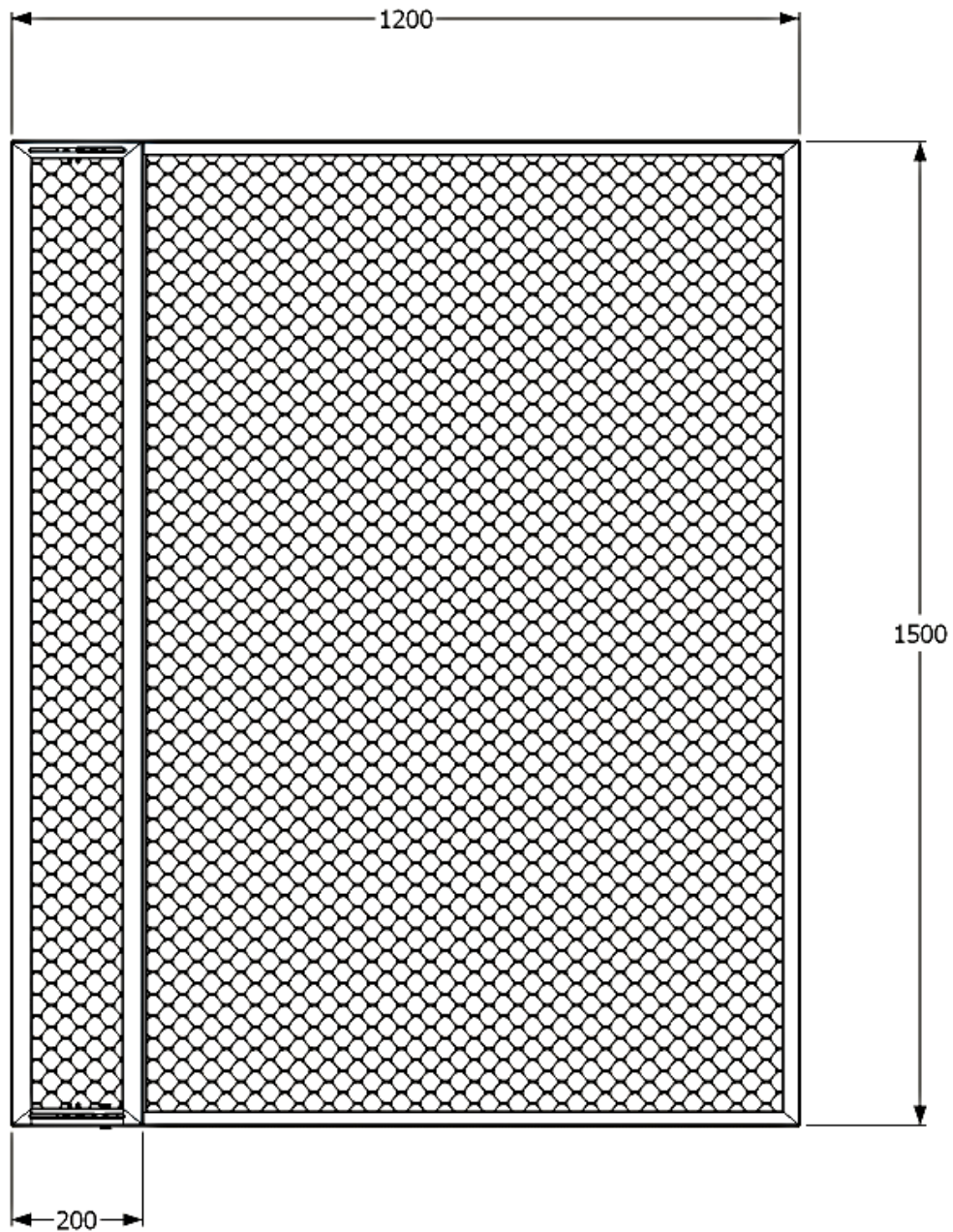


Abbildung 48: Ansicht von vorn des „L-Korbs“ in Anlehnung an DIN EN 15101-1:2013-02

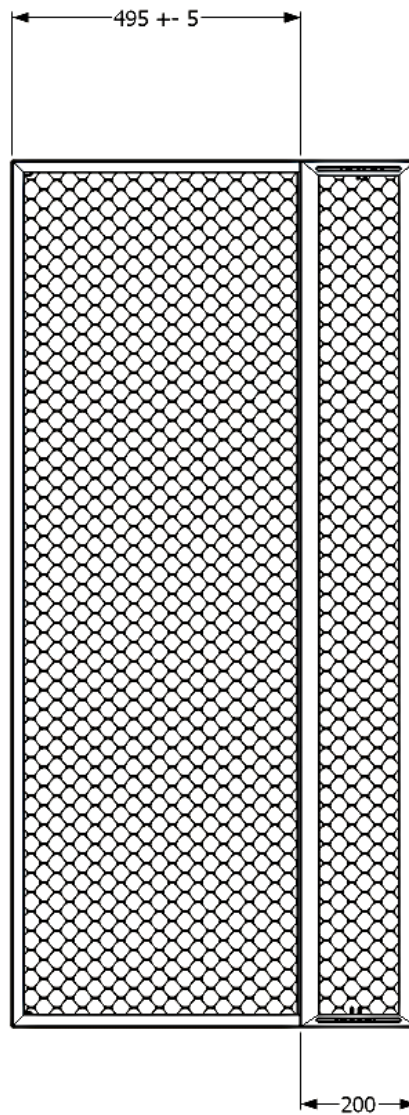


Abbildung 49: Ansicht von rechts des „L-Korbs“ in Anlehnung an DIN EN 15101-1:2013-02

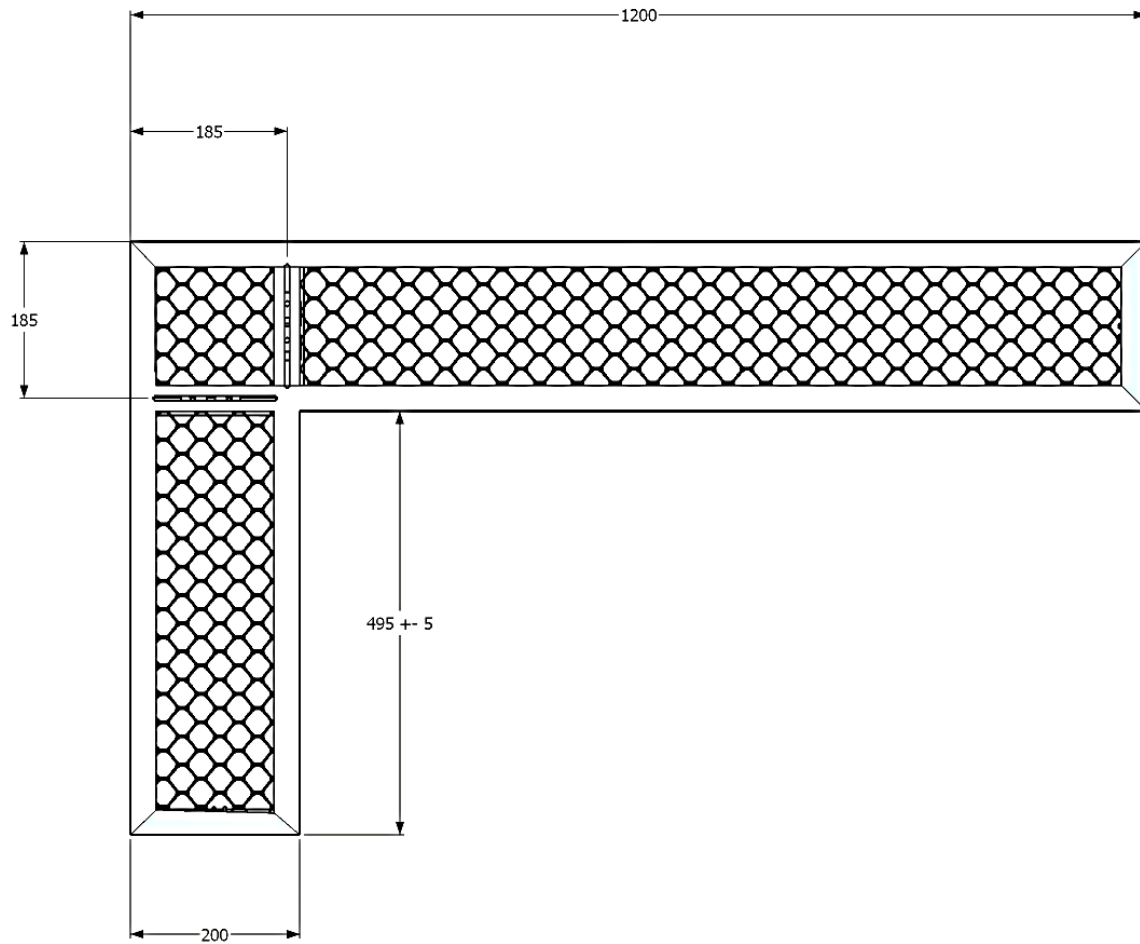


Abbildung 50: Ansicht von oben des „L-Korbs“ in Anlehnung an DIN EN 15101-1:2013-02

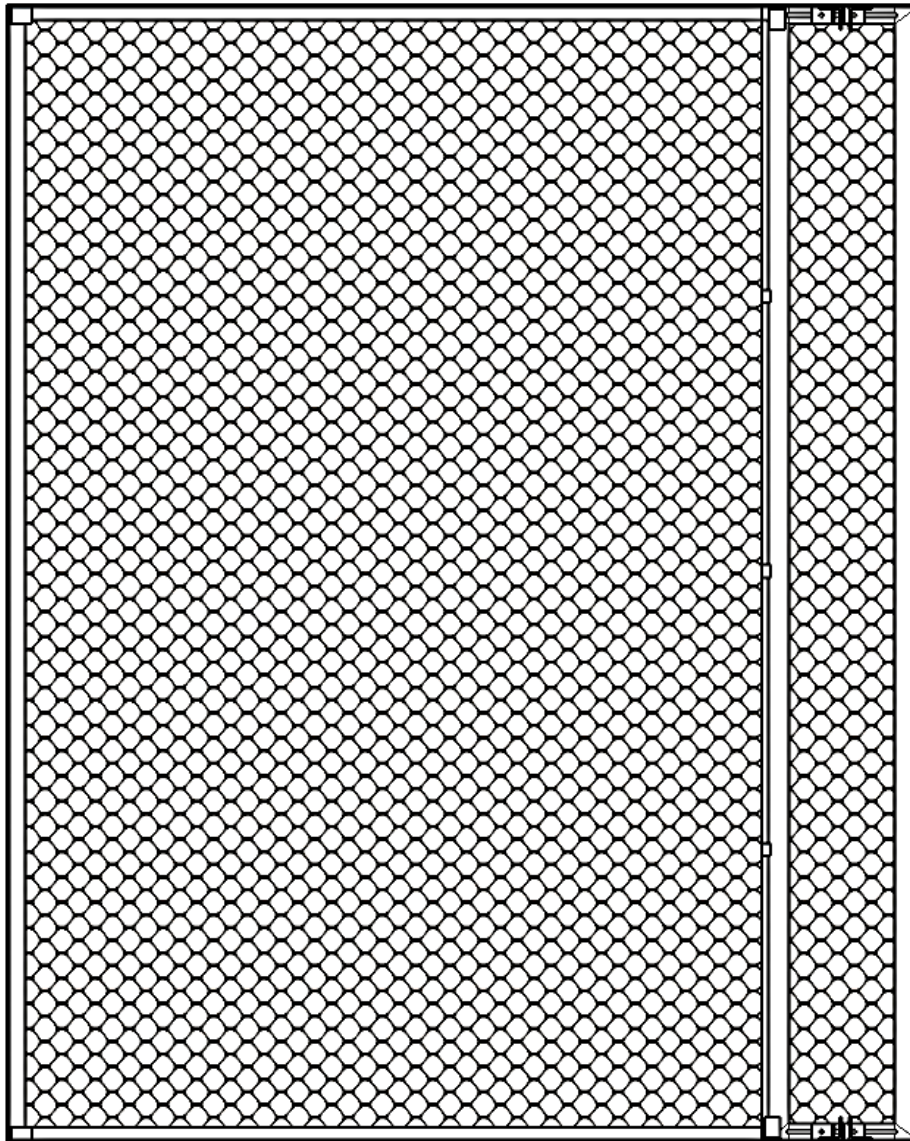


Abbildung 51: Ansicht von hinten des „L-Korbs“ in Anlehnung an DIN EN 15101-1:2013-02 (großer Probenflügel)

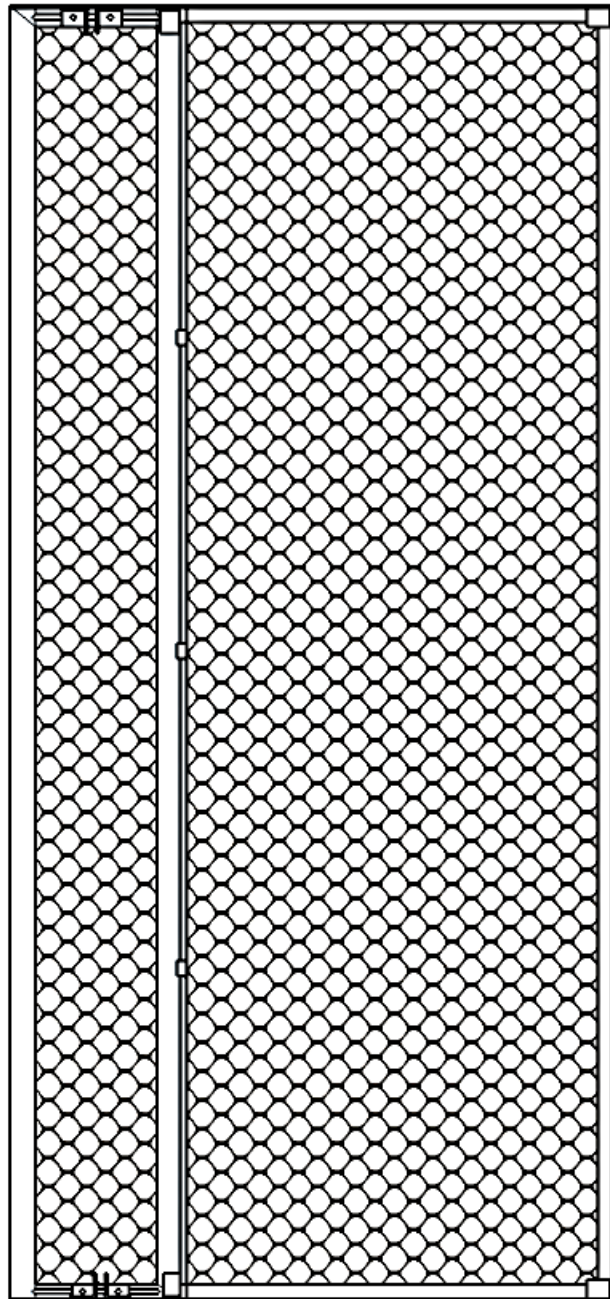


Abbildung 52: Ansicht von hinten des „L-Korbs“ in Anlehnung an DIN EN 15101-1:2013-02 (kleiner Pobenflügel)

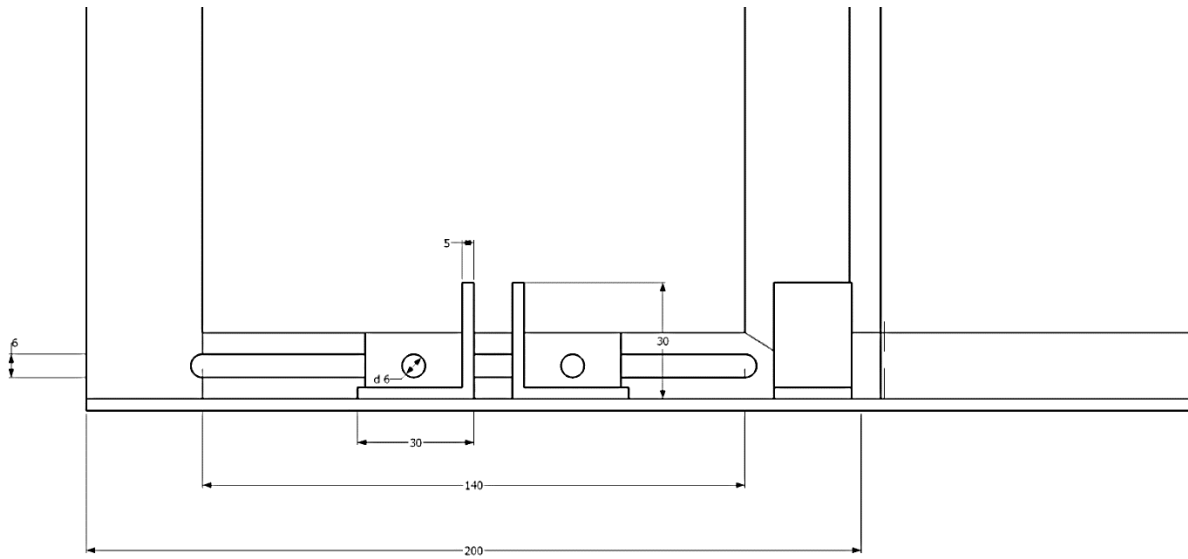


Abbildung 53: Detailansicht des „L-Korbs“ in Anlehnung an DIN EN 15101-1:2013-02 (Befestigungswinkel für Trägerplatten nach DIN EN 13238)

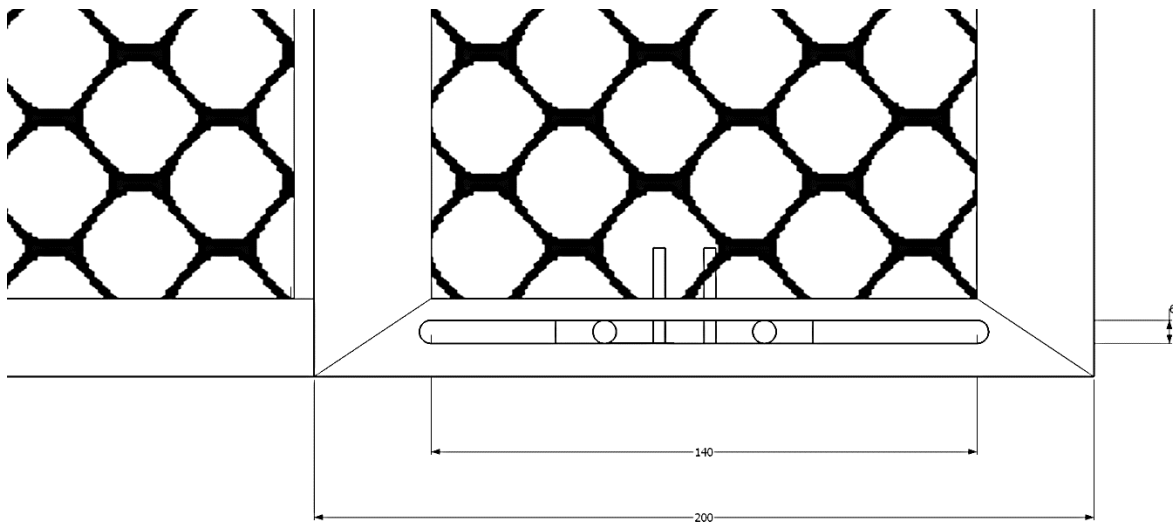


Abbildung 54: Ansicht von vorn des „L-Korbs“ in Anlehnung an DIN EN 15101-1:2013-02