

Gutachterliche Stellungnahme Nr. GA-2024/084 -Mey vom 06.08.2024

Auftraggeber: Moravia Containers, a.s.
Kaňovice 104

CZ- 763 41 Kaňovice

Auftrag vom: 07.03.2024

Auftragszeichen: Hr. Holub

Auftragseingang: 07.03.2024

Inhalt des Auftrags: Gutachterliche Stellungnahme zum Brandverhalten von Containerkonstruktionen der „Moravia Containers“ (Tragwerk, Wand-, Decken-, Dach- und Bodenkonstruktionen) in Verbindung mit Anschlüssen und Öffnungen (Fenster/Türen) im Hinblick auf eine Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse F 30 (Kurzbezeichnung F 30 – A bzw. F 30 - B) gemäß DIN 4102-2: 1977-09

Herstellerkennzeichen: MC-W-30/60-A-GKF1 (Wand mit Metallunterkonstruktion)
MC-W-30/60-B-GKF1 (Wand mit Holzunterkonstruktion)
MC-C/F-45-A-GKF-1 (Kombination Boden-/Deckenkonstruktion)
MC-C-30-A-GKF-1 (Dachdeckenkonstruktion)

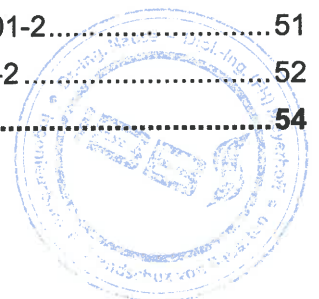
Diese gutachterliche Stellungnahme umfasst 55 Seiten.



Diese gutachterliche Stellungnahme darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Kürzungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der IBB GmbH, Groß Schwülper. Von der IBB GmbH, Groß Schwülper, nicht veranlasste Übersetzungen dieser gutachterlichen Stellungnahme müssen den Hinweis „Von der IBB GmbH, Groß Schwülper, nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung“ enthalten. Gutachterliche Stellungnahmen ohne Unterschrift haben keine Gültigkeit.

Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag und Anlass	3
2	Brandschutztechnische Anforderungen	3
3	Grundlagen und Unterlagen der gutachterlichen Stellungnahme	5
4	Beschreibung der Konstruktionen.....	6
4.1	Allgemeines	6
4.2	Konstruktiver Aufbau der tragenden Wände (Außenwände)	7
	tragende Wände (Außenwände) mit Brandbeanspruchung von innen	7
4.2.1	Außenwände F 30 – B	7
4.2.2	Außenwände F 30 - A	7
4.3	Konstruktiver Aufbau der tragenden Innenwände als Doppelwände	8
4.3.1	Innenwand F 30 – B (Holzunterkonstruktion)	8
4.3.2	Innenwand F 30 – A (Metallunterkonstruktion)	9
4.4	Konstruktiver Aufbau der tragenden Decke (bzw. Dachdecke) über dem obersten Geschoss	10
4.4.1	Decke F 30 - A	10
4.5	Konstruktiver Aufbau der gekoppelten tragenden Geschossdecke	11
4.5.1	zusammengesetzte Geschossdecke F 30 - A	11
4.6	Konstruktiver Aufbau des tragenden Bodens	12
4.6.1	Bodenaufbau F 30 – A	12
5	Brandschutztechnische Beurteilung der Konstruktion.....	13
5.1	Allgemeines	13
5.2	Beurteilung der Containerkonstruktionen auf Grundlage von Bauteilbrandprüfungen.....	14
5.2.1	Containerwand als Ausführung mit Holzunterkonstruktion (1)	15
5.2.2	Containerwand als Ausführung mit Metallunterkonstruktion (2).....	23
5.2.3	Containerdecke aus einer Deckenkonstruktion mit Wandstummeln und einer aufgesetzten Bodenkonstruktion (Geschossdecke).....	33
5.2.4	Beurteilung von aus den Bauteilbrandprüfungen abgeleiteten Containerkonstruktionen (Dach und Boden).....	44
5.3	Ergänzende brandschutztechnische Beurteilung der Containerkonstruktionen	45
5.3.1	tragende und raumabschließende Außen- und Innenwände (zu Abs. 4.2 u. 4.3)	45
5.3.2	tragende und raumabschließende Dachdecke und Geschossdecke, tragender Boden (zu Abs. 4.4 und 4.5).....	47
5.3.3	tragende Böden (zu Abs. 4.5 u. 4.6).....	50
5.4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	51
5.4.1	Bewertung der Einzelbauteile der Container nach DIN EN 13501-2.....	51
5.4.2	Bewertung der zusammengesetzten Container nach DIN 4102-2.....	52
6	Besondere Hinweise	54



1 Auftrag und Anlass

Mit Schreiben vom 07.03.2024 wurde die IBB GmbH, Groß Schwülper, durch die Moravia Containers, a.s., Kaňovice, beauftragt, eine gutachterliche Stellungnahme zum Brandverhalten von Containerkonstruktionen der „Moravia Containers“ (Tragwerk, Wand-, Decken-, Dach- und Bodenkonstruktionen) in Verbindung mit Anschlüssen und Öffnungen (Fenster/Türen) im Hinblick auf eine Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse F 30 (Kurzbezeichnung F 30 – A bzw. F 30 - B) gemäß DIN 4102-2: 1977-09 zu erstellen.

Die gutachterliche Stellungnahme wird erforderlich, da für die vg. Containerkonstruktionen nicht ein allgemeiner bauaufsichtlicher Verwend- bzw. Anwendbarkeitsnachweis (z.B. allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis bzw. allgemeine Bauartgenehmigung) vorliegt.

2 Brandschutztechnische Anforderungen

Die Containerkonstruktionen müssen laut Angaben des Auftraggebers so ausgebildet werden, dass die Tragfähigkeit der Tragwerke (Stahlrahmen), die Standsicherheit, der Raumabschluss und die Wärmedämmung der Containerkonstruktionen (innere Trennwände, Außenwände, Decken, Dächer und Böden) über mindestens 30 Minuten bei einer einseitigen Brandbeanspruchung nach DIN 4102-2 : 1977-09 (Brandbeanspruchung der Außenwände hier nur von innen, Brandbeanspruchung der Innen- und Trennwände von einseitig, Brandbeanspruchung der Böden im Erdgeschoss von oben, Brandbeanspruchung der gekoppelten Decken-/Bodenkonstruktion zw. Erdgeschoss und Obergeschoss bzw. zw. Obergeschoss von unten oder von oben sowie der Decke über dem obersten Geschoss bzw. der Dachkonstruktionen von unten) erhalten bleiben. Weiterhin müssen die Containerkonstruktionen laut Angaben des Auftraggebers entweder

- in allen oder allen wesentlichen Bestandteilen aus nichtbrennbaren Baustoffen bzw. Bauprodukten (entsprechend der Klassifizierungen A 1 oder A 2 nach DIN 4102-1 bzw. A 1 bzw. A 2 -s1, d0 nach DIN EN 13501-1) als Konstruktionen mit der Kurzbezeichnung F 30-A nach DIN 4102-2 oder
- aus mindestens normalentflammbaren Baustoffen bzw. Bauprodukten (entsprechend der Klassifizierungen B2 nach DIN 4102-1 bzw. mind. E nach DIN EN 13501-1) als Konstruktionen mit der Kurzbezeichnung F 30-B nach DIN 4102-2

ausgeführt werden. Für die nachfolgend beschriebenen Konstruktionen werden neben der Feuerwiderstandsklasse zusätzlich jeweils die vg. Einstufungen bezüglich der Bestandteile bzw. deren Brandverhalten benannt (F 30-A bzw. F 30-B) angegeben.



Bei Gebäuden in Containerbauweise, die auf der Baustelle aus vorgefertigten Raumzellen zusammengefügt werden, handelt es sich gemäß den bauordnungsrechtlichen Regelungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland um eine sogenannte Bauart. Da es für diese keine allgemein anerkannten Regeln der Technik gibt oder sie von den als Technische Baubestimmung eingeführten Regeln wesentlich abweicht, ist sie als nicht geregelte Bauart einzustufen. Hinsichtlich des bauordnungsrechtlichen Nachweises der Verwend- bzw. Anwendbarkeit der Containerkonstruktionen mit brandschutztechnischen Anforderungen gelten je nach Bundesland unterschiedliche Regelungen, die auch bauvorhabenbezogene Einzelfallgenehmigungen (Zustimmung im Einzelfall „ZiE“ bzw. vorhabenbezogene Bauartgenehmigung „vBg“) erfordern können. Die in den einzelnen Bundesländern geltenden Regelungen sind für jedes Bauvorhaben zu beachten.

Es wird daher seitens der IBB GmbH, Groß Schwülper, empfohlen, frühzeitig mit den für das jeweilige Bauvorhaben zuständigen Brandschutzfachplanern, -prüfern und genehmigenden Stellen die Verwendung bzw. Akzeptanz dieser gutachterlichen Stellungnahme im Baugenehmigungsverfahren zur Nachweisführung bezüglich des Brandschutzes zu prüfen bzw. abzustimmen.

Diese gutachterliche Stellungnahme gilt nur in brandschutztechnischer Hinsicht. Aus den für die Containerkonstruktionen gültigen technischen Baubestimmungen und der jeweiligen Landesbauordnung bzw. den Vorschriften für Sonderbauten können sich weitergehende Anforderungen ergeben - z. B. Bauphysik, Statik, Elektrotechnik, Lüftungstechnik o. ä.

Das brandschutztechnische Gesamtkonzept ist nicht Gegenstand dieser gutachterlichen Stellungnahme.

Die Feuerwiderstandsklasse von Einbauteilen in den Wand- und Deckenöffnungen der Containerkonstruktionen, wie Feuer- und Rauchschutzabschlüsse, Kabel- und Rohrleitungen, Lüftungsleitungen, Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen usw., müssen ebenfalls die gleiche Feuerwiderstandsdauer wie die Grundkonstruktion aufweisen. Der brandschutztechnische Nachweis dieser Komponenten ist nicht Gegenstand dieser gutachterlichen Stellungnahme. Derartige Nachweise sind im Einzelfall zusätzlich zu erbringen.

Diese brandschutztechnische Stellungnahme umfasst nicht die Bewertung der statischen Bemessung bzw. Auslegung der Konstruktionen. Ein Nachweis hinsichtlich der Bemessung u.a. der Stahlprofile, der zulässigen Stützweite sowie der maximalen Belastung nach den statischen Erfordernissen wird als erbracht vorausgesetzt.



3 Grundlagen und Unterlagen der gutachterlichen Stellungnahme

Die gutachterliche Stellungnahme für die Containerkonstruktionen (Wand-, Decken-, Dach- und Bodenkonstruktionen sowie Stützen) erfolgt auf der Grundlage der nachfolgend genannten Unterlagen:

- [1] Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-022-1 MFPA Leipzig vom 30.07.2024 bezüglich einer Feuerwiderstandsprüfung an einer 142 mm dicken tragenden, raumabschließenden und wärmegeprägten Containerwandkonstruktion mit unsymmetrischer Bekleidung unter einseitiger Brandbeanspruchung von der Innenseite durch die Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1: 2020-05 in Anlehnung an DIN EN 1365-1: 2013-08, ausgestellt auf die Moravia Containers, a.s., CZ-Kaňovice,
- [2] Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-022-2 MFPA Leipzig vom 30.07.2024 bezüglich einer Feuerwiderstandsprüfung an einer 142 mm dicken tragenden, raumabschließenden und wärmegeprägten Containerwandkonstruktion mit unsymmetrischer Bekleidung unter einseitiger Brandbeanspruchung von der Innenseite durch die Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN EN 1363-1: 2020-05 in Anlehnung an DIN EN 1365-1: 2013-08, ausgestellt auf die Moravia Containers, a.s., CZ-Kaňovice,
- [3] Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-023-1 MFPA Leipzig vom 30.07.2024 bezüglich einer Feuerwiderstandsprüfung an einer 344 mm dicken tragenden, raumabschließenden und wärmegeprägten zweiteiligen horizontalen Containerkonstruktion bestehend aus einer Deckenkonstruktion mit Wandstummeln und einer aufgesetzten Bodenkonstruktion unter einseitiger Brandbeanspruchung von der Deckenunterseite durch die Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) nach DIN EN 1363-1: 2020-05 und in Anlehnung an DIN EN 1365-2: 2015-02, ausgestellt auf die Moravia Containers, a.s., CZ-Kaňovice,
- [4] Fire Resistance Expert Judgement Report with Classification FIRES-JR-012-11-NURE, Fires-SK, issue date 17/09/2012 – Ceiling-floor construction made of profiles I 140 and boards CETRIS, issued to CIDEM Hranice, a.s., CZ- Hranice,
- [5] Stahlbau Brandschutz Handbuch, Hass, Meyer-Ottens, Richter; Verlag Ernst & Sohn, 1994, Berlin,
- [6] Holz Brandschutz Handbuch, Kordina, Meyer-Ottens, DGfH, 2. Auflage, 1994, München,
- [7] DIN 4102-2: 1977-09,
- [8] DIN 18180: 2014-09,
- [9] DIN EN 520: 2009-12,
- [10] DIN EN 1363-1: 2020-05,
- [11] DIN EN 1365-1: 2013-08,
- [12] DIN EN 1365-2: 2015-02,
- [13] DIN EN 13501-2: 2016-12,
- [14] DIN EN 15283-2: 2009-12,
- [15] diverse Produktdatenblätter bzgl. Gipsplatten, Mineralwollgedämmungen etc. ausgestellt durch verschiedenen Hersteller der verwendeten Bauprodukte/-komponenten
- [16] vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Konstruktions- und Grundrisszeichnungen



Neben diesen Unterlagen fließen umfangreiche brandschutztechnische Erfahrungen der Verfasser dieser gutachterlichen Stellungnahme an Wand-, Decken-, Boden- und Tragwerkskonstruktionen in Containerbauweise (Raumzellen) sowie tragenden Stahlbauteilen in die brandschutztechnische Beurteilung mit ein. Die 30-jährige Berufserfahrung der Ingenieure der IBB GmbH, Groß Schwülper, wurde u.a. im Rahmen der Tätigkeit bei anerkannten Prüfanstalten gewonnen.

4 Beschreibung der Konstruktionen

4.1 Allgemeines

Für verschiedene Bauvorhaben werden durch den Auftraggeber entsprechend den planerischen Vorgaben ein- oder mehrgeschossige Gebäude aus horizontal und vertikal miteinander verbundenen Containern bzw. Raumzellen in Stahl- bzw. Gemischtbauweise erstellt. Die einzelnen Container werden im Werk vorgefertigt und als fertige Einheiten auf der Baustelle auf vorbereiteten Gründungen aus Stahlträgern oder Stahlbetonfundamenten abgestellt. Die üblichen Grundabmessungen der Containerrahmen betragen (Länge x Breite x lichte Höhe) $\leq 6058 \text{ mm} \times 2435 \text{ mm} \times 2600 \text{ mm}$.

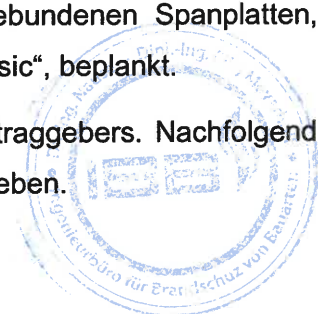
Das Tragwerk der vg. Container besteht aus miteinander verschweißten Rahmen aus offenen bzw. geschlossenen Stahlprofilen, die mit dazwischen bzw. davor angeordneten nichttragenden, raumabschließenden Flächenbauteilen (Wände, Decken und Böden) mit Bekleidungen aus Gipskarton-Feuerschutzplatten, GKF bzw. GKFI nach DIN 18180 bzw. Typ DF bzw. DFH2 nach DIN EN 520, verschiedener Hersteller/Produkttypen (z.B. Knauf, Rigips, ...) verbunden sind.

Für die Verarbeitung, Fugenprofilierung, -anordnung und -ausbildung der Plattenbekleidungen (z.B. Einbau mit unterer Lage stumpf gestoßen, äußerer Lage gespachtelt) sowie deren Befestigungen und Einbau- bzw. Unterkonstruktionsabmessungen und -abstände gelten -sofern nachfolgend nicht anders benannt- hierbei die jeweils gültigen Verarbeitungsvorschriften der Hersteller.

Die Hohlraumdämmungen sollen aus Mineralwolle, Baustoffklasse A, mit einem Schmelzpunkt von $< 1000 \text{ °C}$ bzw. einer Rohdichte von $\geq 15 \text{ kg/m}^3$, z.B. Produkt „Isover Woodsil“, siehe auch Angaben in den nachfolgenden Konstruktionsbeschreibungen, bestehen, die dicht und stramm zwischen den Unterkonstruktionen aus Metallprofilen (Stahlblech) eingebaut werden.

Die Bodentragwerke werden oberseitig mit nichtbrennbaren, zementgebundenen Spanplatten, Baustoffklasse A2-s1, d0 gemäß DIN EN 13501-1, z.B. Produkt „Cetris Basic“, beplankt.

Die Beschreibung der Konstruktionen basiert auf den Angaben des Auftraggebers. Nachfolgend werden die in brandschutztechnischer Hinsicht wichtigsten Details beschrieben.



Die Konstruktionen werden abschnittsweise entsprechend den jeweiligen Bauteilen (Außen- bzw. Innenwände, Dach- und Geschossdecken sowie Böden) unterteilt.

4.2 Konstruktiver Aufbau der tragenden Wände (Außenwände)

tragende Wände (Außenwände) mit Brandbeanspruchung von innen

4.2.1 Die Außenwände F 30 – B, vgl. Abb. 1 bis 3, bestehen aus:

(nichttragende Wandfläche)

- verzinktes, gesicktes Stahlblech (Trapezblech T10), Dicke $d \geq 0,55$ mm
- nichttragender Rahmen bzw. Unterkonstruktion aus Metallprofilen (Stahlblech), U-Profile aus S 235 $b \times d \geq 100 \times 0,7$, Wandständer aus Vollholz $b \times d \geq 50 \times 88$ mm, Achsabstand $e \leq 625$ mm, Querträger Hutprofile aus S 235 $h \times b \times d \geq 11 \times 111 \times 0,55$ mm, Profile untereinander verschraubt
- Flächendämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C), Gesamtdicke $d \geq 100$ mm
- optional: PE-Folie, $d = 0,2$ mm
- Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF/GKFI) gem. Abs. 4.1, Dicke $d = 2 \times 12,5$ mm, verschraubt in UK

(tragende, aussteifende Konstruktion)

- Stahlprofilrahmen aus verschweißten offenen bzw. geschlossenen Stahlprofilen, Dicke $d \geq 3$ mm, Abmessungen gem. statischer Dimensionierung, innenseitige Abdeckung durch die vg. doppellagige Bekleidung aus Gipsplatten (GKF/GKFI)
- seitliche bzw. innenseitige Abdeckung der Stahlprofilrahmen mit Hohlraumdämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C)

4.2.2 Die Außenwände F 30 - A, vgl. Abb. 8 bis 10, bestehen aus:

(nichttragende Wandfläche)

- verzinktes, gesicktes Stahlblech (Trapezblech T10), Dicke $d \geq 0,55$ mm
- nichttragender Rahmen bzw. Unterkonstruktion aus Metallprofilen (Stahlblech), U-Profile aus S 235 $b \times d \geq 100 \times 0,7$, U-Profile aus S 235 $h \times b \times d \geq 88 \times 100 \times 0,7$ mm, Achsabstand $e \leq 625$ mm, Querträger Hutprofile aus S 235 $h \times b \times d \geq 11 \times 111 \times 0,55$ mm, Profile untereinander vernietet
- Flächendämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C), Gesamtdicke $d \geq 100$ mm
- optional: PE-Folie, $d = 0,2$ mm
- Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF/GKFI) gem. Abs. 4.1, Dicke $d = 2 \times 12,5$ mm, verschraubt in UK

(tragende, aussteifende Konstruktion)



- Stahlprofilrahmen aus verschweißten offenen bzw. geschlossenen Stahlprofilen, Dicke $d \geq 3$ mm, Abmessungen gem. statischer Dimensionierung, innenseitige Abdeckung durch die vg. doppellagige Bekleidung aus Gipsplatten (GKF/GKFI)
- seitliche bzw. innenseitige Abdeckung der Stahlprofilrahmen mit Hohlraumdämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C)

Die Rahmenprofile (Stützen) der Container werden im Bereich der vertikalen Wandstöße bzw. Wandverbindungen (Stoßstellen von nebeneinander angeordneten Containern) analog zu dem übrigen Wandflächen mit dreiseitigen, umlaufenden Platteneinhausungen aus Gipskarton-Feuerschutzplatten GKF/GKFI, Dicke $d = 2 \times 12,5$ mm, in Verbindung mit zusätzlichen Unterkonstruktionsprofilen (Stahlblech) sowie Hohlraumdämmungen aus Mineralwolle bekleidet.

Die zum Einbau von Türen ausgeführten Öffnungen innerhalb der Wandbauteile werden mit umlaufenden Rahmen aus Stahlprofilen versehen, die im Laibungsbereich mit einer umlaufenden Bekleidung aus $2 \times 12,5$ mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF, GKFI) im wettergeschützten Bereich sowie ansonsten aus zementgebundenen, glasfaserbewehrten Sandwich- bzw. Leicht-betonplatten (Baustoffklasse A), Dicke $d \geq 1 \times 15$ mm, versehen werden. Die Einbauten (hier Türen und Fenster) müssen für den Anwendungsbereich geeignet sein. Es sind die jeweils gültigen Verwend- und Anwendbarkeitsnachweise sowie Einbauvorschriften der Hersteller zu beachten (z.B. allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen/ allgemeine Bauartgenehmigungen für Feuerschutztüren, allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse für Abschottungen etc.).

4.3 Konstruktiver Aufbau der tragenden Innenwände als Doppelwände (Brandbeanspruchung einseitig)

Die nachfolgend beschriebenen Innenwände bestehen aus den in Abschnitt 4.2 beschriebenen Wänden in einer doppelten Anordnung („Rücken-an-Rücken“, Trapezbleche einander zugekehrt).

4.3.1 Die Innenwand F 30 – B (Holzunterkonstruktion), vgl. Abb. 1 bis 3, besteht aus:

(nichttragende Wandfläche)

- Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF/GKFI) gem. Abs. 4.1, Dicke $d = 2 \times 12,5$ mm, verschraubt in UK
- optional: PE-Folie, $d = 0,2$ mm
- nichttragender Rahmen bzw. Unterkonstruktion aus Metallprofilen (Stahlblech), U-Profile aus S 235 $b \times d \geq 100 \times 0,7$, Wandständer aus Vollholz $b \times d \geq 50 \times 88$ mm, Achsabstand $e \leq 625$ mm, Querträger Hutprofile aus S 235 $h \times b \times d \geq 11 \times 111 \times 0,55$ mm, Profile untereinander verschraubt
- Flächendämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C), Gesamtdicke $d \geq 100$ mm



- verzinktes, gesicktes Stahlblech (Trapezblech T10), Dicke $d \geq 0,55$ mm
- Luftspalt $d = 15$ mm
- verzinktes, gesicktes Stahlblech (Trapezblech T10), Dicke $d \geq 0,55$ mm
- nichttragender Rahmen bzw. Unterkonstruktion aus Metallprofilen (Stahlblech), U-Profile aus S 235 $b \times d \geq 100 \times 0,7$, Wandständer aus Vollholz $b \times d \geq 50 \times 88$ mm, Achsabstand $e \leq 625$ mm, Querträger Hutprofile aus S 235 $h \times b \times d \geq 11 \times 111 \times 0,55$ mm, Profile untereinander verschraubt
- Flächendämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C), Gesamtdicke $d \geq 100$ mm
- optional: PE-Folie, $d = 0,2$ mm
- Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF/GKFI) gem. Abs. 4.1, Dicke $d = 2 \times 12,5$ mm, verschraubt in UK

(tragende, aussteifende Konstruktion)

- doppelter Stahlprofilrahmen (mit Luftspalt) aus verschweißten offenen bzw. geschlossenen Stahlprofilen, Dicke $d \geq 3$ mm, Abmessungen gem. statischer Dimensionierung, raumseitige Abdeckung durch die vg. doppellagige Bekleidung aus Gipsplatten

seitliche bzw. innenseitige Abdeckung der Stahlprofilrahmen mit Hohlraumdämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C)

4.3.2 Die Innenwand F 30 – A (Metallunterkonstruktion), vgl. Abb. 8 bis 10, besteht aus:

(nichttragende Wandfläche)

- Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF/GKFI) gem. Abs. 4.1, Dicke $d = 2 \times 12,5$ mm, verschraubt in UK
- optional: PE-Folie, $d = 0,2$ mm
- nichttragender Rahmen bzw. Unterkonstruktion aus Metallprofilen (Stahlblech), U-Profile aus S 235 $b \times d \geq 100 \times 0,7$, U-Profile aus S 235 $h \times b \times d \geq 88 \times 100 \times 0,7$ mm, Achsabstand $e \leq 625$ mm, Querträger Hutprofile aus S 235 $h \times b \times d \geq 11 \times 111 \times 0,55$ mm, Profile untereinander vernietet
- Flächendämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C), Gesamtdicke $d \geq 100$ mm
- verzinktes, gesicktes Stahlblech (Trapezblech T10), Dicke $d \geq 0,55$ mm
- Luftspalt $d = 15$ mm
- verzinktes, gesicktes Stahlblech (Trapezblech T10), Dicke $d \geq 0,55$ mm
- nichttragender Rahmen bzw. Unterkonstruktion aus Metallprofilen (Stahlblech), U-Profile aus S 235 $b \times d \geq 100 \times 0,7$, U-Profile aus S 235 $h \times b \times d \geq 88 \times 100 \times 0,7$ mm, Achsabstand $e \leq 625$ mm, Querträger Hutprofile aus S 235 $h \times b \times d \geq 11 \times 111 \times 0,55$ mm, Profile untereinander vernietet



- Flächendämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt $< 1000\text{ °C}$), Gesamtdicke $d \geq 100\text{ mm}$
- optional: PE-Folie, $d = 0,2\text{ mm}$
- Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF/GKFI) gem. Abs. 4.1, Dicke $d = 2 \times 12,5\text{ mm}$, verschraubt in UK

(tragende, aussteifende Konstruktion)

- doppelter Stahlprofilrahmen (mit Luftspalt) aus verschweißten offenen bzw. geschlossenen Stahlprofilen, Dicke $d \geq 3\text{ mm}$, Abmessungen gem. statischer Dimensionierung, raumseitige Abdeckung durch die vg. doppelagige Bekleidung aus Gipsplatten
- seitliche bzw. innenseitige Abdeckung der Stahlprofilrahmen mit Hohlraumdämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt $< 1000\text{ °C}$)

Die zum Einbau von Türen ausgeführten Öffnungen innerhalb der Wandbauteile werden mit umlaufenden Rahmen aus Stahlprofilen versehen. Diese werden im Laibungsbereich mit einer umlaufenden Bekleidung aus $2 \times 12,5\text{ mm}$ dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) ausgeführt. Die Einbauten (hier z.B. Türen) müssen für den Anwendungsbereich geeignet sein. Es sind die jeweils gültigen Verwend- und Anwendbarkeitsnachweise sowie Einbauvorschriften der Hersteller zu beachten (z.B. allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen/ allgemeine Bauartgenehmigungen für Feuerschutztüren, allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse für Rauchschutztüren etc.).

4.4 Konstruktiver Aufbau der tragenden Decke (bzw. Dachdecke) über dem obersten Geschoss (Brandbeanspruchung von unten)

4.4.1 Die Decke F 30 - A, vgl. Abb. 26 u. 27, besteht aus:

(Aufbau von oben nach unten)

- verzinktes, gesicktes Stahlblech (Trapezblech T40), Dicke $d \geq 0,75\text{ mm}$
- tragender, aussteifender Stahlprofilrahmen, verschweißt, Rahmen aus C-Profilen (Doppel-L) S355JR, $d = 4\text{ mm}$, Querträger aus U-Profilen S235JR, $h \times b \times d \geq 100 \times 40 \times 3\text{ mm}$, $a = 930\text{ mm}$, Unterkonstruktion, weitere Abmessungen gem. statischer Dimensionierung, dazwischen
- Hohlraumdämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt $< 1000\text{ °C}$), Dicke $d = 100\text{ mm}$
- RR-Hohlprofile S235, $h \times b \times d = 20 \times 40 \times 2\text{ mm}$, Achsabstand $e \leq 430\text{ mm}$ als Unterkonstruktion für die Deckenbekleidung, verschweißt
- PE-Folie, $d = 0,2\text{ mm}$
- Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF/GKFI) gem. Abs. 4.1, Dicke $d = 2 \times 12,5\text{ mm}$, verschraubt in UK



Die Rahmenprofile (Decken-/Dachträger) der Container werden im Bereich der horizontalen Decken- bzw. Dachstöße bzw. Deckenverbindungen (Stoßstellen von nebeneinander angeordneten Containern) analog zu dem übrigen Deckenflächen mit umlaufenden Platteneinhausungen aus Gipskarton-Feuerschutzplatten GKF/GKFI, Dicke $d = 2 \times 12,5 \text{ mm}$, in Verbindung mit zusätzlichen Unterkonstruktionsprofilen (Stahlblech) sowie Hohlraumdämmungen aus Mineralwolle bekleidet.

4.5 Konstruktiver Aufbau der gekoppelten tragenden Geschossdecke (Brandbeanspruchung von unten oder von oben)

Die Geschossdecke besteht als gekoppelte bzw. zusammengesetzte Konstruktionen aus dem Boden des oberen und der Decke des unteren Containers.

4.5.1 Die zusammengesetzte Geschossdecke F 30 - A, vgl. Abb. 15 bis 18, besteht aus: (Aufbau von oben nach unten)

Boden des oberen Containers

- Bodenbelag (z.B. PVC)
- Tragschicht aus zementgebundenen Spanplatten (Baustoffklasse A), $d = 22 \text{ mm}$ oder $d = 2 \times 16 \text{ mm}$, verschraubt
- optional: PE-Folie, $d = 0,2 \text{ mm}$
- tragender, aussteifender Bodenrahmen C-Profil S235JR, $h \times b \times d \geq 125 \times 120 \times 3/4 \text{ mm}$, Blechdicke, Bodenquerträger U-Profile S235, $h \times b \times d \geq 100 \times 40 \times 3 \text{ mm}$, Achsabstand $\leq 550 \text{ mm}$, sonstige Abmessungen gem. statischer Dimensionierung, verschweißt, dazwischen
- Hohlraumdämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt $\geq 1000 \text{ °C}$, Rohdichte $\geq 30 \text{ kg/m}^3$), $d \geq 100 \text{ mm}$
- Blindboden aus verzinktem Trapezblech (T10), Dicke $d \geq 0,55 \text{ mm}$, verschraubt

Decke des unteren Containers

- verzinktes, gesicktes Stahlblech (Trapezblech T40), Dicke $d \geq 0,75 \text{ mm}$, verschraubt
- tragender, aussteifender Stahlprofilrahmen, verschweißt, Rahmen aus C-Profilen (Doppel-L) S355JR, $d = 4 \text{ mm}$, Querträger aus U-Profilen S235JR, $h \times b \times d \geq 100 \times 40 \times 3 \text{ mm}$, $a = 930 \text{ mm}$, Unterkonstruktion, weitere Abmessungen gem. statischer Dimensionierung, verschweißt, dazwischen
- Hohlraumdämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt $< 1000 \text{ °C}$), Dicke $d \geq 100 \text{ mm}$
- RR-Hohlprofile S235, $h \times b \times d = 20 \times 40 \times 2 \text{ mm}$, Achsabstand $e \leq 430 \text{ mm}$ als Unterkonstruktion für die Deckenbekleidung, verschweißt
- PE-Folie, $d = 0,2 \text{ mm}$



- Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF/GKFI) gem. Abs. 4.1, Dicke $d = 2 \times 12,5$ mm, verschraubt in UK

Die Rahmenprofile (Träger) der Container werden im Bereich der horizontalen Deckenstöße (Stoßstellen von nebeneinander angeordneten Containern) analog zu dem übrigen Boden- und Deckenflächen oberseitig mit dicht eingebauten Passstücken aus zementgebundenen Spanplatten, $d = 1 \times 22$ mm oder $d = 2 \times 16$ mm bzw. unterseitig mit umlaufenden Platteneinhausungen aus Gipskarton-Feuerschutzplatten GKF/GKFI, $d = 2 \times 12,5$ mm, in Verbindung mit zusätzlichen Unterkonstruktionsprofilen (Stahlblech) sowie Hohlraumdämmungen aus Mineralwolle bekleidet.

4.6 Konstruktiver Aufbau des tragenden Bodens (Brandbeanspruchung von oben)

4.6.1 Der Bodenaufbau F 30 – A, vgl. Abb. 28 u. 29, besteht aus:

(Aufbau von oben nach unten)

- Bodenbelag (z.B. PVC)
- Tragschicht aus zementgebundenen Spanplatten (Baustoffklasse A), $d = 22$ mm oder $d = 2 \times 16$ mm, verschraubt
- optional: PE-Folie, $d = 0,2$ mm
- tragender, aussteifender Bodenrahmen C-Profil S235JR, $h \times b \times d \geq 125 \times 120 \times 3/4$ mm), Blechdicke, Bodenquerträger U-Profile S235, $h \times b \times d \geq 100 \times 40 \times 3$ mm, Achsabstand ≤ 550 mm, sonstige Abmessungen gem. statischer Dimensionierung, verschweißt, dazwischen
- Hohlraumdämmung aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt ≥ 1000 °C, Rohdichte ≥ 30 kg/m³), $d \geq 100$ mm
- Blindboden aus verzinktem Trapezblech (T10), Dicke $d \geq 0,55$ mm, verschraubt

Die Rahmenprofile (Träger) der Container werden im Bereich der horizontalen Bodenstöße (Stoßstellen von nebeneinander angeordneten Containern) analog zu den übrigen Bodenflächen oberseitig mit dicht eingebauten Passstücken aus zementgebundenen Spanplatten, $d = 1 \times 22$ mm bzw. $d = 2 \times 16$ mm, abgedeckt.

Auf eine weitere Beschreibung der in den Abschnitten 4.1 bis 4.6 aufgeführten Konstruktionen wird verzichtet, da diese ausreichend beschrieben bzw. in den Abb. 1 - 3, 8 - 10, 15 - 18 und 26 - 29 (geprüfte Wand- und Deckenkonstruktionen) dargestellt sind. Ansonsten wird eine Ausführung entsprechend den gültigen Verarbeitungsvorschriften der Hersteller der verwendeten Baustoffe bzw. Konstruktionsbestandteile vorausgesetzt. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Ausführung der Plattenbekleidungen und deren Befestigung.



5 Brandschutztechnische Beurteilung der Konstruktion

5.1 Allgemeines

Mit Bezug auf DIN 4102-4 kann im Hinblick auf den Erhalt der Tragfähigkeit eine kritische Stahltemperatur $\text{crit } T = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ für die tragenden Konstruktionsbestandteile der nachfolgend beurteilten Containerkonstruktionen bzw. Raumzellen angesetzt werden. Die kritische Temperatur $\text{crit } T$ des Stahls ist die Temperatur, bei der die Streckgrenze des Stahls auf die im Bauteil vorhandene Stahlspannung absinkt, siehe auch Angaben von DIN 4102-4: 1994-03, Abs. 6.11.

Auf der Grundlage von umfangreichen, insbesondere für die Normung nach DIN 4102-4 herangezogenen Bauteilbrandversuchen an Stahlträger- und Stahlstützenkonstruktionen wurden für diese Versagenstemperaturen von $> 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ermittelt, so dass die oben genannte Grenztemperatur von $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ auf der sicheren Seite liegend als kritische Stahltemperatur $\text{crit } T$ für die tragenden bzw. aussteifenden Stahlprofile der Containerkonstruktionen (Stahlgüten S235, S235JR sowie S355 nach DIN EN 10025, siehe auch [4], herangezogen werden können. Sie entspricht einer Spannungsauslastung von 100 % unter Brandbeanspruchung unter Ansatz eines Sicherheitsfaktors von 1.

Die nachfolgende Beurteilung der in Abschnitt 3 beschriebenen Containerkonstruktionen gilt für eine Brandbeanspruchung von 30 Minuten gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) nach DIN 4102-2: 1977-09 bzw. DIN EN 1363-1: 2021-10 der Außenwände -je nach Ausführung- von innen bzw. von innen oder von außen bzw. der Innen- und Trennwände von innen bzw. einseitig, der obersten Decken (Dachdecke) von unten, der Geschossdecken von oben oder von unten, der Stützen mehr- bzw. vierseitig und der Böden von oben.

Sofern die in den Abschnitten 4.2 bis 4.6 beschriebenen Containerkonstruktionen mit höheren oder zusätzlichen Auflasten als gemäß [1] bis [3] geprüft, beaufschlagt werden sollen, ist das Containertragwerk entsprechend zusätzlich zu dimensionieren und ggf. zu verstärken (z.B. geänderte/größere Profilabmessung bzw. erhöhte Blechdicken, verringerte Achsmaße). Die geprüften bzw. in Abschnitt 4 benannten Mindestabmessungen und Abstände der tragenden Stahlrahmen bzw. -profile sind einzuhalten. Dies gilt gleichermaßen für die Hohlraumdämmungen aus Mineralwolle, die als Voldämmungen innerhalb der Hohlräume auszubilden sind.

Maßgeblich erhöhte Lasten in Verbindung mit wesentlich geänderten Tragkonstruktionen sind zusätzlich brandschutztechnisch zu bewerten.



5.2 Beurteilung der Containerkonstruktionen auf Grundlage von Bauteilbrandprüfungen

Durch den Auftraggeber, Moravia Containers, wurden im April 2024 an der MFPA Leipzig drei Bauteilbrandprüfungen an einer

- (1) **tragenden und gedämmten Containerwand**
(d = 142 mm Abmessungen, B x H ca. 3,0 x 3,0 m) mit einem Stahlrahmentragwerk, einer **Holzunterkonstruktion** zur Befestigung der Platten-bekleidungen sowie mit Wand-, Decken- und Bodenstummeln, **Herstellerkennzeichnung MC-W-30/60-B-GKF1**, Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-022-2 MFPA Leipzig, siehe [1],
- (2) **tragenden und gedämmten Containerwand**
(d = 142 mm, Abmessungen B x H ca. 3,0 x 3,0 m) mit einem Stahlrahmentragwerk, einer **Metallunterkonstruktion** zur Befestigung der Plattenbekleidungen sowie mit Wand-, Decken- und Bodenstummeln, **Herstellerkennzeichnung MC-W-30/60-A-GKF1**, Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-022-1 MFPA Leipzig, siehe [2], sowie
- (3) **zweiteiligen, tragenden und gedämmten Containergeschossdecke**
(d = 344 mm, B x L ca. 4,4 x 4,6 m) mit einem Stahltragwerk (Rahmen, Träger, Stützen) aus einer Deckenkonstruktion mit Wandstummeln und einem aufgesetzten Boden (Geschossdecke), **Herstellerkennzeichnung MC-C/F-45-A-GKF-1**, Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-023-1 MFPA Leipzig, siehe [3]

durchgeführt.

Die vg. Konstruktionen wurden unter Belastung und einer einseitigen Brandbeanspruchung (Wände von der Innenseite, Geschossdecke von unten) gemäß der Temperaturzeitkurve nach DIN EN 1363-1 geprüft.

Die Containerwände wurden einer Belastung von insgesamt 96,26 kN bzw. von jeweils 48,13 kN der zwei tragenden Eckstützen ausgesetzt. Die vg. Belastung entspricht einer Auflast für die Eckstützen im Erdgeschoss einer dreigeschossigen Anlage unter Ansatz des Eigengewichts von drei Containern sowie den lotrechten Wind- und Verkehrslasten.

Die obere Ebene der Containergeschossdecke (aufgesetzte Bodenkonstruktion) wurde in der Prüfung mit einer Flächenlast von 2 kN/m² (flächig gleichmäßig auf der Deckentragschicht verteilte Totlasten) beaufschlagt.

Der Lastabtrag aus der vg. Bodenkonstruktion auf die darunter angeordnete Deckenkonstruktion der Geschossdecke erfolgte nur in den Randbereichen über die äußeren, umlaufenden Stahlrahmen bzw. die druckfesten Kontakt- bzw. Auflagerflächen der Eckstützen-profile (d.h. kein sonstiger Lastabtrag im Deckenzwischenraum).



Die Containerwände (1) und (2) wurden jeweils in Verbindung mit seitlichen bzw. oberen und unteren Wand-, Decken- und Bodenstummeln/-abschnitten geprüft, um die praxisgerechte Anschlusssituation – hier bezogen auf eine räumliche Ausführung als zusammengesetzten Container (Umfassungswände, Decke und Boden) - in der Brandprüfung und die anschließende brandschutztechnische Bewertung zu berücksichtigen.

Weiterhin wurde die Deckenkonstruktion (hier untere Ebene der zusammengesetzten Konstruktion) mit einem vierseitig umlaufenden Wandstummel (Aufbau als Containeraußenwand) ausgeführt und geprüft, um die Anschlusssituation und das Verformungsverhalten für den Wand-Decken-Anschluss beurteilen zu können.

Sämtliche geprüften Konstruktionen waren mit Gefach- bzw. Hohlraumdämmungen aus Mineralwolle, Baustoffklasse A, Schmelzpunkt < 1000 °C, gedämmt.

5.2.1 Containerwand als Ausführung mit Holzunterkonstruktion (1)

Der geprüfte Aufbau der Containerwand (1) (Ausführung mit Holzunterkonstruktion) ist den nachfolgenden Abbildungen 1 bis 3 als Auszug aus dem Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-022-1 MFPA Leipzig, siehe [1], zu entnehmen.





Abb. 1: Längsschnitt des konstruktiven Aufbaus der Containerwandkonstruktion (1)

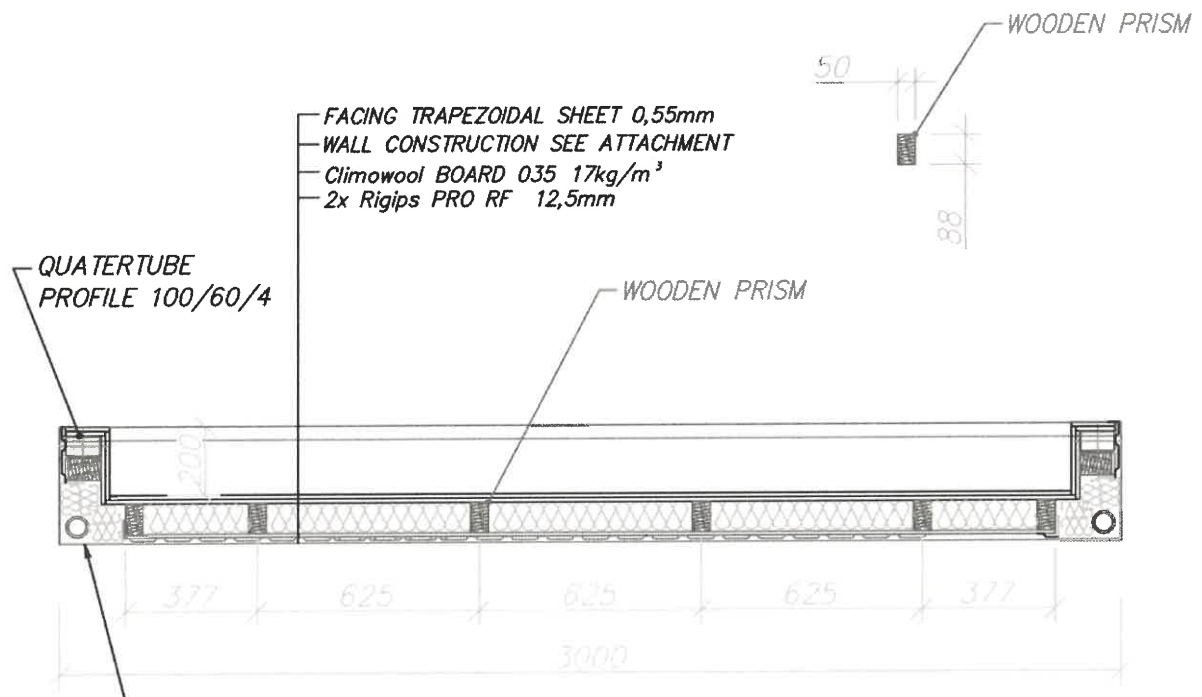


Abb. 2: Querschnitt des konstruktiven Aufbaus der Containerwandkonstruktion (1)

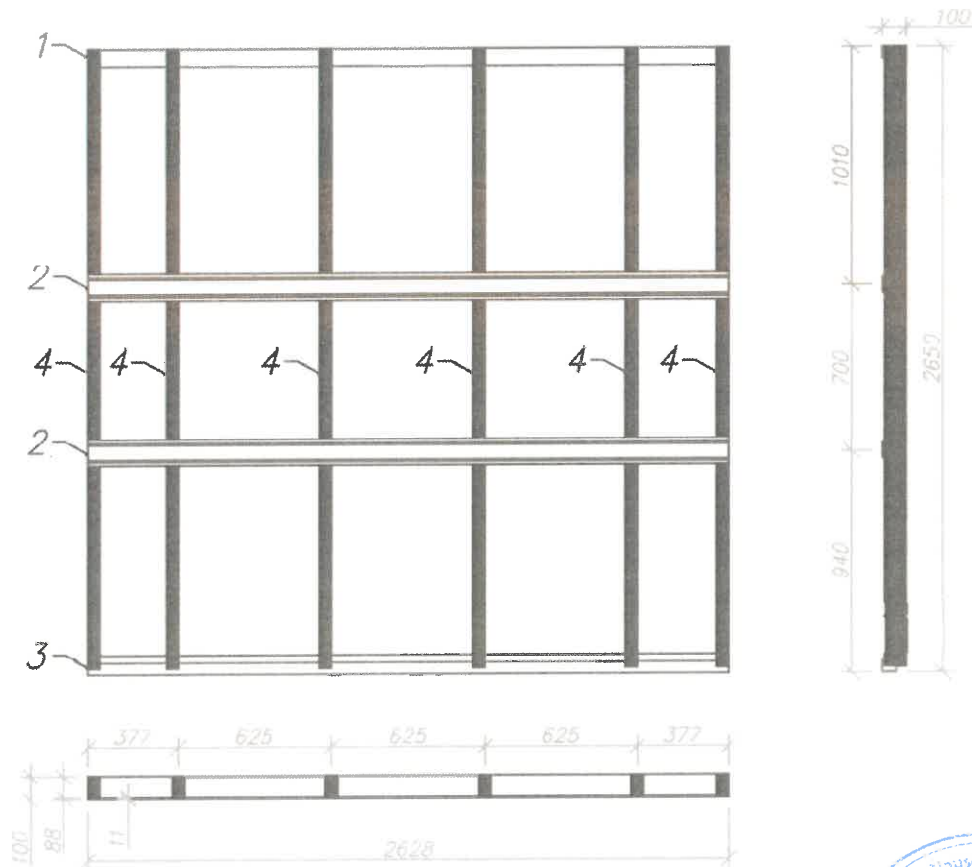


Abb. 3: Unterkonstruktion (Ansicht) der Containerwandkonstruktion (1)





Bild A4.7 1. Bekleidungs- / Beplankungslage der feuerzugewandten Seite.



Bild A4.8 Fertigstellung der 2. Bekleidungs- / Beplankungslage der feuerzugewandten Seite.



Bild A4.9 Ansicht der Gefachdämmung von der feuerabgewandten Seite.



Bild A4.10 Fertiggestellte Bekleidung / Beplankung der feuerabgewandten Seite.

Abb. 4: Fotodokumentation zur Herstellung der Wandkonstruktion (Auszug aus [17])

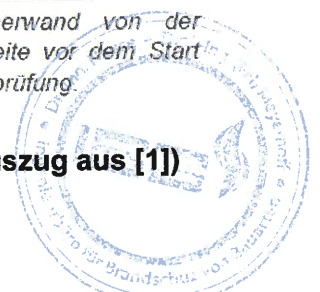


Bild A5.1 Ansicht der Containerwand von der brandabgewandten Seite vor dem Start der Feuerwiderstandsprüfung.



Bild A5.2 Ansicht der Containerwand von der brandzugewandten Seite vor dem Start der Feuerwiderstandsprüfung.

Abb. 5: Fotodokumentation zur Brandprüfung der Wandkonstruktion (Auszug aus [1])



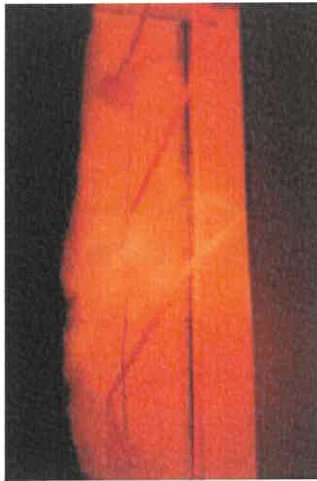


Bild A5.11 Prüfminute 45: Linke Fuge liegt vollständig frei.

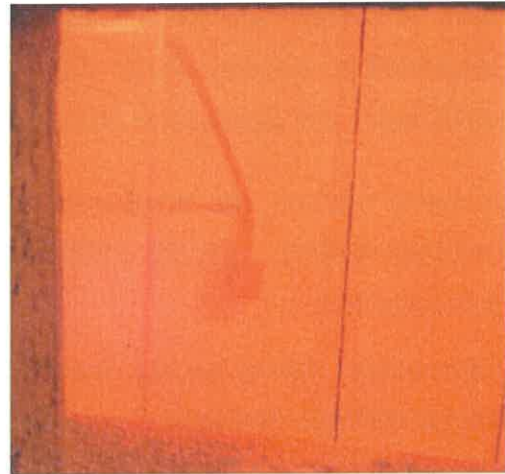


Bild A5.12 Prüfminute 46: Risse an den Befestigungsmitteln im Fugenbereich.

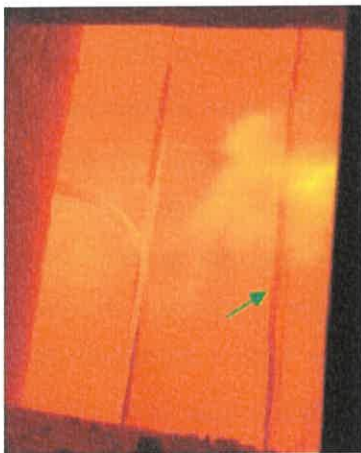


Bild A5.17 Prüfminute 65: Mittlere Platte abgefallen. Holz-UK liegt teilweise frei.



Bild A5.18 Prüfminute 69: Ende der Feuerwiderstandsprüfung in Absprache mit dem Auftraggeber.

Abb. 6: Fotodokumentation zur Brandprüfung der Wandkonstruktion (Auszug aus [1])

Die der Brandseite zugekehrten Wandbekleidung bestand aus doppelagigen Gipsplatten (GKF-Platten mit abgeflachten Kanten), $d = 2 \times 12,5 \text{ mm}$, mit vertikaler Ausrichtung im Grundformat $B \times H = 1250 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}$. Beide Plattenlagen wurden mit Trockenbauschrauben im Abstand von 250 mm in die Holzunterkonstruktion (Holzprofile $b \times d = 50 \times 88 \text{ mm}$) verschraubt.

Die vertikalen Stöße der Plattenlagen der GKF-Platten (Grundformat $B \times H = 1.250 \text{ mm} \times 3.000 \text{ m}$ in aufrechter bzw. wandhoher Anordnung) waren gegeneinander um ein Unterkonstruktionsraster ($e = 625 \text{ mm}$), versetzt.



Die Stoß- und Anschlussfugen der flächigen doppellagigen Gipsplattenbekleidungen (GKF-Platten mit abgeflachten Kanten) waren dicht gestoßen (Fugenbreite < 1 mm) und – einschließlich Fugenbändern - mit Gipsputz verspachtelt.

Nachfolgend werden die wesentlichen Prüfergebnisse der Containerwand (1), Variante mit Holzunterkonstruktion, gemäß Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-022-1 MFPA Leipzig, siehe [1], zusammengefasst.

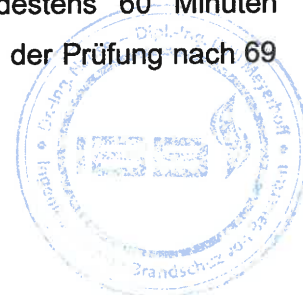
Die Branddauer betrug bis zur Beendigung der Prüfung ca. 69 Minuten. Erste Risse in der brandzugewandten GKF-Bekleidung traten nach ca. 14 Minuten sowie weitere Risse nach > 22 Minuten auf. Eine teilweise Ablösung der GKF-Bekleidung wurde erst nach ca. 62 Minuten und das Abfallen (mittlere Platte) nach 65 Minuten beobachtet.

Der Raumabschluss (kein Auftreten von Spalten, keine Flammenbildung auf der brandabgekehrten Seite) blieb über die gesamte Prüfdauer sowie die Wärmedämmung bis zur 66. Prüfminute gewahrt (hier maßgebliche zulässige Temperaturerhöhung ≤ 180 K an einer Einzelmessstelle auf der brandabgekehrten Wandoberfläche). Die mittlere Temperaturerhöhung auf der brandabgekehrten Wandoberfläche betrug zum Zeitpunkt der Beendigung der Brandprüfung 126 K (prüftechnisch zulässige Temperaturerhöhung max. 140 K). Die Wand blieb über die gesamte Prüfdauer unter Belastung tragfähig. Die maximal zulässigen Grenzwerte der vertikalen Stauchung und der Stauchungsgeschwindigkeit von $c = h/100$ (hier -30 mm) bzw. $dc/dt = 3xh/1000$ (hier 9 mm/min) wurden über die gesamte Prüfdauer von ca. 69 Minuten eingehalten bzw. weit unterschritten (max. -1,43 mm nach Prüfminute 51 bzw. max. -0,17 mm/min in Prüfminute 14). Die maximale horizontale Verformung (Wölbung) der Wand betrug -53,2 mm in Prüfminute 69.

Zusammenfassend erfüllt die im Brandversuch geprüfte **Containerwandkonstruktion mit Holzunterkonstruktion (Herstellerkennzeichnung MC-W-30/60-B-GKF1)** bei einer Brandbeanspruchung von der Innenseite gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve nach DIN EN 1363-1 die Voraussetzungen zur Einstufung entsprechend der

Klassifizierung REI 60 nach DIN EN 13501-2

da die hierfür geltenden Leistungskriterien nach DIN EN 1363-1: 2013-09 bezüglich der Tragfähigkeit (Leistungskriterium „R“), des Raumabschlusses (Leistungskriterium „E“) und der Wärmedämmung (Leistungskriterium „I“) über eine Brandbeanspruchungsdauer von mindestens 60 Minuten eingehalten wurden (Einhaltung der Kriterien „R“ und „E“ bis zur Beendigung der Prüfung nach 69 Minuten und „I“ für 67 Minuten).



Zur weiteren, detaillierten Bewertung des Brandverhaltens der Wandkonstruktion wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber, der MFPA Leipzig und den Unterzeichnern dieser Stellungnahme innerhalb der geprüften Wand weitere Messstellen gemäß der folgenden Abbildung 4 als Auszug aus [1] angeordnet.

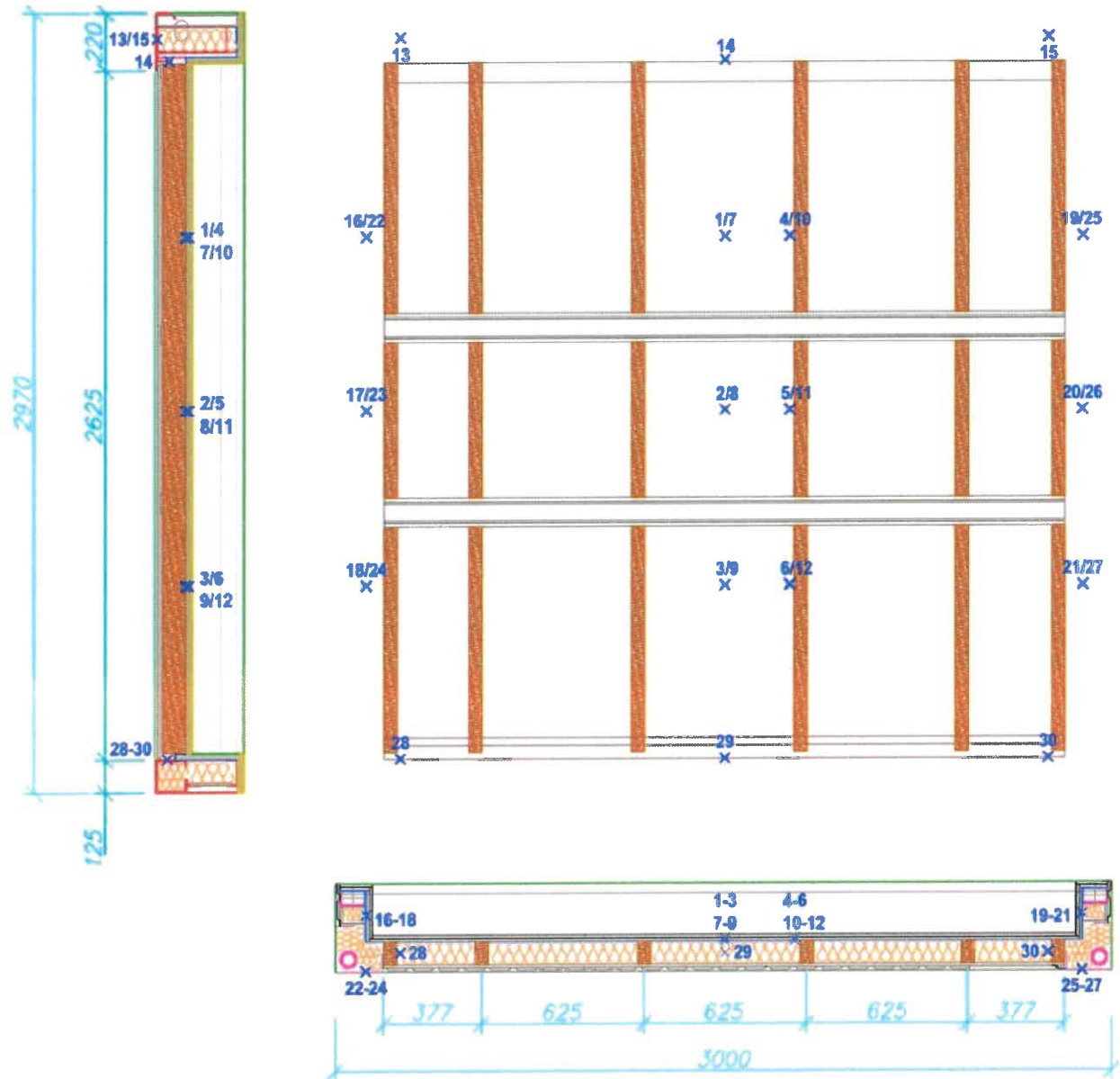


Abb. 7: Messstellenanordnung innerhalb der Containerwandkonstruktion (1)

Die im Rahmen der Bauteilprüfung an den zusätzlichen Messstellen ermittelten maximalen Temperaturen sind in der nachfolgende Tabelle 1 als Auszug aus [1] zusammengefasst.



Tabelle 1: Maximale Temperaturen innerhalb der Containerwandkonstruktion (1)

Position	30. Prüfminute		45. Prüfminute		60. Prüfminute		69. Prüfminute	
	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾
Zw. den Gipslagen (1-6)	244 °C	4	392 °C	4	735 °C	4	807 °C	3
An der Rückseite der Gipslagen (7-12)	117 °C	10	315 °C	10	628 °C	10	796 °C	8
Seitliche Wandstummel (16-21)	124 °C	18	227 °C	19	402 °C	19	456 °C	16
Tragkonstruktion (13-15 + 22-30)	91 °C	14	79 °C	14	76 °C	13	119 °C	14

¹⁾ T – Temperatur

²⁾ MS – Messstelle

Aus den vg. im Brandverlauf ermittelten Temperaturen lassen sich in brandschutztechnischer Hinsicht die **folgenden Erkenntnisse** ableiten:

- Die doppellagigen Bekleidungen aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) bilden – auch unter Wärmestau infolge der Gefach- bzw. Hohlraumdämmungen – unter einer Brandbeanspruchung nach DIN EN 1363-1 für mindestens 30 Minuten eine geschlossene, isolierende und somit brandschutztechnisch wirksame Bekleidung. Die dahinterliegende Konstruktion wird somit maßgeblich gegen eine Brandbeaufschlagung bzw. erhöhte Temperaturbeanspruchung geschützt (maximale Temperatur von 117 °C).
- Aufgrund der nachgewiesenen hohen brandschutztechnischen Schutzwirkung (Kühlung und Isolation) der 2 x 12,5 mm dicken GKF-Bekleidung können bei einer Brandbeanspruchung von bis zu 60 Minuten die dahinterliegenden Konstruktionsbestandteile (Dämmungen oder Unterkonstruktionen) auch variiert oder zusätzliche Dämm- oder Bekleidungsschichten (ausgenommen Stahlbleche) ergänzt werden, sofern die geprüften Mindestanforderungen für die Abmessungen sowie Einbau- und Befestigungsabstände weiterhin eingehalten werden.
- Die Holzunterkonstruktion zur Befestigung der Wandbekleidungen wird über Brandbeanspruchungsdauer von ca. 45 Minuten gegen Abbrand geschützt. Die Holzunterkonstruktion nimmt im Vergleich zu einer nichtbrennbaren Unterkonstruktion (Metallprofile) keinen maßgeblichen negativen Einfluss auf den Feuerwiderstand der Containerwand.
- Insbesondere aufgrund der vg. Isolationswirkung der doppellagigen GKF-Bekleidung (d = 2 x 12,5 mm) wird die Tragkonstruktion (Stahlrahmen/-profile mit Wandungsdicken 3 - 4 mm) über die gesamte Prüfdauer und weit auf der sicheren Seite liegend gegen eine im Hinblick auf den Verlust der Tragfähigkeit der tragenden Stahlprofile kritischen



Temperaturbeanspruchung ($\text{crit } T = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, vgl. Abschnitt 5.1.1) geschützt. Die maximale Temperatur am Stahltragwerk von $119 \text{ }^{\circ}\text{C}$ wurde in der 69. Prüfminute, hier in Verbindung mit einer tw. Abdeckung der Stahlprofile aus Mineralwolle, Schmelzpunkt $\ll 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ermittelt.

- Unter Ansatz der vg. im Brandversuch ermittelten Erwärmungen der Stahlprofile – hier u.a. $91 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nach 30 Minuten – treten äußerst geringe Verformungen der Stahlprofile infolge thermischer Ausdehnung auf (Ausdehnung von Stahl bei einer Temperatur von $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ca. $0,96 \text{ mm/m}$). Die gem. Prüfbericht ermittelte maximale horizontalen Verformungen (Wölbungen) betrug nach 30 Minuten Brandbeanspruchung in Wandmitte (Gefachbereich) $< 4 \text{ mm}$. An an den Wandseiten (Stahlstützen) wurde nach 30 Minuten und auch bis zum Prüfende nach 69 Minuten Verformungen von nur ca. 1 mm gemessen. Die maximale Verformung von $-53,2 \text{ mm}$ – hier in Wandmitte (Gefachbereich) - wurde in der 69 Prüfminute erreicht und ist im Wesentlichen auf die Verwölbung der äußeren, dünnwandigen Trapezblechbekleidung auf der brandabgekehrten Seite zurückzuführen.
- Mit Bezug auf die vg. Bewertungen kann abgeleitet werden, dass bei einer Ausführung einer geschlossen angeordneten und auf der Unterkonstruktion befestigten Bekleidung aus 2 x 12,5 mm dicken GKF-Platten die im Brandfall erwärmungsbedingte Längenänderung der dahinter angeordneten tragenden Stahlprofile als äußerst gering angenommen werden kann. Diese beträgt ca. 1% Ausdehnung bei $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bzw. ca. 2% bei $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Kritische Zwängungen, die sich auf die Standsicherheit der Plattenbekleidungen bzw. die Dichtigkeit von Stoßfugen von unmittelbar bzw. indirekt an den tragenden Stahlbauprofilen befestigten Platten-bekleidungen (hier 2 x 12,5 mm GKF) auswirken, sind daher nicht zu befürchten.
- Für das geprüfte Wandbauteil wird in Verbindung mit den abgebildeten Anschlüssen an die Umfassungskonstruktionen über die gesamte Prüfdauer von 69 Minuten eine ausreichende Rauchdichtigkeit (geringe Rauchentwicklung auf der brandabgekehrten Seite) nachgewiesen, die auch auf eine Gesamtkonstruktion als Container übertragbar ist.

5.2.2 Containerwand als Ausführung mit Metallunterkonstruktion (2)

Der geprüfte Aufbau der Containerwand (2) (Ausführung mit Holzunterkonstruktion) ist den nachfolgenden Abbildungen 1 bis 3 als Auszug aus dem Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-022-2 MFPA Leipzig, siehe [2], zu entnehmen.

Der geprüfte Aufbau der Containerwand (2) (Ausführung mit Metallunterkonstruktion) ist den nachfolgenden Abbildungen 8 bis 10 als Auszug aus [2] zu entnehmen:



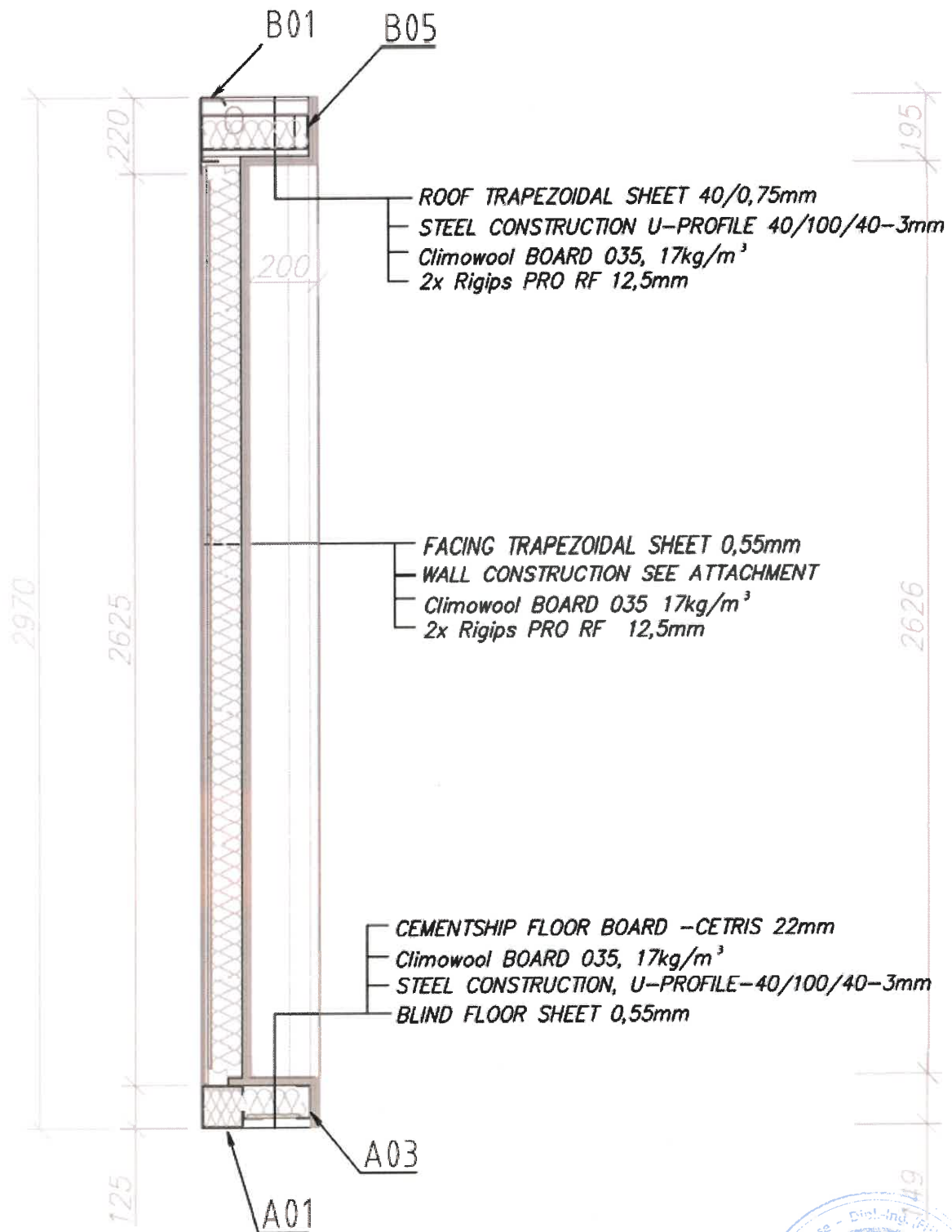


Abb. 8: Längsschnitt des konstruktiven Aufbaus der Containerwandkonstruktion (2)



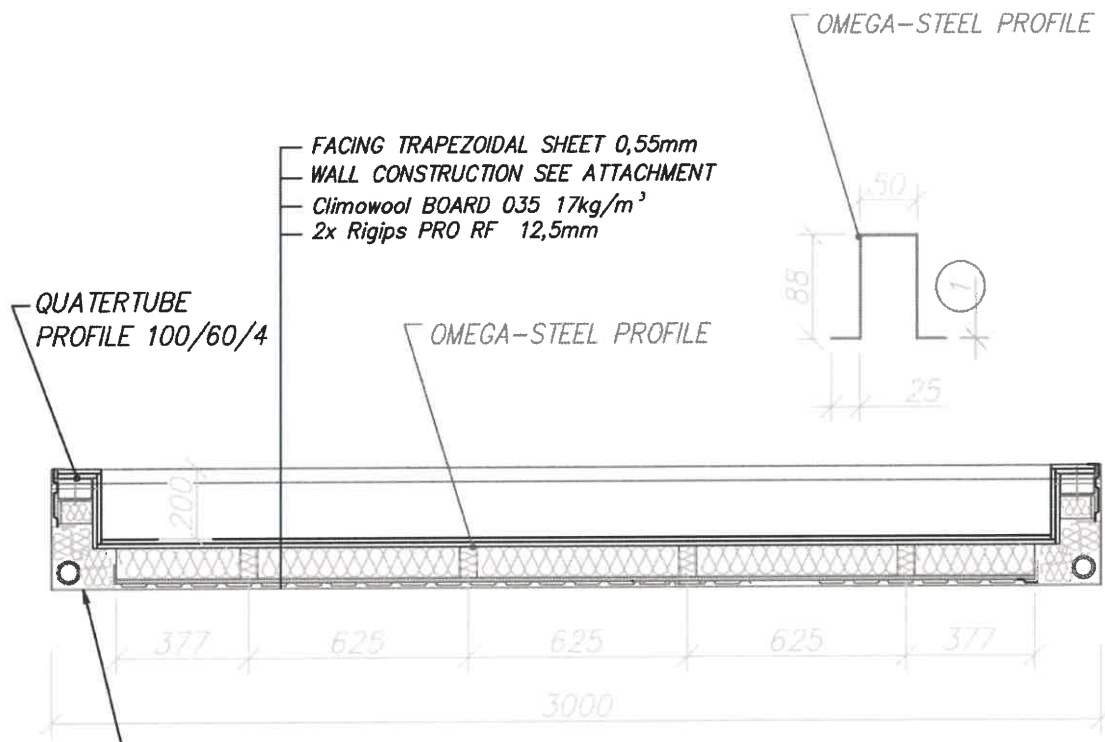


Abb. 9: Querschnitt des konstruktiven Aufbaus der Containerwandkonstruktion (2)

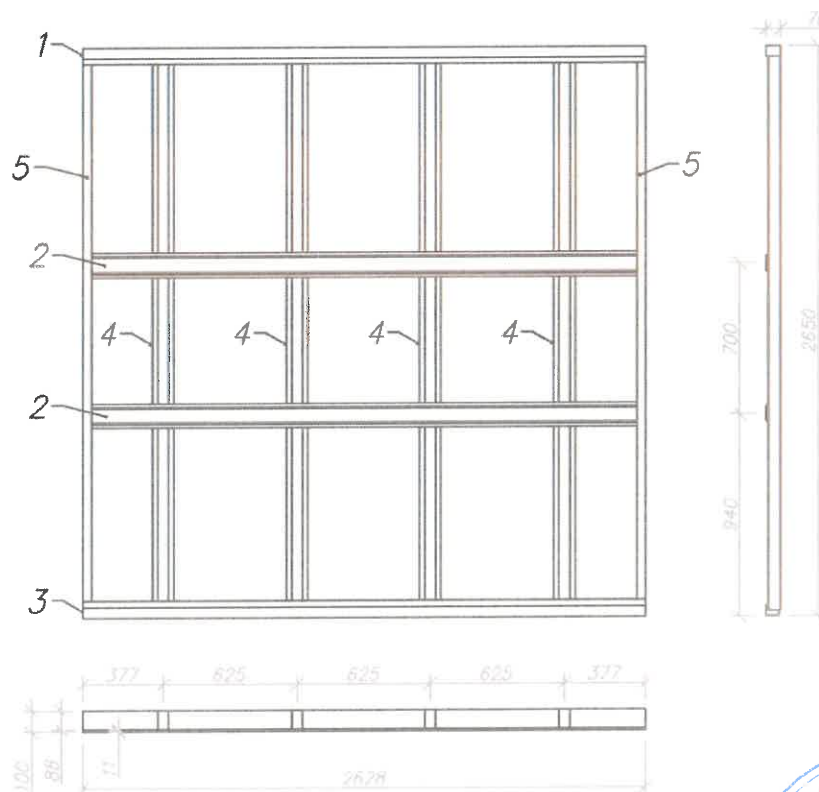


Abb. 10: Unterkonstruktion (Ansicht) der Containerwandkonstruktion (2)



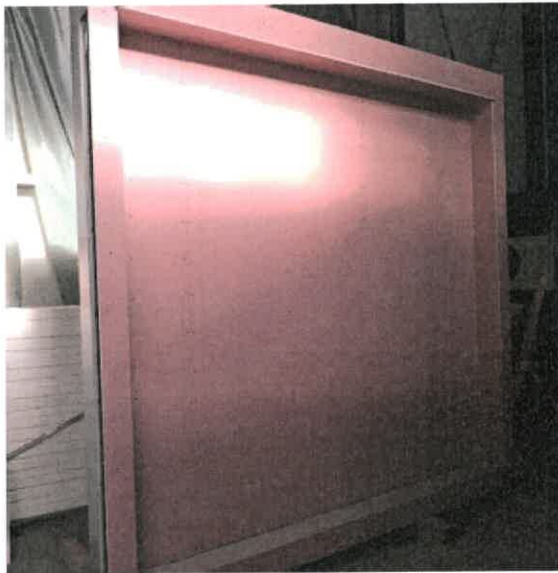


Bild A4.7 1. Bekleidungs- / Beplankungslage der feuerzugewandten Seite.

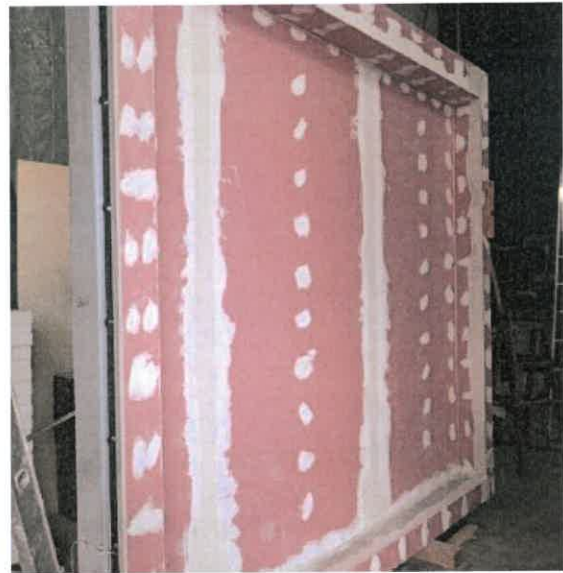


Bild A4.8 Fertiggestellte Bekleidung / Beplankung der feuerzugewandten Seite.



Bild A4.9 Ansicht der Gefachdämmung von der feuerabgewandten Seite.



Bild A4.10 Fertiggestellte Bekleidung / Beplankung der feuerabgewandten Seite.

Abb. 11: Fotodokumentation zur Herstellung der Wandkonstruktion (Auszug aus [2])





Bild A5.1 Ansicht der Containerwand von der brandabgewandten Seite vor dem Start der Feuerwiderstandsprüfung.



Bild A5.2 Ansicht der Containerwand von der brandzugewandten Seite vor dem Start der Feuerwiderstandsprüfung.

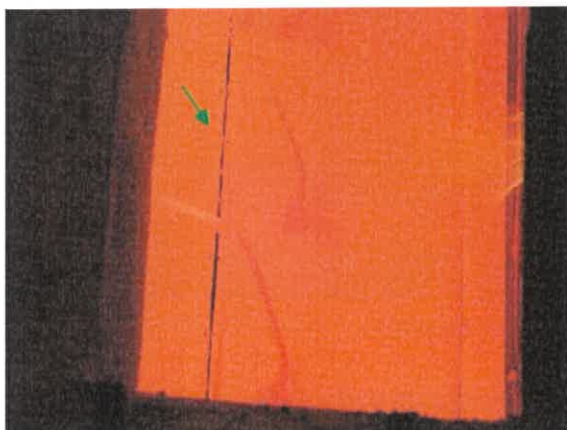


Bild A5.11 Prüfminute 38: Rechte Vertikalfuge weitet sich. Teilweise Risse an den Befestigungsmitteln der Fuge.

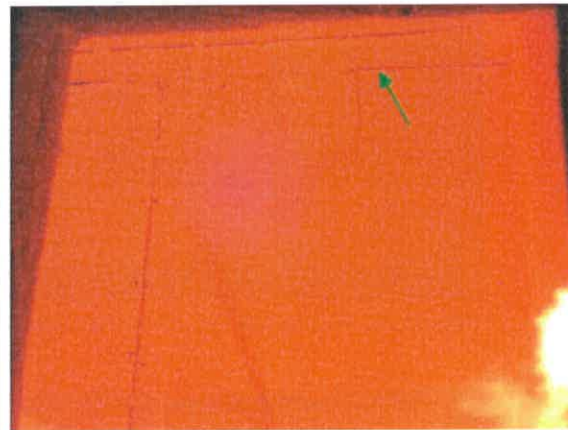


Bild A5.12 Prüfminute 50: Vertikalfuge weitet sich weiter und rechte Platte löst sich am oberen Deckenanschluss.

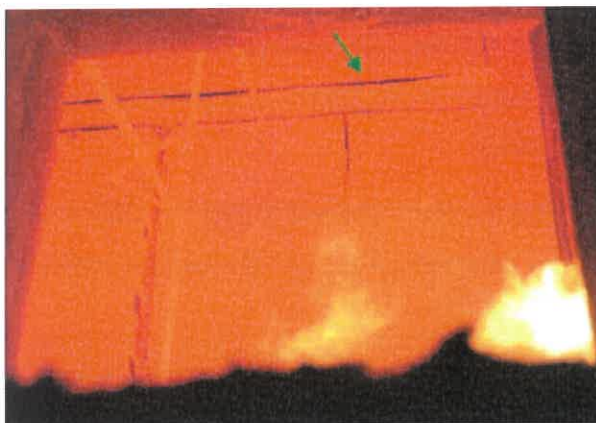


Bild A5.13 Prüfminute 60: Erste Plattenlage löst sich an den Vertikalfugen. Horizontale Bekleidung des Deckenanschlusses löst sich weiter.

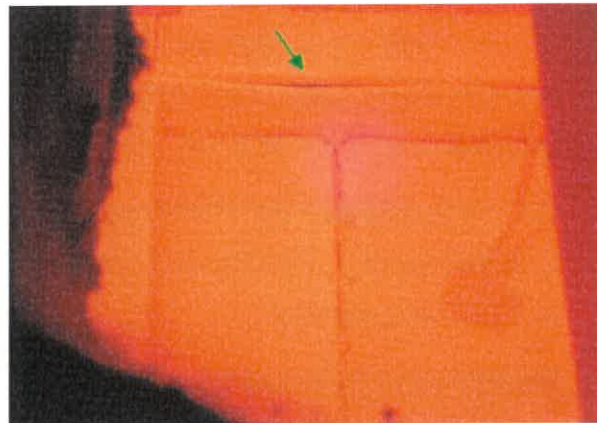


Bild A5.14 Prüfminute 60: Erste Plattenlage löst sich an den Vertikalfugen. Horizontale Bekleidung des Deckenanschlusses löst sich weiter.

Abb. 12: Fotodokumentation zur Brandprüfung der Wandkonstruktion (Auszug aus [2])





Bild A5.16 Prüfminute 64: Ende der Feuerwiderstandsprüfung in Absprache mit dem Auftraggeber.

Abb. 13: Fotodokumentation zur Brandprüfung der Wandkonstruktion (Auszug aus [2])

Die der Brandseite zugekehrten Wandbekleidung bestand aus doppellagigen Gipsplatten (GKF-Platten mit abgeflachten Kanten), $d = 2 \times 12,5 \text{ mm}$, mit vertikaler Ausrichtung im Grundformat $B \times H = 1250 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}$. Beide Plattenlagen wurden mit Trockenbauschrauben im Abstand von 400 mm (1. Lage) bzw. 250 mm (2., untere Lage) in die Metallunterkonstruktion (Stahlblech-Hutprofile $h \times b \times d = 88 \times 100 \times 0,7 \text{ mm}$) verschraubt.

Die vertikalen Stöße der Plattenlagen der GKF-Platten (Grundformat $B \times H = 1.250 \text{ mm} \times 3.000 \text{ m}$ in aufrechter bzw. wandhoher Anordnung) waren gegeneinander um ein Unterkonstruktionsraster ($e = 625 \text{ mm}$), versetzt.

Die Stoß- und Anschlussfugen der flächigen doppellagigen Gipsplattenbekleidungen (GKF-Platten mit abgeflachten Kanten) waren dicht gestoßen (Fugenbreite $< 1 \text{ mm}$) und – einschließlich Fugenbändern - mit Gipsspachtel verspachtelt.



Nachfolgend werden die wesentlichen Prüfergebnisse der Containerwand (2), Variante mit Metallunterkonstruktion, gemäß Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-022-2 MFPA Leipzig, siehe [18], zusammengefasst.

Die Branddauer betrug bis zur Beendigung der Prüfung ca. 64 Minuten. Erste Risse in der brandzugewandten GKF-Bekleidung traten nach ca. 14 Minuten sowie weitere Risse nach > 20 Minuten auf. Eine teilweise, beginnende Ablösung der GKF-Bekleidung wurde nach ca. 49 Minuten beobachtet.

Der Raumabschluss (kein Auftreten von Spalten, keine Flammenbildung auf der brandabgekehrten Seite) blieb über die gesamte Prüfdauer sowie die Wärmedämmung bis zur 61. Prüfminute gewahrt (hier maßgebliche zulässige Temperaturerhöhung ≤ 180 K an einer Einzelmessstelle auf der brandabgekehrten Wandoberfläche). Die mittlere Temperaturerhöhung auf der brandabgekehrten Wandoberfläche betrug zum Zeitpunkt der Beendigung der Brandprüfung 114 K (prüftechnisch zulässige Temperaturerhöhung max. 140 K). Die Wand blieb über die gesamte Prüfdauer unter Belastung tragfähig. Die maximal zulässigen Grenzwerte der vertikalen Stauchung und der Stauchungsgeschwindigkeit von $c = h/100$ (hier -30 mm) bzw. $dc/dt = 3xh/1000$ (hier 9 mm/min) wurden über die gesamte Prüfdauer von ca. 69 Minuten eingehalten bzw. weit unterschritten (max. -1,78 mm nach Prüfminute 64 bzw. max. -0,13 mm/min in Prüfminute 14). Die maximale horizontale Verformung (Wölbung) der Wand betrug -50,8 mm in Prüfminute 64. Die Rauchentwicklung wurde über die Prüfdauer von 64 Minuten als gering bewertet.

Zusammenfassend erfüllt die im Brandversuch geprüfte **Containerwandkonstruktion mit Metallunterkonstruktion (Herstellerkennzeichnung MC-W-30/60-A-GKF1)** bei einer Brandbeanspruchung von der Innenseite gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve nach DIN EN 1363-1 die Voraussetzungen zur Einstufung entsprechend der

Klassifizierung REI 60 nach DIN EN 13501-2

da die hierfür geltenden Leistungskriterien nach DIN EN 1365-1: 2013-09 bezüglich der Tragfähigkeit (Leistungskriterium „R“), des Raumabschlusses (Leistungskriterium „E“) und der Wärmedämmung (Leistungskriterium „I“) über eine Brandbeanspruchungsdauer von mindestens 60 Minuten eingehalten wurden (Einhaltung der Kriterien „R“ und „E“ bis zur Beendigung der Prüfung nach 64 Minuten und „I“ für 62 Minuten).

Zur weiteren, detaillierten Bewertung des Brandverhaltens der Wandkonstruktion wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber, der MFPA Leipzig und den Unterzeichnern dieser



Stellungnahme innerhalb der geprüften Wand weitere Messstellen gemäß der folgenden Abbildung 14 als Auszug aus [2] angeordnet.

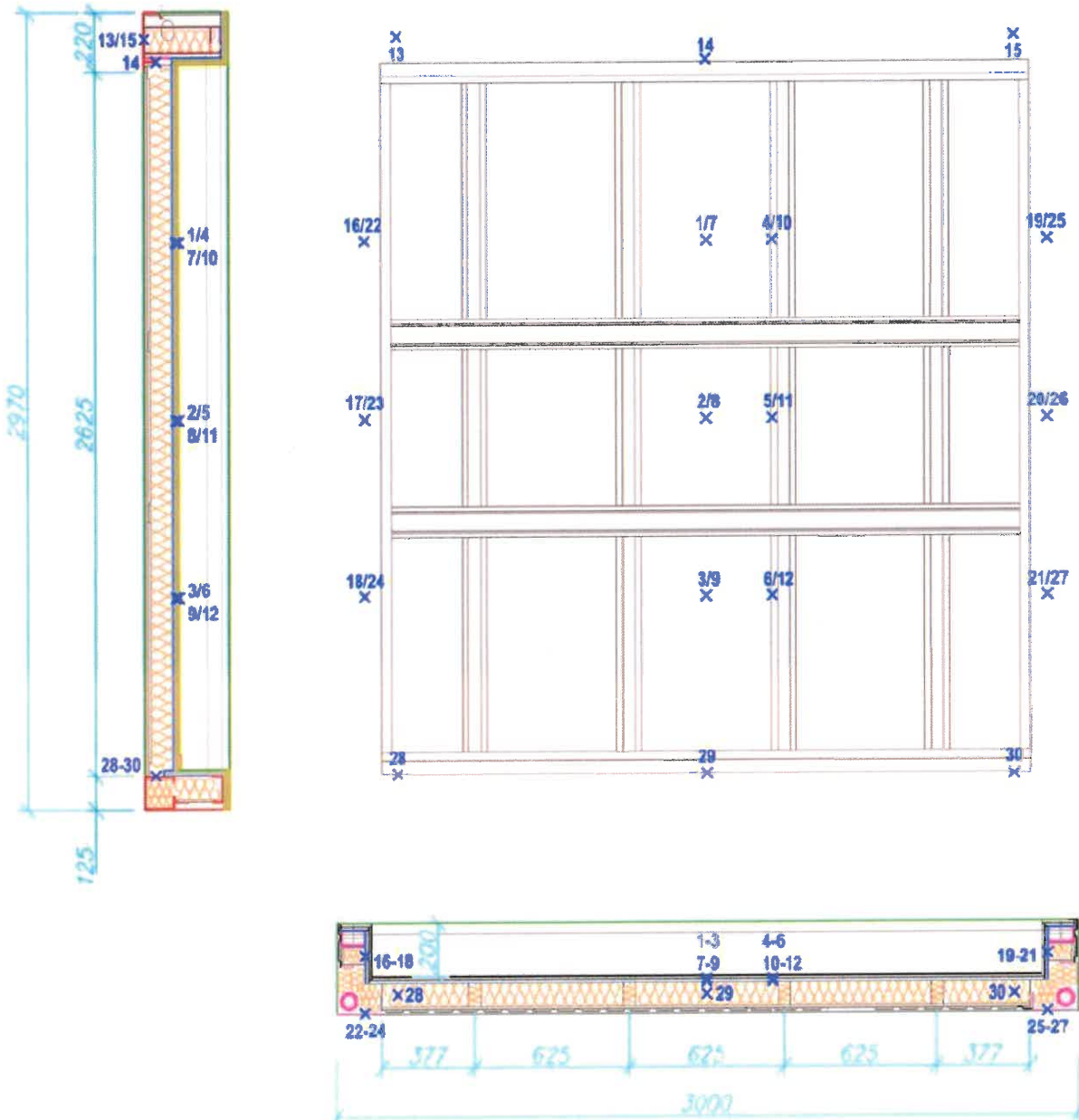


Abb. 14: Messstellenanordnung innerhalb der Containerwandkonstruktion (2)

Die im Rahmen der Bauteilprüfung an den zusätzlichen Messstellen ermittelten maximalen Temperaturen sind in der nachfolgende Tabelle 2 als Auszug aus [2] zusammengefasst.



Tabelle 2: Maximale Temperaturen innerhalb der Containerwandkonstruktion (2)

Position	30. Prüfminute		45. Prüfminute		60. Prüfminute		64. Prüfminute	
	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾
Zw. den Gipslagen (1-6)	193 °C	4	426 °C	5	661 °C	5	698 °C	5
An der Rückseite der Gipslagen (7-12)	116 °C	11	347 °C	10	603 °C	8	650 °C	10
Seitliche Wandstummel (16-21)	111 °C	17	231 °C	19	409 °C	16	439 °C	16
Tragkonstruktion (13-15 + 22-30)	81 °C	13	78 °C	15	114 °C	15	134 °C	15

¹⁾ T – Temperatur

²⁾ MS – Messstelle

Aus den vg. im Brandverlauf ermittelten Temperaturen lassen sich in brandschutztechnischer Hinsicht die folgenden Erkenntnisse ableiten:

- Die doppellagigen Bekleidungen aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) bilden – auch unter Wärmestau infolge der Gefach- bzw. Hohlraumdämmungen – unter einer Brandbeanspruchung nach DIN EN 1363-1 für mindestens 30 Minuten eine geschlossene, isolierende und somit brandschutztechnisch wirksame Bekleidung. Die dahinterliegende Konstruktion wird somit maßgeblich gegen eine Brandbeaufschlagung bzw. erhöhte Temperaturbeanspruchung geschützt (maximale Temperatur von 116 °C).
- Aufgrund der nachgewiesenen hohen brandschutztechnischen Schutzwirkung (Kühlung und Isolation) der 2 x 12,5 mm dicken GKF-Bekleidung können bei einer Brandbeanspruchung von bis zu 60 Minuten die dahinterliegenden Konstruktionsbestandteile (Dämmungen oder Unterkonstruktionen) auch variiert oder zusätzliche Dämm- oder Bekleidungsschichten (ausgenommen Stahlbleche) ergänzt werden, sofern die geprüften Mindestanforderungen für die Abmessungen sowie Einbau- und Befestigungsabstände weiterhin eingehalten werden.
- Die Metallprofile (Hut-Profile) zur Befestigung der Wandbekleidungen erfüllten über Brandbeanspruchungsdauer von ca. 64 Minuten ihre Funktion als Unterkonstruktion. Sie weisen im Vergleich zur Ausführung mit einer Holzunterkonstruktion, siehe Prüfung Wandkonstruktion (1), eine größere Verformung auf (Wölbung/Biegung aufgrund thermischer Längenänderung).
- Insbesondere aufgrund der vg. Isolationswirkung der doppellagigen GKF-Bekleidung (d = 2 x 12,5 mm) wird die Tragkonstruktion (Stahlrahmen/-profile mit Wandungsdicken 3-4 mm) über die gesamte Prüfdauer und weit auf der sicheren Seite liegend gegen eine im Hinblick auf den Verlust der Tragfähigkeit der tragenden Stahlprofile kritischen



Temperaturbeanspruchung ($\text{crit } T = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, vgl. Abschnitt 5.1.1) geschützt. Die maximale Temperatur am Stahltragwerk von $134 \text{ }^{\circ}\text{C}$ wurde in der 64. Prüfminute, hier in Verbindung mit einer tw. Abdeckung der Stahlprofile aus Mineralwolle, Schmelzpunkt $\ll 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ermittelt.

- Unter Ansatz der vg. im Brandversuch ermittelten Erwärmungen der Stahlprofile – hier u.a. $81 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nach 30 Minuten – treten äußerst geringe Verformungen der Stahlprofile infolge thermischer Ausdehnung auf (Ausdehnung von Stahl bei einer Temperatur von $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ca. $0,96 \text{ mm/m}$). Die gem. Prüfbericht ermittelte maximale horizontalen Verformungen (Wölbungen) betrug nach 30 Minuten Brandbeanspruchung in Wandmitte (Gefachbereich) $< 2 \text{ mm}$. An an den Wandseiten (Stahlstützen) wurde nach 30 Minuten und auch bis zum Prüfende nach 64 Minuten Verformungen von nur ca. 2 mm gemessen. Die maximale Verformung von $-50,8 \text{ mm}$ – hier in Wandmitte (Gefachbereich) - wurde in der 64 Prüfminute erreicht und ist im Wesentlichen auf die Verwölbung der Metall-UK und der äußeren, dünnwandigen Trapezblechbekleidung auf der brandabgekehrten Seite zurückzuführen.
- Mit Bezug auf die vg. Bewertungen kann abgeleitet werden, dass bei einer Ausführung einer geschlossen angeordneten und auf der Unterkonstruktion befestigten Bekleidung aus $2 \times 12,5 \text{ mm}$ dicken GKF-Platten die im Brandfall erwärmungsbedingte Längenänderung der dahinter angeordneten tragenden Stahlprofile als äußerst gering angenommen werden kann. Diese beträgt ca. 1% Ausdehnung bei $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bzw. ca. 2% bei $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Kritische Zwängungen, die sich auf die Standsicherheit der Plattenbekleidungen bzw. die Dichtigkeit von Stoßfugen von unmittelbar bzw. indirekt an den tragenden Stahlbauprofilen befestigten Platten-bekleidungen (hier $2 \times 12,5 \text{ mm}$ GKF) auswirken, sind daher nicht zu befürchten.
- Für das geprüfte Wandbauteil wird in Verbindung mit den abgebildeten Anschlüssen an die Umfassungskonstruktionen über die gesamte Prüfdauer von 64 Minuten eine ausreichende Rauchdichtigkeit (geringe Rauchentwicklung auf der brandabgekehrten Seite) nachgewiesen, die auch auf eine Gesamtkonstruktion als Container übertragbar ist.



Der geprüfte Aufbau der Containerdecke (3) ist den nachfolgenden Abbildungen 15 bis 20 als Auszug aus dem Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-023-1 MFPA Leipzig, siehe [3], zu entnehmen.

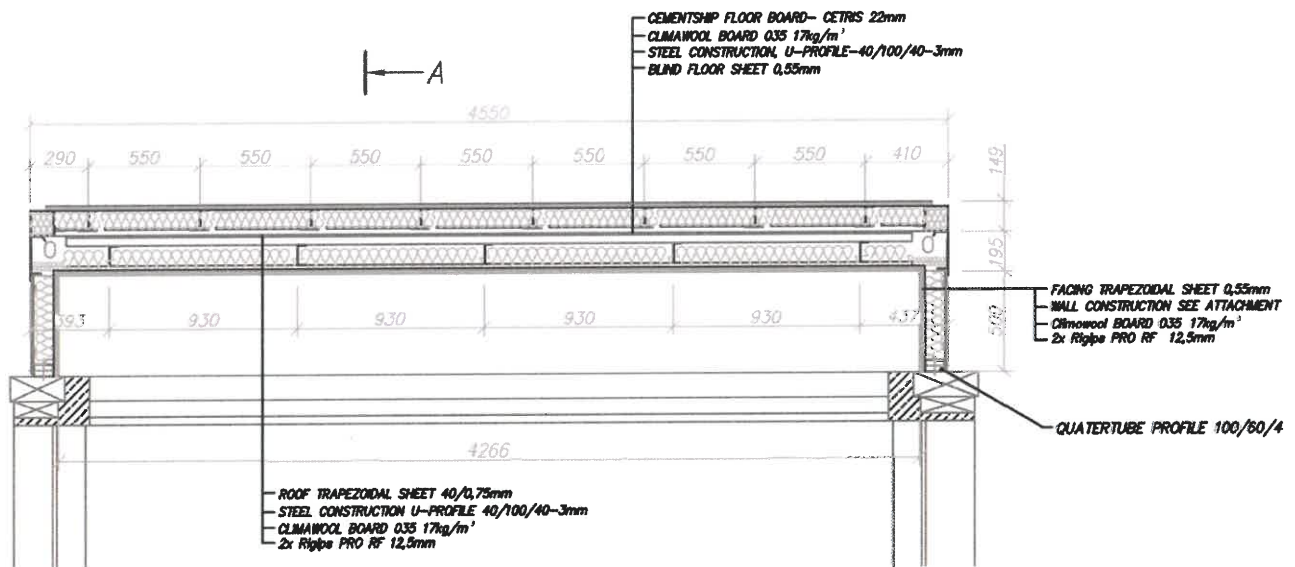


Abb. 15: Längsschnitt des Aufbaus der Containerkonstruktion (Geschossdecke) (3)

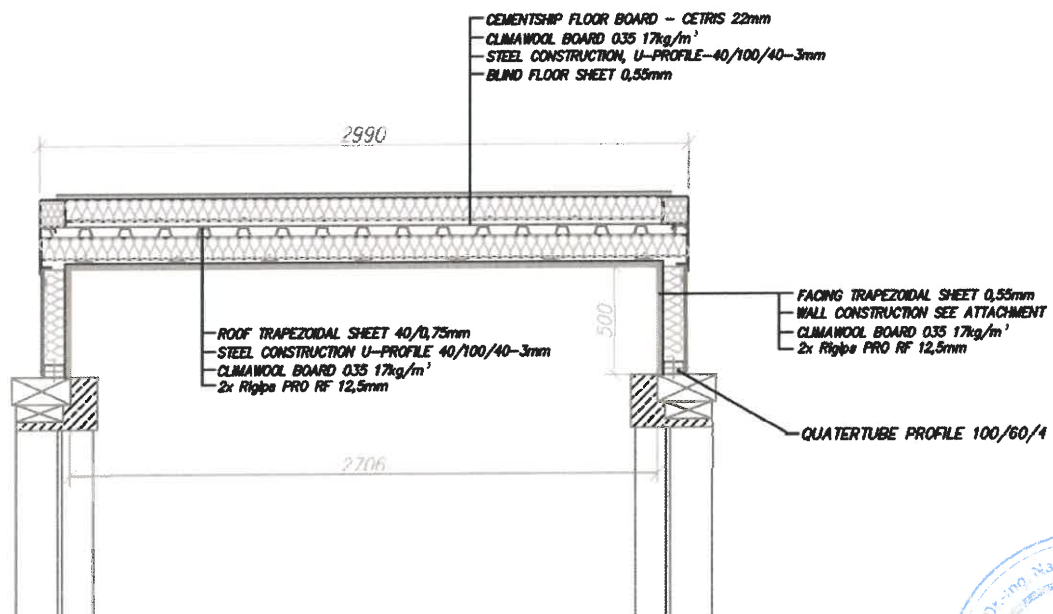


Abb. 16: Querschnitt des Aufbaus der Containerkonstruktion (Geschossdecke) (3)







Bild A4.3 Ansicht der 1. Plattenlage des Deckenmoduls von der feuerabgewandten Seite.



Bild A4.4 Ansicht der 2. Plattenlage des Deckenmoduls von der feuerzugewandten Seite.



Bild A4.5 Ansicht der fertiggestellten Beplankung des Deckenmoduls von der feuerzugewandten Seite.



Bild A4.6 Ansicht der Dämmung der Wandstummel.



Bild A4.9 Ansicht der Gefachdämmung des Bodenmoduls.



Bild A4.10 Ansicht der Bekleidung / Beplankung der feuerabgewandten Seite des Bodenmoduls.



Bild A4.11 Ansicht des Bodenmoduls von der feuerzugewandten Seite.



Bild A4.12 Ansicht des fertiggestellten und zusammengesetzten Boden- / Deckenmoduls.

Abb. 19: Fotodokumentation zur Herstellung der Deckenkonstruktion (Auszug aus [3])



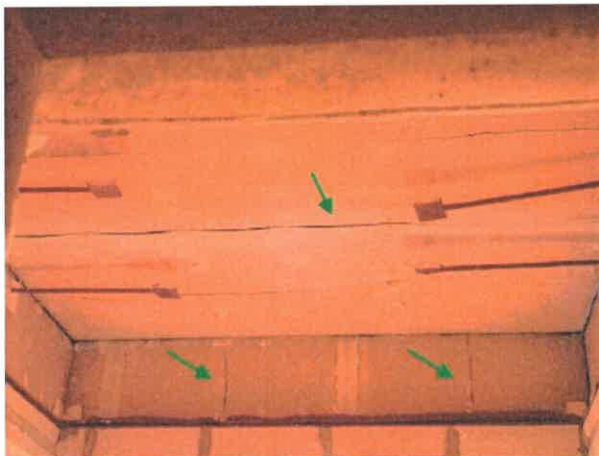


Bild A5.11 Prüfminute 22: Vertikalsrisse mehrerer Wandplatten. Deckenplatten wellen sich an der freiliegenden Fuge.



Bild A5.12 Prüfminute 28: Fugen und Längsrisse der großen Platten sind stabil.

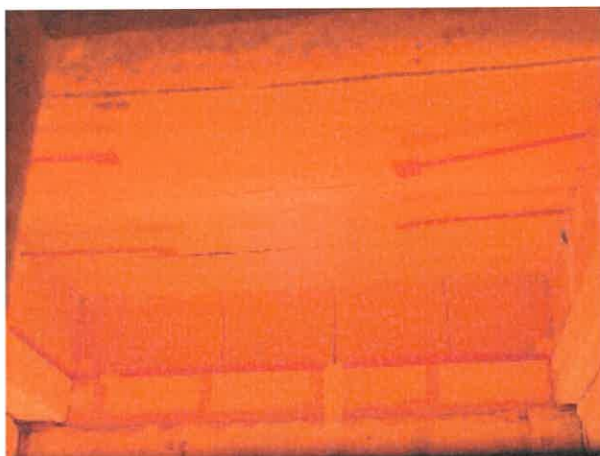


Bild A5.17 Prüfminute 51: Längsrisse der großen Platten klaffen auf.



Bild A5.18 Ende der Feuerwiderstandsprüfung in Absprache mit dem Auftraggeber.

Abb. 20: Fotodokumentation zur Brandprüfung der Deckenkonstruktion (Auszug aus [3])

Die nachfolgenden Abbildungen 21 bis 24 zeigen die geprüfte Deckenkonstruktion nach Beendigung der Brandprüfung und dem Ausbau bzw. der Demontage.





Abb. 21: Untersicht der oberen Bodenebene nach Ausbau



Abb. 22: Aufsicht der oberen Bodenebene nach Ausbau





Die der Brandseite zugekehrten Bekleidung (Deckenunterseite) bestand aus doppelagigen Gipsplatten (GKF-Platten mit abgeflachten Kanten), $d = 2 \times 12,5 \text{ mm}$, mit Querausrichtung im Grundformat $B \times H = 1250 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}$. Beide Plattenlagen wurden mit Trockenbauschrauben im Abstand von 250 mm in die Metallunterkonstruktion (Stahlblech-RR-Hohlprofile $h \times b \times d = 20 \times 40 \times 2 \text{ mm}$, Achsmaß $e = 430 \text{ mm}$, quer unterhalb Deckenträgern aus U-Stahlprofilen $h \times b \times d = 100 \text{ mm} \times 40 \times 3 \text{ mm}$, Achsmaß $e = 930 \text{ mm}$ verschweißt) verschraubt.

Die vertikalen Stöße der Plattenlagen der GKF-Platten (Grundformat $B \times H = 1.250 \text{ mm} \times 3.000 \text{ m}$ in aufrechter bzw. wandhoher Anordnung) waren gegeneinander um eine halbe Plattenbreite ($e = 625 \text{ mm}$), versetzt.

Die Stoß- und Anschlussfugen der flächigen doppelagigen Gipsplattenbekleidungen (GKF-Platten mit abgeflachten Kanten) waren dicht gestoßen (Fugenbreite $< 1 \text{ mm}$) und – einschließlich Fugenbändern - mit Gipsspachtel verspachtelt.

Die Hohlräume der unteren Deckenebene war dicht mit Mineralwolle, Schmelzpunkt $<< 1000 \text{ °C}$, ausgefüllt. Oberseitig war die untere Deckenebene mit überlappend angeordneten Trapezblechen T 40 ($t = 0,75 \text{ mm}$) versehen.

Die Umfassungswände der unteren Deckenebene (Wandstummel) waren analog zur Containerwand (2) mit Metallunterkonstruktion mit einer Hohlraumdämmung aus Mineralwolle, Schmelzpunkt $<< 1000 \text{ °C}$, und einer doppelagigen Bekleidung auf der brandzugekehrten Seite aus $2 \times 12,5 \text{ mm}$ GKF-Platten ausgeführt.

Die obere Bodenebene bestand aus einem umlaufenden Stahlrahmen mit quer darin eingeschweißten Trägern (Stahl-U-Profile $100 \times 40 \times 3 \text{ mm}$) mit einem Achsabstand $e = 550 \text{ mm}$. Die Hohlräume der oberen Bodenebene war ebenfalls dicht mit Mineralwolle, Schmelzpunkt $<< 1000 \text{ °C}$, ausgefüllt. Unterseitig war die Bodenkonstruktion mit überlappend angeordneten Trapezblechen T 40 ($t = 0,75 \text{ mm}$) versehen. Als Tragschicht war auf der vg. Bodenkonstruktion vollflächig und dicht gestoßen eine 22 mm zementgebundene Spanplatte aufgeschraubt.

Nachfolgend werden die wesentlichen Prüfergebnisse der Containerdecke (3) gemäß Prüfbericht Nr. PB 3.2/24-023-1 MFPA Leipzig, siehe [3], zusammengefasst.

Die Branddauer betrug bis zur Beendigung der Prüfung 52 Minuten. Erste Risse in der brandzugewandten GKF-Bekleidung traten nach ca. 10 Minuten sowie weitere Risse nach > 17 Minuten auf. Eine teilweise, beginnende Verformung (Wellen) der GKF-Bekleidung wurde nach 22 Minuten beobachtet.



Der Raumabschluss (kein Auftreten von Spalten, keine Flammenbildung auf der brandabgekehrten Seite) blieb über die gesamte Prüfdauer sowie die Wärmedämmung bis zur 52. Prüfminute gewahrt (hier maßgebliche zulässige Temperaturerhöhung ≤ 180 K an einer Einzelmessstelle auf der brandabgekehrten Wandoberfläche).

Die mittlere Temperaturerhöhung auf der brandabgekehrten Wandoberfläche betrug zum Zeitpunkt der Beendigung der Brandprüfung 114 K (prüftechnisch zulässige Temperaturerhöhung max. 140 K). Die Wand blieb über die gesamte Prüfdauer unter Belastung tragfähig. Die maximal zulässigen Grenzwerte der Durchbiegung und der Durchbiegegeschwindigkeit von $D = L^2/400 \cdot d$ (hier 144,8 mm) bzw. $dD/dt = L^2/9000 \cdot d$ (hier 6,43 mm/min) wurden über die gesamte Prüfdauer von ca. 52 Minuten eingehalten bzw. weit unterschritten (max. 40,01 mm nach Prüfminute 52 bzw. max. 2,65 mm/min in Prüfminute 51). Die Rauchentwicklung wurde über eine Prüfdauer von 35 Minuten als gering und ab der 36. Minute bis zum Prüfende nach 52 Minuten als mäßig bis stark bewertet.

Zusammenfassend erfüllt die im Brandversuch geprüfte **Containergeschossdecke (Herstellerkennzeichnung MC-C/F-45-A-GKF-1 als kombinierte Boden-/Deckenkonstruktion)** bei einer Brandbeanspruchung von der Deckenunterseite gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve nach DIN EN 1363-1 die Voraussetzungen zur Einstufung entsprechend der

Klassifizierung REI 45 nach DIN EN 13501-2

da die hierfür geltenden Leistungskriterien nach DIN EN 1365-1: 2013-09 bezüglich der Tragfähigkeit (Leistungskriterium „R“), des Raumabschlusses (Leistungskriterium „E“) und der Wärmedämmung (Leistungskriterium „I“) über eine Brandbeanspruchungsdauer von mindestens 45 Minuten eingehalten wurden (Einhaltung der Kriterien „R“, „E“ und „I“ bis zum Prüfende nach 52 Minuten).

Zur detaillierten Bewertung des Brandverhaltens der Geschossdeckenkonstruktion wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber, der MFPA Leipzig und den Unterzeichnern dieser Stellungnahme innerhalb der geprüften Konstruktion weitere Messstellen gemäß der folgenden Abbildung 25 als Auszug aus [3] angeordnet.



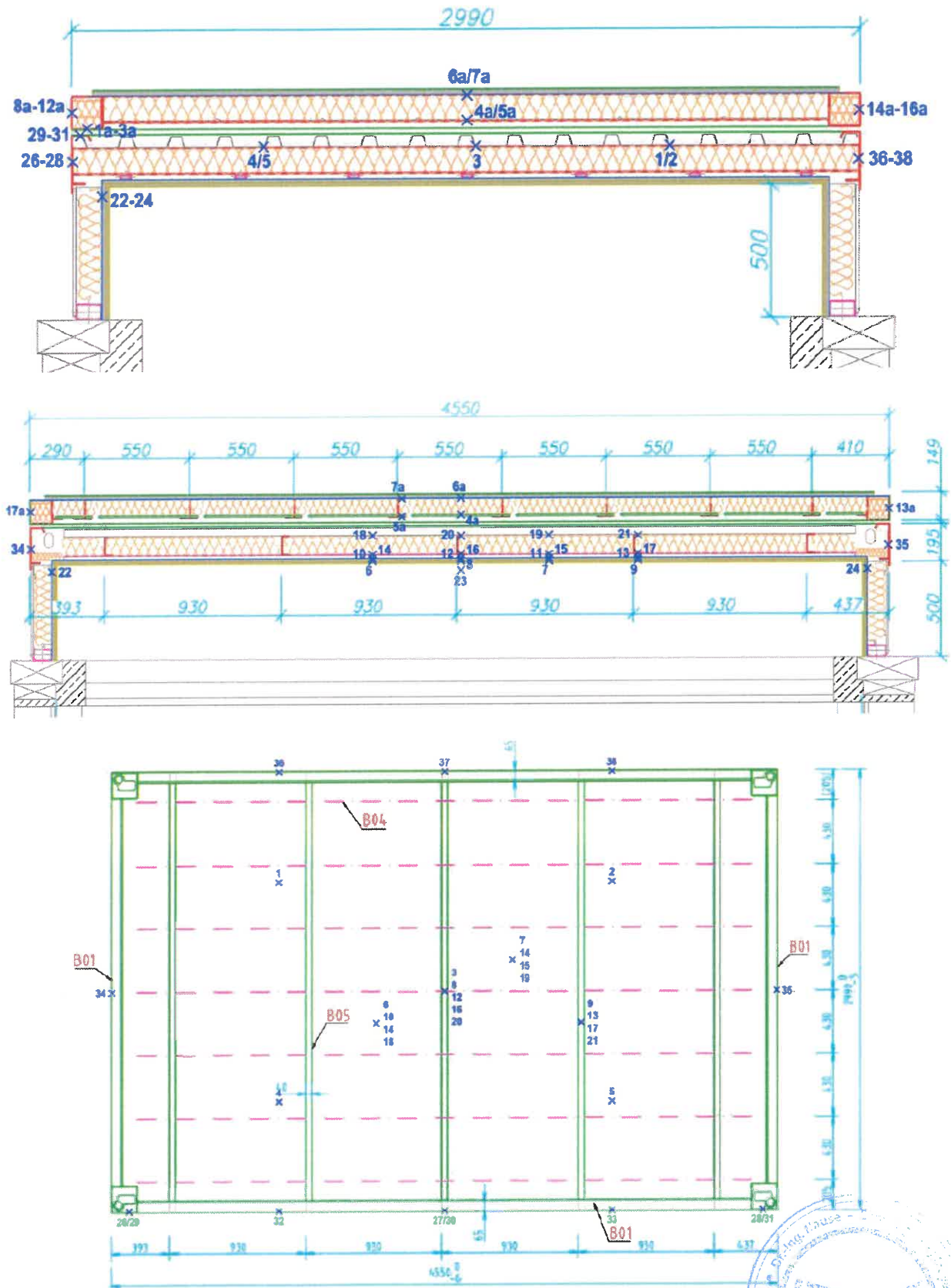


Abb. 25: Messstellenanordnung innerhalb der Containerdeckenkonstruktion (3)



Die im Rahmen der Bauteilprüfung an den zusätzlichen Messstellen ermittelten maximalen Temperaturen sind in der nachfolgende Tabelle 3 als Auszug aus [3] zusammengefasst.

Tabelle 3: Maximale Temperaturen innerhalb der Containerdeckenkonstruktion (2)

Position	15. Prüfminute		30. Prüfminute		45. Prüfminute		52. Prüfminute	
	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾	T ¹⁾	MS ²⁾
An und zw. den Gipslagen der Decke	92 °C	6	171 °C	6	690 °C	10	713 °C	6
An der Dämmung der Decke	85 °C	14	112 °C	14	693 °C	18	686 °C	18
An den Gipslagen der Wand (Ofeneingang)	97 °C	23	110 °C	23	213 °C	23	313 °C	23
Tragrahmen Decke	80 °C	26	89 °C	26	91 °C	37	271 °C	37
Trapezblech Decke	30 °C	2	92 °C	1	322 °C	3	571 °C	3
Innen Boden	25 °C	11a	66 °C	3a	281 °C	5a	532 °C	4a

¹⁾ T – Temperatur

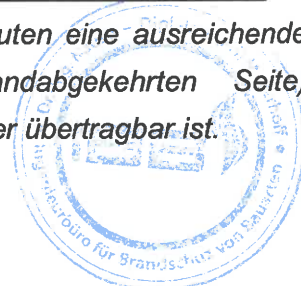
²⁾ MS – Messstelle

Aus den vg. im Brandverlauf ermittelten Temperaturen lassen sich in brandschutztechnischer Hinsicht die folgenden Erkenntnisse ableiten:

- Die doppellagigen Bekleidungen aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) bilden – auch unter Wärmestau infolge der Gefach- bzw. Hohlraumdämmungen – unter einer Brandbeanspruchung nach DIN EN 1363-1 für mindestens 30 Minuten eine geschlossene, isolierende und somit brandschutztechnisch wirksame Bekleidung. Die dahinterliegende Konstruktion wird somit maßgeblich gegen eine Brandbeaufschlagung bzw. erhöhte Temperaturbeanspruchung geschützt (maximale Temperatur von 112 °C). Es fielen über die Brandprüfdauer von 52 Minuten keine bzw. keine maßgeblichen Teile der GKF-Plattenbekleidungen ab.
- Aufgrund der nachgewiesenen hohen brandschutztechnischen Schutzwirkung (Kühlung und Isolation) der 2 x 12,5 mm dicken GKF-Bekleidung können bei einer Brandbeanspruchung von bis zu 45 Minuten die dahinterliegenden Konstruktionsbestandteile (Dämmungen oder Unterkonstruktionen) auch variiert oder zusätzliche Dämm- oder Bekleidungsschichten (ausgenommen Stahlbleche) ergänzt werden, sofern die geprüften Mindestanforderungen für die Abmessungen sowie Einbau- und Befestigungsabstände weiterhin eingehalten werden.
- Die Metallprofile zur Befestigung der Deckenbekleidungen erfüllten über die gesamte Brandbeanspruchungsdauer von ca. 52 Minuten ihre Funktion als Unterkonstruktion.
- Insbesondere aufgrund der vg. Isolationswirkung der doppellagigen GKF-Bekleidung (d = 2 x 12,5 mm) wird die Tragkonstruktion (Stahlrahmen/-profile mit Wandungsdicken 3 - 4 mm) über die gesamte Prüfdauer und weit auf der sicheren Seite liegend gegen eine im

Hinblick auf den Verlust der Tragfähigkeit der tragenden Stahlprofile kritischen Temperaturbeanspruchung ($\text{crit } T = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, vgl. Abschnitt 5.1.1) geschützt. Die maximale Temperatur am Stahltragwerk (Tragrahmen der unteren Deckenkonstruktion) von $271 \text{ }^{\circ}\text{C}$ wurde in der 52. Prüfminute, hier in Verbindung mit einer tw. Abdeckung der Stahlprofile aus Mineralwolle, Schmelzpunkt $\ll 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ermittelt.

- Unter Ansatz der vg. im Brandversuch ermittelten Erwärmungen der tragenden Stahlprofile/-rahmen – hier u.a. $89 \text{ }^{\circ}\text{C}$ am Tragrahmen der unteren Deckenkonstruktion nach 30 Minuten – treten äußerst geringe Verformungen der Stahlprofile infolge thermischer Ausdehnung auf (Ausdehnung von Stahl bei einer Temperatur von $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ca. $0,96 \text{ mm/m}$).
- Mit Bezug auf die vg. Bewertungen kann abgeleitet werden, dass bei einer Ausführung einer geschlossen angeordneten und auf der Unterkonstruktion befestigten Bekleidung aus 2 x 12,5 mm dicken GKF-Platten die im Brandfall erwärmungsbedingte Längenänderung der dahinter angeordneten tragenden Stahlprofile als äußerst gering angenommen werden kann. Diese beträgt ca. 1 % Ausdehnung bei $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bzw. ca. 2 % bei $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Kritische Zwängungen, die sich auf die Standsicherheit der Plattenbekleidungen bzw. die Dichtigkeit von Stoßfugen von unmittelbar bzw. indirekt an den tragenden Stahlbauprofilen befestigten Platten-bekleidungen (hier 2 x 12,5 mm GKF) auswirken, sind daher nicht zu befürchten.
- Anhand der zusätzlichen auf der Oberseite der Trapezbleche der unterseitigen Deckenebene angeordneten Temperaturmesstellen wurden in der Bauteilprüfung maximale Temperaturen von $92 \text{ }^{\circ}\text{C}$ gemessen. In Verbindung mit der nach Beendigung der Bauteilprüfung und dem Ausbau der oberen Deckenebene ermittelten weiterhin geschlossenen Konstruktionsausführung (Überlappende Trapezbleche waren ohne sichtbare Öffnungen oder maßgebliche Spalte, kann abgeleitet werden, dass die untere Deckenebene – hier vergleichbar einer obersten Decken (Dach) und somit ohne die obere Bodenebene - als Dachkonstruktionen die prüftechnisch geforderten Leistungskriterien an den Raumabschluss, die Wärmedämmung und die Tragfähigkeit bei einer einseitigen Brandbeanspruchung von der Unterseite über eine Brandbeanspruchungsdauer von mindestens 30 Minuten gemäß der Temperaturzeitkurve (ETK) nach DIN 4102-2 bzw. DIN EN 1363-1 erfüllt. Bei einer Anwendung als Dachkonstruktion ist das Tragwerk (hier insbesondere Querträger zur Aufnahme bzw. zum Lastabtrag der anzusetzenden Auflasten (insbesondere Schneelasten) ausreichend zu dimensionieren.
- Für die geprüfte Geschossdecke wird in Verbindung mit den abgebildeten Anschlüssen an die Umfassungskonstruktionen über eine Prüfdauer von 35 Minuten eine ausreichende Rauchdichtigkeit (geringe Rauchentwicklung auf der brandabgekehrten Seite) nachgewiesen, die auch auf eine Gesamtkonstruktion als Container übertragbar ist.



5.2.4 Beurteilung von aus den Bauteilbrandprüfungen abgeleiteten Containerkonstruktionen (Dach und Boden)

In den nachfolgenden Abbildungen 26 und 27 wird die geprüfte Geschossdeckenkonstruktion ohne den oberen Bodenaufbau (**Dachdeckenkonstruktion, Kennzeichnung des Herstellers MC-C-30-A-GKF-1**) dargestellt. Diese Konstruktion soll mit Bezug auf die vg. Bewertungen als Dachdecke – hier in Verbindung mit zusätzlichen Schneelasten - ansonsten aber ohne zusätzliche Lasten mit einer Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten als entsprechend statisch ausreichend dimensionierte tragendes, raumabschließendes und wärmedämmendes Bauteil bei einer Brandbeanspruchung von unten angewendet werden. Hiergegen bestehen seitens der IBB GmbH, Groß Schwülper, keine Bedenken, da im Rahmen der Bauteilprüfung [3] für den hier maßgeblichen unteren Tragrahmen (Decke) die Einhaltung des Raumabschlusses und der Wärmedämmung nachgewiesen wurde. Am Tragrahmen der Decke wurden nach einer Prüfdauer von 30 Minuten eine maximale Temperatur von 89°C ermittelt und somit die kritische Stahltemperatur, vgl. Abschnitt 5.1 weit unterschritten. Auf der Oberseite der Trapezblechabdeckung der unteren Deckenebene wurden nach 30 Minuten Prüfdauer eine geringe Temperatur von 92 °C ermittelt (die prüftechnisch zulässige Temperaturerhöhung zur Einhaltung der Wärmedämmung beträgt 180 K).

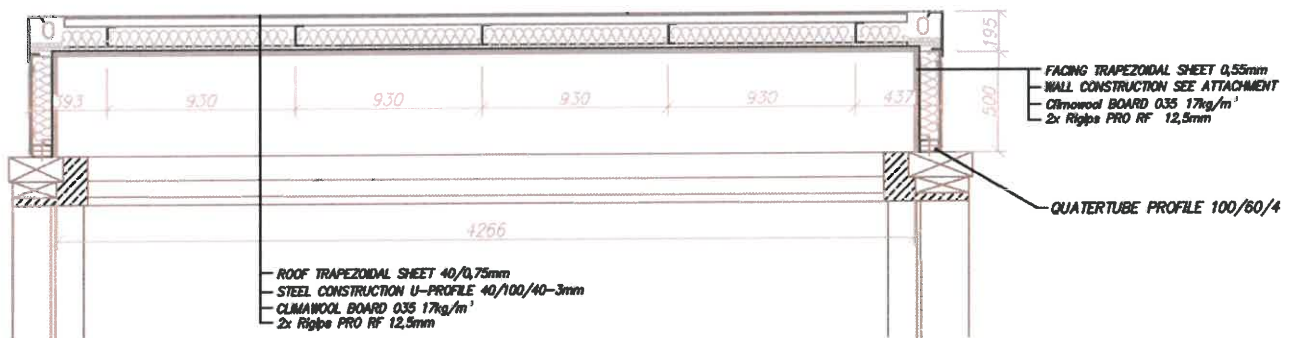


Abb. 26: Längsschnitt des konstruktiven Aufbaus der Containerkonstruktion (Dachdecke)

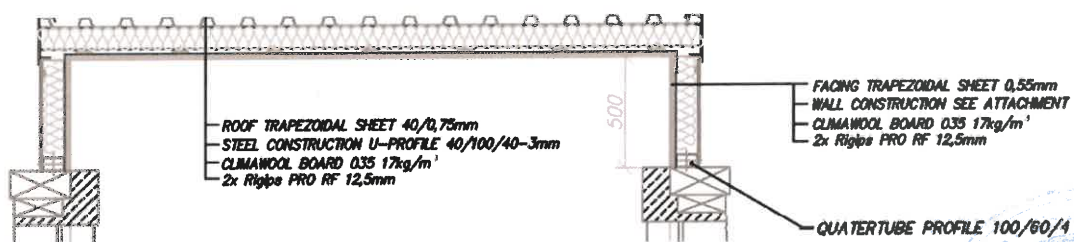
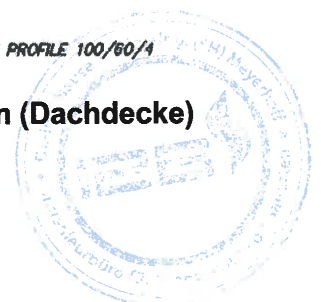


Abb. 27: Querschnitt des konstruktiven Aufbaus der Containerkonstruktion (Dachdecke)



Weiterhin soll die obere Bodenebene der gemäß [3] geprüften Geschossdecke, siehe nachfolgende Abbildungen 28 und 29, mit einer Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten als entsprechend statisch ausreichend dimensionierter **tragender**, **raumabschließender** und **wärmedämmender Containerboden** bei einer Brandbeanspruchung von oben angewendet werden. Hiergegen bestehen seitens der IBB GmbH, Groß Schwülper, keine Bedenken, da gemäß [4] für einen zur geprüften Konstruktion in brandschutztechnischer Hinsicht vergleichbaren u. in Anlehnung an DIN EN 1365-2 geprüften Bodenaufbau die Einhaltung der Tragwirkung, des Raumabschlusses und der Wärmedämmung bei einer Brandbeanspruchung von 30 Minuten gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) nach DIN EN 1363-1 ausreichend bewertet wird.

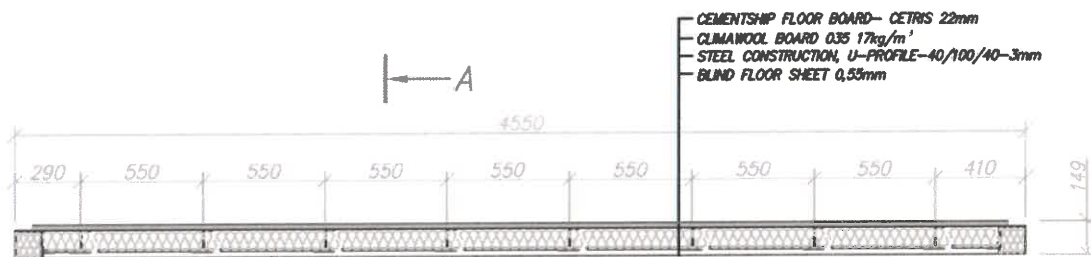


Abb. 28: Längsschnitt des konstruktiven Aufbaus der Containerkonstruktion (Boden)

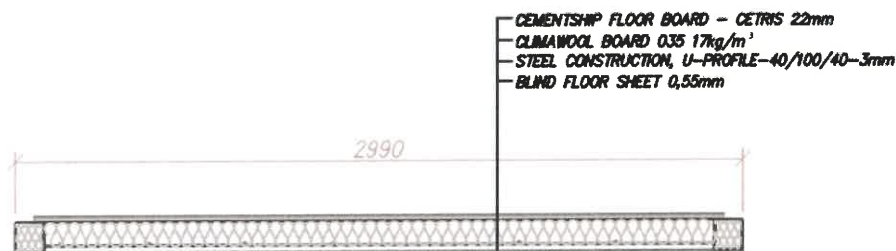


Abb. 29: Querschnitt des konstruktiven Aufbaus der Containerkonstruktion (Boden)

5.3 Ergänzende brandschutztechnische Beurteilung der Containerkonstruktionen

5.3.1 tragende und raumabschließende Außen- und Innenwände (zu Abs. 4.2 u. 4.3)

Bei einer einseitigen Brandbeanspruchung der im Rahmen dieser gutachterlichen Stellungnahme zu beurteilenden Außenwände (Containerwände mit darin angeordneter Tragkonstruktion) von innen, siehe Abschnitt 4.2, bzw. der Innenwände (Containerwände als Doppelwände mit darin angeordneter Tragkonstruktion), s. Abschnitt 4.4, wird die Tragfähigkeit der tragenden Stahlprofile durch die innenseitig vollflächig angeordnete und somit die Stahlprofile überdeckenden Wandbeplankung aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF bzw. GKFI) in Verbindung mit den zusätzlichen Stahlprofilen als Unterkonstruktion, die Hohlraumdämmung aus



Mineralwolle sowie die zusätzliche, zweiseitige Abdeckung der Stützenprofile mit Mineralwolle ausreichend gewährleistet. Die brandschutztechnische Wirksamkeit der vg. Gipsplatten-Plattenbekleidungen wird neben deren Isolationswirkung insbesondere aufgrund der Kühlwirkung des in der Gipsmatrix kristallin gebundenen und bei einer Brandbeanspruchung ausgetriebenen Wassers erzielt.

Außer in den vg. beiden Brandversuchen der Containerwände, siehe [1] und [2], wird auch gemäß den Angaben von [5], Abschnitt E.4.12.4.1/1 ff. bzw. Bild E 4-27, siehe Abbildung 30, belegt, dass eine Beplankung aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) über einen charakteristischen Feuerwiderstand von > 40 Minuten (Kriterium: Temperaturerhöhung von 500 K auf der brandabgekehrten Seite) verfügt. In Verbindung mit den vg. an die tragenden Stahlkonstruktionen im Wandquerschnitt angrenzenden zusätzlichen Dämmschichten bzw. Holzprofile kann auf der sicheren Seite liegend der Erhalt der Tragfähigkeit aufgrund der Einhaltung von maximalen Oberflächentemperaturen am Stahl von << 500 °C angenommen werden.

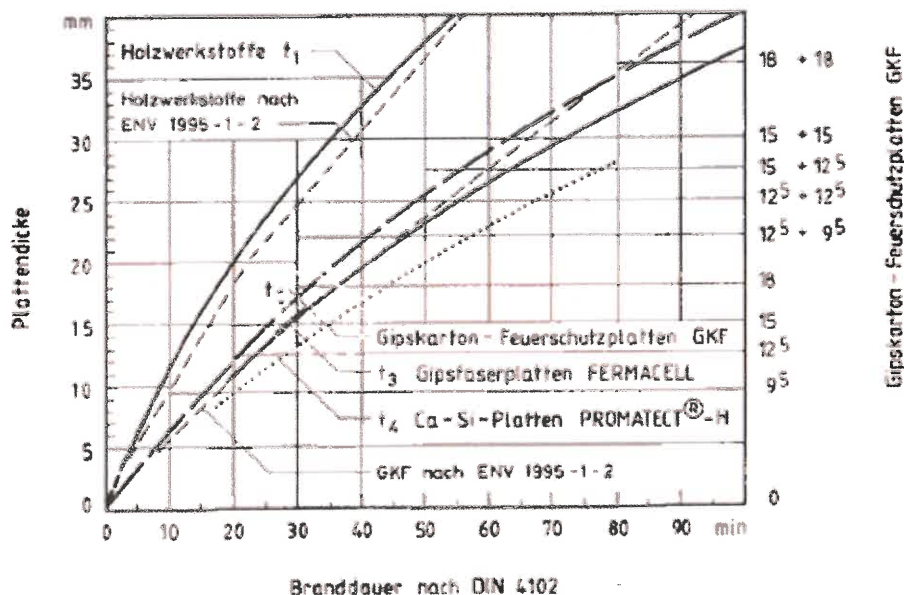


Bild E 4-27: Charakteristische Kurven (t_1 bis t_4) von Beplankungen/Bekleidungen

Abb. 30: charakteristische Zermürbungszeit t_x von Gips- und Holzwerkstoffplatten bei Beanspruchung nach ETK und Erreichen $\Delta T = 500$ K auf der feuerabgekehrten Seite, s. [5]

Aus den vg. Prüferkenntnissen lässt sich ohne Weiteres ableiten, dass durch die vg. flächige Bekleidung aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) ein unmittelbar dahinter angeordnetes Stahltragwerk (hier auch Containerstützen, -träger und -rahmen) brandschutztechnisch weit auf der sicheren Seite liegend gegen eine im Hinblick auf den Erhalt der Tragfähigkeit kritischen Brandbeanspruchung geschützt wird. Ebenfalls ist aufgrund der geringen

Erwärmung der Stahlprofile hinter den vg. Plattenbekleidungen von keinen im Hinblick auf den Erhalt des Raumabschlusses maßgeblichen Verformungen oder Dehnungen der Stahltragkonstruktion auszugehen.

Die in brandschutztechnischer Sicht ausreichende Funktionsfähigkeit der Bauteilanschlüsse zwischen den Wänden und den angrenzenden Boden- und Deckenkonstruktionen bzw. deren Bekleidungen aus 2 x 12,5 mm dicken Gipsplattenbekleidungen (Wände und Decke) bzw. 22 mm dicken zementgebundenen Spanplatten (Boden) im Hinblick auf die ausreichende Verhinderung der Weiterleitung von Feuer und Rauch wurde durch die praxisgerecht nachgebildete Anbindung der Anschluss- bzw. Umfassungskonstruktionen (Wand-, Boden- und Deckenstummel) in Verbindung mit der zusätzlichen Anordnung von Messstellen in den vg. Anschlussbereichen ausreichend nachgewiesen.

Die zum Einbau von Türen bzw. Fenstern ausgeführten Öffnungen innerhalb der Außen- und Innenwände werden mit umlaufenden Rahmen aus Stahlprofilen versehen, die im Laibungsbereich - je nach Konstruktionsausführung - durch eine umlaufende ein- bzw. doppelagige Bekleidung gemäß den Angaben der Abschnitte 4.2 bis 4.5 aus 1 x bzw. 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) bzw. Gipsfaserplatten (GF) gegen einen unzulässigen Brand- bzw. Temperatureintrag in die Wandkonstruktion bzw. deren gedämmten Hohlräume geschützt. Alternativ können in wetterbeanspruchten Bereichen die Außenwandlaibungen auch durch eine 1 x ≥ 15 mm dicke Bekleidung aus zementgebundenen, glasfaserbewehrten Sandwich- bzw. Leichtbetonplatten (Baustoffklasse A) gegen eine äußere Brandbeanspruchung geschützt werden.

Die unter einer Brandbeanspruchung ausreichende Standsicherheit und Isolationswirkung der vg. Laibungsbekleidungen lässt sich aus den Ergebnissen der Bauteilprüfungen (1) und (2), siehe Prüfberichte [1] und [2], sowie den weiteren vorliegenden Prüferfahrungen ableiten.

Die Tragfähigkeit der Stahltragkonstruktion (Tragrahmen) im Bereich der Koppelstöße der Container im Wandbereich (siehe Abschnitte 4.2 u. 4.3) wird durch die Ausbildung einer unterseitigen umlaufenden Bekleidung aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) in Verbindung mit der Lagesicherung durch die zusätzliche Metallunterkonstruktion mit Bezug auf die Prüfberichte [1] bis [3] unter Einhaltung von maximalen Oberflächentemperaturen am Stahl von < 500 °C bei einer mindestens 45-minütigen Brandbeanspruchung von unten gewährleistet.

5.3.2 tragende und raumabschließende Dachdecke und Geschossdecke, tragender Boden (zu Abs. 4.4 und 4.5)

Ergänzend wurde auch in Bauteilprüfungen diverser Hersteller von Gipsplattenbekleidungen (GKF/GKFI), u.a. Fa. Knauf u. Rigips, nachgewiesen, dass eine abgehängte



Unterdeckenkonstruktion mit einer Unterkonstruktion aus Stahlblech-Deckenprofilen und einer unterseitigen Bekleidung aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) mit einem Unterkonstruktionsabstand/Spannweite $e = 500$ mm, über eine Brandbeanspruchungsdauer von mindestens 30 Minuten die prüftechnisch geforderten Leistungskriterien des Raumabschlusses (Kriterium „E“ nach DIN EN 13501-2) sowie der Wärmedämmung (Kriterium „I“ nach DIN EN 13501-2) erfüllt. Hierfür sind auf der brandabgekehrten Oberseite der vg. Deckenbekleidung über die hier klassifizierungsrelevante Prüfdauer von 30 Minuten Temperaturerhöhungen von ≤ 180 K als Maximalwert erreicht wurden, die weit unterhalb der vg. anzusetzenden kritischen Stahltemperatur $\text{crit } T = 500$ °C liegen. Es fielen keine Plattenbekleidungen ab. Ebenfalls ist aufgrund der geringen Erwärmung der Stahlprofile hinter den vg. Plattenbekleidungen mit keinen maßgeblichen Verformungen oder Dehnungen der Stahltragkonstruktion auszugehen.

Die vg. Prüfergebnisse werden brandschutztechnisch weit auf der sicheren Seite liegend für die gemäß dem Prüfbericht [3] im Brandversuch geprüften Containergeschossdecke bestätigt. Zur detaillierten Bewertung wird auf den Abschnitt 5.2.3 verwiesen.

Mit Bezug auf die vg. Prüfergebnisse wird aus brandschutztechnischer Sicht abgeleitet, dass die tragenden Containerrahmen – hier insbesondere die der Brandbeanspruchung zugewandten Stahlprofile der unteren Deckenebene – durch die Bekleidung aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) brandschutztechnisch weit auf der sicheren Seite liegend im Hinblick auf den Erhalt der Tragfähigkeit über die Prüfdauer von > 45 Minuten geschützt werden. Positiv wirkt sich hierbei aus, dass die Stahlkonstruktionen aufgrund ihrer Einbindung in die Flächenkonstruktionen im ungünstigsten Fall nur einer zweiseitigen Brandbeanspruchung ausgesetzt werden und die Bekleidungen bzw. Wärmedämmungen der angrenzenden, nichttragenden Flächenbauteile (Wände) zu einem verbesserten Brandschutz (thermischer Schutzwirkung) führen.

Zusammenfassend werden die tragenden Konstruktionsbestandteile der Decken- bzw. Dachdeckenkonstruktionen (umlaufender Stahlrahmen bzw. Dach- und Deckenprofile), siehe Abschnitt 4.6, bzw. der gekoppelten, versehenen Boden-/Deckenkonstruktionen, siehe Abschnitt 4.7, durch die vollflächige, unterseitige Bekleidung aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) in Verbindung mit der an die Tragkonstruktion dicht anschließenden Hohlraumdämmung aus Mineralwolle sowie der oberseitig mit einer durchgehenden Tragschicht versehenen Bodenkonstruktion bei einer Brandbeanspruchung von unten über eine Brandbeanspruchungsdauer von 30 Minuten gegen eine im Hinblick auf den Erhalt der Tragfähigkeit unzulässige Temperaturbeanspruchung geschützt.



Die Tragfähigkeit der Stahltragkonstruktion (Dach-/Deckentragrahmen) im Bereich der Koppelstöße der Container im Deckenbereich (siehe Abschnitt 4.6 u. 4.7) wird durch die Ausbildung einer unterseitigen umlaufenden Bekleidung aus 2 x 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) in Verbindung mit der Lagesicherung durch die zusätzliche Metallunterkonstruktion mit Bezug auf die Prüferkenntnisse bzw. die Nachweise [5] bzw. [19] aufgrund der Einhaltung von maximalen Oberflächentemperaturen am Stahl von $\ll 500\text{ °C}$ bei einer 30-minütigen Brandbeanspruchung von unten gewährleistet.

Brandschutztechnisch positiv ist weiterhin zu berücksichtigen, dass die Boden- bzw. Deckenkonstruktionen der tragenden, raumabschließenden Geschossdecken (siehe Abschnitt 4.6) aus zwei getrennten, gedämmten Stahltragrahmen (oberer Rahmen ist zusätzlich gegen thermische Beanspruchung geschützt) mit einem oberseitigen geschlossenen Fußbodenaufbau versehen sind.

Auf der Grundlage der vg. maximalen Temperaturen an den tragenden, brandschutztechnisch zusätzlich geschützten Stahlprofilen und unter Einbezug der DIN EN 1993-1-2 ergibt sich ein maximaler temperaturbedingter Abfall des Elastizitätsmoduls von ca. 10 %.

Die unter einer vorausgesetzten maximal dreigeschossigen Anordnung der Container gemäß Gebäudeklasse 3 und üblichen Eigengewichts- bzw. Verkehrslasten anzunehmenden Verformungsmaße liegen auch unter einer Brandbeanspruchung von 30 Minuten gem. ETK der durch die benannten Bekleidungen und Hohlraumdämmungen geschützten tragenden Stahlprofile bzw. -rahmen unter dem für den Gebrauchszustand zulässigen Verformungsmaß ($l/300$) der relevanten Tragwerksbestandteile (insbesondere weitspannende Dach- und Deckenträger hier mit maximalen Längen von ca. 6 m), vgl. Bewertungen in Abschnitt 5.2.

Nach brandschutztechnischer Bewertung der IBB GmbH sind demnach keine im Hinblick auf den Erhalt der Tragfähigkeit und des Raumabschlusses kritischen Verformungen und Dehnungen zu erwarten.

Sofern die Containerkonstruktionen gemäß Abschnitt 4.2 bis 4.6 mit höheren Auflasten als nach [1] bis [3] geprüft beaufschlagt werden sollen, ist das Tragwerk entsprechend zusätzlich zu dimensionieren und ggf. zu verstärken (z.B. geänderte/größere Profilabmessung bzw. erhöhte Blechdicken, verringerte Achsmaße). Die geprüften bzw. in Abschnitt 4 benannten Mindestabmessungen und Abstände der tragenden Stahlrahmen bzw. -profile sind einzuhalten. Dies gilt gleichermaßen für die Hohlraumdämmungen aus Mineralwolle, die als Volldämmungen innerhalb der Hohlräume auszubilden sind. Maßgeblich erhöhte Lasten in Verbindung mit wesentlich geänderten Tragkonstruktionen sind zusätzlich brandschutztechnisch zu bewerten.



5.3.3 tragende Böden (zu Abs. 4.5 u. 4.6)

Die tragenden Konstruktionsbestandteile der Containerböden, siehe Abschnitte 4.5 bzw. 4.6, werden durch die oberseitige Abdeckung aus zementgebundenen Spanplatten (Baustoffklasse A), Dicke $d = 1 \times 22 \text{ mm}$ bzw. $d = 2 \times 16 \text{ mm}$ jeweils in Verbindung mit den seitlich an die Tragprofile angrenzenden Hohlraumdämmungen aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt $< 1000 \text{ °C}$) bei einer mindestens 30-minütigen Brandbeanspruchung von oben gegen eine hinsichtlich des Erhalts der Tragfähigkeit unzulässigen Temperaturbeanspruchung ausreichend geschützt.

So wurde im Rahmen von Brandprüfungen nach DIN 4102-2 bzw. DIN EN 1363-1 nachgewiesen, dass zementgebundene Spanplatten eine Abbrandrate von ca. $0,55 \text{ mm/min}$ bei einer einseitigen Brandbeanspruchung aufweisen. Somit kann für die in Abschnitt 3.1 beschriebenen Tragschichten aus zementgebundenen Spanplatten (nichtbrennbar, Rohdichte $\geq 1000 \text{ kg/m}^3$ gemäß DIN EN 323 bzw. ca. 1350 kg/m^3 gemäß Herstellerangaben für den Produkttyp Cetris basic) mit Dicken von $d = 1 \times 22 \text{ mm}$ bzw. vergleichbar $d = 2 \times 16 \text{ mm}$ dicken zementgebundenen Spanplatten (s. Abs. 4.8.2) jeweils in Verbindung mit Hohlraumdämmungen aus Mineralwolle (Baustoffklasse A, Mindestrohichte $\geq 17 \text{ kg/m}^3$) für die dahinter angeordnete tragende Stahlkonstruktion von mindestens 30 Minuten bei einer Brandbeanspruchung von oben gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) nach DIN 4102-2: 1977-09 unterstellt werden.

Hinsichtlich der ausreichenden Isolationswirkung wird auch auf die Angaben von Abb. 2 verwiesen. So verfügen 25 mm dicke, normalentflammbare Holzwerkstoffplatten mit einer anzusetzenden Abbrandrate ca. $0,9 \text{ mm/min}$ nach DIN EN 1995-1-2 über eine charakteristische Schutzzeit als Brandschutzbekleidung von ca. 30 Minuten (hier Einhaltung von Temperaturen $\leq 500 \text{ °C}$ auf der feuerabgekehrten Seite).

Im Vergleich hierzu kann aufgrund der deutliche geringeren Abbrandrate von ca. $0,5 \text{ mm/min}$ der vg. zementgebundenen Spanplatten brandschutztechnisch auf der sicheren Seite liegend für die benannten Bekleidungsdicke von $2 \times 16 \text{ mm}$ eine mindestens gleichwertige Schutzwirkung im Hinblick auf den Erhalt der Tragfähigkeit der bekleideten Stahlprofile unterstellt werden. Als weitere Prüfgrundlage wird hier auch auf den Prüfbericht [21] des Herstellers der „Cetris“-Platten verwiesen.





5.4.2 Bewertung der zusammengesetzten Container nach DIN 4102-2

Die Bauteilprüfungen (Brandversuche) der Containerwände und der Geschossdecke [1] bis [3], siehe Abs. 5.2.1 bis 5.2.3, wurden unter einer einseitigen Brandbeanspruchung gemäß der Temperaturzeitkurve nach DIN EN 1363-1 durchgeführt. Diese ist identisch zur Einheitstemperaturzeitkurve nach DIN 4102-2: 1977-09. Die in den vg. Bauteilprüfungen nach DIN EN 1363-1 verwendeten Ofen-Thermoelemente (Platten-Thermometer) sprechen aufgrund ihrer technischen Auslegung im Vergleich zu Mantel-Thermoelementen nach DIN 4102-2 mit Verzögerung, hier also kritischer, auf den realen Temperaturanstieg im Brandraum an. Die prüftechnischen Ergebnisse aus Bauteilprüfungen mit einer Brandbeanspruchung nach DIN EN 1363-1 können somit auf der sicheren Seite liegend auch auf gleiche Bauteile im Hinblick auf eine Einstufung nach DIN 4102-2 herangezogen werden (nicht jedoch umgekehrt).

Die Containerwände und die Geschossdecke [1] bis [3], siehe Abs. 5.2., wurden gemäß [1] bis [3] weiterhin in Anlehnung an DIN EN 13651-1 (Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Wände) bzw. DIN EN 1365-2 (Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Decken und Dächer) geprüft. Die Prüfung in Anlehnung an die vg. Normen ist begründet in der konstruktiven Ausführung der geprüften Bauteile mit nachgebildeten Anschlüssen an die angrenzenden Bauteile (Boden-, Wand- und Deckenstummel), die in den vg. Normen nicht erfasst werden.

Die in den zitierten Bauteilprüfungen ermittelten Prüfergebnisse können nach Bewertung der IBB GmbH, Groß Schwülper, uneingeschränkt zur Bewertung des Brandverhaltens der Containerkonstruktionen herangezogen werden, da sie die reale Konstruktionsausführung besser abbilden als der vereinfachte Normprüfaufbau ohne Berücksichtigung von Anschlussbauteilen.

In der nachfolgenden Tabelle 4 werden zur besseren Übersicht die gemäß Abs. 5.2 in den Bauteilprüfungen (Wände u. Geschossdecke) [1] bis [3] erzielten bzw. hierauf basierend ergänzend für die Dach(decken)- und Bodenkonstruktion Leistungskriterien (Klassifizierungen) nach DIN EN 13501-2: 2016-12, s. Abs. 5.4.1, den Feuerwiderstandsdauern nach DIN 4102-2: 1977-09 gegenübergestellt sowie die resultierende Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102-2: 1977-09 für die räumlich zusammengesetzte Containerkonstruktion dargestellt.



Bauteil	Einstufung nach DIN EN 13501-2	abgeleiteter Feuerwiderstand nach DIN 4102-2	vergleichbarer Feuerwiderstand als Container nach DIN 4102-2
(Außen-)Wand mit Holz-Unterkonstruktion	REI 60 von innen (geprüft)	F 60-B von innen	<u>F 30 von innen *)</u>
(Außen-)Wand mit Metall-Unterkonstruktion	REI 60 von innen (geprüft)	F 60-A von innen	
zweiteilige Geschossdecke	REI 45 von unten (geprüft)	F 30-A von unten	
Dach/Dachdecke	REI 30 von unten (bewertet)	F 30-A von unten	
Boden	REI 30 von oben (bewertet)	F 30-A von oben	

*) Brandbeanspruchung der Wände von innen, der Geschossdecke von unten o. von oben, des Daches von unten u. des Bodens von oben, Benennung F 30-A bei Ausführung der Container mit Wänden mit Metall-Unterkonstruktion (Wände), Benennung F 30-B bei A bei Ausführung der Container mit Holz-Unterkonstruktion (Wände)

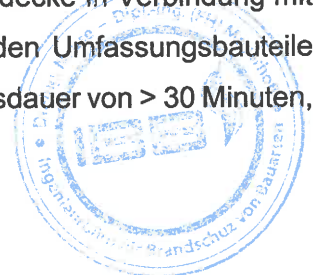
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Einstufungen der Einzelbauteile und des zusammengesetzten Containers nach DIN EN 13501-2 bzw. DIN 4102-2: 1977-09

Über eine Brandbeanspruchungsdauer von mindestens 30 Minuten ist bei den in Abschnitt 4 beschriebenen, räumlich als Raumzellen bzw. Container zusammengesetzten Konstruktionen der „Moravia Containers“ (tragende Außen- und Innenwände sowie tragende Decken-, Dach- und Bodenkonstruktionen) in Verbindung mit Anschlüssen und Öffnungen für Fenster- bzw. Türeinsbauten mit ausreichender Sicherheit bei einer einseitigen Brandbeanspruchung von der Containerinnenseite gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) nach DIN 4102-2: 1977-09 bzw. DIN EN 1361-1: 2012-10 gewährleistet, dass

- keine unzulässigen Temperaturerhöhungen über die Anfangstemperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite auftreten, sowie
- die Standsicherheit bzw. die Tragfähigkeit und
- der Raumabschluss (nur Wände bzw. Decken)

gewahrt bleiben.

In den Bauteilprüfungen [1] bis [3] der Containerwände und der Geschossdecke in Verbindung mit den praxisgerecht nachgebildeten Bauteilanschlüssen an die angrenzenden Umfassungsbauteile (Containerwände, -böden, -decken) wurde über eine Brandbeanspruchungsdauer von > 30 Minuten,



nur eine geringe Rauchentwicklung festgestellt (siehe auch Bewertungen in Abs. 5.2). Hierauf basierend kann auch eine ausreichende Rauchdichtigkeit der zusammengesetzten Containerkonstruktion bei einer Brandbeanspruchung von der Containerinnenseite angenommen werden.

Mit Bezug auf die vg. Bewertungen, die in Abschnitt 3 genannten Grundlagen und die weiteren vorliegenden Prüferfahrungen sowie aufgrund der Zusammensetzung der Konstruktionen (wesentliche und übrige Bestandteile aus nichtbrennbaren Baustoffen bzw. Bauprodukten) bestehen in brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken, die in den Abschnitten 4.2 bis 4.6 beschriebenen Containerkonstruktionen in Verbindung mit Anschlüssen und Einbauten entsprechend den angegebenen Randbedingungen bei einer Brandbeanspruchung von 30 Minuten gemäß der Temperaturzeitkurve (ETK) nach DIN 4102-2: 1977-09 in die

Feuerwiderstandsklasse F 30
nach DIN 4102-2: 1977-09

einzustufen.

In Verbindung mit den in Abschnitt 4 beschriebenen bzw. dargestellten Bauteilanschlüssen wird bei einer einseitigen Brandbeanspruchung über eine Brandbeanspruchungsdauer von mindestens 30 Minuten gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) nach DIN 4102-2 die Weiterleitung von Feuer und Rauch durch die verbundenen Containerkonstruktionen ausreichend unterbunden.

Die beurteilten Containerkonstruktionen entsprechen in Abhängigkeit der Baustoffklassifizierungen der verwendeten wesentlichen Bestandteile jeweils den in den Abschnitten 4.2 bis 4.6 angegebenen **Kurzbezeichnungen F 30–A, bzw. F 30–B** nach DIN 4102-2: 1977-09.

Die oben genannten Einstufungen gelten für eine einseitige Brandbeanspruchung der tragenden Außenwände von innen, der tragenden Innenwände einseitig, der obersten Decke (Dachdecke) von unten, der Geschossdecken von oben oder von unten und der Böden von oben.

Weiterhin wird unterstellt, dass die Ausführung gemäß den Angaben in Abschnitt 4 sowie entsprechend den Randbedingungen bzw. den Konstruktionsgrundsätzen von [1] bis [3] sowie den gültigen Verarbeitungsvorschriften der Hersteller erfolgt.

6 Besondere Hinweise

Diese gutachterliche Stellungnahme ist kein allgemeiner bauaufsichtlicher Verwend- bzw. Anwendbarkeitsnachweis im bauaufsichtlichen Verfahren in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland, sondern dient als Grundlage für technische Beratungen der Moravia Containers, a.s., CZ- Kaňovice, bei entsprechenden Bauvorhaben (siehe auch Abschnitt 2).



Änderungen und Ergänzungen von Konstruktionsdetails (abgeleitet aus dieser gutachterlichen Stellungnahme) sind nur nach Rücksprache mit der IBB GmbH, Groß Schwülper, möglich.

Die ordnungsgemäße Ausführung liegt ausschließlich in der Verantwortung der ausführenden Unternehmen.

Bei der Verarbeitung der in Abschnitt 4 genannten Baustoffe bzw. –produkte sind die gültigen Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers zu beachten.

Die Gültigkeit dieser gutachterlichen Stellungnahme endet am 01.08.2029.

Die Gültigkeitsdauer kann auf Antrag und in Abhängigkeit vom Stand der Technik verlängert werden.

Mit freundlichen Grüßen

Dipl.-Ing. (FH) Cord Meyerhoff
Sachverständiger für Brandschutz



Dr.-Ing. Peter Nause
Sachverständiger für Brandschutz