

MFPA Leipzig GmbH

Gesellschaft für Materialforschung
und Prüfungsanstalt für
das Bauwesen Leipzig mbH

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

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

Geschäftsbereich II:
Tragkonstruktionen und Schall-
schutz

Geschäftsbereichsleiterin:
Prof. Dr.-Ing. Elke Reuschel
Tel.: +49 (0) 341-6582-143
Fax: +49 (0) 341-6582-181
tagwerke@mfpa-leipzig.de

Arbeitsgruppe 2.1
Experimentelle Baumechanik

Ansprechpartner*in:
Dipl.-Ing. (FH) I. Wojan
Tel.: +49 (0) 341-6582-151
ahnert@mfpa-leipzig.de

Untersuchungsbericht Nr. UB 2.1/22-064-1

vom 11. Mai 2022

1. Ausfertigung

Gegenstand: Prüfung der aufnehmbaren statischen Linienlast
und Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßarti-
ger Belastung nach ETB-Richtlinie „Bauteile, die
gegen Absturz sichern“ für die beiden Systeme:
„System Delitzsch“
„System Glasleiste,“

Auftraggeber: Wilkes GmbH
Heidestraße 23 - 29
D - 58332 Schwelm

Prüfdatum: 15.03.2022 – 10.05.2022

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Volker Ahnert, M.Sc.

Dieses Dokument besteht aus 15 Seiten und einer Anlage.

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

1 Ausgangssituation

Die MFPA Leipzig GmbH wurde von der Firma Wilkes GmbH mit Datum vom 03.03.2022 beauftragt, folgende mechanischen Prüfungen an zwei verschiedenen Bausatzsystemen mit Aluminiumverbundplatten gemäß ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz sichern“ durchzuführen:

- Aufnahme stoßartiger Belastungen (weicher Stoß)
- Aufnahme stoßartiger Belastungen (harter Stoß)
- Widerstand gegen horizontale, statische Lasten (Linienlasten)

2 Quellenangaben und normative Grundlagen

- [1] Beauftragung der Firma Wilkes GmbH vom 03.03.2022
- [2] ETB-Richtlinie - „Bauteile, die gegen Absturz sichern“, Fassung Juni 1985

3 Gegenstand der Untersuchung

Die oben beschriebenen Bauteiluntersuchungen wurden an insgesamt 2 verschiedenen Bausatzsystemen durchgeführt. Der Aufbau dieser Bausätze ist in den folgenden Abschnitten beschrieben.

3.1 System Glasleiste

Die geprüfte Aluminiumverbundplatte besaß eine Gesamtdicke von 6 mm, eine Plattenhöhe von 1000 mm und eine Plattenbreite von 1200 mm. Die geprüfte Aluminiumverbundplatte bestand gemäß den Angaben des Auftraggebers aus folgenden Schichten:

- 0,3 mm Aluminium
- 5,4 mm LDPE
- 0,3 mm Aluminium

Die polymere Zwischenschicht wird beidseitig schubfest mit den Aluminiumplatten verklebt.

Die Ober- und Unterkante der Aluminiumverbundplatte wurde im Versuchsstand in Aluminiumstrangpressprofile (Glasleisten siehe Anlage A1, ENAW 6060, Nennzugfestigkeit 215 N/mm² nach EN 755-2) eingeschoben (einachsiger Lastabtrag). Zwischen der Aluminiumverbundplatte und den Glasleisten befand sich ein zusätzlich eingelegtes EPDM-

Kederprofil (siehe Abbildung der Anlage A1). Die Glasleisten wurden unter Verwendung von MBE Fassadennieten aus Edelstahl (5 x 27 mm, Kopf 15 mm, Klemmbereich 15 mm – 20 mm) an einer Unterkonstruktion, bestehend aus 2 vertikalen Pfosten aus Stahlhohlkastenprofilen (40x40x3) befestigt. Die Befestigung erfolgte dabei in den jeweiligen Kreuzungspunkten zwischen Pfosten und Glasleiste, sodass insgesamt 4 Fassadennieten für diesen Bausatz eingesetzt wurden. Die Glasleisten wurden hierzu im Bereich der durchlaufenden Kanäle mit einem Durchmesser von 5,1 mm vorgebohrt. Der Achsabstand der Pfosten variiert entsprechend der praktischen Anwendung. Im Bauteilversuch (weicher Stoß und Linienlast) wurde ein maximaler Achsabstand der Pfosten von 116 cm und ein minimaler Achsabstand der Pfosten von 60 cm zu Grunde gelegt (beidseitige Auskragung der Aluminiumverbundplatte von 30 cm). Der Prüfkörper ist in Abbildung 1 und 2 dargestellt. Die Befestigung der Aluminiumverbundplatte erfolgte entsprechend einer originalgetreuen Einbausituation an der Innenseite der Unterkonstruktion (Innenseite Balkonbrüstung).

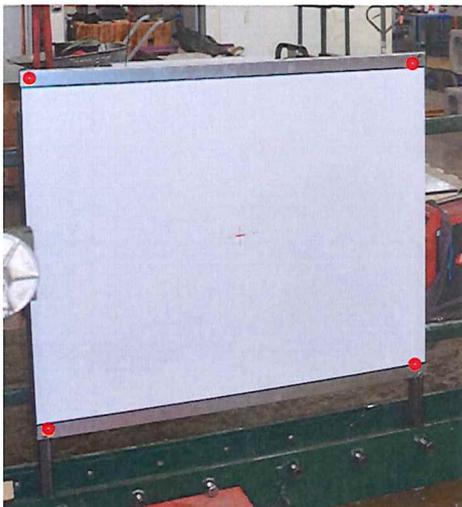


Abbildung 1: Aufbau der Unterkonstruktion und Anordnung der Befestigungsmittel



Abbildung 2: Lagerung der Aluminiumverbundplatte in einer Glasleiste



Abbildung 3: MBE Fassadenniet 5 x 27 mm



Abbildung 4: Querschnitt der Aluminiumverbundplatte

3.2 System Delitzsch

Die geprüfte Aluminiumverbundplatte besaß eine Gesamtdicke von 6 mm, eine Plattenhöhe von 1000 mm und eine Plattenbreite von 1500 mm. Die geprüfte Aluminiumverbundplatte bestand gemäß den Angaben des Auftraggebers aus folgenden Schichten:

- 0,3 mm Aluminium
- 5,4 mm LDPE
- 0,3 mm Aluminium

Die polymere Zwischenschicht wird beidseitig schubfest mit den Aluminiumplatten verklebt.

Die Aluminiumverbundplatte wurde im Versuchsstand unter Verwendung von MBE Fassadennieten aus Aluminium (5 x 16 mm, Kopf 14 mm, Klemmbereich 7 mm – 10,5 mm) in Absprache mit dem Auftraggeber an einer Unterkonstruktion aus Hohlkastenprofilen (40x40x3) aus Stahl befestigt. Diese Unterkonstruktion bestand aus 2 vertikalen Stielen mit 3 in der gleichen Ebene daran angeschweißten horizontalen Riegeln. Der Achsabstand der Riegel untereinander entsprach 450 mm. Der Achsabstand der Pfosten betrug 1325 mm (siehe Abbildung 5). Die Befestigung der Aluminiumverbundplatte erfolgte entsprechend einer originalgetreuen Einbausituation an der Außenseite der Unterkonstruktion (Außenseite Balkonbrüstung). Die Position sowie der Achsabstand der Verbindungsmittel (Fassadennieten) wurde in Abbildung 5 rot markiert dargestellt. Der Randabstand der Verbindungsmittel im Bereich der Aluminiumverbundplatte betrug mindestens 45 mm. Die Unterkonstruktion sowie die daran befestigte Aluminiumverbundplatte wurde in den entsprechenden Bereichen mit einem Durchmesser von 5,1 mm vorgebohrt. Abbildung A1-1 der Anlage 1 zeigt das baugleiche System Delitzsch mit insgesamt 3 vertikalen Stielen. Die Ergebnisse dieses Untersuchungsberichtes gelten auch für das System Delitzsch der Abbildung A 1-1.

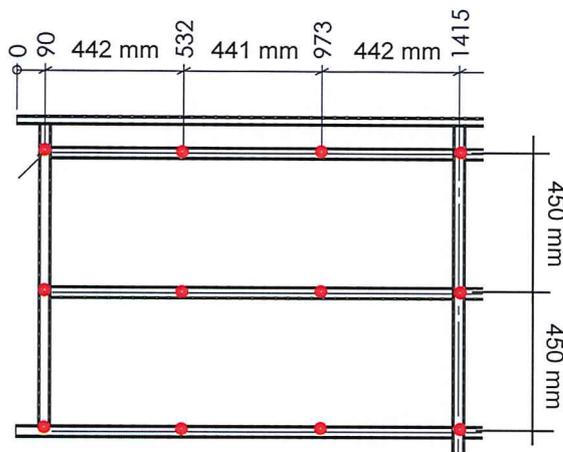


Abbildung 5: Aufbau der Unterkonstruktion und Anordnung der Befestigungsmittel



Abbildung 6: Fassadenniet 5 x 16 mm



Abbildung 7: Querschnitt der Aluminiumverbundplatte

4 Experimentelle Untersuchung der Stoßsicherheit (weicher Stoß)

Die Pendelschlagprüfungen wurden mit einem Glaskugelsack (Masse: 50 kg, Reifendruck: 4,0 bar) bei einer Temperatur von 20°C an insgesamt 2 übereinstimmenden Prüfkörpern durchgeführt.

Der Nachweis des Widerstandes gegen Stoßbeanspruchung (weicher Stoß) wird unter Zugrundelegung der folgenden Gleichung geführt:

$$\alpha'' \cdot E_{\text{Aufprall}} \geq v \cdot \alpha' \cdot E_{\text{Basis}}$$

Die Prüfung erfolgt unter Verwendung eines Glaskugelsackes mit den folgenden Eigenschaften:

Pendelkörper: Glaskugelsack nach ISO 7892

Pendelschlaggewicht: 50 kg ($\pm 0,1$ kg)

Der Faktor v ergibt sich dabei zu 1,25. Die Masse m_t der Prüfkörper betrug deutlich weniger als 100 kg.

Die mitschwingende Masse m zur Ermittlung der Stoßübertragungsfaktoren ergeben sich aus dem Term $m_t \cdot \lambda$. Die höchsten Faktoren für λ betragen 0,50. Die mitschwingende Masse m unterschreitet somit in jedem Fall 50 kg, sodass sich die Stoßübertragungsfaktoren α' von 1,0 und α'' von 0,28 ergeben. Die einwirkende Energie $\alpha' \cdot E_{\text{Basis}}$ beträgt somit 100 Nm. Zur Erfüllung des Nachweises gegen Stoßbeanspruchung (weicher Stoß) muss folglich eine Energie in Höhe von 446 Nm über den Glaskugelsack in den Prüfkörper eingetragen werden. Das entspricht einer Auslenkhöhe des Pendels je Bausatzsystem von circa 89 cm.

4.1 System Glasleiste - Durchführung der Pendelschlagprüfung

Für die Bauteile, die gegen Absturz sichern (System Glasleiste) wurden folgende Anprallszenarien (5 Anprallpunkte):

1. 2 x Anprall im Diagonalschnittpunkt der Aluminiumverbundplatte mit einer Fallhöhe des Pendelkörpers (Glaskugelsack) von 890 mm
2. 2 x Anprall in Feldmitte in einer Höhe von 90 cm von der Unterkante der Aluminiumverbundplatte mit einer Fallhöhe des Pendelkörpers (Glaskugelsack) von 890 mm
3. 2 x Anprall im Eckbereich in einer Höhe von 90 cm von der Unterkante der Aluminiumverbundplatte mit einer Fallhöhe des Pendelkörpers (Glaskugelsack) von 890 mm
4. 2 x Anprall im Bereich einer Plattenauskragung (Anprallpunkt: unterer Eckbereich, Auskragungslänge: 30 cm) mit einer Fallhöhe des Pendelkörpers (Glaskugelsack) von 890 mm
5. 2 x Anprall im Bereich einer Plattenauskragung (Anprallpunkt: mittlere Bauteilhöhe, Auskragungslänge: 30 cm) mit einer Fallhöhe des Pendelkörpers (Glaskugelsack) von 890 mm

Jedes dieser Anprallszenarios wurde an zwei unterschiedlichen Prüfkörpern durchgeführt.

Der Versuchsaufbau dieser stoßartigen Beanspruchung wird in den Abbildungen 8 bis 12 veranschaulicht.

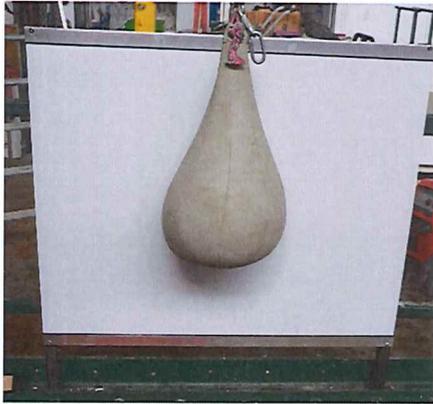


Abbildung 8: Versuchsaufbau mit Glaskugelsack – Anprallpunkt 1

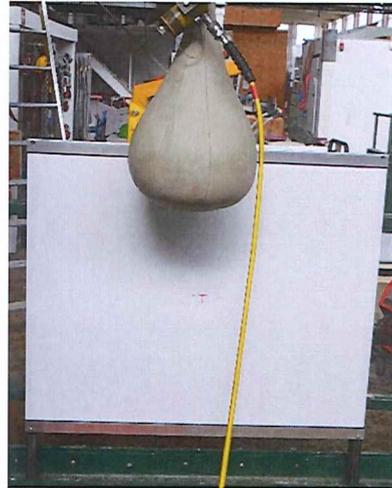


Abbildung 9: Versuchsaufbau mit Glaskugelsack – Anprallpunkt 2

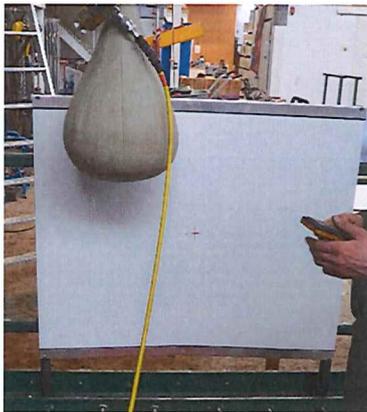


Abbildung 10: Versuchsaufbau mit Glaskugelsack – Anprallpunkt 3

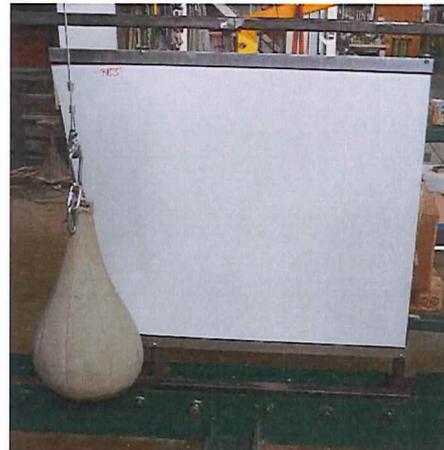


Abbildung 11: Versuchsaufbau mit Glaskugelsack – Anprallpunkt 4



Abbildung 12: Versuchsaufbau mit Glaskugelsack – Anprallpunkt 5

Der Prüfkörper wurde infolge der stoßartigen Beanspruchung durch den Glaskugelsack bei der oben beschriebenen, normativ vorgegebenen Anprallenergie im Bereich der Anprallstelle plastisch verformt (siehe Abbildung 13 und 14). Die Standsicherheit wurde infolge dieser Anprallenergie

jedoch nicht beeinträchtigt. Darüber hinaus entstanden keine Bruchstücke, die die darunter befindlichen Verkehrsflächen gefährden könnten. Die normativen Vorgaben aus [2] wurden erfüllt.



Abbildung 13: plastische Verformung infolge Anprall an Anprallpunkt 4



Abbildung 14: plastische Verformung infolge Anprall an Anprallpunkt 2

4.2 System Delitzsch - Durchführung der Pendelschlagprüfung

Für die Bauteile, die gegen Absturz sichern (System Delitzsch) wurden folgende Anprallszenarien (2 Anprallpunkte):

1. 2 x Anprall im Diagonalschnittpunkt des oberen Feldes der Aluminiumverbundplatte mit einer Fallhöhe des Pendelkörpers (Glaskugelsack) von 890 mm
2. 2 x Anprall im Eckbereich der Aluminiumverbundplatte, unmittelbar im Bereich der Befestigung an der Unterkonstruktion mit einer Fallhöhe des Pendelkörpers (Glaskugelsack) von 890 mm

Jedes dieser Anprallszenarien wurde an zwei unterschiedlichen Prüfkörpern durchgeführt. Der Versuchsaufbau dieser stoßartigen Beanspruchung wird in den Abbildungen 8 bis 12 veranschaulicht.



Abbildung 15: Versuchsaufbau mit Glaskugelsack – Anprallpunkt 1



Abbildung 16: Versuchsaufbau mit Glaskugelsack – Anprallpunkt 2

Der Prüfkörper wurde infolge der stoßartigen Beanspruchung durch den Glaskugelsack bei der oben beschriebenen, normativ vorgegebenen Anprallenergie im Bereich der Anprallstelle plastisch verformt (siehe Abbildung 17 und 18). Die Standsicherheit wurde infolge dieser Anprallenergie jedoch nicht beeinträchtigt. Darüber hinaus entstanden keine Bruchstücke, die die darunter befindlichen Verkehrsflächen gefährden könnten. Die normativen Vorgaben aus [2] wurden erfüllt.



Abbildung 17: plastische Verformung infolge Anprall an Anprallpunkt 1



Abbildung 18: plastische Verformung infolge Anprall an Anprallpunkt 2

5 Experimentelle Untersuchung der Stoßsicherheit (harter Stoß)

Mit dem Widerstand gegen einen harten Stoß wird der Widerstand der Wand gegen leichte, harte oder spitze Gegenstände nachgewiesen. Er wird mit einer 1 kg schweren Stahlkugel, die in einer Pendelbewegung gegen eine Trennwand geschwungen wird, geprüft. Die Stoßkörperenergie beträgt 10 Nm (Fallhöhe 1,02 m). Die Prüfung erfolgte an insgesamt 15 Stößen je Platte.

Der harte Stoß mit einer Stahlkugel wurde an einem Prüfkörper, jeweils auf einer anprallzugewandten Seite, geprüft. Die Auftreffstellen wurden im Vorfeld wie folgt definiert (siehe Abbildung 18 und 19):

- Auflagernaher Bereich (im Bereich der Befestigungsmittel)
- Freier Rand
- Im Diagonalschnittpunkt
- In der freien Fläche



Abbildung 18: Auftreffstellen zur Bestimmung des harten Stoßes – System Delitzsch

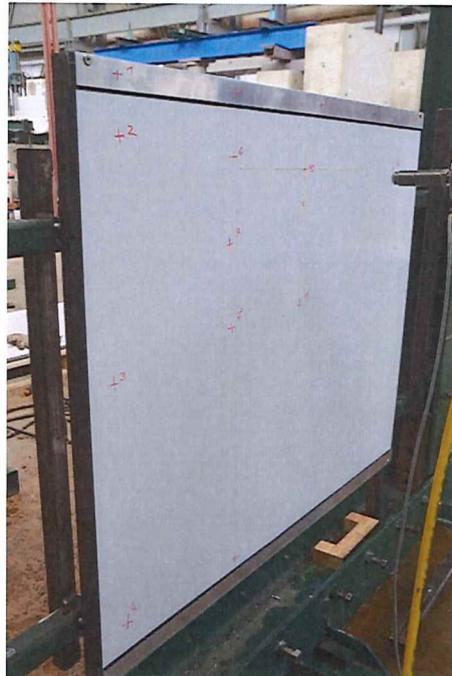


Abbildung 19: Auftreffstellen zur Bestimmung des harten Stoßes – System Glasleiste

Die Standsicherheit wurde infolge dieser normativ vorgegebenen Anprallenergie von 10 Nm nicht beeinträchtigt, die Bausätze „System Delitzsch“ und „System Glasleiste“ wurden örtlich nicht durchstoßen. Darüber hinaus entstanden keine Bruchstücke, die die darunter befindlichen Verkehrsflächen gefährden könnten. Die normativen Vorgaben aus [2] wurden erfüllt.

6 Experimentelle Untersuchung der aufnehmbaren Holmlast

Die aufnehmbare horizontale Linienlast wurde als statische Last auf der Prüfkörperoberfläche aufgebracht. Insgesamt wurden 3 Versuche an gleichwertigen Probekörpern, zur Sicherstellung einer statistischen Aussagesicherheit durchgeführt. Die Größe der Last ist abhängig vom Einbaubereich, im Einbaubereich 1 (geringe Menschenansammlungen) sind dies 0,5 kN/m, im Einbaubereich 2 (große Menschenansammlungen und Höhenunterschiede > 1,0 m) sind dies 1,0 kN/m.

6.1 System Glasleiste - Durchführung der statischen Prüfung

Die Belastung wurde in folgenden Bereichen in den Probekörper eingetragen:

- (1) in Feldmitte in einer Höhe von 0,90 m von Unterkante Prüfkörper (Achsabstand zwischen vertikalen Pfosten: 1,16 m, Länge der Linienlast: 65 cm)
- (2) in Feldmitte in einer Höhe von 0,78 m von Unterkante Prüfkörper (unter Beachtung eines Spaltes zum Fußboden von maximal 12 cm, Achsabstand zwischen vertikalen Pfosten: 1,16 m, Länge der Linienlast: 65 cm)
- (3) im Bereich der Auskragung in einer Höhe von 0,78 m von Unterkante Prüfkörper (unter Beachtung eines Spaltes zum Fußboden von maximal 12 cm, Achsabstand zwischen vertikalen Pfosten: 0,86 m, Auskraglänge: 30 cm, Länge der Linienlast: 25 cm)

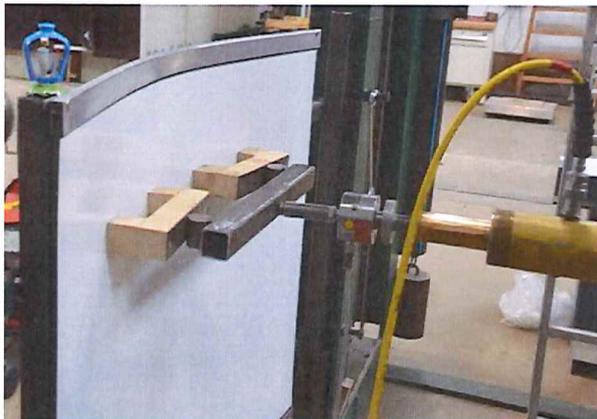


Abbildung 20: Versuchsaufbau - Prüfung der aufnehmbaren Linienlast (2)

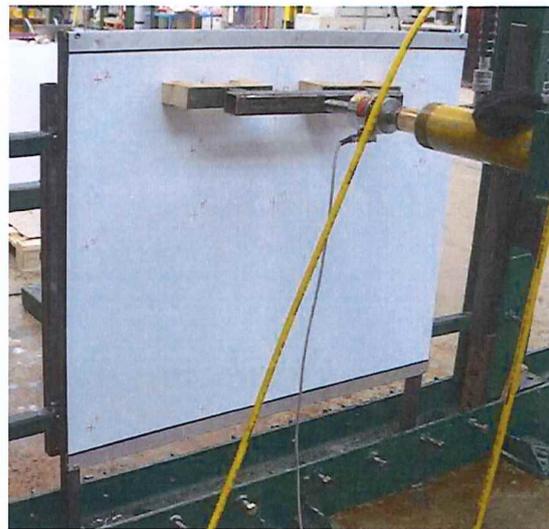


Abbildung 21: Versuchsaufbau - Prüfung der aufnehmbaren Linienlast (1)



Abbildung 22: Versuchsaufbau - Prüfung der aufnehmbaren Linienlast (3)

Die Belastung wurde hubweise bis zum Erreichen der Maximallast gesteigert. Die Versuchsergebnisse wurden in Tabelle 1 zusammengefasst. Daraus geht hervor, dass bei Laststellung 3 die geringsten aufnehmbaren Linienlasten resultierten. Die normativen Vorgaben aus [2] wurden erfüllt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Laststellung	Prüfkörper	Maximallast	Abbruchkriterium
1	PK 1	6,04 kN	Keine weitere Laststeigerung möglich
2	PK 2	5,64 kN	Keine weitere Laststeigerung möglich
3	PK 3-1	2,58 kN	Große plastische Verformung und Herausrutschen der Platte aus der Glasleiste
3	PK 3-2	2,70 kN	Große plastische Verformung und Herausrutschen der Platte aus der Glasleiste
3	PK 3-3	2,36 kN	Große plastische Verformung und Herausrutschen der Platte aus der Glasleiste
	Mittelwert (3)	2,05 kN	-
	Varianz (3)	6,77 %	-

6.2 System Delitzsch - Durchführung der statischen Prüfung

Die Belastung wurde in folgenden Bereichen in den Probekörper eingetragen:

- (1) in Feldmitte in einer Höhe von 0,90 m von Unterkante Prüfkörper (Achsabstand zwischen vertikalen Pfosten: 1,16 m, Länge der Linienlast: 65 cm)
- (2) in Feldmitte in einer Höhe von 0,78 m von Unterkante Prüfkörper (unter Beachtung eines Spaltes zum Fußboden von maximal 12 cm, Achsabstand zwischen vertikalen Pfosten: 1,16 m, Länge der Linienlast: 15 cm)



Abbildung 23: Versuchsaufbau - Prüfung der aufnehmbaren Linienlast (1)



Abbildung 24: Versuchsaufbau - Prüfung der aufnehmbaren Linienlast (2)

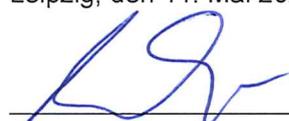
Die Belastung wurde hubweise bis zum Erreichen der Maximallast gesteigert. Die Versuchsergebnisse wurden in Tabelle 2 zusammengefasst. Daraus geht hervor, dass bei Laststellung 3 die geringsten aufnehmbaren Linienlasten resultierten. Die normativen Vorgaben aus [2] wurden erfüllt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Laststellung	Prüfkörper	Maximallast	Versagensart
1	PK 1	8,06 kN	Versagen des Fassadennietes
2	PK 2-1	3,31 kN	Versagen des Fassadennietes
2	PK 2-2	3,27 kN	Versagen des Fassadennietes
2	PK 2-3	3,09 kN	Versagen des Fassadennietes
	Mittelwert	2,87 kN	-
	Varianz	3,64 %	-

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

Leipzig, den 11. Mai 2022


Dipl.-Ing. (FH) I. Wojan
Arbeitsgruppenleiter




Dipl.-Ing.- (FH) V. Ahnert, M.Sc.
Projektingenieur

Anlage 1

Technische Zeichnung des Auftraggebers

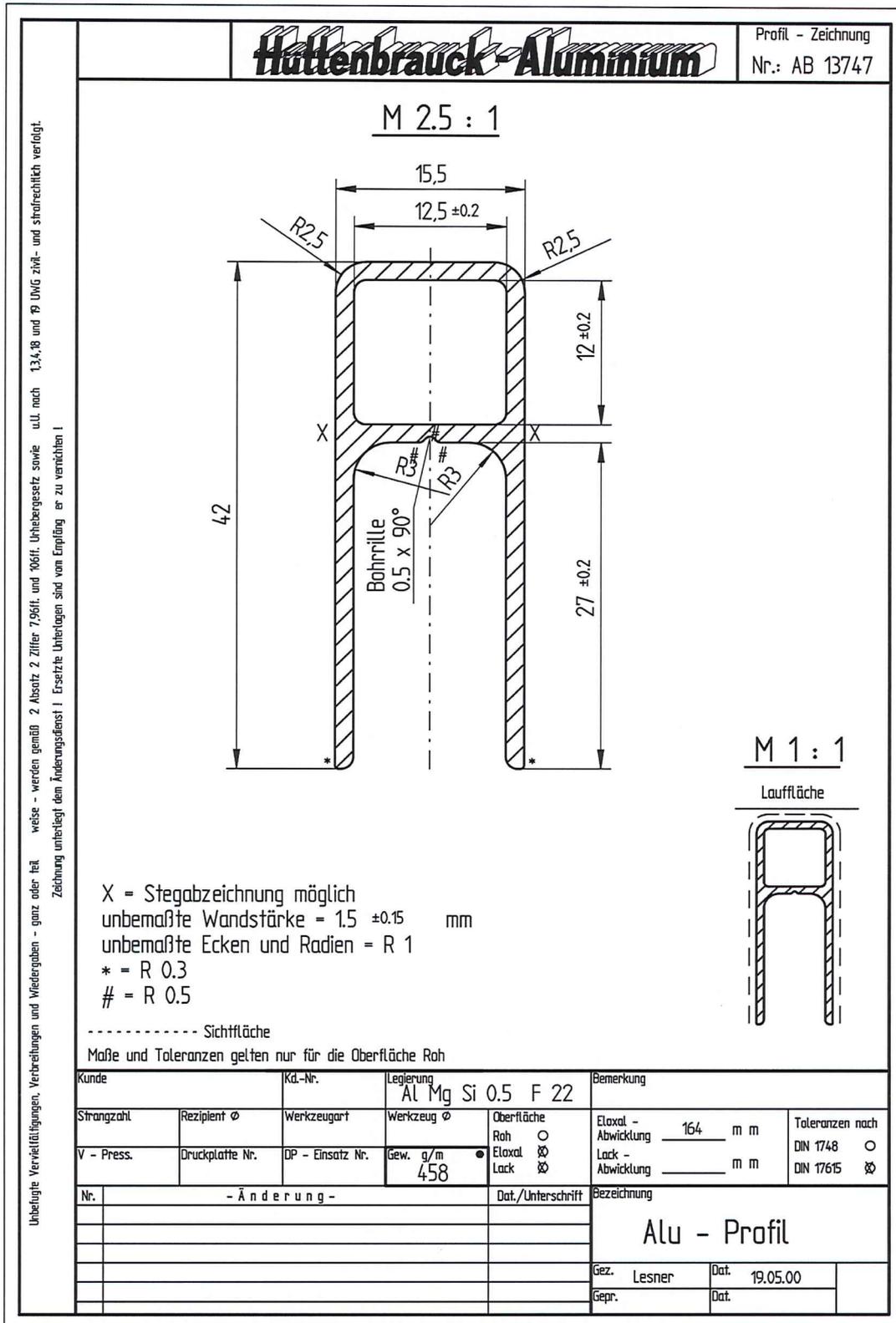
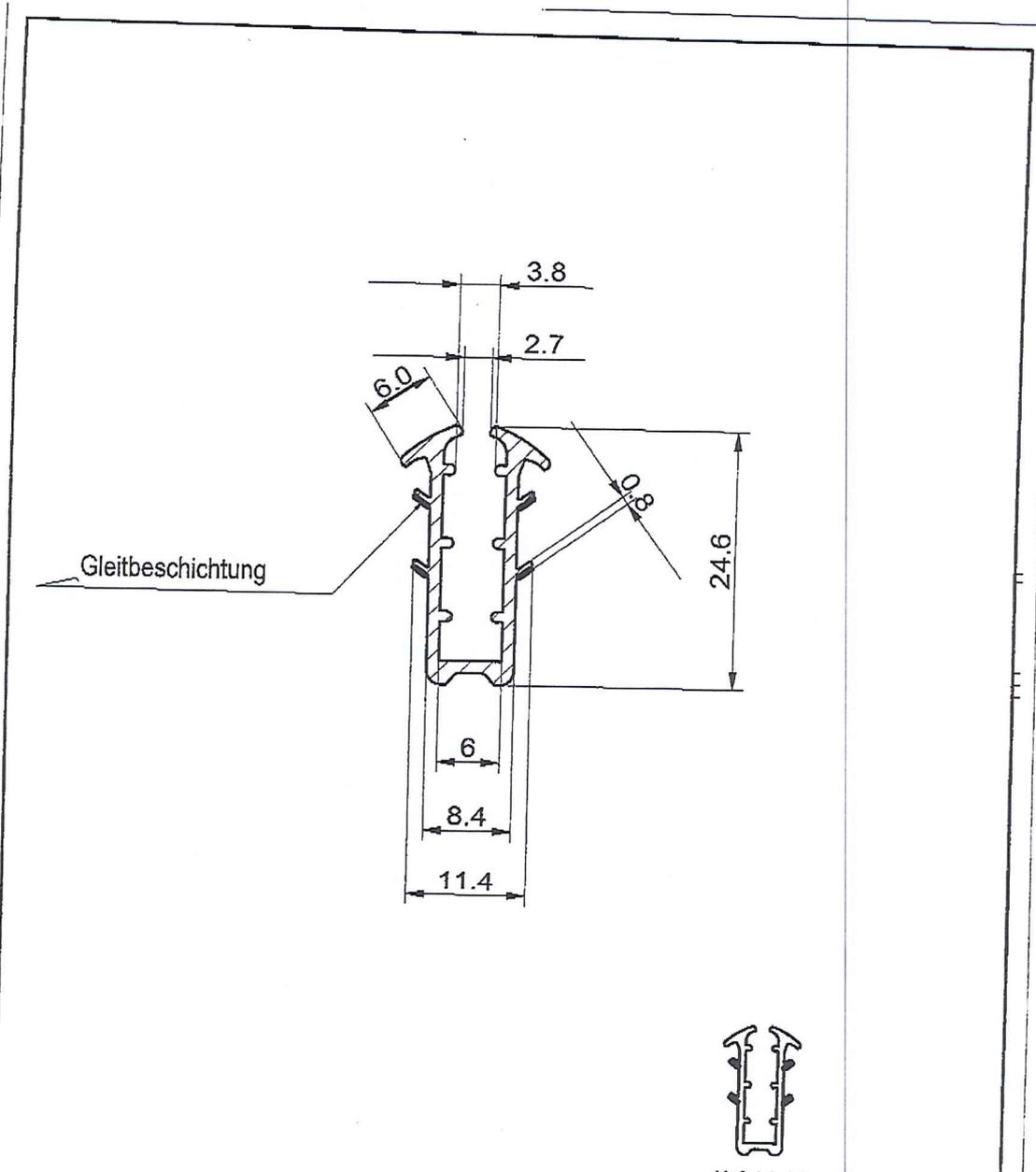


Abbildung A1-2: Technische Zeichnung des Auftraggebers - Glasleiste



Maßstab 1:1

Diese Zeichnung sowie alle Anlagen sind unser geistiges Eigentum. Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zum Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmusterertragung vorbehalten.				Maßabweichung soweit nicht anders vermerkt Toleranzen nach DIN 16941 2012 2 b		Maßstab 2:1 1:1	Fläche -mm ²
				Werkstoff EPDM-X+PP schwarz	Benennung 6 mm Verglasung		
8				Datum	Name		
7				Bearb.	01.08.13	rema	
6				Gepr.	-	-	
5							
4							
3		xx.xx.00					
2		xx.xx.00					
1		xx.xx.00					
Zust.	Änderung	Datum	Name				

CEFO-elastic-profil-GmbH
 Jaffestraße 4
 D-21109 Hamburg

Abbildung A1-3: Technische Zeichnung des Auftraggebers – EPDM-Profil