

**IFBT GmbH**

Hans-Weigel-Str. 2 b

D - 04319 Leipzig

Telefon: 0341-652278-0

Telefax: 0341-652278-9

e-mail: info@fassade-und-befestigung.de

## Gutachten

**Nr. 15-008a**

**vom 31.03.2015**

Gegenstand: Gutachterliche Stellungnahme zum Tragverhalten von modifizierten Styroporbalustraden als absturzsicherndes Bauelement. Die Untersuchung der Balustraden und deren Anbindung an die Primärkonstruktion erfolgt durch Pendelschlagversuch in Anlehnung an die ETB-Richtlinie.

Auftraggeber: Garten Heinemann  
Carl-Zeiss-Str. 3  
36088 Hünfeld

Ansprechpartner: Institut für Fassaden- und Befestigungstechnik  
Dipl. Ing.(FH) Michael Loff (Tel. 0341-6522786)



Dr.-Ing. Lothar Höher  
Geschäftsführer



Dipl.-Ing.(FH) Michael Loff.  
Projektleiter VHF.

Dieses Gutachten umfasst 7 Seiten und 1 Anlage mit 1 Seite.

Jedwede Verwendung, einschließlich der Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der IFBT GmbH

**Gutachterliche Stellungnahme zum Tragverhalten von modifizierten Styroporbalustraden als absturzsicherndes Bauelement. Die Untersuchung der Balustraden und deren Anbindung an die Primärkonstruktion erfolgt durch Pendelschlagversuch in Anlehnung an die ETB-Richtlinie.**

## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1. Literatur	2
2. Veranlassung	3
3. Grundlagen	3
4. Versuchsdurchführung	4
5. Zusammenfassung	8

Anlage 1      Prüfaufbau Pendelschlagversuch

## **1. Literatur**

[1] ETB-Richtlinie "Bauteile, die gegen Absturz sichern" " (Fassung 06.85),  
Mitteilungen IfBt 2/1987

[2] DIN EN 12600, Ausgabe:2003-04

Glas im Bauwesen - Pendelschlagversuch - Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas; Deutsche Fassung EN 12600:2002

[3] Montageanleitung Styralth-Balustrade, Hünfeld, Januar 2015

[4] Gutachten 15-008, IFBT GmbH, Leipzig, 26.03.2015

## **2. Veranlassung**

Die Firma Garten Heinemann, Carl-Zeiss-Str. 3, 36088 Hünfeld, beauftragte das Institut für Fassaden- und Befestigungstechnik mit der experimentellen Prüfung und gutachterlichen Bewertung zur Eignung der „**Styralith**“ **Balustraden** als ein gegen Absturz sicherndes Bauteil.

Das System besteht aus im Abstand von 800 mm auf der Verkehrsebene aufgedübelten Rohrpfosten mit aufgeschweißter Fußplatte die durch Hand- und Fußholme verbunden sind. Die Verbindungsholme setzen sich dabei aus U-förmigen Kantteilen aus dem Werkstoff DX51D+Z mit einer Materialdicke von 1mm und aufgesetzten Styralith-Formteilen zusammen. Obere Abgrenzung bildet ein weiteres Styralith-Formteil, welches auf den oberen Holm formschlüssig aufgesetzt ist und den eigentlichen Handlauf abbildet. Der Zwischenraum ist mit eingeklebten Einzelbalusterelementen im Systemabstand von 200 mm ausgefüllt, so dass eine Öffnung von maximal 120 mm zwischen den Balustern sichergestellt ist. Die Einzelbaluster bestehen im Wesentlichen aus den Styralith-Formteilen mit eingelassenem Winkelprofil 32x32x1mm, eingeschlossener Winkel 60°, aus Werkstoff DX51D+Z. (siehe Bild 11 im Anhang 1). Alternativ dazu ist eine Ausführung mit Betonstabstahl, Durchmesser 6mm und den Hohlraum ausfüllenden Beton vorgesehen. In Ausnahmefällen kann der Achsabstand der Pfosten auch 1000mm betragen. Der prinzipielle Systemaufbau ist in den Bildern 1-2 dargestellt, Systemdetails und Montageanleitung sind in [3] zusammengestellt.

## **3. Grundlagen**

Grundlage für durchgeführten Untersuchungen ist die ETB- Richtlinie [1]. In ihr sind die Untersuchungen zum Nachweis von Bauteile, die gegen Absturz sichern geregelt. Dabei werden die Bedingungen unter „harter“ und „weicher“ Stoßbelastung definiert.

### **Harter Stoß**

Er dient der Beurteilung des Verhaltens einer Bauteilart hinsichtlich örtlich begrenzter Zerstörung infolge harter Stoßbeanspruchung. Dazu soll das Bauteil in seiner gesamten Fläche einer Stoßenergie von  $E_{\text{Versuch}} = 10 \text{ Nm}$  widerstehen. Das entspricht dem Aufprall einer Masse von 1 kg aus einer Fallhöhe von 1,019 m (Aufprallgeschwindigkeit 4,47 m/s.)

Der Nachweis ist erfüllt, wenn bei 15 Versuchen (Einzelstoß) kein Versagen (Durchschlagen oder Bruch der Gesamtkonstruktion) eintritt.

Bei aufgelösten Geländerkonstruktionen wie im vorliegenden Fall ist die Prüfung nicht sinnvoll. Hier liegt der Schwerpunkt auf Einhaltung der Öffnungsgröße  $< 12 \text{ cm}$  zwischen den Balustern.

### **Weicher Stoß**

Der weiche Stoß ist so auszuführen, dass die ungünstigste Biegebeanspruchung erzeugt wird. Vereinfachend gilt der weiche Stoß als quasi-statischer Stoß mit der einwirkenden Energie von  $E_{Basis} = 100 \text{ Nm}$  entsprechend einer Stoßmasse von 50 kg und einer Aufprallgeschwindigkeit von 2 m/s.

Als rechnerische Widerstandsenergie  $E_R$  für das zu prüfende Bauteil ist gefordert:

$$E_R \geq a' \cdot E_{Basis}$$

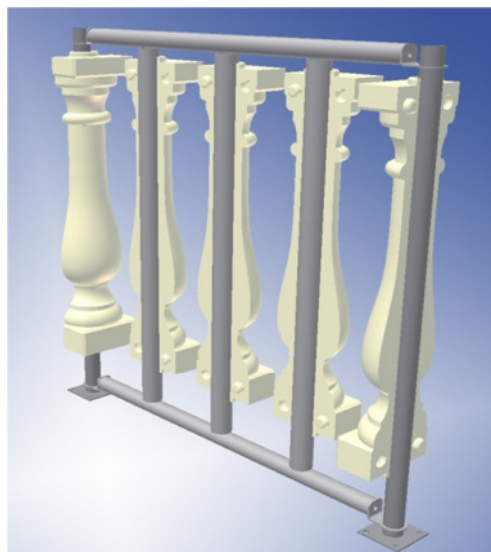
Die experimentell anzusetzende Energie beträgt.

$$E_{Versuch} \geq v \cdot a' \cdot E_{Basis}$$

Mit dem Stoßübertragungsfaktor „ $a'$ “ werden die elastischen Eigenschaft des Stoßkörpers wiedergegeben. (Tab.1 nach [1]). Faktor „ $v$ “ dient der Absicherung gegenüber Streuungen bei den Versuchen.

## **4. Versuchsdurchführung**

Die experimentellen Untersuchungen erfolgten an Styalith-Balustraden mit dem im Bild1 dargestellten prinzipiellen Systemaufbau. Dabei wurden unterschiedliche Ausführungsvarianten entsprechend der in Punkt 2 dargestellten Veranlassung untersucht. Neben der Differenzierung hinsichtlich innenliegendem Winkelement und ausgefüllten Balustern wurde ein erhöhter Pfostenabstand und eine verminderte Einbindung der Baluster in die Anschlussholme geprüft.



Bilder 1-2: Systemaufbau der Balustradenkonstruktion

Die Untersuchungen wurden am 06.01.2015 auf dem Prüffeld des Instituts für Fassaden- und Befestigungstechnik durchgeführt. Der experimentelle Nachweis unter „weicher“ Stoßeinwirkung wurde in Anlehnung an [1], [2] mit einem Zwillingsreifen bei einem Reifendruck 3,5 bar und einer Masse von 50 kg durchgeführt. Anlage 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Versuchseinrichtung (nach [2]). Aus Voruntersuchungen wurden die relevanten Auftreffstellen der Pendelmasse entsprechend Bild 2 festgelegt. Ihre Auswahl erfolgte so, dass sowohl die Balustradenmitte, ihre Auflagerbereiche und das Abschlussprofil (Horizontalprofil/Handlauf) ungünstigste Belastung erfahren. Die Konstruktion soll nach [1] in der experimentellen Prüfung einem minimalen Energieeintrag von  $E = 125 \text{ Nm}$  widerstehen. Dies entspricht einer Pendelfallhöhe  $h$  von 0,255 m. Durch die mit ansteigendem Energieeintrag durchgeführten weichen Stöße dürfen keine unzulässige Veränderung des geprüften Systems entstehen wie zum Beispiel:

- Ausfall (Zerstörung) von Einzelbalusterelementen oder der Gesamtkonstruktion
- Standsicherheitsgefährdende Rissbildungen und Verformungen
- Herabfallen von Balusterbruchstücken
- Lösen der Befestigung
- Entstehen von Öffnungen  $> 120 \text{ mm}$



Bild 3 Markierung der Auftreffstellen

Die Parameter der einzelnen Stoßversuche und das Verhalten der beanspruchten Baluster sind in Tabelle 1 erfasst. Dabei ist festzuhalten, dass der Handlaufholm in Höhe der Pfosten ausgesteift wurde.

Tabelle 1: Handholm der Balustrade an den Enden nicht ausgesteift (theoretisch unendlich)

Stoßversuch	Auftreffpunkt	Charakteristik	Fallhöhe	Stoßenergie $E_{\text{versuch}}$	Bemerkungen
			m	Nm	
1	1	Beton + Stahl	0,3	147	<b>Keine sichtbaren Schäden</b>
2	1	Beton + Stahl	0,5	245	Versagen durch Ausfall des beanspruchten Baluster
3	1	Blechwinkel	0,3	147	<b>Keine sichtbaren Schäden</b>
4	1	Blechwinkel	0,5	245	Anriss beanspruchter Baluster, kein Versagen
5	1	Blechwinkel	0,7	343	Rissschädigung an der Einbindung der Baluster
6	2	Beton + Stahl	0,3	147	<b>Keine sichtbaren Schäden</b>
7	2	Beton + Stahl	0,5	245	Keine sichtbaren Schäden
8	2	Blechwinkel	0,5	245	<b>Keine sichtbaren Schäden</b>
9	2	Blechwinkel	0,7	343	Rissschädigung am Handlauf und Baluster
10	1	Beton + Stahl, reduzierte Einbindung (ohne Wulst)	0,3	147	<b>Anriss beanspruchter Baluster, kein Versagen</b>

Die Pendelfallhöhe  $h$  wurde beginnend mit 0,3 m für beide Auftreffstellen und Ausführungsvarianten gewählt. Dies entspricht einem Energieeintrag von 147 Nm und liegt oberhalb der in [1] geforderten Nachweisgrenze. Danach wurde die Stoßbeanspruchung bis zur beginnenden Schädigung der Konstruktion (siehe Anhang 2 in [4]) separat weiter erhöht. Die Versuchsdurchführung wurde bei einem maximalen Energieeintrag von 343 Nm (Winkelausführung) und 245 Nm (Betonfüllung) abgebrochen. Das entspricht dem ca. **2 - 2,7 fachen** der nach [1] zugrunde gelegten Stoßenergie. Die Erhöhung des Achsabstandes bei der Montage der Pfosten hat auf die Nachweisführung unter Stoßbelastung keinen signifikanten Einfluss.

## 5. Zusammenfassung

Die Firma Garten Heinemann, Carl-Zeiss-Str. 3, 36088 Hünfeld, beauftragte das Institut für Fassaden- und Befestigungstechnik mit der experimentellen Prüfung und gutachterlichen Bewertung zur Eignung der „**Styralith**“ **Balustraden** als ein gegen Absturz sicherndes Bauteil.

Das System besteht aus im Abstand von 800 mm auf der Verkehrsebene aufgedübelten Hauptpfosten die durch Hand- und Fußholme verbunden sind. In Einzelfällen ist auch ein Pfostenabstand von 1000mm möglich. Der Zwischenraum ist mit Einzelbalusterelementen ausgefüllt, so dass eine lichte Öffnung von maximal 120 mm sichergestellt ist. Die Baluster können dabei mit einem innenliegenden metallischen Winkelelement oder einer armierten Betonverfüllung ausgeführt sein.

In der ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz sichern“ ist der Nachweis einer ausreichenden Widerstandsenergie durch Stoßversuche zu führen. Eine Abschätzung der Stoßenergieaufnahme der Balustrade ergibt sich nach [1] mit:

$$\begin{aligned} E_{\text{Basis}} &= 100 \text{ Nm} \\ \gamma &= 1,25 \text{ zur Absicherung gegenüber Streuungen} \\ a' &= 1,0 \text{ für } 50 \text{ kg} \\ E_{\text{versuch}} &= 122,625 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Die experimentell ermittelte im Versuch aufnehmbare Energie wie folgt zu führen:

$$E_{\text{versuch}} \geq \gamma \times a' \times E_{\text{Basis}} \quad 343 \text{ Nm} > 125 \text{ Nm} = 1,25 \times 1 \times 100 \text{ Nm}$$

Mit den durchgeführten Versuchen konnte eine vorschriftenkonforme Funktionsfähigkeit unter Stoßbeanspruchung gemäß ETB-Richtlinie [1] nachgewiesen werden. Die gilt für die mit innenliegender Armierung und Beton ausgefüllten Elemente ebenso wie die mittels Winkelelemente (siehe Bild 11) eingebundener Baluster. Auch ein über die Anforderungen in [1] hinaus auf 343 Nm (Winkelelemente) gesteigerter Energieeintrag führte nicht zur Einschränkung der absturzsichernden Funktion der Konstruktion.

Die Anforderungen an absturzsichernde Bauteile in Anlehnung an [1] wurden erfüllt.

Leipzig, den 30.03.2015



Dipl.-Ing.(FH) Michael Loff.  
Projektleiter VHF

## Systemdarstellung Styralith-Balustraden und Einbindung in Holm

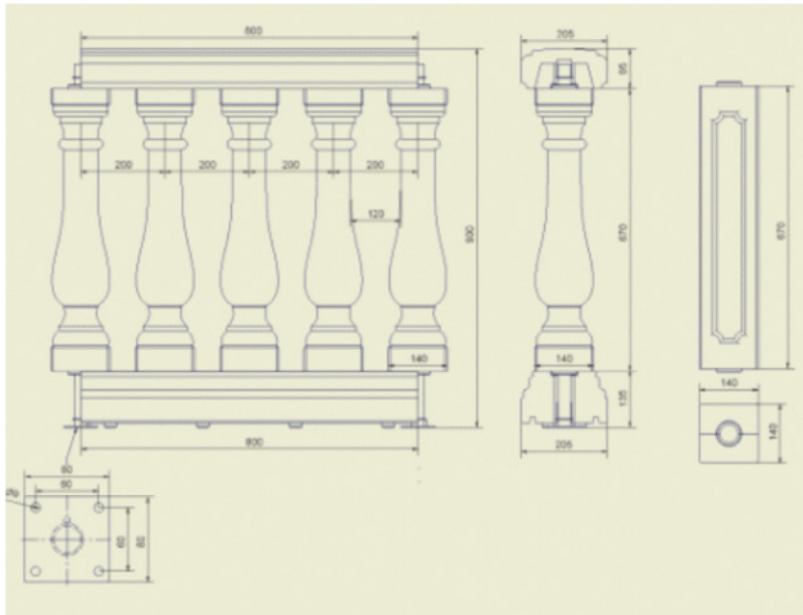
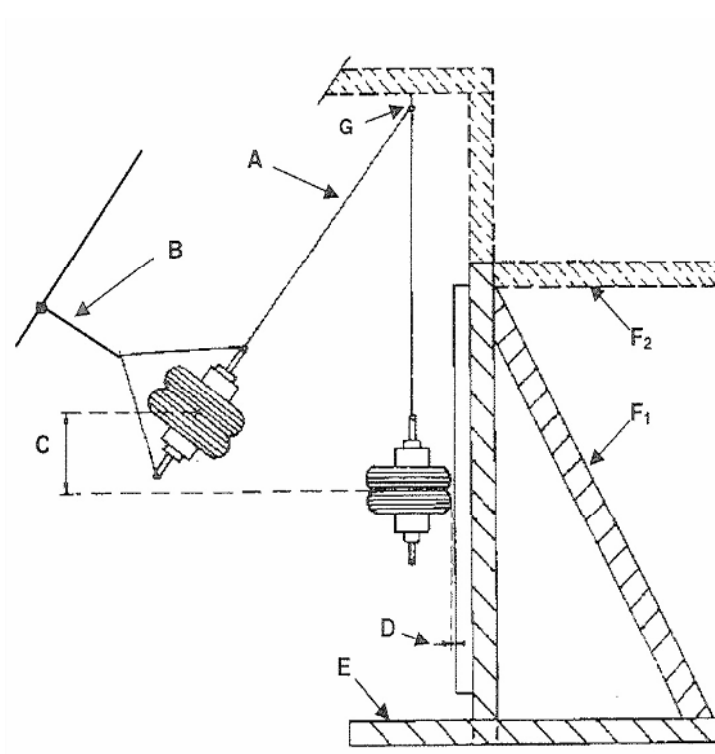


Bild 11: Einbindung < in Holm

## Prüfaufbau Pendelschlagversuch in Anlehnung an DIN 12600



### Legende

- A Aufhängeseil
- B Zugseil
- C Fallhöhe
- D Abstand Stoßkörper/Prüfkörper
- E Bodenträger
- F<sub>1</sub> Aussteifungsprofil
- F<sub>2</sub> Wandhalter (optional)
- G Halter

Fallhöhe C = 255 mm entspricht dem Energieeintrag nach ETB Richtlinie von E = 125 Nm.