

# 6

20. Jahrgang  
Dezember 2016, S. 392-397  
ISSN 1432-3427  
A 43283

Sonderdruck

# Mauerwerk

Zeitschrift für Technik und Architektur



## Fixing of windows with fall protection Befestigung von absturzsichernden Fensterelementen

Jürgen Küenzlen  
Eckehard Scheller  
Hermann Hamm

# Fixing of windows with fall protection

## Befestigung von absturzsichernden Fensterelementen

*Glass areas in modern building are becoming ever larger and in refurbishment, window openings are sometimes enlarged. Window elements with fall protection are often used, which undertake the additional function of fall protection, for example of a handrail. Furthermore, opening casements over the entire window height are often installed and "French balconies" of metal are replaced, for example, by appropriate glass panel fillings screwed directly to the window frames. This means that the fixing of the window frame is as important as that of glazing with fall protection. The article describes the current status of this subject and explains fixing into the structure.*

**Keywords:** window; plastic wall plug; ETB guideline; TRAV; masonry; handrail

### 1 Introduction

Building has fundamentally changed in many areas in recent years. One very visible change is the ever larger glass areas in modern buildings, or the enlargement of window openings when existing buildings are refurbished (Fig. 1). Window elements with fall protection are often used, which also provide the function of an edge protection such as a handrail.

Furthermore, French balconies or balconettes of metal are often omitted when opening casements are installed over the entire window height. These traditional hand-made external handrails are increasingly being replaced by glass panes screwed directly to the window frame with special fixing constructions (Fig. 2). This means that the fixing of the window frame has the same significance as the already mentioned fall-protection glazing, which "only" consists of frame and pane without any additional handrail. The following discussions therefore also apply to the fixing into the building structure of the windows shown in Fig. 2 with additional "window handrail".

Unfortunately, it is all too often forgotten in everyday building or in the design office that such a form of glazing, or the use of a "window handrail", is then no longer a simple window opening under building regulations but a constructional protection against falling, and that this has to be correspondingly planned and designed in advance. The following section will summarise the current state of the technology in this area, describing in detail the fixing to

Im modernen Neubau sind immer größer werdende Glasflächen und bei der Sanierung im Bestand die Vergrößerung von Fensteröffnungen zu konstatieren. Oft werden dabei auch sogenannte absturzsichernde Fensterelemente eingesetzt, die zusätzlich die Funktion einer Absturzsicherung wie z. B. eines Geländers übernehmen. Des Weiteren werden immer öfter öffentbare Flügel auf der gesamten Fensterhöhe verbaut und die „französischen Balkongeländer“ aus Metall z. B. durch entsprechende Glasausfachungen ersetzt, die direkt auf den Fensterrahmen geschraubt werden. Damit kommt der Befestigung des Fensterrahmens die gleiche Bedeutung zu wie bei den absturzsichernden Verglasungen. Der Beitrag zeigt den aktuellen Stand zur Thematik und geht auf die Befestigung mit dem Bauwerk ein.

**Stichworte:** Fenster; Kunststoffdübel; ETB-Richtlinie; TRAV; Mauerwerk; Geländer

### 1 Einführung

In den letzten Jahren hat sich das Bauen in vielen Bereichen grundlegend verändert. Eine weithin sichtbare Veränderung sind immer größer werdende Glasflächen im modernen Neubau oder die Vergrößerung von Fensteröffnungen bei der Sanierung im Bestand (Bild 1). Dabei werden oft auch sogenannte absturzsichernde Fensterelemente eingesetzt, die zusätzlich die Funktion einer absturzsichernden Umwehrgung, wie z. B. ein Geländer, übernehmen.

Des Weiteren wird immer öfter auf „französische Balkongeländer“ aus Metall verzichtet, wenn öffentbare Flügel auf der gesamten Fensterhöhe verbaut werden. Diese Geländer nach handwerklicher Tradition werden immer öfter durch Glasscheiben, die mit speziellen Haltekonstruktionen direkt auf den Fensterrahmen geschraubt werden, ersetzt (Bild 2). Damit kommt der Befestigung des Fensterrahmens die gleiche Bedeutung zu wie bei den bereits genannten absturzsichernden Verglasungen, die „nur“ aus Rahmen und Scheibe ohne zusätzliches Geländer bestehen. Daher gelten die nachfolgenden Ausführungen auch für die Verankerung am Bauwerk der in Bild 2 gezeigten Fenster mit zusätzlichem „Fenstergeländer“.

Man vergisst im praktischen Baualltag bzw. bei der Planung leider allzu oft, dass es sich bei einer derartigen Verglasung bzw. dem Einsatz eines „Fenstergeländers“ baurechtlich dann nicht mehr nur um ein einfaches Lochfenster, sondern um eine bauliche Sicherung gegen einen



Fig. 1. Element newly installed during refurbishment with fall-protection glazing (window in top floor left) with enlargement of the window areas  
 Bild 1. Bei der Sanierung nachträglich eingebautes Element mit absturzsichernder Verglasung (Fenster in Dachgeschoss links) und Vergrößerung der Fensterflächen (Foto: Würth)

the building of the fall protection (fall-protection glazing or window with “window handrail”).

## 2 TRAV has now become DIN 18008, Part 4 – Additional requirements for barrier glazing 2.1 General

Until the complete introduction under building regulations of DIN 18008-4:2013-07 [2] in 2015, “Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen” (TRAV) (technical rules for the use of fall-protection glazing) in the version from January 2003 [13] were valid under building regulations in Germany. DIN 18008-4 shows that the provisions of the TRAV have been almost completely incorporated into the standard. In contrast to the TRAV, this standard has included further provisions, for example that horizontal glazing with panes inclined to the action side or glazing of Category A supported at points can also be used. Details of this new standard, its content and application conditions can be found for example in [22].

In general, an edge protection (as fall protection) is necessary according to the German sample building regulations Musterbauordnung (MBO, §38) if there is a determined height difference between two circulation areas. Circulation areas are defined as areas, in which persons can circulate (both in public and private areas). The height difference between these circulation areas, above which an edge protection has to be provided, is defined as > 1 m in all German states except Bavaria; the Bavarian building regulations (BayBO, Artikel 36) state: “areas, which are generally intended as accessible and immediately adjacent to areas more than 0.5 m lower” require edge protection, that is have to be provided with fall protection.

Glazing panel filling of window elements is considered as fall-protection glazing when the relevant glazing is installed lower than the edge protection height given in the applicable building regulations.



Fig. 2. “Window handrail” for protection against falling, mounted on a window frame  
 Bild 2. „Fenstergeländer“ zur Sicherung gegen einen Absturz, montiert auf einem Fensterrahmen (Foto: Würth)

Absturz handelt und diese entsprechend im Vorfeld geplant und bemessen werden muss. Im Folgenden soll deshalb der aktuelle Stand zu dieser Thematik zusammengestellt werden – d. h. auf die Verbindung der Absturzsicherung (absturzsichernde Verglasung bzw. Fenster mit „Fenstergeländer“) mit dem Bauwerk eingegangen werden.

## 2 Aus TRAV wurde DIN 18008, Teil 4 – Regelungen für absturzsichernde Verglasungen 2.1 Allgemeines

Bis zur vollständigen bauaufsichtlichen Einführung von DIN 18008-4:2013-07 [2] im Jahr 2015 galten die bauaufsichtlich eingeführten „Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen“ (TRAV) in der Fassung vom Januar 2003 [13]. DIN 18008-4 zeigt, dass die Regelungen aus den TRAV nahezu vollständig in der Norm übernommen wurden. Gegenüber den TRAV wurden in diesem Normteil weitergehende Regelungen aufgenommen, so zum Beispiel, dass auch Horizontalverglasungen mit Scheibenneigung zur Angriffsseite hin oder punktförmig gelagerte Verglasungen der Kategorie A verwendet werden können. Detaillierte Ausführungen zu dieser neuen Norm, den Inhalten und Anwendungsbedingungen können z. B. [22] entnommen werden.

Allgemein ist nach der Musterbauordnung (MBO, §38) eine Umweh rung (als Absturzsicherung) erforderlich, wenn ein festgelegter Höhenunterschied zwischen Verkehrsflächen besteht. Verkehrsflächen sind solche Flächen, auf denen sich Personen (sowohl in öffentlichen als auch in privaten Bereichen) aufhalten können. Der Höhenunterschied zwischen diesen Verkehrsflächen, ab dem Umweh rungen vorzusehen sind, ist, mit Ausnahme von Bayern, in allen Bundesländern mit > 1 m definiert; in der Bayerischen Bauordnung (BayBO, Artikel 36) sind „Flächen, die im Allgemeinen zum Begehen bestimmt sind und unmittelbar an mehr als 0,50 m tiefer liegende Flächen angrenzen“ zu umwehren, d. h. mit einer Absturzsicherung zu versehen.

Glasausfachungen von Fensterelementen sind als absturzsichernde Verglasungen zu behandeln, wenn die betreffende Verglasung unterhalb der nach Landesbauord-

## 2.2 Categories according to DIN 18008-4

DIN 18008-4 [2] categorises, as was already the case in the TRAV, fall-protection glazing into the Categories A, B, C1, C2 and C3:

- Category A: Glazing without load-bearing rail (see Fig. 2)
- Category B: Parapet glazing fixed on the floor with handrail
- Category C1: Glazing panel filling of handrail constructions with load-bearing rail
- Category C2: Glazing below a load-bearing cross rail arranged at the required height (e.g. parapet glazing of a floor-depth, fall-protection window construction, see Fig. 1)
- Category C3: Glazing as Category A but with an applied load-bearing rail at the required height.

Glazing, which is installed above a rail or cross-rail (transom), is not categorised as fall-protection with the exception of Category C3. In fall-protection window constructions, Categories A and C2 are normally used (see Figs. 1 and 2).

For fall-protection window elements with floor-depth doors, edge protections are to be provided outside immediately in front of the door to fulfil the edge protection function when the door is opened. Such handrails are also colloquially described as “French balconies”. The handrail panel filling of such “French balconies” can consist, for example, of balusters, sheet metal with holes or glazing panels (Categories A and C1).

### 2.3 Required rail height

The required rail height is given in the German state building regulations (LBO) as the minimum height above the relevant circulation area. In fall-protection window constructions, the required height of the load-bearing rail or cross-rail is 0.9 m up to a fall height of 12 m. With larger fall heights, 1.1 m is to be maintained.

In addition to the building regulations, workplaces in Germany also have to comply with the technical rules for workplaces ASR A2.1 [20]. This lays down the rail height at 1.0 m up to a fall height of 12 m.

### 2.4 Verification of the load-bearing capacity of fall-protection glazing

DIN 18008-4 requires, just as formerly the TRAV, that fall-protection glazing can always fulfil two verifications of load-bearing capacity:

- Verification of the load-bearing capacity for static actions such as wind, climate, horizontal imposed load (or briefly “rail load”, Fig. 3)
- Verification of the load-bearing capacity for impact actions from colliding persons.

Glazing of the Categories C1, C2 und C3, which is used indoors, only requires the verification for impact actions.

For the “verification of the load-bearing capacity for impact actions from colliding persons”, there are two alternatives according to DIN 18008-4:

– nung vorgegebenen Umwehrungshöhe (Holmhöhe) zum Einbau kommt.

### 2.2 Kategorien nach DIN 18008-4

DIN 18008-4 [2] unterteilt, wie bisher nach den TRAV, absturzsichernde Verglasungen in die Kategorien A, B, C1, C2 und C3:

- Kategorie A: Verglasungen ohne lastabtragenden Holm (vgl. Bild 2)
- Kategorie B: bodenseitig eingespannte Brüstungsverglasungen mit Handlauf
- Kategorie C1: Glasaufdachungen von Geländerkonstruktionen mit lastabtragendem Holm
- Kategorie C2: Verglasungen unterhalb eines in erforderlicher Höhe angeordneten lastabtragenden Querriegels (z. B. Brüstungsverglasung einer bodentiefen, absturzsichernden Fensterkonstruktion, vgl. Bild 1)
- Kategorie C3: Verglasung, wie Kategorie A, jedoch mit einem in erforderlicher Höhe vorgesetzten lastabtragenden Holm.

Verglasungen, die oberhalb eines in erforderlicher Höhe angeordneten Holms bzw. Querriegels (Kämpfer) zum Einbau kommen, sind mit Ausnahme der Kategorie C3 nicht als absturzsichernd einzustufen. In absturzsichernden Fensterkonstruktionen kommen i. d. R. die Kategorien A und C2 zur Verwendung (s. Bilder 1 und 2).

Bei absturzsichernden Fensterelementen mit bodentiefen Türen sind Umwehrungen von außen, unmittelbar vor der Tür anzuordnen, die auch bei geöffneter Tür die Umwehrungsfunktion erfüllen. Solche Brüstungsgeländer werden umgangssprachlich auch als „französische Balkone“ bezeichnet. Die Geländerausfachungen solcher „französischer Balkone“ können z. B. aus Stabgeländer, Lochblechfüllungen oder Glasaufdachungen (Kategorie A und C1) erstellt werden.

### 2.3 Erforderliche Holmhöhe

Die erforderliche Holmhöhe wird in den Landesbauordnungen (LBO) als Mindesthöhe über der jeweiligen Verkehrsfläche angegeben. Bei absturzsichernden Fensterkonstruktionen beträgt die erforderliche Höhe des lastabtragenden Holms bzw. Querriegels 0,9 m bis zu Absturzhöhen von 12 m. Bei größeren Absturzhöhen sind 1,1 m einzuhalten.

Neben den bauordnungsrechtlichen Vorschriften sind, sofern es sich um Arbeitsstätten handelt, auch die Technischen Regeln Arbeitsstätten ASR A2.1 [20] zu beachten. Hier ist die Holmhöhe bis zur Absturzhöhe von 12 m mit 1,0 m festgelegt.

### 2.4 Nachweis der Tragfähigkeit von absturzsichernden Verglasungen

DIN 18008-4 fordert, genauso wie davor die TRAV, dass für absturzsichernde Verglasungen immer zwei Nachweise zur Tragsicherheit zu führen sind:

- Nachweis der Tragsicherheit für statische Einwirkungen wie z. B. Wind, Klima, horizontale Nutzlast (oder kurz „Holmlast“, Bild 3)

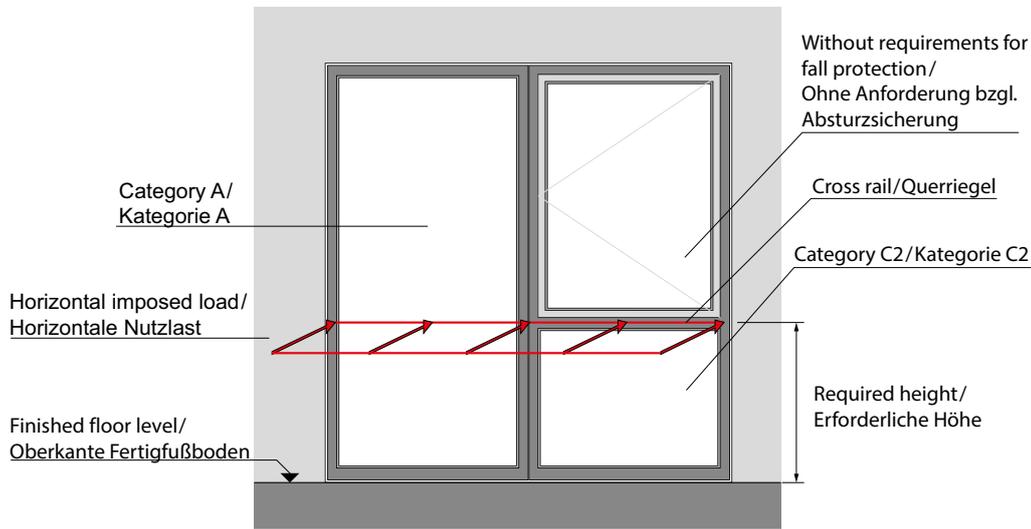


Fig. 3. Action due to horizontal load at rail height  
Bild 3. Einwirkung durch Horizontallast in Holmhöhe

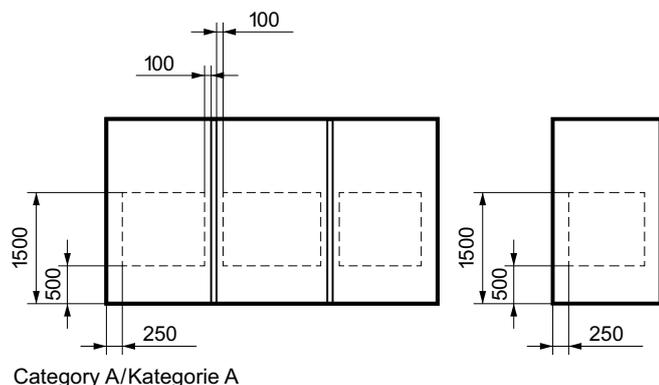
Table 1. Pendulum fall heights for the glazing categories according to DIN 18008-4:2013-07 [2] and TRAV [13]  
Tabelle 1. Pendelfallhöhen für die Verglasungskategorien nach DIN 18008-4:2013-07 [2] und TRAV [13]

Category / Kategorie	A	B	C
Pendulum fall height / Pendelfallhöhe h [mm]	900	700	450

- Experimental verification of the impact resistance of glazing by testing the building element (Annex A of the standard, see Table 1 and Fig. 4)
- Maintenance of constructional conditions (Annex B of the standard)
- Verification of the impact safety of glass construction by calculation (Annex C)

### 2.5 Verification of the load-bearing capacity of the immediate glass fixings

The immediate glass fixings, such as clamping strips, glazing rebates, screwed fixings, brackets etc., are also to be verified for load-bearing capacity under impact actions.



Category A/Kategorie A

- Nachweis der Tragfähigkeit für stoßartige Einwirkungen aus Personenanprall

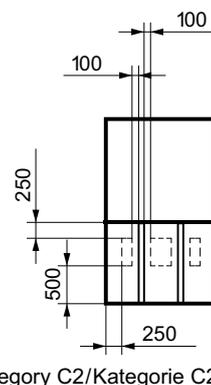
Verglasungen der Kategorie C1, C2 und C3, die im Innenbereich verwendet werden, erfordern nur den Nachweis der Tragfähigkeit für stoßartige Einwirkungen.

Für den „Nachweis der Tragfähigkeit für stoßartige Einwirkungen aus Personenanprall“ gibt es nach DIN 18008-4 verschiedene Alternativen:

- Nachweis der Stoßsicherheit von Verglasungen mittels Bauteilversuch (Anhang A der Norm, vgl. Tabelle 1 und Bild 4)
- Einhaltung konstruktiver Bedingungen (Anhang B der Norm)
- Nachweis der Stoßsicherheit von Glasaufbauten durch Berechnung (Anhang C)

### 2.5 Nachweis der Tragfähigkeit für die unmittelbaren Glasbefestigungen

Auch für die unmittelbaren Glasbefestigungen, wie Klemmleisten, Glasfalzanschlag, Verschraubungen, Halter usw., sind immer die Nachweise zur Tragfähigkeit unter stati-



Category C2/Kategorie C2

Fig. 4. Impact areas for impact-type actions (excerpt) according to DIN 18008-4 (or TRAV)  
Bild 4. Auftreffflächen für stoßartige Einwirkungen (auszugsweise) nach DIN 18008-4 (bzw. TRAV)

The verifications under impact loading are performed according to the applicable technical regulations, for example for metal construction according to DIN EN 1993 [10] or DIN EN 1999 [11].

Verifications under impact loading are performed according to DIN 18008-4, Annex D, "Verification of the impact resistance of support constructions". These verifications can be performed by calculation under the applicable technical regulations or if this is not possible, experimentally.

In addition to the verifications of load-bearing capacity described here under static and impact actions, fall-protection glazing also has to be verified for the serviceability state, i.e. maintenance of the permissible deflection.

## 2.6 "Verification chain" for fall-protection window elements

In the design and construction of fall-protection window elements, all parts of the construction have to be considered in the verifications. The term "verification chain" is used for this.

"Verification chain" denotes the verifications of the load-bearing capacity under static and impact actions of the fall-protection glazing (1st link of the chain), of the immediate fixing (2nd link of the chain), the parapet rail (3rd link), the connection of the parapet rail to the window frame (4th link), the window frame (5th link) and the fixing or anchoring of the window frame into the building structure, e.g. masonry (6th link).

Supplementary provisions for the verification of glazing and the immediate glass fixing (links 1 and 2) can be found in DIN 18008-4, as explained in Sections 2.4 and 2.5. The ETB guideline "Building elements, which protect against falling" [12] includes requirements for the further links of the verification chain (see Sections 3 and 5.1).

The load-bearing capacity of a "chain" is generally determined by that of its weakest link. This can be applied directly to fall-protection window constructions. Only the complete verification of all links of the chain can demonstrate adequate load-bearing capacity of a fall-protection window element as a whole.

## 3 ETB guideline – Building elements, which protect against falling

### 3.1 General

The ETB guideline was published in 1985 [12] and is still today, i.e. more than 30 years after its introduction, an introduced technical regulation and thus still valid without revision. In the sample list of technical construction regulations (MLTB, issue June 2015), Part 1, Appendix 1.3/1 [15] or in the list of technical regulations introduced in the German states, there are "current" notes, which have to be observed in the application of this technical regulation. These notes are referred to at the appropriate locations in the following.

The ETB guideline applies to non-load-bearing building elements, which apart from their self-weight are only subjected to loads acting on their surface, which they transfer to other building elements. These building elements also have the task of securing a room or room section that they surround so that persons and objects, which

schen Einwirkungen und unter stoßartigen Einwirkungen zu führen.

Nachweise unter statischen Einwirkungen erfolgen nach den einschlägigen Technischen Baubestimmungen, bei Metallbaukonstruktionen z. B. nach DIN EN 1993 [10] bzw. DIN EN 1999 [11].

Nachweise unter stoßartigen Einwirkungen sind nach DIN 18008-4, Anhang D, „Nachweis der Stoßsicherheit von Lagerungskonstruktionen“ zu führen. Diese Nachweise können rechnerisch unter Berücksichtigung der Technischen Baubestimmungen erfolgen, oder wenn dies nicht möglich ist, versuchstechnisch geführt werden.

Zusätzlich zu den hier beschriebenen Nachweisen zur Tragfähigkeit unter statischen und stoßartigen Einwirkungen sind für absturzsichernde Verglasungen außerdem die Nachweise zur Gebrauchstauglichkeit, d. h. die Einhaltung der zulässigen Durchbiegung, zu führen.

## 2.6 „Nachweiskette“ von absturzsichernden Fensterelementen

Bei der Planung und Ausführung von absturzsichernden Fensterelementen sind alle Bestandteile der Konstruktion nachweistechnisch zu berücksichtigen. Es wird hierfür der Begriff „Nachweiskette“ verwendet.

„Nachweiskette“ bezeichnet die Nachweise zur Tragfähigkeit unter statischen und stoßartigen Einwirkungen von der absturzsichernden Verglasung (1. Glied der Kette) über die unmittelbare Glasbefestigung (2. Glied der Kette), den Brüstungsriegel (3. Glied), die Verbindung Brüstungsriegel an Fensterrahmen (4. Glied), den Fensterrahmen (5. Glied) und die Befestigung bzw. Verankerung des Fensterrahmens am Baukörper, z. B. Mauerwerk (6. Glied).

Ergänzende Vorgaben für die Nachweise der Verglasung und der unmittelbaren Glasbefestigung (Glieder 1 und 2) sind, wie in Abschnitt 2.4 und 2.5 erläutert, DIN 18008-4 zu entnehmen. Die ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz sichern“ [12] enthält die Vorgaben für die weiteren Glieder der Nachweiskette (s. Abschnitte 3 und 5.1).

Die Tragfähigkeit einer „Kette“ wird im Allgemeinen vom schwächsten Kettenglied bestimmt. Dies lässt sich unmittelbar auch auf absturzsichernde Fensterkonstruktionen übertragen. Erst die vollständige Nachweisführung aller Glieder der Nachweiskette belegt die hinreichende Tragfähigkeit eines absturzsichernden Fensterelementes als Ganzes.

## 3 ETB-Richtlinie – Bauteile, die gegen Absturz sichern

### 3.1 Allgemeines

Die im Jahre 1985 veröffentlichte ETB-Richtlinie [12] ist bis heute, d. h. über 30 Jahre nach ihrer Veröffentlichung, eine eingeführte Technische Baubestimmung und damit noch immer unverändert gültig. In der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (MLTB, Fassung Juni 2015), Teil 1, Anlage 1.3/1 [15] bzw. in den Listen der eingeführten Technischen Baubestimmungen der Bundesländer finden sich dafür „aktuelle“ Hinweise, die bei der Anwendung dieser technischen Regel zu beachten sind. Auf diese beiden Hinweise wird im Folgenden an entsprechender Stelle eingegangen.

act on these building elements, are not endangered (e.g. safety function against falling).

The guideline is to be applied for building elements, which secure a height difference between circulation areas of more than 1 m. For building elements, which can be assessed as adequately safe from experience, no verification of impact loading has to be performed according to the guideline.

The ETB guideline differentiates two installation areas for room-forming building elements, parapets, edge protections and similar:

- Installation area 1: houses, hotels or office rooms etc. with small gatherings of persons,
- Installation area 2: larger gathering rooms, school rooms etc. with large gatherings of persons.

The guideline also differentiates the loading of building elements, which protect against falling, between on the one hand “horizontal, static loads”, and on the other hand “impact loading” (see Sections 3.1 and 3.2 in [12]).

### 3.2 Horizontal, static loads

For installation area 1, a horizontal load (linear load) of 0.5 kN/m is to be assumed, and for installation area 2 a load of 1.0 kN/m at a height of 90 cm above the floor. For handrails, the load is to be applied at rail height, even if the rail height deviates from 90 cm.

Wind loads are to be superimposed on these loads.

According to MLTB Part 1, Appendix 1.3/1 [15], the following two points are to be observed in the application of the ETB guideline [12]:

- If larger horizontal linear loads are given according to DIN EN 1991-1-1 in combination with DIN EN 1991-1-1/NA, these have to be taken into account. This point is discussed in more detail in Section 5.2.1 of this article.
- The sentence “wind loads are to be superimposed on these loads” is to be replaced by “Wind loads are to be superimposed on these loads, except for parapets of balconies and gallery accesses, which do not serve as escape routes”

Regarding the superimposition of horizontal load and wind load, reference is also made to the statements of [21] and Section 5.2.2 of this article.

### 3.3 Impact loading

For the differentiation of persons and objects, which act on fall-protection building elements, the ETB guideline differentiates between the “soft impact” and the “hard impact”:

- The soft impact corresponds to an acting impact body mass of 50 kg and an impact velocity of 2.0 m/s. This impact is intended for the verification at the impact location, which causes the least favourable bending in the building element. Superimposition with other loading cases is not necessary ([12], Section 3.2.2).
- The hard impact corresponds to an acting impact body mass of 1 kg and an impact velocity of 4.47 m/s. This impact is intended to verify the impact of a small compact mass at higher velocity in order to be able to assess

Die ETB-Richtlinie gilt für nichttragende Bauteile, die außer ihrer Eigenlast nur auf ihre Fläche wirkende Lasten aufnehmen und auf andere Bauteile übertragen. Diese Bauteile haben darüber hinaus die Aufgabe, einen von ihnen umschlossenen Raum oder Raumabschnitt so zu sichern, dass Personen und Gegenstände, die auf diese Bauteile einwirken, nicht gefährdet werden (Sicherungsfunktion gegen Absturz).

Die Richtlinie ist bei Bauteilen anzuwenden, die einen Höhenunterschied zwischen Verkehrsflächen von mehr als 1 m sichern. Für Bauteile, die aus Erfahrung als ausreichend sicher beurteilt werden können, braucht ein Nachweis der Stoßbelastung gemäß der Richtlinie nicht geführt zu werden.

Dabei unterscheidet die ETB-Richtlinie zwei Einbaubereiche für raumabschließende Bauteile, Brüstungen, Umwehrungen und dergleichen:

- Einbaubereich 1: Wohnungen, Hotel- oder Büroräume usw. mit geringer Menschenansammlung,
- Einbaubereich 2: größere Versammlungsräume, Schulräume usw. mit großen Menschenansammlungen.

Weiterhin unterscheidet die Richtlinie bei der Belastung der Bauteile, die gegen Absturz sichern, zum einen in „horizontale, statische Lasten“ und zum anderen in „stoßartige Belastungen“ (vgl. in [12] die Abschnitte 3.1 und 3.2).

### 3.2 Horizontale, statische Lasten

Für den Einbaubereich 1 ist als horizontale Last (Linienlast) 0,5 kN/m und für den Einbaubereich 2 von 1,0 kN/m in einer Höhe von 90 cm über dem Fußboden anzusetzen. Bei Geländern ist die Last auf Holmhöhe anzusetzen, auch wenn die Holmhöhe von 90 cm abweicht.

Die Windlasten sind mit diesen Lasten zu überlagern.

Gemäß MLTB Teil 1, Anlage 1.3/1 [15] sind bei der Anwendung der ETB-Richtlinie [12] die beiden folgenden Punkte zu beachten:

- „Sofern sich nach DIN EN 1991-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1991-1-1/NA größere horizontale Linienlasten ergeben, müssen diese berücksichtigt werden.“
- Auf diesen Punkt wird in Abschnitt 5.2.1 dieses Artikels eingegangen.
- „Anstelle des Satzes „Windlasten sind diesen Lasten zu überlagern“ gilt: „Windlasten sind diesen Lasten zu überlagern, ausgenommen für Brüstungen von Balkonen und Laubengängen, die nicht als Fluchtwege dienen“

Bezüglich der Überlagerung der horizontalen Last mit Windlasten wird ergänzend auf die Ausführungen in [21] sowie Abschnitt 5.2.2 dieses Artikels hingewiesen.

### 3.3 Stoßartige Belastung

Für die Differenzierung der Personen und Gegenstände, die auf absturzsichernde Bauteile einwirken, unterscheidet die ETB-Richtlinie den „weichen Stoß“ und den „harten Stoß“:

- Der weiche Stoß entspricht einer wirkenden Stoßkörpermasse von 50 kg und einer Aufprallgeschwindigkeit von 2,0 m/s. Dieser Stoß wird dabei für den Nachweis

the behaviour of the building element with localised destruction ([12], Section 3.2.3).

Building elements in installation areas 1 and 2 must not be completely or locally destroyed or penetrated by soft or hard impacts. After each impact, the following conditions have to be maintained:

- The stability of the building element must be maintained.
- The building element must not be torn out of its fixing.
- Broken pieces, which could seriously injure persons, must not fall out.
- The building element must not be penetrated through its entire thickness by the loads defined in the guideline.

The hard impact does not need to be verified for the fixing to the structure. For practical building cases, verification of the soft impact is sufficient. This verifies that the fixing element has a higher resistance than 2.8 kN for this case. The force, under which failure just does not occur, may be taken as the resistance force.

Note: In [19], the stated “resistance force” is defined as the failure load and it is required that the fixing shows a static load-bearing resistance of 2.8 kN per fixing point.

#### 4 Fixing to the structure

It should be self-evident that the requirement of the standard for verification of the stability of the glazing of a window should also include the verification of the transfer of the forces to be restrained into the load-bearing anchoring substrate (building element).

In the TRAV [13], Section 2.3, the following is stated on this point:

“The load-bearing parts of the glass construction (transoms, rails, fixing to the building etc.) have to comply with the applicable technical building regulations.”

For DIN 18008-1 [1], a similar formulation was chosen; it states as follows in Section 8.1.1:

“For the verification of the glass fixing, sub-construction, fixing to the building etc., the applicable technical regulations apply.”

The assembly guideline [19], Section 5.3.2 also makes clear with reference to fall-protection elements:

“The load transfer from the fall-protection building element to the load-bearing substrate must be verified.” It also defines that “fixing systems [...] with a national technical approval under building regulations, which covers the actual installation situation and the application case, are to be used. Alternatively, the verification can be performed as a single-case approval (ZiE).”

For the load transfer from the fall-protection building element into the load-bearing body of the building, normally the external wall of the building, only anchor systems can be considered, which are regulated with a technical approval – since design rules have only been introduced under building regulations for appropriate verification of such products – or else the already mentioned single-case approval.

The design of glazing according to DIN 18008-4 [2] also implies that the load transfer of actions on the fall-protection glazing and the “verification chain” described in

an der Aufprallstelle wirkend gedacht, die im Bauteil die ungünstigste Biegebeanspruchung erzeugt. Eine Überlagerung mit anderen Lastfällen ist nicht erforderlich ([12], Abschnitt 3.2.2).

- Der harte Stoß entspricht einer wirkenden Stoßkörpermasse von 1 kg und einer Aufprallgeschwindigkeit von 4,47 m/s. Mit diesem Stoß soll der Aufprall einer kleinen kompakten Masse bei großer Geschwindigkeit nachgewiesen werden, um das Verhalten des Bauteils bei örtlich begrenzter Zerstörung beurteilen zu können ([12], Abschnitt 3.2.3).

Bauteile der Einbaubereiche 1 und 2 dürfen bei weichem oder hartem Stoß nicht insgesamt zerstört oder örtlich durchstoßen werden. Nach dem Stoß sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- Die Standsicherheit der Bauteile muss erhalten bleiben.
- Das Bauteil darf nicht aus seiner Halterung herausgerissen werden.
- Bruchstücke, die Menschen ernsthaft verletzen können, dürfen nicht herabfallen.
- Das Bauteil darf von den in der Richtlinie definierten Lasten in seiner gesamten Dicke nicht durchstoßen werden.

Für die Befestigung am Bauwerk braucht der harte Stoß nicht nachgewiesen zu werden. Für baupraktische Fälle genügt der Nachweis des weichen Stoßes. Dadurch wird nachgewiesen, dass das Befestigungselement für diesen Fall eine größere Widerstandskraft besitzt als 2,8 kN. Als Widerstandskraft darf die Kraft angesetzt werden, bei der ein Versagen gerade noch nicht eintritt.

Anmerkung: In [19] wird die genannte „Widerstandskraft“ als Bruchlast definiert und gefordert, dass das Befestigungsmittel eine statische Tragfähigkeit aus Versuchen von mindestens 2,8 kN je Befestigungspunkt aufweist.

#### 4 Befestigung am Bauwerk

Es ist selbstverständlich, dass bei der normativen Forderung eines Standsicherheitsnachweises für die Verglasung eines Fensters auch die Weiterleitung der zu verankernden Lasten im tragenden Verankerungsgrund (Bauteil) nachzuweisen ist.

In den TRAV [13], Abschnitt 2.3, stand dazu folgendes: „Die tragenden Teile der Glaskonstruktionen (Pfosten, Riegel, Verankerung am Gebäude usw.) müssen den einschlägigen technischen Baubestimmungen entsprechen.“

Für DIN 18008-1 [1] wurde eine ähnliche Formulierung gewählt; dort heißt es in Abschnitt 8.1.1 wie folgt:

„Für die Nachweise der Glasbefestigung, Unterkonstruktion, Befestigung am Gebäude, usw. gelten die einschlägigen technischen Regeln.“

Der Leitfaden zur Montage [19], Abschnitt 5.3.2 stellt in Bezug auf absturzsichernde Elemente ebenfalls klar:

„Die Lastableitung muss vom absturzsichernden Bauteil bis in den tragenden Baugrund nachgewiesen werden.“ Weiter wird definiert, dass „Befestigungssysteme [...] mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung zu verwenden sind, die die tatsächliche Einbausituation und den Anwendungsfall abdecken. Alternativ kann der Nachweis im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall geführt werden (ZiE).“

Section 2.6 in principle has to be followed and verified from the action location to the load-bearing substrate and it is not permissible simply to interrupt the verification at the fixing or permit it to be interrupted. As mentioned in the previous paragraph, only approved fixings or anchor systems or fixings regulated by a single-case approval can be structurally analysed. For building structure connections to other building materials, the verification has to be performed according to the applicable technical regulations, for example according to DIN EN 1993 [10] in steelwork.

Above all for fixings in masonry construction, built for example with blocks with very thin webs and low compressive strengths, it can be very difficult to verify the necessary design loads from the requirements for fall-protection glazing for the combination of anchor and anchoring substrate. Small edge distances can also in this case lead to failure of the anchorage substrate under an impact, i.e. the entire window element can break out of the surrounding masonry because the block breaks out at the anchor. In the design of such elements, more detailed considerations will have to be undertaken at this location to determine whether the requirements for fall safety can be fulfilled at all by the selected fixing type in the relevant anchorage substrate or whether further constructive measures are necessary.

## 5 Verification of the fixing

### 5.1 General

In a letter of 02/12/2014 [23], the Building ministers' conference described how the anchoring to the building (Fig. 5) is to be designed. The wording is:

“The structural stability of building elements, which provide safety against falling, is to be verified using technical building regulations. Section 6.4 of the standard DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 contains statements about the horizontal loads for fall safety. The transfer of horizontal loads to provide safety against falling into the load-bearing elements of the building is to be verified. Only regulated building products and products with a general verification of suitability can be considered. It should be pointed out that the ETB guideline intends supplementary verifications against impact loading in addition to the verification [...] mentioned above.”

Für die Lastabtragung von absturzsichernden Fensterelementen in den tragenden Baukörper, i. d. R. die Gebäudeaußenwand, kommen daher nur Dübelssysteme in Frage, die über eine Zulassung geregelt sind – da es nur für diese Systeme bauaufsichtlich eingeführte Bemessungsregeln für einen entsprechenden Nachweis gibt – oder über die bereits angesprochene Zustimmung im Einzelfall.

Auch die Bemessung der Verglasung nach DIN 18008-4 [2] impliziert, dass man den Lastfluss der Einwirkungen auf die absturzsichernde Verglasung bzw. die in Abschnitt 2.6 genannte „Nachweiskette“ im Prinzip von der Einwirkungsstelle der Stoßlast bis in den tragenden Baugrund verfolgen und nachweisen muss und dass man nicht einfach bei der Nachweisführung der Befestigung unterbrechen bzw. abbrechen darf. Statisch bemessen werden können aber nur – wie bereits im Absatz zuvor erwähnt – zugelassene Befestigungsbzw. Dübelssysteme bzw. solche, die über eine Zustimmung im Einzelfall geregelt werden. Bei Baukörperanschlüssen aus anderen Baustoffen sind die Nachweise gemäß den eingeführten Technischen Baubestimmungen, z. B. im Stahlbau nach DIN EN 1993 [10], zu führen.

Vor allem bei Verankerungen im Mauerwerksbau, wie beispielsweise Steinen mit sehr dünnen Stegen und geringen Druckfestigkeiten, kann es sehr schwer werden, die erforderlichen Bemessungslasten aus den Anforderungen einer absturzsichernden Verglasung für die Kombination Dübel/Verankerungsgrund nachzuweisen. Außerdem können hier geringe Randabstände zu einem Versagen des Verankerungsgrunds bei einem Anprall führen, d. h. das gesamte Fensterelement kann sich aus dem umgebenden Mauerwerk lösen, weil es zu einem Ausbrechen der Steine im Bereich der Dübel kommt. Bei der Planung derartiger Elemente sind an dieser Stelle deshalb immer weitergehende Überlegungen anzustellen, um zu ermitteln, ob im entsprechenden Verankerungsgrund überhaupt die Anforderungen an die Absturzsicherheit von der gewählten Befestigungsart erfüllt werden können oder ob weitere konstruktive Maßnahmen notwendig sind.

## 5 Nachweisführung für die Befestigung

### 5.1 Allgemeines

Mit Schreiben vom 02. 12. 2014 [23] wurde von der Bauministerkonferenz dargestellt, wie die Verankerung am Gebäude (Bild 5) zu planen ist. Dort heißt es wörtlich:

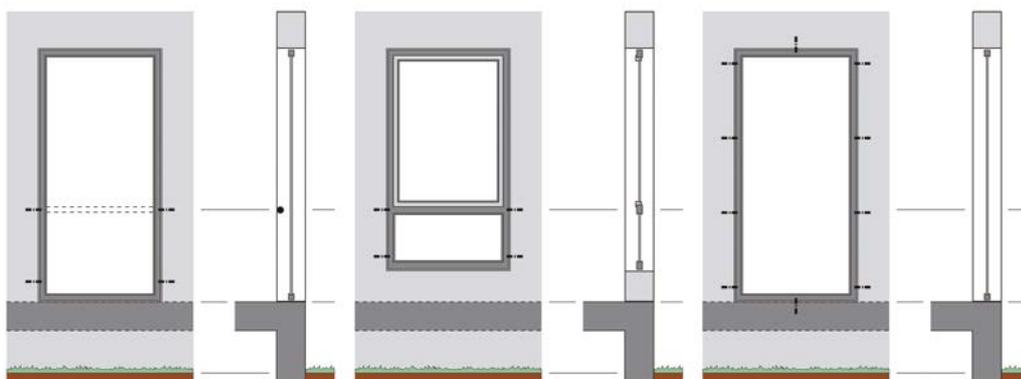


Fig. 5. Examples of fixing points for the transfer of impact-tape loading according to the ETB guideline  
Bild 5. Beispiele für Befestigungspunkte zur Abtragung der stoßartigen Belastung nach der ETB-Richtlinie



Fig. 6. Window installation bracket with national technical approval [14]

Bild 6. Fenstermontagekonsole mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung [14] (Foto: Würth)

One way of complying with the requirements in [23] is the use of fixing solutions that are approved as a system, such as the “Window mounting bracket W-ABZ” (Figs. 6 and 7). This system has a national technical approval [14], which covers under building regulations both the rail itself and fixing at the steel profile of the plastic window frame and the use of anchors in the anchorage substrate. In this system, plastic anchors with an approval for multiple use for non-structural applications can also be used for this special application, since the system approval newly regulates the application in this special case.

## 5.2 Verification of the horizontal, static loading

### 5.2.1 Loading assumptions for horizontal linear loading

In the ETB guideline [12] the horizontal linear loads were differentiated for installation areas 1 and 2. The modern standard DIN EN 1991-1-1:2010-12 [6] with the associated national Annex DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 [7] are decisive for the “categorisation of areas” (see in contrast also Section 3.2 of this article). Table 2 shows excerpts from a few of these “modern” areas. For areas with gatherings of people such as concert halls, a horizontal imposed load of 2.0 kN/m even has to be assumed according to [7].

According to DIN EN 1991-1-1/NA, Table 6.12DE, foot note (2), the horizontal imposed loads according to Table 2 are to be assumed in the full magnitude in the fall direction and in the opposite direction with 50%, subject to a minimum of 0.5 kN/m.

Note: the horizontal load in the opposite is in the opinion of the authors only to be assumed for handrail-type edge protection, such as for example parapet handrails (“French balconies”) or fixed parapets of window elements with opening casements above, not however for fixed window elements or room-height fixed glazing.

Thus the corresponding fixings in the area of the rail are to be designed for the following action ( $F_{ED}$ ) from the horizontal linear load:

$$F_{ED} = q_k \cdot \gamma_Q \text{ [kN]}$$

with:

$q_k \geq 0.5$  kN/m (note Table 2 of this article)

$\gamma_Q = 1.5$  independently changeable actions with unfavourable effects according to DIN EN 1990/NA, Table NA.A.1.2(B) [5]

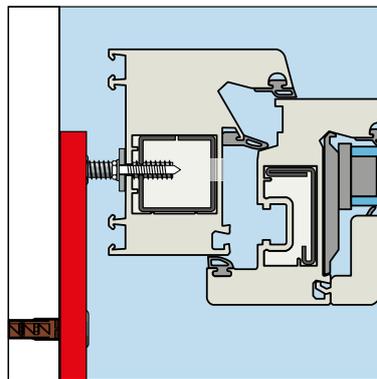


Fig. 7. System with national technical approval of anchor, window mounting bracket and screws to fix the window frame to the anchorage substrate for fall-protection glazing Bild 7. Allgemein bauaufsichtlich zugelassenes System aus Dübel, Fenstermontagekonsole und Schraube zur Verbindung von Fensterrahmen mit dem Verankerungsgrund bei einer abzusichernden Verglasung

„Die Standsicherheit von Bauteilen, die gegen Absturz sichern, ist mittels technischer Baubestimmungen nachzuweisen. Abschnitt 6.4 der Norm DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 enthält Angaben zu Horizontallasten zur Absturzsicherung. Die Abtragung der Horizontallasten, die gegen Absturz sichern, in die tragenden Bauteile des Tragwerks ist nachzuweisen. Dafür kommen nur geregelte Bauprodukte und Bauprodukte mit allgemeinem Verwendbarkeitsnachweis in Betracht. Es wird noch darauf hingewiesen, dass die ETB-Richtlinie neben dem o. g. Nachweis [...] noch ergänzende Nachweise gegenüber stoßartigen Belastungen vorsieht.“

Eine Möglichkeit, die Forderungen in [23] zu erfüllen, sind im System zugelassene Befestigungslösungen wie z. B. die „Fenstermontagekonsole W-ABZ“ (Bilder 6 und 7). Dieses System verfügt über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung [14], die sowohl die Schiene selbst als auch die Befestigung am Stahlprofil des Kunststoff-Fensterrahmens und die Verwendung der Dübel im Verankerungsgrund bauaufsichtlich regelt. In diesem System können für diese besondere Anwendung auch Kunststoff-Rahmendübel mit einer Zulassung für Mehrfachbefestigungen von nichttragenden Systemen verwendet werden, da die Systemzulassung die Anwendung in diesem Sonderfall neu regelt.

## 5.2 Nachweis der horizontalen, statischen Belastung

### 5.2.1 Lastannahmen für horizontale Linienlasten

In der ETB-Richtlinie [12] wurden die horizontalen Linienlasten für die Einbaubereiche 1 und 2 differenziert. In der modernen Normung ist für die „Bereichseinteilung“ DIN EN 1991-1-1:2010-12 [6] mit dem zugehörigen nationalen Anhang DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 [7] maßgebend (vgl. dagegen auch Abschnitt 3.2 dieses Artikels). Tabelle 2 zeigt hier nur auszugsweise einige dieser „modernen“ Bereiche. Für Bereiche mit Menschenansammlungen wie z. B. Konzertsäle ist dabei nach [7] sogar eine horizontale Nutzlast von 2,0 kN/m anzusetzen.

Gemäß DIN EN 1991-1-1/NA, Tabelle 6.12DE, Fußnote (2) sind die horizontalen Nutzlasten nach Ta-

Table 2. Horizontal loads on fall protection elements, excerpts from DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12, Table 6.12DE [7]  
 Tabelle 2. Horizontale Lasten auf Absturzsicherungen, auszugsweise nach DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12, Tabelle 6.12DE [7]

Column / Spalte	1	2
Row / Zeile	Examples of loaded areas incl. category (excerpt) / Beispiele für belastete Fläche inkl. Kategorie (auszugsweise)	Horizontal imposed load / Horizontale Nutzlast $q_k$ [kN/m]
1	A: Living and occupied rooms: rooms and corridors in residential buildings, bedrooms in hospitals, hotel rooms including the associated kitchens and bathrooms... / Wohn- und Aufenthaltsräume: Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume in Krankenhäusern, Hotelzimmer einschließlich zugehöriger Küchen und Bäder, ... B1: Corridors in office buildings, office space, doctors' practices without heavy equipment, wards, occupied rooms including the corridors... / Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen ohne schweres Gerät, Stationsräume, Aufenthaltsräume einschließlich der Flure, ...	0.5
2	Rooms, gathering rooms and areas, which can serve for gatherings of people / Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können C1: Areas with tables, e.g. school classrooms, restaurants, canteens ... / Flächen mit Tischen; z. B. Schulräume, Restaurants, Speisesäle ... C2: Areas with fixed seating, e.g. concert halls, waiting rooms ... / Flächen mit fester Bestuhlung; z. B. Kongresssäle, Wartesäle ... C3: Freely accessible areas, e.g. museum rooms, exhibition areas, entrance areas in public buildings, hotels, ..., as well as corridors belonging to use Categories C1 to C3 / Frei begehbare Flächen; z. B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen, Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden, Hotels, ..., sowie die zur Nutzungskategorie C1 bis C3 gehörigen Flure D: Sales rooms / Verkaufsräume	1.0
3	C5: Areas for large gatherings of people, e.g. in buildings like concert halls, ... / Flächen für große Menschenansammlungen; z. B. in Gebäuden wie Konzertsäle, ...	2.0

If the building is a workplace, the Technical rules for workplaces ASRA2.1 [20] (see also Section 2.3) also have to be complied with in addition to the provisions under building regulations. In this case a horizontal imposed load of 1.0 kN/m is always to be assumed for the general case of edge protection. For Category B1 according to Table 2, e.g. office corridors (=workplace), reference [7] with a horizontal linear load of 0.5 kN/m and [20] with 1.0 kN/m are thus contradictory. In this case the calculation should assume  $q_k = 1.0$  kN/m to remain on the safe side until the two regulations have been coordinated.

## 5.2.2 Superimposition of horizontal linear load and wind load

Fall-protection glazing will in most cases be in external windows, which are loaded by wind loads in addition to the horizontal linear loads. The wind loads and the horizontal linear loads are to be superimposed according to Section 3.2 (exceptions – see also Section 3.2).

The W-ABZ system presented in Section 5.1 can according to [14] also be designed for wind loads, i.e. the corresponding fall-protection element can be fixed all round with the system, in which case the fixings have to be appropriately verified (see also design example in Section 6 of this article).

The information in [21] describes how the load superimposition is performed according to DIN EN 1990/NA, NCI to 6.4.3.2(3) [5]. According to this, the combination factor for the horizontal linear load (rail load)  $\Psi_0 = 0.7$  and for wind loads  $\Psi_0 = 0.6$  (see [5], Table NA.A.1.1). Thus at least two loading cases have to be investigated:

belle 2 in Absturzrichtung in voller Höhe und in Gegenrichtung mit 50 %, mindestens jedoch mit 0,5 kN/m anzusetzen.

Anmerkung: Die horizontale Nutzlast in Gegenrichtung ist aus Sicht der Autoren nur bei geländerartigen Umwehungen, wie z. B. Brüstungsgeländern („französische Balkone“) oder feststehenden Brüstungen von Fensterelementen mit darüber angeordneten Drehflügeln, nicht jedoch bei feststehenden Fensterelementen oder raumhohen Festverglasungen, anzusetzen.

Damit sind die entsprechenden Befestigungen im Bereich des Holmes für folgende Einwirkung ( $F_{ED}$ ) aus der horizontalen Linienlast zu bemessen:

$$F_{ED} = q_k \cdot \gamma_Q \text{ [kN]}$$

mit:

$$q_k \geq 0,5 \text{ kN/m (beachte Tabelle 2 dieses Artikels)}$$

$$\gamma_Q = 1,5 \text{ unabhängige veränderliche Einwirkung mit ungünstiger Auswirkung nach DIN EN 1990/NA, Tabelle NA.A.1.2(B) [5]}$$

Neben den bauordnungsrechtlichen Vorschriften sind, sofern es sich um Arbeitsstätten handelt, wiederum auch die Technischen Regeln Arbeitsstätten ASR A2.1 [20] zu beachten (vgl. auch Abschnitt 2.3). Hier ist für Umwehungen für den allgemeinen Fall immer eine horizontale Nutzlast von 1,0 kN/m anzusetzen. Für die Kategorie B1 gemäß Tabelle 2, z. B. Büro-Flure (= Arbeitsstätte), stehen damit [7] mit 0,5 kN/m und [20] mit 1,0 kN/m als horizontale Linienlast im Widerspruch. Hier sollte daher bis zu einer

1. The rail load is assumed fully and the wind load is reduced by the factor  $\Psi_0 = 0.6$ .
2. The wind load is assumed fully and the rail load is reduced by the factor  $\Psi_0 = 0.7$ .

For the verification of the wind load and the horizontal linear load, however, two separate approaches are conceivable, in which in the opinion of the authors the full wind load and half the rail load should be considered to be on the safe side:

- On the one hand, the window fixing can, for example, be completely constructed according to [19], which means that the window is fixed and verified according to the provisions of [19] with regards to wind loads.
- In addition, fixing systems like the W-ABZ system described in Section 5.1 can be used to resist the rail loads. The verification of the rail load is then performed for the

Abstimmung beider Regelwerke auf der sicheren Seite mit  $q_k = 1,0 \text{ kN/m}$  gerechnet werden.

### 5.2.2 Überlagerung von horizontaler Linienlast und Windlast

Bei absturzsichernden Verglasungen wird es sich in den meisten Fällen um Außenfenster handeln, die zusätzlich zu den horizontalen Linienlasten auch durch Windlasten beansprucht werden. Die Windlasten und die horizontalen Linienlasten sind gemäß Abschnitt 3.2 zu überlagern (Ausnahme siehe ebenfalls Abschnitt 3.2).

Das in Abschnitt 5.1 vorgestellte System W-ABZ kann nach [14] auch für Windlasten bemessen werden, d. h. das entsprechende absturzsichernde Element kann umlaufend mit dem System befestigt werden, wobei die Befestigungselemente dann entsprechend nachzuweisen sind (vgl. auch Bemessungsbeispiel in Abschnitt 6 dieses Artikels).

Table 3. Maximum window widths for the resistance of the horizontal imposed load  $q_k = 0.5 \text{ kN/m}$  according to DIN EN 1991-1-1/NA [7] e.g. for private living rooms and occupied rooms

Tabelle 3. Maximale Fensterbreiten zur Aufnahme der horizontalen Nutzlast  $q_k = 0,5 \text{ kN/m}$  nach DIN EN 1991-1-1/NA [7] z. B. für private Wohn- und Aufenthaltsräume

Anchor system / Dübelsystem W-UR 8 mm	(ETA-08/190)			Art. Nr.: 0912 808 802 ( $h_{nom} = 50 \text{ mm}$ ) Art. Nr.: 0912 808 803 ( $h_{nom} = 70 \text{ mm}$ )	
Anchorage substrate / Verankerungsgrund	Block dimensions / Stein- abmessungen [mm]	Edge spacing / Rand- abstand $c_{min}$ [mm]	Anchor setting depth / Dübel- setztiefe $h_{nom}$ [mm]	Maximum window width / maximale Fensterbreite [m]	ETB guideline fulfilled? / ETB Richt- linie erfüllt?
Concrete / Beton $\geq \text{C12/15}$		70	> 50	2.5	yes / ja <sup>3)</sup>
Concrete / Beton $\geq \text{C16/20}$		50	> 50		
Silka XL Basic KS $\geq 28 \text{ N/mm}^2$ <sup>1)</sup>	$\geq 248 \times 175 \times 498$	50	70		
Aerated concrete / Porenbeton AAC $\geq 7 \text{ N/mm}^2$ <sup>1)</sup>	$\geq 499 \times 175 \times 249$	60	70		
Joint width / Fugenbreite [mm]				$\leq 30$	
Number of brackets at rail height / Anzahl Kon- solen auf Holmhöhe [Stück]				2	

ASSY 3.0 KOMBI 8 x 80 mm	(ETA-11/0190)			Art. Nr.: 018420880	
Anchorage substrate / Verankerungsgrund	Timber dimen- sions / Holz- abmessungen [mm]	Edge spac- ing / Rand- abstand $c_{min}$ [mm]	Minimum screwed-in depth / mini- male Ein- schraubtiefe [mm]	Maximum window width / maximale Fensterbreite [m]	ETB guideline fulfilled? / ETB Richt- linie erfüllt?
Softwood strength class C24 <sup>2)</sup> / Nadelholz Festigkeitsklasse C24 <sup>2)</sup>	$\geq 120 \times 120$	60	73	2.5	yes / ja
Joint width / Fugenbreite [mm]				$\leq 30$	
Number of brackets at rail height / Anzahl Konsolen auf Holmhöhe [Stück]				2	

<sup>1)</sup> Edge spacing to bed joint or vertical joint according to ETA-08/190 are to be maintained. / Randabstände zur Lagerfuge bzw. Stoßfuge gemäß ETA-08/190 sind einzuhalten.

<sup>2)</sup> Screw must according to ETA-11/0190 be predrilled 5.0 mm. / Schraube muss nach ETA-11/0190 mit 5,0 mm vorgebohrt werden.

<sup>3)</sup>  $\gamma_{Mm} = 1.0$  (exceptional load case) /  $\gamma_{Mm} = 1,0$  (außergewöhnlicher Lastfall)

Table 4. Maximum window widths for the resistance of the horizontal imposed load  $q_k = 1.0 \text{ kN/m}$  according to DIN EN 1991-1-1/NA [7] e.g. for corridors in public buildings or workplaces according to [20]

Tabelle 4. Maximale Fensterbreiten zur Aufnahme der horizontalen Nutzlast  $q_k = 1,0 \text{ kN/m}$  nach DIN EN 1991-1-1/NA [7] z. B. für Flure in öffentlichen Gebäuden oder Arbeitsplätze nach [20]

Anchor system / Dübelsystem W-UR 8 mm		(ETA-08/190)			Art. Nr.: 0912 808 802 ( $h_{nom} = 50 \text{ mm}$ ) Art. Nr.: 0912 808 803 ( $h_{nom} = 70 \text{ mm}$ )						
Anchorage substrate / Verankerungsgrund		Block dimensions / Steinabmes- sungen [mm]	Edge spacing / Randabstand $c_{min}$ [mm]	Anchor setting depth / Dübel- setztiefe $h_{nom}$ [mm]	Maximum window width / maximale Fensterbreite [m]						ETB guide- line fulfilled? / ETB Richt- linie erfüllt?
Concrete / Beton $\geq \text{C12/15}$			70	$> 50$	1.8	2.5	1.7	2.5	1.4	2.5	ja <sup>3)</sup>
Concrete / Beton $\geq \text{C16/20}$			50	$> 50$							
Silka XL Basic KS $\geq 28 \text{ N/mm}^2$ <sup>1)</sup>		$\geq 248 \times 175$ $\times 498$	50	70							
Aerated concrete / Porenbeton AAC $\geq 7 \text{ N/mm}^2$ <sup>1)</sup>		$\geq 499 \times 175$ $\times 249$	60	70							
Joint width / Fugenbreite [mm]					$\leq 20$		$\leq 25$		$\leq 30$		
Number of brackets at rail height / Anzahl Kon- solen auf Holmhöhe [Stück]					2	4	2	4	2	4	

ASSY 3.0 KOMBI 8 × 80 mm		(ETA-11/0190)			Art. Nr.: 018420880						
Anchorage substrate / Verankerungsgrund		Timber dimensions / Holzabmes- sungen [mm]	Edge spacing / Randabstand $c_{min}$ [mm]	Minimum screwed-in depth / mini- male Ein- schraubtiefe [mm]	Maximum window width / maximale Fensterbreite [m]						ETB guide- line fulfilled? / ETB Richt- linie erfüllt?
Softwood strength class C24 <sup>2)</sup> / Nadelholz Festigkeitsklasse C24 <sup>2)</sup>		$\geq 120 \times 120$	60	73	1.9	2.5	1.7	2.5	1.4	2.5	ja
Joint width / Fugenbreite [mm]					$\leq 20$		$\leq 25$		$\leq 30$		
Number of brackets at rail height / Anzahl Konsolen auf Holmhöhe [Stück]					2	4	2	4	2	4	

<sup>1)</sup> Edge spacing to bed joint or vertical joint according to ETA-08/190 are to be maintained. / Randabstände zur Lagerfuge bzw. Stoßfuge gemäß ETA-08/190 sind einzuhalten.

<sup>2)</sup> Screw must according to ETA-11/0190 be predrilled 5.0 mm. / Schraube muss nach ETA-11/0190 mit 5,0 mm vorgebohrt werden.

<sup>3)</sup>  $\gamma_{Mm} = 1.0$  (exceptional load case) /  $\gamma_{Mm} = 1,0$  (außergewöhnlicher Lastfall)

approved fixing system according to the correspond-  
ing approval [14] or the stated European codes.

Tables 3 and 4 show as examples the possible window widths when the actions from Table 2 and the load-bearing capacity of the wall anchor system W-UR 8 according to [16] are considered. From Table 4, it is clear that two brackets can be needed at rail height to resist the horizontal imposed load (Fig. 8). These brackets should then be arranged symmetrically at rail height or the assumed height of the horizontal imposed load.

It should be noted in this case that the steel profile in a PVC window has to be suitable for the load transfer to two brackets and that the appropriate spacing of the anchor system, that is the spacing between two brackets according to the appropriate approval, is maintained.

Die Ausführungen in [21] beschreiben, wie die Lastüberlagerung nach DIN EN 1990/NA, NCI zu 6.4.3.2(3) [5], erfolgt. Danach beträgt der Kombinationsbeiwert für die horizontale Linienlast (Holmlast)  $\Psi_0 = 0,7$  und für Windlasten  $\Psi_0 = 0,6$  (vgl. [5], Tabelle NA.A.1.1). Somit sind mindestens zwei Lastfallkombinationen zu untersuchen:

1. Die Holmlast wird voll und die Windlast um den Faktor  $\Psi_0 = 0,6$  reduziert angesetzt.
2. Die Windlast wird voll und die Holmlast um den Faktor  $\Psi_0 = 0,7$  reduziert angesetzt.

Für den Nachweis der Windlast und der horizontalen Linienlast sind aber auch zwei getrennte Ansätze denkbar, wobei dann aus Sicht der Autoren auf der sicheren Seite jeweils mit der vollen Windlast bzw. der vollen Holmlast gerechnet werden sollte:

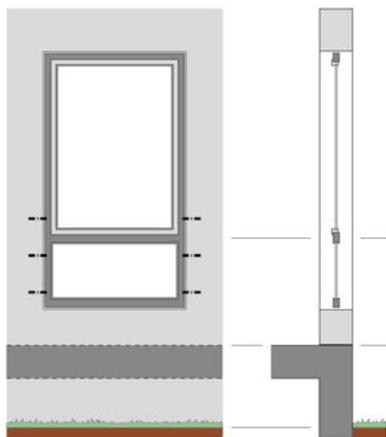


Fig. 8. Examples of fixing points for the transfer of horizontal imposed load with two brackets at rail height

Bild 8. Beispiele für Befestigungspunkte zur Abtragung der horizontalen Nutzlast mit zwei Konsolen in Holmhöhe

### 5.2.3 Use of plastic anchors

The use of the W-ABZ system [14] includes a requirement to use the plastic anchor W-UR 8 according to [16]. Without this regulation according to [14], plastic anchors with a European technical approval/assessment, which are approved for multiple use for non-structural applications, cannot simply be used in this application for the fixing of fall-protection window elements. Further regulations for the use of this type of anchor system are contained, for example, in [24].

In contrast to the provisions of the plastic anchor approval [16], which only apply for multiple use for non-structural applications under loading from all directions (tension, shear load and combined tension and shear loading), the provisions of [14] only apply for pure shear loads in combination with the use as fixings of fall-protection window elements, which is a reason that a deviation from the provisions of the plastic anchor approval [16] is possible here. The approval [14] in this case represents a new suitability verification of the plastic anchor under building regulations in this application.

With plastic anchors, a spacing of at least 25 cm (see [16]) also has to be maintained between the brackets in the masonry anchorage substrate in order that each anchor (and thus each bracket) can be exploited with the full load-bearing capacity of the anchor. If the spacing is less, the anchors may not be considered as “single anchors”, meaning that a bracket at this height would be useless. Only in concrete are smaller spacings possible for the use of single anchors.

Should a fall-protection window element be fixed for example in cored clay masonry units, the W-ABZ system can be combined with a “transverse plate” and the load from one bracket can be divided between two anchors. In this way the rail load can be distributed to altogether four plastic anchors (Fig. 9). According to [17], the action can then, if a minimum spacing of 25 cm is maintained, be divided between two anchors. With a smaller spacing than 25 cm, however, the anchors in the group of two can only be loaded with the maximum load-bearing capacity of a single anchor.

- Zum einen kann die Fensterbefestigung z. B. komplett nach [19] ausgeführt werden, d. h. das Fenster wird nach den Vorgaben von [19] in Bezug auf die Windlasten befestigt und nachgewiesen.
- Zusätzlich können dann Befestigungssysteme wie das in Abschnitt 5.1 vorgestellte System W-ABZ zur Aufnahme der Holmlast eingesetzt werden. Der Nachweis der Holmlast wird dann für das zugelassene Befestigungssystem nach der entsprechenden Zulassung [14] bzw. den genannten europäischen Normen geführt.

Tabellen 3 und 4 zeigen beispielhaft die möglichen Fensterbreiten bei Berücksichtigung der Einwirkungen aus Tabelle 2 und der Tragfähigkeit des Dübel-systems W-UR 8 nach [16]. Aus Tabelle 4 wird ersichtlich, dass es durchaus erforderlich werden kann, dass zur Aufnahme der horizontalen Nutzlast zwei Konsolen auf Holmhöhe erforderlich werden (Bild 8). Diese Konsolen sollten dann symmetrisch zum Holm bzw. der angenommenen Höhe der horizontalen Nutzlast angeordnet werden.

Dabei ist zu beachten, dass das in einem PVC-Fensterprofil vorhandene Stahlprofil zur Lastübertragung auf zwei Konsolen geeignet sein muss und dass der entsprechende Achsabstand des Dübel-systems, also der Abstand zwischen zwei Konsolen gemäß der jeweiligen Zulassung des Dübel-systems, eingehalten wird.

### 5.2.3 Verwendung von Kunststoffdübeln

Die Verwendung des Systems W-ABZ [14] ist unter anderem auch mit dem Kunststoff-Rahmendübel W-UR 8 nach [16] geregelt. Ohne diese Regelung nach [14] können Kunststoff-Rahmendübel mit einer europäischen technischen Zulassung/Bewertung, die nur für Mehrfachbefestigungen von nichttragenden Systemen zugelassen sind, in dieser Anwendung, d. h. bei der Befestigung von absturzsichernden Fensterelementen, nicht ohne weiteres verwendet werden. Weitere Regelungen zur Verwendung dieser Art von Dübel-systemen enthält beispielsweise [24].

Im Gegensatz zu den Regelungen in der Kunststoffdübel-Zulassung [16], die nur für nichttragende Mehrfachbefestigungen unter Belastungen aus allen Richtungen (Zug, Querlast und Schrägzug) gelten, gilt die Regelung nach [14] nur für reine Querlasten im Zusammenhang mit der Verwendung als Befestigung von absturzsichernden Fensterelementen, was mit ein Grund dafür ist, dass hier eine Abweichung zu den Regelungen der Kunststoffdübel-Zulassung [16] möglich ist. Die Zulassung [14] stellt in diesem Fall einen neuen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis des Kunststoffdübels in dieser Anwendung dar.

Bei Kunststoff-Rahmendübeln muss zusätzlich z. B. im Verankerungsgrund Mauerwerk ein Achsabstand von mindestens 25 cm (vgl. [16]) zwischen den Konsolen eingehalten werden, um jeden Dübel (und damit jede Konsole) mit der vollen Dübel-tragfähigkeit ausnutzen zu können. Bei geringeren Abständen dürfen die Dübel in Mauerwerk nicht als „Einzeldübel“ betrachtet werden, d. h. eine zweite Konsole in Holmhöhe wäre hier nutzlos. Nur in Beton sind kleinere Achsabstände zum Ansatz von Einzeldübeln möglich.

Soll ein absturzsicherndes Fensterelement z. B. in Lochziegel-mauerwerk befestigt werden, kann das System

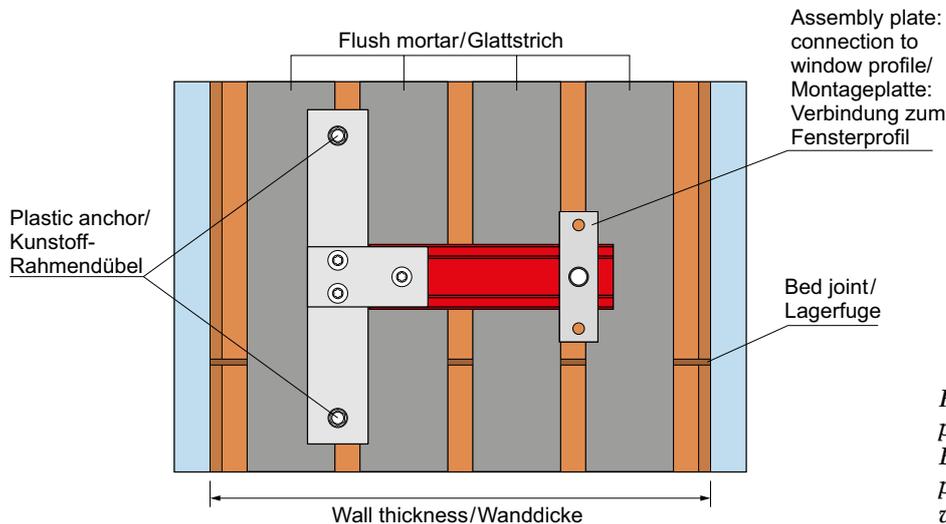


Fig. 9. W-ABZ bracket with "transverse plate" and 2 anchors spaced at 25 cm  
Bild 9. W-ABZ-Konsole mit „Querplatte“ und 2 Dübeln im Achsabstand von 25 cm

For the case that the anchor load-bearing capacity is still insufficient for the corresponding masonry, it can be sensible in masonry to consider the use of injection systems with a European technical approval according to [18] for anchoring.

### 5.3 Verification of impact loading

The ETB guideline [12] already described in Section 3, which is still the decisive document according to building law, was produced at a time long before the current code series of the Eurocodes, which do not consider any action from impact on a fall-protection window element. At the time of publication of the ETB guideline, the current safety factor concept of partial safety factors had not yet been introduced, which makes its implementation today with integration of the guideline into a design process under current codes difficult, particularly as the ETB guideline is expressly inapplicable for building elements of glass (see MLTB, Part 1, Appendix 1.3/1 [15]).

In the ETB guideline, as has been described in Section 3.3, the verification of the fixing elements is to be performed for a "resistance force" of 2.8 kN as an equivalent static load from a soft impact. At the time of publication of the guideline, a global safety concept was in use, although the guideline itself does not state any safety factors. Given this, it would be possible to set an exceptional action according to DIN EN 1990/NA with a partial safety factor of  $\gamma_F = 1.0$  in the course of a design performed today, since only complete failure or falling out has to be avoided (see Section 3.3).

Considering the terms that are current today, the 2.8 kN stated in the ETB guideline can be interpreted as a characteristic action and given a partial safety factor of  $\gamma_F = 1.0$  also as a design value of the action.

At the time of publication of the ETB guideline, there was also no European approval system for anchors. Anchors were also evaluated according to a global safety factor system at that time. The guideline also contains no instructions for dealing with such products. In most approvals for anchors, there is a note that anchors can only be designed for static or quasi-static actions. The guideline ETAG 020 for the assessment of plastic anchors in

W-ABZ mit einer „Querplatte“ verbunden und die Last aus einer Konsole auf zwei Dübel verteilt werden. Damit kann die Holmlast insgesamt auf bis zu vier Kunststoff-Rahmendübel verteilt werden (Bild 9). Nach [17] kann dann die Einwirkung – bei Einhaltung eines Mindestachsabstandes von 25 cm – auf zwei Dübel aufgeteilt werden. Bei einem kleineren Achsabstand als 25 cm würden jedoch die Kunststoffdübel in der zweier Gruppe nur mit der maximalen Tragfähigkeit eines Einzeldübel beaufschlagt werden können.

Für den Fall, dass die Dübeltragfähigkeiten für das entsprechende Mauerwerk noch immer nicht ausreichen, kann es in Mauerwerk sinnvoll sein, Injektionssysteme mit europäischer technischer Zulassung/Bewertung nach [18] zur Verankerung in Betracht zu ziehen.

### 5.3 Nachweis der stoßartigen Belastung

Die bereits in Abschnitt 3 vorgestellte ETB-Richtlinie [12], die in diesem Zusammenhang noch immer das maßgebliche baurechtliche Dokument darstellt, stammt aus einer Zeit weit vor der heute relevanten Normenreihe der Eurocodes, die keine Einwirkung aus einem Stoß auf ein absturzsicherndes Fensterelement kennen. Zum Entstehungszeitpunkt der ETB-Richtlinie gab es das heute übliche Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten noch nicht, was die heutige Umsetzung im Rahmen der aktuellen Normung und die Einbindung der Richtlinie in eine moderne Bemessung schwierig macht, zumal die Regelungen aus der ETB-Richtlinie ausdrücklich nicht für Bauteile aus Glas gelten (vgl. MLTB, Teil 1, Anlage 1.3/1 [15]).

In der ETB-Richtlinie wird, wie in Abschnitt 3.3 gezeigt, der Nachweis des Befestigungselements für eine „Widerstandskraft“ von 2,8 kN als statische Ersatzlast aus einem weichen Stoß gefordert. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Richtlinie wurde mit einem globalen Sicherheitskonzept gearbeitet, wobei die Richtlinie selbst keine zu berücksichtigenden Sicherheitsfaktoren nennt. So gesehen kann man im Rahmen einer aktuellen Bemessung mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_F = 1,0$  eine außergewöhnliche Einwirkung nach DIN EN 1990/NA ansetzen, da nur ein komplettes Versagen bzw. Herabfallen vermieden werden muss (vgl. Abschnitt 3.3).

the course of a European approval procedure [17] excludes impact actions if they occur as dynamic actions. The action from the ETB guideline is however no dynamic action since a one-off impact is assumed. Therefore [14] describes the action from the ETB guideline as an “equivalent static load”. Dynamic actions can according to DIN EN 1990:2010-12, Section 1.5.3.13 [4] be considered as quasi-static actions if the dynamic action (here as impact) can be described as an equivalent static load. This makes it possible to design the anchor appropriately in this case.

Verification of the action of an impact load (soft impact):

$$F_{Ed}/F_{Rd} \leq 1.0$$

with:

$$F_{Ed} = F_{Ek} \cdot \gamma_A$$

$$F_{Rd} = F_{Rk}/\gamma_m$$

$F_{Ek} = 2.8 \text{ kN}$  resistance force according to the ETB guideline, Section 3.2.2.2.3, [12] or see Section 3.3

$\gamma_A = 1.0$  partial safety factor for exceptional actions according to DIN EN 1990/NA, Table NA.A.1.2(B) [5]

$\gamma_M = 1.0$  partial safety factor for the anchorage substrate – proposed by the authors

## 6 Design example

### 6.1 General notes

There follows a simple calculation example for the fixing of a fall-protection window element with lower fixed glazing.

For the complete structural verification of all members of a “verification chain” as described in Section 2.6, at least the load determination from the action on the fall protection window element to the fixing is assembled in this example. Since the focus of this article is however the fixing or anchoring of the window frame into the building structure (6th link of the verification chain), the verification of the (parapet) glazing (1st link in the chain), the immediate glass fixing (2nd link in the chain), the parapet rail (3rd link in the chain), the connection of the parapet rail to the window frame (4th link) and of the window frame (5th link) are omitted for reasons of clarity; these verifications will have to be appropriately supplemented for a real project depending on the chosen window frame system and the chosen glazing.

### 6.2 Starting data

Given starting situation for the design example “fall-protection window element with lower fixed glazing” (Fig. 10):

- Building in an inland location at the edge of a town
- Application: corridor in an office building (see Table 2), which serves as an escape route (see Section 3.2)
- Clear room height 2.50 m
- Plastic window with steel reinforcement and triple insulated glazing with the construction (from outside to inside): 6 mm ESG-H/12 mm SZR/4 mm ESG/12 mm SZR/8 mm VSG (44.2)
- Window size:  $W \times H = 1.2 \text{ m} \times 2.2 \text{ m}$  [lower fixed glazing ( $W \times H_u = 1.2 \text{ m} \times 0.9 \text{ m}$ ), top turn/tilt opening

Unter Berücksichtigung der heute aktuellen Begriffe kann man die in der ETB-Richtlinie genannten 2,8 kN einerseits als charakteristische Einwirkung und gleichzeitig mit der Teilsicherheit  $\gamma_F = 1,0$  auch als Bemessungswert der Einwirkung interpretieren.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der ETB-Richtlinie gab es ebenfalls noch kein europäisches Zulassungssystem für Dübel. Auch Dübel wurden zum damaligen Zeitpunkt nach einem globalen Sicherheitskonzept beurteilt. Die Richtlinie enthält zudem auch keinen Hinweis für den Umgang mit diesen Produkten. In den meisten Zulassungen für Befestigungsmittel findet sich die Bemerkung, dass Dübel nur für statische oder quasi-statische Einwirkungen bemessen werden können. Die Leitlinie ETAG 020 für die Beurteilung von Kunststoffdübeln im Rahmen eines europäischen Zulassungsverfahrens [17] schließt Stoßeinwirkungen aus, wenn diese als dynamische Einwirkungen auftreten. Die Einwirkung aus der ETB-Richtlinie ist jedoch keine dynamische Einwirkung, da man von einem einmaligen Stoß ausgehen kann. Deshalb bezeichnet [14] die Einwirkung aus der ETB-Richtlinie als „statische Ersatzlast“. Dynamische Einwirkungen können nach DIN EN 1990:2010-12, Abschnitt 1.5.3.13 [4] als quasi-statische Einwirkung betrachtet werden, wenn die dynamische Einwirkung (hier der Stoß) als äquivalente statische Ersatzlast beschrieben werden kann. Damit ist es hier möglich, die Dübel entsprechend zu bemessen.

Nachweis für die Einwirkung aus stoßartiger Belastung (weicher Stoß):

$$F_{Ed}/F_{Rd} \leq 1,0$$

mit:

$$F_{Ed} = F_{Ek} \cdot \gamma_A$$

$$F_{Rd} = F_{Rk}/\gamma_m$$

$F_{Ek} = 2,8 \text{ kN}$  Widerstandskraft nach ETB-Richtlinie, Abschnitt 3.2.2.2.3, [12] bzw. vgl. Abschnitt 3.3

$\gamma_A = 1,0$  Teilsicherheitsbeiwert für außergewöhnliche Einwirkungen nach DIN EN 1990/NA, Tabelle NA.A.1.2(B) [5]

$\gamma_M = 1,0$  Teilsicherheitsbeiwert für den Verankerungsgrund – Vorschlag der Autoren

## 6 Bemessungsbeispiel

### 6.1 Allgemeine Hinweise

Nachfolgend wird ein einfaches Bemessungsbeispiel für die Befestigung eines absturzsichernden Fensterelements mit unterer Festverglasung dargestellt.

Für die in Abschnitt 2.6 beschriebene vollständige Nachweisführung aller Glieder der „Nachweiskette“ wird in diesem Beispiel zumindest die Lastermittlung von der Einwirkung auf das absturzsichernde Fensterelement bis zur Befestigung zusammengestellt. Da der Fokus dieses Fachbeitrags jedoch auf der Befestigung bzw. Verankerung des Fensterrahmens am Baukörper liegt (6. Glied der Nachweiskette), wird auf die Nachweise der (Brüstungs-) Verglasung (1. Glied der Kette), der unmittelbaren Glasbefestigung (2. Glied der Kette), des Brüstungsriegels (3. Glied), der Verbindung Brüstungsriegel an Fensterrahmen (4. Glied) und des Fensterrahmens (5. Glied) aus

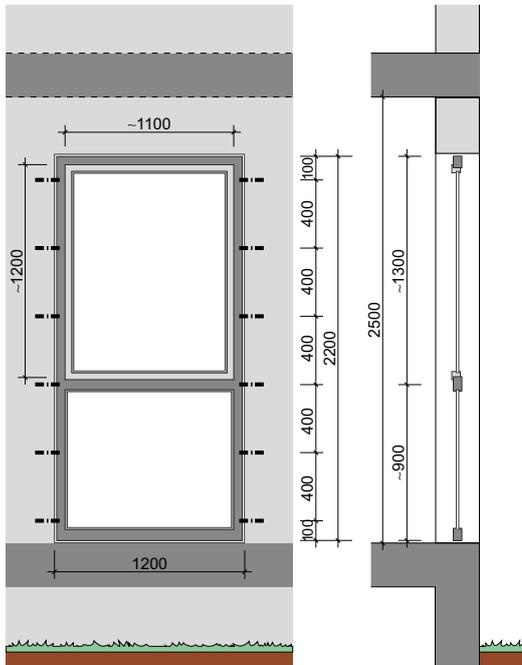


Fig. 10. Schematic diagram of the fixing situation selected in the example: fall-protection window element with lower fixed glazing

Bild 10. Schematische Darstellung der im Beispiel gewählten Befestigungssituation: absturzsicherndes Fensterelement mit unterer Festverglasung

( $W \times H_o = 1,2 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}$ ), turn-tilt casement ( $w \times h = 1,1 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ )

- Masonry: Silka XL Basis calcium silicate ( $f_b \geq 28 \text{ N/mm}^2$ )
- Fixing only at the sides left and right with 6 fall-protection window fixings W-ABZ: Z-14.4-728 from 27/04/2016 [14]
- Assumption: joint width between window and reveal 25 mm
- Anchor system: plastic anchor W-UR 8: ETA-08/0190 from 30/06/2013 [16]

### 6.3 Verification of parapet glazing

#### 6.3.1 Static loads

Wind: According to DIN 18055:2014-11, Table A.1 [3]

- for a building height  $\leq 10 \text{ m}$
- wind zone 3
- edge of town location

gives a wind suction of  $q_w = 1,36 \text{ kN/m}^2$  (wind pressure  $q_w = 0,8 \text{ kN/m}^2$  is not decisive).

Note: the use of DIN 18055:2014-11, Table A.1 [3] is based on calculations with the simplified procedure according to DIN EN 1991-1-4 [8] and DIN EN 1991-1-4/NA [9]. These practical procedures are on the safe side for normal buildings. As soon as a reduction of the values from Table A.1 is intended, an exact calculation of the external pressure factors according to DIN EN 1991-1-4/NA, Table NA.1, or an exact determination of the wind load according to DIN EN 1991-1-4/NA, NA.B.3.3, is necessary.

Climatic loads: these are to be taken into account according to DIN 18008-1, Annex A [1], but are not followed up here.

Übersichtsgründen verzichtet; diese Nachweise müssten für ein reales Projekt abhängig vom gewählten Fensterrahmen-System und der gewählten Verglasung entsprechend ergänzt werden.

#### 6.2 Ausgangsdaten

Gegebene Ausgangssituation für Bemessungsbeispiel „Absturzsicherndes Fensterelement mit unterer Festverglasung“ (Bild 10):

- Gebäude im Binnenland, Höhe  $\leq 10 \text{ m}$ , Randbereich
- Einsatzbereich: Flur in einem Bürogebäude (vgl. Tabelle 2), der als Fluchtweg dient (vgl. Abschnitt 3.2)
- lichte Raumhöhe 2,50 m
- Kunststoff-Fenster mit Stahlarmierung und 3-fach-Isolierverglasung im Aufbau (von außen nach innen): 6 mm ESG-H/12 mm SZR/4 mm ESG/12 mm SZR/8 mm VSG (44.2)
- Fenstergröße:  $B \times H = 1,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m}$  [unten Festverglasung ( $B \times H_u = 1,2 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}$ ), oben Dreh-Kipp-Flügelbereich ( $B \times H_o = 1,2 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}$ ), Dreh-Kipp-Flügel ( $b \times h = 1,1 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ )]
- Mauerwerk: Silka XL Basis KS ( $f_b \geq 28 \text{ N/mm}^2$ )
- Befestigung nur seitlich links und rechts mit je 6 Stück absturzsichernden Fensterelementbefestigungen W-ABZ: Z-14.4-728 vom 27.04.2016 [14]
- Annahme: Fugenbreite zwischen Fenster und Laibung 25 mm
- Dübelssystem: Kunststoff-Rahmendübel W-UR 8: ETA-08/0190 vom 30.06.2013 [16]

#### 6.3 Nachweis Brüstungsverglasung

##### 6.3.1 Statische Lasten

Wind: Nach DIN 18055:2014-11, Tabelle A.1 [3] ergibt sich

- für eine Gebäudehöhe  $\leq 10 \text{ m}$
- Windzone 3
- Randlage

der Windsog zu  $q_w = 1,36 \text{ kN/m}^2$  (der Winddruck  $q_w = 0,8 \text{ kN/m}^2$  ist nicht maßgebend).

Anmerkung: Die Anwendung von DIN 18055:2014-11, Tabelle A.1 [3] beruht auf Berechnungen mit dem vereinfachten Verfahren nach DIN EN 1991-1-4 [8] und DIN EN 1991-1-4/NA [9]. Diese praxisnahe Vorgehensweise liegt für übliche Gebäude auf der sicheren Seite. Sofern eine Abminderung der Werte aus Tabelle A.1 angestrebt wird, ist eine genaue Berechnung der Außendruckbeiwerte nach DIN EN 1991-1-4/NA, Tabelle NA.1, bzw. eine genaue Windlastermittlung nach DIN EN 1991-1-4/NA, NA.B.3.3, erforderlich.

Klimalasten: Diese sind nach DIN 18008-1, Anhang A [1] zu berücksichtigen, werden hier aber nicht weiter verfolgt.

Nachweis: Auf die glastechnische Bemessung wird hier aus Übersichtsgründen verzichtet (vgl. Abschnitt 6.1).

##### 6.3.2 Stoßartige Lasten

Gemäß Bild 4 und Bild 10 handelt es sich bei diesem Beispiel um eine absturzsichernde Verglasung der Kategorie C2 nach DIN 18008-4 [2].

Verification: the calculation of the glazing is omitted here for reasons of clarity (see Section 6.1).

### 6.3.2 Impact loads

According to Fig. 4 and Fig. 10, this example is a case of fall-protection glazing of the Category C2 according to DIN 18008-4 [2].

For the verification of impact resistance of the glazing by testing the building elements, a pendulum fall height of 450 mm is to be maintained according to Table 1.

Verification: the calculation of the glazing is omitted here for reasons of clarity (see Section 6.1).

### 6.4 Verification of the immediate glass fixing

According to DIN 18008-4 [2], Annex D, Section D.1.2 the impact loaded glass rebate must resist an equivalent static load of  $q_d = 10 \text{ kN/m}$  (see also Section 2.5).

Verification: note Section 6.1!

### 6.5 Verification of the parapet rail

#### 6.5.1 Static loads

Wind: The loading areas for the determination of the acting loads are shown in Fig. 11.

$$q_w = 1.36 \text{ kN/m}^2, \gamma_F = 1.5 \text{ (see Section 6.3.1)}$$

$$q_{wd} = q_w \cdot \gamma_F = 1.36 \cdot 1.5 = 2.04 \text{ kN/m}^2$$

Horizontal imposed load according to [7] or horizontal load according to [20]:

$$q_k = 1.0 \text{ kN/m}, \gamma_F = 1.5 \text{ (see Section 5.2.1)}$$

$$q_{kd} = q_k \cdot \gamma_F = 1.0 \cdot 1.5 = 1.50 \text{ kN/m}$$

According to Section 5.2.2, the horizontal linear load and the wind load are to be superimposed, with two loading case combinations being investigated:

Loading case combination 1:

The rail load is assumed fully and the wind load is reduced by the factor  $\Psi_0 = 0.6$ :

$$q_{wd,1,o} = \Psi_0 \cdot q_{wd} \cdot b_{w,o} = 0.6 \cdot 2.04 \cdot 0.60 = 0.73 \text{ kN/m}$$

$$q_{wd,1,u} = \Psi_0 \cdot q_{wd} \cdot b_{w,u} = 0.6 \cdot 2.04 \cdot 0.45 = 0.55 \text{ kN/m}$$

$$q_{kd,1} = q_{kd} = 1.50 \text{ kN/m}$$

Loading case combination 2:

The wind load is assumed fully and the rail load is reduced by the factor  $\Psi_0 = 0.7$ .

$$q_{wd,2,o} = q_{wd} \cdot b_{w,o} = 2.04 \cdot 0.60 = 1.22 \text{ kN/m}$$

$$q_{wd,2,u} = q_{wd} \cdot b_{w,u} = 2.04 \cdot 0.45 = 0.92 \text{ kN/m}$$

$$q_{kd,2} = \Psi_0 \cdot q_{kd} = 0.7 \cdot 1.50 = 1.05 \text{ kN/m}$$

Verification: note Section 6.1!

#### 6.5.2 Impact loads

Similar to Section 6.4.

Verification: note Section 6.1!

### 6.6 Verification of the connection of the parapet rail to the window frame

#### 6.6.1 Static loads

$B = \text{frame width} = \text{length of parapet rail} = 1.20 \text{ m}$

Für den Nachweis der Stoßsicherheit der Verglasungen mittels Bauteilversuch ist gemäß Tabelle 1 eine Pendelfallhöhe von 450 mm einzuhalten.

Nachweis: Auf die glastechnische Bemessung wird hier aus Übersichtsgründen verzichtet (vgl. Abschnitt 6.1).

### 6.4 Nachweis der unmittelbaren Glasbefestigung

Gemäß DIN 18008-4 [2], Anhang D, Abschnitt D.1.2 muss der stoßbeanspruchte Glasfalzanschlag einer statischen Ersatzlast von  $q_d = 10 \text{ kN/m}$  standhalten (vgl. auch Abschnitt 2.5).

Nachweis: Beachte Abschnitt 6.1!

### 6.5 Nachweis des Brüstungsriegels

#### 6.5.1 Statische Lasten

Wind: Für die Ermittlung der einwirkenden Lasten werden in Bild 11 die Lasteinzugsflächen dargestellt.

$$q_w = 1,36 \text{ kN/m}^2, \gamma_F = 1,5 \text{ (vgl. Abschnitt 6.3.1)}$$

$$q_{wd} = q_w \cdot \gamma_F = 1,36 \cdot 1,5 = 2,04 \text{ kN/m}^2$$

Horizontale Nutzlast nach [7] bzw. Horizontallast nach [20]:

$$q_k = 1,0 \text{ kN/m}, \gamma_F = 1,5 \text{ (vgl. Abschnitt 5.2.1)}$$

$$q_{kd} = q_k \cdot \gamma_F = 1,0 \cdot 1,5 = 1,50 \text{ kN/m}$$

Gemäß Abschnitt 5.2.2 sind die horizontale Linienlast und die Windlast zu überlagern, wobei zwei Lastfallkombinationen untersucht werden:

Lastfallkombination 1:

Die Holmlast wird voll und die Windlast um den Faktor  $\Psi_0 = 0,6$  reduziert angesetzt:

$$q_{wd,1,o} = \Psi_0 \cdot q_{wd} \cdot b_{w,o} = 0,6 \cdot 2,04 \cdot 0,60 = 0,73 \text{ kN/m}$$

$$q_{wd,1,u} = \Psi_0 \cdot q_{wd} \cdot b_{w,u} = 0,6 \cdot 2,04 \cdot 0,45 = 0,55 \text{ kN/m}$$

$$q_{kd,1} = q_{kd} = 1,50 \text{ kN/m}$$

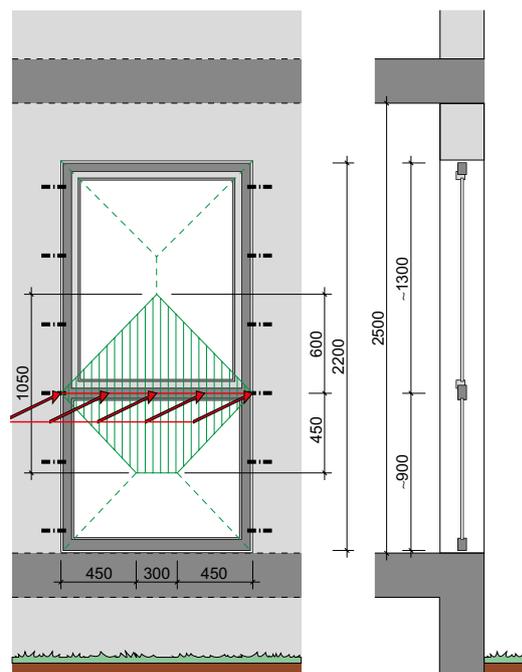


Fig. 11. Loading of the parapet rail

Bild 11. Belastung des Brüstungsriegels

Loading case combination 1 (see Section 6.5.1 and Fig. 11):

$$F_{d1} = (q_{wd,1,o} \cdot B)/4 + [q_{wd,1,u} \cdot (1,2 + 0,3)/2]/2 + (q_{kd,1} \cdot B)/2$$

$$F_{d1} = (0,73 \cdot 1,2)/4 + [0,55 \cdot 1,50/2]/2 + (1,50 \cdot 1,2)/2$$

$$= 0,22 + 0,21 + 0,90 = 1,33 \text{ kN}$$

Loading case combination 2 (see Section 6.5.1 and Fig. 11):

$$F_{d2} = (q_{wd,2,o} \cdot B)/4 + [q_{wd,2,u} \cdot (1,2 + 0,3)/2]/2 + (q_{kd,2} \cdot B)/2$$

$$F_{d2} = (1,22 \cdot 1,2)/4 + [0,92 \cdot 1,50/2]/2 + (1,05 \cdot 1,2)/2$$

$$= 0,37 + 0,34 + 0,63 = \underline{1,34 \text{ kN}} \Rightarrow \text{decisive}$$

## 6.6.2 Impact loads

According to the ETB guideline, the anchorage is designed against failure. That is  $\gamma_F = \gamma_A = \gamma_{Mm} = 1,0$  (see Section 5.3).

$$F_{Ed} = F_{Ek} \cdot \gamma_A = 2,8 \cdot 1 = 2,8 \text{ kN}$$

## 6.7 Verification of window frame

### 6.7.1 Static loads

The determination of the load for wind is performed as for the parapet rail (see Section 6.5.1) with the load introduction areas shown in Fig. 11. For the loads from the parapet rail, see Section 6.6.1.

Verification: note Section 6.1!

### 6.7.2 Impact loads

Similar to Section 6.4.

Verification: note Section 6.1!

## 6.8 Verification of the fixing between the fall-protection window element fixing W-ABZ and masonry

### 6.8.1 Soft impact according to ETB guideline

For W-UR8 in Silka XL Basic, this gives according to [16] Annex 42 for the temperature range 30 °C/50 °C (maximum long-term/short-term temperature):

$$F_{Rk} = 3,5 \text{ kN} = \text{characteristic load-bearing capacity for tension, transverse load or inclined tension } (\gamma_{Mm} = 2,5)$$

According to the ETB guideline, the anchorage is designed against failure, i.e.  $\gamma_F = \gamma_A = \gamma_{Mm} = 1,0$  (see Section 5.3).

$$F_{Ed} = F_{Ek} \cdot \gamma_A = 2,8 \cdot 1,0 = 2,8 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = F_{Rk}/\gamma_{Mm} = 3,5/1,0 = 3,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}/F_{Rd} = 2,8/3,5 = 0,8 \leq 1,0 \Rightarrow \text{verified}$$

### 6.8.2 Horizontal imposed load according to [7] or horizontal load according to [20]

$$q_k = 1,0 \text{ kN/m}, \gamma_F = 1,5 \text{ (see Section 6.5.1)}$$

$$F_{Rd} = F_{Rk}/\gamma_{Mm} = 3,5/2,5 = 1,4 \text{ kN (see Section 6.8.1)}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot B \cdot q_k \cdot \gamma_F = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = \underline{0,90 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed}/F_{Rd} = 0,90/1,4 = 0,64 \leq 1,0 \Rightarrow \text{verified}$$

### 6.8.3 Wind load

$$q_w = 1,36 \text{ kN/m}^2, \gamma_F = 1,5 \text{ (see Section 6.3.1)}$$

Assumption: fixing only at the sides (i.e. left and right)

Selected: 6 fixings with a spacing  $s = (H - 2 \cdot 0,1\text{m})/5 = (2,2 - 0,2)/5 = 0,4 \text{ m}$  (see Fig. 10)

Lastfallkombination 2:

Die Windlast wird voll und die Holmlast um den Faktor  $\Psi_0 = 0,7$  reduziert angesetzt.

$$q_{wd,2,o} = q_{wd} \cdot b_{w,o} = 2,04 \cdot 0,60 = 1,22 \text{ kN/m}$$

$$q_{wd,2,u} = q_{wd} \cdot b_{w,u} = 2,04 \cdot 0,45 = 0,92 \text{ kN/m}$$

$$q_{kd,2} = \Psi_0 \cdot q_{kd} = 0,7 \cdot 1,50 = 1,05 \text{ kN/m}$$

Nachweis: Beachte Abschnitt 6.1!

## 6.5.2 Stoßartige Lasten

Sinngemäß Abschnitt 6.4.

Nachweis: Beachte Abschnitt 6.1!

## 6.6 Nachweis Verbindung Brüstungsriegel an Fensterrahmen

### 6.6.1 Statische Lasten

$B =$  Rahmenbreite = ca. Länge Brüstungsriegel = 1,20 m

Lastfallkombination 1 (vgl. Abschnitt 6.5.1 und Bild 11):

$$F_{d1} = (q_{wd,1,o} \cdot B)/4 + [q_{wd,1,u} \cdot (1,2 + 0,3)/2]/2 + (q_{kd,1} \cdot B)/2$$

$$F_{d1} = (0,73 \cdot 1,2)/4 + [0,55 \cdot 1,50/2]/2 + (1,50 \cdot 1,2)/2$$

$$= 0,22 + 0,21 + 0,90 = 1,33 \text{ kN}$$

Lastfallkombination 2 (vgl. Abschnitt 6.5.1 und Bild 11):

$$F_{d2} = (q_{wd,2,o} \cdot B)/4 + [q_{wd,2,u} \cdot (1,2 + 0,3)/2]/2 + (q_{kd,2} \cdot B)/2$$

$$F_{d2} = (1,22 \cdot 1,2)/4 + [0,92 \cdot 1,50/2]/2 + (1,05 \cdot 1,2)/2$$

$$= 0,37 + 0,34 + 0,63 = \underline{1,34 \text{ kN}} \Rightarrow \text{maßgebend}$$

## 6.6.2 Stoßartige Lasten

Gemäß ETB-Richtlinie wird die Verankerung gegen Versagen bemessen, d. h.  $\gamma_F = \gamma_A = \gamma_{Mm} = 1,0$  (vgl. Abschnitt 5.3).

$$F_{Ed} = F_{Ek} \cdot \gamma_A = 2,8 \cdot 1 = 2,8 \text{ kN}$$

## 6.7 Nachweis Fensterrahmen

### 6.7.1 Statische Lasten

Die Lastermittlung für Wind erfolgt wie für den Brüstungsriegel (vgl. Abschnitt 6.5.1) mit den in Bild 11 dargestellten Lasteneinwirkflächen. Für die Lasten aus dem Brüstungsriegel siehe Abschnitt 6.6.1.

Nachweis: Beachte Abschnitt 6.1!

## 6.7.2 Stoßartige Lasten

Sinngemäß Abschnitt 6.4.

Nachweis: Beachte Abschnitt 6.1!

## 6.8 Nachweis Befestigung zwischen absturzsichernder Fensterelementbefestigung W-ABZ und Mauerwerk

### 6.8.1 Weicher Stoß gemäß ETB Richtlinie

Für W-UR 8 in Silka XL Basic ergibt sich nach [16] Anhang 42 für den Temperaturbereich 30 °C/50 °C (maximale Langzeit-/Kurzzeit-Temperatur):

$$F_{Rk} = 3,5 \text{ kN} = \text{charakteristische Tragfähigkeit für Zug, Querlast oder Schrägzug } (\gamma_{Mm} = 2,5)$$

Gemäß ETB-Richtlinie wird die Verankerung gegen Versagen bemessen, d. h.  $\gamma_F = \gamma_A = \gamma_{Mm} = 1,0$  (vgl. Abschnitt 5.3).

$$F_{Ed} = F_{Ek} \cdot \gamma_A = 2,8 \cdot 1,0 = 2,8 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 3,5/2,5 = 1,4 \text{ kN (see Section 6.8.1)}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot B \cdot s \cdot \gamma_F \cdot q_w = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,5 \cdot 1,36 = 0,49 \text{ kN}$$

(see [19], Fig. 5.10)

$$V_{Ed}/F_{Rd} = 0,49/1,4 = 0,35 \leq 1,0 \Rightarrow \text{verified}$$

#### 6.8.4 Superimposition of ETB plus wind

According to the ETB guideline, Section 3.1 [12], only the horizontal imposed loads (= rail loads) are to be superimposed with the wind loads.

#### 6.8.5 Superimposition of horizontal imposed load plus wind

$$F_{Rd} = 3,5/2,5 = 1,4 \text{ kN (see Section 6.8.1)}$$

Since here one system resists the horizontal linear load and the wind load, the verification is performed with the decisive one of the two loading case combinations described in Section 5.2.2:

Loading case combination 1:

The rail load is assumed fully and the wind load is reduced by the factor  $\Psi_0 = 0,6$ :

$$V_{Ed,1} = 0,90 \cdot 0,6 + 0,49 = 1,03 \text{ kN (see Section 6.8.2 and 6.8.3)}$$

Loading case combination 2:

The wind load is assumed fully and the rail load is reduced by a factor  $\Psi_0 = 0,7$ .

$$V_{Ed,2} = 0,90 + 0,49 \cdot 0,7 = 1,24 \text{ kN (see Section 6.8.2 and 6.8.3)} \Rightarrow \text{decisive!}$$

$$V_{Ed,2}/F_{Rd} = 1,24/1,4 = 0,89 \leq 1,0 \Rightarrow \text{verified}$$

#### 6.8.6 Superimposition of horizontal imposed load plus load from a window opened 90°

If the turn-tilt window in the top of the fall-protection window element is opened by 90°, additional transverse loads act on the hinge side due to the self-weight of the window casement. In the view of the authors, these transverse loads must only be superimposed with the horizontal imposed load (= rail load), since a user would probably not fully open a window under full wind load and simultaneously lean against the rail or pull it.

The determination of the additional transverse load due to a window opened at 90° is performed as shown in [25]. For this purpose, firstly the self-weight of the turn-tilt casement is determined (Table 5).

Loading on the fixing points at the top and at rail height (left or right depending on the hinge side of the turn-tilt casement):

$$H_{Ed,1} = H_{Ed,2} = b/h \cdot (G_{\text{Flügel}}/2 \cdot \gamma_F)$$

The value for “h” is to be taken here as three times the spacing between the W-ABZ fall-protection window element fixing at the top and the fixing at rail height:

$$h = 3 \cdot 0,4 \text{ m} = 1,20 \text{ m}$$

$$H_1 = H_2 = 1,10 \text{ m}/1,20 \text{ m} \cdot (0,66 \text{ kN}/2 \cdot 1,35) = 0,92 \cdot 0,44 = 0,40 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = F_{Rk}/\gamma_{Mm} = 3,5/1,0 = 3,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}/F_{Rd} = 2,8/3,5 = 0,8 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

#### 6.8.2 Horizontale Nutzlast nach [7] bzw. Horizontallast nach [20]

$$q_k = 1,0 \text{ kN/m}, \gamma_F = 1,5 \text{ (vgl. Abschnitt 6.5.1)}$$

$$F_{Rd} = F_{Rk}/\gamma_{Mm} = 3,5/2,5 = 1,4 \text{ kN (vgl. Abschnitt 6.8.1)}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot B \cdot q_k \cdot \gamma_F = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 0,90 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}/F_{Rd} = 0,90/1,4 = 0,64 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

#### 6.8.3 Windlast

$$q_w = 1,36 \text{ kN/m}^2, \gamma_F = 1,5 \text{ (vgl. Abschnitt 6.3.1)}$$

Annahme: Befestigung nur an den Seiten (d. h. links und rechts)

gewählt: je 6 Befestigungen mit einem Achsabstand  $s = (H - 2 \cdot 0,1\text{m})/5 = (2,2 - 0,2)/5 = 0,4 \text{ m}$  (vgl. Bild 10)

$$F_{Rd} = 3,5/2,5 = 1,4 \text{ kN (vgl. Abschnitt 6.8.1)}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot B \cdot s \cdot \gamma_F \cdot q_w = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,5 \cdot 1,36 = 0,49 \text{ kN}$$

(vgl. [19], Bild 5.10)

$$V_{Ed}/F_{Rd} = 0,49/1,4 = 0,35 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

#### 6.8.4 Überlagerung ETB plus Wind

Gemäß ETB-Richtlinie, Abschnitt 3.1 [12], sind nur die horizontalen Nutzlasten (= Holmlasten) mit den Windlasten zu überlagern.

#### 6.8.5 Überlagerung horizontale Nutzlast plus Wind

$$F_{Rd} = 3,5/2,5 = 1,4 \text{ kN (vgl. Abschnitt 6.8.1)}$$

Da hier ein System die horizontale Linienlast und die Windlast aufnimmt, wird der Nachweis mit der maßgebenden der zwei in Abschnitt 5.2.2 dargestellten Lastfallkombinationen geführt:

Lastfallkombination 1:

Die Holmlast wird voll und die Windlast um den Faktor  $\Psi_0 = 0,6$  reduziert angesetzt:

$$V_{Ed,1} = 0,90 \cdot 0,6 + 0,49 = 1,03 \text{ kN (vgl. Abschnitt 6.8.2 und 6.8.3)}$$

Lastfallkombination 2:

Die Windlast wird voll und die Holmlast um den Faktor  $\Psi_0 = 0,7$  reduziert angesetzt.

$$V_{Ed,2} = 0,90 + 0,49 \cdot 0,7 = 1,24 \text{ kN (vgl. Abschnitt 6.8.2 und 6.8.3)} \Rightarrow \text{maßgebend!}$$

$$V_{Ed,2}/F_{Rd} = 1,24/1,4 = 0,89 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

#### 6.8.6 Überlagerung horizontale Nutzlast plus Last aus 90° geöffnetem Fenster

Wird der im absturzsichernden Fensterelement oben angeordnete Dreh-Kipp-Flügel um 90° geöffnet, treten auf der Bandseite infolge des Eigengewichts des Fensterflügels zusätzliche Querlasten auf. Aus Sicht der Autoren müssen diese Querlasten nur mit der horizontalen Nutzlast (=Holmlast) überlagert werden, da ein Nutzer das Fenster bei voller Windlast sehr wahrscheinlich nicht gleichzeitig öffnen und sich in Holmhöhe dagegen lehnen oder daran ziehen wird.

Table 5. Design example: determination of the self-weight of the turn/tilt casement  
 Tabelle 5. Bemessungsbeispiel: Ermittlung des Eigengewichts des Drehkippflügels

Row / Zeile	Building element / Bauteil	Calculation / Rechenweg	Result / Ergebnis
1	Frame / Rahmen	$(2 \cdot 1,3 \text{ m} + 2 \cdot 1,2 \text{ m}) \cdot 3,5 \text{ kg/m} =$	17,5 kg
2	Insulating glazing / Isolierverglasung	$2,5 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{m}^2) \cdot (6\text{-mm} + 4 \text{ mm} + 8 \text{ mm}) \cdot (1,1 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ m}) =$	49,5 kg
3	Turn/tilt window / Dreh-Kipp-Flügel	(line / Zeile 1 + 2)	67,0 kg
5	Self-weight / Eigenlast $G_{\text{Flügel}}$	$67,0 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 657,3 \text{ N} (*)$	0,66 kN

(\*)  $1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 1 \text{ N} = 0,001 \text{ kN}$

Superimposition of horizontal imposed load plus load from the window opened at 90° for the W-ABZ fall protection window element fixing at rail height:

$$V_{\text{Ed}} = 0,90 \text{ kN} + 0,40 \text{ kN} = 1,30 \text{ kN} \text{ (see Section 6.8.2)}$$

$$V_{\text{Ed}}/F_{\text{Rd}} = 1,30/1,4 = 0,93 \leq 1,0 \Rightarrow \text{verified}$$

## 6.9 Verification of the window element fixing

### 6.9.1 Person impact

According to [12], Section 3.3.3 the verification has been fulfilled.

### 6.9.2 Superimposition of horizontal imposed load plus wind

$F_{\text{Rd}} = 1,28 \text{ kN}$  (according to [14], Table 4 for joint width between window and reveal 25 mm)

$\max V_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed},2} = 1,24 \text{ kN}$  (horizontal imposed load + wind, see Section 6.8.5)

$$V_{\text{Ed}}/F_{\text{Rd}} = 1,24/1,28 = 0,97 \leq 1,0 \Rightarrow \text{verified}$$

### 6.9.3 Superimposition of horizontal imposed load plus load from window opened at 90°

$V_{\text{Ed}}/F_{\text{Rd}} = 1,30/1,28 = 1,02 \approx 1,0 \leq 1,0 \Rightarrow \text{just verified}$  (see Section 6.8.6 and 6.9.2)

### 6.9.4 Verification against pushing out of a block (based on ETAG 029 [18], Annex C, Section C.5.2.1.5)

$$N_{\text{Ed}}/N_{\text{Rd,pb}} \leq 1,0$$

$$N_{\text{Rk,pb}} = 2 \cdot l_{\text{brick}} \cdot b_{\text{brick}} \cdot (0,5 \cdot f_{\text{vko}} + 0,4 \cdot \sigma_{\text{d}}) \text{ (vertical joint not filled)}$$

with:

$$l_{\text{brick}} = 248 \text{ mm} \text{ (see [15] Annex 42)}$$

$$b_{\text{brick}} = 175 \text{ mm} \text{ (see [15] Annex 42)}$$

$$f_{\text{vko}} = 0,15 \text{ N/mm}^2 \text{ (ETAG029, Annex C, C.5.2.1.5: mortar compressive strength class } \geq \text{M 2.5)}$$

Assumption:  $1/2 \cdot \text{storey height}$  as effective height:

$$\rho = 2,0 \text{ kg/dm}^3 \text{ (see [16] Annex 42)}$$

$$\sigma_{\text{d}} = 1/2 \cdot H \cdot (\rho \cdot 10)/1000 = 1/2 \cdot 2,5 \cdot (2,0 \cdot 10)/1000 = 0,025 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{\text{Rk,pb}} = 2 \cdot 248 \cdot 175 \cdot (0,5 \cdot 0,15 + 0,4 \cdot 0,025)/1000 = 7,38 \text{ kN}$$

$$\gamma_{\text{Mm}} = 2,5$$

$$N_{\text{Rd,pb}} = 7,38/2,5 = 2,95 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Ed}} = \max V_{\text{Ed}} = 1,30 \text{ kN} \text{ (rail load + wind, see Section 6.8.6)}$$

$$N_{\text{Ed}}/N_{\text{Rd,pb}} = 1,30/2,95 = 0,44 \leq 1,0 \Rightarrow \text{verified}$$

Die Ermittlung der zusätzlichen Querlast infolge 90° geöffneten Fensters erfolgt wie in [25] gezeigt. Hierzu wird zunächst das Eigengewicht des Drehkippflügels ermittelt (Tabelle 5).

Belastung auf die Befestigungspunkte ganz oben und in Holmhöhe (links oder rechts, je nach Anschlagseite des Dreh-Kipp-Flügels):

$$H_{\text{Ed},1} = H_{\text{Ed},2} = b/h \cdot (G_{\text{Flügel}}/2 \cdot \gamma_{\text{F}})$$

Hier ist für „h“ dreimal der Achsabstand zwischen der absturzsichernden Fensterelementbefestigung W-ABZ oben und der Befestigung in Holmhöhe anzusetzen:

$$h = 3 \cdot 0,4 \text{ m} = 1,20 \text{ m}$$

$$H_1 = H_2 = 1,10 \text{ m}/1,20 \text{ m} \cdot (0,66 \text{ kN}/2 \cdot 1,35) = 0,92 \cdot 0,44 = 0,40 \text{ kN}$$

Überlagerung horizontale Nutzlast plus Last aus 90° geöffnetem Fenster für die absturzsichernde Fensterelementbefestigung W-ABZ in Holmhöhe:

$$V_{\text{Ed}} = 0,90 \text{ kN} + 0,40 \text{ kN} = 1,30 \text{ kN} \text{ (vgl. Abschnitt 6.8.2)}$$

$$V_{\text{Ed}}/F_{\text{Rd}} = 1,30/1,4 = 0,93 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

## 6.9 Nachweis der Fensterelementbefestigung

### 6.9.1 Personenanprall

Nach [12], Abschnitt 3.3.3 ist der Nachweis erbracht.

### 6.9.2 Überlagerung horizontale Nutzlast plus Wind

$F_{\text{Rd}} = 1,28 \text{ kN}$  (nach [14], Tabelle 4 für Fugenbreite zwischen Fenster und Laibung 25 mm)

$\max V_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed},2} = 1,24 \text{ kN}$  (horizontale Nutzlast + Wind, vgl. Abschnitt 6.8.5)

$$V_{\text{Ed}}/F_{\text{Rd}} = 1,24/1,28 = 0,97 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

### 6.9.3 Überlagerung horizontale Nutzlast plus Last aus 90° geöffnetem Fenster

$V_{\text{Ed}}/F_{\text{Rd}} = 1,30/1,28 = 1,02 \approx 1,0 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis gerade noch erfüllt}$  (vgl. Abschnitt 6.8.6 und 6.9.2)

### 6.9.4 Nachweis Herausschieben eines Steins (in Anlehnung an ETAG 029 [18], Anhang C, Abschnitt C.5.2.1.5)

$$N_{\text{Ed}}/N_{\text{Rd,pb}} \leq 1,0$$

$$N_{\text{Rk,pb}} = 2 \cdot l_{\text{brick}} \cdot b_{\text{brick}} \cdot (0,5 \cdot f_{\text{vko}} + 0,4 \cdot \sigma_{\text{d}}) \text{ (Stoßfuge nicht vermörtelt)}$$

## 7 Masonry with low load-bearing capacity

Tables 3 and 4 show that fixings in calcium silicate and aerated concrete blocks with higher compressive strengths can be verified without problems with a plastic anchor W-UR 8. This applies both for the horizontal imposed load up to  $q_K = 1.0$  kN/m and also for the anchoring of the equivalent static load from a soft impact according to the ETB guideline. With masonry of low compressive strength, this verification for an anchor is generally no longer possible, since the action for the soft impact from the ETB guideline can no longer be resisted by one anchor alone.

Due to the sometimes low load-bearing capacity of anchors in various walling materials, it can however be necessary for the design of the anchors to distribute the equivalent static load onto several fixings into the anchorage substrate. In the ETB guideline, this is referred to as a “fixing element”. In current terms, this would either be understood as a single anchor or as a fixing location with several anchors (e.g. a group of two or four anchors). A possible distribution of the loading onto one “fixing element” with two anchors is shown in Fig. 9.

## 8 Summary

The importance of fall-protection window elements is increasing ever more in modern new building and refurbishment. At the same time, there are no definite current regulations for dealing with fixing into the structure and its structural design, since the current guideline is more than 30 years old and no longer fits the current European design codes (Eurocodes).

This article is therefore intended to describe the current situation and offer some solution approaches in the view of the authors, how fall-protection window elements can be fixed into the structure and what constraints have to be taken into account for their structural design.

## References – Literatur

- [1] DIN 18008-1:2010-12: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen.
- [2] DIN 18008-4:2013-07: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen.
- [3] DIN 18055:2014-11: Kriterien für die Anwendung von Fenstern und Außentüren nach DIN EN 14351-1.
- [4] DIN EN 1990:2010-12: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010.
- [5] DIN EN 1990/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung.
- [6] DIN EN 1991-1-1:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009.
- [7] DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau.
- [8] DIN EN 1991-1-4:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten.

mit:

$$l_{\text{brick}} = 248 \text{ mm (vgl. [15] Anhang 42)}$$

$$b_{\text{brick}} = 175 \text{ mm (vgl. [15] Anhang 42)}$$

$$f_{\text{vko}} = 0,15 \text{ N/mm}^2 \text{ (ETAG029, Annex C, C.5.2.1.5: Mörtel-Druckfestigkeitsklasse } \geq \text{ M 2,5)}$$

Annahme:  $\frac{1}{2} \cdot$  Geschosshöhe als mitwirkende Höhe:

$$\rho = 2,0 \text{ kg/dm}^3 \text{ (vgl. [16] Anhang 42)}$$

$$\sigma_d = \frac{1}{2} \cdot H \cdot (\rho \cdot 10) / 1000 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot (2,0 \cdot 10) / 1000 = 0,025 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{\text{Rk,pb}} = 2 \cdot 248 \cdot 175 \cdot (0,5 \cdot 0,15 + 0,4 \cdot 0,025) / 1000 = 7,38 \text{ kN}$$

$$\gamma_{\text{Mm}} = 2,5$$

$$N_{\text{Rd,pb}} = 7,38 / 2,5 = 2,95 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Ed}} = \max V_{\text{Ed}} = 1,30 \text{ kN (Holmlast + Wind, vgl. Abschnitt 6.8.6)}$$

$$N_{\text{Ed}} / N_{\text{Rd,pb}} = 1,30 / 2,95 = 0,44 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

## 7 Mauerwerk mit geringer Tragfähigkeit

Tabellen 3 und 4 zeigen, dass man die Befestigung bei Kalksandstein und Porenbeton bei höherer Druckfestigkeit problemlos mit einem Kunststoff-Rahmendübel W-UR 8 nachweisen kann. Dies gilt sowohl für die horizontale Nutzlast bis  $q_K = 1,0$  kN/m als auch für die Verankerung der statischen Ersatzlast aus weichem Stoß gemäß ETB-Richtlinie. Bei Mauerwerk mit geringerer Druckfestigkeit funktioniert dieser Nachweis für einen Dübel in der Regel nicht mehr, da die Einwirkung für den weichen Stoß aus der ETB-Richtlinie nicht mehr von einem Dübel allein aufgenommen werden kann.

Aufgrund der teilweise geringen Dübeltragfähigkeiten verschiedener Mauerwerksbaustoffe kann es in der Bemessung der Dübel jedoch notwendig werden, die statische Ersatzlast auf mehrere Befestiger im Verankerungsgrund zu verteilen. In der ETB-Richtlinie wird von einem „Befestigungselement“ gesprochen. Im aktuellen Sprachgebrauch könnte man dies entweder als Einzeldübel oder als Befestigungsstelle mit mehreren Dübeln (z. B. einer Gruppe aus zwei oder vier Dübeln) verstehen. Eine mögliche Aufteilung der Belastung auf ein „Befestigungselement“ mit 2 Dübeln zeigt Bild 9.

## 8 Zusammenfassung

Die Bedeutung von absturzsichernden Fensterelementen nimmt im modernen Neubau und bei der Altbausanierung immer mehr zu. Gleichzeitig fehlen konkrete aktuelle Regelungen zum Umgang mit der Verankerung am Bauwerk und deren Bemessung, da die maßgebliche Richtlinie über 30 Jahre alt ist und nicht mehr zu den aktuellen europäischen Bemessungsregeln (Eurocodes) passt.

Dieser Beitrag soll deshalb die aktuelle Situation darstellen und Lösungsansätze aus Sicht der Autoren bieten, wie absturzsichernde Fensterelemente am Bauwerk verankert werden könnten und welche Randbedingungen bei deren Bemessung beachtet werden sollten.

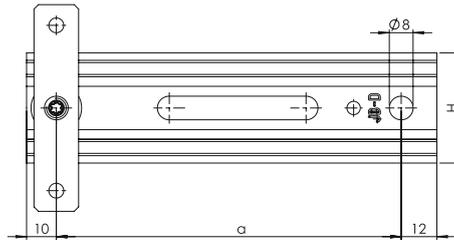
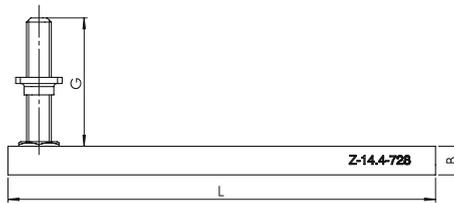
- 
- [9] DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten.

- [10] DIN EN 1993: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten.
- [11] DIN EN 1999: Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken.
- [12] Ausschuß für Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB), ETB-Richtlinie – Bauteile, die gegen Absturz sichern, Fassung Juni 1985.
- [13] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV), Fassung Januar 2003.
- [14] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Absturzsichernde Fensterelementbefestigung, Z-14.4-728 vom 27. April 2016.
- [15] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (MLTB) – Teil 1, Fassung Juni 2015, URL [https://www.dibt.de/de/geschaeftsfelder/data/P5\\_Musterliste\\_der\\_Technischen\\_Baubestimmungen\\_Juni\\_2015.pdf](https://www.dibt.de/de/geschaeftsfelder/data/P5_Musterliste_der_Technischen_Baubestimmungen_Juni_2015.pdf) (Stand: 25.08.2016).
- [16] Europäische technische Zulassung Würth Kunststoff-Rahmendübel W-UR, ETA-08/0190 vom 30. Juni 2013.
- [17] EOTA: ETAG 020, Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Kunststoffdübel als Mehrfachbefestigung von nichttragenden Systemen zur Verankerung im Beton und Mauerwerk, März 2012, Brüssel.
- [18] EOTA: ETAG 029, Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Metall-Injektionsdübel zur Verankerung im Mauerwerk, April 2013, Brüssel.
- [19] Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren, RAL-Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e. V., Frankfurt/M. 2014.
- [20] Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A2.1 – Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen, Ausgabe November 2012, zuletzt geändert 2014.
- [21] Unternehmerverband Metall Baden-Württemberg, Gleichzeitiger Ansatz von Wind- und Holmlasten bei außen liegenden, absturzsichernden Geländern und Umwehrungen, 2016, URL [http://www.metall-verband.de/\\_news/print.asp?ID=15865](http://www.metall-verband.de/_news/print.asp?ID=15865) (Stand 25.08.2016).
- [22] Oberacker, R.: Glasdicke zukünftig nach DIN. Neues zur Absturzsicherung im Fokus. Metallbau (2012), H. 5, S. 20–23.
- [23] Scheuermann, G.: Befestigung von Fenstern mit absturzsichernden Eigenschaften/“Fenstergeländer“. Stuttgart, 2. Dezember 2014. (nicht veröffentlicht)
- [24] Scheller, E., Küenzlen, J. (Hrsg.): Handbuch der Dübeltechnik – Grundlagen, Anwendungen, Praxis. Künzelsau: Swiridoff Verlag GmbH & Co. KG, 2013.
- [25] Küenzlen, J., Scheller, E.: Befestigung von Fenstern in Mauerwerk. Mauerwerk-Kalender 39 (2014), S. 139–182. Berlin: Ernst & Sohn.

#### Authors – Autoren:

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Jürgen Küenzlen M. A.  
 Dipl.-Ing. (FH) Eckehard Scheller  
 Adolf Würth GmbH & Co. KG  
 Reinhold-Würth-Straße 12–17, 74653 Künzelsau  
 Dipl.-Ing. Hermann Hamm  
 Inhaber Ingenieurbüro für Baustatik Glas und Stahlbau  
 Seestraße 9, 63571 Gelnhausen

## FENSTERMONTAGEKONSOLE W-ABZ



Obere Befestigung mit zwei Fenstermontageschienen W-ABZ auf Holmhöhe

### Absturzsichernde, justierbare Fensterbefestigung mit Zulassung

#### Absturzsichernde Montage mit Zulassung

#### Planbar, flexibel, sicher

Das Fenstermontagesystem W-ABZ ermöglicht Ihnen eine absturzsichernde Fenstermontage unter Berücksichtigung aller geltenden Richtlinien und Vorschriften.

#### Leistungsnachweis

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-14.4-728

Typbezeichnung	Länge x Breite x Höhe (L x B x H)	Distanzeinstellung max. (G)	Befestigungsabstand (a)	Art.-Nr.	VE
W-ABZ-D102-10-40	102 x 10 x 37,3 mm	40 mm	78 mm	<b>0479 740 102</b>	2/50
W-ABZ-D102-10-60	102 x 10 x 37,3 mm	60 mm	78 mm	<b>0479 760 102</b>	2/50
W-ABZ-D138-10-40	138 x 10 x 37,3 mm	40 mm	116 mm	<b>0479 740 138</b>	2/50
W-ABZ-D138-10-60	138 x 10 x 37,3 mm	60 mm	116 mm	<b>0479 760 138</b>	2/50
W-ABZ-D188-10-40	188 x 10 x 37,3 mm	40 mm	166 mm	<b>0479 740 188</b>	2/50
W-ABZ-D188-10-60	188 x 10 x 37,3 mm	60 mm	166 mm	<b>0479 760 188</b>	2/50
W-ABZ-D253-10-40	253 x 10 x 37,3 mm	40 mm	243 mm	<b>0479 740 253</b>	2
W-ABZ-D253-10-60	253 x 10 x 37,3 mm	60 mm	243 mm	<b>0479 760 253</b>	2

Ergänzende Produkte	Art.-Nr.
Selbstbohrende Fassadenbauschraube mit Sechskantkopf und Flansch piasta®	<b>0214 816 325</b>
ASSY® 3.0 Kombi Holzbauschraube	<b>0184 208 80</b>
Betonschraube mit Panhead W-BS/S	<b>5929 146 025</b>
Kunststoff-Rahmendübel W-UR F 8, Stahl verzinkt 8 x 60 mm	<b>0912 808 802</b>
Kunststoff-Rahmendübel W-UR F 8, Stahl verzinkt 8 x 80 mm	<b>0912 808 803</b>
Injektionsmörtel Allrounder WIT-VM 250	<b>0903 450 202</b>

#### Hinweis

Grundlage der Bemessung sind folgende Zulassungen, Normen und Richtlinien:

- Z-14.4-728 Absturzsichernde Fensterelementbefestigung
- ETA-08/0190 Kunststoffdübel als Mehrfachbefestigung von nicht-tragenden Systemen zur Verankerung in Beton und Mauerwerk

- ETA-11/0190 Selbstbohrende Schraube als Holzverbindungsmittel
- ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz sichern“
- Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren insbesondere Kapitel 5 (Art. Nr.: 5995000000).
- Eurocode 1 - Einwirkungen

#### Anwendungsgebiet

- Kalksandvollstein, Beton, Nadelholz C24
- Für die absturzsichernde Fenstermontage

#### Anleitung

- Bitte beachten Sie die Montageanleitung!
- Das Fenstermontagesystem W-ABZ wird zur Absturzsicherung zusätzlich zu Ihrer Fensterbefestigung angebracht.
- Zusätzlich kann das Befestigungssystem W-ABZ auch umlaufend montiert und als zugelassenes Befestigungssystem zur Fensterbefestigung eingesetzt werden. Zum Beispiel kann die Einleitung der Windlast ermittelt und nachgewiesen werden.