

# Statik **Statics**

Zur Vermeidung von Risiken sind die statischen Anforderungen des Objektes zu berücksichtigen. Bei höheren Gebäuden ist besonders das Thema Absturzsichernde Verglasung von Bedeutung.







# **Dimensionierung von Fenstern** und Fassaden

Dimensions of windows and

Einsatzempfehlungen unter Berücksichtigung von externen Faktoren und Elementgrößen.

Recommendations with

# Allgemeine Statik

General statics

Grundlagen und Berechnungswege der Trägheitsmomente und Lasten.

Basics of and calculation

# Absturzsichernde Verglasung

Safety barrier glazing

Anwendungsfälle und Vorgaben zur Absturzsicherung von Verglasungen entsprechend der TRAV.

Seite 34

Seite 40

Seite 43

# Dimensionierung

# Dimensioning

Bei der Bemessung von Rahmen-, Pfosten- und Riegelprofilen muss grundsätzlich zwischen Fenstern und Fassaden unterschieden werden.

#### Fenster

Ein in eine Wandöffnung zwischen zwei Geschossdecken eingebautes Element, bestehend aus Fensterrahmen und gegebenenfalls zu öffnenden Flügeln mit Glas oder sonstigen Füllungen. Es dient im wesentlichen zur Belichtung und Belüftung der Räume und trennt das Innenklima vom Außenklima.

When calculating the profile sizes for frames, mullions and transoms, a distinction must be made between windows and façades.

### Window

A unit installed in a wall opening between two floors, consisting of a window frame and, possibly, vents with glass or another infill for opening. It serves primarily to

#### **Fassade**

Ein geschosshoch oder geschossübergreifendes vorgehängtes oder aufgeständertes Bauteil. Ein öffenbares Bauteil, zu Lüftungszwecken in die Fassade integriert, wird demnach als Fenster betrachtet.

#### Produktnormen

Fenster sind entsprechend der DIN EN 14351-1 "Produktnorm Fenster und Außentüren" zu bemessen. Diese Norm legt materialunabhängige Leistungseigenschaften fest und gilt für betriebsfertige Fenster und Fenstertüren zum Einbau in senkrechte Wandöffnungen oder in geneigte Dächer (Dachflächenfenster).

light and ventilate the rooms and separates the internal climate from the external climate.

# Façade

A storey-height or multi-storey, suspended or self-supporting construction unit.

A component that can be opened and integrated in the façade for ventilation purposes is therefore considered to be a window. Sie gilt ebenfalls für betriebsfertige Außentüren und zusammengesetzte Elemente. Die Außentüren, Fenster und Fenstertüren sowie die zusammengesetzten Elemente sind nicht als tragende Bauteile geeignet.

Die technischen Merkmale von Vorhangfassaden werden in der Produktnorm DIN EN 13830 "Vorhangfassaden" beschrieben. Der Begriff Vorhangfassade umfasst im Allgemeinen folgende Konstruktionsformen: Pfosten-Riegel-Konstuktionen, Elementbauweise oder Brüstungsbauweise. Diese Norm gilt für vertikale Konstruktionsformen und solche die bis zu 15° von der Vertikalen

#### **Product standards**

abweichen.

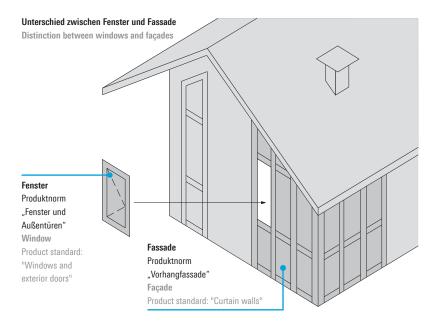
Windows must be measured in accordance with DIN EN 14351-1 for "windows and exterior doors". This standard defines performance attributes for all materials and applies to readymade windows and window doors for installation in vertical wall openings or in sloped roofs (roof windows).

This applies to both ready-made exterior doors and assembled units. The exterior doors, windows, window doors and assembled units are not suitable as load-bearing components. The technical characteristics of curtain walls are described in the DIN EN 13830 product standard for "curtain walls".

Generally, the term curtain

wall covers the following constructions: mullion/transom constructions, unitised constructions or spandrel constructions.

This standard applies to vertical constructions and designs at angles of up to 15° from the vertical.



### **Dimensionierung Fenster**

Die folgende Tabelle zeigt die Einsatzempfehlungen für Fenster und Außentüren. Weitere Einzelheiten zu Einsatzempfehlungen für Fenster und Außentüren siehe Kapitel Bauphysik "Dichtheit von Gebäuden".

### **Dimensioning windows**

The following table shows the recommendations for windows and exterior doors. For more detailed recommendations for windows and external doors, see the Building Physics chapter "Weathertightness of buildings".

#### Einsatzempfehlungen für Fenster und Außentüren bei vereinfachter Annahme bis 25 m

Recommendations for windows and exterior doors with simplified assumptions up to 25 m

Kriterien Criteria	0 - 10 m Geländekategorie / Terrain category			> 10 - 18 m Geländekategorie / Terrain category			> 18 - 25 m					
							Gelär	ndekategorie	/ Terrain cat	egory		
Windlastzone Wind load zone	Binnenland Inland	Küste und Inseln der Ostsee Coast and Baltic islands	Küste der Nordsee North Sea coast	Inseln der Nordsee North Sea islands	Binnenland Inland	Küste und Inseln der Ostsee Coast and Baltic islands	Küste der Nordsee North Sea coast	Inseln der Nordsee North Sea islands	Binnenland Inland	Küste und Inseln der Ostsee Coast and Baltic islands	Küste der Nordsee North Sea coast	Inseln der Nordsee North Sea islands
Einbauhöhe der	Einbauhöhe der Fenster im mittleren Bereich / Installation height of windows in the middle area											
1	B2-4A*-2				B2-4A-3				B2-4A-3			
Windlast Wind load	0,50 kN/m <sup>2</sup>				0,65 kN/m <sup>2</sup>				0,75 kN/m <sup>2</sup>			
2	B2-4A-2	B2-4A-2			B2-4A-3	B3-7A-3			B2-4A-3	B3-7A-3		
Windlast Wind load	0,65 kN/m <sup>2</sup>	0,85 kN/m <sup>2</sup>			0,80 kN/m <sup>2</sup>	1,00 kN/m <sup>2</sup>			0,90 kN/m <sup>2</sup>	1,10 kN/m <sup>2</sup>		
3	B2-4A-2	B3-7A-2			B2-4A-3	B3-7A-3			B3-7A-3	B3-7A-3		
Windlast Wind load	0,80 kN/m <sup>2</sup>	1,05 kN/m <sup>2</sup>			0,95 kN/m <sup>2</sup>	1,20 kN/m <sup>2</sup>			1,10 kN/m <sup>2</sup>	1,30 kN/m <sup>2</sup>		
4	B2-4A-2	B3-7A-2	B3-7A-2	B3-7A-3	B3-7A-3	B3-7A-3	B3-7A-3	Berechnung	B3-7A-3	B4-9A-3	B4-9A-3	Berechnung
Windlast Wind load	0,95 kN/m <sup>2</sup>	1,25 kN/m <sup>2</sup>	1,25 kN/m <sup>2</sup>	1,40 kN/m <sup>2</sup>	1,15 kN/m <sup>2</sup>	1,40 kN/m <sup>2</sup>	1,40 kN/m <sup>2</sup>	erforderlich Calculation required	1,30 kN/m <sup>2</sup>	1,55 kN/m <sup>2</sup>	1,55 kN/m <sup>2</sup>	erforderlich Calculation required

Einbauhöhe der Außentüren im mittleren Bereich / Installation height of exterior doors in the middle area							
Windlastzone	B2-4A*-2	B2-4A*-2	Gesonderte Ermittlung erforderlich	Gesonderte Ermittlung erforderlich			
Wind load zone	DZ-4A -Z	DZ-4A -Z	Special calculation required	Special calculation required			

- \* Die Klassifizierung bei Schlagregendichtheit unterscheidet zwischen geschützter Lage (B) und ungeschützter Lage (A).
- between protected position (B) and unprotected position (A)

The values specified in the table are reference values. In the event of gale force storms, draughts at windows and exterior doors must not be excluded. The values specified in the table only apply to the centre area of a

wall area.

\* The classification for watertightness distinguishes

Quelle: IFT-Richtlinie "Einsatzempfehlungen für Fenster und Außentüren"

Source: IFT guidelines: "Recommendations for windows and exterior doors"

Die in der Tabelle angegebenen Werte stellen Anhaltswerte dar. Sollten orkanartige Stürme auftreten sind Zuglufterscheinungen an Fenstern und Außentüren nicht auszuschließen. Die in der Tabelle angegebenen Werte sind nur für den mittleren Bereich einer Wandfläche anwendbar.

# Anforderungen Windlast

# Windload requirements

#### Windlastzone

Deutschland ist in vier verschiedene Windlastzonen unterteilt. Die Einteilung erfolgt nach der Bezugswindgeschwindigkeit, die als das maximale 10-Minuten-Mittel der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Geländeoberkante für in ebenen, offenen Geländen bei einer jährlichen Auftretenswahrscheinlichkeit von 0,02 (wird allgemein auch als Wind mit einer Wiederkehrperiode von 50 Jahren bezeichnet) definiert ist.

Windlastzone 1: Entspricht einer Bezugswindgeschwindigkeit von 22,5 m/s (Windstärke 9).

**Windlastzone 2:** Entspricht einer Bezugswindgeschwindigkeit von 25,0 m/s (Windstärke 10).

**Windlastzone 3:** Entspricht einer Bezugswindgeschwindigkeit von 27,5 m/s (Windstärke 10).

**Windlastzone 4:** Entspricht einer Bezugswindgeschwindigkeit von 30,0 m/s (Windstärke 11).

# Geländekategorie

Das Gelände ist in vier Geländekategorien eingeteilt. Die Geländekategorie ist maßgebend für die Windprofile und für die Windgeschwindigkeiten. Zu den vier Geländekategorien gibt es noch 2 Mischprofile.

Das Mischprofil Küste beschreibt die Verhältnisse im Übergangsbereich zwischen Geländekategorie I und II. Das Mischprofil Binnenland beschreibt die Verhältnisse im Übergangsbereich zwischen der Geländekategorie II und III.

# Wind load zone

Germany is divided into four different wind load zones. The division is made according to the reference wind speed, which is defined as the maximum wind speed averaged over 10 minutes at 10 m above ground level in flat, open terrain with an annual probability occurence of 0.02 (generally also referred to as wind with a 50-year return period).

Wind load zone 1: equivalent to a reference wind speed of 22.5 m/s (gale force 9).

Wind load zone 2: equivalent to a reference wind speed of 25.0 m/s (gale force 10).

Wind load zone 3: equivalent to a reference wind speed of 27.5 m/s (gale force 10).

Wind load zone 4: equivalent to a reference wind speed of 30.0 m/s (gale force 11).



Windlastzonenkarte aus DIN 1055-4 Map of wind load zones from DIN 1055-4

# **Terrain category**

Terrain is divided into four terrain categories. The terrain category determines the wind profiles and wind speeds.

In addition to the four terrain categories, there are 2 further combination profiles.

The coast combination profile describes the conditions in the transition area between terrain category I and II. The inland combination profile describes the conditions in the transition area between terrain category II and III.

Geländekategorie Terrain category	Beschreibung Description
1	Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes, flaches Land ohne Hindernisse Open sea; lakes with at least 5 km of open expanse downwind; flat terrain without any obstacles
II	Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z.B. landwirtschaftliches Gebiet Terrain with hedges, individual farms, houses or trees, e.g. agricultural region
Ш	Vorstädte; Industrie- oder Gewerbegebiete; Wälder Suburbs; industrial or commercial areas; forests
IV	Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet Urban areas where at least 15 % of the area is covered with buildings, the average height of which exceeds 15 m
Mischprofil Küste Coast combination profile	Übergangsbereich zwischen Geländekategorie I und II Transition area between terrain category I and II
Mischprofil Binnenland Combination of profiles, inland	Übergangsbereich zwischen Geländekategorie II und III Transition area between terrain category II and III

# Dimensionierung Fassaden

Dimensioning façades

# Lastannahmen für statische Dimensionierung von Vorhangfassaden

Die für die Dimensionierung der Tragglieder benötigten Windlasten sind der DIN 1055 Teil 4 (Ausgabe 2005) zu entnehmen, falls in der Ausschreibung nicht objektbezogene Lasten angegeben werden.

### Grenzwerte der Durchbiegung

Vorhangfassaden gelten nicht als tragende Teile eines Gebäudes und dürfen keine Kräfte aus dem Gebäude aufnehmen. Sie müssen über die dafür vorgesehenen Befestigungselemente die Windund Eigenlasten sicher auf das Gebäude übertragen.

Für die statische Auslegung gibt die DIN 1055-T4 spezielle Außendruckbeiwerte  $c_p$  vor (siehe Tabelle).

Die auftretende frontale Durchbiegung der Profile der Vorhangfassade darf zwischen den Auflage- bzw. Verankerungspunkten aufgrund der äußeren Belastung folgende Grenzwerte nicht überschreiten:

max. f = L/200 bzw.

max. f ≤ 15 mm je nachdem welches der kleinere Wert ist. Vorhangfassaden müssen zusätzlich ihr Eigengewicht (z. B. Glaslast) und alle in der Ausführungsplanung vorgesehenen Belastungen (z. B. Sonnenschutz, Vorhangelemente) tragen. Auch diese Gewichtslasten müssen über die Befestigungselemente sicher in die vorhandene Konstruktion übertragen werden. Die maximale Durchbiegung feines horizontalen Riegels in Folge von Vertikallasten darf L/500 bzw. 3 mm nicht überschreiten.

# Design loads for structural calculations for curtain walls

If non project-related loads are indicated in the specification, refer to DIN 1055 Part 4 (2005 version) for the wind loads required for dimensioning the supporting members.

### Limit values for deflection

Curtain walls are not classified as load-bearing components of a building and cannot take any forces from the building. They have to transfer the wind and dead loads to the building securely via the fixings. DIN 1055-T4 provides specific  $c_p$  external pressure coefficients for structural dimensioning (see table).

The frontal deflection of the curtain wall profiles cannot exceed the following limit values between the support or anchor points due to external loading: max. f = L/200 or max.  $f \le 15$  mm depending on which is the lower value.

Curtain walls must also bear their dead load (e.g. glass load) and all loads envisaged in the final planning stage (e.g. solar shading, curtain units). These weight loads must also be transferred securely to the existing construction via the fixings.

As a result of vertical loads, the maximum deflection (f) of a horizontal transom cannot exceed L/500 or 3 mm.

#### Außendruckbeiwerte für vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss

External pressure coefficients for vertical walls on buildings with a rectangular floor plan

Bereich / Area	,	4	ı	В		С	Druckbereich /	/ Pressure level D		E
h/d	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>						
≥ 5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0	),5	+0,8	+1,0	-(	1,5
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0	),5	+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

Für einzeln im offenen Gelände stehende Gebäude können im Sogbereich auch größere Sogkräfte auftreten. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Für Gebäude mit h/d > 5 ist die Gesamtwindlast anhand der Kraftbeiwerte aus DIN 1055-4:2005-03, Abschnitte 12.4 bis 12.6 und 12.7.1 zu ermitteln.

For individual buildings on an open site, large negative wind loads can occur in the negative wind load area. Intermediate values may be calculated using linear interpolation. The total wind load for buildings with h/d > 5 must be calculated using the force coefficients in DIN 1055-4:2005-03, sections 12.4 to 12.6 and

can occur in the negative wind load area. Source: DIN 1055-4
e values may be calculated using linear

# Einteilung der Bereiche für Außendruckbeiwerte für vertikale Wände

Division of areas for external pressure coefficients for vertical walls

e = b oder 2 h, der kleinere Wert ist maßgebend

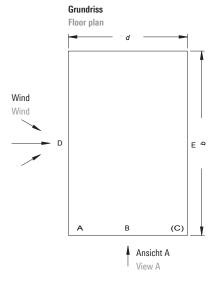
b = Abmessung quer zum Wind

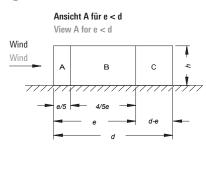
h = Gebäudehöhe

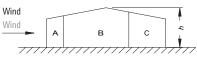
e = b or 2 h, whichever is lower

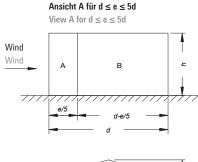
b = dimension at right angles to the wind

h = building height



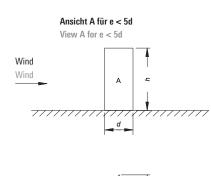


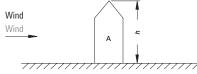




Wind

Wind





Quelle: DIN 1055-4 Source: DIN 1055-4

Quelle: DIN 1055-4

# Dimensionieren von Pfosten und Riegeln im Fassadenbau

Wird ein Pfostenprofil auf zulässige Durchbiegung f bemessen, so bleibt bei Unterteilung in mehrere Glasfelder die geringere Durchbiegung der einzelnen Glaskanten unberücksichtigt, solange die Glasdurchbiegung unter L/200 bzw. 15 mm bleibt.

# Scheibendurchbiegung

 $f_{Scheibe} = f_P x (H/L)^2 = Scheiben$ durchbiegung

f<sub>P</sub> = Durchbiegung Pfostenprofil

H = Länge der größten Scheibenkante

L = Pfostenlänge

Maßgebend für die Durchbiegung eines Profils ist seine Steifigkeit  $S = E \times I_x$ . Die Durchbiegung eines Pfostenprofils ist somit unabhängig von der Festigkeit des verwendeten Materials. Sie wird beeinflusst vom Elastizitätsmodul E (Aluminium E = 7000 kN/cm², Stahl E = 21000 kN/cm²) als Material-

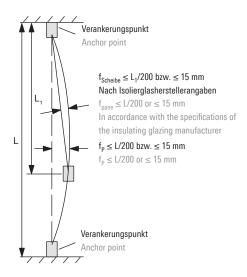
konstante und vom Trägheitsmoment I (cm<sup>4</sup>), das von der Geometrie des Profilquerschnittes abhängt. Um die vorgegebene erlaubte maximale Durchbiegung f bzw. f<sub>v</sub> einzuhalten, muss das lastabtragende Pfosten- oder Riegelprofil eine entsprechende Steifigkeit besitzen.

Das erforderliche Trägheitsmoment  $I_x$  (cm $^4$ ), kann rechnerisch durch Aufbringung der entsprechenden Belastung (Winddruck, Windsog, Verkehrslasten) ermittelt werden.

Im Vergleich zum Stahl ist das Elastizitätsmoduls von Aluminium nur ein Drittel so groß und damit auch die Verformung von Aluminiumprofilen drei mal so groß wie bei geometrisch gleichen Stahlprofilen.

Bei Aluminiumkonstruktionen wird die Gebrauchstauglichkeit von der Durchbiegungsgrenze bestimmt und die zulässigen Biegespannungen selten ausgenutzt.

Zur Bestimmung der Durchbiegung dienen nachfolgende Belastungsfälle.



Begrenzung der Scheibendurchbiegung Limit of pane deflection

# Dimensioning of mullions and transoms in façade construction

If a mullion profile is assessed for permissible deflection f, the lower deflection of the individual glass edges is not considered when subdividing into several glass fields, as long as the glass deflection remains below L/200 or 15 mm.

### Pane deflection

 $f_{pane} = f_{p} x (H/L)^{2} = Pane$ deflection

f<sub>P</sub> = Deflection of mullion profile

H = Length of the longest pane edge

L = Length of mullion

The deflection of a profile is determined by its rigidity  $S = E \times I_x$ .

The deflection of a mullion profile will therefore not depend on the strength of the material used. It is influenced by the modulus of elasticity E (aluminium  $E = 7000 \text{ kN/cm}^2$ , steel  $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$ ) as a material constant and by the moment of inertia I (cm<sup>4</sup>), which will depend on the geometry of the profile cross section. To keep within the maximum permissible deflection level f or f,, the loadbearing mullion or transom profile must be sufficiently rigid. The required moment of inertia l, (cm<sup>4</sup>) can be calculated by applying the relevant load (wind load, negative wind load, live loads).

The modulus of elasticity of aluminium is only a third that of steel.

The deformation of aluminium profiles is therefore three times greater than that of geometrically identical steel profiles. The useability of aluminium constructions is determined by the deflection limit. The permissible bending stresses are rarely exploited.

The following loading scenarios are intended to help calculate deflection.

# Allgemeine Statik

# General statics

# Lastannahme für Fassaden und Fenster

Design load for façades and windows

# Rechteckbelastung

Bei Fassaden aus Pfosten-/Riegel-Konstruktionen werden in der Regel die Kräfte über den Pfosten in den Baukörper übertragen. Die Belastung aus Windlast erfolgt senkrecht zur Verglasung. Es wird eine gleichmäßig verteilte Streckenlast/Gleichlast für die Berechnung angenommen.

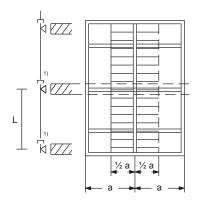
### Rectangular loading

As a rule, in façades made from mullion/transom constructions, the forces are transferred to the building structure via the mullions. Loading from wind is perpendicular to the glazing. An evenly distributed load is assumed for the calculation.

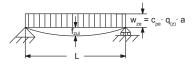
# 1-Feld-Träger

Träger läuft über eine Geschosshöhe

1 field load-bearing support Load-bearing support runs across one storey



- Der Belastungsfall "horizontale Nutzlast" ist gegebenenfalls gesondert zu prüfen!
- The horizontal dynamic load must be tested separately, if required.



# Erforderliches Trägheitsmoment (erf. $I_x$ ):

Required moment of inertia (erf.  $I_x$ ):

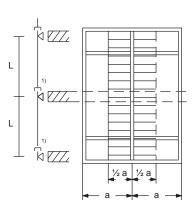
erf. 
$$I_x = \frac{5 \cdot q_{(z)} \cdot c_{pe} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{zul}} [cm^4]$$

E-Modul Aluminium Modulus of elasticity for aluminium	E = 7000 kN/cm <sup>2</sup>
E-Modul Stahl Modulus of elasticity for steel	21000 kN/cm <sup>2</sup>
Windlast Wind load	w <sub>ze</sub> [kN/cm <sup>2</sup> ]
Rastermaß Module size	a [cm]
Zulässige Durchbiegung Permissible deflection	f <sub>zul</sub> [cm]
Lagerabstand Distance between bearings	L [cm]
Böengeschwindigkeitsdruck Velocity pressure of gusts	q <sub>(z)</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Außendruckbeiwert External pressure coefficient	c <sub>pe</sub>

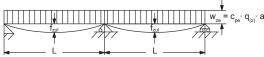
# 2-Feld-Träger

Ein ungeteilter Träger läuft über 2 Geschosse

**2 field load-bearing support** A single load-bearing support runs across two storeys



- Der Belastungsfall "horizontale Nutzlast" ist gegebenenfalls gesondert zu prüfen!
- The horizontal dynamic load must be tested separately, if required.



# Erforderliches Trägheitsmoment (erf. $I_x$ ), bei gleichen Stützweiten gilt:

Required moment of inertia (erf.  $I_x$ ), for identical span widths:

erf. 
$$I_x = \frac{c_{pe} \cdot q_{(z)} \cdot a \cdot L^4}{185 \cdot E \cdot f_{zul}} [cm^4]$$

erf. 
$$W_x = 70.4 \cdot c_{pe} \cdot q_{(z)} \cdot a \cdot L^2 \text{ [cm}^3\text{]}$$

[zul. 
$$\sigma_{LFH} = 88 \text{ N/mm}^2$$
]

# Erforderliches Widerstandsmoment Formel für Aluminium EN AW 6060 T66

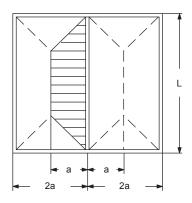
Required moment of resistance Formula for aluminium EN AW 6060 T66

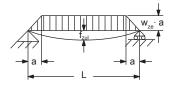
# Trapezbelastung (ohne Riegeleinfluss)

Lastannahme für rundum befestigte Lochfenster und Fassaden. Belastung senkrecht zur Verglasung. Lastaufteilung unter 45°. Ein beidseitig aufliegender Profilstab wird mit einer Trapezlast beaufschlagt.

# Trapezoidal loading (without effect of transom)

Design load for punched windows and façades fixed all around. Loading is perpendicular to the glazing. Load distribution is below 45°. A profile bar mounted on both sides is loaded with a trapezoidal load.





# Erforderliches Trägheitsmoment (erf. $I_x$ ):

Required moment of inertia (erf.  $I_x$ ):

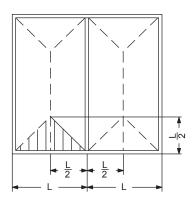
$$erf. \ I_x = \frac{a \cdot w_{ze} \ (5 \cdot L^2 - 4a^2)^2}{1920 \cdot E \cdot f_{zul}} \ cm^4$$

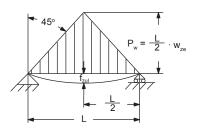
### Dreiecksbelastung

Lastannahme für rundum befestigte Lochfenster und Fassaden bzw. Riegel. Belastung senkrecht zur Verglasung. Lastaufteilung unter 45°. Ein beidseitig aufliegender Profilstab wird mit Dreieckslast beaufschlagt.

### **Triangular loading**

Design load for punched windows and façades or transoms fixed all around. Loading is perpendicular to the glazing. Load distribution is below 45°. A profile bar mounted on both sides is loaded with a triangular load.





Erforderliches Trägheitsmoment (erf.  $I_x$ ):

Required moment of inertia (erf. l<sub>v</sub>):

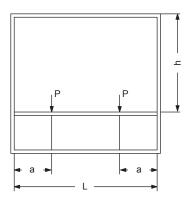
erf. 
$$I_x = \frac{1}{120} \cdot \frac{{}^{L}\!/_{2} \cdot w_{ze} \cdot L^4}{E \cdot f_{zul}} [cm^4]$$

#### Glaslasten

Lastannahme für Riegel in Fassaden und Riegel/Blendrahmen in Lochfenstern. Das Glasgewicht wird als Punktlast über die Klotzungsstellen in einen beidseitig gelagerten Profilstab eingeleitet.

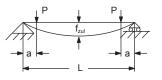
## Glass loads

Design load for transoms in façades and transom/outer frames in punched windows. The glass weight is transferred via the blocking points as a concentrated load to a profile bar supported on both sides.



Klotzungsabstand = a Scheibenhöhe = h [cm] Stützenweite = L [cm]

 $\begin{array}{ll} \mbox{Distance} \\ \mbox{between blocks} &= a \\ \mbox{Pane height} &= h \ [cm] \\ \mbox{Span} &= L \ [cm] \end{array}$ 



$$P = \frac{h \cdot L}{20000} q_G [kN]$$

$$I_{y \; Alu} = \; \frac{(P \cdot a)}{(24 \cdot 7000 \cdot f_{zul})} \cdot (3L^2 - 4a^2)$$

+ 
$$\frac{(1,88 \cdot R_G \cdot L^4)}{f_{zul.} \cdot 10^8}$$
 [cm<sup>4</sup>]

Lastannahmen Glas Design loads for glass					
$q_G = 0.15 \text{ kN/m}^2$	(Einfachglas) bis 8 mm Glas (Single glazing) up to 8 mm of glass				
$q_G = 0.30\;kN/m^2$	(Isolierglas) bis 12 mm Glas (Insulating glazing) up to 12 mm of glass				
$q_G=0.45\;kN/m^2$	(Dreifachglas) bis 18 mm Glas (Triple glazing) up to 18 mm of glass				
Riegelgewicht Transom weight	R <sub>G</sub> [kN/m]				
Punktlast = P Concentrated load = P	1/2 Glaslast [kN] 1/2 glass load [kN]				
Zulässige Durchbiegung Permissible deflection	$f_{zul.}$ [cm] $\leq$ 3 mm bzw. L/500 <sup>1)</sup>				
Klotzungsabstand Distance between blocks	a [cm]				

 $<sup>^{1)}</sup>$  bei Stützweiten bis L = 1500 mm beachten

 $<sup>^{1)}</sup>$  Observe for spans up to  $L=1500\ mm$ 

# Absturzsichernde Verglasung

# Safety barrier glazing

# TRAV 2003 – nationale Regel in Deutschland

Absturzsichernde Verglasungen sichern Absturzhöhen. Die zu sichernde Absturzhöhe wird von der jeweiligen Landesbauordnung festgelegt und beträgt ≥ 1 m Höhendifferenz hinter der zu sichernden Verkehrsfläche. Abweichend hiervon gilt derzeit in Bayern ≥ 0,50 m als Absturzhöhe. Die Bestimmung der ETB-Richtlinie "Bauteile, die gegen Absturz sichern" sind für Glas nicht anwendbar! Die "Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen" (TRAV) wurde in der Fassung Januar 2003 veröffentlicht und ist Stand der Technik für absturzsichernde Verglasungen.

Absturzsichernde Verglasungen werden grundsätzlich in dieser Baubestimmung geregelt.

Absturzsichernde Verglasungen, die nicht den Anwendungsbereich oder den Vorgaben der TRAV entsprechen, bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) der jeweiligen obersten Bauaufsichtsbehörde. Im Rahmen der Technischen Regeln muss ein rechnerischer Nachweis der Tragfähigkeit unter statischen Einwirkungen und ein Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßartigen Einwirkungen geführt werden. Für den statischen Nachweis müssen je nach Anwendungsfall horizontale Verkehrslasten (Holmlast), Windlasten und Klimalasten berücksichtigt werden. Der statische Nachweis muss immer geführt werden.

Für den Stoßnachweis gibt es gemäß TRAV drei Varianten:

- Die Verglasung entspricht den Vorgaben nach Abschnitt 6.3 und den Tabellen 2 bis 4 der TRAV. Dann ist der Stoßnachweis bereits erfüllt.
- Die Verglasung lässt sich nach Abschnitt 6.4 und Anhang C der TRAV in einem vereinfachten Verfahren rechnerisch nachweisen.
- Die Stoßsicherheit wird nach Abschnitt 6.2 der TRAV experimentell nachgewiesen.
   Der experimentelle Nachweis muss mit dem Pendelkörper in Anlehnung an DIN EN 12600 (1996-12) in der Regel an Originalbauteilen entsprechenden Konstruktionen durchgeführt werden.

# TRAV 2003 – a nationwide regulation in Germany

Heights are made secure by using safety barrier glazing. The height from which safety barrier glazing is necessary is defined by the relevant local building regulations and is  $\geq 1$  m difference in height beyond the thoroughfare to be secured. In Bavaria, however, the height is currently  $\geq 0.50$  m. The regulations of the ETB guideline on "safety barriers" do not apply to glass.

TRAV (technical regulations for use of safety barrier glazing) was published in January 2003 and reflects the latest technical developments for safety barrier glazing.

Safety barrier glazing is regulated by these building regulations. Safety barrier glazing, which does not fall within the scope or the requirements of TRAV, requires general building authority approval or project-based approval by the relevant highest building authority.

Within the framework of the Technical Regulations, calculated proof must be obtained for the load-bearing capacity under static conditions, as well as proof of the load-bearing capacity under impact loading. Depending on the area of use, horizontal live loads (transom loads), wind loads and climate loads must be taken into account in the structural calculations. The structural integrity calculations must always be carried out.

In accordance with TRAV, there are three ways of proving impact resistance:

- If the glass meets the requirements under section 6.3 and tables 2 to 4 of TRAV, its impact resistance is already proven.
- Calculated proof can be obtained for the glass in a simplified procedure in accordance with section 6.4 and appendix C of TRAV.
- Impact resistance is proven in an experimental test in accordance with section 6.2 of TRAV. As a rule, the experimental test must be carried out on the basis of DIN EN 12600 (1996-12) on the original building components of relevant constructions using a pendulum body.

# Anwendungsfälle und Glasarten für absturzsichernde Verglasungen gemäß TRAV Uses and glass types for safety barrier glazing in accordance with TRAV

Es werden in der technischen Regel drei verschiedene Kategorien von absturzsichernden Verglasungen unterschieden (Kat. A, B, C). Die Anforderungen an die Kategorie A sind am höchsten, die an Kategorie C am niedrigsten.

Die Glasscheibe muss die statische Holmlast aufnehmen können. Der Spannungsnachweis ist nach den "Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV)" zu führen.

Die Holmhöhe (0,9 - 1,1 m) richtet sich nach der jeweiligen Landesbauordnung. Es dürfen alle in den TRLV geregelten Glasarten und Gläser mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (z. B. TVG) verwendet werden.

Die Dicke der Einzelscheiben von VSG dürfen sich nur um den Faktor 1,5 unterscheiden! Prinzipiell kann in den nachstehenden Anwendungsfällen anstelle von Floatglas auch TVG, bei VSG auch TVG anstelle von ESG oder Floatglas verwendet werden.

# Kategorie A

Die Absturzsicherung wird nur über die linienförmig gelagerte Verglasung sichergestellt. Beispiele:

- Raumhohe Wandverglasungen ohne durchgängigen Handlauf/ Riegel, bei denen alle Kanten gegen Stoßbelastung geschützt sind
- Unten eingespannte Ganzglasbrüstung ohne Handlauf sind in der TRAV nicht erfasst und bedürfen daher der Zustimmung im Einzelfall

### Kategorie B

 Unten eingespannte Ganzglasbrüstungen mit durchgehendem, statisch tragenden Handlauf

Zulässige Glasarten nach TRAV:

- Einfachverglasung
- VSG aus ESG oder TVG

The technical regulations distinguish three categories of safety barrier glazing (categories A, B and C). Category A has the highest requirements and category C, the lowest.

The pane of glass must be able to take the static transom load.

Stress detection must be carried out in accordance with the "Technical Regulations for the Use of Continuously Supported Glazing (TRLV)".

The transom height (0.9 - 1.1 m) will depend on the relevant local building regulations. All types of glazing with general building authority approval (e.g. partially toughened safety glass) regulated by the TRLV can be used. The thickness of the individual panes of laminated safety glass can only differ by a factor of 1.5. In principle, in the following cases, partially toughened safety glass can also be used instead of float glass. In the case of laminated safety glass, partially toughened safety glass can also be used instead of toughened safety glass or float glass.

#### Category A

The safety barrier is only secured by the overhead glazing. Examples:

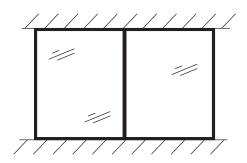
 Room-height glazing without continuous handrails/transoms, where all the edges are protected against impact loads  Bottom fixed spandrel glazing without handrails are not covered by TRAV and approval is therefore required for individual projects

## Category B

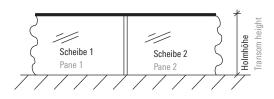
 Bottom fixed spandrel glazing with continuous, static loadbearing hand rail

Permissible glass types in accordance with TRAV:

- Single glazing
- Laminated safety glass made from toughened safety glass or partially toughened safety glass



Beispiel Kategorie A Category A example



Beispiel Kategorie B Category B example

# Kategorie C

 Rein ausfachende Verglasungen, d.h. die Verglasung dient nicht zum Abtragen von Holmlasten, dieses leistet eine unabhängige Konstruktion

Die TRAV unterscheidet zusätzlich in:

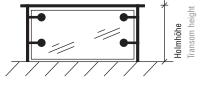
- C1: An mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten linienförmig und/oder punktförmig gelagerte Geländerausfachungen
- C2: Unterhalb eines in Holmhöhe angeordneten, lastabtragenden Querriegels befindliche und an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten linienförmig gelagerte Vertikalverglasungen
- C3: Verglasungen der Kategorie A, mit vorgesetztem lastabtragendem Holm in baurechtlich erforderlicher Höhe

## **Category C**

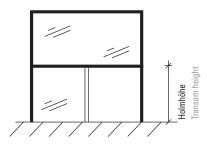
 Glass infills, i.e. glazing is not used to support transom loads.
 This is provided by an independent structure

TRAV makes a further distinction as follows:

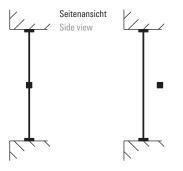
- C1: Overhead and/or pointfixed balustrade infill panels retained on at least two opposing sides
- C2: Overhead vertical glazing located below a load-bearing cross bar arranged at transom height and retained on at least two opposing sides
- C3: Category A glazing with façade-mounted, load-bearing transom at the height specified by building regulations



Beispiel Kategorie C1 Category C1 example



Beispiel Kategorie C2 Category C2 example



Beispiel Kategorie C2 Category C2 example

Beispiel Kategorie C3 Category C3 example

### Glaserzeugnisse für absturzsichernde Verglasung

Glass products for safety barrier glazing

Kategorie Category	Einfach- verglasung	Isolierverglasung Insulating glazing				
	Single glazing	Innen / Inside	Außen / outside			
А	VSG <sup>4)</sup>	VSG <sup>4)</sup> ESG <sup>3)</sup> VG (aus ESG) / VG (made from ESG) <sup>3)</sup>	Beliebig / Any <sup>2)</sup> VSG <sup>4)</sup> VSG <sup>4)</sup>			
В	VSG 4)					
C1, C2	VSG <sup>4)</sup>	ESG VSG <sup>4)</sup>	Beliebig / Any <sup>2)</sup>			
C3	VSG <sup>4)</sup>	$ \begin{tabular}{ll} VSG $^{4)} \\ ESG $^{3)} \\ VG $(aus ESG) / VG $(made from ESG)$^{3)} \\ \end{tabular} $	Beliebig / Any <sup>2)</sup> VSG <sup>4)</sup> VSG <sup>4)</sup>			
C1, C2 Allseitig, linienförmig gelagert Held in position on all sides	ESG <sup>3)</sup>					

Quelle: TRAV 2003 Source: TRAV 2003

- 1) Stoßzugewandte Seite (Angriffsseite)
- <sup>2)</sup> Spiegelglas, Gussglas (Drahtglas, Ornamentglas), Einscheiben-Sicherheitsglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Teilvorgespanntes Glas und Borosilikatglas (mit Allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung für die Verwendung im Rahmen der "TRLV")
- <sup>3)</sup> Anwendungsbereiche, in denen die technischen bzw. bauaufsichtlichen Bestimmungen ESG mit Heißlagerungsprüfung (heat-soak-test) fordern, ist ESG-H nach Bauregelliste A, Teil 1, zu verwenden.
- <sup>4)</sup> Dicken der Einzelscheiben von VSG dürfen sich nur um den Faktor 1,5 unterscheiden, z. B. VSG 20 aus 12 mm und 8 mm ist noch zulässig.
- 1) Impact side (contact side)
- Plate glass, cast glass (wired glass, ornamental glass), toughened safety glass, laminated safety glass, laminated glass, partially toughened safety glass and borosilicate glass (with general building authority approval for use in line with "TRLV")
- 3) For uses where the technical conditions or building authority regulations stipulate that TSG undergoes a heat-soak-test, TSG-H must be used in accordance with German Building Regulations List A, Part 1.
- <sup>4)</sup> Thicknesses of the individual panes of laminated safety glass can only differ by a factor of 1.5. e.g. LSG 20 consisting of 12 mm and 8 mm is still permissible.

# Einwirkungen gemäß TRAV

Impacts in accordance with TRAV

Wind (w), Horizontallast (h), usw. entsprechend den geltenden Baubestimmungen. Bei Isolierverglasungen sind Druckdifferenzen aufgrund von Umgebungsdruck und dem eingeschlossenem Gas zu berücksichtigen.

Lastfallkombinationen w + h/2; h + w/2; h + d; w + d Anprall von Personen

# Nachweis der Tragfähigkeit unter statischen Einwirkungen

Statischer Nachweis – zulässige Biegespannungen für Glas in TRAV oder Zulassungen Verformungen sind so zu begrenzen, das Gebrauchstauglichkeit gegeben ist. Durchbiegungsbegrenzungen für Glas entsprechend der technischen Baubestimmungen. Für Kategorie B muss der durchgehende Handlauf bei Ausfall eines Elementes Kräfte übertragen.

# Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßartiger Einwirkung

Experimenteller Nachweis: Pendelschlagversuch mit Zwillingsreifen (50 kg; 4,0 bar Reifendruck) nach DIN EN 12600

# Pendelfallhöhen

Kategorie A: 900 mm Kategorie B: 700 mm Kategorie C: 450 mm Wind (w), horizontal load (h), etc. according to the relevant building regulations. For insulating glazing, differences in pressure caused by atmospheric pressure and the trapped gas must be taken into account.

Load combinations

w + h/2; h + w/2; h + d; w + d

Soft body impact

# Proof of load-bearing capacity under static conditions

Structural calculations – permissible bending stresses for glass in TRAV or approvals for deformations must be limited to guarantee useability. Deflection limits for glass are in accordance with technical building regulations. For category B, the continuous handrail must tranfer forces in the event of a unit failing.

# Proof of load-bearing capacity under impact loading

Experimental test:
Pendulum impact test with dual tyres (50 kg; 4.0 bar tyre pressure) in accordance with DIN EN 12600

# Pendulum drop heights

Category A: 900 mm Category B: 700 mm Category C: 450 mm

# Verglasung mit versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit

Glazing with impact resistance proven in tests

### Konstruktive Bedingungen

Structural conditions

Kategorie Category	Typ Type	LinienförmigeLagerung Linear supports		/ Width		Height m	Glasaufbau von innen nach außen* Glass composition From inside to outside*
			Min.	Max.	Min.	Max.	mm
		500	1300	1000	2000	8 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG	
			1000	2000	500	1300	8 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG
			900	2000	1000	2100	8 ESG / SZR / 5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG
			1000	2100	900	2000	8 ESG / SZR / 5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG
	MIC	Allseitig	1100	1500	2100	2500	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG / SZR / 8 ESG
	MIG	On all sides	2100	2500	1100	1500	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG / SZR / 8 ESG
			900	2500	1000	4000	8 ESG / SZR / 6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
			1000	4000	900	2500	8 ESG / SZR / 6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
А			300	500	1000	4000	4 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG
			300	1300	1000	4000	4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG / SZR / 4 ESG
			500	1200	1000	2000	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
			500	2000	1000	1200	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
			500	1500	1000	2500	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
	Einfach Simple	· ·	500	2500	1000	1500	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
	Omplo		1200	2100	1000	3000	10 SPG / 0,76 PVB / 10 SPG
			1000	3000	1200	2100	10 SPG / 0,76 PVB / 10 SPG
			300	500	500	3000	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
		Allseitig	500	2000	500	1000	6 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG
		On all sides	500	1300	500	1000	4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG / SZR / 6 ESG
		Zweiseitig, oben/unten On two sides, top/bottom	1000	Beliebig Any	500	1000	6 ESG / SZR / 5 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
C1		Allseitig On all sides	500	2000	500	1000	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG
und / and	MIG		1000		500	800	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG
C2			800	Beliebig Any	500	1000	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG
		Zweiseitig, oben/unten	800	7 1117	500	1000	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG
		On two sides, top/bottom	500	800	1000	1100	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
			500	1000	800	1100	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
			500	1000	800	1100	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG
	MIC		500	1500	1000	3000	6 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG
C3	MIG	Allseitig	500	1300	1000	3000	4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG / SZR / 12 ESG
- 00	Einfach Simple	On all sides	500	1500	1000	3000	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG

\* Mit "innen" ist die Angriffseite, mit "außen" die Absturzseite der Verglasung gemeint

MIG Mehrscheiben-Isolierverglasung
SZR Scheibenzwischenraum, mindestens 12 mm

SPG Spiegelglas (Float-Glas)

ESG Einscheiben-Sicherheitsglas aus Spiegelglas

PVB Polyvinyl-Butyral-Folie

"Inside" refers to the contact side of the glazing, "Outside" refers to the "fall" side

MIG Multi-pane glazing

SZR Space between panes, min. 12 mm

SPG Plate glass (float glass)

ESG Toughened safety glass made from plate glass

PVB Polyvinyl butyral interlayer

Quelle: TRAV 2003 Source: TRAV 2003 Konstruktive Bedingungen für

die Anwendung der folgenden Tabelle auf punktförmig über Bohrungen gelagerte Verglasung der Kategorie C1 Mit durchgehender Verschraubung und beidseitigen kreisförmigen Klemmtellern jeweils im Eckbereich der Glastafeln befestigte rechteckige Geländerfüllungen (max. Höhe: 1,0 m) im Innenbreich (keine planmäßigen statischen Querlasten) aus VSG. Verschraubung und Klemmteller bestehen aus Stahl. Der Abstand der Glasbohrungsränder von den Glaskanten muss zwischen 80 und 250 mm betragen. Die Verglasungen müssen rechteckig und eben sein und dürfen außer den Befestigungsbohrungen nicht durch zusätzliche Bohrungen oder Ausnehmungen geschwächt sein. Die Klemmteller müssen die Glasbohrung mindestens 10 mm überdecken. Der direkte Kontakt zwischen Klemmtellern, Verschraubung und Glas, ist durch geeignete Zwischenlagen zu verhindern. Jede Glashalterung muss für eine statische Last von mindestens 2,8 kN ausgelegt sein. Die in der folgenden Tabelle genannten Vorgaben für die VSG-Tafeln sind einzuhalten. Zulässige Abweichungen von der Rechteckform sind in Anhang D angegeben. Die Einzelscheiben von VSG dürfen keine festigkeitsreduzierende Oberflächenbehandlung (z. B. Emailierung) besitzen.

# Structural conditions for use of the following table for category C1 glazing, point-fixed via holes

The balustrade infill panels are made from laminated safety glass and are used in inside areas (max. height 1.0 m). The pane of glass is screwed all the way through and fixed in place using circular clamping plates on both sides (there should be no structural lateral loads). The screws and clamping plates are made of steel. The distance between the edges of the holes in the glass and the edges of the glass itself must be between 80 and 250 mm. The glass must be rectangular and flat and, with the exception of the fixing holes, must not be weakened by additional holes or recesses. The clamping plates must cover the glass hole by at least 10 mm. Direct contact between the clamping plates, screws and glass is to be prevented by using appropriate liners. Each fixing point must be designed to withstand a structural load of at least 2.8 kN. The requirements for LSG panels listed in the following table must be adhered to. Permissible deviations from a rectangular shape are detailed in appendix D. The individual panes of laminated safety glass cannot have a surface treatment that reduces strength (e.g. enamelling).

### Vorgaben für punktförmig über Bohrungen gelagerte Geländerausfachungen aus VSG

Requirements for LSG balustrade infill panels, point-fixed via holes

Span :	weite* width* nm	Tellerdurchmesser Plate diameter	Glasaufbau Glass composition
Min.	Max.	mm	mm
500	1200	≥ 50	≥ (6 ESG / 1,52 PVB / 6 ESG)
500	1600	≥ 70	≥ (10 ESG / 1,52 PVB / 10 ESG)
500	1600	≥ 70	≥ (10 TVG / 1,52 PVB / 10 TVG)

Quelle: TRAV 2003 Source: TRAV 2003

<sup>\*</sup> maßgebender Abstand zwischen den Punkthaltern

<sup>\*</sup> Definitive distance between the point fixings

#### Vorgaben für VSG-Tafeln für Kategorie B

Requirements for LSG panels for category B

Breite / Width mm			Height m	Glasaufbau Glass composition
Min.	Max.	Min. Max.		mm
500	2000	900	1100	≥ (10 ESG / 1,52 PVB / 10 ESG)
500	2000	900	1100	≥ (10 TVG / 1,52 PVB / 10 TVG)

Quelle: TRAV 2003 Source: TRAV 2003

# **Nachweis mittels** Spannungstabellen

Nachweis der maximalen Biegespannungen mittels Tabelle. Nach Anhang C der TRAV dürfen die zulässigen Spannungen SPG (80 N/mm<sup>2</sup>); TVG (120 N/mm<sup>2</sup>; ESG (170 N/mm<sup>2</sup>) nicht überschreiten. Die Werte der maximal auftretenden Spannungen können aus den Tabellen Anhang C der TRAV für verschiedene Abmessungen und Dicken abgelesen werden. Konstruktive Vorgaben für linienförmig gelagerte Verglasungen aus TRAV Abschnitt 6.4 beachten.

# Verglasung mit versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit Vorgaben für punktförmig über

Bohrungen gehaltene Geländerausfachungen Kategorie C1 der TRAV sind zu beachten.

# Verification using stress tables

Verify the maximum bending stresses with reference to tables. In accordance with appendix C of TRAV, the permissible levels of stress which must not be exceeded are: pane glass (80 N/mm<sup>2</sup>), partially toughened safety glass (120 N/mm<sup>2</sup>) and toughened safety glass (170 N/mm<sup>2</sup>). For maximum stress values, refer to the tables in appendix C of TRAV for different dimensions and thicknesses. Observe the structural requirements for overhead glazing in TRAV, section 6.4.

# Glazing with impact resistance proven in tests

The requirements for TRAV category C1 balustrade infill panels, point-fixed via holes, must be adhered to.