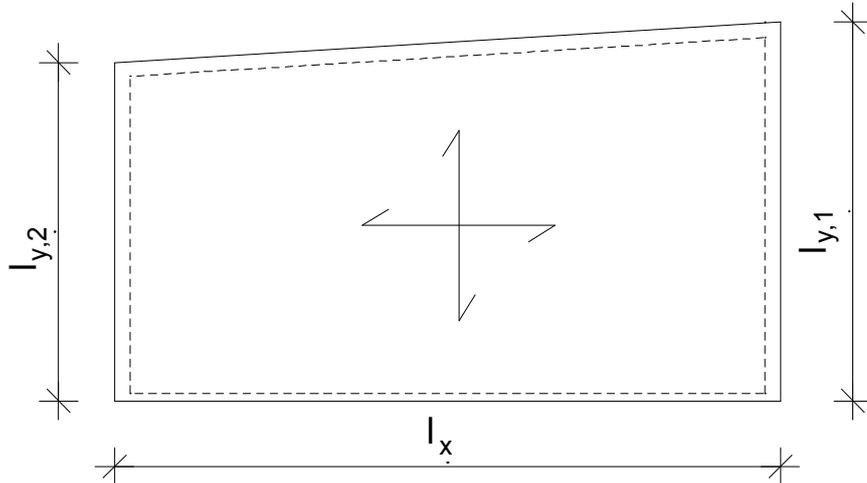


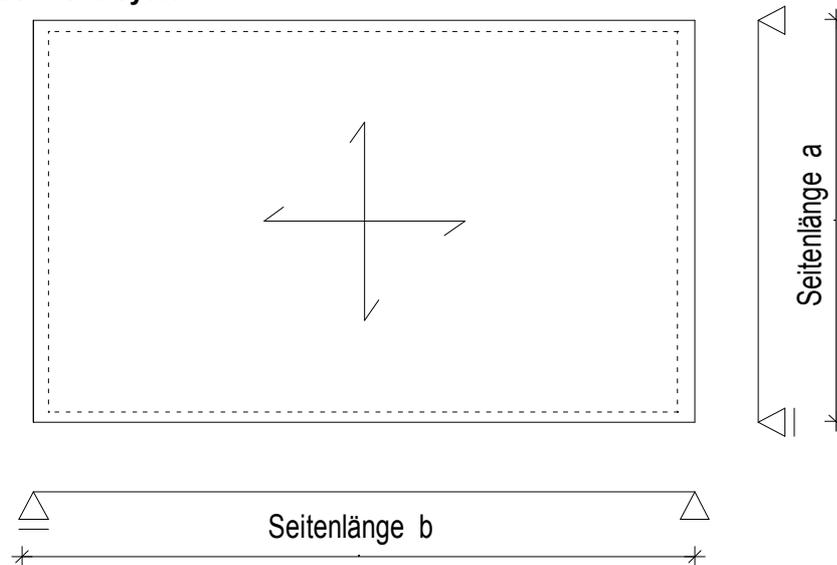
Begehbare Verglasung

Für begehbare Verglasung gibt es derzeit keine Technischen Baubestimmungen, sodass die Anwendung nur über eine Zustimmung im Einzelfall möglich ist. Für die Vereinfachung der Zustimmung im Einzelfall bei begehbaren Verglasungen, wurden vom Deutschen Institut für Bautechnik Empfehlungen für das Zustimmungsverfahren "Anforderung an begehbare Verglasungen" DiBt 2/2001 veröffentlicht. Nach den Empfehlungen sind planmäßig begehbare Verglasungen in der Regel aus VSG mit mindestens drei Glasscheiben herzustellen.



System: vierseitig linienförmig gelagerte trapezförmige begehbare Verglasung

statisches Ersatzsystem:



längere Seite $l_{y,1}$ =	1180 mm
kürzere Seite $l_{y,2}$ =	820 mm
Länge l_x =	1800 mm

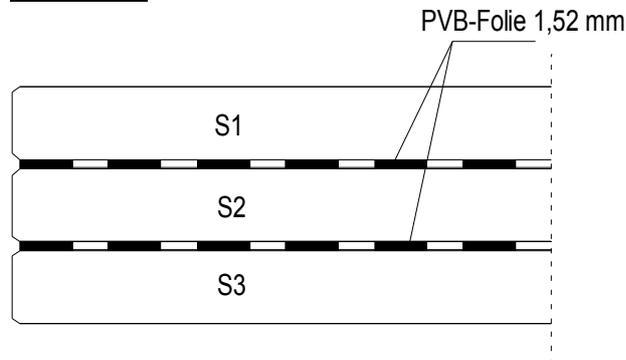
Die Umformung des trapezförmigen Systems an ein rechteckiges System erfolgt mit einem Berechnungsvorschlag in der prEN 13474 Teil 2, Anhang D.2. Man kann auch alternativ mit den max. Abmessungen oder den gemittelten Wert der Seitenlänge $(L_{y,1} + L_{y,2})/2$ die Seitenlänge a bestimmen.

Die Abmessungen der zu bemessenden Glasscheibe sind:

Kleinere Kantenlänge der Isolierverglasung
 $a = l_{y,2} + (l_{y,1} - l_{y,2}) * 2/3 = 1060 \text{ mm}$

Größere Kantenlänge der Isolierverglasung
 $b = l_x = 1800 \text{ mm}$

Glasaufbau



Materialkennwerte :

Die oberste Glasscheibe dient als Schutzschicht der tragenden Schichten aus mindestens zwei Glasscheiben. Aufgrund seiner Schlagfestigkeit ist ESG oder TVG als Schutzschicht vorgeschrieben.

Glasschicht s_1 =		bedrucktes TVG
Glasschicht s_2 =		TVG
Glasschicht s_3 =		TVG
Elastizitätsmodul E =		70000 N/mm ²
Querdehnzahl μ =		0,23
Wichte γ =		25 kN/m ³
Glasdicke d_{s1} =	GEW("Glas/Beyle_t";t;) =	10,00 mm
Glasdicke d_{s2} =	GEW("Glas/Beyle_t";t;) =	12,00 mm
Glasdicke d_{s3} =	GEW("Glas/Beyle_t";t;) =	12,00 mm

zul. Biezugfestigkeit für bedrucktes TVG

zul. σ_1 = 18,00 N/mm²

zul. Biezugfestigkeit für TVG

zul. σ_2 = 29,00 N/mm²

Die zul. Durchbiegungen von vollständig intakten Glasscheiben nach DiBt 2/2001 3.6

zul. w = $1/200 * a$ = 5,300 mm

Einwirkungen:

aus Eigengewicht

$g = \gamma * (d_{s1} + d_{s2} + d_{s3}) * 10^{-3} = 0,85 \text{ kN/m}^2$

Verkehrslast für Fußgänger nach DIN 1055-3 6.1

Flächenlast $p = 5,00 \text{ kN/m}^2$

Einzellast $P = 2,00 \text{ kN}$

Lastfälle

LF1 $q = g + p = 5,85 \text{ kN/m}^2$

Die Einwirkung einer Einzellast (Aufstandsfläche 10 cm x 10 cm) in ungünstigster Laststellung ist auch zu untersuchen. Die Berechnung für LF2 wird hier nicht weitergeführt.

LF2 : $g + P$

Berechnung:

Der Nachweis erfolgt unter der Annahme, dass die oberste Glasplatte nicht mitträgt. Die Verbundwirkung darf rechnerisch nicht berücksichtigt werden. Die Lasten werden entsprechend den Steifigkeitsanteilen auf die Einzelscheiben aufgeteilt.

Einwirkungen auf die äußere Scheibe

$$p_1 = \frac{d_{s2}^3}{d_{s2}^3 + d_{s3}^3} * q = 2,92 \text{ kN/m}^2$$

Einwirkungen auf die innere Scheibe

$$p_2 = \frac{d_{s3}^3}{d_{s2}^3 + d_{s3}^3} * q = 2,92 \text{ kN/m}^2$$

Die maximalen Spannungen werden mit den Tabellen von Beyle ermittelt. Die Tabellen von Beyle sind solange anwendbar, wie die Durchbiegung der Platte kleiner ist als die Plattendicke.

$$\text{kleinere Seitenlänge } a = a * 10^{-3} = 1,060 \text{ m}$$

$$\text{größere Seitenlänge } b = b * 10^{-3} = 1,800 \text{ m}$$

$$\text{Seitenverhältnis } \varepsilon = b/a = 1,70$$

Dimensionsloser Beiwert in Abhängigkeit der Scheibendicke t

$$A_{t,1} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t";At;t=d}_{s2}) = 5,21$$

$$C_{t,1} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t";Ct;t=d}_{s2}) = 1,21$$

$$A_{t,2} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t";At;t=d}_{s3}) = 5,21$$

$$C_{t,2} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t";Ct;t=d}_{s3}) = 1,21$$

für außen und innen

$$\kappa_{\sigma} = \text{TAB}(\text{"Glas/B_kappa";\kappa s;\varepsilon=\varepsilon}) = 0,720$$

$$\kappa_{\omega} = \text{TAB}(\text{"Glas/B_kappa";\kappa w;\varepsilon=\varepsilon}) = 0,680$$

Nachweis:

vorhandene Spannung und Durchbiegung

$$\text{vorh.}\sigma_2 = \kappa_{\sigma} * A_{t,1} * p_1 * a^2 = 12,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vorh.}w_2 = \kappa_{\omega} * C_{t,1} * p_1 * a^4 = 3,03 \text{ mm}$$

$$\text{vorh.}\sigma_3 = \kappa_{\sigma} * A_{t,2} * p_2 * a^2 = 12,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vorh.}w_3 = \kappa_{\omega} * C_{t,2} * p_2 * a^4 = 3,03 \text{ mm}$$

Nachweis Scheibe S₂

$$\text{vorh.}\sigma_2 / \text{zul.}\sigma_2 = \underline{0,42 \leq 1}$$

$$\text{vorh.}w_2 / \text{zul.}w = \underline{0,57 \leq 1}$$

$$\text{vorh.}w_2 / d_{s2} = \underline{0,25 \leq 1}$$

Nachweis Scheibe S₃

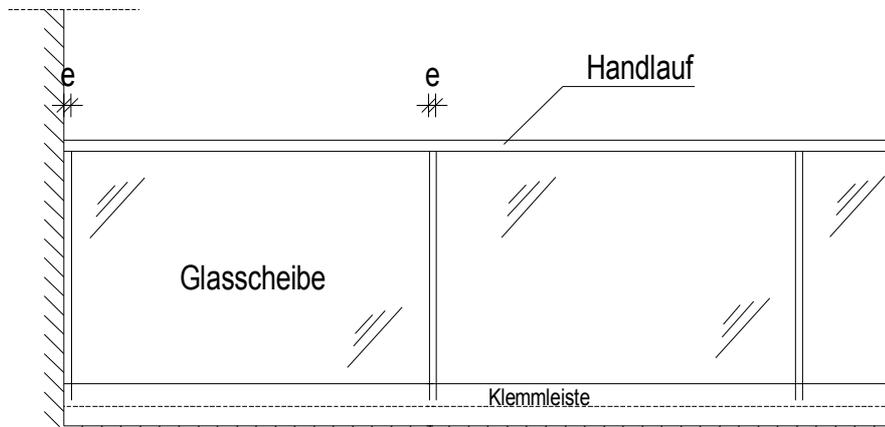
$$\text{vorh.}\sigma_3 / \text{zul.}\sigma_2 = \underline{0,42 \leq 1}$$

$$\text{vorh.}w_3 / \text{zul.}w = \underline{0,57 \leq 1}$$

$$\text{vorh.}w_3 / d_{s3} = \underline{0,25 \leq 1}$$

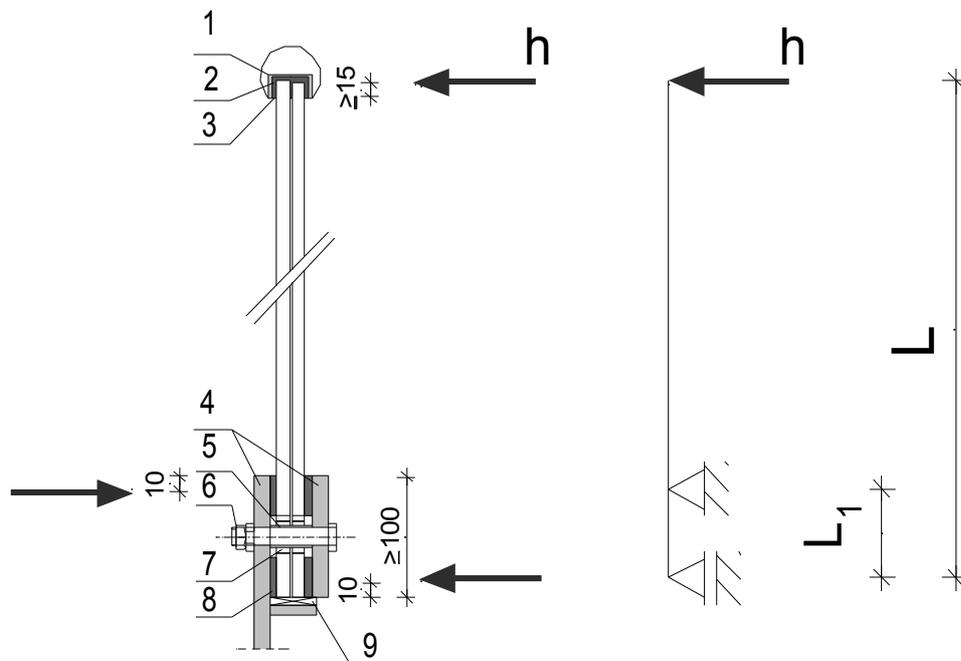
Der Nachweis der Stoßsicherheit und die Resttragfähigkeit der begehbaren Verglasungen sind

Eingespannte Brüstungsverglasung



Der Abstand e zw. den einzelnen Scheiben/freien Glaskanten beträgt $< 30\text{mm}$

stat. System:



$$L_1 = 80 \text{ mm}$$

$$L = 1016 \text{ mm}$$

- 1) tragendes U-Profil mit Aufsatz
- 2) eingelegte druckfeste Elastomerstreifen verhindern Glas-Metall-Kontakt (Abstand 200-300 mm)
- 3) Verfüllung Dichtstoff und die Glasscheibe mit dem Handlauf zu verbinden.
- 4) Klemmblech aus Stahl ($t \geq 12 \text{ mm}$)
- 5) Kunststoffhülse über Verschraubung
- 6) Abstand der Verschraubung $\leq 300 \text{ mm}$
- 7) Glasbohrungen mittig zum Klemmblech ($25\text{mm} \leq d \leq 35\text{mm}$)
- 8) in Längsrichtung durchgehende Zwischenlagen aus druckfestem Elastomer
- 9) Klotzung der Verglasung

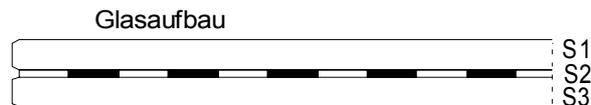
Materialkennwerte:

**gewählter Glasaufbau mit versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit.
siehe Vorlage ~Verglasung m. versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit**

Kategorie K =	B
Elastizitätsmodul E =	70000 N/mm ²
Querdehnzahl μ =	0,23
Wichte γ =	25 kN/m ³
Art der Verglasung Typ =	Vertikalverglasung
Glas = GEW("Glas/Spannung"; Bez; Typ=Typ)	= ESG aus SPG
zul. Biegezugspannungen für absturzsichernde Verglasung	
zul. σ = TAB("Glas/Spannung"; σ ; Bez=Glas; Typ=Typ)	= 50,00 N/mm ²

Querschnittswerte:

Die Dicke einzelner Glasscheiben darf nur um den Faktor 1,5 voneinander abweichen.

Schichten

S ₁ =	ESG
S ₂ =	PVB
S ₃ =	ESG

Schichtenhöhen:

ds ₁ =	10,00 mm
ds ₂ =	1,52 mm
ds ₃ =	10,00 mm

Einwirkungen:

Das Eigengewicht wird an der Einspannstelle durch eine Klotzung abgetragen und wird daher nicht berücksichtigt. Die Brüstungsverglasung liegt im Gebäudeinneren.

Die Holmlast nach DIN 1055-3, 7.1.2

Holmlast h = 1,0 kN/m

Zusätzlich muss nach TRAV 5.5 der stoßbedingte Ausfall, der Verkehrsfläche zugewandten VSG-Schicht, noch betrachtet werden.

Berechnung:

Ein günstig wirkender Schubverbund darf bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden.

Bei gleichen Glasdicken wird bei der Berechnung nur die Hälfte der vorhandenen Einwirkung auf eine Glasscheibe angesetzt. $d = d_a = d_i$

Kragarmlänge L _K =	$(L - L_1) \cdot 10^{-3}$	=	0,936 m
Moment M ₁ =	$h/2 \cdot L_K$	=	0,468 kNm
Meterstreifen Breite b =			1,00 m
Widerstandsmoment W =	$b \cdot d_{s1}^2 / 6 \cdot 10^{-6}$	=	$1,67 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
Trägheitsmoment I =	$b \cdot d_{s1}^3 / 12 \cdot 10^{-9}$	=	$8,33 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$

vorhandene Durchbiegung

$$\text{vorh.w} = \frac{M_1 \cdot L_K^2}{3 \cdot E \cdot I} = 23,44 \text{ mm}$$

vorhandene Spannung

$$\text{vorh.}\sigma_1 = M_1/W \cdot 10^{-3} = 28,02 \text{ N/mm}^2$$

zusätzlicher Nachweis nach TRAV für $e \leq 30 \text{ mm}$:

Die VSG-Schicht der Verkehrsfläche zugewandten Seite fällt stoßbedingt aus. Die gesamte Holmlast h muss durch eine Glasscheibe abgetragen werden.

$$\text{Moment } M_2 = h \cdot L_K = 0,936 \text{ kNm}$$

$$\text{vorh.}\sigma_2 = M_2/W \cdot 10^{-3} = 56,05 \text{ N/mm}^2$$

Beim Nachweis der beschädigten Brüstungskonstruktion darf, für die verbleibende Verglasung, der 1,5-fache Wert der zulässigen Biegezugspannungen angesetzt werden. TRAV 5.5.1

$$\text{zul.}\sigma_2 = 1,5 \cdot \text{zul.}\sigma = 75,00 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

Nachweis der Tragfähigkeit unter statischen Einwirkungen:

$$\text{vorh.}\sigma_1/\text{zul.}\sigma = \underline{0,56 \leq 1}$$

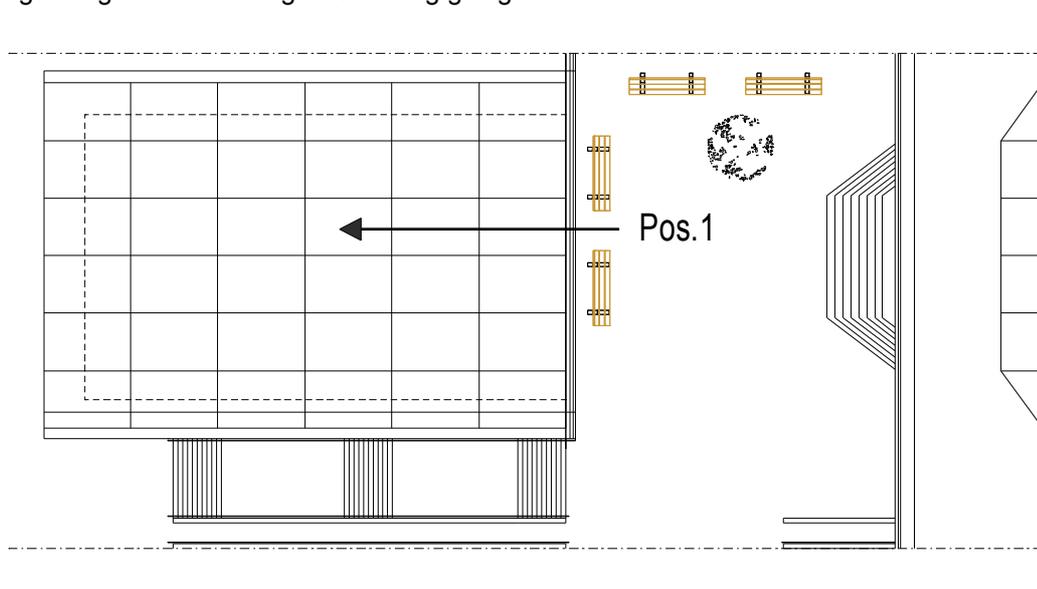
$$\text{vorh.}\sigma_2/\text{zul.}\sigma_2 = \underline{0,75 \leq 1}$$

Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßartigen Einwirkungen:

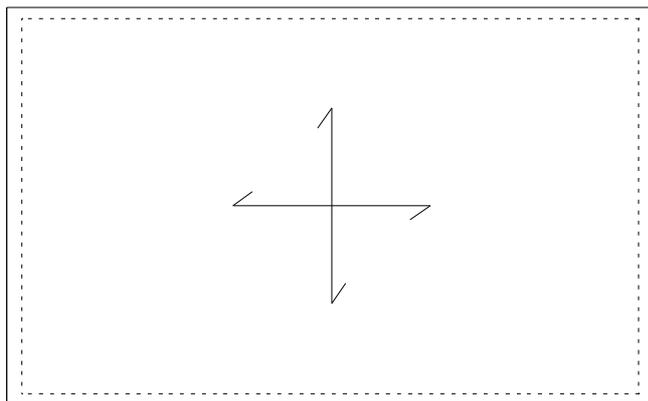
Ein experimenteller Nachweis der Verglasung unter stoßartiger Einwirkung kann entfallen, weil es sich hier um eine Verglasung mit versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit handelt. Die Einhaltung der Konstruktionsmerkmale nach Anhang B und D TRAV 6.3.4 ist trotzdem erforderlich.

Überkopfverglasung

Die Ausführung einer Tiefgarageneinfahrt ist mit einer Überkopfverglasung geplant. Die zu berechnende Pos.1 liegt mittig und ist vierseitig linienförmig gelagert.



System:



Die Überkopfverglasung ist vierseitig linienförmig gelagert.

Einbausituation: Außenbereich

Die Abmessung der zu bemessenden Glasscheibe sind:

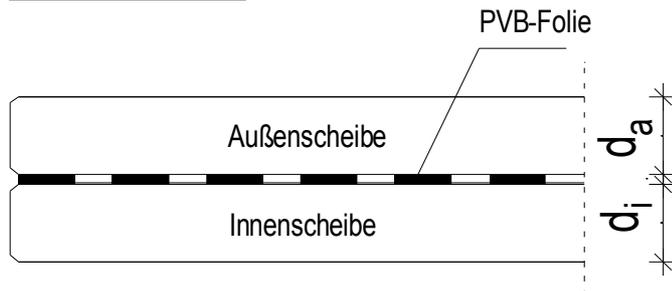
größere Kantenlänge der Isolierverglasung

$b = 2190 \text{ mm}$

kleinere Kantenlänge der Isolierverglasung

$a = 1090 \text{ mm}$

Skizze : Glasaufbau



Die Gesamtdicke der PVB-Folie beträgt mindestens 0,76 mm

Außenscheibe $d_a = 8,00 \text{ mm}$

Innenscheibe $d_i = 8,00 \text{ mm}$

Material:

Die Anwendungsbedingungen nach TRLV sind eingehalten.

Art der Verglasung Übergangverglasung

Glasart Typ = VSG aus TVG

Wichte Glas $\gamma_{\text{Glas}} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-70.3.-55

zul. $\sigma = 29,0 \text{ N/mm}^2$

Die zul. Durchbiegungen von Glasscheiben nach TRLV 5.3.1, Tab.2 1/100 der Scheibenstützweite in Haupttragrichtung

zul. $w = 1/100 * a = 10,90 \text{ mm}$

Einwirkungen:

Bauwerkshöhe < 10 m.

Staudruck $q = 0,50 \text{ kN/m}^2$

Druck- und Sogbeiwerte

Unterseite $c_{p,u} = -0,60$

Oberseite $c_{p,o} = 0,20$

Windlasten:

$w_{s,u} = c_{p,u} * q = -0,30 \text{ kN/m}^2$

$w_{D,o} = c_{p,o} * q = 0,10 \text{ kN/m}^2$

Die beiden Windlasten wirken in gleiche Richtung zur gleichen Zeit und werden daher addiert. Das Eigengewicht und die Schneelast wirken ebenfalls, wie die Resultierende der Windlasten, nach unten.

$w_{\text{ges}} = w_{s,u} - w_{D,o} = -0,40 \text{ kN/m}^2$

$A_S = 112,00 \text{ m}$

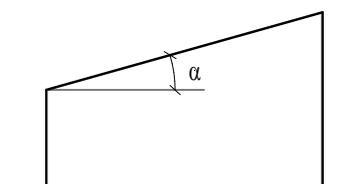
Schneelastzone 2

$s_{k,1} = 0,25 + 1,91 * \left(\frac{A_S + 140}{760} \right)^2 = 0,46 \text{ kN/m}^2$

$s_{k,2} = 0,85 \text{ kN/m}^2$

$s_k = \text{MAX}(s_{k,1}; s_{k,2}) = 0,85 \text{ kN/m}^2$

$\mu_1 s_k$



Formbeiwert

$$\mu_1 = 0,80$$

$$s = \mu_1 * s_k = 0,680 \text{ kN/m}^2$$

Eigengewicht

$$g_1 = \gamma_{\text{Glas}} * d_a * 10^{-3} = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$g_2 = \gamma_{\text{Glas}} * d_i * 10^{-3} = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Lastfall 1 } p_{\text{LF1}} = g_1 + g_2 + s + \text{ABS}(w_{\text{ges}}/2) = 1,280 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Lastfall 2 } p_{\text{LF2}} = g_1 + g_2 + s/2 + \text{ABS}(w_{\text{ges}}) = 1,140 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{maßgebender LF } p_i = \text{MAX}(p_{\text{LF1}}, p_{\text{LF2}}) = 1,280 \text{ kN/m}^2$$

Berechnung:

Verbundsicherheitsglas besteht aus mindestens zwei Glasplatten, die durch eine PVB-Folie miteinander verbunden sind. Die Verbundwirkung darf rechnerisch nicht berücksichtigt werden. Die Lasten werden entsprechend den Steifigkeitsanteilen auf die Einzelscheiben aufgeteilt.

Einwirkungen auf die äußere Scheibe

$$p_1 = \frac{d_a^3}{d_a^3 + d_i^3} * p_i = 0,64 \text{ kN/m}^2$$

Einwirkungen auf die innere Scheibe

$$p_2 = \frac{d_i^3}{d_i^3 + d_a^3} * p_i = 0,64 \text{ kN/m}^2$$

Die maximalen Spannungen werden mit den Tabellen von Beyle ermittelt. Die Tabellen von Beyle sind solange anwendbar, wie die Durchbiegung der Platte kleiner ist als die Plattendicke.

$$\text{Seitenlänge } a = a * 10^{-3} = 1,090 \text{ m}$$

$$\text{Seitenlänge } b = b * 10^{-3} = 2,190 \text{ m}$$

$$\text{Seitenverhältnis } \varepsilon = b/a = 2,0$$

Dimensionsloser Beiwert in Abhängigkeit der Scheibendicke t

$$A_{t,1} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t"; At;t=d}_a) = 11,72$$

$$C_{t,1} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t"; Ct;t=d}_a) = 4,09$$

$$A_{t,2} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t"; At;t=d}_i) = 11,72$$

$$C_{t,2} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t"; Ct;t=d}_i) = 4,09$$

für außen und innen, wegen gleichen Seitenverhältnisse

$$\kappa_{\sigma} = \text{TAB}(\text{"Glas/B_kappa"; \kappa s; \varepsilon=\varepsilon}) = 0,81$$

$$\kappa_{\omega} = \text{TAB}(\text{"Glas/B_kappa"; \kappa w; \varepsilon=\varepsilon}) = 0,78$$

Nachweis:

vorhandene Spannung und Durchbiegung

$$\text{vorh. } \sigma_1 = \kappa_{\sigma} * A_{t,1} * p_1 * a^2 = 7,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vorh. } w_1 = \kappa_{\omega} * C_{t,1} * p_1 * a^4 = 2,88 \text{ mm}$$

$$\text{vorh. } \sigma_2 = \kappa_{\sigma} * A_{t,2} * p_2 * a^2 = 7,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vorh. } w_2 = \kappa_{\omega} * C_{t,2} * p_2 * a^4 = 2,88 \text{ mm}$$

Nachweis äußere Scheibe

$$\text{vorh. } \sigma_1 / \text{zul. } \sigma = \underline{\underline{0,25 \leq 1}}$$

$$\text{vorh. } w_1 / \text{zul. } w = \underline{\underline{0,26 \leq 1}}$$

$$\text{vorh. } w_1 / d_a = \underline{\underline{0,36 \leq 1}}$$

Nachweis innere Scheibe

$$\text{vorh. } \sigma_2 / \text{zul. } \sigma = \underline{\underline{0,25 \leq 1}}$$

$$\text{vorh. } w_2 / \text{zul. } w = \underline{\underline{0,26 \leq 1}}$$

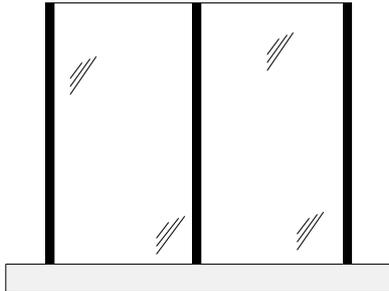
$$\text{vorh. } w_2 / d_i = \underline{\underline{0,36 \leq 1}}$$

Verglasung m. versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit

Die Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen TRAV gelten für mechanisch gelagerte Verglasungen, die auch dazu dienen, Personen auf Verkehrsflächen gegen seitlichen Absturz zu sichern. Gegen Absturz sichern können Fenster, Zwischenwände, Verglasungen an Aufzugschächten, Brüstungen und Fassaden. Die Stoßsicherheit von absturzsichernden Verglasungen wird mit dem Pendelschlagversuch nach DIN EN 12600 geprüft. Hinsichtlich der an die Verglasung gestellten Anforderungen werden drei Kategorien A, B und C1 bis C3 unterschieden.

Kategorie A

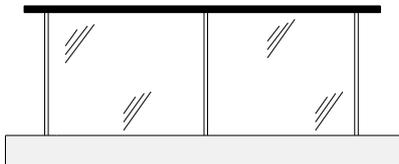
In den Geltungsbereich fallen raumhohe absturzsichernde Wandverglasungen nach TRLV ohne vorgesetzten Holm/Handlauf zur Aufnahme von Horizontallasten oder tragenden Brüstungsriegel.



Kantenschutz : Die Verglasungskanten sind durch die Lagerung (z.B. benachbarte Scheiben, Pfosten und Riegel) oder direkt angrenzenden Bauwerksteile (z.B. Decken und Wände) vor Stößen zu schützen.

Kategorie B

In den Geltungsbereich fallen tragende Ganzglasbrüstungselemente am Fußpunkt eingespannt mit durchgehendem tragendem Handlauf.



Handlauf schützt die obere Kante und gewährleistet die sichere Abtragung der planmäßigen Holmlasten auch beim Ausfall eines Brüstungselementes.

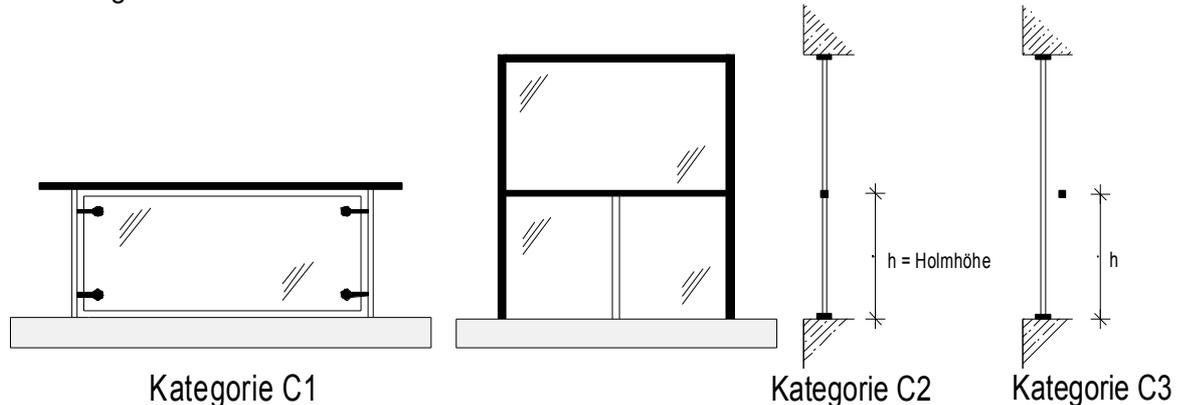
Kategorie C1 - C3

Die Absturzsichernde Verglasung nach Kategorie C dient nicht der Abtragung der Horizontallasten in Holmhöhe.

Kategorie C1: Geländerausfachung bei dem mindestens zwei gegenüberliegende Stellen linienförmig oder punktförmig gelagert sind.

Kategorie C2: linienförmig gelagerte Vertikalverglasung unterhalb eines lastabtragenden Querriegels

Kategorie C3: Verglasung wie Kategorie A mit vorgesetztem, nicht an der Verglasung befestigtem, lastabtragendem Handlauf.

**Vordimensionierung:**

Wahl der Kategorie

$K = \text{GEW}(\text{"Glas/G1"; Kat; }) = A$

Typ der Verglasung. Hierbei wird zwischen Mehrscheiben-Isolierverglasung MIG und Einfachverglasung unterschieden.

$T = \text{GEW}(\text{"Glas/G1"; Typ; Kat=K}) = \text{MIG}$

dem Stoß ausgesetzte Glasseite/Angriffsseite

$A_n = \text{GEW}(\text{"Glas/G1"; } A_n; \text{Kat=K; Typ=T}) = \text{ESG}$

die stoßabgewandte Glasseite

$A_b = \text{TAB}(\text{"Glas/G1"; } A_b; \text{Kat=K; Typ=T; } A_n=A_n) = \text{VSG}$

Lagerung des Glasaufbaus:

-allseitig linienförmig "allseitig"

-unten eingespannt "unten"

-punktförmig über Bohrungen gelagert "punktförmig"

-zweiseitig linienförmig oben und unten "oben/unten"

-zweiseitig linienförmig links und rechts "links/rechts"

$L_g = \text{GEW}(\text{"Glas/G1"; } L_g; \text{Kat=K; Typ=T; } A_n=A_n; A_b=A_b) = \text{allseitig}$

die geplanten Abmessungen min./max. Breite[mm] liegen zw.:

$B = \text{GEW}(\text{"Glas/G1"; } B; \text{Kat=K; Typ=T; } A_n=A_n; A_b=A_b; L_g=L_g) = 500/1300$

die geplanten Abmessungen min./max. Höhe[mm] liegen zw.:

$H = \text{TAB}(\text{"Glas/G1"; } H; \text{Kat=K; Typ=T; } A_n=A_n; A_b=A_b; L_g=L_g; B=B) = 1000/2000$

Angaben der Spannweiten nur bei Kategorie C1 für punktförmig über Bohrungen gelagerte

Geländerausfachung. Der maßgebender Abstand liegt hier zwischen den Punkthaltern bei min/max Spannweite:

$S = \text{GEW}(\text{"Glas/G1"; } S; L_g=L_g) = \text{entfällt}$

Der Tellerdurchmesser muss bei Kategorie C1 für punktförmig über Bohrungen gelagerte Geländerausfachung mind. 50 mm betragen, damit die Werte der Tab.3 TRAV 6.3.3. benutzt werden können.

$\min d_T = \text{TAB}(\text{"Glas/G1"; } d_T; L_g=L_g; S=S) = 0 \text{ mm}$

Behelfszeile Z für den Glasaufbau

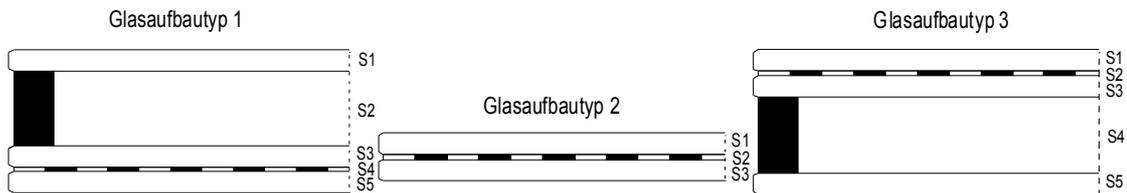
$Z = \text{TAB}(\text{"Glas/G1"; } Z; \text{Kat=K; Typ=T; } A_n=A_n; A_b=A_b; L_g=L_g; B=B; H=H; d_T=d_T) = 1$

gewählter Glasaufbau

G = GEW("Glas/GA";Bez;Z=Z) = 8ESG/SZR/4SPG/0.76PVB/4SPG

Glasaufbautyp AT siehe untere Skizze Glasaufbauten (Richtung von innen nach außen)

AT = TAB("Glas/GA";AT;Z=Z) = 1



Schichten

S₁ = TAB("Glas/GA";s1;Bez=G;Z=Z) = ESG

S₂ = TAB("Glas/GA";s2;Bez=G;Z=Z) = SZR

S₃ = TAB("Glas/GA";s3;Bez=G;Z=Z) = SPG

S₄ = TAB("Glas/GA";s4;Bez=G;Z=Z) = PVB

S₅ = TAB("Glas/GA";s5;Bez=G;Z=Z) = SPG

Schichtenhöhen: (Die Scheibenzwischenraumhöhen sind abhängig vom Herstellungsort. SZR-Höhen liegen bei den versuchstechn. nachgewiesenen Verglasungen nach (TRAV) zwischen 12 mm - 20 mm)

Die Glasdicken bei Glasaufbauten der Kategorie C1 punktförmige Lagerung und B unten eingespannt sind Mindestangaben und können auch größer gewählt werden.

ds₁ = TAB("Glas/GA";ds1;Bez=G;Z=Z) = 8,00 mm

ds₂ = TAB("Glas/GA";ds2;Bez=G;Z=Z) = 12,00 mm

ds₃ = TAB("Glas/GA";ds3;Bez=G;Z=Z) = 4,00 mm

ds₄ = TAB("Glas/GA";ds4;Bez=G;Z=Z) = 0,76 mm

ds₅ = TAB("Glas/GA";ds5;Bez=G;Z=Z) = 4,00 mm

min. und max. Abmessungen des Glasaufbaus

min. Breite B_{min} = TAB("Glas/GA";minB;Bez=G;Z=Z) = 500 mm

max. Breite B_{max} = TAB("Glas/GA";maxB;Bez=G;Z=Z) = 1300 mm

min. Höhe H_{min} = TAB("Glas/GA";minH;Bez=G;Z=Z) = 1000 mm

max. Höhe H_{max} = TAB("Glas/GA";maxH;Bez=G;Z=Z) = 2000 mm

S_{min} und S_{max} nur bei der Kategorie C1 für punktförmig über Bohrungen gelagerte Geländerausfachung maßgebend.

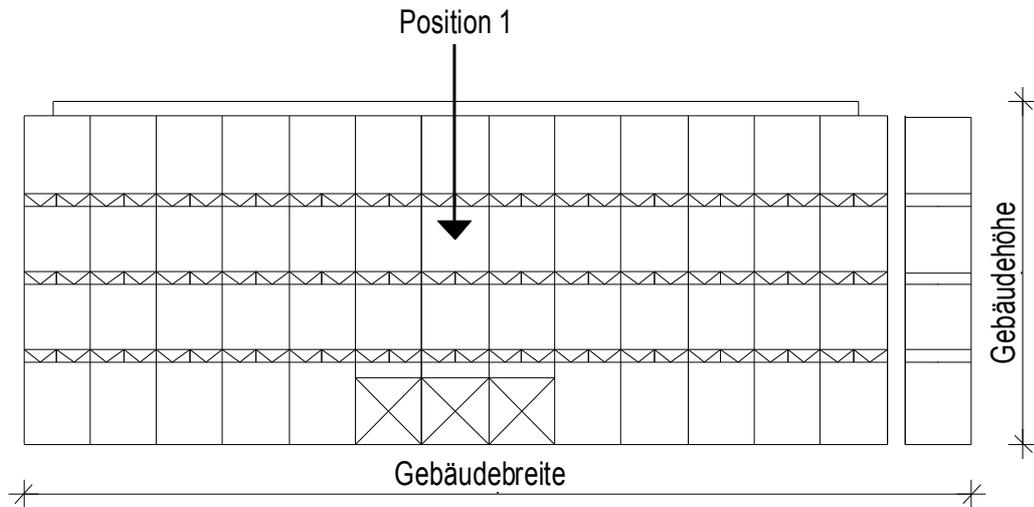
S_{min} = TAB("Glas/GA";S_{min};Bez=G;Z=Z) = 0 mm

S_{max} = TAB("Glas/GA";S_{max};Bez=G;Z=Z) = 0 mm

Die Verglasung muss nicht experimentell nachgewiesen werden. Es sich handelt sich hierbei um eine Verglasung mit versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit.

Die Konstruktionsmerkmale nach TRAV Anhang B und D müssen eingehalten sein.

Vertikale Isolierverglasung



System:

Berechnung der Pos.1

Neubau der Frontfassade eines Verwaltungsbaus in Berlin

Gebäudehöhe über Gelände $h_{Bw} = 18,00 \text{ m}$

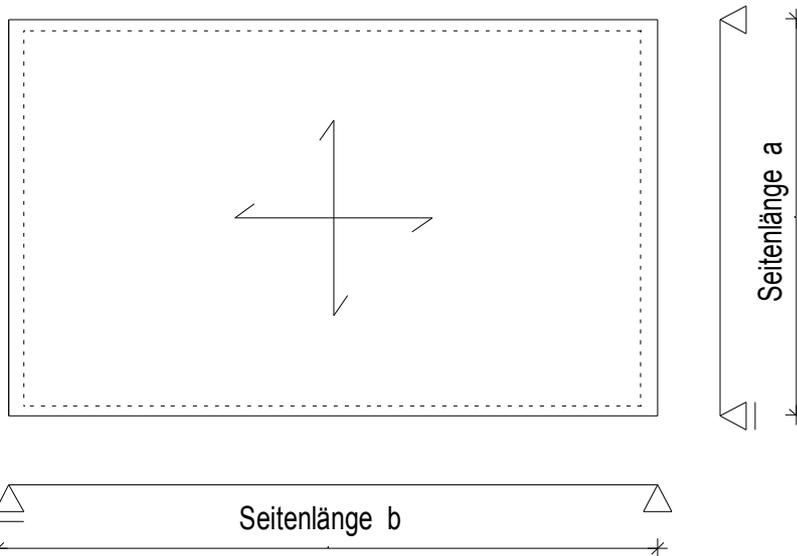
Gebäudebreite $b_{Bw} = 44,00 \text{ m}$

Gebäudetiefe $d_{Bw} = 60,00 \text{ m}$

Frontfassade ist mit Isolierverglasung geplant. Die Anwendungsbedingungen nach TRLV sind eingehalten.

Art der Verglasung Typ = Vertikalverglasung

Glas = SPG



Das statische System ist eine Glasplatte mit vierseitig linienförmiger gelenkiger Lagerung.

Die Abmessung der zu bemessenden Glasscheibe sind:

kleinere Kantenlänge der Isolierverglasung

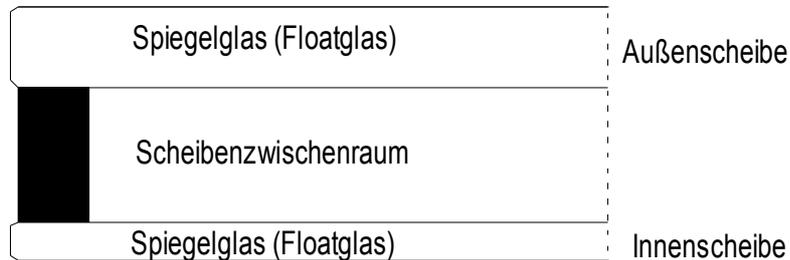
$a = 2777 \text{ mm}$

größere Kantenlänge der Isolierverglasung

$b = 2977 \text{ mm}$

Scheibenabmessung

$$A_{GI} = a \cdot b \cdot 10^{-6} = 8,27 \text{ mm}^2$$

Scheibenaufbau

(Bei n-Scheiben z.B. VSG oder VG ohne Verbund ist die Ersatzdicke wie folgt zu ermitteln
 $d^* = (d_1^3 + d_2^3 \dots)^{1/3}$ und mit vollem Verbund $d^* = d_1 + d_2 \dots$)

Dicke der äußeren SPG-Scheibe

$$d_a = 10,00 \text{ mm}$$

Abstand zw. den Scheiben

$$d_{SZR} = 16,00 \text{ mm}$$

Dicke der inneren SPG-Scheibe

$$d_i = 6,00 \text{ mm}$$

Lastannahme:

Klimalast:

TRLV, Anhang A , 4.2. Tab. 1, wenn keine genaueren Werte vorliegen.

Einwirkungskombination Sommer

Temperaturdifferenz zw. Herstellung und Gebrauch

$$\Delta T_S = 20 \text{ K}$$

Differenz des meteorologischen Luftdrucks am Einbauort und bei der Herstellung

$$\Delta p_{\text{met},S} = -2 \text{ K}$$

Differenz der Ortshöhe zwischen Einbauort und Herstellungsort

$$\Delta H_S = 600 \text{ m}$$

Einwirkungskombination Winter

Temperaturdifferenz zw. Herstellung und Gebrauch

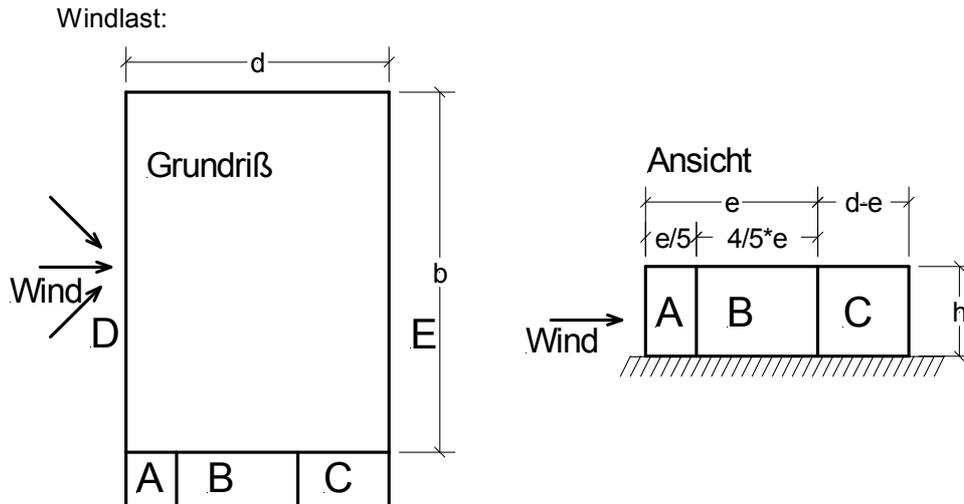
$$\Delta T_W = -25 \text{ K}$$

Differenz der Ortshöhe zwischen Einbauort und Herstellungsort

$$\Delta p_{\text{met},W} = 4 \text{ K}$$

Differenz der Ortshöhe zwischen Einbauort und Herstellungsort

$$\Delta H_W = -300 \text{ m}$$

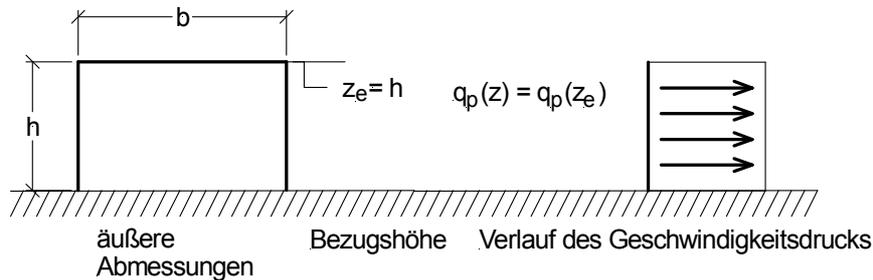


Einteilung der Wandfläche bei vertikalen Wänden

WZ = Windzone II
 $q_{ref} = 0,39 \text{ kN/m}^2$
 $v_{ref} = 25,00 \text{ m/s}$

Bezugshöhe ist abhängig vom Verhältnis Höhe h zur Breite b

$h \leq b$



Bezugshöhe $z_e = 18,00 \text{ m}$

vereinfachte Ermittlung des Böengeschwindigkeitsdruckes

Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall (DIN 1055, 10.3):

Profil = Binnenland
 $q = 1,7 * q_{ref} * (z_e / 10)^{0,37} = 0,824 \text{ kN/m}^2$

Winddruck:

Abmessung längs zum Wind $d_{Bw} = 60,00 \text{ m}$
 Bauwerkshöhe $h_{Bw} = 18,00 \text{ m}$
 $h_{Bw} / d_{Bw} = 0,30$

Druckbeiwert (interpoliert)

$c_{pe10D} = 0,71$

Winddruck mit höhenabhängigem Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall (DIN 1055-4, 10.3):

Winddruck auf die Außenfläche

Winddruck $w_d = c_{pe10D} * q = 0,59 \text{ kN/m}^2$

Der Windsog wird hier nicht berücksichtigt.

Berechnung:

Klimalast

$$l_{\min} = \text{MIN}(a;b) = 2777 \text{ mm}$$

$$l_{\max} = \text{MAX}(a;b) = 2977 \text{ mm}$$

$$\text{Verhältnis der Glaskanten zueinander } \varepsilon = l_{\min}/l_{\max} = 0,93$$

Beiwert abhängig vom Seitenverhältnis

$$B_V = \text{TAB}(\text{"Glas/Bv";Bv;\varepsilon}) = 0,0224$$

charakteristische Kantenlänge a_c

$$a_c = 28,9 * \sqrt[4]{\frac{d_{\text{SZR}} * d_a^3 * d_i^3}{(d_a^3 + d_i^3) * B_V}} = 545,44 \text{ m}$$

$$\text{Isolierglasfaktor } \varphi = \frac{1}{1 + \left(\frac{a}{a_c}\right)^4} = 1,486 * 10^{-3}$$

Der Isochore Druck im Scheibenzwischenraum (Druck bei gleichbleibendem Volumen)
TRLV, Anhang A

$$c_1 = 0,34 \text{ kPa/K}$$

$$c_2 = 0,012 \text{ kPa/m}$$

für Sommerbedingungen

$$p_{0,S} = c_1 * \Delta T_S - \Delta p_{\text{met},S} + c_2 * \Delta H_S = 16 \text{ kN/m}^2$$

für Winterbedingungen

$$p_{0,W} = c_1 * \Delta T_W - \Delta p_{\text{met},W} + c_2 * \Delta H_W = -16 \text{ kN/m}^2$$

Bei der Verteilung der Einwirkung kommt es bei Isoliergläsern durch den Scheibenzwischenraum wirkenden Druck zu einer Interaktion zwischen den einzelnen Scheiben. So dass, die innere Glasscheibe sich am Lastabtrag von Einwirkungen auf die äußere Scheibe beteiligt.

Unter der Annahme, dass die Windeinwirkung nur auf die äußere Scheibe wirkt ($w_i = 0$),

ergeben sich folgende Einwirkungen auf die äußere und innere Scheibe der Isolierverglasung.

TRLV, Anhang 2, TAB.2

Windeinwirkungen

$$w_i = 0$$

$$w_a = w_d = 0,59 \text{ kN/m}^2$$

Verteilung der Einwirkung

Berechnung der Anteile δ_a und δ_i der Einzelscheiben an der Gesamtbiegesteifigkeit

$$\delta_a = \frac{d_a^3}{d_a^3 + d_i^3} = 0,8224$$

$$\delta_i = 1 - \delta_a = 0,1776$$

Belastung der Scheiben aus Winddruck w_a

äußere Scheibe

$$p_a = (\delta_a + \varphi * \delta_i) * w_a = 0,485 \text{ mm}^2$$

innere Scheibe

$$p_i = (1 - \varphi) * \delta_i * w_a = 0,105 \text{ mm}^3$$

Resultierende Einwirkungen:

Sommer:

$$\text{äußere Scheibe } p_{S,a} = p_a - \varphi * p_{0,S} = 0,461 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{innere Scheibe } p_{S,i} = p_i + \varphi * p_{0,S} = 0,129 \text{ kN/m}^2$$

Winter:

$$\text{äußere Scheibe } p_{W,a} = p_a - \varphi * p_{0,W} = 0,509 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{innere Scheibe } p_{W,i} = p_i + \varphi * p_{0,W} = 0,081 \text{ kN/m}^2$$

maßgebend: äußere Scheibe im Winter und innere Scheibe im Sommer

Die maximalen Spannungen werden mit den Tabellen von Beyle ermittelt

$$\text{Seitenlänge } l_y = \text{MAX}(a;b) * 10^{-3} = 2,977 \text{ m}$$

$$\text{Seitenlänge } l_x = \text{MIN}(a;b) * 10^{-3} = 2,777 \text{ m}$$

$$\text{Seitenverhältnis } \varepsilon = l_y/l_x = 1,1$$

Dimensionslose Beiwerte in Abhängigkeit der Scheibendicke t

$$A_{t,a} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t";At;t=d}_a) = 7,50$$

$$C_{t,a} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t";Ct;t=d}_a) = 2,09$$

$$A_{t,i} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t";At;t=d}_i) = 20,83$$

$$C_{t,i} = \text{TAB}(\text{"Glas/Beyle_t";Ct;t=d}_i) = 9,69$$

für außen und innen, wegen gleichen Seitenverhältnisse

$$\kappa_{\sigma} = \text{TAB}(\text{"Glas/B_kappa";\kappa s;\varepsilon=\varepsilon}) = 0,43$$

$$\kappa_{\omega} = \text{TAB}(\text{"Glas/B_kappa";\kappa w;\varepsilon=\varepsilon}) = 0,37$$

Nachweis:

vorhandene Spannung und Durchbiegung äußere Scheibe

$$\text{vorh.}\sigma_a = \kappa_{\sigma} * A_{t,a} * p_{W,a} * l_x^2 = 12,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vorh.}w_a = \kappa_{\omega} * C_{t,a} * p_{W,a} * l_x^4 = 23,41 \text{ mm}^2$$

vorhandene Spannung und Durchbiegung innere Scheibe

$$\text{vorh.}\sigma_i = \kappa_{\sigma} * A_{t,i} * p_{S,i} * l_x^2 = 8,91 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vorh.}w_i = \kappa_{\omega} * C_{t,i} * p_{S,i} * l_x^4 = 27,51 \text{ mm}^2$$

Bei Überlagerung der Klimast und Einwirkungen nach DIN 1055 darf die zul. Spannung bei Isoliergläsern mit SPG nach TRLV 5.2.1. um 15% und bei Vertikalverglasung mit Scheiben aus SPG und Glasflächen bis zu 1,6 m² im Besonderen um 25% erhöht werden.

$$\text{Erhöhungsfaktor } \eta_{\text{SPG}} = \text{WENN}(\text{Glas}=\text{"SPG";1,15;1}) = 1,15$$

$$\text{Erhöhungsfaktor } \eta_A = \text{WENN}(\text{Glas}=\text{"SPG" UND } A_{\text{Gl}} < 1,6; 1,25; 1) = 1,00$$

$$\text{Erhöhungsfaktor } \eta = \text{MAX}(\eta_A ; \eta_{\text{SPG}}) = 1,15$$

$$\text{zul.}\sigma = \text{TAB}(\text{"Glas/Spannung";}\sigma; \text{Bez}=\text{Glas;Typ}=\text{Typ}) * \eta = 20,70 \text{ N/mm}^2$$

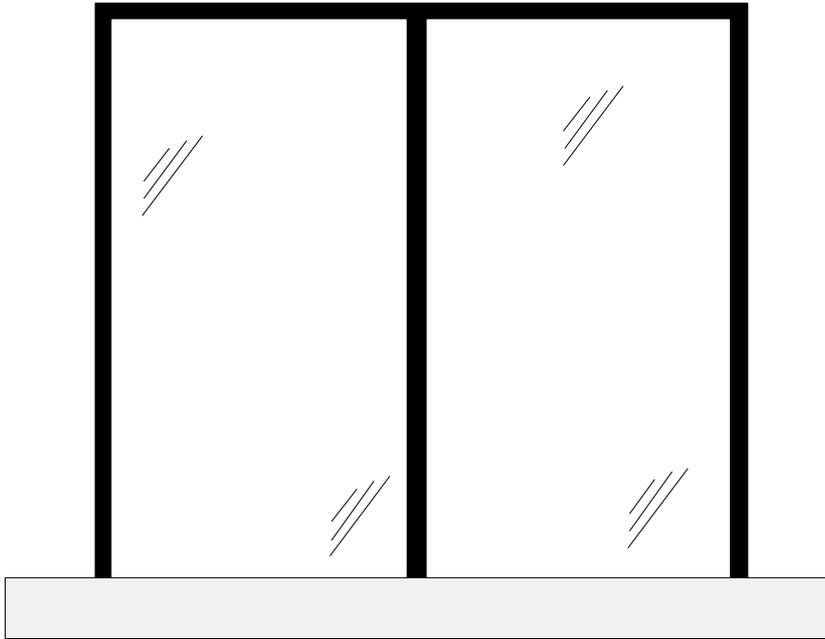
$$\text{vorh.}\sigma_a / \text{zul.}\sigma = \underline{\underline{0,61 \leq 1}}$$

$$\text{vorh.}\sigma_i / \text{zul.}\sigma = \underline{\underline{0,43 \leq 1}}$$

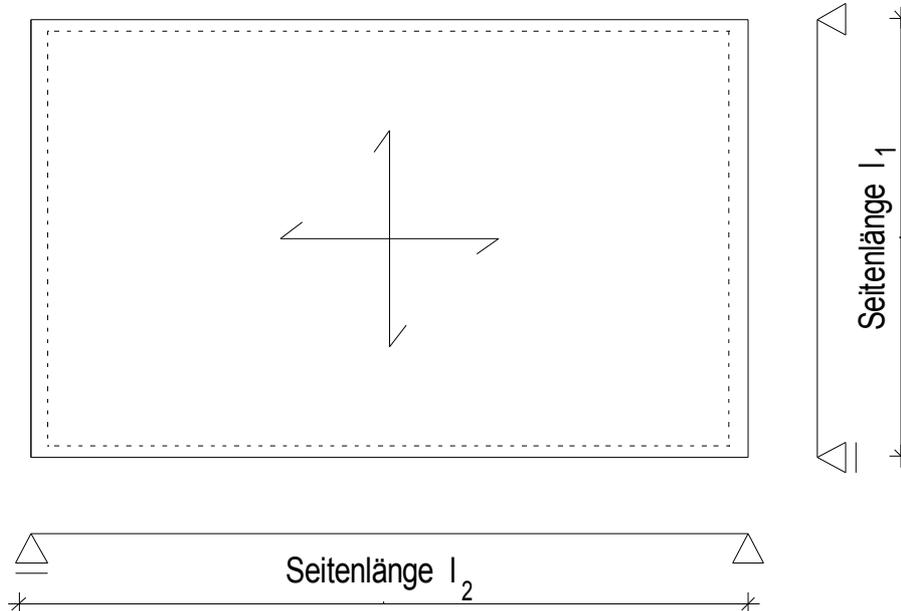
Nach TRLV 5.3.1. existiert für vierseitig linienförmig gelagerte Vertikalverglasung keine Durchbiegungsbegrenzung. Für Isoliergläser sind aber die Durchbiegungsbegrenzungen des Herstellers zu beachten.

vierseitig gelagerte absturzsichernde Verglasung

Berechnung der Position erfolgt mit Spannungstabellen TRAV Teil C. Der Nachweis erfolgt nur gegen stoßartige Einwirkungen. Die Tragfähigkeitsnachweise unter den statischen Einwirkungen Wind, Holmlast und Klimlast werden hier nicht geführt.



System:



Das statische System ist eine Platte mit vierseitig linienförmiger Lagerung. Es handelt sich hierbei um eine geschosshohe Verglasung ohne Anordnung von einem zusätzlichem Handlauf zur Aufnahme von Holmlasten. Geklemmt ist die Verglasung umlaufend mit einer Pfosten-Riegel-Konstruktion aus stranggepressten Aluminiumprofilen. Der Nachweis der konstruktiven Bedingungen nach TRAV, 6.3.2 ist durch ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis erbracht.

Mehrscheibenisoliertglas:

Außenglas VSG aus

Glasart Typ_a = GEW("Glas/zsigma";Typ;) = SPG

und Innenglas

Glasart Typ_i = GEW("Glas/zsigma";Typ;) = ESG

Kategorie Kat = GEW("Glas/Fh";Kat;) = A

Folgende konstruktive Bedingungen sind für den Nachweis einzuhalten.

- Die Verglasung muss nach den Anforderungen der TRLV gelagert werden.
- VSG- Scheiben müssen einen Mindestfoliendicke PVB mit 0,76 mm ausweisen.
- Isolierverglasungen sind allseitig gelagert.
- Isoliergläser der Kategorie A sind grundsätzlich mit den Aufbauten VSG/VSG, ESG/VSG oder VSG/ESG (jeweils von innen nach außen) herzustellen.
- Es gelten die Pendelfallhöhen nach TRAV

Für die Berechnung der Grundwerte der Kurzzeitspannung σ_0 wird die kleinere Kantenabmessung möglichst nah an der reellen Kantenlänge L_1 gewählt, weil der Nachweis nach Spannungstabellen TRAV, Teil C auf FE-Berechnungen mit drei Glaskantenlängen L_1 (1,0 m/1,5m/ 2,0m) basieren. Die Tabellenwerte der Kurzzeitspannung können in Abhängigkeit der Kantenlänge L_2 indessen interpoliert werden.

vorhandene kleinere Glaskantenlänge

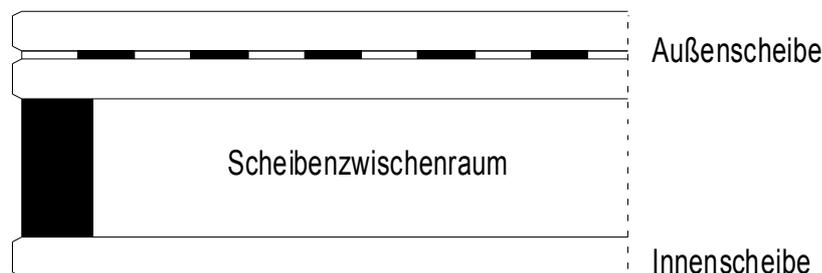
vorh. Länge L_1 = 1,974 m

gew. Länge L_1 = GEW("Glas/sigma04";L₁;) = 2,0 m

größere Kantenlänge

Länge L_2 = 2,715 m

skizze : Glasaufbau



äußere Scheibendicken

$d_{a,1}$ = 8,00 mm

$d_{a,2}$ = 8,00 mm

Dicke Trennfolie

d_F = 1,52 mm

innere Scheibendicke

d_i = 12,00 mm

TRAV 6.4.1 Die Tabellenwerte der Kurzzeitspannungen gelten ausschließlich für eine Pendelfallhöhe von 450 mm. Bei Pendelfallhöhen von 900 mm sind die Tabellenwerte mit einem Faktor von $F_{h,i}$ zu multiplizieren. Damit ergibt sich folgende vorhandene Kurzzeitspannungen für die Innenscheibe:

$$\begin{aligned}
 F_{h,i} &= \text{WENN}(\text{Kat} = "A" ; 1,4; 1) &= & 1,4 \\
 t_a &= d_{a,1} + d_{a,2} &= & 16,00 \text{ mm} \\
 t_i &= d_i &= & 12,00 \text{ mm} \\
 \sigma_{0,i} &= \text{TAB}(\text{"Glas/sigma04"; } \sigma_0; t=t_i; L1=L_1; L2=L_2) &= & 93,0 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{0,a} &= \text{TAB}(\text{"Glas/sigma04"; } \sigma_0; t=t_a; L1=L_1; L2=L_2) &= & 69,3 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{vorh. } \sigma_i &= \sigma_{0,i} * F_{h,i} &= & 130,2 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

TRAV 6.4.3 Die vorhandene Kurzzeitspannung entspricht, bei dem Stoß abgewandten Glasscheiben, dem Grundwert der Kurzzeitspannung. Der Nachweis erfolgt für die dem Stoß abgewandten Glasscheiben von Mehrfachisoliertgläsern mit einer Pendelhöhe von 450 mm.

$$\text{vorh. } \sigma_a = \sigma_{0,a} = 69,3 \text{ N/mm}^2$$

Bemessung:

Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßartigen Einwirkungen nach TRAV, Abschnitt 6.4

$$\text{zul. } \sigma_i = \text{TAB}(\text{"Glas/zsigma"; } \sigma; \text{Typ} = \text{Typ}_i) = 170,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{zul. } \sigma_a = \text{TAB}(\text{"Glas/zsigma"; } \sigma; \text{Typ} = \text{Typ}_a) = 80,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vorh. } \sigma_i / \text{zul. } \sigma_i = \underline{\underline{0,8 \leq 1}}$$

$$\text{vorh. } \sigma_a / \text{zul. } \sigma_a = \underline{\underline{0,9 \leq 1}}$$

Nachweis ist erbracht. Die Kurzzeitspannungen unter stoßartigen Belastungen nach Spannungstabellen werden nicht erreicht.

zweiseitig gelagerte absturzsichernde Vertikalverglasung

Berechnung der Position erfolgt mit Spannungstabellen. Der Nachweis erfolgt nur gegen stoßartige Einwirkungen. Die Tragfähigkeitsnachweise unter den statischen Einwirkungen Wind, Holmlast und Klimalast werden hier nicht geführt.



stat. System:



Das statische System ist eine Platte mit zweiseitig linienförmiger Lagerung. Annahme: Die Klemmhalterungen erfüllen die Anforderungen der möglichen Stoßbelastungen über den gesamten Nutzungszeitraum. Der Nachweis der konstruktiven Bedingungen nach TRAV, 6.3.2 ist durch ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis erbracht. Die konstruktive Bedingungen nach TRLV sind für den Nachweis einzuhalten.

Glasscheibe: VSG aus

Glasart Typ = GEW("Glas/zsigma";Typ;) = SPG

Kategorie Kat = C1

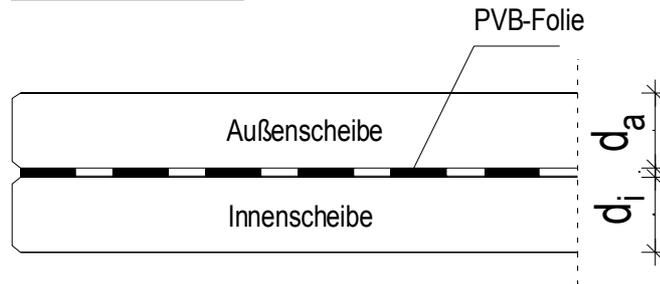
kleinere Glaskantenlänge darf 1,5 nicht überschreiten und 1,0 nicht unterschreiten

Länge l_1 = 1,250 m

größere Kantenlänge

Länge l_2 = 1,500 m

skizze : Glasaufbau



einzelne Scheibendicken bei VSG-Gläsern können summiert werden. $t = d_a + d_i$

$$t = \text{GEW}(\text{"Glas/sigma02";t;}) = 24,00 \text{ mm}$$

TRAV 6.4.1 Die Tabellenwerte der Kurzzeitspannungen gelten ausschließlich für eine Pendelfallhöhe von 450 mm. Damit ergibt sich folgende vorhandene Kurzzeitspannung für die Glasscheibe:

$$\text{vorh.}\sigma = \sigma_0 = 49,75 \text{ N/mm}^2$$

Bemessung:

Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßartigen Einwirkungen nach TRAV, Abschnitt 6.4

$$\text{zul.}\sigma = \text{TAB}(\text{"Glas/zsigma";}\sigma;\text{Typ} = \text{Typ}) = 80,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vorh.}\sigma / \text{zul.}\sigma = 0,6 \leq 1$$

Nachweis ist erbracht. Die Kurzzeitspannungen unter stoßartigen Belastungen nach Spannungstabellen werden nicht erreicht.

i.d.R. experimentell durch Bauteilversuche nachzuweisen.